ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ & ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

«Ανίχνευση θέσης & πορείας οχήματος με χρήση μονάδων GPS -Arduino- GSM»

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δημήτριος Τάχος

Α.Μ. 43455

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. Δρόσος Χρήστος

ΑΙΓΑΛΕΩ 2019

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Δημήτριος Τάχος, του Σωτηρίου, φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε, ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε πρέπει να ολοκληρώθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της.

Ο Δηλών

Ημερομηνία

03/05/19

Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1ο – Μικροελεγκτές & Arduino 8

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ 8

1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ 9

1.3 ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ ARDUINO 11

1.4 ΕΙΣΟΔΟΙ-ΕΞΟΔΟΙ 13

1.5 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ 15

1.6 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ARDUINO IDE 16

1.7 ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ 17

Κεφάλαιο 2ο – Σύστημα Παγκόσμιου Εντοπισμού Θέσης 22

2.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ GPS 22

2.2 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΤΟ GPS 22

2.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ GPS 23

2.3.1 ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΤΜΗΜΑ 24

2.3.2 ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ 25

2.3.3 ΤΜΗΜΑ ΧΡΗΣΤΩΝ 26

2.4 ΔΕΚΤΗΣ GPS NEO-6M 27

2.4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ 27

2.4.2 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ 28

2.4.3 ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 29

2.4.4 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 29

Κεφάλαιο 3ο -Δίκτυο GSM 30

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 30

3.2 ΔΙΚΤΥΟ GSM 31

3.3 ΟΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ GSM 32

3.4 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ GSM 33

3.5 ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ GSM 34

3.5.1 ΚΙΝΗΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ 34

3.5.2 ΒΑΣΙΚΟ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ ΒΑΣΗΣ 35

3.5.3 ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ 35

3.6 Η ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΟ GSM 36

3.7 ΚΑΡΤΑ SIM 36

3.9 SIM 900 GSM/GPRS SHIELD 37

3.10 ΕΝΤΟΛΕΣ ΤΥΠΟΥ AT 40

Κεφάλαιο 4ο –Υλοποίηση μοντέλου και περιγραφή λειτουργίας 42

4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ 42

4.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 44

4.2.1 ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ 44

4.2.1 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΤΑΞΗ 45

4.2.2 ΜΗΝΥΜΑΤΑ ΤΥΠΟΥ GOOGLEMAPS 46

4.2.3 ΜΗΝΥΜΑΤΑ ΤΥΠΟΥ LOGFILE 47

4.2.4 ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 49

Κεφάλαιο 5ο –Λογισμικό 55

5.1 ΚΩΔΙΚΑΣ 55

5.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 59

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 61

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και στόχος της ήταν η κατασκευή ενός συστήματος ανίχνευσης θέσης και πορείας οχήματος με χρήση μονάδων GPS, Arduino και GSM.

Η ανάπτυξη των συστημάτων μικροελεγκτών τα τελευταία χρόνια έχει δώσει σημαντική ώθηση στη δημιουργία και κατασκευή αυτόνομων και απομακρυσμένων υπολογιστικών μονάδων μικρού μεγέθους με πληθώρα εφαρμογών στην καθημερινή μας ζωή. Μία εφαρμογή αυτών των συστημάτων είναι η ανίχνευση της θέσης ενός οχήματος και η ταυτόχρονη καταγραφή της πορείας του από απομακρυσμένα υπολογιστικά συστήματα όπως laptop, smartphones, tablet, κ.α.

Θα ήθελα να ευχαριστώ θερμά τον κ. Χρήστο Δρόσο για τη ευκαιρία που μου έδωσε να μελετήσω ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, αλλά και για την βοήθεια που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας χωρίς την οποία θα ήταν δύσκολη η ολοκλήρωση αυτής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία εισαγωγή στους μικροελεγκτές και ειδικότερα στους μικροελεγκτές της οικογένειας Arduino.

Στο δεύτερο κεφάλαιο μελετάμε τόσο την ιστορία του συστήματος παγκόσμιου εντοπισμού θέσης GPS αλλά και τα επιμέρους τεχνικά στοιχεία και χαρακτηριστικά τα οποία το συνθέτουν. Το κεφάλαιο αυτό ολοκληρώνεται με την πλήρη περιγραφή και λειτουργία της μονάδας GPS που χρησιμοποιήσαμε στην παρούσα πτυχιακή εργασία.

Στο τρίτο κεφάλαιο ασχολούμαστε με το σύστημα κινητής τηλεφωνίας GSM δίνοντας έμφαση στα κύρια χαρακτηριστικά του. Στο κεφάλαιο αυτό έχουμε και τη λεπτομερή αναφορά της μονάδας GSM του μοντέλου που αναπτύξαμε.

Η περιγραφή της υλοποίησης και της λειτουργίας του συστήματος που κατασκευάσαμε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας είναι αντικείμενο του τέταρτου κεφαλαίου στο οποίο αναφέρουμε και τα αποτελέσματα προσομοίωσης του μοντέλου μας σε πραγματικά δεδομένα, ενώ στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο περιγράφουμε το λογισμικό που αναπτύξαμε για τη λειτουργία του συστήματος καθώς και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη χρήση του συστήματος αυτού.

ABSTRACT

This thesis consists of five chapters. The first chapter makes an introduction to the microcontrollers and more specifically to the microcontrollers of the Arduino family.

In the second chapter we study both the history of the Global Positioning System GPS and the technical components this system consists of. This chapter is completed with the full description and operation of the GPS unit we used in this thesis.

The GSM mobile telephony system is described in the next chapter with emphasis on its main features. In this chapter we also have the detailed reference of the GSM module of the model we developed.

The description of the implementation and the operation of the system we have constructed in the context of this paper is the subject of the fourth chapter, in which we also refer the results of our model simulation to real data, while in the fifth and final chapter we describe the software that we developed for the system as well as the conclusions that emerged from the use of the system.

Κεφάλαιο 1ο – Μικροελεγκτές & Arduino

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ

Οι μικροελεγκτές-microcontrollers είναι ολοκληρωμένα κυκλώματα τα οποία περιλαμβάνουν ένα μικροεπεξεργαστή πάνω στον οποίο διασυνδέονται περιφερειακά συστήματα. Τα κυκλώματα αυτά βρίσκουν ευρεία εφαρμογή σε ενσωματωμένα συστήματα στα οποία υπάρχει απαίτηση τόσο για χαμηλό κόστος κατασκευής όσο και για αξιοπιστία κατά τη λειτουργία τους. Οι μικροελεγκτές σε σχέση με τους μικροεπεξεργαστές πλεονεκτούν σε αρκετά σημεία, μερικά από τα οποία είναι τα εξής: αυτονομία, καθώς ενσωματώνουν πληθώρα περιφερειακών υποσυστημάτων όπως μνήμες αλλά και θύρες επικοινωνίας έτσι δεν απαιτούν κανένα επιπλέον ολοκληρωμένο κύκλωμα για τη λειτουργία τους. Η ενσωμάτωση των περιφερειακών υποσυστημάτων στους μικροελεγκτές κάνει απλούστερη την πραγμάτωση εφαρμογών σε αυτούς καθώς έχουν απλοποιηθεί οι μεταξύ τους διασυνδέσεις, έτσι μειώνεται το κόστος κατασκευής τους παράλληλα με την μείωση της κατανάλωσης ισχύος κάνοντάς τους ιδανικούς για χρήση σε φορητές συσκευές με περιορισμένο ενεργειακό απόθεμα. Επίσης λιγότερες διασυνδέσεις σημαίνει άμεσα μεγαλύτερη αξιοπιστία στον τρόπο που συνεργάζονται τα διάφορα υποσυστήματα μεταξύ τους.

Ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζεται ένας μικροελεγκτής, μπορεί να περιλαμβάνει μία ή περισσότερες ασύγχρονες σειριακές θύρες επικοινωνίας, σύγχρονες σειριακές θύρες επικοινωνίας, ολόκληρα υποσυστήματα για την άμεση υποστήριξη πιο σύνθετων πρωτοκόλλων επικοινωνίας όπως CAN, HDLC, ISDN, ADSL.

Οι μικροελεγκτές εκτός από την αριθμητική και λογική μονάδα (Arithmetic Logic Unit -ALU) περιέχουν και μία μονάδα εκτέλεσης πράξεων αριθμών κινητής υποδιαστολής, η οποία μπορεί να εκτελεί ταχύτατες πράξεις σε σχέση με την ALU.

Μικροελεγκτές αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές ψηφιακής επεξεργασίας σήματος.

Επιπλέον διατάξεις που συναντάμε στους μικροελεγκτές είναι μονάδες μετατροπής σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό αλλά και από ψηφιακό σε αναλογικό, επίσης υπάρχουν συστήματα μικροελεγκτών που περιέχουν οθόνη υγρών κρυστάλλων (Liquid Color Display – LCD).

1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΩΝ

Η απαίτηση της σύγχρονης βιομηχανίας παραγωγής ηλεκτρονικών συσκευών για ολοένα και περισσότερη ενσωμάτωση εξειδικευμένων μικροελεγκτών στις ηλεκτρονικές συσκευές που παράγονται έχει κατηγοριοποιήσει τους μικροελεγκτές στις παρακάτω κατηγορίες.

Μικροελεγκτές αρχιτεκτονικής 4-bit ή 8-bit. Αυτοί είναι κυρίως γενικής χρήσης, που απαιτούν χαμηλό κόστος κατασκευής και διαθέτουν συνήθως μικρό πλήθος ακροδεκτών (μικρότεροι ή ίσοι των 8 ακροδεκτών). Σχεδιάζονται με έμφαση στη χαμηλή κατανάλωση ισχύος και την αυτάρκεια, ώστε να χρειάζονται ελάχιστα ή και καθόλου εξωτερικά εξαρτήματα και να μη μπορεί να αντιγραφεί εύκολα το εσωτερικό λογισμικό τους και απουσιάζει η δυνατότητα επέκτασης της μνήμης τους.

Μικροελεγκτές αρχιτεκτονικής 8-bit αλλά και 16 ή 32-bit χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, με μέτριο έως σχετικά μεγάλο πλήθος ακροδεκτών. Διαθέτουν μεγάλο αριθμό κοινών περιφερειακών, όπως θύρες UART, I2C, SPI ή CAN, μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό και ψηφιακού σε αναλογικό. Στην κατηγορία αυτή συναντάμε μικροελεγκτές με ενσωματωμένη οθόνη τύπου LCD, πληκτρολόγιο και δυνατότητα επέκτασης της ήδη υπάρχουσας μνήμης με εξωτερική.

Μικροελεγκτές αρχιτεκτονικής 32-bit μέσου κόστους, γενικής χρήσης, με μεγάλο πλήθος ακροδεκτών. Ιδιαίτερο γνώρισμα αυτής της κατηγορίας

μικροελεγκτών είναι ο μικρός χρόνος εκτέλεσης εντολών, η ύπαρξη αρκετών περιφερειακών μονάδων αλλά και το μεγάλο μέγεθος τόσο σε εσωτερική αλλά και εξωτερική μνήμη. Ένα ιδιαίτερο γνώρισμα αυτή της κατηγορίας είναι η δυνατότητα της μεταφερσιμότητας-portability του λογισμικού μεταξύ των κατασκευαστών μικροελεγκτών καθώς σχεδόν όλο το ρεπερτόριο εντολών που αναγνωρίζει η αριθμητική και λογική μονάδα είναι σχεδόν ίδιο. Με αυτό τον τρόπο ελαχιστοποιούνται οι αλλαγές που απαιτούνται στο λογισμικό όταν μεταβαίνουμε σε άλλες αρχιτεκτονικές.

Μία ιδιαίτερη κατηγορία μικροελεγκτών είναι αυτοί που έχουν κατασκευαστεί για εξειδικευμένες εφαρμογές. Αυτοί οι μικροελεγκτές ενσωματώνουν εξειδικευμένα πρωτόκολλα επικοινωνίας τα οποία και πραγματώνουν στο υλικό-hardware. Αυτούς τους μικροελεγκτές τους συναντάμε κατά κόρων σε συσκευές επικοινωνίας όπως γέφυρες, μόντεμ, κ.α.

Από όλες τις παραπάνω κατηγορίες αυτές που συναντάμε περισσότερο είναι αυτή της οικογένειας των 8-bit, καθώς αυτή η κατηγορία έχει αρκετά χαμηλό κόστος και μικρότερο μέγεθος λογισμικού συγκρινόμενη με άλλες που επιτελούν σχεδόν τις ίδιες εφαρμογές για το ίδιο αποτέλεσμα. Μερικές από τις πιο γνωστές εταιρίες που κατασκευάζουν μικροελεγκτές αυτής της κατηγορίας είναι οι:

- ARM (δεν κατασκευάζει αλλά παραχωρεί δικαιώματα χρήσης του πυρήνα)
- Atmel
- Epson
- Freescale Semiconductor (πρώην Motorola)
- Hitachi
- Maxim (μετά την εξαγορά της Dallas)
- Microchip
- NEC
- Toshiba

• Texas Instruments

1.3 ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ ARDUINO

Η ιστορία του Arduino ξεκινάει το 2005 στην Ivrea της Ιταλίας όπου κατασκευάζεται μία συσκευή με σκοπό τη δυνατότητα ελέγχου και αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον. Σκοπός των κατασκευαστών ήταν αυτή η συσκευή να έχει χαμηλό κόστος λιγότερο σε σχέση με άλλες οι οποίες είχαν παρόμοιες δυνατότητες. Η ομάδα των δημιουργών Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, David Mellis και Gianluca Martino ονόμασε τη συσκευή Arduino(«ισχυρός φίλος») από τον Arduin της Ivrea, βασιλιά της Ιταλίας του ενάτου αιώνα όπου κατοικούσε στην ίδια πόλη.

Η ανάπτυξη του Arduino βασίστηκε στην πλατφόρμα Wiring, η οποία αποτέλεσε πτυχιακή του Hernando Barragan(Interaction Design Institute Ivrea) σκοπός της οποίας ήταν η δημιουργία μία ηλεκτρονική εκδοχής της Processing με χρήση ενός περιβάλλοντος προγραμματισμού που θα έμοιαζε σχεδιαστικά και συντακτικά με το περιβάλλον της Processing.

Στον μικροελεγκτή Arduino διακρίνουμε δύο βασικά μέρη: την πλακέτα Arduino δηλαδή το τμήμα του υλικού πάνω στο οποίο εργάζεται ο κατασκευαστής όταν πραγματοποιεί μία κατασκευή και το δεύτερο μέρος είναι το περιβάλλον Arduino IDE, που αποτελεί και το λογισμικού που εκτελείται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το IDE χρησιμοποιείται για να δημιουργηθεί ένα μικρό πρόγραμμα στον υπολογιστή (sketch) που μεταφορτώνεται στον μικροελεγκτή της πλακέτας Arduino. Με αυτόν τον τρόπο ο αλγόριθμος που έχει αναπτυχθεί στο sketch οδηγεί το κύκλωμα στην πλακέτα του μικροελεγκτή Arduino.

Η πλακέτα Arduino αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα μικρού κυκλώματος που περιέχει ένα μικροελεγκτή. Η δομή αυτή είναι κατά πολύ οικονομικότερη από ένα σύγχρονο υπολογιστικό σύστημα και με λιγότερη

υπολογιστική ισχύ αλλά είναι πολύ χρήσιμη για την κατασκευή ηλεκτρονικών συσκευών.

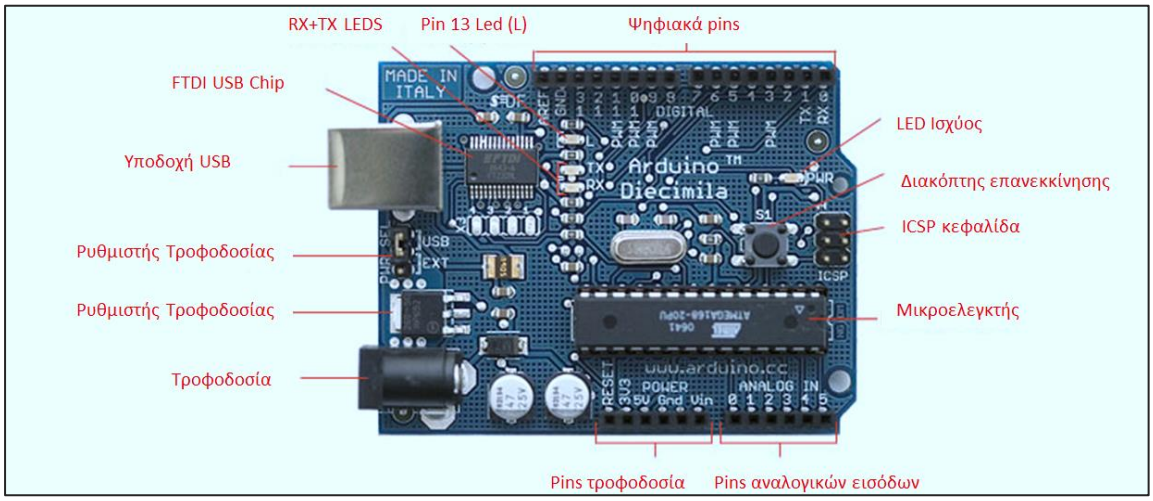
Σε αυτή την πλακέτα έχουν τοποθετηθεί όλα τα απαραίτητα στοιχεία που απαιτούνται για τον μικροελεγκτή ώστε να μπορεί τόσο να λειτουργεί σωστά αλλά και να μπορεί να επικοινωνεί με τον υπολογιστή και με άλλες σειριακές συσκευές. Η πλακέτα Arduino περιλαμβάνει ένα μικροελεγκτή Atmel AVR (ATmega328, ATmegal68 στις νεότερες εκδόσεις, ATmega8 στις παλαιότερες) και συμπληρωματικά εξαρτήματα για την διευκόλυνση του χρήστη στον προγραμματισμό και την ενσωμάτωση του σε άλλα κυκλώματα. Σε όλες τις πλακέτες συναντάμε ένα γραμμικό ρυθμιστή τάσης 5V και έναν κρυσταλλικό ταλαντωτή 16MHz. Για να μην χρειάζεται εξωτερικός προγραμματιστής ο Arduino είναι προγραμματισμένος με ένα bootloader.

Όλα τα μοντέλα της οικογένεια Arduino που κυκλοφορούν προγραμματίζονται μέσω σειριακής σύνδεσης RS-232 με τρόπο διαφορετικό ανάλογα με την έκδοση. Οι σειριακές πλακέτες Arduino περιέχουν ένα απλό κύκλωμα αντιστροφής για την μετατροπή ανάμεσα στα σήματα των επίπεδων RS-232 και TTL.

Λόγω της τεράστιας απήχησης του Arduino πλέον στην αγορά κυκλοφορεί πληθώρα μοντέλων. Στα μοντέλα αυτά συναντάμε διαφορές τόσο στο κόστος τους, στην ταχύτητα του επεξεργαστή αλλά και στο μέγεθος και τις επιπλέον δυνατότητες που παρέχουν όπως ενσύρματη ή ασύρματη δικτύωση στο διαδίκτυο. Ενδεικτικά αναφέρουμε τα πιο εμπορικά και γνωστά μοντέλα που κυκλοφορούν στην φάση συγγραφής της παρούσας πτυχιακής εργασίας: Arduino UNO, Arduino 101 & Genuino 101, Arduino Robot, Arduino Mega 2560 & Genuino Mega 2560, Arduino Zero & Genuino Zero, Arduino Due, Arduino Mega ADK, Arduino Pro, Arduino Yun, Arduino Gemma, Arduino Lilypad, Arduino Materia 101, Arduino nano.

1.4 ΕΙΣΟΔΟΙ-ΕΞΟΔΟΙ

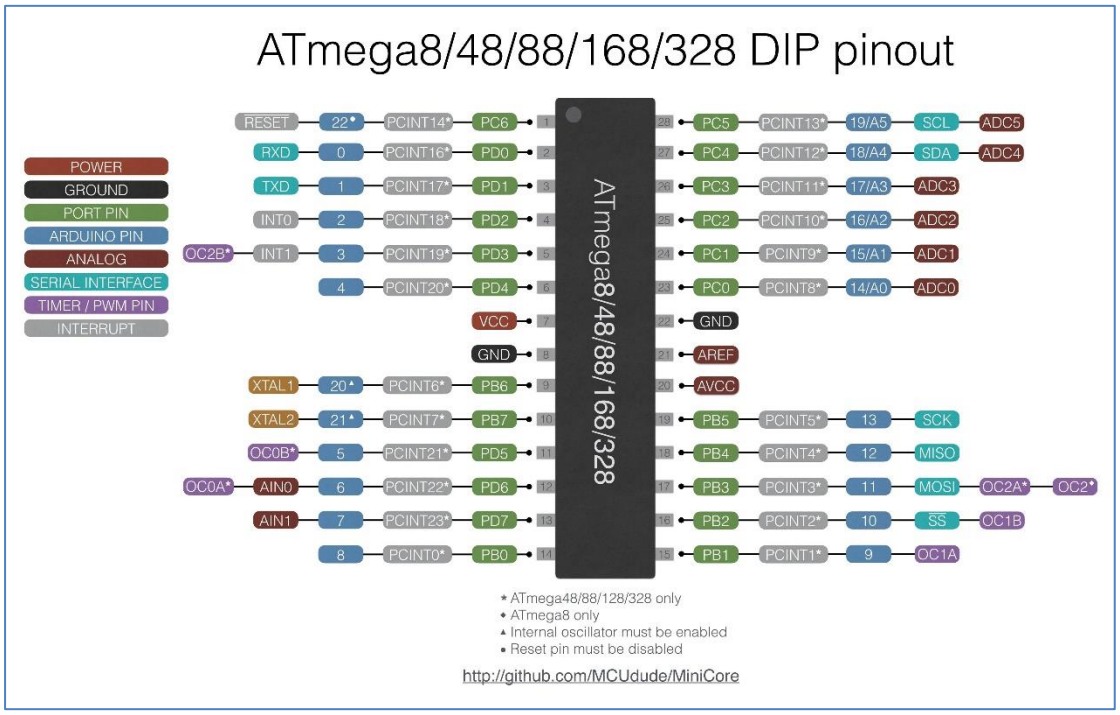
Η κύρια διεπαφή επικοινωνίας του Arduino είναι η σειριακή. Ο μικροελεγκτής υποστηρίζει τη σειριακή επικοινωνία, την οποία το Arduino στη συνέχεια προωθεί μέσα από έναν ελεγκτή Serial-over-USB με τελικό σκοπό τη διασύνδεση του με τον υπολογιστή μέσω θύρας USB. Μέσω αυτής της σύνδεσης μεταφέρονται τόσο τα δεδομένα προγράμματος από το αναπτυξιακό περιβάλλον IDE αλλά και τα δεδομένα που αποστέλλει ο Arduino προς τον υπολογιστή.



Εικόνα 1.1 - Η πλακέτα του μικροελεγκτή Arduino και με τα στοιχεία που την απαρτίζουν

Στην άνω πλευρά της πλακέτας του Arduino είναι τοποθετημένα 14 ακροδέκτες(θηλυκοί), αριθμημένοι από το 0 έως το 13, που μπορούν να λειτουργήσουν τόσο ως ψηφιακές είσοδοι όσο και ως ψηφιακές έξοδοι. Η τάση λειτουργίας αυτών είναι στα 5V με το μέγιστο ρεύμα λειτουργίας να μην ξεπερνά τα 40mA. Όταν ένας ακροδέκτης λειτουργεί ως ψηφιακή έξοδος, μπορούμε να τον θέσουμε σε κατάσταση HIGH ή LOW μέσω του προγράμματος, οπότε ο Arduino ενεργοποιεί ή όχι την παροχή ρεύματος σ' αυτόν τον ακροδέκτη. Με αυτόν τον τρόπο είναι εφικτό να ενεργοποιηθεί ή να απενεργοποιηθεί μία ενδεικτική λυχνία

LED που είναι συνδεμένη σε αυτόν. Στην περίπτωση κατά την οποία ένας ακροδέκτης έχει ρυθμιστεί ως ψηφιακή είσοδος μέσα από το πρόγραμμά, τότε μπορεί με την κατάλληλη εντολή να διαβαστεί η κατάστασή του HIGH ή LOW ανάλογα με το αν η εξωτερική συσκευή που έχει συνδεθεί σε αυτό το pin παρέχει ή όχι ρεύμα στον ακροδέκτη.



Εικόνα 1.2 - Μικροελεγκτής ATMEGA8/48/88/168/328

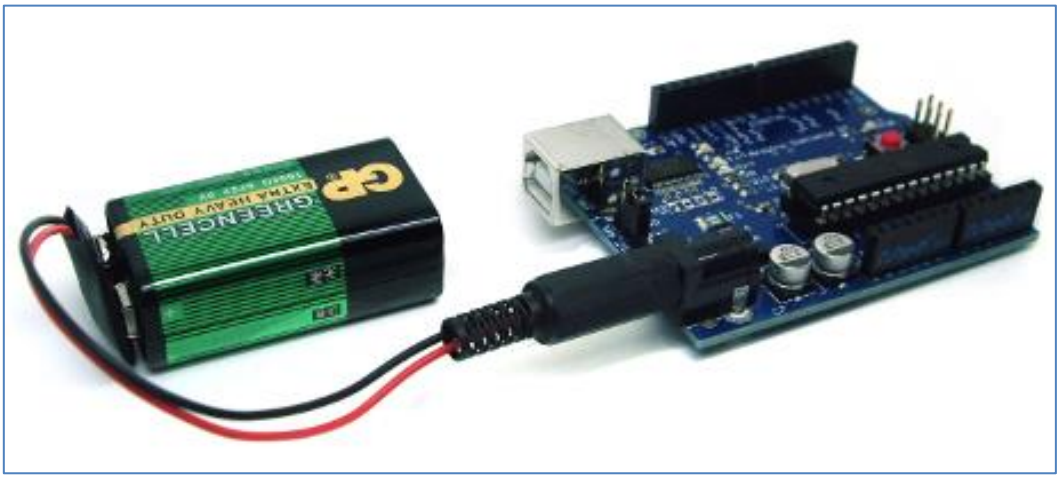
Ανάμεσα στους ακροδέκτες αυτούς διακρίνουμε και κάποιους με ειδικές λειτουργίες. Συγκεκριμένα οι ακροδέκτες 0 και 1 λειτουργούν ως αποστολή-λήψη (RX-TX) της σειριακής όταν από το πρόγραμμά έχει ενεργοποιηθεί η σειριακή επικοινωνία. Οι ακροδέκτες 2 και 3 λειτουργούν και ως ακροδέκτες εξωτερικών διακοπών (int0 και int1 αντίστοιχα). Οι 3, 5, 6, 9, 10 και 11 μπορούν να λειτουργήσουν και ως ψευδοαναλογικές έξοδοι με χρήση του συστήματος διαμόρφωσης εύρους παλμών (Pulse Width Modulation PWM).

Ο Arduino στην κάτω πλευρά του έχει μία σειρά από 6 ακροδέκτες (A0…A5), για την ανάγνωση αναλογικών σημάτων περιφερειακών συσκευών, όπως γυροσκόπια, θερμίστορ, κ.α. Το καθένα από αυτά λειτουργεί ως αναλογική είσοδος

σε συνδυασμό με τον αναλογικο-ψηφιακό μετατροπέα ADC (Analog to Digital Converter) που είναι ενσωματωμένο στον μικροελεγκτή.

1.5 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ

Η τροφοδοσία του Arduino μπορεί να γίνει είτε από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω της σύνδεσης USB, είτε από εξωτερική τροφοδοσία που παρέχεται μέσω μιας υποδοχής φις των 2.1 mm (θετικός πόλος στο κέντρο) και βρίσκεται στην κάτω-αριστερή γωνία του Arduino.



Εικόνα 1.3 - Τροφοδοσία Arduino από συσσωρευτή 9V

Για την αποφυγή προβλημάτων, η εξωτερική τροφοδοσία πρέπει να είναι από 7V ως 12V και μπορεί να προέρχεται είτε από ένα κοινό μετασχηματιστή του εμπορίου, είτε από μπαταρίες ή οποιαδήποτε άλλη πηγή DC.

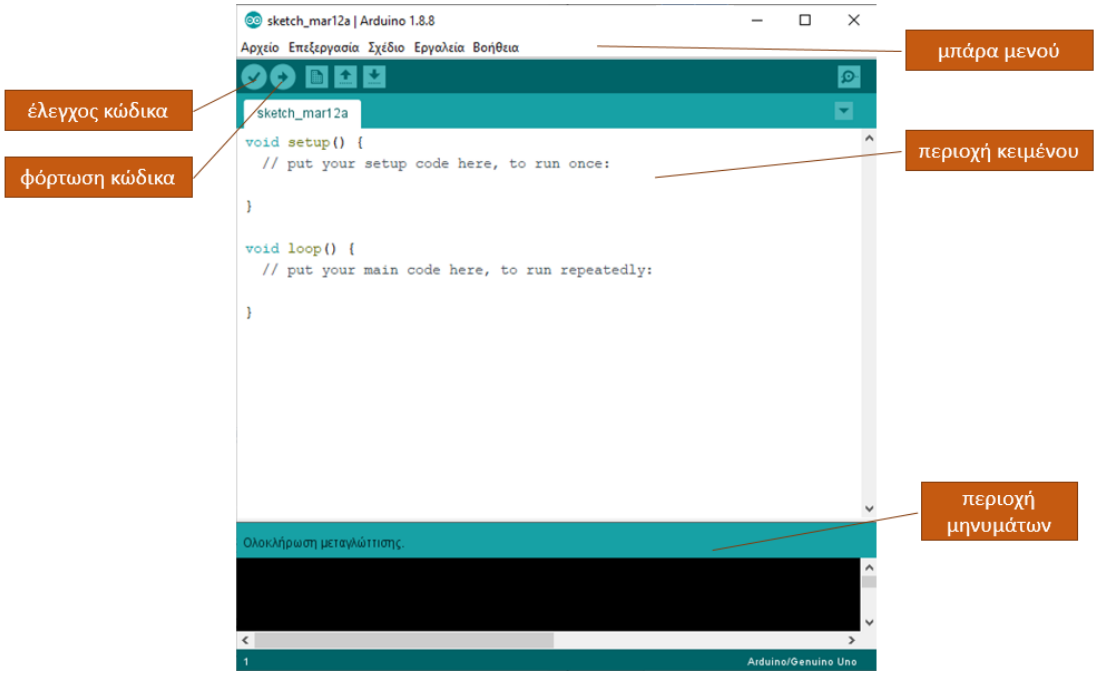
1.6 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ARDUINO IDE

Το Arduino IDE (τη στιγμή συγγραφής της παρούσας εργασίας η έκδοση ήταν η v.1.8.8) είναι ένα πρόγραμμα βασισμένο στη γλώσσα προγραμματισμού Java το οποίο παρέχει ένα φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον για την δημιουργία προγραμμάτων τα οποία στην ορολογία του Arduino ονομάζονται sketch και έχουν επέκταση αρχείου .ino . Το περιβάλλον προσφέρει συντακτική χρωματική σήμανση στον πηγαίο κώδικα που αναπτύσσουμε, πληθώρα έτοιμων παραδειγμάτων, έτοιμες βιβλιοθήκες για επέκταση της γλώσσας και τον εύκολο χειρισμό μέσα από τον κώδικά περιφερειακών διατάξεων που συνδέονται στο Arduino. Επίσης περιλαμβάνει τον compiler για την μεταγλώττιση των sketch, μία εικονική σειριακή οθόνη (serial monitor) για την παρακολούθηση της επικοινωνίας της σειριακής (USB) η οποία αναλαμβάνει επίσης την αποστολή αλφαριθμητικών στο Arduino μέσω αυτής και είναι ένα ιδιαίτερα χρήσιμο για τον έλεγχο των sketch καθώς και τη μεταφόρτωση μεταγλωττισμένων sketch στο Arduino.

Εικόνα 1.4 – Λογότυπο εκκίνησης εφαρμογής Arduino IDE

Το Arduino IDE αποτελείται από έναν κειμενογράφο (editor), έναν μεταφραστή (compiler), ένα φορτωτή (loader) και ένα παράθυρο σειριακής

παρακολούθησης (serial monitor). Στην εικόνα 1.5 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο του βασικού παραθύρου της εφαρμογής Arduino IDE στο οποίο διακρίνουμε τις εξής περιοχές: περιοχή μπάρας μενού, περιοχή κειμένου στην οποία αναπτύσσουμε τον κώδικα και την περιοχή μηνυμάτων όπου γίνεται η έξοδος μηνυμάτων τόσο κατά τη διαδικασία συντακτικού ελέγχου του κώδικα αλλά και κατά τη φόρτωση του στον μικροελεγκτή. Επίσης υπάρχουν εικονικά κουμπιά συντόμευσης λειτουργιών δύο από τα σημαντικότερα είναι αυτό του συντακτικού ελέγχου του κώδικα και αυτό της φόρτωσης του sketch στην πλακέτα του Arduino.



Εικόνα 1.5 - Περιβάλλον ανάπτυξης Arduino IDE

1.7 ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

Η γλώσσα προγραμματισμού για τη σύνταξη των προγραμμάτων του Arduino έχει τη βάση της στη γλώσσα Wiring. Είναι μια παραλλαγή της γλώσσας C/C++ για μικροελεγκτές αρχιτεκτονικής AVR όπως είναι η σειρά ATmega, και υποστηρίζει όλες τις βασικές δομές της C εμπλουτισμένη με μερικά χαρακτηριστικά της C++. Ο

compiler που χρησιμοποιείται είναι ο AVR gcc και ως βασική βιβλιοθήκη C χρησιμοποιείται η AVR libc.

Η στενή σχέση της γλώσσας με τη C, επιτρέπει τη χρήση των ίδιων βασικών εντολών και συναρτήσεων, με την ίδια σύνταξη, τους ίδιους τύπους δεδομένων και τους ίδιους τελεστές όπως και στην C. Πέραν αυτών, υπάρχουν κάποιες ειδικές εντολές, συναρτήσεις και σταθερές που βοηθούν για την διαχείριση του ειδικού υλικού του Arduino. Οι σημαντικότερες από αυτές περιγράφονται στον ακόλουθο πίνακα:

Όρισμα	Είδος	Τύπος	Παράμετροι	Περιγραφή
LOW	Σταθερά	int	-	Έχει την τιμή 0 και είναι αντίστοιχη του λογικού false.
HIGH	Σταθερά	int	-	Έχει την τιμή 1 και είναι αντίστοιχη του λογικού true.
INPUT	Σταθερά	int	-	Έχει την τιμή 0 και είναι αντίστοιχη του λογικού false.
OUTPUT	Σταθερά	int	-	Έχει την τιμή 0 και είναι αντίστοιχη του λογικού true.
pinMode	Εντολή	-	*(pin, mode)*	Καθορίζει αν το συγκεκριμένο ψηφιακό pin θα είναι pin εισόδου ή pin εξόδου ανάλογα με την τιμή που δίνεται στην παράμετρο *mode* (INPUT ή OUTPUT αντίστοιχα).
digitalWrite	Εντολή	-	(pin, pinstatus)	Θέτει την κατάσταση *pinstatus* (HIGH ή LOW) στο συγκεκριμένο ψηφιακό pin .
digitalRead	Συνάρτηση	int	*(pin)*	Επιστρέφει την κατάσταση του συγκεκριμένου ψηφιακού *pin* (0 για LOW και 1 για HIGH) εφόσον αυτό είναι pin εισόδου.
analogReference	Εντολή	-	*(type)*	Δέχεται τις τιμές DEFAULT, INTERNAL ή EXTERNAL στην παράμετρο *type* για να καθορίσει την τάση αναφοράς (Vref) των αναλογικών εισόδων (5V, 1.1V ή η

				εξωτερική τάση με την οποία τροφοδοτείται το pin AREF αντίστοιχα)
analogRead	Συνάρτηση	int	*(pin)*	Επιστρέφει έναν ακέραιο από 0 έως 1023, ανάλογα με την τάση που τροφοδοτείται το συγκεκριμένο *pin* αναλογικής εισόδου στην κλίμακα 0 ως Vref·
analogWrite	Εντολή	-	*(pin, value)*	Θέτει το συγκεκριμένο ψηφιακό *pin* σε κατάσταση ψευδοαναλογικής εξόδου (PWM). Η παράμετρος *value* καθορίζει το πλάτος του παλμού σε σχέση με την περίοδο του παραγόμενου σήματος στην κλίμακα από 0 ως 255 (π . χ. με *value* 127, το πλάτος του παλμού είναι ίσο με μισή περίοδο).
millis	Συνάρτηση	unsigned long	()	Μετρητής που επιστρέφει το χρονικό διάστημα σε ms από την στιγμή που άρχισε η εκτέλεση του προγράμματος . Λόγω του τύπου μεταβλητής (unsigned long δηλ. 32bit) θα γίνει overflow σε 2^{32}ms δηλαδή περίπου σε 50 μέρες, οπότε ο μετρητής θα ξεκινήσει πάλι από το μηδέν .
delay	Εντολή	-	*(time)*	Σταματά προσωρινά την ροή του προγράμματος για χρόνο time ms. Η παράμετρος time είναι unsigned long (από 0 ως 2^{32}). Παρά την προσωρινή παύση, συναρτήσεις των οποίων η εκτέλεση ενεργοποιείται από interrupt θα εκτελεστούν κανονικά κατά την διάρκεια μιας

				delay.
attachInterrupt	Εντολή	-	*(interrupt, function, triggermode)*	Θέτει σε λειτουργία το συγκεκριμένο interrupt, ώστε να ενεργοποιεί την συνάρτηση function, κάθε φορά που ικανοποιείται η συνθήκη που ορίζεται από την παράμετρο triggermode: • LOW (ενεργοποίηση όταν η κατάσταση του pin που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο interrupt γίνει LOW) • RISING (όταν από LOW γίνει HIGH) • FALLING (όταν από HIGH γίνει LOW) • CHANGE (όταν αλλάξει κατάσταση γενικά)
detachInterrupt	Εντολή	-	*(interrupt)*	Απενεργοποιεί το συγκεκριμένο *interrupt.*
noInterrupts	Εντολή	-	()	Σταματά προσωρινά την λειτουργία όλων των interrupt
interrupts	Εντολή	-	()	Επαναφέρει την λειτουργία των interrupt που διακόπηκε προσωρινά από μια εντολή noInterrupts.
Serial.begin	Μέθοδος κλάσης	-	*(datarate)*	Θέτει τον ρυθμό μεταφοράς δεδομένων του σειριακού interface (σε baud)
Serial.println	Μέθοδος κλάσης	-	*(data)*	Διοχετεύει τα δεδομένα *data* για αποστολή μέσω του σειριακού interface. Η παράμετρος *data* μπορεί να είναι είτε αριθμός είτε αλφαριθμητικό.

Ένα πρόγραμμα sketch στη γλώσσα προγραμματισμού του Arduino περιέχει δύο βασικές ρουτίνες-συναρτήσεις τη loop και τη setup.

```
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:

}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:

}
```

Εικόνα 1.6 – Βασική δομή sketch

Με κάθε επανεκκίνηση του Arduino εκτελείται μία μόνο φορά η συνάρτηση *setup()*, από τη άλλη η συνάρτηση *loop()* εκτελείται διαρκώς από το μικροελεγκτή έχοντας ίδια συμπεριφορά με έναν ατέρμων βρόχο.

Κεφάλαιο 2ο – Σύστημα Παγκόσμιου Εντοπισμού Θέσης

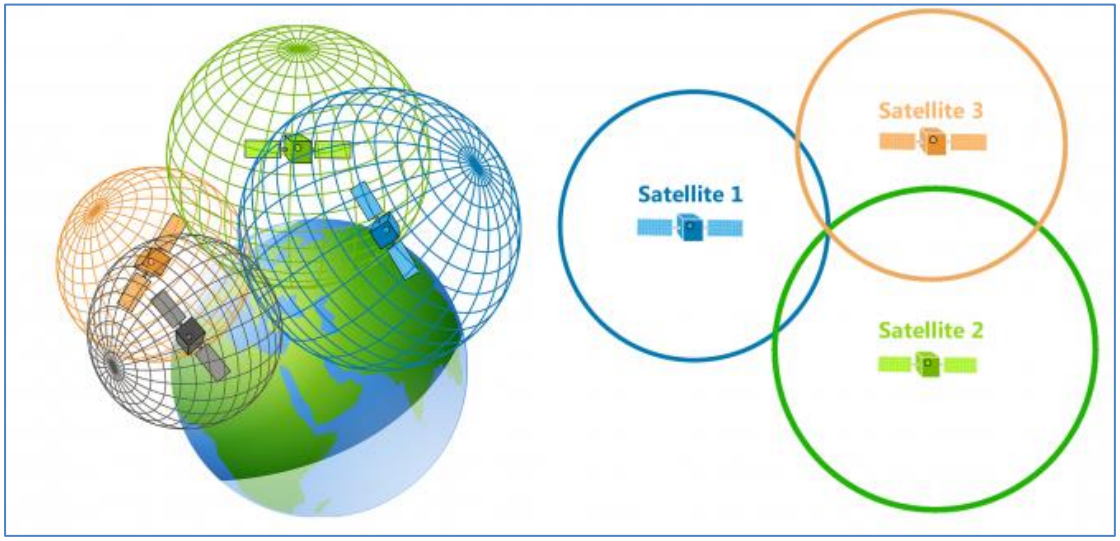
2.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ GPS

Το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού θέσης γνωστό ως Global Positioning System-GPS είναι ένα σύστημα προσδιορισμού γεωγραφικής θέσης η λειτουργία του οποίου βασίζεται σε μία πλειάδα τεχνητών δορυφόρων που έχουν τεθεί σε τροχιά γύρω από τη Γη και χρησιμοποιούνται από τους επίγειους δέκτες για τον προσδιορισμό της γεωγραφικής τους θέσης. Για τη λήψη του σήματος από τους δορυφόρους χρησιμοποιούμε δέκτες GPS οι οποίοι έκτος από την πληροφορία της θέσης παρέχουν και επιπλέον στοιχεία όπως το υψόμετρό, η ταχύτητα αλλά και ακόμα για την κατεύθυνση της κίνησης του δέκτη. Με τη χρήση κατάλληλων πλέον εφαρμογών οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία διαδρομής από μία αρχική θέση-αφετηρία προς μία τελική-προορισμός. Το σύστημα GPS ιστορικά ξεκίνησε από τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και συγκεκριμένα άρχισε πειραματικά η χρήση του από τον στρατό για το προσδιορισμό με μία απόκλιση 10 έως 20 μέτρων της θέσης των στρατιωτών.

2.2 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΤΟ GPS

Η αρχή λειτουργίας του συστήματος πλοήγησης GPS βασίζεται στον προσδιορισμό της θέσης με την μέτρηση τουλάχιστον τεσσάρων αποστάσεων μεταξύ παρατηρητή-δέκτη GPS και δορυφόρου. Για αυτό το λόγο η τροχιά των δορυφόρων έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει διαρκής επικοινωνία με αυτούς από οποιοδήποτε σημείο της γης. Είναι γνωστό από τη γεωμετρία ότι για τον προσδιορισμό της θέσης ενός σημείου στο επίπεδο αρκεί να γνωρίζουμε τις

αποστάσεις του από τρία γνωστά σημεία, άρα είναι εμφανές ότι αρκούν τρεις δορυφόροι για να προσδιορίσουμε τη θέση ενός σημείου στο σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιούν οι δορυφόροι.



Εικόνα 2.1 – Εντοπισμός θέσης σημείου μέσω τριών δορυφόρων

Η ανάγκη για επικοινωνία και με ένα επιπλέον δορυφόρο είναι ο προσδιορισμός της διαφοράς ανάμεσα στη ένδειξη του ρολογιού του χρήστη με αυτή του δορυφόρου.

2.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ GPS

Το GPS είναι ένα παγκόσμιο δίκτυο, του οποίου η εμβέλεια καλύπτει κάθε σημείο της Γης όπου και αν βρίσκεται αυτό(στεριά, θάλασσα, ουρανό). Λόγω της μεγάλης του έκτασης για τη μελέτη του, κρίνεται αναγκαίος ο διαχωρισμός του σε επιμέρους τμήματα στα οποία πραγματοποιούνται όλες οι λειτουργίες του αλλά και ο όλος ο συντονισμός του. Τα κύρια τμήματα από τα οποία αποτελείται το GPS είναι τα εξής: α) το δορυφορικό τμήμα, β) το τμήμα ελέγχου γ) το τμήμα χρηστών.

2.3.1 ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

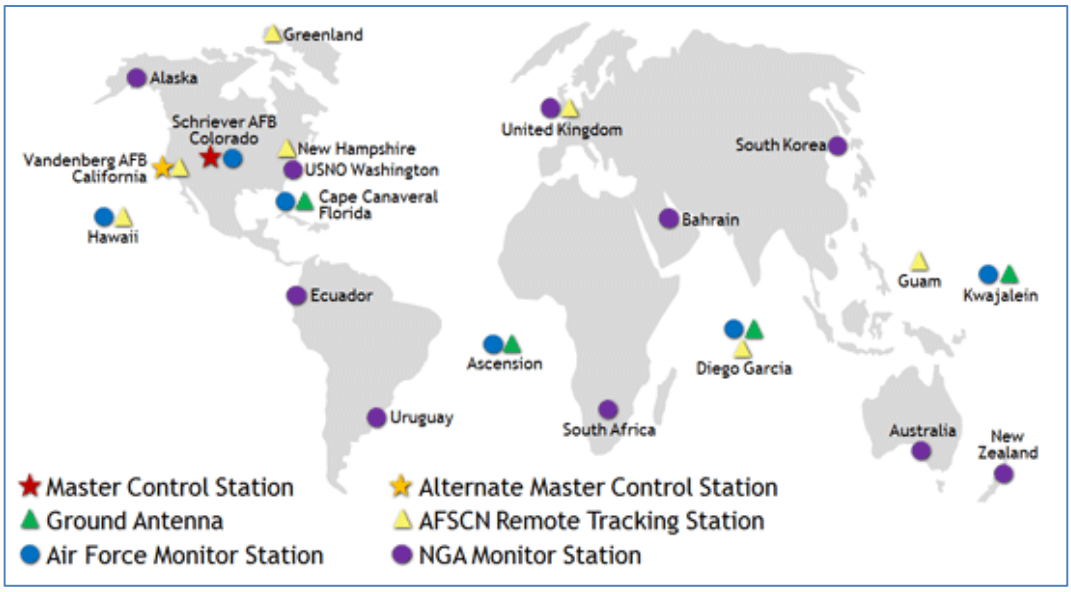
Τη στιγμή συγγραφής της παρούσας πτυχιακής εργασίας βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη 31 δορυφόροι των σειρών BLOCK II, IIA και IIR. Η ταξινόμηση των δορυφόρων του συστήματος GPS γίνεται με πληθώρα κριτηρίων, όπως η σειρά εκτόξευσης τους, ή η θέση της τροχιάς τους, ή με κωδικοποίηση που ορίζει η NASA, ή ενός διεθνή κώδικα, ή ακόμα και με έναν αριθμό που δείχνει ποια εβδομάδα του P-κώδικα εκπέμπει ο δορυφόρος (αριθμός PRN), όπου είναι ο ποιο συνήθης τρόπος καταχώρισης του.

Οι δορυφόροι χρησιμοποιούν αποκλειστικά ηλιακές μπαταρίες για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε όλα τα ηλεκτρονικά συστήματα με τα οποία έχουν εφοδιαστεί, ενώ για το μηχανισμό διόρθωσης πορείας τους χρησιμοποιούν καύσιμα. Οι δορυφόροι αυτοί είναι ισοκατανεμημένοι σε 6 τροχιακά επίπεδα που σχηματίζουν γωνία 60° μεταξύ τους και καθένα από αυτά σχηματίζει γωνία κλίσης (inclination) 55° μοιρών με το επίπεδο του ισημερινού της Γης. Από τους 31 αυτούς δορυφόρους οι 25 είναι οι άμεσα χρησιμοποιήσιμοι ενώ οι υπόλοιποι 6 βρίσκονται σε εφεδρεία ώστε να αντικαταστήσουν τους προηγούμενους σε περιπτώσεις δυσλειτουργίας ή/και βλάβης. Η περίοδος περιστροφής του κάθε δορυφόρου είναι 12 ώρες σε αστρικό χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι οι δορυφόροι εμφανίζονται επάνω από τον ορίζοντα ενός τόπου περίπου 4 λεπτά της ώρας νωρίτερα κάθε ημέρα. Οι δορυφόροι βρίσκονται σε σχεδόν κυκλική τροχιά (στην πραγματικότητα ελλείψεις με μέγιστη εκκεντρότητα e=0.015), περιστρέφονται σε ύψος περίπου 20200 χιλιομέτρων και σε κάθε ένα από τα έξι τροχιακά επίπεδα βρίσκονται τέσσερεις δορυφόροι. Ο σχεδιασμός του δορυφορικού σχηματισμού του συστήματος GPS επιτρέπει στον χρήστη να «βλέπει» δηλαδή να έχει οπτική επαφή πάντα με από πέντε έως και οκτώ δορυφόρους από οποιοδήποτε σημείο πάνω στη Γη. Η “σχεδιασμένη” διάρκεια ζωής κάθε δορυφόρου είναι περίπου 7.5 χρόνια.

2.3.2 ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Το τμήμα ελέγχου αποτελείται από πέντε επίγειους σταθμούς ελέγχου και παρακολούθησης των σημάτων που αποστέλλονται από τους δορυφόρους. Από τους σταθμούς αυτούς αυτός που βρίσκεται στο Colorado Springs των Η.Π.Α θεωρείται ο κύριος σταθμός ελέγχου (Master Control Station), με τους υπόλοιπους να βρίσκονται στα Ascension Island, Diego Garcia, Kwajalein και Hawaii (Εικόνα 2.2).

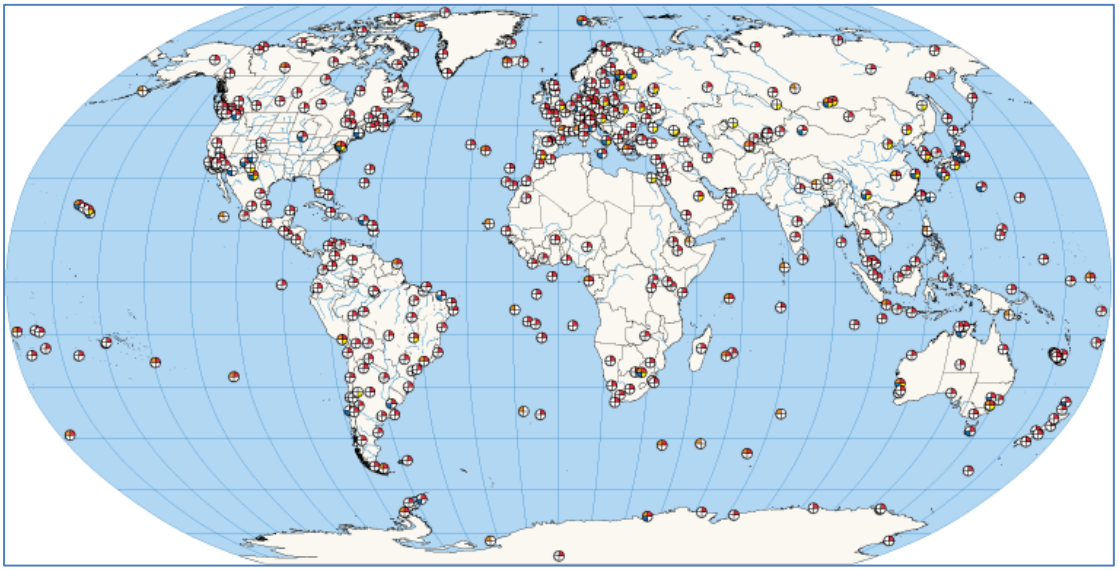
Η κύρια λειτουργία των επίγειων σταθμών είναι η πρόβλεψη των δορυφορικών θέσεων αλλά και των παραμέτρων που συσχετίζονται με τα χρονόμετρα των δορυφόρων. Η διαδικασία της πρόβλεψης στηρίζεται σε δύο στάδια: στο πρώτο στάδιο δημιουργείται η εφημερίδα αναφοράς προσεγγίζοντας τη δορυφορική τροχιά με χρήση των δεδομένων των προηγουμένων 7 ημερών, ενώ στο δεύτερο στάδιο γίνεται πρόβλεψη εφημερίδων με εκτίμηση και διόρθωση των δορυφορικών διαταραχών. Η διαδικασία της τροφοδότησης των δορυφόρων από τους σταθμούς ελέγχου επαναλαμβάνεται 3 φορές την ημέρα δηλαδή κάθε 8 ώρες. Τα δεδομένα αυτά εκπέμπονται στη συνέχεια από τους δορυφόρους στους χρήστες GPS.



Εικόνα 2.2 – Επίγειοι σταθμοί ελέγχου

2.3.3 ΤΜΗΜΑ ΧΡΗΣΤΩΝ

Το τμήμα των χρηστών αποτελεί το τελευταίο τμήμα και περιλαμβάνει όλο το φάσμα εφαρμογών και υπολογιστικών τεχνικών που είναι διαθέσιμα στο χρήστη. Σκοπός ενός δέκτη GPS είναι η λήψη, η επεξεργασία και η καταγραφή των μετρήσεων που λαμβάνει από τους δορυφόρους. Ένας τυπικός δέκτης GPS αποτελείται από την κεραία, τον δέκτη και τον υπολογιστή (χειριστήριο-καταγραφικό). Μέσω της κεραίας μπορεί να κεντρώνεται σε σημεία για τον προσδιορισμό της θέσης τους. Ο σχεδιασμός των τροχιών είναι τέτοιος ώστε ανά πάσα χρονική στιγμή και σε οποιοδήποτε σημείο της γης, να υπάρχουν τουλάχιστον τέσσερεις ορατοί δορυφόροι των οποίων το σήμα μπορεί να λαμβάνεται ταυτόχρονα. Ο κύριος λόγος που απαιτούνται τέσσερεις δορυφόροι είναι για να μπορεί να προσδιοριστεί η θέση με ένα μόνο δέκτη.



Εικόνα 2.3 – Κατανομή σταθμών παρακολούθησης IGS

2.4 ΔΕΚΤΗΣ GPS NEO-6M

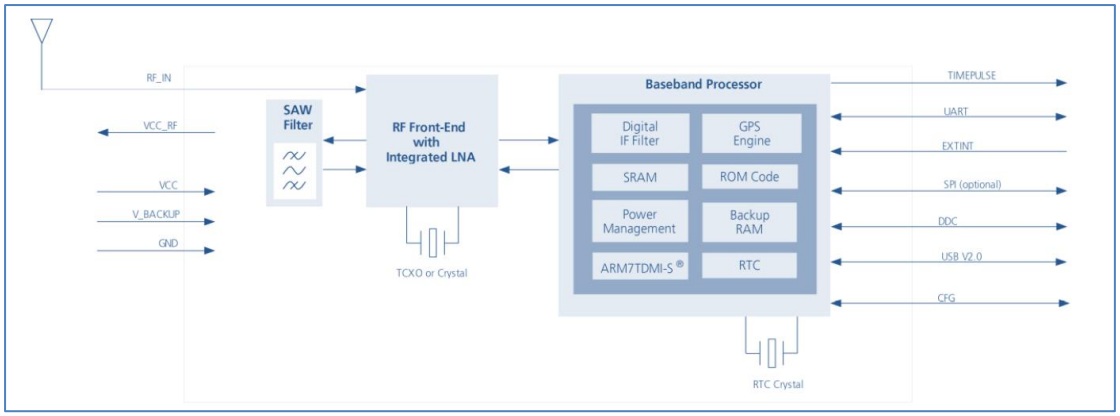
2.4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η σειρά NEO-6 αποτελεί μια οικογένεια αυτόνομων δεκτών GPS με κύριο χαρακτηριστικό την υψηλής απόδοσης μηχανή εντοπισμού θέσης u-blox 6. Το μέγεθος της σειράς δεκτών NEO-6 είναι μόλις 16x12.2x2.4mm και σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος τους προσφέρουν πληθώρα επιλογών συνδεσιμότητας με αρκετές μικροϋπολογιστικές μονάδες. Η σειρά αυτή είναι ιδανική για χρήση σε φορητές συσκευές όπου υπάρχει ανάγκη για χαμηλό κόστος κατασκευής και μικρό μέγεθος της τελικής διάταξης για κάθε μικροκύκλωμα, λόγω της χαμηλής απαίτησης τόσο σε μνήμη αλλά και σε ισχύ κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους.

Η μηχανή u-blox 6 που ενσωματώνεται στη μονάδα χρησιμοποιεί 50 κανάλια επιταχύνοντας τον χρόνο πρώτου κλειδώματος θέσης (Time-To-First-Fix – TTFF) σε μόλις 1 δευτερόλεπτο.

Model	Type					Supply		Interfaces				Features						
	GPS	PPP	Timing	Raw Data	Dead Reckoning	1.75 V - 2.0 V	2.7 V - 3.6 V	UART	USB	SPI	DDC (I²C compliant)	Programmable (Flash) FW update	TCXO	RTC crystal	Antenna supply and supervisor	Configuration pins	Timepulse	External interrupt/ Wakeup
NEO-6G	●					●		●	●	●	●		●	●	○	3	1	●
NEO-6Q	●						●	●	●	●	●		●	●	○	3	1	●
NEO-6M	●						●	●	●	●	●			●	○	3	1	●
NEO-6P	●	●		●			●	●	●	●	●			●	○	3	1	●
NEO-6V	●				●		●	●	●	●	●			●	○	3	1	●
NEO-6T	●		●	●			●	●	●	●	●		●	●	○	3	1	●

Πίνακας 1– Κύρια χαρακτηριστικά της οικογένειας δεκτών NEO-6



Εικόνα 2.4 – Block διάγραμμα δέκτη NEO-6 M

Εικόνα 2.5 – Διάγραμμα ακροδεκτών

2.4.2 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Η σειρά δεκτών NEO-6 περιλαμβάνει τα πλέον διαδεδομένα πρωτόκολλα UART, USB, και DDC. Συγκεκριμένα ενσωματώνει μια παραμετροποιήσιμη της UART διεπαφή για τη σειριακή επικοινωνία. Η NEO-6 παρέχει την έκδοση USB 2.0 με

ταχύτητες δεδομένων που φτάνουν τα 12Mbit/s ως μία εναλλακτική της UART. Η Σειριακή Περιφερειακή Διεπαφή (Serial Peripheral Interface SPI) επιτρέπει την επικοινωνία με εξωτερικές συσκευές π.χ. αποθήκευση ρυθμίσεων ή δεδομένα Assist GPS σε φορητά αποθηκευτικά μέσα τύπου flash drive.

2.4.3 ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι δέκτες u-blox υποστηρίζουν διαφορετικές λειτουργίες ενέργειας. Αυτές οι λειτουργίες αντιπροσωπεύουν στρατηγικές που στοχεύουν τόσο στον έλεγχο της ακρίβειας του στίγματος όσο και στη βέλτιστη εξοικονόμηση ενέργειας με όσο το δυνατόν καλή απόδοση. Διακρίνουμε λοιπόν τις εξής λειτουργίες: α) Λειτουργία Μέγιστης Απόδοσης (Maximum Performance Mode), β) Οικονομική Λειτουργία (Eco Mode), γ) Λειτουργία Εξοικονόμησης Ενέργειας (Power Save Mode).

2.4.4 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Στον παρακάτω πίνακα(Πίνακας 1) παρουσιάζονται οι τυπικές τιμές λειτουργίας του δέκτη σε θερμοκρασία 25°C .

Parameter	Symbol	Module	Min	Typ	Max	Units	Condition
Power supply voltage	VCC	NEO-6G	1.75	1.8	1.95	V	
		NEO-6Q/M NEO-6P/V/T	2.7	3.0	3.6	V	
Supply voltage USB	VDDUSB	All	3.0	3.3	3.6	V	
Backup battery voltage	V_BCKP	All	1.4		3.6	V	
Backup battery current	I_BCKP	All		22		µA	V_BCKP = 1.8 V, VCC = 0V
Input pin voltage range	Vin	All	0		VCC	V	
Digital IO Pin Low level input voltage	Vil	All	0		0.2*VCC	V	
Digital IO Pin High level input voltage	Vih	All	0.7*VCC		VCC	V	
Digital IO Pin Low level output voltage	Vol	All			0.4	V	Iol=4mA
Digital IO Pin High level output voltage	Voh	All	VCC -0.4			V	Ioh=4mA
USB_DM, USB_DP	VinU	All	Compatible with USB with 22 Ohms series resistance				
VCC_RF voltage	VCC_RF	All		VCC-0.1		V	
VCC_RF output current	ICC_RF	All			50	mA	
Antenna gain	Gant	All			50	dB	
Receiver Chain Noise Figure	NFtot	All		3.0		dB	
Operating temperature	Topr	All	-40		85	°C	

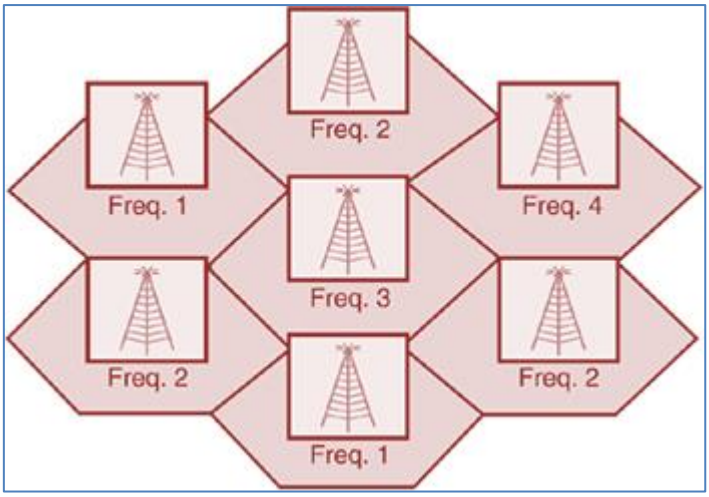
Πίνακας 2– Συνθήκες Λειτουργίας

Κεφάλαιο 3ο -Δίκτυο GSM

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας ανήκουν στην κατηγορία των κυψελωτών συστημάτων τα οποία είναι ασύρματα συστήματα που λειτουργούν με βάση τη μετάδοση πληροφοριών. Για την υποστήριξη υπηρεσιών μετάδοσης για πολλούς χρήστες γύρω από μια περιοχή κάλυψης, η καλυπτόμενη περιοχή έχει διαιρεθεί σε μικρότερες περιοχές τις οποίες ονομάζουμε κυψέλες. Κάθε τέτοια κυψέλη διαθέτει ένα σταθμό βάσης με τον οποίο ο χρήστης του δικτύου πραγματοποίει κλήσεις φωνής ή δεδομένων.

Τα κυψελωτά δίκτυα αποτελούνται από πολλές κυψέλες χωροθετημένες σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική διάταξη. Ένας σταθμός βάσης χρησιμοποιεί διαφορετικές συχνότητες επικοινωνίας από αυτές που χρησιμοποιούν οι σταθμοί βάσης των γειτονικών κυψελών, έτσι αυξάνεται ο παράγοντας επαναχρησιμοποίησης συχνότητας, που αντιπροσωπεύει τον ελάχιστο αριθμό συχνοτήτων που απαιτούνται για ένα δίκτυο κυψέλης για να εξασφαλίσει ότι η παρεμβολή εκπομπής στην ίδια συχνότητα βρίσκεται κάτω από ένα ανεκτό επίπεδο.



Εικόνα 3.1 – Κυψελωτό Δίκτυο

3.2 ΔΙΚΤΥΟ GSM

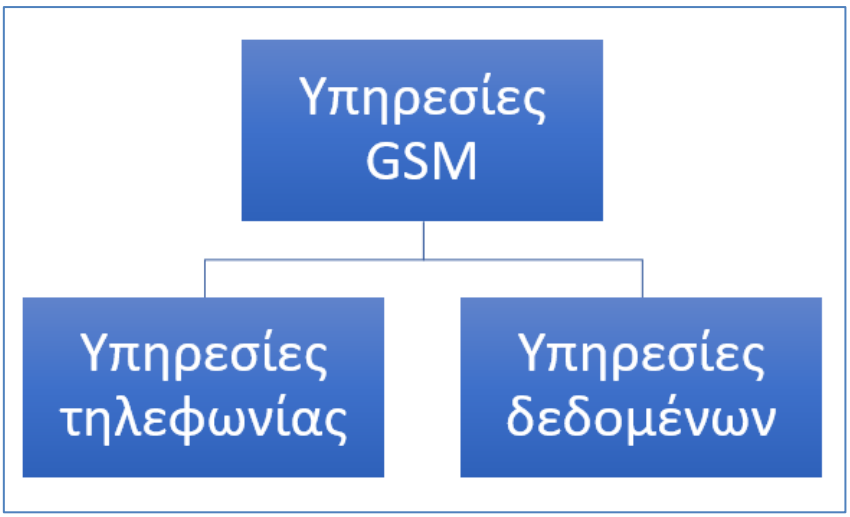
Το GSM ακρωνύμιο του Global System for Mobile communications αποτελεί το πιο διαδεδομένο κυψελωτό σύστημα κινητών επικοινωνιών στην Ευρώπη. Η αρχή έγινε το 1982 όπου το Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Συμβούλιο (European Telecommunications Standards Institute) ξεκίνησε τη μελέτη για τη δημιουργία ενός κοινού Ευρωπαϊκού ψηφιακού συστήματος κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς 2G. Η αρχική ονομασία του συστήματος αυτού ήταν Group Special Mobile (GSM). Ως GSM ονομάζουμε ένα κυψελωτό ψηφιακό σύστημα κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς 2G, το οποίο χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά σήματα και την τεχνική πολλαπλής πρόσβασης με διαχωρισμό του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων σε ένα αριθμό καναλιών και την διαίρεση αυτών σε χρονοθυρίδες για την μετάδοση σημάτων. Ένα τέτοιου είδους σύστημα πού κάνει χρήση της τεχνικής αυτής παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα: καλύτερη εκμετάλλευση του φάσματος, συνεπώς και μεγαλύτερη χωρητικότητα καναλιών σε κάθε κυψέλη, ψηφιακή τεχνολογία που επιτρέπει την κατασκευή ελαφρύτερων, μικρότερων και φθηνότερων κινητών τηλέφωνων, καλύτερη ποιότητα φωνής, συμβατότητα με όλα

τα διεθνή πρότυπα και ενσύρματα δίκτυα και τέλος ευρεία αποδοχή διεθνώς και εξάπλωση.

Από το έτος 1989 η ευθύνη του συστήματος GSM ανατέθηκε στο Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Ινστιτούτο Προτύπων (ETSI) το οποίο το 1990 δημοσίευσε για πρώτη φορά το πρότυπο και τα χαρακτηριστικά του GSM. Το έτος 1991 αρχίζει η εμπορική του διάθεση στην Ευρώπη, ενώ στη χώρα μας το σύστημα χρησιμοποιήθηκε το 1993 από την TELESTET Hellas(νυν WIND Hellas). Στις μέρες μας το πρότυπο GSM δεν είναι πλέον μόνο Ευρωπαϊκό πρότυπο, αφού έχει υιοθετηθεί από πολλές άλλες χώρες της υφηλίου, εκμεταλλευόμενο διάφορες ζώνες συχνοτήτων.

3.3 ΟΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ GSM

Στις υπηρεσίες του GSM διακρίνουμε ένα σύνολο από δυνατότητες επικοινωνίας τις οποίες ο φορέας επικοινωνίας παρέχει στους συνδρομητές του. Οι δυνατότητες αυτές ομαδοποιούνται σε δύο είδη βασικών υπηρεσιών: τις υπηρεσίες τηλεφωνίας και τις υπηρεσίες δεδομένων (Εικόνα 3.2)



Εικόνα 3.2 – Βασικές υπηρεσίες GSM

Οι υπηρεσίες τηλεφωνίας αναφέρονται στο σύνολο των υπηρεσιών οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα στο συνδρομητή να επικοινωνεί άλλες συνδρομητές του ίδιου ή διαφορετικού φορέα. Ενώ οι υπηρεσίες δεδομένων παρέχουν στον τελικό χρήστη την απαραίτητη χωρητικότητα για τη μετάδοση σημάτων δεδομένων μεταξύ δύο σημείων πρόσβασης δημιουργώντας με τον τρόπο διασύνδεση με το δίκτυο.

Εκτός από τις παραπάνω δύο βασικές υπηρεσίες το δίκτυο GSM υποστηρίζει και συμπληρωματικές υπηρεσίες οι οποίες υποστηρίζουν τις δύο βασικές υπηρεσίες, τηλεφωνίας και δεδομένων. Οι κύριες από αυτές είναι οι: προώθηση κλήσεων, φραγή κλήσεων, κράτηση κλήσης, αναμονή κλήσης, υπηρεσία φωνητικών μηνυμάτων, υπηρεσία γραπτών μηνυμάτων

3.4 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ GSM

Το σύστημα GSM χρησιμοποιεί τέσσερεις διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων. Οι ζώνες αυτές με αύξουσα σειρά είναι οι: 850MHz, 900MHz, 1800MHz, 1900MHz

με τις συχνότητες 900MHz και 1800MHz να χρησιμοποιούνται περισσότερο σε σχέση με τις υπόλοιπες.

Στα κανάλια επικοινωνίας του GSM διακρίνουμε δύο τύπους καναλιών, τα κανάλια κίνησης τα οποία έχουν ως κύριο σκοπό τη μεταφορά της πληροφορίας της ομιλίας και των δεδομένων και τα κανάλια ελέγχου τα οποία μεταφέρουν όλες εκείνες τις πληροφορίες αναγνώρισης, πρόσβασης και συγχρονισμού του κινητού τηλεφώνου με το δίκτυο αλλά και όλα εκείνα τα σήματα που συνδέονται με την επιλογή και διατήρηση του καναλιού της κίνησης.

Στο GSM χρησιμοποιείται τόσο πολλαπλή πρόσβαση με διαίρεση χρόνου (Time Division Multiple Access –TDMA) αλλά και πολλαπλή πρόσβαση με διαίρεση συχνότητας (Frequency Division Multiple Access –FDMA). Ο συνδυασμός των δύο αυτών τεχνικών επιτρέπει την πραγματοποίηση πληθώρας συνδιαλλαγών την ίδια χρονική στιγμή.

3.5 ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ GSM

Το σύστημα GSM δομείται από 3 κύρια τμήματα. Το πρώτο τμήμα είναι ο κινητός σταθμός (Mobile station), το δεύτερο είναι το υποσύστημα σταθμών βάσης (Base station system) και το τρίτο είναι το υποσύστημα μεταγωγής (Network Switching System -NSS).

3.5.1 ΚΙΝΗΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ

Ο κινητός σταθμός περιλαμβάνει όλο εκείνον τον φυσικό εξοπλισμό που χρησιμοποιεί ο συνδρομητής ώστε να έχει πρόσβαση στο δίκτυο της κινητής τηλεφωνίας (Public Land Mobile Network- PLMN). Τυπικά ένας κινητός σταθμός αποτελείται από τον πομπό-δέκτη, την κεραία, την οθόνη και την κάρτα πρόσβασης

SIM. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς εκπομπής μία συσκευής κινητού τηλεφώνου έχει καθοριστεί στα 2 Watt, ενώ λίγο μεγαλύτερη από αυτήν είναι στην Αμερική και Αυστραλία. Οι παραπάνω τιμές καθορίστηκαν από τη Διεθνή Επιτροπή για την προστασία από τη μη ιονίζουσα ακτινοβολία.

3.5.2 ΒΑΣΙΚΟ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ ΒΑΣΗΣ

Το βασικό υποσύστημα σταθμού είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση όλων των κλήσεων που βρίσκονται σε μια γεωγραφική περιοχή η οποία καλύπτεται από κεραίες διαφόρων μεγεθών σε σειρά. Είναι συνήθως τοποθετημένο σε ψηλά σημεία όπως φυσικοί λόφοι αλλά και σε υψηλά κτίρια. Το Βασικό Υποσύστημα Σταθμού αποτελείται από το βασικό σταθμό πομπό-δέκτη Base Transceiver Station (BTS) και το βασικό σταθμό ελέγχου Base Station Controller (BSC). Το Βασικό Υποσύστημα Σταθμού (BTS) αναλαμβάνει την επικοινωνία μεταξύ του δικτύου GSM και του κινητού σταθμού.

3.5.3 ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ

Το υποσύστημα Δικτύου μεταγωγής (Network Switching SubSystem – NNS) είναι υπεύθυνο για τις κύριες λειτουργίες μεταγωγής του συστήματος GSM, καθώς και για τη διαχείριση των βάσεων δεδομένων των συνδρομητών τις απαιτούμενες βάσεις δεδομένων με στοιχεία συνδρομητών. Ο κύριος σκοπός του είναι να διαχειρίζεται την επικοινωνία μεταξύ του συστήματος GSM και άλλων τηλεπικοινωνιακών φορέων. Το NNS είναι υπεύθυνο τόσο για την διασύνδεση, αλλά και τον έλεγχο και δρομολόγηση των εισερχόμενων και εξερχόμενων κλήσεων μεταξύ του δικτύου κινητής τηλεφωνίας και των υπολοίπων δικτύων .

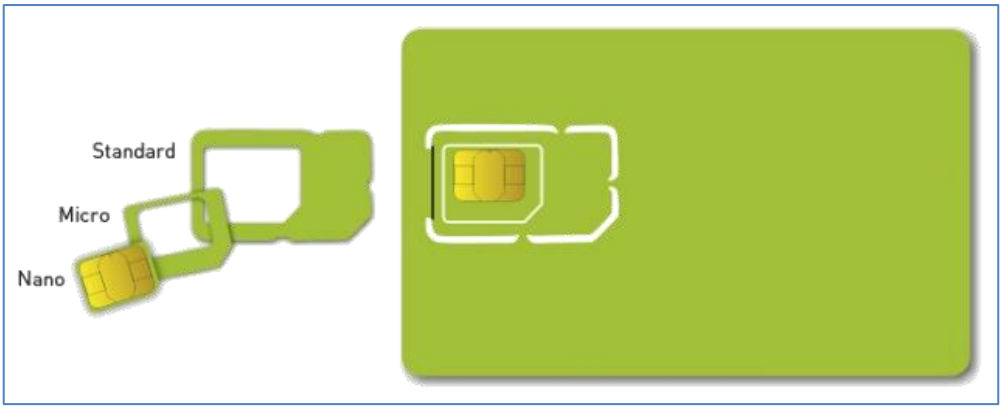
3.6 Η ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΟ GSM

Το σύστημα ασφαλείας του GSM πρέπει πρωτίστως να εξασφαλίζει την ιδιωτικότητα των κλήσεων των συνδρομητών καθώς και τη σωστή χρέωση των υπηρεσιών που χρησιμοποιούνται. Η πιστοποίηση του χρήστη στο σύστημα GSM βασίζεται στην κάρτα SIM. Με τη χρήση ενός αλγορίθμου κρυπτογράφησης επιτυγχάνεται η προστασία της ταυτότητας του χρήστη. Με χρήση ενός άλλου αλγορίθμου εξασφαλίζεται η ασφάλεια της τηλεφωνικής κλήσης κατά τη μετάδοση της και τη μεταφορά δεδομένων από και προς τον χρήστη του συστήματος.

Ένα μεγάλο μέρος της ασφάλειας που παρέχει το σύστημα GSM οφείλεται στο γεγονός ότι πρόκειται για ένα ψηφιακό σύστημα, το οποίο χρησιμοποιεί αλγόριθμου κωδικοποίησης πηγής (speech coding algorithm), διαμόρφωσης GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying), μικρής μεταπήδησης συχνότητας (slow frequency hopping) και πολυπλεξίας με διαίρεση χρόνου (Time Division Multiple Access) - (TDMA).

3.7 ΚΑΡΤΑ SIM

Το χαρακτηριστικότερο στοιχείο του συστήματος GSM είναι η Μονάδα Ταυτότητας Συνδρομητή ή αλλίως κάρτα SIM ακρονύμιο των Subscriber Identity Module. Η κάρτα SIM (Εικόνα 3.3) περιέχει όλες εκείνες τις πληροφορίες που σχετίζονται με τον συνδρομητή και είναι απαραίτητες για την πρόσβαση του στο δίκτυο της κινητής τηλεφωνίας. Η κάρτα SIM πλέον αυτών υλοποιεί και λειτουργίες ασφαλείας όπως: πιστοποίηση και προστασία της ταυτότητας του συνδρομητή και την απαραίτητη κρυπτογράφηση που απαιτείται.



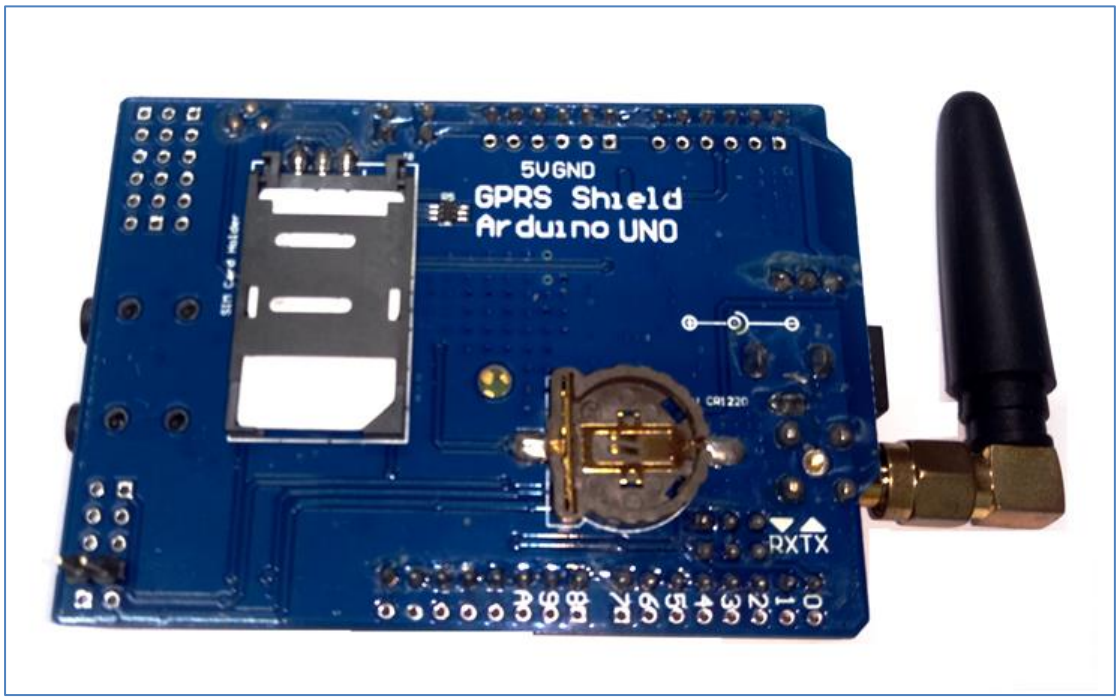
Εικόνα 3.3 – Διαφορετικά μεγέθη καρτών SIM

Τα βασικά μέρη που ενσωματώνει μία κάρτα SIM είναι ένας μικροεπεξεργαστής, μια μνήμη ROM η οποία αποθηκεύει κρυπτογραφημένα στοιχεία που χαρακτηρίζουν τόσο την κάρτα SIM όσο και τον συνδρομητή π.χ. σειριακός αριθμός, έκδοση του λειτουργικού συστήματος, την κατάσταση της SIM (δηλαδή αν είναι κλειδωμένη ή όχι) και τον προσωπικό αριθμό αναγνώρισης (International Mobile Subscriber Identity - IMSI) ο οποίος εκπέμπεται όταν ανοίξουμε ή κλείσουμε το κινητό για να φαίνεται στο δίκτυο αν είναι ενεργοποιημένο ή όχι έτσι ώστε να μη γίνονται άσκοπες κλήσεις και καταλήψεις καναλιών επικοινωνίας. Επίσης περιλαμβάνει μια μνήμη EEPROM στην οποία ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύει τα δικά του δεδομένα όπως νέο προσωπικό κωδικό PIN, τηλεφωνικός κατάλογος κ.α.

3.9 SIM 900 GSM/GPRS SHIELD

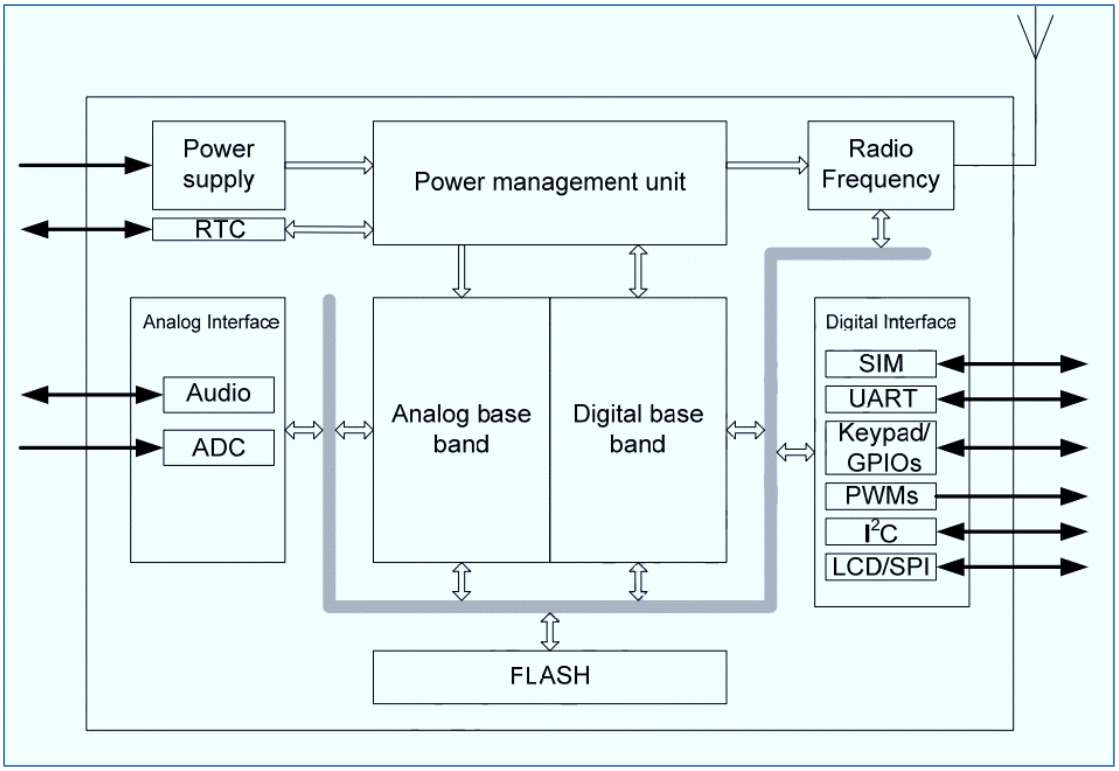
Στα πλαίσια της εργασίας αυτής χρησιμοποιήσαμε τη μονάδα κινητής τηλεφωνίας SIM900 για τη διασύνδεση της διάταξης με το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας και ως συνέπεια τη δυνατότητα τόσο του απομακρυσμένου ελέγχου όσο και της αποστολής από αυτήν κατάλληλων μηνυμάτων. Στα τεχνικά της χαρακτηριστικά η μονάδα SIM900 χαρακτηρίζεται ως quad-band καθώς λειτουργεί

στις συχνότητες GSM 850MHz, EGSM 900 MHz, DSC 1800 MHz, και PSC 1900 MHz. Ο σχεδιασμός της της επιτρέπει να καταναλώνει χαμηλή ενέργεια, έτσι σε κατάσταση αναμονής το ρεύμα λειτουργίας είναι μόνο 1.0mA με την τάση λειτουργίας να κυμαίνεται από 3.2 έως 4.8 Volt . Η μονάδα SIM900 ενσωματώνει το πρωτόκολλο TCP/IP και επέκταση των TCP/IP AT εντολών οι οποίες είναι πολύ χρήσιμες για τη μεταφορά δεδομένων από και προς εφαρμογές.



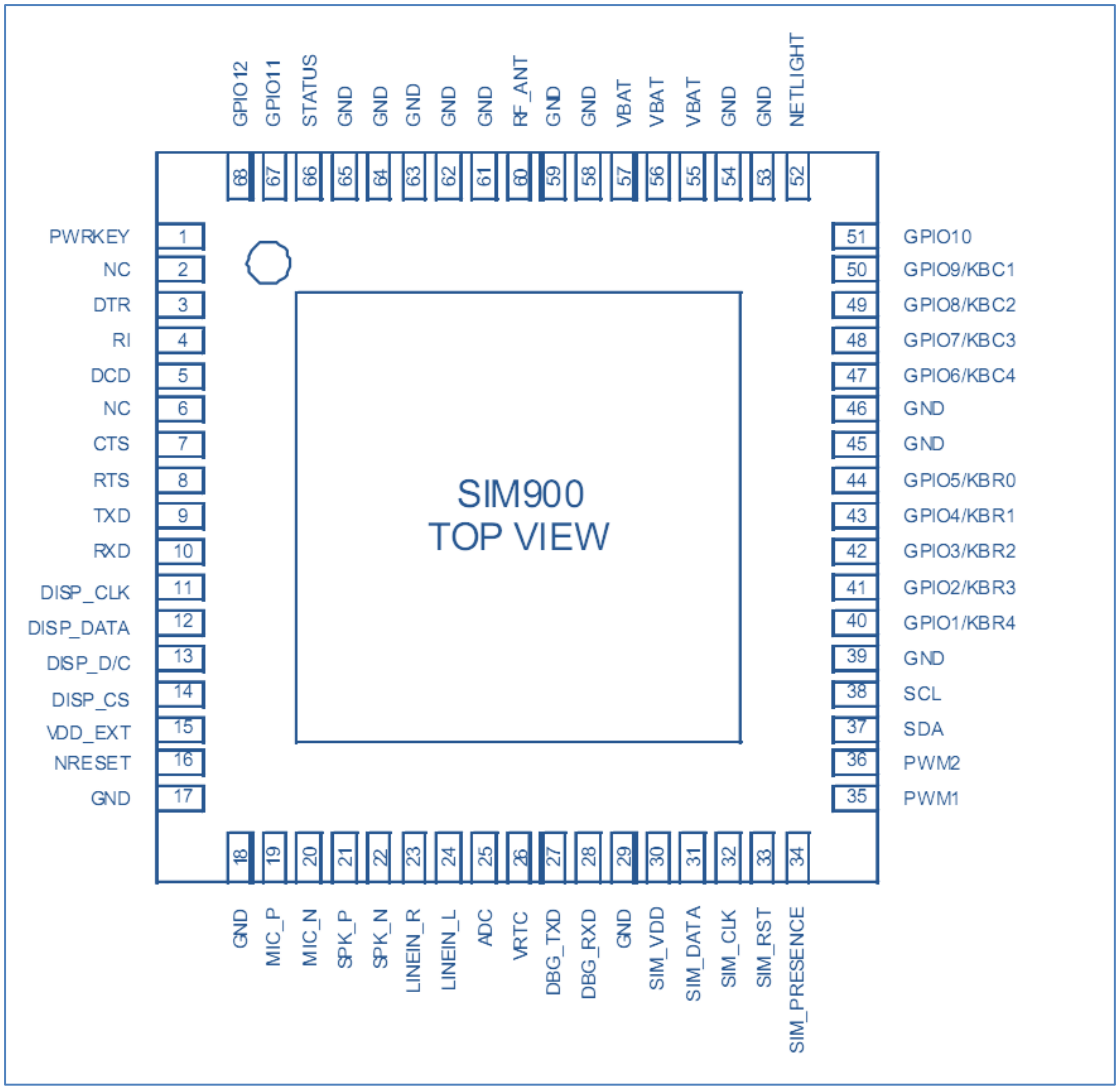
Εικόνα 3.4 – Η μονάδα SIM900

Τα λειτουργικά μέρη από τα οποία αποτελείται το SIM900 είναι τα εξής: Η μηχανή βασικής ζώνης GSM, η μνήμη τύπου flash, το τμήμα ραδιοσυχνοτήτων του GSM, η διεπαφή της κεραίας και τέλος οι υπόλοιπες διεπαφές.



Εικόνα 3.5 – SIM900, Λειτουργικό διάγραμμα

Η σειριακή θύρα του SIM900 περιλαμβάνει γραμμές δεδομένων TDX και RDX, έλεγχο ροής υλικού RTS και CTS, γραμμές κατάστασης DTR, DCD και RI. Η σειριακή θύρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για CSD FAX, GPRS υπηρεσίες και εντολές AT. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λειτουργία πολυπλεξίας και υποστηρίζει τις ταχύτητες 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400 και 57600 bps.



Εικόνα 3.6 – SIM900, διάγραμμα ακροδεκτών

3.10 ΕΝΤΟΛΕΣ ΤΥΠΟΥ AT

Οι εντολές AT γνωστές με τον όρο AT-Commands (ακρωνύμιο του “Attention”) αποτελούν μία ομάδα εντολών που δημιουργήθηκαν αρχικά για τον έλεγχο των απλών modems. Η χρήση τους στη παρούσα πτυχιακή εργασία είναι καταλυτική καθώς καθιστά εφικτή την επικοινωνία με τη μονάδα SIM900.

Κάθε AT εντολή αρχίζει πάντα με τα γράμματα AT και ακολουθείται από λειτουργίες που περιγράφονται από τους χαρακτήρες που ακολουθούν. Κύριες εντολές AT είναι οι: ATD (κλήση), ATA (απάντηση), ATH(τερματισμός κλήσης).

Στη συνέχεια παραθέτουμε τις AT εντολές που χρησιμοποιήσαμε στην παρούσα εργασία.

AT+CMGF=1/r , η εντολή αυτή αλλάζει τη κατάσταση λειτουργίας του SIM900 σε λειτουργία κειμένου(text mode) ώστε να είναι δυνατή η αποστολή και λήψη μηνυμάτων

AT+CMGS=\''+30697271XXXX, αποστολή μηνύματος στον αριθμό κινητού που αναφέρεται σε διεθνές μορφότυπο.

AT+CNMI=2,2,0,0,0\r, επιτρέπει στο SIM900 να λαμβάνει ειδοποιήσεις για νέα μηνύματα κειμένου.

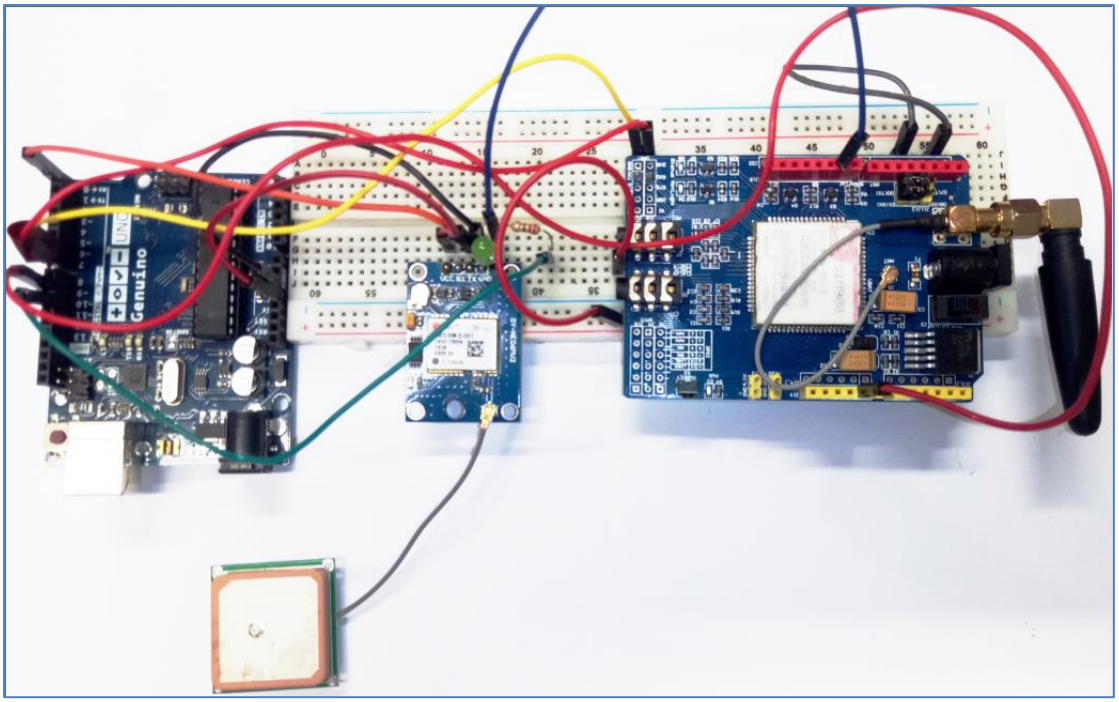
Κεφάλαιο 4ο –Υλοποίηση μοντέλου και περιγραφή λειτουργίας

Σε παρόν κεφάλαιο ασχολούμαστε με την περιγραφή της διάταξης που υλοποιήσαμε στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας αλλά και στον τρόπο λειτουργίας και χειρισμού της.

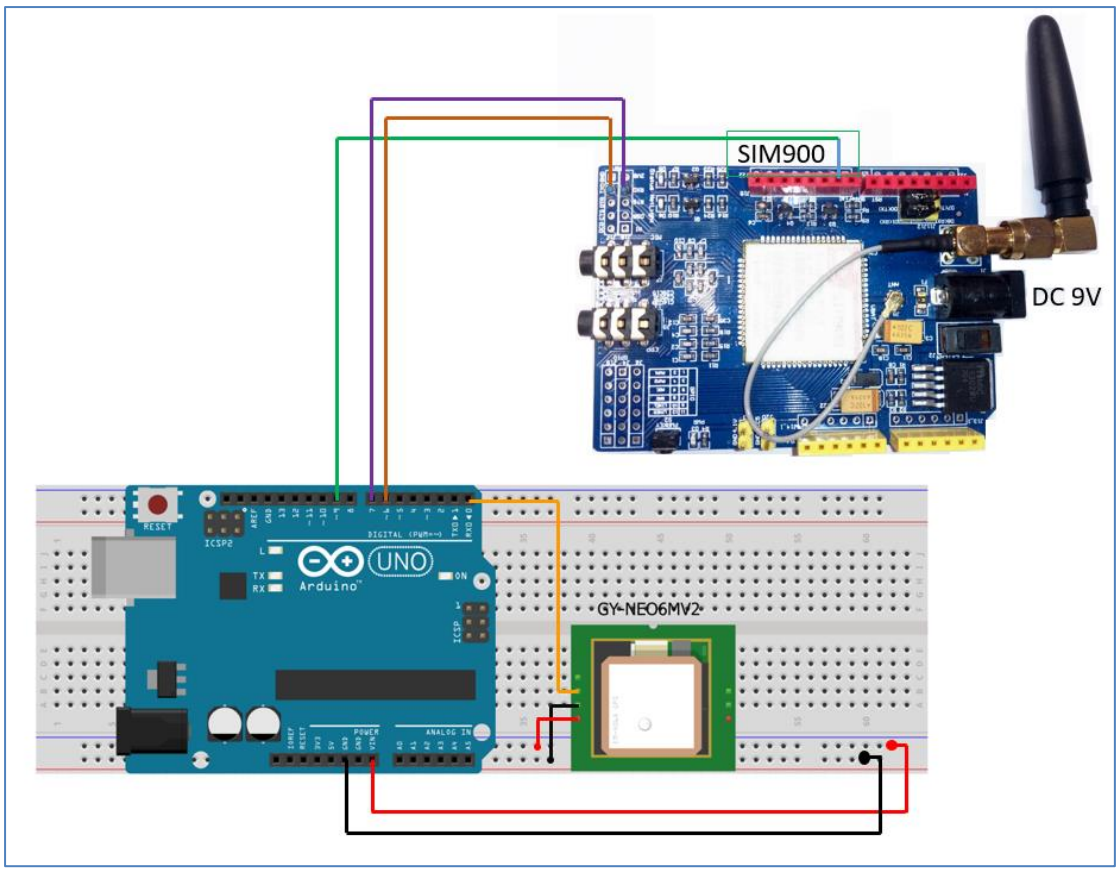
4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Η αυτόνομη μας διάταξη περιλαμβάνει τον μικροελεγκτή Genuino της σειράς Arduino UNO πάνω στον οποίο γίνεται και η κεντρική διασύνδεση όλων των περιφερειακών μονάδων. Οι μονάδες αυτές είναι ο δέκτης GPS για τη λήψη του σήματος της συσκευής από τους δορυφόρους και η μονάδα GSM για την επικοινωνία της διάταξης με το δίκτυο της κινητής τηλεφωνίας. Η όλη διάταξη τροφοδοτείται από δύο μπαταρίες 9 Volt τύπου PP3. Η μία μπαταρία χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του μικροελεγκτή και δέκτη GPS και η δεύτερη για τη μονάδα κινητής τηλεφωνίας. Η κατασκευή όπως αυτή διαμορφώθηκε μετά την ολοκλήρωση της εργασίας παρουσιάζεται στην εικόνα 4.1. Η όλη διάταξη τοποθετήθηκε πάνω σε ένα breadboard ώστε να είναι απλούστερη η σύνδεση όλων των μονάδων μεταξύ τους. Η λεπτομερής διασύνδεση των μονάδων φαίνεται στην εικόνα 4.2.

Ο προγραμματισμός και η ανάπτυξη του λογισμικού που απαιτήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας έγινε σε γλώσσα προγραμματισμού C για τον Arduino Uno, ενώ το περιβάλλον ανάπτυξης είναι το Arduino IDE 1.8.8.



Εικόνα 4.1 –Τελική κατασκευή



Εικόνα 4.2 – Διασύνδεση μονάδων διάταξης

4.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

4.2.1 ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Η ενεργοποίηση του συστήματος πραγματοποιείται αυτόματα με τη σύνδεση της τροφοδοσίας στο μικροελεγκτή Arduino και στην μονάδα SIM900. Κατά την εκκίνηση του συστήματος απαιτείται να παρέλθει χρονικό διάστημα περίπου 12 δευτερολέπτων ώστε να γίνει εντοπισμός της θέσης από τη μονάδα GPS NEO 6M αλλά και η διάταξη SIM900 GSM να συνδεθεί στο δίκτυο της κινητής τηλεφωνίας. Ο χρόνος αυτός έχει υπολογιστεί πειραματικά για τοποθέτηση της όλης διάταξης σε ανοιχτό περιβάλλον όπου δεν μεσολαβεί εμπόδιο ανάμεσα στην κεραία του GPS και

τον ουράνιο ορίζοντα. Μετά το πέρας του παραπάνω χρονικού διαστήματος η διάταξη είναι έτοιμη προς χρήση αφού βρίσκεται πλέον σε κατάσταση αναμονής.

Το σύστημα στην κατάσταση αναμονής έχει προγραμματιστεί ώστε να αλληλοεπιδρά με έναν πιστοποιημένο αριθμό κινητού τηλεφώνου μέσω της αποστολής και λήψης μηνυμάτων SMS που περιέχουν στοιχεία της θέσης της οποία βρίσκεται. Η επικοινωνία αυτή πραγματοποιείται με τη χρήσης της υπηρεσίας αποστολής και λήψης SMS που παρέχεται στο δίκτυο GSM.

4.2.1 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

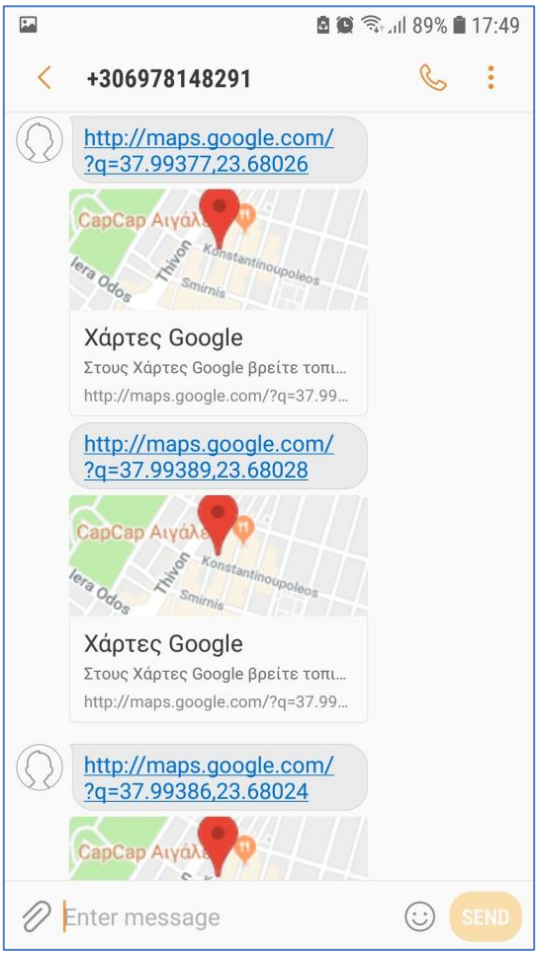
Για να επικοινωνήσουμε με τη διάταξη μας απαιτείται απλά η αποστολή μηνυμάτων SMS που περιέχουν προκαθορισμένες συμβολοσειρές χαρακτήρων. Συνολικά η διάταξη μπορεί να αποστέλλει μηνύματα SMS με δύο τύπους περιεχομένου.

Τον πρώτο τύπο μηνυμάτων τον έχουμε ονομάζει «*GoogleMaps»* και είναι μηνύματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απεικόνιση της θέσης της διάταξης από προγράμματα όπως είναι το Google Maps, Here, κ.α. Τα μηνύματα αυτά στέλνονται από τη συσκευή στον πιστοποιημένο αριθμό κινητού τηλεφώνου και έχουν ως περιεχόμενο τον ενιαίο εντοπιστή πόρων (Uniform Resource Locator – URL) **http://maps.google.com/?q=x,y** όπου *x* το γεωγραφικό μήκος και *y* το γεωγραφικό πλάτος του στίγματος GPS.

Στον δεύτερο τύπο μηνυμάτων ανήκουν τα μηνύματα τύπου *LogFile*. Τα μηνύματα αυτά περιέχουν κείμενο της μορφής ***id,date,time,x,y*** όπου *id* είναι ένας αύξοντας αριθμός μηνύματος(με *id=1* για το πρώτο μήνυμα), date, time η τρέχουσα ημερομηνία και ώρα που λαμβάνεται από τους δορυφόρους και x,y το γεωγραφικό μήκος και πλάτος αντίστοιχα της θέσης.

4.2.2 ΜΗΝΥΜΑΤΑ ΤΥΠΟΥ GOOGLEMAPS

Τα μηνύματα τύπου GoogleMaps είναι συμβατά τόσο με την εφαρμογή Maps της εταιρίας Google όσο και με άλλες εφαρμογές που ακολουθούν το ίδιο μορφότυπο προσδιορισμού της θέσης σε ένα χάρτη. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.3 το μήνυμα που λαμβάνεται στην πιστοποιημένη συσκευή κινητού τηλεφώνου δημιουργεί αυτόματα ένα σύνδεσμο γεωγραφικής τοποθεσίας με σημειωμένη (κόκκινη πινέζα) τη θέση που βρίσκεται η διάταξη μας, έτσι με ένα απλό πάτημα στην οθόνη του έξυπνου τηλεφώνου μπορούμε να ανοίξουμε την εφαρμογή Maps και να έχουμε μία ευρύτερη εικόνα της περιοχής αυτής.



Εικόνα 4.3 – Λήψη μηνυμάτων θέσης τύπου "GoogleMaps"

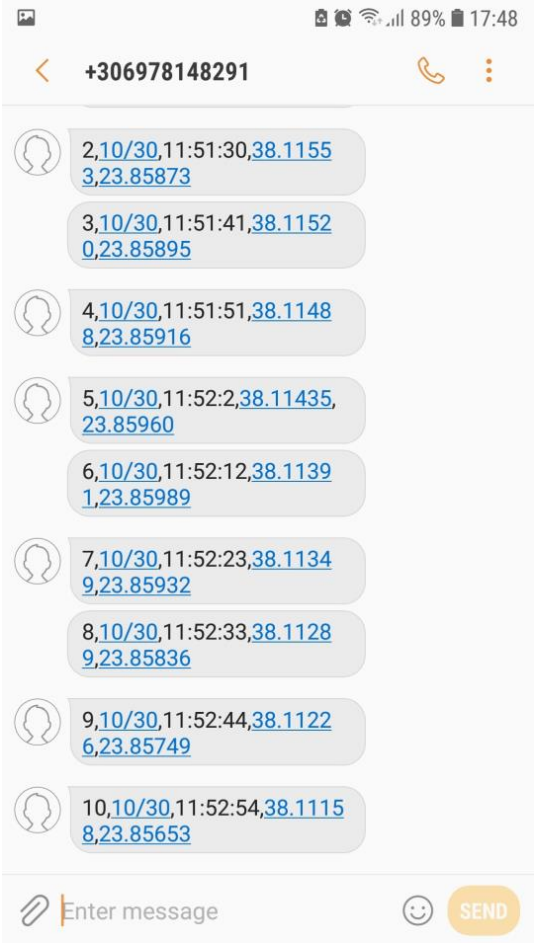
Η συσκευή μας έχει προγραμματιστεί ώστε να στέλνει είτε ένα μόνο μήνυμα τύπου “GoogleMaps” είτε πολλαπλά με προκαθορισμένους ρυθμούς αποστολής. Η διαδικασία για την μονή και την πολλαπλή αποστολή περιγράφεται στη συνέχεια.

Αν το περιεχόμενο του μηνύματος από τον πιστοποιημένο αριθμό τηλεφώνου είναι το ***<!>*** τότε η συσκευή μας θα στείλει μόνο ένα μήνυμα αυτού του τύπου. Για την ενεργοποίηση της αυτοματοποιημένης αποστολής καταρχήν έχουμε ορίσει ένα πλήθος προκαθορισμένων ρυθμών. Οι ρυθμοί αυτοί είναι ανά 15 λεπτά, ανά 30 λεπτά ή ανά 60 λεπτά. Για την λήψη μηνύματος από τη συσκευή με τον πρώτο ρυθμό δηλαδή κάθε 15 λεπτά απαιτείται η αποστολή μηνύματος σε αυτήν που περιέχει τη συμβολοσειρά <***#1***>. Για τους άλλους δύο ρυθμούς τα μηνύματα είναι τα <***#2***> και <***#3***> αντίστοιχα. Η απενεργοποίηση της αυτόματης αποστολής μηνυμάτων μπορεί να γίνει ανά πάσα στιγμή με την αποστολή του γραπτού μηνύματος <***#0***> από τον πιστοποιημένο αριθμό τηλεφώνου. Στην εικόνα 4.5 παρουσιάζονται συνοπτικά οι κωδικοί μηνυμάτων που ενεργοποιούν κάθε ρυθμό μηνύματος στην κατηγορία “GoogleMaps”.

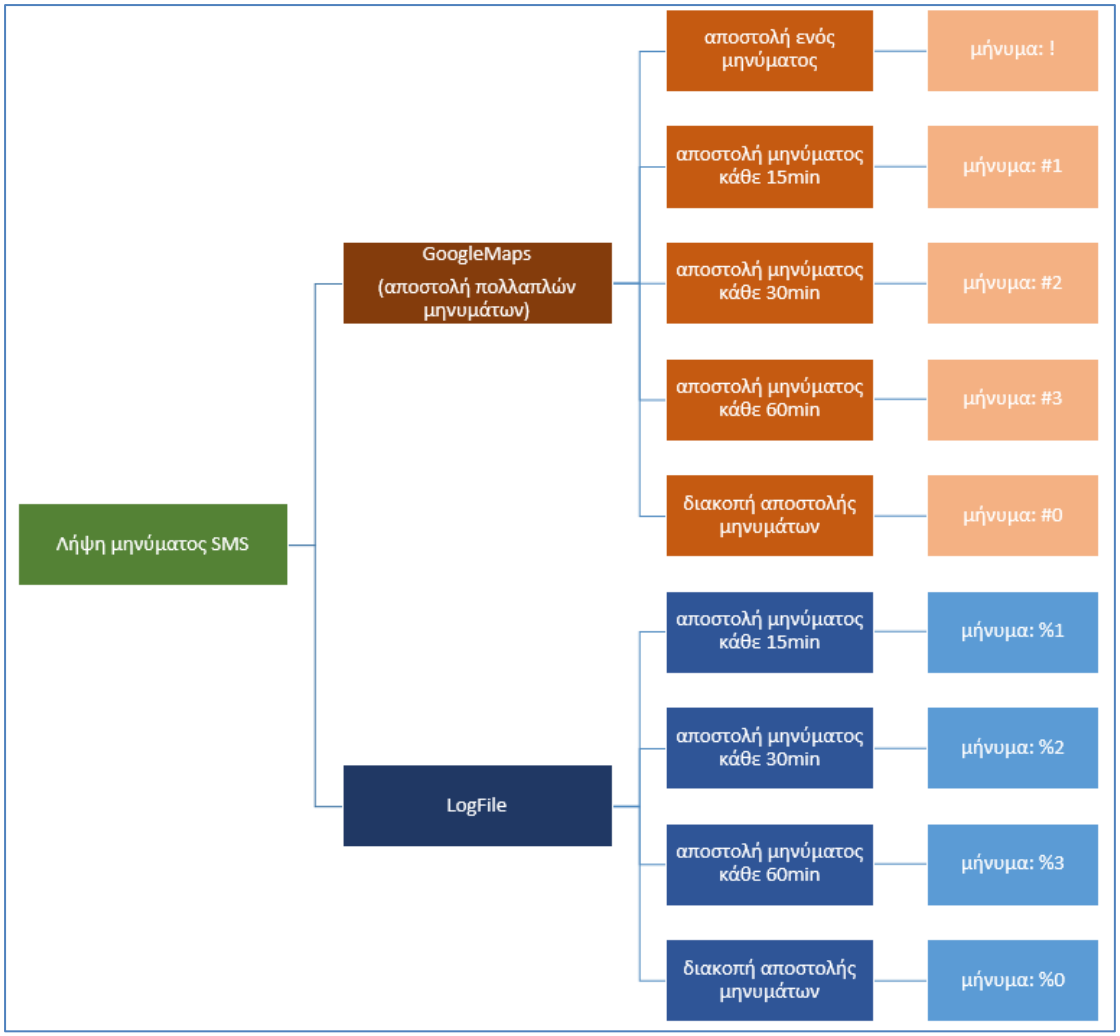
4.2.3 ΜΗΝΥΜΑΤΑ ΤΥΠΟΥ LOGFILE

Μία από τις κυριότερες λειτουργίες της συσκευής μας και βασικός άξονας της πτυχιακής μας εργασίας είναι η καταγραφή (tracking) της πορείας που γίνεται από το όχημα στο οποίο είναι τοποθετημένη η διάταξη. Σε αυτή τη λειτουργία είναι απαραίτητη η χρήση των μηνυμάτων τύπου *LogFile*. Τα μηνύματα *LogFile* μπορούν να αποστέλλονται αυτοματοποιημένα από τη διάταξη μας στους ίδιους ρυθμού με αυτούς του τύπου GoogleMaps(ανά 15, ανά 30, ανά 60 λεπτά), ενώ δεν έχει καμιά λειτουργικότητα η αποστολή ενός και μόνος μηνύματος στη διαδικασία καταγραφής. Για την αυτόματη αποστολή της θέσης και ώρας καταγραφής αυτής με ρυθμό 1 μήνυμα ανά 15 λεπτά στέλνουμε από τον πιστοποιημένο αριθμό τηλεφώνου το μήνυμα <**%1**> ενώ για τους ρυθμούς 30 λεπτά και 60 λεπτά στέλνουμε τα μηνύματα <**%2**> και <**%3**> αντίστοιχα. Παρόμοια είναι και η απενεργοποίηση της λειτουργίας αυτής με το μήνυμα <**%0**>. Στην εικόνα 4.4

απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο μίας ομάδας μηνυμάτων LogFile που έλαβε το πιστοποιημένο κινητό μας τηλέφωνο από τη διάταξη. Στα μηνύματα αυτά παρατηρούμε τον αύξοντα αριθμό μηνύματος αριθμημένο (2,…10) , την ημερομηνία αποστολής (30 Οκτωβρίου), την ώρα αποστολής και τις συντεταγμένες θέσης (γεωγραφικό μήκος και πλάτος). Στα πλαίσια της προσομοίωσης του προγράμματος μας τροποποιήσαμε το ρυθμό αποστολής σε ένα μήνυμα 10 δευτερόλεπτα όπως φαίνεται και στις αναγραφόμενες ώρες λήψης των μηνυμάτων. Στην εικόνα 4.4 μπορούμε να δούμε πώς ενεργοποιείται και απενεργοποιείται κάθε κατηγορίας μήνυμα.



Εικόνα 4.4 – Λήψη μηνυμάτων θέσης τύπου "LogFile"



Εικόνα 4.5 – Κατηγορίες μηνυμάτων SMS για ενεργοποίηση υπηρεσιών

4.2.4 ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για την παρουσίαση και αξιολόγηση της λειτουργίας της διάταξης που κατασκευάσαμε στα πλαίσια της εργασίας αυτής επιλέξαμε προσομοίωση με μηνύματα τύπου *Logfile* και ακολουθήσαμε το σενάριο που ακολουθεί.

Τοποθετήσαμε τη διάταξη σε αυτοκίνητο και τροποποιήσαμε το ρυθμό αποστολής μηνυμάτων ορίζοντας τον σε 1 μήνυμα ανά 10 δευτερόλεπτα έτσι ώστε τα ίχνη καταγραφής της πορείας να είναι σχετικά κοντά το ένα στο άλλο και η τελική

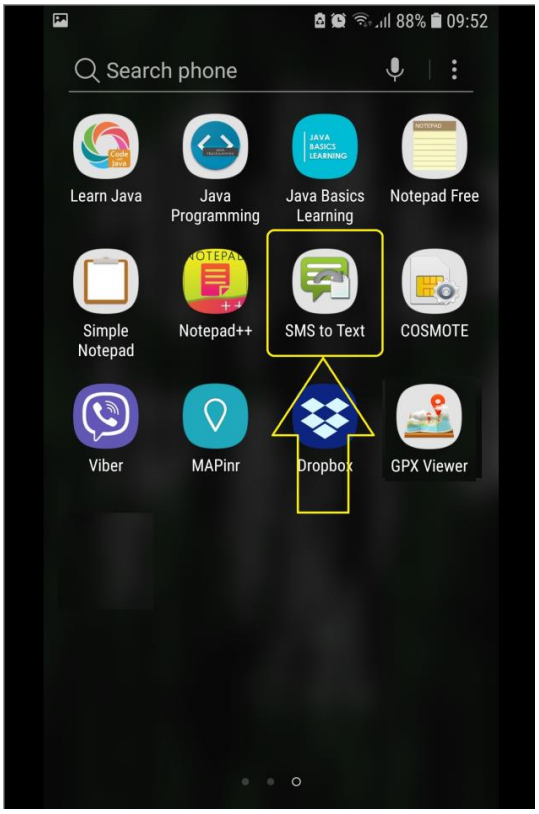
πορεία να έχει όσο το δυνατό πιστότερη αναπαράσταση στο χάρτη ως ένα σύνολο σημείων. Στη συνέχεια ενεργοποιήσαμε τη συσκευή μας και μετά το πέρας περίπου 20 δευτερολέπτων είχε ολοκληρώσει τη διαδικασία ανίχνευσης έγκυρου σήματος GPS και σήματος από το δίκτυο της κινητής τηλεφωνίας.

Έχοντας τη διάταξη σε λειτουργία αναμονής αποστείλαμε από το κινητό μας τηλέφωνο που περιέχει και τον εξουσιοδοτημένο αριθμό τηλεφώνου μήνυμα με περιεχόμενο <%1> έτσι ώστε η συσκευή να αρχίζει να στέλνει μηνύματα με τον τροποποιημένο πλέον ρυθμό των 10 δευτερολέπτων, ενώ ταυτόχρονα αρχίσουμε την πορεία με το αυτοκίνητο μας. Στην εικόνα 4.4 έχουμε μία ομάδα από τα πρώτα 9 μηνύματα που λάβαμε. Όπως περιγράψαμε και στην προηγούμενη παράγραφο τα μηνύματα αυτά αρχίζουν με ένα αύξοντα αριθμό ακολουθούμενο από την ημερομηνία, την ώρα του δέκτη GPS (GMT) και τελειώνουν με τις συντεταγμένες του γεωγραφικού μήκους και πλάτους.

Επειδή η ανάπτυξη μίας εφαρμογής που λαμβάνει ως είσοδο τα μηνύματα τύπου *LogFile* και αποτυπώνει αυτόματα την καταγραφή της πορείας του δέκτη στο χάρτη είναι εκτός του αντικειμένου μελέτης της παρούσας εργασίας, για τη λειτουργία αποτύπωσης της πορείας εφαρμόσαμε τη διαδικασία που περιγράφεται ακολούθως χρησιμοποιώντας εφαρμογές που είναι διαθέσιμες στον χώρο των έξυπνων κινητών τηλεφώνων.

Μετά την ολοκλήρωση της πορείας με το αυτοκίνητο στείλαμε από το κινητό μας τηλέφωνο στη συσκευή το μήνυμα <%0> σηματοδοτώντας τον τερματισμό της αποστολής μηνυμάτων από αυτήν. Συνολικά λάβαμε 70 μηνύματα για μία διαδρομή περίπου 12 λεπτών της ώρας με το αυτοκίνητο.

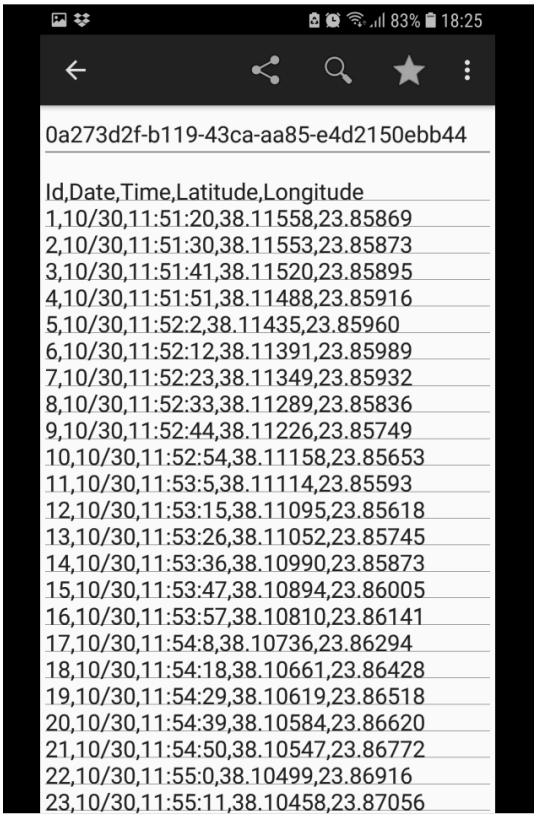
Το επόμενο βήμα αφορά την εξαγωγή των μηνυμάτων σε ένα αρχείου κειμένου απλής μορφής txt το οποίο θα περιέχει συνολικά όλες τις χρήσιμες πληροφορίες από τα απεσταλμένα μηνύματα. Για το σκοπό αυτό εγκαταστήσαμε στο κινητό μας τηλέφωνο την εφαρμογή ***SMS to Text*** *(Εικόνα 4.6)*



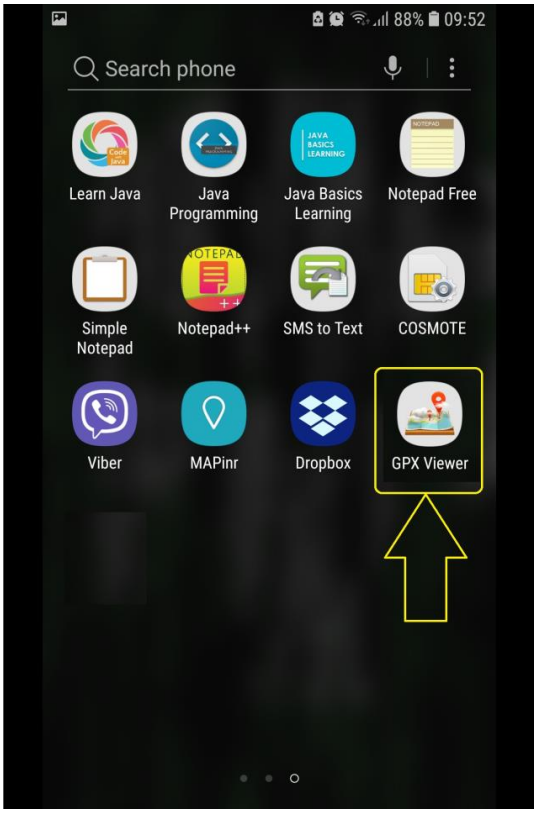
Εικόνα 4.6 – Εφαρμογή SMS to Text στο κινητό μας τηλέφωνο

με την οποία μπορούμε να επιλέξουμε με χρήση ενός φίλτρου που περιέχει μία ομάδα μηνυμάτων από ένα συγκεκριμένο αποστολέα και να εξάγουμε συνολικά το περιεχόμενο τους σε απλό αρχείο κειμένου. Η εικόνα 4.7 περιέχει ένα στιγμιότυπο του αρχείου κειμένου όπως αυτό δημιουργήθηκε από την εφαρμογή ***SMS to Text.***

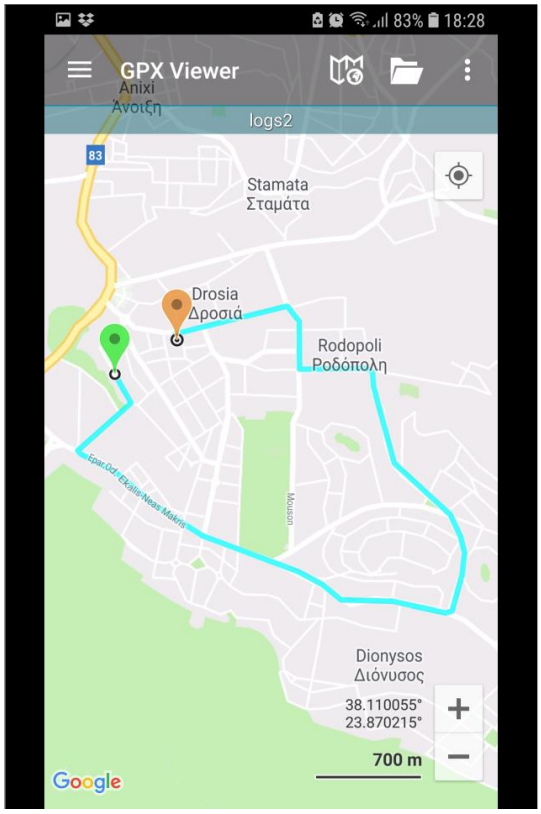
Επόμενη ενέργεια είναι η απεικόνιση στο χάρτη της καταγεγραμμένης διαδρομής που ακολουθήσαμε. Για το σκοπό αυτό εγκαταστήσαμε την εφαρμογή **GPX Viewer**(Εικόνα 4.8) με την οποία μπορούμε να αποτυπώσουμε στο χάρτη την πορεία που περιέχεται στο αρχείο που δημιούργησε η ***SMS to Text***. Η εικόνα 4.9 δείχνει τελικά την πορεία μας αποτυπωμένη πλήρως στον χάρτη, ενώ η εικόνα 4-10 δείχνει σχηματικά τα βήματα που περιγράψαμε στην παράγραφο αυτή.



Εικόνα 4.7 – Εξαγωγή περιεχομένου επιλεγμένων μηνυμάτων



Εικόνα 4.8 – Η εφαρμογή GPX Viewer στο κινητό μας τηλέφωνο



Εικόνα 4.9 – Αποτύπωση της πορείας στο χάρτη μέσω της εφαρμογής GPX Viewer

Εικόνα 4.10 – Βήματα διαδικασίας για τελική αποτύπωση διαδρομής στο χάρτη

Κεφάλαιο 5ο –Λογισμικό

Στο τελευταίο κεφάλαιο περιγράφουμε τον κώδικα που υλοποιεί η εφαρμογή που αναπτύξαμε στα πλαίσια της εργασίας αυτής και ολοκληρώνουμε το κεφάλαιο με τα συμπεράσματα που προέκυψαν τόσο κατά τη φάση μελέτης του συστήματος μας αλλά και κατά την λειτουργία αυτού στο πραγματικό σενάριο που περιεγράφηκε στο τέταρτο κεφάλαιο.

5.1 ΚΩΔΙΚΑΣ

Στην παράγραφο αυτή παραθέτουμε τον κώδικα που αναπτύξαμε για τη διάταξη που πραγματώσαμε.

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

#define NO 1
#define YES 2
//ορίζουμε το ρυθμούς αποστολής μηνυμάτων
#define RATE1 30  // 900 (15min)
#define RATE2 60  // 1800   (30min)
#define RATE3 300 //15sec // 3600 (60min)
#define GoogleMaps 1
#define LogFile 2
TinyGPS gps; // δημιουργία αντικειμένου GPS
SoftwareSerial SIM900(6, 7); //ορισμός ακροδεκτών SIM900 TX,RX

char incoming_char=0;
//δηλώνουμε τον αριθμό του πιστοποιημένου αριθμού τηλεφώνου από τον
//οποίο μπορεί να δέχεται τις εντολές-μηνύματα αποστολής μηνυμάτων
char clrID[]="+306972000000";
String SerialData="",SerialData1="",SerialData2="",sId="";
int check_next_character=NO;
int sendEvery=RATE1;
int type_of_SMS=GoogleMaps;
int send_First_Line=YES;
int authenticated=NO;
int autoSend=NO;
int WaitForGpsPosition=YES;

int Timer=0;
int Id=1;
```

```
int year;
byte month, day, hour, minute, second, hundredths;
float lng,lat;
int i_char=0;


void sendSMS(String Message,String callerID)
{
  //συνάρτηση για την αποστολή μηνύματος SMS με περιεχόμενο που
//περιέχεται στη μεταβλητή Message στον αριθμό  'callerID'
  Serial.print("I 'm sending the SMS:");
  Serial.println(Message);
  Serial.println("**********************");

    SIM900.print("AT+CMGF=1\r");
    delay(100);
    SIM900.println("AT + CMGS = \"+30"+callerID+"\"");
    delay(100);
    SIM900.println(Message);
    delay(100);
    SIM900.println((char)26);
    delay(100);
    SIM900.println();
    delay(5000);
}

void receiveSMS()
{
  //συνάρτηση που ενεργοποιεί το SIM900 για τη λήψη μηνυμάτων
  SIM900.print("AT+CMGF=1\r");delay(100);
  SIM900.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r");delay(100);
}

void call(String callerID)
{
  //συνάρτηση που πραγματοποιεί κλήση στον αριθμό callerID
  SIM900.println("ATD + +30"+callerID+";");
  delay(100);
  delay(30000);
  SIM900.println("ATH");
}
void softPower()
{
  //συνάρτηση για την ενεργοποίηση του SIM900
  digitalWrite(9, HIGH);delay(1000);
  digitalWrite(9, LOW);delay(5000);
}

void setup(void)
{
  pinMode(9,OUTPUT);
  pinMode(13,OUTPUT);
  pinMode(10,OUTPUT);
  digitalWrite(10,0);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("System is UP!");
  delay(1000);
  SIM900.begin(19200);
  delay(10000);
Serial.println("sending signal wake up to SIM900");
  softPower();
```

```
  Serial.println("SIM900 Ready!!!");
  receiveSMS();

}
void verify_sender()
{
  //συνάρτηση για την ανίχνευση του πιστοποιημένου αριθμού κινητού
//τηλεφώνου στα εισερχόμενα μηνύματα. Η πιστοποίηση δηλώνεται με την
//τιμή YES στη μεταβλητή authenticated
  if(clrID[i_char]!='\0')
      if(incoming_char==clrID[i_char]) i_char++;
      else i_char=0;
  if (i_char==12) {authenticated=YES;i_char=0;}
}

void readSMS()
{

  //Ανάγνωση εισερχόμενων μηνυμάτων και αποθήκευση στη μεταβλητή
 //incoming_char
  if(SIM900.available() >0)
  {
    incoming_char=SIM900.read();Serial.print(incoming_char);
    verify_sender();


    if(authenticated==YES)
    {
      if(incoming_char=='#')
{type_of_SMS=GoogleMaps;check_next_character=YES;}
      if(incoming_char=='%')
      {
        type_of_SMS=LogFile;check_next_character=YES;
        send_First_Line=YES;Id=1;
      }
      if(incoming_char=='!')
      {
        authenticated=NO;i_char=0;
        GPSread();
      }

      if(check_next_character==YES)
      {

        if(incoming_char=='1')
        {
          sendEvery=RATE1;
          authenticated=NO;
          i_char=0;
          autoSend=YES;
          check_next_character=NO;
        }
        else if(incoming_char=='2')
        {
          sendEvery=RATE2;
          authenticated=NO;
          i_char=0;
          autoSend=YES;
          check_next_character=NO;
        }
        else if(incoming_char=='3')
```

```
        {
          sendEvery=RATE3;
          authenticated=NO;
          i_char=0;
          autoSend=YES;
          check_next_character=NO;
        }
        else if(incoming_char=='0')
        {
          authenticated=NO;
          i_char=0;
          autoSend=NO;
          check_next_character=NO;
          send_First_Line=NO;
        }
      }
    }


  }
  if(autoSend==YES) sendSMSevery();
}



void sendSMSevery()
{
   //συνάρτηση για την αποστολή μηνυμάτων SMS με ρυθμό RATE1/sec
   if(Timer>sendEvery*1000)
   {
    GPSread();
    Timer=0;
   }
   Timer++;
   if(Timer>3600000) Timer=0;
   delay(1);
}
void gpsRead()
{
  //ανάγνωση των δεδομένων από το GPS: ημερομηνία/ώρα
//γεωγ.μήκος,πλάτος
  while(Serial.available())
  {
    if(gps.encode(Serial.read()))// encode gps data
    {
      WaitForGpsPosition=NO;

gps.crack_datetime(&year,&month,&day,&hour,&minute,&second,&hundredth
s);
      gps.f_get_position(&lng,&lat);
      SerialData1 = String(lng,5);SerialData2 = String(lat,5);
      if(type_of_SMS==GoogleMaps)
      {

SerialData="http://maps.google.com/?q="+SerialData1+","+SerialData2;
        digitalWrite(10,1);
        Serial.println(SerialData);
        sendSMS(SerialData,"6972713202");
      }
      else
      {
```

```
        if(send_First_Line==YES)
        {
          send_First_Line=NO;
          Serial.println("");
          Serial.println("Id,Date,Time,Latitude,Longitude");
        }

SerialData=String(Id,DEC)+","+String(month,DEC)+"/"+String(day,DEC)+"
,"+String(hour,DEC)+":"+String(minute,DEC)+":"+String(second,DEC)+","
+SerialData1+","+SerialData2;
         Serial.println(SerialData);
         sendSMS(SerialData,"6972713202");
         Id++;
      }
     }
  }

}

void GPSread()
{
   //αναμονή για έγκυρο σήμα GPS
   WaitForGpsPosition=YES; while(WaitForGpsPosition==YES)
{gpsRead();}
}
void loop()
{
  readSMS();
}
```

5.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μας δόθηκε η δυνατότητα να μελετήσουμε τόσο σε θεωρητικό επίπεδο τα συστήματα μονάδων GPS και GSM, αλλά και να δημιουργήσουμε ένα ολοκληρωμένο σύστημα εντοπισμού της θέσης ενός οχήματος με χρήση αυτών των μονάδων σε συνδυασμό με τον μικροελεγκτή Arduino.

Η ανάπτυξη των έξυπνων τηλεφώνων τα τελευταία χρόνια και ιδιαιτέρως η πληθώρα εφαρμογών που συναντάμε στο λειτουργικό σύστημα ανοιχτού κώδικα Android μας βοήθησε τόσο στο σημείο της άμεσης απεικόνισης των πληροφοριών του GPS στο χάρτη, αλλά και στην ομαδική εξαγωγή περιεχομένου μηνυμάτων SMS σε μορφή συμβατή για την εισαγωγή τους σε προγράμματα χαρτών. Ενδιαφέρον θα είχε και η ανάπτυξη μίας εφαρμογής που θα μπορούσε να επιτελεί τις παραπάνω

δύο λειτουργίες αυτοματοποιημένα αλλά αυτό ήταν πέραν του σκοπού της τρέχουσας εργασίας.

Στη διάταξη που σχεδιάσαμε και υλοποιήσαμε προσθέσαμε απλές λειτουργίες όπως αποστολή θέσης είτε μία φορά είτε επαναλαμβανόμενα με σταθερό ρυθμό, ως μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να προστεθεί η δυνατότητα από τη συσκευή να μας ειδοποιεί με κατάλληλο μήνυμα για την απομάκρυνση του οχήματος-συσκευής από μία περιοχή τα όρια της οποίας θα μπορούσαμε να ρυθμίσουμε απομακρυσμένα μέσω σύντομων μηνυμάτων SMS. Επίσης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το δίκτυο GPRS ώστε τα δεδομένα της συσκευής ανίχνευσης αν δρομολογούνται μέσω του διαδικτύου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Noble, J., Programming interactivity: A Designer's Guide to Processing, Arduino and open Framework, O" Reilly Media,2009.

[2] www.arduino.cc/reference/en/

[3] www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno

[4] www.u-blox.com/en/product/neo-6-series

[5] "GPS Guide for Beginners",

www.garmin.com/manuals/GPSGuideforBeginners Manual.pdf , Garmin (2000).

[6] Andreas Goransson, David Cuartielles Ruiz, Professional Android open accessory programming with arduino, Wiley publishing, 2013.

[7] http://www.espruino.com/datasheets/SIM900_AT.pdf

[8] http://randomnerdtutorials.com/sim900-gsm-gprs-shield-arduino/

[9] "The GSM System for Mobile Communications", Michel Mouly; Marie-Bernadette Paute, ISBN 10: 0945592159