

WHITENOISE

**Pre-Launch Report
(PLR)**

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή

- 1.1 Οργάνωση της ομάδας και ρόλοι των μελών
- 1.2 Στόχοι της αποστολής

2. Περιγραφή του CanSat

- 2.1 Επισκόπηση αποστολής
- 2.2 Μηχανολογικό / κατασκευαστικό σχέδιο
- 2.3 Ηλεκτρολογικό σχέδιο
- 2.4 Λογισμικό
- 2.5 Σύστημα ανάκτησης
- 2.6 Εξοπλισμός σταθμού βάσης

3. Προγραμματισμός του Project

- 3.1 Πόροι και Υλικοτεχνικός Εξοπλισμός
- 3.2 Πλάνο Δοκιμών

4. Πλάνο προώθησης

- 4.1 Social Media
- 4.2 Εκδηλώσεις
- 4.3 Χορηγοί

5. Προδιαγραφές

1. Εισαγωγή

1.1 Οργάνωση της ομάδας και ρόλοι των μελών



Δημήτρης Μπράλιος

Φοιτητής του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών στο ΕΜΠ. Έχει μεγάλο πάθος για τη διαστημική, τη ρομποτική και τον προγραμματισμό.



Ιάσονας Νικολάου

Φοιτητής του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών στο ΕΜΠ. Στον ελεύθερό του χρόνο, ασχολείται με τον προγραμματισμό, το μπάσκετ και την κλασσική μουσική.



Σπύρος Παυλάτος

Φοιτητής του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών στο ΕΜΠ. Ασχολείται με τον αθλητισμό και ιδιαίτερα με το μπάσκετ, ενώ στα ενδιαφέροντά του συμπεριλαμβάνονται ο προγραμματισμός και η λογοτεχνία.



Γιώργος Ραπακούλιας

Φοιτητής του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ. Τα ενδιαφέροντά του είναι η ρομποτική σε μηχανολογικό και ηλεκτρολογικό επίπεδο, η θεωρητική φυσική και η κολύμβηση.



Μιλτιάδης Στούρας

Φοιτητής του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών στο ΕΜΠ. Έχει πάθος με την θεωρητική πληροφορική και το software development. Στον ελεύθερό του χρόνο ασχολείται με τον προγραμματισμό και το μπάσκετ.



Χαρίτωνας Χαριτωνίδης

Φοιτητής του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών στο ΕΜΠ. Ασχολείται με τον αθλητισμό και τη μουσική και του αρέσει η φωτογραφία και το βίντεο.

Το οργανόγραμμα της ομάδας μας παρουσιάζεται παρακάτω :



1.2 Στόχοι Αποστολής

Κατά την διεξαγωγή της πρωτεύουσας αποστολής θα λάβουμε μετρήσεις για τα εξής μεγέθη:

- Βαρομετρική πίεση
- Θερμοκρασία
- Συντεταγμένες θέσης

Η δευτερεύουσα αποστολή έχει ως στόχο την ανάλυση των συνθηκών που επικρατούν στον πλανήτη ώστε να αποφασίσουμε αν είναι κατοικήσιμος. Πιο συγκεκριμένα, θα λάβουμε τις εξής μετρήσεις:

- UV ακτινοβολία
- Υγρασία εδάφους

Η υπεριώδης (UV) ακτινοβολία είναι επικίνδυνη για τον άνθρωπο όταν ξεπεράσει ένα όριο. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν τρία είδη υπεριώδους ακτινοβολίας: UV-A, UV-B και UV-G. Η δύο πρώτες είναι λιγότερο επικίνδυνες αλλά η τρίτη είναι πολύ επικίνδυνη καθώς μπορεί να προκαλέσει μεταλλάξεις.

Η υγρασία του εδάφους θα μας δώσει πληροφορίες για την σύσταση του εδάφους και την ικανότητά του να καλλιεργηθεί, ώστε να παρέχει τροφή στον άνθρωπο.

Τα δεδομένα αυτά σε συνδυασμό με τα δεδομένα της πρωτεύουσας αποστολής θα μας δώσουν μια πολύ καλή εικόνα για την κατάσταση του πλανήτη ώστε να αποφασίσουμε αν μπορεί να φιλοξενήσει τον άνθρωπο σε μια μελλοντική αποστολή.

Συνεπώς, η αποστολή μας θα θεωρηθεί επιτυχημένη εάν :

- Συλλέξουμε, επιτυχώς, τα δεδομένα της πρωτεύουσας αποστολής.
- Προσγειωθούμε ομαλά και καταφέρει το CanSat να ανασηκωθεί με τον μηχανισμό ποδιών του.
- Συλλέξουμε τις μετρήσεις της δευτερεύουσας αποστολής, οι οποίες θα μας δώσουν την εικόνα για τη βιωσιμότητα του πλανήτη.
- Επιτύχουμε τη μεγαλύτερη δυνατή ενεργειακή αυτονομία, μέσω των ηλιακών συλλεκτών.

2. Περιγραφή του CanSat

2.1 Επισκόπηση αποστολής

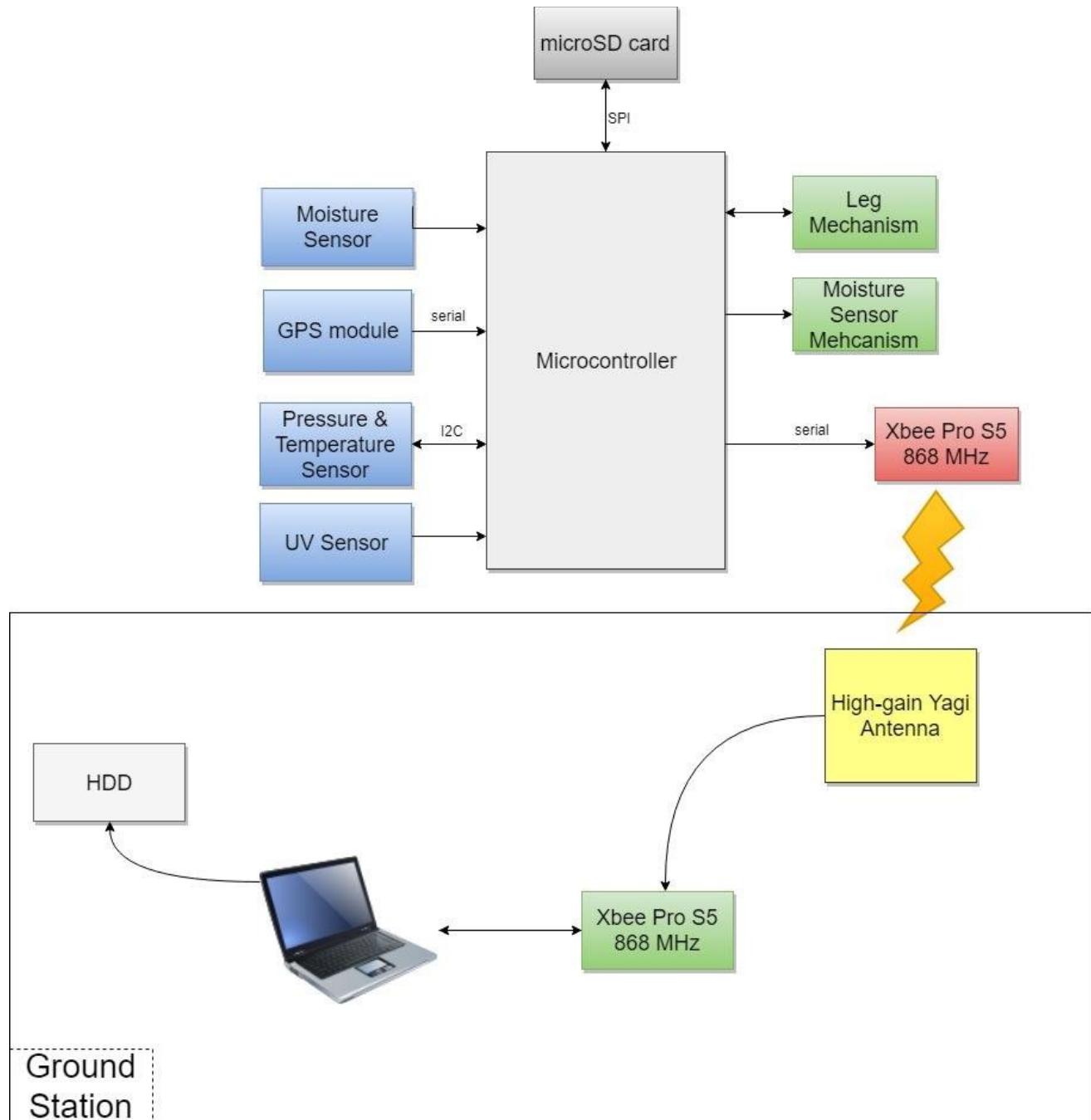
Σχεδιάσαμε και κατασκευάσαμε ένα CanSat, το οποίο με τη βοήθεια πυραύλου θα εκτοξευθεί σε υψόμετρο 1000 μέτρων, όπου και θα διαχωριστεί από τον πύραυλο. Στη συνέχεια θα ξεκινήσει η πτώση με τη βοήθεια αλεξιπτώτου με τελική οριακή ταχύτητα 7 μέτρα/δευτερόλεπτο.

Κατά την πτώση το CanSat θα αρχίσει να εκτελεί την πρωτεύουσα αποστολή, θα συλλέγει δηλαδή μετρήσεις της θερμοκρασίας, της ατμοσφαιρικής πίεσης, καθώς και τον γεωγραφικόν συντεταγμένων. Οι μετρήσεις αυτές, μερικές από τις οποίες θα χρησιμοποιηθούν και για τη δευτερεύουσα αποστολή, θα αποστέλλονται σε πραγματικό χρόνο στο σταθμό βάσης μας στη γη με το σύστημα τηλεμετρίας. Η συχνότητα λήψης και αποστολής των μετρήσεων θα είναι 1Hz.

Μόλις προσγειωθεί το CanSat θα ξεκινήσει και η δευτερεύουσα αποστολή του. Με τη βοήθεια ενός μηχανισμού ποδιών θα ανασηκωθεί και θα σταθεροποιήσει τη θέση του στο έδαφος. Πάνω στα πόδια θα υπάρχουν τοποθετημένα φωτοβολταϊκά, μέσω των οποίων θέλουμε να εξασφαλίσουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ενεργειακή αυτονομία του CanSat. Στη συνέχεια με τη χρήση μοτέρ θα τρυπήσουμε το έδαφος με δύο τρυπάνια με σκοπό την μέτρηση της υγρασίας του εδάφους, στοιχείο απαραίτητο για να βγάλουμε συμπεράσματα για τη βιωσιμότητα του πλανήτη, η οποία είναι και ο απότερος στόχος της αποστολής. Παράλληλα, θα παρθούν και μετρήσεις σχετικά με το επίπεδο της UV ακτινοβολίας.

Προφανώς, η τηλεμετρία συνεχίζεται καθ' όλη τη διάρκεια της δευτερεύουσας αποστολής και μετά το πέρας της αποστολής θα επεξεργαστούμε τα δεδομένα, τα οποία θα έχουμε συλλέξει στον σταθμό βάσης θα αποφανθούμε σχετικά με τον στόχο της αποστολής μας.

Παρακάτω παρουσιάζουμε το σχηματικό διάγραμμα block του εξοπλισμού του CanSat :



Αναλυτικά τα εξαρτήματα που θα χρησιμοποιηθούν :

Arduino Pro Mini :

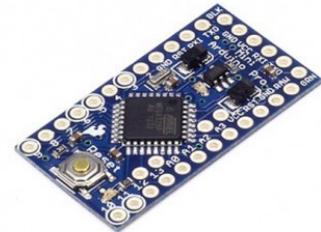
Mass : 2g

Microcontroller : ATmega328P

Operating Voltage : 3.3-3.7V

Clock Speed : 8MHz

Flash Memory : 32KB



Xbee Pro S5 868Mhz

Mass : 5g

Operating Voltage : 3.3V

Current Consumption : 60mA standing-by, 200mA κατά την εκπομπή πακέτου

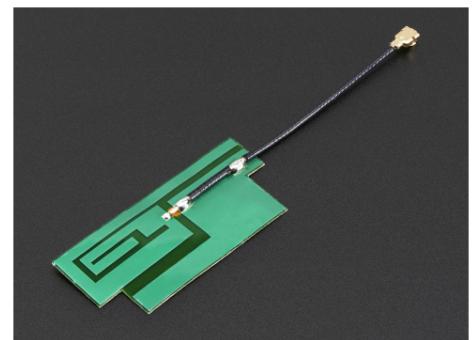


Slim Sticker-type GSM/Cellular Quad-Band Antenna

Mass : 0.5g

Gain : 3dBi

[Datasheet](#)



GPS : u-blox LEA-6H

Connectivity: Serial

Mass : 17g

Operating Voltage : 3.3V

Current Consumption : 60mA

[Integrated Antenna](#) : taoglas GP.1575.25.4.A.02

[Datasheet](#) , [Protocols Datasheet](#)



Pressure – Temperature : BMP280

Connectivity: I2C

Mass : 1.3g

Current Consumption : 27 μ A @ 1Hz sampling rate

[Datasheet](#) , [Schematic](#)



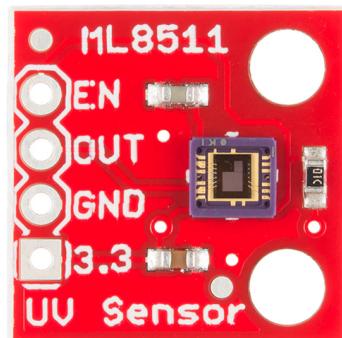
UV sensor : ML8511

Mass : 0.5g

Operating Voltage : 3.3V

Current consumption : 300 μ A

[Datasheet](#) , [Schematic](#)



microSD Card Socket

Embedded in PCB1

[Datasheet](#)



Solar Panels

Mass : 5g

Supplying Power : 2V , 50mA



Μπαταρία Polymer Lithium Ion

Mass : 19.5g

Capacity : 980mAh

Voltage Output : 3.7V

[Datasheet](#)



Μοτέρ μηχανισμού ποδιών : Micro Gearmotor - 90 RPM

Mass : 17g

Operating Voltage : 6-12V

Current consumption : 1,6A

Torque : 5kg*cm

Speed : 45 RPM @ 6V



Μοτέρ τρυπανιών : Micro Gearmotor - 900 RPM

Mass : 17g

Operating Voltage : 6-12V

Current consumption : 1,6A

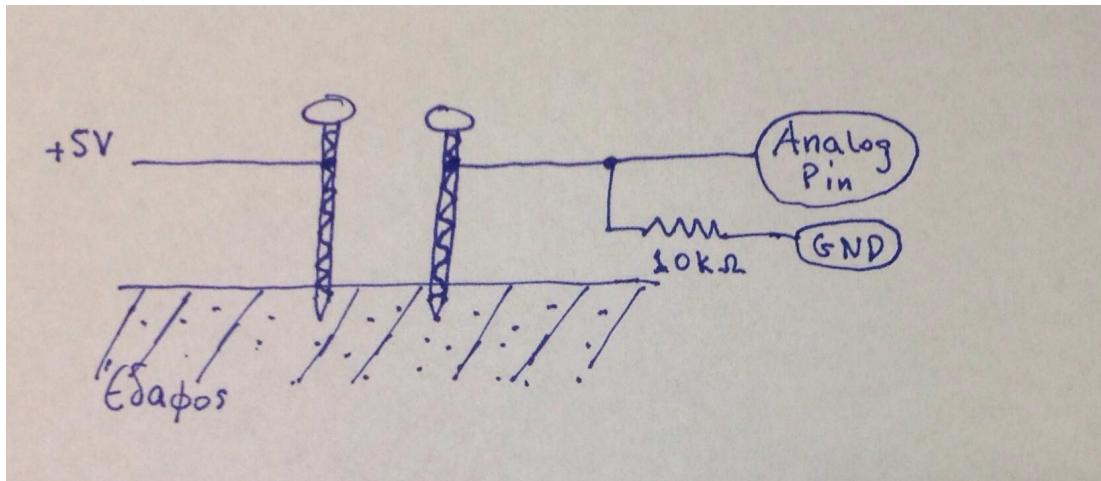
Torque : 0.64kg*cm

Speed : 450 RPM @ 6V

[Datasheet](#) (το μηχανολογικό σχέδιο είναι κοινό και για τα δύο μοτέρ)

Αισθητήρας Υγρασίας

Για την μέτρηση της υγρασίας του εδάφους χρησιμοποιήσαμε το ακόλουθο ηλεκτρικό κύκλωμα:



Η αντίσταση που υπάρχει μεταξύ των τρυπανιών επηρεάζει την τιμή που λαμβάνουμε στο αναλογικό pin του Arduino. Πειραματικά διαπιστώνουμε ότι οι τιμές που λαμβάνουμε στο αναλογικό pin είναι στο διάστημα [0,800]. Συγκεκριμένα, όταν τα 2 τρυπάνια βρίσκονται στον αέρα και δεν υπάρχει επαφή μεταξύ τους λαμβάνουμε την τιμή 0, ενώ όταν βρίσκονται βυθισμένα στο νερό λαμβάνουμε την τιμή 800. Στη συνέχεια, τοποθετούμε τα τρυπάνια στο χώμα και σταδιακά ρίχνουμε όλο και περισσότερο νερό επιβεβαιώνοντας ότι όσο περισσότερο νερό υπάρχει στο χώμα τόσο μεγαλύτερη η τιμή που λαμβάνουμε στο αναλογικό pin του Arduino.

Στην συνέχεια κανονικοποιούμε το παραπάνω διάστημα τιμών στο [0,100] χρησιμοποιώντας την εντολή: $normalized_value = map(value, 0, 800, 0, 100);$ Με την συνάρτηση map αντιστοιχίζουμε μια τιμή(value) που βρίσκεται στο διάστημα [0,800] με τιμή που βρίσκεται στο διάστημα [0,100].

Επιπλέον, προσθέτουμε έναν έλεγχο για το άνω φράγμα του διαστήματος, ώστε σε περίπτωση λανθασμένης μέτρησης η τιμή που λαμβάνουμε να είναι εντός του διαστήματος. Ο τελικός κώδικας για τον αισθητήρα υγρασίας είναι ο εξής:

```

const int hygrometer = A0;
int value;
int normalized_value;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
}

void loop() {
    value = analogRead(hygrometer);
    normalized_value = map(value, 0, 800, 0, 100);
    if (normalized_value > 800){
        normalized_value = 800;
    }
    Serial.println(normalized_value);
    delay(1000);
}

```

Πιθανά προβλήματα/περιορισμοί του αισθητήρα:

- Η χρήση του συγκεκριμένου αισθητήρα μπορεί να δώσει λανθασμένα συμπεράσματα για την υγρασία του εδάφους. Αυτό συμβαίνει επειδή η μέτρηση εξαρτάται αποκλειστικά από την αντίσταση μεταξύ των δύο τρυπανιών. Επομένως, οποιοσδήποτε παράγοντας μεταβάλει την αντίσταση μεταξύ των δύο τρυπανιών επηρεάζει την μέτρηση (π.χ. σύσταση εδάφους, σύσταση νερού, κ.α.). Δηλαδή, η μέτρηση δεν εξαρτάται μόνο από την ποσότητα νερού στο έδαφος.
- Στην συγκεκριμένη αποστολή ο αισθητήρας αναμένεται να χρησιμοποιηθεί για μικρό χρονικό διάστημα. Ωστόσο, σε μια πραγματική αποστολή στην οποία ο αισθητήρας θα λειτουργεί για πολλές ώρες (ή μέρες) λαμβάνοντας συνεχώς μετρήσεις, θα παρουσιαστεί σημαντική διάβρωση στο τρυπάνι που είναι συνδεδεμένο στα 5V (άνοδος) λόγω του φαινομένου της ηλεκτρόλυσης. Το πρόβλημα λύνεται σε μεγάλο βαθμό αν λαμβάνουμε μετρήσεις σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, αφού δεν αναμένουμε μεγάλη μεταβολή της υγρασίας του εδάφους σε μικρό χρονικό διάστημα.



2.2 Μηχανολογικό / Κατασκευαστικό σχέδιο

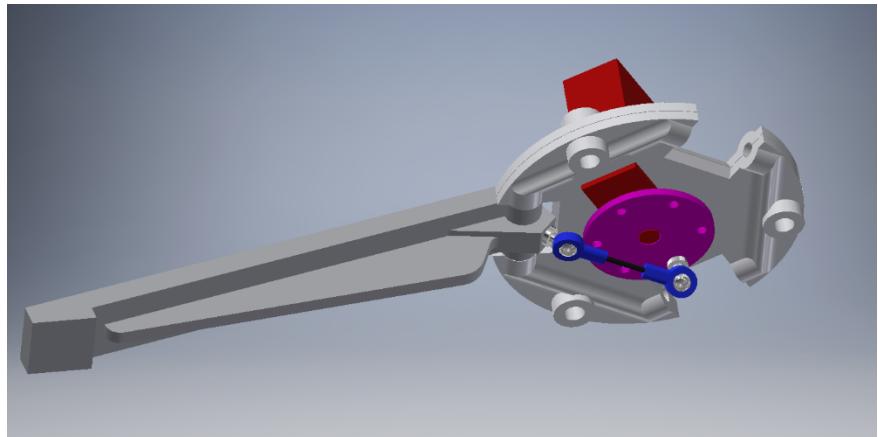
Τα κυριότερα προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίσει ο σκελετός του CanSat της ομάδας μας είναι τα εξής :

- Όταν γίνει η προσγείωση πρέπει με κάποιο τρόπο να βυθιστούν στο έδαφος δύο μεταλλικά ελάσματα μεταξύ των οποίων θα μετρήσουμε την αγωγιμότητα. Ο σκοπός είναι ο προσδιορισμός της υγρασίας του εδάφους.
- Ο σκελετός πρέπει να είναι αρκετά στιβαρός για να αντέξει την προσγείωση και να διαθέτει κάποιο είδος αποσβεστήρα έτσι ώστε η ενέργεια από την πτώση να απορροφηθεί από αυτόν και όχι από τα εναίσθητα μέρη του σκελετού.

Επειδή υπάρχει περιορισμός βάρους στα 350g το CanSat δεν μπορεί μόνο με την δύναμη του βάρους του να καρφώσει τα μεταλλικά ελάσματα στο έδαφος. Για το πρόβλημα αυτό αποφασίσαμε αντί για έλασμα να χρησιμοποιήσουμε ένα τρυπάνι το

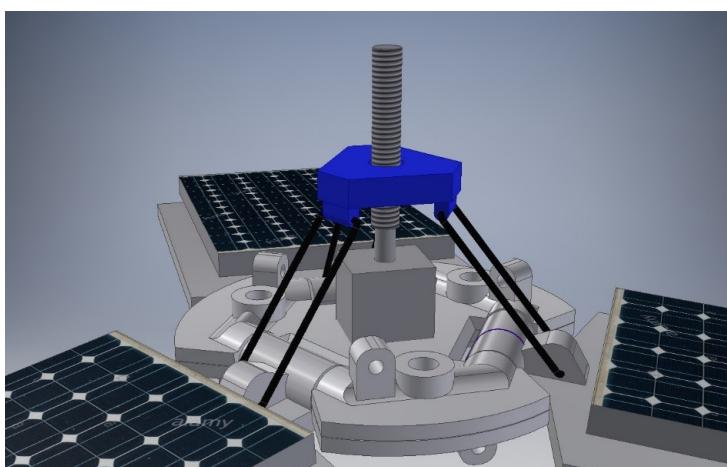
οποίο θα ‘βιδωθεί’ στο έδαφος. Οι διαστάσεις του σκελετού μας υποχρεώνουν να έχουμε τον άξονα των δυο τρυπανιών παράλληλο με την μεγαλύτερη διάστασή του, προκειμένου να πετύχουμε μέγιστη βύθιση. Για το λόγο αυτό το CanSat πρέπει να διαθέτει ένα μηχανισμό που θα το φέρνει σε όρθια θέση, ώστε τα τρυπάνια να κοιτάνε το έδαφος. Ολόκληρος ο σκελετός είναι χτισμένος γύρο από το μηχανισμό αυτό. Η λύση, που δώσαμε, είναι στην περιφέρεια του CanSat να υπάρχουν πόδια τα οποία θα είναι διπλωμένα κατά την κάθισμα και θα ανοίξουν φέρνοντας το CanSat σε κατακόρυφη θέση μετά την προσγείωση. Ο αρχικός μηχανισμός ήταν ο εξής :

Ένας σερβομηχανισμός στο κάτω μέρος του σκελετού (κόκκινο) θα περιστρέψει μια στρογγυλή βάση(ροζ) πάνω στον οποία θα υπάρχουν βραχίονες που θα την συνδέουν με τα πόδια. Ο μηχανισμός πιάνει πολύ λίγο χώρο και ο σερβομηχανισμός χρειάζεται μόνο τάση 5V για να δουλέψει. Το μεγάλο μειονέκτημα του είναι η έλλειψη δύναμης λόγω του μικρού μοχλού, που έχει ο βραχίονας ως προς τον άξονα περιστροφής.



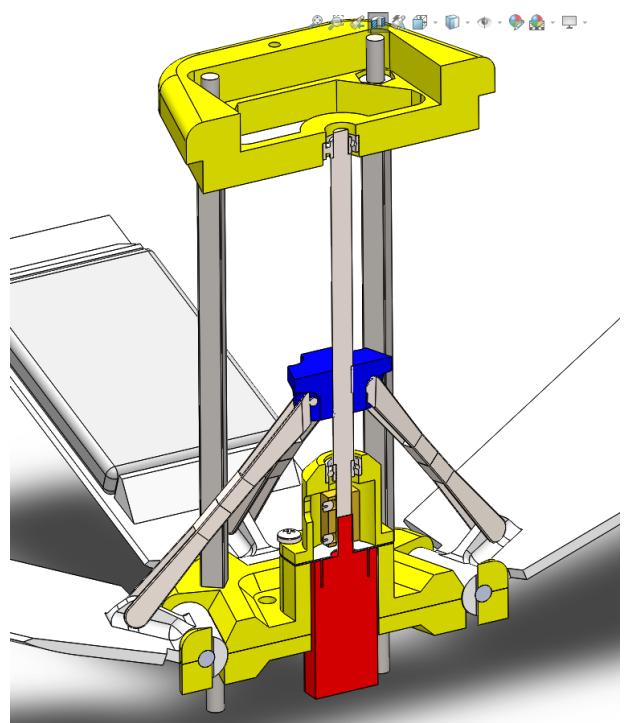
Για να λύσουμε το πρόβλημα την έλλειψης δύναμης αλλάξαμε τελείως τον μηχανισμό. Στην εικόνα, ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος με μειωτήρα συνδεδεμένος με μία βίδα ανεβοκατεβάζει το μπλε εξάρτημα το οποίο διαθέτει σπείρωμα. Αυτό είναι συνδεδεμένο με τα πόδια με σύρματα . Έτσι επιτυγχάνεται το ανεβοκατέβασμα των ποδιών με την περιστροφή της βίδας. Λόγω του πολύ μικρού βήματος του σπειρώματος της βίδας η δύναμη που έχει ο μηχανισμός είναι πολύ μεγαλύτερη από τον προηγούμενο. Το σχήμα του είναι απλούστερο από την πρώτη λύση και αυτό μας επιτρέπει να αναλύσουμε τις

δυνάμεις με μεγαλύτερη ακρίβεια και άρα να διαλέξουμε το βέλτιστο κινητήρα. Το μέγεθος της όλης κατασκευής πάντως είναι αρκετά μεγάλο και δεν αφήνει πολύ χώρο για τα υπόλοιπα μέρη του σχεδίου.



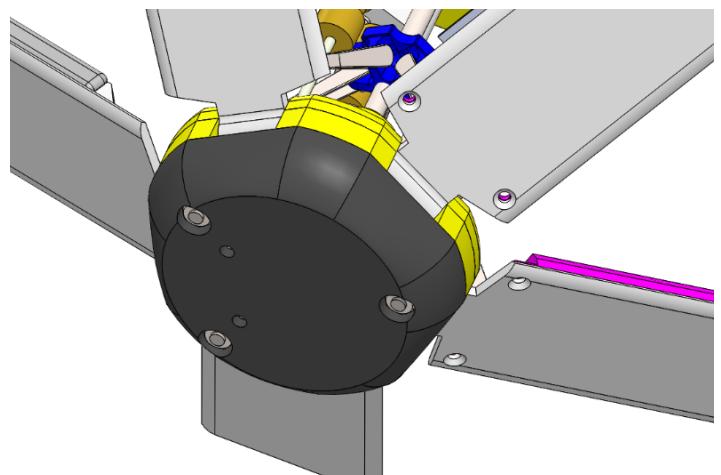
Τα προβλήματα της παραπάνω κατασκευής είναι η έλλειψη χώρου και ο τρόπος με τον οποίο θα συνδεθεί η βίδα με τον κινητήρα. Για την έλλειψη χώρου αυξήσαμε των αριθμού την ποδιών από 3 σε 5 για να προσεγγίσουμε καλύτερα την κυκλική διατομή του δορυφόρου ελαχιστοποιώντας έτσι το χώρο που χάνεται. Για την σύνδεση του κοχλία με τον κινητήρα η χρήση ενός coupler δεν ήταν αρκετή. Συναντήσαμε ιδιαίτερη δυσκολία στο να ευθυγραμμίσουμε του δύο άξονες (βίδας και κινητήρα) και να μηδενίσουμε τις ανεπιθύμητες κινήσεις*. Τελικά αποφασίσαμε να στηρίξουμε την βίδα σε έδρανα (ρουλεμάν). Έτσι ο κινητήρας δεν θα παίζει ρόλο στην ευθυγράμμισή της, αλλά μόνο στην περιστροφή της. Τέλος, οι βραχίονες που ένωναν τα πόδια με το μπλε εξάρτημα

αντικαταστάθηκαν με συνδέσμους τύπου N clevis 2mm του εμπορίου. Αυτό γιατί μας ήταν δύσκολο να κατασκευάσουμε και τους 5 βραχίονες ίδιους. Ενδεικτικά λέμε ότι μια διαφορά της τάξης του .1 mm στο μήκος τους αντιστοιχούσε σε περιστροφή του ποδιού περίπου 22°(αυτός είναι και ο λόγος που η τέλεια ευθυγράμμιση της βίδας παίζει τεράστιο ρόλο στην ομαλή κίνηση) . Αυτή είναι και μέχρι τώρα η τελική μας κατασκευή.

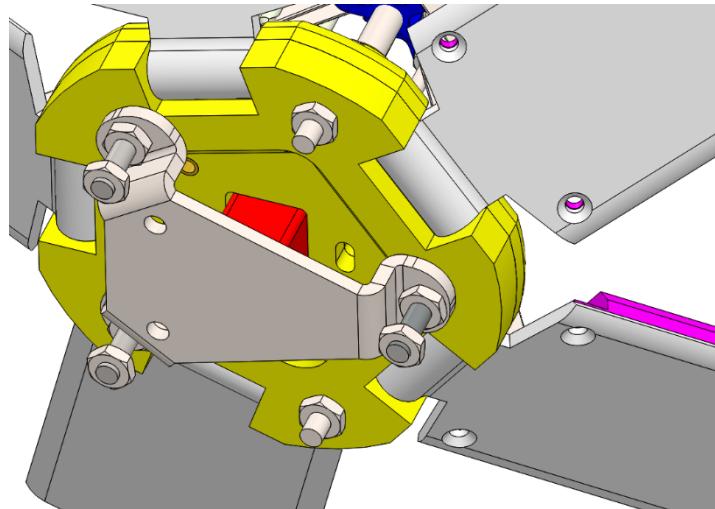


Σύστημα Προσγείωσης

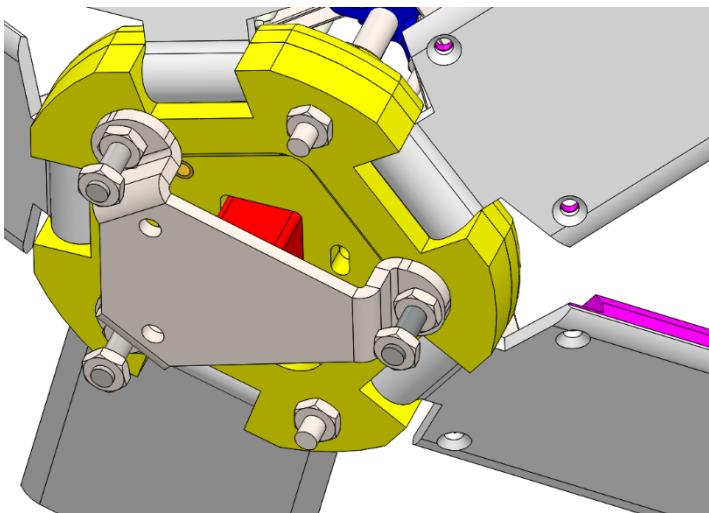
Για μια ώστε το δυνατόν ομαλή προσγείωση το CanSat διαθέτει δύο επιπλέον εξαρτήματα. Έναν λαστιχένιο πάτο(damper) και ένα μεταλλικό κέλυφος που προστατεύει τον κινητήρα των ποδιών(shield). Το υλικό για το damper θα είναι TPC. Αυτό είναι ένα ελαστικό θερμοπλαστικό σχεδιασμένο για τρισδιάστατους εκτυπωτές.



To shield έχει στόχο να μην αφήσει να έρθουν σε επαφή το damper με τον κινητήρα. Θα κατασκευαστεί με δίπλωμα φύλου ανοξείδωτου χάλυβα(sheet metal). Η επιλογή του πάχους του και του υλικού του έχει προκύψει από προσομοιώσεις πεπερασμένων στοιχείων στον υπολογιστή(finite element analysis).

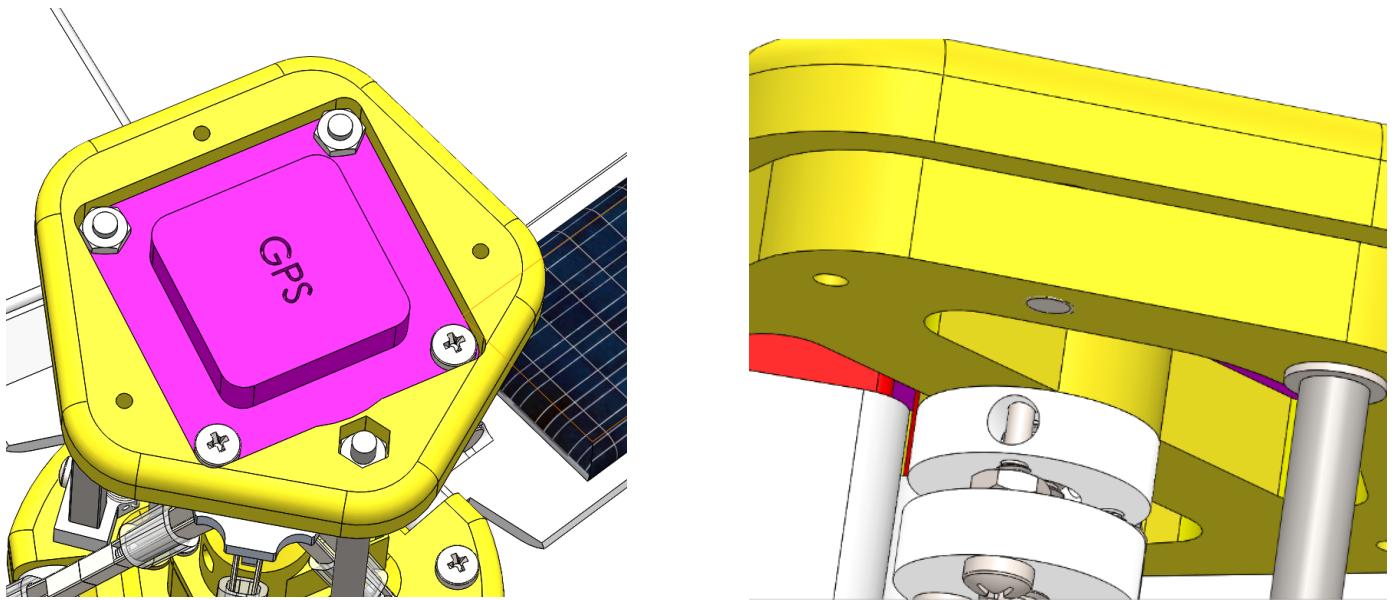


Μηχανισμός σύνδεσης/αποδέσμευσης με το αλεξίπτωτο



την κίνηση του για την αποδέσμευση από το αλεξίπτωτο. Ένα κομμάτι θα είναι σταθερό και κολλημένο στο πάνω μέρος του σκελετού. Αυτό θα διαθέτει τρύπες μέσα στις οποίες θα μπαίνουν οι θηλιές του σκοινιού. Μέσα στις τρύπες αυτές θα υπάρχουν μικροί πίροι οι οποίοι θα είναι συνδεδεμένοι όλοι σε ένα κομμάτι στο κάτω μέρος του μηχανισμού. Το κομμάτι αυτό θα διαθέτει σπείρωμα το οποίο συνεργάζεται με τον κεντρικό κοχλία. Όταν ο κοχλίας ξεκινήσει να γυρνάει για να ανοίξουν τα πόδια τότε το οι πίροι θα τραβηγχτούν μακριά από το πρώτο κομμάτι και τα σκοινιά θα αποδεσμευτούν.

Για την σύνδεση του CanSat με το αλεξίπτωτο θα χρησιμοποιήσουμε λεπτό σκοινί. Από τρεις τρύπες στην κορυφή του σκελετού το σκοινί θα περνά στο εσωτερικό του δορυφόρου. Εκεί θα δένεται πάνω στο σκελετό με την βοήθεια παρακάτω μηχανισμού. Έχοντας ήδη τον κοχλία στο κέντρο της κατασκευής θα χρησιμοποιήσουμε

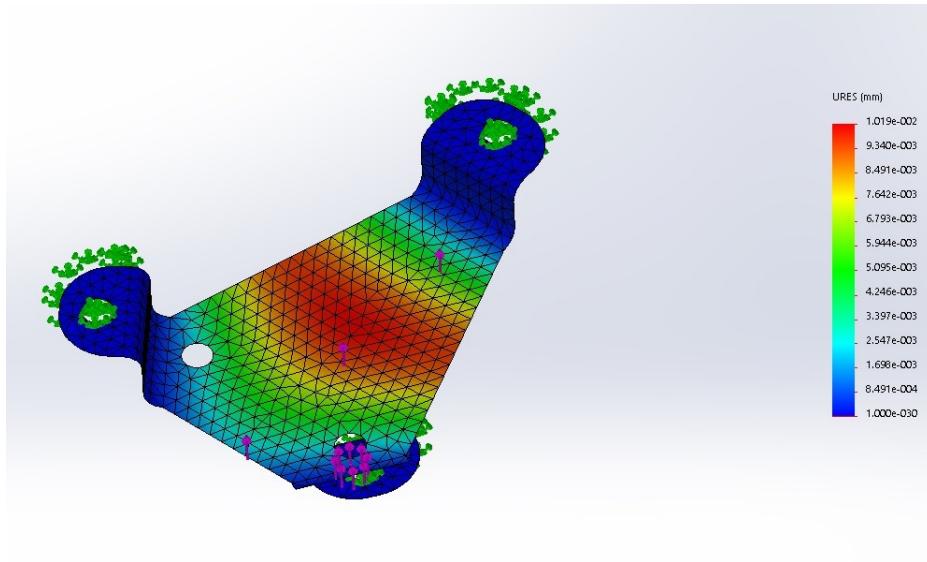


Προσομοιώσεις με χρήση πεπερασμένων στοιχείων

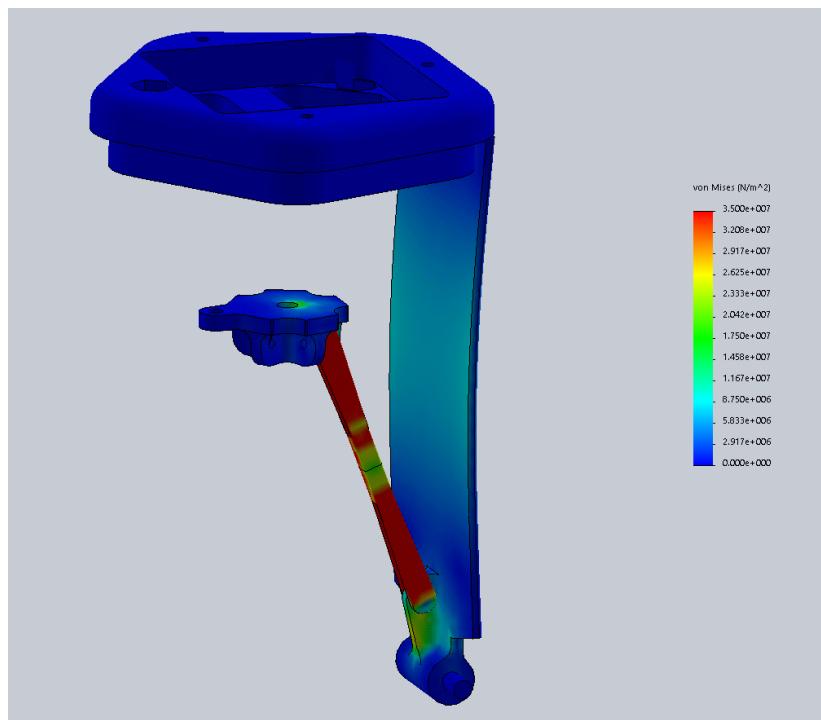
Όπως προαναφέρθηκε σε πολλά κρίσιμα σημεία του σκελετού έχουμε πραγματοποιήσει ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων στο σχεδιαστικό πρόγραμμα solidworks. Η προσομοίωση έγινε ως έξης :

Κατά το drop test είχαμε βάλει έναν αισθητήρα επιτάχυνσης στο CanSat. Από αυτόν είδαμε ότι με το λαστιχένιο damper που βάλαμε δεν είχαμε η μέγιστη επιτάχυνση που καταγράφθηκε ήταν περίπου $15 \text{ g} = 147 \text{ m/s}^2$. Λαμβάνοντας υπ' όψη ότι το βάρος του δορυφόρου θα είναι 0.35 kg για αυτή την επιτάχυνση η μέγιστη κατακόρυφη δύναμη που θα μπορούσε να προκύψει κατά την κρούση με το έδαφος είναι 51 N .

Για την προσομοίωση του shield η δύναμη που ορίσαμε στο πρόγραμμα ήταν διπλάσια της μετρούμενης. Τα αποτελέσματα φαίνονται στην παρακάτω εικόνα. Το χρώμα αντιπροσωπεύει την μέγιστη μετατόπιση από την αρχική θέση του κάθε σημείου. Ο στόχος του shield δεν είναι απλα να αντέχει την κρούση αλλα να έχει κοντά μηδενική παραμόρφωση για να προστατεύει το μοτέρ των ποδιών, πράγμα που επιτυγχάνεται όπως φαίνεται στην εικόνα.

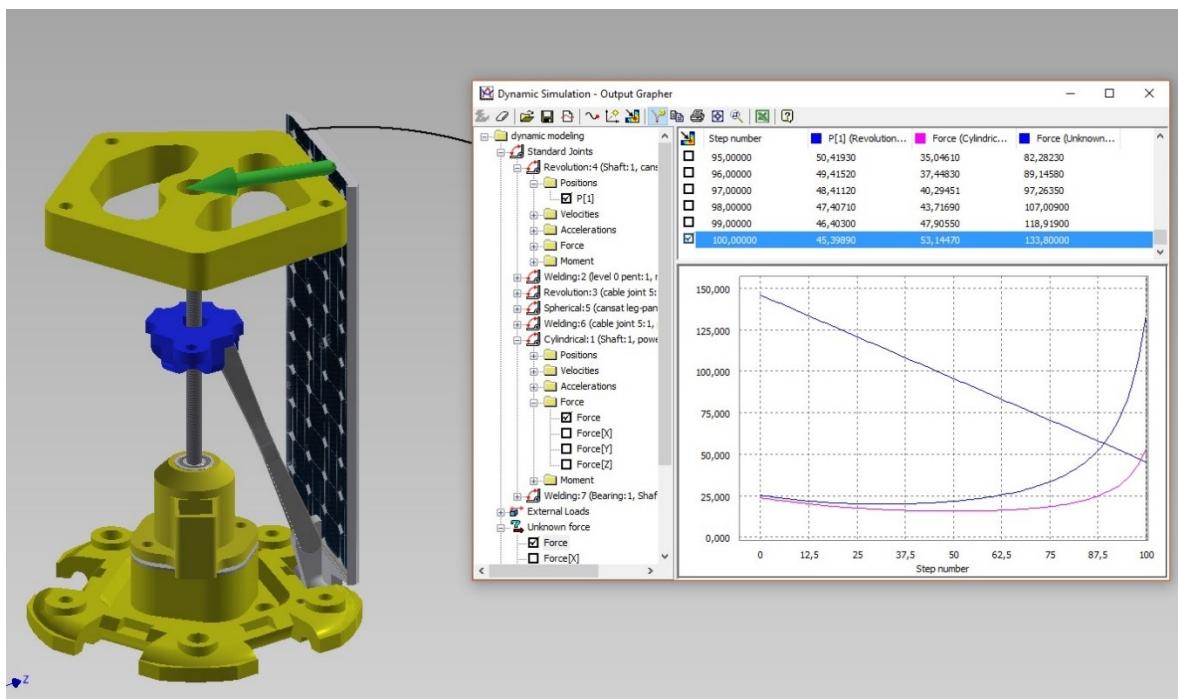


Πέρα από το shield προσομοίωση έγινε και στο μηχανισμό των ποδιών. Επειδή εκεί έχουμε τοποθετήσει τις πλακέτες είναι πολύ σημαντικό αυτά να αντέχουν της αναπτυσσόμενες τάσεις και να παραμορφώνονται με ελεγχόμενο τρόπο έτσι ώστε να προστατεύουν τις πλακέτες. Παρακάτω φαίνεται μια προσομοίωση για μια ακραία τιμή πλευρικής επιτάχυνσης 20g που πιθανών θα μπορούσε να αναπτυχθεί κατά την αποδέσμευση από τον πύραυλο.



Οι μεγαλύτερες τάσεις σχηματίζονται στο σύνδεσμο των ποδιών. Τα ίδια τα πόδια ενώ παρουσιάζουν σχετικά μεγάλη παραμόρφωση λόγο της ελαστικός του υλικού που χρησιμοποιούμε δεν φτάνουν κοντά στο όριο διαρροής του υλικού τους. Η μεγάλη παραμόρφωση δεν επηρεάζει την ακεραιότητα των πλακετών αφού αυτές είναι κολλημένες με τα πόδια μόνο στο μέσον τους δίνοντας τους έτσι την ελευθερία να μην παραμορφώνονται μαζί με το πόδι.

Για τον υπολογισμό του κινητήρα των ποδιών επίσης χρησιμοποιήθηκαν προσομοιώσεις στον υπολογιστή. Στην παρακάτω φωτογραφία φαίνεται η δύναμη που πρέπει να ασκείτε κατακόρυφα στο μπλε κομμάτι έτσι ώστε να εξισορροπεί την το βάρος του δορυφόρου, το οποίο στην περίπτωση που αυτός έχει προσγειωθεί πλάγια θα κατανέμεται πάνω στο πόδι. Για βάρος 350g από το μοχλό του μηχανισμού προκύπτει μέγιστη κατακόρυφη δύναμη στη θέση που τα πόδια είναι τελείως κλειστά, ίση με 133 N.



Η δύναμη αυτή θα ασκείτε από τα σπειρώματα του κοχλία που ανεβοκατεβάζει το μπλε εξάρτημα. Η σχέση που συνδέει την ροπή που απαιτείται για να προκύψει η ζητούμενη δύναμη σε ένα μετρικό σπειρώμα κίνησης είναι : $T=FDc$

Οπου $T[\text{Nmm}]$ η ροπή , $F[\text{N}]$ η αξονική δύναμη, $D[\text{mm}]$ η μέση διάμετρος του σπειρώματος και c ο συντελεστής τριβής των επιφανιών που για μέταλλο με πλαστικό και ξηρές συνθήκες είναι περίπου 0.22 . Για την δικιά μας εφαρμογή η ροπή προκύπτει $130 \text{ Nmm} = 1.30 \text{ kgcm}$. Η μέγιστη ροπή που μπορεί να παρέχει ο κινητήρας που διαλέξαμε στα 4 V είναι 1.86 kgcm και άρα είναι αρκετή.

Ολόκληρο το μηχανολογικό σχέδιο είναι διαθέσιμο [εδώ](#)

2.3 Ηλεκτρολογικό σχέδιο

Το κύκλωμα τροφοδοσίας αποτελείται από μία μπαταρία λιθίου 3.7V 980mAh, η οποία συνδέεται σε charger. Ο charger τροφοδοτείται από 4 φωτοβολταϊκά πάνελ συνδεδεμένα σε σειρά, ενώ η έξοδος του πηγαίνει σε ένα regulator που σταθεροποιεί την τάση εξόδου στα 3.3V. Όλα τροφοδοτούνται από 3.3V εκτός από τα μοτέρ και το GPS που παίρνουν ρεύμα κατ' ευθείαν από τον charger.

Ως μικροεπεξεργαστή χρησιμοποιούμε το Arduino Pro Mini, που τροφοδοτείται από το κύκλωμα στα 3.3V και από τον αισθητήρα UV και τον αισθητήρα υγρασίας μέσω analog pin, τον αισθητήρα πίεσης και θερμοκρασίας μέσω I²C, το Xbee και το GPS μέσω digital pins που έχουν μετατραπεί σε serial connections μέσω της Software Serial. Οι αισθητήρες τροφοδοτούνται από τον regulator Li Power με τάση εξόδου 3.3V, ενώ το Xbee και το GPS από το κύκλωμα της τροφοδοσίας με 3.3V.

Ακόμα, το Arduino μέσω τριών digital pin ελέγχει 3 MOSFET τα οποία επιτρέπουν ή διακόπτουν την παροχή ρεύματος στους τρεις κινητήρες των μηχανισμών μας.

Επίσης, σαν μια εναλλάκτικη λύση για την αποδέσμευση από το αλεξίπτωτο, έχουμε προσθέσει ένα MOSFET που επιτρέπει/διακόπτει την παροχή ρεύματος σε μία αντίσταση χρωμονικελίου η οποία θα είναι τυλιγμένη στα σχοινιά του αλεξίπτωτου. Η αντίσταση χρωμονικελίου έχει το χαρακτηριστικό πως πυρακτώνει όταν διαπεραστεί

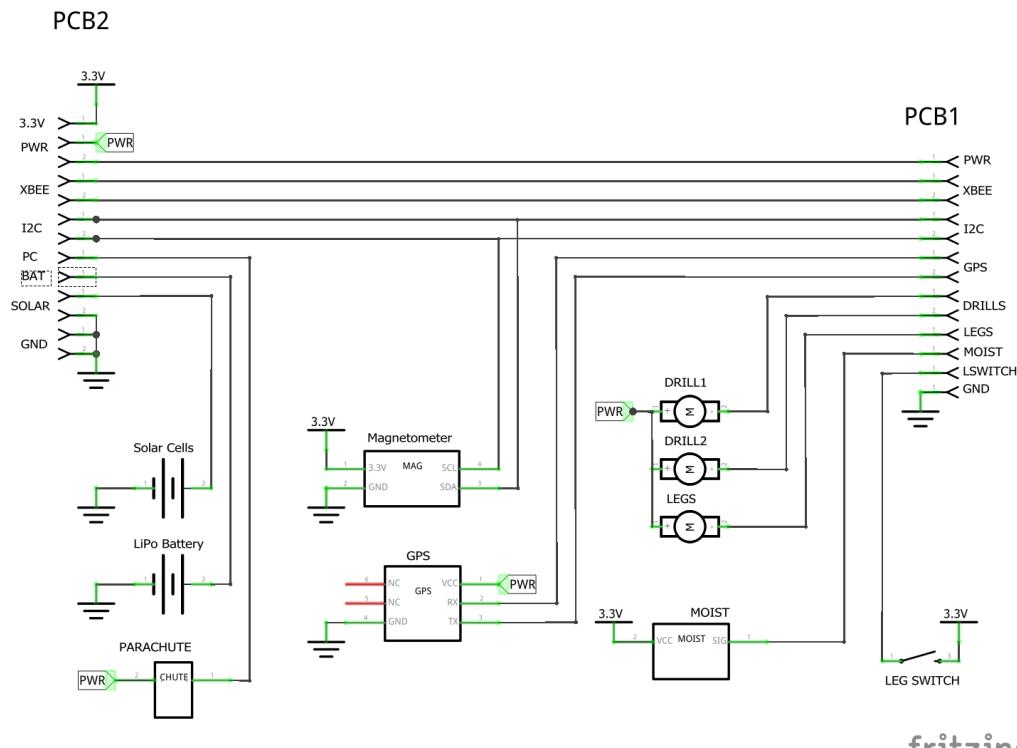
από ρεύμα (χρησιμοποιείται ευρέως και σε αναπτήρες αυτοκινήτων) κάτι που θα μας βοηθήσει να κάψουμε/κόψουμε τα σχοινιά του αλεξίπτωτου. Το παραπάνω MOSFET ελέγχεται από το pin 20 του Xbee.

Τέλος, λόγω του περιορισμένου χώρου που έχουμε στην διάθεσή μας κρίναμε αναγκαίο το κύκλωμα να τυπωθεί σε 2 PCB που θα υπάρχουν πάνω σε 2 πόδια του σκελετού.

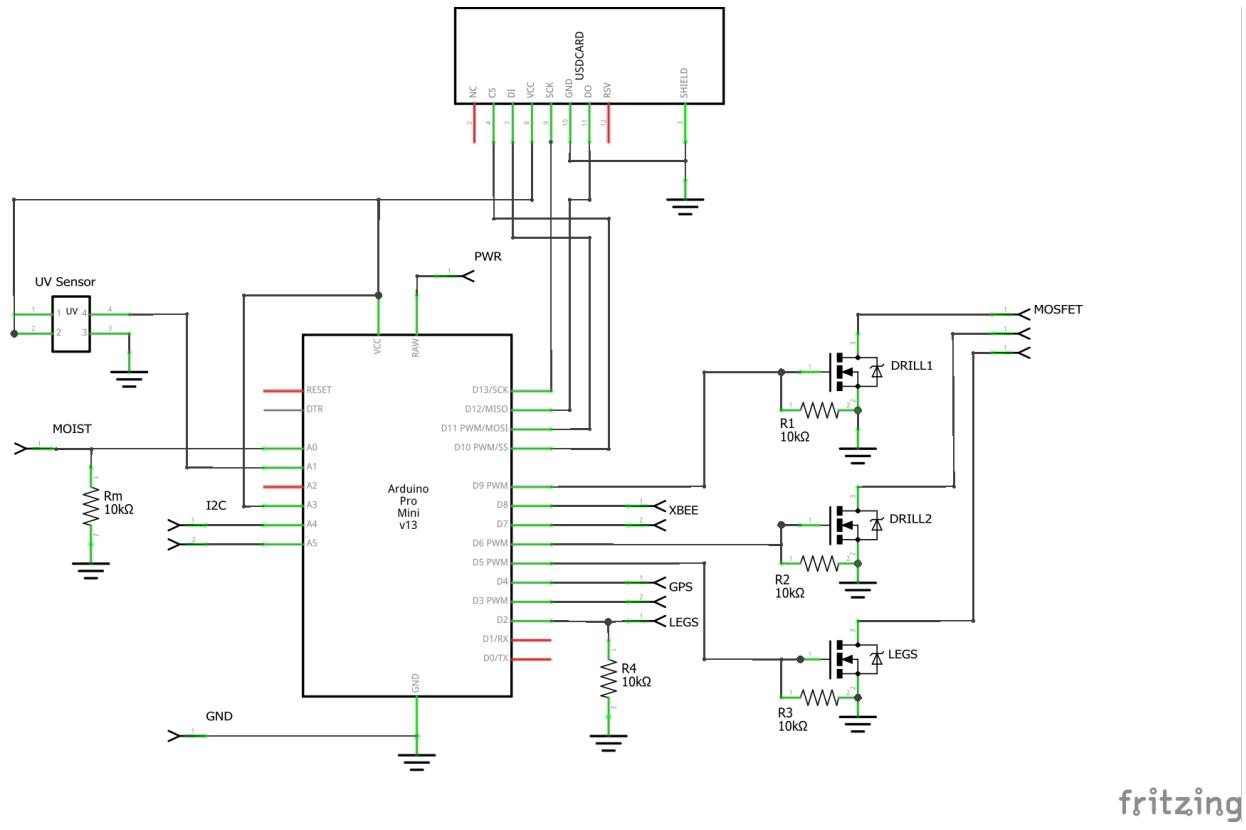
Το πλάνο κατανάλωσης ισχύος είναι το ακόλουθο :

Εξάρτημα	Τάση	Ρεύμα	Ισχύς
Arduino	3.3V	100mA	0.33Watt
Xbee	3.3V	60mA / 200mA peak	0.2Watt / 0.7Watt
GPS	3.7V	60mA	0.22 Watt
SD	3.3V	80mA	0.26 Watt
UV Sensor	3.3V	0.5mA	0.002Watt
BMP280 Sensor	3.3V	1mA	0.003Watt
Motors	3.7V	350mA(max)	1.3 Watt

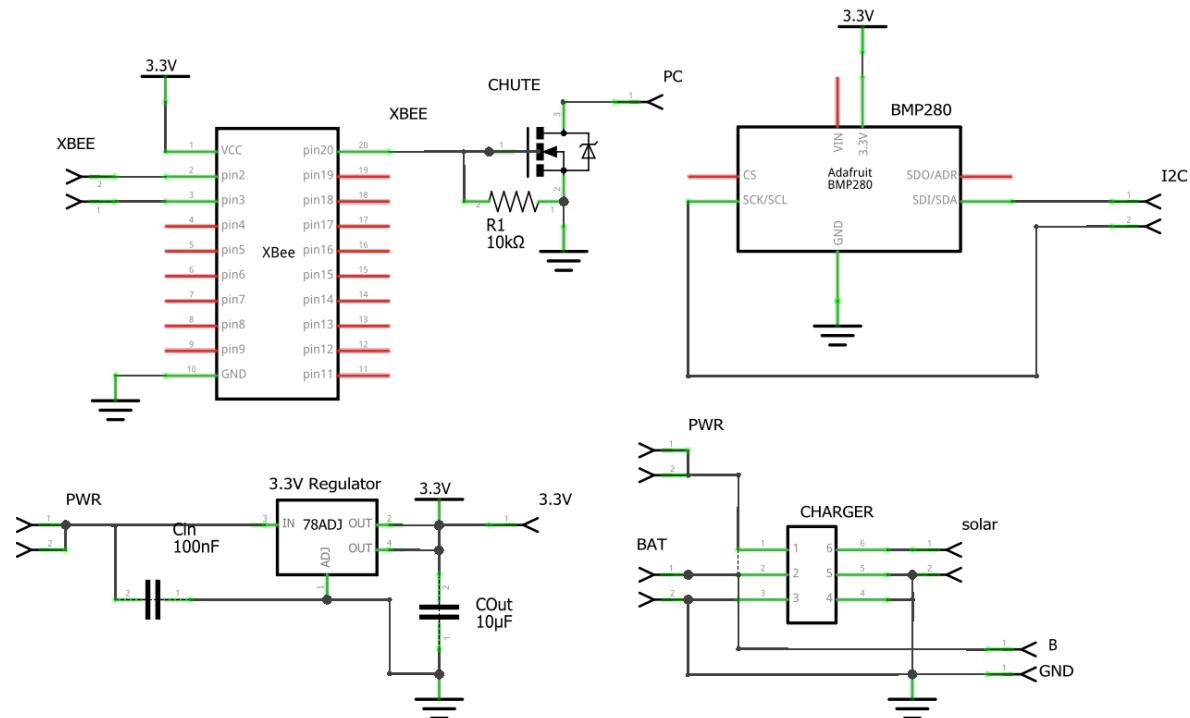
Το ηλεκτρολογικό σχέδιο παρουσιάζεται παρακάτω :



fritzing

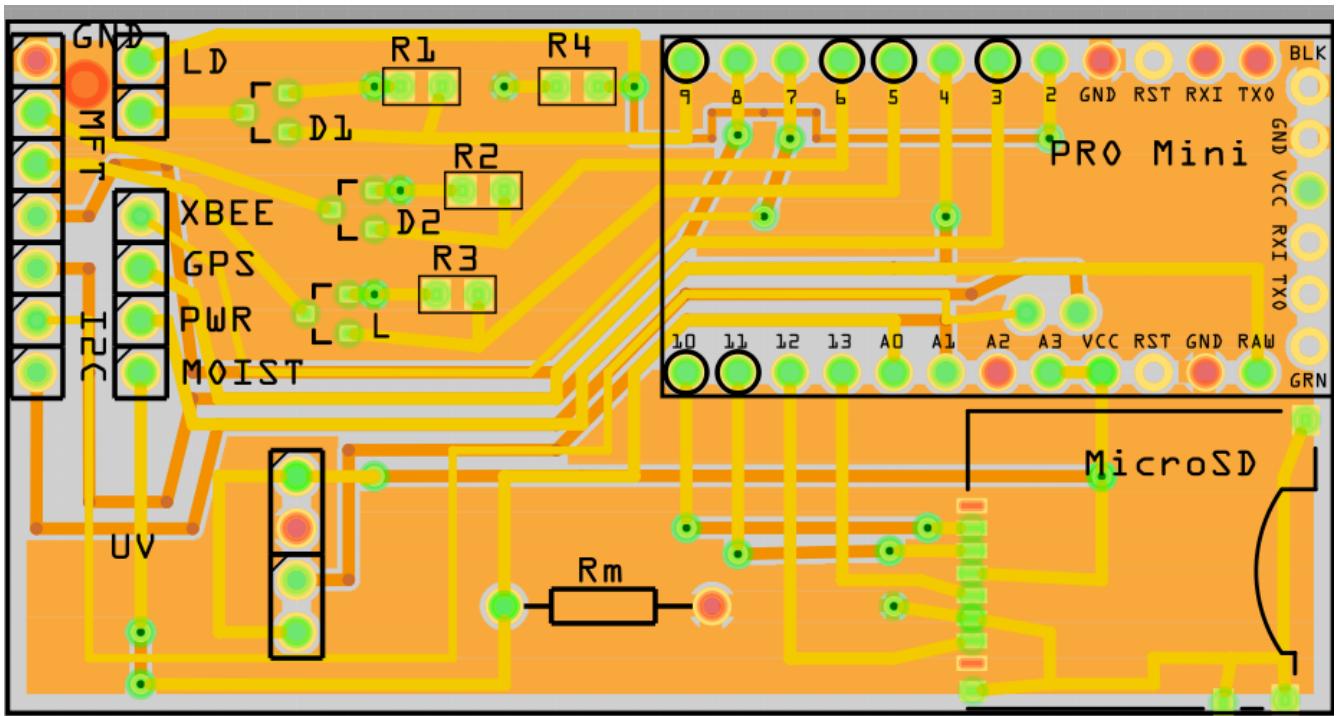


fritzing

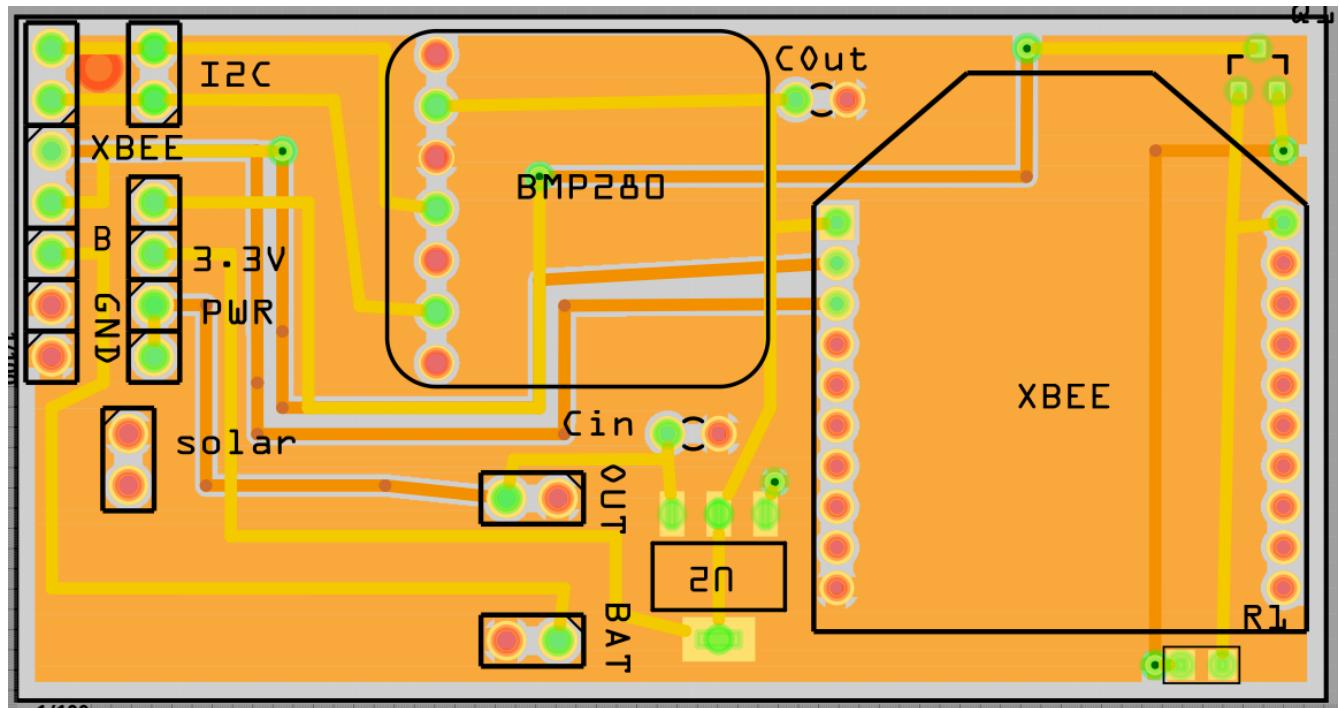


fritzing

Σχέδιο της 1ης πλακέτας:



Σχέδιο της 2ης πλακέτας:



2.4 Λογισμικό

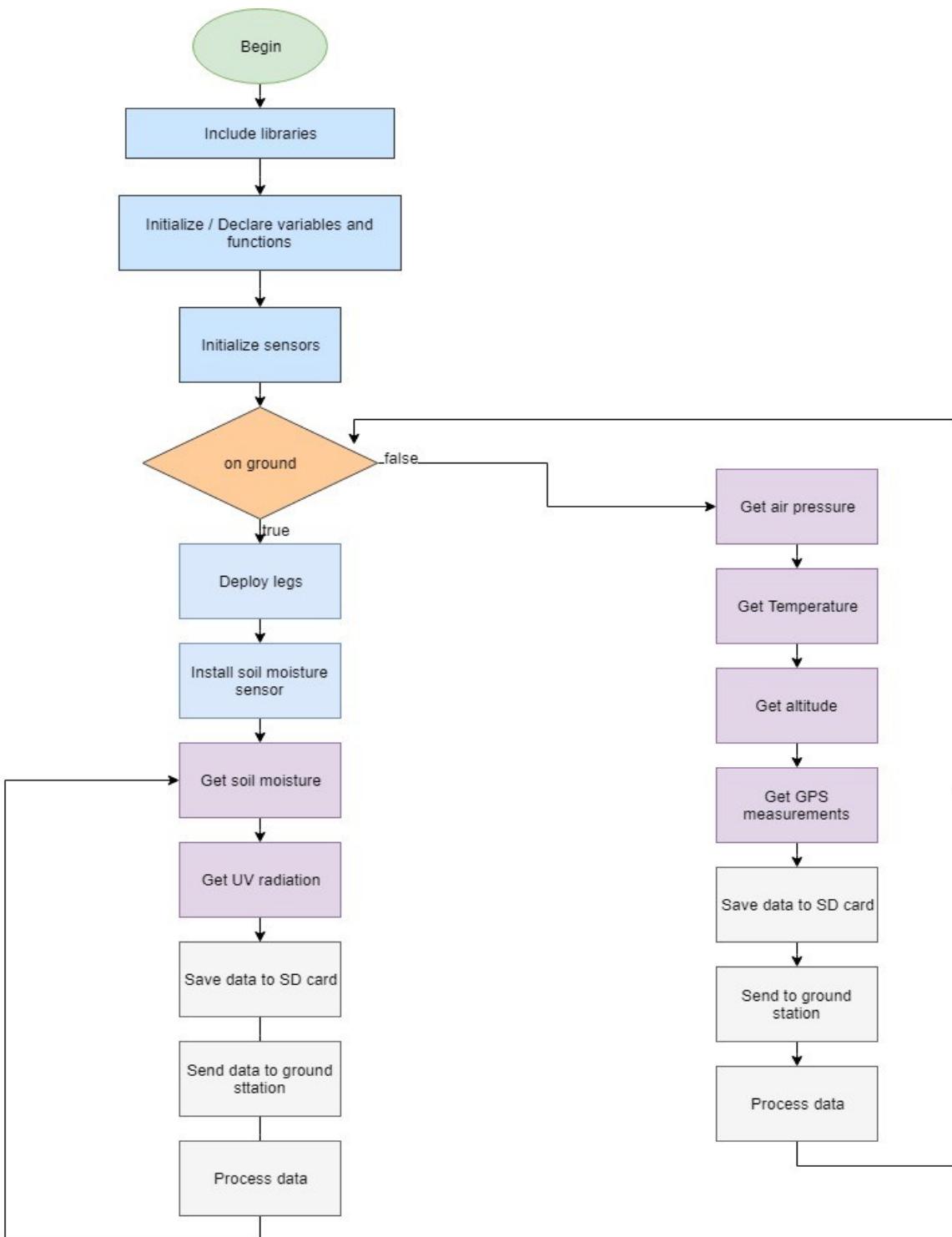
Το λογισμικό του CanSat είναι γραμμένο στην γλώσσα του Arduino και αποτελείται από 2 software states. Η πρώτη κατάσταση αντιστοιχεί στην λειτουργία του CanSat κατά την πτώση όπου εκτελείται η βασική αποστολή και η δεύτερη λειτουργία αντιστοιχεί στην δευτερεύουσα αποστολή που επιλέξαμε.

Όταν το CanSat βρίκεται στο 1o software state , λαμβάνει μετρήσεις από τον αισθητήρα πίεσης και θερμοκρασίας καθώς και τις γεωγραφικές συντεταγμένες από το GPS , τα οποία στέλνει στην βάση κάθε 1 δευτερόλεπτο. Αξίζει να σημειωθεί πως για την εξοικονόμηση μνήμης του προγράμματος αποφασίσαμε να μην χρησιμοποιήσουμε την συνηθισμένη βιβλιοθήκη “TinyGPS++” και να γράψουμε τις δικές μας συναρτήσεις για data parsing. Έτσι, ρυθμίσαμε το GPS ,με βάση το datasheet και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας των μοντέλων u-blox , να χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο UBX και συγκεκριμένα να στέλνει το πακέτο NAV-POSLH το οποίο επεξεργαζόμαστε με δικές μας συναρτήσεις. Με τον τρόπο αυτό καταφέραμε να εξοικονομήσουμε πάνω από 10KB flash memory (1/3 της μνήμης του μικροελεγκτή)!

Μόλις μεταβούμε στο 2o software state , το Arduino ενεργοποιεί τους μηχανισμούς των ποδιών και περιμένει να βρεθεί το CanSat σε όρθια θέση. Έπειτα εκκινεί τους μηχανισμούς των τρυπανιών και περιμένει να φτάσουν στο μέγιστο βάθος. Αφού έχουμε εγκατασταθεί στην τελική μας θέση , ξεκινάμε να παίρνουμε μετρήσεις από τον UV sensor , από τον Soil moisture sensor καθώς και το Voltage output των φωτοβολταϊκών,τα οποία και αποστέλλονται στην βάση μας.

Όλα τα πακέτα που στέλνονται στην βάση , ταυτόχρονα γράφονται και στην SD Card

To flowchart το λογισμικού του CanSat μας παρουσιάζεται παρακάτω :



Τηλεμετρία

Η ομάδα μας χρησιμοποιεί Xbee Pro S5 στα 868MHz για την αποστολή και παραλαβή των πακέτων τηλεμετρίας. Σύμφωνα με την Ζώνη Συχνότητων όπως αυτή ορίζεται από την E.E.T.T. , η συχνότητα 868MHz είναι ελεύθερη για χρήση με τον περιορισμό ότι η ισχύς του σήματος εκπομπής δεν θα υπερβαίνει τα 25mW. Τα Xbee προγραμματίστηκαν να εκπέμπουν με ισχύ 25mW.

Τα Xbee έχουν ρυθμιστεί να λειτουργούν σε AT mode , με το Xbee του CanSat να είναι Router και το Xbee του ground station να είναι Coordinator.

Τα πακέτα τηλεμετρίας που στέλνονται έχουν την ακόλουθη μορφή:

1o software state:

<PACKET_COUNT>,1,<LATITUDE>,<LONGITUDE>,<ALTITUDE>,<PRESSURE>,<TEMPERATURE>,<CHK_SUM1>

παράδειγμα πακέτου τηλεμετρίας :

73,1, 37.979308 , 23.782907,500,95460.84,15.0, 96037.602215

2o software state:

<PACKET_COUNT>,2,<LATITUDE>,<LONGITUDE>,<UV_RADIATION>,<SOLAR_PANELS_OUTPUT_VOLTAGE>,<SOIL_MOISTURE>,<CHK_SUM1>

Το CHK_SUM1 θα είναι το άθροισμα των προηγούμενων τιμών του πακέτου εξαιρουμένων του software state (1 ή 2) και του αριθμού του πακέτου. Τα check sums προστέθηκαν στα πακέτα μας σε μια προσπάθεια να ελέγχουμε την εγκυρότητα των πακέτων που λαμβάνει το ground station.

Για παράδειγμα , στο 1o πακέτο τηλεμετρίας , θα ισχύει :

CHK_SUM1 = <LATITUDE> + <LONGITUDE> + <ALTITUDE> + <PRESSURE> + <TEMPERATURE>

2.5 Σύστημα ανάκτησης

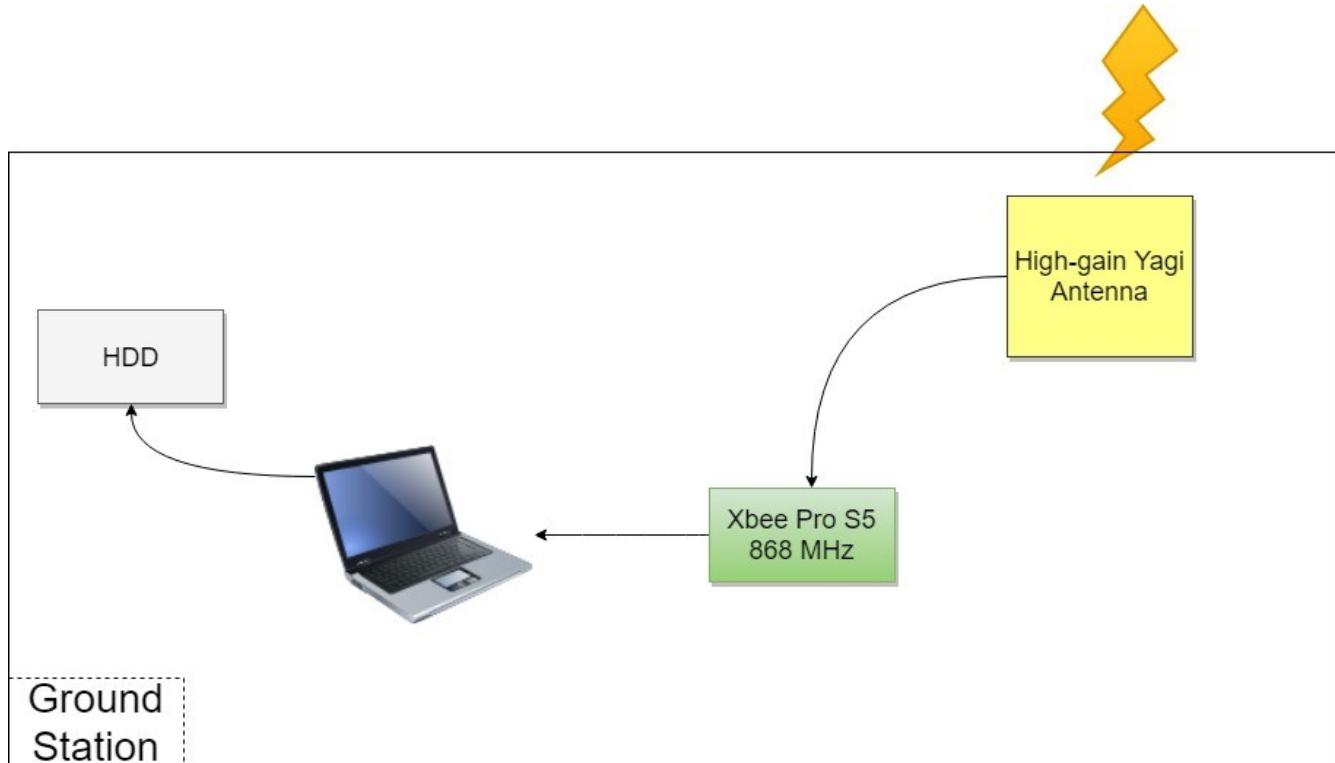
Το αλεξίπτωτο που αρχικά αγοράσαμε μας φάνηκε ανεπαρκές για την αποστολή, επομένως αποφασίστηκε να σχεδιαστεί και να κατασκευαστεί ένα αλεξίπτωτο από την ομάδα μας.

Ως μια πρώτη προσέγγιση, κόψαμε ένα εξάγωνο από συνηθισμένο, απλό ύφασμα με διάμετρο περιγεγραμένου κύκλου περίπου ίση με 30 εκατοστά. όπως περιμέναμε, το πάνινο ύφασμα δεν ήταν ικανό να αντισταθεί στον αέρα ούτε έδειχνε αρκετά γερό για να το χρησιμοποιήσουμε.

Έπειτα από έρευνα και πρόταση της οργανωτικής επιτροπής, καταλήξαμε στο ripstop nylon ύφασμα. Αγοράσαμε ένα κομμάτι από μία ελληνική επιχείρηση στο χώρο των πανιών για σκάφη αναψυχής, κόψαμε έναν κύκλο διαμέτρου 48 εκατοστών, κάναμε 8 κουμπότρυπες για να περαστεί το σχοινί και αρχίσαμε τις δοκιμές. Τέλος, κόβοντας όλο και μεγαλύτερη τρύπα στο κέντρο του κυκλικού αλεξίπτωτου επιτύχαμε την επιθυμητή οριακή ταχύτητα (περίπου ίση με 7 m/s). Συνεπώς, ο εκτιμώμενος χρόνος πτήσης είναι περίπου 143 sec.



2.6 Εξοπλισμός σταθμού βάσης



Ο σταθμός βάσης αποτελείται από:

- 1) Xbee Pro S5 868MHz , όμοιο με αυτό του CanSat με την διαφορά πως του έχουμε προσθέσει RP-SMA connector
- 2) Προσωπικός Υπολογιστής
- 3) Κεραία Yagi UHF με 8dB gain (FUBA DAT922 Compact)

Κεραία

Για να υπολογίσουμε τι gain θέλουμε να έχει η κεραία μας χρησιμοποιήσαμε την εξίσωση Free-Space Path Loss που προκύπτει από την εξίσωση Friis και βρήκαμε πως μια τυπική κεραία 6dB το λαμβανόμενο σήμα , ακόμα και από απόσταση 4 χλμ, θα είναι εντός των ορίων ευαισθησίας του Xbee (-112dBm). Επίσης εξετάσαμε και το φαινόμενο Doppler, καθώς η πηγή μας είναι κινούμενη, και βρήκαμε ότι θα λαμβάνουμε σήμα συχνότητας κατά 20Hz μεγαλύτερο από την εκπεμπόμενη. Προφανώς η μικρή αυτή αλλοίωση είναι αμελητέα για την συχνότητα εκπομπής μας (868MHz) και βρίσκεται εντός του εύρους λειτουργίας του Xbee.

Ground Station

Το Xbee module είναι τοποθετημένο σε USB Adapter και συνδέεται μέσω USB στον υπολογιστή. Επίσης, λειτουργεί σε AT mode , θα αποστέλει , δηλαδή , τα πακέτα που λαμβάνει από την κεραία κατευθείαν (χωρίς επεξεργασία) στην σειριακή θύρα του υπολογιστή. Στον υπολογιστή , ένα απλό πρόγραμμα γραμμένο σε Python διαβάζει τα δεδομένα από την σειριακή θύρα και τα αποθηκεύει σε ένα αρχείο στον υπολογιστή (“telemetry_data.txt”) και σε ένα δεύτερο JSON αρχείο για επεξεργασία. Για την απεικόνιση των δεδομένων δημιουργήσαμε ένα μικρό site που θα τρέξει σε local server (npm , Node.js). Σε αυτό, με Javascript θα διαβάζουμε τα δεδομένα από το τοπικό JSON αρχείο και με την χρήση του React.js framework , της βιβλιοθήκης [plotly.js](#) και του Google Maps Javascript API (για την προβολή KML αρχείων) , δημιουργούμε real-time γραφικές παραστάσεις των δεδομένων καθώς και 3D απεικόνιση της τροχιάς του δορυφόρου.



3. Προγραμματισμός του Project

3.1 Πόροι και Υλικοτεχνικός Εξοπλισμός

Πολλά από τα εξαρτήματα (XBee, GPS, Arduino) τα είχαμε ήδη στην κατοχή μας, οπότε δεν συμπεριλάβαμε στα κόστη κατασκευής. Παρακάτω φαίνονται τα κόστη των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν στο CanSat (οι ποσότητες των προιόντων που αγοράστηκαν είναι προφανώς περισσότερες από τις απαιτούμενες):

Είδος	Τιμή (Ευρώ)
Polymer Lithium Ion Battery -980mAh 3.7V	9.9
UV Sensor Breakout – MLB511	15.2
BMP280 I2C or SPI Barometric Pressure & Altitude Sensor	12.2
Waveshar XBEE USB Adapter	7.9
USB / DC / Solar Lithium Ion/Polymer Charger	21.5
Solar Panels(x4)	6
FUBA DAT922 Yagi Antenna	20
Leg Motor	12.4
Drill Motor(x2)	24.8
Drill Coupler(x2)	3.6
Drill bit(x4)	16
Legs(x5)	20
Springs(x20)	20
Flex Infill	4
M3 Bolts(x10)	1

M3 Nut(x10)	1
M2 Bolt(x10)	0.7
M2 Nut (x10)	0.7
M1.6 Bolt(x10)	0.7
Tactical Switch(x2)	0.2
N Clevis(x10)	9
Silicon Tube	3
Mosfet(x10)	2
Regulator(x4)	2
Αντιστάσεις(x100)	1
MicroChip MCP7381(x2)	5
Αντίσταση χρωμονικελίου	2.5
PCB(x20)	37
Micro SD Card Socket	3
Λουπά έξοδα	6.2

Συνολικό κόστος: 268.5€

Εξωτερική Υποστήριξη

Ο κ. Χρήστος Καψάλης (καθηγητής της ΣΗΜΜΥ) μας βοήθησε τόσο με την θεωρητική μελέτη γύρω από την τηλεπικοινωνία του CanSat και του Ground Station όσο και με την επιλογή της κεραίας που θα χρησιμοποιήσουμε στο Ground Station.

3.2 Πλάνο Δοκιμών

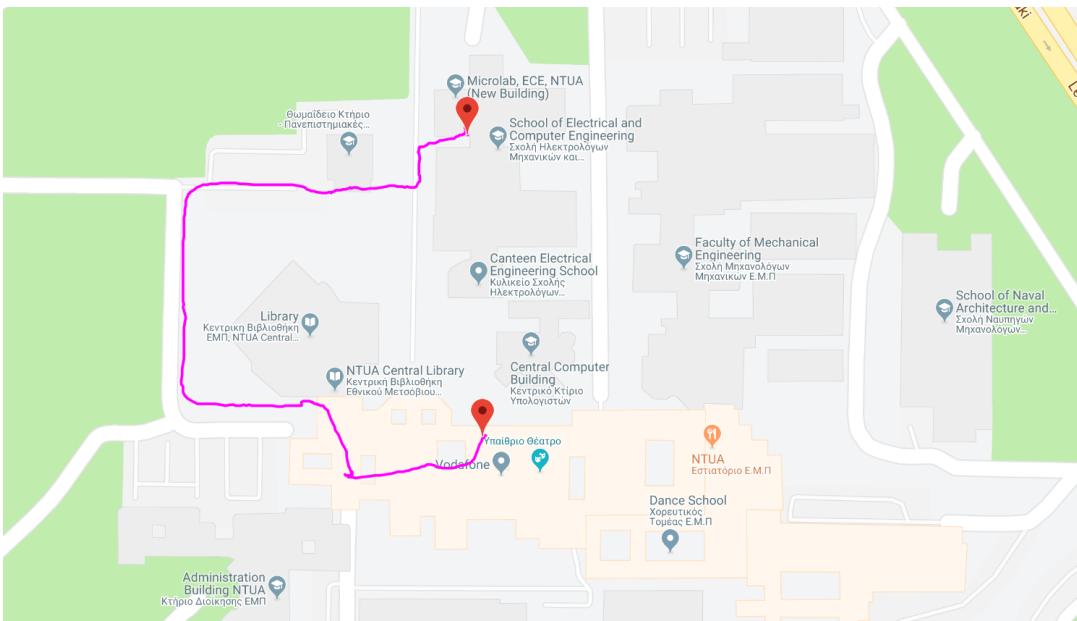
1) Δοκιμή αισθητήρων

Δοκιμάστηκαν όλοι οι αισθητήρες που θα χρησιμοποιηθούν στην αποστολή του CanSat για να επιβεβαιωθεί η σωστή λειτουργία τους. Συγκεκριμένα,

- α) Αισθητήρας Βαρομετρικής Πίεσης : Η τιμή που λαμβάναμε συγκρίθηκε με την αναμενόμενη τιμή στο υψόμετρο που βρισκόμασταν καθώς και με τις μετρήσεις αισθητήρων των κινητών τηλεφώνων μας και κάποιων weather station στο Internet

β) Αισθητήρας Θερμοκρασίας : Η εγκυρότητα των μετρήσεων επιβεβαιώθηκε από μετρήσεις θερμόμετρου ακριβείας. Ο αισθητήρας δοκιμάστηκε και σε ακραίες θερμοκρασίες εντός των τιμών λειτουργίας του.

γ) GPS : Οι μετρήσεις από το GPS είναι προφανώς εύκολο να ελεγχθούν κοιτάζοντας τις τιμές που λαμβάνουμε στο Google Maps. Για να εξακριβώσουμε όμως την ακρίβεια του αισθητήρα πραγματοποιήσαμε κάποιες διαδρομές λαμβάνοντας δεδομένα και τα αναπαραστήσαμε σε χάρτη [δημιουργώντας ένα html αρχείο](#). Οι διαδρομές ήταν εκπληκτικά ακριβείς , μία από αυτές φαίνεται παρακάτω:

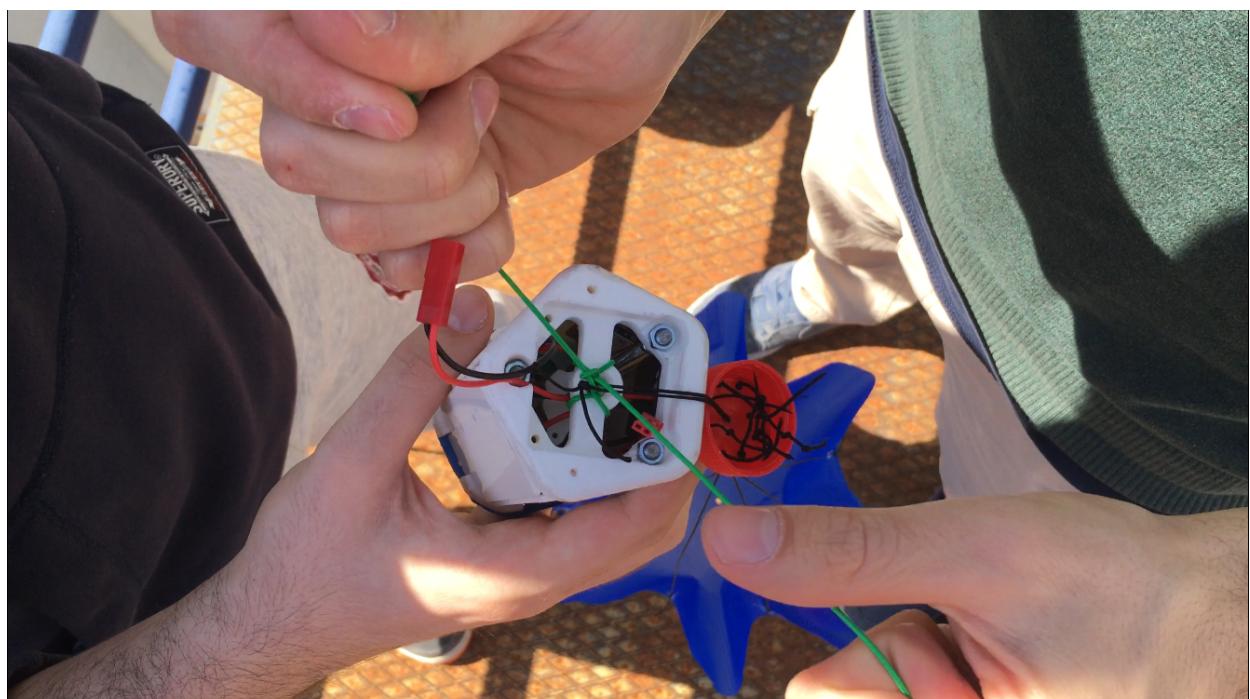


Για την επιβεβαίωση της μέτρησης της ταχύτητας του GPS λαμβάναμε τιμές καθώς κινούμασταν με αυτοκίνητο και συγκρίναμε τις μετρήσεις με την ταχύτητα του αυτοκινήτου.

2) Υπολογισμός οριακής ταχύτητας αλεξίπτωτου

Αφού κατασκευάσαμε το αλεξίπτωτό μας , με βάση τους υπολογισμούς που αναφέρονται στο αντίστοιχο κεφάλαιο, ξεκινήσαμε τις δοκιμές για να

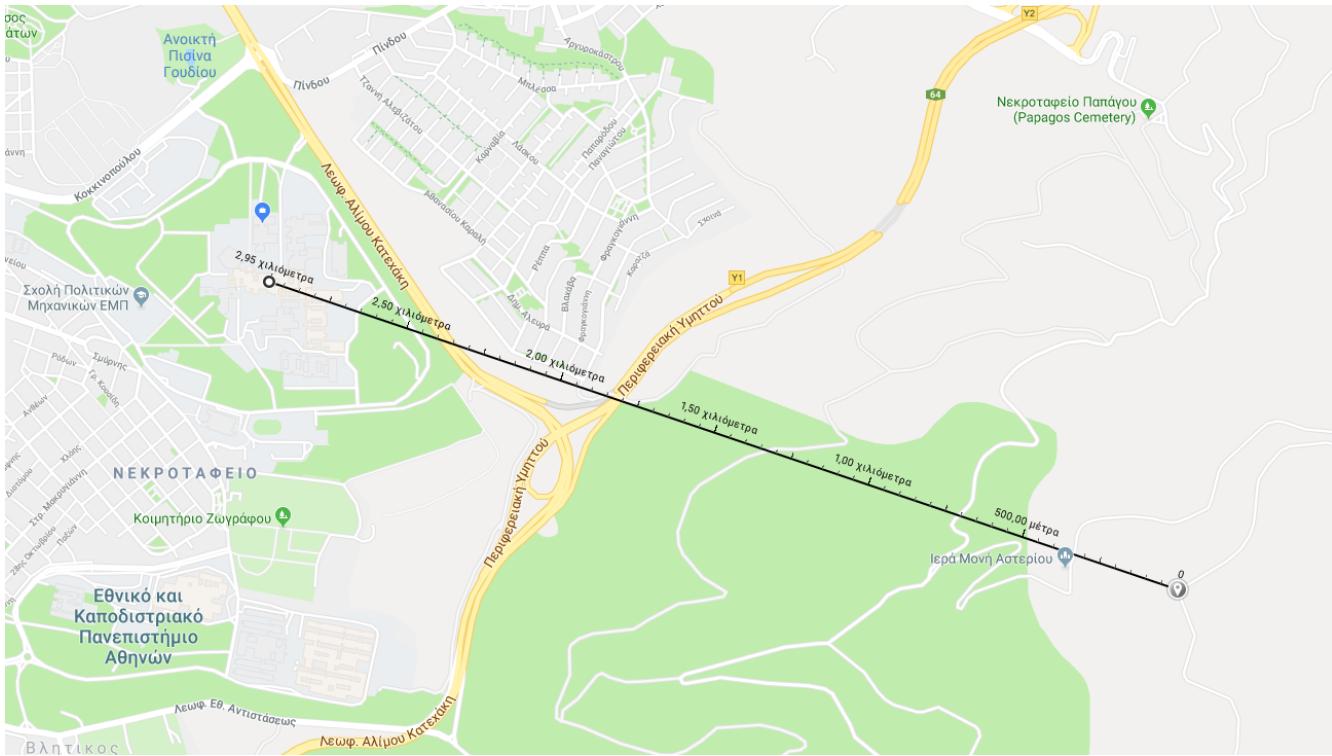
επιβεβαιώσουμε την θεωρητική τιμή της οριακής ταχύτητας. Πραγματοποιήσαμε αρκετές ρίψεις σε έναν υπαίθριο χώρο της σχολής μας , από ύψος περίπου 12 μέτρων. Στο σημείο που αναμενόταν η πρόσκρουση με το έδαφος , είχαμε τοποθετήσει ένα σημάδι στον τοίχο σε ύψος ενός μέτρου. Η πτώση καταγραφόταν σε slow motion video (240fps) και μετρώντας τα frames τα οποία χρειάστηκε ο δορυφόρος για να διανύσει το τελευταίο 1 μέτρο μπορούσαμε να συμπεράνουμε την ταχύτητα του. Ένας δεύτερος τρόπος με τον οποίο επιβεβαιώσαμε την ταχύτητα πτώσης , είναι η απευθείας μέτρηση της ταχύτητας από το GPS καθώς και η καταγραφή του υψόμετρου ανα συγκεκριμένα time intervals και ανάλυση των δεδομένων με ένα απλό πρόγραμμα C++. Μερικές φωτογραφίες από τις δοκιμές του αλεξίπτωτου:





3) Δοκιμή συστήματος τηλεμετρίας

Για την δοκιμή των τηλεπικοινωνιών μας σε μεγάλη απόσταση, η ομάδα μας εκτέλεσε το ακόλουθο πείραμα: Δύο μέλη της ομάδας μεταβήκαν στον Υμητό (συντεταγμένες : 37.969213, 23.815178)με το CanSat και 2 άλλα μέλη της ομάδας μας ήταν με την κεραία του Ground Station σε μια ταράτσα της Πολυτεχνειούπολης. Το CanSat και το Ground Station επικοινώνησαν από απόσταση περίπου 3 χιλιομέτρων και μάλιστα κατά την διάρκεια της επικοινωνίας δεν χάθηκε κανένα πακέτο:



4) Τεστ αντοχής – Υπολογισμός επιταχύνσεων κατά την πρόσκρουση στο έδαφος.

Για την δοκιμή της αντοχής του σκελετού και των κυκλωμάτων πραγματοποιήσαμε ένα drop test. Για να καταλάβουμε καλύτερα την καταπόνηση που θα δεχθεί ο σκελετός κατά την πρόσκρουση με το έδαφος μέσα στο CanSat βάλαμε ένα κύκλωμα που περιέχει τα εξής

- Τον ίδιο επεξεργαστή που θα χρησιμοποιήσουμε στη βασική αποστολή(Arduino pro mini)
- Ένα αισθητήρα επιτάχυνσης και μαγνητικού πεδίου(9 Dof IMU)
- Ένα σύστημα τηλεμετρίας με Bluetooth
- Μία microSD card για datalog σε περίπτωση απώλειας σήματος.

Ο σκοπός του κυκλώματος είναι να μετρήσουμε το μέτρο και την διεύθυνση της επιτάχυνσης που δέχεται ο σκελετός και την γωνία στην οποία βρίσκεται το CanSat κατά την πρόσκρουση. Το πείραμα διαδραματίστηκε σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος

αφήναμε το πρωτότυπο να εκτελέσει ελεύθερή πτώση από σταδιακά αυξανόμενο ύψος και στο δεύτερο μέρος συνδέσαμε το CanSat με αλεξίπτωτο και το αφήσαμε από ύψος περίπου 125 μέτρων.

Αποτελέσματα πειράματος

Στο πρώτο πείραμα οι μετρήσεις έδειξαν ότι η πρόσκρουση ήταν σχεδόν κατακόρυφη(~ $\pm 30^\circ$) και η μέγιστη επιτάχυνση που μετρήσαμε ήταν περίπου 12 g σε ελεύθερη πτώση από περίπου 5m. Στις περισσότερες δοκιμές η κρούση μπορεί να διακριθεί σε δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση το CanSat προσγειωνόταν πάνω στο λαστιχένιο damper το μεγαλύτερος μέρος της ενέργειας απορροφούνταν. Έπειτα η δεύτερη κρούση, στην οποία καταγράφθηκαν οι μεγαλύτερες μετρήσεις γινόταν με το πλαϊνό μέρος του σκελετού. Παρόλο που η επιτάχυνση στη δεύτερη κρούση είναι μεγαλύτερη δεν σημαίνει ότι αυτή είναι και ή πιο επίπονη κατάσταση για το σκελετό. Το μεγάλο μέτρο της επιτάχυνσης στη δεύτερη κρούση οφείλεται στη πολύ μεγαλύτερη σκληρότητα του περιφερειακού κελύφους σε σχέση με το λαστιχένιο damper. Παρακάτω παραθέτουμε αυτούσια τα δεδομένα που μας έστελνε ο δορυφόρος από μια πτώση από 3,5 m :

∞ COM6

54.47	27.52	-0.20	-0.16	-0.23	1.85	7584.00
52.75	28.66	-0.20	-0.16	-0.23	1.85	7584.00
51.57	29.10	-0.20	-0.16	-0.18	1.85	7568.00
50.61	29.32	-0.21	-0.17	-0.18	1.85	7576.00
49.76	29.52	-0.21	-0.17	-0.18	1.85	7584.00
48.04	28.38	-0.11	-0.17	-0.08	1.85	7600.00
46.48	27.35	-0.11	-0.17	-0.08	1.85	7600.00
45.09	26.43	-0.11	-0.17	-0.08	1.85	7592.00
45.16	26.39	-0.20	-0.15	-0.14	1.85	7568.00
45.22	26.35	-0.20	-0.15	-0.14	1.85	7560.00
45.55	24.08	-0.19	-0.17	-0.03	1.85	7648.00
45.84	22.03	-0.19	-0.17	-0.03	1.85	7672.00
46.10	20.19	-0.19	-0.17	-0.03	1.85	7656.00
44.61	20.14	-0.14	-0.23	-0.11	1.85	7584.00
43.28	20.08	-0.14	-0.23	-0.11	1.85	7576.00
40.91	19.73	-0.07	-0.21	-0.08	1.85	7584.00
38.76	19.42	-0.07	-0.21	-0.08	1.85	7592.00
36.84	19.13	-0.07	-0.21	-0.08	1.85	7608.00
34.77	18.68	-0.06	-0.21	-0.07	1.85	7616.00
32.91	18.27	-0.06	-0.21	-0.07	1.85	7648.00
31.10	16.90	-0.05	-0.22	-0.03	1.85	7616.00
29.47	15.67	-0.05	-0.22	-0.03	1.85	7640.00
27.99	14.55	-0.05	-0.22	-0.03	1.85	7640.00
20.95	10.98	49.48	-47.55	21.85	7.34	7608.00 πρόσκρουση 1
15.10	6.78	49.48	-47.55	21.85	7.34	7720.00
11.59	5.66	6.93	-14.03	-2.50	7.34	7728.00
8.34	4.30	6.93	-14.03	-2.50	7.34	7688.00
5.09	3.10	6.93	-14.03	-2.50	7.34	7632.00
6.70	5.89	-0.95	1.67	-2.14	7.34	7696.00
8.00	8.44	-0.95	1.67	-2.14	7.34	7592.00
13.12	7.80	-0.99	0.42	-0.37	7.34	7608.00
17.47	7.23	-0.99	0.42	-0.37	7.34	7616.00
21.38	6.72	-0.99	0.42	-0.37	7.34	7600.00
24.71	1.52	-1.60	-0.10	0.87	7.34	7616.00
27.42	-3.16	-1.60	-0.10	0.87	7.34	7600.00
30.35	-6.49	-1.60	-0.39	0.58	7.34	7664.00
33.40	-8.89	-2.38	-0.39	0.58	7.34	7664.00

Autoscroll

Στις πρώτες δύο στήλες βρίσκονται οι γωνίες οι οποίες σχηματίζει ο δορυφόρος με την κατακόρυφο. Στις επόμενες τρείς βρίσκονται οι τρείς συνιστώσες της επιτάχυνσης εκφρασμένες σε m/s^2 . Ακολουθεί η μέγιστη μετρούμενη συνολική επιτάχυνση σε g και τέλος ο χρόνος ανάμεσα στις μετρήσεις σε ms.

Στο δεύτερο στάδιο η επιτάχυνση ήταν γενικά μικρότερη από την ελεύθερη πτώση. Η γωνία του CanSat με την κατακόρυφο ήταν στο εύρος των $\pm 60^\circ$ πράγμα που δυσκόλευε την κατάσταση μιας και το damper λειτουργεί καλύτερα σε σχεδόν κατακόρυφες πτώσεις.

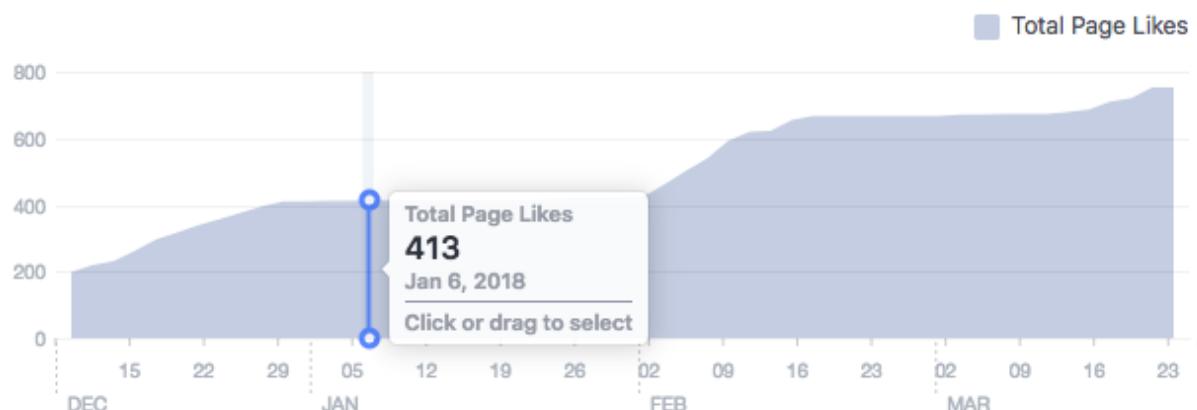
4. Πλάνο Προώθησης

4.1 Social Media

- Έχουμε δημιουργήσει [σελίδα στο Facebook](#) και [κανάλι στο YouTube](#), όπου ανεβάζουμε κυρίως updates από την κατασκευή του CanSat μας.
- Με τη χρήση κουπονιών διαφήμισης που μας χαρίζει το Facebook, αλλά και μέσω προσωπικών προσκλήσεων σε φίλους, έχουμε συγκεντρώσει ένα αξιόλογο κοινό 750 περίπου χρηστών με κοινά ενδιαφέροντα τα εξής:

People Who Match: Interests: Satellite, Robot, Science, Automation, Artificial intelligence, Arduino, SpaceX, Elon Musk, Physics, Microcontroller, Computer science, STEM fields, Robotics, Computer engineering, Engineering, Educational technology, Tutorial, Mathematics, Do it yourself (DIY), Time travel, Astronomy, Electrical engineering, Single-board microcontroller, astro, Computers, Project, Mars, Google, Mechanical engineering, Electronics or Data science, Field of study: Telecommunications engineering, Employers: Tesla

Total Page Likes as of Today: 753



4.2 Εκδηλώσεις & Συνεντεύξεις

Παραχωρήσαμε συνεντεύξεις στους:

- κ. Σωτήρη Κυριακίδη για το Αθηναϊκό και Μακεδονικό Πρακτορείο ειδήσεων. ([Συνέντευξη](#)). Το αντίστοιχο άρθρο αναπαρήχθη από πολλά ελληνικά ειδησεογραφικά websites, όπως το [newsbeast.gr](#)
- κ. Βασίλη Θυμιανίδη, για το [mycampus.gr](#)

Θα εντείνουμε την προσπάθεια επικοινωνίας τις επόμενες, τελευταίες εβδομάδες του project και του διαγωνισμού, καθώς τώρα είναι πιο ενδιαφέρον για τους δημοσιογράφους.

Ακόμα, η ομάδα μας θα συμμετάσχει στο Athens Science Festival, όπου και θα παρουσιάσει μετά το τέλος του διαγωνισμού ολοκληρωμένο το project μας και τα αποτελέσματα μας και θα μιλήσει για τις εμπειρίες της από το διαγωνισμό.

Τέλος, επικοινωνήσαμε με τα σχολεία όπου φοιτήσαμε, με σκοπό να δημιουργήσουν ομάδες για το διαγωνισμό την επόμενη σχολική χρονιά. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έδειξε η καθηγήτρια φυσικής του 2ου Λυκείου Καλυβίων, καθώς και το τμήμα Φυσικών Επιστημών των Εκπαιδευτηρίων Γείτονα, τα οποία είχαν κάνει αίτηση στο φετινό μαθητικό διαγωνισμό και θα τους βοηθήσουμε στην αίτηση που θα κάνουν του χρόνου.

4.3 Χορηγίες

Επικοινωνήσαμε με αρκετές εταιρείες από διάφορους τομείς δραστηριότητας, το αποτέλεσμα ήταν να καλυφθούν **πλήρως** τα έξοδα της ομάδας μας από τις εξής εταιρείες :

- Όμιλος ΣΚΛΑΒΕΝΙΤΗΣ
- Το κέντρο προετοιμασίας μεταπτυχιακών Global Prep
- Το γραφείο Ermis Graphics
- Η κατασκευαστική εταιρεία Stefanidis Machines

Επιπλέον, αναμένουμε απάντηση από μία ακόμα εταιρεία.

5. Προδιαγραφές

Για να εξασφαλίσουμε την ασφαλή μεταφορά του CanSat μέσα στον πύραυλο, το CanSat πρέπει να πληροί ορισμένες κατασκευαστικές προϋποθέσεις. Τα ακριβή χαρακτηριστικά της κατασκευής μας παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα :

Χαρακτηριστικά	Μέτρηση (μονάδα)
Ύψος του CanSat (mm)	115mm
Μάζα του CanSat (g)	350g
Διάμετρος του CanSat (mm)	66mm
Μήκος του συστήματος ανάκτησης (mm)	1m
Προγραμματισμένος χρόνος πτήσης (s)	143s
Υπολογισμένη ταχύτητα καθόδου (m/s)	7m/s
Χρησιμοποιούμενη Ραδιοσυχνότητα (hz)	868MHz
Ενεργειακή κατανάλωση (wh)	4.06 Wh
Συνολικό κόστος (€)	268.5 €

Εκ μέρους της ομάδας επιβεβαιώνω ότι το CanSat μας πληροί όλες τις προδιαγραφές οι οποίες θεσπίστηκαν για τον διαγωνισμό CanSat in Greece 2018 στις επίσημες [Οδηγίες Συμμετοχής](#).

Μιλτιάδης Στούρας, Αθήνα, 25/03/2018