

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΘΕΜΑ»

ΑΠΟΜΑΚΡΙΣΜΕΝΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕΣΩ ΚΙΝΗΤΗΣ
ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ



Των φοιτητών
ΤΣΕΛΕΓΚΙΑΔΗ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ
Αρ. Μητρώου: 516141
ΖΩΤΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ
Αρ. Μητρώου: 515038

Επιβλέπων
Ονοματεπώνυμο :
ΓΙΑΚΟΥΜΗΣ ΑΓΓΕΛΟΣ
Βαθμίδα: ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Σεπτέμβρης 2023

Τίτλος Π.Ε.: «ΑΠΟΜΑΚΡΙΣΜΕΝΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ
ΜΕΣΩ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ»

Κωδικός Π.Ε. 21376

Όνοματεπώνυμο φοιτητών : Τσελεγκίδης Ελευθέριος και Ζώτος Νικόλαος

Όνοματεπώνυμο εισηγητή : Γιακουμής Άγγελος

Ημερομηνία ανάληψης Π.Ε. 17-10-2021

Ημερομηνία περάτωσης Π.Ε. 31-07-2023

Βεβαιώνουμε ότι είμαστε οι συγγραφείς αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχουμε καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμάς προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία των φοιτητών Τσελεγκίδη Ε. και Ζώτου Ν. που την εκπόνησαν. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητα και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών του ΔΠΙΑΕ, με σκοπό την κατανόηση των τεχνολογιών που συμβάλουν στον εντοπισμό θέσης και πλοήγησης οχήματος μέσω κινητών τηλεφώνων και στόχο να αναπτυχθεί ένα λειτουργικό σύστημα GPS Tracker που είναι σε θέση να παρέχει στον χρήστη τη δυνατότητα να εντοπίζει και να κλειδώνει το όχημά του μέσω SMS. Ο χρήστης θα μπορεί να στέλνει ένα SMS στον αριθμό που χρησιμοποιείται από το module SIM800L και θα λαμβάνει πίσω ένα SMS με τις γεωγραφικές συντεταγμένες του οχήματος, καθώς και να ελέγχει την κατάσταση κλειδώματος του οχήματος.

Το GPS Tracker επιτρέπει τον εντοπισμό ενός οχήματος ή μιας μοτοσικλέτας μέσω της τεχνολογίας GPS. Είναι σχεδιασμένο να επικοινωνεί με ένα smartphone μέσω SMS.

Με την ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής εργασίας, αναμένεται να δημιουργηθεί ένα λειτουργικό σύστημα παρακολούθησης οχημάτων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ασφάλεια και για άλλους σκοπούς, ενώ παράλληλα προσφέρει ευελιξία και ευκολία χρήσης για τον χρήστη.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σκοπό να αναδείξει τη συμβολή του μοντέλου-συστήματος Arduino στον εντοπισμό θέσης και κατάστασης οχήματος μέσω κινητού τηλεφώνου. Εντός πέντε κεφαλαίων περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας των μικροελεγκτών και του συστήματος Arduino, το δορυφορικό σύστημα GPS, ο τρόπος κατασκευής και λειτουργίας του μοντέλου, καθώς και τα συμπεράσματα από τη λειτουργία του.

Πιο συγκεκριμένα, στο 1ο κεφάλαιο, η εργασία περιλαμβάνει περιγραφή των μικροελεγκτών Arduino, ενώ προηγείται μια γενική αναφορά στους μικροεπεξεργαστές και μικροελεγκτές.

Στο 2ο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στο σύστημα GPS και τη λειτουργία του. Το σύστημα GPS αποτελεί τη βάση δεδομένων του μικροελεγκτή. Οι συντεταγμένες που δίνει το GPS παρέχουν στον μικροελεγκτή την ικανότητα να εντοπίσει τη θέση του οχήματος μέσω του GSM.

Στο 3ο κεφάλαιο περιγράφεται η κατασκευή και ο τρόπος λειτουργίας του μοντέλου με το ενσωματωμένο σύστημα Arduino.

Στο 4ο κεφάλαιο περιγράφονται τα πειραματικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τη λειτουργία του μοντέλου και αξιολογούνται.

Και στο 5ο κεφάλαιο καταγράφονται τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουμε βάσει των αποτελεσμάτων, και γίνονται επίσης προτάσεις για την εξέλιξη του μοντέλου.

Λέξεις κλειδιά: μικροεπεξεργαστής, μικροελεγκτής, Arduino, GPS tracker.

«Remote control of vehicle position and status via mobile phone»

«Tselegkidis Eleftherios & Zotos Nikolaos»

Abstract

This thesis aims to highlight the contribution of the Arduino model-system in locating the position and status of a vehicle through a mobile phone. The thesis consists of five chapters, which describe the operation of the microcontrollers and the Arduino system, the GPS satellite system, the construction and operation of the model, as well as the conclusions drawn from its operation.

More specifically, in the 1st chapter, the work includes a description of Arduino microcontrollers, along with a general reference to microprocessors and microcontrollers.

In the 2nd chapter, reference is made to the GPS system and its operation. The GPS system forms the database of the microcontroller. The coordinates given by the GPS provide the microcontroller with the ability to locate the vehicle's position through the GSM.

The 3rd chapter describes the construction and operation of the model with the integrated Arduino system.

Chapter 4 presents the experimental results from the operation of the model and evaluates them.

Lastly, in the 5th chapter, we record the conclusions reached based on the results, and also provide suggestions for the further development of the model.

Keywords: microprocessor, microcontroller, Arduino, GPS tracker.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε τον καθηγητή μας, κ. Γιακουμή Άγγελο, ο οποίος μας έδωσε την ευκαιρία να συνεργαστούμε και να ερευνήσουμε αυτό το πολύ ενδιαφέρον θέμα για εμάς και ταυτόχρονα χρήσιμο για την εμπειρία μας ως Ηλεκτρονικοί Μηχανικοί.

Παράλληλα ευχαριστούμε και τις οικογένειές μας που μας στήριξαν όχι μόνο κατά την περίοδο της σύνταξης και συγγραφής της παρούσης εργασίας, αλλά και σε όλη τη διάρκεια των προπτυχιακών μας σπουδών.

Περιεχόμενα

Πίνακας περιεχομένων

Πρόλογος.....	iv
Περίληψη.....	v
Abstract.....	vi
Ευχαριστίες.....	vii
Περιεχόμενα.....	viii
Κατάλογος Σχημάτων	x
Συντομογραφίες.....	xii
Κεφάλαιο 1ο: Μικροελεγκτές-μικροελεγκτές Arduino.....	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Υποσυστήματα και περιφερειακά των μικροεπεξεργαστών.....	1
1.3 Πλεονεκτήματα μικροελεγκτών	2
1.4 Οικογένειες μικροελεγκτών.....	2
1.5 Πρόσθετες λειτουργίες.....	3
1.6 Διαδεδομένες κατηγορίες μικροελεγκτών.....	3
1.7 Γλώσσες προγραμματισμού και εργαλεία ανάπτυξης.....	4
1.8 Μικροελεγκτές Arduino	5
1.9 Ιστορία και ανάπτυξη του Arduino	5
1.9.1 Ιστορία.....	5
1.9.2 Ανάπτυξη.....	5
1.10 Αρχιτεκτονική και χαρακτηριστικά του Arduino.....	5
1.11 Επίσημες πλακέτες Arduino.....	6
1.12 Περιβάλλον προγραμματισμού Arduino	13
1.13 Επίλογος	15
Κεφάλαιο 2ο: Πλοήγηση & εντοπισμός θέσης μέσω των κινητών τηλεφώνων.....	16
2.1 Εισαγωγή.....	16
2.2 Global System for Mobile communications	16
2.3 Υπηρεσίες πλοήγησης	23
2.4 Εφαρμογές πλοήγησης και εντοπισμού θέσης στα κινητά τηλέφωνα.....	23
2.4.1 Google Maps	24
2.4.2 GPS Navigation.....	24
2.5 Επιμέρους τμήματα του παγκόσμιου δικτύου	27

2.5.1	Διαστημικό τμήμα	27
2.5.2	Επίγειο τμήμα ελέγχου	27
2.5.3	Τμήμα τελικού χρήστη.....	27
2.6	Επίλογος	33
Κεφάλαιο 3ο: Επιλογή και κατασκευή πλακέτας Arduino.....		34
3.1	Εισαγωγή.....	34
3.2	Εξαρτήματα και δομή του κυκλώματος.....	34
3.2.1	Περιγραφή των εξαρτημάτων	34
3.2.2	Ανάλυση της δομής του κυκλώματος	38
3.2.3	Σχεδίαση του κυκλώματος.....	39
3.3	Προγραμματισμός του συστήματος-Ανάλυση των συναρτήσεων.....	41
3.3.1	Βιβλιοθήκες και δήλωση μεταβλητών.....	42
3.3.2	Συναρτήσεις	43
3.3.3	Set up	48
3.3.4	Loop- Κύριο σώμα.....	49
3.4	Ανάλυση του διαγράμματος ροής.....	52
3.5	Ανάλυση των συναρτήσεων	57
3.6	Προβλήματα, Λύσεις και Υλοποίηση της Κατασκευή και του Κώδικα.....	58
3.7	Επίλογος	66
Κεφάλαιο 4ο: Αξιολόγηση και πειραματικά αποτελέσματα		67
4.1	Εισαγωγή.....	67
4.2	Πειραματική διαδικασία - Πειραματικά αποτελέσματα.....	67
4.3	Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων	69
Κεφάλαιο 5ο: Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.		
5.1	Συμπεράσματα.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
5.2	Μελλοντικές επεκτάσεις και βελτιώσεις	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		71

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1: Arduino Diecimila	8
Σχήμα 2.2: Arduino Duemilanove.....	8
Σχήμα 2.3: Arduino UNO	9
Σχήμα 2.4: Arduino Leonardo.....	9
Σχήμα 2.5: Arduino Pro Micro.....	10
Σχήμα 2.6: Arduino Mega.....	10
Σχήμα 2.7: Arduino Nano	11
Σχήμα 2.8: Arduino Due	11
Σχήμα 2.9: Arduino Pro mini 5V 16MHz.....	12
Σχήμα 2.10: Μικροελεγκτής ATMEGA328P.....	13
Σχήμα 2.11: Δορυφόροι	26
Σχήμα 2.12: GPS δορυφορική πλοήγηση, σε smartphone, πάνω σε ποδήλατο.	30
Σχήμα 2.13: GPS συσκευή πλοήγησης Navigon, σε ταμπλό αυτοκινήτου.....	31
Σχήμα 2.14: GPS συσκευή πλοήγησης Navigon.....	32
Σχήμα 2.15: Controlling satellites.....	32
Σχήμα 3.1: Arduino Pro Mini.....	34
Σχήμα 3.2: SIM800L module.....	35
Σχήμα 3.3: NEO 6M GPS module	36
Σχήμα 3.4: Διακόπτης (relay).....	37
Σχήμα 3.5: XL4015 Step-Down Module.....	38
Σχήμα 3.6: Σχεδίαση του κυκλώματος.....	39
Σχήμα 3.7: Φωτογραφία του κυκλώματος	40
Σχήμα 3.8: Φωτογραφία του κυκλώματος	40
Σχήμα 3.9: Φωτογραφία του κυκλώματος	41
Σχήμα 3.10: Διάγραμμα Μπλόκ (Block Diagram).....	52
Σχήμα 3.11: Διάγραμμα Ροής Κύριας Loop.....	53
Σχήμα 3.12: Ανάλυση Διαγράμματος Ροής Κύριας Loop	54
Σχήμα 3.13: Η κατασκευή εξωτερικά	59
Σχήμα 3.14: Αρχική κεραία.....	60
Σχήμα 3.15: Κατασκευή.....	61
Σχήμα 3.16: Κατασκευή.....	61
Σχήμα 3.17: Κατασκευή.....	62
Σχήμα 3.18: Κατασκευή.....	63
Σχήμα 3.19: Κατασκευή.....	64
Σχήμα 3.20: Κατασκευή.....	64
Σχήμα 3.21: Τελική κατασκευή.....	65
Σχήμα 3.22: Τελική κατασκευή.....	65

Συντομογραφίες

ARM	Προχωρημένη Μηχανή RISC (Advanced RISC Machine)
ADC	Analog to Digital converter
ALU	Λογική και Αριθμητική Μονάδα
CD-ROM	Read-only memory
EEPROM	Μόνιμη μνήμη αποθήκευσης παραμέτρων λειτουργίας (electrically erasable programmable read-only memory)
GPSD	GPS Daemon (computing)
GPU	Γραφικά εντός τσιπ (<i>graphics processing unit</i>)
GPIO	Δυνατότητες εισόδου/εξόδου (General Purpose Input/Output)
GSM	Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών
HDMI Interface)	Διασύνδεση Πολυμέσων Υψηλής Ευκρίνειας (High-Definition Multimedia)
IoT	Internet of things
IDE	Ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης
JTAG	Θύρα (Joint Test Action Group)
LBS	Υπηρεσίες τεχνολογίας εντοπισμού τοποθεσίας
LCD	Ελεγκτής οθόνης υγρών κρυστάλλων (Liquid Crystal Display)
MIT	Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης
MIPS	Million instructions per second
NTP	Διακομιστής NTP (Network Time Protocol)
NVRAM	Non-volatile random-access memory
OTP	One Time Programmable
PIO	Parallel Input-Output
PIC	Programmable Intelligent Computer
RISK	Υπολογιστής περιορισμένου συνόλου εντολών
RTC	Real Time Clock
RAM	Μνήμη τυχαίας προσπέλασης (Random access memory)
RCA	Τυπική θύρα (Radio Corporation of America)
SD	Κάρτες Secure Digital
SSD	Προσαρτημένος χώρος αποθήκευσης
USB	Ενιαίος Σειριακός Δίαυλος (Universal Serial Bus)

Κεφάλαιο 1ο: Μικροελεγκτές-μικροελεγκτές Arduino

1.1 Εισαγωγή

Ο μικροελεγκτής είναι ένα είδος επεξεργαστή, για την ακρίβεια είναι μια παραλλαγή μικροεπεξεργαστή, ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει με ελάχιστα εξωτερικά εξαρτήματα, λόγω των πολλών ενσωματωμένων υποσυστημάτων που διαθέτει. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλα τα ενσωματωμένα συστήματα ελέγχου χαμηλού και μεσαίου κόστους, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σε αυτοματισμούς, ηλεκτρονικά καταναλωτικά προϊόντα όπως ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, ηλεκτρονικά παιχνίδια, ηλεκτρικές συσκευές και κάθε είδους αυτοκινούμενα τροχοφόρα οχήματα[1], [2],[7],[9-11]. Η βασική αρχιτεκτονική των μικροελεγκτών δεν διαφέρει από αυτή των κοινών μικροεπεξεργαστών, αν και στους πρώτους απαντάται συχνά η αρχιτεκτονική μνήμης τύπου Harvard[8], η οποία χρησιμοποιεί διαφορετικές γραμμές σύνδεσης της μνήμης προγράμματος και της μνήμης δεδομένων (π.χ. οι σειρές AVR από την Atmel και PIC από την Microchip). Ενώ στους κοινούς μικροεπεξεργαστές συνηθίζεται η ενιαία διάταξη μνήμης τύπου Νιούμαν. Ένας μικροεπεξεργαστής περιλαμβάνει τις περισσότερες ή όλες τις λειτουργίες μιας Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή σε ένα ενιαίο ολοκληρωμένο κύκλωμα. Οι πρώτοι μικροεπεξεργαστές εμφανίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1970 και χρησιμοποιήθηκαν σε ηλεκτρονικές αριθμομηχανές. Η ενσωμάτωση των μικροεπεξεργαστών σε άλλες συσκευές, όπως τερματικά, εκτυπωτές κλπ, ακολούθησε σχετικά γρήγορα. Με χρήση ενός 8-bit μικροεπεξεργαστή, κατασκευάστηκε ο πρώτος μικροϋπολογιστής γενικού σκοπού στα μέσα της δεκαετίας του 1970. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των μικροεπεξεργαστών που ακολούθησε συνδέεται με τις αυξημένες απαιτήσεις από γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου. Το ολοκληρωμένο κύκλωμα που αποτελεί τον μικροεπεξεργαστή, περιέχει μόνο την Λογική και Αριθμητική Μονάδα (ALU), στοιχειώδεις καταχωρητές (registers), προσωρινή μνήμη RAM πολύ υψηλής ταχύτητας και κάποιες φορές τον ελεγκτή μνήμης (memory controller). Όμως, για τη λειτουργία ενός πλήρους ενσωματωμένου υπολογιστικού συστήματος, απαιτούνται πολλά εξωτερικά υποσυστήματα και περιφερειακά[3],[8],[12-14].

1.2 Υποσυστήματα και περιφερειακά των μικροεπεξεργαστών

- Κύκλωμα συνδετικής λογικής (glue logic) για τη σύνδεση των εξωτερικών μνημών και άλλων περιφερειακών παράλληλης σύνδεσης στην δίοδο δεδομένων (data bus) του επεξεργαστή.
- Μνήμη προγράμματος (τύπου ROM, FLASH, EPROM κλπ) η οποία περιέχει το λογισμικό του συστήματος. Σε κάποια μοντέλα, είναι δυνατό το κλείδωμα αυτής της μνήμης, μετά την εγγραφή της, ώστε να προστατευτεί το περιεχόμενό της από αντιγραφή.
- Μεγάλο μέγεθος μνήμης RAM.
- Μόνιμη μνήμη αποθήκευσης παραμέτρων λειτουργίας (τύπου EEPROM ή NVRAM) η οποία να μπορεί να γράφεται στον πυρήνα του μικροελεγκτή. Αυτή η μνήμη έχει, έναντι της FLASH, το πλεονέκτημα της δυνατότητας διαγραφής και εγγραφής οποιουδήποτε μεμονωμένου byte.
- Κύκλωμα αρχικοποίησης (reset).
- Διαχειριστής αιτήσεων διακοπής (interrupt request controller) από τα περιφερειακά.
- Κύκλωμα επιτήρησης τροφοδοσίας το οποίο παρακολουθεί την τροφοδοσία και αρχικοποιεί ολόκληρο το σύστημα όταν αυτή πέσει κάτω από τα ανεκτά όρια, προλαμβάνοντας έτσι την αλλοίωση των δεδομένων.

- Κύκλωμα επιτήρησης λειτουργίας το οποίο αρχικοποιεί το σύστημα, αν αυτό εμφανίσει σημάδια δυσλειτουργίας λόγω κολλήματος .
- Τοπικός ταλαντωτής για την παροχή παλμών χρονισμού (clock).
- Έναν ή περισσότερους χρονιστές-απαριθμητές υψηλής ταχύτητας για τη δημιουργία καθυστερήσεων, μέτρηση διάρκειας γεγονότων, απαρίθμηση γεγονότων και άλλων λειτουργιών ακριβούς χρονισμού.
- Ρολόι πραγματικού χρόνου το οποίο τροφοδοτείται από ανεξάρτητη μπαταρία και γι αυτό πρέπει να έχει πολύ χαμηλή κατανάλωση ρεύματος.
- Σειρά ανεξάρτητων ψηφιακών εισόδων και εξόδων [3],[8],[12-14].

1.3 Πλεονεκτήματα μικροελεγκτών

Στους σύγχρονους μικροεπεξεργαστές για μη ενσωματωμένα συστήματα, όπως είναι οι μικροεπεξεργαστές των ηλεκτρονικών υπολογιστών, δίνεται έμφαση στην υπολογιστική ισχύ και η ευελιξία ανάπτυξης διαφορετικών εφαρμογών είναι μεγάλη. Η λειτουργικότητα του τελικού συστήματος, η οποία δεν είναι εξειδικευμένη, καθορίζεται από τα εξωτερικά περιφερειακά τα οποία συνδέονται με τον μικροεπεξεργαστή. Στους μικροεπεξεργαστές για ενσωματωμένα συστήματα, τους μικροελεγκτές δηλαδή, οι οποίοι έχουν μικρότερες ή και μηδαμινές δυνατότητες συνεργασίας με εξωτερικά περιφερειακά, η ευελιξία είναι περιορισμένη, καθώς και η υπολογιστική ισχύς. Οι μικροελεγκτές δίνουν έμφαση στο μικρό αριθμό ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που απαιτείται για τη λειτουργία μιας συσκευής, το χαμηλό κόστος και την εξειδίκευση. Αυτά αποτελούν και τα πλεονεκτήματά τους. Πιο συγκεκριμένα εξασφαλίζουν :

- Αυτονομία, μέσω της ενσωμάτωσης σύνθετων περιφερειακών υποσυστημάτων όπως μνήμες και θύρες επικοινωνίας. Έτσι πολλοί μικροελεγκτές δεν χρειάζονται κανένα άλλο ολοκληρωμένο κύκλωμα για να λειτουργήσουν.
- Ενσωμάτωση περιφερειακών σημαίνει ευκολότερη υλοποίηση εφαρμογών λόγω των απλούστερων διασυνδέσεων.
- Χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος, μεγιστοποιώντας τη φορητότητα και ελαχιστοποιώντας το κόστος της συσκευής στην οποία ενσωματώνεται ο μικροελεγκτής.
- Χαμηλό κόστος.
- Μεγαλύτερη αξιοπιστία, και πάλι λόγω των λιγότερων διασυνδέσεων.
- Μειωμένες εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και μειωμένη ευαισθησία σε αντίστοιχες παρεμβολές από άλλες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές. Το πλεονέκτημα αυτό προκύπτει από το μικρότερο αριθμό και μήκος εξωτερικών διασυνδέσεων καθώς και τις χαμηλότερες ταχύτητες λειτουργίας.
- Περισσότερους διαθέσιμους ακροδέκτες για ψηφιακές εισόδους-εξόδους (λόγω της μη δέσμευσής τους για τη σύνδεση εξωτερικών περιφερειακών).
- Μικρό μέγεθος συνολικού υπολογιστικού συστήματος[1], [7],[9-11].

1.4 Οικογένειες μικροελεγκτών

Όλες οι οικογένειες μικροελεγκτών ενσωματώνουν τα περισσότερα από τα παραπάνω περιφερειακά, με διαφοροποιήσεις κυρίως στην ύπαρξη ή μη εσωτερικής μνήμης προγράμματος και στο είδος της. Έτσι, υπάρχουν:

- Μικροελεγκτές χωρίς μνήμη προγράμματος, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως *ROM-less*. Αυτοί παρέχουν πάντοτε μια παράλληλη δίοδο (bus) δεδομένων, πάνω στην οποία συνδέονται εξωτερικές

μνήμες προγράμματος και RAM. Τέτοιοι τύποι μικροελεγκτών προορίζονται για πιο ισχυρά υπολογιστικά συστήματα ελέγχου, με μεγαλύτερες απαιτήσεις μνήμης.

- Μικροελεγκτές με μνήμη ROM, η οποία κατασκευάζεται με το λογισμικό της (Mask ROM) ή γράφεται μόνο μια φορά (One Time Programmable, OTP). Παρέχουν τη δυνατότητα πολύ χαμηλού κόστους, όταν αγοράζονται σε πολύ μεγάλες ποσότητες.
- Μικροελεγκτές με μνήμη FLASH, οι οποίοι μπορούν συνήθως να προγραμματιστεί πολλές φορές. Αυτή είναι η πιο διαδεδομένη κατηγορία. Συχνά ο προγραμματισμός της μνήμης μπορεί να γίνει ακόμη και πάνω στο κύκλωμα της ίδιας της ενσωματωμένης (embedded) εφαρμογής (δυνατότητα In Circuit Programming, ISP). Αυτοί οι μικροελεγκτές έχουν ουσιαστικά αντικαταστήσει τους παλαιότερους τύπους EPROM που έσβηναν με υπεριώδη ακτινοβολία [1]

1.5 Πρόσθετες λειτουργίες

Ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζεται ένας μικροελεγκτής, μπορεί να περιέχει και: Μία ή περισσότερες ασύγχρονες σειριακές θύρες επικοινωνίας (Universal Asynchronous Receiver Transmitter, UART).

Σύγχρονες σειριακές θύρες επικοινωνίας (π.χ. I²C, SPI, Ethernet).

Ολόκληρα υποσυστήματα για την άμεση υποστήριξη από υλικολογισμικό (firmware) των πιο σύνθετων πρωτοκόλλων επικοινωνίας όπως CAN, HDLC, ISDN, ADSL.

Μονάδα άμεσης εκτέλεσης πράξεων κινητής υποδιαστολής (Floating Point Processing Unit, FPU), η οποία είναι πάντοτε πιο γρήγορη από την ALU του επεξεργαστή. Τέτοιες μονάδες χαρακτηρίζουν τους μικροελεγκτές με δυνατότητες ψηφιακής επεξεργασίας σήματος (Digital Signal Processing, DSP). Τα τελευταία χρόνια, με την ευρύτατη διάδοση των φορητών συσκευών ήχου και εικόνας, παρατηρείται μια τάση σύγκλισης των μικροελεγκτών με τους DSP.

Περισσότερες από μία εισόδους για μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (Analog to Digital converter, ADC).

Μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικό σήμα (Digital to Analog converter, DAC).

Ελεγκτή οθόνης υγρών κρυστάλλων (Liquid Crystal Display, LCD).

Υποσύστημα προγραμματισμού πάνω στο κύκλωμα (τύπου ISP). Χάρη σε αυτό το κύκλωμα, είναι δυνατός ο επαναπρογραμματισμός (αναβάθμιση λογισμικού) της εφαρμογής, συνδέοντας στη συσκευή μια εξωτερική συσκευή προγραμματισμού (συνήθως σε θύρα UART RS-232) ή ακόμη και από το διαδίκτυο. Αυτή η δυνατότητα προαπαιτεί την ύπαρξη λογισμικού υποδοχής (bootstrap) μέσα στη μνήμη προγράμματος και επομένως δεν μπορεί να γίνει σε τελείως άδεια μνήμη προγράμματος.

Υποσύστημα προγραμματισμού (τύπου ISP) και διάγνωσης (συνήθως είναι το καθιερωμένο πρότυπο JTAG). Χάρη σε αυτό, είναι δυνατός ο προγραμματισμός της μνήμης προγράμματος χωρίς να προαπαιτείται κάποιο πρόγραμμα υποδοχής. Γι αυτό το λόγο, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στον αρχικό προγραμματισμό, π.χ. κατά τη συναρμολόγηση, ή σε περίπτωση σφάλματος (bug) στο λογισμικό υποδοχής το οποίο να καθιστά αδύνατη την κανονική αναβάθμιση[1].

1.6 Διαδεδομένες κατηγορίες μικροελεγκτών

Λόγω του ισχυρότατου ανταγωνισμού αλλά και της τάσης ενσωμάτωσης των μικροελεγκτών σε κάθε ηλεκτρική και ηλεκτρονική συσκευή, η βιομηχανία μικροελεγκτών έχει καταλήξει στην παραγωγή ανταγωνιστικών μοντέλων μαζικής παραγωγής καθώς και μικροελεγκτών για πιο εξειδικευμένες εφαρμογές. Έτσι διακρίνονται οι εξής κυρίως κατηγορίες:

- Μικροελεγκτές συνήθως των 8-bit, πολύ χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, με πολύ μικρό αριθμό ακροδεκτών (ακόμη και λιγότερους από 8). 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. Απουσιάζει η δυνατότητα επέκτασης της μνήμης τους. Μερικά μοντέλα είναι ευρέως γνωστά στους ερασιτέχνες ηλεκτρονικούς, όπως π.χ. οι περισσότεροι μικροελεγκτές των σειρών PIC (Microchip), AVR (Atmel) και 8051 (Intel, Atmel, Dallas κα).
- Μικροελεγκτές συνήθως των 8-bit αλλά και 16 ή 32-bit χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, με μέτριο έως σχετικά μεγάλο αριθμό ακροδεκτών. Διαθέτουν μεγάλο αριθμό κοινών περιφερειακών, όπως θύρες UART, I2C, SPI ή CAN, μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό και ψηφιακού σε αναλογικό. Στους κατασκευαστές της Άπω Ανατολής (Ιαπωνία, Κορέα), συνηθίζεται η ενσωμάτωση ελεγκτών οθόνης υγρών κρυστάλλων και πληκτρολογίου. Μερικές φορές παρέχουν δυνατότητα εξωτερικής επέκτασης της μνήμης τους.
- Μικροελεγκτές κυρίως των 32-bit, μέσου κόστους, γενικής χρήσης, με μεγάλο αριθμό ακροδεκτών. Χαρακτηρίζονται από έμφαση στην ταχύτητα εκτέλεσης εντολών, υψηλή αυτάρκεια περιφερειακών και μεγάλες δυνατότητες εσωτερικής ή εξωτερικής μνήμης προγράμματος (FLASH) και RAM. Στο χώρο αυτό έχουν ισχυρή παρουσία οι αρχιτεκτονικές με υψηλή μεταφερσιμότητα λογισμικού (portability) από τον ένα στον άλλο κατασκευαστή. Π.χ. μεταξύ των μικροελεγκτών τύπου ARM ή MIPS, το σύνολο των βασικών εντολών που αναγνωρίζει η ALU είναι ακριβώς το ίδιο, μειώνοντας έτσι τις μεγάλες αλλαγές στο λογισμικό, όταν στο μέλλον ο πελάτης υιοθετήσει ένα μικροελεγκτή άλλου κατασκευαστή αρκεί, φυσικά, να υποστηρίξει κι αυτός το σύνολο εντολών ARM ή MIPS, αντίστοιχα.
- Μικροελεγκτές εξειδικευμένων εφαρμογών, οι οποίοι ενσωματώνουν συνήθως κάποιο εξειδικευμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο υλοποιείται πάντοτε σε hardware. Τέτοιοι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται σε τηλεπικοινωνιακές συσκευές όπως τα μόντεμ.

Η μεγάλη μερίδα πωλήσεων των μικροελεγκτών εξακολουθεί να αφορά αυτούς των 8-bit, καθώς είναι η κατηγορία με το χαμηλότερο κόστος και το μικρότερο μέγεθος λογισμικού για το ίδιο αποτέλεσμα, ιδίως επειδή οι σύγχρονες οικογένειες μικροελεγκτών 8-bit έχουν πολύ βελτιωμένες επιδόσεις σε σχέση με το παρελθόν[1].

1.7 Γλώσσες προγραμματισμού και εργαλεία ανάπτυξης

Η επιτυχία μιας οικογένειας μικροελεγκτών καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη διαθεσιμότητα και την ευχρηστία των σχετικών εργαλείων ανάπτυξης, όπως μεταφραστές από γλώσσες υψηλού επιπέδου, σε γλώσσα κατανοητή από τον μικροελεγκτή (assembly), προγραμματιστές της εσωτερικής μνήμης και εργαλεία διόρθωσης σφάλματος. Τα εργαλεία αυτά δεν αποτελούνται μόνον από λογισμικό. Διατίθενται προγραμματιστές της εσωτερικής μνήμης (συνήθως μέσω θύρας JTAG ή USB) καθώς και έτοιμες πλακέτες (evaluation boards) με ψηφιακές ή και αναλογικές εξόδους. Οι πλακέτες αυτές έχουν ως κεντρική τους μονάδα τον εκάστοτε μικροελεγκτή, δυνατότητα εύκολου προγραμματισμού και συνήθως συνοδεύονται από λογισμικό ανάπτυξης εφαρμογών με έτοιμα παραδείγματα. Έτσι ο χρήστης μπορεί να δοκιμάσει τις περισσότερες δυνατότητες του μικροελεγκτή πριν καν σχεδιάσει τη δική του πλακέτα. Η πιο διαδεδομένη γλώσσα προγραμματισμού των μικροελεγκτών είναι η C, η C++ και οι παραλλαγές τους. Σε τμήματα του λογισμικού όπου απαιτείται ταχύτητα ή μικρό μέγεθος χρησιμοποιούμενης μνήμης, μπορεί να χρησιμοποιείται η Assembly. Όμως οι μεγαλύτερες απαιτήσεις σε λειτουργικότητα και η ευκολία προγραμματισμού της C σε σχέση με την Assembly, σε συνδυασμό με την επάρκεια μνήμης των σύγχρονων μικροελεγκτών, έχουν γενικά εκτοπίσει την Assembly από τις περισσότερες εφαρμογές[1].

1.8 Μικροελεγκτές Arduino

Το Arduino είναι λογισμικό ανοικτής πηγής με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους, το οποίο μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring (κυρίως πρόκειται για τη γλώσσα προγραμματισμού C++ και ένα σύνολο από βιβλιοθήκες, επίσης υλοποιημένες σε C++). Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και να συνδεθεί με υπολογιστή μέσω προγραμμάτων όπως το Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider. Οι περισσότερες εκδόσεις του Arduino μπορούν να αγοραστούν προ-συναρμολογημένες· το διάγραμμα και οι πληροφορίες για το υλικό είναι ελεύθερα διαθέσιμα για όσους επιθυμούν να συναρμολογήσουν το Arduino μόνοι τους.

Το πρόγραμμα Arduino έλαβε τιμητικό βραβείο στην κατηγορία Digital Communities στο Prix Ars Electronica το 2006.[2], [6]

1.9 Ιστορία και ανάπτυξη του Arduino

1.9.1 Ιστορία

Το 2005 ένα σχέδιο κίνησε προκειμένου να φτιαχτεί μία συσκευή για τον έλεγχο προγραμμάτων διαδραστικών σχεδίων από μαθητές, η οποία θα ήταν πιο φθηνή από άλλα πρωτότυπα συστήματα διαθέσιμα εκείνη την περίοδο. Το σχέδιο Arduino είναι μία διακλάδωση της πλατφόρμας Wiring για λογισμικό ανοικτού κώδικα και προγραμματίζεται χρησιμοποιώντας μια γλώσσα βασισμένη στο Wiring (σύνταξη και βιβλιοθήκες), παρόμοια με την C++ με απλοποιήσεις και αλλαγές, καθώς και ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης. (IDE).[2]

1.9.2 Ανάπτυξη

- Τον Σεπτέμβριο του 2006 ανακοινώθηκε το Arduino Mini
- Τον Οκτώβρη του 2008 ανακοινώθηκε το Arduino Duemilanove. Αρχικά βασίστηκε στο Atmel Atmega168, αλλά μετά στάλθηκε με το ATmega328.
- Τον Μάρτιο του 2009 ανακοινώθηκε το Arduino Mega. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega1280
- Από τον Μάιο του 2011 πάνω από 300.000 Arduino ήταν σε χρήση σε όλο τον κόσμο
- Τον Ιούλιο του 2012 ανακοινώθηκε το Arduino Leonardo. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega32u4
- Τον Οκτώβριο του 2012 ανακοινώθηκε το Arduino Due. Είναι βασισμένο στο Atmel SAM3X8E, που είχε πυρήνα ARM Cortex-M3
- Τον Νοέμβριο του 2012 ανακοινώθηκε το Arduino Micro. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega32u4
- Τον Μάιο του 2013 ανακοινώθηκε το Arduino Robot. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega32u4 και ήταν το πρώτο επίσημο Arduino με ρόδες
- Τον Μάιο του 2013 ανακοινώθηκε το Arduino Yun. Είναι βασισμένο στο ATmega32u4 και στο Atheros AR9331 και ήταν το πρώτο προϊόν wifi που συνδύαζε το Arduino με το Linux.[2]

1.10 Αρχιτεκτονική και χαρακτηριστικά του Arduino

Μία πλακέτα Arduino αποτελείται από ένα μικροελεγκτή Atmel AVR (ATmega328 και ATmega168 στις νεότερες εκδόσεις, ATmega8 στις παλαιότερες) και συμπληρωματικά εξαρτήματα για την διευκόλυνση του χρήστη στον προγραμματισμό και την ενσωμάτωσή του σε άλλα κυκλώματα. Όλες οι πλακέτες περιλαμβάνουν ένα γραμμικό ρυθμιστή τάσης 5V και έναν κρυσταλλικό ταλαντωτή 16MHz

(ή κεραμικό αντηχητή σε κάποιες παραλλαγές). Ο μικροελεγκτής είναι από κατασκευής προγραμματισμένος με ένα *bootloader*, έτσι ώστε να μην χρειάζεται εξωτερικός προγραμματιστής. Ο ATmega328 είναι ένας μικροελεγκτής ενός τσιπ που δημιουργήθηκε από την Atmel στην οικογένεια megaAVR (αργότερα η Microchip Technology εξαγόρασε την Atmel το 2016). Διαθέτει τροποποιημένο πυρήνα επεξεργαστή RISC 8-bit αρχιτεκτονικής Harvard. Ο μικροελεγκτής Atmel 8-bit AVR RISC συνδυάζει μνήμη flash ISP 32 KB με δυνατότητες ανάγνωσης κατά την εγγραφή, 1 KB EEPROM, 2 KB SRAM, 23 γραμμές εισόδου/εξόδου γενικής χρήσης, 32 καταχωρητές εργασίας γενικής χρήσης, 3 ευέλικτους χρονοδιακόπτες/μετρητές με λειτουργίες σύγκρισης, εσωτερικές και εξωτερικές διακοπές, σειριακό προγραμματιζόμενο USART, σειριακή διασύνδεση 2 καλωδίων προσανατολισμένη σε byte, σειριακή θύρα SPI, μετατροπέα A/D 6 καναλιών 10-bit (8 κανάλια σε πακέτα TQFP και QFN/MLF), Προγραμματιζόμενος χρονοδιακόπτης επιτήρησης με εσωτερικό ταλαντωτή και 5 λειτουργίες εξοικονόμησης ενέργειας με δυνατότητα επιλογής λογισμικού. Η συσκευή λειτουργεί μεταξύ 1,8 και 5,5 βολτ. Η συσκευή επιτυγχάνει απόδοση που πλησιάζει το 1 MIPS/MHz. [4],[6]

Σε εννοιολογικό επίπεδο, στην χρήση του Arduino software stack, όλες οι πλακέτες προγραμματίζονται με μία RS-232 σειριακή σύνδεση, αλλά ο τρόπος που επιτυγχάνεται αυτό διαφέρει σε κάθε hardware εκδοχή. Οι σειριακές πλάκες Arduino περιέχουν ένα απλό level shifter κύκλωμα για την μετατροπή του σήματος επιπέδου RS-232 σε TTL. Τα σημερινά Arduino προγραμματίζονται μέσω USB· αυτό καθίσταται δυνατό μέσω της εφαρμογής προσαρμογέων chip USB-to-Serial όπως το FTDI FT232. Κάποιες παραλλαγές, όπως το Arduino mini και το ανεπίσημο Boarduino, χρησιμοποιούν ένα αφαιρούμενο USB-to-Serial καλώδιο ή board, Bluetooth ή άλλες μεθόδους. (Όταν χρησιμοποιείται με παραδοσιακά εργαλεία microcontroller αντί για το Arduino IDE, χρησιμοποιείται πρότυπος προγραμματισμός AVR ISP).

Η πλακέτα Arduino εκθέτει τα περισσότερα microcontroller I/O pins για χρήση από άλλα κυκλώματα. Τα Diecimila, Duemilanove και το τρέχον Uno παρέχουν 14 ψηφιακά I/O pins, έξι από τα οποία μπορούν να παράγουν pulse-width διαμορφωμένα σήματα, και έξι αναλογικά δεδομένα. Αυτά τα pins βρίσκονται στην κορυφή της πλακέτας μέσω θηλυκών headers 0.1 ιντσών (2,2mm). Διάφορες εφαρμογές plug-in πλακετών ("shields") είναι εμπορικά διαθέσιμες.

Το Arduino nano και το Arduino-Compatible Bare Bones Board και Boarduino Board ενδέχεται να παρέχουν αρσενικά header pins στο κάτω μέρος της πλακέτας προκειμένου να συνδέονται σε Breadboards. Υπάρχουν πολλές πλακέτες συμβατές με και προερχόμενες από πλακέτες Arduino. Κάποιες είναι λειτουργικά ισάξιες με ένα Arduino και μπορεί να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά. Πολλές έχουν το βασικό Arduino με την προσθήκη καινοτόμων output drivers, συχνά για την χρήση σχολικής μόρφωσης για να απλοποιήσουν την κατασκευή buggies και μικρών robot. Άλλες είναι ηλεκτρονικά ισάξιες αλλά αλλάζουν τον παράγοντα μορφής, επιτρέποντας κάποιες φορές την συνεχόμενη χρήση των "shields" ενώ κάποιες όχι. Κάποιες παραλλαγές είναι τελείως διαφορετικοί επεξεργαστές, με ποικίλα επίπεδα συμβατότητας.

Το πρωτότυπο υλικό του Arduino κατασκευάζεται από την Ιταλική εταιρία Smart Projects. Κάποιες πλακέτες με την μάρκα του Arduino έχουν σχεδιαστεί από την Αμερικάνικη εταιρία SparkFun Electronics. [2]

1.11 Επίσημες πλακέτες Arduino

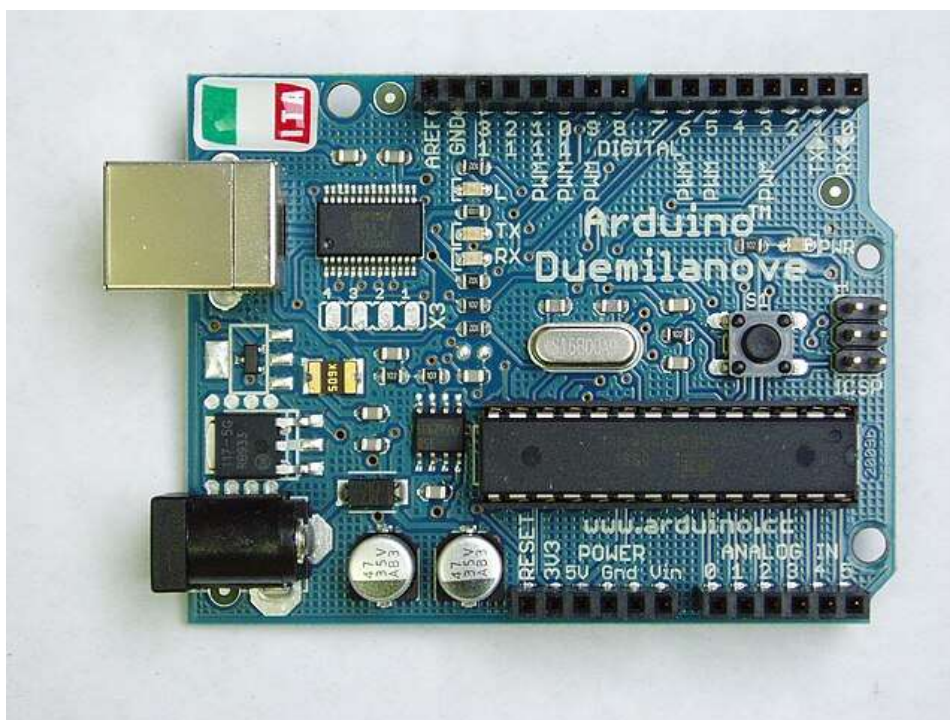
Δεκαέξι εκδοχές του Arduino Hardware έχουν χρησιμοποιηθεί εμπορικά μέχρι τώρα:

- Το Serial Arduino, προγραμματισμένο με μία σειριακή DE-9 σύνδεση χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega8.
- Το Arduino Extreme, με ένα USB interface για προγραμματισμό χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega8.

- Το Arduino Mini, μία έκδοση μινιατούρας του Arduino χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega168.
- Το Arduino Nano, ένα ακόμα πιο μικρό, USB τροφοδοτούμενη εκδοχή του Arduino χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega168 (ATmega328 για την νεότερη έκδοση).
- Το LilyPad Arduino, ένα μινιμαλιστικό σχέδιο για εφαρμογές ένδυσης και E-textiles χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted AT-mega328.
- Το Arduino NG, με ένα USB interface για προγραμματισμό και χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega8.
- Το Arduino NG plus, με ένα USB interface για προγραμματισμό και χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega168.
- Το Arduino Bluetooth, με Bluetooth interface για προγραμματισμό χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega168.
- Το Arduino Diecimila, με ένα USB interface και χρησιμοποιεί τεχνολογία ATmega168 σε ένα DIP28 πακέτο.
- Το Arduino Duemilanove (“2009”), χρησιμοποιεί τεχνολογία ATmega168 (ATmega328 για την καινούργια έκδοση) και τροφοδοτείται μέσω ενέργειας USB/DC, αυτόματα εναλλασσόμενης.
- Το Arduino Mega, χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega1280 για περαιτέρω I/O και μνήμη.
- Το Arduino Uno, χρησιμοποιώντας την ίδια τεχνολογία ATmega328 όπως το τελευταίο μοντέλο Duemilanove, αλλά ενώ το Duemilanove χρησιμοποιεί ένα FTDI chipset για το USB, το Uno χρησιμοποιεί τεχνολογία ATmega8U2 προγραμματισμένο ως σειριακός μετατροπέας.
- Το Arduino Mega2560, χρησιμοποιεί τεχνολογία surface-mounted ATmega2560 φέρνοντας την ολική μνήμη στα 256kB. Επίσης ενσωματώνει τη νέα τεχνολογία ATmega8U2 (ATmega16U2 σε αναθεώρηση τύπου 3) USB chipset.
- Το Arduino Leonardo, με ένα ATmega32U4 chip που εξαλείφει την ανάγκη για συνδεσιμότητα μέσω USB και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ψηφιακό πληκτρολόγιο ή ποντίκι. Κυκλοφόρησε στο Maker Faire Bay Area το 2012.
- Το Arduino Esplora, με εμφάνιση που παραπέμπει σε χειριστήριο κονσόλας βιντεοπαιχνιδιών με joystick και ενσωματωμένους αισθητήρες για ήχο, φως, θερμοκρασία και επιτάχυνση.
- Το Arduino Due είναι ένα μικροχειριστήριο board βασισμένο στην τεχνολογία Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU. Είναι το πρώτο board της Arduino βασισμένη σε επεξεργαστή 32-bit ARM microcontroller . [2]



Σχήμα 2.1: Arduino Diecimila



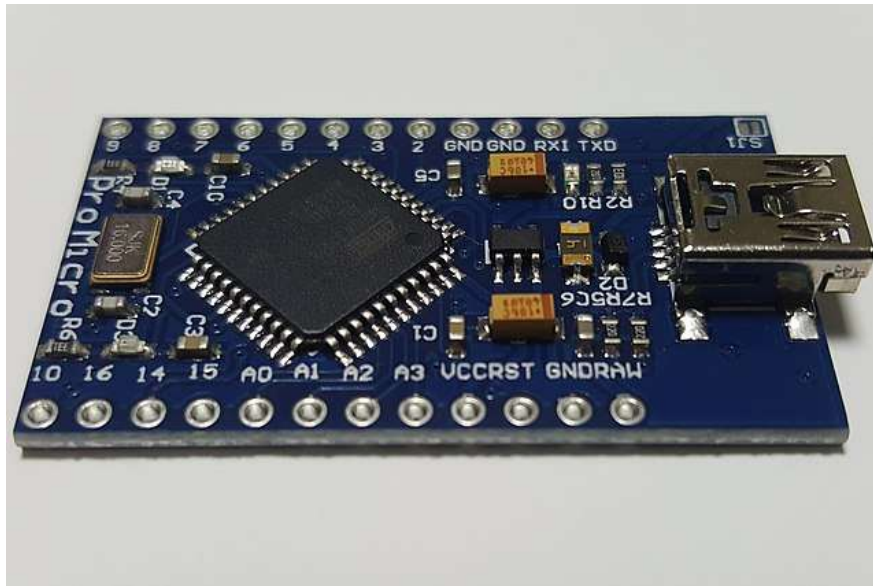
Σχήμα 2.2: Arduino Duemilanove



Σχήμα 2.3: Arduino UNO



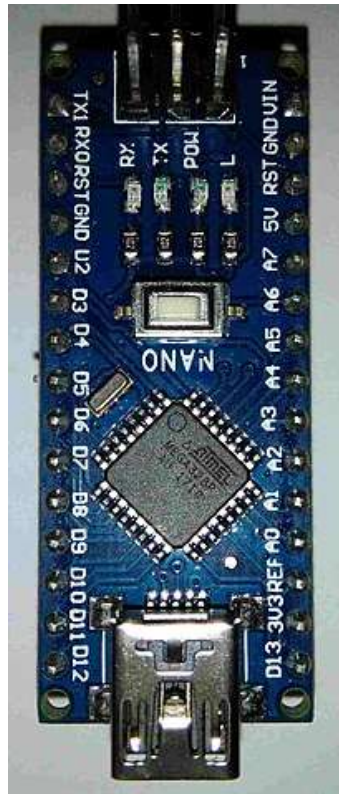
Σχήμα 2.4: Arduino Leonardo



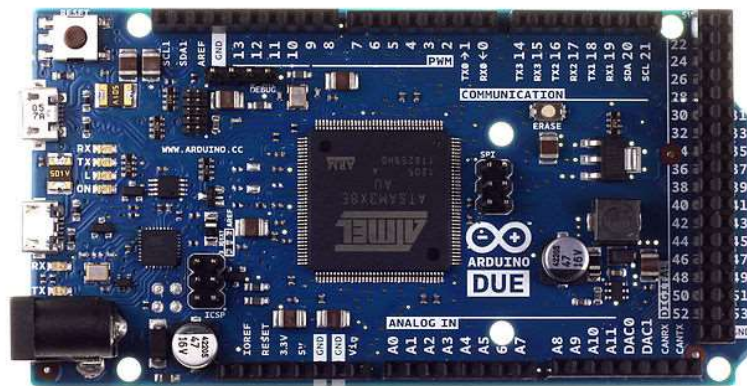
Σχήμα 2.5: Arduino Pro Micro



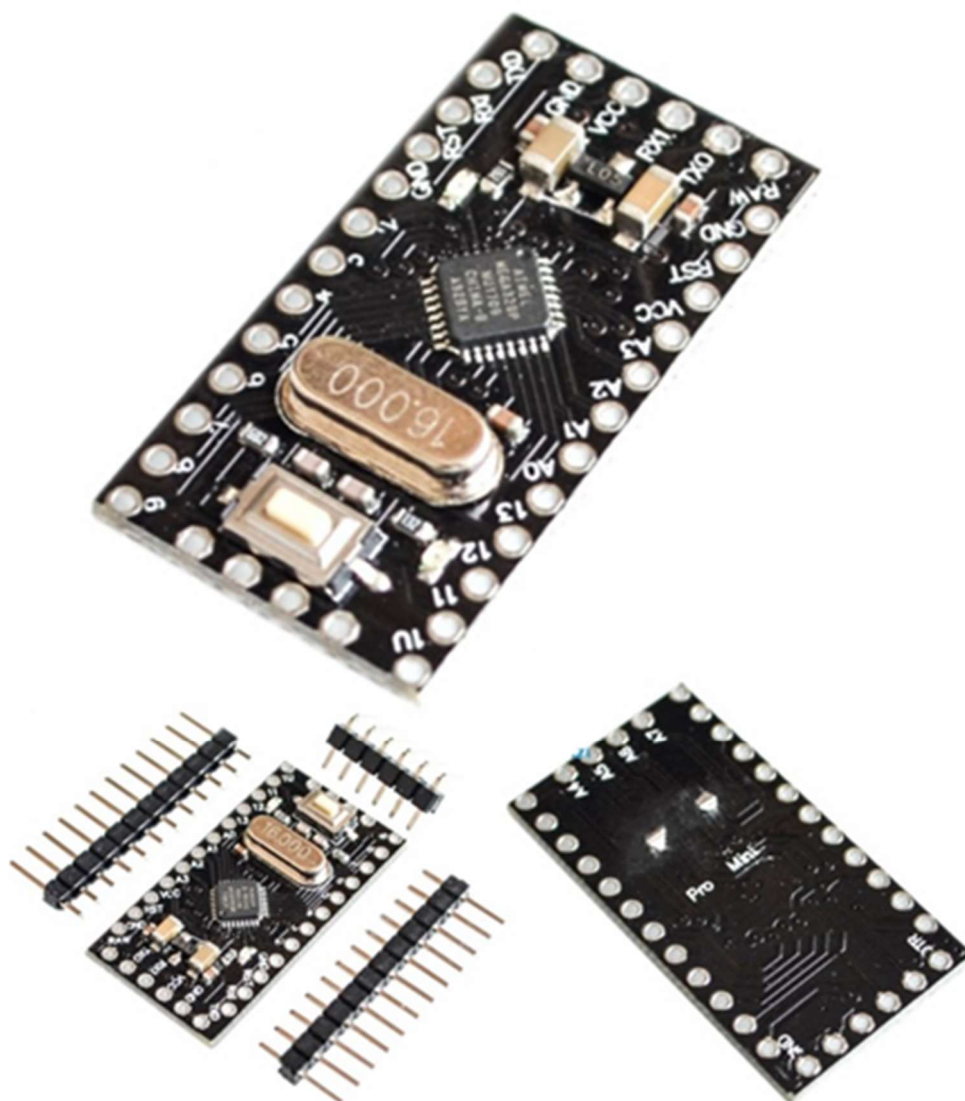
Σχήμα 2.6: Arduino Mega



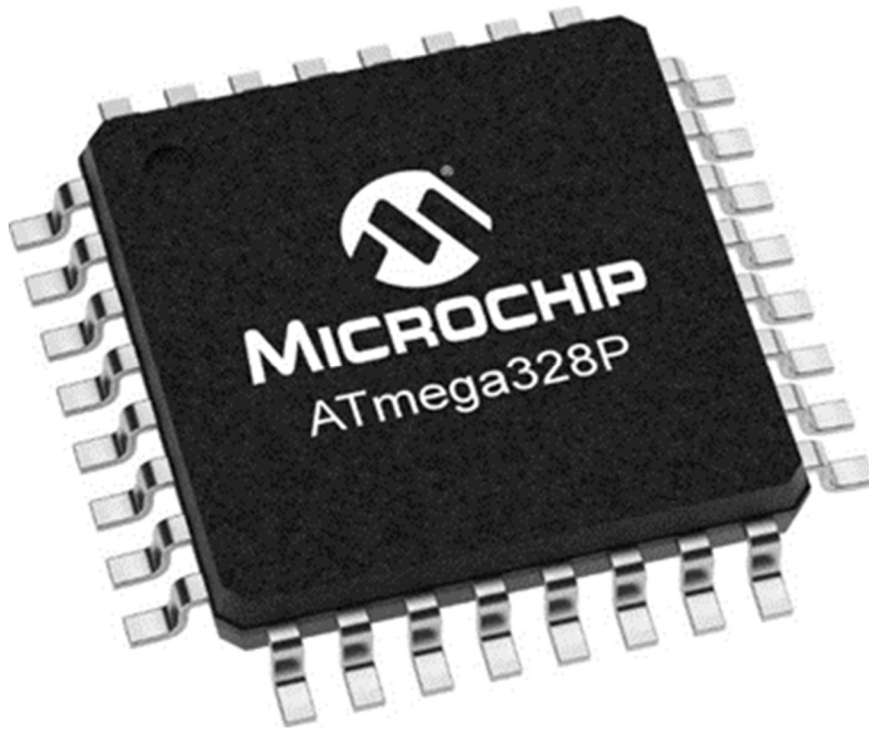
Σχήμα 2.7: Arduino Nano



Σχήμα 2.8: Arduino Due



Σχήμα 2.9: Arduino Pro mini 5V 16MHz



Σχήμα 2.10: Μικροελεγκτής ATMEGA328P

1.12 Περιβάλλον προγραμματισμού Arduino

Το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino είναι μία εφαρμογή γραμμένη σε Java, που λειτουργεί σε πολλές πλατφόρμες και προέρχεται από το IDE για τη γλώσσα προγραμματισμού Processing και το σχέδιο Wiring. Έχει σχεδιαστεί για να εισαγάγει στον προγραμματισμό τους αρχάριους και τους νέους που δεν είναι εξοικειωμένοι με την ανάπτυξη λογισμικού. Περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κώδικα με χαρακτηριστικά όπως είναι η επισήμανση σύνταξης και ο συνδυασμός αγκύλων και είναι επίσης σε θέση να μεταγλωττίζει και να φορτώνει προγράμματα στην πλακέτα με ένα μόνο κλικ. Ένα πρόγραμμα ή κώδικας που γράφτηκε για Arduino ονομάζεται *σκίτσο* (sketch).

Τα Arduino προγράμματα είναι γραμμένα σε C ή C++. Το Arduino IDE έρχεται με μια βιβλιοθήκη λογισμικού που ονομάζεται "Wiring", από το πρωτότυπο σχέδιο Wiring, γεγονός που καθιστά πολλές κοινές λειτουργίες εισόδου/εξόδου πολύ πιο εύκολες. Οι χρήστες πρέπει μόνο να ορίσουν δύο λειτουργίες για να κάνουν ένα πρόγραμμα κυκλικής εκτέλεσης:

-`setup()`:μία συνάρτηση που τρέχει μία φορά στην αρχή του προγράμματος η οποία αρχικοποιεί τις ρυθμίσεις

-`loop()`:μία συνάρτηση που τρέχει συνέχεια μέχρι η πλακέτα να απενεργοποιηθεί

Σε τυπικό πρόγραμμα για έναν μικροελεγκτή αναβοσβήνει απλά ένα LED. Στο περιβάλλον του Arduino, ο χρήστης μπορεί να γράψει ένα πρόγραμμα σαν αυτό:

```
#define LED_PIN 13

void setup () {
  pinMode (LED_PIN, OUTPUT); // enable pin 13 for digital output
}

void loop () {
  digitalWrite (LED_PIN, HIGH); // turn on the LED
  delay (1000); // wait one second (1000 milliseconds)
  digitalWrite (LED_PIN, LOW); // turn off the LED
  delay (1000); // wait one second
}
```

Ένα χαρακτηριστικό των περισσότερων πλακετών Arduino ότι έχουν ένα LED και μία αντίσταση φορτίου που συνδέονται μεταξύ του pin 13 και της γείωσης, ένα βολικό χαρακτηριστικό για πολύ απλά τεστ. Ο προηγούμενος κώδικας δεν θα αναγνωριστεί από ένα κανονικό μεταγλωττιστή C++ ως έγκυρο πρόγραμμα. Επομένως όταν ο χρήστης κάνει κλικ στο κουμπί "Upload to I / O board" στο IDE, ένα αντίγραφο του κώδικα θα γραφτεί σε ένα προσωρινό αρχείο με ένα παραπάνω include στην κορυφή και μία πολύ απλή συνάρτηση main στο τέλος, για να φτιάξει ένα έγκυρο C++ πρόγραμμα.

Το IDE του Arduino χρησιμοποιεί το GNU toolchain και το AVR Libc για να μεταγλωττίζει προγράμματα και το avrdude για να φορτώνει προγράμματα στην πλακέτα.

Δεδομένου ότι η πλατφόρμα Arduino χρησιμοποιεί Atmel μικροελεγκτές, το περιβάλλον ανάπτυξης της Atmel, το AVR Studio ή η νεότερη έκδοση του το Atmel Studio, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη λογισμικού του Arduino.

Σχετικά με τη C++ (/ ' s i : p l a s p l a s / , η οποία προφέρεται " C plus plus " και μερικές φορές συντομεύεται ως CPP), είναι μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, γενικής χρήσης. Κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 1985 ως επέκταση της γλώσσας προγραμματισμού C, και έχει επεκταθεί σημαντικά με την πάροδο του χρόνου. Η C++ επιλέχθηκε γιατί διαθέτει λειτουργικά χαρακτηριστικά, με δυνατότητα για διαχείριση μνήμης low level.

Η γλώσσα ορίστηκε παγκοσμίως, το 1998, με το πρότυπο ISO/IEC 14882:1998. Η τρέχουσα έκδοση αυτού του προτύπου είναι αυτή του 2020, η ISO/IEC 14882:2020. Μια καινούρια έκδοση είναι υπό ανάπτυξη, γνωστή ανεπίσημα με την ονομασία C++2b.

Η C++ κληρονόμησε το μεγαλύτερο μέρος της σύνταξης της C και τον προεπεξεργαστή της C. Το παρακάτω είναι ένα πρόγραμμα hello world που χρησιμοποιεί την λειτουργία stream της πρότυπης βιβλιοθήκης της C++ για να γράψει ένα μήνυμα στην κύρια έξοδο. Το παρακάτω πρόγραμμα χρησιμοποιεί την βιβλιοθήκη εισόδου/εξόδου iostream.

```
#include <iostream> // αρχείο επικεφαλίδας για την βιβλιοθήκη
εισόδου/εξόδου iostream (για cout)

// std: standard namespace
// cout: "see-output"

int main()
{
  std::cout << "Hello, world!\n";
}
```

```
}
```

Η C++ παρέχει περισσότερους από 30 τελεστές, που καλύπτουν τη βασική αριθμητική, το χειρισμό bit, αναφορά δεικτών, συγκρίσεις, λογικές πράξεις κ.ά. Σχεδόν όλοι οι τελεστές μπορούν να υπερφορτωθούν για τύπους ορισμένους από το χρήστη. Το πλούσιο σύνολο από τελεστές που μπορούν να υπερφορτωθούν είναι βασικό για τη χρήση της C++ ως γλώσσα ειδικού πεδίου (domain specific language). Οι υπερφορτώσιμοι τελεστές είναι ακόμα βασικό μέρος πολλών προχωρημένων τεχνικών προγραμματισμού της C++, όπως οι έξυπνοι δείκτες. Η υπερφόρτωση ενός τελεστή δεν αλλάζει την προτεραιότητα των υπολογισμών όπου χρησιμοποιείται, ούτε τον αριθμό των τελεστών που χρησιμοποιεί ο τελεστής (αν και οποιοσδήποτε τελεστέος μπορεί απλά να αγνοείται).[7]

1.13 Επίλογος

Στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας έγινε αναφορά στους μικροελεγκτές- μικροεπεξεργαστές καθώς και παρουσίαση των μικροελεγκτών Arduino, οι οποίοι είναι και το αντικείμενο μελέτης της παρούσης εργασίας.

Κεφάλαιο 2ο: Πλοήγηση & εντοπισμός θέσης μέσω των κινητών τηλεφώνων

2.1 Εισαγωγή

Η κινητή κοινωνία των πληροφοριών αναπτύσσεται με ταχύ ρυθμό, καθώς η κινητή τηλεπικοινωνία κινείται από τη τεχνολογία τρίτης και τέταρτης στη πέμπτη γενιά. Η σύγκλιση του περιεχομένου της τεχνολογίας αυξάνεται και η αγορά αναδιοργανώνεται και οι διάφοροι φορείς προσπαθούν να διατηρήσουν τη θέση τους στη κινητή ψηφιακή οικονομία. Οι υπηρεσίες με βάση την τοποθεσία και η προσωπική πλοήγηση πραγματοποιούνται μέσω κινητών πολυμέσων. Η προσωπική πλοήγηση είναι μια έννοια υπηρεσίας όπου οι προηγμένες κινητές τηλεπικοινωνίες επιτρέπουν στους ανθρώπους να γνωρίζουν που βρίσκονται, που μπορούν να βρουν προϊόντα και υπηρεσίες που χρειάζονται και πως μπορούν να φτάσουν σε έναν προορισμό. Οι υπηρεσίες αυτές βοηθούν τους ανθρώπους να πλοηγούνται σε καθημερινές δραστηριότητες, σε εργασίες και σε ταξίδια, καθώς και στον ελεύθερο τους χρόνο. Οι υπηρεσίες τεχνολογίας εντοπισμού τοποθεσίας (LBS) βοηθούν το χρήστη να βρει όχι μόνο τοποθεσίες, υπηρεσίες και προϊόντα, αλλά και πόρους και μέλη οργανώσεων. Μεταξύ άλλων, οι υπηρεσίες πλοήγησης πρέπει να επιτρέπουν στον χρήστη να προσδιορίζει εύκολα τη δική του θέση και προορισμό και να λαμβάνει οδηγίες για το πως θα φτάσει εκεί. [6]

2.2 Global System for Mobile communications

Το **Global System for Mobile communications** (Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών), σε συντομογραφία **GSM** είναι ένα κοινό Ευρωπαϊκό ψηφιακό σύστημα κινητής τηλεφωνίας. Το Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Συμβούλιο (European Telecommunications Standards Institute) το 1982, άρχισε την μελέτη για την δημιουργία ενός κοινού Ευρωπαϊκού ψηφιακού συστήματος κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς (2G). Αυτό το σύστημα ονομάστηκε αρχικά Group Special Mobile (GSM). Το GSM είναι ένα κυψελοειδές 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. Το 1989 η ευθύνη του GSM ανατέθηκε στο Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Ινστιτούτο Προτύπων (ETSI) και το 1990 ανακοινώθηκαν επίσημα για πρώτη φορά το πρότυπο και τα χαρακτηριστικά του GSM. Το 1991 άρχισε η εμπορική του διάθεση στην Ευρώπη, ενώ στην Ελλάδα το σύστημα χρησιμοποιήθηκε το 1993 από την NOVA. Το πρότυπο GSM δεν είναι μόνο Ευρωπαϊκό πρότυπο, αφού υιοθετήθηκε από πολλές άλλες χώρες των άλλων Ηπείρων, εκμεταλλεζόμενο διάφορες ζώνες συχνοτήτων.[15]

Ζώνες Συχνοτήτων

- GSM 900

Το 1990 άρχισαν να λειτουργούν τα πρώτα δίκτυα GSM στη ζώνη συχνοτήτων των 900 MHz. Η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) παραχώρησε ένα ζεύγος συχνοτήτων, από τα 890 έως τα 915 MHz και από τα 935 έως τα 960 MHz. Η πρώτη περιοχή χρησιμοποιείται για την επικοινωνία του κινητού με τον σταθμό βάσης (Up link), ενώ η δεύτερη για την επικοινωνία του σταθμού βάσης με το κινητό (down link). Οι περιοχές (ζώνες) των 25MHz υποδιαιρούνται η καθεμία σε 124 + (1 ελεύθερο) κανάλια συχνότητας και κάθε κανάλι έχει εύρος ζώνης 200 KHz. Όλο αυτό το σύστημα ονομάστηκε GSM 900 ή Standard GSM.

- GSM 1800

Στη συνέχεια, το 1991, αναπτύχθηκε το σύστημα DCS 1800, στο οποίο διατηρείται η δομή ενός GSM 900 δικτύου αλλά χρησιμοποιούνται διαφορετικά ζεύγη συχνοτήτων, από τα 1710 έως τα 1785 MHz Up link και από τα 1805 έως τα 1880 MHz Down link. Οι περιοχές των 75MHz υποδιαιρούνται η καθεμία σε 374 (+ 1 ελεύθερο) κανάλια και κάθε κανάλι έχει εύρος ζώνης 200 KHz. Αυτή η αλλαγή στην ζώνη συχνοτήτων έγινε διότι οι ζώνες του GSM 900 στην Ευρώπη ήταν πιασμένες από άλλους παροχείς κινητής τηλεφωνίας. Σήμερα, όλες οι εταιρίες κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιούν και τα δύο συστήματα (GSM 900/GSM 1800) στα δίκτυα τους αυξάνοντας αισθητά τη χωρητικότητά στα δίκτυα τους. Στα τέλη δεκαετίας του 1990 η GSM World Association αποφάσισε να μετονομάσει το DCS 1800 σε GSM 1800 για να φανεί η δυναμικότητα και η παγκοσμιότητα του GSM.

- GSM 1900

Στο GSM 1900 χρησιμοποιείται σε αρκετές χώρες της Αμερικής, διατηρείται και πάλι η δομή ενός GSM 900 δικτύου, αλλά χρησιμοποιούνται και εδώ διαφορετικά ζεύγη συχνοτήτων: Από τα 1850 έως τα 1910 MHz για Up link και από τα 1930 έως τα 1990 MHz για Down link. Οι περιοχές των 60MHz υποδιαιρούνται η καθεμία σε 299+ (1 ελεύθερο) κανάλια συχνοτήτων και κάθε κανάλι έχει εύρος ζώνης 200KHz. Στα τέλη δεκαετίας του 1990 η GSM World Association αποφάσισε να μετονομάσει το PCS 1900 που λεγότανε παλιότερα σε GSM 1900 για να φανεί η δυναμικότητα και η παγκοσμιότητα του GSM.

- E-GSM ή Extended-GSM 900 - Εκτεταμένη ζώνη GSM

Το E-GSM καθορίστηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Ράδιο Επικοινωνιών στα τέλη της δεκαετίας του 1990 για να «αντικαταστήσει» το κλασικό GSM 900 διατηρώντας βέβαια την δομή του αυξάνοντας όμως τις περιοχές συχνοτήτων από 880 έως 915 MHz για Up link και 925 έως 960 MHz Down link. Έτσι επέτρεψε στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας να αυξήσουν τη χωρητικότητά τους και να καλύψουν τις ανάγκες από την αυξημένη κίνηση των πελατών τους.

Κυψελοειδής Δομή Δικτύου

Η εμβέλεια ενός δικτύου GSM σε μία γεωγραφική περιοχή για να γίνει, η περιοχή αυτή διαμερίζεται σε μικρότερες περιοχές που λέγονται κυψέλες, οι οποίες εφάπτονται μεταξύ τους με κάθε κυψέλη να έχει και ένα σταθμό βάσης (Base Station), συνθέτοντας έτσι μια δομή κυψελών. Η δομή αυτή επαναλαμβάνεται όσες φορές χρειάζεται για την απαιτούμενη κάλυψη της μιας περιοχής κάνοντας επαναχρησιμοποίηση των συχνοτήτων. Με την μέθοδο αυτή αυξάνεται η χωρητικότητα του δικτύου αλλά πρέπει η ισχύς κάθε κυψέλης να είναι όση χρειάζεται ώστε να μην ξεπερνάει τα όρια της και να υπερχειλίζει άλλες κυψέλες της ίδιας δομής ενώ για να μην δημιουργείται ενδοκαναλική παρεμβολή σε γειτονικές κυψέλες η επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να απέχουν επαρκή απόσταση οι κυψέλες μιας δομής που έχουν την ίδια συχνότητα με τις κυψέλες μιας άλλης δομής. Η ενδοκαναλική παρεμβολή μειώνεται όσο αυξάνει ο αριθμός των κυψελών της δομής. Η ακτίνα κάθε κυψέλης σε αραιοκατοικημένες περιοχές είναι έως και 35Km ενώ σε πυκνοκατοικημένες περιοχές δεν ξεπερνά τα 300 μέτρα. Σε περιοχές με πολύ μεγάλη ζήτηση χωρητικότητας δικτύου όπως σε αστικά κέντρα, οι σταθμοί βάσης υπερφορτώνονται και έτσι υπάρχει ανάγκη για μεγαλύτερη χωρητικότητα του δικτύου. Έτσι για να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός γίνεται διάσπαση των υπαρχόντων κυψελών σε μικρότερες, ενώ γι' αυτές χρησιμοποιούνται κεραιές μικρότερης ισχύος (macro, micro και pico bs) όπως σε κτήρια, στο μετρό, Δημόσιους Οργανισμούς, οδικές αρτηρίες κτλ.[15]

Αρχιτεκτονική

Ένα GSM δίκτυο χωρίζεται σε 3 βασικά μέρη:

- Τον Κινητό Σταθμό (Mobile Station): Έχει οπωσδήποτε πομπό-δέκτη, κεραία, οθόνη και την κάρτα SIM. Η μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς εκπομπής στην Ευρώπη μιας κινητής μονάδας είναι

στα 2 Watt ενώ σε Αυστραλία και Αμερική είναι 1,6W, οι τιμές αυτές καθορίστηκαν από την Διεθνή Επιτροπή για την προστασία από τη μη ιονίζουσα ακτινοβολία.

- Το Βασικό Υποσύστημα Σταθμού (Base Station Subsystem): Το BSS διαχειρίζεται τις κλήσεις σε μια γεωγραφική περιοχή όπου καλύπτεται από ένα σύνολο κεραιών διαφόρων μεγεθών σε σειρά σαν αυτούς που βλέπουμε σε λόφους, ταράτσες πολυκατοικιών-εταιριών-σχολείων-οργανισμών κτλ. και κάθε τέτοια κεραία εξυπηρετεί και από μια κυψέλη. Το BSS χωρίζεται στο βασικό σταθμό πομπό-δέκτη Base Transceiver Station (BTS) και στο βασικό σταθμό ελέγχου Base Station Controller (BSC).
 - Το Βασικό Υποσύστημα Σταθμού (BTS) φροντίζει την επικοινωνία μεταξύ του δικτύου GSM και του κινητού σταθμού. Ένα BTS μπορεί να ελέγχει μια ή περισσότερες κεραιές. Η ισχύς των κεραιών σε ένα BTS μπορεί να είναι 40W έως 500W. Όταν ένας χρήστης Α θέλει να πραγματοποιήσει μια κλήση σε έναν άλλο συνδρομητή Β, ο σταθμός βάσης μεταβιβάζει το σήμα με το αίτημα του Α για αναζήτηση και εντοπισμό του άλλου συνδρομητή Β στο τηλεπικοινωνιακό κέντρο της εταιρείας του Α. Το κέντρο της εταιρείας εντοπίζει την κυψέλη στην οποία βρίσκεται ο Β και στέλνει το σήμα στον πλησιέστερο σταθμό βάσης. Από εκεί, πάλι με τη χρήση των διαθέσιμων συχνοτήτων, στέλνεται το σήμα στο κινητό του Β κι έτσι μπορεί να επικοινωνήσει μαζί του ο Α. Το πεδίο μιας GSM κεραίας ενός σταθμού βάσης ή κινητής μονάδας, είναι παλμικό με κανάλια διάρκειας 4,616 ή 9,232 msec το καθένα, που είναι χωρισμένα σε 8 ή 16 διαστήματα-χρονοθυρίδες, διάρκειας 0.577 msec η καθεμία ($8 \cdot 0,577$ ή $16 \cdot 0,577$). Κάθε χρήστης χρησιμοποιεί για μια τηλεφωνική κλήση από μια χρονοθυρίδα άρα ένα κανάλι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέχρι και από 8 ή 16 συνδρομητές. Οι 8 ή 16 χρονοθυρίδες που χωρίζονται σε ένα κανάλι αποκαλούνται πλαίσιο TDMA ενώ κάθε χρονοθυρίδα αντιστοιχεί σε 156 bits.
 - Το BSC (Base Station Controller-Βασικός Σταθμός Ελέγχου) ελέγχει τα σήματα παίρνοντας τα από ένα ή περισσότερα BTS ενώ εκχωρεί και απελευθερώνει κανάλια. Τα σήματα που λαμβάνει τα κατευθύνει στο MSC (Mobile Switching Centre) και όταν χρειάζεται μετατρέπει τα 16kbps φωνής που είναι στην κινητή τηλεφωνία σε 64kbps που χρησιμοποιείται στην σταθερή τηλεφωνία. (σχήμα)
- Το Υποσύστημα Δικτύου μεταγωγής (NSS-Network Switching Subsystem) που αποτελείται από:
 - Το Κέντρο Διανομής (Mobile Switching Center), είναι υπεύθυνο για την διασύνδεση, τον έλεγχο και την δρομολόγηση εισερχόμενων/εξερχόμενων κλήσεων μεταξύ του δικτύου κινητής τηλεφωνίας και ενός άλλου δικτύου ή άλλων. Όταν ένα MSC συνδέεται με ένα δίκτυο σταθερής τηλεφωνίας θα πρέπει να δέχεται 64kbps φωνής. Όταν όμως ο MSC συνδέεται με ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας τότε θα πρέπει να γνωρίζει που βρίσκεται εκείνη τη δεδομένη χρονική στιγμή ο χρήστης, αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια καταχωρητών VLR (Visitor Locator Register), HLR (Home Locator Register). Ο τοπικός καταχωρητής θέσης αναζήτησης ή τοπικά κέντρα εγγραφής-HLR έχει μια Βάση Δεδομένων που κρατά στοιχεία προφίλ ενός συνδρομητή και πληροφορίες για την τρέχουσα θέση του. Κάθε τέτοιο κέντρο έχει εμβέλεια σε τοπικό επίπεδο. Έτσι π.χ. όταν ένας συνδρομητής από το Πέραμα το HLR του χρήστη είναι το "HLR Πέραμα", επίσης σε μια πιο πυκνοκατοικημένη περιοχή μπορεί να υπάρχουν περισσότερα από ένα τοπικά κέντρα εγγραφής π.χ. το Περιστερί. Ο καταχωρητής θέσης αναζήτησης επισκεπτών ή εικονικό κέντρο εγγραφής χρήστη (VLR): Όταν ο συνδρομητής βγει από τα όρια της τοπικής περιοχής που καλύπτει το HLR δηλαδή είναι πολύ μακριά από το σπίτι του τότε αναλαμβάνει τον χρήστη ο

καταχωρητής θέσης αναζήτησης ή εικονικό κέντρο εγγραφής - VLR ο οποίος έχει μια βάση δεδομένων, ο οποίος συγκρατεί προσωρινά δεδομένα καθώς και την τρέχουσα θέση του, αναλαμβάνοντας τις κλήσεις του καλύτερα κατά τις ώρες αιχμής στο κέντρο της πόλης. Το κέντρο πιστοποίησης (Authentication Centre – AuC) ο ρόλος του οποίου έγκειται στη διαχείριση δεδομένων για την πιστοποίηση της ταυτότητας του χρήστη.

Handover - Αλλαγή κυψέλης

Το handover, είναι η εναλλαγή μιας κλήσης που βρίσκεται σε εξέλιξη, σε διαφορετική κυψέλη επειδή η κινητή μονάδα βρίσκεται εν κινήσει. Έχει υπολογιστεί ότι ο μέσος χρόνος παραμονής σε μία κυψέλη μιας κινούμενης μονάδας είναι 4,5 λεπτά. Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τύποι handover που μπορούν να γίνουν στο GSM οι οποίοι αφορούν κανάλια που είναι στην ίδια κυψέλη, κυψέλες που βρίσκονται υπό τον έλεγχο του ίδιου Βασικού σταθμού ελέγχου (BSC), κυψέλες που βρίσκονται στον έλεγχο διαφορετικών σταθμών ελέγχου αλλά στο ίδιο MSC και κυψέλες διαφορετικών MSC. Οι δύο πρώτοι τύποι λέγονται εσωτερικά handovers και χρησιμοποιούν τον ίδιο Βασικό σταθμό ελέγχου (BSC), το MSC ενημερώνεται μόνο όταν ολοκληρωθεί το handover. Οι άλλοι δύο τύποι handover καλούνται εξωτερικά handovers και τα χειρίζονται τα MSCs. Επίσης τα handovers, μπορούν να ενεργοποιηθούν από το ίδιο το κινητό ή το MSC σαν λύση για την καταπολέμηση της αυξημένης κίνησης σε μια κυψέλη, την ώρα που δεν απασχολείται, το κινητό ελέγχει τα κανάλια επικοινωνίας με 16 γειτονικές κυψέλες και δημιουργεί μια λίστα με τις 6 πιο πιθανές κυψέλες για handover που έχουν το δυνατότερο σήμα. Οι πληροφορίες περνάνε στο BSC και στο MSC και χρησιμοποιούνται για τον αλγόριθμο του handover. Ο αλγόριθμος «μικρότερης επιτρεπτής απόδοσης» δίνει το δικαίωμα αλλαγής της ισχύς στο handover, έτσι ώστε όταν το σήμα φθίνει πιο κάτω από ένα συγκεκριμένο σημείο, η ισχύς του κινητού να αυξάνεται ενώ αν με την αύξηση της ισχύος δεν βελτιωθεί τελικά το σήμα δημιουργείται νέο handover. Στα διπλής ζώνης (Dual Band) δίκτυα GSM (900GSM-1800GSM) μπορεί να γίνει ταυτόχρονη χρήση των δύο αυτών συστημάτων με handovers, χωρίς να γίνεται αντιληπτό από την κινητή μονάδα. Ο συνδρομητής θα πρέπει, όμως, να διαθέτει κινητή μονάδα που να υποστηρίζει τα δύο συστήματα ταυτόχρονα.[15]

Χωρητικότητα Δικτύων GSM - Erlang

Σε ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας είναι απαραίτητο να υπάρχει κάποιο μοντέλο τηλεφωνικής «κίνησης» με σκοπό την υψηλή ποιότητα παροχής υπηρεσιών. Το μοντέλο αυτό σχεδιάζεται βάσει κάποιων πραγματικών παρατηρήσεων με βάση την τηλεφωνική συμπεριφορά των συνδρομητών της εταιρίας. Για την κατασκευή του μοντέλου αυτού παίρνονται υπόψη διάφοροι παράγοντες, όπως ο αριθμός των συνδρομητών, το πόσο συχνά και σε ποιες περιοχές κάνουν χρήση του κινητού τους (τις ώρες αιχμής-γιορτές), τη μέση διάρκεια μιας τηλεφωνικής συνδιάλεξης κ.α. παράγοντες έτσι ώστε να εξασφαλιστεί εκ των προτέρων η ικανοποίηση των χρηστών. Για να υπολογιστεί η τηλεφωνική "κίνηση" χρησιμοποιείται μια μονάδα μέτρησης, το Erlang. Ένα Erlang δείχνει το φορτίο κίνησης που μεταφέρεται από ένα κανάλι που είναι δεσμευμένο. Αν, δηλαδή, ένα κανάλι χρησιμοποιείται για μία ώρα και 30 λεπτά, κατά την διάρκεια μιας ώρας μεταφέρει 5,0 Erlangs. Η τηλεφωνική κίνηση/συνδρομητή ορίζεται ως η μέση πιθανότητα για ένα συγκεκριμένο συνδρομητή να κάνει χρήση του τηλεφώνου του κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, σε ώρες αιχμής. Μετρήσεις που έχουν γίνει σε δίκτυα GSM έχουν δείξει ότι 0,025 Erlang/συνδρομητή είναι υπεραρκετά για να καλύψουν τις ανάγκες της συνδρομητικής βάσης. Αυτό σημαίνει ότι κάθε συνδρομητής μπορεί να κάνει μία κλήση διάρκειας 90 δευτερολέπτων/ώρα. Στην πράξη κανένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο στον κόσμο δεν μπορεί να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα όλους τους συνδρομητές του, σε συνθήκες καταγεγραμμένης ζήτησης π.χ. σε περίπτωση σεισμού. Με βάση τα παραπάνω τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας έχουν σχεδιάσει τα δίκτυα τους να έχουν GOS (Grade of Service - η πιθανότητα να μπλοκαριστεί μια κλήση) λιγότερο από 2%.

Πιστοποίηση και Ασφάλεια

Ένας χρήστης για να μπορέσει να χρησιμοποιήσει το δίκτυο, το δίκτυο θα πρέπει πρώτα να τον πιστοποιήσει. Καταρχήν για να γίνει αυτό κάθε κινητό θα πρέπει να διαθέτει ένα κρυμμένο κλειδί το οποίο βρίσκεται συγκεκριμένα στην κάρτα SIM του και στο Κέντρο Πιστοποίησης (AC). Όταν ενεργοποιείται το κινητό, το Κέντρο Πιστοποίησης στέλνει ένα τυχαίο αριθμό στο κινητό και αυτόν τον αριθμό τον χρησιμοποιούν μαζί με το κρυμμένο κλειδί και με έναν κρυπτογραφημένο αλγόριθμο για την δημιουργία ενός νέου αριθμού. Το κινητό στέλνει πίσω στο κέντρο πιστοποίησης τον αριθμό αυτό και το κέντρο πιστοποίησης με την σειρά του ελέγχει αν είναι ίδιος με αυτόν που έφτιαξε. Αν ο αριθμός είναι ίδιος τότε ο χρήστης πιστοποιήθηκε ειδάλλως τον ειδοποιεί ότι διαδικασία εγγραφής στο δίκτυο ήταν ανεπιτυχής. Κάθε κινητό τηλέφωνο έχει τη δικιά του ταυτότητα IMEI (ταυτότητα τηλεφώνου). Η ταυτότητα αυτή είναι ένας μοναδικός 16ψήφιος για κάθε συσκευή που αντιστοιχεί στη μάρκα του κινητού, στον αριθμό σειράς, στα στοιχεία κατόχου, στην ημερομηνία αγοράς συσκευής κ.ά. Ένα δίκτυο τηλεφωνίας GSM αποθηκεύει σε 3 διαφορετικές λίστες τα IMEI των συνδρομητών της. 1η λίστα είναι η λευκή λίστα όπου υπάρχουν όλα τα IMEI το κινητών που λειτουργούν φυσιολογικά και μπορούν να συνδεθούν δίκτυο με ασφάλεια. 2η λίστα είναι η γκρι λίστα όπου υπάρχουν τα IMEI των κινητών που είναι υπό-παρακολούθηση λόγω πιθανών προβλημάτων που δημιουργούν. 3η λίστα είναι η μαύρη λίστα όπου υπάρχουν τα IMEI των κινητών που έχουν δηλωθεί από τους κατόχους τους σαν κλεμμένα ή απολεσθέντα και ανάλογα με την περίπτωση διενεργείται παρακολούθηση των κινητών αυτών αν χρησιμοποιούνται ή παρουσιάζουν άρνηση εγγραφής με το δίκτυο. Οι λειτουργίες αυτές ανήκουν στο MSC.[15]

Υπηρεσίες Δικτύου

Η βασικότερη υπηρεσία του GSM είναι η δυνατότητα πραγματοποίησης και λήψη τηλεφωνικών κλήσεων. Σε κάθε κανάλι υπάρχουν 8 έως 16 χρονοθυρίδες και μπορούν να το μοιραστούν περισσότεροι του ενός χρήστες, έτσι για την πραγματοποίηση μιας κλήσης δεσμεύεται μια χρονοθυρίδα κάθε φορά.

- Called ID
- Εκτροπή κλήσεων

Η υπηρεσία αυτή επιτρέπει στο χρήστη την δυνατότητα προώθησης αναπάντητων ή μη εφικτών ή κατελημμένων ή άμεσων εισερχόμενων κλήσεων προς έναν άλλο προορισμό.

- Απόκρυψη κλήσεων
- Φραγή κλήσεων

Η υπηρεσία αυτή δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να ενεργοποιήσει φραγή εισερχόμενων ή εξερχόμενων ή εισερχόμενων διεθνών ή εξερχόμενων διεθνών ή σε περιαγωγή ή και όλων κλήσεων για όσο διάστημα θέλει.

- Cell Broadcast

Η υπηρεσία αυτή δίνει την δυνατότητα στο χρήστη στην οθόνη του κινητού την εμφάνιση σύντομων τοπικών πληροφοριών.

- Ειδοποίηση κλήσεων

Είναι μια υπηρεσία δικτύου δίνοντας την δυνατότητα στον χρήστη να ενημερώνεται με γραπτό μήνυμα για τον ποιος και πότε επιχείρησε να επικοινωνήσει μαζί του και δεν καταστεί δυνατό λόγω μη εφικτής σύνδεσης μαζί του ή ήταν απενεργοποιημένη η μονάδα του.

- Short Message Service

Η υπηρεσία αυτή προσφέρει την αποστολή και την λήψη κειμένου μέχρι και 160 αλφαριθμητικών χαρακτήρων από ένα κινητό προς ένα οποιοδήποτε άλλο κινητό με την προϋπόθεση βέβαια ότι υπάρχει κάποιο κέντρο υπηρεσίας SMS για την διαχείριση τους. Γίνεται η παράδοση του γραπτού μηνύματος στον παραλήπτη, από το Κέντρο Υπηρεσίας SMS.

- MMS-Multimedia Messaging Service

Είναι μια υπηρεσία 2.5G και προσφέρει την αποστολή και την λήψη μηνυμάτων εμπλουτισμένων με περιεχόμενο multimedia.

- Advice of Change

Η υπηρεσία αυτή δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να ενημερώνεται μετά από κάθε εξερχόμενη κλήση στην οθόνη του κινητού του, την διάρκεια και την χρέωση της κλήσης του.

- Αναμονής και κράτησης κλήσεων-Συνδιάσκεψη

Είναι μια υπηρεσία προστιθέμενης αξίας και δίνει την δυνατότητα σε έναν χρήστη να πραγματοποιεί ή να δέχεται μια κλήση ενώ έχει ήδη μια κλήση σε εξέλιξη. Στην πρώτη περίπτωση όταν επιχειρείται μια νέα κλήση προς αυτόν ακούει ένα χαρακτηριστικό ήχο που τον προειδοποιεί, τότε ο χρήστης τότε μπορεί να απορρίψει αυτή την νέα κλήση ή να βάλει σε κράτηση την αρχική του κλήση για να επικοινωνήσει με την αναμένουσα, αυτή την εναλλαγή μπορεί να την κάνει όσες φορές θέλει. Επίσης αν ο χρήστης διαθέτει την υπηρεσία αναγνώρισης κλήσεων μπορεί να γίνει συνδυασμός των δύο αυτών υπηρεσιών και να τον ενημερώνει στην οθόνη του κινητού του για τον τηλεφωνικό αριθμό που επιχειρεί την κλήση προς σε αυτόν. Στην δεύτερη περίπτωση όταν πραγματοποιεί μια κλήση ο συνδρομητής βάζει σε κράτηση την αρχική του συνομιλία ενώ μπορεί να εναλλάσσεται μεταξύ των 2 κλήσεων. Και στις δύο περιπτώσεις μπορεί να γίνει εφόσον επιτρέπεται από τον παροχέα, χρήση της υπηρεσίας τηλεδιάσκεψης που επιτρέπει την ταυτόχρονη συνομιλία μέχρι και 5 + 1 ατόμων.

- Roaming

Στην υπηρεσία αυτή επιτρέπετε σε συνδρομητές που βρίσκονται εκτός της περιοχής κάλυψης του δικτύου τους, να δέχονται και να πραγματοποιούν τηλεφωνικές κλήσεις και να έχουν πρόσβαση σε διάφορες υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας, εφόσον βέβαια επιτρέπεται από τον παροχέα τους και τον παροχέα του "ξένου" δικτύου.

- Τεχνολογία CSD (Circuit Switched Data)

Το CSD μια τεχνολογία όπου βασίζεται μια από τις πιο βασικές υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας των δικτύων GSM, η οποία επιτρέπει μέσω σύνδεσης μεταγωγής κυκλώματος τη μεταφορά δεδομένων στη ταχύτητα των 9,6 ή 14,4kbps(συμμετρική σύνδεση) για upload-download ή 28.800kbps για download (ασύμμετρη σύνδεση) και στο HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) τα 57,6 kbps για download και 14,4kbps για upload (ασύμμετρη σύνδεση). Η ταχύτητα μίας χρονοθυρίδας μπορεί να είναι 9.600kbps ή 14.400kbps αλλά μπορεί να φτάνει και ως τα 48kbps σε δίκτυα 2.5G και 2.7G. Η 2.5G είναι η μεταβατική διαδικασία αναβάθμισης των υπαρχόντων δικτύων GSM 2G με σκοπό την αύξηση χωρητικότητα του δικτύου προσφέροντας και την προσφορά περισσότερων και ποιοτικότερων υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας. Για την ανάπτυξη των δικτύων GSM αναπτύχθηκαν 2 τεχνολογίες:

- Τεχνολογία GPRS (General Packet Radio Service)
- Τεχνολογία EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution)

GPRS (General Packet Radio Service)

Το GPRS (General Packet Radio Service) γενικά είναι το τεχνολογικό πρότυπο που επιτρέπει την ταχύτερη αποστολή και λήψη δεδομένων μέσω των δικτύων κινητής τηλεφωνίας GSM μέσω της τεχνολογίας μεταγωγής πακέτων. Στο GPRS επιτρέπεται η ταυτόχρονη χρήση περισσότερων του ενός χρονοθυρίδων. Έτσι η μεταφορά δεδομένων μπορεί να φτάσει θεωρητικά ως και τα $153,6 = 16 \times 9,6$ kbps για 16 χρονοθυρίδες ή $21,4 \times 8 = 171,2$ kbps για 8 χρονοθυρίδες. Οι πόροι του δικτύου χρησιμοποιούνται πιο αποδοτικά γιατί οι χρονοθυρίδες δεσμεύονται μόνο κατά την ώρα μετάδοσης και αποδεσμεύονται όταν τελειώνει η μετάδοση σε αντίθεση με την τεχνολογία CSD. Στην πράξη όμως το GPRS χρησιμοποιεί 3 με 4 χρονοθυρίδες για κατέβαση και μια χρονοθυρίδα για ανέβαση (μη συμμετρική σύνδεση).

Τεχνολογία EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution)

Το EDGE είναι μια ενδιάμεση μεταβατική τεχνολογία πριν το 3G και αυτό είναι τεχνολογικό πρότυπο που επιτρέπει στα δίκτυα 2G να έχουν τριπλάσια χωρητικότητα δικτύου με πολύ υψηλές ταχύτητες μετάδοσης για την παροχή υπηρεσιών 3G, όπως video streaming, πραγματικό Internet browsing κτλ.. Το EDGE είναι μια αναβάθμιση του GPRS αλλά δεν μπορεί να λειτουργήσει αυτόνομα ενώ η αναβάθμιση και η εγκατάσταση του EDGE δεν απαιτεί την χρήση νέου εξοπλισμού από τις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας αλλά την βελτίωση του ήδη υπάρχοντος. Βασικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας EDGE σε σχέση με το ήδη υπάρχον GSM δίκτυο, είναι η χρήση μίας διαφορετικής μεθόδου διαμόρφωσης των δεδομένων. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται 8PSK (8 Phase Shift Keying modulation) επιτρέποντας τη μεταφορά 3 bit δεδομένων σε κάθε μοναδικό παλμό του δικτύου. Η τεχνολογία που παρέχουν τα απλά δίκτυα GSM με υποστήριξη υπηρεσιών GPRS, χρησιμοποιεί τη μέθοδο GMSK (Gaussian pre-filtered Minimum Shift Keying) η οποία βασίζεται στη μέθοδο Gauss για την εκθετική μείωση των πιθανοτήτων λάθους κατά τη μεταφορά των δεδομένων, αλλά επιτρέπει τη μεταφορά μόνο ενός bit δεδομένων σε κάθε μοναδικό παλμό του δικτύου. Οι ταχύτητες που επιτυγχάνονται είναι 384Kbps ή και 768kbps με στόχο όμως να φτάσει τα 2Mbps. Επίσης το EDGE έχει την ικανότητα αναμετάδοσης ενός πακέτου πληροφοριών, που δεν κωδικοποιήθηκε σωστά, με ένα περισσότερο ισχυρό σχήμα κωδικοποίησης, ενώ στο GPRS τα πακέτα θα έπρεπε να αποστέλλονται με το ίδιο σχήμα κωδικοποίησης ακόμη και αν το περιβάλλον μεταβάλλεται με αποτέλεσμα τις αποσυνδέσεις και τα προβλήματα, ιδιαίτερα σε περιοχές με αυξημένη ζήτηση.[15]

Πριν το GSM - 1η Γενιά

Η 1G πρώτη γενιά χρησιμοποιούνταν από αρκετές χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής. Χαρακτηριστικό αυτής της τεχνολογίας ήταν η αναλογική και χαμηλή ποιότητα μετάδοσης της φωνής με πολλά προβλήματα σύνδεσης, με ογκώδεις και βαριές συσκευές, με χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, την έλλειψη ποικίλων υπηρεσιών κτλ. Πιο συγκεκριμένα υπήρχαν οι εξής τεχνολογίες:

- Το AMPS (Advanced Mobile Phone System) ήταν μια τεχνολογία που αναπτύχθηκε στις ΗΠΑ από τα εργαστήρια της Bell στα μέσα του 1970 λειτουργώντας σε συχνότητες των 800MHz (824-894MHz) βασισμένο στην τεχνολογία FDMA. Μια πιο εξελιγμένη έκδοση του AMPS αποτέλεσε λίγο αργότερα το NAMPS (Narrowband AMPS), το οποίο ενσωμάτωνε κάποια ψηφιακή τεχνολογία προκειμένου να επιτρέψει στο σύστημα να αυξήσει τη χωρητικότητά του έως και 3 φορές περισσότερες κλήσεις από το αρχικό AMPS. Το NAMPS μπορεί να έκανε κάποια χρήση ψηφιακής τεχνολογίας, αλλά κατά βάση ήταν αναλογικό.
- Το TACS (Total Access Communication System) ήταν μια αντίστοιχη τεχνολογία του AMPS που αναπτύχθηκε στην Ευρώπη την δεκαετία του '80. Λειτουργούσε σε συχνότητες των 900MHz και υποστήριζε διάφορες υπηρεσίες, όπως πληροφορίες χρέωσης.
- Το C-Network ή αλλιώς C-450 ήταν ένα από τα πρώτα κυψελοειδή δίκτυα και εντοπίζονταν στη Γερμανία, Πορτογαλία και Νότιο Αφρική. Είναι η πρώτη τεχνολογία που υποστήριζε τη μεταφορά του σήματος από τη μια κυψέλη στην άλλη χωρίς να διακόπτεται.[15]

2.3 Υπηρεσίες πλοήγησης

Οι υπηρεσίες πλοήγησης εντοπίζουν:

Πού βρίσκεται ο ίδιος ο χρήστης

Πού βρίσκεται η επιθυμητή τοποθεσία ή υπηρεσία

Ποιοι διαφορετικοί τρόποι μεταφοράς μπορούν να μεταφέρουν τον χρήστη στον επιθυμητό του προορισμό

Πού βρίσκονται οι φίλοι, οι πελάτες, οι πόροι ή τα περιουσιακά στοιχεία

Η ανάπτυξη υπηρεσιών πλοήγησης μπορεί να διακριθεί σε τρεις κατηγορίες/τάσεις:

- Πλοήγηση οχημάτων
- Πλοήγηση σε υπαίθρια περιβάλλοντα
- Πλοήγηση σε αστικά και εσωτερικά περιβάλλοντα.

Εκτός από αυτές τις κατηγορίες, η παρακολούθηση των οχημάτων και των άλλων πολύτιμων κινητών πόρων, όπως για παράδειγμα τα άτομα και τα κατοικίδια ζώα είναι επίσης σημαντικά. Η πλοήγηση μεταφορικών μέσων έχει αναπτυχθεί εδώ και είκοσι χρόνια. Το σημείο εκκίνησης ήταν οι υπηρεσίες εύρεσης δρομολογίων, ιδιαίτερα σε άγνωστο περιβάλλον. Όμως, πλέον, οι πληροφορίες που εξυπηρετούν την ελεύθερη ροή και την ασφάλεια του αυξανόμενου όγκου της καθημερινής κυκλοφορίας έχει γίνει επίσης σημαντική. Τη δεκαετία του 1980 η πλοήγηση χρησιμοποιήθηκε ως ένα σύστημα εντοπισμού της θέσης ενός οχήματος σε έναν ηλεκτρονικό χάρτη οδικού δικτύου. Αρχικά, η βάση δεδομένων του συστήματος ήταν αρκετά στατική (CD-ROM), αλλά με την ανάπτυξη της ασύρματης μεταφοράς δεδομένων τη δεκαετία του 1990, τα συστήματα αναπτύχθηκαν προς την κατεύθυνση της χρήσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (κυκλοφοριακή συμφόρηση, καιρικές συνθήκες, κλπ.). Η πλοήγηση των μεταφορικών μέσων είναι πλέον ευρέως διαδεδομένη παγκοσμίως. Οι ετήσιες πωλήσεις των εφαρμογών πλοήγησης σήμερα στην Ευρώπη ανέρχονται σε περίπου μισό εκατομμύριο μονάδες. Το περιεχόμενο των δεδομένων και η μορφή μεταφοράς των οδικών χαρτών αποτελεί το αντικείμενο εργασιών τυποποίησης, ενώ στην Ευρώπη εφαρμόζεται ευρέως το πρότυπο GDG (Geographic Αρχείο δεδομένων, ISO 14825). Η πλοήγηση έχει ως σημείο εκκίνησης την ανάγκη του χρήστη να κινηθεί χωρίς να χαθεί σε ένα άγνωστο περιβάλλον, ανεξάρτητα από τον τρόπο μεταφοράς, και να λαμβάνει καθοδήγηση ανάλογα με τις ανάγκες και τις περιστάσεις του ανά πάσα στιγμή. Η ασύρματη μεταφορά δεδομένων επιτρέπει στο χρήστη να του προσφέρονται υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας, όπως για παράδειγμα πληροφορίες σχετικά με τη θέση του. [6]

2.4 Εφαρμογές πλοήγησης και εντοπισμού θέσης στα κινητά τηλέφωνα

Κάθε σύγχρονο Smartphone μπορεί πρακτικά να λειτουργήσει σαν ένα πλήρες GPS. Με την κατασκευή των πρώτων έξυπνων κινητών τηλεφώνων, δόθηκε η δυνατότητα να αποκτήσει κανείς πρόσβαση σε μεγάλο αριθμό υπηρεσιών και εφαρμογών. Μία από τις μεγαλύτερες και δημοφιλέστερες κατηγορίες εφαρμογών αποτελούν οι εφαρμογές GPS ή εφαρμογές πλοήγησης. Μέσω αυτών των εφαρμογών, οι καταναλωτές είναι σε θέση να εντοπίσουν την θέση τους και να πλοηγηθούν είτε με χρήση του διαδικτύου ή με τη χρήση χαρτών, ακόμη και χωρίς πρόσβαση στο Internet, με συγκεκριμένες offline εφαρμογές GPS. Εκτός όμως από μια απλή πλοήγηση, με την συνεχή εξέλιξη αυτών των εφαρμογών οι καταναλωτές μπορούν να εντοπίσουν τους κοντινότερους 35 χώρους εστίασης και διασκέδασης μέσω των σημείων ενδιαφέροντος ή να ελέγξουν για μποτιλιαρίσματα και κλειστούς δρόμους. Όπως γίνεται αντιληπτό, οι εφαρμογές αυτές προσφέρουν πολλά περισσότερα από ένα απλό χάρτη, καθώς δίνουν

στον καταναλωτή πλήρη ενημέρωση για γεωγραφική περιοχή που τον ενδιαφέρει και τον βοηθά στον αποδοτικό προγραμματισμό των διαδρομών του. [6] Οι πιο διαδεδομένες εφαρμογές είναι:

2.4.1 Google Maps

Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή είναι η Google Maps. Οι χάρτες τις Google αποτελούν ίσως την πιο δημοφιλή εφαρμογή πλοήγησης με σχεδόν 6 εκατομμύρια κριτικές, η οποία και βρίσκεται προεγκατεστημένη σε όλες τις συσκευές Android. Οι προσεκτικά σχεδιασμένοι χάρτες της, μαζί με την μεγάλη λίστα σημείων ενδιαφέροντος την έκαναν ιδιαίτερα αγαπητή στο κοινό. Επιπλέον, η δυνατότητα προβολής εικόνων από το street view της έδωσε πλεονέκτημα έναντι των υπόλοιπων εφαρμογών GPS. Το κύριο μειονέκτημα αποτελεί η έλλειψη πληροφόρησης των χρηστών για θέματα όπως κάμερες κυκλοφορίας και η έλλειψη δυνατότητας πρόσβασης σε πλήρεις υπηρεσίες χωρίς πρόσβαση στο διαδίκτυο. [6]

2.4.2 GPS Navigation

Το GPS (Global Positioning System), Παγκόσμιο Σύστημα Στιγματοθέτησης, είναι παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού γεωγραφικής θέσης, ακίνητου ή κινούμενου χρήστη, το οποίο βασίζεται σε ένα "πλέγμα" εικοσιτεσσάρων δορυφόρων της Γης, εφοδιασμένων με ειδικές συσκευές εντοπισμού, οι οποίες ονομάζονται "πομποδέκτες GPS". Οι πομποδέκτες αυτοί παρέχουν ακριβείς πληροφορίες για τη θέση ενός σημείου, το υψόμετρό του, την ταχύτητα και την κατεύθυνση της κίνησης του. Επίσης, σε συνδυασμό με ειδικό λογισμικό χαρτογράφησης μπορούν να απεικονίσουν γραφικά τις πληροφορίες αυτές.

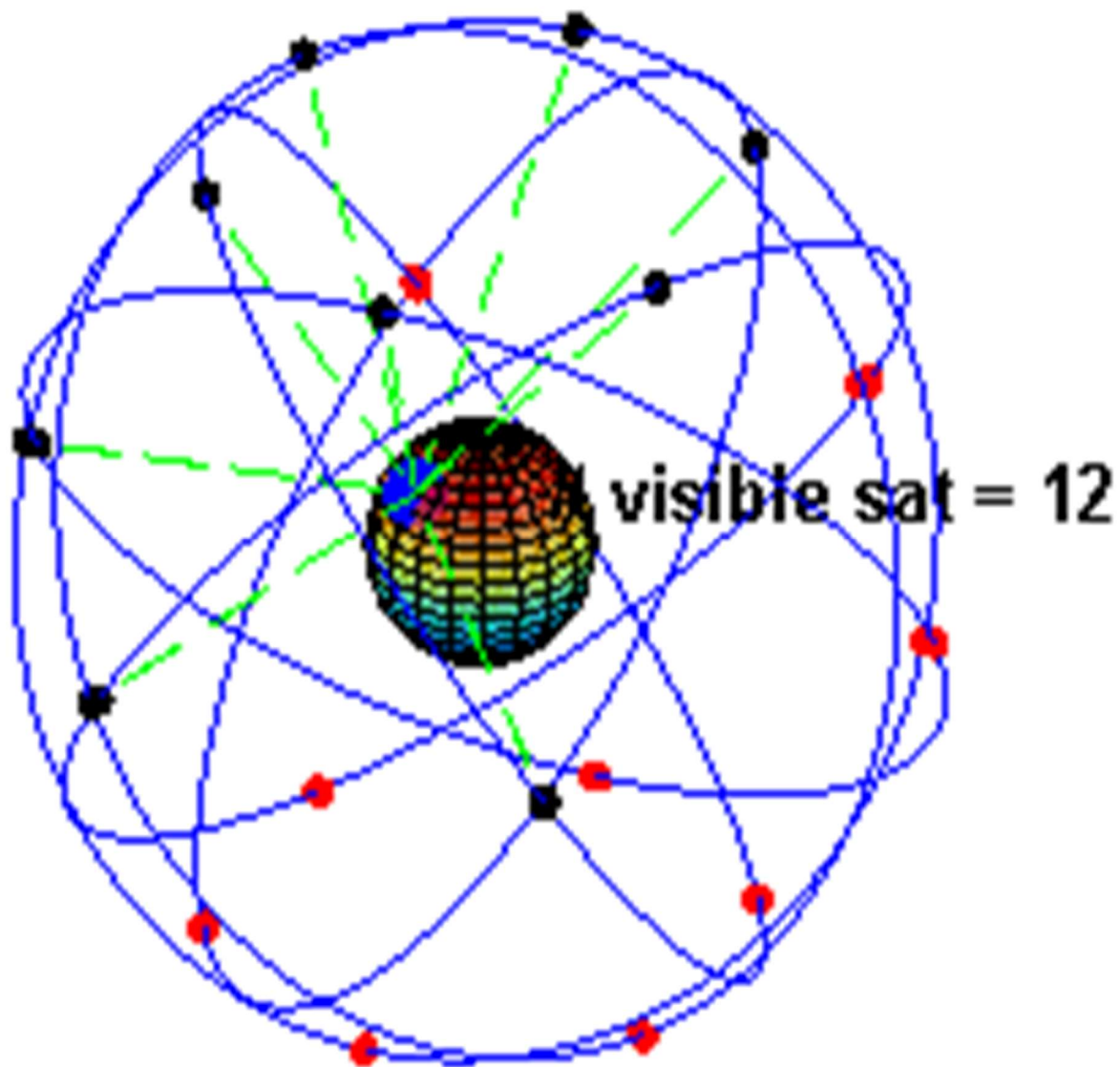
Το σύστημα ξεκίνησε από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ και ονομάστηκε NAVSTAR GPS (Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System). Το δορυφορικό αυτό σύστημα ρυθμίζεται καθημερινά από τη Βάση Πολεμικής Αεροπορίας Σρίβερ (Schriever) με κόστος 400 εκατομμύρια δολάρια το χρόνο.

Στα μέσα του 20ού αιώνα, δημιουργήθηκαν τα πρώτα συστήματα εντοπισμού θέσης που βασίζονταν σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα, τα γνωστά σε όλους ραντάρ. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα κατά τη διάρκεια του Δεύτερου Παγκοσμίου Πολέμου (και χρησιμοποιούνται ακόμη). Τα συστήματα εντοπισμού θέσης της εποχής αποτελούνταν από ένα δίκτυο σταθμών βάσης και κατάλληλους δέκτες. Ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λάμβανε κάθε δέκτης από σταθμούς γνωστής γεωγραφικής θέσης, σχηματίζονταν δύο ή περισσότερες συντεταγμένες, μέσω των οποίων προσδιοριζόταν η θέση των σημείων ενδιαφέροντος επάνω σε ένα χάρτη. Στην περίπτωση αυτή, όμως, συνέβαιναν υπήρχαν δύο διαφορετικά προβλήματα: Στην πρώτη περίπτωση η χρήση σταθμών βάσης, που θα εξέπεμπαν σήμα σε υψηλή συχνότητα, διέθεταν μεν υψηλή ακρίβεια εντοπισμού, αλλά είχαν μικρή εμβέλεια. Στη δεύτερη περίπτωση συνέβαινε το ακριβώς αντίθετο, δηλαδή ο σταθμός βάσης χρησιμοποιούσε μεν χαμηλή συχνότητα εκπομπής σήματος, προσφέροντας έτσι υψηλότερη εμβέλεια, αλλά και η ακρίβεια που παρείχε ήταν χαμηλή. Έστω και με αυτά τα προβλήματα, η αρχή της χρήσης ραδιοκυμάτων για τον εντοπισμό της θέσης ενός σημείου είχε ήδη γίνει.

Το Global Positioning System στη σημερινή του μορφή βασίζεται σε παρεμφερή τεχνολογία. Συνδυάζει όλες τις μεθόδους που είχαν χρησιμοποιηθεί στον ουρανό, δηλαδή την τεχνολογία των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων καθώς και την παρατήρηση ενός –τεχνητού αυτή τη φορά- ουράνιου σώματος. Οι σταθμοί βάσης που λαμβάνουν και δέχονται τα απαραίτητα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δεν είναι πλέον επίγειοι, αλλά εδρεύουν σε δορυφόρους. Ένα δίκτυο πολυάριθμων (24 - 32) δορυφόρων που βρίσκεται σε σταθερή θέση γύρω από τον πλανήτη μας, βοηθά τους δέκτες GPS να παραγάγουν το

ακριβές στίγμα ενός σημείου οπουδήποτε στον κόσμο. Όταν, το 1957, πραγματοποιήθηκε η εκτόξευση του δορυφόρου Σπούτνικ, οι άνθρωποι είχαν ήδη αντιληφθεί ότι ένα τεχνητό ουράνιο σώμα κοντά στη Γη είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για να εντοπιστεί η θέση ενός σημείου πάνω στον πλανήτη. Αμέσως μετά την εκτόξευσή του, οι ερευνητές του Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (MIT) διαπίστωσαν ότι το σήμα που λαμβανόταν από τον δορυφόρο αυξανόταν καθώς αυτός πλησίαζε προς το επίγειο σημείο παρατήρησης και μειωνόταν όταν ο δορυφόρος απομακρυνόταν από αυτό. Αυτό ήταν και το πρώτο βήμα για την υλοποίηση της τεχνολογίας που σήμερα αποκαλείται Global Positioning System. Με τον ίδιο τρόπο που η θέση ενός δορυφόρου μπορούσε να εντοπιστεί ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λαμβάνεται από αυτόν, υπήρχε και η δυνατότητα να συμβεί το ακριβώς αντίθετο: Ο δορυφόρος να εντοπίσει την ενός σημείου θέση με ιδιαίτερη ακρίβεια. Στην πραγματικότητα ένας δορυφόρος δεν είναι αρκετός για να υπάρξουν ακριβή αποτελέσματα, αλλά απαιτούνται τουλάχιστον τρεις, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

Το GPS αρχικά δημιουργήθηκε αποκλειστικά για στρατιωτική χρήση και ανήκε στη δικαιοδοσία του αμερικανικού Υπουργείου Εθνικής Άμυνας. Στα μέσα της δεκαετίας του 1960 το σύστημα δορυφορικής πλοήγησης, γνωστό τότε με την ονομασία Transit System, χρησιμοποιήθηκε ευρέως από το αμερικανικό ναυτικό. Απαιτήθηκαν αρκετές δεκαετίες, μέχρι δηλαδή τα μέσα της δεκαετίας του 1990, ώστε το σύστημα GPS να εξελιχθεί, να γίνει ιδιαίτερα ακριβές και να αρχίσει να διατίθεται για ελεύθερη χρήση από το ευρύ κοινό. [6]



Σχήμα 2.11: Δορυφόροι

2.5 Επιμέρους τμήματα του παγκόσμιου δικτύου

Το σύστημα εντοπισμού θέσης GPS σχηματίζει ένα παγκόσμιο δίκτυο, με εμβέλεια που καλύπτει ξηρά, θάλασσα και αέρα. Εξαιτίας αυτής της έκτασής του, είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός του σε επιμέρους τμήματα όπου πραγματοποιούνται όλες οι λειτουργίες του αλλά και ο συντονισμός του. [6] Αναλυτικά, τα τμήματα αυτά είναι:

2.5.1 Διαστημικό τμήμα

Αποτελείται από το δίκτυο των 24 - 32 δορυφόρων που ήδη αναφέραμε. Οι δορυφόροι αυτοί «σκεπάζουν» ομοιόμορφα με το σήμα τους ολόκληρο τον πλανήτη, γεγονός που αποδεικνύει τη φιλοσοφία που κρύβεται πίσω από τη λειτουργία του συστήματος GPS, δηλαδή τη διαθεσιμότητά του σε κάθε σημείο της Γης, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος να αποπροσανατολιστεί κανείς ποτέ και πουθενά.

Όλοι οι δορυφόροι βρίσκονται σε ύψος 12.552 μιλίων (20.200 χιλιομέτρων) πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και εκτελούν δύο περιστροφές γύρω από τη Γη κάθε 24ωρο. Η κατασκευάστρια εταιρεία είναι η Rockwell International, η εκτόξευσή τους πραγματοποιήθηκε από το ακρωτήριο Canaveral, ενώ η τροφοδοσία τους με ηλεκτρική ενέργεια πραγματοποιείται μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων που διαθέτουν.

2.5.2 Επίγειο τμήμα ελέγχου

Οι δορυφόροι, όπως είναι αναμενόμενο, είναι πολύ πιθανό να αντιμετωπίσουν ανά πάσα στιγμή προβλήματα στη σωστή λειτουργία τους. Οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται σε αυτούς αφορούν στη σωστή τους ταχύτητα το υψόμετρο και την κατάσταση της επάρκειάς τους σε ηλεκτρική ενέργεια. Παράλληλα, εφαρμόζονται όλες οι διορθωτικές ενέργειες που αφορούν στο σύστημα χρονομέτρησης των δορυφόρων, ώστε να αποτρέπεται η παροχή λανθασμένων πληροφοριών στους χρήστες του συστήματος. Το τμήμα επίγειου ελέγχου αποτελείται από ένα επανδρωμένο και τέσσερα μη επανδρωμένα κέντρα, εγκατεστημένα σε ισάριθμες περιοχές του πλανήτη.

Οι περιοχές αυτές είναι οι εξής: α) Κολοράντο (ΗΠΑ) β) Χαβάη (Ανατολικός Ειρηνικός Ωκεανός) γ) Ascension Island (Ατλαντικός Ωκεανός) δ) Diego Garcia (Ινδικός Ωκεανός) ε) Kwajalein (Δυτικός Ειρηνικός Ωκεανός)

Ο κυριότερος σταθμός βάσης είναι αυτός του Κολοράντο, ο οποίος είναι μάλιστα και ο μοναδικός που βρίσκεται στην ξηρά. Αναλαμβάνει τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας των εναπομεινάντων τεσσάρων σταθμών, καθώς και τον συντονισμό τους. Σημειώνοντας τη θέση των σταθμών αυτών πάνω σε έναν παγκόσμιο χάρτη, παρατηρεί κανείς ότι η διάταξή τους δεν είναι τυχαία, αλλά ακολουθούν μια γραμμή παράλληλη με τα γεωγραφικά μήκη της Γης.

2.5.3 Τμήμα τελικού χρήστη

Απαρτίζεται από τους χιλιάδες χρήστες δεκτών GPS ανά την υφήλιο. Οι δέκτες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο κατά τη διάρκεια μιας απλής πεζοπορίας, όσο και σε οχήματα ή θαλάσσια σκάφη και κατά κανόνα διαθέτουν αρκετά μικρές διαστάσεις. Για να προσφέρουν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες, οι δέκτες συνδυάζονται με ειδικό λογισμικό, που προβάλλει ένα χάρτη στην οθόνη της συσκευής GPS. Πρόκειται, δηλαδή, για λογισμικό που λαμβάνει από τους δορυφόρους τις πληροφορίες για το στίγμα του σημείου στο οποίο βρίσκεται ο δέκτης και τις μετατρέπει σε κατανοητή μορφή, πληροφορώντας το χρήστη για την ακριβή γεωγραφική του θέση (geotracking). [6]. Οι συσκευές

δορυφορικού εντοπισμού στέλνουν ειδικά δορυφορικά σήματα που υποβάλλονται σε επεξεργασία από έναν δέκτη. Οι τοποθεσίες αποθηκεύονται στη μονάδα παρακολούθησης ή μεταδίδονται σε μια συσκευή συνδεδεμένη στο Internet χρησιμοποιώντας το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας (GSM / GPRS / CDMA / LTE ή SMS), ραδιόφωνο ή δορυφορικό μόντεμ ενσωματωμένο στη μονάδα ή στο WiFi . Τα ίχνη μπορούν να εμφανίζονται σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιώντας λογισμικό εντοπισμού GPS και συσκευές με δυνατότητα GPS. [5]

Αρχιτεκτονική

Ένα GPS "tracker" περιέχει ουσιαστικά μια μονάδα GPS που λαμβάνει το σήμα GPS και υπολογίζει τις συντεταγμένες. Τα καταγραφικά δεδομένων, περιέχουν μεγάλη μνήμη για την αποθήκευση των συντεταγμένων. Οι προωθητές δεδομένων περιέχουν επιπλέον ένα μόντεμ GSM / GPRS / CDMA / LTE για τη μετάδοση αυτών των πληροφοριών σε έναν κεντρικό υπολογιστή είτε μέσω SMS είτε μέσω GPRS με τη μορφή πακέτων IP. Δορυφορικές μονάδες εντοπισμού GPS λειτουργούν οπουδήποτε στον κόσμο χρησιμοποιώντας δορυφορική τεχνολογία όπως το GlobalStar ή το Iridium. Δεν απαιτούν σύνδεση κινητής τηλεφωνίας.[5]

Υπάρχουν τρεις τύποι ίχνηλατών- "tracker" GPS, αν και τα περισσότερα τηλέφωνα είναι εξοπλισμένα με GPS και μπορούν να ανταποκριθούν σε οποιαδήποτε από αυτές τις λειτουργίες, ανάλογα με τις εγκατεστημένες εφαρμογές για κινητά:

- Καταγραφικά δεδομένων

Οι καταγραφείς GPS καταγράφουν τη θέση της συσκευής σε τακτά χρονικά διαστήματα στην εσωτερική μνήμη της. Τα καταγραφικά GPS μπορεί να έχουν είτε υποδοχή κάρτας μνήμης είτε εσωτερική κάρτα μνήμης flash και θύρα USB. Ορισμένα λειτουργούν ως μονάδα flash USB, η οποία επιτρέπει τη λήψη των δεδομένων καταγραφής κομματιών για περαιτέρω ανάλυση υπολογιστή. Η λίστα κομματιών ή σημείων ενδιαφέροντος μπορεί να είναι σε GPX, KML, NMEA ή άλλη μορφή.

Οι περισσότερες ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές εξοικονομούν χρόνο λήψης μιας φωτογραφίας. Υπό την προϋπόθεση ότι το ρολόι της κάμερας είναι αρκετά ακριβές ή χρησιμοποιείται GPS ως πηγή ώρας, μπορεί να συσχετιστεί με δεδομένα καταγραφής GPS, για να παρέχει μια ακριβή τοποθεσία. Αυτό μπορεί να προστεθεί στα μεταδεδομένα Exif στο αρχείο εικόνας. Οι κάμερες με ενσωματωμένο δέκτη GPS μπορούν να παράγουν απευθείας μια τέτοια φωτογραφία με γεωγραφική ετικέτα.

Σε ορισμένες περιπτώσεις ιδιωτικών ερευνών, χρησιμοποιούνται καταγραφικά δεδομένων για την παρακολούθηση ενός οχήματος-στόχου. Ο ιδιωτικός ερευνητής δεν χρειάζεται να παρακολουθεί τον στόχο πολύ στενά και έχει πάντα μια εφεδρική πηγή δεδομένων.[5]

- Προωθητές δεδομένων

Ένας προωθητής δεδομένων είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος μονάδας εντοπισμού GPS, που χρησιμοποιείται για παρακολούθηση περιουσιακών στοιχείων, προσωπική παρακολούθηση και συστήματα παρακολούθησης οχημάτων. Σχεδόν κάθε κινητό τηλέφωνο βρίσκεται σε αυτή τη λειτουργία ανά συμφωνία χρήστη, ακόμη και αν κλείσει ή απενεργοποιηθεί η αποθήκευση των δεδομένων ισχύει για μελλοντική μετάδοση.

Γνωστό και ως "φάρος GPS", αυτό το είδος συσκευής ωθεί σε τακτά χρονικά διαστήματα, τη θέση της συσκευής καθώς και άλλες πληροφορίες όπως ταχύτητα ή υψόμετρο σε έναν καθορισμένο διακομιστή, ο οποίος μπορεί να αποθηκεύσει και να αναλύσει τα δεδομένα αμέσως.

Μια συσκευή πλοήγησης GPS και ένα κινητό τηλέφωνο βρίσκονται δίπλα-δίπλα στο ίδιο κουτί, τροφοδοτούμενα από την ίδια μπαταρία. Σε τακτά χρονικά διαστήματα, το τηλέφωνο στέλνει ένα μήνυμα κειμένου μέσω SMS ή GPRS, που περιέχει τα δεδομένα από το δέκτη GPS. Τα νεότερα smartphone με ενσωματωμένο GPS που εκτελούν λογισμικό παρακολούθησης GPS μπορούν να μετατρέψουν το τηλέφωνο σε συσκευή προώθησης δεδομένων (ή καταγραφικό). Από το 2009, ανοιχτού κώδικα εφαρμογές είναι διαθέσιμες για κοινά τηλέφωνα με δυνατότητα Java ME, iPhone, Android, Windows Mobile και Symbian.

Οι περισσότεροι ιχνηλάτες GPS του 21ου αιώνα παρέχουν τεχνολογία "ώθησης" δεδομένων, επιτρέποντας εξελιγμένη παρακολούθηση GPS σε επιχειρηματικά περιβάλλοντα, ειδικά σε οργανισμούς που απασχολούν μετακινούμενο εργατικό δυναμικό, όπως ένας εμπορικός στόλος. Τα τυπικά συστήματα εντοπισμού GPS που χρησιμοποιούνται στη διαχείριση εμπορικού στόλου έχουν δύο βασικά μέρη: συσκευή παρακολούθησης και λογισμικό παρακολούθησης. Αυτός ο συνδυασμός αναφέρεται συχνά ως σύστημα αυτόματου εντοπισμού οχήματος.

Η συσκευή παρακολούθησης είναι συνήθως ενσύρματη εγκατεστημένη στο όχημα, συνδεδεμένη με το δίαυλο CAN, διακόπτη συστήματος και μπαταρία. Επιτρέπει τη συλλογή επιπλέον δεδομένων, τα οποία αργότερα μεταφέρονται στον διακομιστή παρακολούθησης GPS. Εκεί είναι διαθέσιμο για προβολή, στις περισσότερες περιπτώσεις μέσω μιας ιστοσελίδας προσβάσιμης μέσω του Διαδικτύου, όπου η δραστηριότητα των οχημάτων μπορεί να προβληθεί ζωντανά ή με βιντεοσκόπηση χρησιμοποιώντας ψηφιακούς χάρτες και αναφορές.

Τα συστήματα εντοπισμού GPS που χρησιμοποιούνται σε εμπορικούς στόλους συνήθως μεταδίδουν δεδομένα θέσης και τηλεμετρίας με συγκεκριμένη συχνότητα ενημέρωσης ή όταν συμβαίνει κάποιο γεγονός (π.χ. άνοιγμα/κλείσιμο πόρτας, ενεργοποίηση/απενεργοποίηση βοηθητικού εξοπλισμού, διέλευση συνόρων geofence). Η ζωντανή παρακολούθηση GPS σε εμπορικούς στόλους αναφέρεται γενικά σε συστήματα που ενημερώνονται τακτικά σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (π.χ. δύο λεπτά ή πέντε λεπτά), ενώ μπορεί να υπάρχουν και ενημερώσεις που ενεργοποιούνται από την αλλαγή κατεύθυνσης.

Οι λύσεις εντοπισμού GPS, όπως η τηλεματική 2.0, μια τεχνολογία τηλεματικής που βασίζεται στο IoT για την αυτοκινητοβιομηχανία, χρησιμοποιούνται από τις κύριες εμπορικές ασφαλιστικές εταιρείες αυτοκινήτων.[5]

- Αναμεταδότες δεδομένων

Οι αναμεταδότες δεδομένων GPS είναι επίσης γνωστοί ως "αναμεταδότες GPS". Σε αντίθεση με τους προωθητές δεδομένων που στέλνουν τη θέση των συσκευών σε τακτά χρονικά διαστήματα (τεχνολογία push), αυτές οι συσκευές είναι πάντα ενεργοποιημένες και μπορούν να ερωτηθούν όσο συχνά απαιτείται (τεχνολογία έλξης). Αυτή η τεχνολογία δεν χρησιμοποιείται ευρέως, αλλά ένα παράδειγμα αυτού του είδους συσκευής είναι ένας υπολογιστής συνδεδεμένος στο Internet και εκτελεί GPSD.

Αυτά μπορούν συχνά να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση που η τοποθεσία του ιχνηλάτη θα πρέπει να είναι γνωστή μόνο περιστασιακά (π.χ. τοποθετείται σε περιουσία που μπορεί να κλαπεί ή που δεν έχει σταθερή πηγή ενέργειας για την αποστολή δεδομένων σε τακτική βάση, όπως φορτίο ή εμπορευματοκιβώτια).

Οι αναμεταδότες δεδομένων είναι σε ποιο κοινά σε χρήση με τη μορφή συσκευών που περιέχουν δέκτη GPS και κινητό τηλέφωνο τα οποία, όταν αποστέλλονται ένα ειδικό μήνυμα SMS, απαντούν στο μήνυμα με την τοποθεσία τους.[5]

- Μυστικοί ιχνηλάτες GPS

Οι μυστικοί ιχνηλάτες GPS περιέχουν τα ίδια ηλεκτρονικά με τους κανονικούς ιχνηλάτες GPS, αλλά είναι κατασκευασμένοι με τέτοιο τρόπο ώστε να φαίνονται ως καθημερινό αντικείμενο. Μια χρήση για συγκεκαλυμμένους ιχνηλάτες GPS είναι για προστασία ηλεκτρικών εργαλείων. Αυτές οι συσκευές μπορούν να κρυφτούν μέσα σε κουτιά ηλεκτρικών εργαλείων και να εντοπιστούν εάν συμβεί κλοπή.[5]



Σχήμα 2.12: GPS δορυφορική πλοήγηση, σε smartphone, πάνω σε ποδήλατο.



Σχήμα 2.13: GPS συσκευή πλοήγησης Navigon, σε ταμπλό αυτοκινήτου.



Σχήμα 2.14: GPS συσκευή πλοήγησης Navigon



Σχήμα 2.15: Controlling satellites

2.6 Επίλογος

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, το δίκτυο των δορυφόρων που οι επιστήμονες μελέτησαν και κατασκεύασαν για στρατιωτικούς κατ' αρχήν λόγους, εξυπηρετεί τις καθημερινές μας ανάγκες δίνοντας ανά πάσα ώρα τη θέση και διαδρομή του σημείου που θα ζητηθεί από τον εκάστοτε χρήστη.

Κεφάλαιο 3ο: Επιλογή και κατασκευή πλακέτας Arduino

3.1 Εισαγωγή

Το GPS Tracker που κατασκευάστηκε για την εκπόνηση της παρούσης εργασίας, αποτελεί ένα σύστημα παρακολούθησης θέσης, το οποίο επιτρέπει τον εντοπισμό ενός οχήματος ή μιας μοτοσικλέτας μέσω της τεχνολογίας GPS. Το σύστημα είναι σχεδιασμένο να επικοινωνεί με έναν κεντρικό υπολογιστή ή ένα smartphone μέσω SMS.

3.2 Εξαρτήματα και δομή του κυκλώματος

Παρακάτω γίνεται περιγραφή των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του GPS Tracker, η συναρμολόγησή τους, καθώς και η λειτουργία του κυκλώματος που προκύπτει.

3.2.1 Περιγραφή των εξαρτημάτων



Σχήμα 3.1: Arduino Pro Mini

Arduino Pro Mini: Ο μικροελεγκτής Arduino Pro Mini είναι η κεντρική μονάδα επεξεργασίας του συστήματος και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο και την επικοινωνία με τα υπόλοιπα εξαρτήματα. Συνδέεται με τα υπόλοιπα εξαρτήματα μέσω των ακροδεκτών TX και RX για την αποστολή και λήψη δεδομένων. Τροφοδοτείται με τάση 5V.



Σχήμα 3.2: SIM800L module

SIM800L module: Το SIM800L module είναι ένα GSM/GPRS module που επιτρέπει την αποστολή και λήψη SMS μηνυμάτων. Θα χρησιμοποιηθεί για την επικοινωνία με το σύστημα παρακολούθησης μέσω SMS. Συνδέεται με το Arduino Pro Mini μέσω των ακροδεκτών TX και RX για την ανταλλαγή δεδομένων. Λειτουργεί με τάση τροφοδοσίας από 3.7V έως 4.2V.



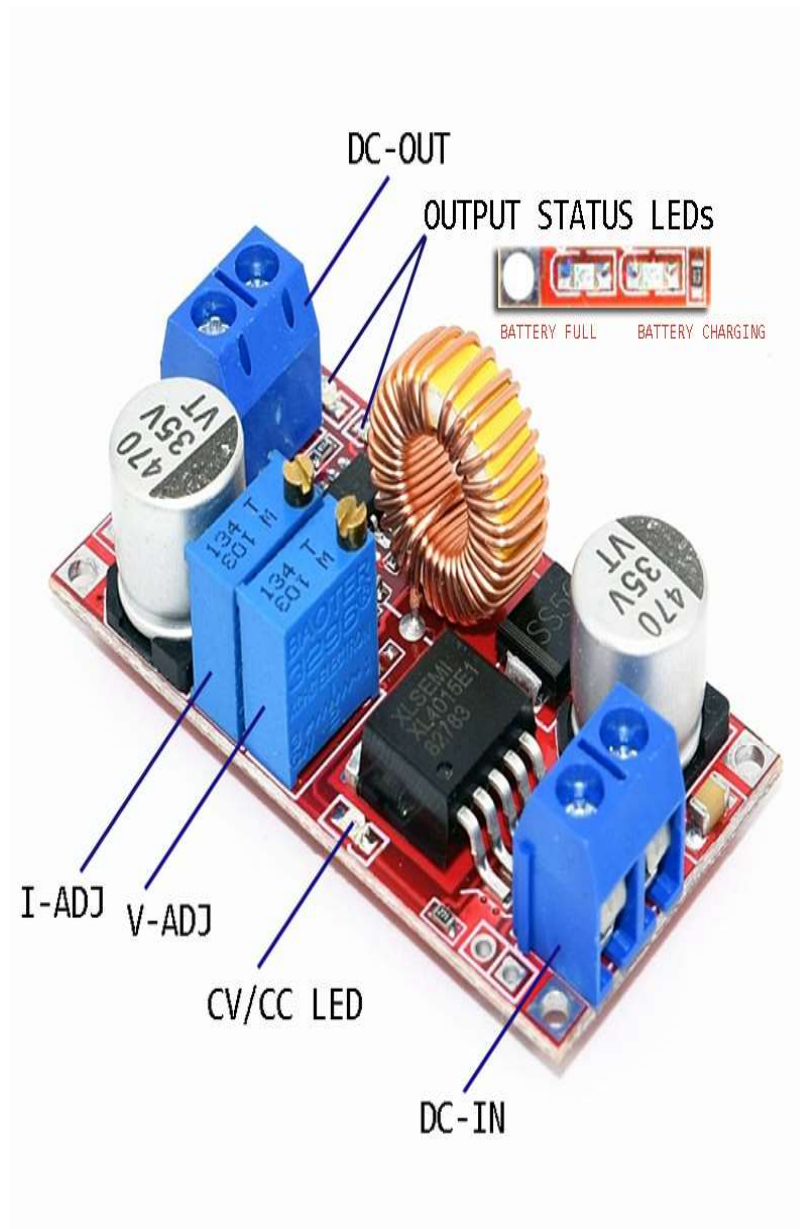
Σχήμα 3.3: NEO 6M GPS module

NEO 6M GPS module: Το NEO 6M GPS module είναι ένας δέκτης GPS που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό της θέσης του οχήματος. Θα χρησιμοποιηθεί για την ανάκτηση των γεωγραφικών συντεταγμένων του οχήματος. Συνδέεται με το Arduino Pro Mini μέσω των ακροδεκτών TX και RX για την ανταλλαγή δεδομένων. Λειτουργεί με τάση τροφοδοσίας 3.3V.



Σχήμα 3.4: Διακόπτης (relay):

Διακόπτης (relay): Ο διακόπτης θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο του κλειδώματος του οχήματος. Με ένα SMS, ο χρήστης θα μπορεί να απομακρύνει την τροφοδοσία του οχήματος, προκαλώντας το κλείδωμά του. Θα ελέγχεται από το Arduino Pro Mini με χρήση κατάλληλου κώδικα προγραμματισμού.



Σχήμα 3.5: XL4015 Step-Down Module

Το Step-Down Module παρέχει σταθερή τάση 4.2V για την τροφοδοσία του υπόλοιπου κυκλώματος.

Συνδέεται με την μπαταρία στο IN με εύρος -12, +12 V, και στο OUT-, OUT+ συνδέεται με το σύστημα για την τροφοδοσία του.

3.2.2 Ανάλυση της δομής του κυκλώματος

Σύνδεση των εξαρτημάτων:

Μπαταρία Οχήματος (12V): Η μπαταρία του οχήματος συνδέεται στην είσοδο του Step-Down Module (XL4015). Το Step-Down Module παρέχει σταθερή τάση 4.2V για την τροφοδοσία του υπόλοιπου κυκλώματος.

NEO 6M GPS Module: Το NEO 6M GPS Module συνδέεται με το Arduino Pro Mini μέσω της βιβλιοθήκης <AltSoftSerial.h>. Το RX του NEO 6M Module συνδέεται στο pin 8 του Arduino και το TX του συνδέεται στο pin 9 του Arduino.

SIM800L Module: Το SIM800L Module συνδέεται με το Arduino Pro Mini μέσω της βιβλιοθήκης <SoftwareSerial.h> ως εξής:

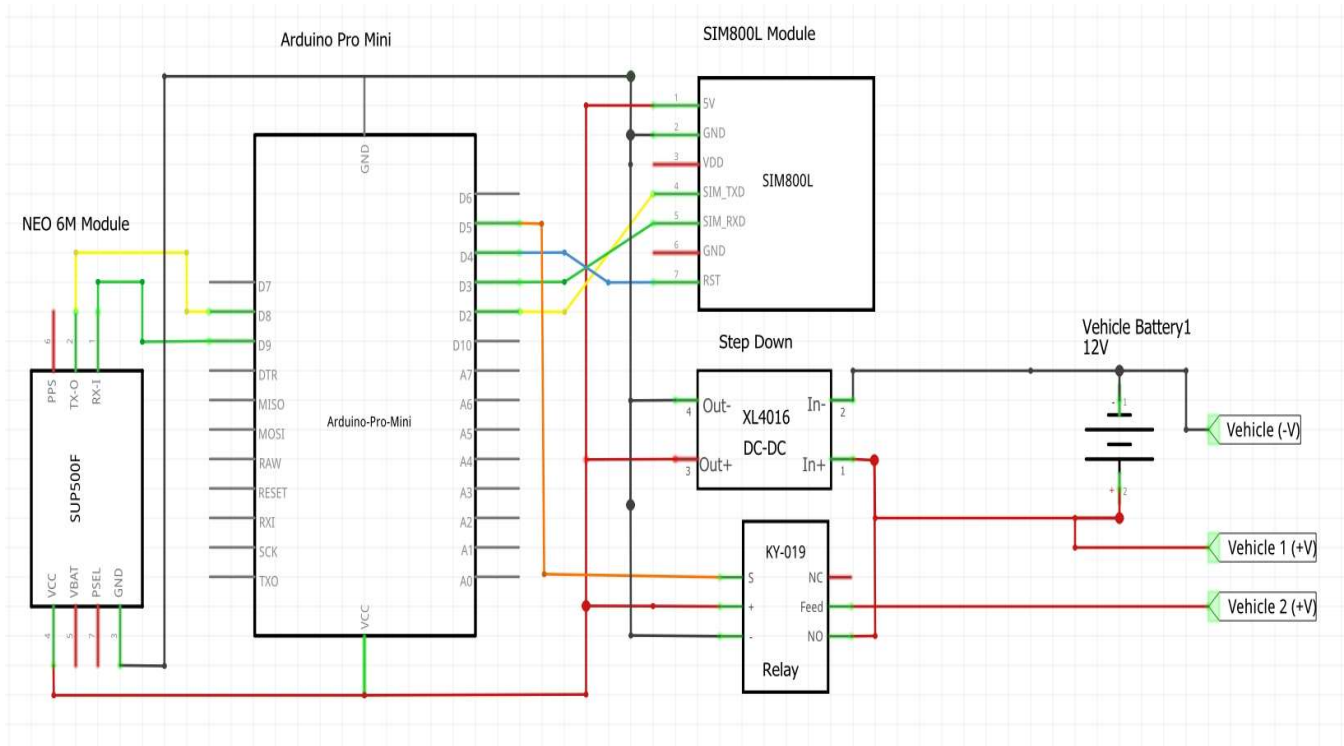
- SIM_TX (Transmit) συνδέεται στο pin 2 του Arduino.
- SIM_RX (Receive) συνδέεται στο pin 3 του Arduino.
- RST (Reset) συνδέεται στο pin 4 του Arduino.

KY-019 Relay Module: Το KY-019 Relay Module συνδέεται στο pin 5 του Arduino Pro Mini. Ο διακόπτης (Relay) θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο του κλειδώματος του οχήματος. Η έξοδος του ρελέ συνδέεται στο θετικό πόλο της μπαταρίας, και το άλλο pin συνδέεται στο καλώδιο του οχήματος για το κλείδωμα της τροφοδοσίας.

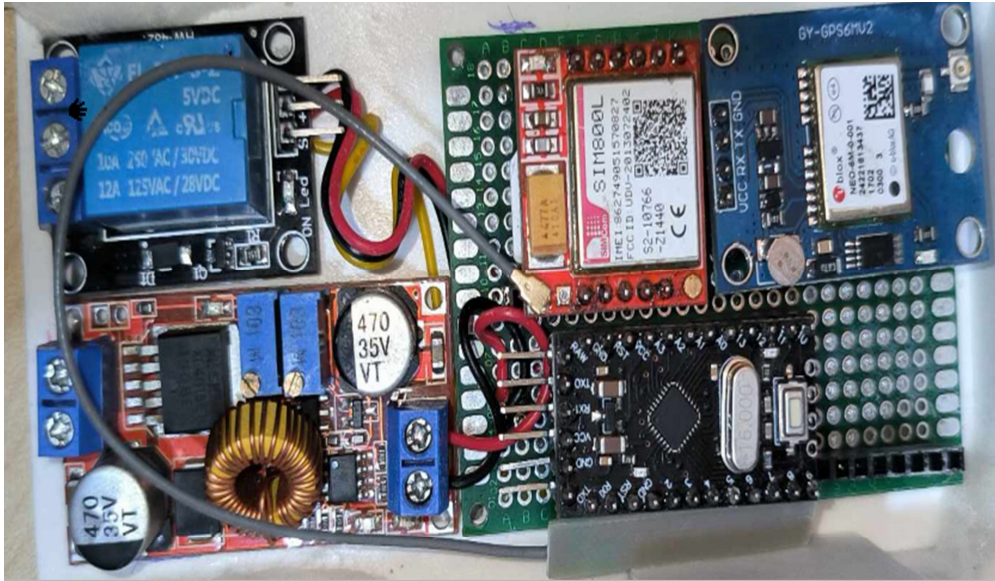
Λειτουργία :

Το κύκλωμα αξιοποιεί την μπαταρία του οχήματος (12V) και μέσω του Step-Down Module παρέχει σταθερή τάση 4.2V για τη λειτουργία του κυκλώματος. Το NEO 6M GPS Module και το SIM800L Module συνδέονται με το Arduino Pro Mini για την ανταλλαγή δεδομένων και επικοινωνίας μέσω των ακροδεκτών TX και RX. Το KY-019 Relay Module ελέγχεται από το Arduino Pro Mini και χρησιμοποιείται για το κλείδωμα του οχήματος μέσω του διακόπτη (Relay).

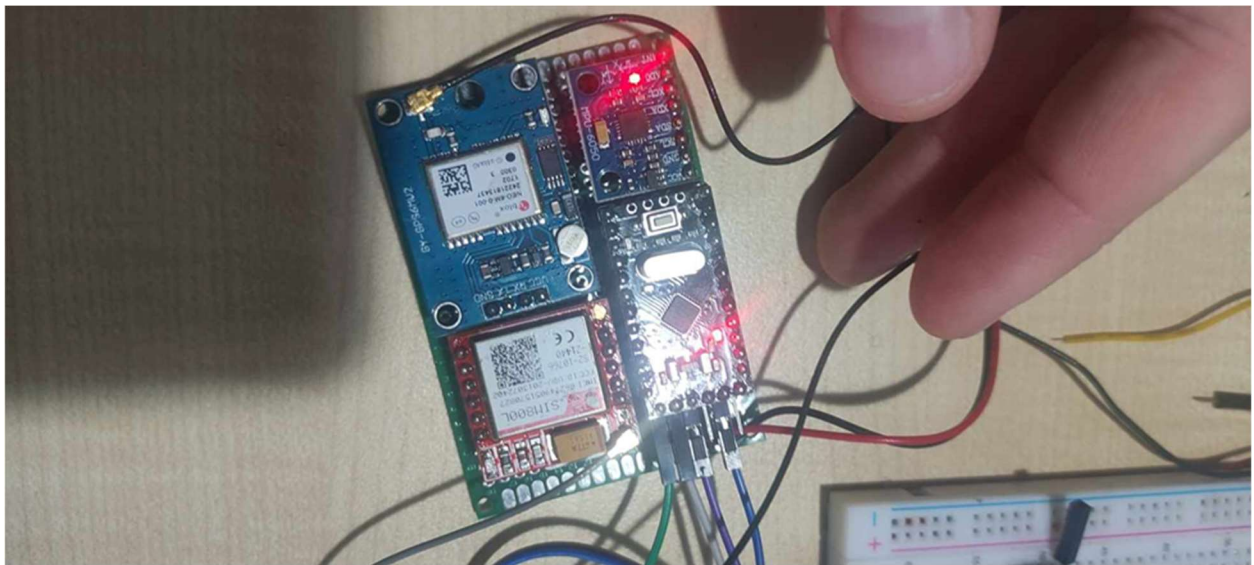
3.2.3 Σχεδίαση του κυκλώματος



Σχήμα 3.6: Σχεδίαση του κυκλώματος



Σχήμα 3.7: Φωτογραφία του κυκλώματος



Σχήμα 3.8: Φωτογραφία του κυκλώματος



Σχήμα 3.9: Φωτογραφία του κυκλώματος

3.3 Προγραμματισμός του συστήματος-Ανάλυση των συναρτήσεων

Το πρόγραμμα εκτελεί έναν κύκλο λειτουργίας συνεχώς στη λούπα loop():

1. Αρχικοποιεί τις ρυθμίσεις των pins για τον κινητήρα, το LED και το module SIM800L, και απενεργοποιεί τον κινητήρα.
2. Ρυθμίζει την Serial Communication για επικοινωνία με το module SIM800L και το module NEO M6 GPS.
3. Εκτελεί μια επανεκκίνηση του module SIM800L.
4. Ρυθμίζει το module SIM800L με διάφορες εντολές AT (AT-attention- commands).
5. Ανάγνωση δεδομένων GPS και αποθήκευση των σχετικών πληροφοριών (γεωγραφικό πλάτος, μήκος, ταχύτητα, υψόμετρο κ.λπ.).
6. Ελέγχει για εισερχόμενα μηνύματα από το module SIM800L και ανάλογα εκτελεί διάφορες ενέργειες (ενεργοποίηση/απενεργοποίηση LED, ενεργοποίηση/απενεργοποίηση κινητήρα, αποστολή τοποθεσίας GPS).
7. Προωθεί τα δεδομένα που λαμβάνονται από την Serial προς το module SIM800L.
8. Εκτελεί την εντολή "AT" κάθε 15 λεπτά για να επιβεβαιώσει τη σύνδεση με το module SIM800L.

3.3.1 Βιβλιοθήκες και δήλωση μεταβλητών

Στην παράγραφο αυτή, κάνουμε τις απαραίτητες δηλώσεις βιβλιοθηκών και μεταβλητών που θα χρησιμοποιηθούν στον κώδικα. Ορίζουμε τα pins που συνδέονται με τον κινητήρα (RELE_ENGINE_PIN), το LED (LED_PIN) και το module SIM800L (rxPin και txPin). Ορίζουμε επίσης μεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο του χρόνου (previousMillis) και για την αποθήκευση τελευταίων δεδομένων GPS.

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <AltSoftSerial.h>
#include <TinyGPS++.h>

#define rxPin 2
#define txPin 3
SoftwareSerial sim800l(rxPin, txPin);

AltSoftSerial NEO_M6;
TinyGPSPPlus gps;

const int GPSBaud = 9600;
const int SIM800L_BAUD_RATE = 9600;

const String PHONE = "+306979235571";

const int RESET_PIN = 4;
const int RELE_ENGINE_PIN = 5;
const int LED_PIN = LED_BUILTIN;

unsigned long previousMillis = 0;
const unsigned long INTERVAL = 900000;

double LastLatitude = 0;
double LastLongitude = 0;
int LastSpeedGPS = 0;
String LastTimeGPS = "";
```

```
int LastAltitudeGPS = 0;
int numberSatellites = 0;
```

3.3.2 Συναρτήσεις

Αυτές είναι οι συναρτήσεις που υπάρχουν στον κώδικα. Είναι μικρές «προτάσεις» κώδικα που εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες, όπως η αναμονή για μια συγκεκριμένη απάντηση από το module SIM800L (waitForResponse), η δοκιμή μιας εντολής και ο επαναληπτικός έλεγχος εάν αποτύχει (tryATCommand), η αναμονή για την πρώτη απάντηση από το μοντέμ (waitForFirstResponse) και άλλες.

```
boolean waitForResponse(String expectedResponse, unsigned int timeout = 1000) {
    boolean responseReceived = false;
    String receivedResponse = "";
    unsigned long startTime = millis();

    while ((millis() - startTime) < timeout) {
        // Διάβασμα εισερχόμενων δεδομένων από το module SIM800L
        while (sim800l.available()) {
            receivedResponse += sim800l.readString();
        }

        // Έλεγχος εάν έχουμε λάβει την αναμενόμενη απάντηση
        if (receivedResponse.indexOf(expectedResponse) != -1) {
            responseReceived = true;
            break;
        }
    }

    // Εκτύπωση της ληφθείσας απάντησης, αν υπάρχει
    if (receivedResponse != "") {
        Serial.println(receivedResponse);
    }

    return responseReceived;
}
```

Κεφάλαιο 3

```
void tryATCommand(String cmd, String expectedAnswer, int timeout, int totalTries) {  
    int tryCount = 0;
```

TryAgain:

```
    // Επανάληψη της εντολής πολλές φορές  
    for (int i = 0; i < totalTries; i++) {  
        sim800l.println(cmd);  
        if (waitForResponse(expectedAnswer, timeout)) {  
            break;  
        } else {  
            Serial.print(".");  
        }  
  
        tryCount++;  
  
        // Εάν αποτύχουν όλες οι προσπάθειες, επανεκκίνηση του module  
        if (tryCount == totalTries) {  
            Serial.println("Αποτυχία! Επανεκκίνηση του Μοντέμ");  
            digitalWrite(RESET_PIN, LOW);  
            delay(100);  
            digitalWrite(RESET_PIN, HIGH);  
            tryCount = 0;  
            goto TryAgain;  
        }  
    }  
}
```

```
boolean waitForFirstResponse(unsigned int timeout = 1000) {  
    boolean responseReceived = false;  
    String receivedResponse = "";  
    unsigned long startTime = millis();
```

```

// Ξεκίνημα επανάληψης για να περιμένουμε την πρώτη απάντηση μέσα στο χρονικό όριο
for (unsigned long currentTime = millis(); currentTime - startTime < timeout;) {
  // Διάβασμα εισερχόμενων δεδομένων από το μοντέμ SIM800L
  while (sim800l.available()) {
    receivedResponse = sim800l.readString();

    // Εάν λάβουμε απάντηση, εκτυπώνει και ρυθμίζει το response Received σε true
    if (receivedResponse != "") {
      Serial.println(receivedResponse);
      responseReceived = true;
      break;
    }
  }

  // Έξοδος από την επανάληψη εάν λάβουμε απάντηση
  if (responseReceived) {
    break;
  }

  // Ενημέρωση της τρέχουσας χρονικής στιγμής
  currentTime = millis();
}

return responseReceived;
}

boolean resetSIM800L() {
  // Επανεκκίνηση του module SIM800L
  digitalWrite(RESET_PIN, LOW);
  delay(100);
  digitalWrite(RESET_PIN, HIGH);

  boolean success = false;

```

Κεφάλαιο 3

```
// Έλεγχος για την απάντηση "NULL" μετά την επανεκκίνηση
for (int i = 1; i <= 20; i++) {
    sim800l.println("ATE");
    Serial.print(".");
    if (waitForResponse("NULL", 1000)) {
        success = true;
        break;
    }
}

if (success) {
    // Έλεγχος για την απάντηση "SMS Ready" μετά την επανεκκίνηση
    for (int i = 1; i <= 20; i++) {
        if (waitForResponse("SMS Ready", 15000)) {
            success = true;
            break;
        }
    }
}

return success;
}

void sendLocation(double latitude, double longitude, String timeGPS = "-", int speedGPS = 0, int
altitudeGPS = 0, int numberSatellites = 0) {
    // Έλεγχος εάν τα γεωγραφικά πλάτος και μήκος είναι έγκυρα
    if (latitude != 0.0 && longitude != 0.0) {
        // Αποστολή γεωγραφικού πλάτους και μήκους μέσω SMS
        String message = timeGPS;
        message += "\nSpeed: " + String(speedGPS);
        if (numberSatellites >= 4) { // Εάν οι δορυφόροι είναι λιγότεροι από 4, το υψόμετρο είναι πάντα 0
```

```

    message += "\nAltitude: " + String(altitudeGPS);
}
String message_lati_long = " Latitude: " + String(latitude, 6) + ", Longitude: " + String(longitude, 6);
String message_google_map = "\nhttp://maps.google.com/maps?q=loc:";
message_google_map += String(latitude) + "," + String(longitude);

sim800l.println("AT+CMGF=1");
delay(10);
sim800l.println("AT+CMGS=\"" + PHONE + "\"\r");
delay(10);
sim800l.println(message); // αποστολή timeGPS, speedGPS, altitudeGPS
delay(10);
sim800l.println(message_lati_long); // αποστολή Γεωγραφικό Πλάτος, Γεωγραφικό Μήκος
delay(10);
sim800l.println(message_google_map); // αποστολή τοποθεσίας στο Google Map
delay(10);
} else {
    // Άκουρα δεδομένα GPS, αποστολή μηνύματος "There is no data for the location yet."
    // Δεν υπάρχουν δεδομένα για την τοποθεσία ακόμη.
    String message_no_data = " There is no data for the location yet. ";
    sim800l.println("AT+CMGF=1");
    delay(10);
    sim800l.println("AT+CMGS=\"" + PHONE + "\"\r");
    delay(10);
    sim800l.println(message_no_data);
    delay(10);
}
sim800l.println((char)26); // Χαρακτήρας τέλους μηνύματος
delay(10);
}

void sentEngineStatus(String status) {

```

Κεφάλαιο 3

```
String message;
if (status.equals("open")) {
    message = "Engine is Open.";
} else {
    message = " Engine is Close.";
}

sim800l.println("AT+CMGF=1");
delay(10);
sim800l.println("AT+CMGS=\"\" + PHONE + \"\r\");
delay(10);
sim800l.println(message);
delay(10);
sim800l.println((char)26); // Χαρακτήρας τέλους μηνύματος
delay(10);
}
```

3.3.3 Set up

Στο στάδιο αυτό, ρυθμίζουμε τις ρυθμίσεις των pins, απενεργοποιούμε τον κινητήρα, αρχικοποιούμε την Serial Communication με τις κατάλληλες ταχύτητες (9600 baud για τα modules SIM800L και του GPS), εκτελούμε μια επανεκκίνηση του module και θέτουμε τις απαραίτητες ρυθμίσεις για το module SIM800L.

```
void setup() {
    // Αρχικοποίηση pins ως εξόδου
    pinMode(RESET_PIN, OUTPUT);
    pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
    pinMode(RELE_ENGINE_PIN, OUTPUT);

    // Απενεργοποίηση του κινητήρα
    digitalWrite(RELE_ENGINE_PIN, LOW);

    // Αρχικοποίηση Serial Communication
    Serial.begin(9600);
    sim800l.begin(SIM800L_BAUD_RATE);
}
```

```

NEO_M6.begin(GPSBaud);

// Επανεκκίνηση του module SIM800L
resetSIM800L();

// Απορύθμιση των ρυθμίσεων του module SIM800L
tryATCommand("AT", "OK", 1000, 20);
tryATCommand("AT+CMGF=1", "OK", 1000, 20);
tryATCommand("AT+CNMI=1,2,0,0,0", "OK", 1000, 20);
digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
}

```

3.3.4 Loop- Κύριο σώμα

Το κύριο σώμα του κώδικα εκτελείται συνεχώς σε λούπα. Καταγράφει τα δεδομένα του GPS, ελέγχει για εισερχόμενα μηνύματα από το module SIM800L και προωθεί τα δεδομένα από την Serial προς το arduino. Επίσης, περιοδικά κάθε 15 λεπτά εκτελεί την εντολή "AT" για επιβεβαίωση της σύνδεσης με το module.

```

void loop() {
  NEO_M6.listen();

  double latitude = 0;
  double longitude = 0;
  String timeGPS = "-";
  int speedGPS = 0;
  int altitudeGPS = 0;
  bool gpsFixAcquired = false;

  // Διάβασμα δεδομένων GPS και απόκτηση τοποθεσίας
  while (NEO_M6.available() > 0) {
    char c = NEO_M6.read();
    if (gps.encode(c)) {
      if (gps.location.isUpdated()) {
        latitude = gps.location.lat();

```

Κεφάλαιο 3

```
longitude = gps.location.lng();
speedGPS = gps.speed.kmph();
altitudeGPS = gps.altitude.meters();
numberSatellites = gps.satellites.value();

// Ωρα, στυλ 10:05:35
timeGPS = "Time: " + String(gps.time.hour()) + ":"; // Ωρα (0-23) (u8)
if (gps.time.minute() < 10) {
    timeGPS += "0";
}
timeGPS += String(gps.time.minute()) + ":"; // Λεπτά (0-59) (u8)
if (gps.time.second() < 10) {
    timeGPS += "0";
}
timeGPS += String(gps.time.second()); // Δευτερόλεπτα (0-59) (u8)

LastSpeedGPS = speedGPS;
LastAltitudeGPS = altitudeGPS;
LastTimeGPS = timeGPS;
LastLatitude = latitude;
LastLongitude = longitude;

gpsFixAcquired = true;
}
}
}

// Έλεγχος για εισερχόμενα μηνύματα από το module SIM800L
while (sim800l.available()) {
    String response = sim800l.readString();
    Serial.println(response);

    if (response.indexOf("+CMT:") > 0) {
```

```

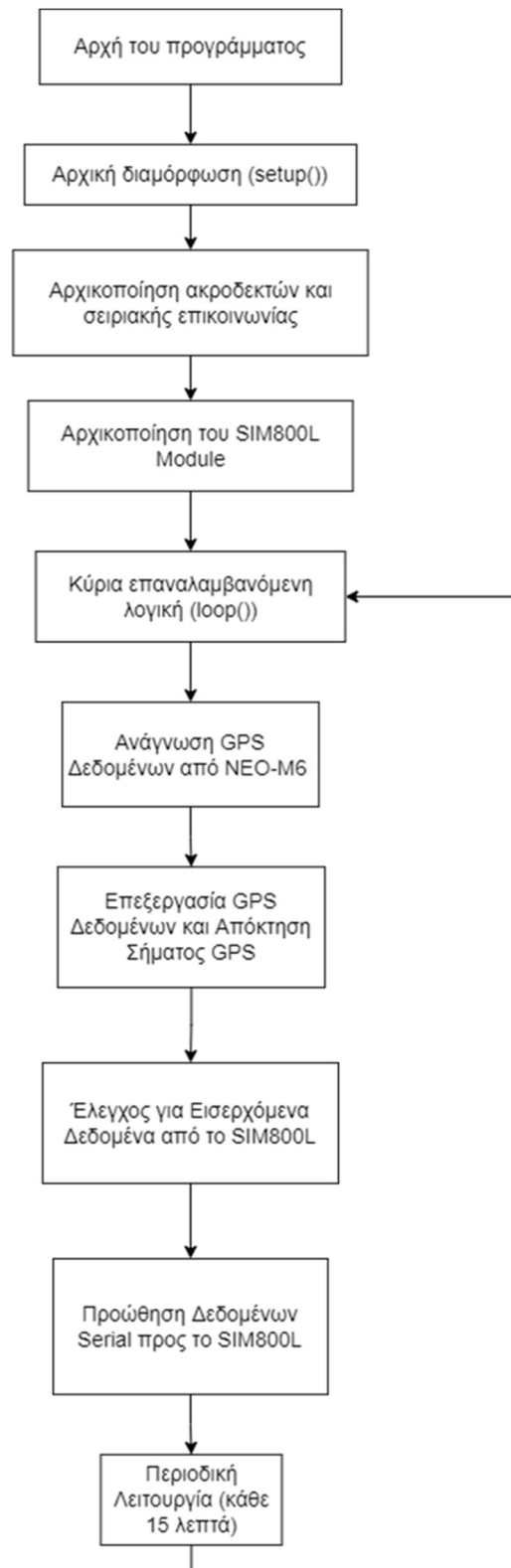
if (response.indexOf("LedOn") > 0) {
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
} else if (response.indexOf("LedOff") > 0) {
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
} else if (response.indexOf("OpenEngine") > 0) {
    digitalWrite(RELE_ENGINE_PIN, HIGH);
    sendEngineStatus("open");
} else if (response.indexOf("CloseEngine") > 0) {
    digitalWrite(RELE_ENGINE_PIN, LOW);
    sendEngineStatus("close");
} else if (response.indexOf("Location") > 0) {
    sendLocation(latitude, longitude, timeGPS, speedGPS, altitudeGPS, numberSatellites);
} else if (response.indexOf("LastLocation") > 0) {
    sendLocation>LastLatitude, LastLongitude, LastTimeGPS, LastSpeedGPS, LastAltitudeGPS,
numberSatellites);
}
}
}

// Προώθηση εισερχόμενων δεδομένων από την Serial στο module SIM800L
while (Serial.available()) {
    sim800l.write(Serial.read());
}

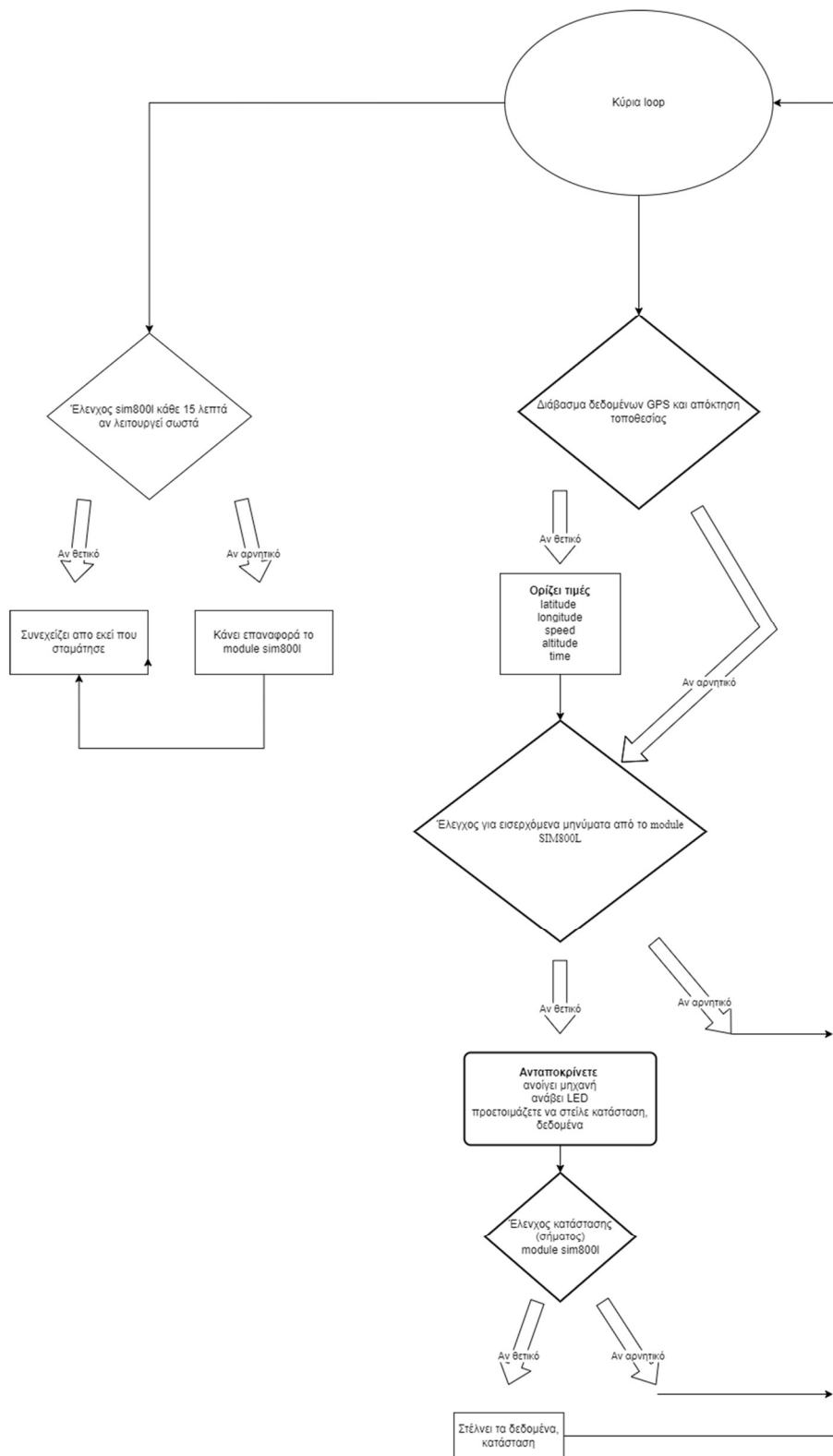
// Περιοδική λειτουργία κάθε 15 λεπτά
if (millis() - previousMillis > INTERVAL) {
    tryATCommand("AT", "OK", 1000, 15);
    previousMillis = millis();
}
}

```

3.4 Ανάλυση του διαγράμματος ροής

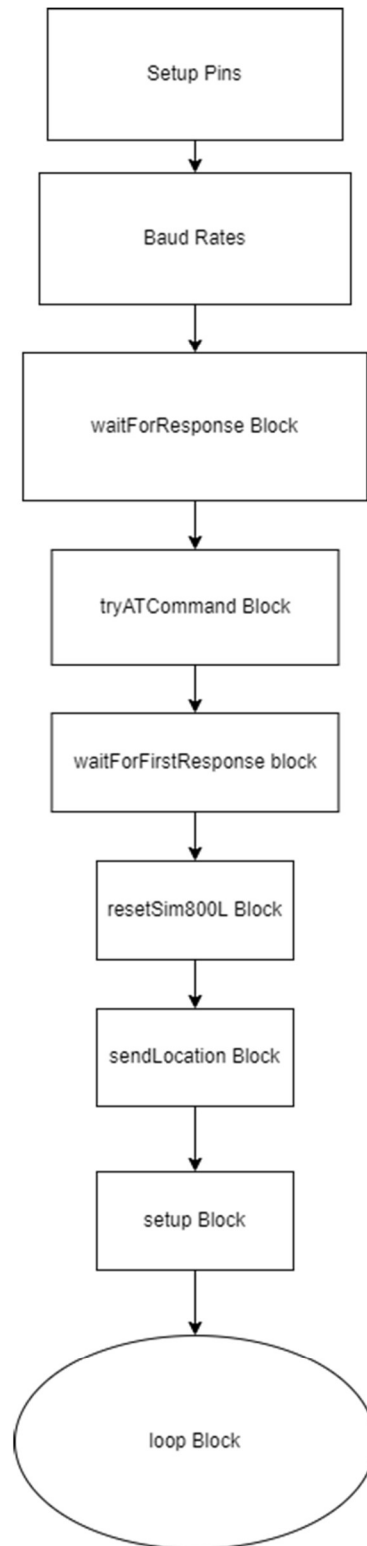


Σχήμα 3.10 Διάγραμμα Μπλόκ (Block Diagram)



Διάγραμμα Ροής Κύριας Loop

Σχήμα 3.11 Διάγραμμα Ροής Κύριας Loop



Ανάλυση Διαγράμματος Ροής Κύριας Loop

Σχήμα 3.12 Ανάλυση Διαγράμματος Ροής Κύριας Loop

Ανάλυση (βλέπε σχήμα 3.12)

Setup Pins:

- SIM800L Module:
 - Tx (μετάδοση) -> Arduino Pin 2 (Rx)
 - Rx (λήψη) -> Arduino Pin 3 (Tx)
- NEO-6M GPS Module:
 - Tx -> Arduino Pin 8 (Rx)
 - Rx -> Arduino Pin 9 (Tx)
- Rele Engine Control Pin 4
- LED_BUILTIN

Baud Rates:

- GPSBaud = 9600
- SIM800L_BAUD_RATE = 9600

waitForResponse Block:

Function:

- `waitForResponse` είναι μια συνάρτηση που χρησιμοποιείται για να περιμένει την εμφάνιση μιας προκαθορισμένης απάντησης από τη συσκευή SIM800L.

Inputs:

- `expectedResponse` (String): Η προκαθορισμένη απάντηση που αναμένεται να εμφανιστεί.
- `timeout` (unsigned int): Ο χρόνος που η συνάρτηση θα περιμένει για την εμφάνιση της απάντησης.

Outputs:

- `responseReceived` (boolean): Επιστρέφει `true` αν η αναμενόμενη απάντηση εμφανίστηκε εντός του χρονικού ορίου, διαφορετικά επιστρέφει `false`.

Usage:

- Η συνάρτηση χρησιμοποιείται για να επιβεβαιώσει τη λήψη μιας αναμενόμενης απάντησης από τη συσκευή SIM800L πριν προχωρήσει σε επόμενες ενέργειες στον κώδικα.

tryATCommand Block:

Function:

- `tryATCommand` είναι μια συνάρτηση που προσπαθεί να εκτελέσει μια εντολή AT στη συσκευή SIM800L, επιβεβαιώνοντας τη λήψη μιας αναμενόμενης απάντησης.

Inputs:

- `cmd` (String): Η εντολή AT που θα εκτελεστεί.
- `expectedAnswer` (String): Η προκαθορισμένη απάντηση που αναμένεται να εμφανιστεί μετά την εκτέλεση της εντολής.
- `timeout` (int): Ο χρόνος που η συνάρτηση θα περιμένει για την εμφάνιση της απάντησης.
- `totalTries` (int): Ο συνολικός αριθμός των προσπαθειών που θα γίνουν σε περίπτωση αποτυχίας.

Usage:

- Η συνάρτηση δοκιμάζει να εκτελέσει την εντολή AT πολλές φορές (σύμφωνα με το `totalTries`) μέχρι να λάβει την αναμενόμενη απάντηση. Εάν αυτό δεν συμβεί, εκτελείται επαναφορά της συσκευής SIM800L και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

waitForFirstResponse Block:

Function:

- `waitForFirstResponse` είναι μια συνάρτηση που περιμένει την πρώτη απάντηση από τη συσκευή SIM800L μέσα σε ένα χρονικό όριο.

Inputs:

- `timeout` (unsigned int): Ο χρόνος που η συνάρτηση θα περιμένει για την πρώτη απάντηση.

Outputs:

- `responseReceived` (boolean): Επιστρέφει `true` αν η πρώτη απάντηση εμφανίστηκε εντός του χρονικού ορίου, διαφορετικά επιστρέφει `false`.

Usage:

- Η συνάρτηση χρησιμοποιείται για να περιμένει την πρώτη απάντηση από τη συσκευή SIM800L μετά από μια εντολή ή ενέργεια, πριν προχωρήσει σε επόμενες ενέργειες στον κώδικα.

resetSIM800L Block:

Function:

- `resetSIM800L` είναι μια συνάρτηση που εκτελεί τη διαδικασία επανεκκίνησης της συσκευής SIM800L.

Outputs:

- `success` (boolean): Επιστρέφει `true` αν η επανεκκίνηση πραγματοποιήθηκε επιτυχώς, διαφορετικά επιστρέφει `false`.

Usage:

- Η συνάρτηση εκτελεί τη διαδικασία επανεκκίνησης της συσκευής SIM800L. Αναλύει τις απαντήσεις μετά την επανεκκίνηση για να επιβεβαιώσει τη σωστή λειτουργία της.

sendLocation Block:

Function:

- `sendLocation` είναι μια συνάρτηση που στέλνει την τρέχουσα τοποθεσία μέσω SMS χρησιμοποιώντας τη συσκευή SIM800L.

Inputs:

- `latitude` (double): Η γεωγραφική πλάτη της τοποθεσίας.
- `longitude` (double): Η γεωγραφική μήκος της τοποθεσίας.
- `timeGPS` (String): Ο χρόνος που ανακτήθηκαν τα δεδομένα GPS.
- `speedGPS` (int): Η ταχύτητα από τα δεδομένα GPS.
- `altitudeGPS` (int): Η υψόμετρο από τα δεδομένα GPS.
- `numberSatellites` (int): Ο αριθμός των δορυφόρων που ανιχνεύθηκαν.

Usage:

- Η συνάρτηση δημιουργεί ένα μήνυμα που περιέχει πληροφορίες για την τοποθεσία και τα δεδομένα GPS. Στη συνέχεια, αποστέλλει το μήνυμα μέσω SMS χρησιμοποιώντας τη συσκευή SIM800L.

sentEngineStatus Block:

Function:

- `sentEngineStatus`` είναι μια συνάρτηση που στέλνει μήνυμα για την κατάσταση του κινητήρα μέσω SMS χρησιμοποιώντας τη συσκευή SIM800L.

Inputs:

- `status`` (String): Η κατάσταση του κινητήρα ("open" ή "close").

Usage:

- Η συνάρτηση δημιουργεί ένα μήνυμα που περιέχει την κατάσταση του κινητήρα. Στη συνέχεια, αποστέλλει το μήνυμα μέσω SMS χρησιμοποιώντας τη συσκευή SIM800L.

setup Block:

Function:

- `setup`` είναι η συνάρτηση που εκτελείται μία φορά στην αρχή της εκτέλεσης του προγράμματος και ρυθμίζει τις αρχικές ρυθμίσεις των pins και των συσκευών.

Actions:

- Ορίζονται οι λειτουργίες των pins, όπως του `RESET_PIN`, `LED_PIN`, και `RELE_ENGINE_PIN`.
- Ξεκινά η σειριακή επικοινωνία με τη συσκευή SIM800L και η ρύθμιση των παραμέτρων της.
- Εκτελείται η δοκιμή της λειτουργίας της συσκευής με εντολές AT.

Usage:

- Η συνάρτηση `setup`` εκτελείται μόνο μία φορά στην αρχή της εκτέλεσης του προγράμματος. Χρησιμοποιείται για την αρχική ρύθμιση των pins και των συσκευών, καθώς και για την εγκαθίδρυση της επικοινωνίας με τη συσκευή SIM800L.

loop Block:

Function:

- `loop`` είναι η συνάρτηση που εκτελείται σε κάθε κύκλο επανάληψης του προγράμματος και περιέχει τις κύριες λειτουργίες του προγράμματος.

Actions:

- Ενημερώνονται τα δεδομένα GPS από τον NEO-6M GPS Module.
- Ελέγχεται η παρουσία νέων μηνυμάτων από τη συσκευή SIM800L και εκτελούνται ανάλογες ενέργειες (π.χ. ανάφλεξη/σβήσιμο LED, ενεργοποίηση/απενεργοποίηση κινητήρα κ.λπ.).
- Ενημερώνεται η επικοινωνία μεταξύ της συσκευής SIM800L και της συσκευής GPS.
- Εκτελείται η δοκιμή της επικοινωνίας με τη συσκευή SIM800L κατά διαστήματα (κάθε 15 λεπτά).

Usage:

- Η συνάρτηση `loop`` εκτελείται σε κάθε κύκλο επανάληψης του προγράμματος. Περιέχει τις κύριες λειτουργίες του προγράμματος, που περιλαμβάνουν την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών, την επεξεργασία των δεδομένων GPS, και τις αντίστοιχες ανταποκρίσεις σε μηνύματα.

3.5 Ανάλυση των συναρτήσεων

- `boolean waitForResponse(String expectedResponse, unsigned int timeout = 1000).`

Αυτή η συνάρτηση περιμένει για μια συγκεκριμένη απάντηση από το module SIM800L. Παίρνει

ως ορίσματα την αναμενόμενη απάντηση (`expectedResponse`) και το χρονικό όριο (`timeout`) σε `millisecond`. Επιστρέφει `true` αν λάβει την αναμενόμενη απάντηση μέσα στο χρονικό όριο, αλλιώς επιστρέφει `false`.

- `void tryATCommand(String cmd, String expectedAnswer, int timeout, int totalTries).`

Αυτή η συνάρτηση δοκιμάζει μια εντολή AT (AT command) πολλές φορές, μέχρι να λάβει την αναμενόμενη απάντηση. Παίρνει ως ορίσματα την εντολή AT (`cmd`), την αναμενόμενη απάντηση (`expectedAnswer`), το χρονικό όριο (`timeout`) και τον αριθμό των προσπαθειών (`totalTries`). Εάν λάβει την αναμενόμενη απάντηση μέσα στο χρονικό όριο, η συνάρτηση τερματίζεται, αλλιώς ξαναδοκιμάζει έως ότου το πετύχει ή μέχρι να εξαντληθούν οι προσπάθειες. Αν όλες οι προσπάθειες αποτύχουν, γίνεται επανεκκίνηση .

- `boolean waitForFirstResponse(unsigned int timeout = 1000).`

Αυτή η συνάρτηση περιμένει για την πρώτη απάντηση από το module SIM800L μετά την αποστολή μιας εντολής. Παίρνει ως όρισμα το χρονικό όριο (`timeout`) σε `millisecond`. Εάν λάβει μια απάντηση μέσα στο χρονικό όριο, επιστρέφει `true`, αλλιώς επιστρέφει `false`.

- `boolean resetSIM800L().`

Αυτή η συνάρτηση εκτελεί την επανεκκίνηση του module SIM800L. Επιστρέφει `true` αν η επανεκκίνηση ήταν επιτυχής (το μοντέμ απάντησε "OK" μετά την επανεκκίνηση), αλλιώς επιστρέφει `false`.

- `void sendLocation(double latitude, double longitude, String timeGPS = "-", int speedGPS = 0, int altitudeGPS = 0, int numberSatellites = 0).`

Αυτή η συνάρτηση στέλνει ένα SMS που περιέχει τα δεδομένα τοποθεσίας και GPS. Παίρνει ως ορίσματα το γεωγραφικό πλάτος (`latitude`) και μήκος (`longitude`), το χρόνο GPS (`timeGPS`), την ταχύτητα GPS (`speedGPS`), το υψόμετρο GPS (`altitudeGPS`) και τον αριθμό των δορυφόρων που ανιχνεύονται από το GPS (`numberSatellites`). Αν το γεωγραφικό πλάτος και μήκος είναι 0, σημαίνει ότι τα δεδομένα GPS δεν είναι έγκυρα και στέλνει ένα μήνυμα "There is no data for the location yet."

- `void sentEngineStatus(String status)`

Αυτή η συνάρτηση στέλνει ένα μήνυμα που αναφέρει κατάσταση κινητήρα (ανοιχτός ή κλειστός). Παίρνει ως όρισμα την κατάσταση του κινητήρα (`status`).

3.6 Προβλήματα, Λύσεις και Υλοποίηση της Κατασκευής και του Κώδικα

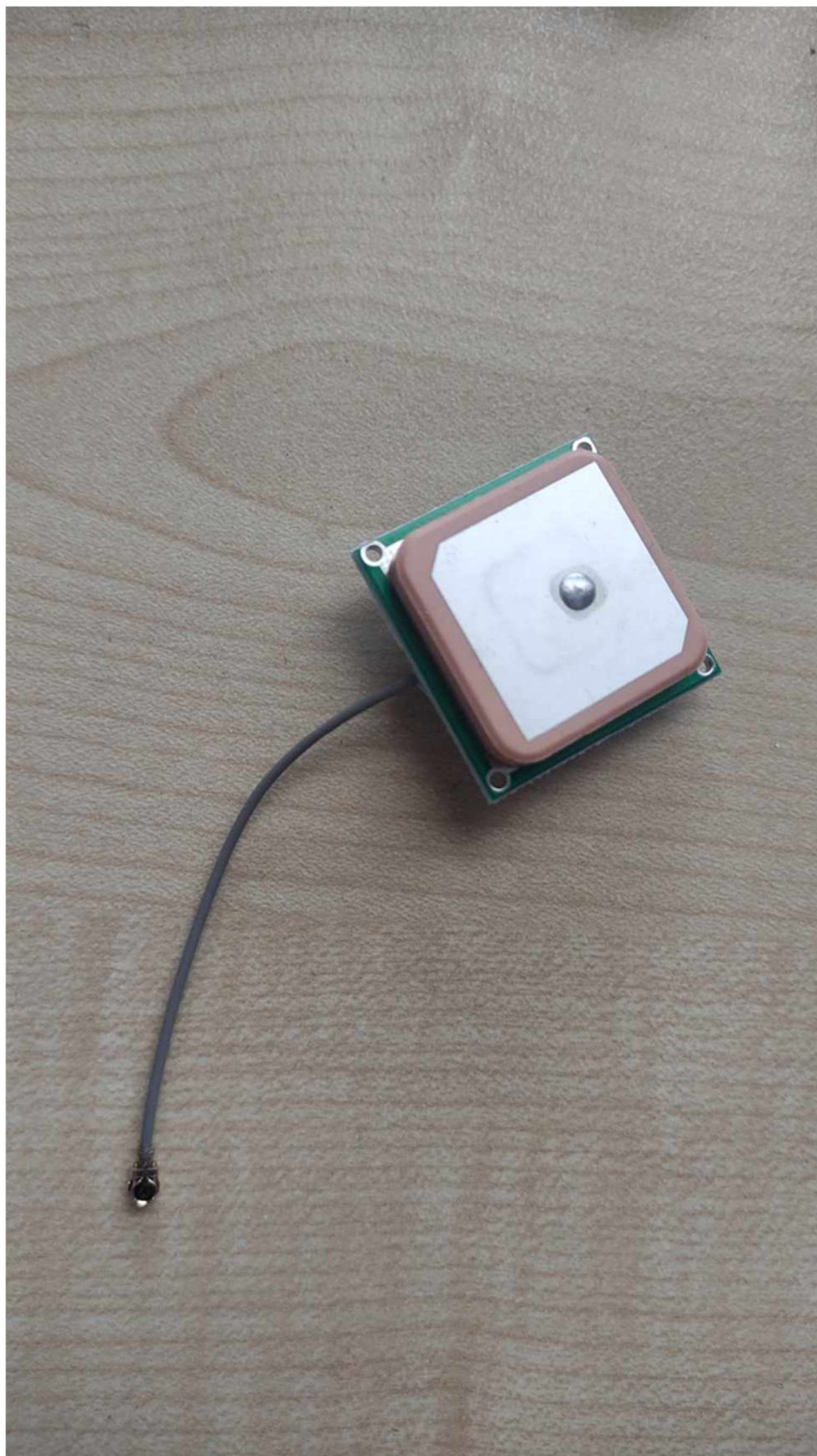
Το πρώτο πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε κατά την κατασκευή ήταν όταν προσπαθήσαμε να ενώσουμε και τα δυο module καθώς αρχικά καταφέραμε να επιτύχουμε μεμονωμένη λειτουργία για το module SIM800L και το module NEO M6 (βλέπε σχ.3.1-3.9), χρησιμοποιώντας τη βιβλιοθήκη `SoftwareSerial.h`. Ωστόσο, όταν προσπαθήσαμε να τα συνδυάσουμε την ταυτόχρονη χρήση, αντιμετωπίσαμε προκλήσεις λόγω της φύσης της `SoftwareSerial.h`. Ενώ και τα δύο modules μπορούν να λειτουργήσουν ξεχωριστά με την `SoftwareSerial.h`, η προσπάθεια να τα χρησιμοποιήσουμε μαζί οδηγεί σε αντιφατικές επικοινωνιακές ανάγκες. Ουσιαστικά, η βιβλιοθήκη `SoftwareSerial.h` δεν υποστηρίζει την ταυτόχρονη λειτουργία δύο ανεξάρτητων σειριακών θυρών. Η λύση που βρήκαμε ήταν η αντικατάσταση της `SoftwareSerial.h` με την `AltSoftSerial.h` για το ένα από τα δύο module. Για το module `sim800l` χρησιμοποιήθηκε η `SoftwareSerial.h` ενώ για το module `neo m6` η `AltSoftSerial.h`.

Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, αντιμετωπίστηκε ένα δεύτερο πρόβλημα που αφορούσε την αδυναμία σήματος της κεραίας του GPS. Η αδυναμία αυτή επιφέρει καθυστέρηση στη σύνδεση με δορυφόρους,

ενώ σε πολλές περιπτώσεις δεν πραγματοποιείται σύνδεση. Ταυτόχρονα, το μικρό μήκος του καλωδίου της κεραίας δεν επέτρεπε την τοποθέτησή της σε βέλτιστη θέση για σταθερό σήμα. Για να αντιμετωπιστούν αυτά τα προβλήματα, αποφασίσαμε να αντικαταστήσουμε την αρχική κεραία (σχ.3.14) με μια μεγαλύτερη (σχ.3.15-3.22), που επέτρεπε τη βελτιστοποίηση της σύνδεσης με δορυφόρους. Παράλληλα, τροποποιήσαμε το περίβλημα της κεραίας για να διασφαλίσουμε βέλτιστη απόδοση. Τα αποτελέσματα αυτών των αλλαγών ήταν εξαιρετικά θετικά. Ο χρόνος που απαιτούνταν για τη σύνδεση με δορυφόρους μειώθηκε σημαντικά και το μεγαλύτερο καλώδιο μας επέτρεψε να την τοποθετήσουμε σε ιδανική θέση για σταθερό σήμα. Βελτιώνοντας σημαντικά την αξιοπιστία και την απόδοση της λειτουργίας του GPS στο έργο μας.



Σχήμα 3.13: Η κατασκευή εξωτερικά



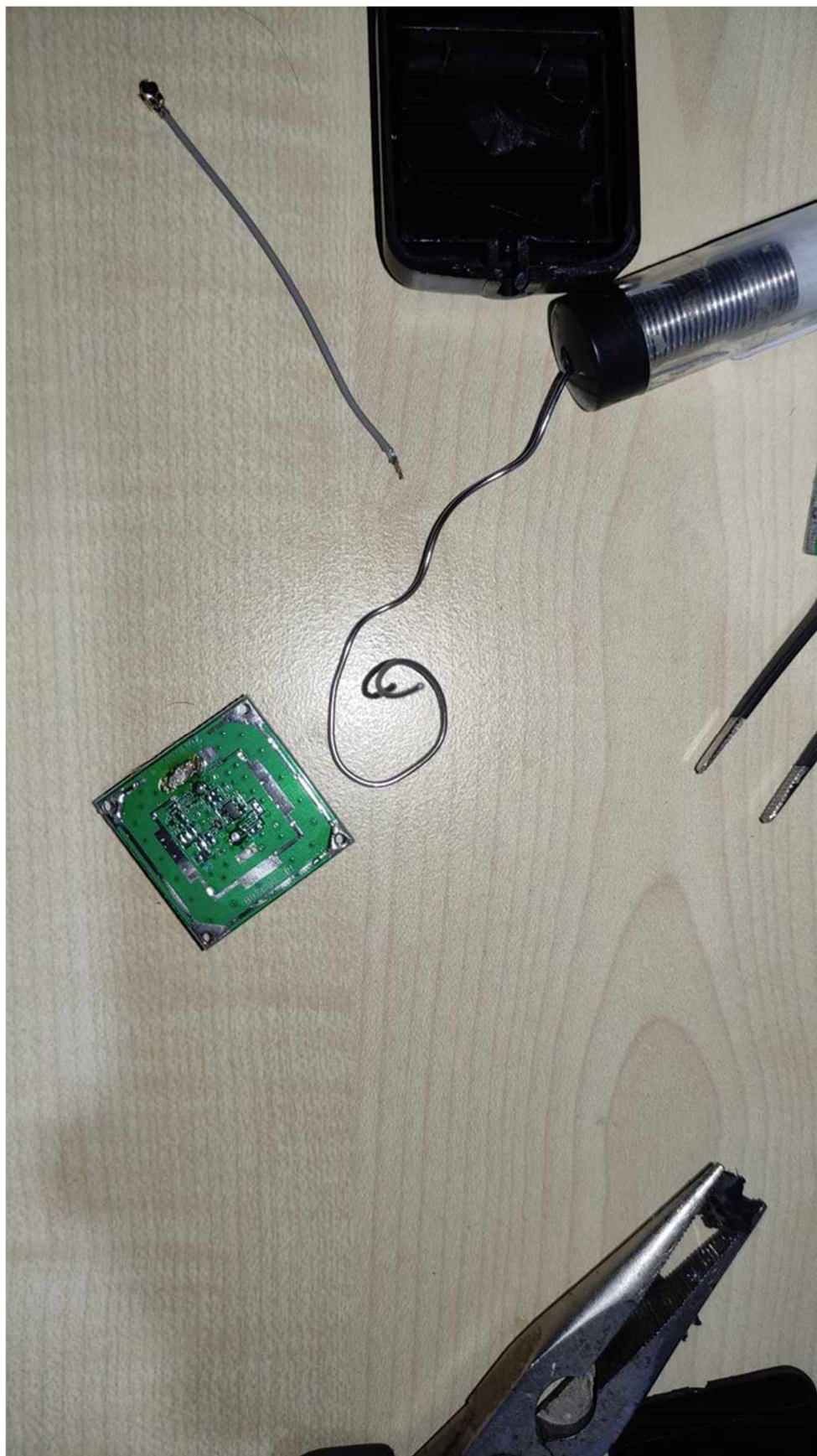
Σχήμα 3.14: Αρχική κεραία



Σχήμα 3.15: Κατασκευή



Σχήμα 3.16: Κατασκευή



Σχήμα 3.17: Κατασκευή



Σχήμα 3.18: Κατασκευή



Σχήμα 3.19: Κατασκευή



Σχήμα 3.20: Κατασκευή



Σχήμα 3.21 : Τελική κατασκευή



Σχήμα 3.22 : Τελική κατασκευή

3.7 Επίλογος

Στο κεφάλαιο αυτό έγινε η παρουσίαση των εξαρτημάτων και της λειτουργίας του συστήματος GPS Tracker το οποίο κατασκευάστηκε για την επίτευξη του αρχικού στόχου της εργασίας, τον εντοπισμό της θέσης οχήματος.

Κεφάλαιο 4ο: Αξιολόγηση και πειραματικά αποτελέσματα

4.1 Εισαγωγή

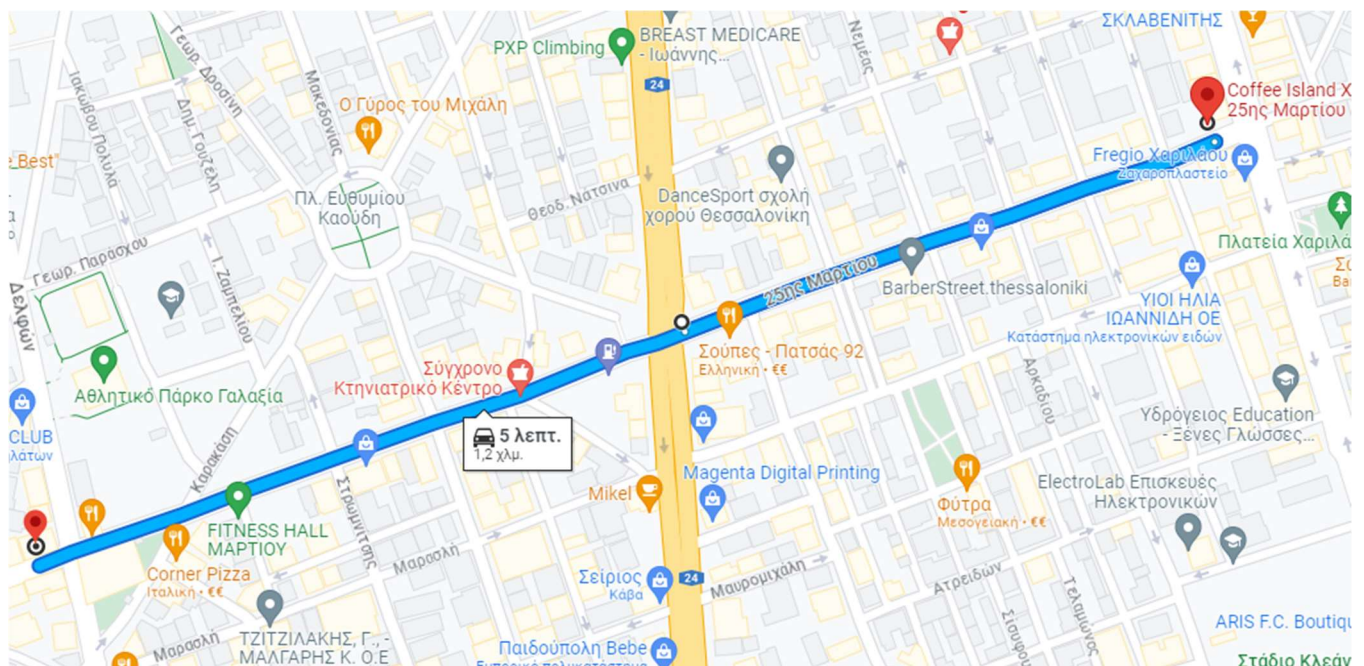
Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται η πειραματική διαδικασία, τα αποτελέσματά της, καθώς και η αξιολόγησή τους.

4.2 Πειραματική διαδικασία - Πειραματικά αποτελέσματα

Κατά την πειραματική διαδικασία έγινε τοποθέτηση της πλακέτας σύστημα ανίχνευσης θέσης οχήματος, σε όχημα. Στην 1^η άσκηση το όχημα ήταν κατ' αρχήν σταματημένο στην 1^η θέση coffee island, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Στη συνέχεια ακολούθησε την πορεία που φαίνεται στον χάρτη επί της οδού Μαρτίου. Η 2^η θέση στο χάρτη βρίσκεται στη διασταύρωση της Μαρτίου με Κ. Καραμανλή (κεντρική οδός). Σε αυτή τη θέση το όχημα είναι σε κίνηση. Τέλος το όχημα καταλήγει στο τέρμα της πορείας που φαίνεται στον χάρτη, σταματά και παίρνεται μέτρηση. Και στις τρεις θέσεις στάλθηκε SMS για την ενεργοποίηση του συστήματος εντοπισμού και αντίστοιχα λήφθηκε πληροφόρηση α) για την κατάσταση του κινητήρα (ενεργός- μη ενεργός), και β) για τον εντοπισμό της θέσης του οχήματος με τις αντίστοιχες γεωγραφικές συντεταγμένες. Για το α) στοιχείο έγινε εφαρμογή της τελευταίας συνάρτησης, στην παράγραφο 3.4, και για το στοιχείο β) έγινε εφαρμογή της πρότελευταίας συνάρτησης της ίδιας παραγράφου. Ομοίως και στις υπόλοιπες ασκήσεις.

1^η ΑΣΚΗΣΗ

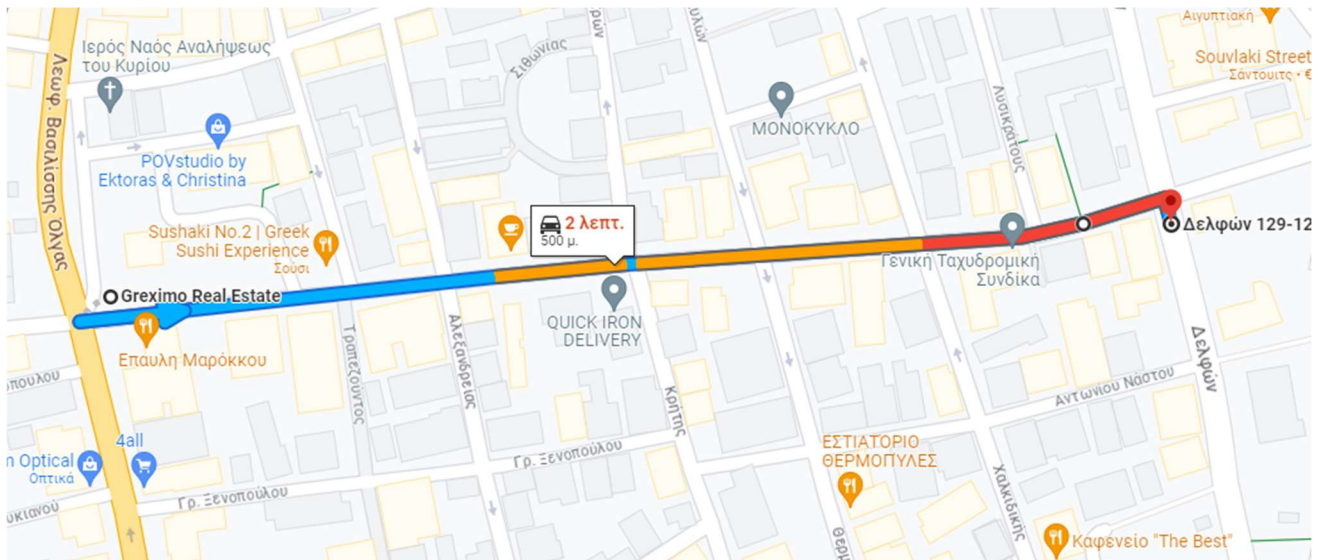
Θέση	κατάσταση οχήματος	γεωγραφικές συντεταγμένες	διεύθυνση
1	ακίνητο	40.60352, 22.96863	Μαρτίου 135
2	σε κίνηση	40.60233, 22.96448	Μαρτίου 101
3	ακίνητο	40.60091, 22.95905	Μαρτίου 63



Κεφάλαιο 4

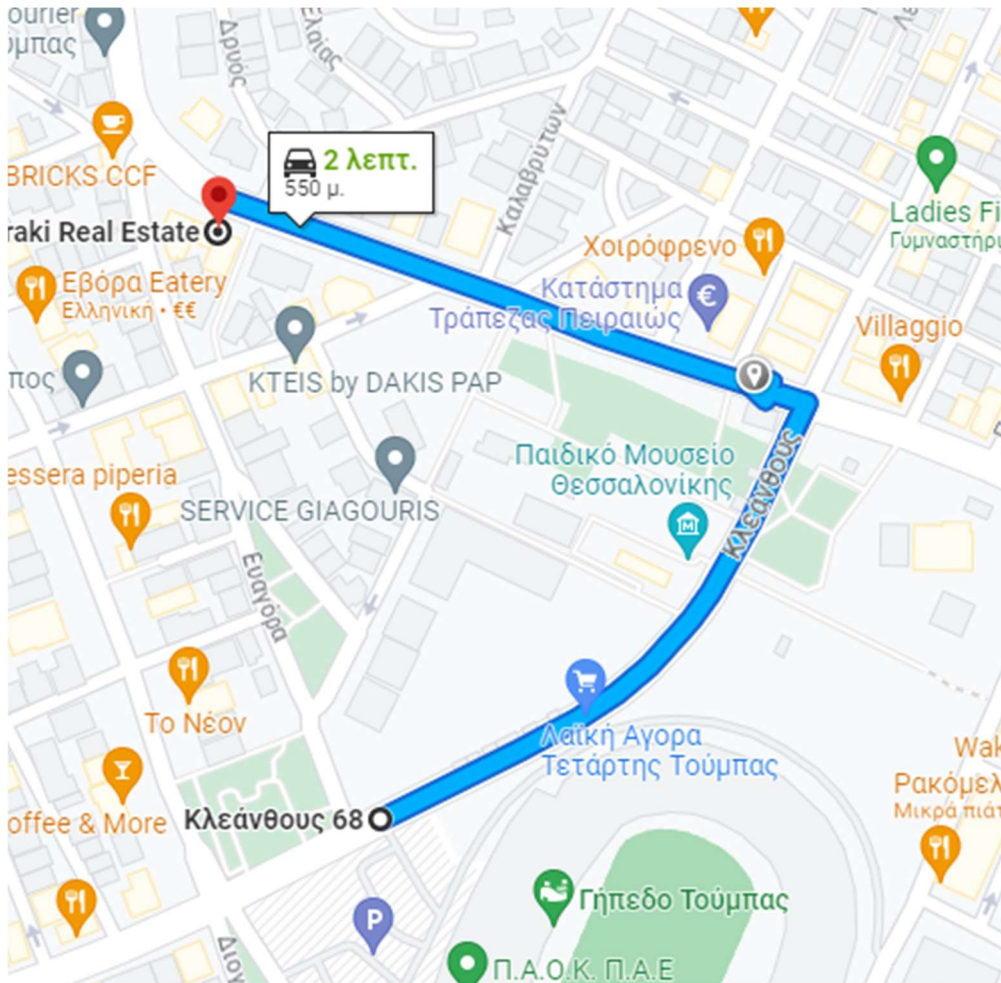
2^η ΑΣΚΗΣΗ

Θέση	κατάσταση οχήματος	γεωγραφικές συντεταγμένες	διεύθυνση
1	ακίνητο	40.60454, 22.45822	Δελφών 129
2	σε κίνηση	40.60430, 22.95560	Κρήτης 2
3	ακίνητο	40.60407, 2295286	Βασιλίσσης Όλγας



3^η ΑΣΚΗΣΗ

Θέση	κατάσταση οχήματος	γεωγραφικές συντεταγμένες	διεύθυνση
1	ακίνητο	40.61465, 22.97083	Κλεάνθους 68
2	σε κίνηση	40.61632, 22.97290	Λαμπράκη 104
3	ακίνητο	40.61711, 2297007	Λαμπράκη 96



4.3 Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα των παραπάνω πειραμάτων είναι αξιόπιστα γιατί συγκρίθηκαν με τα στοιχεία των θέσεων στον χάρτη της Google, και ήταν τα ίδια.

Πρέπει να αναφερθεί ότι τα αρχικά 2-3 πειράματα δεν ήταν επιτυχημένα γιατί δεν υπήρχε συντονισμός στην ομάδα.

Κεφάλαιο 5^ο: Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις

5.1 Συμπεράσματα

Το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει από το σύνολο της εργασίας, και ειδικότερα από το προηγούμενο κεφάλαιο είναι ότι ο αρχικός στόχος επιτεύχθηκε, κατασκευάστηκε δηλαδή μία πλακέτα με το σύστημα Arduino, προγραμματίστηκε και αποτέλεσε το σύστημα εντοπισμού θέσης και κατάστασης οχήματος, μέσω SMS. Ο χρήστης θα μπορεί να στέλνει ένα SMS στον αριθμό που χρησιμοποιείται από το SIM800L module και θα λαμβάνει πίσω ένα SMS με τις γεωγραφικές συντεταγμένες του οχήματος, καθώς και να ελέγχει την κατάσταση κλειδώματος του οχήματος.

4.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις για το Σύστημα

Το σύστημα εντοπισμού (Tracker) που έχει δημιουργηθεί αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο για την παρακολούθηση και την ασφάλεια του οχήματος. Ωστόσο, πάντα υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης για να ενισχύσουμε τις λειτουργίες του συστήματος εντοπισμού, προσφέροντας πρόσθετη ασφάλεια στον χρήστη του.

- Προστασία από Ατυχήματα

Για να προστατεύσουμε τον οδηγό από πιθανά ατυχήματα που μπορούν να προκύψουν από ξαφνικές αλλαγές της ταχύτητας, προτείνεται η επέκταση του συστήματος με τη χρήση του αισθητήρα MPU6950. Ο αισθητήρας αυτός μπορεί να παρακολουθεί συνεχώς τις επιταχύνσεις και τις αλλαγές κατεύθυνσης (γυροσκοπικές μετρήσεις) του οχήματος. Σε περίπτωση που ανιχνευτεί απότομη μείωση της ταχύτητας, που μπορεί να υποδεικνύει ατύχημα, το σύστημα θα ενεργοποιεί έναν μηχανισμό προειδοποίησης. Μέσω του module SIM800L, θα αποστέλλονται SMS ειδοποιήσεις στον ιδιοκτήτη του οχήματος, προειδοποιώντας τον για το πιθανό ατύχημα και ζητώντας βοήθεια.

- Προστασία από Κλοπή

Ένα άλλο κρίσιμο ζήτημα είναι η προστασία του οχήματος από πιθανή κλοπή. Για να προλάβουμε τέτοιους ενδεχόμενους κινδύνους, μπορούμε να επεκτείνουμε το σύστημα Tracker προσθέτοντας λειτουργίες που ανιχνεύουν κίνηση όταν το όχημα βρίσκεται σε κατάσταση "Close Engine". Ανιχνεύοντας ανάπτυξη ταχύτητας, το σύστημα θα υποδεικνύει πιθανή κλοπή. Η πληροφορία αυτή θα αποσταλεί μέσω SMS στον ιδιοκτήτη, περιλαμβάνοντας την τρέχουσα τοποθεσία του οχήματος. Έτσι, ο ιδιοκτήτης μπορεί να λάβει άμεσα μέτρα για να προστατεύσει το όχημά του.

Συμπέρασμα

Οι παραπάνω μελλοντικές επεκτάσεις για το σύστημα Tracker θα το καταστήσουν ένα πλήρως εξοπλισμένο εργαλείο για την παρακολούθηση και προστασία οχημάτων. Η χρήση του αισθητήρα MPU6950 θα βοηθήσει στην ανίχνευση απότομων μειώσεων της ταχύτητας και των ατυχημάτων και θα επιτρέψει την άμεση ειδοποίηση σε περίπτωση ανάγκης. Μέσω της SIM800L, θα αποστέλλονται SMS ειδοποιήσεις στον ιδιοκτήτη του οχήματος, προειδοποιώντας τον για το πιθανό ατύχημα και ζητώντας βοήθεια. Επίσης, το σύστημα θα μπορεί να ανιχνεύει πρόβλημα κλοπής, προειδοποιώντας τον ιδιοκτήτη για τις ασυνήθιστες κινήσεις του οχήματος όταν είναι σε κατάσταση "Close Engine"

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] <https://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller>
- [2] <https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/Microprocessor>
- [4] <https://en.wikipedia.org/wiki/ATmega328>
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/GPS_tracking_unit
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System
- [7] <https://en.wikipedia.org/wiki/C++>
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Harvard_architecture
- [9] Arnold, Ken. *Embedded controller hardware design*, Newnes, 2001.
- [10] Gadre, Dhananjay V. *Programming and customizing the AVR microcontroller*, McGraw-Hill, 2000.
- [11] Melear, Charles, Kilbane, Kevin. *Problems solved by FLASH microcontrollers*, www.microcontroller.com
- [12] Ν. Α. Αλεξανδρίδης, *Μικροπολογιστές*, 2η έκδ. 1980.
- [13] Γ. Δ. Παπαδόπουλος,, *Σχεδίαση ηλεκτρονικών συστημάτων με μικροεπεξεργαστές*, Πάτρα 1982.
- [14] Ν.Κ.Βούλγαρης, *Εισαγωγή στους μικροεπεξεργαστές και στον προγραμματισμό τους*, Ξάνθη 1982.
- [15] [GSM - Wikipedia](#)