



Τμήμα Αυτοματισμού

Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης



Φορητό, ενεργειακά αυτόνομο σύστημα  
καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων  
αεροπλοΐας για μικρά αεροσκάφη

---

A portable, power – autonomous flight data  
acquisition and storage system for small  
aircraft

*Γιαζής Φώτιος  
Δικτάκης Παναγιώτης*

*ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: Αστάρης Αλέξανδρος  
Κιζήρογλου Μιχαήλ  
Χαλιαμπάλιας Δημήτριος*

Οι συγγραφείς διατηρούν όλα τα δικαιώματα του παρούσης εργασίας. Κανένα μέρος της εργασίας αυτής δεν μπορεί να αναπαραχθεί ή να μεταδοθεί σε οποιαδήποτε μορφή ή με οποιοδήποτε μέσο, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, συμπεριλαμβανομένης της φωτοαντιγραφής, ή από οποιαδήποτε σύστημα αποθήκευσης πληροφοριών ή σύστημα ανάκτησης, χωρίς προηγούμενη ρητή γραπτή άδεια τουλάχιστον από έναν εκ των συγγραφέων, οι οποίοι κατέχουν τα πλήρη πνευματικά δικαιώματα. Εξαιρούνται περιπτώσεις χρήσης κειμένου της εργασίας για εκπαιδευτικούς μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα σκοπούς, για τις οποίες οι συγγραφείς παραχωρούν το δικαίωμα δανεισμού μικρών κομματιών κειμένου και μόνον εφόσον γίνει σωστή βιβλιογραφική ετεροαναφορά των αυθεντικών σχεδιαστών του συστήματος και συγγραφέων της εργασίας.

Επικοινωνία: [takisdik@yahoo.gr](mailto:takisdik@yahoo.gr), [fotisgiaxis@yahoo.gr](mailto:fotisgiaxis@yahoo.gr)

© 2014, Φώτιος Γιαξής, Παναγιώτης Δικτάκης, Αλέξανδρος Αστάρας, Κιζήρογλου Μιχαήλ, Χαλαμπάλιας Δημήτριος, Τμήμα Αυτοματισμού, Αλεξάνδρειο Εκπαιδευτικό Τεχνολογικό Ίδρυμα, Σίνδος, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.

---

All rights reserved. No part of this work may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or by any information storage or retrieval system, without the prior written permission of the copyright owners, except for non-profit educational purposes in which the owners give the leading rights for pieces of work, and only if the owners are properly cited as the authentic designers of the system and the authors of the dissertation.

Contact: [takisdik@yahoo.gr](mailto:takisdik@yahoo.gr) , [fotisgiaxis@yahoo.gr](mailto:fotisgiaxis@yahoo.gr)

## Abstract

This project was carried out under supervision of professor Astaras Alexandros, Kiziroglou Michael and Dimitrios Chaliabalias professors of department of automation of ATEITH Thessaloniki. Object of this project is to construct a portable, power-autonomous flight data acquisition and storage device using in the unpressurised cabin a/c of general aviation. The collection data will come from several sensors, such as thermometer on the fuselage to measure the outside temperature in addition on the fuselage there is another sensor an accelerometer that records the vibrations. In the inner part of black box was placed an electronic component (shield) which consists from multiple sensors, as 3-axis accelerometer, 3-axis gyroscope, 3-axis magnetometer and pressure sensor absolute digital output barometer. Furthermore there is a gps shield to record the actual position of the a/c and all data results stored on a memory card.

Finally we placed an Audio shield to record the communication between pilots and the communications pilot to tower and the direct opposite! All the components connected on the arduino mega 2560 microcontroller. Regarding the records we completed two flights with different meteorological conditions. The results of these flights can provide to us the precision of the geographic position comparing the gps data!

## Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη των καθηγητών Αστάρα Αλέξανδρο, Κιζήρογλου Μιχαήλ και Χαλιαμπάλια Δημήτριο, καθηγητών του τμήματος Αυτοματισμού του ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης. Αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι η κατασκευή μιας αυτόνομης ενεργειακά, φορητή συσκευή συλλογής δεδομένων πτήσης για χρήση στη μη

συμπιεσμένη καμπίνα μικρών αεροσκαφών. Η συλλογή των δεδομένων θα γίνεται από πολλαπλούς αισθητήρες, όπως θερμόμετρο για την μέτρηση της εξωτερικής θερμοκρασίας, επιταχυνσιόμετρο για την κλίση του αεροσκάφους, στίγμα GPS και όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται σε κάρτα μνήμης. Για την συλλογή δεδομένων έγιναν δύο πτήσεις με διαφορετικές καιρικές συνθήκες όπου μελετήθηκε η ακρίβεια του στίγματος και την απόκλιση που είχε με την πραγματική πορεία του αεροσκάφους.

## Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με θέμα <<Φορητό, ενεργειακά αυτόνομο σύστημα καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων αεροπλοΐας για μικρά αεροσκάφη>> πραγματοποιήθηκε, στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασίας του τμήματος Αυτοματισμού του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης. Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τους καθηγητές μας κ. Αστάρα, κ. Κιζήρογλου και κ. Χαλιαμπάλια για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν και την ανάθεση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας.

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να εκφράσουμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στις οικογένειες μας που μας στήριξαν με κάθε τρόπο σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

Τέλος, θέλουμε να ευχαριστήσουμε την σχολή πιλότων Egnatia Aviation για την συνεργασία της, καθώς και τον Μιχαηλίδη Αθανάσιο, μαθητή της σχολής για την βοήθεια του στις πειραματικές πτήσεις μας.



## Πίνακας Περιεχομένων

Abstract .....	2
Περίληψη .....	2
Ευχαριστίες .....	3
1.Εισαγωγή.....	7
1.1 CVR .....	7
1.2 FDR .....	8
1.3 Μικροελεγκτής Arduino .....	9
2. Προδιαγραφές και στόχοι που έχουν τεθεί.....	11
2.1 Σχεδιαστικές Προδιαγραφές.....	11
2.2 Βήματα ανάπτυξης του συστήματος .....	12
3.Περιγραφή υλικού .....	12
3.1 Αισθητήρια.....	13
3.1.1 Θερμόμετρο AM2301 .....	13
3.1.2 GPS Shield με SD card .....	14
3.1.3 Pololu AltIMU-10 Accelerometer .....	15
3.1.4 SD card shield.....	15
3.1.6 Audio shield.....	16
3.2 Πλακέτα μικροελεγκτή FDR .....	17
3.3 Πλακέταμικροελεγκτή CVR .....	18
3.4 Επαναφορτιζόμενεςμπαταρίες Radiant 2100mAh rechargeable AA .....	19
3.5 Compass Module – HMC6352.....	20
3.6 Προστατευτικό κουτί – σασί.....	21
4. Περιγραφή λογισμικού .....	22
4.1 Σχεδιασμός κώδικα σε επίπεδο διαγράμματος ροής.....	22
4.1.1 Διάγραμμα ροής FDR .....	22
4.1.2 Διάγραμμα ροής CVR.....	23
4.2 Υλοποίηση πηγαίου κώδικα μικροελεγκτή.....	24
4.2.1 Πηγαίος κώδικας FDR .....	24
4.2.2 Πηγαίοςκώδικας CVR .....	24
5. Πειράματα, πτήση και αξιολόγηση των καταγραφών .....	25
5.1 Επικύρωση μετρήσεων με χρήση του συστήματος ΦΑΕΘΩΝ εν πτήσει .....	25

5.2 Αναπαράσταση δεδομένων πτήσης σε διαγραμματική μορφή.....	33
5.3 Επικύρωση μετρήσεων θερμοκρασίας με χρήση του συστήματος ΦΑΕΘΩΝ εν κινήσει συνδεδεμένο σε αυτοκίνητο .....	36
6.Ματιά στο μέλλον: προτάσεις βελτίωσης.....	62
Παραρτήματα .....	64
Πηγαίος κώδικας FDR .....	64
Διαγράμματα Ροής.....	80
Λίστα υλικών κατασκευής και αριθμό παραγγελιών τους.....	82
Ευρετήρια .....	84
Ευρετήρια εικόνων .....	84
Ευρετήρια πινάκων.....	84
Ευρετήρια διαγραμμάτων .....	84
Βιβλιογραφία .....	86
Φύλλα δεδομένων αισθητηρίων και ηλεκτρονικών στοιχείων.....	88

# 1.Εισαγωγή

Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι να σχεδιαστεί ένα φορητό, ενεργειακά αυτόνομο σύστημα συλλογής δεδομένων πτήσης για χρήση μέσα στη μη συμπιεσμένη καμπίνα μικρών αεροσκαφών. Τα δεδομένα θα προέρχονται από πολλαπλούς αισθητήρες, γυροσκοπιο, επιταχυνσιόμετρο, στίγματος GPS κτλ. Το σύστημα αυτό δεν αποσκοπεί να αντικαταστήσει, ούτε να συμπληρώσει τα όργανα του αεροσκάφους, αλλά να λειτουργεί ως πρόχειρο και οικονομικό μαύρο κουτί καταγραφής δεδομένων πτήσης. Σε περίπτωση αεροπορικού δυστυχήματος το πρώτο λόγο στην αναζήτηση των αιτιών που οδήγησαν στο συμβάν είναι το λεγόμενο μαύρο κουτί. Το μαύρο κουτί είναι μια πολύ ανθεκτική συσκευή αφού το κέλυφός του μπορεί να αντέχει σε δοκιμασίες και καταπονήσεις κάθε είδους, όπως αντοχή σε φορτία πρόσκρουσης από 1000 μέχρι 1700g για χρόνο 5-6 χιλιοστών ή μέχρι 50g γραμμικών επιταχύνσεων, για να μπορεί να διατηρείται σε καλή κατάσταση και το εσωτερικό του που περιέχει όλα τα δεδομένα τις πτήσεις. Η συσκευή αυτή αποτελείται στην ουσία από δύο μέρη, δυο συσκευές. Το CVR (cockpit voice recorder) που καταγράφει τις συνομιλίες των πιλότων με τον πύργο ελέγχου αλλά και όσα ακούγονται στο πιλοτήριο. Η δεύτερη συσκευή είναι το FDR (flight data recorder) που καταγράφει πλήθος παραμέτρων σχετικών με την κατάσταση του αεροσκάφους και την πτήση.

## 1.1 CVR

Συσκευή εγγραφής φωνής εντός του πιλοτήριο ( CVR ) , που συχνά αναφέρεται ως «μαύρο κουτί» αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1950 , κυρίως στην Αυστραλία . Με την διερεύνηση του αεροπορικού ατυχήματος TransAustralia Airlines πτήση 538 που πραγματοποιήθηκε το 1960 κρίθηκε αναγκαίο η τοποθέτηση συσκευής καταγραφών στοιχείων πτήσης να εγκατασταθεί σε όλα τα αεροσκάφη. Η Αυστραλία έγινε η πρώτη χώρα στον κόσμο για να κάνει την υποχρεωτική καταγραφή. Το CVR χρησιμοποιείται για να καταγράφει τον ήχο εντός στο κατάστρωμα πτήσης ενός αεροσκάφους με σκοπό τη διερεύνηση των ατυχημάτων και συμβάντων. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται με την καταγραφή των σημάτων των μικρόφωνων και ακουστικών των πιλότων και ενός μικροφώνου που βρίσκεται στην οροφή του πιλοτηρίου. Επίσης όταν ένα αεροσκάφος που απαιτείται να φέρει ένα είναι υποχρεωμένο να καταγράφει επικοινωνίες και με τον έλεγχο της εναέριας κυκλοφορίας. Το CVR, πρέπει να διατηρεί τις δύο τελευταίες ώρες εγγραφής, εκτός



από τα αεροσκάφη κάτω των 5700 κιλών τα οποία μπορούν να διατηρήσουν 30 λεπτά. Αν η ισχύς είναι διαθέσιμη στον θάλαμο διακυβέρνησης η καταγραφή πρέπει να ξεκινήσει όσο το δυνατόν νωρίτερα πριν την έναρξη των ελέγχων (pre-startchecks) και στο τέλος όσο το δυνατόν αργότερα στους ελέγχους τερματισμού (shutdownchecks). Οι ηχογραφήσεις από τη Συσκευή εγγραφής δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιοδήποτε άλλο σκοπό εκτός από έρευνα ατυχήματος ή συμβάντος, χωρίς τη συγκατάθεση των μελών του πληρώματος.

## 1.2 FDR

Καταγραφέας Δεδομένων Πτήσης ή όπως ονομάζεται στην Αγγλική ορολογία FlightDataRecorder (FDR) είναι μια συσκευή που καταγράφει πληροφορίες σχετικά με την πτήση του αεροπλάνου. Τα δεδομένα που καταγράφονται στον Καταγραφέας Δεδομένων Πτήσης χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για τη διερεύνηση των αεροπορικών ατυχημάτων. Τα δεδομένα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση των συστημάτων του αεροπλάνου.

Όλα τα μεταγωγικά αεροσκάφη πάνω από 5.700 κιλά πρέπει να είναι εφοδιασμένα με καταγραφέα στοιχείων πτήσης. Το σύστημα καταγραφής πτήσης θα καταγράφει αυτόματα την ταχύτητα του αεροπλάνου, τη στάση/συμπεριφορά, το υψόμετρο, την απόδοση του κινητήρα και άλλα δεδομένα από την εκκίνηση του κινητήρα μέχρι το σβήσιμο του κινητήρα. Τα δεδομένα καταγράφονται σε μια πυρίμαχη και ανθεκτική στα χτυπήματα ταινία και η συσκευή αυτή είναι τοποθετημένη σε ένα κουτί ειδικά σχεδιασμένο να προσφέρει προστασία σε περίπτωση ατυχήματος. Η λειτουργία του FDR, πρέπει να είναι πλήρως αυτόματη και να μην απαιτεί καμία ενέργεια από τον πιλότο. Το πιο σημαντικό, είναι ότι οι πιλότοι δεν είναι σε θέση να απενεργοποιήσουν το FDR κατά την πτήση ή να διαγράψουν τα δεδομένα μετά την προσγείωση, με αυτό τον τρόπο διασφαλίζονται τα δεδομένα που μπορεί να σχετίζονται με ένα ατύχημα ή συμβάν έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν από την διερευνητική αρχή των αεροπορικών ατυχημάτων. Το FDR πρέπει να είναι σε θέση εγγραφής πριν το αεροσκάφος είναι ικανό να κινείται με τη δική του ισχύ και πρέπει να σταματά αυτόματα όταν το αεροπλάνο δεν μπορεί πλέον να κινείται με τη δική του ισχύ. Επίσης, θα πρέπει να διατηρήσει τις τελευταίες 25 ώρες εγγραφής, εκτός από το ότι υπάρχει μια εξαίρεση βάσει των JAR 1.715 για αεροσκάφη κάτω των 5700 κιλών που για πρώτη φορά δόθηκε πιστοποιητικό αξιοπλοΐας μετά την 1η Απριλίου 1998 για την διατήρηση δεδομένων μόνο 10 ώρες. Οι FDR εγγραφές δεν μπορεί να

χρησιμοποιηθούν για οποιοδήποτε άλλο σκοπό εκτός από έρευνα ατυχήματος ή συμβάντος, εκτός από:

- από τον φορέα εκμετάλλευσης για την αξιοποίηση και συντήρησης.
- όταν δημοσιοποιηθούν με παραβίαστες διαδικασίες.

### 1.3 Μικροελεγκτής Arduino

Ο Arduino είναι μια υπολογιστική πλατφόρμα βασισμένη σε μια απλή μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα, με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους, και η οποία μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring που ουσιαστικά πρόκειται για μια παραλλαγή της γλώσσας προγραμματισμού C/C++ και υποστηρίζει όλες τις βασικές δομές της C καθώς και μερικά χαρακτηριστικά της C++. Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και να συνδεθεί με υπολογιστή μέσω προγραμμάτων σε Processing, Max/MSP, PureData, SuperCollider. Είναι εύκολο στον προγραμματισμό του γι' αυτό απευθύνεται τόσο σε έμπειρους όσο και σε αρχάριους. Τροφοδοσία μπορεί να πάρει από το καλώδιο USB το οποίο συνδέεται με τον υπολογιστή ή από πηγή DC (μπαταρία, τροφοδοτικό κτλ) το οποίο η τάση του πρέπει να είναι από 7-12V για την καλή λειτουργία του μικροελεγκτή. Στην πλακέτα επάνω μπορείς να συνδέσεις διάφορα shields. Τα shields είναι ολοκληρωμένες πλακέτες που είναι σχεδιασμένες ώστε να κουμπώνουν πάνω στο Arduino προεκτείνοντας την λειτουργικότητά του. Είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να προωθούν τις υποδοχές του μικροελεγκτή, έτσι δίνει την δυνατότητα να συνδεθούν επιπλέον εξαρτήματα ή να τοποθετήσουμε κάποια άλλα shields. Λόγω ότι τα shields χρησιμοποιούν ορισμένους πόρους συνδεσιμότητας του Arduino δεν μπορούμε να συνδέσουμε απεριόριστα shields. Μερικά από τα πιο δημοφιλή shields που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι:

- Ethernetshield: Δίνει στον μικροελεγκτή μας την δυνατότητα να δικτυωθεί σ' ένα LAN ή στο internet μέσω καλωδίου Ethernet.
- WiFi shield: Το συγκεκριμένο shield μπορεί να συνδέσει τον μικροελεγκτή μας σε ασύρματο δίκτυο internet.
- Waveshield: Δίνει στο Arduino την δυνατότητα να παίζει ήχους ή μουσική από sd κάρτες.
- GPS shield: Προσθέτει GPS δυνατότητες στον Arduino για εντοπισμό στίγματος.

Στις μέρες μας ο Arduino είναι πολύ διαδεδομένος και βρίσκει εφαρμογή τόσο σε απλά projects όπως σε νοσοκομεία, σε οικείες, αυτοκίνητα και χιονοδρομικά κέντρα όσο και σε πιο πολύπλοκα projects όπως:

- Arduino Laser Harp
- Unmanned Aerial Vehicle Spyplane
- The soundmachine
- Hexacopter and Haxapod
- Arduino Weather Station
- Mars Rover

## 2. Προδιαγραφές και στόχοι που έχουν τεθεί

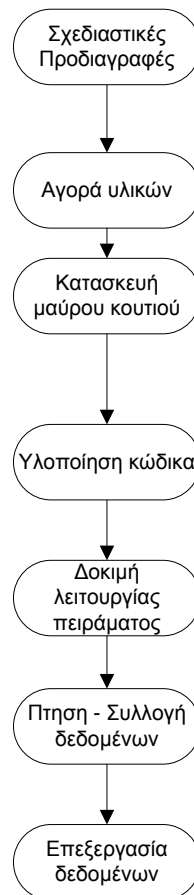
Στόχος αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι σε περίπτωση αεροπορικού δυστυχήματος να μπορούμε να βρούμε τα αίτια του συμβάντος. Η συσκευή θα πρέπει να έχει αυτοδυναμία περίπου για 2 ώρες όσο διαρκεί μια πτήση σε αερολέσχες και σχολές πιλότων. Η συσκευή μας είναι μια πρόταση ενός οικονομικά και πρόχειρου μαύρου κουτιού. Διαθέτει μικρόφωνο όπου καταγράφονται οι συνομιλίες των πιλότων όπου στην ουσία είναι το αντίστοιχο CVR του μαύρου κουτιού. Επίσης, διαθέτει και GPS στίγμα όπου καταγράφεται η πορεία του αεροσκάφους και 1 επιταχυνσιόμετρο που καταγράφει την κλίση του αεροσκάφους, έτσι ουσιαστικά πλησιάζουμε στις προδιαγραφές του FDR του μαυρου κουτιού. Τέλος, έχουμε τον αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας όπου μπορούν να καταλάβουν οι εμπειρογνώμονες αν το αεροσκάφος πέρασε μέσα από σύννεφα. Αυτό μπορεί να αποφανθεί αν στα δεδομένα έχει καταγραφεί απότομη μείωση της θερμοκρασίας και απότομη αύξηση της υγρασίας.

### 2.1 Σχεδιαστικές Προδιαγραφές

Η συσκευή θέλουμε να καταγράφει την πορεία του αεροσκάφους με gps στίγμα και τα δεδομένα να αποθηκεύονται σε sdcard. Για την κλίση του αεροσκάφους χρειαστήκαμε ένα επιταχυνσιόμετρο με εύρος ευαισθησίας  $\pm 2$ ,  $\pm 4$ ,  $\pm 8$  ή  $\pm 16g$  το οποίο θα τοποθετηθεί μέσα στο μαυρο κουτί. Για την καταμέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας εκτός αεροσκάφους χρειαστήκαμε ένα αισθητήρα με ακρίβεια 1 C, το οποίο θα τοποθετηθεί και αυτό κοντά στην άτρακτο λαμβάνοντας υπόψιν τις καιρικές συνθήκες που θα επικρατούν αλλά και την αεροδυναμική του αεροσκάφους. Για την καταγραφή του ήχου μεσα στην καμπίνα και των συνομιλιών των πιλότων χρειαστήκαμε ένα audioshield. Για να είμαστε σε θέση να επεξεργαστούμε όλα αυτά τα δεδομένα, πρέπει να αποθηκεύονται σε ξεχωριστούς φακέλους με τις αντίστοιχες ονομασίες τους, μέσω ενός shield, σε μια sdcard. Όλα τα αισθητήρια πρέπει να είναι συμβατά με τον Arduinomega 2560 που είναι ο μικροελεγκτής μας.

## 2.2 Βήματα ανάπτυξης του συστήματος

Στο παρακάτω διάγραμμα ροής παρουσιάζονται τα βήματα ανάπτυξης του συστήματος



Σχήμα 1. Διάγραμμα Ροής βημάτων ανάπτυξης του συστήματος

## 3.Περιγραφή υλικού

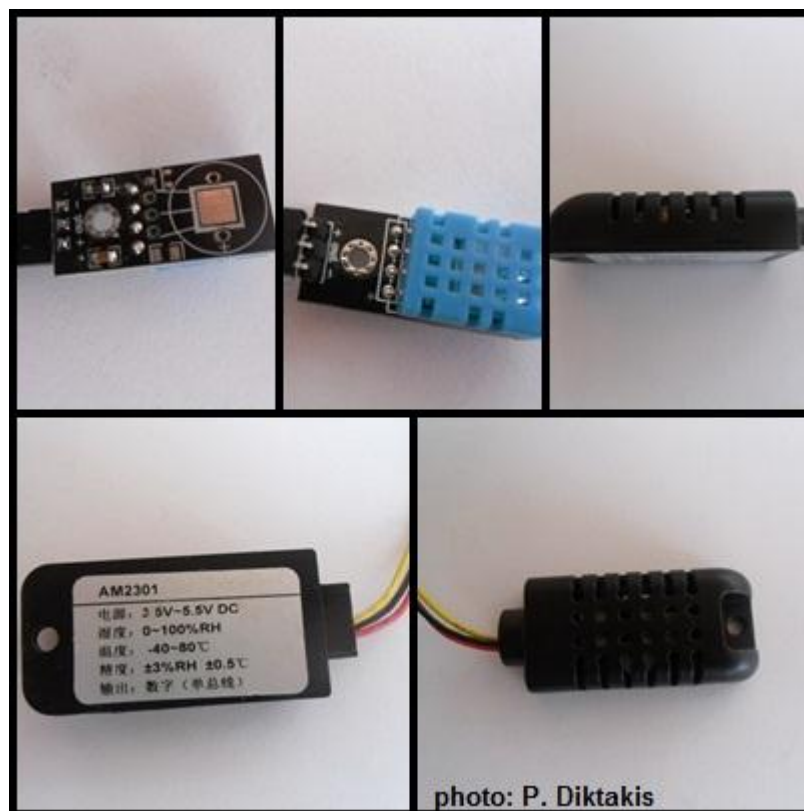
Το κομμάτι της συσκευής που αντιστοιχεί στο FDR βασίστηκε σε μικροελεκτή arduino mega 2560 R3 όπου προσθέθηκαν περιφερειακά όπως εξωτερικό θερμόμετρο και υγρόμετρο AM2301, ένα επιταχυνσιόμετρο εντός της καμπίνας GPS shield RS92 για το στίγμα και μια πυξίδα. Το κομμάτι της συσκευής που αντιστοιχεί στο CVR τοποθετήθηκε το audioshield για την καταγραφή

του ήχου μέσα στην καμπίνα. Τα δεδομένα και των δυο μικροελεγκτών αποθηκεύονται σε sdcards. Χρηιαστήκαμε δύο μικροελεγκτές λόγω ότι ο arduino δεν είναι multitasking, όπως κάποιοι άλλοι μικροελεγκτές, και θέλαμε συνεχή καταγραφή ήχου και από τους αισθητήρες να παίρνουμε δεδομένα κάθε 10 δευτερόλεπτα.

## 3.1 Αισθητήρια

### 3.1.1 Θερμόμετρο AM2301

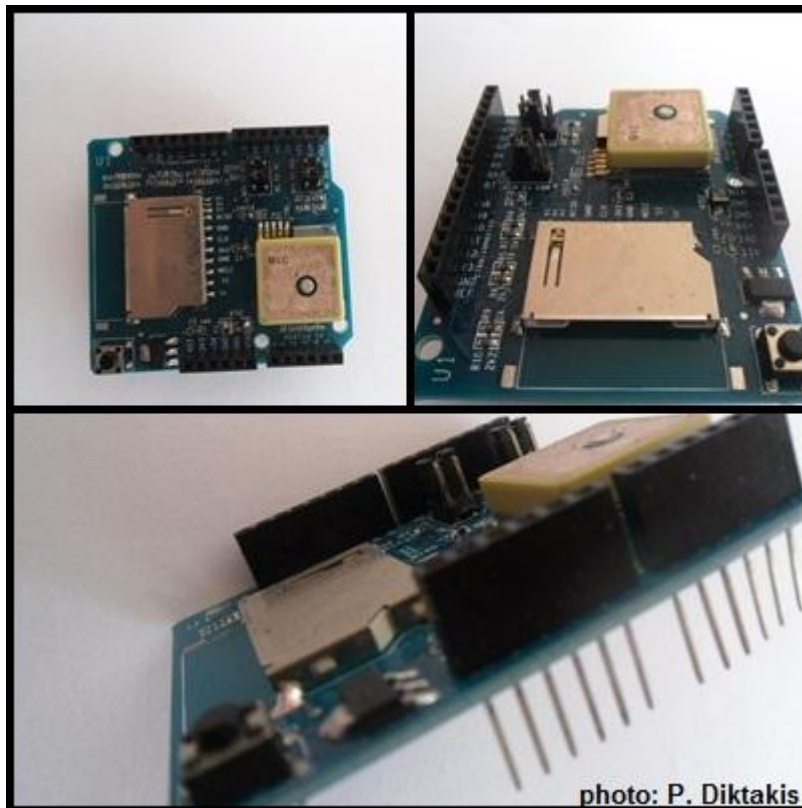
Για την εξωτερική μέτρηση θερμοκρασίας χρησιμοποιήσαμε το θερμόμετρο am2301 το οποίο μετράει και την υγρασία ώστε να γνωρίζουμε αν το αεροσκάφος πέρασε μέσα από τα σύννεφα κατα την διάρκεια της πτήσης. Αυτό γίνεται αντιληπτό αν υπάρχει απότομη αύξηση της υγρασίας. Ο αισθητήρας μας διαθέτει 3 ακροδέκτες, έναν για τροφοδοσία όπου συνδέεται στον ακροδέκτη VDD του arduino με τάση 3.3 Voltόπου είναι η τάση λειτουργίας του αισθητήρα, ο δεύτερος ακροδέκτης συνδέεται στο GND (ground) και ο τρίτος στο SDA (serialdata, dual-port), όπου εισέρχονται τα δεδομένα θερμοκρασίας και υγρασίας στον μικροελεγκτή. Η ακρίβεια μέτρησεις του οργάνου είναι 0.1.



Σχήμα 2 . Θερμόμετρο – Υγρασιόμετρο AM2301

### 3.1.2 GPS Shield με SD card

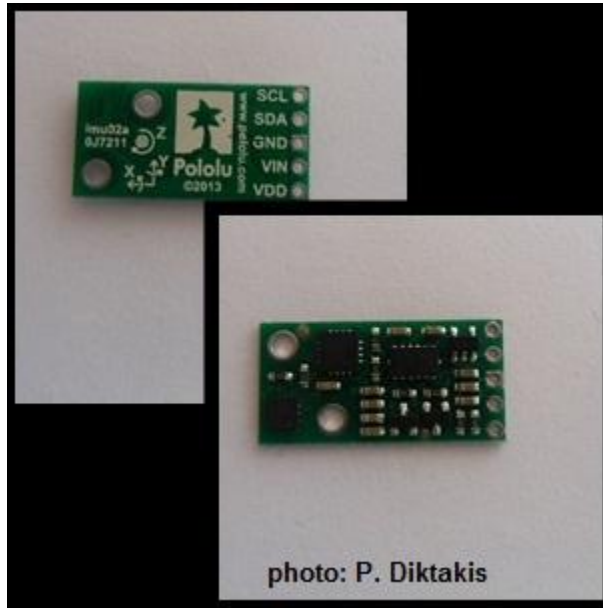
Για το GPS στίγμα χρησιμοποιήθηκε το RS92 GPSshield με sd card της linksprite. Το συγκεκριμένο shield είναι κατασκευασμένο για ArduinoUno αλλά είναι συμβατό και με τον δικό μας μικροελεγκτή αλλά έπρεπε να γίνουν κάποιες τροποποιήσεις στην καλωδίωση. Συγκεκριμένα τα δύο pins TX (transmitdata) RX (receivesdata) του shield έπρεπε να συνδεθούν με τους ακροδέκτες του mega TX3(pin 14) και RX3(pin 15) γιατί, αυτή είναι η κύρια διαφορά του uno που επικοινωνεί με softwareserial ενώ omega με hardwareserial. Η αμέσως επόμενη αλλαγή που έπρεπε να κάνουμε ήταν η sdcard που στον mega επικοινωνεί στους ψηφιακούς ακροδέκτες 50(MISO) – 51(MOSI) – 52(SCK) – 53(SS) ενώ το shield στους ακροδέκτες 10 (SS) – 11(MOSI) – 12(MISO) – 13(SCK) λόγω ότι είναι κατασκευασμένο για uno. Τροφοδοσία παίρνει άμεσα από τον μικροελεγκτή χωρίς περαιτέρω καλωδίωση και χωρίς να δεσμεύει τους αντίστοιχους ακροδέκτες όπου τοποθετείται πάνω στον μικροελεγκτή. Το shield διαθέτει sdcard για την αποθήκευση των δεδομένων.



Σχήμα 3. GPS Shield με SD Card

### 3.1.3 Pololu AltIMU-10 Accelerometer

Μέσα στην καμπίνα και συγκεκριμένα μέσα στον μαύρο κουτί είναι τοποθετημένο το επιταχυνσιόμετρο όπου θα είμαστε σε θέση να μπορούμε να δούμε την κλίση του αεροσκάφους. Συνδέεται στους ακροδέκτες επικοινωνίας SCL(clockline) και SDA (serialdata, dual-port). Τάση τροφοδοσίας που απαιτεί είναι τα 5Volt και τάση λειτουργίας 3.3 Volt. Το εύρος ευαισθησία του οργάνου ως επιταχυνσιόμετρο είναι  $\pm 2$ ,  $\pm 4$ ,  $\pm 8$  ή  $\pm 16g$ . Το συγκεκριμένο όργανο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν Gyroscope, Compass, Altimeter, Barometer, Magnetometer.

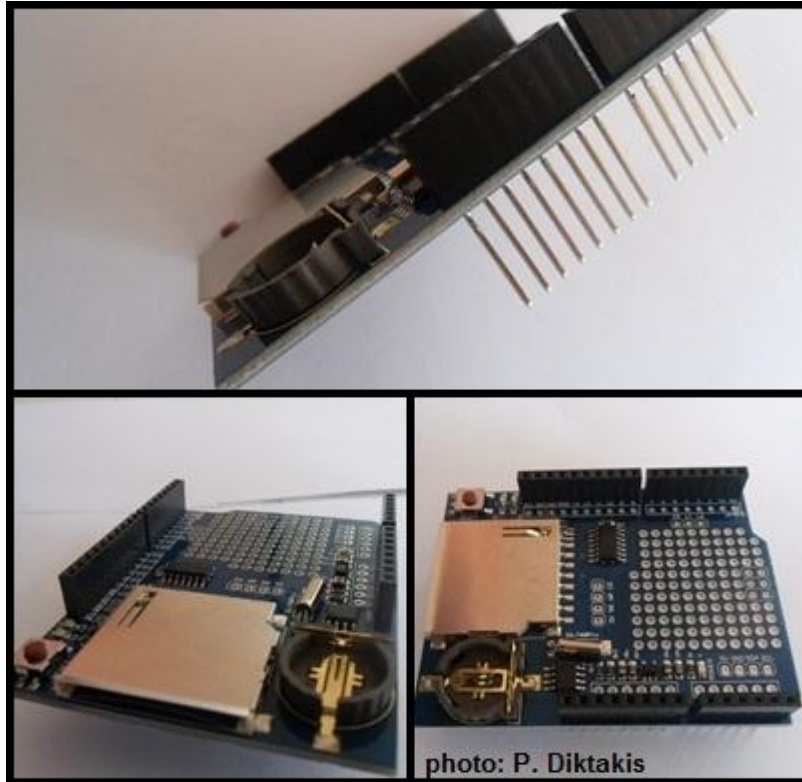


Σχήμα 4. Accelerometer Pololu AltIMU-10

### 3.1.4 SD card shield

Το sdcardshield χρησιμοποιήθηκε για την αποθήκευση των δεδομένων. Το πρόβλημα που υπήρξε ήταν ότι το shield είναι για Arduinouno. Έτσι, έπρεπε να συνδέσουμε τους ακροδέκτες 13 (CLK), 12 (MISO), 11(MOSI), 10 (CHIPSELECT) του shield με τους αντίστοιχους 52, 50, 51,53 του arduino mega. Αντίστοιχες τροποποιήσεις έπρεπε να γίνουν και στον κώδικα. Hsdcard που επιλέχτηκε είναι χωρητικότητας 2GB.

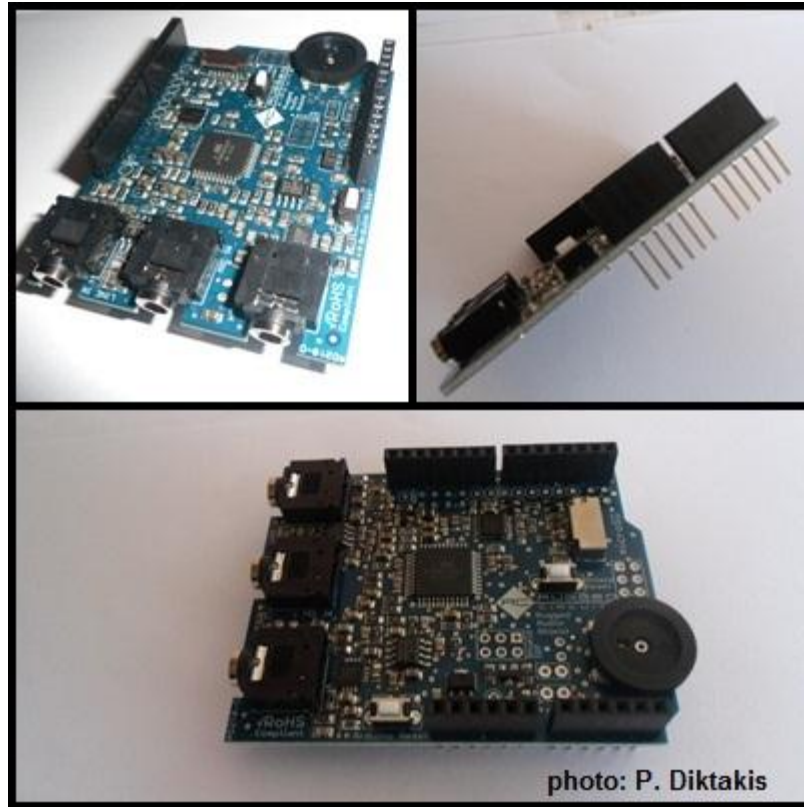




Σχήμα 5. SD Card Shield

### 3.1.6 Audio shield

Για την καταγραφή του ήχου μέσα στην καμπίνα και για τις συνομιλίες των πιλότων χρησιμοποιήθηκε audioshield. Διαθέτει μονοφωνικό μικρόφωνο για την καταγραφή ήχου. Το συγκεκριμένο shieldεκτός απο καταγραφή,μπορεί να παράγει και ήχους που εχούν αποθηκευτεί μέσα στην microsdcard. Επίσης διαθέτει δικιά του microsdcard για την αποθήκευση των δεδομένων.



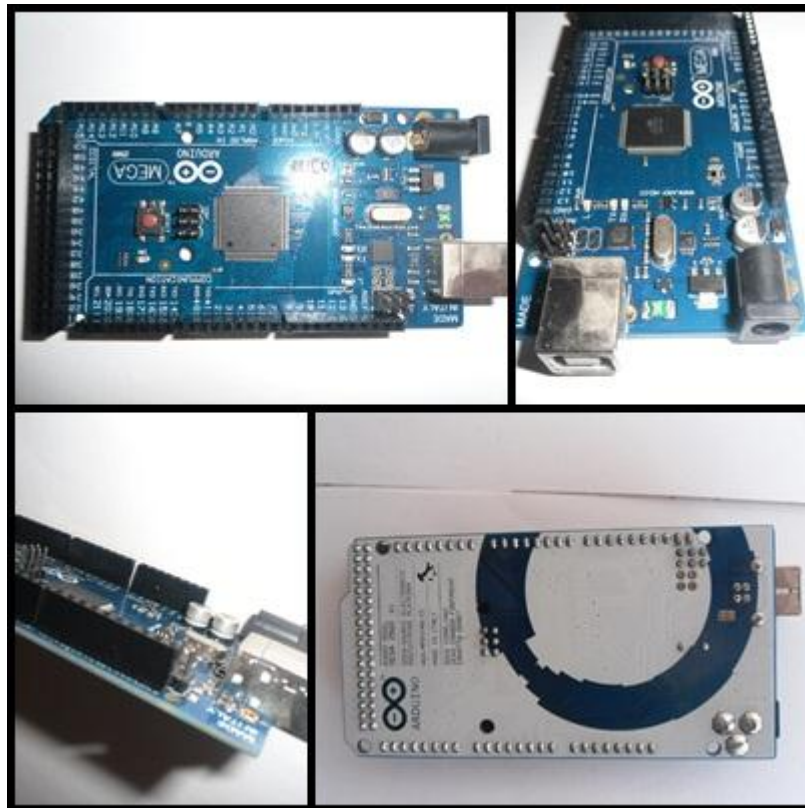
Σχήμα 6. Audio Shield με SD Card

### 3.2 Πλακέτα μικροελεγκτή FDR

Ο ArduinoMega 2560 είναι μια πλακέτα μικροελεγκτή βασισμένο στον ATmega 2560. Έχει 54 ψηφιακούς ακροδέκτες εισόδου/εξόδου (15 από αυτούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έξοδοι pwm), 16 αναλογικές εισόδους, 4 UARTs (hardwareserialports), ένα κρυσταλλικό ταλαντωτή των 16MHz. Πάνω στην πλακέτα διαθέτει ένα κουμπί reset. Τροφοδοσία παίρνει από την αντίστοιχη υποδοχή και η τάση λειτουργίας είναι της τάξης των 5 Volt. Η σύνδεση με τον υπολογιστή γίνεται μέσω της USBυποδοχής,

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA

DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz



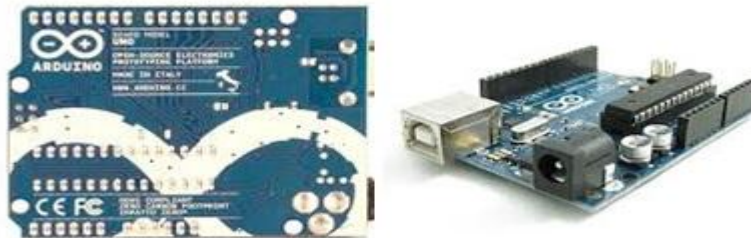
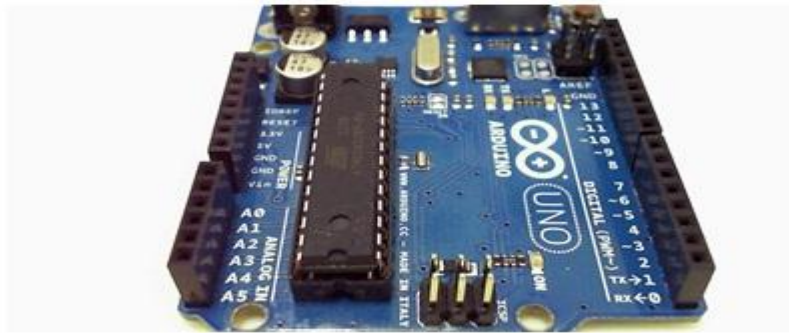
Σχήμα 7. Arduino Mega 2560 R3

### 3.3 Πλακέτα μικροελεγκτή CVR

Ο Arduino Uno είναι ένας μικροελεγκτής βασισμένος στον ATmega328 και έχει πολλές ομοιότητες με τον arduino mega 2560. Έχει 14 ψηφιακούς ακροδέκτες εισόδου/εξόδου (οι 6 μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν έξοδοι PWM), 6 αναλογικές εισόδους, έχει δύο υποδοχές μια για την USB σύνδεση και η άλλη για τροφοδοσία όπου συνήθως η τάση λειτουργίας είναι της τάξης των 5 Volt. Επίσης διαθέτει ένα κρυσταλλικό ταλαντωτή των 16MHz και έχει ένα reset button.

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6

DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz



Σχήμα 8. Arduino Uno R3

### 3.4 Επαναφορτιζόμενες μπαταρίες Radiant 2100mAh rechargeable AA

Για την τροφοδοσία του FDR χρησιμοποιήθηκαν 2 ζεύγη των 4 μπαταριών Νικελίου Μετάλλου (Ni-MH) σε παράλληλη συνδεσμολογία για περισσότερη αυτοδυναμία. Η τάση του είναι της τάξης των 1.2V και χωρητικότητα 2400 mAh. Η θερμοκρασία λειτουργίας τους είναι από -20°C έως 50°C. Οι μπαταρίες είναι επαναφορτιζόμενες και μπορούν να φορτιστούν έως και χίλιες φορές.

Τάση	1.2V
Χωρητικότητα	2400mAh
Θερμοκρασία Λειτουργίας	-20°C – 50°C



Σχήμα 9. Επαναφορτιζόμενες μπαταρίες AA 1.2V

### 3.5 Compass Module – HMC6352

Η συγκεκριμένη πυξίδα χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή της πορείας του αεροσκάφους. Είναι τοποθετημένη μέσα στο FDR της συσκευής. Τα χαρακτηριστικά της είναι:

- 2.7 to 5.2V supply range
- 1 to 20Hz selectable update rate
- True drop-in solution
- 0.5 degree heading resolution
- 1 degree repeatability



Σχήμα 10. CompassModule – HMC6352

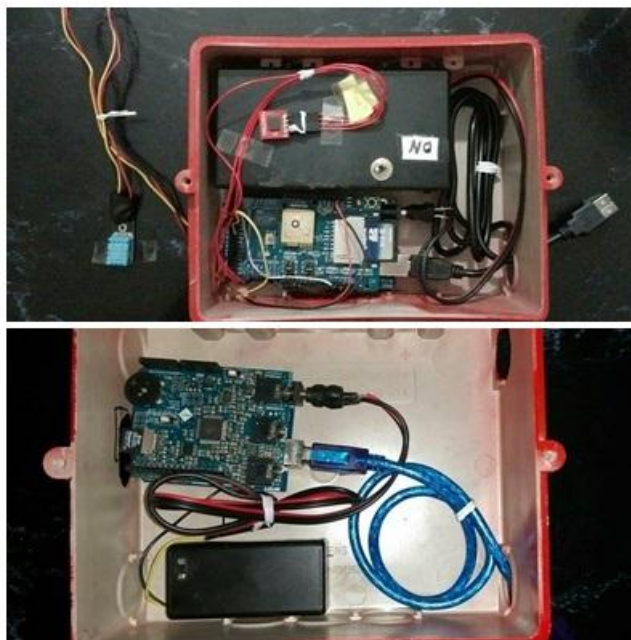


### 3.6 Προστατευτικό κουτί – σασί

Το προστατευτικό κουτί που χρησιμοποιήθηκε και στις δύο περιπτώσεις είναι ένα ηλεκτρολογικό ντουί της Siemens και το καπάκι είναι από χωνευτό ηλεκτρολογικό πίνακα της ίδια εταιρίας για την εξυπηρέτηση των αναγκών μας δημιουργήσαμε κάποιες οπές στα πλαϊνά σημεία του σασί όπως έξοδος usb, αισθητήρων και πρόσβαση στην κάρτα μνήμης. Για να αποτρέψουμε την είσοδο υγρασίας από τις οπές αυτές χρησιμοποιήσαμε στυπιοθλίπτες. Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και στα δύο κουτιά πραγματοποιείται από το επάνω μέρος του κουτιού ακριβώς κάτω από το καπάκι.



Σχήμα 11. Τα προστατευτικά κουτιά – σασί



Σχήμα 12. Τα εσωτερικά μέρη των προστατευτικών κουτιών

## 4. Περιγραφή λογισμικού

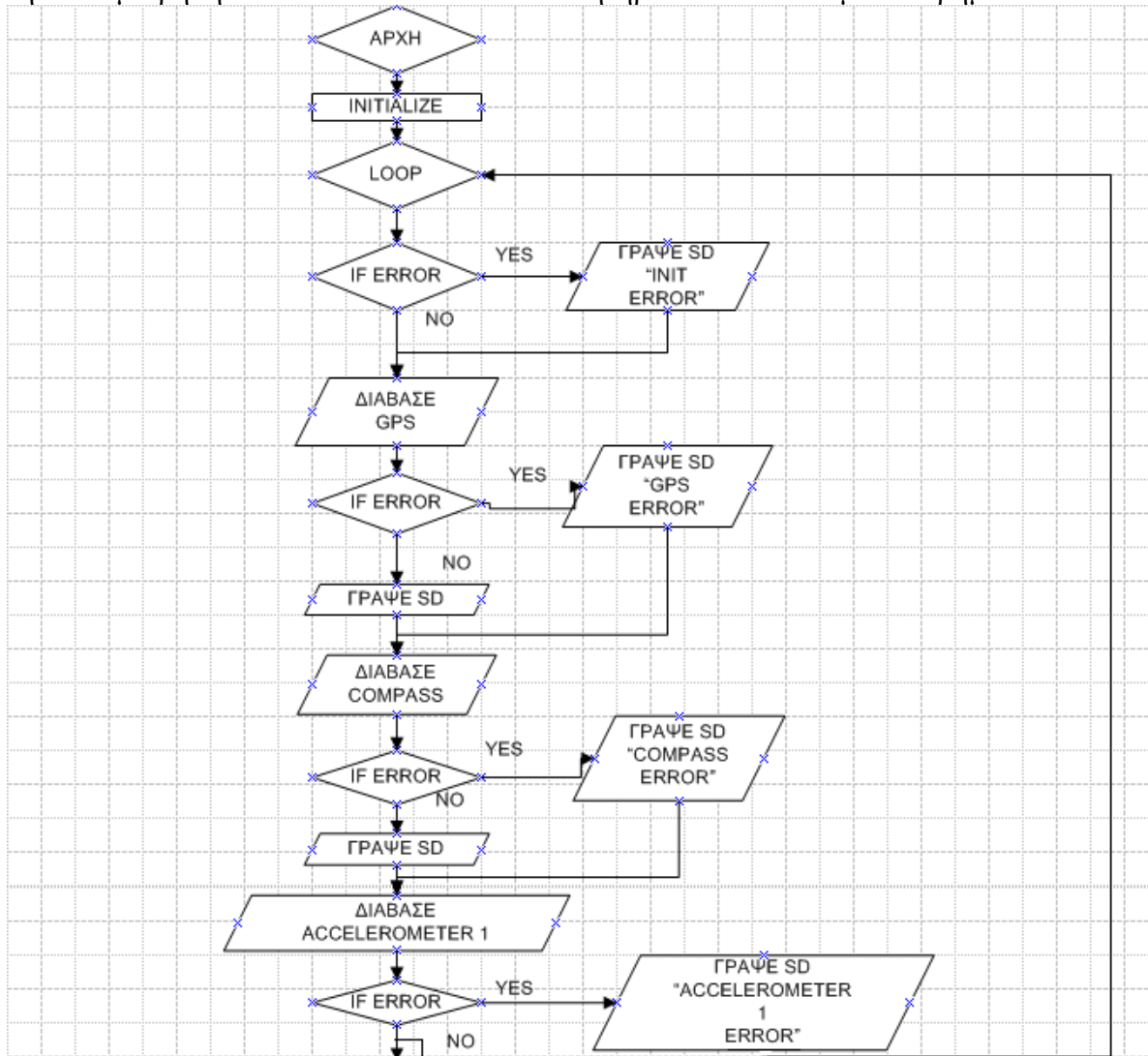
Στον μικροελεκτή arduino mega που αντιστοιχί στο FDR και είναι τοποθετημένη οι αισθητήρες η συλλογή δεδομένων έγινε με sensor polling και βήμα 10 sec όπου θεωρήκε το καλύτερο βήμα βάση την ταχύτητα του αεροσκάφους τόσο κατά την απογείωση – προσγείωση όσο και κατά τη διάρκεια της πτήσης.

### 4.1 Σχεδιασμός κώδικα σε επίπεδο διαγράμματος ροής

#### 4.1.1 Διάγραμμα ροής FDR

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής του FDR. Ο τρόπος προγραμματισμού του μικροελεκτή έγινε με sensor polling, δηλαδή ο μικροελεκτή δέχεται με σειρά ένα σήμα,

την μέτρηση από κάθε αισθητήρα και με βήμα 10 sec.

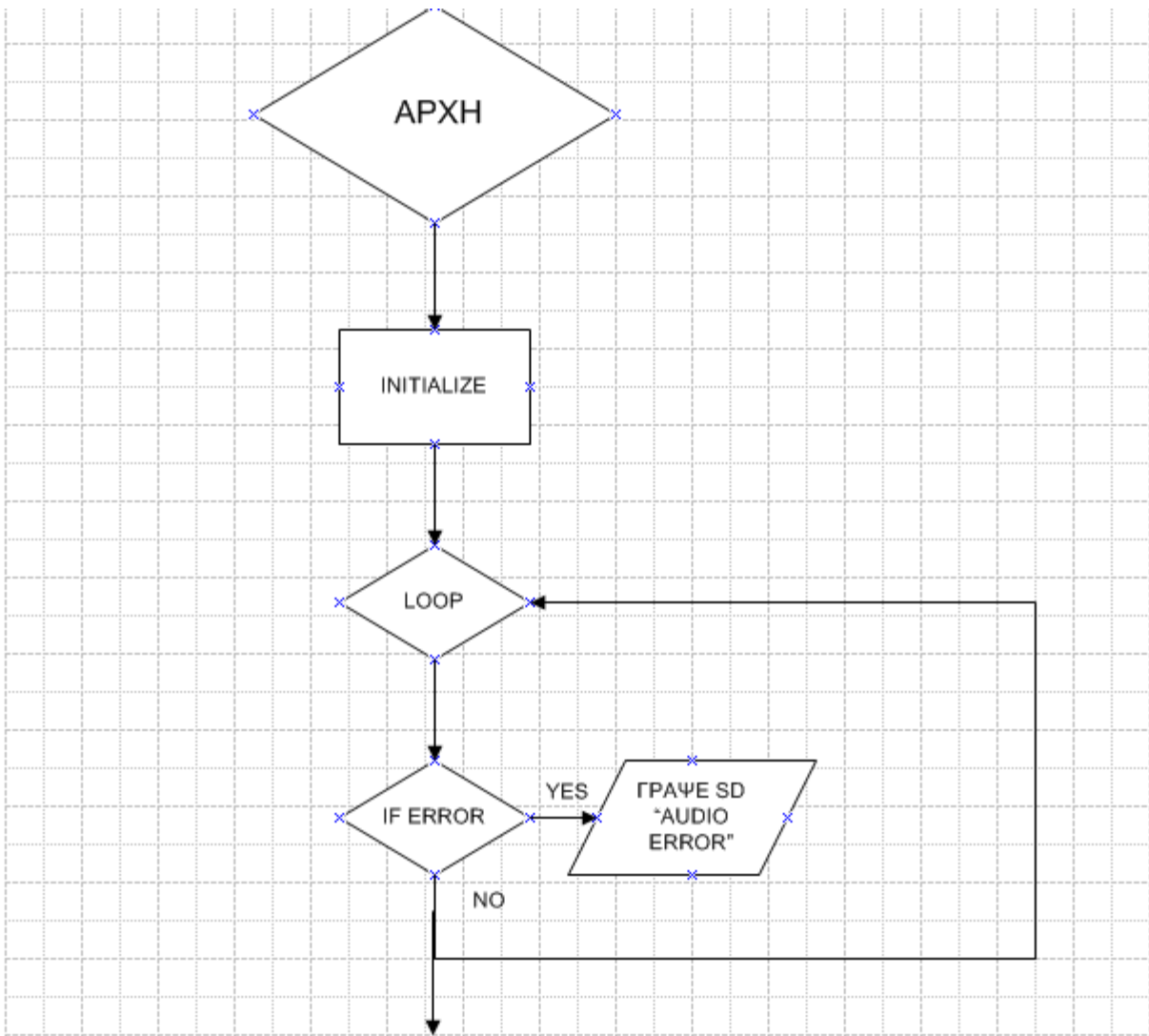


Σχήμα 13. Διάγραμμα ροής κώδικα FDR

#### 4.1.2 Διάγραμμα ροής CVR

Στο σχήμα 12 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής του CVR. Δεν χρειάστηκε κάποιο είδος προγραμματισμού αφού το CVR αποτελείται μόνο από έναν αισθητήρα, το audio recorder.





Σχήμα 14. Διάγραμμα ροής κώδικα CVR

## 4.2 Υλοποίηση πηγαίου κώδικα μικροελεγκτή

### 4.2.1 Πηγαίος κώδικας FDR

Βλ. Παράρτημα σελ. 65

### 4.2.2 Πηγαίος κώδικας CVR

```

#include <SPI.h>
#include <RAS.h> // Rugged Audio Shield library
RAS RAS;
void setup(void)
{

```

```
RAS.begin();
Serial.begin(38400);
RAS.InitSD();
}
void loop(void)
{
    delay(1000);
    RAS.RecordWAV(32000, SOURCE_STEREO, SOURCE_LINE, "RECFILE.WAV");
    delay(10800000); // Record for 3h (3*3600000 ms)
    RAS.Stop();
    RAS.WaitForIdle();
}
```

## 5. Πειράματα, πτήση και αξιολόγηση των καταγραφών

### 5.1 Επικύρωση μετρήσεων με χρήση του συστήματος ΦΑΕΘΩΝ εν πτήσει

#### Στοιχεία πτήσης:

Company: Egnatia Aviation

Registration: OE-DNG

Type: DA40 NG

Departure: LGKV

Destination: LGKV

Pilot in Command: Michaelides Athanasios

Co-Pilot: Giaxis Fotis

<i>Comment</i>	<b>Time (sec)</b>	<b>MHDG</b>	<b>Latitude, Longitude</b>	<b>Humidity %</b>	<b>Temperature C°</b>
<b>Apron</b>	0	52	40.919969,24.622106	41	25
	10	137	40.919809,24.622296	41	25
	20	226	40.919672,24.621969	41	24
	30	141	40.919359,24.621687	41	24
	40	141	40.918998,24.621927	41	25
	50	139	40.918555,24.622285	41	25
	60	137	40.918183,24.622600	41	25
	70	183	40.917864,24.622542	41	24
	80	231	40.917562,24.621991	41	25
	90	229	40.917153,24.621271	41	25
	100	229	40.916678,24.620467	41	25
	110	233	40.916332,24.619675	41	25
	120	229	40.915958,24.618901	41	24
	130	229	40.915555,24.618151	41	24
	140	229	40.915184,24.617440	41	24
	150	231	40.914822,24.616790	41	25
	160	231	40.914449,24.616156	41	25
	170	228	40.914110,24.615520	41	25
	180	231	40.913794,24.614857	41	25
	190	233	40.913493,24.614171	41	25
	200	227	40.913114,24.613583	41	25
	210	156	40.912686,24.613532	41	25
	220	144	40.912323,24.613814	41	25
	230	144	40.912065,24.614061	41	24
	240	111	40.912059,24.614069	41	25
	250	111	40.912059,24.614069	41	25
	260	111	40.912059,24.614069	41	24
	270	111	40.912072,24.614069	41	25
	280	141	40.912072,24.614102	41	25
<b>HoldingspointB</b>	290	141	40.912067,24.614072	41	25
	300	141	40.912059,24.614102	41	25
	310	141	40.912059,24.614102	41	25
	320	141	40.912059,24.614102	41	25
	330	141	40.912059,24.614102	41	24
	340	141	40.912059,24.614102	41	24

	350	141	40.912059,24.614102	41	25
	360	141	40.912059,24.614102	41	25
	370	141	40.912059,24.614102	41	25
	380	141	40.912059,24.614102	41	25
	390	141	40.912059,24.614102	41	25
	400	141	40.912059,24.614102	41	25
	410	141	40.912059,24.614102	41	25
	420	141	40.912059,24.614102	41	25
	430	141	40.912059,24.614102	41	25
	440	141	40.912059,24.614102	41	25
	450	141	40.912059,24.614102	41	25
	460	141	40.912059,24.614102	41	25
	470	141	40.912059,24.614102	41	25
	480	141	40.912059,24.614102	41	25
	490	141	40.912059,24.614102	41	25
	500	141	40.912059,24.614102	41	25
	510	141	40.912059,24.614102	41	25
	520	141	40.912059,24.614102	41	25
	530	143	40.912100,24.614110	41	25
	540	143	40.911901,24.614294	41	25
<b>Line up R/W 05R</b>	550	52	40.911600,24.614644	41	25
	560	53	40.911668,24.615172	41	25
<b>T/O Run</b>	570	53	40.912047,24.615886	41	25
	580	52	40.913338,24.618409	41	25
	590	51	40.915280,24.622053	41	25
<b>Rotate</b>	600	52	40.917549,24.626309	41	25
	610	53	40.919868,24.630793	41	25
	620	53	40.922195,24.635235	41	25
	630	53	40.924571,24.639566	41	25
	640	53	40.927305,24.643936	42	24
	650	44	40.930700,24.648133	42	24
	660	43	40.934457,24.651595	42	24
	670	44	40.938364,24.654802	42	23
	680	44	40.942240,24.658097	42	23
	690	45	40.946293,24.661678	42	23
	700	42	40.950205,24.665078	42	23
	710	42	40.954181,24.668331	42	23
	720	44	40.958149,24.671829	42	22
	730	43	40.962130,24.675382	42	22
	740	43	40.965944,24.678742	42	22
	750	43	40.969807,24.682526	42	22
	760	44	40.973629,24.686431	42	22
	770	44	40.977367,24.690210	42	23
	780	44	40.981222,24.693851	42	23

<b>Over Chrysoupoli</b>	790	47	40.985014,24.697314	42	22
	800	50	40.988942,24.700693	42	21
	810	54	40.992890,24.703822	42	22
	820	54	40.997102,24.706832	42	21
	830	53	41.001216,24.710377	42	21
	840	54	41.005161,24.714766	42	20
	850	54	41.008821,24.719337	42	20
	860	54	41.012177,24.724000	42	20
	870	53	41.015375,24.728545	42	20
	880	55	41.018605,24.732825	42	19
	890	54	41.021914,24.737089	43	19
	900	54	41.025465,24.741121	43	19
	910	54	41.029335,24.744809	43	19
	920	54	41.033346,24.748250	43	18
	930	54	41.037553,24.751395	44	18
	940	54	41.041523,24.755000	44	18
	950	54	41.045635,24.759023	44	17
	960	54	41.049717,24.763669	44	17
	970	53	41.053713,24.768760	44	18
	980	53	41.057674,24.774081	44	18
	990	52	41.061660,24.779611	44	18
	1000	55	41.065601,24.785199	44	18
	1010	54	41.069404,24.790995	44	18
	1020	54	41.073041,24.796983	44	18
	1030	53	41.076722,24.802849	44	18
	1040	55	41.084809,24.813180	44	18
	1050	55	41.088974,24.818222	44	18
	1060	55	41.092982,24.823616	44	18
	1070	54	41.097100,24.828838	44	18
	1080	54	41.101146,24.833935	44	18
	1090	54	41.105180,24.838979	44	18
	1100	56	41.109149,24.844098	44	18
	1110	54	41.113089,24.849238	44	18
	1120	56	41.116892,24.854439	44	18
	1130	59	41.120474,24.859765	44	18
<b>Over Xanthi</b>	1140	65	41.122143,24.866410	44	18
	1150	96		44	18

			41.119200,24.872390		
<i>Auto pilot ON</i>	1160	128	41.114094,24.874940	44	18
	1170	128	41.108910,24.876739	44	18
	1180	128	41.103765,24.878582	44	19
	1190	128	41.099181,24.881863	44	18
	1200	128	41.095937,24.887498	44	18
	1210	128	41.093526,24.893826	44	18
	1220	128	41.089357,24.922076	45	18
	1230	128	41.087756,24.929040	45	19
	1240	128	41.091916,24.900534	45	18
	1250	128	41.091173,24.907677	45	18
	1260	128	41.090476,24.914875	45	18
	1270	128	41.086112,24.935965	46	18
	1280	128	41.084538,24.942998	46	17
	1290	128	41.081173,24.956706	46	17
	1300	128	41.079464,24.963576	45	18
	1310	128	41.075710,24.977210	45	18
	1320	128	41.073846,24.984118	45	18
	1330	128	41.070315,24.998273	45	18
	1340	128	41.068331,25.005339	45	18
	1350	128	41.066121,25.012183	45	18
	1360	128	41.063720,25.018776	45	18
<i>flight in clouds</i>	1370	128	41.058359,25.031431	62	16
<i>flight in clouds</i>	1380	128	41.052831,25.043865	62	16
	1390	128	41.047401,25.05642	45	18
	1400	128	41.044688,25.062652	45	18
	1410	128	41.042015,25.068973	45	18
	1420	128	41.036547,25.081562	45	17
	1430	128	41.030997,25.094186	45	17
	1440	128	41.028165,25.100574	44	18
	1450	128	41.024292,25.105452	44	18
<i>Over Porto Lagos</i>	1460	132	41.019095,25.106689	44	18
	1470	165	41.014099,25.103240	42	18
	1480	241	41.011026,25.096927	42	18
	1490	241	41.008063,25.090758	42	19
	1500	241	41.005038,25.084554	42	19
	1510	241	40.999175,25.071738	42	19
	1520	241	40.995911,25.065622	42	19

	1530	241	40.992585,25.059431	42	20
	1540	241	40.989063,25.053557	42	20
	1550	241	40.981474,25.042462	42	20
	1560	241	40.977587,25.036568	42	20
	1570	241	40.973694,25.030475	42	20
	1580	241	40.969900,25.024255	42	20
	1590	241	40.966166,25.018185	42	20
	1600	241	40.958864,25.005905	42	20
<b>Auto pilot OFF</b>	1610	241	40.955046,24.999743	42	20
	1620	241	40.951278,24.993492	42	20
	1630	243	40.942071,24.974571	42	20
	1640	241	40.939301,24.968120	42	20
	1650	239	40.933661,24.954994	41	20
	1660	239	40.931027,24.948503	41	20
	1670	239	40.928850,24.941929	41	20
	1680	239	40.926990,24.934954	41	20
	1690	239	40.925384,24.928031	41	20
	1700	239	40.923785,24.921166	41	20
	1710	239	40.920153,24.907368	41	20
	1720	238	40.917809,24.900671	41	20
	1730	238	40.914954,24.894381	41	20
	1740	238	40.912142,24.888228	41	20
	1750	238	40.905423,24.877222	41	20
	1760	238	40.901771,24.872204	41	20
	1770	238	40.897938,24.867174	42	20
	1780	237	40.890463,24.857233	42	20
	1790	237	40.886987,24.852023	42	20
	1800	236	40.883494,24.846776	42	20
	1810	238	40.879669,24.841736	42	20
	1820	238	40.875748,24.836681	42	20
	1830	237	40.871751,24.831606	42	20
	1840	236	40.867595,24.826480	42	20
	1850	238	40.859294,24.816582	42	20
	1860	238	40.853566,24.804914	42	20
	1870	237	40.853522,24.797954	42	20
	1880	238	40.854685,24.783637	42	20
	1890	238	40.855944,24.776561	42	21

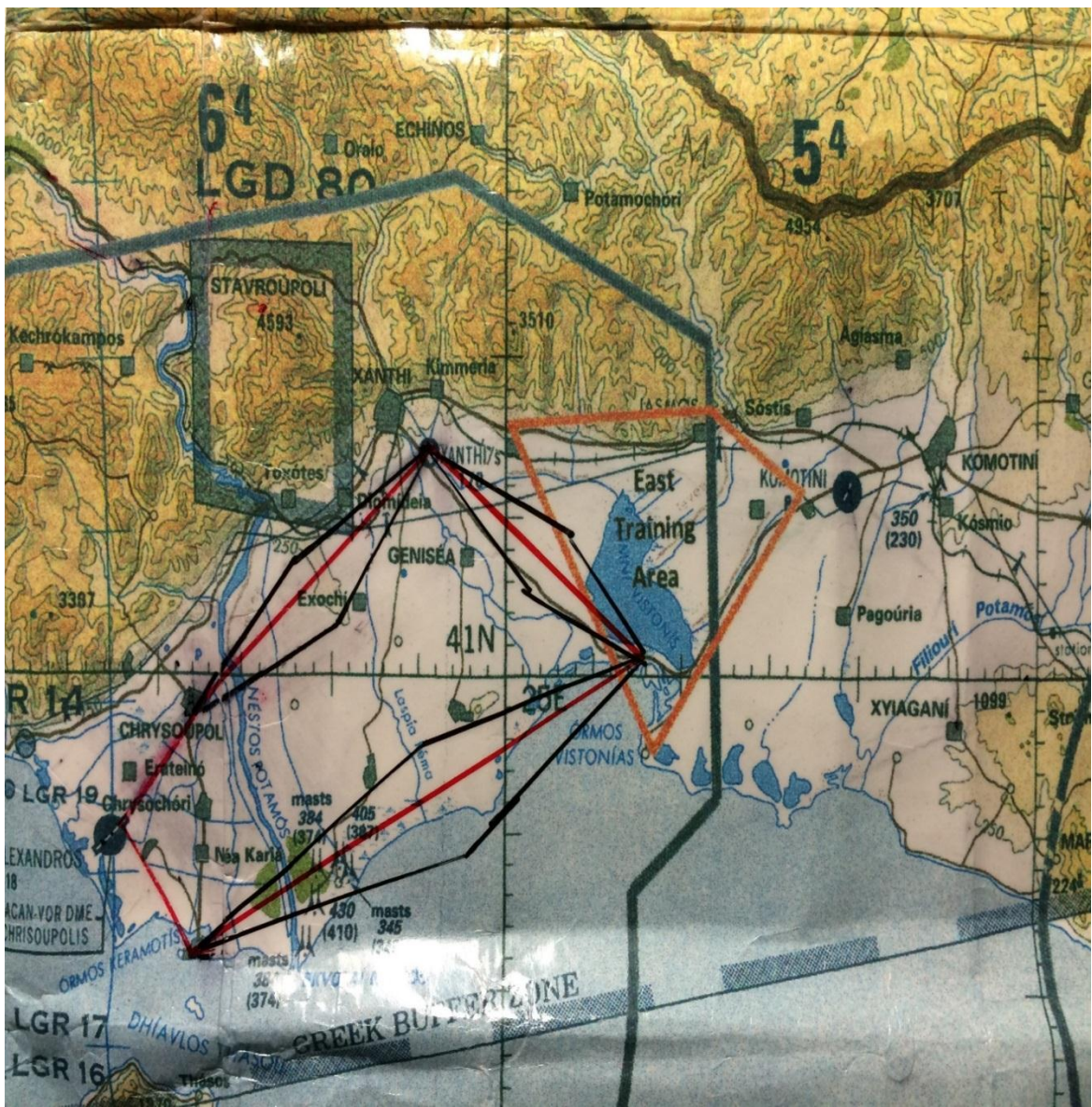
	1900	238	40.857272,24.769555	42	21
	1910	238	40.857971,24.762249	42	21
	1920	238	40.856469,24.747559	42	21
	1930	238	40.854950,24.740387	42	21
	1940	238	40.853175,24.733299	42	22
	1950	244	40.851454,24.726102	42	22
<b>Over Keramoti</b>	1960	243	40.849912,24.711372	42	22

Σχήμα 15. Πίνακας Δεδομένων πτήσης από αισθητήρες



Σχήμα 16. Εικόνες από το σύστημα συνδεδεμένο στο αεροσκάφος



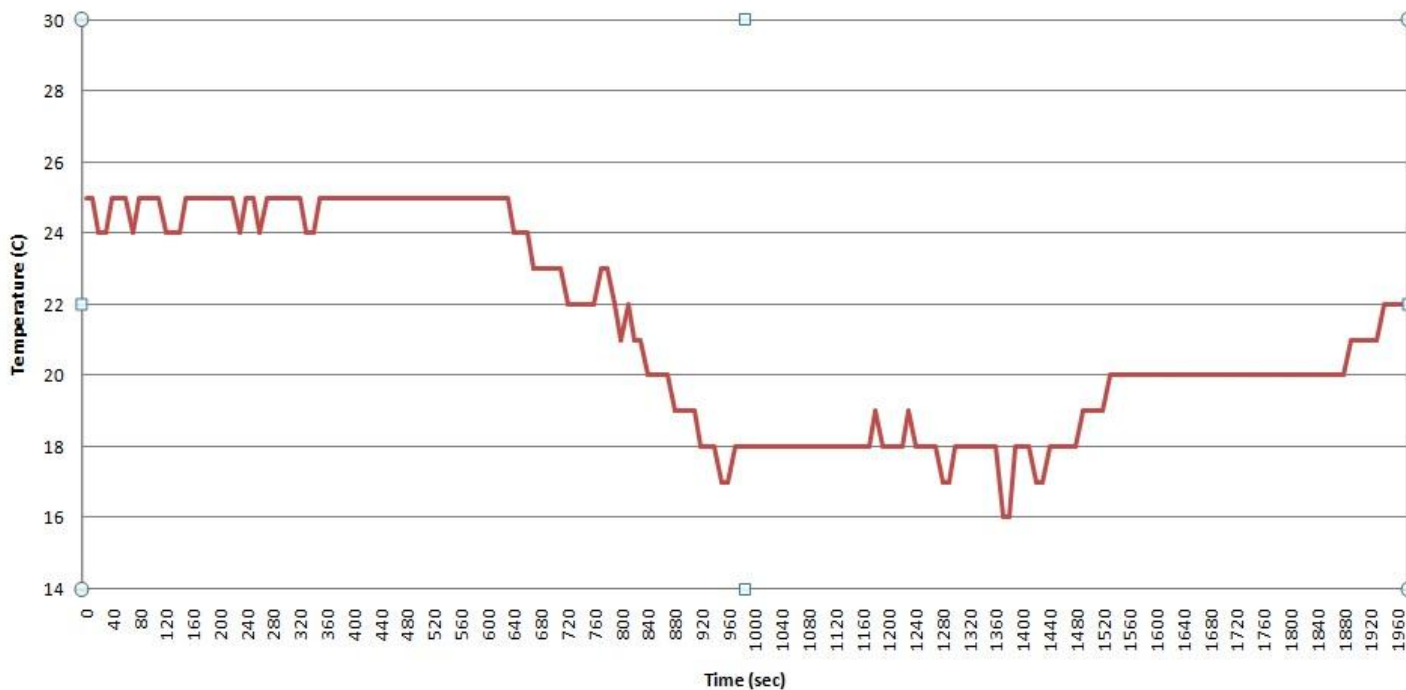


Σχή

μα 17. Σχέδιο πτήσης πειραματικής διαδικασίας

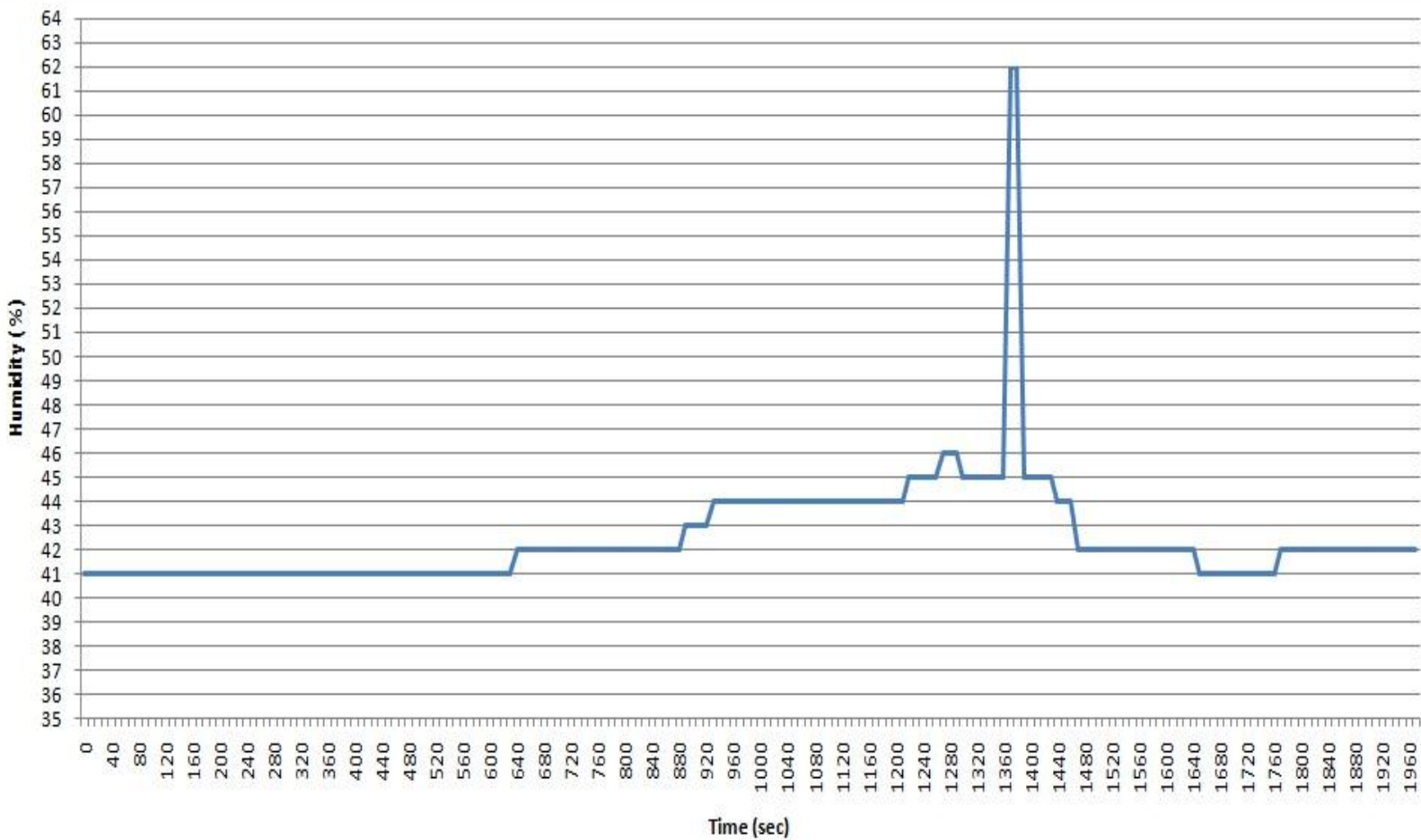
## 5.2 Αναπαράσταση δεδομένων πτήσης σε διαγραμματική μορφή

Στο παρακάτω διάγραμμα όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η θερμοκρασία είναι σχεδόν σταθερή στους 25° C από την αρχή της μέτρησης μέχρι και τα πρώτα 10 λεπτά (600 sec) όπου είναι η θερμοκρασία που καταγράφεται στο έδαφος. Στη συνέχεια παρατηρούμε την συνεχόμενη πτώση της θερμοκρασίας όσο το αεροσκάφος βρίσκεται στην διαδικασία ανόδου (climbing). Στο 16 λεπτό (960 sec) της καταγραφής βλέπουμε και πάλι την θερμοκρασία να σταθεροποιείται και πάλι σε ένα εύρος αποδεκτών τιμών μεταξύ 17-19 ° C. Τέλος στο 25 λεπτό της πτήσης (1500 sec) η θερμοκρασία έχει ανοδική συμπεριφορά όσο το αεροσκάφος βρίσκεται σε κάθοδο με μια μικρή χρονική παραμονή των 5 λεπτών στο ίδιο ύψος από το 26 με 31 λεπτά της πτητικής διαδικασίας (1560-1860 sec) όπου και πάλι το αεροσκάφος συνεχίζει την κάθοδο του.



Σχήμα 18. Διάγραμμα Μεταβολής θερμοκρασίας συναρτήσει του χρόνου

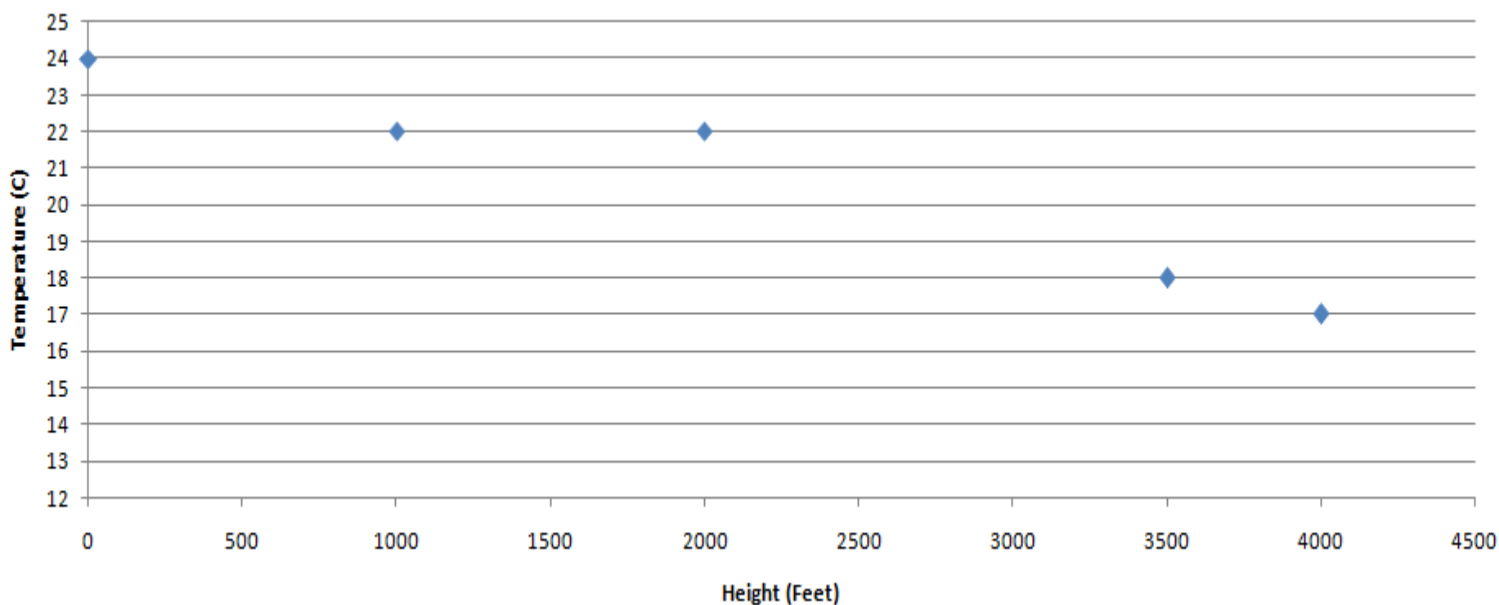
Στο διάγραμμα υγρασίας –χρόνου μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι σε κάθε μεταβολή της θερμοκρασίας όπως είδαμε και στο παραπάνω διάγραμμα έχουμε και εδώ την αντίστοιχη μεταβολή της υγρασίας. Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον βρίσκεται στο 22-24 λεπτό της πτήσης (1350-1400 sec) όπου φαίνεται απότομη μεταβολή της υγρασίας γεγονός που φανερώνει ότι το αεροσκάφος βρίσκεται μέσα στα σύννεφα



Σχήμα 19. Διάγραμμα Μεταβολής υγρασίας συναρτήσει του χρόνου

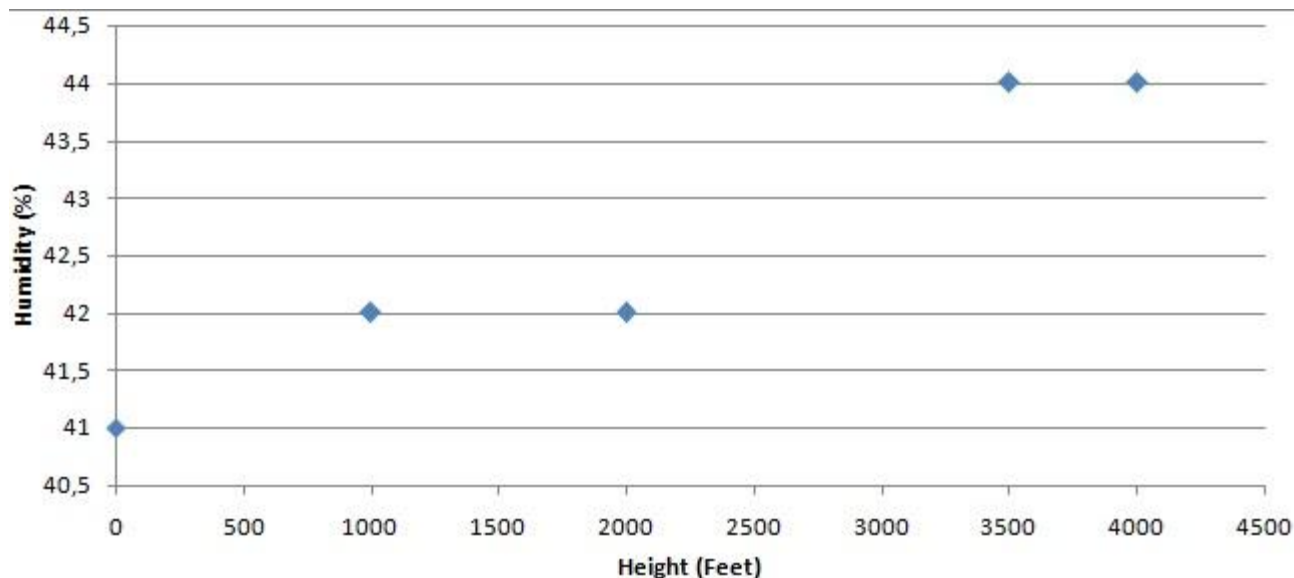
Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε την μεταβολή της θερμοκρασίας στην αυξομείωση του ύψους. Οι καταγραφές ύψους έχουν πραγματοποιηθεί πάνω από τα σημεία αναφοράς σύμφωνα με το σχέδιο πτήσης και αποτελούν σημεία επικοινωνίας με τον πύργο ελέγχου.

Όσο το αεροσκάφος βρίσκεται στον χώρο στάθμευσης μέχρι και πριν την απογείωση η μέση θερμοκρασία είναι στους  $24^{\circ}\text{C}$ . Η επόμενη καταγραφή είναι πάνω από την Χρυσούπολη στα 2000 ft με θερμοκρασία στους  $22^{\circ}\text{C}$ . Στην συνέχεια βρισκόμαστε πάνω από την Ξάνθη στα 3500 ft στους  $18^{\circ}\text{C}$ . Το επόμενο σημείο είναι το Πόρτο Λάγος στα 4000 ft στους  $17^{\circ}\text{C}$ . Επιστρέφοντας πίσω για προσγείωση με τελευταία καταγραφή πάνω από την Κεραμωτή στα 1000 ft στους  $22^{\circ}\text{C}$ .



Σχήμα 20. Διάγραμμα Μεταβολής θερμοκρασίας συναρτήσει του ύψους

Στο διάγραμμα που ακολουθεί μπορούμε να παρατηρούμε την μεταβολή της υγρασίας σε σχέση με ύψους με μέγιστες τιμές πάνω από την Ξάνθη και το Πόρτο Λάγος στα 3500 και 4000 ft αντίστοιχα.



Σχήμα 21. Διάγραμμα Μεταβολής υγρασίας συναρτήσει του ύψους

### 5.3 Επικύρωση μετρήσεων θερμοκρασίας με χρήση του συστήματος ΦΑΕΘΩΝ εν κινήσει συνδεδεμένο σε αυτοκίνητο

Σκοπός του παρακάτω πειράματος είναι να διερευνήσουμε την μεταβολή της θερμοκρασίας στο σασί του αυτοκινήτου τοποθετώντας τον αισθητήρα θερμοκρασίας στο εσωτερικό του καπό του αυτοκινήτου. Για να επιτύχουμε μετρήσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια χρησιμοποιήσαμε θερμοαγώγιμη πάστα μεταξύ του σασί του αυτοκινήτου και του αισθητήρα. Ο αισθητήρας τοποθετήθηκε και στερεώθηκε πάνω στο σασί με μονωτική ταινία. Η πειραματική διαδικασία ήταν διάρκειας 17 λεπτών και 11,7 km.

Time (sec)	Value	Unit
1	22,8	TMP C°
2	22,8	TMP C°
3	22,8	TMP C°

4	22,8	TMP C°
5	22,8	TMP C°
6	22,8	TMP C°
7	22,8	TMP C°
8	22,8	TMP C°
9	22,8	TMP C°
10	22,8	TMP C°
11	22,8	TMP C°
12	22,8	TMP C°
13	22,8	TMP C°
14	22,8	TMP C°
15	22,8	TMP C°
16	22,8	TMP C°
17	22,8	TMP C°
18	22,8	TMP C°
19	22,9	TMP C°
20	22,9	TMP C°
21	22,9	TMP C°
22	22,9	TMP C°
23	23	TMP C°
24	23	TMP C°
25	23	TMP C°
26	23,1	TMP C°
27	23,1	TMP C°
28	23,1	TMP C°
29	23,1	TMP C°
30	23,1	TMP C°
31	23,1	TMP C°
32	23,1	TMP C°
33	23,1	TMP C°
34	23,1	TMP C°
35	23,1	TMP C°
36	23,1	TMP C°
37	23,1	TMP C°
38	23,1	TMP C°
39	23,1	TMP C°
40	23,1	TMP C°
41	23,1	TMP C°
42	23,1	TMP C°
43	23,2	TMP C°
44	23,2	TMP C°

45	23,2	TMP C°
46	23,2	TMP C°
47	23,2	TMP C°
48	23,2	TMP C°
49	23,2	TMP C°
50	23,2	TMP C°
51	23,2	TMP C°
52	23,2	TMP C°
53	23,3	TMP C°
54	23,3	TMP C°
55	23,3	TMP C°
56	23,3	TMP C°
57	23,3	TMP C°
58	23,3	TMP C°
59	23,3	TMP C°
60	23,3	TMP C°
61	23,3	TMP C°
62	23,3	TMP C°
63	23,3	TMP C°
64	23,3	TMP C°
65	23,3	TMP C°
66	23,3	TMP C°
67	23,3	TMP C°
68	23,4	TMP C°
69	23,4	TMP C°
70	23,4	TMP C°
71	23,4	TMP C°
72	23,4	TMP C°
73	23,4	TMP C°
74	23,4	TMP C°
75	23,4	TMP C°
76	23,4	TMP C°
77	23,4	TMP C°
78	23,5	TMP C°
79	23,5	TMP C°
80	23,5	TMP C°
81	23,5	TMP C°
82	23,5	TMP C°
83	23,5	TMP C°
84	23,5	TMP C°
85	23,5	TMP C°



86	23,5	TMP C°
87	23,5	TMP C°
88	23,5	TMP C°
89	23,5	TMP C°
90	23,5	TMP C°
91	23,5	TMP C°
92	23,5	TMP C°
93	23,5	TMP C°
94	23,5	TMP C°
95	23,6	TMP C°
96	23,6	TMP C°
97	23,6	TMP C°
98	23,6	TMP C°
99	23,6	TMP C°
100	23,7	TMP C°
101	23,7	TMP C°
102	23,7	TMP C°
103	23,7	TMP C°
104	23,7	TMP C°
105	23,7	TMP C°
106	23,7	TMP C°
107	23,7	TMP C°
108	23,7	TMP C°
109	23,7	TMP C°
110	23,8	TMP C°
111	23,8	TMP C°
112	23,8	TMP C°
113	23,8	TMP C°
114	23,8	TMP C°
115	23,9	TMP C°
116	23,9	TMP C°
117	23,9	TMP C°
118	23,9	TMP C°
119	23,9	TMP C°
120	23,9	TMP C°
121	24	TMP C°
122	24	TMP C°
123	24	TMP C°
124	24	TMP C°
125	24	TMP C°
126	24,1	TMP C°



127	24,1	TMP C°
128	24,1	TMP C°
129	24,1	TMP C°
130	24,2	TMP C°
131	24,2	TMP C°
132	24,2	TMP C°
133	24,2	TMP C°
134	24,2	TMP C°
135	24,2	TMP C°
136	24,3	TMP C°
137	24,3	TMP C°
138	24,3	TMP C°
139	24,3	TMP C°
140	24,4	TMP C°
141	24,4	TMP C°
142	24,4	TMP C°
143	24,5	TMP C°
144	24,5	TMP C°
145	24,5	TMP C°
146	24,5	TMP C°
147	24,5	TMP C°
148	24,6	TMP C°
149	24,6	TMP C°
150	24,6	TMP C°
151	24,7	TMP C°
152	24,7	TMP C°
153	24,7	TMP C°
154	24,7	TMP C°
155	24,7	TMP C°
156	24,7	TMP C°
157	24,7	TMP C°
158	24,7	TMP C°
159	24,7	TMP C°
160	24,7	TMP C°
161	24,7	TMP C°
162	24,7	TMP C°
163	24,7	TMP C°
164	24,7	TMP C°
165	24,7	TMP C°
166	24,7	TMP C°
167	24,7	TMP C°

168	24,7	TMP C°
169	24,9	TMP C°
170	24,9	TMP C°
171	24,9	TMP C°
172	24,9	TMP C°
173	25	TMP C°
174	25	TMP C°
175	25	TMP C°
176	25	TMP C°
177	25	TMP C°
178	25	TMP C°
179	25,2	TMP C°
180	25,2	TMP C°
181	25,2	TMP C°
182	25,2	TMP C°
183	25,2	TMP C°
184	25,2	TMP C°
185	25,2	TMP C°
186	25,3	TMP C°
187	25,3	TMP C°
188	25,3	TMP C°
189	25,4	TMP C°
190	25,4	TMP C°
191	25,4	TMP C°
192	25,4	TMP C°
193	25,4	TMP C°
194	25,4	TMP C°
195	25,4	TMP C°
196	25,4	TMP C°
197	25,6	TMP C°
198	25,6	TMP C°
199	25,6	TMP C°
200	25,8	TMP C°
201	25,8	TMP C°
202	25,8	TMP C°
203	25,8	TMP C°
204	26	TMP C°
205	26	TMP C°
206	26	TMP C°
207	26	TMP C°
208	26	TMP C°

209	26,2	TMP C°
210	26,2	TMP C°
211	26,2	TMP C°
212	26,2	TMP C°
213	26,2	TMP C°
214	26,3	TMP C°
215	26,3	TMP C°
216	26,5	TMP C°
217	26,5	TMP C°
218	26,5	TMP C°
219	26,5	TMP C°
220	26,7	TMP C°
221	26,7	TMP C°
222	26,7	TMP C°
223	26,7	TMP C°
224	26,8	TMP C°
225	26,8	TMP C°
226	26,8	TMP C°
227	26,8	TMP C°
228	26,8	TMP C°
229	26,9	TMP C°
230	26,9	TMP C°
231	26,9	TMP C°
232	27	TMP C°
233	27	TMP C°
234	27	TMP C°
235	27	TMP C°
236	27	TMP C°
237	27,1	TMP C°
238	27,1	TMP C°
239	27,1	TMP C°
240	27,1	TMP C°
241	27,1	TMP C°
242	27,1	TMP C°
243	27,3	TMP C°
244	27,3	TMP C°
245	27,3	TMP C°
246	27,3	TMP C°
247	27,3	TMP C°
248	27,3	TMP C°
249	27,3	TMP C°

250	27,4	TMP C°
251	27,4	TMP C°
252	27,4	TMP C°
253	27,4	TMP C°
254	27,7	TMP C°
255	27,7	TMP C°
256	27,7	TMP C°
257	27,9	TMP C°
258	27,9	TMP C°
259	27,9	TMP C°
260	28	TMP C°
261	28	TMP C°
262	28	TMP C°
263	28,2	TMP C°
264	28,2	TMP C°
265	28,2	TMP C°
266	28,4	TMP C°
267	28,4	TMP C°
268	28,4	TMP C°
269	28,4	TMP C°
270	28,4	TMP C°
271	28,4	TMP C°
272	28,8	TMP C°
273	28,8	TMP C°
274	28,8	TMP C°
275	29	TMP C°
276	29	TMP C°
277	29,4	TMP C°
278	29,4	TMP C°
279	29,8	TMP C°
280	29,8	TMP C°
281	29,8	TMP C°
282	30	TMP C°
283	30	TMP C°
284	30	TMP C°
285	30,1	TMP C°
286	30,1	TMP C°
287	30,1	TMP C°
288	30,3	TMP C°
289	30,3	TMP C°
290	30,3	TMP C°

291	30,5	TMP C°
292	30,5	TMP C°
293	30,5	TMP C°
294	30,5	TMP C°
295	30,5	TMP C°
296	30,5	TMP C°
297	30,5	TMP C°
298	30,5	TMP C°
299	30,5	TMP C°
300	30,5	TMP C°
301	30,5	TMP C°
302	30,5	TMP C°
303	30,5	TMP C°
304	30,6	TMP C°
305	30,6	TMP C°
306	30,6	TMP C°
307	30,6	TMP C°
308	30,6	TMP C°
309	30,6	TMP C°
310	30,6	TMP C°
311	30,7	TMP C°
312	30,7	TMP C°
313	30,7	TMP C°
314	30,7	TMP C°
315	30,7	TMP C°
316	30,7	TMP C°
317	30,8	TMP C°
318	30,8	TMP C°
319	30,8	TMP C°
320	30,8	TMP C°
321	30,8	TMP C°
322	30,8	TMP C°
323	30,9	TMP C°
324	30,9	TMP C°
325	30,9	TMP C°
326	30,9	TMP C°
327	30,9	TMP C°
328	30,9	TMP C°
329	30,9	TMP C°
330	31	TMP C°
331	31	TMP C°

332	31	TMP C°
333	31	TMP C°
334	31	TMP C°
335	31	TMP C°
336	31	TMP C°
337	31	TMP C°
338	31,1	TMP C°
339	31,1	TMP C°
340	31,1	TMP C°
341	31,1	TMP C°
342	31,1	TMP C°
343	31,1	TMP C°
344	31,2	TMP C°
345	31,2	TMP C°
346	31,2	TMP C°
347	31,2	TMP C°
348	31,2	TMP C°
349	31,2	TMP C°
350	31,3	TMP C°
351	31,3	TMP C°
352	31,3	TMP C°
353	31,3	TMP C°
354	31,4	TMP C°
355	31,4	TMP C°
356	31,4	TMP C°
357	31,4	TMP C°
358	31,4	TMP C°
359	31,4	TMP C°
360	31,4	TMP C°
361	31,5	TMP C°
362	31,5	TMP C°
363	31,5	TMP C°
364	31,5	TMP C°
365	31,5	TMP C°
366	31,5	TMP C°
367	31,5	TMP C°
368	31,6	TMP C°
369	31,6	TMP C°
370	31,6	TMP C°
371	31,6	TMP C°
372	31,6	TMP C°

373	31,6	TMP C°
374	31,6	TMP C°
375	31,6	TMP C°
376	31,6	TMP C°
377	31,7	TMP C°
378	31,7	TMP C°
379	31,7	TMP C°
380	31,7	TMP C°
381	31,7	TMP C°
382	31,7	TMP C°
383	31,7	TMP C°
384	31,7	TMP C°
385	31,7	TMP C°
386	31,7	TMP C°
387	31,7	TMP C°
388	31,7	TMP C°
389	31,8	TMP C°
390	31,8	TMP C°
391	31,8	TMP C°
392	31,8	TMP C°
393	31,8	TMP C°
394	31,8	TMP C°
395	31,8	TMP C°
396	31,8	TMP C°
397	31,9	TMP C°
398	31,9	TMP C°
399	31,9	TMP C°
400	31,9	TMP C°
401	32	TMP C°
402	32	TMP C°
403	32	TMP C°
404	32	TMP C°
405	32	TMP C°
406	32	TMP C°
407	32,1	TMP C°
408	32,1	TMP C°
409	32,1	TMP C°
410	32,1	TMP C°
411	32,2	TMP C°
412	32,2	TMP C°
413	32,2	TMP C°

414	32,2	TMP C°
415	32,2	TMP C°
416	32,2	TMP C°
417	32,2	TMP C°
418	33,3	TMP C°
419	33,3	TMP C°
420	33,3	TMP C°
421	33,3	TMP C°
422	33,3	TMP C°
423	33,3	TMP C°
424	33,3	TMP C°
425	33,4	TMP C°
426	33,4	TMP C°
427	33,4	TMP C°
428	33,4	TMP C°
429	33,4	TMP C°
430	33,4	TMP C°
431	33,4	TMP C°
432	33,5	TMP C°
433	33,5	TMP C°
434	33,5	TMP C°
435	33,5	TMP C°
436	33,5	TMP C°
437	33,5	TMP C°
438	33,5	TMP C°
439	33,5	TMP C°
440	33,6	TMP C°
441	33,6	TMP C°
442	33,6	TMP C°
443	33,6	TMP C°
444	33,6	TMP C°
445	33,7	TMP C°
446	33,7	TMP C°
447	33,7	TMP C°
448	33,8	TMP C°
449	33,8	TMP C°
450	33,8	TMP C°
451	33,8	TMP C°
452	33,8	TMP C°
453	33,8	TMP C°
454	33,8	TMP C°



455	33,9	TMP C°
456	33,9	TMP C°
457	33,9	TMP C°
458	33,9	TMP C°
459	33,9	TMP C°
460	33,9	TMP C°
461	33,9	TMP C°
462	33,9	TMP C°
463	34	TMP C°
464	34	TMP C°
465	34	TMP C°
466	34	TMP C°
467	34	TMP C°
468	34	TMP C°
469	34	TMP C°
470	34	TMP C°
471	34	TMP C°
472	34	TMP C°
473	34	TMP C°
474	34	TMP C°
475	34	TMP C°
476	34	TMP C°
477	34	TMP C°
478	34,1	TMP C°
479	34,1	TMP C°
480	34,1	TMP C°
481	34,1	TMP C°
482	34,1	TMP C°
483	34,1	TMP C°
484	34,1	TMP C°
485	34,1	TMP C°
486	34,2	TMP C°
487	34,2	TMP C°
488	34,2	TMP C°
489	34,2	TMP C°
490	34,2	TMP C°
491	34,2	TMP C°
492	34,2	TMP C°
493	34,2	TMP C°
494	34,2	TMP C°
495	34,2	TMP C°

496	34,2	TMP C°
497	34,2	TMP C°
498	34,3	TMP C°
499	34,3	TMP C°
500	34,3	TMP C°
501	34,3	TMP C°
502	34,3	TMP C°
503	34,3	TMP C°
504	34,4	TMP C°
505	34,4	TMP C°
506	34,4	TMP C°
507	34,4	TMP C°
508	34,4	TMP C°
509	34,4	TMP C°
510	34,4	TMP C°
511	34,4	TMP C°
512	34,4	TMP C°
513	34,4	TMP C°
514	34,5	TMP C°
515	34,5	TMP C°
516	34,5	TMP C°
517	34,5	TMP C°
518	34,5	TMP C°
519	34,6	TMP C°
520	34,6	TMP C°
521	34,6	TMP C°
522	34,6	TMP C°
523	34,6	TMP C°
524	34,6	TMP C°
525	34,7	TMP C°
526	34,7	TMP C°
527	34,7	TMP C°
528	34,7	TMP C°
529	34,7	TMP C°
530	34,7	TMP C°
531	34,8	TMP C°
532	34,8	TMP C°
533	34,8	TMP C°
534	34,8	TMP C°
535	34,8	TMP C°
536	34,8	TMP C°

537	34,8	TMP C°
538	34,8	TMP C°
539	34,9	TMP C°
540	34,9	TMP C°
541	34,9	TMP C°
542	34,9	TMP C°
543	34,9	TMP C°
544	34,9	TMP C°
545	35	TMP C°
546	35	TMP C°
547	35	TMP C°
548	35	TMP C°
549	35	TMP C°
550	35,1	TMP C°
551	35,1	TMP C°
552	35,1	TMP C°
553	35,1	TMP C°
554	35,1	TMP C°
555	35,1	TMP C°
556	35,1	TMP C°
557	35,1	TMP C°
558	35,1	TMP C°
559	35,2	TMP C°
560	35,2	TMP C°
561	35,2	TMP C°
562	35,2	TMP C°
563	35,2	TMP C°
564	35,3	TMP C°
565	35,3	TMP C°
566	35,3	TMP C°
567	35,3	TMP C°
568	35,3	TMP C°
569	35,4	TMP C°
570	35,4	TMP C°
571	35,4	TMP C°
572	35,4	TMP C°
573	35,4	TMP C°
574	35,5	TMP C°
575	35,5	TMP C°
576	35,5	TMP C°
577	35,5	TMP C°

578	35,5	TMP C°
579	35,6	TMP C°
580	35,6	TMP C°
581	35,6	TMP C°
582	35,6	TMP C°
583	35,7	TMP C°
584	35,7	TMP C°
585	35,7	TMP C°
586	35,7	TMP C°
587	35,7	TMP C°
588	35,9	TMP C°
589	35,9	TMP C°
590	35,9	TMP C°
591	35,9	TMP C°
592	35,9	TMP C°
593	36	TMP C°
594	36	TMP C°
595	36	TMP C°
596	36	TMP C°
597	36,1	TMP C°
598	36,1	TMP C°
599	36,1	TMP C°
600	36,1	TMP C°
601	36,2	TMP C°
602	36,2	TMP C°
603	36,2	TMP C°
604	36,3	TMP C°
605	36,3	TMP C°
606	36,4	TMP C°
607	36,4	TMP C°
608	36,4	TMP C°
609	36,6	TMP C°
610	36,6	TMP C°
611	36,7	TMP C°
612	36,7	TMP C°
613	36,8	TMP C°
614	36,8	TMP C°
615	36,9	TMP C°
616	37,1	TMP C°
617	37,1	TMP C°
618	37,1	TMP C°

619	37,2	TMP C°
620	37,3	TMP C°
621	37,3	TMP C°
622	37,4	TMP C°
623	37,4	TMP C°
624	37,4	TMP C°
625	37,5	TMP C°
626	37,7	TMP C°
627	37,8	TMP C°
628	37,8	TMP C°
629	37,9	TMP C°
630	37,9	TMP C°
631	37,9	TMP C°
632	38,1	TMP C°
633	38,1	TMP C°
634	38,2	TMP C°
635	38,3	TMP C°
636	38,3	TMP C°
637	38,4	TMP C°
638	38,4	TMP C°
639	38,6	TMP C°
640	38,6	TMP C°
641	38,6	TMP C°
642	38,7	TMP C°
643	38,7	TMP C°
644	38,8	TMP C°
645	38,8	TMP C°
646	38,8	TMP C°
647	38,9	TMP C°
648	38,9	TMP C°
649	39,1	TMP C°
650	39,1	TMP C°
651	39,1	TMP C°
652	39,2	TMP C°
653	39,2	TMP C°
654	39,4	TMP C°
655	39,4	TMP C°
656	39,5	TMP C°
657	39,5	TMP C°
658	39,5	TMP C°
659	39,6	TMP C°

660	39,7	TMP C°
661	39,8	TMP C°
662	39,8	TMP C°
663	39,8	TMP C°
664	39,8	TMP C°
665	40	TMP C°
666	40,1	TMP C°
667	40,1	TMP C°
668	40,2	TMP C°
669	40,2	TMP C°
670	40,2	TMP C°
671	40,3	TMP C°
672	40,3	TMP C°
673	40,4	TMP C°
674	40,4	TMP C°
675	40,5	TMP C°
676	40,5	TMP C°
677	40,5	TMP C°
678	40,6	TMP C°
679	40,6	TMP C°
680	40,7	TMP C°
681	40,7	TMP C°
682	40,7	TMP C°
683	40,8	TMP C°
684	40,8	TMP C°
685	40,8	TMP C°
686	40,8	TMP C°
687	40,8	TMP C°
688	40,9	TMP C°
689	40,9	TMP C°
690	40,9	TMP C°
691	41	TMP C°
692	41	TMP C°
693	41	TMP C°
694	41,1	TMP C°
695	41,1	TMP C°
696	41,1	TMP C°
697	41,2	TMP C°
698	41,2	TMP C°
699	41,3	TMP C°
700	41,3	TMP C°

701	41,4	TMP C°
702	41,4	TMP C°
703	41,5	TMP C°
704	41,6	TMP C°
705	41,6	TMP C°
706	41,6	TMP C°
707	41,7	TMP C°
708	41,7	TMP C°
709	41,7	TMP C°
710	41,8	TMP C°
711	41,8	TMP C°
712	41,8	TMP C°
713	41,9	TMP C°
714	41,9	TMP C°
715	42	TMP C°
716	42,2	TMP C°
717	42,2	TMP C°
718	42,3	TMP C°
719	42,3	TMP C°
720	42,4	TMP C°
721	42,4	TMP C°
722	42,4	TMP C°
723	42,5	TMP C°
724	42,5	TMP C°
725	42,6	TMP C°
726	42,6	TMP C°
727	42,7	TMP C°
728	42,8	TMP C°
729	42,8	TMP C°
730	42,8	TMP C°
731	42,9	TMP C°
732	42,9	TMP C°
733	42,9	TMP C°
734	42,9	TMP C°
735	42,9	TMP C°
736	43	TMP C°
737	43	TMP C°
738	43	TMP C°
739	43	TMP C°
740	43,1	TMP C°
741	43,1	TMP C°

742	43,1	TMP C°
743	43,1	TMP C°
744	43,1	TMP C°
745	43,1	TMP C°
746	43,2	TMP C°
747	43,2	TMP C°
748	43,2	TMP C°
749	43,2	TMP C°
750	43,2	TMP C°
751	43,3	TMP C°
752	43,3	TMP C°
753	43,3	TMP C°
754	43,3	TMP C°
755	43,4	TMP C°
756	43,4	TMP C°
757	43,4	TMP C°
758	43,4	TMP C°
759	43,4	TMP C°
760	43,5	TMP C°
761	43,5	TMP C°
762	43,5	TMP C°
763	43,5	TMP C°
764	43,5	TMP C°
765	43,5	TMP C°
766	43,5	TMP C°
767	43,6	TMP C°
768	43,6	TMP C°
769	43,6	TMP C°
770	43,6	TMP C°
771	43,6	TMP C°
772	43,6	TMP C°
773	43,7	TMP C°
774	43,7	TMP C°
775	43,7	TMP C°
776	43,7	TMP C°
777	43,7	TMP C°
778	43,7	TMP C°
779	43,7	TMP C°
780	43,7	TMP C°
781	43,7	TMP C°
782	43,7	TMP C°



783	43,7	TMP C°
784	43,7	TMP C°
785	43,8	TMP C°
786	43,8	TMP C°
787	43,8	TMP C°
788	43,8	TMP C°
789	43,8	TMP C°
790	43,8	TMP C°
791	43,8	TMP C°
792	43,8	TMP C°
793	43,9	TMP C°
794	43,9	TMP C°
795	43,9	TMP C°
796	43,9	TMP C°
797	43,9	TMP C°
798	43,9	TMP C°
799	43,9	TMP C°
800	43,9	TMP C°
801	44	TMP C°
802	44	TMP C°
803	44	TMP C°
804	44	TMP C°
805	44	TMP C°
806	44	TMP C°
807	44,1	TMP C°
808	44,1	TMP C°
809	44,1	TMP C°
810	44,1	TMP C°
811	44,1	TMP C°
812	44,1	TMP C°
813	44,1	TMP C°
814	44,2	TMP C°
815	44,2	TMP C°
816	44,2	TMP C°
817	44,2	TMP C°
818	44,2	TMP C°
819	44,2	TMP C°
820	44,2	TMP C°
821	44,2	TMP C°
822	44,3	TMP C°
823	44,3	TMP C°

824	44,3	TMP C°
825	44,3	TMP C°
826	44,3	TMP C°
827	44,3	TMP C°
828	44,4	TMP C°
829	44,4	TMP C°
830	44,4	TMP C°
831	44,4	TMP C°
832	44,4	TMP C°
833	44,4	TMP C°
834	44,4	TMP C°
835	44,4	TMP C°
836	44,4	TMP C°
837	44,5	TMP C°
838	44,5	TMP C°
839	44,5	TMP C°
840	44,5	TMP C°
841	44,5	TMP C°
842	44,5	TMP C°
843	44,5	TMP C°
844	44,6	TMP C°
845	44,6	TMP C°
846	44,6	TMP C°
847	44,6	TMP C°
848	44,6	TMP C°
849	44,7	TMP C°
850	44,7	TMP C°
851	44,7	TMP C°
852	44,7	TMP C°
853	44,7	TMP C°
854	44,7	TMP C°
855	44,7	TMP C°
856	44,7	TMP C°
857	44,8	TMP C°
858	44,8	TMP C°
859	44,8	TMP C°
860	44,8	TMP C°
861	44,8	TMP C°
862	44,8	TMP C°
863	44,8	TMP C°
864	44,8	TMP C°

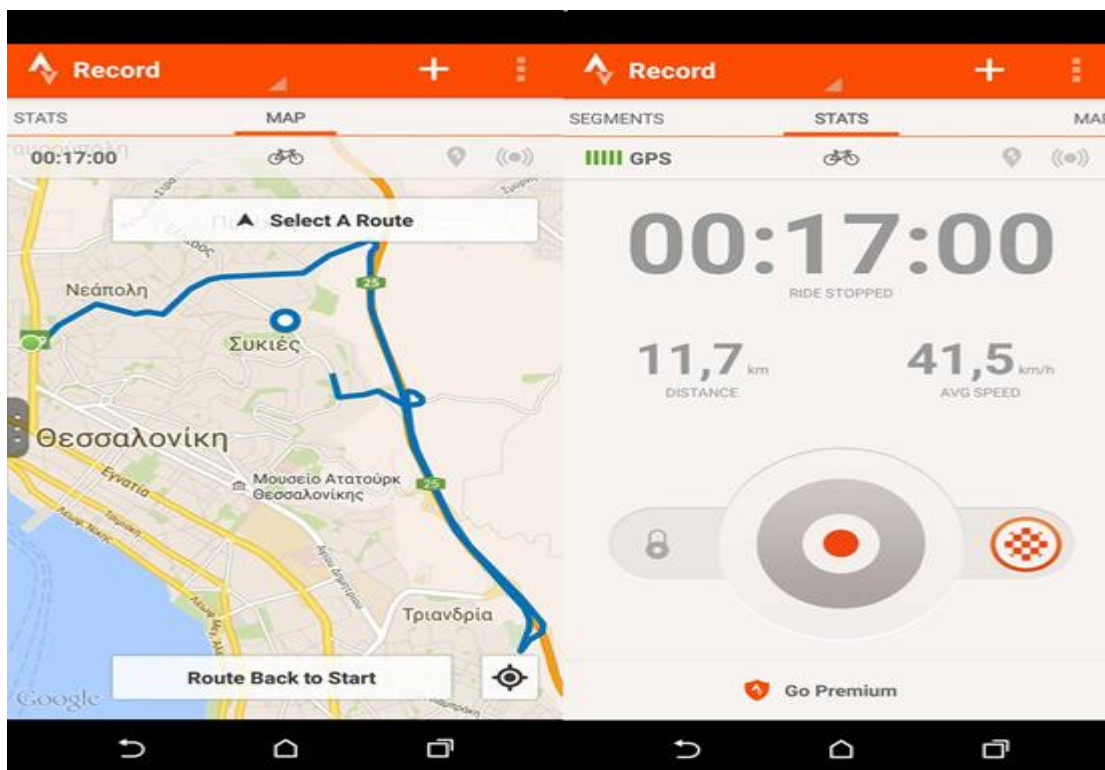
865	44,8	TMP C°
866	44,8	TMP C°
867	44,8	TMP C°
868	44,8	TMP C°
869	44,8	TMP C°
870	44,8	TMP C°
871	44,8	TMP C°
872	44,8	TMP C°
873	44,8	TMP C°
874	44,8	TMP C°
875	44,8	TMP C°
876	44,8	TMP C°
877	44,8	TMP C°
878	44,8	TMP C°
879	44,8	TMP C°
880	44,8	TMP C°
881	44,9	TMP C°
882	44,9	TMP C°
883	44,9	TMP C°
884	44,9	TMP C°
885	44,9	TMP C°
886	44,9	TMP C°
887	44,9	TMP C°
888	44,9	TMP C°
889	44,9	TMP C°
890	44,9	TMP C°
891	44,9	TMP C°
892	44,9	TMP C°
893	44,9	TMP C°
894	44,9	TMP C°
895	44,9	TMP C°
896	44,9	TMP C°
897	44,9	TMP C°
898	44,9	TMP C°
899	44,9	TMP C°
900	44,9	TMP C°
901	44,9	TMP C°
902	44,9	TMP C°
903	44,9	TMP C°
904	44,8	TMP C°
905	44,8	TMP C°

906	44,8	TMP C°
907	44,8	TMP C°
908	44,8	TMP C°
909	44,8	TMP C°
910	44,8	TMP C°
911	44,8	TMP C°
912	44,6	TMP C°
913	44,6	TMP C°
914	44,6	TMP C°
915	44,6	TMP C°
916	44,6	TMP C°
917	44,6	TMP C°
918	44,6	TMP C°
919	44,6	TMP C°
920	44,6	TMP C°
921	44,6	TMP C°
922	44,6	TMP C°
923	44,6	TMP C°
924	44,5	TMP C°
925	44,5	TMP C°
926	44,5	TMP C°
927	44,5	TMP C°
928	44,5	TMP C°
929	44,5	TMP C°
930	44,5	TMP C°
931	44,5	TMP C°
932	44,5	TMP C°
933	44,5	TMP C°
934	44,4	TMP C°
935	44,4	TMP C°
936	44,4	TMP C°
937	44,4	TMP C°
938	44,4	TMP C°
939	44,4	TMP C°
940	44,4	TMP C°
941	44,4	TMP C°
942	44,4	TMP C°
943	44,4	TMP C°
944	44,4	TMP C°
945	44,4	TMP C°
946	44,4	TMP C°

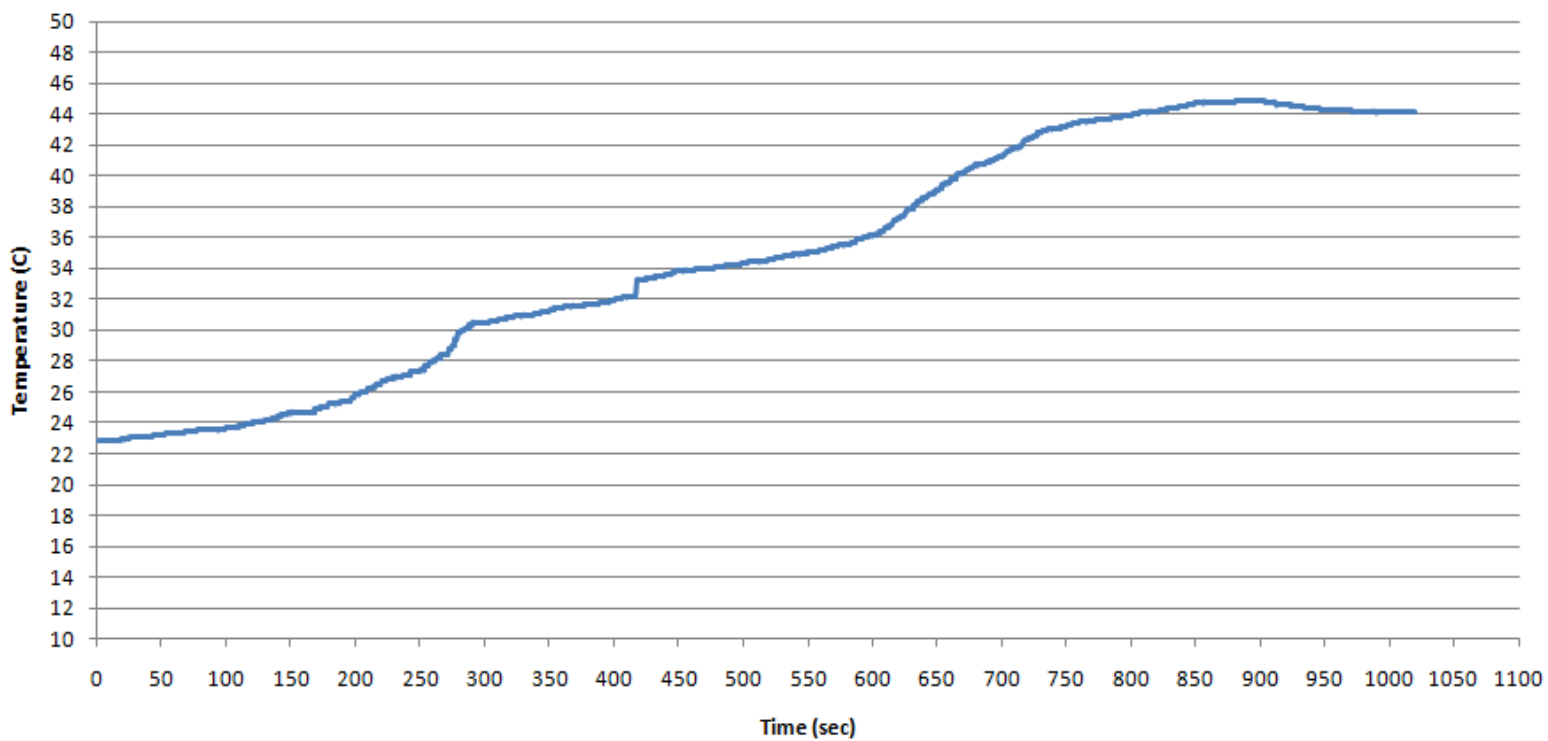
947	44,3	TMP C°
948	44,3	TMP C°
949	44,3	TMP C°
950	44,3	TMP C°
951	44,3	TMP C°
952	44,3	TMP C°
953	44,3	TMP C°
954	44,3	TMP C°
955	44,3	TMP C°
956	44,3	TMP C°
957	44,3	TMP C°
958	44,3	TMP C°
959	44,3	TMP C°
960	44,3	TMP C°
961	44,3	TMP C°
962	44,3	TMP C°
963	44,3	TMP C°
964	44,3	TMP C°
965	44,3	TMP C°
966	44,3	TMP C°
967	44,3	TMP C°
968	44,3	TMP C°
969	44,3	TMP C°
970	44,3	TMP C°
971	44,2	TMP C°
972	44,2	TMP C°
973	44,2	TMP C°
974	44,2	TMP C°
975	44,2	TMP C°
976	44,2	TMP C°
977	44,2	TMP C°
978	44,2	TMP C°
979	44,2	TMP C°
980	44,2	TMP C°
981	44,2	TMP C°
982	44,2	TMP C°
983	44,2	TMP C°
984	44,2	TMP C°
985	44,2	TMP C°
986	44,2	TMP C°
987	44,2	TMP C°

988	44,2	TMP C°
989	44,1	TMP C°
990	44,1	TMP C°
991	44,1	TMP C°
992	44,1	TMP C°
993	44,1	TMP C°
994	44,1	TMP C°
995	44,1	TMP C°
996	44,1	TMP C°
997	44,1	TMP C°
998	44,1	TMP C°
999	44,1	TMP C°
1000	44,1	TMP C°
1001	44,1	TMP C°
1002	44,1	TMP C°
1003	44,1	TMP C°
1004	44,1	TMP C°
1005	44,1	TMP C°
1006	44,1	TMP C°
1007	44,1	TMP C°
1008	44,1	TMP C°
1009	44,1	TMP C°
1010	44,1	TMP C°
1011	44,1	TMP C°
1012	44,1	TMP C°
1013	44,1	TMP C°
1014	44,1	TMP C°
1015	44,1	TMP C°
1016	44,1	TMP C°
1017	44,1	TMP C°
1018	44,1	TMP C°
1019	44,1	TMP C°
1020	44,1	TMP C°

Σχήμα 22. Πίνακας μέτρησης θερμοκρασίας



Σχήμα 23. Εικόνα της διαδρομής που πραγματοποιήθηκε με το αυτοκίνητο



Σχήμα 24. Διάγραμμα

Στο παραπάνω διάγραμμα όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε η θερμοκρασία είναι σταθερή στους 22,8 βαθμούς, όπου είναι η θερμοκρασία που είχε το σασί του αυτοκινήτου την στιγμή που τοποθετήθηκε ο αισθητήρας. Στη συνέχεια παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό μέχρι το 5 λεπτό της καταγραφής και στη συνέχεια ο ρυθμός ανόδου της θερμοκρασίας πέφτει ελαφρώς. Στα πρώτα 7 λεπτά της πειραματικής αυτής διαδικασίας βρισκόμαστε εντός πόλης και η μέγιστη θερμοκρασία είναι 33,3 βαθμοί C. Στη συνέχεια οδηγούμαστε στον περιφερειακό δρόμο για να αναπτύξουμε μεγαλύτερη ταχύτητα και κατά συνέπεια και θερμοκρασία. Από το 7 λεπτό μέχρι το 14 παρατηρούμε ότι ο ρυθμός ανόδου της θερμοκρασίας είναι μέγιστος αγγίζοντας τους 45,5 βαθμούς C. Στη συνέχεια αφήνουμε τον περιφερειακό δρόμο και για τα επόμενα 3 λεπτά μπορούμε να δούμε ότι η θερμοκρασία συνεχίζει να ανεβαίνει με μικρούς ρυθμούς ώσπου στο τελευταίο λεπτό αρχίζει ελαφρώς να πέφτει.

## 6.Ματιά στο μέλλον: προτάσεις βελτίωσης

Η δεύτερη γενιά του καταγραφικού αυτού κουτιού ΦΑΕΘΩΝ II θα αποτελεί μια εξελιγμένη έκδοση, περισσότερο προσιτή και εύχρηστη στην επεξεργασία και απεικόνιση των δεδομένων αυτών με κύριο σκοπό την αξιολόγηση της πτήσης όσο και στη συμβολή της βελτίωσης των χειριστικών δεξιοτήτων. Η χρήση της συσκευής αυτής θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο από τον κάθε εκπαιδευόμενο πιλότο ως ατομική συσκευή καθώς και από τις ίδιες σχολές-αερολέσχες για την παρακολούθηση των επιδόσεων των μαθητών της κατά τις solo πτήσεις. Η συσκευή αυτή θα είναι μια επαναφορτιζόμενη ενεργειακά αυτόνομη συσκευή με μέγιστη διάρκεια εγγραφής 7 ωρών, όσο δηλαδή και ο μέγιστος χρόνος πτήσης αεροσκαφών γενικής αεροπορίας.

Τα δεδομένα πτήσης θα αποθηκεύονται σε μια εξωτερική συσκευή αποθήκευσης (usbflash, σκληρό δίσκο κτλ).θα αναπτυχθεί πρόγραμμα (software) γραφικής απεικόνισης 3D που θα συγχρονίζει τα δεδομένα στον ίδιο χρόνο (realtime) με σκοπό να παρατηρούνται τόσο οι σωστές κινήσεις, αποφάσεις και ενέργειες των χειριστών όσο και οι αποκλίσεις των ενεργειών-χειρισμών του πιλότου σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό της πτήσης, καθώς και με τις υποδείξεις του πύργου ελέγχου.

Για τις ανάγκες επιτήρησης των αεροσκαφών σε ρόλους solo πτήσεων, που αποτελούν στόλο σχολών πιλότων και αερολεσχών, θα προστεθεί μία πλακέτα GSMShield.Αυτή η συσκευή θα



προγραμματιστεί να αποστέλλει δεδομένα πτήσης των τελευταίων λεπτών όπως την τοποθεσία του αεροσκάφους, το υψόμετρο και κατεύθυνση του, σε περίπτωση που ο κυβερνήτης του εκάστοτε αεροσκάφους πραγματοποιήσει ελιγμούς-μανούβρες, οι οποίες θα ξεπερνούν τα όρια του αεροσκάφους (structurelimits) ή και των εσωτερικών κανονισμών της εταιρείας (sops). Τα δεδομένα αυτά θα αποστέλλονται σε μια κινητή συσκευή τηλεφωνίας στο έδαφος.

## Παραρτήματα

### Πηγαίος κώδικας FDR

```
#include<SPI.h>
```

```
#include <SD.h>
```

```

#include <AcceleroMMA7361.h>

#include <Wire.h>

#include "DHT.h"

// Use pin 4 to control power to the GPS

#define powerpin 6

// Set the GPSRATE to the baud rate of the GPS module.
#define GPSRATE 9600

// The buffer size that will hold a GPS sentence. They tend to be 80 characters long
// so 90 is plenty.
#define BUFFSIZ 90

#define DHTPIN 40

#define DHTTYPE DHT11

AcceleroMMA7361 accelero;

int x;

int y;

int z;

// global variables
char buffer[BUFFSIZ];    // string buffer for the sentence
char *parseptr;         // a character pointer for parsing
char buffidx;           // an indexer into the buffer

```

```

// The time, date, location data, etc.
uint8_t hour, minute, second, year, month, date;
uint32_t latitude, longitude;
uint8_t groundspeed, trackangle;
char latdir, longdir;
char status;

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
File myFile;
#define STATUS_LED 13

void I2C_Init()
{
  Wire.begin();
}

int HMC6352SlaveAddress = 0x42;
int HMC6352ReadAddress = 0x41; //"A" in hex, A command is:

int headingValue;

void setup()
{
  // connect to the serial terminal at 9600 baud
  Serial.begin(9600);

```

```

Serial.print("Initializing SD card...");

// On the Ethernet Shield, CS is pin 4. It's set as an output by default.
// Note that even if it's not used as the CS pin, the hardware SS pin
// (53 on the Mega) must be left as an output
// for the SD library functions will not work
pinMode(10, OUTPUT);

if (!SD.begin(4)) {
  Serial.println("initialization failed!");
  return;
}

Serial.println("initialization done.");

// open the file. note that only one file can be open at a time,
// so you have to close this one before opening another.
myFile = SD.open("data.txt", FILE_WRITE);
if (myFile) {
  myFile.close();
  Serial.println("File created");
} else {
  // if the file didn't open, print an error:
  Serial.println("error opening data.txt");
}

```

```
if (powerpin) {
  pinMode(powerpin, OUTPUT);
}

// Use the pin 13 LED as an indicator
//pinMode(13, OUTPUT);

// connect to the GPS at the desired rate
Serial3.begin(GPSRATE);

// prints title with ending line break
Serial.println("GPS parser");

digitalWrite(powerpin, LOW);    // pull low to turn on!

accelero.begin(33, 32, 31, 30, A0, A1, A2);
accelero.setAREfVoltage(5);      //sets the AREF voltage to 3.3V
accelero.setSensitivity(LOW);    //sets the sensitivity to +/-6G
accelero.calibrate();

Serial.println("DHTxx test!");
dht.begin();
```

```

//pinMode (STATUS_LED,OUTPUT); // Status LED

I2C_Init();

// "The Wire library uses 7 bit addresses throughout.
//If you have a datasheet or sample code that uses 8 bit address,
//you'll want to drop the low bit (i.e. shift the value one bit to the right),
//yielding an address between 0 and 127."
HMC6352SlaveAddress = HMC6352SlaveAddress >> 1; // I know 0x42 is less than 127, but
this is still required

Wire.begin();

// digitalWrite(STATUS_LED,LOW);
delay(1500);

delay(20);

delay(2000);
// digitalWrite(STATUS_LED,HIGH);

delay(20);
}

uint32_t parsedecimal(char *str)

```

```

{
uint32_t d = 0;

while (str[0] != 0) {
    if ((str[0] > '9') || (str[0] < '0'))
        return d;
    d *= 10;
    d += str[0] - '0';
    str++;
}
return d;
}

void readline(void)
{
char c;

buffidx = 0; // start at beginning

while (1) {
    c = Serial3.read();
    if (c == -1)
        continue;
    Serial.print(c);
    if (c == '\n')
        continue;
}
}

```

```

if ((buffidx == BUFFSIZ - 1) || (c == '\r')) {
    buffer[buffidx] = 0;
    return;
}
buffer[buffidx++] = c;
}
}

void loop()
{
    uint32_t tmp;

    Serial.print("\n\rRead: ");

    readline();

    // check if $GPRMC (global positioning fixed data)
    if (strncmp(buffer, "$GPRMC", 6) == 0) {

        // hhmms time data
        parseptr = buffer + 7;
        tmp = parsedecimal(parseptr);
        hour = tmp / 10000;
        minute = (tmp / 100) % 100;
        second = tmp % 100;
    }
}

```



```

parseptr = strchr(parseptr, ',') + 1;
status = parseptr[0];
parseptr += 2;

// grab latitude & long data
// latitude
latitude = parsedecimal(parseptr);
if (latitude != 0) {
    latitude *= 10000;
    parseptr = strchr(parseptr, '.') + 1;
    latitude += parsedecimal(parseptr);
}
parseptr = strchr(parseptr, ',') + 1;
// read latitude N/S data
if (parseptr[0] != ',') {
    latdir = parseptr[0];
}

// longitude
parseptr = strchr(parseptr, ',') + 1;
longitude = parsedecimal(parseptr);
if (longitude != 0) {
    longitude *= 10000;
    parseptr = strchr(parseptr, '.') + 1;
}

```

```

    longitude += parsedecimal(parseptr);
}
parseptr = strchr(parseptr, ',') + 1;
// read longitude E/W data
if (parseptr[0] != ',') {
    longdir = parseptr[0];
}

// groundspeed
parseptr = strchr(parseptr, ',') + 1;
groundspeed = parsedecimal(parseptr);

// track angle
parseptr = strchr(parseptr, ',') + 1;
trackangle = parsedecimal(parseptr);

// date
parseptr = strchr(parseptr, ',') + 1;
tmp = parsedecimal(parseptr);
date = tmp / 10000;
month = (tmp / 100) % 100;
year = tmp % 100;

// open the file.
myFile = SD.open("data.txt", FILE_WRITE);

```

```
// if the file opened okay, write to it:
if (myFile) {
    Serial.print("Writing to data.txt...");

    myFile.print("\n\tTime: ");
    myFile.print(hour, DEC);
    myFile.print(':');
    myFile.print(minute, DEC);
    myFile.print(':');
    myFile.println(second, DEC);
    myFile.print("\tDate: ");
    myFile.print(month, DEC);
    myFile.print('/');
    myFile.print(date, DEC);
    myFile.print('/');
    myFile.println(year, DEC);

    myFile.print("\tLat: ");
    if (latdir == 'N')
        myFile.print('+');
    else if (latdir == 'S')
        myFile.print('-');

    myFile.print(latitude / 1000000, DEC);
```

```
myFile.print("* ");
myFile.print((latitude / 10000) % 100, DEC);
myFile.print("\n");
myFile.print(' ');
myFile.print((latitude % 10000) * 6 / 1000, DEC);
myFile.print('.');
myFile.print(((latitude % 10000) * 6 / 10) % 100, DEC);
myFile.println("");

myFile.print("\tLong: ");
if (longdir == 'E')
    myFile.print('+');
else if (longdir == 'W')
    myFile.print('-');

myFile.print(longitude / 1000000, DEC);
myFile.print("* ");
myFile.print((longitude / 10000) % 100, DEC);
myFile.print("\n");
myFile.print(' ');
myFile.print((longitude % 10000) * 6 / 1000, DEC);
myFile.print('.');
myFile.print(((longitude % 10000) * 6 / 10) % 100, DEC);
myFile.println("");
```

```

// close the file:
myFile.close();
Serial.println("done.");
} else {
// if the file didn't open, print an error:
Serial.println("error opening data.txt");
}
}

x = accelero.getXAccel();
y = accelero.getYAccel();
z = accelero.getZAccel();

// open the file.
myFile = SD.open("data.txt", FILE_WRITE);

// if the file opened okay, write to it:
if (myFile) {
Serial.print("Writing to data.txt...");

myFile.print("\nx: ");
myFile.print(x);
myFile.print(" \ty: ");
myFile.print(y);
myFile.print(" \tz: ");

```

```

myFile.print(z);
myFile.println("\tG*10^-2");
// delay(500); //make it readable

// close the file:
myFile.close();
Serial.println("done.");
} else {
// if the file didn't open, print an error:
Serial.println("error opening data.txt");
}

// "Get Data. Compensate and Calculate New Heading"
Wire.beginTransmission(HMC6352SlaveAddress);
Wire.write(HMC6352ReadAddress); // The "Get Data" command
Wire.endTransmission();

//time delays required by HMC6352 upon receipt of the command
//Get Data. Compensate and Calculate New Heading : 6ms
delay(6);

Wire.requestFrom(HMC6352SlaveAddress, 2); //get the two data bytes, MSB and LSB

// "The heading output data will be the value in tenths of degrees
//from zero to 3599 and provided in binary format over the two bytes."

```

```
byte MSB = Wire.read();

byte LSB = Wire.read();

float headingSum = (MSB << 8) + LSB; //(MSB / LSB sum)

float headingInt = headingSum / 10;

Serial.print(headingInt);
Serial.println(" degrees");

// open the file.
myFile = SD.open("data.txt", FILE_WRITE);

// if the file opened okay, write to it:
if (myFile) {
  Serial.print("Writing to data.txt...");

  myFile.print(headingInt);
  myFile.println(" degrees");

  // close the file:
  myFile.close();
  Serial.println("done.");
} else {
  // if the file didn't open, print an error:
  Serial.println("error opening data.txt");
}
```

```

}

delay(100);

// Reading temperature or humidity takes about 250 milliseconds!
// Sensor readings may also be up to 2 seconds 'old' (its a very slow sensor)

float h = dht.readHumidity();
float t = dht.readTemperature();

// check if returns are valid, if they are NaN (not a number) then something went wrong!
if (isnan(t) || isnan(h)) {
  Serial.println("Failed to read from DHT");
} else {
  // open the file.
  myFile = SD.open("data.txt", FILE_WRITE);

  // if the file opened okay, write to it:
  if (myFile) {
    Serial.print("Writing to data.txt...");

    myFile.print("Humidity: ");
    myFile.print(h);
    myFile.print(" %\t");
    myFile.print("Temperature: ");
    myFile.print(t);
  }
}

```



```
myFile.println(" *C");

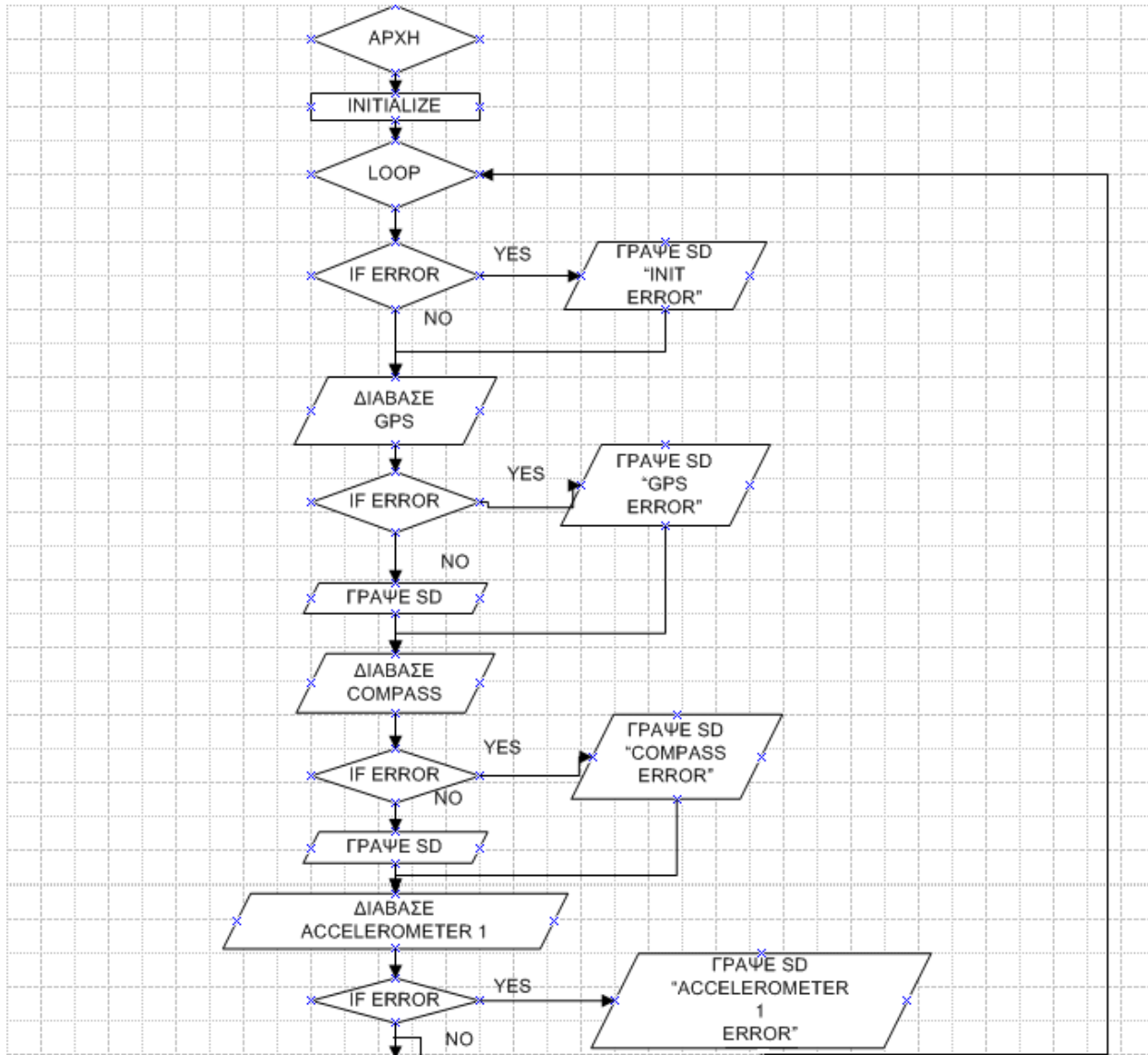
// close the file:
myFile.close();

Serial.println("done.");
} else {
// if the file didn't open, print an error:
Serial.println("error opening data.txt");
}
}
}
```

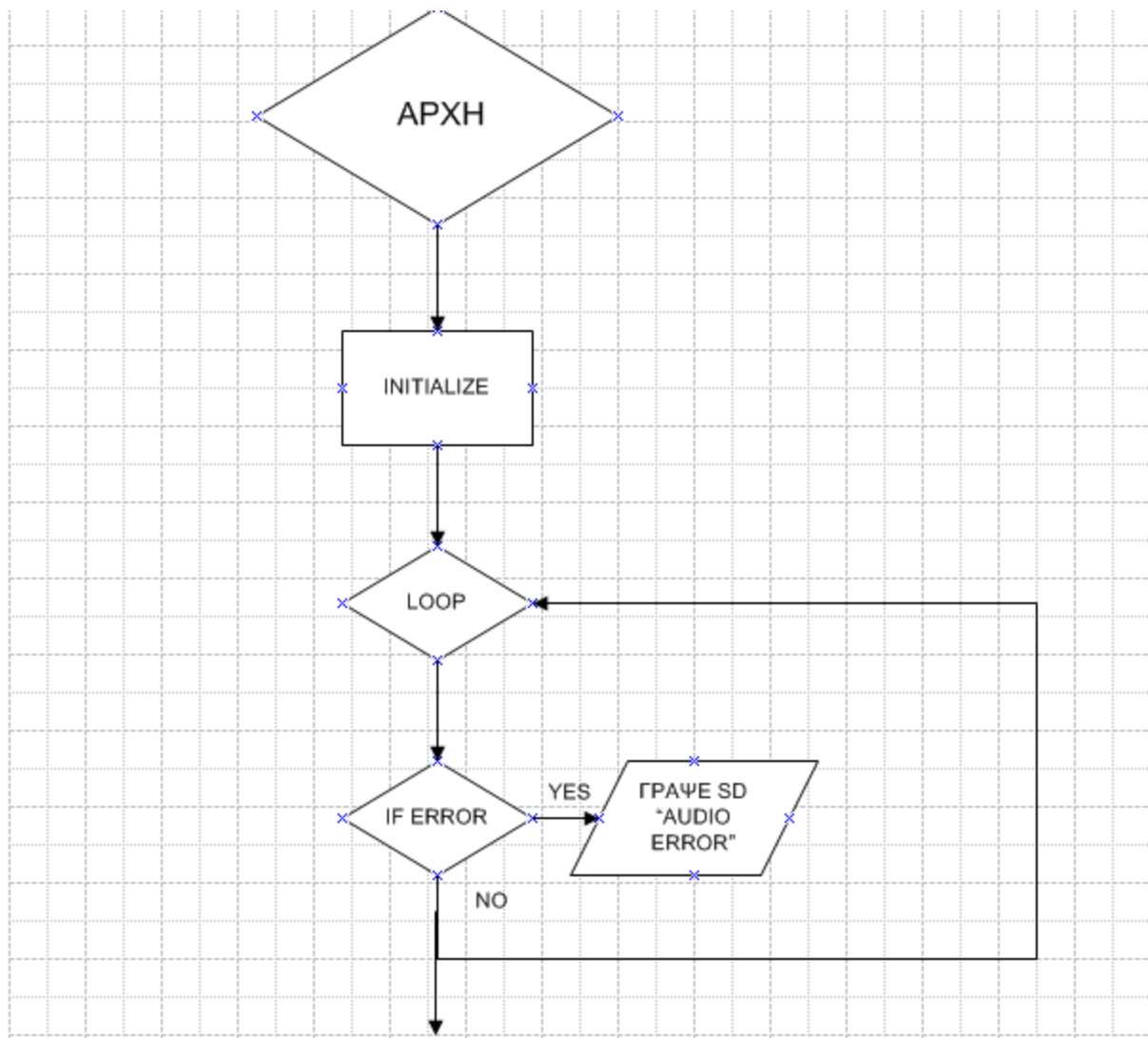
## Διαγράμματα Ροής



Σχῆμα 1. Διάγραμμα ροῆς Βῆματων ανάπτυξης του συστήματος



Σχῆμα 13. Διάγραμμα ροῆς κώδικα FDR



Σχήμα14. Διάγραμμα ροής κώδικα CVR

## Λίστα υλικών κατασκευής και αριθμό παραγγελιών τους

<b>α/α</b>	<b>Υλικό κατασκευής</b>	<b>Αριθμό παραγγελίας</b>
1	Arduino Mega 2560 R3	321019822980
2	GPS Shield with SD Card	271076056109
3	Pololu AltIMU – 10	240919
4	Digital Temperature and Humidity Sensor AM2301	1134799344002
5	Rugged Audio Shield	0N207430FH860304B
6	Arduino Uno R3	1065102996005
7	Compass Module – HMC6352	4587

Σχήμα 25. Πίνακας υλικών κατασκευής και αριθμός παραγγελιών



## Ευρετήρια

### Ευρετήρια εικόνων

Σχήμα 2	σελ. 14
Σχήμα 3	σελ. 15
Σχήμα 4	σελ. 16
Σχήμα 5	σελ. 17
Σχήμα 6	σελ. 18
Σχήμα 7	σελ. 19
Σχήμα 8	σελ. 20
Σχήμα 9	σελ. 21
Σχήμα 10	σελ. 21
Σχήμα 11	σελ. 22
Σχήμα 16	σελ. 31
Σχήμα 17	σελ. 32
Σχήμα 23	σελ. 61

### Ευρετήρια πινάκων

Σχήμα 15	σελ. 26 – 31
Σχήμα 21	σελ. 36 – 61
Σχήμα 25	σελ. 83

### Ευρετήρια διαγραμμάτων

Σχήμα 1	σελ. 12
Σχήμα 13	σελ. 23
Σχήμα 14	σελ. 24
Σχήμα 18	σελ. 33
Σχήμα 19	σελ. 34
Σχήμα 20	σελ. 35
Σχήμα 21	σελ. 36

Σχήμα 22

σελ. 62

## Βιβλιογραφία

[www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

[www.aosong.com](http://www.aosong.com)

[www.progin.com.tw](http://www.progin.com.tw)

[www.sirf.com](http://www.sirf.com)

[www.freescale.com](http://www.freescale.com)

[www.polulu.com](http://www.polulu.com)

<http://www.ruggedcircuits.com/>

[www.grobotronics.com](http://www.grobotronics.com)

[www.bristol.gs](http://www.bristol.gs)

[www.easa.europa.eu](http://www.easa.europa.eu)





## Φύλλα δεδομένων αισθητηρίων και ηλεκτρονικών στοιχείων