

Solar MPPT Charge Controller

ΜΑΡΙΟΣ ΚΡΗΤΙΚΑΚΗΣ

Περιεχόμενα

Περιγραφή.....	1
Διάταξη	2
.....	3
Σχόλια διάταξης.....	3
Αλγόριθμος	4
Αποτελέσματα.....	5
Γράφημα PV	5
Γράφημα VIP	5
Σχόλια αποτελεσμάτων	6
Τελικά σχόλια.....	6

Περιγραφή

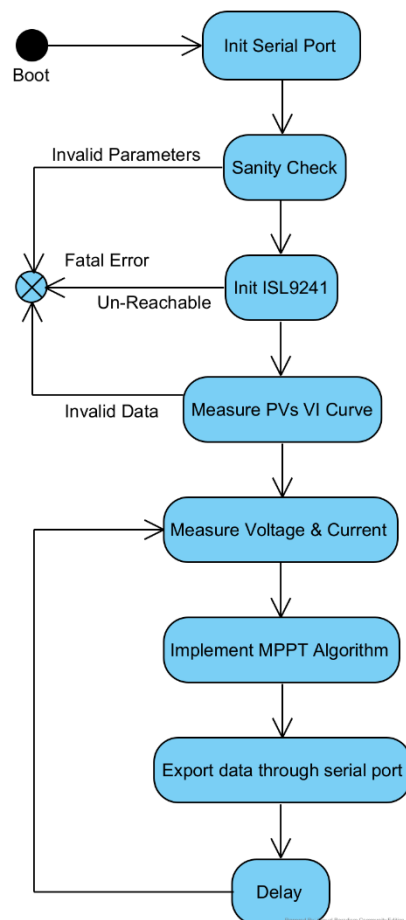
Χρησιμοποιώντας έναν DC/DC Buck-Bost από την Renesas, και ένα μικροελεγκτή τύπου Arduino, αναπτύχθηκε ένας ελεγκτής **Maximum Power Point Tracking** για φωτοβολταϊκό πάνελ.

Ο DC/DC είναι το ISL9241 EVAL BOARD και παρέχει πολλαπλές λειτουργίες. Έχει 2 εξόδους, μία έξοδο συστήματος (V_{sys}) και μία έξοδο¹ μπαταρίας (V_{batt}) με εύρος δυναμικού 3.9V μέχρι 18.304V. Υπάρχει επίσης και ενσωματωμένο ADC και DAC των οποίων οι τιμές μπορούν να ληφθούν ή να τεθούν μέσω του ψηφιακού διαύλου επικοινωνίας.

Ο μικροελεγκτής είναι ένα Arduino Mega 2560 ο οποίος συνδέεται μέσω USB σε ένα PC, από όπου τροφοδοτείται, και στέλνει δεδομένα για επεξεργασία, και με το DC/DC μέσω I2C (SMBus).

Το πρόγραμμά του έχει την εξής δομή :

- ❖ Αρχικοποίηση
 - i. Αρχικοποίηση σειριακής θύρας
 - ii. Αρχικοποίηση διαύλου I2C
 - iii. Αρχικοποίηση I/O
 - iv. Έλεγχος υγείας και λογικής παραμέτρων
 - v. Διαμόρφωση ISL9241
 - vi. Μέτρηση καμπύλης Τάσης-Ισχύος φωτοβολταϊκού
- Κύριος βρόχος
 - i. Μέτρηση τάσης και ρεύματος φωτοβολταϊκού
 - ii. Υπολογισμός ισχύος και μεταβολών.
 - iii. Εκτέλεση αλγορίθμου MPPT
 - iv. Εξαγωγή δεδομένων μέσω σειριακής θύρας



¹ Είναι έξοδος γιατί μπορεί να τροφοδοτήσει την μπαταρία, αλλά είναι και είσοδος γιατί μπορεί να τροφοδοτήσει το σύστημα από την μπαταρία.

Διάταξη

Για την διάταξη χρησιμοποιείται ένα μικρό φωτοβολταϊκό πάνελ 3W με μέγιστη τάση 22V και μέγιστο ρεύμα τα 200mA. Συνδέεται στον DC/DC μετατροπέα έπειτα από 1.5m πολύκλωνο χάλκινο καλώδιο διατομής 1.5mm² και επιτηρείται η τάση του με ένα βολτόμετρο.

Στην έξοδο του συστήματος του μετατροπέα συνδέετε μία αντίσταση 10Ω-100W που δρα σαν φορτίο. Στην έξοδο συνδέεται επίσης ένα βολτόμετρο προς επιτήρηση τάσης. Το ονομαστικό φορτίο καθορίζεται από την τάση εξόδου και την αντίσταση και είναι μεγαλύτερο από την ισχύ που παράγει το φωτοβολταϊκό πάνελ.

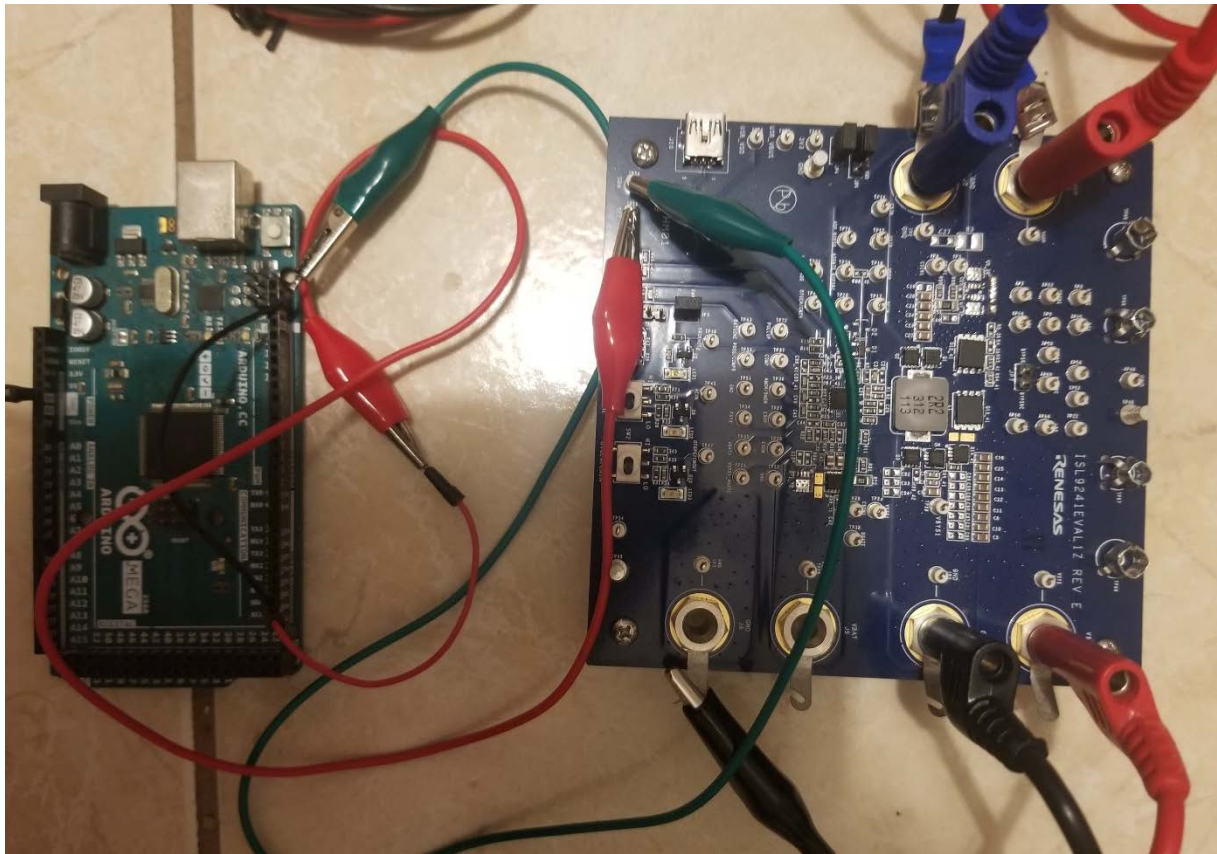
$$P_{out} = \frac{V_{out}^2}{R_{load}} = \frac{8.4^2}{10} = 7.1W$$

ΣΥΜΑΝΤΙΚΗ ΔΙΕΥΚΡΥΝΣΗ :

Ο αρχικός στόχος της εργασίας ήταν η φόρτιση μίας μπαταρίας λίθου μέσω του DC/DC μετατροπέα εφαρμόζοντας τον MPPT αλγόριθμό. Οι διαθέσιμες μπαταρίας ήταν παλαιωμένες και ακατάλληλες, οπότε το «φορτίο» αντικαταστάθηκε από την παραπάνω αντίσταση.



Εικόνα 1 : Τελική διάταξη με στοιχεία επιτήρησης



Εικόνα 2 : Ο μετατροπέας μαζί με τον μικροελεγκτή

Σχόλια διάταξης

- i. Σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές , έως και 1.5V, στις μετρήσεις τάσης του φωτοβολταϊκού ανάμεσα στο βολτόμετρο επιτήρησης και της τάσεις που «βλέπει» ο μετατροπέας, ειδικά υπό φορτίο. Αυτό σημαίνει πως υπάρχουν σημαντικές απώλειες κατά την μεταφορά της ισχύος.
- ii. Η διακριτική ικανότητα των μετρήσεων ρεύματος είναι χαμηλή. Μόλις 22.2mA ενώ η ρύθμιση μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που χρησιμοποιούμε για τον αλγόριθμο MPPT έχει διακριτική ικανότητα 4mA. Το σύστημα λοιπόν είναι «τυφλό» στις μικρές αλλαγές που το ίδιο προκαλεί.

Μία μέθοδος αντιμετώπισης θα ήταν να εισάγουμε αισθητήρες μέτρησης ρεύματος και τάσης που να χρησιμοποιεί το 10Bit ADC του μικροελεγκτή, ή κάποιο καλύτερο, έναντι του 8Bit ADC του μετατροπέα.

- iii. Είναι δυνατόν, για την πλακέτα του μικροελεγκτή, να συνδεθεί απευθείας στην έξοδο συστήματος του μετατροπέα ώστε το σύστημα να λειτουργεί αυτόνομα.

Αλγόριθμος

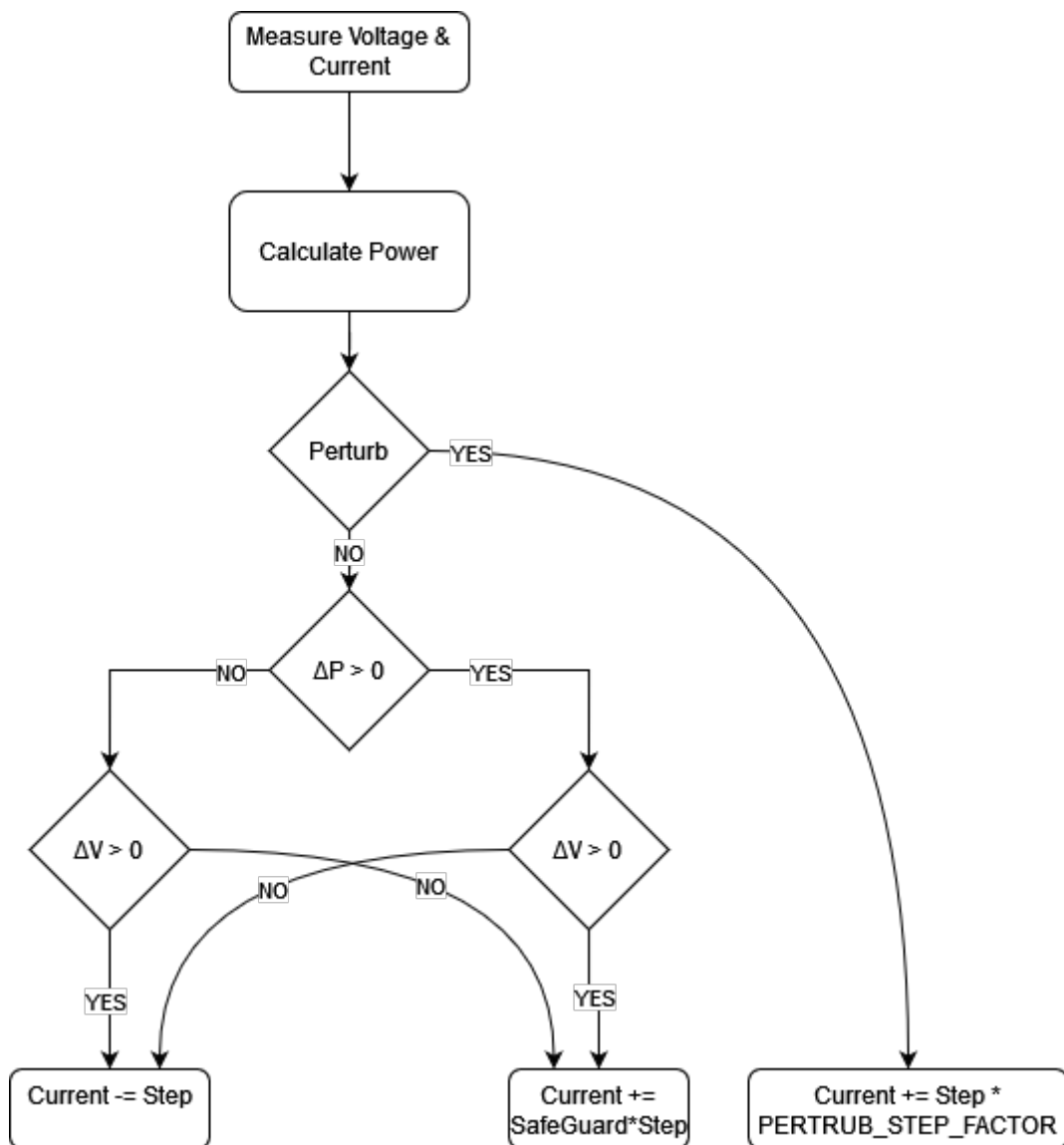
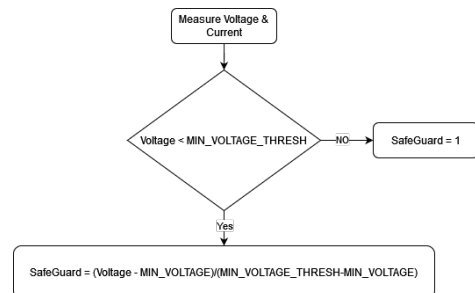
Ο MPPT αλγόριθμος μετράει την τάση, το ρεύμα και υπολογίζει την ισχύ εισόδου. Έπειτα ή θα ανταποκριθεί στις μεταβολές τάσεις και ισχύος αναλόγως μεταβάλλοντας το επιτρεπόμενο ρεύμα, ή θα διαταράξει το επιτρεπόμενο ρεύμα.

Periodic Perturbation

Ο λόγος της ύπαρξης της διατάραξης είναι η αναζήτηση καλύτερων MPP. Μία παράμετρος του προγράμματος είναι ο αριθμός των κύκλων ανά των οποίων υπάρχει μία διατάραξη και για τις παρακάτω μετρήσεις υπάρχει μία διατάραξη ανά 80 κύκλους 3 βημάτων.

SafeGuard

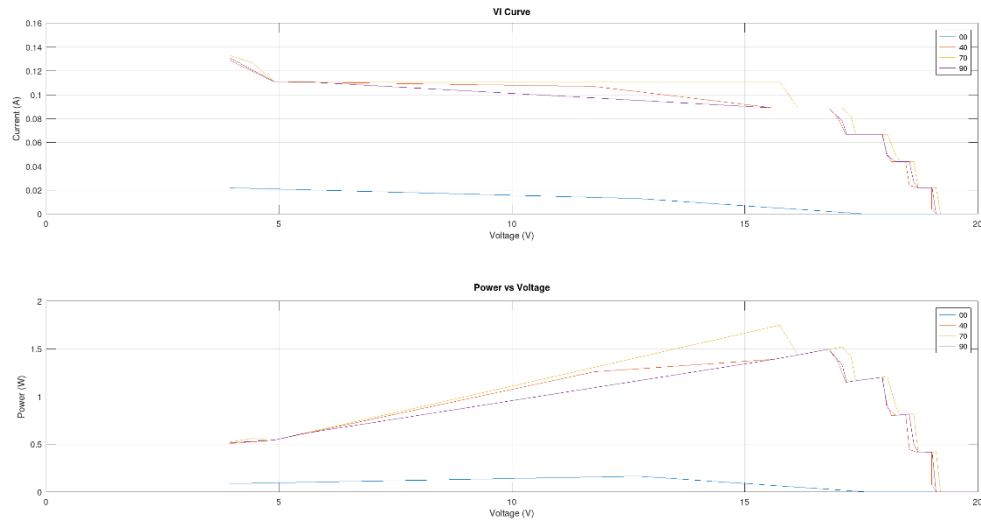
Η μεταβλητή SafeGuard αντιτίθεται στις μεταβολές δυναμικού κάτω ενός ορίου. Υπάρχει έτσι ώστε το φορτίο να μην καταρρίψει το δυναμικό του PV υπό το επιτρεπόμενο δυναμικό του μετατροπέα



Αποτελέσματα

Γράφημα PV

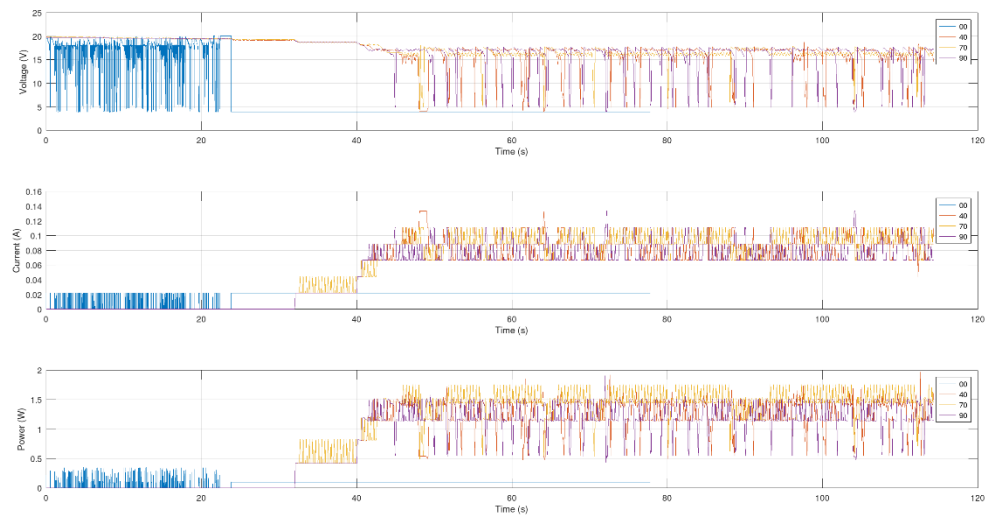
Πάρθηκαν μετρήσεις για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης πρωινή ώρα (09:00).



Παρατηρήσεις

Τα «σκαλοπάτια» στο δεξί μέρος των γραφημάτων παρουσίασαν πολλαπλά προβλήματα. Πρώτον, παρουσιάζονται σαν τοπικά MPP και ο αλγόριθμος «κλειδώνει» σε αυτά. Δεύτερον, προκαλούν απότομες μεταβολές και αστάθεια πολύ κοντά στο ολικό MPP όπως θα δούμε και παρακάτω.

Γράφημα VIP



Τα πρώτα δευτερόλεπτα αδράνειας οφείλονται στην μικρή διακριτική ικανότητα του ADC του μετατροπέα και στο ότι ο αλγόριθμος δεν ανταποκρίνεται σε μηδανικές μεταβολές. Αυτό σημαίνει πως πρέπει να υπάρξει μία μεταβολή για να ξεκινήσει την οποία την επιβάλει το σύστημα με την μέθοδο Periodic Perturbation.

Έπειτα φαίνονται μεγάλες μεταβολές γύρο από το ολικό MPP οι οποίες οφείλονται και πάλι στην μικρή διακριτική ικανότητα του ADC του μετατροπέα. Ο ελεγκτής πραγματοποιεί μεγάλους βηματισμούς σε σχέση με την κλίμακα της ισχύος.

Επίσης, φαίνεται ο αλγόριθμος να ανεβαίνει ένα ένα τα «σκαλοπάτια» των γραφημάτων PV, να «κλειδώνει» σε αυτά, και να «ξεφεύγει» μονάχα έπειτα από την [περιοδική διατάραξη](#).

Σχόλια αποτελεσμάτων

Υπάρχουν *σχετικά* μεγάλες μεταβολές και αστάθειες στον αλγόριθμο, παρόλα αυτά δουλεύει. Το κύριο πρόβλημα βρίσκεται στην ανακρίβεια της διάταξης, όπως [προαναφέρθηκε](#). Με μία ακριβέστερη διάταξη, μικρότερα βήματα θα ήταν δυνατά, και δεν θα υπήρχαν οι μεγάλες μεταβολές που παρατηρούνται.

Τελικά σχόλια

Όλοι οι κώδικες, αποτελέσματα και αρχεία επεξεργασίας βρίσκονται στο [github](#).