ePublishing

Open Schools Journal for Open Science

Vol 3, No 6 (2020)

Αποστολή CAN-CAN. Η συμμετοχή του 26ου ΓΕΛ Αθηνών στον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Διαστημικής CanSat in Greece 2018.

Δήμητρα Αναγνωστοπούλου, Σαββίνα Πουρνάρα, Μαριαλένα Τοράκη, Ιωάννα Φατούρου, Παναγιώτης Λάζος

doi: 10.12681/osj.24295

Copyright © 2020, Δήμητρα Αναγνωστοπούλου, Σαββίνα Πουρνάρα, Μαριαλένα Τοράκη, Ιωάννα Φατούρου, Παναγιώτης Λάζος

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0.

To cite this article:

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). https://doi.org/10.12681/osj.24295

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 03/08/2025 22:30:44

Open Schools Journal
for Open Science

Αποστολή CAN-CAN

Η συμμετοχή του 26ου ΓΕΛ Αθηνών στον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Διαστημικής CanSat in Greece 2018

Αναγνωστοπούλου Δήμητρα[1], Πουρνάρα Σαββίνα[1], Τοράκη Μαριαλένα[1], Φατούρου Ιωάννα[1], Λάζος Παναγιώτης[2]

[1] 26ο Γενικό Ενιαίο Λύκειο Αθηνών – Μαράσλειο, Αθήνα, Ελλάδα

[2]Φυσικός, 26ο Γενικό Ενιαίο Λύκειο Αθηνών Αθηνών – Μαράσλειο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αφορά τη συμμετοχή του 26ου ΓΕΛ Αθηνών-Μαράσλειου στον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Διαστημικής CanSat in Greece 2018.

Κάθε ομάδα που συμμετέχει στον διαγωνισμό πρέπει, καταρχάς, να επιτύχει την τακτική λήψη και αποστολή με τηλεμετρία μετρήσεων θερμοκρασίας, ατμοσφαιρικής πίεσης και γεωγραφικών συντεταγμένων. Επιπλέον, πρέπει να σχεδιάσει και υλοποιήσει μία δευτερεύουσα αποστολή. Εκείνη της ομάδας μας έχει ως κύριο σκέλος την κατασκευή δύο CanSat, ανάμεσα στα οποία λειτουργεί δίκτυο επικοινωνίας.

Τα δύο CanSat (μητρικό και θυγατρικό) περιλαμβάνουν έναν μικροελεγκτή moteino, GPS και δύο αισθητήρες πίεσης και θερμοκρασίας. Το θυγατρικό περιλαμβάνει δύο κάμερες ευαίσθητες στο ορατό και στο εγγύς υπέρυθρο. Το μητρικό CanSat αναμεταδίδει στο σταθμό εδάφους τα δεδομένα που λαμβάνει από το θυγατρικό μαζί με τα αντίστοιχα δικά του δεδομένα. Το μητρικό CanSat σχεδιάστηκε έτσι ώστε να πέφτει αργότερα από το αντίστοιχο θυγατρικό και βρίσκεται πάντα σε μεγαλύτερο ύψος από εκείνο ώστε να πληροφορεί τον σταθμό εδάφους για τη θέση του και να είναι ευκολότερος ο εντοπισμός του στο έδαφος. Τα δεδομένα από τις κάμερες χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της φυτοκάλυψης του εδάφους.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:

διαστημική, CanSat, Arduino, υπέρυθρη ακτινοβολία, τηλεμετρία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - CANSAT IN GREECE

Ο διαγωνισμός CanSat in Greece είναι ένας μαθητικός πανελλήνιος διαγωνισμός διαστημικής. Στόχος του είναι η εξοικείωση των συμμετεχόντων με τεχνολογίες παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται σε μία πραγματική διαστημική αποστολή. Ο μαθητικός διαγωνισμός αποτελεί προκριματική φάση του ευρωπαϊκού διαγωνισμού CanSats in Europe, ο οποίος διοργανώνεται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος (ESA) και απευθύνεται σε μαθητές λυκείου. Οι ελληνικές αποστολές έχουν καταλάβει δύο φορές τη δεύτερη θέση, το 2012 και 2014. Οι ομάδες αποτελούνται από 4 ως 6 μέλη και καλούνται να σχεδιάσουν μία διαστημική αποστολή και να κατασκευάσουν έναν εκπαιδευτικό «δορυφόρο» σε μέγεθος κουτιού αναψυκτικού ο οποίος θα την εκτελέσει. Ο «δορυφόρος» εκτοξεύεται σε υψόμετρο ενός χιλιομέτρου και κατά την πτώση του, με τη βοήθεια αλεξίπτωτου, εκτελεί την αποστολή που έχει επιλέξει η κάθε ομάδα ενώ ταυτόχρονα και ως κοινή πρωτεύουσα αποστολή λαμβάνει μετρήσεις της ατμοσφαιρικής πίεσης, της θερμοκρασίας και των γεωγραφικών συντεταγμένων του (CanSat in Greece, 2017). Σημειώνεται πως στον φετινό διαγωνισμό τα CanSat, τελικά,

αφέθηκαν από drone από ύψος περίπου 500 m και δεν χρησιμοποιήθηκε πύραυλος εξαιτίας τεχνικών προβλημάτων.

Η ΑΠΟΣΤΟΛΗ CAN-CAN

Η αποστολή CanCan αφορά τη δημιουργία δικτύου επικοινωνίας ανάμεσα σε δύο CanSat με συνολικό μέγεθος και μάζα σύμφωνα με τους κανονισμούς. Η ιδέα βασίστηκε στις αποστολές της NASA, VIKINGS 1&2 (1975) στον Άρη και την σοβιετική αποστολή VENERA 13 (1981). Το ένα CanSat (θυγατρικό/ lower) φέρει 2 κάμερες, GPS και αισθητήρες και στέλνει ραδιοφωνικά τα δεδομένα της αποστολής τόσο στον σταθμό εδάφους όσο και στο δεύτερο CANSAT (μητρικό/ upper). Το μητρικό CanSat στέλνει ραδιοφωνικά τα δεδομένα αυτού και του θυγατρικού στον σταθμό εδάφους, αποτελώντας μία επιπλέον ασφαλιστική δικλείδα για την εύρεση του θυγατρικού CanSat σε περίπτωση που εκείνο προσγειωθεί μακριά από τον σταθμό εδάφους και έχει, πιθανώς, χαθεί το σήμα στο τελευταίο τμήμα της τροχιάς του. Επιπλέον, στόχος μας ήταν η καταγραφή βίντεο του εδάφους από τις δυο ανεξάρτητες κάμερες του θυγατρικού CanSat. Η πρώτη κατέγραφε το έδαφος στο ορατό φως και η δεύτερη στο εγγύς υπέρυθρο (Near Infrared). Οι κάμερες ήταν έτσι τοποθετημένες ώστε τα δύο βίντεο να είναι άμεσα συγκρίσιμα.

ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ

Οι στόχοι της αποστολής μας ήταν ποικίλοι, τόσο επιστημονικά όσο και τεχνολογικά. Αναλυτικότερα ήταν:

Α. Η επίτευξη της πρωτεύουσας αποστολής, δηλαδή η μέτρηση, η αποθήκευση και η αποστολή στον σταθμό εδάφους των γεωγραφικών συντεταγμένων, της ατμοσφαιρικής πίεσης και της θερμοκρασίας.

Β. Η λήψη βίντεο του εδάφους από δύο κάμερες (στο εγγύς υπέρυθρο και στο οπτικό φάσμα) καθώς και ο υπολογισμός του ποσοστού φυτοκάλυψής του.

Γ. Η δημιουργία δικτύου επικοινωνίας ανάμεσα στα δύο CanSat και τη βάση καθώς και η διατήρηση της κατάλληλης απόστασης

μεταξύ τους κατά τη πτώση, ώστε το μητρικό CanSat να βρίσκεται πάντα σε αρκετά μεγαλύτερο ύψος από το θυγατρικό.

Δ. Η πραγματοποίηση live streaming στο Youtube και στην ιστοσελίδα του σχολείου μας με την εφαρμογή OBS.

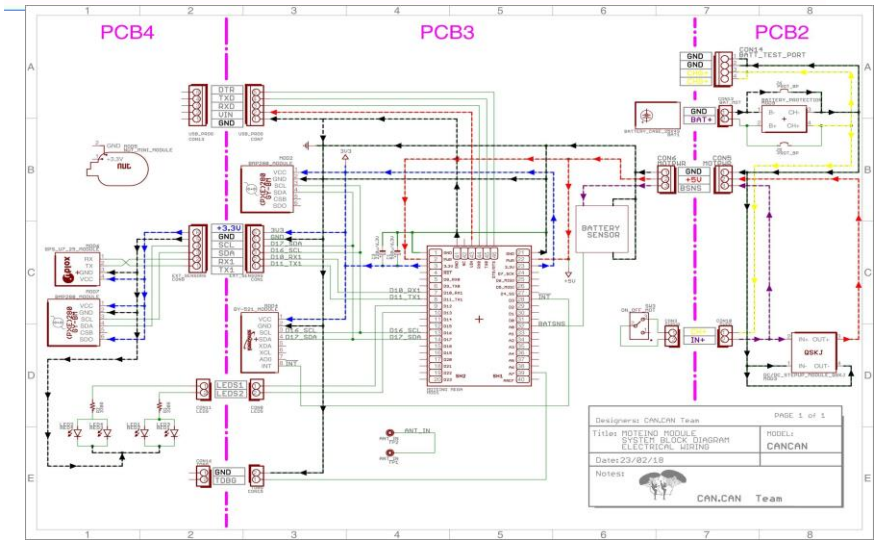
Ε. Ο υπολογισμός του ύψους των CanSat από τα δεδομένα ατμοσφαιρικής πίεσης και θερμοκρασίας και στη συνέχεια της θερμοβαθμίδας ώστε να ελεγχθεί αν υπάρχει θερμοκρασιακή αναστροφή.

Ζ. Η μετατροπή οπτικής κάμερας σε κάμερα ευαίσθητη στο εγγύς υπέρυθρο (NIR).

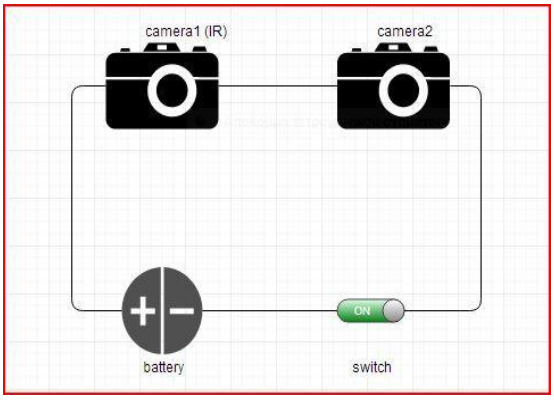
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

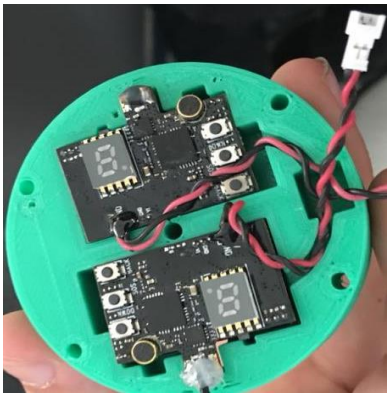
Το κατασκευαστικό κομμάτι της αποστολής μας αποτελείται από τρία μέρη: Τους δύο ‘‘δορυφόρους’’ (μητρικό και θυγατρικό) και τη βάση στον σταθμό εδάφους. Λόγω της κατασκευής δύο δορυφόρων με διαστάσεις που –κανονικά- προβλέπονται για έναν, μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της αποστολής μας ήταν η διάταξη των εξαρτημάτων στον χώρο. Το μητρικό CanSat μας περιέχει έναν μικροελεγκτή Moteino MEGA με ενσωματωμένο πομποδέκτη RFM69HCW και μνήμη flash 4Gbit, μία μπαταρία 3,7 V και 1200 mAh για το κύκλωμα του Moteino, δύο αισθητήρες πίεσης και θερμοκρασίας BMP280, έναν μετατροπέα τάσης, ένα GPS GYNEO7M, τρείς πυκνωτές, ένα κύκλωμα προστασίας της μπαταρίας, δύο LED, έναν αισθητήρα μπαταρίας και ένα NUT mini (Σχήμα 1).

Το θυγατρικό CanSat διαθέτει το ίδιο κύκλωμα με το μητρικό και ένα επιπρόσθετο κύκλωμα με δύο κάμερες Eachine DVR03, διακόπτες και μπαταρίες. Οι κάμερες τοποθετήθηκαν σε ειδική θήκη που σχεδιάστηκε με το λογισμικό Tinkercad και τυπώθηκε σε 3d printer όπως φαίνεται στα σχήματα 2 και 3.



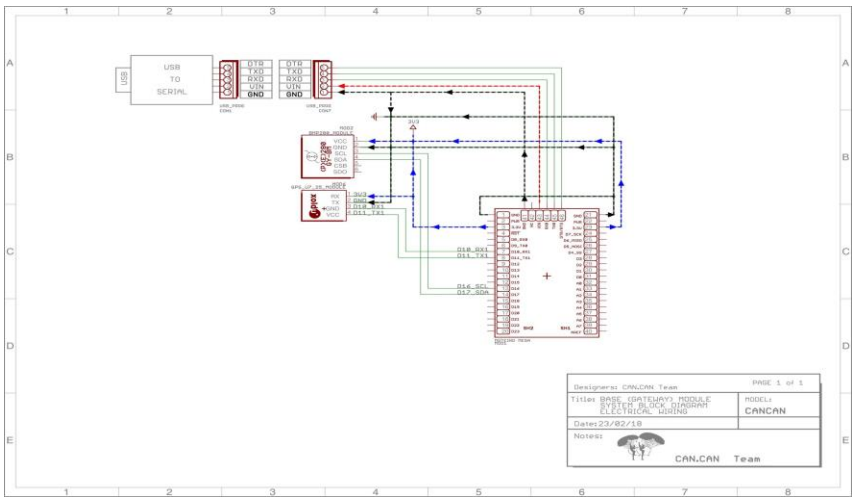
Σχήμα 1: Το ηλεκτρολογικό διάγραμμα των δύο CanSat.





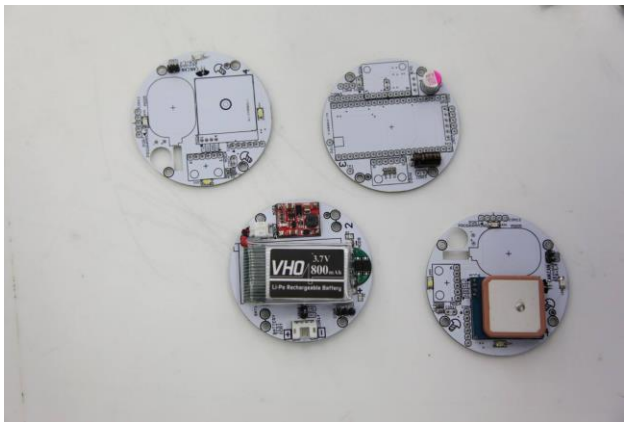
Σχήματα 2 & 3: Το κύκλωμα των καμερών αποτελείται από τις δύο κάμερες, την μπαταρία τους και τον διακόπτη. Το κύκλωμα αυτό βρίσκεται μόνο στο θυγατρικό CanSat.

Το κύκλωμα της βάσης μας αποτελείται από τον μικροελεγκτή, τον προγραμματιστή, ένα GPS και έναν αισθητήρα πίεσης και θερμοκρασίας (Σχήμα 4).

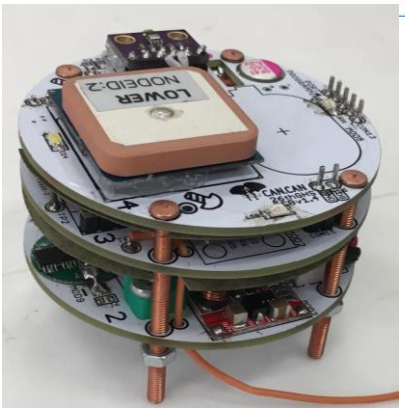


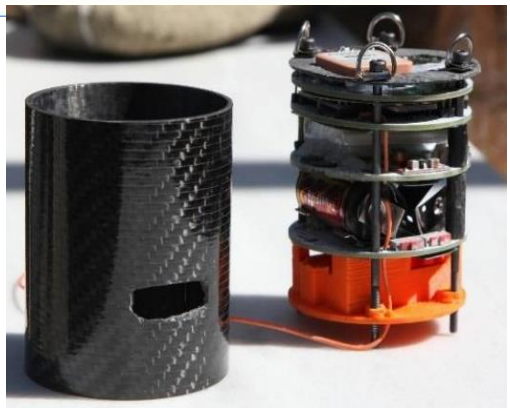
Σχήμα 4: Το ηλεκτρολογικό διάγραμμα της βάσης.

Για την κατασκευή των δορυφόρων χρησιμοποιήθηκαν πλακέτες PCB (Printed Circuit Board), οι οποίες αποτέλεσαν ταυτόχρονα δομικά στοιχεία των δύο CanSat (Σχήματα 5 και 6). Τα πατώματα αυτά είναι πλακέτες διπλής όψης σχεδιασμένες με χαλκοδιαδρόμους που αντικαθιστούν τα καλώδια με σκοπό της εξοικονόμηση χώρου και προσφέρουν επαρκή αντοχή ώστε να αντέχουν επιτάχυνση της τάξεως των 22g. Οι πλακέτες σχεδιάστηκαν με το λογισμικό Eagle.



Σχήμα 5: Πλακέτες PCB





Σχήματα 6 & 7: Το μητρικό CanSat (αριστερά) και το θυγατρικό CanSat με το περίβλημά του (δεξιά).

Η εσωτερική δομή των δύο CanSat φαίνεται στα σχήματα 6 και 7. Τέλος, το περίβλημα των δύο CanSat είναι φτιαγμένο από ανθρακόνημα (carbon fiber) (Σχήμα 8).

ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΚΑΜΕΡΑΣ

Το θυγατρικό CanSat έχει δύο κάμερες εκ των οποίων η μια έχει υποστεί μετατροπή ώστε να καταγράφει την ακτινοβολία στο εγγύς υπέρυθρο. Αυτό επιτυγχάνεται με την αφαίρεση του διάφανου φίλτρου που βρίσκεται εμπρός από τον αισθητήρα της κάμερας (βρίσκεται εκεί ώστε να απορροφά την υπέρυθρη ακτινοβολία πριν αυτή προσπέσει στον αισθητήρα) και την αντικατάστασή του με κομμάτι από υπερεκτεθειμένο έγχρωμο αρνητικό φιλμ (το οποίο με τη σειρά του απορροφά το μεγαλύτερο τμήμα της ορατής ακτινοβολίας).

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Για τον υπολογισμό της φυτοκάλυψης χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), ο οποίος δίνεται από τη σχέση (1) (NASA Earth Observatory).

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \qquad (1)$$

Ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης διαφορών είναι ένας υπολογισμός φασματικής ζώνης που χρησιμοποιεί τις ζώνες Ορατό (RGB) και Near Infrared (NIR) του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Δεδομένου ότι η χλωροφύλλη βρίσκεται κυρίως στα φυτά και έχει μοναδική απορρόφηση στην κόκκινη περιοχή, αυτή η περιοχή επιλέγεται συχνά, αντί να χρησιμοποιεί την ορατή περιοχή στο σύνολό της. Η βασική ιδέα είναι ότι η χλωροφύλλη στα φυτά απορροφά το κόκκινο φως κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης και τα υγιή φυτά αντανακλούν πολύ έντονα στη ζώνη NIR. Το κόκκινο NDVI είναι ένας αριθμός που κυμαίνεται μεταξύ +1 και -1 με +1 που υποδηλώνει υγιή βλάστηση και -1 που δείχνει νεκρή ή εξαιρετικά έντονη βλάστηση. Ο δείκτης βλάστησης Κόκκινο NDVI έχει μελετηθεί και υιοθετηθεί ευρέως από την επιστημονική κοινότητα ως μέσο μέτρησης της υγείας των φυτών (Rezaoul, 2013).

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ

Το μητρικό CanSat σχεδιάστηκε ώστε να έχει ταχύτητα πτώσης 7 m/s και το θυγατρικό Cansat 10 m/s, με σκοπό η μεταξύ τους κατακόρυφη απόσταση να αυξάνεται σταδιακά χωρίς να ξεπεράσει τα 300 m, ώστε να εξασφαλίζεται η επικοινωνία ανάμεσα στους δυο δορυφόρους και στο σταθμό εδάφους. Το σχήμα των αλεξίπτωτων είναι σταυροειδές για λόγους μεγαλύτερης σταθερότητας και επιλέχθηκε ύστερα από αρκετές δοκιμές με διαφορετικά σχήματα. Το εμβαδόν κάθε αλεξιπτώτου βρέθηκε από τον τύπο (2).

$$A = 2\cdot m\cdot g / \rho\cdot C_d\cdot v^2 \qquad \textbf{(2)}$$

Όπου A: εμβαδόν του αλεξιπτώτου

m: μάζα του δορυφόρου,

g: επιτάχυνση της βαρύτητας,

ρ: πυκνότητα του αέρα,

C_d :συντελεστής αεροδυναμικής αντίστασης και

v είναι η οριακή ταχύτητα του αλεξιπτώτου

Η σωστή επιλογή των εμβαδών των αλεξιπτώτων επιβεβαιώθηκε με δοκιμαστικές ρίψεις των CanSat από ύψος περίπου 17 μέτρων και τον υπολογισμό των ταχυτήτων τους με τη βοήθεια του ελεύθερου λογισμικού Tracker. Για την κατασκευή του αλεξιπτώτου χρησιμοποιήθηκε ύφασμα rip-stop και νήμα dyneema. Η επιλογή των υλικών έγινε με βάση την εξασφάλιση υψηλής αντοχής σε συνδυασμό με χαμηλό βάρος.

ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΣΤΟΛΗ

Για την επεξεργασία των δεδομένων της αποστολής και τη δημιουργία των απαραίτητων διαγραμμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα λογισμικά Excel και Logger Pro. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε το Google Earth Pro για τη δημιουργία τρισδιάστατης απεικόνισης των διαδοχικών θέσεων των CanSat κατά τη πτώση τους. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν τα λογισμικά Tinkercad και Eagle για τον σχεδιασμό των πατωμάτων των μικροδορυφόρων και της θήκης των καμερών. Για την

απευθείας μετάδοση στο κανάλι μας στο Youtube και στη σελίδα του σχολείου μας χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό OBS.

Ο ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ

Η υλοποίηση του δικτύου επικοινωνίας ανάμεσα στα δύο CanSat επιτεύχθηκε με τον κατάλληλο προγραμματισμό τους ο οποίος πραγματοποιήθηκε στο Arduino Software (IDE) και με τη γλώσσα προγραμματισμού C++. Στο προγραμματιστικό κομμάτι της αποστολής μας χρησιμοποιούμε τον μικρο-ελεγκτή Moteino MEGA, που έχει ενσωματωμένο πομπό RFM69HCW και μνήμη SPI flash 4Gbit, δύο κάμερες, δύο αισθητήρες ατμοσφαιρικής πίεσης και θερμοκρασίας και GPS. Στη δευτερεύουσα αποστολή μας υπάρχει ένα σύστημα "ερωτο-απάντησης" μεταξύ του θυγατρικού και μητρικού CanSat και της βάσης (σταθμού εδάφους). Για κάθε ένα εκ των τριών συσκευών του συστήματος (Μητρικό, Θυγατρικό, Σταθμός Εδάφους) υλοποιήθηκε το αντίστοιχο υλικό-λογισμικο τους – Firmware.

CANCAN Network Process (Μηχανισμός / Διαδικασία Δικτύου CANCAN)

1. Το UPPER στέλνει τον κωδικό **A** στο LOWER.
2. Το LOWER στέλνει τον κωδικό **B** στο Gateway.
3. Το Gateway στέλνει τον κωδικό **C** στο LOWER.
4. Το LOWER στέλνει το ζεύγος payload L1 και l1 στο Gateway.
5. Το LOWER στέλνει το ζεύγος payload L1 και l1 στο UPPER.
6. Το Gateway στέλνει τον κωδικό **D** στο UPPER.
7. Το UPPER στέλνει το ζεύγος payload U2 και u2 στο Gateway.
8. Το UPPER στέλνει το ζεύγος payload L2 και l2 στο Gateway.

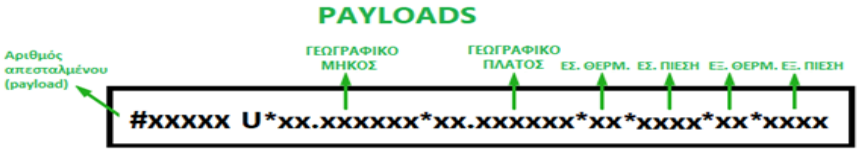
Κωδικός μηχανισμού	Μορφοποίηση κωδικού (Code format)		Μήκος πακέτου Payload length
A	U	?	2 bytes
B	L	?	2 bytes
C	G	!	2 bytes
D	G	?	2 bytes

Σχήμα 8: Περιγραφή του μηχανισμού επικοινωνίας των δύο CanSat και της βάσης.

Τα Cansat επικοινωνούν τόσο μεταξύ τους όσο και με τη βάση το καθένα ξεχωριστά μέσω της ανταλλαγής μικρών κωδικών μεγέθους 2 bytes (που φαίνεται και στο σχήμα 8) και ύστερα ανταλλάσουν τα πακέτα τους: payloads που υπολογίστηκε το καθένα στα 42 bytes και περιέχουν όλα τα απαραίτητα δεδομένα.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

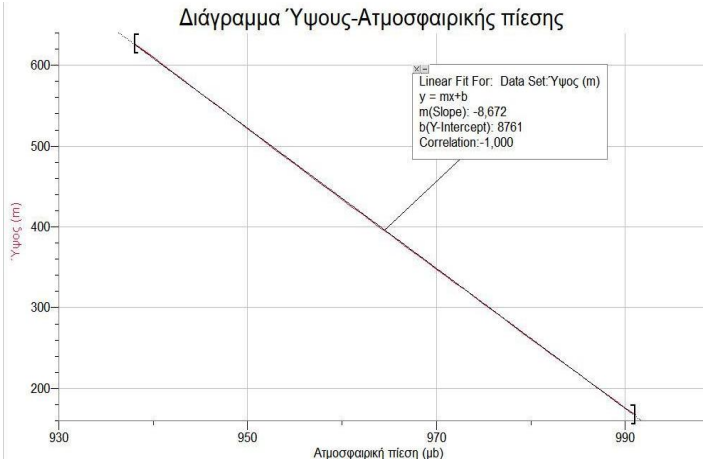
Το θυγατρικό και το μητρικό CanSat παίρνουν μετρήσεις εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας, ατμοσφαιρικής πίεσης και τις αποθηκεύουν απευθείας στη μνήμη του Moteino δηλαδή την SPI. Τα δεδομένα από το GPS και τους αισθητήρες αποθηκεύονται στην SPI μνήμη και αποστέλλονται ταυτόχρονα ραδιοφωνικώς στον επίγειο σταθμό και στην περίπτωση του θυγατρικού CanSat και στο μητρικό. Με την μεταβλητή dtostrf μορφοποιήσαμε στον κώδικά μας τις μετρήσεις, ώστε να λαμβάνουμε μόνο όσα ψηφία μας είναι χρήσιμα και φυσικά για να δημιουργήσουμε τα payloads για θερμοκρασία και πίεση, τα οποία στη συνέχεια θα ανήκουν στα γενικά payload των 24 και 13 bytes όπως φαίνεται στο σχήμα 9.



Σχήμα 9: Μορφή αναμεταδιδόμενων πακέτων.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

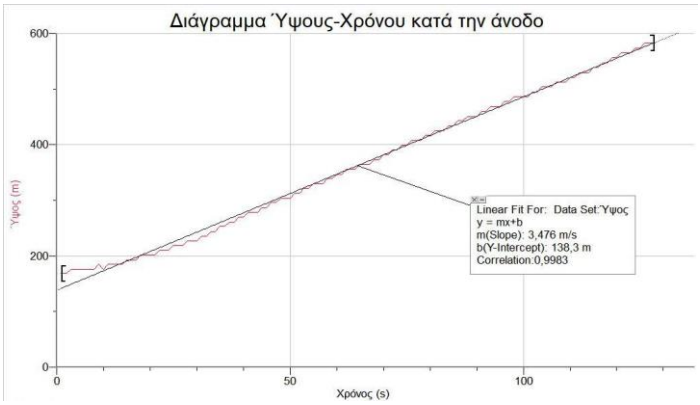
Η αποστολή ήταν επιτυχημένη στον τομέα της τηλεμετρίας καθώς πραγματοποιήθηκε η λήψη δεδομένων και βίντεο από το θυγατρικό CanSat. Επίσης, πραγματοποιήθηκε live streaming της λήψης των δεδομένων και δούλεψε σωστά ο μηχανισμός επικοινωνίας του θυγατρικού με τον σταθμό βάσης. Ο υπολογισμός του ύψους από τα δεδομένα της πίεσης φαίνεται στο σχήμα 10.



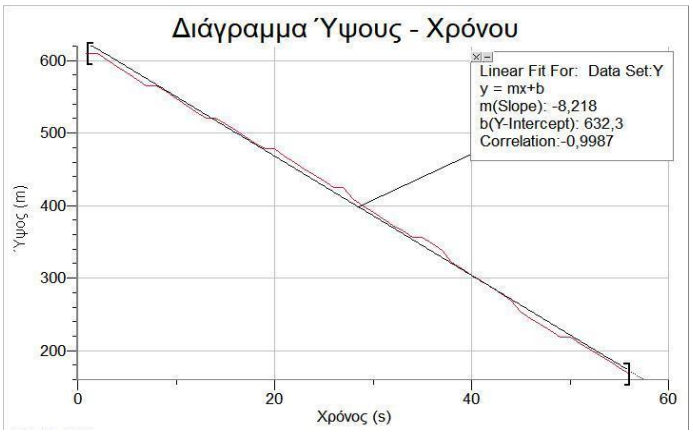
Σχήμα 10: Διάγραμμα Ύψους-Ατμοσφαιρικής πίεσης.

Από καρέ του βίντεο πριν την πτώση του CanSat από το drone και μέσω του δείκτη NDVI, υπολογίσαμε το ποσοστό φυτοκάλυψης που ήταν 31%. Επίσης, μετρήθηκε τόσο η ταχύτητα ανόδου του drone όσο και η ταχύτητα του θυγατρικού CanSat κατά την πτώση του, όπως φαίνεται στα διαγράμματα των σχημάτων 11 και 12 αντίστοιχα. Τέλος, με βάση τη μεταβολή της θερμοκρασίας με το υψόμετρο αποκλείστηκε η ύπαρξη θερμοκρασιακής αναστροφής τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Αυτό ήταν αναμενόμενο, καθώς η εκτόξευση πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του μεσημεριού. Η θερμοβαθμίδα υπολογίστηκε από την κλίση του διαγράμματος και είναι ίση με 7,3 °C /Km.

Υπήρξαν τομείς της αποστολής στους οποίους σημειώθηκαν αστοχίες. Αναφέρεται η αποτυχία αποθήκευσης του βίντεο κατά την κάθοδο του CanSat λόγω στιγμιαίας αποσύνδεσης της μπαταρίας κατά την κρούση του στο έδαφος και , κυρίως, η αδυναμία έναρξης λειτουργίας του μητρικού CanSat λόγω προβλήματος στο λογισμικό, το οποίο είχε διαφύγει του ελέγχου και εντοπίστηκε μετά τον διαγωνισμό.



Σχήμα 11: Διάγραμμα Ύψους-Χρόνου κατά την άνοδο των 2 CanSat.



Σχήμα 12: Διάγραμμα Ύψους-Χρόνου κατά την πτώση του θυγατρικού CanSat.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

[1] Rezaoul Roni, *Surface Temperature and NDVI Generation and Relation between Them: Application of Remote Sensing*, Asian Journal of Engineering and Technology Innovation 01 (2013), 08-13.

[2] NASA Earth Observatory (2000), ημερομηνία προσπέλασης 15/3/2018 https://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php

[3] CanSat in Greece (2018), ημερομηνία προσπέλασης 20/2/2018, https://cansat.gr/competition/

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τα λογισμικά για τα δύο CanSat και τον σταθμό εδάφους και τα αντίστοιχα διαγράμματα ροής βρίσκονται στη διεύθυνση: https://www.dropbox.com/sh/hg18x4zynsrl511/AADjau-QAn4VEA7PkxrDyTZna?dl=0

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλουμε να ευχαριστήσουμε θερμά:

Τον κ. Κωνσταντίνο Καρτάλη, καθηγητή στον Τομέα Φυσικής Περιβάλλοντος του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και τους συνεργάτες του για τη διεξοδική παρουσίαση θεμάτων που σχετίζονται με την τηλεπισκόπηση και τη φυσική της ατμόσφαιρας, τον κ. Τίμο Κόντο, ηλεκτρονικό και προγραμματιστή, για την αμέριστη συμπαράσταση και πολύτιμη βοήθεια σε τεχνικά θέματα και τις εταιρείες B&T Composite και INTELCO για την υποστήριξή τους σε απαραίτητα υλικά.