

Open Schools Journal for Open Science

Vol 6, No 1 (2023)

Open Schools Journal for Open Science - Special Issue -Πρακτικά του «3ου Μαθητικού Συνεδρίου Έρευνας και Επιστήμης»



Αποστολή Anti-SPIN: Ένα CanSat που αρνείται να περιστραφεί

Σαββίνα Πουρνάρα, Δωροθέα Θεοδωροπούλου,
Παναγιώτης Λάζος

doi: [10.12681/osj.31893](https://doi.org/10.12681/osj.31893)

Copyright © 2023, Σαββίνα Πουρνάρα, Δωροθέα Θεοδωροπούλου,
Παναγιώτης Λάζος



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

To cite this article:

Πουρνάρα Σ., Θεοδωροπούλου Δ., & Λάζος Π. (2023). Αποστολή Anti-SPIN: Ένα CanSat που αρνείται να περιστραφεί. *Open Schools Journal for Open Science*, 6(1). <https://doi.org/10.12681/osj.31893>

Αποστολή Anti-SPIN: Ένα CanSat που αρνείται να περιστραφεί

Θεοδωροπούλου Δωροθέα¹, Πουρνάρα Σαββίνα²

¹26^ο Γενικό Λύκειο Αθηνών -Μαράσλειο, ²26^ο Γενικό Λύκειο Αθηνών -Μαράσλειο

¹dorothytheo1234@gmail.com, ²savinapournara@gmail.com

Επιβλέπων Καθηγητής: Λάζος Παναγιώτης

ΠΕ 04.01 Φυσικός, 26ο Γενικό Λύκειο Αθηνών - Μαράσλειο

(κατά το σχολικό έτος της δράσης)

Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλιούπολης (κατά το τρέχον σχολικό έτος)

taklazos@gmail.com

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αφορά τη συμμετοχή του σχολείου μας στον μαθητικό διαγωνισμό διαστημικής Cansat in Greece 2019 με την αποστολή AntiSpin. Η κύρια αποστολή της ομάδας μας ήταν η σταθεροποίηση του CanSat ως προς τον κατακόρυφο άξονά του κατά την κάθοδό του, έτσι ώστε να επιτευχθεί λήψη σταθερής εικόνας από τις δύο ενσωματωμένες κάμερες μας. Η σταθεροποίηση επιτυγχάνεται χάρη σε ένα σύστημα αποτελούμενο από ένα ηλεκτρικό κινητήρα (μοτέρ) και έναν μικροελεγκτή Arduino, ο οποίος λαμβάνει δεδομένα από ένα γυροσκόπιο και με κατάλληλο λογισμικό δίνει ανάλογες εντολές στον ηλεκτρικό κινητήρα. Ουσιαστικά πρόκειται για μία εφαρμογή της διατήρησης της στροφορμής του συστήματος. Έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην ανάπτυξη του κατάλληλου λογισμικού αλλά και στον μηχανολογικό σχεδιασμό έτσι ώστε το σύστημα να είναι λειτουργικό και αποδοτικό. Η ιδέα μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε σύστημα χρειάζεται σταθεροποίηση γύρω από κάποιον άξονα δυνητικής περιστροφής ή με μικρή αλλαγή στο λογισμικό να λειτουργήσει για την ελεγχόμενη περιστροφή ενός αντικειμένου (π.χ. διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble).

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Arduino, ρομποτική, διαγωνισμός CANSAT, διατήρηση στροφορμής, τηλεπισκόπηση εδάφους

Η αποστολή Anti-SPIN

Το CanSat in Greece είναι ένας πανελλήνιος διαγωνισμός διαστημικής που διοργανώνεται από τη SPIN Innovation και πραγματοποιείται σε συνεργασία με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος (ESA). Το σχολείο μας συμμετείχε πρώτη φορά το 2017 με την αποστολή CAN.I.S., η οποία απέσπασε το πρώτο βραβείο, το 2018 με την αποστολή Can-Can και το 2019 με την αποστολή Anti-SPIN αποσπώντας το δεύτερο βραβείο.

Στον διαγωνισμό οι μαθητικές ομάδες καλούνται να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν ένα σύστημα -με συγκεκριμένες διαστάσεις και βάρος- το οποίο εκτοξεύεται εντός πυραύλου και στη συνέχεια απελευθερώνεται σε ύψος περίπου ενός χιλιομέτρου. Κατά την πτώση του χρησιμοποιεί αλεξίπτωτο ενώ πρέπει να λαμβάνει μετρήσεις θερμοκρασίας, ατμοσφαιρικής πίεσης και γεωγραφικών συντεταγμένων τις οποίες αποστέλλει στο έδαφος μέσω τηλεμετρίας ανά 1 sec (πρωτεύουσα αποστολή).

Η δευτερεύουσα αποστολή κάθε ομάδας ορίζεται από την ίδια. Η κύρια δευτερεύουσα αποστολή του Anti-SPIN είναι η δημιουργία ενός συστήματος που εξασφαλίζει τη σταθεροποίηση του CanSat περί του κατακόρυφου άξονα (άξονας z). Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας τη διατήρηση της στροφορμής στο σύστημα ηλεκτρικός κινητήρας – δίσκος - υπόλοιπο CanSat. Κατά την κάθοδο και κάθε ένα δευτερόλεπτο το CanSat αποστέλλει τα δεδομένα στον σταθμό βάσης, τα οποία αποθηκεύει σε μνήμη. Ταυτόχρονα με βάση τη γωνιακή ταχύτητα γύρω από τον κατακόρυφο άξονα, ο ηλεκτρικός κινητήρας τίθεται σε περιστροφή με τέτοια γωνιακή ταχύτητα ώστε το CanSat να παραμένει σταθερό γύρω από τον συγκεκριμένο άξονα. Με ένα παρόμοιο σύστημα επιτυγχάνεται στο διαστημικό τηλεσκόπιο Hubble το αντίθετο αποτέλεσμα, δηλαδή η προγραμματισμένη περιστροφή του τηλεσκοπίου προκειμένου να σκοπεύσει ένα ουράνιο σώμα (Beals et al, 1988).

Επιπλέον και σε συνέχεια των παλαιότερων αποστολών της ομάδας, δύο κάμερες στο κατώτερο μέρος του CanSat καταγράφουν βίντεο, τα οποία αποθηκεύονται σε κάρτες micro-sd και ταυτόχρονα αποστέλλονται ραδιοφωνικώς στο σταθμό βάσης. Η μία κάμερα είναι ευαίσθητη στο ορατό φως και η άλλη στο εγγύς υπέρυθρο (NIR). Έτσι από τη σύγκριση των δύο εικόνων, σε δεύτερο χρόνο, μπορεί να υπολογιστεί ο δείκτης NDVI για διάφορα σημεία του εδάφους, ο οποίος χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί η ύπαρξη η πυκνότητα βλάστησης (Πουρνάρα & Λάζος, 2020). Μία ακόμα πτυχή της δευτερεύουσας αποστολής είναι ο έλεγχος για την ύπαρξη θερμοκρασιακής αναστροφής και ο υπολογισμός της ταχύτητας του ήχου σε διαφορετικά ύψη εντός της ατμόσφαιρας, λαμβάνοντας υπόψη τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία ανά ύψος. Η σχετική κατανομή της ταχύτητας του ήχου, όπως θα προέκυπτε από τις μετρήσεις, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην πρόβλεψη

της διάδοσης ήχων στην ατμόσφαιρα, κάτι ιδιαίτερα χρήσιμο π.χ. στη μελέτη της ηχορρύπανσης κοντά σε αεροδρόμια. Δυστυχώς, τελικά οι πύραυλοι που θα μετέφεραν τα CanSat όλων των ομάδων δεν εκτοξεύθηκαν για τεχνικούς λόγους. Έτσι δεν κατέστη δυνατή η λήψη και η αξιοποίηση των μετρήσεων για τον έλεγχο της διάδοσης του ήχου, την ανίχνευση θερμοκρασιακής αναστροφής στα στρώματα της ατμόσφαιρας και τον υπολογισμό της φυτοκάλυψης με τον δείκτη NDVI, τα οποία αποτελούσαν επιμέρους στόχους της αποστολής αλλά και εξέλιξη των προηγούμενων αποστολών μας (Αναγνωστοπούλου et al, 2020).

Στο κύριο μέρος της αποστολής μας, εκείνο της σταθεροποίησης, έχει δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην ανάπτυξη του κατάλληλου λογισμικού αλλά και στον μηχανολογικό σχεδιασμό, έτσι ώστε το σύστημα να είναι λειτουργικό και αποδοτικό. Σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της στροφορμής η ολική στροφορμή ενός συστήματος, στο οποίο ασκείται μηδενική ολική ροπή από το περιβάλλον, παραμένει σταθερή. Δηλαδή:

$$\text{Αν: } \Sigma \tau_{\epsilon\xi} = 0 \Rightarrow \frac{dL}{dt} = 0 \quad (1)$$

Στην περίπτωση ενός συστήματος δύο στερεών (δηλαδή απολύτως άκαμπτων) σωμάτων αυτό πρακτικά σημαίνει πως κάθε μεταβολή στην στροφορμή του ενός σώματος θα συνοδεύεται από αντίθετη μεταβολή στην στροφορμή του άλλου. Το CanSat της ομάδας μας είναι ένα σύστημα από δύο σώματα. Το ένα σώμα είναι ο δίσκος με τον άξονά του και το άλλο σώμα είναι το υπόλοιπο CanSat. Σημειώνεται πως το αλεξίπτωτο δεν είναι άκαμπτο σώμα, αλλά λόγω της πολύ μικρής μάζας του σε σχέση με το υπόλοιπο CanSat παραλείπεται από τους υπολογισμούς. Τα δύο σώματα δέχονται τις εξής εξωτερικές δυνάμεις:

1. Το βάρος τους, το οποίο όμως δεν προκαλεί ροπή καθώς ασκείται σε σημείο του άξονα περιστροφής (ο οποίος διέρχεται πάντα από το κέντρο μάζας σε ένα ελεύθερο σώμα).
2. Την αντίσταση του αέρα (σε περίβλημα και αλεξίπτωτο), η κατεύθυνση της οποίας είναι μεταβαλλόμενη κατά τη διάρκεια της πτώσης, τόσο εξαιτίας της ευκαμψίας του αλεξίπτωτου όσο και εξαιτίας πιθανόν ριπών ανέμου. Σε γενικές γραμμές η αντίσταση του αέρα (μπορεί να) ασκεί ροπή στο σύστημα.

Αν δεν υπήρχε η ροπή της αντίστασης του αέρα, τότε η αποστολή θα ήταν πολύ εύκολη. Το CanSat (μαζί και ο δίσκος) θα εξέρχονταν από τον πύραυλο με κάποια αρχική στροφορμή και γωνιακή ταχύτητα ω_z , η οποία θα ήταν εύκολο να μηδενιστεί δίνοντάς της κατάλληλη νέα γωνιακή ταχύτητα ω'_z στον δίσκο. Συγκεκριμένα, λόγω της αρχής διατήρησης της στροφορμής, θα ισχύει:

$$\begin{aligned} L_{\text{αρχ}} &= L_{\text{τελ}} \Rightarrow \\ L_{\text{cansat}} + L_{\text{δίσκου}} &= L'_{\text{δίσκου}} \Rightarrow \\ (I_{\text{cansat}} + I_{\text{δίσκου}}) \cdot \omega_z &= I_{\text{δίσκου}} \cdot \omega'_z \end{aligned} \quad (2)$$

όπου I_{cansat} και $I_{\text{δίσκου}}$ οι ροπές αδράνειας του CanSat και του δίσκου αντίστοιχα (Ιωάννου et al, 2010).

Όταν, μέσω των δεδομένων από το γυροσκόπιο και κατάλληλου λογισμικού, επιτευχθεί η κατάλληλη γωνιακή ταχύτητα ω'_z του δίσκου, το CanSat συνεχίζει την

πτώση του χωρίς να περιστρέφεται γύρω από τον κατακόρυφο άξονα. Όμως, το μεταβλητό μέτρο και η μεταβλητή κατεύθυνση της ροπής της αντίστασης του αέρα καθιστούν αναγκαίο τον συνεχή έλεγχο της γωνιακής ταχύτητας ω_z του CanSat. Εφόσον αυτή δεν είναι μηδενική, ο αλγόριθμος πραγματοποιεί νέο υπολογισμό και μεταβάλλει τη γωνιακή ταχύτητα ω'_z του δίσκου, ώστε να επιτυγχάνεται εκ νέου μη περιστροφή του CanSat γύρω από τον κατακόρυφο άξονα. Φαίνεται από τη σχέση (2), ότι ο δίσκος πρέπει να περιστραφεί ακόμα πιο γρήγορα προς την κατεύθυνση που περιστρέφεται το υπόλοιπο CanSat και όχι αντίθετα προς αυτή.

Καταγραφή δεδομένων

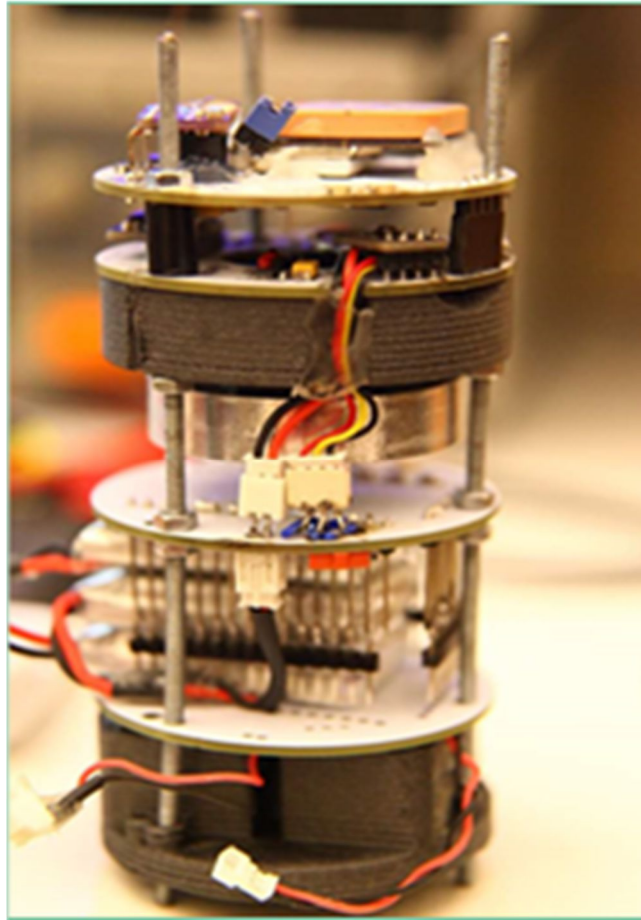
Τα δεδομένα που καταγράφονται από το CanSat και αποθηκεύονται σε μνήμη SPI flash είναι τα εξής:

1. Ατμοσφαιρική πίεση, θερμοκρασία και σχετική υγρασία του αέρα. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται από δύο αισθητήρες BME280. Ο ένας αισθητήρας βρίσκεται στο εσωτερικό του CanSat, ενώ ο άλλος βρίσκεται στο πάνω μέρος του και είναι εκτεθειμένος στον αέρα, αλλά χωρίς να εξέχει. Η επιλογή τόσο για τη χρήση δύο αισθητήρων όσο και για την τοποθέτησή τους στις συγκεκριμένες θέσεις έχει να κάνει με τη δυνατότητα σύγκρισης των μεταξύ τους μετρήσεων.
2. Γεωγραφικές συντεταγμένες από το GPS.
3. Δεδομένα από το γυροσκόπιο - επιταχυνσιόμετρο - μαγνητόμετρο. Συγκεκριμένα καταγράφονται οι τιμές της επιτάχυνσης της βαρύτητας σε 3 άξονες και οι γωνίες Euler. Επίσης το γυροσκόπιο αποστέλλει στον μικροελεγκτή τιμές για την γωνιακή ταχύτητα ως προς τον άξονα z, ώστε να πραγματοποιείται έλεγχος του ηλεκτρικού κινητήρα μέσω κατάλληλου αλγόριθμου.
4. Βίντεο και φωτογραφίες από δύο κάμερες Eachine DVR03 οι οποίες διαθέτουν ενσωματωμένο πομπό στα 5,8 GHz και υποδοχή για κάρτα micro-sd. Τα βίντεο καταγράφονται στις κάρτες και ταυτόχρονα αποστέλλονται στο σταθμό βάσης. Η μια κάμερα καταγράφει στο ορατό φάσμα και άλλη στο εγγύς υπέρυθρο (NIR). Τα βίντεο αποθηκεύονται τμηματικά σε διαδοχικά τρίλεπτα βίντεο σε μορφή avi, με αποτέλεσμα να μην χάνεται ολόκληρο το βίντεο σε περίπτωση πτώσης της τάσης. Μετά από δοκιμές, καταλήξαμε στο ότι η τηλεμετρία των καμερών λειτουργεί αξιόπιστα σε απόσταση τουλάχιστον 1 Km. Οι δύο κάμερες τοποθετήθηκαν στο CanSat με τέτοιο τρόπο ώστε τα οπτικά τους πεδία να ταυτίζονται σε μεγάλο βαθμό και να είναι εφικτή η σύγκριση ανάμεσα στις δύο εικόνες του εδάφους.

Ηλεκτρολογικός και μηχανολογικός σχεδιασμός

Για το εξωτερικό κέλυφος του CanSat χρησιμοποιείται ανθρακόνημα (carbon fiber) λόγω της υψηλής ανθεκτικότητάς και του χαμηλού βάρους. Σχετικά με την εσωτερική δομή του CanSat, το σύστημα είναι μία αρθρωτή κατασκευή από μία σειρά πατωμάτων σχεδιασμένων με το λογισμικό 3D σχεδίασης Tinkercad και εκτυπωμένων σε 3d εκτυπωτή και μία σειρά τυπωμένων κυκλωμάτων PCB. Οι πλακέτες και τα τυπωμένα πατώματα συνδέονται με μακριές βίδες (ντίζες). Η επικοινωνία των PCB (τροφοδοσία και σήματα) γίνεται μέσω μιας σειράς ακροδεκτών (headers) και καλωδίων που είναι τοποθετημένα παράλληλα με τις ντίζες. Οι πλακέτες PCB επιλέχθηκαν για να κατανεμηθεί όσο το δυνατόν συμμετρικότερα η μάζα των εξαρτημάτων και να εξοικονομηθεί χώρος.

Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά τρία PCB. Τα δύο εξ' αυτών είναι διπλής όψης και τοποθετήθηκαν, ενωμένα μαζί μέσω ζεύγους ακροδεκτών στήριξης στο πάνω τμήμα του CanSat όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.



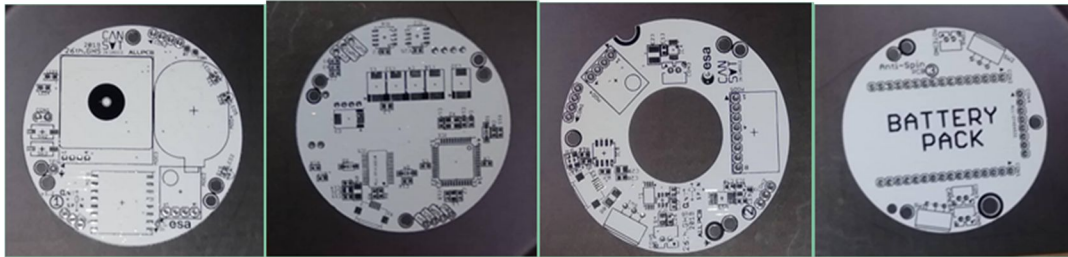
Σχήμα 1: Το εσωτερικό του CanSat. Διακρίνονται τα πατώματα και τα PCB

Στο πρώτο PCB τοποθετήθηκαν τα εξής εξαρτήματα: ο επεξεργαστής (Moteino) με τον ενσωματωμένο πομπό RFM69HCW και μνήμη SPI flash 4 Gbit, ο ένας αισθητήρας BME280, το GPS και ένα NUT mini. Το τελευταίο είναι μια μικρή αυτόνομη συσκευή που επικοινωνεί μέσω Bluetooth και κατάλληλης εφαρμογής με κινητό τηλέφωνο, εξασφαλίζοντας τον εντοπισμό του CanSat αν αυτό προσγειωθεί σε πυκνή βλάστηση και δεν είναι ορατό. Στο πάνω καπάκι υπάρχουν κατάλληλα ανοίγματα για την κεραία του GPS, τον έναν αισθητήρα BME280 και το nut mini.

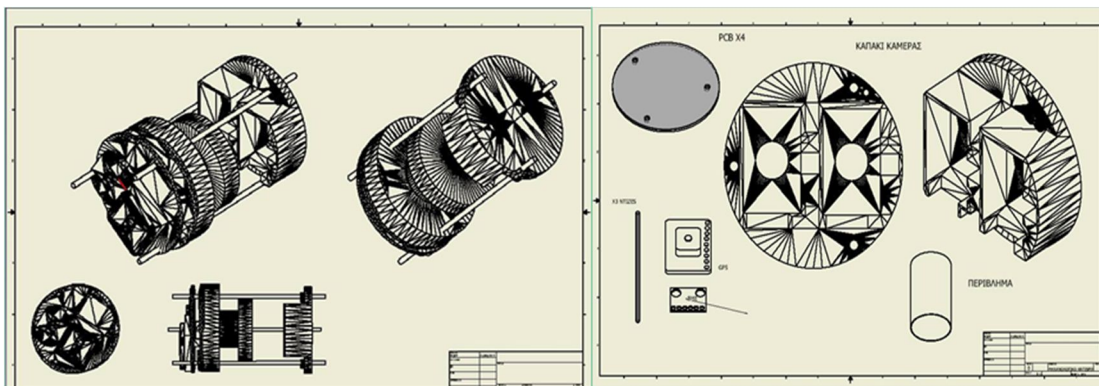
Στην κάτω όψη του δεύτερου PCB στηρίζεται ο ηλεκτρικός κινητήρας με τον δίσκο του, ενώ στο πάνω τμήμα έχουν τοποθετηθεί ο εσωτερικός αισθητήρας BME280, ο αισθητήρας γυροσκοπίου – επιταχυνσιόμετρου – μαγνητόμετρου και ο ελεγκτής του ηλεκτρικού κινητήρα. Το σώμα του ηλεκτρικού κινητήρα περιβάλλεται από πάτωμα τυπωμένο σε 3d εκτυπωτή για αυξημένη σταθερότητα.

Το τρίτο PCB είναι τοποθετημένο χαμηλότερα και φιλοξενεί τρεις μπαταρίες (δύο για τις κάμερες και μια για το κύκλωμα του μικροελεγκτή) και τους αντίστοιχους συρταρωτούς διακόπτες. Στο περίβλημα υπάρχουν ανοίγματα για εύκολη πρόσβαση στους διακόπτες. Σε μετέπειτα στάδιο της εξέλιξης προστέθηκε ακόμα

ένα PCB ανάμεσα στις μπαταρίες και στο πάτωμα των καμερών, το οποίο δεν φέρει εξαρτήματα αλλά σταθεροποιεί καλύτερα τις μπαταρίες. Τα PCB φαίνονται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2: Πάνω όψη PCB1 (πρώτη), κάτω όψη PCB1 (δεύτερη), PCB 2 (τρίτη) και PCB 3 (τέταρτη)



Σχήμα 3: Δομή του CanSat-Μηχανολογικό Σχέδιο στο λογισμικό Inventor



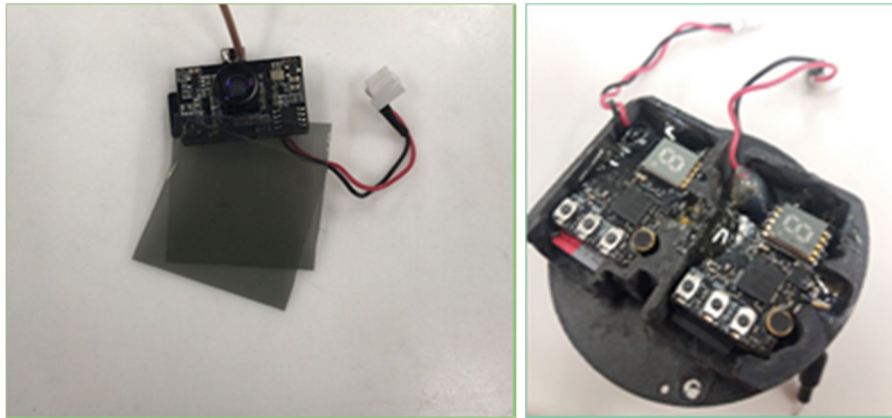
Σχήμα 4: Ο αλουμιένιος δίσκος

Σε κάθε PCB, καθώς και στα δύο 3d εκτυπωμένα πατώματα (πάτωμα - θήκη των καμερών και θήκη του ηλεκτρικού κινητήρα) υπάρχουν οπές για τις τρεις ντίζες. Οι ντίζες μαζί με κατάλληλους αποστάτες συνδέουν μηχανικά όλα τα πατώματα και τα καπάκια από ανθρακόνημα και πάνω τους βιδώνουν παξιμάδια ασφαλείας, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα συμπαγές σύνολο.

Μετά από τις αρχικές δοκιμές με χρήση ενός πλαστικού δίσκου εκτυπωμένου σε 3d εκτυπωτή και ενός ορειχάλκινου δίσκου καταλήξαμε σε δίσκο αλουμινίου καθώς έχει κατάλληλη ροπή αδράνειας για να συνεργάζεται με τον ηλεκτρικό κινητήρα (Σχήμα 4).

Κάμερες

Η μετατροπή της οπτικής κάμερας σε κάμερα ευαίσθητη στην εγγύς υπέρυθρη ακτινοβολία (NIR) έγινε με αφαίρεση του φίλτρου αποκοπής της NIR και τοποθέτηση δύο πολωτικών φίλτρων με κάθετα μεταξύ τους τα επίπεδα πόλωσης εμπρός από τον φακό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5, επιτρέποντας έτσι στην εγγύς υπέρυθρη ακτινοβολία να προσπέσει και να καταγραφεί στον αισθητήρα της κάμερας (Mangold, Shaw & Vollmer, 2013).



Σχήμα 5: Χρήση πολωτικών φίλτρων για την υπέρυθρη κάμερα (αριστερά) και πάτωμα καμερών

Αλεξίπτωτο

Το αλεξίπτωτο της αποστολής είναι σταυροειδές, το υλικό του οποίου είναι ύφασμα τύπου ripstop κόκκινου χρώματος. Η κάθε πλευρά έχει μήκος 17 εκατοστών, ενώ στο κέντρο του διαθέτει μια τρύπα διαμέτρου 3,7 εκατοστών για ομαλότερη κάθοδο.

Λογισμικό - Αλγόριθμος σταθεροποίησης

Ο προγραμματισμός του CanSat και της βάσης πραγματοποιήθηκε στο προγραμματιστικό περιβάλλον Arduino Software (IDE) και με τη γλώσσα προγραμματισμού C++. Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε δύο μνήμες SPI flash. Ειδικά τα δεδομένα από το GPS και τους αισθητήρες αποστέλλονται ταυτόχρονα ραδιοφωνικώς στον επίγειο σταθμό με τη χρήση μιας αυτοσχέδιας κεραιάς Yagi 10 στοιχείων στη συχνότητα των 433 MHz. Με στόχο να αυξηθεί η ωφέλιμη απόσταση επικοινωνίας με τη βάση, δημιουργήθηκε ένα πακέτο δεδομένων, το οποίο περιέχει μόνο τα απολύτως απαραίτητα τόσο για την άμεση επεξεργασία των δεδομένων όσο και για τη μείωση της πιθανότητας λάθους στη λήψη των πακέτων στη βάση. Συγκεκριμένα κάθε πακέτο περιέχει τα δεδομένα των δύο αισθητήρων θερμοκρασίας – πίεσης - υγρασίας, τα δεδομένα για τη γωνιακή ταχύτητα στον άξονα z από το γυροσκόπιο και τις γεωγραφικές συντεταγμένες latitude και

longitude από το GPS. Στις δοκιμές επετεύχθη επικοινωνία CanSat και βάσης σε απόσταση μεγαλύτερη των 2 Km.

Ο έλεγχος της σταθεροποίησης γίνεται μέσω αλγορίθμου επεξεργασίας των δεδομένων από τον αισθητήρα BNO055 (γυροσκόπιο). Ο αλγόριθμος, ο οποίος ενεργοποιείται μόνο μετά τη άφεση του CanSat από τον πύραυλο μέσω ενός jumper που είναι συνδεδεμένο με κορδόνι με το αλεξίπτωτο, ελέγχει τη γωνιακή ταχύτητα (μέτρο και κατεύθυνση) του δίσκου δίνοντας κατάλληλο σήμα στον ηλεκτρικό κινητήρα. Ο αλγόριθμος αξιοποιεί και διαβάζει τα δεδομένα του γυροσκοπίου δύο φορές κάθε δευτερόλεπτο και ελέγχει σε ποια από τις εννέα προκαθορισμένες περιοχές τιμών βρίσκεται η γωνιακή ταχύτητα του CanSat. Ανάλογα με την περιοχή τροφοδοτείται με την κατάλληλη τάση ο ηλεκτρικός κινητήρας. Αν η γωνιακή ταχύτητα είναι κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο τότε ο ηλεκτρικός κινητήρας σταματάει.

Συμπεράσματα – Συζήτηση

Αρκετά από τα συστήματα που σχεδιάσαμε και κατασκευάσαμε δεν μπόρεσαν να αποδείξουν τη λειτουργικότητά τους καθώς δεν έγινε εκτόξευση. Ωστόσο το σύστημα Anti-Spin λειτούργησε εξαιρετικά σε όλες τις δοκιμές. Έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην ανάπτυξη του κατάλληλου λογισμικού αλλά και στον μηχανολογικό σχεδιασμό έτσι ώστε το σύστημα να είναι λειτουργικό και αποδοτικό καθώς και στην εύρεση δίσκου κατάλληλης μάζας και ακτίνας ώστε να έχει την απαραίτητη ροπή αδράνειας για τις ανάγκες της αποστολής. Η ιδέα μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε σύστημα χρειάζεται σταθεροποίηση γύρω από κάποιον άξονα δυναμικής περιστροφής ή με μικρή αλλαγή στο λογισμικό να εφαρμοστεί στην ελεγχόμενη περιστροφή ενός αντικειμένου.

Βιβλιογραφία

- Αναγνωστοπούλου, Δ., Πουρνάρα, Σ., Τοράκη, Μ., Φατούρου, Ι. & Λάζος, Π. 2020. Αποστολή CAN-CAN. Η συμμετοχή του 26ου ΓΕΛ Αθηνών στον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Διαστημικής CanSat in Greece 2018. Open Schools Journal for Open Science, 3(6). DOI: 10.12681/osj.24295.
- Ιωάννου, Α., Ντάνος, Γ., Πήττας, Α. & Ράπτης, Σ. 2010. Φυσική Θετικής & Τεχνολογικής κατεύθυνσης Γ' τάξη Γενικού Λυκείου. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Πουρνάρα, Σ. & Λάζος, Π. 2020. Εφαρμογές της υπέρυθρης φωτογραφίας στη Φυσική. Open Schools Journal for Open Science, 1(4). DOI: 10.12681/osj.22366.
- Beals, G. A., Crum, R. C., Dougherty, H. J., Hegel, D. K., Kelley, J. L., & Rodden, J.J. 1988. Hubble Space Telescope precision pointing control system. Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 11:2, 119-123.
- Mangold, K., Shaw, J. A. & Vollmer, M. 2013. The physics of near-infrared photography. European Journal of Physics, 34, S51-S71. doi:10.1088/0143-0807/34/6/S51.