

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

**«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ
ΣΕ ΟΧΗΜΑΤΑ ΜΕ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ BLUETOOTH»**



Της φοιτήτριας: Ειρήνης Σαββίδου

Επιβλέπων: Βάσιος Βασίλειος

Αρ. Μητρώου: 513330

Ακαδημαϊκός Υπότροφος

Ημερομηνία: 17/9/2020

Τίτλος Δ.Ε: Ανάπτυξη συστήματος διάγνωσης βλαβών σε οχήματα με διασύνδεση bluetooth

Κωδικός Δ.Ε: 19170

Όνοματεπώνυμο φοιτητή: Ειρήνη Σαββίδου

Όνοματεπώνυμο εισηγητή: Βάσσιος Βασίλειος

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε:28/11/2020

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε: 17/9/2020

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας Ειρήνης Σαββίδου που την εκπόνησε. 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 διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

«Η πτυχιακή αυτή είναι αφιερωμένη στους γονείς μου»

Πρόλογος

Τα σύγχρονα οχήματα έχουν περίπλοκα ηλεκτρομηχανολογικά και ηλεκτρονικά συστήματα. Σ' αυτήν την πτυχιακή, έγινε προσπάθεια ανάπτυξης ένα μικρού, συμπαγούς και ευέλικτου συστήματος το οποίο έχει την δυνατότητα να συνδεθεί με την μονάδα ECU του οχήματος και να παρέχει στον οδηγό ή το χειριστή του οχήματος όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που χρειάζονται για την ορθή λειτουργία του. Πραγματοποιήθηκε σχεδιασμός ενός συστήματος, το οποίο διασυνδέεται με την ECU του οχήματος και μέσω του ασύρματου πρωτόκολλου BLE (Bluetooth Low Energy) μπορεί να μεταφέρει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες σε κάποια κινητή συσκευή (Smart Phone) ή σε ένα ειδικά σχεδιασμένο hardware.

Περίληψη

Η πτυχιακή αυτή πραγματοποιηθήκε με στόχο την δημιουργία ενός διαγνωστικού OBD με διασύνδεση Bluetooth. Αρχικά, αναλύεται η έννοια του OBD, τα πρωτόκολλα επικοινωνιών με κύρια αναφορά στον δίαυλο CAN. Παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του, καθώς και διάφορα στοιχεία όπως οι τύποι μηνυμάτων καθώς και η τοπολογία του. Επίσης, παρουσιάζεται η έννοια του Bluetooth, όντας ένας από τους πιο διαδεδομένους τρόπους μετάδοσης πληροφορίας.

Με λίγα λόγια, δημιουργήθηκε ένα διαγνωστικό το οποίο έχει την δυνατότητα σύνδεσης με το αυτοκίνητο, αλλά και με την μετάδοση των πληροφοριών μέσω Bluetooth, γεγονός που το καθιστά μία καινοτομία όσον αφορά τα ενσύρματα διαγνωστικά που υπάρχουν.

Για την αποστολή των δεδομένων μέσω Bluetooth, χρησιμοποιήθηκε ως μικροελεγκτής η αναπτυξιακή πλακέτα του ESP32. Πρόκειται για έναν μικροελεγκτή αρκετά διαδεδομένο με αρκετές εφαρμογές λόγω της ύπαρξης bluetooth module αλλά και Wifi module. Για την δημιουργία της πλακέτας του συστήματος χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα δημιουργίας πλακέτας της Altium.

Τέλος, αναλύεται το κύκλωμα του διαγνωστικού αλλά και ο τρόπος λειτουργίας του κώδικα με τον οποίο έχει προγραμματιστεί ο μικροελεγκτής.

«Development of an On-Board Diagnostics System with Bluetooth Interface»

Eirini Savvidou

Abstract

Contemporary vehicles have very complex electromechanical and electronic systems. In this dissertation we will try to develop a small, compact and versatile system that can interface to the ECU of the vehicle and provide to the driver or the operator of the vehicle much more information about the correct , or faulty operations of the vehicles. We will design a system that can interface with the ECU and relay the information provided by the ECU via a Low Energy Bluetooth (BLE) to a mobile host(Mobile Phone, Smart Phone with Bluetooth capabilities, special hardware).

Ευχαριστίες

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέπων καθηγητή μου κ.Βάσσιο.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	iv
Περίληψη.....	v
Abstract	vi
Ευχαριστίες	vii
Περιεχόμενα	viii
Κατάλογος Σχημάτων	xi
Κατάλογος Πινάκων.....	xi
Συνομογραφίες.....	xii
Κεφάλαιο 1ο: On Board Diagnostis (OBD)	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Η έννοια του OBD.....	1
1.3 Το ξεκίνημα του EOBD/OBDII	2
1.4 Πρότυπα επικοινωνίας σε οχήματα	2
1.5 Επίλογος.....	3
Κεφάλαιο 2ο: Πρωτόκολλα επικοινωνιών οχημάτων	4
2.1 Εισαγωγή.....	4
2.2 Βασικά Πρωτόκολλα επικοινωνιών οχημάτων	4
2.3 Διάυλος CAN (Controller Area Network).....	4
2.3.1 Αρχιτεκτονική Διάυλου CAN	5
2.3.2 Εκδόσεις CAN.....	5
2.3.3 Διαιτησία διαύλου CAN.....	7
2.3.4 Τύποι μηνυμάτων διαύλου CAN.....	9
2.3.5 Έλεγχος Σφαλμάτων	10
2.3.6 Τοπολογία του διαύλου CAN.....	11
2.4. Το πρότυπο SAE J1850.....	11
2.4.1 Ταξινόμηση του SAE J1980.....	11
2.4.2 Τάξη B SAE J1980.....	12
2.4.3 Variable Pulse Width Modulation(VPW)	12
2.4.4 Κυρίαρχα και Παθητικά Σύμβολα.....	12
2.4.5 Διαιτησία Διαύλου J19850.....	13
2.4.6 Πλαίσιο Μηνυμάτων J19850.....	14
2.4.7 Physical Layer J19850.....	15



2.5	Keyword Protocol 2000-KWP2000	16
2.5.1	Δομή μηνύματος KWP2000	16
2.6	Επίλογος	17
Κεφάλαιο 3ο: Bluetooth Low Energy(BLE)		18
3.1	Τοπολογία Δικτύου BLE	19
3.2	Επίπεδα Δικτύου BLE	20
3.2.1	Physical Layer (PHY)	21
3.2.2	Link Layer (LL)	21
3.2.3	Host Controller Interface (HCI),Controller Side	21
3.2.4	Logical Link Control and Adaptation Protocol(L2CAP)	21
3.2.5	Attribute Protocol (ATT)	22
3.2.6	Generic Attribute Profile (GATT)	22
3.2.7	Generic Access Profile (GAP)	22
3.3	Επίλογος	23
Κεφάλαιο 4ο: Θύρα OBD		24
4.1	Εισαγωγή	24
4.2	Έννοια του OBD	24
4.3	Το ξεκίνημα του EOBD/OBD-II	24
4.4	Πρωτόκολλα επικοινωνιών EOBD/OBD-II	25
4.5	Επίλογος	26
Κεφάλαιο 5ο: Συσσκευή διασύνδεσης OBD μέσω BLE		27
5.1	Εισαγωγή	27
5.2	Διασύνδεση με την ECU	27
5.3	Διασύνδεση CAN Bus με την ECU	27
5.4	Διασύνδεση ISO -14230	28
5.5	Διασύνδεση ISO -J1850	29
5.6	Τάση Μπαταρίας	30
5.7	Τροφοδοτικό	31
5.8	Σειριακή αποστολή δεδομένων	31
5.9	Ταλαντωτής	34
5.10	Συνολικό κύκλωμα	34
5.11	Σχεδιασμός πλακέτας	38
5.12	Μικροελεγκτής NODEMCU/BLE/Wi-Fi	39
5.13	Κατάλογος υλικών(Bill of Materials)	40

5.14	Επίλογος.....	40
Κεφάλαιο 6ο:	Συσκευή διασύνδεσης OBD μέσω BLE.....	41
6.1	Εισαγωγή.....	41
6.2	Διάγραμμα ροής.....	41
6.3	Λειτουργία του προγράμματος.....	42
6.4	Επίλογος.....	43
Κεφάλαιο 7ο:	Συμπεράσματα και μελλοντικό έργο.....	43
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		44

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1: Αρχιτεκτονική του πρότυπου ISO 11989.....	5
Σχήμα 2.2 Πρότυπο Standard CAN με 11-bit Identifiers.....	6
Σχήμα 2.3 Πρότυπο Extended CAN με 11-bit Identifiers.....	7
Σχήμα 2.4. Η ανεστραμμένη λογική του διαύλου CAN.....	7
Σχήμα 2.5 Η διαιτησία στο δίαυλο CAN.....	8
Σχήμα 2.6 Η τοπολογία του δίαυλο CAN.....	11
Σχήμα 2.7 Bit by Bit Arbitration.....	13
Σχήμα 2.8 Πλαίσιο Μηνύματος J18950.....	13
Σχήμα 2.9 Χρονισμός συμβόλων bits του J18950.....	15
Σχήμα 2.10 Τοπολογία του πρότυπου KWP2000.....	16
Σχήμα 2.11 Η δομή του μηνύματος KWP2000.....	16
Σχήμα 3.1 Συνδεσιμότητα μέσω BLE.....	18
Σχήμα 3.2 Τοπολογία Δικτύου BLE.....	19
Σχήμα 3.3 Τοπολογία Δικτύου BLE(Broadcasting).....	20
Σχήμα 4.1 Το βύσμα OBD-II και οι λειτουργία του κάθε pin.....	25
Σχήμα 4.2 Ετικέτα αυτοκινήτου για πιστοποίηση χρησιμοποίησης OBD-II.....	26
Σχήμα 5.1 Μπλοκ διάγραμμα του ASIC ELM327.....	27
Σχήμα 5.2 Μονάδα MCP2551.....	28
Σχήμα 5.3 Κύκλωμα διασύνδεσης ISO-14230.....	28
Σχήμα 5.4 Κύκλωμα διασύνδεσης ISO-J1850.....	29
Σχήμα 5.5 Κύκλωμα μέτρηση τάσης μπαταρίας.....	30
Σχήμα 5.6 Κύκλωμα τροφοδοτικού.....	31
Σχήμα 5.7 Κύκλωμα δρομολόγησης πληροφορίας.....	32
Σχήμα 5.8 Ψηφιακός απομονωτής (α),Κύκλωμα απομόνωσης (β).....	33
Σχήμα 5.9 Κύκλωμα μετατροπής RS232 σε USB.....	33
Σχήμα 5.10 Κύκλωμα ταλαντωτή κρυστάλλου.....	34
Σχήμα 5.11 Κύκλωμα τροφοδοτικού.....	34
Σχήμα 5.12. Πλήρες Κύκλωμα Διασύνδεσης (Interface).....	35
Σχήμα 5.13 Πλήρες Κύκλωμα μικροελεγκτή NODEMCU και ELM327 ASIC.....	36
Σχήμα 5.14 Η πλακέτα σε 2D Mode.....	37
Σχήμα 5.15 Η πραγματική πλακέτα.....	37
Σχήμα 5.16. Ο μικροελεγκτής NODEMCU -WROOM ESR32S.....	38
Σχήμα 6.1. Το διάγραμμα ροής του προγράμματος του μικροελεγκτή.....	40
Σχήμα 6.2. Το διάγραμμα ροής του προγράμματος του μικροελεγκτή.....	41

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 4.1 Οι λειτουργίες των pin του βύσματος OBD-II	25
Πίνακας 5.1 Πίνακας λειτουργίας αναλογικού πολυπλέκτη/απόπολυπλέκτη.....	32
Πίνακας 5.2 Κατάλογος εξαρτημάτων του κυκλώματος.....	39

Συντομογραφίες

OBD	On Board Diagnostics
EOBD	European on-Board-Diagnostics
ECU	Electronic Control Unit
PWM	Pulse Width Modulation
VPWM	Variable Pulse Width Modulation
ISO	International Standard Organization
UART	Universal Asynchronous Receive-Transmit
CAN	Controller Area Network
CiA	CAN in Automation
SOF	Start of Frame
RTR	Remoter Transmission Request
DLC	Data Length Code.
CRC	Cyclical Redundancy Check
ACK	Acknowledge
EOF	End of Frame
IFS	Interframe Space
SAE	Society of Automotive Engineers
KWP	Keyword Protocol
BLE	Bluetooth Low Energy
GAP	Generic Access Profile
GATT	Generic Attribute Profile
L2CAP	Logical Link Control and Adaptation Protocol
ATT	Attribute Protocol
SM	Security Manager
HCI	Host Controller Interface
LL	Link Layer
PHY	Physical Layer

Κεφάλαιο 1ο: On Board Diagnostis (OBD)

1.1 Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 και στις αρχές του 1980, οι κατασκευαστές άρχισαν να χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά μέσα για τον έλεγχο των λειτουργιών του κινητήρα και για την διάγνωση προβλημάτων του(ρυθμίσεις και βλάβες). Το γεγονός αυτό ξεκίνησε λόγω του προβλήματος της αιθαλομίχλης στην περιοχή του Λος Άντζελες. Για την καταπολέμηση του, η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (EPA) θέσπισε κάποια πρότυπα όσον αφορά στις εκπομπές ρύπων και την ορθή συντήρηση ενός οχήματος. Για να γίνει η ανταπόκριση στα παραπάνω πρότυπα, οι κατασκευαστές δημιούργησαν καινούργια συστήματα. Τα συστήματα αυτά, περιλάμβαναν αισθητήρες οι οποίοι, με την κατάλληλη ρύθμιση, περιόριζαν την ρύπανση στο ελάχιστο δυνατό. Η παραπάνω διαδικασία αποτελεί το έναυσμα για την δημιουργία των πρώτων διαγνωστικών OBD, ώστε ο κάθε τεχνικός συντήρησης να έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιεί διάφορες πληροφορίες που του είναι απαραίτητες στην επισκευή ενός οχήματος. Το γεγονός ότι υπήρξε προσπάθεια από πάρα πολλούς να καθορίσουν τα δικά τους πρότυπα, έφερε ως αποτέλεσμα στις αρχές του 1988, ο οργανισμός τυποποίησης (SAE) να θεσπίσει κάποια πρότυπα όπως το “βύσμα συνδέσεων στοιχείων” (DLC), ένα τερματικό με 16 ακροδέκτες που συνδέεται με την κεντρική ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του αυτοκινήτου.

1.2 Η έννοια του OBD.

Το OBD (διαγνωστικός έλεγχος αυτοκινήτου), εισήχθη αρχικά από την General Motors το 1981. Ο σκοπός του OBD αφορούσε τον έλεγχο της εκπομπής καυσαερίων ενός οχήματος. Με την ανίχνευση κάποιου σφάλματος από την κεντρική μονάδα ελέγχου του οχήματος, η διαδικασία που επακολουθούσε ήταν η εξής:

- Ενημέρωση του οδηγού μέσω μίας προειδοποιητικής λυχνίας
- Δημιουργία κώδικα στην κεντρική μονάδα ελέγχου
- Καταγραφή του κώδικα στην μνήμη του υπολογιστή, ώστε να είναι δυνατή η ανάκτησή του αργότερα από τον εκάστοτε τεχνικό

Από τις αρχές του 1988, όλα τα αυτοκίνητα που πωλούνταν στην Καλιφόρνια εξοπλίζονταν υποχρεωτικά με OBD. Ωστόσο, η πρώτη έκδοση του OBD είχε δύο σοβαρά προβλήματα:

- Δεν υπήρχε έλεγχος των καυσαερίων
- Δεν υπήρχε καμία τυποποίηση σε όλη την βιομηχανία, με τον κάθε κατασκευαστή να έχει έναν διαφορετικό όρο για το λαμπάκι προειδοποίησης.

1.3 Το ξεκίνημα του EOBD/OBDII

Όλα τα αυτοκίνητα που έχουν κατασκευαστεί από την 1η Ιανουαρίου του 1996 είναι εξοπλισμένα με το διαγνωστικό σύστημα OBD-II. Οι κατασκευαστές ξεκίνησαν να ενσωματώνουν το OBD-II σε διάφορα μοντέλα από το 1994 ακόμη, το οποίο εισήγαγε η εταιρεία GM. Το παραπάνω διαγνωστικό μπορεί να πραγματοποιήσει παραπάνω από 100 διαφορετικές δοκιμές κάθε φορά που χρησιμοποιείται το όχημα. Έτσι, γίνεται καταγραφή από τους αισθητήρες που διαθέτει. Οι καταγραφές αυτές, αφορούν:

- Φορτίο κινητήρα
- Ταχύτητα περιστροφής κινητήρα
- Ταχύτητα οχήματος
- Θερμοκρασία ψυκτικού μέσου του κινητήρα

Εάν ο υπολογιστής διαπιστώσει ότι υπάρχει κάποιος είδος προβλήματος, αποθηκεύεται στην μνήμη του υπολογιστή ένας διαγνωστικός κώδικας (DTC). Κάθε όχημα είναι εξοπλισμένο με «βύσμα συνδέσεων στοιχείων» (DLC), ένα τερματικό, δηλαδή, με 16 ακροδέκτες που συνδέονται με τον υπολογιστή του αυτοκινήτου.

1.4 Πρότυπα επικοινωνίας σε οχήματα

Τα ηλεκτρονικά διαγνωστικά συστήματα αυτοκινήτου ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται στα οχήματα από τις αρχές του 2000, την εποχή της εμφάνισης των ψηφιακών μονάδων διαχείρισης των κινητήρων. Λόγω της μεγάλης ατμοσφαιρικής ρύπανσης και για να γίνει περισσότερο αποδοτική η παρακολούθηση των αερίων καύσης, τα συστήματα OBD (On-Board-Diagnostics) έχουν καταστεί υποχρεωτικά στις ΗΠΑ από το 1988. Το Πρότυπο OBD-II εμφανίστηκε σαν συνέχεια των προηγούμενων συστημάτων το 1995. Το πρότυπο OBD-II, είχε ήδη τυποποιηθεί μεταξύ διαφόρων κατασκευαστών αυτοκινήτων και χρησιμοποιήθηκε από την επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης σαν βάση για την σύνταξη ενός αντίστοιχου ευρωπαϊκού κανονισμού. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την υποχρέωση όλων των Ευρωπαίων κατασκευαστών να ενσωματώσουν μία ενοποιημένη διαγνωστική μονάδα. Η παρουσία του συστήματος EOBD (European on-Board-Diagnostics) είναι υποχρεωτική για όλα τα οχήματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε όλα τα νέα οχήματα από το 2002 για βενζινοκινητήρες και από το 2003 για πετρελαιοκινητήρες. Ένα χρόνο αργότερα, το σύστημα EOBD έγινε υποχρεωτικό και για την αρχική ταξινόμηση όλων των οχημάτων (από την 1^η Ιανουαρίου 2003 για τους βενζινοκινητήρες και από την 1^η Ιανουαρίου 2004 για τους πετρελαιοκινητήρες).

Οι απαιτήσεις σχετικά με το *EOBD* περιλαμβάνονται στην πλειονότητα όπως στα πρότυπα *ISO*. Πιο συγκεκριμένα στο *ISO 15031-3* περιγράφεται μία υποδοχή 16 ακροδεκτών, η οποία σε αντίθεση με τα προηγούμενα συστήματα είναι υποχρεωτικό να βρίσκεται κοντά στην θέση του οδηγού αντί μέσα στον χώρο του κινητήρα. Δεδομένου ότι το συγκεκριμένο βύσμα ήδη χρησιμοποιούνταν για το διαγνωστικό σύστημα από κάποιους κατασκευαστές (για παράδειγμα η VW και η AUDI το χρησιμοποιούν από το 1993) η παρουσία του απλά και μόνον δεν αποτελεί εγγύηση ότι το όχημα χρησιμοποιεί με το πρότυπο *EOBD*. Στην περίπτωση δηλαδή που η κατασκευή του οχήματος έχει γίνει πριν από τις οριακές ημερομηνίες που αναφέρθηκαννωρίτερα, είναι πιθανόν να χρειάζεται να υποβληθεί ερώτημα στον κατασκευαστή ή να γίνει κάποια αναζήτηση στο διαδίκτυο για το αν ακολουθεί το πρότυπο *EOBD*. Ορισμένοι από τους ακροδέκτες του βύσματος *EOBD* ενδέχεται να μην χρησιμοποιούνται. Ο πραγματικός αριθμός των ακροδεκτών που είναι ενεργοί εξαρτάται από τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται. Αυτό βεβαίως δεν σημαίνει ότι ακροδέκτες που δεν εμφανίζονται στους πίνακες ακροδεκτών θα πρέπει υποχρεωτικά να απουσιάζουν. Υπάρχει πάντα το ενδεχόμενο ο κατασκευαστής

να χρησιμοποιεί τους συγκεκριμένους ακροδέκτες για τις λειτουργίες οι οποίες δεν περιγράφονται στο πρότυπο *EOBD*.

Μερικά από τα Πρότυπα ISO που σχετίζονται με το EOBD είναι :

- *ISO 9141-2*: Σύνδεση επικοινωνίας*,
- *ISO 1151 9-4*: Σειριακή μεταφορά δεδομένων χαμηλής ταχύτητας*,
- *ISO 14230-4*: Πρωτόκολλο κωδικής λέξης *KWP2000**,
- *ISO 1 5765-4*: Απαιτήσεις *διαύλου CAN* για συστήματα που σχετίζονται με την εκπομπή αερίων,
- *ISO 15031-3*: Διαγνωστικό βύσμα,
- *ISO 15031-4*: Χαρακτηριστικά εργαλείων ελέγχου,
- *ISO 15031-5*: Υπηρεσίες διάγνωσης,
- *ISO 15031-6*: Κωδικοί σφαλμάτων σχετιζόμενων με την εκπομπή αερίων (DTC),
- *ISO 15031-7*: Ασφάλεια μεταφοράς δεδομένων

(*από 1 Ιανουαρίου 2008 δεν επιτρέπεται στις ΗΠΑ)

1.5 Επίλογος

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται επιγραμματικά ο λόγος ανάγκης ύπαρξης των διαφόρων πρωτοκόλλων επικοινωνίας δεδομένων στα οχήματα.

Κεφάλαιο 2ο: Πρωτόκολλα επικοινωνιών οχημάτων

2.1 Εισαγωγή

Λόγω του μεγάλου αριθμού των αισθητηρίων και των ενεργοποιητών που υπάρχουν στα σύγχρονα οχήματα έχει αναπτυχθεί μία αρκετά μεγάλη γκάμα πρωτοκόλλων επικοινωνίας μεταξύ της μονάδας ECU των αισθητηρίων και ενεργοποιητών. Τα πρωτόκολλα αυτά αναπτύχθηκαν από τις ίδιες της κατασκευάστριες εταιρείες οχημάτων.

2.2 Βασικά Πρωτόκολλα επικοινωνιών οχημάτων

Το σύνολο των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που περιλαμβάνονται σε ένα όχημα συνθέτουν ένα δίκτυο διαφόρων συστημάτων με μικροελεγκτές τα οποία συνδέονται μεταξύ τους πάνω σε ένα δίαυλο και στον χώρο των μηχανικών αυτοκινήτων ονομάζονται “ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου” ή εν συντομία ECUs (Electronic Control Units). Τα πιο σύνθετα συστήματα, όπως η διαχείριση του κινητήρα, το ABS, το ESP ή οι αερόσακοι, έχουν το κάθε ένα την δική του ECU. Είναι όμως αυτονόητο ότι δεν χρησιμοποιούν όλοι οι κατασκευαστές τον ίδιο (σειριακό) δίαυλο για να επικοινωνήσουν οι διάφορες ECU μεταξύ τους. Διάφορα συστήματα διαύλων είναι δυνατόν να συνυπάρχουν ακόμη και στο ίδιο όχημα. Όταν εμφανίστηκε το πρωτόκολλο OBD-II, ελήφθησαν υπόψη τα περισσότερα διαδεδομένα πρωτόκολλα διαύλων που χρησιμοποιούνταν εκείνη την περίοδο και πιο συγκριμένα: στις ΗΠΑ επικρατούσε το πρωτόκολλο PWM της Ford και το πρωτόκολλο VPWM που το χρησιμοποιούσε η General Motors. Τα αρχικά PWM προέρχονται από το “Pulse Width Modulation”, (διαμόρφωση πλάτους παλμού) και το VPWM από το “Variable Pulse Width Modulation” (μεταβαλλόμενη διαμόρφωση πλάτους παλμού).

Οι ευρωπαϊκοί και Ασιάτες κατασκευαστές οχημάτων προτίμησαν το σχετικά απλό πρωτόκολλο ISO 9141-2, το οποίο μοιάζει αρκετά με αυτό που χρησιμοποιείται στο UART. Μερικά ακόμη πρωτόκολλα είναι το KWP2000, το οποίο αποτελεί παραλλαγή του προτύπου ISO 9141-2 (το KWP προέρχεται από το “Key Word Protocol”), καθώς και ο δίαυλος CAN, ο οποίος τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να γίνεται δημοφιλής στα διαγνωστικά συστήματα. Συνοψίζοντας, παρουσιάστηκαν πέντε πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται σε Ευρώπη, Ασία και ΗΠΑ τα οποία είναι: OBD-II και EOBD, ISO 9141-2, KWP2000, J-1850 PWM, J-1850 VPWM. Τα περισσότερα από αυτά τα πρωτόκολλα στηρίζονται πάνω στο δίαυλο CAN, ο οποίος θα αναλυθεί αναλυτικότερα.

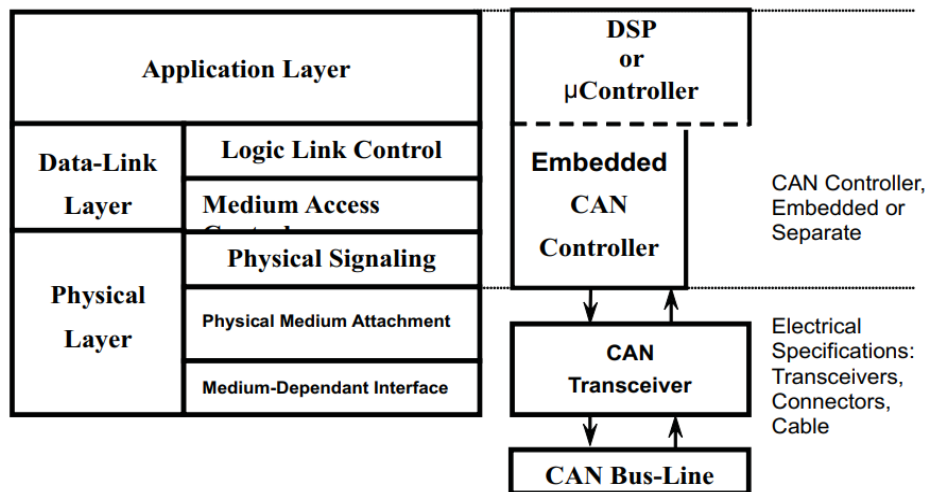
2.3 Δίαυλος CAN (Controller Area Network)

Ο δίαυλος CAN αναπτύχθηκε από την εταιρεία BOSCH και είναι ένα σύστημα εκπομπής πολλών κυρίων ελεγκτών (Multi-master) και ορίζει το ρυθμό εκπομπής σημάτων στο 1 Mbps. Αντίθετα με τα παραδοσιακά δίκτυα επικοινωνιών όπως το USB (Universal Serial Bus) ή το Ethernet, ο δίαυλος CAN δεν μεταδίδει μεγάλα μπλοκ δεδομένων από ένα σημείο στο άλλο καθώς δεν υπάρχει κάποιος κεντρικός επιτηρητής δικτύου (Bus Master). Σε ένα δίκτυο CAN μεταδίδονται πολλά μικρά σε μέγεθος μηνύματα όπως η θερμοκρασία του κινητήρα, οι στροφές του κινητήρα σε όλο το δίκτυο. Το ίδιο το δίκτυο παρέχει τη ακρίβεια και την ασφάλεια των μηνυμάτων σε κάθε κόμβο (node) του δικτύου. Παρακάτω θα επιχειρηθεί μία σχετικά σύντομη ανάπτυξη των βασικών στοιχείων του δικτύου CAN:

- Μορφοποίηση μηνυμάτων (Message Format)
- Αναγνωριστικά μηνυμάτων (Message Identifiers)
- Bit-wise Arbitration

2.3.1 Αρχιτεκτονική Δίαυλου CAN

Ο δίαυλος Can είναι ένα πρότυπο ISO (International Standard Organization) το οποίο ορίζει ένα σύστημα σειριακής επικοινωνίας δεδομένων και αρχικά είχε σκοπό να αντικαταστήσει τη πολύπλοκη καλωδίωση που υπήρχε στα οχήματα με ένα δίαυλο 2 καλωδίων. Το πρότυπο αυτό χαρακτηρίζεται από την υψηλή ανοσία σε ηλεκτρικές παρεμβολές και έχει την ικανότητα να διαγνώσει και να διορθώσει σφάλματα στα δεδομένα που εκπέμπονται στο δίαυλο. Αυτές οι δυνατότητες του δίαυλου CAN τον κατέστησαν δημοφιλή και στους κλάδους της βιομηχανίας αλλά και σε αυτοματισμούς κτηρίων, ιατρικές συσκευές, βιομηχανικούς αυτοματισμούς. Το πρότυπο επικοινωνίας CAN ISO-11898 περιγράφει το τρόπο με τον οποίο μεταφέρονται οι πληροφορίες μεταξύ διαφόρων συσκευών μέσα στο δίκτυο και συμμορφώνεται πλήρως με το μοντέλο OSI (Open Systems Interconnection) το οποίο ορίζεται ως μοντέλο επιπέδων, το οποίο παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.

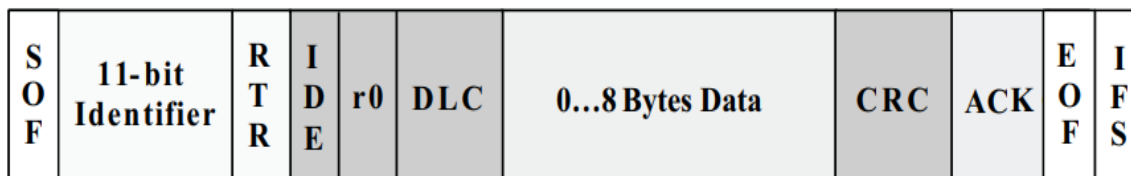


Σχήμα 2.1: Αρχιτεκτονική του πρότυπου ISO 11898

2.3.2 Εκδόσεις CAN

Το πρότυπο CAN είναι πρωτόκολλο CSMA/CD+AMP, δηλαδή αναγνωρίζει την ύπαρξη σήματος (Carrier Sense) πολλαπλής πρόσβασης (Multiple Access) με εντοπισμό σύγκρουσης (Collision Detect) και δημιουργεί την προτεραιότητα των μηνυμάτων (Arbitration on Message Priority). Το CSMA σημαίνει ότι κάθε κόμβος στο δίαυλο πρέπει να περιμένει για ένα συγκεκριμένο χρόνο απραξίας του διαύλου πριν προσπαθήσει να στείλει ένα μήνυμα. Το CD+AMP σημαίνει ότι οι συγκρούσεις επιλύονται μέσω διαιτησίας μεταξύ bit η οποία βασίζεται σε μία προ τοποθετημένη προτεραιότητα κάθε μηνύματος στο πεδίο ταυτοποίησης (Identifier Field) του μηνύματος. Η υψηλότερη προτεραιότητα έχει πάντα προτεραιότητα στο δίαυλο. Δηλαδή η τελευταία Logic-High κατάσταση στην ταυτοποίηση συνεχίζεται να μεταδίδεται λόγω της υψηλότερης προτεραιότητας και επειδή κάθε κόμβος στο δίαυλο παίρνει μέρος στη εγγραφή κάθε bit "καθώς αυτό γράφεται", ο κόμβος διαιτητής γνωρίζει αν αυτό τοποθέτησε το Logic-High στο δίαυλο.

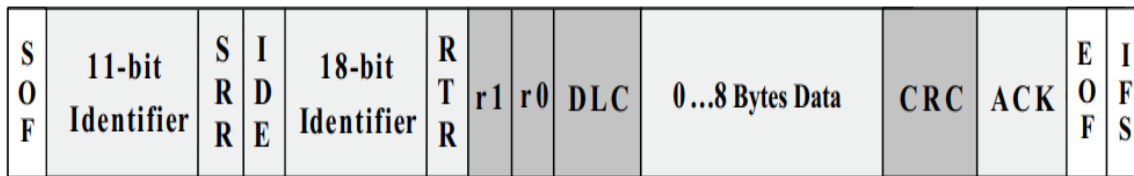
Το πρότυπο ISO-11898 με πεδίο ταυτοποίησης των 11-bit μπορεί να παρέχει ρυθμό εκπομπής από 125kbps έως 1Mbps και μπορεί να παρέχει έως και 2^{11} ή 2048 διαφορετικές ταυτότητες μηνυμάτων. Το πρότυπο αυτό επεκτάθηκε αργότερα στο extended 29-bit το οποίο μπορεί να δώσει έως και 2^{29} ή 537 εκατομμύρια ταυτότητες μηνυμάτων. Οι δύο αυτές εκδόσεις του ISO 11899 παρατίθενται στις εικόνες 2 και 3.



Σχήμα 2.2 Πρότυπο Standard CAN με 11-bit Identifiers.

Τα διάφορα πεδία στο μήνυμα αναλύονται παρακάτω:

- **SOF–Start of Frame:** Είναι το κυρίαρχο bit της αρχής του πλαισίου (frame), σηματοδοτεί την αρχή του μηνύματος και χρησιμοποιείται στο συγχρονισμό των κόμβων στο δίαυλο.
- **11-Identifier:** Το πρότυπο CAN-11 bit ορίζει την προτεραιότητα του μηνύματος. Όσο μικρότερος είναι ο δυαδικός αριθμός που περιέχει τόσο μεγαλύτερη η προτεραιότητα του μηνύματος.
- **RTR-Remoter Transmission Request:** Το bit αυτό είναι κυρίαρχο όταν ο κόμβος χρειάζεται πληροφορίες από κάποιον άλλον κόμβο στο δίαυλο. Όλοι οι κόμβοι λαμβάνουν την αίτηση δεδομένων, αλλά η ταυτότητα ορίζει το συγκεκριμένο κόμβο στον οποίο απευθύνονται τα δεδομένα.
- **IDE-Identifier Extension:** Το bit αυτό είναι κυρίαρχο όταν μεταδίδεται κάποια ταυτότητα χωρίς επέκταση.
- **r0:** Κρατημένο bit για χρήση από μελλοντικές βελτιώσεις του προτύπου.
- **DLC-Data Length Code:** Δηλώνει τον αριθμό των Bytes που θα εκπεμφθούν.
- **Data:** Περιέχει τα δεδομένα που θα εκπεμφθούν μέχρι 64 bits.
- **CRC-Cyclical Redundancy Check:** Περιέχει το άθροισμα ελέγχου (Checksum) των δεδομένων για τον εντοπισμό και τη διόρθωση των λαθών κατά την εκπομπή.
- **ACK (Acknowledge):** Κάθε κόμβος που λαμβάνει σωστά ένα μήνυμα γράφει σε αυτό το πεδίο ένα λογικό '1' στο αρχικό μήνυμα δηλώνοντας έτσι ότι έλαβε τα δεδομένα χωρίς σφάλματα.
- **EOF-End of Frame:** Τέλος Πλαισίου. Αυτό το πεδίο των 7-bits δηλώνει το τέλος όπως πλαισίου μηνύματος CAN.
- **IFS-Interframe Space:** Περιέχει το χρόνο που χρειάζεται για να μεταφερθούν τα δεδομένα από τον ελεγκτή στη σωστή θέση μέσα στο buffer του.



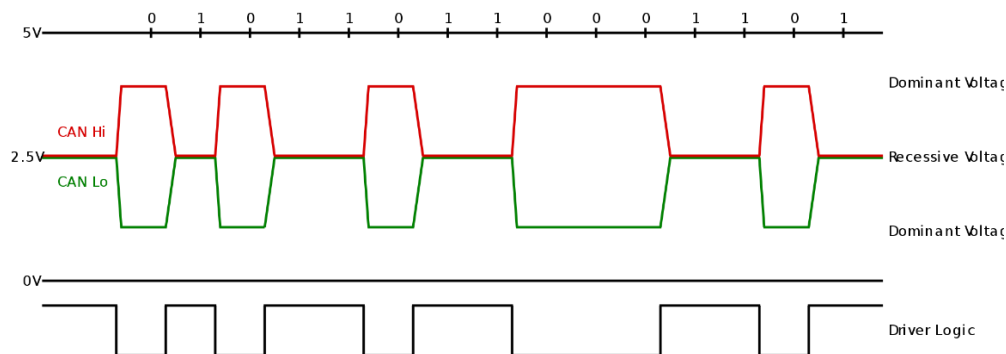
Σχήμα 2.3 Πρότυπο Extended CAN με 11-bit Identifiers.

Στην εικόνα 3 εικονίζεται το πλαίσιο του CAN 29-bit, το οποίο είναι ίδιο με το CAN 11-bit με την προσθήκη των:

- **SRR-Substitute Remote Request:** Αντικατέστησε το πεδίο RTR.
- **IDE-Identifier Extension:** Δηλώνει ότι έπονται τα 18-bit του πεδίου ταυτότητας.
- **r1:** Κρατημένο bit για χρήση από μελλοντικές βελτιώσεις του προτύπου.

2.3.3 Διαιτησία διαύλου CAN

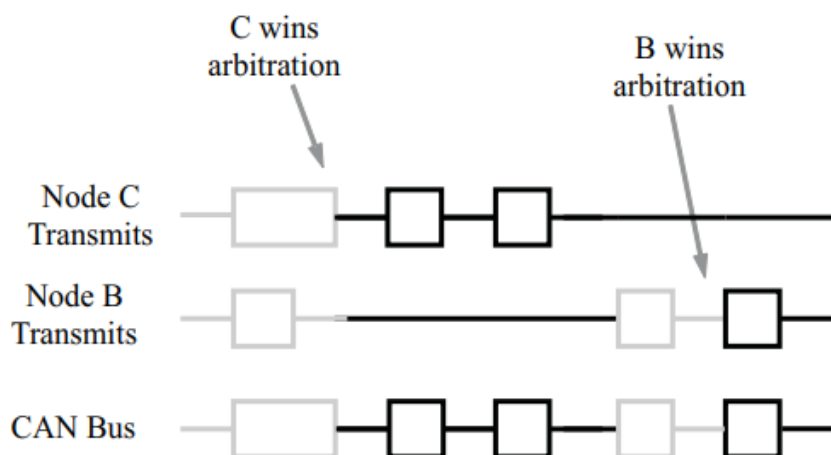
Ο διάυλος CAN έχει δύο καταστάσεις την κυρίαρχη και την υπολιπούσα. Η κυρίαρχη κατάσταση δημιουργείται όταν η διαφορική τάση μεταξύ των σημάτων CAN_H και CAN_L είναι μεγαλύτερη από 1,2V ($V_{CAN_H} - V_{CAN_L} > 1,2\text{Volt}$). Η υπολειπόμενη κατάσταση δημιουργείται όταν η διαφορική τάση μεταξύ των σημάτων CAN_H και CAN_L είναι μικρότερη από 1,2V ($V_{CAN_H} - V_{CAN_L} < 1,2\text{Volt}$). Η κυρίαρχη και η υπολιπούσα κατάσταση αντιστοιχούν στο λογικό '0' και στο λογικό '1' στις γραμμές δεδομένων TxD. Παρόλα αυτά μία κυρίαρχη κατάσταση που ξεκίνησε κάποιος στον κόμβο του δικτύου μπορεί να αναιρέσει μία υπολιπούσα κατάσταση στο δίαυλο.



Σχήμα 2.4. Η ανεστραμμένη λογική του διαύλου CAN.

Η πρόσβαση στο δίαυλο εξαρτάται από τα γεγονότα που συμβαίνουν στο δίαυλο και είναι τυχαία. Αν δύο κόμβοι προσπαθήσουν να καταλάβουν ταυτόχρονα το δίαυλο, η πρόσβαση επιτυγχάνεται με μία μη καταστροφική διαιτησία εξαρτώμενη από τα bit. Με τον όρο μη καταστροφική σημαίνει ότι ο κόμβος που κέρδισε τη διαιτησία συνεχίζει να μεταδίδει το μήνυμα του χωρίς αυτό να καταστραφεί ή να αλλοιωθεί από κάποιον άλλον κόμβο. Η τοποθέτηση της προτεραιότητας μέσα στο πεδίο ταυτότητας του πλαισίου είναι ένα χαρακτηριστικό του διαύλου CAN το οποίο το κάνει αρκετά δημοφιλή σε εφαρμογές όπου απαιτείται έλεγχος σε πραγματικό χρόνο. Όσο πιο μικρός είναι ο αριθμός μέσα στο πλαίσιο ταυτότητας του μηνύματος τόσο μεγαλύτερη προτεραιότητα έχει ο κόμβος. Ένα μήνυμα που στο πεδίο ταυτότητας του περιέχει μόνο μηδενικά έχει τη μεγαλύτερη προτεραιότητα στο δίκτυο γιατί

μπορεί να κρατήσει κυρίαρχη τη γραμμή στο δίαυλο για περισσότερο χρόνο. Έτσι, αν δύο κόμβοι ξεκινήσουν ταυτόχρονα να εκπέμπουν, ο κόμβος ο οποίος στείλει το τελευταίο bit ταυτότητας '0' (κυρίαρχο) ενώ ο κόμβος στείλει το bit ταυτότητας '1' (υπολοίπων) κρατάει τον έλεγχο του διαύλου και μπορεί να συνεχίσει να εκπέμπει το μήνυμά του. Ένα κυρίαρχο bit πάντα υπερτερεί του υπολειπόμενου bit στο δίαυλο CAN.



Σχήμα 2.5 Η διαίτησία στο δίαυλο CAN.

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται η διαδικασία της διαίτησίας σε ένα δίαυλο CAN που πραγματοποιείται από έναν ελεγκτή διαύλου CAN. Επειδή κάθε κόμβος παρακολουθεί συνεχώς τις μεταδόσεις που κάνει, την στιγμή που το υπολίπον bit του κόμβου B γράφεται από το κυρίαρχο bit του κόμβου C, αυτό σημαίνει ότι ο κόμβος C έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα από τον κόμβο B και έτσι ο κόμβος B σταματά τη μετάδοση, ενώ ο κόμβος C συνεχίζει να μεταδίδει το μήνυμά του. Αργότερα, ο κόμβος B προσπαθεί να μεταδώσει το μήνυμά του όταν ο κόμβος C απελευθερώσει τη γραμμή. Αυτή η λειτουργία είναι κομμάτι του ISO 11989 και περιέχεται εξολοκλήρου μέσα στον ελεγκτή CAN και είναι διαθέσιμος σε οποιονδήποτε χρήστη του διαύλου CAN.

Η ιεράρχηση των μηνυμάτων εξαρτάται αποκλειστικά από το σχεδιαστή του συστήματος. Παρόλ' αυτά, οι σχεδιαστές διαφόρων βιομηχανιών συμφωνούν στην αξία της ιεράρχησης κάποιων μηνυμάτων. Για παράδειγμα ένα κατασκευαστής οδηγών ηλεκτροκινητήρων μπορεί να ορίσει ότι το μήνυμα 0010 αντιστοιχεί στο ρεύμα που διαρρέει το κινητήρα και το μήνυμα 0011 αντιστοιχεί στην ταχύτητα που δίνει το ταχύμετρο. Επειδή το μήνυμα 0010 έχει μικρότερη δυαδική αξία, τα μηνύματα που σχετίζονται με το ρεύμα που διαρρέει τον κινητήρα θα έχουν πάντα υψηλότερη προτεραιότητα από τα μηνύματα που σχετίζονται με τις ενδείξεις της ταχύτητας από το ταχύμετρο.

2.3.4 Τύποι μηνυμάτων διαύλου CAN

Υπάρχουν τέσσερα διαφορετικά μηνύματα που μπορούν να εκπεμφθούν σε ένα δίαυλο CAN. Αυτά είναι:

- Data Frame
- Remote Frame
- Error Frame
- Overload Frame

2.3.4.1 Data Frame

Το πλαίσιο δεδομένων (Data Frame) είναι ο πιο κοινός τύπος μηνυμάτων και αποτελείται από τα πεδία διαιτησίας (Arbitration Field), το πεδίο δεδομένων (Data Field), το πεδίο ελέγχου (CRC Field) και το πεδίο επιβεβαίωσης (Acknowledgement Field). Το πεδίο διαιτησία περιέχει την ταυτότητα του μηνύματος 11-bit ή 29-bit (ανάλογα την έκδοση του πρότυπου CAN) και το RTR bit το οποίο είναι κυρίαρχο αναφορικά με τα πλαίσια δεδομένων.

Το πεδίο δεδομένων το οποίο περιέχει από 0 έως 8 bytes δεδομένων και τέλος το πεδίο ελέγχου το οποίο περιέχει το άθροισμα ελέγχου (Checksum) των 16-bit που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό σφαλμάτων. Τέλος είναι το πεδίο επιβεβαίωσης.

2.3.4.2 Remote Frame

Ο μοναδικός σκοπός του Remote Frame είναι για την αναζήτηση δεδομένων από κάποιο άλλο κόμβο. Το Remote Frame είναι παρόμοιο με το Data Frame με δύο μεγάλες διαφορές:

- Αυτός ο τύπος μηνυμάτων ορίζεται ως Remote Frame από ένα υπολίπον RTR bit
- Δεν περιέχει δεδομένα

2.3.4.3 Error Frame

Το πλαίσιο σφάλματος (Error Frame) είναι ένα ειδικό μήνυμα που παραβιάζει τους κανόνες σύνταξης των μηνυμάτων στο δίαυλο CAN. Μεταδίδεται όταν κάποιος κόμβος ανιχνεύσει ένα σφάλμα σε κάποιο μήνυμα και υποχρεώνει όλους τους άλλους κόμβους στο δίκτυο να στείλουν και αυτοί ένα πλαίσιο σφάλματος τους. Έπειτα ο αρχικός κόμβος που ανίχνευσε το σφάλμα μεταδίδει πάλι το μήνυμα. Ένα λεπτομερές και πολύπλοκο σύστημα από μετρητές σφαλμάτων μέσα στον ελεγκτή CAN διασφαλίζει ότι κανένας κόμβος δε θα κρατάει κατελιμμένο το δίαυλο μεταδίδοντας συνεχώς Error Frames.

2.3.4.4 Overload Frame

Το πλαίσιο υπερφόρτωσης αναφέρεται για λόγους πληρότητας. Είναι παρόμοιο με το Error Frame αναφορικά με το Format των δεδομένων που περιέχει και μεταδίδεται από κάποιον κόμβο ο οποίος είναι υπερβολικά απασχολημένος. Χρησιμοποιείται κυρίως για να δώσει μία επιπλέον χρονική καθυστέρηση μεταξύ των μηνυμάτων.

2.3.5 Έλεγχος Σφαλμάτων

Η δύναμη του CAN μπορεί να αποδοθεί εν μέρη στους μεθόδους ελέγχου σφαλμάτων που διαθέτει. Το πρωτόκολλο CAN ενσωματώνει πέντε διαφορετικές μεθόδους για τον έλεγχο των σφαλμάτων. Τρεις σε επίπεδο μηνύματος και δύο σε επίπεδο bit. Αν οποιοδήποτε μήνυμα αποτύχει σε κάποιο έλεγχο σφάλματος τότε δε γίνεται αποδεκτό και δημιουργείται ένα πλαίσιο σφάλματος από τον κόμβο παραλαβής. Αυτό εξαναγκάζει τον κόμβο αποστολέα να στείλει ξανά το μήνυμα μέχρι αυτό να γίνει αποδεκτό. Παρόλα αυτά αν κάποιος ελαττωματικός κόμβος προσπαθεί να απενεργοποιήσει το δίαυλο στέλνοντας συνέχεια κάποιο λάθος, τότε του αφαιρείται η ικανότητα εκπομπής του από τον ελεγκτή του. Η αφαίρεση της ικανότητας εκπομπής γίνεται όταν ο κόμβος ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο αριθμό αποστολής σφαλμάτων.

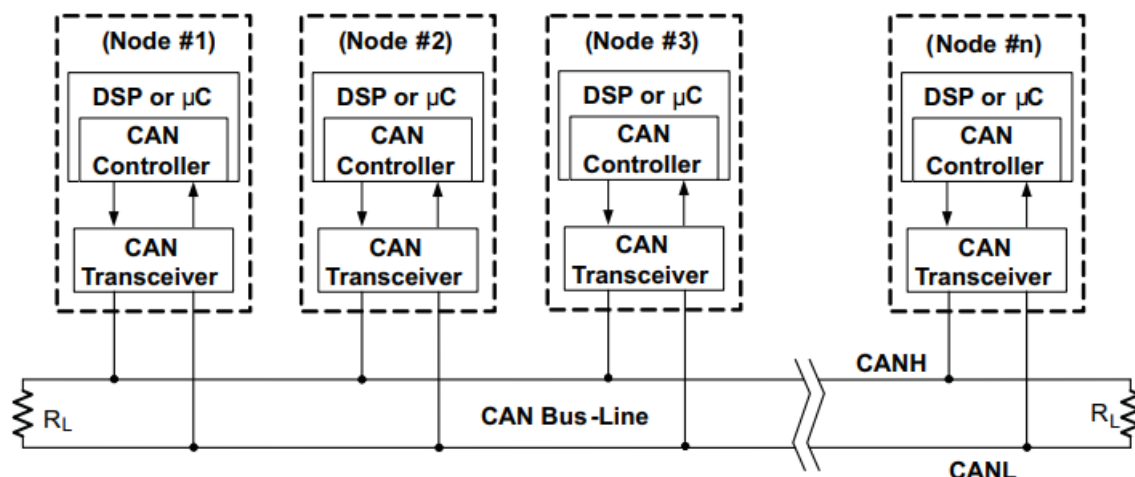
Ο έλεγχος σφαλμάτων στο επίπεδο των μηνυμάτων επιβάλλεται από τα πεδία CRC και ACK που παρουσιάζονται στις Εικόνες 2 και 3. Το πεδίο CRC των 16-bit περιέχει το άθροισμα ελέγχου (Checksum) των δεδομένων του μηνύματος για τον έλεγχο των σφαλμάτων, 15 bit Checksum και ένα bit Delimiter. Το πεδίο ACK έχει μόνο δύο bits και αποτελείται από το bit επιβεβαίωσης (Acknowledgement bit) και ένα bit οριοθέτησης (Delimiter Bit). Στο πεδίο του μηνύματος υπάρχει και ο έλεγχος μορφής (Form Check) που ψάχνει για πεδία μέσα στο μήνυμα τα οποία πρέπει να περιέχουν πάντα υπολιπόντα bits. Αν ανιχνευθεί κάποιο κυρίαρχο bit, τότε δημιουργείται ένα πλαίσιο σφάλματος. Τα bit που ελέγχονται από αυτή τη διεργασία είναι τα SOF, EOF, Ack Delimiter, CRC Delimiter.

Στο επίπεδο ελέγχου των bit, κάθε εκπεμπόμενο bit ελέγχεται και από τον πομπό. Αν κάποιο bit δεδομένων, όχι διαιτησίας, γραφτεί στο δίαυλο και αναγνωσθεί το ανάστροφο του, τότε δημιουργείται ένα πλαίσιο σφάλματος. Η μόνη εξαίρεση σε αυτό το κανόνα είναι στο πεδίο της ταυτότητας το οποίο χρησιμοποιείται στη διαιτησία και στο πεδίο της επιβεβαίωσης όπου ένα κυρίαρχο bit πρέπει να γραφτεί πάνω από ένα υπολιπόν bit.

Η τελευταία μέθοδος εντοπισμού σφαλμάτων είναι η μέθοδος του ‘γемίσματος των bit’. Με βάση αυτή τη μέθοδο αν μετά από πέντε συνεχόμενα bits της λογικής κατάστασης το έκτο bit δεν είναι της ανάστροφης λογικής κατάστασης, τότε δημιουργείται ένα πλαίσιο σφάλματος. Το γέμισμα των bit εξασφαλίζει ότι τα ανερχόμενα μέτωπα των δεδομένων χρησιμοποιούνται για το συγχρονισμό του δικτύου. Αυτό εξασφαλίζει ότι η ροή των δεδομένων δε θα θεωρηθεί λανθασμένα ως πλαίσιο σφάλματος ή σαν πεδίο IFS (Interframe Space) που θεωρείται το τέλος του μηνύματος. Τα γεμισμένα bits αφαιρούνται από τον ελεγκτή πριν τα δεδομένα προχωρήσουν στην εφαρμογή.

Με αυτή τη λογική ένα ενεργό πλαίσιο σφάλματος αποτελείται από έξι κυρίαρχα bits, τα οποία παραβιάζουν τον κανόνα του γемίσματος. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί ως σφάλμα από όλους τους κόμβους στο δίκτυο και το καθένα με τη σειρά του να δημιουργήσει το δικό του πλαίσιο σφάλματος. Αυτό σημαίνει ότι το πλαίσιο σφάλματος μπορεί να έχει μήκος από 6 έως 12 bits μαζί με τις απαντήσεις των κόμβων. Αυτό το πλαίσιο σφάλματος ακολουθείται από ένα πεδίο οριοθέτησης από 8 υπολιπόντα bits και από μία περίοδο αδράνειας της γραμμής πριν το κατεστραμμένο μήνυμα επαναληφθεί. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το κατεστραμμένο μήνυμα θα πρέπει να περάσει πάλι από τη διαιτησία για την κατάληψη όπως γραμμής.

2.3.6 Τοπολογία του διαύλου CAN



Σχήμα 2.6 Η τοπολογία του διαύλου CAN.

Η ανθεκτικότητα και η υψηλή ανοσία σε θόρυβο καθώς και η αντοχή σε σφάλματα που έχει το ISO 11898 CAN Bus έγκειται στο γεγονός ότι τα σήματα μεταφέρονται μεταξύ των κόμβων διαφορικά. Τα ισοσταθμισμένα διαφορικά σήματα μπορούν να μειώνουν το θόρυβο σύζευξης και επιτρέπουν υψηλούς ρυθμούς μεταφοράς μέσω συστραμμένου καλωδίου. Η έννοια του ισοσταθμισμένου διαύλου σημαίνει ότι το ρεύμα του διαρρέει τη κάθε γραμμή σήματος έχει την ίδια τιμή αλλά είναι αντίθετης κατεύθυνσης. Αυτό οδηγεί σε φαινόμενα ακύρωσης πεδίων τα οποία και είναι υπεύθυνα για τις χαμηλές εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών. Η χρήση ισοσταθμισμένων δεκτών και συστραμμένων ζευγών καλωδίων αυξάνει την απόρριψη του κοινού σήματος και προσδίδει υψηλή ανοχή στο θόρυβο.

Οι προδιαγραφές του πρότυπου ISO 11898 High Speed δίνουν μέγιστο ρυθμό μεταφοράς πληροφοριών το 1Mbps σε ένα δίκτυο μήκους 40m με μέγιστο αριθμό κόμβων του 30. Επίσης προτείνεται ένα μέγιστο μη τερματισμένο στέλεχος μήκους 0,3m. Το καλώδιο ορίζεται είτε θωρακισμένο ή αθωράκιστο καλώδιο με χαρακτηριστική αντίσταση 120 Ω . Το πρότυπο ορίζει τη τοπολογία του δικτύου ως μία γραμμή ζεύγους συστραμμένων καλωδίων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 6, το οποίο τερματίζεται και από τις δύο γραμμές με αντιστάσεις των 120 Ω για την αποφυγή στάσιμων κυμάτων.

2.4. Το πρότυπο SAE J1850

Το πρότυπο J1850 υιοθετήθηκε από την ομάδα SAE (Society of Automotive Engineers) το 1994 και χρησιμοποιείται σε μία πλειάδα από εφαρμογές στον κλάδο της αυτοκινητοβιομηχανίας, από οχήματα, διαγνωστικά εργαλεία σε συστήματα ανταλλαγής δεδομένων.

2.4.1 Ταξινόμηση του SAE J1980

Η SAE έχει ορίσει τρία διακριτά πρότυπα, τα Class A, Class B και Class C.

Το πρότυπο της τάξης A είναι το πρώτο πρότυπο και διαθέτει το μικρότερο ρυθμό μετάδοσης πληροφορίας η οποία φτάνει τα 10kbps. Οι συσκευές που χρησιμοποιούν την Τάξη A ταξινόμηση είναι συνήθως ενεργοποιητές (actuators) ή ‘έξυπνοι’ αισθητήρες (Smart sensors). Η εφαρμογή της τάξης A μείωσε σε σημαντικό βαθμό το κόστος της καλωδίωσης των συστημάτων αυτοκίνησης.

Το πρότυπο της τάξης B έχει ρυθμούς μετάδοσης έως 100kbps και χρησιμοποιείται σε μονάδες ελέγχου μη πραγματικού χρόνου και για επικοινωνίες. Η χρήση της Τάξης B μπορεί να μειώσει τον αριθμό των περιττών αισθητήρων και άλλων στοιχείων των συστημάτων δίνοντας τη δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ των μονάδων. Το πρότυπο SAEJ19850 είναι τάξης B.

Το πρότυπο της τάξης C είναι η πιο σύγχρονη έκδοση και υποστηρίζει ρυθμούς μετάδοσης έως 1Mbps και χρησιμοποιείται σε κρίσιμες εφαρμογές πραγματικού χρόνου.

2.4.2 Τάξη B SAE J1980

Το πρότυπο SAE J19850 χρησιμοποιείται σε δύο παραλλαγές. Η πρώτη είναι η υψηλής ταχύτητας μέθοδος διαμόρφωσης εύρους παλμών (Pulse Width Modulation-PWM) που φτάνει σε ρυθμούς των 41.6kbps και χρησιμοποιεί δύο γραμμές μεταφοράς δεδομένων. Η δεύτερη παραλλαγή είναι η χαμηλής ταχύτητας μέθοδος του μεταβλητού εύρους παλμών (Variable Pulse Width-VPW) και χρησιμοποιεί μία γραμμή μεταφοράς δεδομένων. Το πρότυπο SAE J19850 χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για την επικοινωνία μεταξύ ηλεκτρονικών μονάδων μέσα στα οχήματα. Όπως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μέσω πολυπλεξίας στο χρόνο Time Division Multiplexing -TDM καθώς και στη συχνότητα Frequency Division Multiplexing-FDM. Η πολυπλεξία TDM παρεμβάλλει δύο ή περισσότερα σήματα στο ίδιο κανάλι για σταθερό ή και μεταβαλλόμενο χρονικό διάστημα. Η πολυπλεξία FDM μπορεί να μεταδώσει ταυτόχρονα δύο μηνύματα σε ένα κανάλι.

2.4.3 Variable Pulse Width Modulation(VPW)

Η διαμόρφωση μεταβλητού εύρους παλμού VPW είναι η προτιμώμενη μέθοδος κωδικοποίησης σε εφαρμογές αυτοκίνησης γιατί προσφέρει πολύ χαμηλή εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας λόγω της μείωσης των μεταβάσεων του διαύλου ανά bit. Άλλα χαρακτηριστικά της διαμόρφωσης VPW είναι η ικανότητα αναπλήρωσης της αναντιστοιχίας στους παλμούς χρονισμού, στο Ground Offset, σταθερές μεταπτώσεις των παλμών και σημεία δειγματοληψίας, ο μικρός αριθμός μεταπτώσεων του διαύλου ανά bit. Παρόλα αυτά η VPW δεν προσφέρει σταθερό ρυθμό εκπομπής για να επικοινωνεί μέσω συμβόλων τα οποία είναι χρονοεξαρτώμενα. Για παράδειγμα το λογικό ‘1’ είναι ένα σύμβολο το οποίο ορίζεται σαν μία μετάβαση της τάσης στο δίαυλο η οποία διαρκεί για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα π.χ. 64μs.

2.4.4 Κυρίαρχα και Παθητικά Σύμβολα

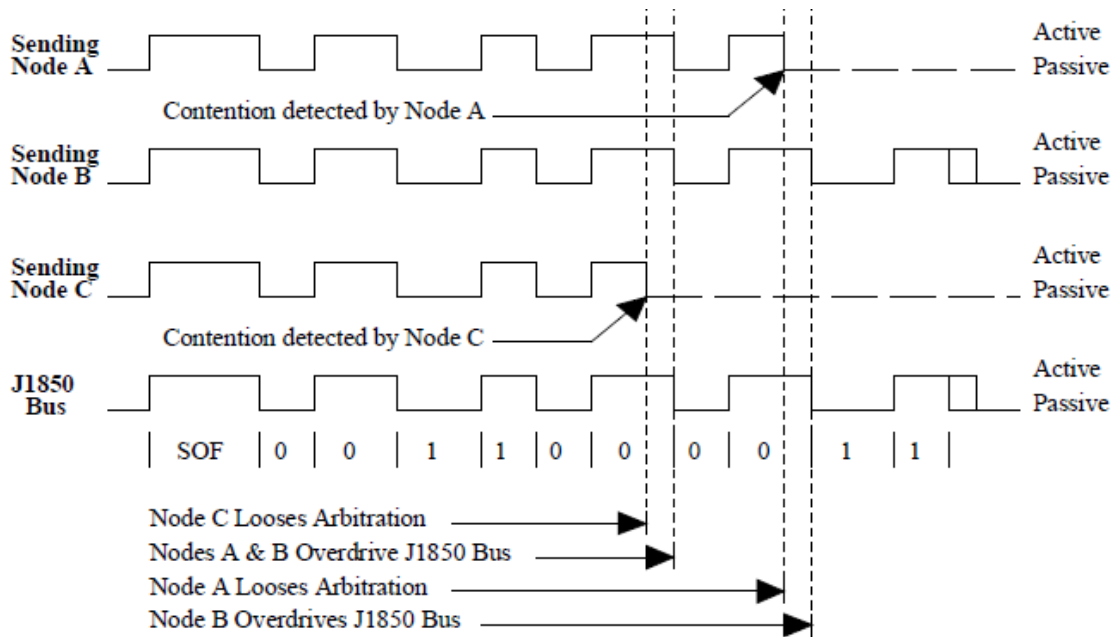
Ο δίαυλος του VPW J1850 τραβιέται σε χαμηλά δυναμικά μέσω μιας ασθενούς σύνδεσης (Weak Pull-Down) και οδηγείται ισχυρά μέσω μιας ισχυρής σύνδεσης (Strong Pull-Up). Αυτό σημαίνει ότι όταν δεν υπάρχει δραστηριότητα στο δίαυλο, ο δίαυλος βρίσκεται πολύ κοντά στη γείωση μέσω ενός ασθενούς σύνδεσης. Όταν κάποιος κόμβος θέλει να καταλλάβει τον δίαυλο μπορεί να το κάνει είτε αφήνοντας το δίαυλο να φτάσει σε κατάσταση ηρεμίας στο δυναμικό της γείωσης είτε να οδηγήσει το δίαυλο σε υψηλό δυναμικό, περίπου 7,5 Volts. Η υψηλή τάση στο δίαυλο μπορεί να κυμαίνεται από

4,5 έως 20 Volts. Ένα χαμηλό δυναμικό μπορεί να κυμαίνεται από την τάση της γείωσης έως 3,5 Volts. Με αυτή τη διαμόρφωση στο Hardware όποιος κόμβος επιθυμεί να οδηγήσει τη γραμμή του διαύλου σε υψηλό δυναμικό θα εμποδίσει όλους τους κόμβους να συνδεθούν και να οδηγήσουν τις γραμμές τους σε χαμηλό δυναμικό ή γείωση. Για αυτό το λόγο όλα τα σύμβολα τα οποία βρίσκονται στο δίαυλο και χρησιμοποιούν χαμηλό δυναμικό θεωρούνται παθητικά , ενώ αντίθετα όλα τα σύμβολα που χρησιμοποιούν υψηλό δυναμικό θεωρούνται κυρίαρχα.

2.4.5 Διαιτησία Διαύλου J19850

Η κατανομή των κόμβων του δικτύου βασίζεται στην ιδέα της διαιτησίας. Διαιτησία είναι η διεργασία κατά την οποία προσδιορίζεται ποιος από δύο ή περισσότερους κόμβους, οι οποίοι θέλουν να εκπέμψουν μηνύματα, θα μπορέσει να καταλάβει τη γραμμή του διαύλου. Ο δίαυλος του J19850 είναι ο ασύγχρονος δίαυλος χωρίς κυρίαρχο κόμβο (master-less), ισότιμων κόμβων (peer-to-peer) ο οποίος προσφέρει πρόσβαση επί ίσοις όροις σε όλους τους κόμβους του δικτύου. Το κύριο χαρακτηριστικό του διαύλου είναι ότι όταν ο κόμβος μεταδίδει ένα μήνυμα όλοι οι υπόλοιποι κόμβοι ακούνε το μήνυμα αυτό αλλά ο πομπός ακούει μέσω echo το μήνυμα που μετέδωσε. Η ασύγχρονη φύση των μηνυμάτων καθορίζει την έναρξη της εκπομπής του μηνύματος από τον κόμβο και αυτό γίνεται δίχως την ύπαρξη κάποιου προσδιορισμένου χρόνου μεταξύ των μηνυμάτων.

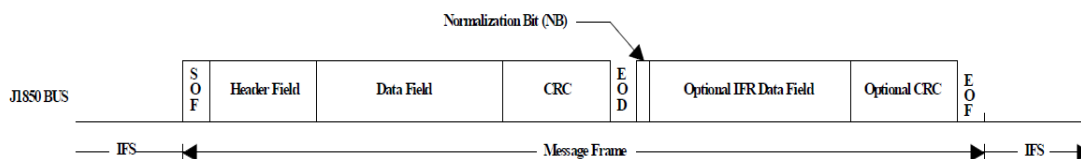
Το πρότυπο J19850 υποστηρίζει διαιτησία CSMA/CR (Carrier Sense Multiple Access/Collision Resolution). Πριν την εκπομπή κάποιου μηνύματος ο κόμβος παρακολουθεί τη γραμμή του διαύλου για ένα συγκεκριμένο χρόνο. Αν η γραμμή είναι κατειλημμένη από κάποιο άλλο μήνυμα τότε περιμένει την ολοκλήρωση του μηνύματος πριν να προσπαθήσει ξανά να κερδίσει πρόσβαση στη γραμμή . Η διαδικασία αυτή ονομάζεται Carrier Sense. Επειδή το J19850 είναι peer-to-peer προσφέρει ίσα δικαιώματα πρόσβασης στο δίκτυο σε όλους τους κόμβους, δηλαδή περισσότεροι από ένας κόμβος μπορούν να αρχίσουν να εκπέμπουν κάθε φορά. Η δυνατότητα αυτή ονομάζεται Multiple Access. Το Collision Resolution επιτρέπει σε πολλούς κόμβους να μεταδίδουν ταυτόχρονα και επιλύει το θέμα της κατάληψης της γραμμής του διαύλου μέσω της χρήσης των μηνυμάτων προτεραιότητας. Η προτεραιότητα καθορίζεται από το είδος των συμβόλων που υπάρχουν εκείνη τη στιγμή στη γραμμή του διαύλου. Όταν ένα κόμβος εκπέμπει ένα παθητικό σύμβολο αλλά εκείνη τη στιγμή βλέπει ένα κυρίαρχο σύμβολο τότε γνωρίζει ότι κάποιος ότι ο κόμβος με υψηλότερη προτεραιότητα καταλαμβάνει τη γραμμή. Όταν ο κόμβος χάσει τη διαιτησία της γραμμής τότε σταματάει να εκπέμπει και απλά παρακολουθεί και ακούει τη γραμμή.. Ο κόμβος που κέρδισε τη διαιτησία συνεχίζει να εκπέμπει ελέγχοντας κάθε εκπεμπόμενο bit για διαιτησία έως ότου μείνει μόνο ένας κόμβος πάνω στη γραμμή. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται bit by bit Arbitration.



Σχήμα 2.7 Bit by Bit Arbitration.

2.4.6 Πλαίσιο Μηνυμάτων J19850

Στο σχήμα 2.6 παρουσιάζεται το πλαίσιο των μηνυμάτων του προτύπου J18950.

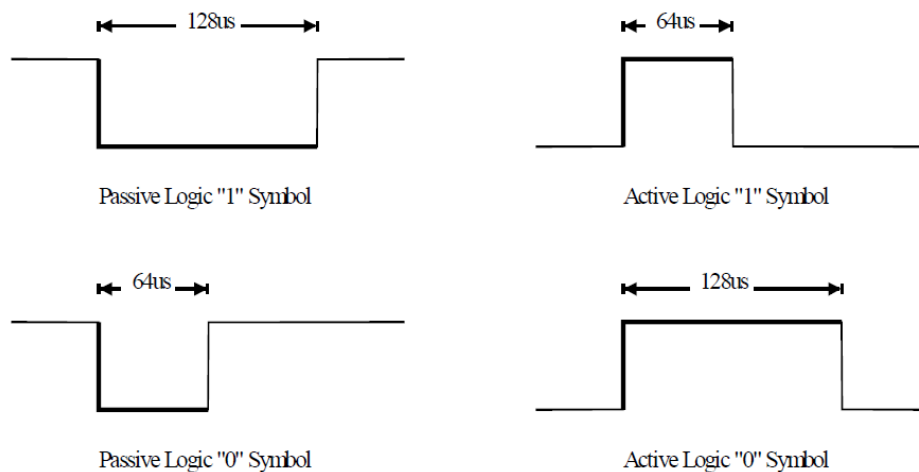


Σχήμα 2.8 Πλαίσιο Μηνύματος J18950.

Τα στοιχεία που απαρτίζουν το πλαίσιο είναι:

- Start of Frame (SOF):** η αρχή κάθε πλαισίου μηνύματος ξεκινάει με μία προσδιορισμένη χρονική περίοδο αναμονής των 200μs η οποία χρησιμοποιείται για τις διεργασίες των Carrier Sense και Arbitration. Το σύμβολο για το πεδίο SOF ορίζεται ένα υψηλό δυναμικό.
- Header Field:** Το πρώτο byte μετά το πεδίο SOF ορίζεται ως πεδίο Header Field. Το πεδίο αυτό μπορεί να είναι από 1 έως 3 Byte και περιέχει κρίσιμες πληροφορίες σχετικά με τα διάφορα πλαίσια που απευθύνονται στον παραλήπτη κόμβο. Για παράδειγμα ο αριθμός των bytes που περιέχει το Header Field και ο αριθμός των bytes δεδομένων (Data Bytes) που περιέχει το μήνυμα.
- Data Field:** Τα bytes δεδομένων αναφέρονται ως Data Field. Το μήνυμα μπορεί να περιέχει από 1 έως 11 bytes δεδομένων Data Field και Header Field.
- Cyclical Redundancy Check-CRC:** Προσαρτημένα στο τέλος κάθε μηνύματος βρίσκεται 1 CRC byte για τον εντοπισμό σφαλμάτων εκπομπής και λήψης.

- **End Of Data-EOD:** Αμέσως μετά από το byte CRC ακολουθεί ένα σύμβολο EOD. Το σύμβολο EOD αποτελείται από ένα παλμό χαμηλού δυναμικού διάρκειας 200μs. Αμέσως μετά το τέλος του συμβόλου EOD ο παραλήπτης κόμβος μπορεί να απαντήσει στο μήνυμα που έλαβε. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται In-Frame response.
- **End Of File-EOF:** Το σύμβολο EOF αποτελείται από ένα παλμό χαμηλού δυναμικού διάρκειας 280μs.
- Τα bits των δεδομένων που απαρτίζουν τα πλαίσια Header και Data Field αποτελούνται από '0' και '1' και παριστάνονται από σύμβολα.
 - (a) Το παθητικό '1' παριστάνεται από ένα παλμό χαμηλού δυναμικού διάρκειας 128μs.
 - (b) Το κυρίαρχο '1' παριστάνεται από ένα παλμό υψηλού δυναμικού διάρκειας 64μs.
 - (c) Το παθητικό '0' παριστάνεται από ένα παλμό χαμηλού δυναμικού διάρκειας 64μs.
 - (d) Το κυρίαρχο '0' παριστάνεται από ένα παλμό υψηλού δυναμικού διάρκειας 128μs.



Σχήμα 2.9 Χρονισμός συμβόλων bits του J18950

2.4.7 Physical Layer J19850

Το Physical Layer του J18950 αποτελείται από ένα μόνο καλώδιο το οποίο οδηγείται από δυναμικό και η τοπολογία του καλωδίου μπορεί να είναι τυχαία, χωρίς κανένα περιορισμό. Το μήκος του καλωδίου του δικτύου μέσα στο όχημα μπορεί φτάσει σε μήκος τα 35 μέτρα και εκτός οχήματος τα 5 μέτρα. Ο μέγιστος αριθμός του δικτύου είναι 32 κόμβοι και κάθε κόμβος θεωρείται μία μονάδα φορτίου. Κάθε μονάδα φορτίου πρέπει να έχει ωμικό φορτίο 10,6kΩ και χωρητικό φορτίο 470 pF.

2.5 Keyword Protocol 2000-KWP2000

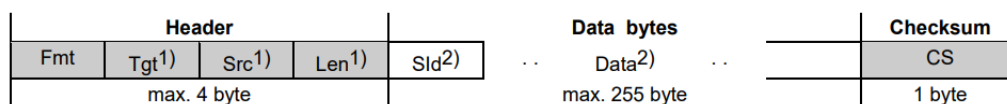
Το πρότυπο Keyword Protocol 2000, που εν συντομία αναφέρεται ως KWP2000, είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας για διαγνωστική λειτουργία οχημάτων (On Board Diagnostics) για κατασκευαστές OEM συσκευών. Υπάρχουν δύο κύρια πρωτόκολλα τα οποία ορίζουν τη λειτουργία αυτού του πρότυπου, τα ISO9141 και ISO14230. Στην Εικόνα 10 εικονίζεται ο βασικός διάυλος επικοινωνίας του KWP2000.



Σχήμα 2.10 Τοπολογία του πρότυπου KWP2000

Ο διάυλος επικοινωνίας του KWP2000 ορίζεται ως ο σειριακός, αμφίδρομος διάδρομος μεταφοράς πληροφοριών όπου η γραμμή K-Line χρησιμοποιείται για επικοινωνία και αρχικοποίηση και η γραμμή L-Line μόνο για αρχικοποίηση. Το Physical Layer μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν διάυλος πολλών χρηστών χωρίς να χρειάζεται διαχείριση ή διαιτησία ο διάυλος. Τη διαιτησία την αναλαμβάνει ο ελεγκτής CAN.

2.5.1 Δομή μηνύματος KWP2000



Σχήμα 2.11 Η δομή του μηνύματος KWP2000

Η δομή του μηνύματος του KWP2000 αποτελείται από τρία διαφορετικά πλαίσια:

- **Header:** Αποτελείται το μέγιστο από 4 byte. Το Fmt (Format) Byte το οποίο περιλαμβάνει πληροφορίες για τη μορφή του μηνύματος, Tgt (Target) και Src (Source) Bytes τα οποία είναι προαιρετικά και δηλώνουν τον πομπό και τον παραλήπτη του μηνύματος και χρησιμοποιούνται σε συστήματα πολλών κόμβων. Επίσης ένα προαιρετικό Byte Len (Length) το οποίο ορίζει το μέγεθος της πληροφορίας (μήκος) που θα μεταδοθεί.
- **Data Bytes:** Το πεδίο δεδομένων το οποίο περιέχει από 63 έως 255 bytes πληροφοριών. Το πρώτο byte αυτού του πεδίου είναι το Service Identification Byte το οποίο μπορεί να ακολουθείται από παραμέτρους και δεδομένα, ανάλογα την υπηρεσία που έχει επιλεγεί.
- **Checksum:** Το byte CS εισάγεται στο τέλος του μηνύματος και είναι ένα απλό άθροισμα ελέγχου όλων των προηγούμενων δεδομένων του μηνύματος.

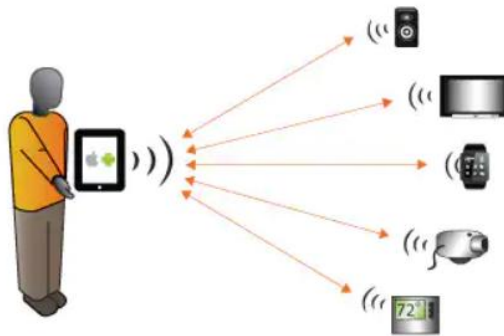
2.6 Επίλογος

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν αναλυτικά τα κυριότερα πρωτόκολλα τα οποία χρησιμοποιούνται για τις επικοινωνίες δεδομένων σε οχήματα. Αναλύθηκαν τα πρωτόκολλα CAN, SAE J1980 και SAE J19850.

Κεφάλαιο 3ο: Bluetooth Low Energy(BLE)

Ο κόσμος των ασύρματων επικοινωνιών εξελίσσεται με πολύ γρήγορους ρυθμούς και σε τέτοιες περιπτώσεις χρειάζεται να στείλουμε ένα μεγάλο αριθμό πληροφοριών μέσω ενός ασύρματου δικτύου. Σε αυτή την περίπτωση δε χρειάζεται να λάβουμε υπόψη την κατανάλωση ενέργειας των συσκευών. Σε κάποιες όπως περιπτώσεις που έχουμε μικρές φορητές συσκευές οι οποίες έχουν περιορισμένη ενέργεια (μπαταρία) θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τη ενέργεια που καταναλώνουν οι ραδιοσυσκευές τους, μιας και αυτές είναι που καταναλώνουν την περισσότερη ενέργεια στο σύστημα. Έτσι οι ραδιοσυσκευές θα πρέπει να είναι πολύ αποδοτικές αναφορικά με τη κατανάλωση ενέργειας.

Αναφορικά με την αποδοτικότητα των ραδιοσυσκευών από πλευράς κατανάλωσης ενέργειας υπάρχει μία τεχνολογία η οποία ξεχωρίζει από όπως υπόλοιπες. Αυτή είναι η τεχνολογία Bluetooth Low Energy (BLE).



Σχήμα 3.1 Συνδεσιμότητα μέσω BLE

Η τεχνολογία BLE αναπτύχθηκε από την εταιρεία Nokia με το όνομα “Wibree” και αργότερα ενσωματώθηκε στο πρότυπο του Bluetooth 4.0. Αυτό που κάνει το BLE να ξεχωρίζει είναι το γεγονός ότι μπορεί να επικοινωνεί με μία πλειάδα από κινητές συσκευές και smartphones τα οποία τρέχουν λειτουργικά Android, OS X, Windows Phone, iOS και BlackBerry. Όπως υποστηρίζεται από το λειτουργικό Linux καθώς και από τα Windows 8 και 10. Αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε συσκευή μπορεί πολύ εύκολα να ενσωματωθεί σε μια μεγάλη πλατφόρμα επικοινωνιών.

Το BLE δημιουργήθηκε με σκοπό να έχει οποιοσδήποτε την ικανότητα να στείλει πληροφορίες με όποιο τρόπο θέλει, κάτι τι οποίο δεν ισχύει με το Bluetooth το οποίο δημιουργήθηκε για χρήση σε ειδικές εφαρμογές.

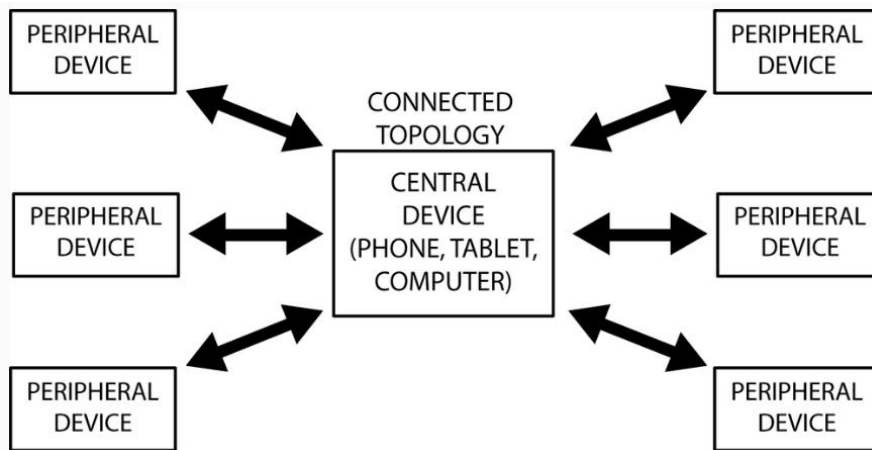
Ρυθμός μεταφοράς πληροφορίας ορίζεται από το πρότυπο Bluetooth σε ένα σταθερό ρυθμό του 1Mbps, το οποίο είναι και το ανώτερο θεωρητικό όριο. Στην πράξη όπως ο αριθμός όπως περιορίζεται σε 5-10kbps το οποίο εξαρτάται από τον αριθμό των συνδεδεμένων συσκευών.

Αναφορικά με την εμβέλεια το BLE περιορίζεται σε αποστάσεις από 2 έως 5 μέτρα, αλλά είναι δυνατή και η επίτευξη αποστάσεων έως 30 μέτρα, σε ευθεία (Line of Sight-LOS) με κατάλληλα ρυθμισμένου πομποδέκτες

3.1 Τοπολογία Δικτύου BLE

Οι συσκευές BLE μπορούν να έχουν δύο διαφορετικούς ρόλους. Μπορεί να είναι είτε **Κεντρικές Συσκευές (Central Devices)** είτε **Περιφερειακές Συσκευές (Peripheral Devices)**.

Κεντρικές συσκευές είναι συνήθως κινητά τηλέφωνα ή ηλεκτρονικοί υπολογιστές (PC, Laptops) με μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ, ενώ οι περιφερειακές συσκευές είναι συνήθως αισθητήρες ή χαμηλής επεξεργαστικής ισχύος συστήματα τα οποία συνδέονται στην κεντρική συσκευή.



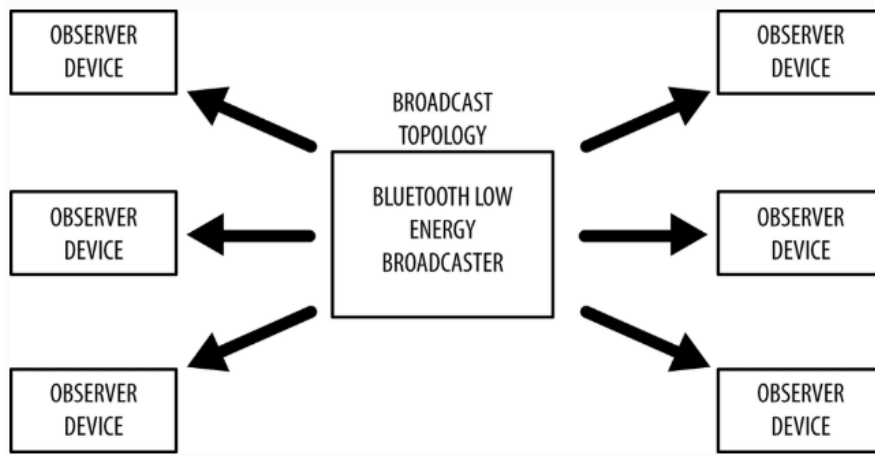
Σχήμα 3.2 Τοπολογία Δικτύου BLE

Οι συσκευές BLE μπορούν να στείλουν δύο είδη δεδομένων:

- **Advertising Packets** τα οποία μεταδίδονται συνεχώς και είναι απαραίτητα για τον εντοπισμό της συσκευής BLE από τις συσκευές, και
- **Scan Respond Packets** τα οποία μεταδίδονται όταν κάποια συσκευή αναγνωρίσει κάποιον άλλο κόμβο BLE για να μπορεί να αιτηθεί επιπλέον πληροφορίες από το διαφημιζόμενο κόμβο.

Μία συσκευή BLE μπορεί να επικοινωνήσει με τις υπόλοιπες συσκευές BLE με δύο τρόπους: **Broadcasting** και **Connections**.

Το Broadcasting είναι η διαδικασία κατά την οποία ο κόμβος BLE μεταδίδει πληροφορίες στις συσκευές οι οποίες μπορούν να ακούσουν. Υπό αυτή την έννοια κάθε κόμβος μπορεί να έχει δύο ρόλους, είτε μεταδότης (**Broadcaster**) είτε ως παρατηρητής (**Observer**). Ο μεταδότης στέλνει περιοδικά advertising πακέτα σε όποια συσκευή είναι σε θέση να ακούσει ενώ ο παρατηρητής παρακολουθεί τις ραδιοσυχνότητες για την ύπαρξη τέτοιων πακέτων. Όταν ο παρατηρητής λάβει κάποιο Advertising Packet τότε μπορεί να αιτηθεί το Scan Response Data. Εδώ θα πρέπει να τονισθεί ότι η μέθοδος Broadcasting είναι η μόνη μέθοδος με τη οποία κάποια συσκευή μπορεί να μεταδώσει πληροφορίες σε περισσότερες συσκευές ταυτόχρονα.



Σχήμα 3.3 Τοπολογία Δικτύου BLE(Broadcasting)

Η Σύνδεση (Connection) είναι η μόνιμη, περιοδική ανταλλαγή πακέτων μεταξύ δύο συσκευών. Η κεντρική συσκευή σαρώνει τις ραδιοσυχνότητες για advertising packets και όταν τις βρει τότε ξεκινάει την σύνδεση. Όταν γίνει η σύνδεση η κεντρική συσκευή ελέγχει το χρονισμό και τις περιοδικές ανταλλαγές πακέτων δεδομένων.

Η περιφερειακή συσκευή στέλνει περιοδικά advertising packets και δέχεται εισερχόμενες συνδέσεις. Όταν γίνει η σύνδεση η περιφερειακή συσκευή ακολουθεί το χρονισμό της κεντρικής συσκευής και ανταλλάσσει δεδομένα σύνδεσης μαζί του σε τακτικούς χρόνους. Αυτό είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του BLE για την εξοικονόμηση ενέργειας, οι δύο συσκευές συνδέονται και ανταλλάσσουν πληροφορίες και πέφτουν σε sleep mode (λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας) μέχρι τη επόμενη χρονική στιγμή για να επαναληφθεί η διαδικασία.

3.2 Επίπεδα Δικτύου BLE

Το BLE όπως και οι ασύρματες τεχνολογίες είναι οργανωμένες σε επίπεδα. Κάθε επίπεδο έχει ένα συγκεκριμένο σκοπό και παίζει κάποιο σημαντικό ρόλο έτσι ώστε η συσκευή BLE να λειτουργεί σωστά. Τα επίπεδα αυτά χωρίζονται σε 3 ομάδες: Application, Host και Controller.

- Application: είναι το υψηλότερο επίπεδο και περιέχει τη λογική το User Interface και τη διαχείριση των δεδομένων.
- Host: αποτελείται από τα παρακάτω επίπεδα
 - ◆ Generic Access Profile (GAP)
 - ◆ Generic Attribute Profile (GATT)
 - ◆ Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP)
 - ◆ Attribute Protocol (ATT)
 - ◆ Security Manager (SM)
 - ◆ Host Controller Interface (HCI), Host Side
- Controller: αποτελείται από τα παρακάτω επίπεδα:
 - ◆ Host Controller Interface (HCI), Controller Side
 - ◆ Link Layer (LL)
 - ◆ Physical Layer (PHY)

3.2.1 Physical Layer (PHY)

Το Physical Layer περιέχει τα κυκλώματα της αναλογικής επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση, αποδιαμόρφωση και την μετατροπή των αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά σήματα. Το BLE επικοινωνεί μέσω 40 καναλιών μεταξύ των συχνοτήτων 2.4000-2.4835GHz. 37 από αυτά τα κανάλια χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία δεδομένων και τα τρία τελευταία 37,38,39 χρησιμοποιούνται ως κανάλια advertising. Το BLE χρησιμοποιεί την τεχνική του **Frequency Hopping Spread Spectrum** κατά την οποία η συχνότητα του καναλιού αλλάζει μεταξύ των συνδέσεων. Η τιμή της μεταβολής ορίζεται όταν δημιουργείται η σύνδεση και έτσι είναι διαφορετική σε κάθε σύνδεση. Με αυτή τη τεχνική ελαχιστοποιούνται οι παρεμβολές από τις συνδέσεις.

3.2.2 Link Layer (LL)

Το Link Layer είναι το επίπεδο το οποίο διασυνδέεται απευθείας στο Physical Layer και υλοποιείται με ένα συνδυασμό Software και hardware. Το Link Layer ορίζει τον ρόλο που παίζει η συσκευή βασιζόμενο όπως παρακάτω λογικές ομάδες:

- **Advertiser:** Η συσκευή η οποία μεταδίδει Advertising Packets
- **Scanner:** Η συσκευή η οποία σαρώνει όπως ραδιοσυχνότητες για Advertising Packets
- **Master:** Η συσκευή η οποία ξεκινάει μία σύνδεση και την εποπτεύει
- **Slave:** Η συσκευή η οποία δέχεται τη σύνδεση και ακολουθεί το χρονοσμό του Master.

Το Link Layer αναλαμβάνει και τη διεύθυνση **Bluetooth Device Address**, ο οποίος είναι ένα αριθμός των 48-bit και χρησιμοποιείται για την αναγνώριση της συσκευής από τις υπόλοιπες συσκευές και είναι κάτι παρόμοιο με την MAC Address στο πρωτόκολλο IP. Είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία συνδέσεων, φιλτράρει τα advertising packets ανάλογα με τη διεύθυνση Bluetooth ή ανάλογα με τα ίδια τα δεδομένα.

Το Link Layer διαμορφώνει όπως την κρυπτογράφηση, η οποία είναι επιθυμητή ειδικά όταν υπάρχουν όπως συσκευές στην ίδια περιοχή.

3.2.3 Host Controller Interface (HCI),Controller Side

Το HCI επιτρέπει σε πιο ισχυρές CPU να ελέγχουν τη συσκευή BLE διαμέσου κάποιας σειριακής διασύνδεσης, συνήθως UART ή USB. Ένα τυπικό παράδειγμα περιλαμβάνει τα περισσότερα smartphones, tablets ή PC όπου η εφαρμογή τρέχει στη κύρια CPU και ο controller βρίσκεται σε διαφορετικό hardware το οποίο συνδέεται μέσω UART ή USB.

3.2.4 Logical Link Control and Adaptation Protocol(L2CAP)

Το L2CAP είναι υπεύθυνο για δύο διεργασίες:

- Δέχεται πολλαπλά πρωτόκολλα από το Application Layer και τα ενσωματώνει στο πρότυπο Format των πακέτων του BLE. Διασπάει και επανασύνθετεί τα πακέτα που προέρχονται από τα ανώτερα επίπεδα σε πακέτα των 27 bytes στην πλευρά εκπομπής δεδομένων και στην πλευρά της λήψης λαμβάνει τα διασπασμένα πακέτα και τα συνθέτει σε μεγαλύτερα πακέτα και τα αποστέλλει στα ανώτερα επίπεδα

- Ελέγχει τη δρομολόγηση δύο πρωτοκόλλων, του Attribute Protocol (ATT) και το Security Manager Protocol (SMP). Το ATT είναι η βάση για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ εφαρμογών BLE, ενώ το SMP παρέχει το πλαίσιο δημιουργίας και προώθησης κλειδιών κρυπτογράφησης μεταξύ των συσκευών BLE.

3.2.5 Attribute Protocol (ATT)

Το Attribute Protocol (ATT) είναι ένα απλό server/client πρωτόκολλο το οποίο βασίζεται πάνω σε χαρακτηριστικά που παρουσιάζει κάθε συσκευή. Ο Client ζητάει δεδομένα από ένα server και ο server αποστέλλει τα δεδομένα του Client του. Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι αν μία αίτηση δεδομένων δεν έχει εξυπηρετηθεί δεν μπορούν να γίνουν περαιτέρω νέες αιτήσεις για δεδομένα μέχρι να επιστρέψει η απάντηση από τον Client ότι πήρε τα δεδομένα. Κάθε Server περιέχει δεδομένα τα οποία είναι οργανωμένα με τη μορφή χαρακτηριστικών στα οποία έχει ανατεθεί όπως αριθμός χειρισμού (**Handle**) των 16-bit, ο μοναδικός αριθμός αναγνώρισης **Universally Unique Identifier (UUID)**, ένα σετ από άδειες και μία τιμή. Το Attribute Handle είναι απλά ένα αριθμός ταυτότητας ο οποίος χρησιμοποιείται για την πρόσβαση στις τιμές των χαρακτηριστικών, ενώ το UUID χρησιμοποιείται για ορίσει τον τύπο και τη φύση των δεδομένων στην τιμή των χαρακτηριστικών. Ο Client στέλνει τις αντίστοιχες αιτήσεις ανάγνωσης ή εγγραφής και ο Server απαντάει ανάλογα. Οι αιτήσεις που εκτελούνται από το επίπεδο ATT είναι οι :Error Handling, Server Configuration, Find Information, Read Operations, Write Operations, Queued Writes, Serv.

Η ανάλυση των παραπάνω αιτήσεων δεν αποτελεί μέρος της παρούσας διπλωματικής

3.2.6 Generic Attribute Profile (GATT)

Το GATT έπεται του επιπέδου ATT και εισάγει μία ιεράρχηση στα δεδομένα καθώς ορίζει την οργάνωση και την ανταλλαγή των δεδομένων μεταξύ διάφορων εφαρμογών. Τα δεδομένα στο επίπεδο GATT οργανώνονται σε υπηρεσίες **Services**. Κάθε Service περιέχει ένα ή παραπάνω χαρακτηριστικά (**Characteristics**) και κάθε Characteristic είναι μία ένωση από δεδομένα πληροφοριών καθώς και από metadata(περιγραφικές πληροφορίες). Μαζί με το GAP το GATT αποτελεί τη κύρια διασύνδεση στο Protocol stack του BLE.

Τα Services του GATT οργανώνονται σε αυτά που ονομάζεται **GATT Profiles** και κάθε profile μπορεί να περιέχει πολλαπλά Services. Τα Services διαχωρίζονται μεταξύ τους χρησιμοποιώντας έναν μοναδικό αριθμό UUID.

Τα Characteristics περιέχουν ένα αριθμό UUID και συνήθως αντιπροσωπεύουν κάποιο metadata, για παράδειγμα αν μετράμε θερμοκρασία το Characteristic κομμάτι των δεδομένων θα περιέχει κάποια metadata τα οποία θα ορίζουν τη τιμή της θερμοκρασίας σε βαθμού Celsius ή Fahrenheit.

3.2.7 Generic Access Profile (GAP)

Το επίπεδο GAP είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο του advertising και της δημιουργίας συνδέσεων. Ορίζει το τρόπο με τον οποίο οι συσκευές θα διενεργούν όπως διεργασίες ελέγχου όπως η ανακάλυψη συσκευών, δημιουργία συνδέσεων, ζητήματα ασφάλειας κλπ.

Ο κύριος σκοπός του GAP είναι:

- Ανάθεση ρόλων και διασύνδεσης μεταξύ των συσκευών BLE
- Τρόποι λειτουργίας και μετάβασης μεταξύ των συσκευών BLE
- Διεργασίες λειτουργίας για τη επίτευξη σταθερών επικοινωνιών
- Ζητήματα ασφάλειας

3.3 Επίλογος

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν τα βασικά χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου Bluetooth Low Energy (BLE). Παρουσιάστηκαν οι βασικές τοπολογίες καθώς και τα βασικά εσωτερικά επίπεδα λειτουργίας του πρωτοκόλλου.

Κεφάλαιο 4ο: Θύρα OBD

4.1 Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 και στις αρχές του 1980, οι κατασκευαστές άρχισαν να χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά μέσα για τον έλεγχο των λειτουργιών του κινητήρα και για την διάγνωση προβλημάτων του(ρυθμίσεις και βλάβες). Αυτό το γεγονός ξεκίνησε λόγω του προβλήματος της αιθαλομίχλης στην περιοχή του Λος Άντζελες. Για την καταπολέμηση του, η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (EPA) θέσπισε κάποια πρότυπα όσον αφορά τις εκπομπές ρύπων και την ορθή συντήρηση ενός οχήματος. Για να γίνει η ανταπόκριση στα παραπάνω πρότυπα, οι κατασκευαστές δημιούργησαν καινούργια συστήματα. Τα συστήματα αυτά, περιλάμβαναν αισθητήρες οι οποίοι, με την κατάλληλη ρύθμιση, περιόριζαν την ρύπανση στο ελάχιστο δυνατό. Η παραπάνω διαδικασία αποτελεί το έναυσμα για την δημιουργία των πρώτων διαγνωστικών OBD, ώστε ο κάθε τεχνικός συντήρησης να έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιεί διάφορες πληροφορίες που του είναι απαραίτητες στην επισκευή ενός οχήματος. Το γεγονός ότι υπήρξε προσπάθεια από πάρα πολλούς να καθορίσουν τα δικά τους πρότυπα, έφερε ως αποτέλεσμα στις αρχές του 1988, ο οργανισμός τυποποίησης (SAE) να θεσπίσει κάποια πρότυπα όπως το “βύσμα συνδέσεων στοιχείων” (DLC), ένα τερματικό με 16 ακροδέκτες που συνδέεται με την κεντρική ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του αυτοκινήτου.

4.2 Έννοια του OBD

Το OBD, εισήχθη αρχικά από την General Motors το 1981. Ο σκοπός του OBD αφορούσε τον έλεγχο της εκπομπής καυσαερίων ενός οχήματος. Με την ανίχνευση κάποιο σφάλματος από την κεντρική μονάδα ελέγχου του οχήματος, η διαδικασία που επακολουθούσε ήταν η εξής:

Ενημέρωση του οδηγού μέσω μίας προειδοποιητικής λυχνίας

Δημιουργία κώδικα στην κεντρική μονάδα ελέγχου

Καταγραφή του κώδικα στην μνήμη του υπολογιστή, ώστε να είναι δυνατή η ανάκτησή του αργότερα από τον εκάστοτε τεχνικό

Από την σεζόν του 1988, όλα τα αυτοκίνητα που πωλούνταν στην Καλιφόρνια εξοπλίζονταν υποχρεωτικά με OBD. Ωστόσο, η πρώτη έκδοση του OBD είχε δύο σοβαρά προβλήματα:

- Δεν υπήρχε έλεγχος των ατμών δεξαμενών καυσίμων
- Δεν υπήρχε καμία τυποποίηση σε όλη την βιομηχανία, με τον κάθε κατασκευαστή να έχει έναν διαφορετικό όρο για το λαμπάκι προειδοποίησης.

4.3 Το ξεκίνημα του EOBD/OBD-II

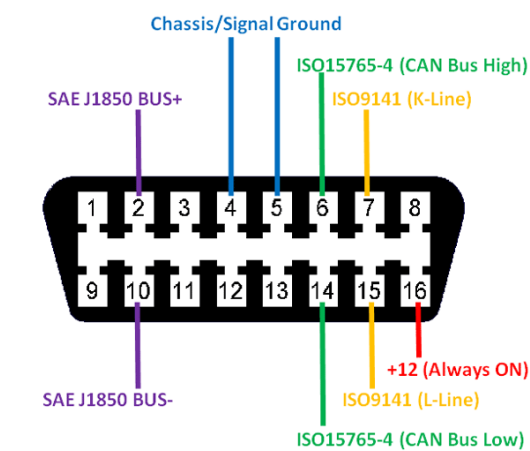
Όλα τα αυτοκίνητα που έχουν κατασκευαστεί από την 1η Ιανουαρίου του 1996 είναι εξοπλισμένα με το διαγνωστικό σύστημα OBD-II. Οι κατασκευαστές ξεκίνησαν να ενσωματώνουν το OBD-II σε διάφορα μοντέλα από το 1994 ακόμη, το οποίο εισήγαγε η εταιρεία GM. Το παραπάνω διαγνωστικό μπορεί να πραγματοποιήσει παραπάνω από 100 διαφορετικές δοκιμές κάθε φορά που χρησιμοποιείται το όχημα. Έτσι, γίνεται καταγραφή από τους αισθητήρες που διαθέτει. Οι καταγραφές αυτές, αφορούν:

- Φορτίο κινητήρα
- Ταχύτητα περιστροφής κινητήρα
- Ταχύτητα οχήματος
- Θερμοκρασία ψυκτικού μέσου του κινητήρα

Εάν ο υπολογιστής διαπιστώσει ότι υπάρχει κάποιος είδος προβλήματος, αποθηκεύεται στην μνήμη του υπολογιστή ένας διαγνωστικός κώδικας (DTC). Κάθε όχημα είναι εξοπλισμένο με «βύσμα συνδέσεων στοιχείων» (DLC), ένα τερματικό, δηλαδή, με 16 ακροδέκτες που συνδέονται με τον υπολογιστή του αυτοκινήτου.

4.4 Πρωτόκολλα επικοινωνιών EOBD/OBD-II

Υπάρχουν 5 βασικά πρωτόκολλα του διαγνωστικού OBD-II, το καθένα με μικρές διαφοροποιήσεις στην μορφή της επικοινωνίας ανάμεσα στον υπολογιστή διάγνωσης και του αυτοκινήτου. Το βύσμα του OBD-II αποτελείται από 16 pins , όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 4.1 Το βύσμα OBD-II και οι λειτουργίες του κάθε pin

1	Manufacturer discretion. GM: J2411 GMLAN/SWC/Single-Wire CAN. VW/Audi: Switched +12 to tell a scan tool whether the ignition is on.	9	Manufacturer discretion. GM: 8192 baud ALDL where fitted.
2	Bus positive Line of SAE J1850 PWM and VPW	10	Bus negative Line of SAE J1850 PWM only (not SAE J1850 VPW)
3	Ford DCL(+) Argentina, Brazil (pre OBD-II) 1997-2000, USA, Europe, etc. Chrysler CCD Bus(+)	11	Ford DCL(-) Argentina, Brazil (pre OBD-II) 1997-2000, USA, Europe, etc. Chrysler CCD Bus(-)
4	Chassis ground	12	Not connected
5	Signal ground	13	Manufacturer discretion Ford: FEPS - Programming PCM voltage
6	CAN high (ISO 15765-4 and SAE J2284)	14	CAN low (ISO 15765-4 and SAE J2284)
7	K line of ISO 9141-2 and ISO 14230-4	15	L line of ISO 9141-2 and ISO 14230-4
8	Manufacturer discretion. Many BMWs: A second K-Line for non OBD-II (Body/Chassis/Infotainment) systems.	16	Battery voltage

Πίνακας 4.1 Οι λειτουργίες των pin του βύσματος OBD-II

Ενώ έχουν υπάρξει μερικές αλλαγές των κατασκευαστών στα πρωτόκολλα επικοινωνίας τα τελευταία χρόνια, σαν γενικός κανόνας, τα προϊόντα της Chrysler και όλες οι Ευρωπαϊκές και οι περισσότερες Ασιατικές εισαγωγές χρησιμοποιούν διάταξη κυκλωμάτων ISO 9141 ή KWP2000. Τα αυτοκίνητα και τα ελαφρά φορτηγά της εταιρείας GM χρησιμοποιούν μορφές επικοινωνίας SAE J1850 VPW (Variable Pulse Width Modulation-Μεταβαλλόμενη Διαμόρφωση Πλάτους Παλμού), και τα αυτοκίνητα της Ford χρησιμοποιούν SAE J1850 PWM (Pulse Width Modulation - Διαμόρφωση Πλάτους Παλμού). Το CAN είναι το πιο πρόσφατο πρωτόκολλο που προστέθηκε στην προδιαγραφή EOBD/OBD-II και είναι υποχρεωτικό για τις χρονολογίες των νεότερων μοντέλων.

Από την εξέταση του βύσματος του OBD-II, υπάρχει η δυνατότητα της εύρεσης για το ποιο πρωτόκολλο χρησιμοποιείται. Εάν το βύσμα:

- Έχει μεταλλική επαφή στον ακροδέκτη 7 και κανέναν στον 2 ή 10, το αυτοκίνητο έχει το πρωτόκολλο ISO 9141 ή το KWP2000.
- Εάν δεν υπάρχει μεταλλική επαφή στον ακροδέκτη 7, το αυτοκίνητο χρησιμοποιεί πρωτόκολλο SAE. Εάν υπάρχει μεταλλική επαφή στον ακροδέκτη 7 και 2 ή και 10, το αυτοκίνητο μπορεί να χρησιμοποιεί πρωτόκολλο ISO
- Εάν υπάρχει μεταλλική επαφή στον ακροδέκτη 6 και 14, το αυτοκίνητο χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο CAN

Ενώ υπάρχουν πρωτόκολλα ηλεκτρονικής σύνδεσης EOBD/OBD-II, το σύνολο των εντολών καθορίζεται σύμφωνα με το πρότυπο SAE J1979. Εάν το αυτοκίνητό δεν περιλαμβάνεται σε καμία από τις παραπάνω κατηγορίες, υπάρχει μία ετικέτα, η οποία βρίσκεται κάτω από το καπό του αυτοκινήτου, που αναφέρει ότι το αυτοκίνητο έχει σχεδιαστεί και πληρεί τις προϋποθέσεις του πρωτοκόλλου OBD-II.



Σχήμα 4.2 Ετικέτα αυτοκινήτου για πιστοποίηση χρησιμοποίησης OBD-II

Σε αυτή την περίπτωση το OBD-II χρησιμοποιείται σαν ένας γενικός όρος και μπορεί να σημαίνει οτιδήποτε από τα ακόλουθα:

- OBD II (California ARB)
- EOBD (European OBD)
- JOBD (Japanese OBD)

4.5 Επίλογος

Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύχθηκε η έννοια της θύρας επικοινωνίας OBD μεταξύ της ECU και του διαγνωστικού συστήματος.

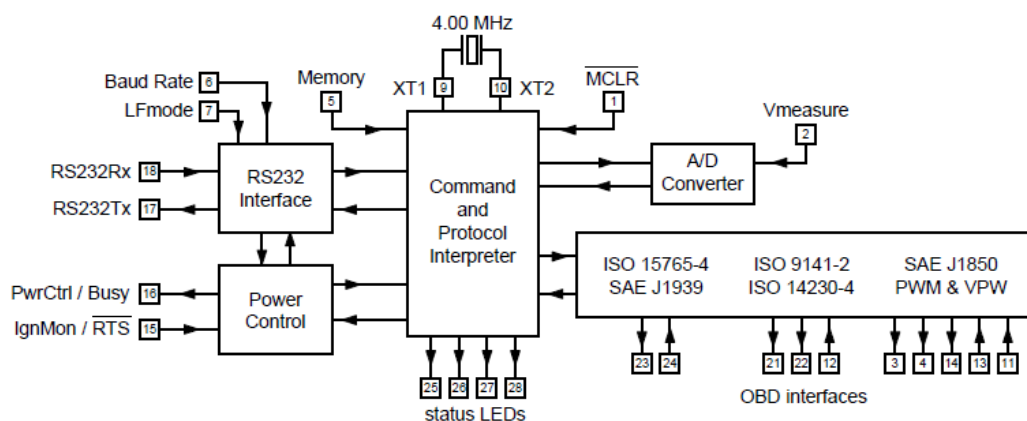
Κεφάλαιο 5ο: Συσσκευή διασύνδεσης OBD μέσω BLE

5.1 Εισαγωγή

Για την διασύνδεση της μονάδας ECU του οχήματος και του υπολογιστή ή/και του κινητού τηλεφώνου θα χρειασθεί να κατασκευαστεί ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα το οποίο να είναι σε θέση να μετατρέπει τα σήματα από τα διάφορα πρωτόκολλα σε κατάλληλα σήματα τα οποία να είναι σε θέση να μεταδοθούν στον υπολογιστή. Το συγκεκριμένο ηλεκτρονικό κύκλωμα θα είναι να μεταδώσει τις πληροφορίες αυτές είτε ενσύρματα μέσω της διασύνδεσης RS232 είτε να τα εκπέμψει μέσω Bluetooth.

5.2 Διασύνδεση με την ECU

Η διασύνδεση της πλακέτας με τη μονάδα ECU του οχήματος γίνεται με τη χρήση ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος ASIC (Application Specific Integrated Circuit), το ELM327. Το ELM327 έχει σχεδιαστεί για να προφέρει μία γέφυρα επικοινωνίας μεταξύ των θυρών επικοινωνίας OBD και μίας κλασικής θύρας RS232. Είναι σε θέση να ανιχνεύει αυτόματα μέχρι 9 διαφορετικά OBD πρωτόκολλα και μπορεί να ρυθμισθεί ανάλογα με την εφαρμογή μέσω AT Commands.

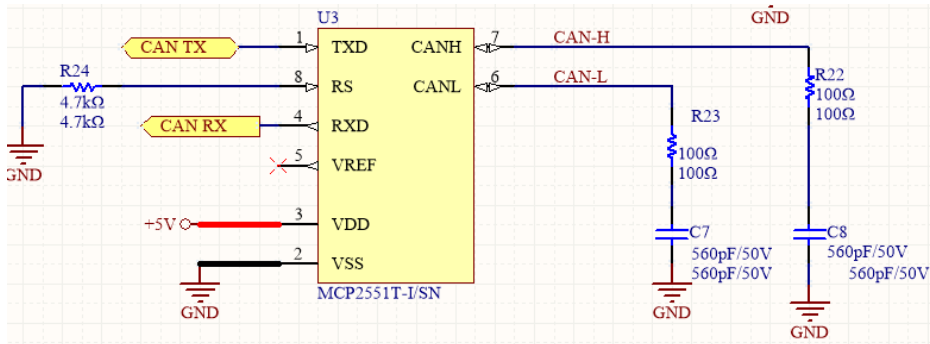


Σχήμα 5.1 Μπλοκ διάγραμμα του ASIC ELM327

Το Πρότυπο SAE J1962 ορίζει ότι όλα τα οχήματα τα οποία είναι συμβατά με τη θύρα OBD , θα πρέπει να χρησιμοποιούν ένα πρότυπο συνδετήρα (connector) ο οποίος εικονίζεται στο Σχήμα 4.1

5.3 Διασύνδεση CAN Bus με την ECU

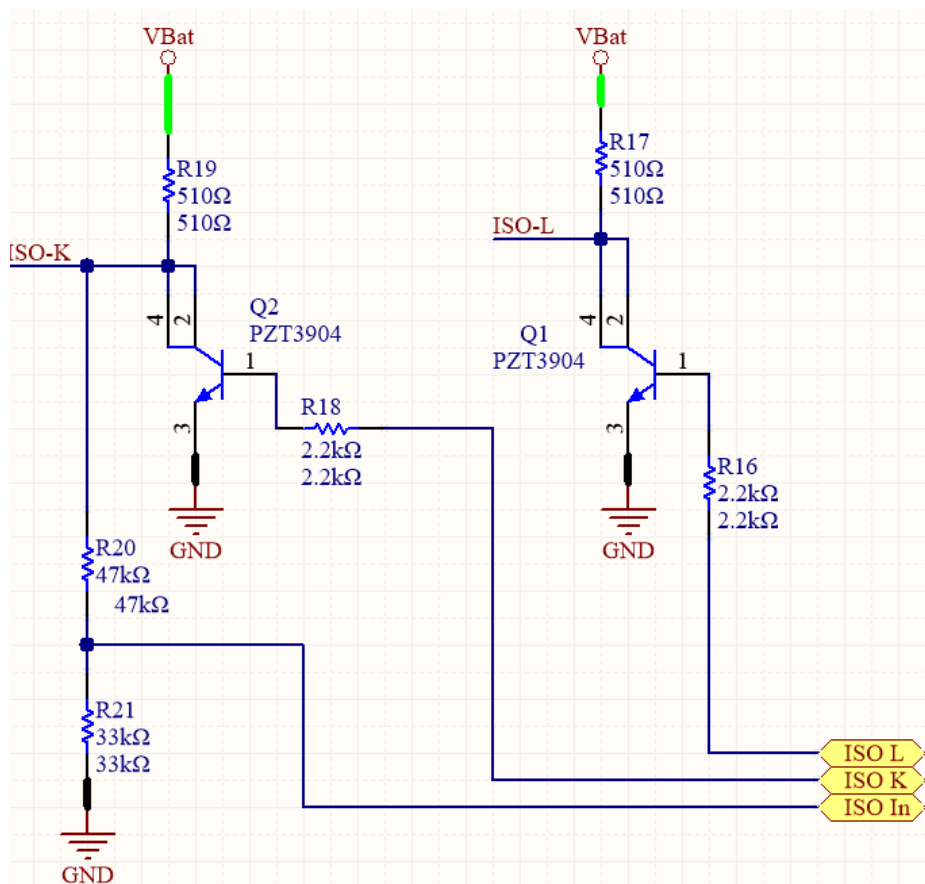
Η μονάδα η οποία είναι υπεύθυνη για τη διασύνδεση του διαύλου CAN με την μονάδα είναι το ολοκληρωμένο κύκλωμα MCP2551T/I-SN της εταιρείας Microchip™. Το MCP2551 είναι μία υψηλής ταχύτητας CAN, και υψηλής ανοχής σε σφάλματα συσκευή η οποία χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση μεταξύ του CAN -Controller και του φυσικού διαύλου. Παρέχει διαφορικές συνδέσεις για τις λειτουργίες Receive και Transmit και είναι πλήρως συμβατό με το πρότυπο ISO-11898. Παρέχει απομόνωση (buffer) μεταξύ του CAN-Controller και των διαφόρων υπερτάσεων τα οποία εμφανίζονται στο δίαυλο CAN και τα οποία δημιουργούνται από πηγές EMI, ESD, μεταβατικά φαινόμενα.



Σχήμα 5.2 Μονάδα MCP2551

Οι εισοδοί CAN-H και CAN-L είναι οι εισοδοί του διαύλου CAN. Το δικτύωμα όπως αντίσταση (R22, R23) και του πυκνωτή (C7, C8) υπάρχει σε κάθε είσοδο για να προσαρμόσει τη σύνθετη αντίσταση του διαύλου CAN, όπως αυτή ορίζεται από το πρότυπο ISO-7637. Η αντίσταση R24 των 4,7kΩ συνδέεται για να ορίσει τη κλίση της φόρτισης των εσωτερικών πυκνωτών έτσι ώστε η μονάδα να μπορεί να λειτουργήσει σε υψηλές ταχύτητες μεταφοράς 1Mbps.

5.4 Διασύνδεση ISO -14230

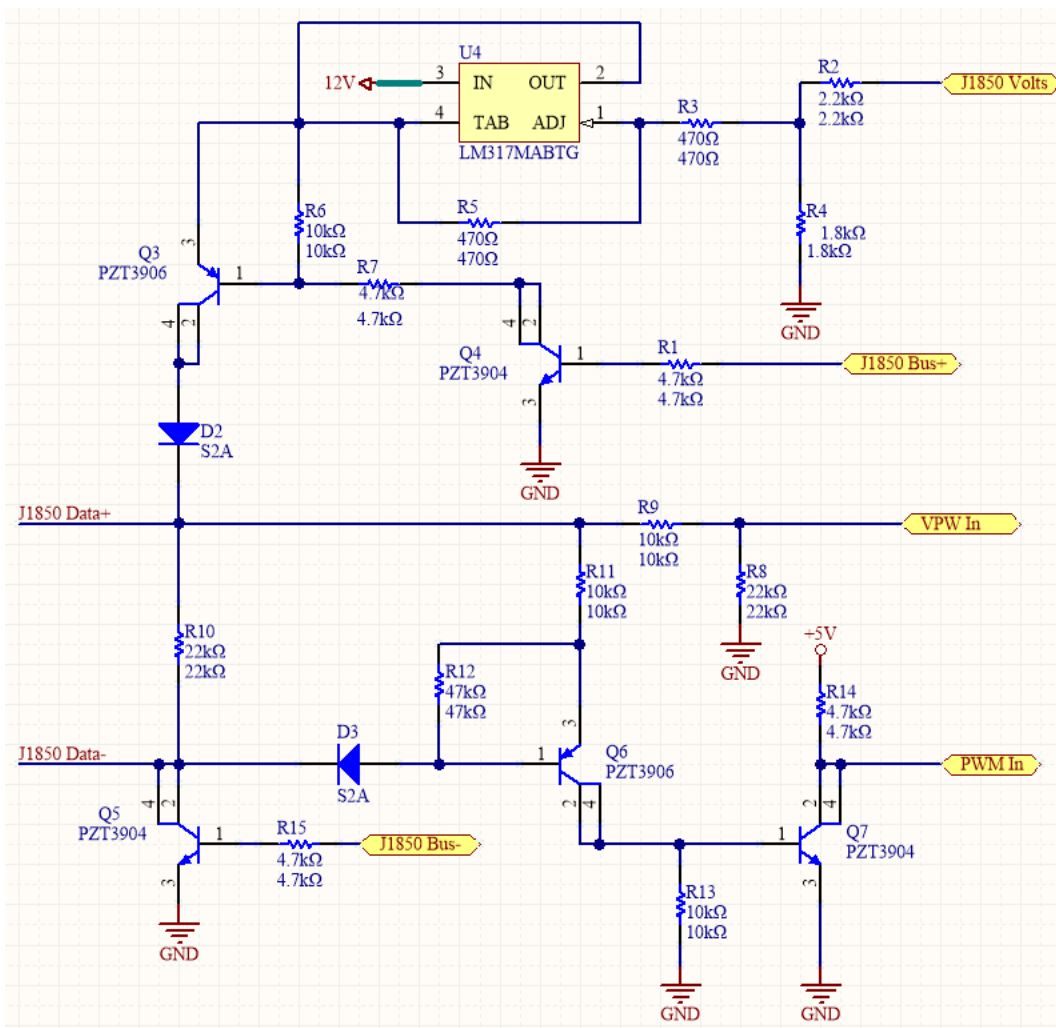


Σχήμα 5.3 Κύκλωμα διασύνδεσης ISO-14230

Για τη διασύνδεση μέσω των πρωτοκόλλων ISO-14230 και ISO-9141 χρησιμοποιούμε το παραπάνω κύκλωμα το οποίο αποτελείται από τα δύο NPN τρανζίστορ Q₂, Q₃ (PZT3904). Η φυσική διασύνδεση (Physical Layer) των πρωτοκόλλων γίνεται μέσω των δύο γραμμών K-Line και L-Line. Για τη μεταφορά των δεδομένων χρειάζεται μόνο η γραμμή K-Line ενώ η γραμμή L-Line χρησιμοποιείται μόνο για την αρχικοποίηση του πρωτοκόλλου. Παρόλα αυτά επειδή πολλά οχήματα χρησιμοποιούν αυτή τη γραμμή τοποθετήθηκαν τα στοιχεία και για την L-Line. Η πόλωση των δύο τρανζίστορ γίνεται μέσω αντιστάσεων 510Ω όπως ορίζει το πρότυπο.

Τα δεδομένα του ISO μεταφέρονται αμφίδρομα μέσω της γραμμής K-Line. Η είσοδος των δεδομένων αυτών γίνεται μέσω του διαιρέτη τάσης R₂₁-R₂₂. Επειδή η είσοδος του ολοκληρωμένου είναι τεχνολογίας Schmitt Trigger στην ακίδα 12 του ELM327, το δικτύωμα του διαιρέτη μπορεί να δώσει όρια τάσης 7V για το ανερχόμενο μέτωπο και 3,6V για το κατερχόμενο μέτωπο. Τα όρια αυτά παρέχουν μεγάλη ανοσία σε θόρυβο που προέρχεται από τα μεταβατικά φαινόμενα της γραμμής και προστατεύει το ολοκληρωμένο κύκλωμα από υπερτάσεις.

5.5 Διασύνδεση ISO -J1850

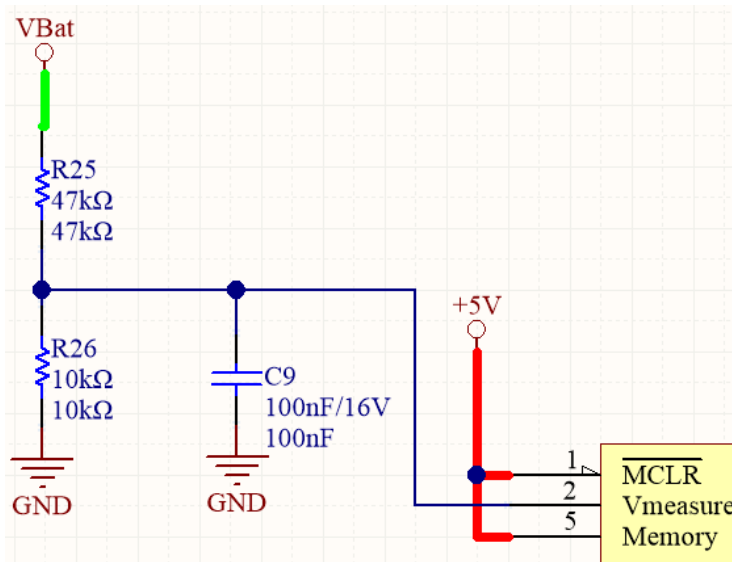


Σχήμα 5.4 Κύκλωμα διασύνδεσης ISO-J1850

Το παραπάνω κύκλωμα χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση των δύο προτύπων J1850, το J1850-VPW και το J1850-PWM. Το J1850 VPW απαιτεί τάση τροφοδοσίας ως 8V, ενώ το J1850-PWM απαιτεί τάση τροφοδοσίας τα 5V.

Ο έλεγχος της παρεχόμενης τάσης για τα δύο αυτά πρωτόκολλα γίνεται μέσω της ακίδας 3 του ELM327 η οποία δίνει μία τάση πόλωσης στο ρυθμιζόμενο σταθεροποιητή τάσης LM317 και με την οποία ελέγχουμε τη τιμή του ρεύματος ρύθμισης σε 8V και 5.5V τα οποία είναι αρκετά και για τα δύο πρωτόκολλα. Η οδήγηση των δεδομένων γίνεται μέσω των τρανζίστορ Q₃ και Q₄ για τη γραμμή J1850 και με το τρανζίστορ Q₅ για τη γραμμή J1850. Η είσοδος για το πρότυπο J1850 VPW χρησιμοποιεί ένα διαιρέτη τάσης R₈-R₉ παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιήθηκε για το πρότυπο ISO-14230. Λόγω της εισόδου Schmitt Trigger τα όρια των τάσεων είναι 4,2V για το ανερχόμενο μέτωπο και 2,2V για το κατερχόμενο μέτωπο. Η είσοδος για το J1850-PWM είναι διαφορετική γιατί πρέπει να μετατραπεί η διαφορική είσοδος του διαύλου σε μονοπολική. Για αυτό το σκοπό έχει χρησιμοποιηθεί το τρανζίστορ Q₆ σαν ενισχυτής διαφοράς και σε συνδυασμό με την διόδο D₃ θέτουμε ένα όριο τάσης αναγνώρισης το 1V για βελτίωση της στάθμης θορύβου. Η αντίσταση R₁₁ παίζει το ρόλο του περιοριστή ρεύματος για το τρανζίστορ, ενώ η αντίσταση R₁₂ είναι μία pull-up αντίσταση με τη οποία σιγουρεύουμε όπως ON και OFF καταστάσεις του τρανζίστορ. Η αντίσταση R₁₀ χρησιμοποιείται για την γρήγορη εκφόρτιση του διαύλου όταν συνδεθεί στη γραμμή κάποιο όχημα με μεγαλύτερη χωρητικότητα στις γραμμές του διαύλου.

5.6 Τάση Μπαταρίας



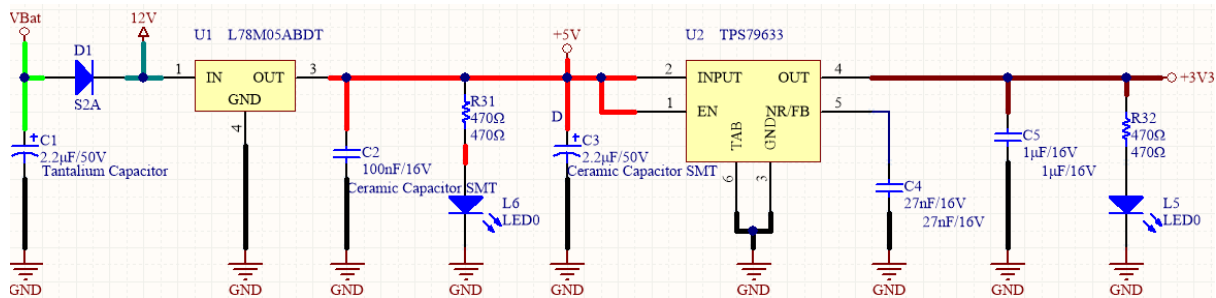
Σχήμα 5.5 Κύκλωμα μέτρηση τάσης μπαταρίας

Για τη μέτρηση της τάσης της μπαταρίας του οχήματος χρησιμοποιούμε το διαιρέτη τάσης R₂₅-R₂₆ για να φέρουμε τα επίπεδα της τάσης της μπαταρίας σε επίπεδα τα οποία θα μπορούν να γίνουν ανεκτά από το ολοκληρωμένο κύκλωμα. Η τάση υποβιβάζεται από τα +14V σε περίπου 2.5V, η οποία είναι μία τάση

που μπορεί να αναγνωρισθεί και να μετρηθεί σωστά από το ολοκληρωμένο. Ο πυκνωτής C₉ τοποθετήθηκε για να φιλτράρει το θόρυβο της γραμμής.

Η ρύθμιση της τάσης γίνεται με τη χρήση software μέσω AT Commands , και συγκεκριμένα μέσω της εντολής AT CV ρυθμίζεται η μέγιστη τάση που μπορεί να δείξει το ολοκληρωμένο. Η μέγιστη τάση που μπορεί να δείξει το ELM327 είναι 99,9V.

5.7 Τροφοδοτικό



Σχήμα 5.6 Κύκλωμα τροφοδοτικού

Το τροφοδοτικό αποτελείται από ένα L78M05 το οποίο είναι ένα ολοκληρωμένο, τριών ακίδων, θετικής τάσης σταθεροποίησης. Οι σταθεροποιητές αυτοί μπορούν να παρέχουν τοπικές ρυθμιζόμενες τάσεις απαλείφοντας προβλήματα τα οποία σχετίζονται με θέματα διανομής ισχύος.

Ο σταθεροποιητής του ενσωματώνει εσωτερικό περιοριστή ρεύματος και θερμική προστασία απενεργοποίησης καθιστώντας το πρακτικά άφθαρτο. Με τη κατάλληλη ψήκτρα μπορούν να αποδώσουν ρεύμα έως 1A. Το συγκεκριμένο ολοκληρωμένο μπορεί να αποδώσει τάση τροφοδοσίας 5V με ρεύμα 1A. Η κυμάτωση τάσης εξόδου είναι της τάξης του 1%.

Το συγκεκριμένο ολοκληρωμένο χρησιμοποιείται στο σύστημα για τη παροχή τροφοδοσίας στο ASIC ELM327. Οι πυκνωτές απόζευξης χρησιμοποιούνται για να φιλτράρουν τα μεταβατικά φαινόμενα όπως αφές και σβέσεις της πλακέτας όταν αυτή συνδέεται και αποσυνδέεται στη θύρα OBD του οχήματος.

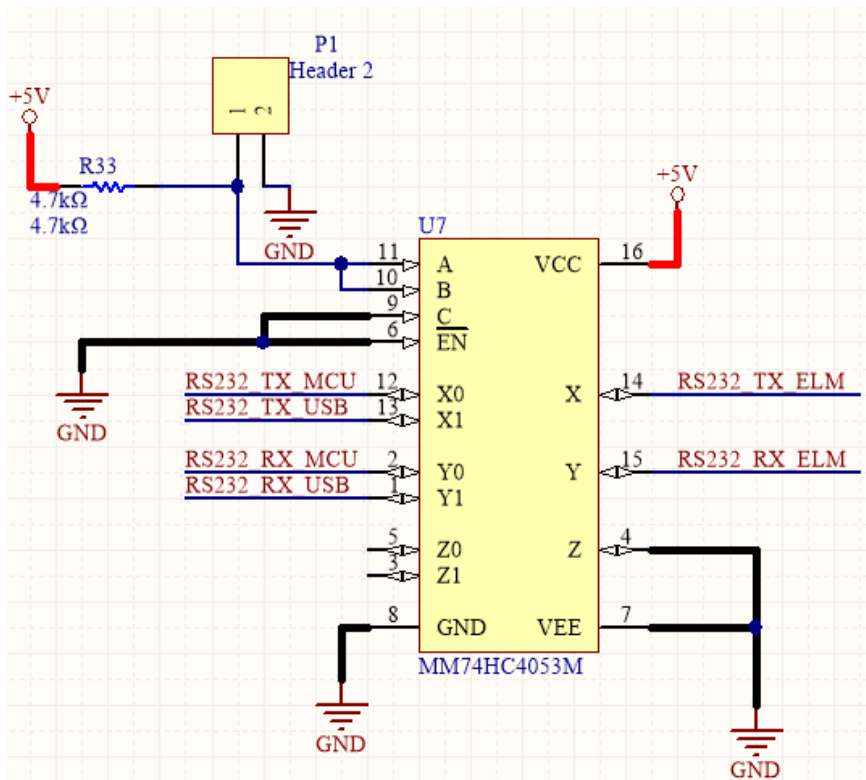
5.8 Σειριακή αποστολή δεδομένων

Για την αποστολή των δεδομένων από την μονάδα ECU χρησιμοποιούνται οι γραμμές Tx και Rx του ELM327 (pin17, pin18 αντίστοιχα). Τα δεδομένα αυτών των ακίδων ακολουθούν το πρότυπο UART (Universal Asynchronous Receive-Transmit) RS232. Δηλαδή έχουν στάθμες 5V CMOS ('0'=0V, '1'=5V). Αυτό δε δημιουργεί κανένα πρόβλημα αν οι γραμμές αυτές συνδέονται σε κάποια βαθμίδα η οποία λειτουργεί στα 5V. Σε περίπτωση όμως που τα σήματα αυτά οδηγούνται σε κάποιο σύστημα το οποίο λειτουργεί σε χαμηλότερες τάσεις ,για παράδειγμα 3,3V τότε δημιουργούνται ζητήματα αναγνώρισης της στάθμης της τάσης, ειδικά της στάθμης του '1'. Στη συγκεκριμένη πλακέτα έχει

προβλεφθεί η χρήση του συστήματος μικροελεγκτή ο οποίος λειτουργεί στα 3,3V οπότε είναι απαραίτητη η μετατροπή της στάθμης της τάσης για την επικοινωνία των δύο μονάδων.

Επιπλέον για λόγους debugging αλλά και για λόγους εφαρμογής έχει προβλεφθεί και σύνδεση της πλακέτας μέσω θύρας USB για χρήση σε laptop ή PC. Η σύνδεση αυτή λειτουργεί σε τάσεις των 5V και δε χρειάζεται μετατροπή της στάθμης της τάσης.

Για το διαχωρισμό της τελικής εφαρμογής έχει προβλεφθεί η δρομολόγηση των δεδομένων ανάλογη της τελικής εφαρμογής. Αυτή η δρομολόγηση γίνεται μέσω του αναλογικού πολυπλέκτη MM74HC4053.



Σχήμα 5.7 Κύκλωμα δρομολόγησης πληροφορίας

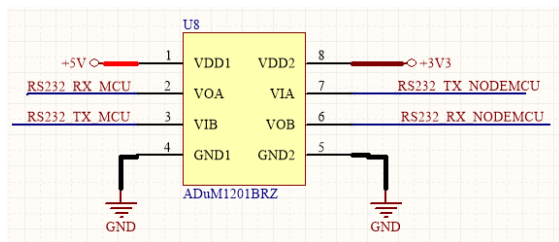
Αυτό το ολοκληρωμένο κύκλωμα είναι ο τριπλός αναλογικός πολυπλέκτης/αποπολυπλέκτης 2προς1/1προς2. Ο πίνακας λειτουργίας του δίνεται παρακάτω:

Control Inputs				ON Channels		
Enable	Select					
	C	B	A			
L	L	L	L	Z0	Y0	X0
L	L	L	H	Z0	Y0	X1
L	L	H	L	Z0	Y1	X0
L	L	H	H	Z0	Y1	X1
L	H	L	L	Z1	Y0	X0
L	H	L	H	Z1	Y0	X1
L	H	H	L	Z1	Y1	X0
L	H	H	H	Z1	Y1	X1
H	X	X	X	NONE		

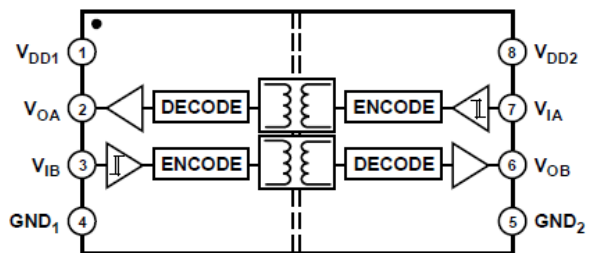
Πίνακας 5.1 Πίνακας λειτουργίας αναλογικού πολυπλέκτη/απόπολυπλέκτη

Η επιλογή των καναλιών γίνεται μέσω του συνδετήρα P1. Σε κανονική λειτουργία λειτουργούν οι έξοδοι X0,Y0 ενώ αν βραχυκυκλωθεί ο συνδετήρας λειτουργούν οι έξοδοι X1,Y1. Αυτό σημαίνει ότι σε κανονική λειτουργία τα δεδομένα δρομολογούνται στην μονάδα του μικροελεγκτή ενώ αν βραχυκυκλωθεί ο P1 τότε τα δεδομένα δρομολογούνται προς τη μονάδα USB.

Δρομολογώντας τα δεδομένα προς τη μονάδα USB δε τίθεται θέμα προσαρμογή των τάσεων γιατί η βαθμίδα USB έχει επιλεγεί για να λειτουργεί με τροφοδοσία 5V. Στην περίπτωση όμως που τα δεδομένα οδηγούνται με τη βαθμίδα του μικροελεγκτή η οποία λειτουργεί με τροφοδοσία 3,3V τότε θα πρέπει να γίνει μετατροπή των τάσεων. Για το λόγο αυτό έχει επιλεγεί το ολοκληρωμένο κύκλωμα ADuM1201 το οποίο είναι ένα σύστημα το οποίο παρέχει ψηφιακή απομόνωση καθώς και μετατροπή των τάσεων από την είσοδο στην έξοδο.



(α)



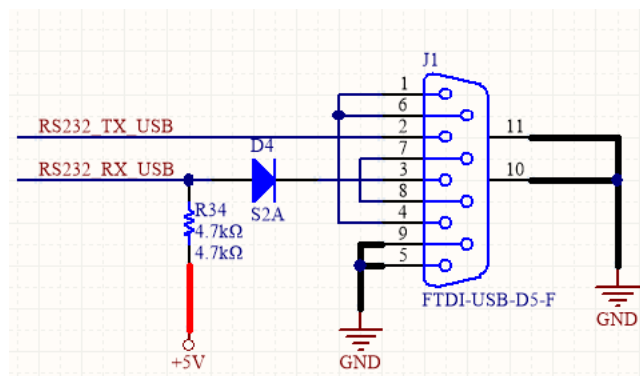
(β)

Σχήμα 5.8 Ψηφιακός απομονωτής (α),Κύκλωμα απομόνωσης (β)

Τα δεδομένα που προέρχονται από τη μονάδα ELM327 μετατρέπονται από 5V σε 3.3V για να οδηγηθούν στον μικροελεγκτή και τα δεδομένα που προέρχονται από το μικροελεγκτή μετατρέπονται από 3,3V σε 5V για να οδηγηθούν στο ELM327.

Για την μετατροπή των σημάτων από το πρότυπο RS232 στο πρότυπο USB έχει χρησιμοποιηθεί το ολοκληρωμένο σύστημα FTDI-USB-D5-F, το οποίο κάνει την μετατροπή αυτή και περιέχεται σε μία συσκευασία DB9 (σειριακός κοννέκτορας- 9pin). Ο οδηγός(driver) για τη συσκευή αυτή είναι

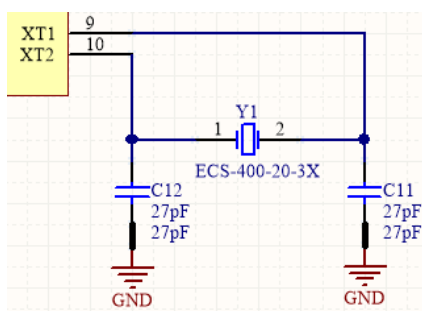
διαθέσιμος σε όπως όπως εκδόσεις των λειτουργικών Windows και Linux και διευκολύνει πολύ τη σύνδεση σε υπολογιστή.



Σχήμα 5.9 Κύκλωμα μετατροπής RS232 σε USB

5.9 Ταλαντωτής

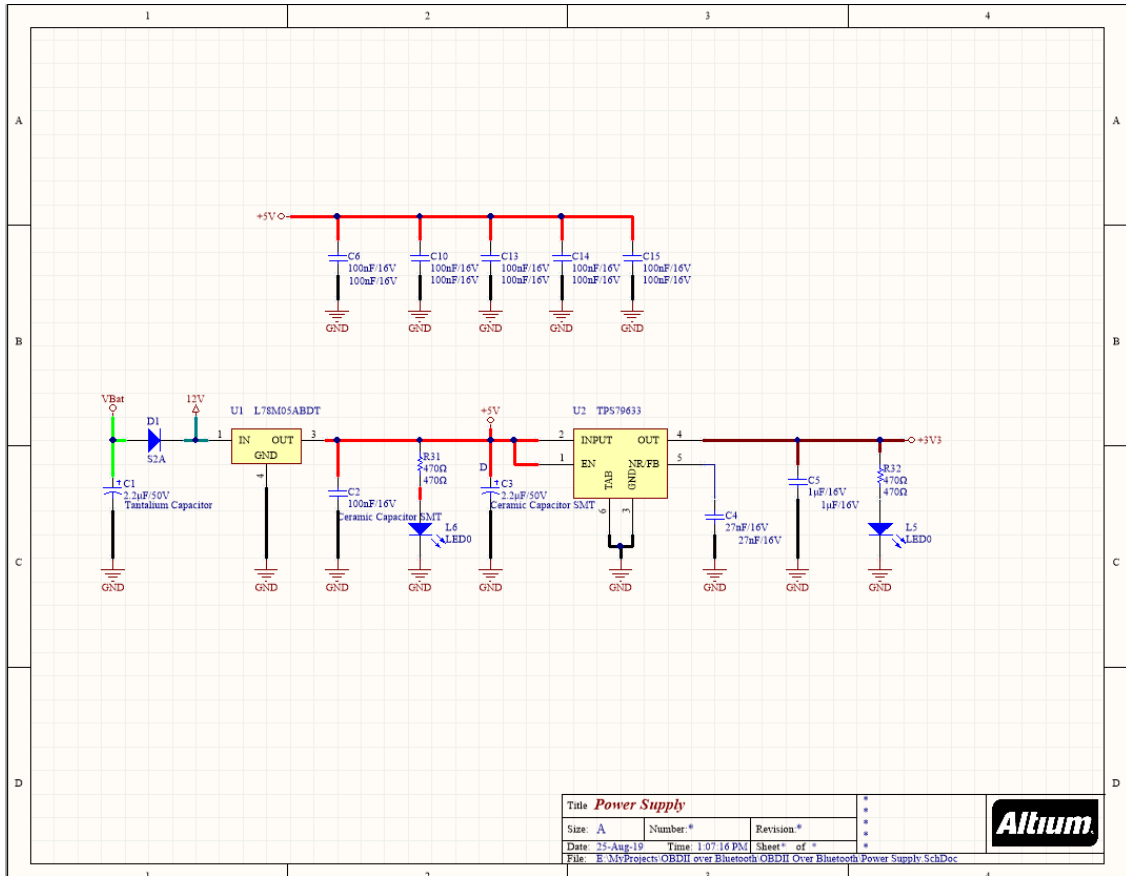
Για το κύκλωμα ταλάντωσης έχει χρησιμοποιηθεί όπως κρύσταλλος 4.000MHz με δύο πυκνωτές φορτίου για τον κρύσταλλο.



Σχήμα 5.10 Κύκλωμα ταλαντωτή κρυστάλλου

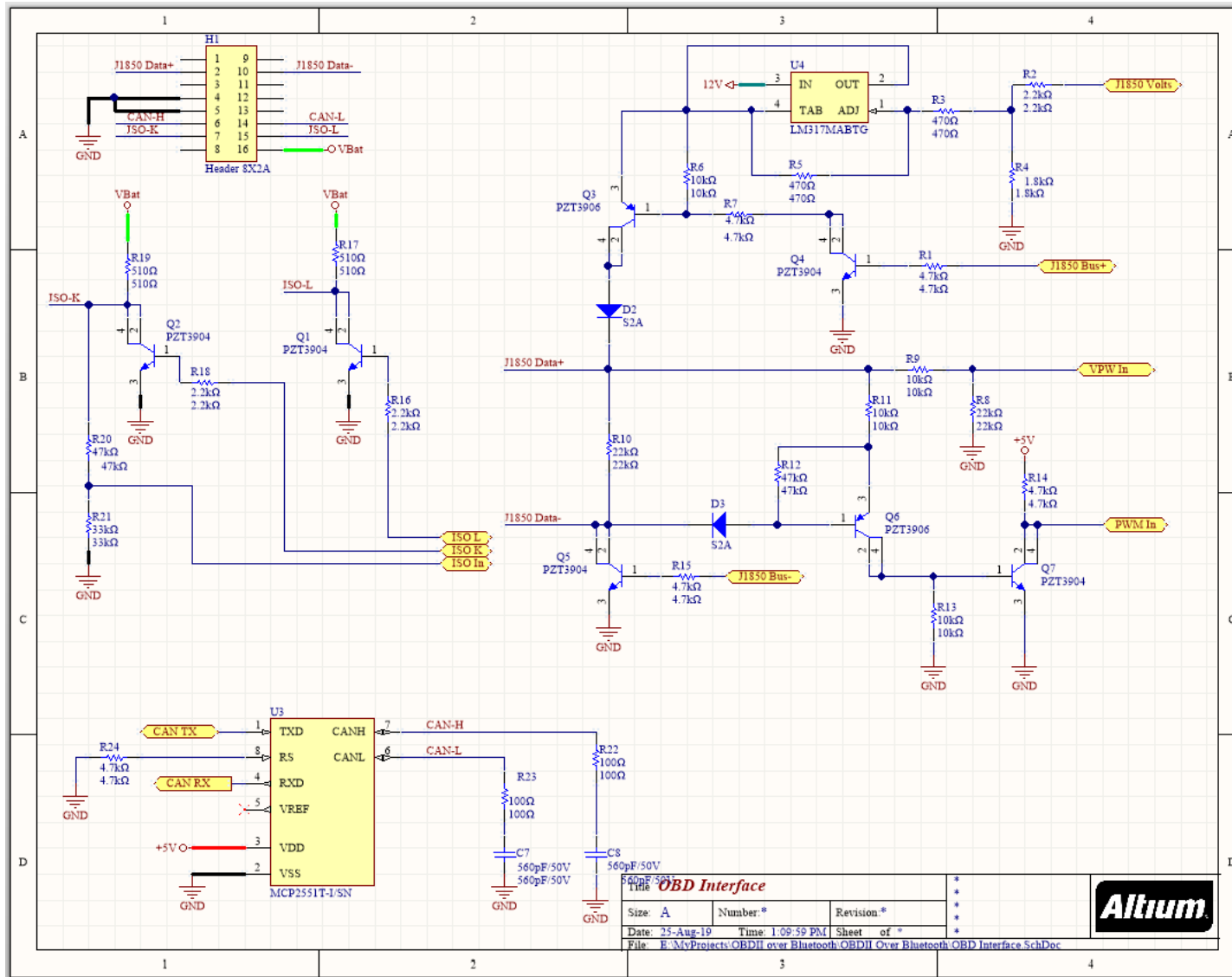
5.10 Συνολικό κύκλωμα

Στα παρακάτω σχήματα εικονίζονται συνολικά, όλα τα επιμέρους υποσυστήματα του ηλεκτρονικού κυκλώματος καθώς και η τελειωμένη ηλεκτρονική πλακέτα.

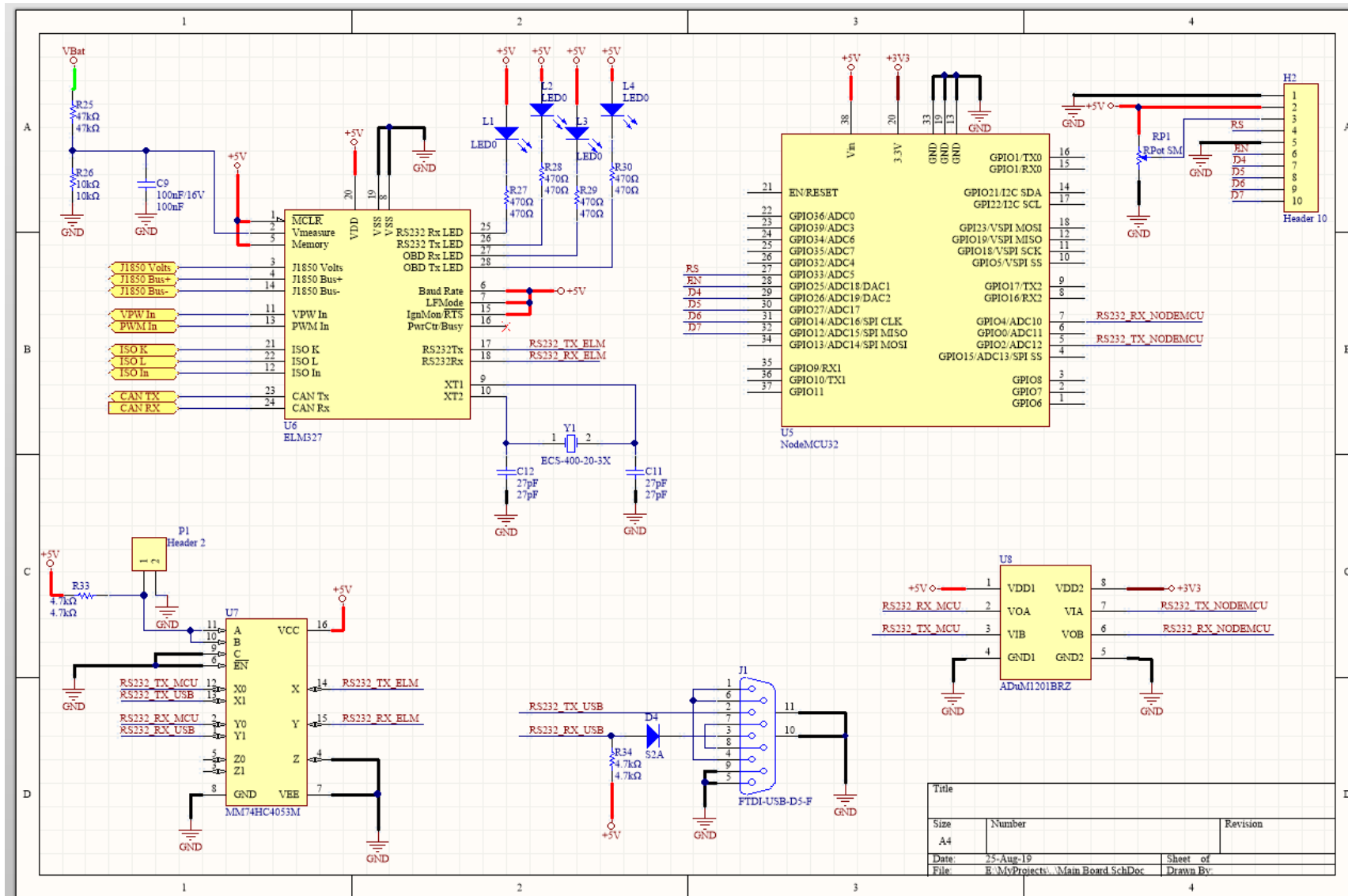


Title Power Supply			
Size: A	Number: #	Revision: #	
Date: 25-Aug-19	Time: 1:07:16 PM	Sheet: * of *	
File: E:\MyProjects\OBDIH over Bluetooth\OBDIH Over Bluetooth\Power Supply\SchDoc			

Σχήμα 5.11 Κύκλωμα τροφοδοτικού



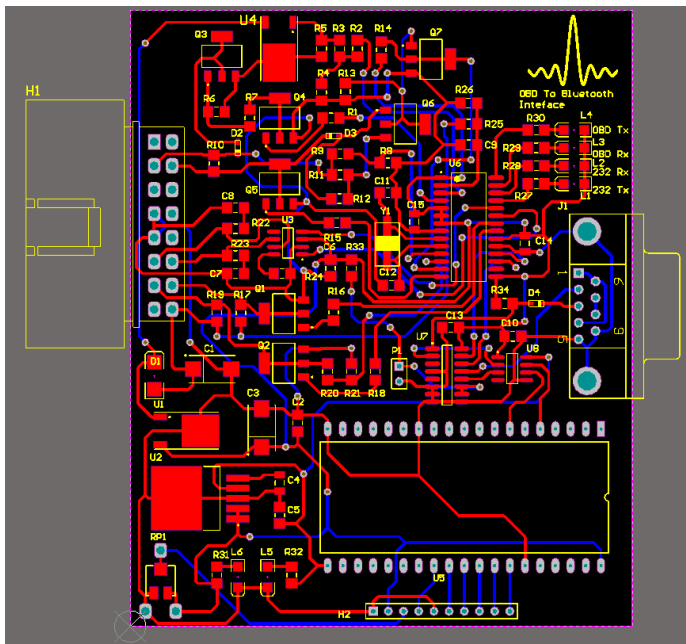
Σχήμα 5.12. Πλήρες Κύκλωμα Διασύνδεσης (Interface)



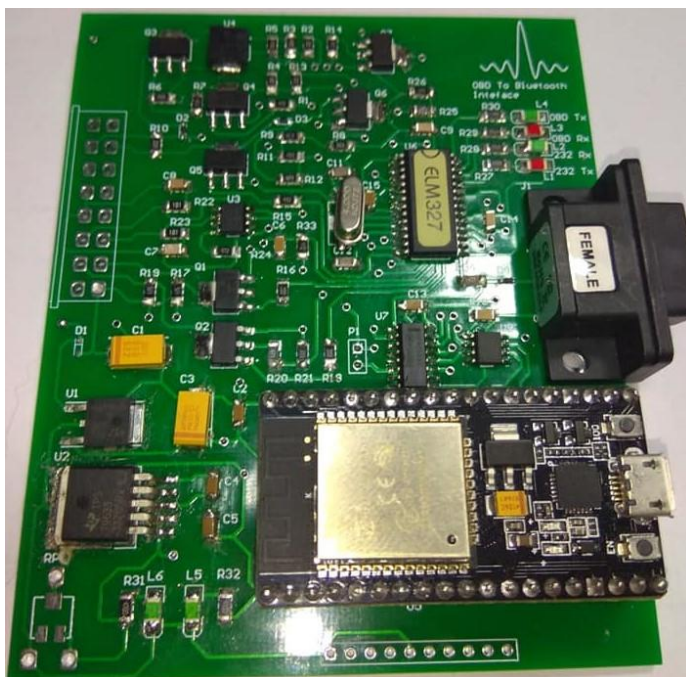
Σχήμα 5.13 Πλήρες Κύκλωμα μικροελεγκτή NODEMCU και ELM327 ASIC

5.11 Σχεδιασμός πλακέτας

Η ηλεκτρονική πλακέτα σχεδιάστηκε με την πλατφόρμα Altium Designer 17



Σχήμα 5.14 Η πλακέτα σε 2D Mode

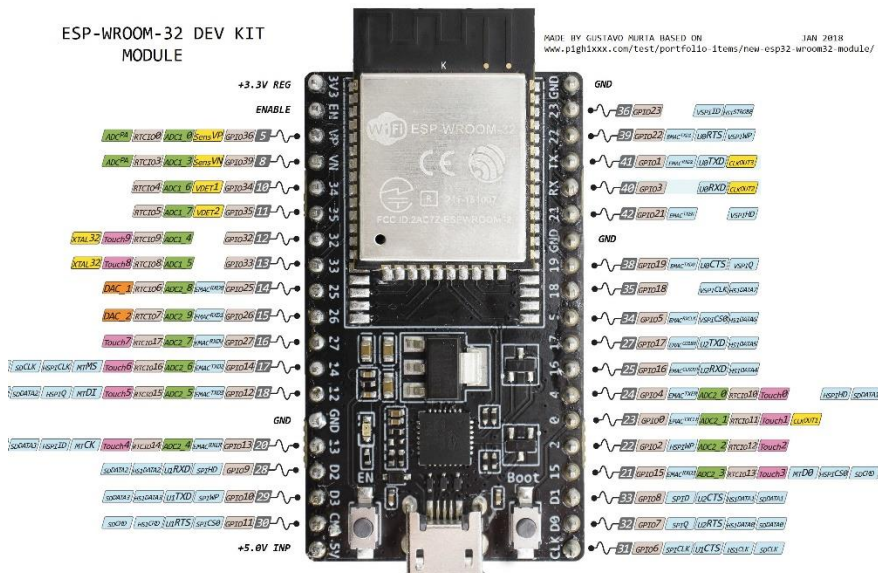


Σχήμα 5.15 Η πραγματική πλακέτα

5.12 Μικροελεγκτής NODEMCU/BLE/Wi-Fi

Για τη συνδεσιμότητα της πλακέτας μέσω Bluetooth χρησιμοποιήθηκε το ενσωματωμένο σύστημα μικροελεγκτή NODEMCU WROOM-32S το οποίο περιέχει και το σύστημα Bluetooth Low Energy (BLE) το οποίο είναι απαραίτητο για τη δημιουργία της σύνδεσης. Τα κύρια χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης πλατφόρμας είναι:

- Microcontroller: Tensilica 32-bit Single-/Dual-core CPU Xtensa LX6
 - Operating Voltage: 3.3V
 - Input Voltage: 7-12V
 - Digital I/O Pins (DIO): 28
 - Analog Input Pins (ADC): 8
 - Analog Outputs Pins (DAC): 2
 - UARTs: 3
 - SPIs: 2
 - I2Cs: 3
 - Flash Memory: 4 MB
 - SRAM: 520 KB
 - Clock Speed: 240 MHz
 - Wi-Fi: IEEE 802.11 b/g/n/e/i:
 - Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network
 - WEP or WPA/WPA2 authentication, or open networks



Σχήμα 5.16. Ο μικροελεγκτής NODEMCU -WROOM ESP32S

5.13 Κατάλογος υλικών(Bill of Materials)

Πίνακας 5.2 Κατάλογος εξαρτημάτων του κυκλώματος

Comment	Description	Designator	Footprint	Quantity
2.2μF/50V	Tantalum Capacitor, Ceramic Capacitor SMT	C1, C3	D	2
100nF/16V	Ceramic Capacitor SMT	C2, C6, C9, C10, C13, C14, C15	C1206	7
27nF/16V	Ceramic Capacitor SMT	C4	C1206	1
1μF/16V	Ceramic Capacitor SMT	C5	8-1206	1
560pF/50V	Ceramic Capacitor SMT	C7, C8	C1206	2
27pF	Ceramic Capacitor SMT	C11, C12	8-1206	2
1N914BT	High Conductance Fast Switching Diode	D2,D3,D4,D5	SOD-523F	4
S2A	1.0 Ampere General Purpose Rectifier,	D1	SMB	1
OBD2 MALE CONNECTOR	OBD2 MALE CONNECTOR	H1	OBD2 MALE CONNECTOR	1
Header 10	Header, 10-Pin	H2	HDR1X10	1
FTDI-USB-D5-F	Receptacle Assembly, 9 Position, Right Angle	J1	DSUB1.385-2H9	1
LED0	Typical Green LED	L1, L2, L3, L4, L5, L6	3.2X1.6X1.1	6
Header 2	Header, 2-Pin	P1	HDR1X2	1
PZT3904	General Purpose NPN Transistor	Q1, Q2, Q4, Q5, Q7	318E-04	5
PZT3906	General Purpose PNP Transistor	Q3, Q6	318E-04	2
4.7kΩ	Metal Film SMT Resistor	R1, R7, R14, R15, R24, R33, R34	8-1206	7
2.2kΩ	Metal Film SMT Resistor	R2, R16, R18	8-1206	3
470Ω	Metal Film SMT Resistor	R3, R5, R27, R28, R29, R30, R31, R32	8-1206	8
1.8kΩ	Metal Film SMT Resistor	R4	8-1206	1
10kΩ	Metal Film SMT Resistor	R6, R9, R11, R13, R26	8-1206	5
22kΩ	Metal Film SMT Resistor	R8, R10	8-1206	2
47kΩ	Metal Film SMT Resistor	R12, R20, R25	8-1206	3
510Ω	Metal Film SMT Resistor	R17, R19	8-1206	2
33kΩ	Metal Film SMT Resistor	R21	8-1206	1
100Ω	Metal Film SMT Resistor	R22, R23	8-1206	2
Rpot SM	Square Trimming Potentiometer	RP1	POT4MM-2	1
L78M05ABDT	Precision 500mA Regulator	U1	TO-252	1
TPS79633		U2	DDPAK-ET5_N	1
MCP2551T-I/SN	High-Speed CAN Transceiver, 8-Pin SOIC, Industrial Temperature, Tape and Reel	U3	SOIC-SN8_N	1
LM317MABTG	3-Terminal Adjustable Regulator, 4-pin SOT-223, Pb-Free	U4	MP04A_N	1
NodeMCU32	MicroController	U5	DIP38	1
ELM327	OBD to RS232 Interpreter	U6	SOIC28_M	1
MM74HC4053M	Triple 2-Channel Analog Multiplexer	U7	751B-03_M	1
AduM1201BRZ	Dual-Channel Digital Isolators	U8	R-8_N	1
ECS-400-20-3X	Crystal Oscillator	Y1	CSM-400-20-3X	1

5.14 Επίλογος

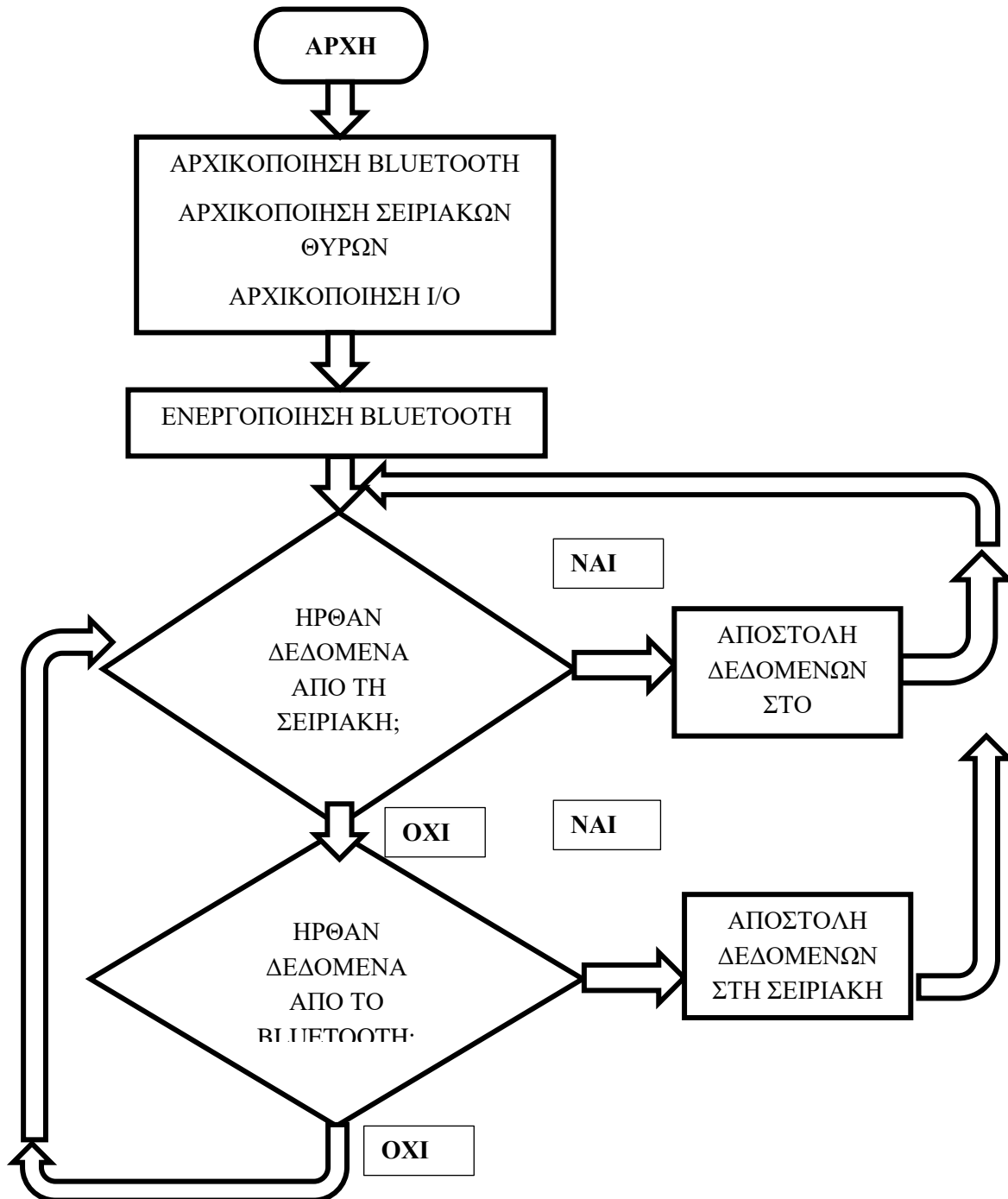
Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύχθηκε η σχεδίαση και η ανάλυση των επιμέρους ηλεκτρονικών κυκλωμάτων καθώς και ο σχεδιασμός της ηλεκτρονικής πλακέτας του συστήματος.

Κεφάλαιο 6ο: Συσκευή διασύνδεσης OBD μέσω BLE

6.1 Εισαγωγή

Ο προγραμματισμός του μικροελεγκτή έγινε με τη πλατφόρμα Zerynth studio και η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε είναι η γλώσσα C++ .

6.2 Διάγραμμα ροής



Σχήμα 6.1. Το διάγραμμα ροής του προγράμματος του μικροελεγκτή

6.3 Λειτουργία του προγράμματος

Κατά την αρχικοποίηση του προγράμματος γίνεται ο προγραμματισμός επικοινωνίας των δύο σειριακών θυρών που χρησιμοποιούνται καθώς και την ενσωματωμένης μονάδας Bluetooth Low Energy.

Όταν κάποια εξωτερική συσκευή Bluetooth ζητήσει να συνδεθεί με την πλακέτα, τότε ζητείται ο κωδικό pairing ο οποίος έχει ορισθεί σε Pairing Code :1234.

Αφού δημιουργηθεί η σύνδεση είμαστε σε θέση να στέλνουμε και να λαμβάνουμε δεδομένα από και προς τη πλακέτα όπως εικονίζεται στην Εικόνα 33.



```
20:25:45.544 Connecting to My_OBD ...
20:25:47.001 Connected
20:25:57.298 AT I
20:25:57.709 AT I
20:25:57.755 ELM327 v2.2
20:25:57.914
20:25:57.917 >
20:26:07.628 AT RV
20:26:07.708 AT RV
20:26:07.758 12.8V
20:26:07.850
20:26:07.854 >
20:28:48.181 AT @1
20:28:48.709 AT @1
20:28:48.795 OBDII to RS232 Interpreter
20:28:49.078
20:28:49.081 >
20:28:57.811 AT @2
20:28:58.192 AT @2
20:28:58.272 ?
20:28:58.292
20:28:58.340 >
```

M1 M2 M3 M4 M5 M6

AT @2

Σχήμα 6.2. Το διάγραμμα ροής του προγράμματος του μικροελεγκτή

Για την αποστολή και λήψη των δεδομένων στην κινητή συσκευή χρησιμοποιήθηκε το App Bluetooth Terminal το οποίο διατίθεται για περιορισμένες δυνατότητες δωρεάν μέσω το Google Play.

Εδώ θα πρέπει να τονισθεί ότι λόγω καθυστέρησης στην παραλαβή του βύσματος OBD (καθυστέρηση 44 ημερών μέχρι τη στιγμή που γράφεται η διπλωματική) δεν ήταν δυνατή η σύνδεση της συσκευής σε μονάδα ECU και να πραγματοποιηθούν πραγματικές μετρήσεις σε κάποιο όχημα.

6.4 Επίλογος

Στο παρόν κεφάλαιο αναπτύχθηκε και επεξηγήθηκε προγραμματισμός του μικροελεγκτή ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη συλλογή των δεδομένων από την ECU και την αποστολή τους μέσω Bluetooth στον υπολογιστή ή στο κινητό.

Κεφάλαιο 7ο: Συμπεράσματα και μελλοντικό έργο

Η μελέτη, ανάπτυξη και κατασκευή του συστήματος διασύνδεσης μεταξύ ECU και κάποιας μονάδας συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, PC, Laptop, Tablets, smartphones γίνονταν με τη χρήση ενσύρματης διασύνδεσης είτε RS232, είτε USB. Με τη παρούσα εργασία γίνεται εφικτή αυτή η διασύνδεση μέσω ασύρματου καναλιού. Η χρήση της τεχνολογίας Bluetooth Low Energy καθιστά τη διασύνδεση αυτή λιγότερο επιρρεπή σε παρεμβολές στα υπόλοιπα ηλεκτρονικά συστήματα του οχήματος καθώς επίσης και τη χρήση των διαγνωστικών συσκευών κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του οχήματος σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας (On the road).

Μελλοντική εξέλιξη της συγκεκριμένης συσκευής είναι η ανάπτυξη ενός λογισμικού είτε για PC, Laptop είτε για κάποια συσκευή Smartphone. Ο λόγος είναι ότι λόγω της πληθώρας των διαφορετικών οχημάτων απαιτείται μεγάλος όγκος αποθήκευσης δεδομένων και ρυθμίσεων τα οποία δεν είναι σε θέση να αποθηκευτούν στην μονάδα του μικροελεγκτή της πλακέτας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] <http://www.obd-2.de/techn.html>.
- [2] <http://www.troublecodes.net/technical/>
- [3] <http://www.elmelectronics.com/>.
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/On-board_diagnostics.
- [5] <http://www.obddiag.net/allpro.html>.
- [6] <http://www.omitec.com/en/support/technology-briefs/brief-history-of-eobd/>.
- [7] <http://www.obd-2.com/>.
- [8] <http://www.obdii.com/>.
- [9] <http://www.obddiagnostics.com/>.
- [10] http://intrepidcs.com/wavebps/pictures/can_error_frame1.png
- [11] http://psas.pdx.edu/CanBusUtilization/can_standard_frame_a.png
- [12] http://www.elmelectronics.com/datasheets/elm327_13a.
- [13] <http://www.elmelectronics.com/datasheets/mcp2551>.
- [14] https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/datasheets/ADuM1200_1201.pdf
- [15] <http://www.mouser.com/ds/2/149/mm74hc4051-304180.pdf>
- [16] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps79633-q1.pdf>
- [17] https://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/Modules/DS_DB9-USB.pdf
- [18] <http://www.mouser.com/ds/2/149/2N3904-82270.pdf>