



ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**Διερεύνηση πρωτοκόλλου J1850 PWM και  
σχεδίαση διεπαφής επικοινωνίας με  
επεξεργαστή οχήματος**

**Διπλωματική Εργασία**  
Σπύρογλου Γεώργιος

**Επιβλέπων :** Ιωάννης Αβαριτσιώτης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούλιος 2008





ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**Διερεύνηση πρωτοκόλλου J1850 PWM και  
σχεδίαση διεπαφής επικοινωνίας με  
επεξεργαστή οχήματος**

**Διπλωματική Εργασία**  
**Σπύρογλου Γεώργιος**

**Επιβλέπων : Ιωάννης Αβαριτσιώτης**  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την ..... Ιουλίου 2008

.....  
Ιωάννης Αβαριτσιώτης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Ελευθέριος Καγιάφας  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Βασίλειος Λούμος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2008

.....  
Γεώργιος Σ. Σπύρογλου

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

**Copyright © Σπυρόγλου Γεωργίου 2008**

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

# Περίληψη

Η παρούσα αναφορά περιγράφει τη διερεύνηση του πρωτοκόλλου J1850 PWM καθώς και το σχεδιασμό και την υλοποίηση δύο σταδίων:

A) Το πρώτο είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα το οποίο ανακτά OBD (On – Board Diagnostics) δεδομένα συνδεδεμένο με αντάπτορα στο αυτοκίνητο και με σειριακή θύρα RS-232 στον υπολογιστή.

B) Το δεύτερο είναι ένα γραφικό περιβάλλον (GUI – Graphic User Interface) το οποίο υλοποιήθηκε σε γλώσσα Java, με τη βοήθεια του οποίου αποτυπώνονται γραφικά τα αποτελέσματα που ανακτώνται από τη σύνδεση της πλακέτας που περιγράφηκε παραπάνω, με το ηλεκτρονικό σύστημα του αυτοκινήτου.

Συνοπτικά η διάρθρωση της αναφοράς είναι η ακόλουθη:

- Το **1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο** αποτελεί μία συνολική επισκόπηση του αντικειμένου που πραγματεύεται η συγκεκριμένη εργασία.
- Στο **2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο** πραγματοποιείται μία ιστορική αναδρομή της οποίας σκοπός είναι να εξοικειωθεί ο αναγνώστης με τις διαδικασίες που προηγήθηκαν μέχρι να φτάσουμε στα σημερινά πρωτόκολλα και όλα εκείνα τα γεγονότα που ώθησαν στην εξέλιξη των πρωτοκόλλων και την ανάγκη δημιουργίας νέων συστημάτων υλοποίησης τους.
- Στο **3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο** περιγράφεται αναλυτικά το πρωτόκολλο SAE J1850 PWM για το οποίο σχεδιάστηκε το ηλεκτρονικό κύκλωμα στο οποίο έχει γίνει ήδη αναφορά. Αξίζει να αναφερθεί ότι το κύκλωμα υποστηρίζει και άλλα πρωτόκολλα τα οποία όμως δεν είναι αντικείμενο της παρούσας αναφοράς.
- Στο **4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο** πραγματοποιείται η περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθήθηκε για την υλοποίηση του ηλεκτρονικού κυκλώματος και του γραφικού περιβάλλοντος και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της διάταξης.
- Στο **5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο** αξιολογείται η ακρίβεια των αποτελεσμάτων και η ακρίβεια και η λειτουργικότητα τόσο του κυκλώματος όσο και του γραφικού περιβάλλοντος που αναπτύχθηκε. Παράλληλα, προτείνονται τρόποι βελτίωσης και παρατίθενται προτάσεις για μελλοντικές εξελίξεις.
- Ακολουθεί **παράρτημα** όπου αναφέρονται οι βασικότεροι κωδικοί σφαλμάτων με την επεξήγησή τους και τέλος γίνεται αναφορά στη **βιβλιογραφία** που χρησιμοποιήθηκε.

**Λέξεις-Κλειδιά:** εργαλείο σάρωσης, πρωτόκολλο, διάγνωση, κωδικοί σφάλματος, εκπομπές καυσαερίων, αυτοκίνητο, γραφικό περιβάλλον.



# Abstract

This essay describes the design procedure and the implementation in two basic stages:

- A) Firstly an electronic circuit that obtains OBD (On – Board Diagnostics) data from the car connector and transmits it to the PC through an RS-232 port.
- B) Secondly a GUI (Graphic User Interface), implemented in Java, which plots the results that are obtained from the vehicle through the board.

The structure of the essay is the following:

- The **1<sup>st</sup> Chapter** is an overall review of the main subject theme of this essay.
- In the **2<sup>nd</sup> Chapter** a flashback is made to familiarize the reader with the procedures that led to the today protocols and created the necessity for new methods for data acquisition in vehicles.
- In the **3<sup>rd</sup> Chapter** the SAE J1850 PWM protocol is described for which the electronic circuit, which was mentioned above, was designed. At this point it should be noticed that this circuit can easily support other OBD protocols which are beyond the scope of this thesis.
- The **4<sup>th</sup> Chapter** includes the description of the procedure that was followed in order to implement the electronic circuit and the GUI. The reader can also find the results which derived from the testing of the applications.
- In the **5<sup>th</sup> Chapter** an evaluation of the results is made and there are also some conclusions as well as suggestions for possible future evolution.
- In the **Appendix** the most fundamental Trouble Codes are included with their explanation which is followed by the **bibliography** that was used for this report.

**Keywords:** OBD 2, scan tool, SAE J1850, PWM, diagnostics, automotive, protocol, trouble codes, MIL, gas emission, graphic user interface.





## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΠΡΟΛΟΓΟΣ

1.1 Εισαγωγή .....	12
--------------------	----

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

2.1 On Board Diagnostics – Generation 1 .....	16
2.1.1 Ενδεικτική λυχνία βλαβών (MIL) .....	17
2.1.2 Κωδικοί διάγνωσης βλαβών .....	17
2.1.3 Ακολουθίες σειριακών δεδομένων .....	18
2.2 On Board Diagnostics – Generation 2 (OBD II) .....	19
2.2.1 Χαρακτηριστικά του OBD II .....	20
2.2.1.1 Διάγνωση που αφορά τον αισθητήρα οξυγόνου .....	20
2.2.1.2 Σύστημα καταγραφής καυσίμου .....	20
2.2.1.3 Καταγραφή αφλογιστίας .....	20
2.2.1.4 Απεικόνιση του καταλύτη .....	22
2.2.1.5 EGR Σύστημα καταγραφής .....	22
2.2.1.6 Καταγραφή συστήματος καθαρισμού εξάτμισης .....	23
2.2.1.7 Δευτερεύον σύστημα καταγραφής αέρα .....	23
2.2.1.8 Ενεργοποίηση Ενδεικτικής Λυχνίας Δυσλειτουργιών (MIL) .....	23
2.2.1.9 Έλεγχος ετοιμότητας .....	24
2.2.1.10 Αποθηκευμένα δεδομένα του κινητήρα .....	25
2.2.1.11 Τυποποίηση των πληροφοριών επιδιόρθωσης και των κωδικών ανίχνευσης βλαβών .....	25

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ SAE J1850 PWM

3.1 Γενικά .....	30
3.2 Τοπολογία Δικτύου – Data Bus Topology .....	30
3.3 Έλεγχος του διαύλου .....	30
3.4 Διαστρωμάτωση σε επίπεδα .....	31
3.4.1 Επίπεδο Εφαρμογής – Application Layer .....	31
3.4.2 Ενδιάμεσο Επίπεδο Μετατροπής – Data Link Layer .....	34
3.4.2.1 Ανίχνευση Σφάλματος .....	39
3.4.2.1.1 Cyclic Redundancy Check (CRC) .....	39
3.4.2.1.2 Μήκος Πλαισίου/Μηνύματος .....	41
3.4.2.1.3 Δεδομένα εκτός Ορίων – Out-of-Range – Data .....	41

3.4.2.1.4 Ανίχνευση Μη Έγκυρων Bits .....	42
3.4.2.1.5 Ανίχνευση Μη Έγκυρης Δομής Πλαισίου .....	42
3.4.2.2 Αντιμετώπιση Σφαλμάτων .....	42
3.4.3 Φυσικό Επίπεδο – Physical Layer .....	42
3.4.3.1 Υλικό Φυσικού Επιπέδου .....	43
3.4.3.2 Προδιαγραφές Μονάδας Φορτίου .....	43
3.4.3.3 Μέγιστος Αριθμός Κόμβων .....	43
3.4.3.4 Μέγιστο Μήκος Δικτύου .....	43
3.4.3.5 Bit Δεδομένων .....	44
3.4.3.6 Απαιτήσεις Χρονισμού των Συμβόλων .....	48
3.4.3.7 Αφύπνιση Κόμβων μέσω του Φυσικού Επιπέδου .....	52
3.4.3.8 Σφάλματα του Φυσικού Επιπέδου .....	53
3.5 Υλοποίηση Δικτύου – Network Implementation .....	55

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ**

4.1 Σχεδιασμός και ανάλυση του ηλεκτρονικού κυκλώματος .....	60
4.1.1 Μικροελεγκτής .....	60
4.1.2 Διασύνδεση J1850 PWM .....	61
4.1.3 Διασύνδεση RS232 .....	62
4.1.4 Διασύνδεση CAN και ISO-9141 .....	63
4.1.5 Διασύνδεση με το όχημα .....	63
4.1.6 Συνολικό Κύκλωμα .....	65
4.2 Υλοποίηση του γραφικού περιβάλλοντος (GUI) .....	68

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ**

5.1 Δοκιμή και Αποτελέσματα .....	76
5.2 Προτάσεις για μελλοντική εξέλιξη .....	76

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α</b> .....	79
--------------------------	----

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β</b> .....	107
--------------------------	-----

<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	157
---------------------------	-----

# **1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

## 1.1 Εισαγωγή

Στην παρούσα εργασία υλοποιήθηκε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα το οποίο συνδέεται μέσω αντάπτορα στο Data Link Connector του οχήματος και μέσω σειριακής θύρας RS – 232 σε υπολογιστή. Παράλληλα, υλοποιήθηκε σε περιβάλλον NetBeans χρησιμοποιώντας Java, ένα γραφικό περιβάλλον με τη χρήση του οποίου μπορεί ο χρήστης να ανακτήσει τις βλάβες που έχουν καταγραφεί στο σύστημα καθώς επίσης να δει γραφικά τις στροφές του κινητήρα σε πραγματικό χρόνο. Επιπρόσθετα, ο χρήστης μπορεί να διαγράψει κωδικούς σφαλμάτων που έχουν αποθηκευθεί, είτε αυτοί έχουν επιδιορθωθεί είτε όχι αν και είναι ασφαλέστερο οι κωδικοί να μη διαγράφονται πριν αποκατασταθεί η βλάβη. Την υλοποίηση όλων αυτών των λειτουργιών την επιτρέπει το ενσωματωμένο πρωτόκολλο SAE J1850 PWM το οποίο απαντάται σε πολλά οχήματα προηγμένης τεχνολογίας.

Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης υλοποίησης σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους ανίχνευσης βλαβών στα οχήματα είναι τα ακόλουθα:

- Η συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών είναι μία διαδικασία απλή, σύντομη, ακριβής που δε χρειάζεται εξειδικευμένες γνώσεις. Και αυτό γιατί με τη χρήση ενός υπολογιστή και χωρίς πολύμετρα και συνεχείς μετρήσεις που απαιτούσαν παλιότερες μέθοδοι, γίνεται καταγραφή των βλαβών οι οποίες έχουν προηγουμένως ανιχνευθεί απλά και έγκαιρα με το φωτισμό μίας ενδεικτικής λυχνίας η οποία ενεργοποιείται σε περίπτωση βλάβης.
- Η αντιστοίχιση των βλαβών σε σφάλματα βοηθάει στην καταγραφή τους και την τυποποίηση κάποιου στάνταρντ εγχειριδίου για την αντιμετώπισή τους. Παράλληλα ο χρήστης έχει την επιλογή να μη διαγραφεί τον κωδικό του σφάλματος από τη μνήμη μετά την αντιμετώπισή του προκειμένου να κρατήσει ιστορικό για το συγκεκριμένο όχημα.
- Όλη η διαδικασία γίνεται σε πραγματικό χρόνο πάνω στο όχημα δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στο χρήστη να συλλέξει και άλλες πληροφορίες που πιθανόν να τον ενδιαφέρουν όσο το όχημα είναι σε λειτουργία. Οι πληροφορίες αυτές μπορεί να αφορούν στροφές, ταχύτητα κλπ.
- Λόγω της ευκολίας εφαρμογής της μεθόδου οι βλάβες εντοπίζονται γρηγορότερα και συνεπώς αποφεύγονται όλες οι δυσάρεστες συνέπειες που έχει η μη έγκαιρη διάγνωση και αντιμετώπισή τους όπως είναι για παράδειγμα η μόλυνση του περιβάλλοντος σε περιπτώσεις που υπάρχει βλάβη σε οποιοδήποτε σύστημα σχετίζεται με την εκπομπή καυσαερίων. Αυτός ο τελευταίος λόγος και τα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα υπήρξαν πολλές φορές κινητήριοις δυνάμεις για περαιτέρω έρευνα και βελτίωση.

Στη συνέχεια της αναφοράς περιγράφονται τόσο οι διαδικασίες που μας οδήγησαν στην εφαρμογή και την εξέλιξη των σημερινών πρωτοκόλλων όσο και οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν για την ανάπτυξη των εφαρμογών που υλοποιήσαμε και περιγράφηκαν περιληπτικά παραπάνω.



# **2** **ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ**

## 2.1 On Board Diagnostics – Generation 1

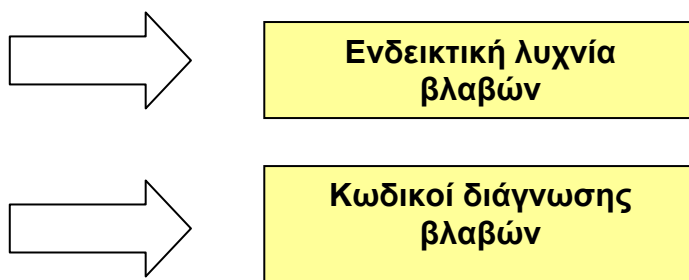
Τον Απρίλιο του 1985, το Συμβούλιο Διαχείρισης Εναέριων Πόρων της Καλιφόρνια, ενέκρινε το On-Board system regulations (σύστημα κανόνων εφαρμοσμένο πάνω στο όχημα) (OBD) το οποίο εφαρμόστηκε σε όλα σχεδόν τα αυτοκίνητα και τα ελαφρά οχήματα που κυκλοφόρησαν στην αγορά της Καλιφόρνια μετά το 1988. Οι συγκεκριμένοι κανονισμοί απαιτούν το Engine Control Module (ECM) (μονάδα ελέγχου κινητήρα) να καταγράφει τη λειτουργία των εξαρτημάτων που σχετίζονται με την εκπομπή καυσαερίων και να ελέγχει τη φυσιολογική λειτουργία τους, ενεργοποιώντας μία ενδεικτική λυχνία στον πίνακα των οργάνων όταν ανιχνεύεται κάποια βλάβη. Το σύστημα αυτό παρέχει επιπρόσθετα και ένα σύνολο κωδικών διάγνωσης βλαβών, καθώς και πίνακες για την ταυτοποίηση βλαβών στο εγχειρίδιο των επισκευών για να βοηθάει τους τεχνικούς να προσδιορίσουν την πιθανή αιτία για τη βλάβη που παρουσιάστηκε στον έλεγχο του κινητήρα και στο σύστημα εκπομπών. Οι βασικοί στόχοι αυτού του συστήματος κανόνων είναι οι ακόλουθοι:

- 1) Να βελτιώσει τις εκπομπές κατά τη λειτουργία του οχήματος ειδοποιώντας το χειριστή του όταν υπάρχει κάποια βλάβη.
- 2) Να βοηθήσει του τεχνικούς των οχημάτων να εντοπίσουν και να επισκευάσουν κυκλώματα που έχουν υποστεί βλάβη στο σύστημα ελέγχου εκπομπών.

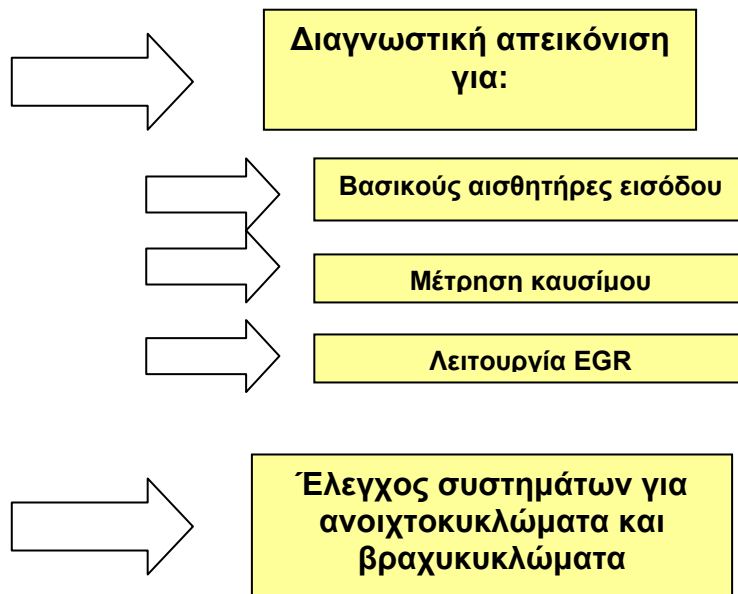
Το διαγνωστικό σύστημα OBD I εφαρμόζεται στα συστήματα αυτά που έχουν αυξημένη πιθανότητα να προκαλέσουν σημαντική αύξηση στις εκπομπές των καυσαερίων τους αν συμβεί κάποια βλάβη. Συνοπτικά αυτό περιλαμβάνει:

- 1) Όλους του βασικούς αισθητήρες του κινητήρα
- 2) Το σύστημα μέτρησης καυσίμου
- 3) Λειτουργία (Exhaust gas recirculation - EGR)

Παρακάτω φαίνονται σχηματικά τα βασικότερα χαρακτηριστικά του OBD I και στη συνέχεια αναλύεται καθένα από αυτά ξεχωριστά:







### 2.1.1 Ενδεικτική λυχνία βλαβών (MIL):

Όταν προκύψει μία βλάβη, η ενδεικτική λυχνία βλαβών παραμένει φωτισμένη για όσο διάστημα ανιχνεύεται η βλάβη και σβήνει όταν τα πράγματα ξαναγίνουν φυσιολογικά, αφήνοντας ένα κωδικό διάγνωσης βλάβης αποθηκευμένο στην ECM (Engine Control Module) μνήμη. Τα κυκλώματα ελέγχονται ως προς τη συνέχειά τους, για βραχυκυκλώματα και σε μερικές περιπτώσεις για το φυσιολογικό εύρος των παραμέτρων τους.

Η ενδεικτική λυχνία βλαβών είναι επίσης ένα όργανο οπτικής διερεύνησης για τα περισσότερα προγράμματα ελέγχου εκπομπών και συντήρησης, επιτρέποντας στον ελεγκτή των εκπομπών να αποφασίσει γρήγορα για το εάν το σύστημα ελέγχου εκπομπών λειτουργεί φυσιολογικά. Κατά τη διάρκεια αυτού του οπτικού ελέγχου ο ελεγκτής πρέπει να παρατηρήσει την ενδεικτική λυχνία καθώς ο κινητήρας είναι εκτός λειτουργίας, με ενεργοποιημένα τα ηλεκτρικά συστήματα του οχήματος – προκαταρκτικός έλεγχος (Key on bulb) και μετά καθώς ο κινητήρας είναι σε πλήρη λειτουργία. Η λυχνία θα πρέπει να είναι αναμμένη κατά τη διάρκεια του προκαταρκτικού ελέγχου και σβηστή καθώς ο κινητήρας είναι σε λειτουργία. Όταν ένα όχημα περάσει αυτό τον έλεγχο, είναι πολύ πιθανόν το σύστημα ελέγχου του κινητήρα να λειτουργεί φυσιολογικά.

### 2.1.2 Κωδικοί διάγνωσης βλαβών

Οι κωδικοί διάγνωσης βλάβης δημιουργούνται από το OBD I διαγνωστικό σύστημα και αποθηκεύονται στην ECM μνήμη υποδεικνύοντας το κύκλωμα στο οποίο ανιχνεύθηκε η βλάβη. Οι κωδικοί και οι πληροφορίες που εμπεριέχουν, παραμένουν αποθηκευμένοι στη μνήμη μεγάλης διάρκειας του

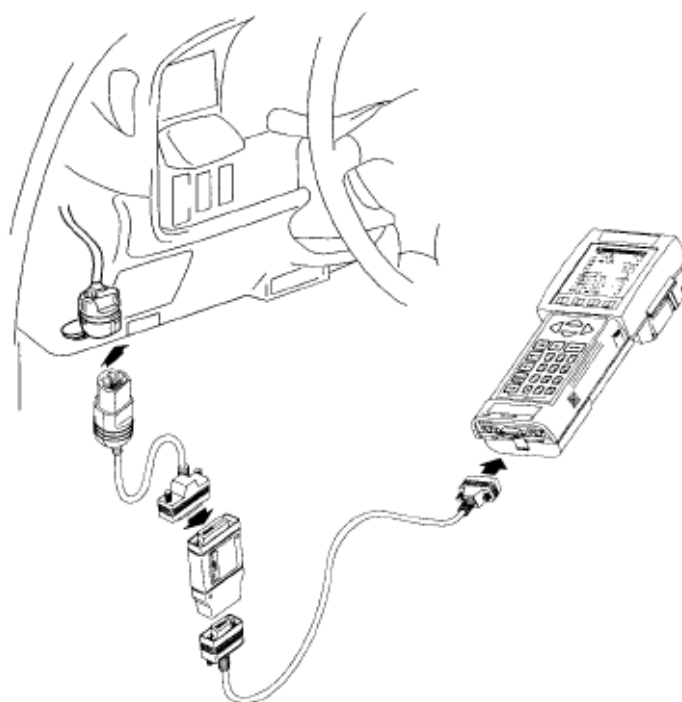
ECM ανεξάρτητα από το αν ο κωδικός προέκυψε από μία συνεχή και σοβαρή βλάβη ή από κάποια λιγότερο σοβαρή. Σημειώνεται ότι τα προϊόντα της Toyota με σύστημα κωδικών βλάβης θα συνεχίσουν να αποθηκεύουν έναν τέτοιο κωδικό στη μνήμη μακράς διάρκειας του ECM μέχρι ο κωδικός να καθαριστεί αποσυνδέοντας την τροφοδοσία από το ECM BATT τερματικό.

### 2.1.3 Ακολουθίες σειριακών δεδομένων

Κάποιοι κατασκευαστές εισήγαγαν τη χρήση σειριακών δεδομένων προσβάσιμων με ειδικά εργαλεία σάρωσης, παρόλο που κάτι τέτοιο δεν απαιτείται από τους κανονισμούς του OBD I. Τα σειριακά δεδομένα είναι ηλεκτρονικές πληροφορίες σχετικές με αισθητήρες, actuators (έμβολα) και ECM στρατηγική διαχείρισης καυσίμου/ψεκασμού, οι οποίες προσπελαύνονται με τη βοήθεια ενός καλωδίου που έρχεται από το ECM. Ο όρος 'σειριακά δεδομένα' υποδηλώνει ότι οι πληροφορίες κωδικοποιούνται ψηφιακά και μεταφέρονται σε σειρές 'λέξεων δεδομένων'. Οι λέξεις δεδομένων αποκωδικοποιούνται και απεικονίζονται με ένα εργαλείο σάρωσης.

Πχ. Η τυπική OBD I σειριακή ακολουθία δεδομένων της Toyota συνίσταται από 20 λέξεις δεδομένων συμπεριλαμβανομένων τιμών για αισθητήρες, καταστάσεις διακοπών και άλλα δεδομένα λειτουργίας του κινητήρα.

Παρακάτω (Εικόνα 2.1) απεικονίζεται σχηματικά ο τρόπος διασύνδεσης του εργαλείου σάρωσης για την απόκτηση των δεδομένων από το όχημα:



Εικόνα 2.1

## 2.2 On Board Diagnostics – Generation 2 (OBD II)

Παρόλο που το OBD I παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τον πλήθος των κρίσιμων εκπομπών που σχετίζονται με συστήματα και εξαρτήματα, υπάρχουν και πολλά άλλα σημαντικά στοιχεία που δεν είναι ενσωματωμένα στο OBD I λόγω κάποιων τεχνικών περιορισμών την εποχή που το σύστημα μπήκε στη φάση της παραγωγής (κατά τη χρονιά 1988). Από τότε η τεχνολογική εξέλιξη έχει να δείξει πολλά νέα τεχνικά επιτεύγματα. Για παράδειγμα, η τεχνολογία για την καταγραφή της αφλογιστίας του κινητήρα και της αποδοτικότητας του καταλύτη έχει αναπτυχθεί και εφαρμοστεί σε οχήματα που έχουν μπει στην παραγωγική διαδικασία.

Ως αποτέλεσμα αυτών των τεχνικών επιτευγμάτων, και επειδή τα I/M προγράμματα αποδείχθηκε ότι ήταν λιγότερο αποδοτικά από το επιθυμητό στην ανίχνευση κρίσιμων εκπομπών κατά τη διάρκεια της φυσιολογικής λειτουργίας στο δρόμο, ένα καλύτερο OBD σύστημα αναπτύχθηκε υπό την καθοδήγηση του CARB.

Το OBD II που ενσωματώνεται στα μοντέλα των ετών 1994 -1996, προσθέτει καταγραφή και απεικόνιση της αποδοτικότητας του καταλύτη, ανίχνευση της αφλογιστίας του κινητήρα, καταγραφή του συστήματος καθαρισμού του κανίστρου (canister purge system monitoring), (secondary air system monitoring) καταγραφή του δευτερεύοντος συστήματος αέρα καθώς επίσης και του ρυθμού ροής (flow rate) του EGR συστήματος. Επιπρόσθετα, μία ακολουθία σειριακών δεδομένων που αποτελείται από είκοσι βασικές παραμέτρους δεδομένων και διαγνωστικούς κωδικούς βλαβών είναι αναπόσπαστο κομμάτι του συγκεκριμένου διαγνωστικού συστήματος.

Επιπλέον της βασικής απαίτησης του OBD II για ακολουθία σειριακών δεδομένων, διάφορες αυτοκινητοβιομηχανίες, χρησιμοποίησαν μία εμπλουτισμένη ακολουθία δεδομένων που αποτελείται από επιπλέον λέξεις δεδομένων. Η πρόσβαση σε όλα τα δεδομένα του OBD II γίνεται συνδέοντας ένα γενικής χρήσης αντικείμενο σάρωσης στο Data Link Connector (DLC) που είναι τοποθετημένος εντός της καμπίνας του οχήματος και σε απόσταση όχι μεγαλύτερης του ενός μέτρου από τον οδηγό. Η ποιότητα των δεδομένων, το εργαλείο σάρωσης, ο τρόπος διεξαγωγής του διαγνωστικού ελέγχου, οι διαγνωστικοί κωδικοί βλαβών και οτιδήποτε σχετίζεται με την χρήση του συστήματος OBD II, ορίζεται από την Κοινότητα των Μηχανικών Μηχανοκίνητων Οχημάτων (Society of Automotive Engineers – SAE).

Ο στόχος του OBD II είναι να παρέχει στο όχημα ένα διαγνωστικό σύστημα επί του οχήματος που είναι ικανό να καταγράφει διαρκώς την αποδοτικότητα του συστήματος ελέγχου εκπομπών και να βελτιώνει την απόδοση της

διάγνωσης και της επισκευής όταν το σύστημα αποτυγχάνει. Ουσιαστικά, ένας I/M σταθμός εκπομπών θα προγραμματίζεται σε κάθε όχημα που είναι εφοδιασμένο με OBD II.

## 2.2.1 Χαρακτηριστικά του OBD II

Οι ακόλουθες πληροφορίες θα βοηθήσουν τον αναγνώστη να εξοικειωθεί με τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του OBD II συστήματος.

### 2.2.1.1 Διάγνωση που αφορά τον αισθητήρα οξυγόνου

Το σύστημα παρακολουθεί τον (ή τους) αισθητήρα/ες οξυγόνου συμπεριλαμβανομένης της καταγραφής για μόλυνση-νόθευση και υποβάθμιση της ποιότητάς του καταγράφοντας τη switching συχνότητα και το lean-rich, rich-lean switch time.

### 2.2.1.2 Σύστημα καταγραφής καυσίμου

Τα περισσότερα συστήματα καυσίμου αλλάζουν συνεχώς τη βάση βαθμονόμησής τους για να αντισταθμίσουν τις μεταβολές στην ατμοσφαιρική πίεση, τη θερμοκρασία, τη σύνθεση του καυσίμου, τις ποικιλίες των εξαρτημάτων και άλλους παράγοντες. Η προσαρμοστική συμπεριφορά είναι φυσιολογική όσο παραμένει μέσα στα προδιαγεγραμμένα όρια του συστήματος.

Όταν συνθήκες, όπως για παράδειγμα, λανθασμένη πίεση καυσίμου, ασύμμετρη ροή αέρα ή άλλα μηχανικά προβλήματα, κάνουν το σύστημα καυσίμου να λειτουργήσει εκτός των προδιαγεγραμμένων τιμών, το OBD II σύστημα είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να ανιχνεύει αυτή τη μη φυσιολογική λειτουργία. Εάν αυτές οι συνθήκες λαμβάνουν χώρα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από κάποιο προκαθορισμένο, ένα κωδικός ανίχνευσης βλάβης (DTC) θα αποθηκευτεί. Όταν αποθηκευτεί ο κωδικός, η ταχύτητα του κινητήρα και η καταστάσεις θέρμανσης και φορτίου αποθηκεύονται σε ένα ανακτήσιμο, **στιγμιότυπο (freeze frame)** σειριακών δεδομένων.

### 2.2.1.3 Καταγραφή αφλογιστίας

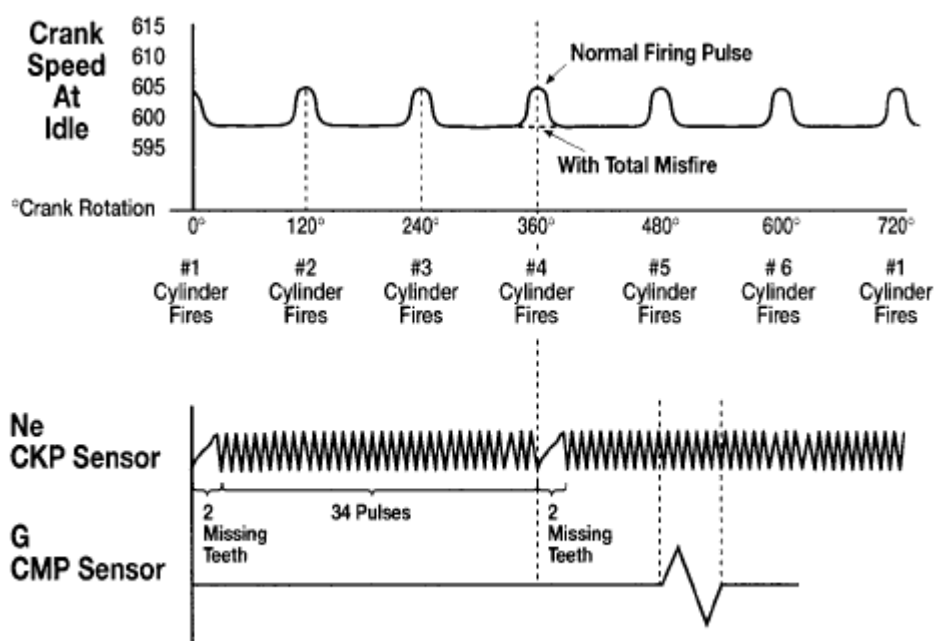
Χρησιμοποιώντας ένα υψίσυχο σήμα θέσης για το στροφαλοφόρο άξονα, ο EMC μπορεί να καταγράψει με μεγάλη ακρίβεια τις διακυμάνσεις στην ταχύτητα του στροφαλοφόρου άξονα κατά τη διάρκεια κάθε κύκλου του κινητήρα. Όταν ένας κινητήρας πυροδοτεί σωστά όλους του κυλίνδρους, ο στροφαλοφόρος άξονας επιταχύνει δε κάθε κύκλο. Όταν συμβαίνει αφλογιστία, δηλαδή ο κινητήρας δεν πυροδοτεί κάποιον (ή όλους του

κυλίνδρους), η αύξηση της ταχύτητας του στροφαλοφόρου άξονα επηρεάζεται από αυτόν (ή αυτούς) τον κύλινδρο.

Οι κινητήρες που ελέγχονται με το OBD II χρησιμοποιούν έναν αισθητήρα ο οποίος μετράει απευθείας την ταχύτητα και τη θέση του στροφαλοφόρου άξονα. Αυτές οι πληροφορίες επεξεργάζονται από την ECM για να αποφασιστεί εάν συμβαίνει αφλογιστία, σε ποιο κύλινδρο λαμβάνει χώρα και σε ποιο βαθμό.

Όταν ανιχνεύεται κάποια αφλογιστία σε οποιοδήποτε βαθμό, ένα κωδικός ανίχνευσης βλάβης αποθηκεύεται και το ίδιο γίνεται για την ταχύτητα του κινητήρα, το φορτίο και τη θερμοκρασία κατά τη στιγμή της αφλογιστίας. Επιπρόσθετα, ο χειριστής του οχήματος θα ειδοποιηθεί για την κατάσταση μέσω μίας λυχνίας που θα αναβοσβήνει όταν συμβαίνει σοβαρό περιστατικό αφλογιστίας.

Στο παρακάτω σχηματικό διάγραμμα (Εικόνα 2.2) φαίνεται η ταχύτητα του στροφαλοφόρου άξονα κατά την ανίχνευση της αφλογιστίας:



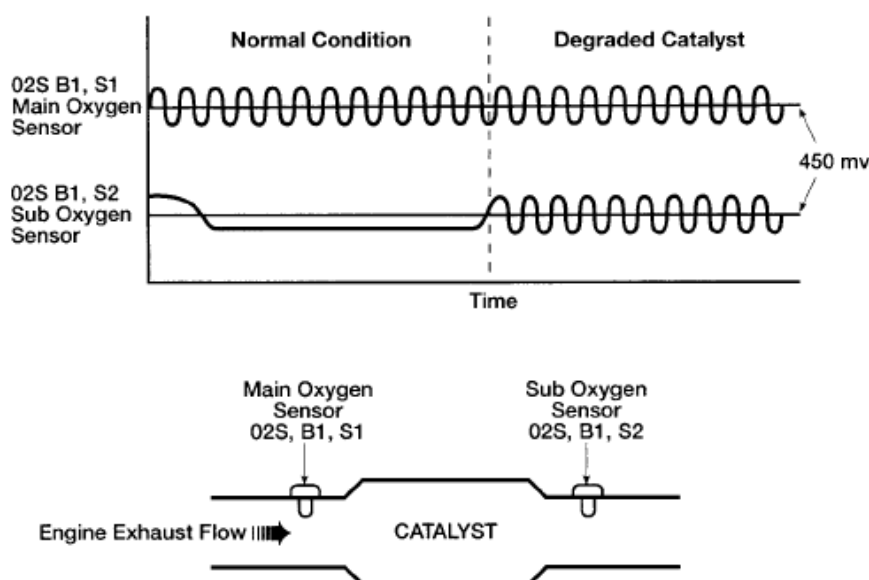
**Εικόνα 2.2:** Το ECM καταγράφει την ταχύτητα και τη θέση του στροφαλοφόρου άξονα διαμέσου των Ne και G εισόδων. Επειδή η ταχύτητα του στροφαλοφόρου άξονα φυσιολογικά αυξάνεται όταν συμβαίνει ανάφλεξη, το ECM μπορεί να καταγράψει αυτή την αλλαγή από το ένα γεγονός ανάφλεξης στο άλλο για να καταγράψει την παρουσία και το βαθμό της αφλογιστίας.

Όταν συμβαίνει μερική αφλογιστία, ο ρυθμός αύξησης της ταχύτητας του στροφαλοφόρου άξονα μειώνεται. Εάν συμβεί πλήρης αφλογιστία, δε θα υπάρξει καμία αύξηση.

### 2.2.1.4 Απεικόνιση του καταλύτη

Ένας υπο-αισθητήρας οξυγόνου (sub-oxygen) (2) που είναι τοποθετημένος στην κατεύθυνση του ρεύματος στην έξοδο του καταλυτικού μετατροπέα, καταγράφει τη switching συχνότητα η οποία συγκρίνεται με τη switching συχνότητα του βασικού αισθητήρα οξυγόνου (1) που είναι τοποθετημένος αντίθετα με το ρεύμα του καταλύτη. Η αποδοτικότητα της οξείδωσης του καταλύτη μπορεί να αποφασιστεί συγκρίνοντας τις switching συχνότητες αυτών των δύο αισθητήρων. Καθώς η απόδοση μετατροπής του καταλύτη μειώνεται, η switching συχνότητα του αισθητήρα (2) αυξάνεται πλησιάζοντας αυτή του αισθητήρα (1). Επιπλέον, ο αισθητήρας (2) μπορεί να χρησιμοποιηθεί πέρα από τη διαδικασία διάγνωσης και για τη διατήρηση του ιδανικού ελέγχου καυσίμου όταν ο καταλύτης αρχίζει να φθείρεται.

Στο παρακάτω σχηματικό διάγραμμα (Εικόνα 2.3) απεικονίζεται η καταγραφή της αποδοτικότητας του καταλύτη:



**Εικόνα 2.3:** Το ECM καταγράφει την αποδοτικότητα του καταλύτη συγκρίνοντας τη switching δραστηριότητα του βασικού αισθητήρα οξυγόνου με αυτή του υπο-αισθητήρα οξυγόνου. Όταν το switching του υπό-αισθητήρα οξυγόνου αρχίζει να πλησιάζει αυτό του βασικού αισθητήρα, υποδεικνύεται η φθορά του καταλύτη και αποθηκεύεται ένας κωδικός βλάβης.

### 2.2.1.5 EGR Σύστημα καταγραφής

Η εμπλουτισμένη καταγραφή των EGR χαρακτηριστικών ρυθμών ροής (flow rate) συμπεριλαμβάνει την ικανότητα εντοπισμού ρυθμών ροής (flow rate) που είναι πάνω ή κάτω από τον προκαθορισμένο ρυθμό παροχής για δοσμένες συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα. Μία μέθοδος για να γίνει κάτι τέτοιο, είναι απλά να καταγράφεται η αλλαγή στη θερμοκρασία της

εσωτερικής πλευράς του περάσματος του EGR. Μία άλλη μέθοδος είναι η μέτρηση της αναλογίας καυσίμου-αέρα στο σύστημα παροχής καυσίμου καθώς η EGR ροή αναστέλλεται στιγμιαία.

#### **2.2.1.6 Evaporative Purge System monitoring (Καταγραφή συστήματος καθαρισμού εξάτμισης)**

Καταγράφοντας τον αισθητήρα οξυγόνου και το πλάτος του παλμού ψεκασμού καθώς το κάνιστρο καθαρίζεται, το ECM μπορεί να εντοπίσει τη μείωση του οξυγόνου στο περιεχόμενο της εξάτμισης και την αντίστοιχη μείωση του πλάτους του παλμού ψεκασμού για να αντισταθμιστεί αυτή η στιγμιαία κατάσταση. Με αυτόν τον τρόπο, το ECM μπορεί να ανιχνεύσει μία αποτυχία στο σύστημα ελέγχου καθαρισμού του κάνιστρου και να αποθηκεύσει έναν κωδικό διάγνωσης σφάλματος ώστε να ειδοποιήσει τον χειριστή του οχήματος για τη δυσλειτουργία. Η συγκεκριμένη λειτουργία υπάρχει μόνο σε μοντέλα που έχουν ενσωματωμένο το OBD II μετά το 1995.

#### **2.2.1.7 Δευτερεύον σύστημα καταγραφής αέρα (Secondary Air System Monitoring)**

Χρησιμοποιώντας ένα ρεύμα αέρος αντίθετης φοράς, από αυτή του ρεύματος του αισθητήρα οξυγόνου, στιγμιαία, κατά τη διάρκεια ενός κλειστού κύκλου λειτουργίας, το ECM μπορεί να καταγράψει την απόκριση του αισθητήρα οξυγόνου και την αύξηση του πλάτους του παλμού ψεκασμού για να αποφασίσει εάν το δευτερεύον σύστημα αέρα λειτουργεί κανονικά.

#### **2.2.1.8 Ενεργοποίηση Ενδεικτικής Λυχνίας Δυσλειτουργιών (MIL)**

Όταν συμβαίνει μία δυσλειτουργία, η ενδεικτική λυχνία θα φωτιστεί και θα παραμείνει φωτισμένη εφόσον η βλάβη δεν επιδιορθώνεται. Η λυχνία θα παραμένει φωτισμένη και μετά από διαδοχικές επανεκκινήσεις ακόμα και αν η βλάβη έχει επιδιορθωθεί. Το OBD II μπορεί να 'σβήσει' τη λυχνία αν έπειτα από τρεις διαδοχικές επανεκκινήσεις του κινητήρα το πρόβλημα δεν επανεμφανιστεί.

Το OBD II θα σβήσει έναν κωδικό σφάλματος μόνο αν η συγκεκριμένη βλάβη στην οποία αναφέρεται δεν επανεμφανιστεί κατά τη διάρκεια σαράντα διαδοχικών επανεκκινήσεων του κινητήρα. Κάποιες αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν επιλέξει να μη σβήνουν τους κωδικούς αλλά τοποθετούν κάποια σήμανση (σημαία) σε κάθε κωδικό που δεν επανεμφανίζεται σε σαράντα διαδοχικές επανεκκινήσεις.

Οι διαγνωστικοί κωδικοί σφαλμάτων μπορούν να διαγραφούν χρησιμοποιώντας ένα γενικό εργαλείο σάρωσης είτε αποσυνδέοντας την τροφοδοσία από το τερματικό ECM BATT.

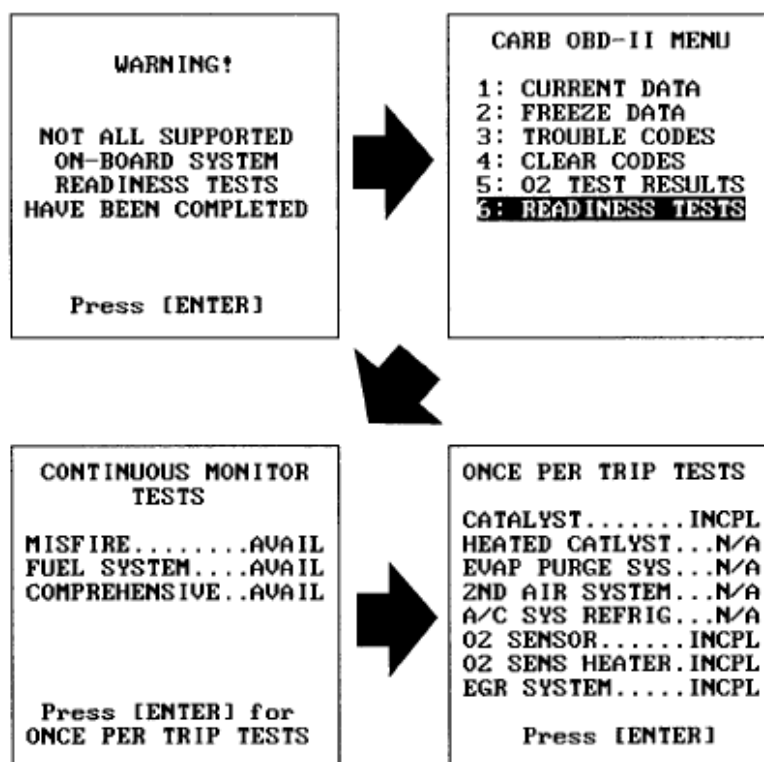
### **2.2.1.9 Έλεγχος ετοιμότητας**

Το διαγνωστικό σύστημα OBD II κάνει συνεχείς καταγραφές για αφλογιστία και βλάβες στο σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου. Επίσης πραγματοποιεί έναν λειτουργικό έλεγχο στον καταλύτη, στο σύστημα EGR και στους αισθητήρες οξυγόνου μία φορά σε κάθε 'κύκλο οδήγησης'. Συγκεκριμένες οδηγικές συνθήκες πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν πριν επιβεβαιωθεί ότι αυτά τα συστήματα λειτουργούν σωστά. Για παράδειγμα, ο κινητήρας θα πρέπει να είναι σε θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας, η γωνία στην οποία είναι πατημένο το γκάζι πρέπει να υπερβαίνει μία προκαθορισμένη τιμή, ο κινητήρας θα πρέπει να έχει ένα συγκεκριμένο φορτίο και ούτω καθεξής.

Όταν αυτές οι συνθήκες δεν πληρούνται το ECM δε θα ολοκληρώσει τον έλεγχο ετοιμότητας και δε θα μπορεί να απεικονίσει τα δεδομένα που θα προέκυπταν αν ο έλεγχος ολοκληρωνόταν. Υπό αυτές τις συνθήκες στο εργαλείο σάρωσης θα εμφανίσει μήνυμα που θα υποδηλώνει ότι 'ο έλεγχος ετοιμότητας δεν ολοκληρώθηκε', προειδοποιώντας το χειριστή ότι τα δεδομένα ελέγχου δεν είναι διαθέσιμα.

Ο έλεγχος ετοιμότητας είναι μία σημαία η οποία χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια I/M επιθεωρήσεων (ελέγχων) για να υποδηλώσει ότι το OBD σύστημα του οχήματος δεν μπορεί να παράξει τις πληροφορίες που χρειάζεται κατά τη διάρκεια του ελέγχου. Σε αυτή την περίπτωση το όχημα πρέπει να συνεχίσει να λειτουργεί μέχρι να ικανοποιούνται όλες οι συνθήκες που απαιτούνται για τον έλεγχο ετοιμότητας. Η συγκεκριμένη διαδικασία αναπαρίσταται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 2.4) η οποία έχει ληφθεί από εργαλείο σάρωσης:

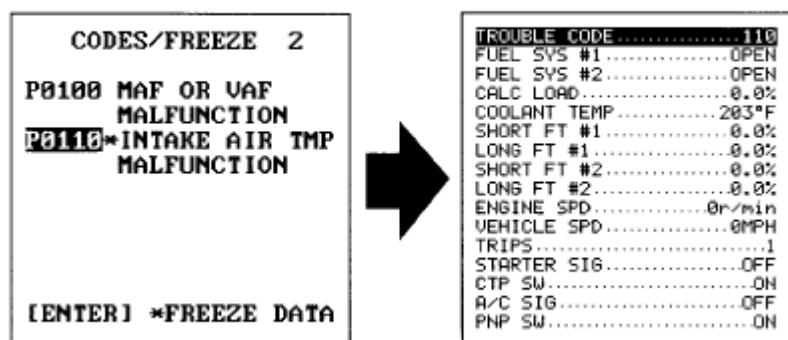




**Εικόνα 2.4:** Προειδοποίηση που εμφανίζεται κατά τη διεξαγωγή του ελέγχου ετοιμότητας: Καθώς εισάγονται οι CARB OBD II διαγνωστικές συναρτήσεις, η παραπάνω εικόνα θα εμφανιστεί εάν το ECM δεν έχει ολοκληρώσει όλους τους δυναμικούς του ελέγχους (και εκείνους που απαιτούν συνεχή καταγραφή και εκείνους που απαιτούν καταγραφή μίας φοράς σε κάθε 'κύκλο ταξιδιού').

### 2.2.1.10 Αποθηκευμένα δεδομένα του κινητήρα

Όταν ανιχνευθεί μία δυσλειτουργία, το σύστημα OBD II θα αποθηκεύσει όλα τα δεδομένα της χρονικής στιγμής στην οποία έγινε η καταγραφή του κωδικού βλάβης. Αυτό το πλαίσιο των αποθηκευμένων δεδομένων μπορεί να ανακτηθεί οποιαδήποτε στιγμή χρησιμοποιώντας το γενικό εργαλείο σάρωσης όπως απεικονίζεται και παρακάτω (Εικόνα 2.5):



**Εικόνα 2.5:** Όταν κάποιος κωδικός διάγνωσης βλάβης αποθηκεύεται στη μνήμη, οι συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα κατά τη στιγμή της αποθήκευσης,

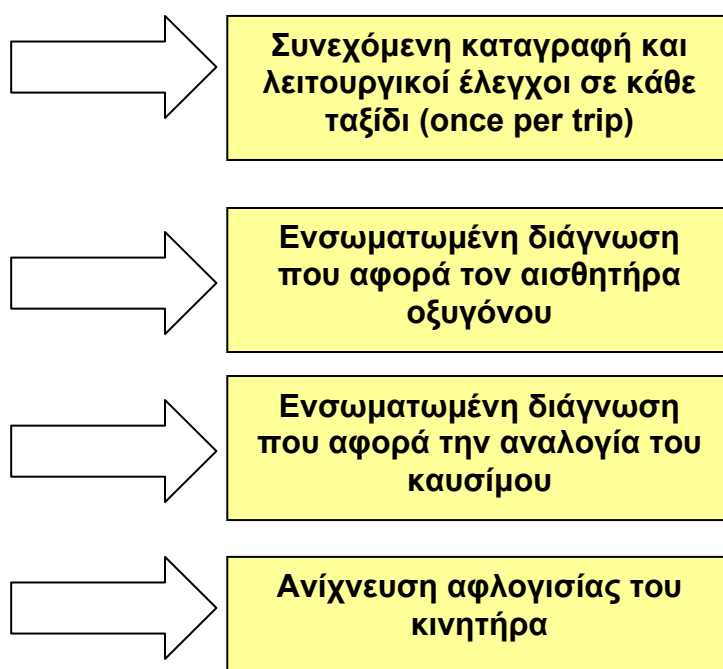
αποθηκεύονται στο ECM ως 'στιγμιότυπο δεδομένων' (freeze frame data). Η ανάκτηση και επισκόπηση αυτών των δεδομένων μπορεί να γίνει κατά τη διάρκεια της διάγνωσης.

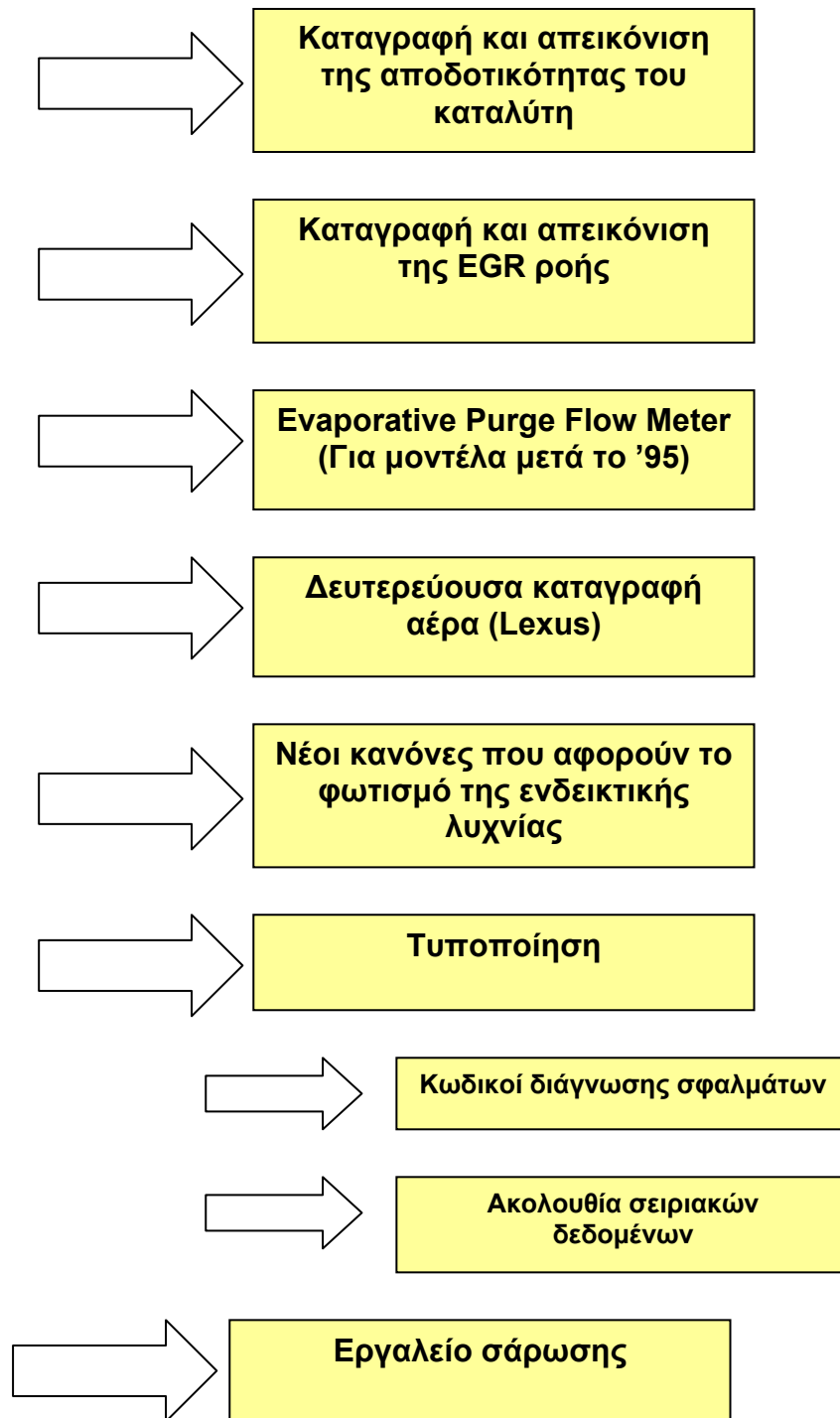
### 2.2.1.11 Τυποποίηση των πληροφοριών επιδιόρθωσης και των κωδικών ανίχνευσης βλαβών

Σύμφωνα με τους κανονισμούς του OBD II οι πληροφορίες διάγνωσης και επισκευής που σχετίζονται με τις εκπομπές καυσαερίων θα είναι άμεσα διαθέσιμες από τον κατασκευαστή του οχήματος στο συνεργείο που θα πραγματοποιεί την επισκευή. Αυτές οι πληροφορίες περιλαμβάνουν διαδικασίες και διευκρινίσεις απαραίτητες για τη διάγνωση του συστήματος ελέγχου του κινητήρα. Παρόλο που πολλά διαγνωστικά στοιχεία μπορούν να είναι διαθέσιμα χρησιμοποιώντας ειδικό εξοπλισμό και διαδικασίες, ειδικές διαδικασίες επισκευής θα γραφούν χρησιμοποιώντας ένα ειδικό εργαλείο σάρωσης και άλλο συνηθισμένο εξοπλισμό ελέγχου όπως πολύμετρα και παλμογράφοι.

Σε μία προσπάθεια να απλοποιηθούν τα διαγνωστικά δεδομένα, το OBD II απαιτεί όλοι οι κατασκευαστές να τυποποιήσουν τους κωδικούς ανίχνευσης βλάβης σε όλα τα οχήματα που είναι εφοδιασμένα με το OBD II. Τελικά, όλες οι πληροφορίες επιδιόρθωσης που σχετίζονται με τις εκπομπές, θα αποκτήσουν τυποποιημένη μορφή και θα είναι διαθέσιμες με ηλεκτρονικά μέσα.

Παρακάτω φαίνονται σχηματικά τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του συστήματος OBD II:





### 2.3 Τροποποίηση του 1990 (περιορισμός καυσαερίων)

Στις 15 Νοεμβρίου του 1990, προστέθηκε η βελτίωση περιορισμού των καυσαερίων ωθώντας την Οργάνωση Προστασίας του Περιβάλλοντος να προωθήσει νέους κανονισμούς απαιτώντας από τους κατασκευαστές αυτοκινήτων να εγκαταστήσουν OBD συστήματα ικανά να:

- Εντοπίζουν δυσλειτουργίες βασικών εξαρτημάτων του σχετίζονται με τις εκπομπές οι οποίες είχαν ως αποτέλεσμα την αποτυχία του

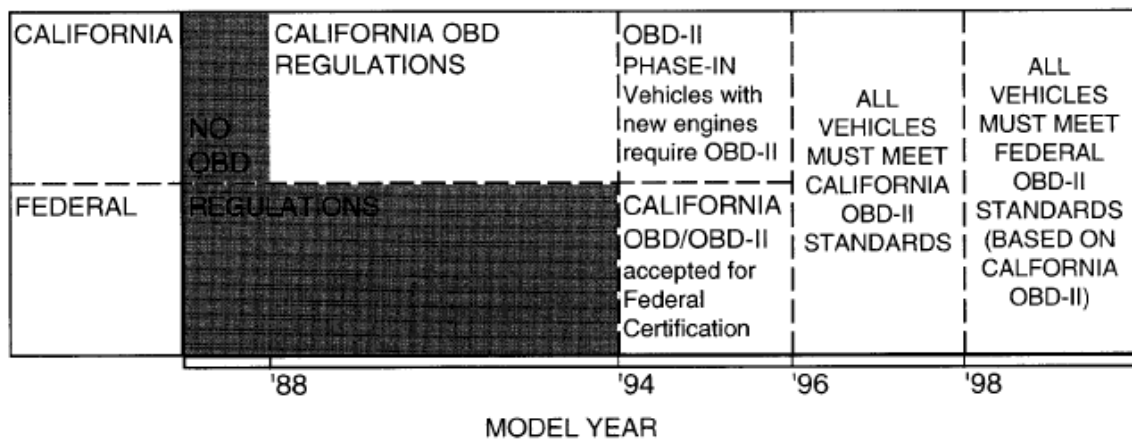
οχήματος να συμμορφωθεί με τα ομοσπονδιακά επιτρεπτά επίπεδα για τις εκπομπές.

- Ειδοποιούν το χειριστή του οχήματος για την ανάγκη συντήρησης ή επισκευής των εξαρτημάτων που σχετίζονται με τις εκπομπές.
- Αποθηκεύουν κωδικούς ανίχνευσης σφαλμάτων και παρέχουν πρόσβαση σε αυτές τις πληροφορίες από το όχημα.

Επιπλέον οι κατασκευαστές θα έχουν διαθέσιμες προς κάθε ενδιαφερόμενο όλες τις πληροφορίες που αφορούν τη συντήρηση και την επισκευή του συστήματος και των εξαρτημάτων εκπομπών.

Η υιοθέτηση αυτών των κανόνων προωθήθηκε από το γεγονός ότι το 1990, 96 αστικές περιοχές στις Ηνωμένες Πολιτείες παραβίαζαν τα διεθνή πρότυπα για την ποιότητα της ατμόσφαιρας αναφορικά με το όζον και άλλες 41 τα παραβίαζαν αναφορικά με το μονοξείδιο του άνθρακα.

Η σταδιακή διαδικασία εισαγωγής του προτύπου OBD II στην Καλιφόρνια και σε όλη την ομοσπονδία απεικονίζεται παρακάτω (Εικόνα 2.6):



Εικόνα 2.6

Ένα πρωτόκολλο OBD II το οποίο υιοθετήθηκε από πολλούς κατασκευαστές οχημάτων είναι και το J1850 PWM, όπως αυτό περιγράφεται στο SAE J1850 Class B. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο αναλύεται στο κεφάλαιο που ακολουθεί.

# **3** **ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ** **SAE J1850 PWM**

### 3.1 Γενικά

Το πρωτόκολλο J1850 PWM (Pulse Width Modulation – Διαμόρφωση Πλάτους Παλμού) αναπτύχθηκε με προσέγγιση ανοικτής αρχιτεκτονικής (open architecture). Ένα δίκτυο που αναπτύσσεται με την αρχιτεκτονική αυτή έχει τη δυνατότητα προσθήκης ή κατάργησης κόμβων με ελάχιστο αντίκτυπο στο υλικό και το λογισμικό των υπολοίπων κόμβων. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτή η προσέγγιση το δίκτυο χρησιμοποιεί Carrier Sense Multiple Access (CSMA) με non-destructive contention resolution. Επιπλέον το δίκτυο αποδίδει προτεραιότητα στα πλαίσια με τέτοιο τρόπο ώστε σε περίπτωση σύγκρουσης μεταξύ κάποιων πλαισίων, τα πλαίσια υψηλότερης προτεραιότητας να εκτελούνται πρώτα σε βάρος αυτών που έχουν μικρότερη προτεραιότητα.

Παρακάτω αναλύονται τα χαρακτηριστικά ενός δικτύου που υλοποιείται με το πρωτόκολλο αυτό.

### 3.2 Τοπολογία Δικτύου – Data Bus Topology

Περιλαμβάνει όλες τις φυσικές συνδέσεις μεταξύ των κόμβων και του δίαυλου, καθώς και όλους τους κόμβους και δίαυλους που αποτελούν το δίκτυο. Η απλούστερη τοπολογία δίαυλου δεδομένων είναι η τοπολογία μονού επιπέδου (simple-level bus topology), η οποία εφαρμόζεται ευρέως στην αυτοκινητοβιομηχανία. Σε μία τέτοια τοπολογία υπάρχει ένας μόνο δίαυλος και όλοι οι κόμβοι συνδέονται μέσω αυτού. Οι ειδικές ανάγκες κάποιας εφαρμογής μπορεί να απαιτούν μια τοπολογία μονού επιπέδου να υλοποιείται με πολλαπλά καλώδια διασύνδεσης τα οποία να λειτουργούν σε διαφορετικές καταστάσεις (ενεργητική – active ή παθητική – passive). Για το λόγο αυτό πρέπει να οριστούν κάποια κριτήρια ώστε μια τοπολογία να θεωρείται μονού επιπέδου τα οποία παρατίθενται ακολούθως:

- α. Όλοι οι κόμβοι στέλνουν και λαμβάνουν δεδομένα μέσω του ίδιου δρόμου.
- β. Όλοι οι κόμβοι λαμβάνουν όλα τα πλαίσια ταυτόχρονα.
- γ. Η επικοινωνία σε κάθε δίαυλο δεδομένων είναι μοναδική.

### 3.3 Έλεγχος του δίαυλου

Παρά το γεγονός ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι ελέγχου του δίαυλου, το πρωτόκολλο J1850 έχει σχεδιαστεί να χρησιμοποιεί έλεγχο δίαυλου στον οποίο δεν υπάρχει κόμβος - αφέντης (masterless bus control). Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτής της μορφής ελέγχου είναι ότι μπορεί να παρέχει τη βάση για την ανάπτυξη ενός συστήματος επικοινωνιών ανοικτής αρχιτεκτονικής. Από τη στιγμή που δεν υπάρχει κόμβος – αφέντης κάθε κόμβος έχει ίσες ευκαιρίες να ξεκινήσει μετάδοση δεδομένων εφόσον ο

δίαυλος είναι διαθέσιμος (ανενεργός). Όμως επειδή όλοι οι κόμβοι δεν είναι εξίσου σημαντικοί γίνεται διάκριση προτεραιότητας μεταξύ των πλαισίων και το πλαίσιο μέγιστης προτεραιότητας ολοκληρώνεται πάντα και διασφαλίζεται ότι δε θα χαθούν δεδομένα εξαιτίας του ανταγωνισμού που αναπτύσσεται κατά τη μετάδοση των πλαισίων.

### 3.4 Διαστρωμάτωση σε επίπεδα

Το πρωτόκολλο J1850 έχει μία δομή οργανωμένη σε επίπεδα για σαφή διαχωρισμό των λειτουργιών και για βέλτιστη λειτουργικότητα. Παρακάτω αναλύεται η οργάνωση των επιπέδων αυτών, καθώς και οι λειτουργίες τους.

#### 3.4.1 Επίπεδο Εφαρμογής – Application Layer

Αυτό το επίπεδο καθορίζει τις σχέσεις μεταξύ των διαφόρων συσκευών εισόδου και εξόδου, λαμβάνοντας υπόψιν και την ενδεχόμενη παρέμβαση από κάποιο χειριστή. Επίσης το επίπεδο αυτό περιγράφει σε γλώσσα υψηλού επιπέδου τις διάφορες λειτουργίες και τους αλγόριθμους ελέγχου, αν απαιτούνται τέτοιοι. Ένα παράδειγμα της λειτουργικότητας του επιπέδου εφαρμογής θα μπορούσε να είναι το εξής: "Πιέζοντας το κουμπί των φώτων πρέπει να ανάψουν τα μικρά φώτα και τα πίσω φώτα". Το επίπεδο εφαρμογής χρησιμοποιείται επίσης για την περιγραφή των θεσμοθετημένων διαγνωστικών λειτουργιών.

Αναλυτικότερα το επίπεδο αυτό υποστηρίζει:

- **Μετάδοση πληροφοριών από έναν κόμβο του δικτύου σε άλλους.** Η μετάδοση αυτή εξυπηρετεί τόσο λειτουργικούς όσο και διαγνωστικούς σκοπούς.
- **Μηνύματα Κανονικής Λειτουργίας:** Πρόκειται για τα μηνύματα που αποστέλλονται κατά τη διάρκεια μη διαγνωστικών λειτουργιών και χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ ενός εκπομπού και ενός η περισσότερων παραληπτών.
- **Διαγνωστικά Μηνύματα:** Το δίκτυο εξυπηρετεί και διαγνωστικούς σκοπούς για τις διάφορες συσκευές που είναι συνδεδεμένες σε αυτό. Οι διαγνωστικές διεργασίες που υποστηρίζονται είναι οι θεσμοθετημένες διαδικασίες διάγνωσης, οι καθιερωμένες διαδικασίες διάγνωσης που χρησιμοποιούνται από τη βιομηχανία καθώς και διαδικασίες διάγνωσης που αναπτύσσονται από τους κατασκευαστές.

Οι θεσμοθετημένες διαγνωστικές λειτουργίες και κάποια επίπεδα διαγνωστικών λειτουργιών που αναπτύσσονται από τη βιομηχανία και τα οποία χρησιμοποιούν τη συνιστώμενη πρακτική (recommended

practice) θα πρέπει να δημιουργούν διαδικασίες και πλαίσια σύμφωνα με τη συνιστώμενη πρακτική (recommended practice). Στα πρωτόκολλα SAE J1979 και SAE J2190 ορίζονται οι αναγνωριζόμενες λειτουργίες ελέγχου που είναι διαθέσιμες και έχουν δεσμευτεί για διαγνωστικούς σκοπούς. Ειδικές διαδικασίες ελέγχου που αναπτύσσουν οι κατασκευαστές και που χρησιμοποιούν το δίκτυο μπορούν να καθορίσουν διαδικασίες οι οποίες δε συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις της συνιστώμενης πρακτικής.

- **Παραμετρικά Διαγνωστικά Δεδομένα:** Τα πρωτόκολλα SAE J1979 και SAE J2190 ορίζουν διαδικασίες ελέγχου καθώς επίσης και τη μορφοποίηση του πλαισίου για χρήση από εξοπλισμό ελέγχου, ο οποίος βρίσκεται εκτός του οχήματος, και μέσω του οποίου μπορούν να ληφθούν διαγνωστικά δεδομένα από αυτό.
- **Κωδικοί Διάγνωσης Βλαβών:** Στο πρωτόκολλο SAE J2012 ορίζονται οι κωδικοί σφάλματος (DTC – Diagnostics Trouble Codes) οι οποίοι αντιστοιχούν στις διάφορες δυσλειτουργίες των συστημάτων του οχήματος και επίσης ορίζεται ένα σύνολο κωδικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους κατασκευαστές για δικούς τους σκοπούς. Στο πρωτόκολλο SAE J1979 και SAE J2190 περιλαμβάνονται μηνύματα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάκτηση των κωδικών αυτών από τα συστήματα των οχημάτων. Τέλος, η αντιστοίχιση των κωδικών σφάλματος σε δυσλειτουργίες του οχήματος μπορεί να γίνει σύμφωνα με τη δομή που περιγράφεται στο πρωτόκολλο SAE J2012. Οι κυριότεροι κωδικοί διάγνωσης βλαβών παρατίθενται στο **Παράρτημα** στο τέλος της αναφοράς. Παρακάτω παρατίθεται τυποποιημένη δομή αυτών των κωδικών:

Κάθε κωδικός αποτελείται από ένα γράμμα ακολουθούμενο από 5 αριθμητικά ψηφία.

1) Το γράμμα στην αρχή του κωδικού μπορεί να είναι P, B, C ή U καθένα από τα οποία αναφέρεται σε διαφορετικό σύστημα όπου ανιχνεύεται η βλάβη. Συγκεκριμένα η αντιστοιχία έχει ως εξής:

- P = Powertrain (μηχανισμός μετάδοσης ισχύος)
- B = Body (αμάξωμα)
- C = Chassis (πλαίσιο)
- U = Undefined (απροσδιόριστο σύστημα)

2) Ο δεύτερος χαρακτήρας είναι ένα ψηφίο το οποίο υποδηλώνει αν ο κωδικός είναι ενσωματωμένος κωδικός του OBD II είτε εάν είναι συγκεκριμένος κωδικός κάποιου κατασκευαστή. Συγκεκριμένα αυτό το ψηφίο μπορεί να πάρει τις τιμές 0 και ένα ως εξής:



- 0: Το '0' υποδηλώνει ότι ο κωδικός είναι ενσωματωμένος κωδικός του OBD II και κοινός για όλα τα οχήματα που είναι εφοδιασμένα με το συγκεκριμένο σύστημα.
- 1: Το '1' υποδηλώνει ότι ο κωδικός είναι κάποιου συγκεκριμένου κατασκευαστή.

3) Ο τρίτος χαρακτήρας υποδηλώνει τον τύπο του υποσυστήματος στο οποίο αναφέρεται ο κωδικός. Συγκεκριμένα ισχύει η ακόλουθη αντιστοιχία:

- 1: Το '1' αναφέρεται στο σύστημα εκπομπών.
- 2: Το '2' αναφέρεται στο σύστημα ψεκασμού.
- 3: Το '3' αναφέρεται στην ανάφλεξη ή την αφλογιστία.
- 4: Το '4' αναφέρεται στον έλεγχο των εκπομπών.
- 5: Το '5' αναφέρεται στην ταχύτητα του οχήματος
- 6: Το '6' αναφέρεται στο κύκλωμα του κεντρικού επεξεργαστή
- 7: Το '7' αναφέρεται στο σύστημα μετάδοσης κίνησης (transmission)
- 8: Το '8' αναφέρεται όπως και το '7' στο σύστημα μετάδοσης κίνησης.
- 9: Δεσμευμένο ψηφίο για τον κατασκευαστή του οχήματος
- 0: Δεσμευμένο ψηφίο για τον κατασκευαστή του οχήματος

4) Ο τέταρτος και ο πέμπτος χαρακτήρας είναι μεταβλητοί και σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο πρόβλημα.

Αναλυτικά οι βασικότεροι κωδικοί διάγνωσης βλαβών φαίνονται στο Παράρτημα. Να σημειώσουμε ότι αναφέρονται μόνο οι P – κωδικοί καθώς η πλακέτα που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε δεν υποστηρίζει εύρεση B, C και U κωδικών.

- **Φιλτράρισμα Πλαισίων:** Η συσκευή Διεπαφής Δικτύου (Network Interface Device) έχει τη δυνατότητα να φιλτράρει τα πλαίσια που κινούνται στο δίκτυο για να επιλέξει αυτά που αφορούν έναν συγκεκριμένο κόμβο. Επειδή στο πρωτόκολλο αυτό χρησιμοποιούνται διαφορετικές τεχνικές διευθυνσιοδότησης, τα κριτήρια φιλτραρίσματος μπορεί να περιλαμβάνουν τη σύγκριση των αρχικών bytes των διαφόρων πλαισίων. Άσχετα με το ποια μέθοδος χρησιμοποιείται, το φιλτράρισμα αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση του φόρτου του λογισμικού περιορίζοντας των αριθμό των λαμβανόμενων πλαισίων στον απολύτως απαραίτητο για κάθε κόμβο.

### 3.4.2 Ενδιάμεσο Επίπεδο Μετατροπής – Data Link Layer

Η κυριότερη λειτουργία του Ενδιάμεσου Επιπέδου Μετατροπής είναι η μετατροπή των bits και των συμβόλων σε σωστά και έγκυρα πλαίσια. Άλλες λειτουργίες είναι η μετατροπή παράλληλων δεδομένων σε σειριακά, ο συγχρονισμός των bits και ο έλεγχος των σφαλμάτων. Αν κατά τον έλεγχο προκύψουν σφάλματα, το επίπεδο αυτό επιδιώκει να τα διορθώσει ή/και να ενημερώσει τα υψηλότερα επίπεδα.

Αναλυτικότερα το επίπεδο αυτό υποστηρίζει:

- **Στρατηγική Διευθυνσιοδότησης:** Δύο τύποι στρατηγικών διευθυνσιοδότησης ορίζονται και μπορούν να συνυπάρξουν σε αυτό το δίκτυο. Οι δύο τύποι εξυπηρετούν διαφορετικά είδη εργασιών και αποτελεί μεγάλο πλεονέκτημα η δυνατότητα να χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα οι δύο τύποι στο ίδιο δίκτυο.
  - **Φυσική Διευθυνσιοδότηση:** Πλαίσια μπορούν να ανταλλαχθούν μεταξύ δύο συσκευών ανάλογα με τη φυσική τους διεύθυνση μέσα στο δίκτυο. Σε κάθε κόμβο αποδίδεται μία μοναδική φυσική διεύθυνση. Αυτός ο τύπος διευθυνσιοδότησης χρησιμοποιείται όταν η επικοινωνία πρέπει να γίνει μεταξύ συγκεκριμένων κόμβων, αποκλείοντας τους υπόλοιπους κόμβους που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Ιδιαίτερα σε διαγνωστική λειτουργία είναι σημαντική η μοναδική διευθυνσιοδότηση και επομένως η ταυτοποίηση ενός συγκεκριμένου κόμβου.
  - **Λειτουργική Διευθυνσιοδότηση:** Πλαίσια μπορούν να μεταδοθούν μεταξύ πολλών συσκευών ανάλογα με τη λειτουργία του κάθε πλαισίου. Σε κάθε κόμβο (ο οποίος μπορεί να βρίσκεται οπουδήποτε στο δίκτυο) αποδίδεται ένα σύνολο λειτουργιών που το αφορούν, είτε ως αποστολέα είτε ως παραλήπτη. Αυτό το είδος διευθυνσιοδότησης χρησιμοποιείται όταν δεν είναι σημαντική η φυσική θέση του κόμβου αλλά η λειτουργία του μηνύματος που αποστέλλεται.
- **Πρόσβαση Δικτύου και Συγχρονισμός Δεδομένων:** Η Διεπαφή του δικτύου μπορεί να υλοποιήσει ένα πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης με μηχανισμό διαιτησίας, χρησιμοποιώντας διαιτησία χωρίς απώλειες (nondestructive bit-by-bit arbitration) για να αποδίδει πρόσβαση στο δίαυλο. Εφόσον δεν υφίσταται σήμα χρονισμού στο δίκτυο, ο συγχρονισμός των κόμβων γίνεται βάσει των μεταβάσεων bits ή συμβόλων στο δίαυλο.
- **Αποθήκευση Πλήρους Μηνύματος:** Ένα ή περισσότερα μηνύματα μπορούν να αποθηκευθούν ολόκληρα στη συσκευή διεπαφής. Αυτή η προσέγγιση μειώνει το φορτίο του λογισμικού, αυξάνοντας παράλληλα

το κόστος του υλικού. Η χρήση Φιλτραρίσματος Μηνυμάτων είναι επίσης δυνατή σε μία τέτοια συσκευή μειώνοντας το φορτίο του λογισμικού ακόμη περισσότερο.

- **Αποθήκευση Byte (Byte Buffering):** Κάθε byte ενός ληφθέντος μηνύματος αποθηκεύεται μόνο του στη συσκευή διεπαφής. Η συσκευή ελέγχου είναι υπεύθυνη για το σωστό χρονισμό της συσκευής διεπαφής ώστε να ανταποκριθεί στην κίνηση των πλαισίων.

- **Στοιχεία Δικτύου και Δομή**

Η γενική μορφή έχει ως εξής:

*idle, SOF, DATA\_0, ..., DATA\_N, CRC, EOD, NB, IFR\_1, ..., IFR\_N, EOF, IFS, idle*

Τα παραπάνω ακρωνύμια ορίζονται στον Πίνακα 3.1:

Ακρωνύμιο	Επεξήγηση – Λειτουργία
idle	<b>Δίαυλος ελεύθερος</b> (αδρανής), συμβαίνει πριν το SOF και μετά το IFS. Ορίζεται ως οποιαδήποτε περίοδος που ο διάυλος βρίσκεται σε παθητική κατάσταση μετά από ένα IFS. Κατά τη διάρκεια του idle bus, οποιοσδήποτε κόμβος μπορεί να ξεκινήσει άμεσα μετάδοση. Παρόλα αυτά όταν δύο ή περισσότεροι κόμβοι ξεκινούν μετάδοση σχεδόν ταυτόχρονα, μπορεί να προκύψει διένεξη. Για το λόγο αυτό γίνεται επανασυγχρονισμός με την θετική ακμή του ρολογιού.
SOF	<b>Έναρξη του Πλαισίου – Start Of Frame</b> Χρησιμοποιείται για να ορίσει μονοσήμαντα την έναρξη του πλαισίου και δε συμμετέχει στον υπολογισμό του κώδικα ανίχνευσης σφαλμάτων CRC.
DATA	<b>Bytes Δεδομένων</b> (μήκους 8 bits το καθένα). Ο συγκεκριμένος αριθμός bytes δεδομένων, το καθένα μήκους 8 bits, που μπορεί να μεταδοθεί εναπόκειται στη βούληση του σχεδιαστή του συστήματος. Στην υλοποίηση Pulse Width Modulation (PWM) στα 41.6 Kbps το μέγιστο μήκος πλαισίου από το SOF ως το EOF (συμπεριλαμβανομένων των SOF και EOF) είναι 101 χρόνοι bit και ο μέγιστος αριθμός των bytes του μηνύματος (μη συμπεριλαμβάνοντας τους χαρακτήρες αρχής ή τέλους του πλαισίου SOF, EOD, EOF και IFS) είναι 12 bytes.

EOD	<p><b>Τέλος Δεδομένων – End Of Data</b> (μόνο όταν χρησιμοποιείται IFR)</p> <p>Χρησιμοποιείται για να σημάνει το τέλος της μετάδοσης από τον δημιουργό του πλαισίου. Αν υπάρχει απόκριση εντός πλαισίου (IFR) τότε αυτή ξεκινάει να μεταδίδεται μετά το EOD αλλά πριν το EOF. Αν δε χρησιμοποιείται IFR ο δίαυλος παραμένει σε παθητική κατάσταση έχοντας ως αποτέλεσμα τη δημιουργία End of Frame (EOF). Αν το πλαίσιο περιέχει ένα IFR, ο δημιουργός του πλαισίου περιμένει οι παραλήπτες να οδηγήσουν το δίκτυο με ένα ή περισσότερα IFR bytes αμέσως μετά το EOD.</p>
CRC	<p><b>CRC Byte</b> (μπορεί να συμβεί και στο IFR)</p> <p>Για τη λειτουργία του CRC βλ. παράγραφο 3.4.2.1.1</p>
NB	<p><b>Bit Κανονικοποίησης – Normalization Bit</b> (μόνο στο VPW)</p> <p>Υπάρχει μόνο στο J1850 VPW και αναφέρεται εδώ για λόγους συμβατότητας.</p>
IFR	<p><b>Byte(s) Απόκρισης Εντός Πλαισίου – In-Frame Response Byte(s)</b></p> <p>Η λειτουργία του IFR παρατίθεται μετά το τέλος του Πίνακα (*).</p>
EOF	<p><b>Τέλος Πλαισίου – End of Frame</b></p> <p>Με την ολοκλήρωση του EOF ορίζεται το τέλος του πλαισίου. Μετά το τελευταίο προς μετάδοση byte (περιλαμβανομένων και των IFR bytes, όπου χρησιμοποιούνται) ο δίαυλος τίθεται σε παθητική κατάσταση. Επομένως, όταν ολοκληρωθεί το EOF όλοι οι παραλήπτες θεωρούν ότι η μετάδοση έχει ολοκληρωθεί.</p>
IFS	<p><b>Διαχωριστικό Διάστημα μεταξύ των πλαισίων – Inter-Frame-Separation</b></p> <p>Διαχωριστικό Διάστημα μεταξύ των πλαισίων – Inter-Frame Separation (IFS) - Χρησιμοποιείται για να επιτρέπει το σωστό χρονισμό μεταξύ των κόμβων κατά τη μετάδοση διαδοχικών πλαισίων. Ένας αποστολέας δεν επιτρέπεται να ξεκινήσει τη μετάδοση στο δίαυλο πριν ολοκληρωθεί η ελάχιστη περίοδος του IFS. Αντίθετα οι παραλήπτες πρέπει να συγχρονίζονται με οποιοδήποτε SOF συμβεί πριν το τέλος του ελάχιστου χρόνου EOF, ώστε να υπάρχει ανοχή στις διακυμάνσεις</p>

	<p>του ρολογιού.</p> <p>Ένας αποστολέας που διεκδικεί την πρόσβαση στο δίαυλο πρέπει να περιμένει να εκπληρωθεί μία εκ των δύο ακόλουθων συνθηκών πριν ξεκινήσει τη μετάδοση του SOF:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Να έχει περάσει το ελάχιστο διάστημα IFS.</li> <li>Να έχει περάσει το ελάχιστο διάστημα EOF και να έχει ανιχνευθεί μία νέα ακμή ρολογιού.</li> </ol>
BRK	<p><b>Break</b> Μπορεί να συμβεί στο δίκτυο οποιαδήποτε στιγμή και χρησιμοποιείται για να διαχειριστεί τις καταστάσεις στις οποίες η επικοινωνία στο δίαυλο πρόκειται να τερματιστεί και όλοι οι κόμβοι τίθενται σε κατάσταση “έτοιμος για λήψη” (“ready to receive”)</p>

**Πίνακας 3.1**

**\*Bytes Απόκρισης Εντός Πλαισίου – In-Frame Response (IFR):** Κατά την In-Frame Response, η μετάδοση των bytes απόκρισης ξεκινάει μετά το EOD. Αν το πρώτο bit του IFR-byte δε μεταδοθεί σε αυτό το σημείο και ο δίαυλος παραμείνει σε παθητική κατάσταση για όσο χρόνο έχει οριστεί το EOF, τότε ο δημιουργός του μηνύματος και όλοι οι παραλήπτες θεωρούν ότι το πλαίσιο έχει ολοκληρωθεί. Η μορφή των IFR-bytes μπορεί να είναι μία από τις ακόλουθες:

- Κανένα Byte Απόκρισης
- Ένα μόνο byte μεταδίδεται από έναν παραλήπτη (συνήθως πρόκειται για μοναδικό παραλήπτη (ID) ή για τη φυσική διεύθυνση του παραλήπτη).
- Πολλαπλά bytes, που το καθένα έχει αποσταλεί από έναν παραλήπτη. Τα bytes αυτά συνδέονται για να αποτελέσουν μια ακολουθία απόκρισης. Το byte απόκρισης κάθε παραλήπτη πρέπει να είναι μοναδικό και για το λόγο αυτό συνήθως αποτελείται από τη φυσική διεύθυνση. Αν κατά τη διαδικασία απόκρισης κάποιος κόμβος χάσει την πρόσβαση στο δίαυλο, τότε αναμεταδίδει το byte απόκρισης μέχρι ο παραλήπτης να εντοπίσει στην ακολουθία απόκρισης το byte απόκρισης του συγκεκριμένου κόμβου. Αντίστοιχα, αν ένας παραλήπτης εντοπίσει το δικό του byte απόκρισης (δηλ. τη δική του φυσική διεύθυνση) μέσα στην ακολουθία απόκρισης τότε σταματάει τη μετάδοσή του, επιτρέποντας στους εναπομείναντες κόμβους να μεταδώσουν το δικό τους byte.
- Ένα ή περισσότερα bytes δεδομένων, όλα προερχόμενα από τον ίδιο κόμβο. Στα bytes αυτά μπορεί να προστεθεί και ένα CRC byte το οποίο υπολογίζεται μόνο για τα bytes απόκρισης.

Το όριο μήκους του πλαισίου εξακολουθεί να ισχύει όταν χρησιμοποιούνται IFR-bytes. Το άθροισμα των data bytes, CRC bytes, και IFR-bytes δεν πρέπει να υπερβαίνει το μήκος του πλαισίου.

Στην εικόνα 3.1 φαίνονται οι διαφορετικές μορφές των IFR Bytes.



**Type 0 - None**



**Type 1 - Single Byte From a Single Responder**



**Type 2 - Single Byte From Multiple Responders**



**Type 3 - Multiple Bytes From a Single Responder**

**Εικόνα 3.1:** Είδη Απόκρισης Εντός Πλαισίου

- **Στοιχεία Πλαισίου:** Τα στοιχεία του πλαισίου πέρα από τα SOF, EOD, NB, EOF, IFS, και BRK είναι byte oriented και πρέπει να τελειώνουν με byte boundaries.
- **Σειρά των bits:** Το πρώτο bit που μεταδίδεται στο δίκτυο είναι το MSB (Σημαντικότερο bit – Most Significant bit).

- **Μέγιστο Μήκος Πλαισίου:** Ο μέγιστος αριθμός συνεχόμενων bits που μπορούν να αποσταλούν, δηλαδή ο μέγιστος χρόνος σε bit times που ένας κόμβος μπορεί να έχει πρόσβαση στο δίαυλο δεν μπορεί να υπερβαίνει ένα άνω όριο. Για τα συστήματα που χρησιμοποιούν Pulse Width Modulation (PWM) στα 41.6 Kbps το μέγιστο μήκος πλαισίου από το SOF ως το EOF (συμπεριλαμβανομένου του EOF) είναι 101 bits. Ο μέγιστος αριθμός bytes ενός μηνύματος εξαιρουμένων των SOF, EOD, EOF, και IFS) είναι 12 bytes.

### 3.4.2.1 Ανίχνευση Σφάλματος

Παρακάτω περιγράφονται και κατηγοριοποιούνται οι καταστάσεις σφάλματος καθώς και οι μηχανισμοί ανίχνευσής τους. Η αντιμετώπιση του σφάλματος εναπόκειται στην κρίση του κατασκευαστή εκτός κι αν αναφέρεται διαφορετικά παρακάτω.

#### 3.4.2.1.1 Cyclic Redundancy Check (CRC)

Χρησιμοποιείται τόσο στα συστήματα με κεφαλίδα ενός byte όσο και σε αυτά με κεφαλίδα 3 bytes. Ο μηχανισμός του CRC αναλύεται ως εξής:

- Οι καταχωρητές (ή οι θέσεις μνήμης) όπου γίνεται ο υπολογισμός και ο έλεγχος του CRC βρίσκονται αντίστοιχα στον κόμβο του αποστολέα και του παραλήπτη και αρχικοποιούνται με λογικό 1 κατά τη διάρκεια του SOF.
- Όλα τα bits του πλαισίου που βρίσκονται μεταξύ του SOF και του πεδίου CRC χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του Data Segment Polynomial που συμβολίζεται με  $D(X)$ . Για κάθε δοσμένο frame, ο αριθμός αυτός μπορεί να μεταφραστεί ως μία δυαδική σταθερά μήκους n-bit όπου n το μήκος του frame σε bits.
- Το CRC πολυώνυμο διαίρεσης είναι το  $X^8 + X^4 + X^3 + X^2 + 1$  και συμβολίζεται με  $P(X)$ .
- Από την ακόλουθη διαίρεση Modulo2 προκύπτει το Υπόλοιπο Πολυώνυμο  $R(X)$ :

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

Σημείωση:  $Q(X)$  είναι το πηλίκο της διαίρεσης.

- Το CRC byte τίθεται ίσο με το  $\overline{R(X)}$ , όπου  $\overline{R(X)}$  είναι το συμπλήρωμα ως προς ένα του  $R(X)$ .
- Το πολυώνυμο  $M(X)$  που μεταδίδεται με το πλαίσιο είναι το εξής:

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

- g. Στον παραλήπτη ολόκληρο το πλαίσιο που έχει ληφθεί, συμπεριλαμβανομένου του CRC byte που εστάλη περνάει μέσα από ένα κύκλωμα ελέγχου CRC. Ένα πλαίσιο χωρίς σφάλματα όταν περνάει από το κύκλωμα ελέγχου CRC θα έχει πάντα ως αποτέλεσμα το πολυώνυμο  $X^7 + X^6 + X^2$  (C4 hex) άσχετα με το περιεχόμενο του πλαισίου.
- h. Παραδείγματα πλαισίων με τα αντίστοιχα CRC bytes υπάρχουν στον Πίνακα 3.2.

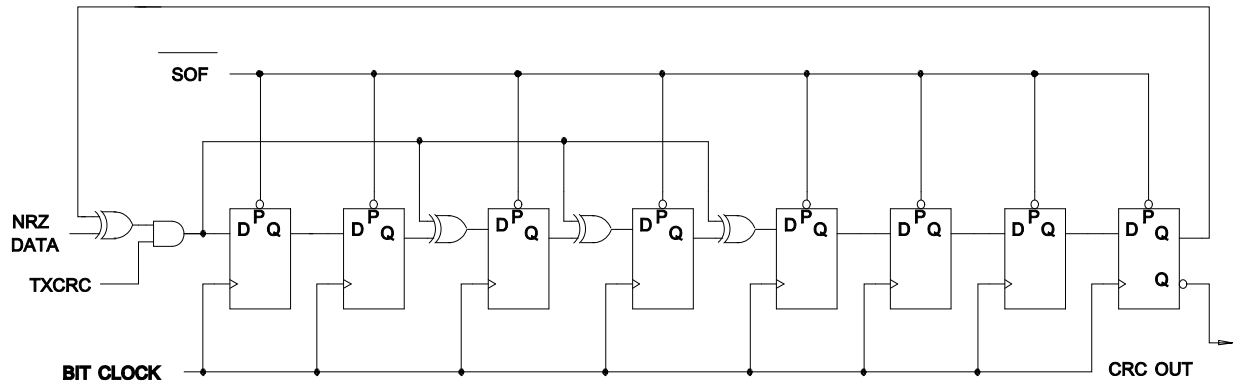
Bytes Δεδομένων (hex)	CRC (hex)
00 00 00 00	59
F2 01 83	37
0F AA 00 55	79
00 FF 55 11	B8
33 22 55 AA BB CC DD EE FF	CB
92 6B 55	8C
FF FF FF FF	74

**Πίνακας 3.2:** Παραδείγματα Frames & Αντίστοιχων CRC Bytes

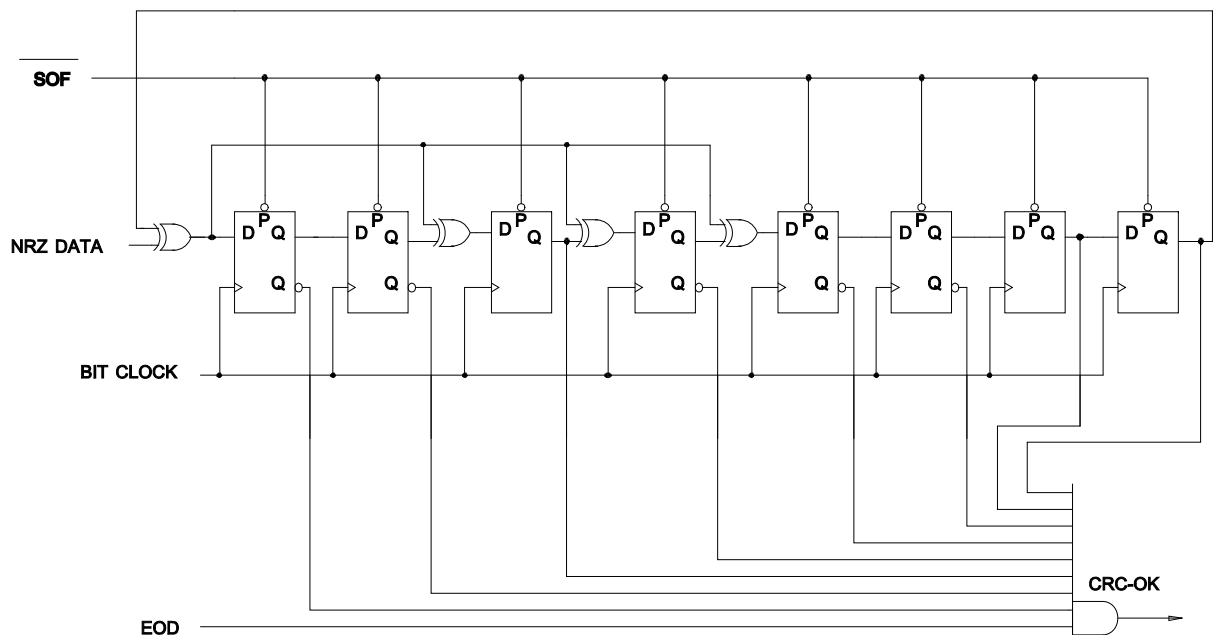
- i. Για να υποδηλωθεί ένα CRC σφάλμα χρησιμοποιείται μία σημαία κατάστασης.
- j. Όταν χρησιμοποιείται CRC για την προστασία ενός IFR οι παραπάνω κανόνες εφαρμόζονται για τον καθορισμό του CRC, όμως οι κόμβοι αποστολέα και παραλήπτη λειτουργούν αντίστροφα. Ο υπολογισμός του CRC περιλαμβάνει μόνο τα IFR-bytes, ενώ τα SOF, EOD, EOF, και NB δε χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό του CRC αλλά χρησιμεύουν ως χαρακτήρες αρχής ή τέλους δεδομένων (data delimiters).

Στην Εικόνα 3.2 απεικονίζεται μία τυπική γεννήτρια CRC, ενώ στην Εικόνα 3.3 απεικονίζεται ένα τυπικό κύκλωμα ελέγχου CRC. Με κατάλληλη σύνδεση τα δύο κυκλώματα μπορούν να χρησιμοποιούν μόνο έναν καταχωρητή ολίσθησης και για τις δύο λειτουργίες τους.





Εικόνα 3.2: Γεννήτρια CRC



Εικόνα 3.3: Ελεγκτής CRC

#### 3.4.2.1.2 Μήκος Πλαισίου/Μηνύματος

Ορίζεται ένα μέγιστο μήκος πλαισίου/μηνύματος που υποστηρίζεται από το πρωτόκολλο. Ένα πλαίσιο που υπερβαίνει το καθορισμένο αυτό μήκος υποδηλώνει ενδεχόμενο σφάλμα.

#### 3.4.2.1.3 Δεδομένα εκτός Ορίων – Out-of-Range – Data

Πρόκειται για δεδομένα που βρίσκονται εκτός των ορίων λειτουργίας του παραλήπτη και οφείλονται σε παρεμβολές στο δίκτυο επικοινωνιών του οχήματος. Η κατάσταση αυτή, στην οποία ο παραλήπτης δεν μπορεί να αποκωδικοποιήσει σωστά τα δεδομένα, μπορεί να εντοπιστεί από μία κατάλληλη συσκευή της οποίας η λειτουργία έγκειται στα παρακάτω:

- a. Ανάκτηση δεδομένων κρατώντας την έξοδο του παραλήπτη στην κατάσταση που βρισκόταν πριν την κατάσταση σφάλματος, για όσο διαρκούν οι παρεμβολές.
- b. Αν η διάρκεια των παρεμβολών είναι τέτοια ώστε να καταστραφεί κάποιο σύμβολο που βρίσκεται στο δίαυλο η ανάκτηση δεδομένων μπορεί να αποτύχει. Στην περίπτωση αυτή προκύπτει σφάλμα.

#### 3.4.2.1.4 Ανίχνευση Μη Έγκυρων Bits

Σε κάποιες περιπτώσεις η ακεραιότητα των δεδομένων μπορεί να αυξηθεί αν ανιχνευθούν οι καταστάσεις στην ακολουθία δεδομένων όπου τα ληφθέντα bits δεν ικανοποιούν τις προδιαγραφές ούτε για λογικό 1 ούτε για λογικό 0.

#### 3.4.2.1.5 Ανίχνευση Μη Έγκυρης Δομής Πλαισίου

Άσχετα με την κωδικοποίηση των δεδομένων η ακεραιότητά τους αυξάνεται αν ανιχνευθεί ένα EOD ή EOF σε κάποιο σημείο της ακολουθίας δεδομένων, που όμως δε συνάδει με το τέλος κάποιου byte, ή αν το μήκος του πλαισίου ξεπερνάει το αντίστοιχο όριο.

#### 3.4.2.2 Αντιμετώπιση Σφαλμάτων

- **Μετάδοσης:** Όταν ο δημιουργός ενός πλαισίου ανακαλύπτει μία κατάσταση σφάλματος στο δίκτυο πρέπει να σταματά τη μετάδοση του μηνύματος πριν την αρχή του επόμενου bit. Μπορεί να επανεκκινήσει τη μετάδοση του πλαισίου μετά από τον καθορισμένο χρόνο IFS ή αφού ανιχνεύσει μία ακμή μετά από κάποιο EOF.
- **Λήψης:** Αν ένα πλαίσιο που λαμβάνεται περιέχει κάποιο σφάλμα το πλαίσιο αυτό πρέπει να αγνοηθεί. Αν χρησιμοποιείται IFR ο παραλήπτης δεν πρέπει να αποκριθεί σε ένα πλαίσιο που περιέχει σφάλμα. Αυτή η έλλειψη απόκρισης λειτουργεί ως ένδειξη ανίχνευσης σφάλματος από τον παραλήπτη.

#### 3.4.3 Φυσικό Επίπεδο – Physical Layer

Το φυσικό επίπεδο και η καλωδίωσή του αποτελούν το μονοπάτι μέσω του οποίου γίνεται η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των διαφόρων επιπέδων του Ενδιάμεσου Επιπέδου Μετατροπής. Τυπικά στοιχεία του Φυσικού Επιπέδου είναι το επίπεδο της τάσης και του ρεύματος, η σύνθετη αντίσταση του μέσου καθώς και ο ορισμός και χρονισμός του bit και των συμβόλων.

Στον τομέα αυτό ορίζονται οι βασικές παράμετροι που αναφέρονται στο υλικό, το φορτίο κάθε μονάδας, το μέγιστο επιτρεπόμενο μέγεθος δικτύου, τα

ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του δικτύου και των κόμβων και ορίζονται τα σφάλματα του φυσικού επιπέδου.

#### 3.4.3.1 Υλικό Φυσικού Επιπέδου

Κάθε κόμβος του δικτύου πρέπει να έχει κατάλληλη τροφοδοσία και επίπεδο γης. Το δίκτυο μπορεί να υλοποιηθεί είτε με μονό είτε με διπλό καλώδιο. Στη δεύτερη περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθούν είτε δύο καλώδια σε σταθερή απόσταση μεταξύ τους, είτε ένα τυλιγμένο ζεύγος καλωδίων.

#### 3.4.3.2 Προδιαγραφές Μονάδας Φορτίου

Το ηλεκτρικό φορτίο που φέρει κάθε συσκευή που συνδέεται στο δίκτυο μετρείται σε μονάδες φορτίου (unit loads). Μία μονάδα φορτίου είναι μία ονομαστική τιμή, τέτοια ώστε αν όλοι οι κόμβοι αντιστοιχούν σε μία μονάδα φορτίου τότε μπορεί να συνδεθεί στο δίκτυο ο μέγιστος επιτρεπόμενος αριθμός κόμβων. Δεν υπάρχει περιορισμός για το μέγιστο φορτίο που μπορεί να επιφέρει κάθε κόμβος στο δίκτυο, δεν επιτρέπεται όμως το συνολικό φορτίο από όλους τους κόμβους να υπερβαίνει το όριο του εκάστοτε συστήματος.

#### 3.4.3.3 Μέγιστος Αριθμός Κόμβων

Ο μέγιστος αριθμός κόμβων που μπορούν να συνδεθούν σε ένα σύστημα καθορίζεται θεωρώντας ότι καθένας επιφέρει φορτίο ίσο με μία μονάδα φορτίου.

#### 3.4.3.4 Μέγιστο Μήκος Δικτύου

Η μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο οποιονδήποτε κόμβων δεν πρέπει να υπερβαίνει μια δοσμένη απόσταση.

Οι γενικές απαιτήσεις του δικτύου συνοψίζονται στον Πίνακα 3.3.

Περιγραφή Παραμέτρου	Τιμή Παραμέτρου
Μήκος Δικτύου Εντός Οχήματος – On-Vehicle Network Length	35 μέτρα
Μήκος Δικτύου Εκτός Οχήματος – Off-Vehicle Network Length	5 μέτρα
Συνολικό Μήκος Δικτύου – Total Vehicle Network Length	40 μέτρα
Μέγιστος αριθμός μονάδων φορτίου - Maximum	32 κόμβοι

number of standard unit loads (συμπεριλαμβάνοντας τον εξοπλισμό εκτός οχήματος)	
Αντίσταση φορτίου εκτός οχήματος – Off-vehicle load resistance	10.6 KΩ min.
Χωρητικότητα Εκτός Οχήματος – Off-vehicle capacitance	500 pF max.

**Πίνακας 3.3:** Γενικές Παράμετροι Δικτύου

### 3.4.3.5 Bit Δεδομένων

Ο δίαυλος δεδομένων μπορεί να βρίσκεται σε μία εκ των δύο καταστάσεων, **ενεργητική** ή **παθητική**. Η μετάβαση από παθητική σε ενεργητική γίνεται κατά την ακμή ανόδου του ρολογιού, ενώ η μετάβαση από ενεργητική σε παθητική γίνεται κατά την ακμή καθόδου.

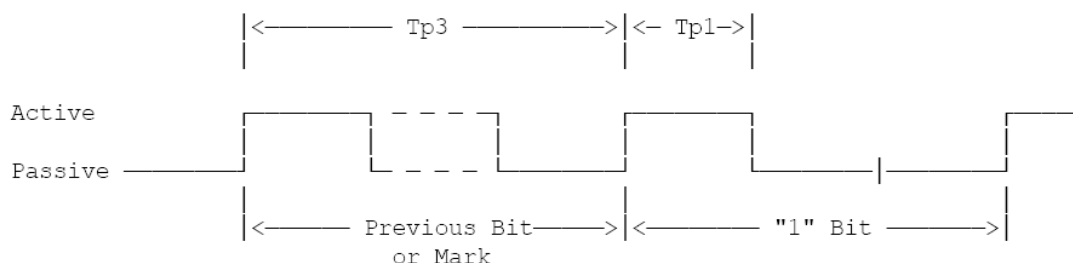
Το πρωτόκολλο J1850 περιλαμβάνει δύο διαφορετικές μεθόδους κωδικοποίησης bit, τη Διαμόρφωση Πλάτους Παλμού (PWM) και τη Διαμόρφωση Μεταβλητού Πλάτους Παλμού – Variable Pulse Width (VPW). Στην παρούσα υλοποίηση χρησιμοποιήθηκε μόνο Pulse Width Modulation. Τα διαγράμματα χρονισμού που ακολουθούν αναπαριστούν τις απαιτήσεις για τη λογική κυματομορφή. Την ευθύνη για τη μετάδοση έγκυρων bits φέρει ο αποστολέας και για το λόγο αυτό ο αποστολέας σε περίπτωση διένεξης πρέπει να επανασυγχρονίζεται, ώστε η κάθοδος του ρολογιού να πληροί τις προδιαγραφές που τέθηκαν. Αντίστοιχα, ο παραλήπτης πρέπει να περιλαμβάνει ένα ψηφιακό φίλτρο που να καθοδηγείται από ρολόι και έναν ψηφιακό ολοκληρωτή, ή ένα κύκλωμα majority vote sampling για την αποκωδικοποίηση των δεδομένων και το συγχρονισμό με το ρολόι.

Στο J1850 PWM ορίζονται τα παρακάτω bits και σύμβολα:

- a. Λογικό "1" bit
- b. Λογικό "0" bit
- c. Έναρξη Πλαισίου – Start of Frame (SOF)
- d. Τέλος Δεδομένων – End of Data (EOD)
- e. Τέλος Πλαισίου – End of Frame (EOF)
- f. Διαχωριστικό Διάστημα μεταξύ των πλαισίων – Inter-Frame Separation (IFS)

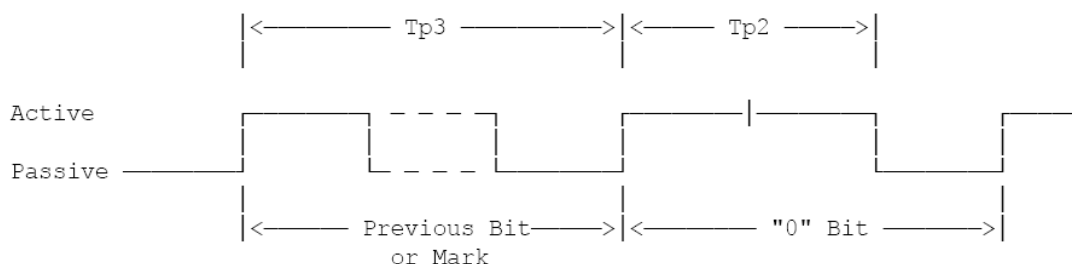
Τα παραπάνω bits και σύμβολα αναλύονται και εξηγούνται ακολούθως:

a) **Λογικό "1"**: Ένα bit ορίζεται ως 1, όταν μία ακμή ανόδου ακολουθεί την προηγούμενη ακμή ανόδου μετά από χρόνο τουλάχιστον ίσο με  $Tp3$  και όταν η ακμή καθόδου εμφανίζεται σε χρόνο  $Tp1$  μετά την ακμή ανόδου. Επίσης δύο διαδοχικές ακμές ανόδου δεν πρέπει να απέχουν λιγότερο από  $Tp3$ . Η σχηματική απεικόνιση της παραπάνω περιγραφής παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.4:



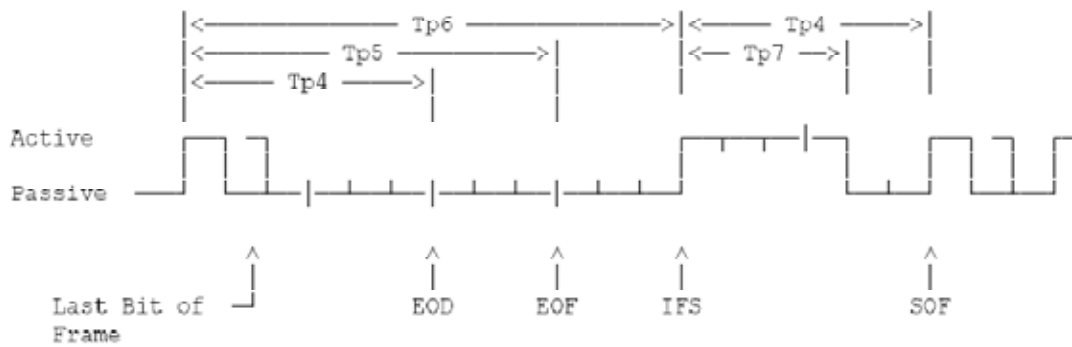
**Εικόνα 3.4**

b) **Λογικό "0"**: Αντίστοιχα με τον προηγούμενο ορισμό, ένα bit ορίζεται ως 0, από μια ακμή ανόδου που έπεται της προηγούμενης ακμής ανόδου τουλάχιστον κατά  $Tp3$  και από την ακμή καθόδου που συμβαίνει μετά από  $Tp2$  από την ακμή ανόδου. Τα παραπάνω φαίνονται σχηματικά στην Εικόνα 3.5:



**Εικόνα 3.5**

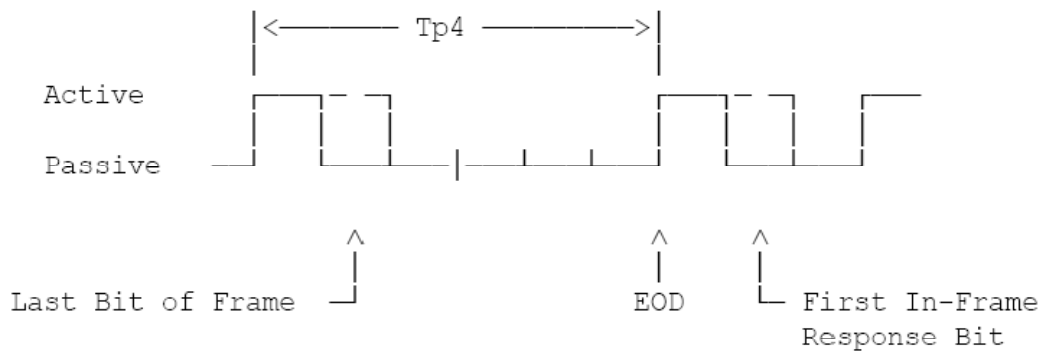
c) Η **Έναρξη του Πλαισίου – Start of Frame (SOF)** ορίζεται από μία ακμή ανόδου που χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς και ακολουθεί την προηγούμενη ακμή ανόδου μετά από τουλάχιστον  $Tp5$ , από μία ακμή καθόδου που εμφανίζεται μετά από  $Tp7$  από το σημείο αναφοράς, ενώ η ακμή ανόδου του πρώτου bit δεδομένων εμφανίζεται μετά από  $Tp4$  από το σημείο αναφοράς όπως φαίνεται και από το σχηματικό διάγραμμα της Εικόνας 3.6:



Εικόνα 3.6

d) Το **Τέλος των Δεδομένων – End of Data (EOD)** χρησιμοποιείται για να δηλώσει ο δημιουργός ενός πλαισίου το τέλος αυτού. Εάν το πλαίσιο περιέχει IFR κομμάτι, τότε αυτό ξεκινά αμέσως μετά το EOD bit (βλ. Εικόνα 3.7). Αν δεν υπάρχει IFR, τότε ο δίαυλος παραμένει σε παθητική κατάσταση για χρόνο ενός ακόμα bit, υποδηλώνοντας με αυτόν τον τρόπο το τέλος του πλαισίου (EOF).

Στο IFR, τα byte(s) απόκρισης ξεκινούν με την ακμή ανόδου του πρώτου bit απόκρισης, Tp4 μετά την ακμή ανόδου του τελευταίου bit που στέλνει ο δημιουργός του πλαισίου. Αν το πρώτο bit του byte απόκρισης δεν εμφανιστεί σε Tp4 και ο δίαυλος παραμένει σε παθητική κατάσταση για διάρκεια ακόμα ενός bit, (δηλαδή για συνολικό χρόνο Tp5) τότε ο δημιουργός του πλαισίου και όλοι οι παραλήπτες του θεωρούν ότι το πλαίσιο έχει ολοκληρωθεί -στην πραγματικότητα το EOD έχει μετατραπεί σε EOF.

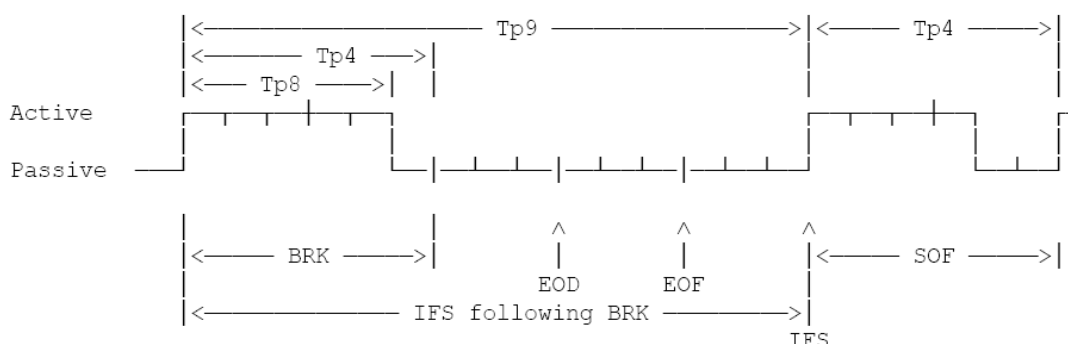


Εικόνα 3.7

e) Το **Τέλος Πλαισίου – End of Frame (EOF)** ορίζει την ολοκλήρωση ενός πλαισίου. Ουσιαστικά, το πρώτο μέρος του EOF –όπως ειπώθηκε παραπάνω- αποτελεί το EOD. Μετά το τελευταίο byte (συμπεριλαμβανομένου του IFR τμήματος, αν υπάρχει) ο δίαυλος τίθεται σε παθητική κατάσταση. Το EOF έχει διάρκεια Tp5 από την ακμή ανόδου του τελευταίου bit και όταν αυτό ολοκληρωθεί, όλοι οι παραλήπτες θα θεωρήσουν ότι το πλαίσιο έχει τελειώσει.

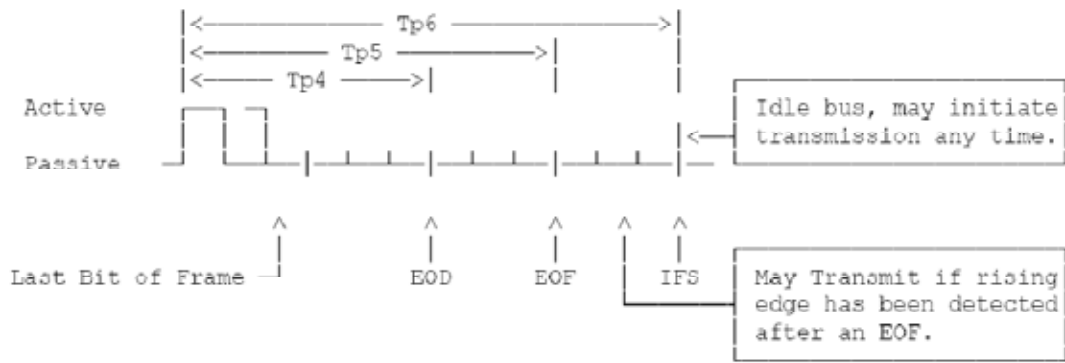
f) Το **Διαχωριστικό Διάστημα μεταξύ των πλαισίων – Inter-Frame Separation (IFS)** χρησιμεύει στο συγχρονισμό των διαφόρων κόμβων κατά τη μετάδοση διαδοχικών μηνυμάτων. Ένας επίδοξος αποστολέας μηνύματος για να ξεκινήσει τη μετάδοση του SOF του πρέπει να περιμένει είτε να λήξει το IFS (το οποίο αποτελείται από Tr6 μετά την ακμή ανόδου του τελευταίου bit, είτε να διαπιστώσει ότι έχει παρέλθει το ελάχιστο διάστημα EOF και έχει επέλθει η επόμενη ακμή ανόδου.

Η **Διακοπή – Break (BRK)** χρησιμοποιείται για να διαχειριστεί τις καταστάσεις εκείνες όπου κάθε επικοινωνία πρέπει να διακοπεί και κάθε κόμβος πρέπει να τεθεί σε κατάσταση αναμονής για λήψη. Στη διαμόρφωση PWM το σύμβολο Break είναι ένα επιμηκυμένο σύμβολο SOF, το οποίο κάποιες συσκευές θα αναγνωρίσουν ως εσφαλμένο και για το λόγο αυτό θα αγνοήσουν το τρέχον πλαίσιο (αν υπάρχει). Μετά το Break ακολουθεί ένα IFS, (Tr9 μετά την ακμή ανόδου του Break) ώστε να συγχρονιστούν όλοι οι παραλήπτες. Αν ο κόμβος που προκαλεί τη διακοπή χρειάζεται εγγυημένη πρόσβαση στο δίαυλο, τότε πρέπει να στείλει ένα πλαίσιο μέγιστης προτεραιότητας, ώστε να είναι βέβαιο ότι δε θα χάσει την πρόσβαση στο δίαυλο λόγω ανταγωνισμού. Η διαγραμματική απεικόνιση των παραπάνω φαίνεται στην Εικόνα 3.8:



**Εικόνα 3.8**

Κατά τη διάρκεια του Idle Bus (Idle) ο δίαυλος βρίσκεται σε παθητική κατάσταση και κάθε κόμβος μπορεί να ξεκινήσει μετάδοση άμεσα. Παρόλα αυτά μπορεί να προκύψει ανταγωνισμός, αν δύο ή περισσότεροι κόμβοι ξεκινήσουν μετάδοση σχεδόν ταυτόχρονα και για το λόγο αυτό γίνεται επανασυγχρονισμός με την ακμή ανόδου του ρολογιού (Εικόνα 3.9).



Εικόνα 3.9

### 3.4.3.6 Απαιτήσεις Χρονισμού των Συμβόλων PWM – PWM Symbol Timing Requirements

Ο χρονισμός των συμβόλων στην PWM υλοποίηση βασίζεται στη μετάβαση από την παθητική στην ενεργητική κατάσταση. Το SOF και κάθε bit δεδομένων έχει μία ακμή οδήγησης (leading edge) με βάση την οποία καθορίζεται ο χρονισμός της επόμενης ακολουθίας. Η μετάβαση από ενεργητική σε παθητική κατάσταση (η οποία συμβαίνει μέσα στο SOF ή στα bits δεδομένων) δε χρησιμεύει ως σημείο αναφοράς για το χρονισμό, αλλά η ακμή οδήγησης αποτελεί το μοναδικό σημείο αναφοράς, γιατί η μετάβαση από παθητική σε ενεργητική κατάσταση στο δίαυλο είναι γρήγορη και αποτελεί μία καθαρή ακμή, αντίθετα με τη μετάβαση από ενεργητική σε παθητική, η οποία είναι αργή και διφορούμενη εξαιτίας των μεταβολών της χωρητικότητας του δικτύου.

Στον Πίνακα 3.4 φαίνονται οι απαιτήσεις χρονισμού για την PWM υλοποίηση με διάρκεια bit 24  $\mu$ s (41.6Kbps):

Σύμβολο	Tx,min	Tx,nom	Tx, max	Rx,min	Rx,max
Tr1: Ενεργή Φάση "1"	$\geq 6$	7	$\leq 8$	$\geq 4$	$\leq 10$
Tr2: Ενεργή Φάση "0"	$\geq 14$	15	$\leq 16$	$\geq 12$	$\leq 18$
Tr3: Διάρκεια Bit	$\geq 23$	24	$\leq 25$	$\geq 21$	$\leq 27$
Tr4: Διάρκεια SOF / EOD	$\geq 47$	48	$\leq 49$	$\geq 42$	$\leq 54$
Tr5: Διάρκεια EOF	$\geq 70$	72	N/A <sup>1</sup>	$\geq 63$	N/A <sup>1</sup>
Tr6: Διάρκεια IFS	$\geq 93$	96	N/A <sup>2</sup>	$\geq 84$	N/A <sup>2</sup>
Tr7: Ενεργό SOF	$\geq 29$	31	$\leq 32$	$\geq 27$	$\leq 34$
Tr8: Ενεργό BRK	$\geq 37$	39	$\leq 41$	$\geq 35$	$\leq 43$
Tr9: Διάρκεια	$\geq 116$	120	N/A <sup>2</sup>	$\geq 105$	N/A <sup>2</sup>

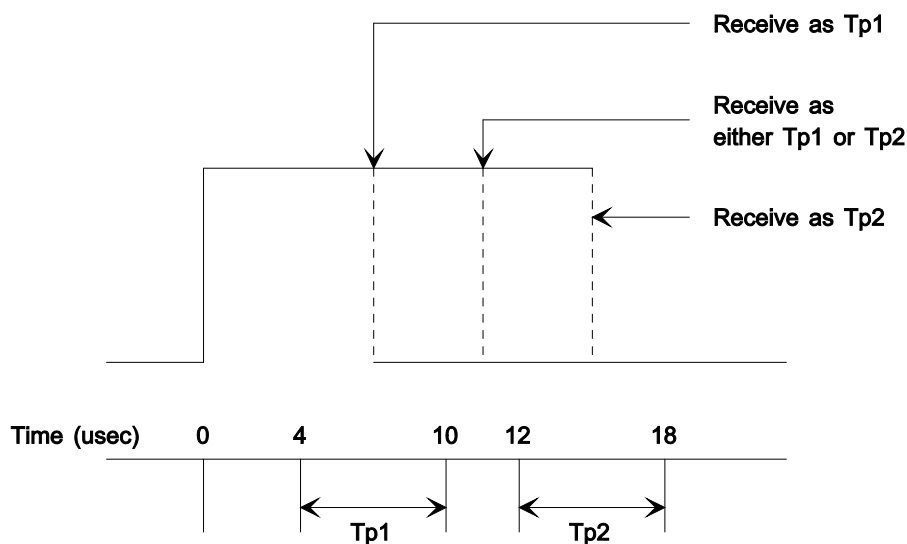


Μετάβασης από BRK σε IFS					
-----------------------------	--	--	--	--	--

**Πίνακας 3.4:** Χρονικά πλάτη παλμών PWM (μsec)

Η ανοχή στη μετάδοση οφείλεται σε ταλαντώσεις, καθυστερήσεις στο φυσικό επίπεδο και διάφορες άλλες αιτίες, ενώ η ανοχή στη λήψη οφείλεται στη διαφορά τάσης μεταξύ εκπομπού και λήπτη καθώς και σε άλλα αίτια.

Ένα ληφθέν σύμβολο μπορεί να μην έχει σαφή τιμή, για παράδειγμα ένα σήμα το οποίο είναι ενεργό για 11μs, μπορεί να εκληφθεί ως ενεργό φάσης "1" ( $T_{p1}$ ) ή ως ενεργό φάσης "0" ( $T_{p2}$ ). Αν ληφθεί λανθασμένη απόφαση τότε αυτή θα εντοπιστεί κατά τον υπολογισμό του CRC Byte. Στην Εικόνα 3.10 φαίνεται ένα παράδειγμα για το πώς πρέπει να αποκωδικοποιηθεί ένα σήμα ανάλογα με το πραγματικό πλάτος του παλμού.



**Εικόνα 3.10:** Παράδειγμα λήψης ενός διφορούμενου συμβόλου  $T_{p1}$  ή  $T_{p2}$

Σημειώνεται ότι ένας παλμός που έχει πλάτος μεταξύ  $T_{p1}(\min)$  και  $T_{p1}(\max)$  πρέπει υποχρεωτικά να αποκωδικοποιείται ως ενεργός φάσης "1", ενώ ένας παλμός πλάτους μεταξύ  $T_{p2}(\min)$  και  $T_{p2}(\max)$  πρέπει να αποκωδικοποιείται ως ενεργός φάσης "0". Ένας παλμός με πλάτος μεταξύ  $T_{p1}(\max)$  και  $T_{p2}(\min)$  δεν έχει σαφή τιμή για τα δεδομένα του συστήματος και μπορεί να αποκωδικοποιηθεί είτε ως "1" είτε ως "0".

Συνεχίζοντας στην ενότητα των bit δεδομένων θα πρέπει να αναφερθεί ο όρος **Ανίχνευση Διένεξης (Contention Detection)** με τον οποίο εννοείται η ανίχνευση συγκρουόμενων (=conflicting) συμβόλων ή bits. Διένεξη προκύπτει όταν περισσότεροι από ένας κόμβοι προσπαθούν να αποκτήσουν πρόσβαση

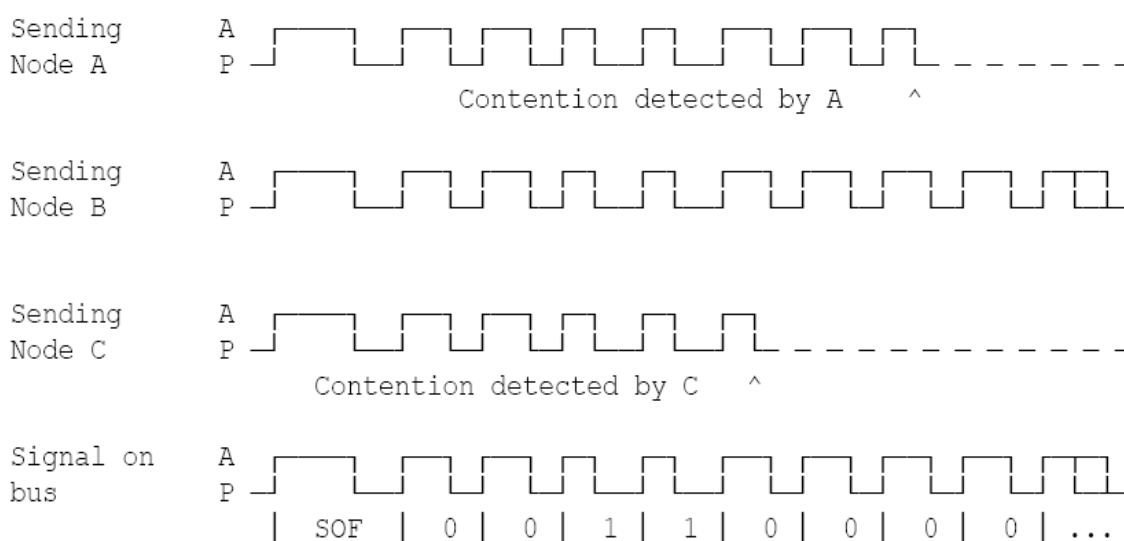
στο δίαυλο σχεδόν ταυτόχρονα. Μέσω της διαδικασίας της διαιτησίας bit-by-bit ανιχνεύονται conflicting μεταδόσεις πλαισίων. Όταν ένας κόμβος ανιχνεύσει κάποια διαφορά μεταξύ του συμβόλου ή του bit που έλαβε σε σχέση με αυτό που μετέδωσε αντιλαμβάνεται διένεξη στη μετάδοση του πλαισίου του. Μόνο ο κόμβος του οποίου το πλαίσιο θα κερδίσει όλες τις διαμάχες με όλους τους υπόλοιπους κόμβους που ξεκίνησαν να μεταδίδουν πλαίσια ταυτόχρονα με αυτόν δε θα διαπιστώσει διένεξη.

Ο μηχανισμός της Διαιτησίας Bit-by-Bit διευθετεί τα conflicts που προκύπτουν λόγω διενέξεων. Ο μηχανισμός αυτός εφαρμόζεται σε κάθε σύμβολο ή bit του πλαισίου, ξεκινώντας από το SOF και συνεχίζοντας μέχρι το τέλος του πλαισίου. Η διαιτησία Bit-by-bit βασίζεται σε φυσικό επίπεδο στην υπεροχή της ενεργητικής έναντι της παθητικής κατάστασης. Συγκεκριμένα όλα τα σήματα που μεταδίδονται στο δίαυλο αποτελούνται από εναλλασσόμενες ενεργητικές και παθητικές καταστάσεις. Κατά την ταυτόχρονη μετάδοση πολλών μηνυμάτων ο δίαυλος βρίσκεται διαρκώς σε ενεργητική κατάσταση, επομένως αν ο κόμβος που αποστέλλει ένα μήνυμα διαπιστώσει κατά τη διάρκεια αποστολής της κεφαλίδας ότι στο δίαυλο υπάρχει διαφορετικό λογικό επίπεδο τότε σταματά τη μετάδοση του μηνύματός του πριν το επόμενο bit. Αν ο αποστολέας αντιληφθεί διαφορετικό επίπεδο στο δίαυλο από το αναμενόμενο κατά τη διάρκεια του κομματιού δεδομένων του πλαισίου μπορεί να αντιδράσει με έναν από τους εξής τρόπους:

- α. Μπορεί να διακόψει τη μετάδοση πριν την αρχή του επόμενου bit (όπως και στην περίπτωση του σφάλματος στην κεφαλίδα). Αν η μετάδοση διακοπεί πρόωρα λόγω διένεξης στο τέλος κάποιου byte υπάρχει μία περίπτωση στις  $2^8$  το τελευταίο byte που θα ληφθεί να είναι το CRC byte των προηγούμενων bytes και άρα το frame να εκληφθεί ως έγκυρο. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το ενδεχόμενο όλοι οι κόμβοι πρέπει να επιβεβαιώνουν ότι τα μηνύματα που έλαβαν έχουν το σωστό μήκος.
- β. Μπορεί να μεταδώσει επιπλέον bits (λιγότερα από 8) όταν ανιχνεύσει διένεξη στο τέλος ενός byte, ώστε όλοι οι άλλοι παραλήπτες να λάβουν ένα σφάλμα πλαισίου σε περίπτωση που προκύψει διένεξη λόγω θορύβου.

Η πρόσβαση στο δίαυλο παραχωρείται με προτεραιότητα στους κόμβους που αποστέλλουν ένα ενεργητικό σήμα σε σχέση με αυτούς που αποστέλλουν παθητικό σήμα. Στην Εικόνα 3.11 φαίνεται η διαδικασία αυτή σε φυσικό επίπεδο.

## BIT-BY-BIT ARBITRATION ON A PWM BUS



**Εικόνα 3.11:** Διαιτησία

Όπως έχει ήδη ειπωθεί, η διαδικασία της διαιτησίας εφαρμόζεται σε ολόκληρο το πλαίσιο. Καθώς μεταδίδεται κάθε σύμβολο ή bit κάθε ταυτόχρονα μεταδιδόμενου πλαισίου όλοι οι κόμβοι ανιχνεύουν ενδεχόμενη διένεξη. Οι κόμβοι που ανιχνεύουν διένεξη χάνουν την προτεραιότητά τους και σταματούν τη μετάδοση ενώ οι εναπομείναντες κόμβοι συνεχίζουν κανονικά τη μετάδοση. Επομένως ο κόμβος που τελικώς επικρατεί στο δίαυλο είναι αυτός που δε χρειάστηκε να ανιχνεύσει διένεξη.

Η Διαιτησία όπως περιγράφηκε παραπάνω εφαρμόζεται σε όλα τα σύμβολα ή bits αρχίζοντας από το SOF και φτάνοντας μέχρι και το EOF, καθώς και στα σύμβολα του IFR –αν αυτό υπάρχει.

Εκτός από όσα έχουν ήδη αναφερθεί, μέσω της διαδικασίας της διαιτησίας υλοποιείται ένας μηχανισμός απόδοσης προτεραιότητας στα πλαίσια. Αν η διαδικασία της διαιτησίας ολοκληρωθεί πριν την εκκίνηση της μετάδοσης του τμήματος δεδομένων του πλαισίου, αν δηλαδή απορριφθούν όλα τα πλαίσια πλην ενός, τότε ουσιαστικά έχει λάβει χώρα μια διαδικασία απόδοσης προτεραιότητας.

Αν δύο ή περισσότεροι κόμβοι προσπαθήσουν να αποκτήσουν πρόσβαση στο δίαυλο κατά τη διάρκεια του ίδιου παραθύρου συγχρονισμού των πλαισίων τότε η διαιτησία θα γίνει με βάση την τιμή του bit κάθε πλαισίου που μεταδίδεται εκείνη τη χρονική στιγμή. Με δεδομένο ότι η ενεργητική κατάσταση υπερισχύει της παθητικής το πλαίσιο που μετέδωσε το ενεργητικό σήμα θα επιβεβαιώσει το μήνυμα που έστειλε και άρα θα κερδίσει τη διαιτησία. Ως αποτέλεσμα, τη διαδικασία της διαιτησίας κερδίζουν (ή θα έπρεπε να κερδίζουν) τελικά τα πλαίσια μεγαλύτερης προτεραιότητας,

γεγονός που αιτιολογεί γιατί η διαιτησία χαρακτηρίστηκε ως μηχανισμός απόδοσης προτεραιότητας.

Αν λάβουμε επιπλέον υπ' όψιν ότι η ενεργητική κατάσταση αντιστοιχεί στο λογικό μηδέν, γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι τα πλαίσια των οποίων τα πρώτα bytes μετά το SOF έχουν την μικρότερη τιμή έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα έναντι των υπολοίπων, με το μηδέν να αποτελεί προφανώς την τιμή με την απόλυτη προτεραιότητα. Ο μηχανισμός αυτός λειτουργεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο άσχετα με τον αριθμό των bytes που θα χρησιμοποιηθούν για την διαιτησία.

### 3.4.3.7 Αφύπνιση Κόμβων μέσω του Φυσικού Επιπέδου - Node Wake-Up Via Physical Layer

Η μετάβαση από μία ανενεργή κατάσταση ή κατάσταση αναμονής σε λειτουργική κατάσταση είναι μια σημαντική ανάγκη στα δίκτυα των οχημάτων. Η μετάβαση από τη μία κατάσταση στην άλλη καθορίζεται από το Επίπεδο Τομέα – Session Layer, το οποίο ορίζεται από δύο διαφορετικές σκοπιές, απαραίτητες και οι δύο για να οριστεί πλήρως η διαδικασία Αφύπνισης Κόμβων. Αφενός (α) από τη σκοπιά του Υλικού Δικτύου, χωρίς να λαμβάνονται υπ' όψιν οι κόμβοι, αλλά και (β) από την σκοπιά του κάθε κόμβου ξεχωριστά όπως αναλύεται στη συνέχεια:

#### α) Υλικό Δικτύου

Ένα δίκτυο μπορεί να χαρακτηριστεί ως Unbiased ή Biased (μη πολωμένο ή πολωμένο), ανάλογα με το αν βρίσκεται σε λειτουργική κατάσταση ή όχι.

**Σε ένα unbiased δίκτυο** όλοι οι κόμβοι βρίσκονται σε επίπεδο γης και η σύνθετη αντίσταση των κόμβων δεν ελέγχεται. Σε ένα τέτοιο δίκτυο δεν μπορεί να υπάρξει κανενός είδους επικοινωνία, αλλά πρέπει το δίκτυο να έρθει πρώτα σε biased κατάσταση. Η μετάβαση από τη μία κατάσταση στην άλλη μπορεί να λειτουργήσει ως σήμα αφύπνισης για συγκεκριμένες εφαρμογές, χωρίς αυτό όμως να είναι απόλυτο. Για παράδειγμα είναι δυνατό σε ένα biased δίκτυο να υπάρχουν κόμβοι σε κατάσταση ύπνου ή σε ένα unbiased δίκτυο να υπάρχουν ενεργοί σταθμοί.

**Σε ένα Biased δίκτυο** όλοι οι κόμβοι βρίσκονται σε παθητικό επίπεδο (όταν δεν υπάρχει κάποια ανταλλαγή μηνυμάτων), ενώ οι σύνθετες αντιστάσεις είναι κατάλληλες ώστε να μπορεί να λάβει χώρα επικοινωνία. Οι μεμονωμένοι κόμβοι μπορεί να βρίσκονται σε κάποια από τις τρεις καταστάσεις που περιγράφονται παρακάτω. Σημειώνεται ότι οι κόμβοι οι οποίοι βρίσκονται στην (προαιρετική) κατάσταση ύπνου πρέπει να “ξυπνήσουν” μέσα στον κατάλληλο “χρόνο αφύπνισης”. Με άλλα λόγια, όλοι οι κόμβοι που μπορούν να ξυπνήσουν με κατάλληλα σήματα από το δίκτυο, υποχρεώνονται να το κάνουν. Σε αντίθετη περίπτωση οι κόμβοι αυτοί θεωρείται ότι δεν τροφοδοτούνται (unpowered). Με τον περιορισμό αυτό, καθορίζεται ένα

μέγιστο (και όχι άπειρο) χρονικό διάστημα καθυστέρησης που είναι αποδεκτό μέχρις ότου ξυπνήσουν όλοι οι κόμβοι.

Ο χρόνος που χρειάζεται η μετάβαση από την unbiased στην biased κατάσταση δεν καθορίζεται σαφώς, αλλά αφήνεται στην ευχέρεια του σχεδιαστή, καθώς η παράμετρος αυτή εξαρτάται από τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής, ενώ μπορεί να μην υφίσταται καν, αν για παράδειγμα το δίκτυο είναι μόνιμα biased. Ομοίως δεν ορίζεται και ο χρόνος μετάβασης μεταξύ των υπολοίπων καταστάσεων.

## β) Μεμονωμένοι Κόμβοι - Individual Nodes

Οι μεμονωμένοι κόμβοι μπορεί να βρίσκονται σε μία από τις ακόλουθες καταστάσεις:

- **Μη Τροφοδοσίας - Unpowered Node:** Ένας κόμβος που βρίσκεται σε αυτήν την κατάσταση δεν μπορεί ούτε να επικοινωνήσει με το δίκτυο, αλλά ούτε και να αντιδράσει σε ενδεχόμενα σήματα αφύπνισης.
- **Ύπνου – Sleeping Node:** Ένας κόμβος που βρίσκεται σε αυτή την κατάσταση μπορεί να έχει κάποια (προαιρετική) κατάσταση χαμηλής ενέργειας (low power standby mode), από την οποία να μπορεί να ξυπνήσει αν ανιχνεύσει κάποιο σήμα αφύπνισης. Κάθε συσκευή του δικτύου που βρίσκεται σε κατάσταση ύπνου μπορεί να αφυπνιστεί είτε από κάποια άλλη συσκευή μέσω του δικτύου είτε από το host μέσω της διεπαφής. Δεν υπάρχει καμία συγκεκριμένη απαίτηση για τη μετάβαση από την ενεργή κατάσταση σε κατάσταση ύπνου.
- **Ενεργός/ Λειτουργικός – Μη Ενεργός/Λειτουργικός – Awake / Operational - An awake / operational:** Πρόκειται για κόμβους που μπορούν να λαμβάνουν και να αποστέλλουν πλαίσια στο δίκτυο. Ο χρόνος μετάβασης από την αποστολή του σήματος αφύπνισης μέχρι την πλήρη ενεργοποίηση του κόμβου ώστε να μπορεί να επικοινωνεί στο δίκτυο εξαρτάται από την εφαρμογή. Η μετάβαση του δίαυλου από παθητική σε ενεργητική κατάσταση μπορεί να εκληφθεί ως σήμα αφύπνισης από έναν μέχρι εκείνη τη στιγμή κοιμώμενο κόμβο.

### 3.4.3.8 Σφάλματα του Φυσικού Επιπέδου – Physical Layer Fault Considerations

Σε περίπτωση που υπάρξει κάποια αστοχία το δίκτυο ανταποκρίνεται σε αυτήν υποχρεωτικά με συγκεκριμένο τρόπο (Required Fault Tolerant Modes ) όπως αναλύεται στη συνέχεια:

- **Απώλεια Τροφοδοσία Κόμβου:** Όλοι οι κόμβοι συνεχίζουν να ανταποκρίνονται στις ηλεκτρικές απαιτήσεις του δικτύου σε περίπτωση που υπάρξει πτώση τάσης ή διακοπή της τροφοδοσίας.

- **Δίαυλος Συνδεδεμένος στη γη:** Όταν ο διάυλος γειώνεται η επικοινωνία στο δίκτυο διακόπτεται, αλλά δεν προκαλείται βλάβη σε κανέναν κόμβο.
- **Δίαυλος Συνδεδεμένος στην μπαταρία:** Όταν ο διάυλος βρίσκεται στην τάση της μπαταρίας η επικοινωνία στο δίκτυο διακόπτεται, αλλά δεν προκαλείται βλάβη σε κανέναν κόμβο.
- **Απώλεια γείωσης ενός κόμβου:** Όταν ένας κόμβος χάσει το επίπεδο γης του, τότε η επικοινωνία μεταξύ των υπόλοιπων κόμβων συνεχίζονται κανονικά.

Προαιρετικά, μπορεί να γίνει πρόβλεψη ώστε το δίκτυο να αντιδρά κατά προκαθορισμένο τρόπο και σε άλλες περιπτώσεις αστοχίας (Optional Fault Tolerant Modes). Συγκεκριμένα όταν αλλοιωθεί ο τερματισμός ή το biasing σε κάποιο σημείο του δικτύου, καθώς και όταν ένας κόμβος αποσυνδέεται από το δίκτυο δεν αλλοιώνεται η λειτουργικότητα του δικτύου και οι υπόλοιποι κόμβοι εξακολουθούν να ανταλλάζουν μηνύματα. Επίσης σε συστήματα με διάυλο διπλού καλωδίου, οι κόμβοι εξακολουθούν να έχουν πλήρη επικοινωνία και με τον προκαθορισμένο ρυθμό bit στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- (1) Ανοιχτοκύκλωμα του "+" ή του "-" του δίαυλου
- (2) Γείωση του "+" ή του "-" του δίαυλου
- (3) Σύνδεση του "+" ή του "-" του δίαυλου με την τάση της μπαταρίας.
- (4) Σύνδεση του "+" ή του "-" του δίαυλου με οποιαδήποτε άλλη τάση μεταξύ της τάσης της γης και της τάσης της μπαταρίας.

Για τη χρονική περίοδο που υφίσταται η βλάβη στο δίκτυο, η ανοχή στο θόρυβο καθώς και οι παρεμβολές μπορεί να αλλάξουν, όμως μετά την αποκατάσταση της βλάβης επανέρχονται σε κανονικά επίπεδα.

Όλοι οι κόμβοι προστατεύονται από τις προαναφερθείσες βλάβες, ώστε να μπορούν να επανέλθουν αυτόματα στην αρχική λειτουργική τους κατάσταση όταν διορθωθεί η βλάβη.

Τέλος σε περίπτωση που το "+" και το "-" του δίαυλου βραχυκυκλωθούν, η επικοινωνία διακόπτεται και δεν προβλέπεται κάποια αντίδραση από το δίκτυο.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.5) παρουσιάζονται όλες οι DC παράμετροι της PWM:

Παράμετρος	Σύμβολο	Min	Typ	Max	Μονάδες
Input High Voltage	$V_{ih}$	2.80	---	6.25	volts
Input Low Voltage	$V_{il}$	-1.00	---	2.20	volts
Output High Voltage	$V_{oh}$	3.80	---	5.25	volts
Output Low Voltage	$V_{ol}$	0.00	---	1.20	volts

Absolute Ground Offset Voltage	$V_{go}$	0.00	---	1.00	volts
Bus (+) Driver & Bus (-) Termination Supply Voltage	$V_{sup}$	4.75	5.00	5.25	volts
Receiver Input Common Mode Operating Range	$V_{cm}$	1.80	---	2.75	volts
Receiver Hysteresis & Overdrive	$V_{hys}$	---	---	180	mvolts
Network Resistance (each wire)	$R_{load}$	85	---	378	ohms
Network Capacitance (each wire)	$C_{load}$	500	---	15,000	pF
Network Time Constant <sup>2</sup>	$T_{load}$	---	---	1.35	μsec
Signal Transition Time	$T_t$	---	---	1.75	μsec
Node Resistance (unit load, each wire)	$R_{ul}$	---	2,880	---	ohms
Node Capacitance (unit load, each wire to ground)	$C_{ulg}$	---	250	---	pF
Node Capacitance (unit load, wire-to-wire)	$C_{ulw}$	---	10	---	pF
Node Leakage Current (each wire - active state)	$I_{leakA}$	---	---	100	μAmp
Node Leakage Current (each wire - passive state, unpowered node)	$I_{leakPU}$	---	---	100	μAmp
Node Leakage Current (each wire - passive state, powered node)	$I_{leakPP}$	---	---	20	μAmp

Πίνακας 3.5: DC παράμετροι PWM

### 3.5 Υλοποίηση Δικτύου – Network Implementation

Τα μηνύματα ξεκινούν με ένα ή τρία bytes που αποτελούν την κεφαλίδα (Header). Τα bytes της κεφαλίδας ορίζουν πλήρως τις απαιτήσεις της υλοποίησης του δικτύου. Στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 3.1, 3.2, 3.3) φαίνονται η γενική μορφή της κεφαλίδας ενός και τριών bytes.

Single Byte Header:

Bit 7	6	5	4	3	2	1	0
-------	---	---	---	---	---	---	---

**ID Μηνύματος (256)**

One Byte Form of Consolidated Header:

Bit 7	6	5	4	3	2	1	0
X	x	x	H=1	X	X	x	x

**ID Μηνύματος (128)**

**Σχήμα 3.1:** Single Byte Header & One Byte Form of Consolidated Header

Three Byte Form of Consolidated Header

<b>Byte 1</b>	<b>Byte 2</b>	<b>Byte 3</b>
Βλ. Σχήμα 3.3	Διεύθυνση Παραλήπτη	Διεύθυνση Αποστολέα

**Σχήμα 3.2:** Three Byte Form of Consolidated Header

Byte 1 of Three Byte Form of Consolidated Header:

Bit 7	6	5	4	3	2	1	0
P	P	P	0	K	Y	Z	Z
Προτεραιότητα (0 έως 7)			H=0	Τύπος Μηνύματος (βλ. παρακάτω)			

Bit	Σημασία	Τιμή	Σημασία
K	In-Frame Response (IFR)	0	Απαιτείται IFR
		1	Δεν απαιτείται IFR
Y	Λειτουργία Διευθυνσιοδότηση	0	Λειτουργική
		1	Διευθυνσιοδότηση Φυσική Διευθυνσιοδότηση
ZZ	Μήνυμα Ειδικού Τύπου	00	Η σημασία αυτών των τιμών εξαρτάται από τα K και Y παραπάνω και αναλύονται στο πρωτόκολλο J2178/1.
		01	
		10	
		11	

**Σχήμα 3.3:** First Byte of Three Byte Form of Consolidated Header



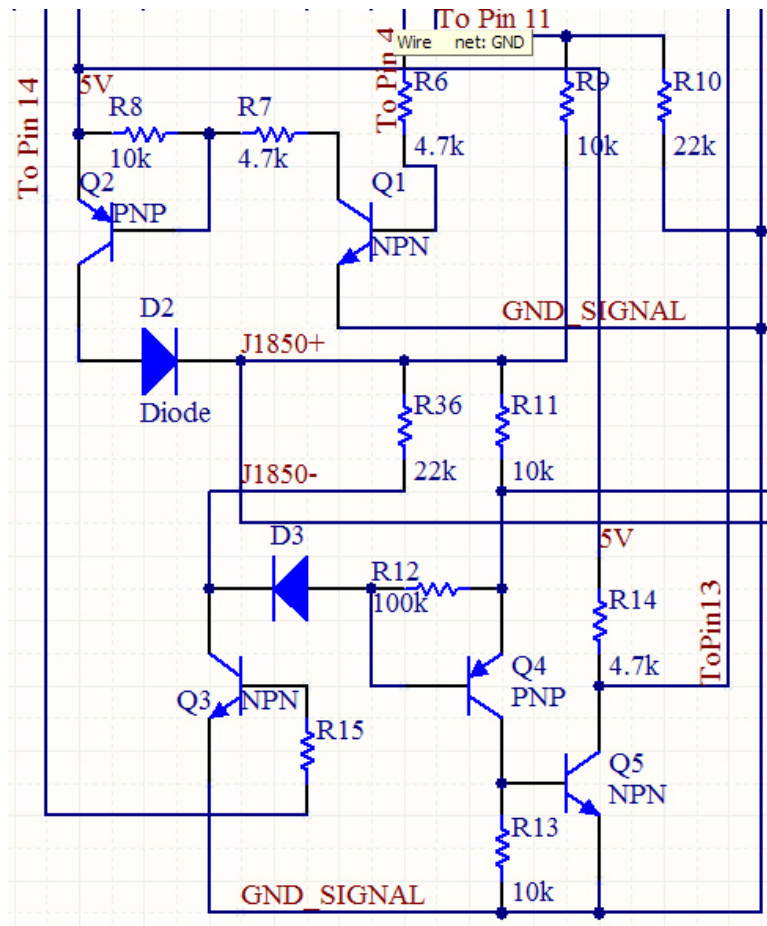
Εφόσον ολοκληρώθηκε η παρουσίαση και η επεξήγηση του πρωτοκόλλου στο οποίο βασίστηκε η εφαρμογή, ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθήθηκε για να σχεδιαστεί και να υλοποιηθεί τόσο το ηλεκτρονικό κύκλωμα όσο και το γραφικό περιβάλλον (GUI). Παράλληλα θα αναλυθεί η λειτουργία τους και ο τρόπος που επικοινωνούν προκειμένου να ληφθεί τελικά το επιθυμητό αποτέλεσμα.



# **4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ**





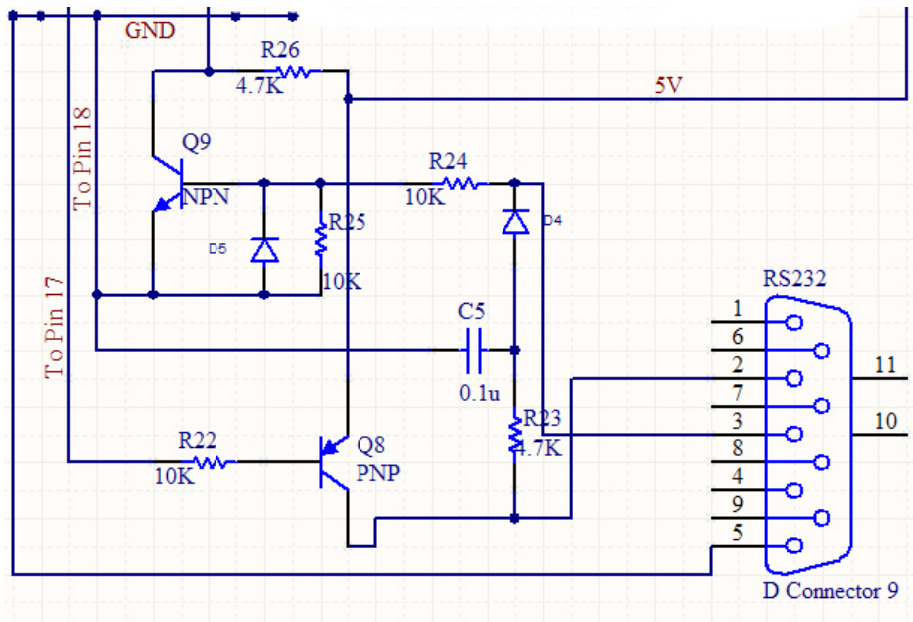


Εικόνα 4.3: Κύκλωμα εισόδου J1850 PWM

#### 4.1.3 Διασύνδεση RS232

Επειδή στα σύγχρονα οχήματα δεν υπάρχει αρνητική τάση τροφοδοσίας, η διασύνδεση RS232 έχει σχεδιαστεί ώστε να λειτουργεί χωρίς αυτή. Ως αποτέλεσμα το κύκλωμα τραβάει ρεύμα από τον υπολογιστή για να λειτουργήσει. Στο κύκλωμα έχει υλοποιηθεί μία τυπική διασύνδεση RS232 με διακριτά στοιχεία, με χρήση 9pin βύσματος. Για μεγαλύτερη απλότητα θα μπορούσε να έχει χρησιμοποιηθεί κάποιο ολοκληρωμένο κύκλωμα, καθώς υπάρχει πλήρης συμβατότητα των περισσότερων ολοκληρωμένων της αγοράς με τις εξόδους του μικροελεγκτή.

Επιπλέον στην πλακέτα υλοποιείται διασύνδεση για σύνδεση με το πρωτόκολλο ISO-9141 και CAN, τα οποία όμως δεν υποστηρίζονται από το γραφικό περιβάλλον.



Εικόνα 4.4: Κύκλωμα εξόδου RS232

#### 4.1.4 Διασύνδεση CAN και ISO-9141

Στη διασύνδεση CAN έχει χρησιμοποιηθεί το MCP2551, το οποίο είναι ένας CAN Transceiver, αντικαθιστώντας την υλοποίηση με διακριτά στοιχεία η οποία θα αύξανε την πολυπλοκότητα. Στη διασύνδεση ISO-9141, χρησιμοποιούνται δύο NPN τρανζίστορ, τα Q6 και Q7, τα οποία έχουν συνδεδεμένες στο συλλέκτη τους αντιστάσεις ονομαστικής τιμής 510Ω και ισχύος 1/2W, αφού για τάση 13.8V έχουμε ισχύ πάνω στις αντιστάσεις της τάξης των 0.4W. Τα δεδομένα εισέρχονται από την Κ-είσοδο (εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι κάποια οχήματα δε χρησιμοποιούν L-γραμμή) και οι αντιστάσεις R20 και R21 υποβαθμίζουν την τάση του σήματος, και θέτουν το κατώφλι στα 9.1V (rising) και 4.7V (falling), προσφέροντας μεγάλη ανοχή στο θόρυβο και προστατεύοντας το ολοκληρωμένο.

#### 4.1.5 Διασύνδεση με το όχημα

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι όλες οι εισοδοί των υποστηριζόμενων πρωτοκόλλων συνδέονται με το όχημα μέσω του ειδικού αντάπτορα (J1962), οι υποδοχές του οποίου φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Εικόνα 4.5). Προφανώς κάθε όχημα έχει ενεργές μόνο τις υποδοχές εκείνες που αντιστοιχούν στο πρωτόκολλο που υποστηρίζεται από το όχημα.

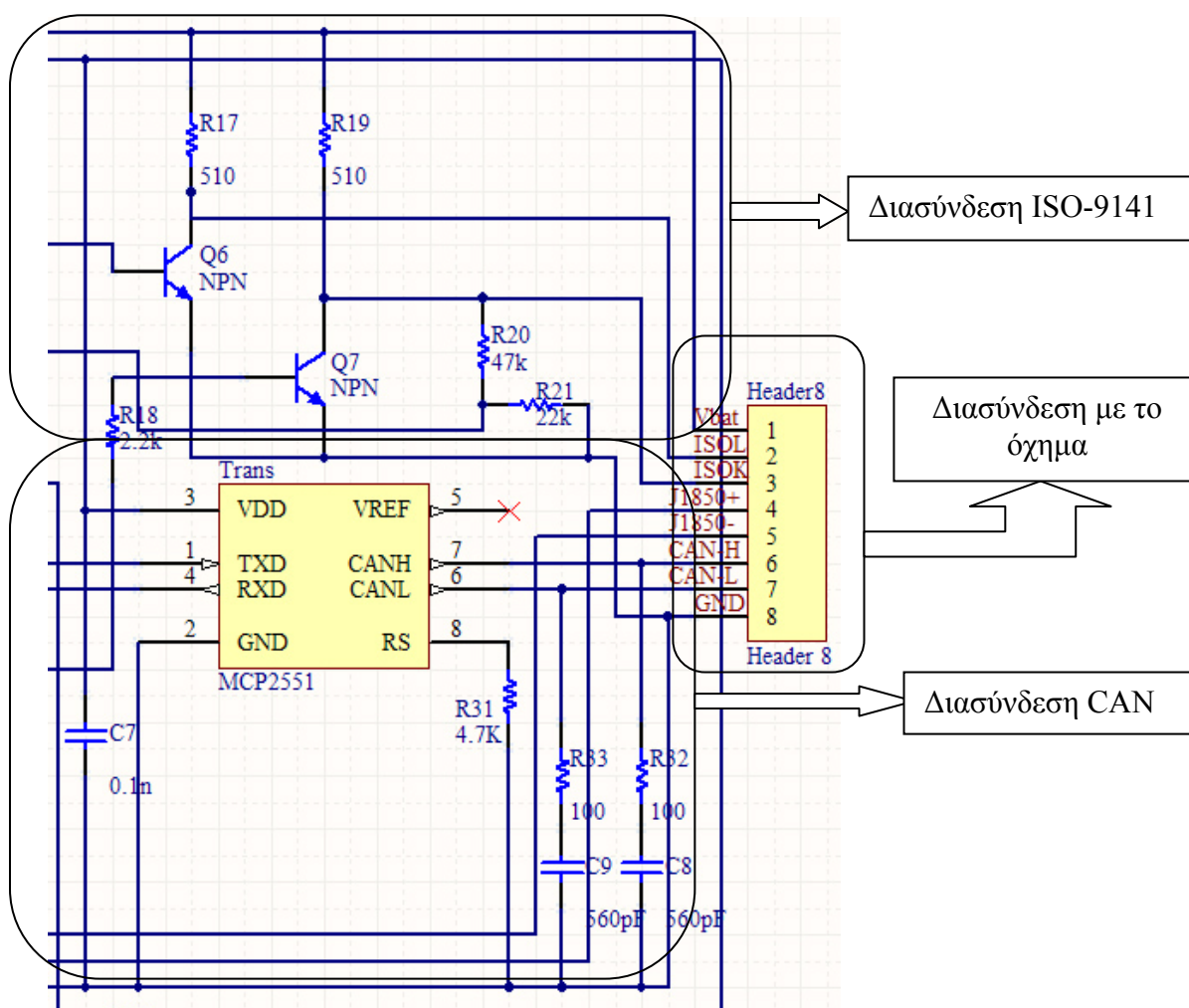


Εικόνα 4.5: Υποδοχή J1962

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η 'λειτουργία' κάθε pin του J1962:

Pin	Λειτουργία	Pin	Λειτουργία
1	(SW CAN)	9	
2	J1850+	10	J1850-
3	MS CAN H	11	MS CAN L
4	Chassis Ground	12	
5	Signal Ground	13	
6	CAN H	14	CAN L
7	ISO-9141 K-Line	15	ISO-9141 L-Line
8		16	Vehicle Battery

Για τους ακροδέκτες που έχουν κενό δεν καθορίζεται λειτουργία από το SAE-J1979, αλλά επιλέγεται από τον κατασκευαστή.

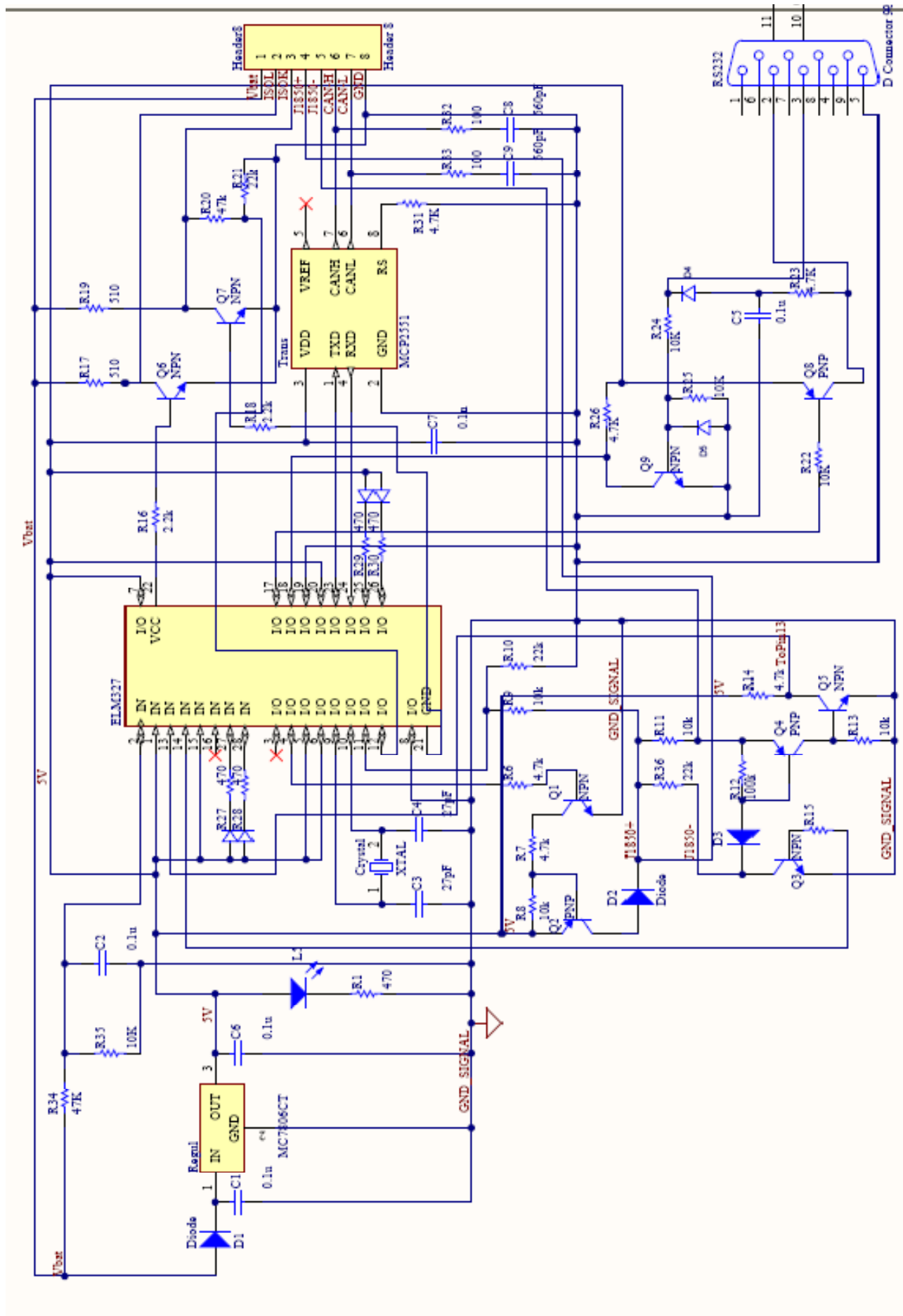


Εικόνα 4.6: Κύκλωμα εισόδου CAN, ISO-9141 και διασύνδεση με το όχημα.



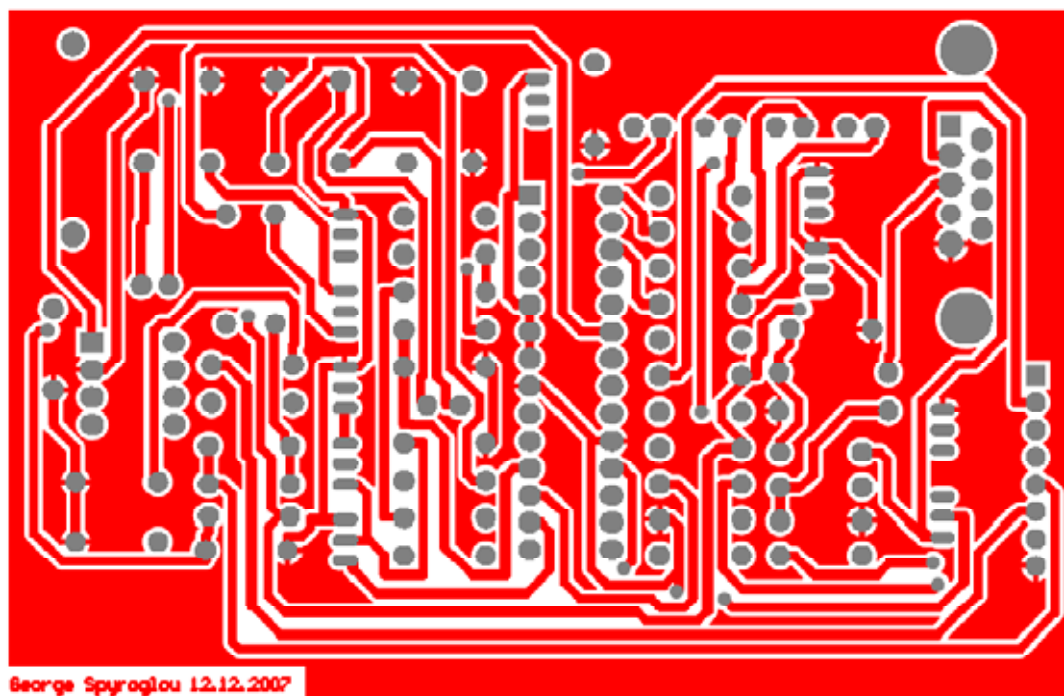
#### 4.1.6 Συνολικό Κύκλωμα

Όλα τα προαναφερθέντα στάδια φαίνονται στο ολοκληρωμένο σχηματικό διάγραμμα που ακολουθεί:

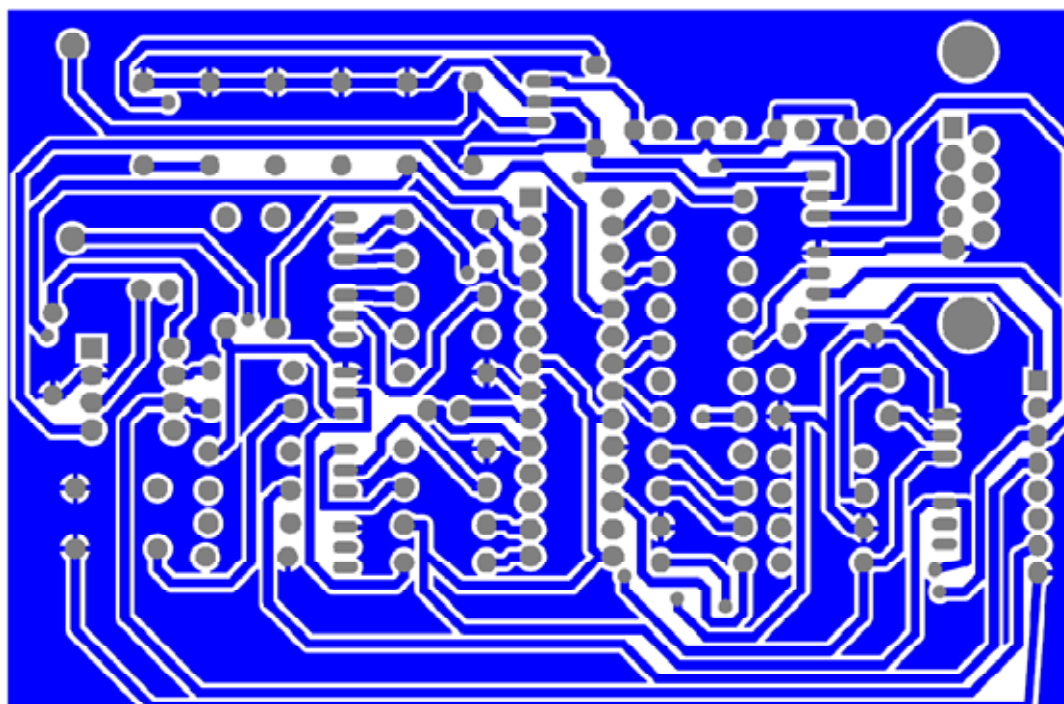


Εικόνα 4.7: Συνολικό Κύκλωμα

Από το παραπάνω σχηματικό και με χρήση εργαλείου σχεδίασης προέκυψαν οι ακόλουθες μάσκες για το πάνω και το κάτω (top και bottom) layer αντίστοιχα:

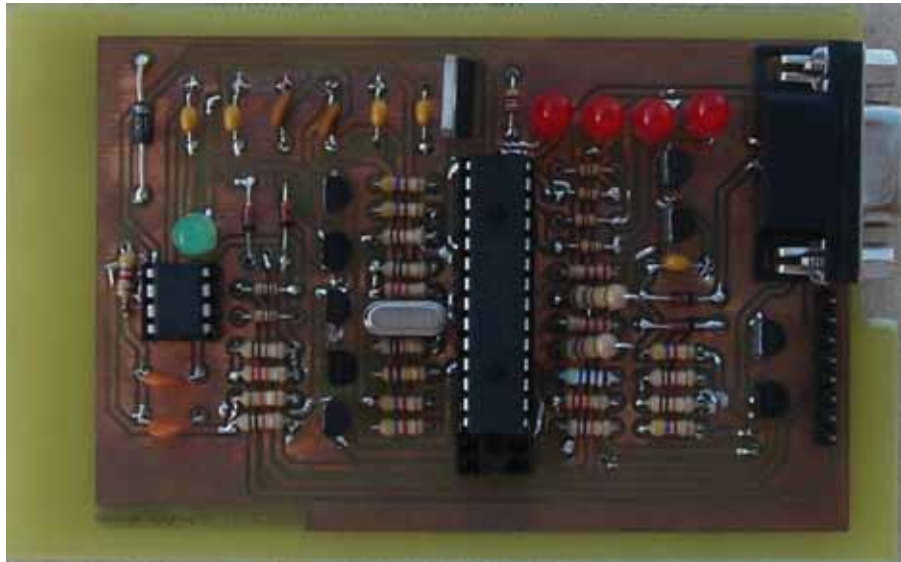


**Εικόνα 4.8:** Top Layer

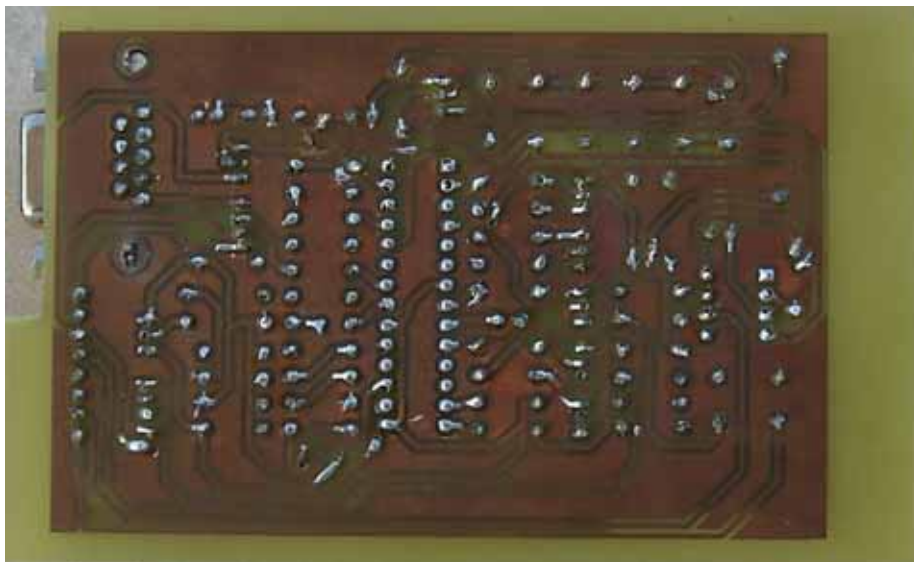


**Εικόνα 4.9:** Bottom Layer

Με βάση τις παραπάνω μάσκες τυπώθηκε το κύκλωμα στην πλακέτα:



**Φωτογραφία 4.1:** Επάνω Όψη

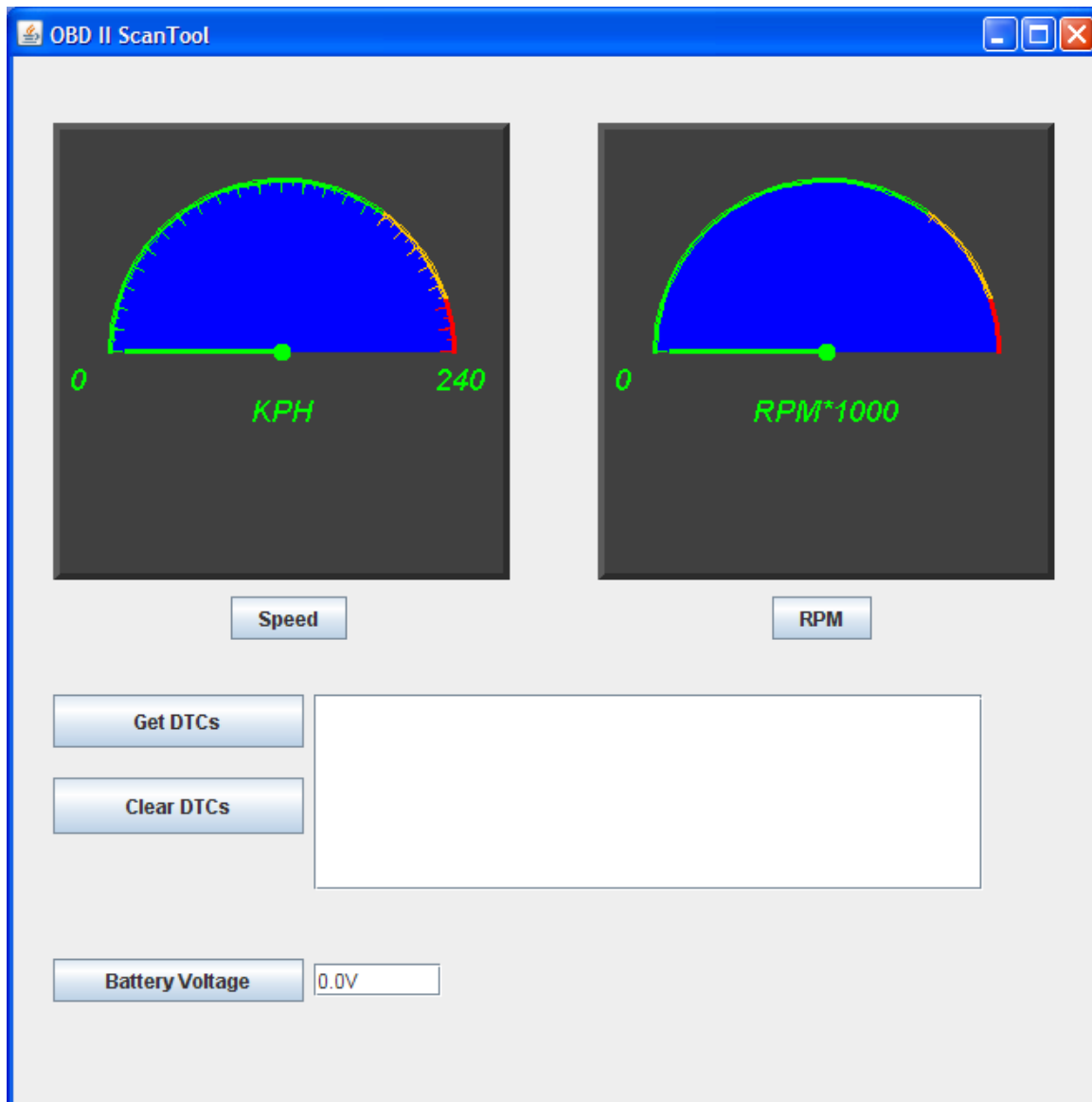


**Φωτογραφία 4.2:** Κάτω Όψη

## **4.2 Υλοποίηση του γραφικού περιβάλλοντος (GUI)**

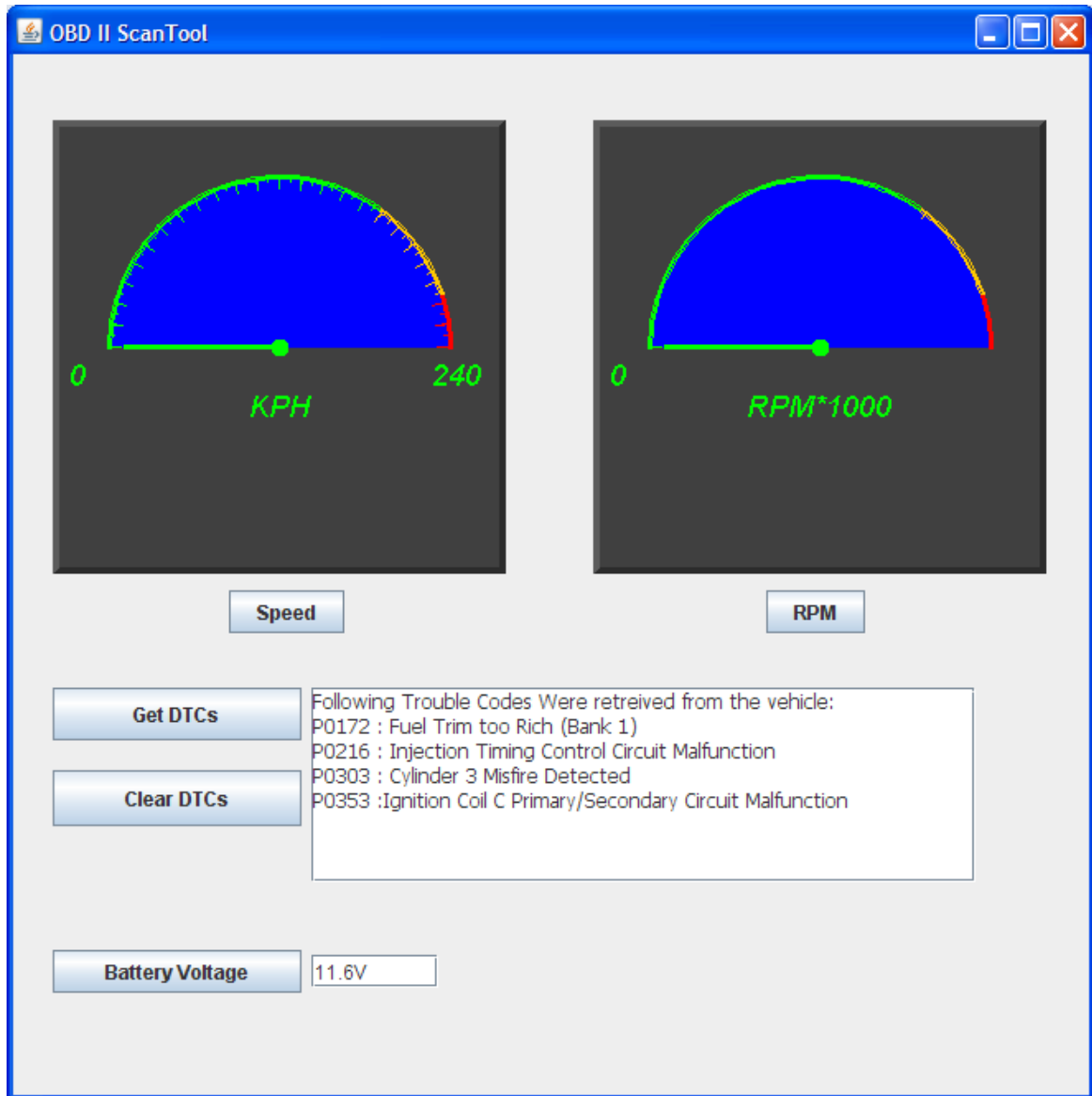
Το γραφικό περιβάλλον που έχει υλοποιηθεί δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να ανακτήσει τους αποθηκευμένους κωδικούς σφάλματος από το όχημα και να διαγράψει τους κωδικούς αυτούς (σε όσα οχήματα το επιτρέπουν) αφού η βλάβη έχει επιδιορθωθεί, ενώ μπορεί να αναπαραστήσει γραφικά σε πραγματικό χρόνο την ταχύτητα του οχήματος, την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα, καθώς και την τάση της μπαταρίας.

Η εικόνα που παίρνουμε ενεργοποιώντας τα ηλεκτρικά του κινητήρα, χωρίς όμως να τον θέσουμε σε λειτουργία είναι:



**Εικόνα 4.10:** Αρχικό Παράθυρο Γραφικού Περιβάλλοντος

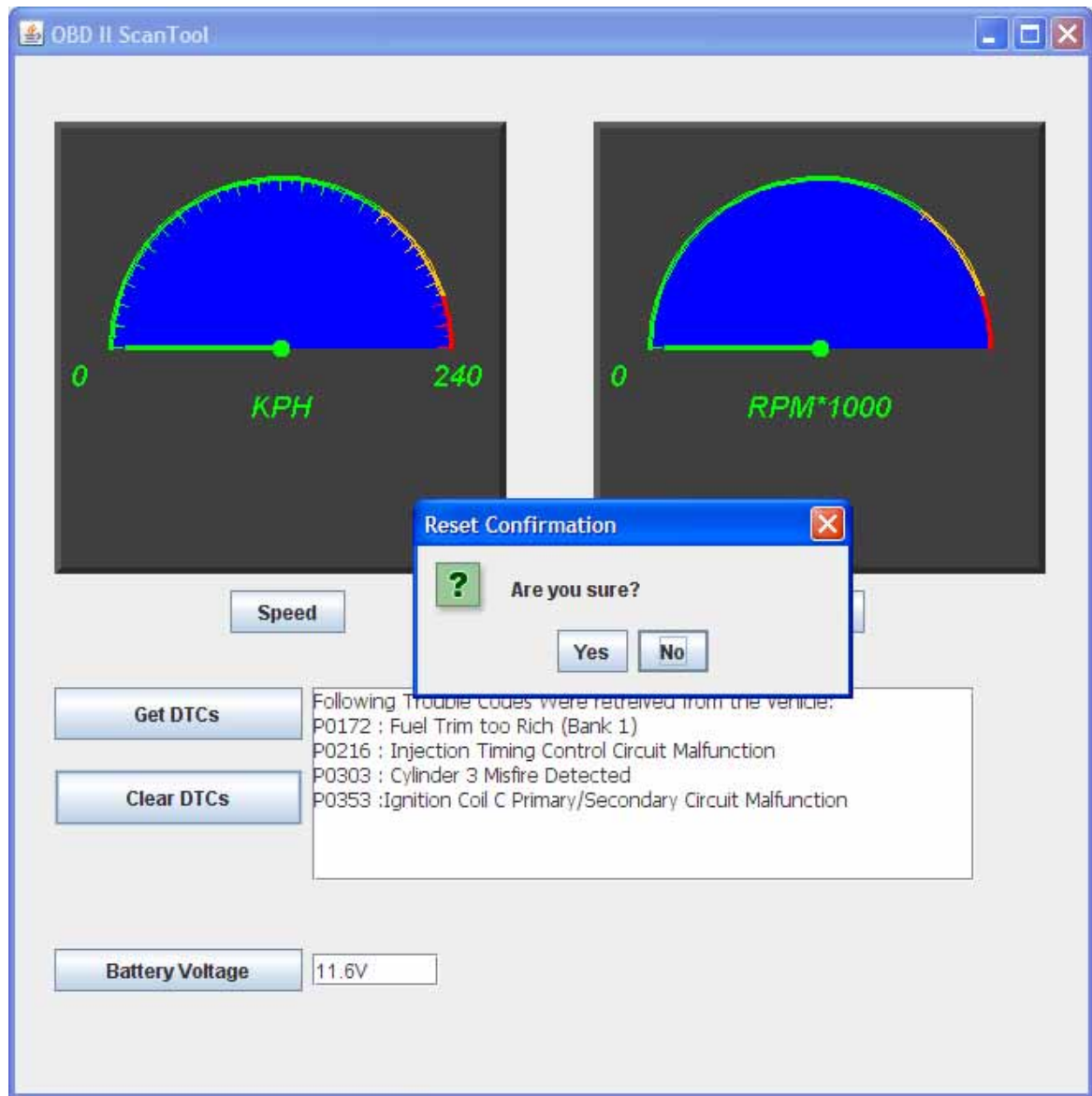
Επιλέγοντας το “Battery Voltage” το πρόγραμμα στέλνει μια εντολή AT στο όχημα (ATRV) και λαμβάνει ως απάντηση την τάση της μπαταρίας την οποία και αναγράφει στην οθόνη. Αν επιλέξουμε “Get DTCs”, τότε το πρόγραμμα στέλνει στο όχημα το δεκαεξαδικό κωδικό 010C και λαμβάνει ως απάντηση τους κωδικούς σφάλματος που έχουν αποθηκευθεί στη μνήμη του οχήματος. Κατόπιν το πρόγραμμα προσπαθεί να ταυτοποιήσει κάθε κωδικό που έλαβε με το αντίστοιχο σφάλμα, ανοίγοντας μια βάση δεδομένων και εκτελώντας σειριακή αναζήτηση. Όταν καταφέρει να ταυτοποιήσει τον κωδικό, τον τυπώνει στο αντίστοιχο πεδίο μαζί με την επεξήγηση της βλάβης. Αν δε βρει κάποια αντιστοιχία για τον κωδικό, εμφανίζει στο ίδιο πεδίο το μήνυμα “Unknown Trouble Code”. Στην παρακάτω εικόνα παρατίθενται τα αποτελέσματα που λάβαμε, έχοντας αποσυνδέσει την ανάφλεξη σε έναν κύλινδρο:



**Εικόνα 4.11:** Αντιστοίχιση κωδικών σε αντίστοιχες βλάβες κατά την πειραματική διαδικασία.

Επιλέγοντας “Clear DTCs”, το πρόγραμμα στέλνει στο όχημα το δεκαεξαδικό κωδικό 04, με αποτέλεσμα τη διαγραφή των κωδικών σφάλματος και την απενεργοποίηση της ένδειξης MIL.

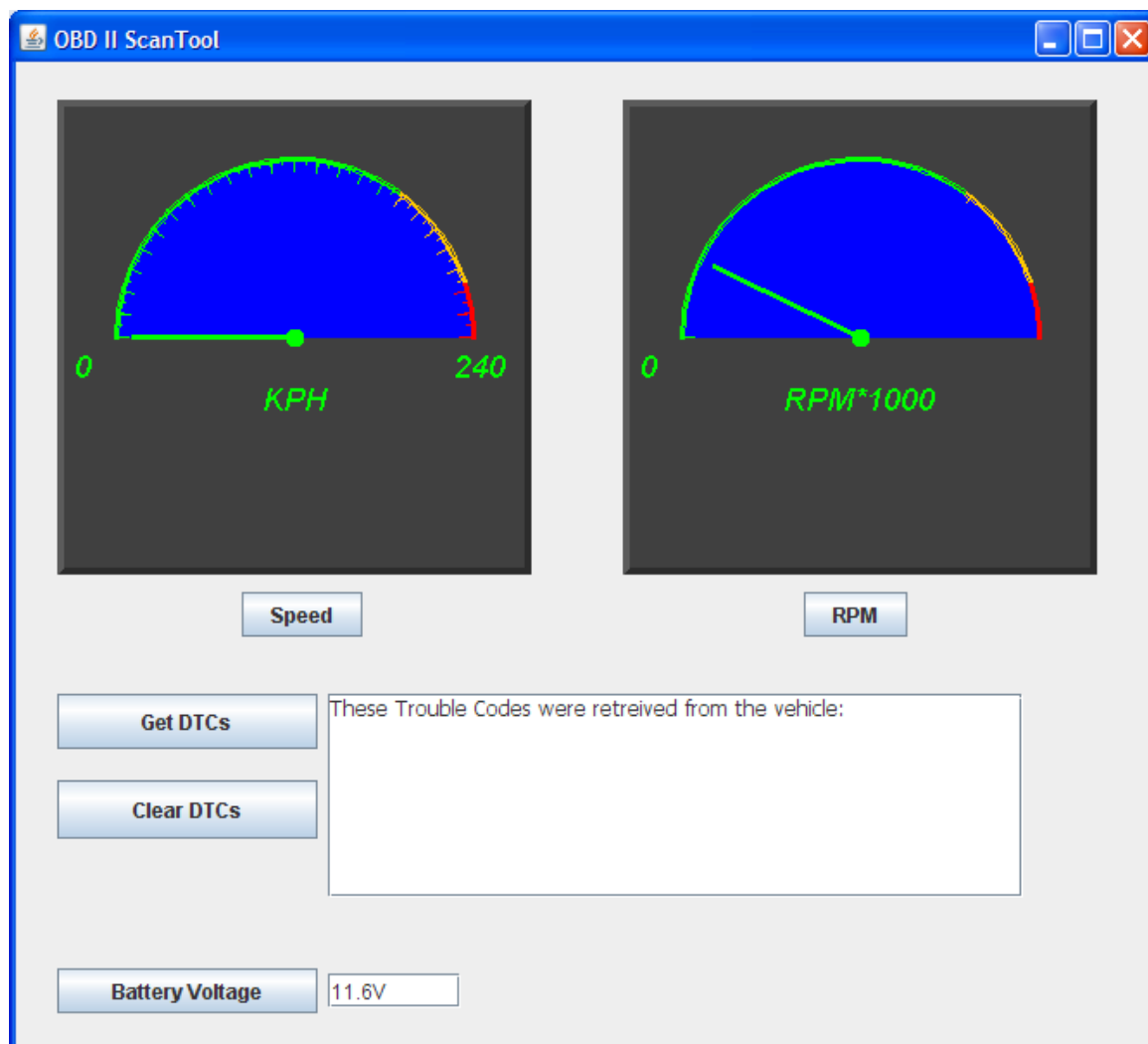
Θα πρέπει να τονιστεί ότι η λειτουργία “ClearDTCs” θα πρέπει να επιλέγεται μόνο όταν όλες οι βλάβες του οχήματος έχουν επισκευαστεί, διότι διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος αφενός να προκληθεί σοβαρότερη βλάβη στο όχημα και αφετέρου να αυξηθούν οι εκπομπές καυσαερίων. Για το λόγο αυτό το πρόγραμμα εμφανίζει ένα μήνυμα επιβεβαίωσης διαγραφής όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.11 (με προεπιλογή την ακύρωση διαγραφής), ενώ και αρκετοί κατασκευαστές έχουν προνοήσει, ώστε η ενδεικτική λυχνία να απενεργοποιείται (και οι κωδικοί σφάλματος να διαγράφονται) όταν η βλάβη δεν επανεμφανιστεί για 3 διαδοχικές επανεκκινήσεις του κινητήρα.



**Εικόνα 4.12:** Μήνυμα επιβεβαίωσης μετά από αίτημα διαγραφής των κωδικών από το χρήστη

Αν θέσουμε σε λειτουργία τον κινητήρα, και επιλέξουμε “RPM” και “Speed” (ή ένα από τα δύο), στο στροφόμετρο απεικονίζονται οι στροφές λειτουργίας του κινητήρα και στο ταχύμετρο η ταχύτητα του οχήματος σε πραγματικό χρόνο. Η ανανέωση γίνεται κάθε 300msec για κάθε γράφημα ξεχωριστά, καθώς αυτό είναι ένα χρονικό παράθυρο μέσα στο οποίο είναι πολύ πιθανό να προλάβει το όχημα να λάβει το αίτημα και να αποκριθεί. Σε ακραίες περιπτώσεις αυτό το χρονικό παράθυρο ενδέχεται να μην επαρκεί, αν στο όχημα συμβαίνουν άλλα υψηλότερης προτεραιότητας συμβάντα, όπως πχ η λειτουργία ενός ηλεκτρονικού συστήματος ασφαλείας. Στις περιπτώσεις αυτές η εικόνα φαίνεται να παγώνει στιγμιαία, πράγμα όμως φυσιολογικό, που οφείλεται στην απόδοση προτεραιότητας που εφαρμόζει το πρωτόκολλο. Η ίδια συμπεριφορά μπορεί να προκύψει –σκόπιμα– αν λόγω υψηλού

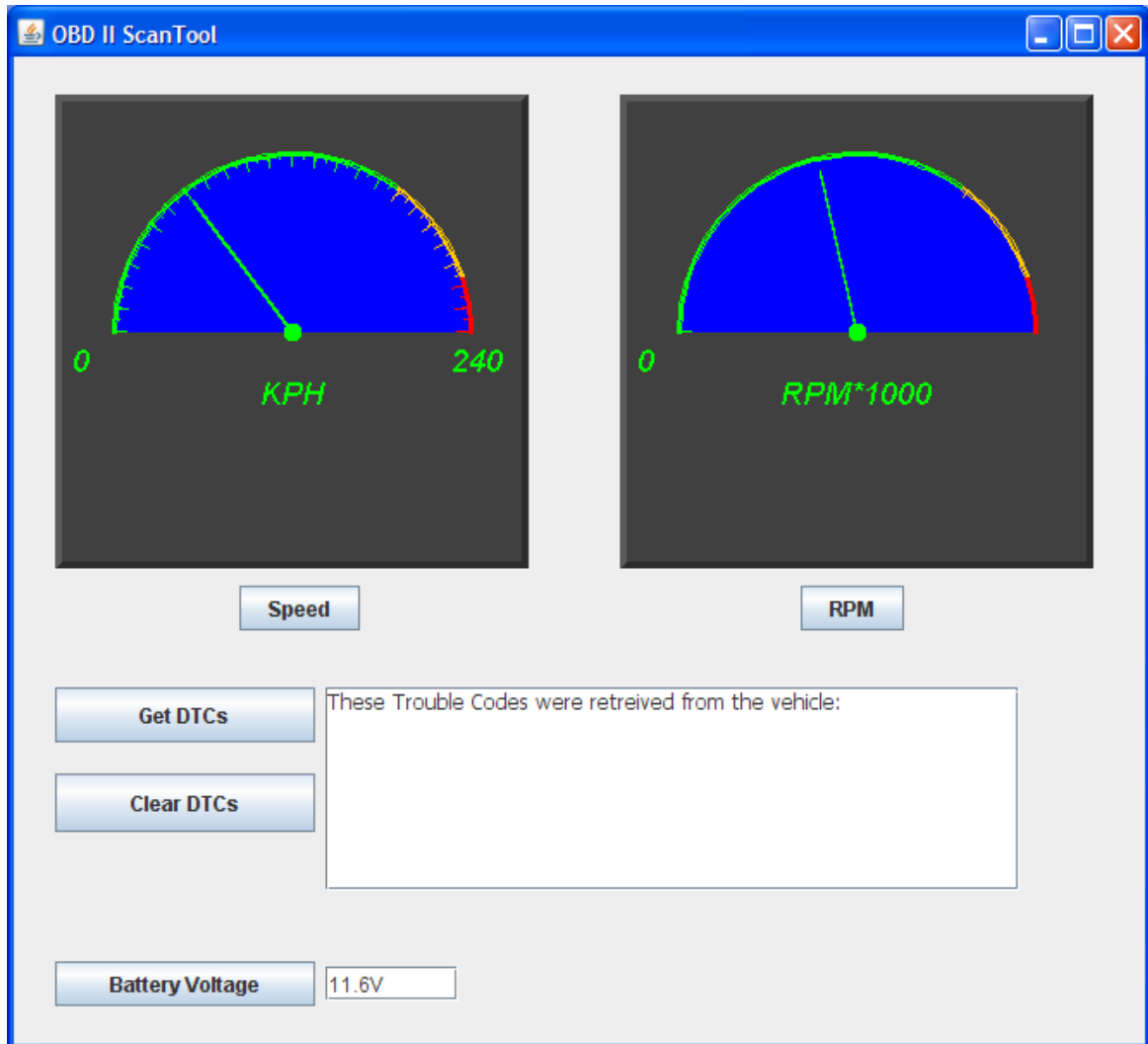
θορύβου αποτύχει η λήψη έγκυρου μηνύματος, οπότε το στιγμιότυπο θα παραμείνει στιγμιαία παγωμένο, αποφεύγοντας το σύστημα να αναπαραστήσει κάποια τυχαία τιμή αντί της πραγματικής.



**Εικόνα 4.13:** Παράδειγμα παγωμένου στιγμιότυπου

Στην παραπάνω εικόνα ο κινητήρας λειτουργεί στο ρελαντί και το όχημα είναι ακίνητο, ενώ στην παρακάτω το όχημα κινείται με σχετικά υψηλή ταχύτητα.





**Εικόνα 4.14:** Πραγματική απεικόνιση της ταχύτητας και των στοφών του οχήματος

Ο κώδικας που γράφτηκε και υλοποίησε το συγκεκριμένο γραφικό περιβάλλον παρατίθεται στο **Παράρτημα Α** που ακολουθεί.

Στη συνέχεια ακολουθεί αξιολόγηση της εφαρμογής που αναπτύχθηκε και περιγράφηκε παραπάνω ενώ προτείνονται και τρόποι για μελλοντική βελτίωση.



# **5** ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ

## 5.1 Δοκιμή και Αποτελέσματα

Για να πιστοποιηθεί η αξιοπιστία και η αποτελεσματικότητα τόσο της πλακέτας που σχεδιάστηκε και τυπώθηκε όσο και του γραφικού περιβάλλοντος πραγματοποιήθηκε δοκιμή του συστήματος σε πραγματικό χρόνο ως εξής:

Σε όχημα Ford Mondeo 1.8 (2004) με κινητήρα βενζίνης, συνδέθηκε η πλακέτα με serial adaptor J1962 – OBD II connector και μέσω σειριακής θύρας συνδέθηκε σε φορητό υπολογιστή (lap top). Στη συνέχεια προκλήθηκε τεχνητά βλάβη με σκοπό να πιστοποιηθεί η ανίχνευσή της από το σύστημα. Η βλάβη αυτή συνίστατο στη αποσύνδεση του μπουζί του τρίτου κυλίνδρου. Ακολούθως τέθηκε σε λειτουργία ο κινητήρας και μετά την εκκίνηση λάβαμε κάποιους ακόλουθους κωδικούς σφάλματος (βλ. **Εικόνα 4.10** όπου έχει ληφθεί στιγμιότυπο με τους τυπωμένους κωδικούς σφάλματος).

Παρόλο που η βλάβη ήταν μοναδική το σύστημα ανέφερε περισσότερα σφάλματα. Αυτό είναι αναμενόμενο καθώς η συγκεκριμένη ενέργεια είχε ως αποτέλεσμα τη διακοπή της τροφοδοσίας και σε άλλα τμήματα του οχήματος καθένα από τα οποία ανιχνεύθηκε ως ξεχωριστή βλάβη.

Ο παραπάνω έλεγχος απέδειξε την αποτελεσματικότητα και τη μεγάλη ακρίβεια του συστήματος που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε.

Πέρα απ' όσα έχουν περιγραφεί ως τώρα υπάρχουν και πολλές ακόμα ενέργειες που μπορούν να γίνουν μελλοντικά για ακόμα μεγαλύτερη ευκολία και πιο βέλτιστα αποτελέσματα. Κάποιες από αυτές προτείνονται στην παράγραφο 5.2 που ακολουθεί:

## 5.2 Προτάσεις για μελλοντική εξέλιξη

Προκειμένου η εφαρμογή που δημιουργήθηκε να επεκταθεί προτείνονται τα ακόλουθα:

- Το γραφικό περιβάλλον GUI μπορεί να επεκταθεί και αν εμπλουτιστεί έτσι ώστε να εμφανίζει περισσότερες λειτουργίες. Θα μπορούσε δηλαδή με κατάλληλες προσθήκες να εμφανίζει ταχύτητα οχήματος, γωνία γκαζιού, θερμοκρασία κινητήρα, ενδείξεις αισθητήρα οξυγόνου και άλλες.
- Είναι επίσης δυνατόν να υπάρξει επεμβατική λειτουργία της πλακέτας. Με τον όρο επεμβατική λειτουργία εννοούμε να μπορεί ο χρήστης να κάνει ενέργειες στην πλακέτα των οποίων το αποτέλεσμα να φαίνεται σε πραγματικό χρόνο στο όχημα (για παράδειγμα να 'πατιέται το γκάζι' μέσω του γραφικού περιβάλλοντος και αυτό να συμβαίνει την ίδια στιγμή στο όχημα). Αξίζει να τονιστεί σε αυτό το σημείο ότι η

επεμβατική λειτουργία μπορεί να εφαρμοστεί μόνο στα συστήματα που είναι **by-wire** (πχ γκάζι).

- Η συγκεκριμένη πλακέτα που υλοποιήθηκε μπορεί να υποστηρίξει και άλλα πρωτόκολλα πέρα από το SAE J1850 PWM όπως το CAN και το ISO αλλά για να γίνει κάτι τέτοιο χρειάζεται επέκταση του γραφικού περιβάλλοντος.
- Το κύκλωμα που υλοποιήθηκε υποστηρίζει μόνο P-Codes και θα μπορούσε με τις κατάλληλες προσθήκες να υποστηρίζει και εύρεση B, C και U Codes οι οποίοι αναφέρονται σε Body, Chassis και Network προβλήματα αντίστοιχα.
- Ένα πολύ σημαντικό βήμα είναι η δημιουργία και χρησιμοποίηση νέων ντετερμινιστικών πρωτοκόλλων (όπως π.χ. το FlexRay), προκειμένου να αντικατασταθούν διάφορα από τα συστήματα των οχημάτων (όπως τιμόνι, φρένα κλπ), με άλλα αντίστοιχα by-wire συστήματα, δηλαδή συστήματα όπου δεν υπάρχει φυσική, αλλά μόνο ηλεκτρονική/ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ των χειριστηρίων τους και των φυσικών μερών τους. Τα τελευταία, έχουν πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα μερικά από τα οποία είναι το μικρότερο βάρος του οχήματος και κατά συνέπεια η μικρότερη κατανάλωση, το μειωμένο κόστος και για κάποια από αυτά (πχ. Τιμόνι) η καλύτερη παθητική ασφάλεια.



## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α**

Στο Παράρτημα Α, παρατίθεται ο πλήρης κώδικας του γραφικού περιβάλλοντος που αναπτύχθηκε. Ο κώδικας αυτός συνίσταται σε 6 κλάσεις:

## A.1 Main.java

```
package jserial;

import javax.comm.*;

/**
 * @author George
 */
public class Main {

    /**
     * @param args the command line arguments
     */
    SimpleRead serialReader;
    SimpleWrite serialWriter;
    final SerialGUI serialwin;
    SerialPort serialPortCOM3;

    public Main() {
        serialReader = new SimpleRead();
        serialPortCOM3 = serialReader.serialPort;
        serialWriter = new SimpleWrite(serialPortCOM3);
        serialwin = new SerialGUI();

        Gauge gauge1 = serialwin.getCanvas1();

        gauge1.setMaximum(7);
        gauge1.setCurrent(3);
        gauge1.setLegend("RPM*1000");
        gauge1.setUnits("");

        Gauge gauge2 = serialwin.getCanvas2();

        gauge2.setMaximum(240);
        gauge2.setCurrent(70);
        gauge2.setLegend("KPH");
        gauge2.setUnits("");
        java.awt.EventQueue.invokeLater(new Runnable() {

            public void run() {
                serialwin.setVisible(true);
            }
        });

        serialReader.main = this;
        serialWriter.main = this;
        serialwin.main = this;
    }

    public static void main(String[] args) {
        Main main = new Main();
    }
}
```



## A.2 SerialGUI.java

```
/*
 * SerialGUI.java
 * Created on January 9, 2008, 6:29 PM
 */
package jserial;

import javax.swing.JOptionPane;
import javax.swing.JTextArea;
import javax.swing.JTextField;

/**
 *
 * @author George
 */
public class SerialGUI extends javax.swing.JFrame {

    Main main;

    /** Creates new form SerialGUI */
    public SerialGUI() {
        setTitle("OBD II ScanTool");
        initComponents();
    }

    /** This method is called from within the constructor to
     * initialize the form.
     */
    // <editor-fold defaultstate="collapsed" desc="Generated
Code">//GEN-BEGIN: initComponents
    private void initComponents() {

        popupMenu1 = new java.awt.PopupMenu();
        jPanel1 = new javax.swing.JPanel();
        jButton1 = new javax.swing.JButton();
        jScrollPane2 = new javax.swing.JScrollPane();
        jTextArea2 = new javax.swing.JTextArea();
        jButton2 = new javax.swing.JButton();
        jButton3 = new javax.swing.JButton();
        jTextField1 = new javax.swing.JTextField();
        jButton4 = new javax.swing.JButton();
        jButton5 = new javax.swing.JButton();
        canvas1 = new Gauge(0,7);
        canvas2 = new Gauge(0,240);

        popupMenu1.setLabel("PopupMenu");

        setDefaultCloseOperation(javax.swing.WindowConstants.EXIT_ON_CLOSE);

        jButton1.setText("Speed");
        jButton1.addMouseListener(new java.awt.event.MouseAdapter()
        {
            public void mouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt)
            {
                jButton1MouseClicked(evt);
            }
        });
    }
}
```

```

jTextArea2.setColumns(20);
jTextArea2.setFont(new java.awt.Font("Tahoma", 0, 12));
jTextArea2.setRows(5);
jTextArea2.setText("These Trouble Codes were retrieved from
the vehicle: ");
jScrollPane2.setViewportView(jTextArea2);

jButton2.setText("Get DTCs");
jButton2.addMouseListener(new java.awt.event.MouseAdapter()
{
    public void mouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt)
    {
        jButton2MouseClicked(evt);
    }
});
jButton2.addActionListener(new
java.awt.event.ActionListener() {
    public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent
evt) {
        jButton2ActionPerformed(evt);
    }
});

jButton3.setText("Battery Voltage");
jButton3.addMouseListener(new java.awt.event.MouseAdapter()
{
    public void mouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt)
    {
        jButton3MouseClicked(evt);
    }
});

jTextField1.setText("0.0V");

jButton4.setText("Clear DTCs");
jButton4.addMouseListener(new java.awt.event.MouseAdapter()
{
    public void mouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt)
    {
        jButton4MouseClicked(evt);
    }
});

jButton5.setText("RPM");
jButton5.addMouseListener(new java.awt.event.MouseAdapter()
{
    public void mouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt)
    {
        jButton5MouseClicked(evt);
    }
});

javax.swing.GroupLayout jPanel1Layout = new
javax.swing.GroupLayout(jPanel1);
jPanel1.setLayout(jPanel1Layout);
jPanel1Layout.setHorizontalGroup(

jPanel1Layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.
LEADING)

```

```

        .addGroup( javax.swing.GroupLayout.Alignment.TRAILING,
jPanel1Layout.createSequentialGroup( )

        .addGroup( jPanel1Layout.createParallelGroup( javax.swing.GroupLayout.
Alignment.LEADING)
                .addGroup( jPanel1Layout.createSequentialGroup( )
                        .addContainerGap( )

        .addGroup( jPanel1Layout.createParallelGroup( javax.swing.GroupLayout.
Alignment.TRAILING)

        .addGroup( javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING,
jPanel1Layout.createSequentialGroup( )
                .addComponent( canvas2,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 306,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)

        .addPreferredGap( javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, Short.MAX_VALUE)
                .addComponent( canvas1,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 295,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))

        .addGroup( javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING,
jPanel1Layout.createSequentialGroup( )

        .addGroup( jPanel1Layout.createParallelGroup( javax.swing.GroupLayout.
Alignment.LEADING)
                .addComponent( jButton4,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, 139, Short.MAX_VALUE)
                .addComponent( jButton2,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, 139, Short.MAX_VALUE)
                .addComponent( jButton3,
javax.swing.GroupLayout.Alignment.TRAILING,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, 139, Short.MAX_VALUE))

        .addPreferredGap( javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED)

        .addGroup( jPanel1Layout.createParallelGroup( javax.swing.GroupLayout.
Alignment.LEADING)
                .addComponent( jTextField1,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 77,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
                .addComponent( jScrollPane2,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 403,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
                .addGap(63, 63, 63)))
                .addGap(93, 93, 93))

        .addGroup( javax.swing.GroupLayout.Alignment.TRAILING,
jPanel1Layout.createSequentialGroup( )
                .addGap(119, 119, 119)
                .addComponent( jButton1)

        .addPreferredGap( javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED,
256, Short.MAX_VALUE)
                .addComponent( jButton5)
                .addGap(223, 223, 223)))
                .addContainerGap( )
);

```

```

        jPanel1Layout.setVerticalGroup(

jPanel1Layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.
LEADING)
        .addGroup(jPanel1Layout.createSequentialGroup()
            .addContainerGap()

        .addGroup(jPanel1Layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.
Alignment.LEADING)
            .addComponent(canvas1, 0, 0, Short.MAX_VALUE)
            .addComponent(canvas2,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 275,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))

        .addPreferredGap(javax.swing.LayoutStyle.ComponentPlacement.RELATED)

        .addGroup(jPanel1Layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.
Alignment.TRAILING)
            .addComponent(jButton5)
            .addComponent(jButton1))
            .addGap(33, 33, 33)

        .addGroup(jPanel1Layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.
Alignment.LEADING)
            .addGroup(jPanel1Layout.createSequentialGroup()
                .addComponent(jButton2,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 32,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
                .addGap(18, 18, 18)
                .addComponent(jButton4,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 34,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
                .addComponent(jScrollPane2,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE, 118,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
                .addGap(41, 41, 41)

            .addGroup(jPanel1Layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.
Alignment.BASELINE)
                .addComponent(jButton3,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE, Short.MAX_VALUE)
                .addComponent(jTextField1,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
                .addGap(62, 62, 62))
        );

        javax.swing.GroupLayout layout = new
javax.swing.GroupLayout(getContentPane());
        getContentPane().setLayout(layout);
        layout.setHorizontalGroup(

layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
)
        .addGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.TRAILING,
layout.createSequentialGroup()

```

```

.addContainerGap( javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
Short.MAX_VALUE)
        .addComponent( jPanell1,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE)
        .addGap(73, 73, 73))
    );
    layout.setVerticalGroup(

layout.createParallelGroup( javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING
)
        .addGroup( layout.createSequentialGroup( )
            .addContainerGap( 37, Short.MAX_VALUE)
            .addComponent( jPanell1,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.DEFAULT_SIZE,
javax.swing.GroupLayout.PREFERRED_SIZE))
        );

    pack();
} // </editor-fold> // GEN-END: initComponents
private void jButton1MouseClicked( java.awt.event.MouseEvent evt )
{ // GEN-FIRST: event_jButton1MouseClicked
    main.serialReader.kph = true;
    main.serialReader.ctc = false;
    main.serialReader.rpm = false;
    main.serialReader.atrv = false;
    main.serialWriter.write( "010C" );
} // GEN-LAST: event_jButton1MouseClicked

private void jButton2MouseClicked( java.awt.event.MouseEvent evt )
{ // GEN-FIRST: event_jButton2MouseClicked
    main.serialReader.kph = false;
    main.serialReader.ctc = true;
    main.serialReader.rpm = false;
    main.serialReader.atrv = false;
    jTextArea2.setText( "" );
    main.serialWriter.write( "03" );
} // GEN-LAST: event_jButton2MouseClicked

private void jButton3MouseClicked( java.awt.event.MouseEvent evt )
{ // GEN-FIRST: event_jButton3MouseClicked
    main.serialReader.kph = false;
    main.serialReader.ctc = false;
    main.serialReader.rpm = false;
    main.serialReader.atrv = true;
    jTextField1.setText( "" );
    main.serialWriter.write( "ATRV" );
} // GEN-LAST: event_jButton3MouseClicked

private void jButton4MouseClicked( java.awt.event.MouseEvent evt )
{ // GEN-FIRST: event_jButton4MouseClicked
    Object[] options = { "Yes", "No" };
    int n = JOptionPane.showOptionDialog( jPanell1,
        "Are you sure?",
        "Reset Confirmation",
        JOptionPane.YES_NO_CANCEL_OPTION,
        JOptionPane.QUESTION_MESSAGE,

```

```

        null,
        options,
        options[1]);
    System.out.println(n);
    if (n == 0) {
        main.serialWriter.write("04");
    }
    JOptionPane.showMessageDialog(jPanel1, "DTC successfully
cleared");
} //GEN-LAST:event_jButton4MouseClicked

    private void jButton5MouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt)
{ //GEN-FIRST:event_jButton5MouseClicked
    main.serialReader.kph = false;
    main.serialReader.ctc = false;
    main.serialReader.rpm = true;
    main.serialReader.atrv = false;
    jTextField1.setText("");
    main.serialWriter.write("010C");
} //GEN-LAST:event_jButton5MouseClicked

    private void jButton2ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent
evt) { //GEN-FIRST:event_jButton2ActionPerformed
    // TODO add your handling code here:
} //GEN-LAST:event_jButton2ActionPerformed

    public JTextField getJTextField1() {
        return jTextField1;
    }

    public void setJTextField1(String str) {
        jTextField1.setText(str);
    }

    public JTextArea getJTextArea2() {
        return jTextArea2;
    }

    public Gauge getCanvas1() {
        return (Gauge) canvas1;
    }

    public Gauge getCanvas2() {
        return (Gauge) canvas2;
    }

    /**
     * @param args the command line arguments
     */
    public static void main(String args[]) {

    }

    // Variables declaration //GEN-BEGIN:variables
    private java.awt.Canvas canvas1;
    private java.awt.Canvas canvas2;
    private javax.swing.JButton jButton1;
    private javax.swing.JButton jButton2;
    private javax.swing.JButton jButton3;
    private javax.swing.JButton jButton4;

```

```

private javax.swing.JButton jButton5;
private javax.swing.JPanel jPanel1;
private javax.swing.JScrollPane jScrollPane2;
private javax.swing.JTextArea jTextArea2;
private javax.swing.JTextField jTextField1;
private java.awt.PopupMenu popupMenu1;
// End of variables declaration//GEN-END:variables
}

```

### A.3 SimpleWrite.java

```

package jserial;

/**
 *
 * @(#)SimpleWrite.java      1.12 98/06/25 SMI
 *
 * Copyright 2003 Sun Microsystems, Inc. All rights reserved.
 * SUN PROPRIETARY/CONFIDENTIAL. Use is subject to license terms.
 */
import java.io.*;
import java.util.*;
import javax.comm.*;

/**
 * Class declaration
 * @author
 * @version 1.10, 08/04/00
 */

public class SimpleWrite {

    Enumeration portList;
    CommPortIdentifier portId;
    String messageString = "Testing...";
    SerialPort serialPort;
    OutputStream outputStream;
    boolean outputBufferEmptyFlag = false;
    Main main;
    String defaultPort = "COM1";

    /**
     * Method declaration
     */
    public void write(String command) {

        try {
            outputStream.write(command.getBytes());
        } catch (IOException e) {
        }

        try {
            Thread.sleep(300);
        } catch (Exception e) {
        }

    }

    public SimpleWrite(SerialPort serialPort) {

```

```

        this.serialPort = serialPort;
        boolean portFound = false;
        portList = CommPortIdentifier.getPortIdentifiers();

        while (portList.hasMoreElements()) {
            portId = (CommPortIdentifier) portList.nextElement();

            if (portId.getPortType() ==
CommPortIdentifier.PORT_SERIAL) {

                if (portId.getName().equals(defaultPort)) {
                    System.out.println("Found port " + defaultPort);

                    portFound = true;

                    try {
                        serialPort =
                            (SerialPort)
portId.open("SimpleWrite", 2000);
                    } catch (PortInUseException e) {
                        System.out.println("Port in use.");
                    }

                    try {
                        //outputStream =
serialPort.getOutputStream();
                        outputStream = serialPort.getOutputStream();
                    } catch (IOException e) {
                    }

                    try {
                        serialPort.setSerialPortParams(9600,
                            SerialPort.DATABITS_8,
                            SerialPort.STOPBITS_1,
                            SerialPort.PARITY_NONE);
                    } catch (UnsupportedCommOperationException e) {
                    }

                    try {
                        serialPort.notifyOnOutputEmpty(true);
                    } catch (Exception e) {
                        System.out.println("Error setting event
notification");

                        System.out.println(e.toString());
                        System.exit(-1);
                    }
                }
            }

            if (!portFound) {
                System.out.println("port " + defaultPort + " not
found.");
            }
        }
    }
}
/*
    public static void main(String[] args) {
        SimpleWrite swrite = new SimpleWrite();

```



```

        boolean portFound = false;

        System.out.println(
            "Writing \"" + swrite.messageString + "\" to " +
swrite.serialPort.getName());

        try {

swrite.outputStream.write(swrite.messageString.getBytes());
        } catch (IOException e) {
        }

        try {
            Thread.sleep(2000);
        } catch (Exception e) {
        }
        swrite.serialPort.close();
        System.exit(1);
    } */
}

```

#### A.4 SimpleRead.java

```

/*
 * @(#)SimpleRead.java 1.12 98/06/25 SMI
 *
 * Copyright 2003 Sun Microsystems, Inc. All rights reserved.
 * SUN PROPRIETARY/CONFIDENTIAL. Use is subject to license terms.
 */

package jserial;

import java.io.*;
import java.util.*;
import javax.comm.*;
import javax.swing.JComponent;

/**
 * Class declaration
 *
 * @author
 * @version 1.8, 08/03/00
 */
public class SimpleRead implements Runnable, SerialPortEventListener
{
    InputStream          inputStream;
    SerialPort           serialPort;
    Thread               readThread;

    /**
     * Method declaration
     */

    /**
     * Constructor declaration
     */

    private javax.swing.JComponent output;

```

```

Main main;
Hashtable troubles;

boolean ctc = false;
boolean kph = false;
boolean atrv = false;
boolean rpm = false;

public SimpleRead() {

    troubles = CSVReader.parseCSV();
    String defaultPort = "COM1";
    CommPortIdentifier portId = null;

    Enumeration portList =
CommPortIdentifier.getPortIdentifiers();

    while (portList.hasMoreElements()) {
        portId = (CommPortIdentifier) portList.nextElement();
        if (portId.getPortType() ==
CommPortIdentifier.PORT_SERIAL) {
            if (portId.getName().equals(defaultPort)) {
                System.out.println("Found port: "+defaultPort);
                break;
            }
        }
    }

    try {
        serialPort = (SerialPort) portId.open("SimpleReadApp",
2000);
    } catch (PortInUseException e) {}

    try {
        inputStream = serialPort.getInputStream();
    } catch (IOException e) {}

    try {
        serialPort.addEventListener(this);
    } catch (TooManyListenersException e) {}

    serialPort.notifyOnDataAvailable(true);

    try {
        serialPort.setSerialPortParams(9600, SerialPort.DATABITS_8,
SerialPort.STOPBITS_1,
SerialPort.PARITY_NONE);
    } catch (UnsupportedCommOperationException e) {}

    readThread = new Thread(this);

    readThread.start();
}

/**
 * Method declaration
 */
public void run() {
    try {

```

```

        Thread.sleep(20000);
    } catch (InterruptedException e) {}
}

/**
 * Method declaration
 */

public static String codeToString(byte[] code) {
    Byte fstByte = new Byte(code[0]);
    Byte sndByte = new Byte(code[1]);
    int hex1 = fstByte/16;
    int hex2 = fstByte%16;
    int hex3 = sndByte/16;
    int hex4 = sndByte%16;
    return hexToCodes(hex1) + hex2 + hex3 + hex4;
}

public static String hexToCodes (int hex) {
    int mod = hex % 4;
    if (hex / 4 == 0) {
        return "P" + mod;
    } else if (hex / 4 == 1) {
        return "C" + mod;
    } else if (hex / 4 == 2) {
        return "B" + mod;
    } else
        return "U" + mod;
}

public void serialEvent(SerialPortEvent event) {
    switch (event.getEventType()) {

        case SerialPortEvent.BI:

        case SerialPortEvent.OE:

        case SerialPortEvent.FE:

        case SerialPortEvent.PE:

        case SerialPortEvent.CD:

        case SerialPortEvent.CTS:

        case SerialPortEvent.DSR:

        case SerialPortEvent.RI:

        case SerialPortEvent.OUTPUT_BUFFER_EMPTY:
            break;

        case SerialPortEvent.DATA_AVAILABLE:
            byte[] readBuffer = new byte[20];

            try {
                int numBytes = 0;
                while (inputStream.available() > 0) {
                    numBytes = inputStream.read(readBuffer);
                }
            }
    }
}

```

```

        System.out.println("read " + numBytes + "
bytes");
        String textRead = new
String(readBuffer,0,numBytes);
        System.out.println(textRead);

        if (kph) {
            int kph_value = (int) readBuffer[0];

main.serialwin.getCanvas2().setCurrent(kph_value);
            main.serialWriter.write("010D");

        } else if (ctc) {

            while (numBytes > 0) {
                byte[] temp = new byte[2];
                temp[0] = readBuffer[6-numBytes+1];
                temp[1] = readBuffer[6-numBytes+2];

                String res = codeToString(temp);

main.serialwin.getJTextArea2().append(res + " : " +
troubles.get(res) + "\n");
                numBytes -= 2;
            }
        } else if (rpm) {
            byte[] temp = new byte[2];
            temp[0] = readBuffer[1];
            temp[1] = readBuffer[2];
            int A = (int) temp[0];
            int B = (int) temp[1];
            int rpm_value = ((A*256)+B)/4;

main.serialwin.getCanvas1().setCurrent(rpm_value);
            main.serialWriter.write("010C");
        }

        else if (atrv) {
            main.serialwin.setJTextField1(textRead);
        }

    }

} catch (IOException e) {}

break;
}
}
}
}

```

## A.5 CSVReader.java

```
package jserial;

import java.io.BufferedReader;
import java.io.FileNotFoundException;
import java.io.FileReader;
import java.io.IOException;
import java.util.Hashtable;
import java.util.StringTokenizer;
import java.util.logging.Level;
import java.util.logging.Logger;

/**
 * @author George
 */
public class CSVReader {
    static String file = "book1.csv";
    public static Hashtable parseCSV() {
        BufferedReader bfrd = null;
        Hashtable result = new Hashtable();
        try {
            String line;
            bfrd = new BufferedReader(new FileReader(file));
            while ((line = bfrd.readLine()) != null) {
                StringTokenizer st = new StringTokenizer(line, ";");
                result.put(st.nextToken(), st.nextToken());
            }
        } catch (IOException ex) {

            Logger.getLogger(CSVReader.class.getName()).log(Level.SEVERE, null,
                ex);
        } finally {
            try {
                bfrd.close();
            } catch (IOException ex) {

                Logger.getLogger(CSVReader.class.getName()).log(Level.SEVERE, null,
                    ex);
            }
        }

        return result;
    }

    public static void main(String[] args) {
        System.out.println(parseCSV());
    }
}
```

## A.6 Gauge.java

```
package jserial;

/*
 * Copyright (c) 1995 Widget Workshop, Inc. All Rights Reserved.
 */

import java.awt.*;
import java.awt.image.*;
import java.awt.Color;
import java.awt.Canvas;

/**
 * <P>
 * Accessible Attributes:
 * <PRE>
 * MinimumValue          Low end of the scale
 * MaximumValue          High end of the scale
 * CurrentValue          Current setting (where the Pointer points)
 * CriticalThreshold Percentage of MaxValue at which we start
drawing using the Critical color
 * WarningThreshold Percentage of MaxValue at which we start
drawing using the Warning color
 * Legend                What we're measuring (e.g., Speed)
 * Units                 What units we're using (e.g., MPH)
 * </PRE>
 * <P>
 * Attributes not yet publically accessible (next version, perhaps):
 * <PRE>
 * MinimumAngle Angle at which Minimum Value will be drawn
 * MaximumAngle Angle at which Maximum Value will be drawn
 * Margin        Distance between the Scale and the Component's
bounds() rect
 * Separation    Distance between Gauge subobjects (e.g, between
Pointer and Scale)
 * CriticalColor Color used to draw the Critical Section of the
Scale(e.g., Color.red)
 * WarningColor  Color used to draw the Warning Section of the Scale
 * NormalColor   Color used to draw the Normal Section of the Scale
 * InternalColor Color used to draw the interior of the Scale
 * PenRadius     Used to determine thickness of Pointer and Scale
 * Draw3D        Should the background be drawn as a raised
rectangle?
 * TickSize      How long (in pixels) is a BigTick?
 * BigTick       Interval starting at Minimum at which BigTicks will
be drawn
 * LittleTick    Interval starting at Minimum at which LittleTicks
will be drawn
 * </PRE>
 * <P>
 * @author Grant R. Gainey
 * @version 1.0 03-JAN-1996
 *
 */

public class Gauge extends Canvas {
    /*
     * Base attributes
     */
}
```

```

// Publically settable:
private int          minVal, maxVal, currVal;
private double      warnPercent, critPercent;
private String      legend;
private String      units;

// Still internal-only:
private Color       warnColor, critColor, internalColor,
normalColor;
private int         separation = 10;
private int         margin = separation;
private double      minAngleRads = Math.PI;      // 180
degrees
private double      maxAngleRads = 0.0;      // zero degrees
private int         penRadius = 1;
private boolean     draw3D = true;
private int         tickSize = 8;
private int         bigTick = 10;
private int         littleTick = 5;

/*
 * Computed attributes (derived from Base or elsewhere)
 */
private int         warnVal, critVal;
private String      maxStr, minStr;
private Dimension   minSize, maxSize, legendSize, unitsSize;
private Point       pivotLoc;
private int         pointerLen;
private int         minAngleDegs, maxAngleDegs;
private Rectangle   scaleRect;
private FontMetrics myMetrics = null;
private int         halfTick = (int)Math.round(tickSize/2.0);

/**
 * Constructs a Gauge object. Uses all default values.
 * @see Gauge#init
 */
public Gauge() {
    init();
};

/**
 * Constructs a Gauge object with specified Min and Max.
 * @param min Minimum Gauge value
 * @param max Maximum Gauge Value
 * @see Gauge#init
 */
public Gauge(int min, int max) {

    init();
    setMinimum(min);
    setMaximum(max);
    setCurrent(min);
};

/**
 * Constructs a Gauge with the specified Min, Max, Legend, and
Units values.
 * @param min          Minimum Value

```

```

        * @param max          Maximum Value
        * @param warn        Percentage of Max of start of Warning
area
        * @param crit        Percentage of Max of start of Critical
area
        * @param newLegend   Gauge Legend
        * @param newUnits    Gauge Units
        */
    public Gauge(int min, int max, float warn, float crit, String
newLegend, String newUnits) {
        init();
        setMinimum(min);
        setMaximum(max);
        setCurrent(min);

        warnPercent = warn;
        critPercent = crit;
        warnVal = (int)Math.round(maxVal*warnPercent);
        critVal = (int)Math.round(maxVal*critPercent);

        setLegend(newLegend);
        setUnits(newUnits);
    };

    /*
    * Utility Routines
    */

    // Degrees-to-Radians
    private double d2r (int degs) {
        return Math.round((degs/180)*Math.PI);
    };

    // Radians-to-Degrees
    private int r2d (double rads) {
        return (int)Math.round((rads/Math.PI)*180);
    };

    // Based on current font, determine dimensions of all strings.
    // Reset PointerLen here.
    private void setStringMetrics() {
        if (myMetrics==null) return;

        minSize = new Dimension(myMetrics.stringWidth(minStr),
myMetrics.getHeight());
        maxSize = new Dimension(myMetrics.stringWidth(maxStr),
myMetrics.getHeight());
        legendSize = new Dimension(myMetrics.stringWidth(legend),
myMetrics.getHeight());
        unitsSize = new Dimension(myMetrics.stringWidth(units),
myMetrics.getHeight());
        margin += myMetrics.getHeight();
        pointerLen = (int)Math.round(getSize().width/2.0) -
margin - separation;
    };

    // Return rect into which the scale-arc will be drawn
    private Rectangle findScaleRect() {
        return new Rectangle(margin, pivotLoc.y - pointerLen,
2*pointerLen, pointerLen);
    };

```



```

};

// Determine locations of Pivot and Scale, and len of Pointer
// Called after any size-change
private void partition() {
    pivotLoc = new Point( getSize().width/2,
getSize().height/2 );
    pointerLen = (int)Math.round(getSize().width/2.0) -
margin - separation;
    scaleRect = findScaleRect();
};

/**
 * init() sets Guage's attributes to a "sane" set of initial
values.
 * <P>
 * Defaults are:
 * <PRE>
 * Minimum          = 0
 * Maximum          = 200
 * Current          = Minimum
 * Legend           = "Velocity"
 * Units            = "KPH"
 * WarningThresh   = 0.7
 * CriticalThresh  = 0.9
 * CriticalColor    = Color.red
 * WarningColor     = Color.yellow
 * InternalColor    = Color.black
 * NormalColor      = getForeground()
 * ForegroundColor = Color.green
 * BackgroundColor = Color.gray
 * Font             = "Courier", BOLD, 18
 * </PRE>
 */
protected void init() {
    minVal = 0;
    maxVal = 8;
    currVal = minVal;

    warnPercent = 0.7;
    critPercent = 0.9;
    warnVal = (int)Math.round(maxVal*warnPercent);
    critVal = (int)Math.round(maxVal*critPercent);

    units = new String("KPH");
    minStr = String.valueOf(minVal);
    maxStr = String.valueOf(maxVal);

    setStringMetrics();

    warnColor = Color.orange;
    critColor = Color.red;
    internalColor = Color.BLUE;

    partition();
    minAngleDegs = r2d(minAngleRads);
    maxAngleDegs = r2d(maxAngleRads);

    setForeground(Color.green);
    normalColor = getForeground();
}

```

```

        setBackground(Color.DARK_GRAY);
        setFont(new Font("Courier", Font.ITALIC, 18));
    };

    /**
     * Change the Gauge's Legend (what this Gauge is measuring;
     e.g., Speed or Swap Rate)
     * @param newLegend    Legend's new value
     */
    public void setLegend(String newLegend) {
        legend = newLegend;
        if (myMetrics!=null) {
            legendSize = new
Dimension(myMetrics.stringWidth(legend),
                                                myMetrics.getHeight());
        }
        repaint();
    };

    /**
     * Change the Gauge's Units (what Value is measured in; e.g.,
     KPH or PPM)
     * @param newUnits    Units's new value
     */
    public void setUnits(String newUnits) {
        units = newUnits;
        if (myMetrics!=null) {
            unitsSize = new
Dimension(myMetrics.stringWidth(units),
                                                myMetrics.getHeight());
        }
        repaint();
    };

    /**
     * Change the Gauge's Minimum Value
     * @param min New Minimum
     */
    public void setMinimum(int min) {
        minVal = min;
        minStr = String.valueOf(minVal);
        if (myMetrics!=null) {
            minSize = new
Dimension(myMetrics.stringWidth(minStr),
                                                myMetrics.getHeight());
        }
        repaint();
    };

    public int getMinimum() {
        return minVal;
    };

    /**
     * Change the Gauge's Maximum Value
     * @param max New Maximum
     */
    public void setMaximum(int max) {
        maxVal = max;
        maxStr = String.valueOf(maxVal);
    };

```

```

        if (myMetrics!=null) {
            maxSize = new
Dimension(myMetrics.stringWidth(maxStr),
                                                myMetrics.getHeight());
        }
        warnVal = (int)Math.round(maxVal*warnPercent);
        critVal = (int)Math.round(maxVal*critPercent);
        repaint();
    };

    public int getMaximum() {
        return maxVal;
    };

    /**
     * Change the Gauge's Current Value (the value the pointer
points at)
     * @param newCurr New Current
     */
    public void setCurrent(int newCurr) {
        currVal = newCurr;
        repaint();
    };

    public int getCurrent() {
        return currVal;
    };

    /**
     * Change the Gauge's Warning Threshold. This is the
percentage of the Maximum Value
     * at which the Warning Region begins.
     * @param newWarnPcnt New Warning Threshold
     */
    public void setWarningThreshold(float newWarnPcnt) {
        warnPercent = newWarnPcnt;
        warnVal = (int)Math.round(maxVal*warnPercent);
        repaint();
    };

    public double getWarningThreshold() {
        return warnPercent;
    };

    /**
     * Change the Gauge's Critical Threshold. This is the
percentage of the Maximum Value
     * at which the Critical Region begins.
     * @param newCritPcnt New Critical Threshold
     */
    public void setCriticalThreshold(float newCritPcnt) {
        critPercent = newCritPcnt;
        critVal = (int)Math.round(maxVal*critPercent);
        repaint();
    };

    public double getCriticalThreshold() {
        return critPercent;
    };

```

```

    /**
     * At update(); draw into an off-screen image and put up the
whole
     * image. This clears up any flickering.
     */
    public void update(Graphics g) {
        Image osImg = createImage(getSize().width,
getSize().height);
        osImg.getGraphics().fillRect(0,0,getSize().width,
getSize().height);
        paint(osImg.getGraphics());
        g.drawImage(osImg,0,0,null);
    };

    /**
     * If Draw3d is set, draw the background as a filled 3D rect in
the
     * current Background Color. Otherwise, draw a flat rect.
     */
    public void drawBackground(Graphics g) {
        g.setColor(getBackground());

        if (draw3D) {
            for (int i=0;i<=3;i++) {
                g.fill3DRect(i,i,getSize().width-(2*i),
getSize().height-(2*i),true);
            }
        } else {
            g.fillRect(0,0, getSize().width, getSize().height);
        }
    };

    /**
     * drawTick draws one tick-mark from center of scale-arc
_INWARDS_
     * @param where      Value at which to draw the tick-mark
     * @param offset     How long to make the tick-mark
     */
    public void drawTick(Graphics g, int where, int offset) {
        int arcCenter = pointerLen+separation;
        Point startPt = mapValToPoint(where, arcCenter-offset);
        Point endPt   = mapValToPoint(where, arcCenter);
        g.setColor(getValColor(where));
        g.drawLine(startPt.x, startPt.y, endPt.x, endPt.y);
    };

    /**
     * drawScale draws the ScaleArc itself, and the tick-marks
     */
    public void drawScale(Graphics g) {

        // Draw the meter-interior. Then draw the Arc itself.
Then, draw tickmarks.
        g.setColor(internalColor);
        g.fillArc(margin, margin,
                getSize().width - 2*margin, getSize().height -
2*margin,
                maxAngleDegs, (minAngleDegs-maxAngleDegs));

        for (int i=-penRadius;i<=penRadius;i++) {

```

```

        // Draw the critical-color segment
        g.setColor(critColor);
        g.drawArc(margin+i, margin+i,
            getSize().width - 2*margin - 2*i,
        getSize().height - 2*margin - 2*i,
            maxAngleDegs,
            (int)Math.round(minAngleDegs*(1.0-
critPercent)));

        // Draw the warning-color segment
        g.setColor(warnColor);
        g.drawArc(margin+i, margin+i,
            getSize().width - 2*margin - 2*i,
        getSize().height - 2*margin - 2*i,
            (int)Math.round(minAngleDegs*(1.0-
critPercent)),
            (int)Math.round(minAngleDegs*(critPercent-
warnPercent)));

        // Draw the normal-color segment
        g.setColor(normalColor);
        g.drawArc(margin+i, margin+i,
            getSize().width - 2*margin - 2*i,
        getSize().height - 2*margin - 2*i,
            minAngleDegs,
            (int)Math.round(minAngleDegs*(-
warnPercent)));
    }

    for (int i=minVal;i<=maxVal;i+=littleTick)
    {drawTick(g,i,halfTick);}
    for (int i=minVal;i<=maxVal;i+=bigTick)
    {drawTick(g,i,tickSize);}
    };

    /**
     * drawStrings draws the Legend, Units, Min, and Max.
     */
    public void drawStrings(Graphics g) {
        g.setColor(getForeground());
        g.setFont(getFont());
        g.drawString(minStr, separation, pivotLoc.y +
minSize.height);
        g.drawString(maxStr, getLocation().x +
        getSize().width - 2*separation - maxSize.width -7 ,
            pivotLoc.y + minSize.height);

        g.drawString(legend,
            pivotLoc.x -
            (int)Math.round(legendSize.width/2),
            pivotLoc.y + legendSize.height + margin -15);
        g.drawString(units,
            pivotLoc.x -
            (int)Math.round(unitsSize.width/2),
            pivotLoc.y + legendSize.height+margin +
unitsSize.height+separation);
        repaint();
    };

    /**

```

```

    * getValColor returns the color associated with the region
into which the
    * value falls.
    * @param val      value of interest
    */
public Color getValColor(int val) {
    if (val < warnVal) {
        return normalColor;
    } else if (val < critVal) {
        return warnColor;
    } else {
        return critColor;
    }
};

/**
 * mapValToPoint returns a Point on the Scale for the specified
value
 */
public Point mapValToPoint(int val) {
    double diffRads = minAngleRads - maxAngleRads;
    double valPcnt  = (double)val/(double)maxVal;
    double valRads  = minAngleRads - diffRads*valPcnt;
    return new Point(pivotLoc.x +
(int)Math.round(Math.cos(valRads)*pointerLen),
                    pivotLoc.y -
(int)Math.round(Math.sin(valRads)*pointerLen));
};

/**
 * mapValToPoint returns a Point "radius" units from the Pivt
for the specified value
 */
public Point mapValToPoint(int val, int radius) {
    double diffRads = minAngleRads - maxAngleRads;
    double valPcnt  = (double)val/(double)maxVal;
    double valRads  = minAngleRads - diffRads*valPcnt;
    return new Point(pivotLoc.x +
(int)Math.round(Math.cos(valRads)*radius),
                    pivotLoc.y -
(int)Math.round(Math.sin(valRads)*radius));
};

/**
 * drawPointer draws the Pivot and the Pointer
 */
public void drawPointer(Graphics g) {
    g.setColor(getValColor(currVal));
    g.fillOval(pivotLoc.x-5, pivotLoc.y-5, 11, 11);
    Point scalePt = mapValToPoint(currVal);
    for (int i=-penRadius;i<=penRadius;i++) {
        g.drawLine(pivotLoc.x, pivotLoc.y+i, scalePt.x,
scalePt.y+i);
    }
};

/**
 * When resized, recalculate where everything lives.
 * <P>
 * Rules for resizing a Gauge:

```

```

    * <P>
    * <UL>
    * <LI>Gauge MUST be square; take the smaller of w/h as new
side-length
    * <LI>Gauge MUST be at least its min-size
    * </UL>
    */
    public void setSize(int w, int h) {
        int side = Math.max(Math.min(w,h),
getMinimumSize().width);
        super.setSize(side, side);
        partition();
        repaint();
    };

    /**
    * @see Gauge#resize(int,int)
    */
    public void setSize(Dimension dim) {
        int side = Math.max(Math.min(dim.width,dim.height),
getMinimumSize().width);
        dim.width = side; dim.height = side;
        super.setSize(dim);
        partition();
        repaint();
    };

    /**
    * @see Gauge#resize(int,int)
    */
    public void setBounds(int x, int y, int w, int h) {
        int side = Math.max(Math.min(w,h),
getMinimumSize().width);
        super.setBounds(x,y,side,side);
        partition();
        repaint();
    };

    /**
    * A Gauge wants to be no smaller than (100,100)
    */
    public Dimension getMinimumSize() {
        return new Dimension(100,100);
    };

    /**
    * Gauges prefer their minSize.
    * @see Gauge#getMinimumSize
    */
    public Dimension getPreferredSize() {
        return getMinimumSize();
    };

    /**
    * paint() paints in this order:
    * <OL>
    * <LI>Background (includes Internal area)
    * <LI>Scale (includes TickMarks)
    * <LI>Strings (Legend, Units, Min, Max)
    * <LI>Pointer (inlcudes Pivot)

```

```

* </OL>
*/
public void paint(Graphics g) {
    if (myMetrics==null) {
        myMetrics = getGraphics().getFontMetrics();
        setStringMetrics();
    }

    //Image osImg = createImage(size().width, size().height);
    //Graphics osGfx = osImg.getGraphics();
    drawBackground(g);
    drawScale(g);
    drawStrings(g);
    drawPointer(g);

    //g.drawImage(osImg, 0, 0, this);
//System.out.println(this.toString());
};

public void repaint() {
    super.repaint();
};

public void repaint(long when) {
    super.repaint(when);
};

public void repaint(int x, int y, int w, int h) {
    super.repaint(x,y,w,h);
};

public void repaint(long when, int x, int y, int w, int h) {
    super.repaint(when,x,y,w,h);
};

public void processMouseEvent(java.awt.event.MouseEvent evt)
{//, int x, int y) {
    super.processMouseEvent((java.awt.event.MouseEvent)
evt);//,x,y);
};

public void
processMouseMotionEvent(java.awt.event.MouseEvent evt) {//, int x,
int y) {

super.processMouseMotionEvent((java.awt.event.MouseEvent)
evt);//,x,y);
};

public String toString() {
    String strBuf = getClass().getName();
    strBuf += "Rect: " +getBounds().toString()+ '\n';
    strBuf += "Min : " +minVal+ " Max: " +maxVal+ " Curr: "
+currVal+ '\n';
    strBuf += "wP : " +warnPercent+ " cP:" + critPercent+
'\n';
    strBuf += "wV : " +warnVal+ " cV:" + critVal+ '\n';
    strBuf += "Lgnd: " +legend+'\n';
    strBuf += "Unit: " +units+'\n';
};

```



```
        strBuf += "MnAR: " +minAngleRads+ " MnAD: "
+minAngleDegs+ '\n';
        strBuf += "MxAR: " +maxAngleRads+ " MxAD: "
+maxAngleDegs+ '\n';
        strBuf += "PivotLoc: " +pivotLoc.toString()+ '\n';
        strBuf += "PtrLen: " +pointerLen+ '\n';
        strBuf += "SclRect : " +scaleRect.toString()+ '\n';
        return strBuf;
    }
}
```



## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β**

Στο παράρτημα που ακολουθεί αναφέρονται οι βασικότεροι κωδικοί σφαλμάτων με τις επεξηγήσεις τους, όπως ενδέχεται να εμφανιστούν στο πεδίο Get DTCs του γραφικού περιβάλλοντος:

### 1) Βασικότεροι P – Codes:

P0100	Mass or Volume Air Flow Circuit Malfunction
P0101	Mass or Volume Air Flow Circuit Range/Performance Problem
P0102	Mass or Volume Air Flow Circuit Low Input
P0103	Mass or Volume Air Flow Circuit High Input
P0104	Mass or Volume Air Flow Circuit Intermittent
P0105	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Malfunction
P0106	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Range/Performance Problem
P0107	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Low Input
P0108	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit High Input
P0109	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Intermittent
P0109	Intake Air Temperature Circuit Malfunction
P0110	IAT Circuit Malfunction
P0111	Intake Air Temperature Circuit Range/Performance Problem
P0112	Intake Air Temperature Circuit Low Input
P0113	Intake Air Temperature Circuit High Input
P0114	Intake Air Temperature Circuit Intermittent
P0115	Engine Coolant Temperature Circuit Malfunction
P0116	Engine Coolant Temperature Circuit Range/Performance Problem
P0117	Engine Coolant Temperature Circuit Low Input
P0118	Engine Coolant Temperature Circuit High Input
P0119	Engine Coolant Temperature Circuit Intermittent
P0120	Throttle Position Sensor/Switch A Circuit Malfunction
P0121	Throttle Position Sensor/Switch A Circuit Range/Performance Problem
P0122	Throttle Position Sensor/Switch A Circuit Low Input
P0123	Throttle Position Sensor/Switch A Circuit High Input
P0124	Throttle Position Sensor/Switch A Circuit Intermittent
P0125	Insufficient Coolant Temperature for Closed Loop Fuel Control; ECT Excessive Time to Closed Loop Fuel Control

P0126	Insufficient Coolant Temperature for Stable Operation
P0128	Coolant Thermostat Malfunction
P0130	O2 Sensor Circuit Malfunction (Bank 1 Sensor 1)
P0131	O2 Sensor Circuit Low Voltage (Bank 1 Sensor 1)
P0132	O2 Sensor Circuit High Voltage (Bank 1 Sensor 1)
P0133	O2 Sensor Circuit Slow Response (Bank 1 Sensor 1)
P0134	O2 Sensor Circuit No Activity Detected (Bank 1 Sensor 1)
P0135	O2 Sensor Heater Circuit Malfunction (Bank 1 Sensor 1)
P0136	O2 Sensor Circuit Malfunction (Bank 1 Sensor 2)
P0137	O2 Sensor Circuit Low Voltage (Bank 1 Sensor 2)
P0138	O2 Sensor Circuit High Voltage (Bank 1 Sensor 2)
P0139	O2 Sensor Circuit Slow Response (Bank 1 Sensor 2)
P0140	O2 Sensor Circuit No Activity Detected (Bank 1 Sensor 2)
P0141	O2 Sensor Heater Circuit Malfunction (Bank 1 Sensor 2)
P0142	O2 Sensor Circuit Malfunction (Bank 1 Sensor 3)
P0143	O2 Sensor Circuit Low Voltage (Bank 1 Sensor 3)
P0144	O2 Sensor Circuit High Voltage (Bank 1 Sensor 3)
P0145	O2 Sensor Circuit Slow Response (Bank 1 Sensor 3)
P0146	O2 Sensor Circuit No Activity Detected (Bank 1 Sensor 3)
P0147	O2 Sensor Heater Circuit Malfunction (Bank 1 Sensor 3)
P0150	O2 Sensor Circuit Malfunction (Bank 2 Sensor 1)
P0151	O2 Sensor Circuit Low Voltage (Bank 2 Sensor 1)
P0152	O2 Sensor Circuit High Voltage (Bank 2 Sensor 1)
P0153	O2 Sensor Circuit Slow Response (Bank 2 Sensor 1)
P0154	O2 Sensor Circuit No Activity Detected (Bank 2 Sensor 1)
P0155	O2 Sensor Heater Circuit Malfunction (Bank 2 Sensor 1)
P0156	O2 Sensor Circuit Malfunction (Bank 2 Sensor 2)
P0157	O2 Sensor Circuit Low Voltage (Bank 2 Sensor 2)
P0158	O2 Sensor Circuit High Voltage (Bank 2 Sensor 2)
P0159	O2 Sensor Circuit Slow Response (Bank 2 Sensor 2)
P0160	O2 Sensor Circuit No Activity Detected (Bank 2 Sensor 2)
P0161	O2 Sensor Heater Circuit Malfunction (Bank 2 Sensor 2)
P0162	O2 Sensor Circuit Malfunction (Bank 2 Sensor 3)
P0163	O2 Sensor Circuit Low Voltage (Bank 2 Sensor 3)
P0164	O2 Sensor Circuit High Voltage (Bank 2 Sensor 3)
P0165	O2 Sensor Circuit Slow Response (Bank 2 Sensor 3)
P0166	O2 Sensor Circuit No Activity Detected (Bank 2 Sensor 3)
P0167	O2 Sensor Heater Circuit Malfunction (Bank 2 Sensor 3)
P0170	Fuel Trim Malfunction (Bank 1)

P0171	Fuel Trim System Lean (Bank 1)
P0172	Fuel Trim too Rich (Bank 1)
P0173	Fuel Trim Malfunction (Bank 2)
P0174	Fuel Trim too Lean (Bank 2)
P0175	Fuel Trim too Rich (Bank 2)
P0176	Fuel Composition Sensor Circuit Malfunction
P0177	Fuel Composition Sensor Circuit Range/Performance
P0178	Fuel Composition Sensor Circuit Low Input
P0179	Fuel Composition Sensor Circuit High Input
P0180	Fuel Temperature Sensor A Circuit Malfunction
P0181	Fuel Temperature Sensor A Circuit Range/Performance
P0182	Fuel Temperature Sensor A Circuit Low Input
P0183	Fuel Temperature Sensor A Circuit High Input
P0184	Fuel Temperature Sensor A Circuit Intermittent
P0185	Fuel Temperature Sensor B Circuit Malfunction
P0186	Fuel Temperature Sensor B Circuit Range/Performance
P0187	Fuel Temperature Sensor B Circuit Low Input
P0188	Fuel Temperature Sensor B Circuit High Input
P0189	Fuel Temperature Sensor B Circuit Intermittent
P0190	Fuel Rail Pressure Sensor Circuit Malfunction
P0191	Fuel Rail Pressure Sensor Circuit Range/Performance
P0192	Fuel Rail Pressure Sensor Circuit Low Input
P0193	Fuel Rail Pressure Sensor Circuit High Input
P0194	Fuel Rail Pressure Sensor Circuit Intermittent
P0195	Engine Oil Temperature Sensor Malfunction
P0196	Engine Oil Temperature Sensor Range/Performance
P0197	Engine Oil Temperature Sensor Low
P0198	Engine Oil Temperature Sensor High
P0199	Engine Oil Temperature Sensor Intermittent
P0200	Injector Circuit Malfunction
P0201	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 1
P0202	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 2
P0203	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 3
P0204	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 4
P0205	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 5
P0206	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 6
P0207	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 7
P0208	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 8
P0209	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 9

P0210	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 10
P0211	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 11
P0212	Injector Circuit Malfunction - Cylinder 12
P0213	Cold Start Injector 1 Malfunction
P0214	Cold Start Injector 2 Malfunction
P0215	Engine Shutoff Solenoid Malfunction
P0216	Injection Timing Control Circuit Malfunction
P0217	Engine Overtemp Condition
P0218	Transmission Over Temperature Condition
P0219	Engine Overspeed Condition
P0220	Throttle/Petal Position Sensor/Switch B Circuit Malfunction
P0221	Throttle/Petal Position Sensor/Switch B Circuit Range/Performance Problem
P0222	Throttle/Petal Position Sensor/Switch B Circuit Low Input
P0223	Throttle/Petal Position Sensor/Switch B Circuit High Input
P0224	Throttle/Petal Position Sensor/Switch B Circuit Intermittent
P0225	Throttle/Petal Position Sensor/Switch C Circuit Malfunction
P0226	Throttle/Petal Position Sensor/Switch C Circuit Range/Performance Problem
P0227	Throttle/Petal Position Sensor/Switch C Circuit Low Input
P0228	Throttle/Petal Position Sensor/Switch C Circuit High Input
P0229	Throttle/Petal Position Sensor/Switch C Circuit Intermittent
P0230	Fuel Pump Primary Circuit Malfunction
P0231	Fuel Pump Secondary Circuit Low
P0232	Fuel Pump Secondary Circuit High
P0233	Fuel Pump Secondary Circuit Intermittent
P0234	Engine Overboost Condition
P0235	Turbocharger Boost Sensor A Circuit Malfunction
P0236	Turbocharger Boost Sensor A Circuit Range/Performance
P0237	Turbocharger Boost Sensor A Circuit Low
P0238	Turbocharger Boost Sensor A Circuit High
P0239	Turbocharger Boost Sensor B Malfunction
P0240	Turbocharger Boost Sensor B Circuit Range/Performance
P0241	Turbocharger Boost Sensor B Circuit Low
P0242	Turbocharger Boost Sensor B Circuit High
P0243	Turbocharger Wastegate Solenoid A Malfunction
P0244	Turbocharger Wastegate Solenoid A Range/Performance
P0245	Turbocharger Wastegate Solenoid A Low
P0246	Turbocharger Wastegate Solenoid A High
P0247	Turbocharger Wastegate Solenoid B Malfunction

P0248	Turbocharger Wastegate Solenoid B Range/Performance
P0249	Turbocharger Wastegate Solenoid B Low
P0250	Turbocharger Wastegate Solenoid B High
P0251	Injection Pump Fuel Metering Control "A" Malfunction (Cam/Rotor/Injector)
P0252	Injection Pump Fuel Metering Control "A" Range/Performance (Cam/Rotor/Injector)
P0253	Injection Pump Fuel Metering Control "A" Low (Cam/Rotor/Injector)
P0254	Injection Pump Fuel Metering Control "A" High (Cam/Rotor/Injector)
P0255	Injection Pump Fuel Metering Control "A" Intermittent (Cam/Rotor/Injector)
P0256	Injection Pump Fuel Metering Control "B" Malfunction (Cam/Rotor/Injector)
P0257	Injection Pump Fuel Metering Control "B" Range/Performance (Cam/Rotor/Injector)
P0258	Injection Pump Fuel Metering Control "B" Low (Cam/Rotor/Injector)
P0259	Injection Pump Fuel Metering Control "B" High (Cam/Rotor/Injector)
P0260	Injection Pump Fuel Metering Control "B" Intermittent (Cam/Rotor/Injector)
P0261	Cylinder 1 Injector Circuit Low
P0262	Cylinder 1 Injector Circuit High
P0263	Cylinder 1 Contribution/Balance Fault
P0264	Cylinder 2 Injector Circuit Low
P0265	Cylinder 2 Injector Circuit High
P0266	Cylinder 2 Contribution/Balance Fault
P0267	Cylinder 3 Injector Circuit Low
P0268	Cylinder 3 Injector Circuit High
P0269	Cylinder 3 Contribution/Balance Fault
P0270	Cylinder 4 Injector Circuit Low
P0271	Cylinder 4 Injector Circuit High
P0272	Cylinder 4 Contribution/Balance Fault
P0273	Cylinder 5 Injector Circuit Low
P0274	Cylinder 5 Injector Circuit High
P0275	Cylinder 5 Contribution/Balance Fault
P0276	Cylinder 6 Injector Circuit Low
P0277	Cylinder 6 Injector Circuit High
P0278	Cylinder 6 Contribution/Balance Fault
P0279	Cylinder 7 Injector Circuit Low
P0280	Cylinder 7 Injector Circuit High



P0281	Cylinder 7 Contribution/Balance Fault
P0282	Cylinder 8 Injector Circuit Low
P0283	Cylinder 8 Injector Circuit High
P0284	Cylinder 8 Contribution/Balance Fault
P0285	Cylinder 9 Injector Circuit Low
P0286	Cylinder 9 Injector Circuit High
P0287	Cylinder 9 Contribution/Balance Fault
P0288	Cylinder 10 Injector Circuit Low
P0289	Cylinder 10 Injector Circuit High
P0290	Cylinder 10 Contribution/Balance Fault
P0291	Cylinder 11 Injector Circuit Low
P0292	Cylinder 11 Injector Circuit High
P0293	Cylinder 11 Contribution/Balance Fault
P0294	Cylinder 12 Injector Circuit Low
P0295	Cylinder 12 Injector Circuit High
P0296	Cylinder 12 Contribution/Range Fault
P0300	Random/Multiple Cylinder Misfire Detected
P0301	Cylinder 1 Misfire Detected
P0302	Cylinder 2 Misfire Detected
P0303	Cylinder 3 Misfire Detected
P0304	Cylinder 4 Misfire Detected
P0305	Cylinder 5 Misfire Detected
P0306	Cylinder 6 Misfire Detected
P0307	Cylinder 7 Misfire Detected
P0308	Cylinder 8 Misfire Detected
P0309	Cylinder 9 Misfire Detected
P0310	Cylinder 10 Misfire Detected
P0311	Cylinder 11 Misfire Detected
P0312	Cylinder 12 Misfire Detected
P0320	Ignition/Distributor Engine Speed Input Circuit Malfunction
P0321	Ignition/Distributor Engine Speed Input Circuit Range/Performance
P0322	Ignition/Distributor Engine Speed Input Circuit No Signal
P0323	Ignition/Distributor Engine Speed Input Circuit Intermittent
P0325	Knock Sensor 1 Circuit Malfunction (Bank 1 or Single Sensor)
P0326	Knock Sensor 1 Circuit Range/Performance (Bank 1 or Single Sensor)
P0327	Knock Sensor 1 Circuit Low Input (Bank 1 or Single Sensor)
P0328	Knock Sensor 1 Circuit High Input (Bank 1 or Single Sensor)
P0329	Knock Sensor 1 Circuit Intermittent (Bank 1 or Single Sensor)
P0330	Knock Sensor 2 Circuit Malfunction (Bank 2)

P0331	Knock Sensor 2 Circuit Range/Performance (Bank 2)
P0332	Knock Sensor 2 Circuit Low Input (Bank 2)
P0333	Knock Sensor 2 Circuit High Input (Bank 2)
P0334	Knock Sensor 2 Circuit Intermittent (Bank 2)
P0335	Crankshaft Position Sensor A Circuit Malfunction
P0336	Crankshaft Position Sensor A Circuit Range/Performance
P0337	Crankshaft Position Sensor A Circuit Low Input
P0338	Crankshaft Position Sensor A Circuit High Input
P0339	Crankshaft Position Sensor A Circuit Intermittent
P0340	Camshaft Position Sensor Circuit Malfunction
P0341	Camshaft Position Sensor Circuit Range/Performance
P0342	Camshaft Position Sensor Circuit Low Input
P0343	Camshaft Position Sensor Circuit High Input
P0344	Camshaft Position Sensor Circuit Intermittent
P0350	Ignition Coil Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0351	Ignition Coil A Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0352	Ignition Coil B Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0353	Ignition Coil C Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0354	Ignition Coil D Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0355	Ignition Coil E Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0356	Ignition Coil F Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0357	Ignition Coil G Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0358	Ignition Coil H Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0359	Ignition Coil I Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0360	Ignition Coil J Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0361	Ignition Coil K Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0362	Ignition Coil L Primary/Secondary Circuit Malfunction
P0370	Timing Reference High Resolution Signal A Malfunction
P0371	Timing Reference High Resolution Signal A Too Many Pulses
P0372	Timing Reference High Resolution Signal A Too Few Pulses
P0373	Timing Reference High Resolution Signal A Intermittent/Erratic Pulses
P0374	Timing Reference High Resolution Signal A No Pulses
P0375	Timing Reference High Resolution Signal B Malfunction
P0376	Timing Reference High Resolution Signal B Too Many Pulses
P0377	Timing Reference High Resolution Signal B Too Few Pulses
P0378	Timing Reference High Resolution Signal B Intermittent/Erratic Pulses
P0379	Timing Reference High Resolution Signal B No Pulses
P0380	Glow Plug/Heater Circuit "A" Malfunction

P0381	Glow Plug/Heater Indicator Circuit Malfunction
P0382	Exhaust Gas Recirculation Flow Malfunction
P0385	Crankshaft Position Sensor B Circuit Malfunction
P0386	Crankshaft Position Sensor B Circuit Range/Performance
P0387	Crankshaft Position Sensor B Circuit Low Input
P0388	Crankshaft Position Sensor B Circuit High Input
P0389	Crankshaft Position Sensor B Circuit Intermittent
P0400	Exhaust Gas Recirculation Flow Malfunction
P0401	Exhaust Gas Recirculation Flow Insufficient Detected
P0402	Exhaust Gas Recirculation Flow Excessive Detected
P0403	Exhaust Gas Recirculation Circuit Malfunction
P0404	Exhaust Gas Recirculation Circuit Range/Performance
P0405	Exhaust Gas Recirculation Sensor A Circuit Low
P0406	Exhaust Gas Recirculation Sensor A Circuit High
P0407	Exhaust Gas Recirculation Sensor B Circuit Low
P0408	Exhaust Gas Recirculation Sensor B Circuit High
P0410	Secondary Air Injection System Malfunction
P0411	Secondary Air Injection System Incorrect Flow Detected
P0412	Secondary Air Injection System Switching Valve A Circuit Malfunction
P0413	Secondary Air Injection System Switching Valve A Circuit Open
P0414	Secondary Air Injection System Switching Valve A Circuit Shorted
P0415	Secondary Air Injection System Switching Valve B Circuit Malfunction
P0416	Secondary Air Injection System Switching Valve B Circuit Open
P0417	Secondary Air Injection System Switching Valve B Circuit Shorted
P0418	Secondary Air Injection System Relay "A" Circuit Malfunction
P0419	Secondary Air Injection System Relay "B" Circuit Malfunction
P0420	Catalyst System Efficiency Below Threshold (Bank 1)
P0421	Warm Up Catalyst Efficiency Below Threshold (Bank 1)
P0422	Main Catalyst Efficiency Below Threshold (Bank 1)
P0423	Heated Catalyst Efficiency Below Threshold (Bank 1)
P0424	Heated Catalyst Temperature Below Threshold (Bank 1)
P0426	Catalyst Temperature Sensor Range/Performance (Bank 1)
P0427	Catalyst Temperature Sensor Low Input (Bank 1)
P0428	Catalyst Temperature Sensor High Input (Bank 1)
P0430	Catalyst System Efficiency Below Threshold (Bank 2)
P0431	Warm Up Catalyst Efficiency Below Threshold (Bank 2)
P0432	Main Catalyst Efficiency Below Threshold (Bank 2)
P0433	Heated Catalyst Efficiency Below Threshold (Bank 2)

P0434	Heated Catalyst Temperature Below Threshold (Bank 2)
P0436	Catalyst Temperature Sensor Range/Performance (Bank 2)
P0437	Catalyst Temperature Sensor Low Input (Bank 2)
P0438	Catalyst Temperature Sensor High Input (Bank 2)
P0440	Evaporative Emission Control System Malfunction
P0441	Evaporative Emission Control System Incorrect Purge Flow
P0442	Evaporative Emission Control System Leak Detected (small leak)
P0443	Evaporative Emission Control System Purge Control Valve Circuit Malfunction
P0444	Evaporative Emission Control System Purge Control Valve Circuit Open
P0445	Evaporative Emission Control System Purge Control Valve Circuit Shorted
P0446	Evaporative Emission Control System Vent Control Circuit Malfunction
P0447	Evaporative Emission Control System Vent Control Circuit Open
P0448	Evaporative Emission Control System Vent Control Circuit Shorted
P0449	Evaporative Emission Control System Vent Valve/Solenoid Circuit Malfunction
P0450	Evaporative Emission Control System Pressure Sensor Malfunction
P0451	Evaporative Emission Control System Pressure Sensor Range/Performance
P0452	Evaporative Emission Control System Pressure Sensor Low Input
P0453	Evaporative Emission Control System Pressure Sensor High Input
P0454	Evaporative Emission Control System Pressure Sensor Intermittent
P0455	Evaporative Emission Control System Leak Detected (gross leak)
P0460	Fuel Level Sensor Circuit Malfunction
P0461	Fuel Level Sensor Circuit Range/Performance
P0462	Fuel Level Sensor Circuit Low Input
P0463	Fuel Level Sensor Circuit High Input
P0464	Fuel Level Sensor Circuit Intermittent
P0465	Purge Flow Sensor Circuit Malfunction
P0466	Purge Flow Sensor Circuit Range/Performance
P0467	Purge Flow Sensor Circuit Low Input
P0468	Purge Flow Sensor Circuit High Input
P0469	Purge Flow Sensor Circuit Intermittent
P0470	Exhaust Pressure Sensor Malfunction
P0471	Exhaust Pressure Sensor Range/Performance
P0472	Exhaust Pressure Sensor Low

P0473	Exhaust Pressure Sensor High
P0474	Exhaust Pressure Sensor Intermittent
P0475	Exhaust Pressure Control Valve Malfunction
P0476	Exhaust Pressure Control Valve Range/Performance
P0477	Exhaust Pressure Control Valve Low
P0478	Exhaust Pressure Control Valve High
P0479	Exhaust Pressure Control Valve Intermittent
P0480	Cooling Fan 1 Control Circuit Malfunction
P0481	Cooling Fan 2 Control Circuit Malfunction
P0482	Cooling Fan 3 Control Circuit Malfunction
P0483	Cooling Fan Rationality Check Malfunction
P0484	Cooling Fan Circuit Over Current
P0485	Cooling Fan Power/Ground Circuit Malfunction
P0500	Vehicle Speed Sensor Malfunction
P0501	Vehicle Speed Sensor Range/Performance
P0502	Vehicle Speed Sensor Low Input
P0503	Vehicle Speed Sensor Intermittent/Erratic/High
P0505	Idle Control System Malfunction
P0506	Idle Control System RPM Lower Than Expected
P0507	Idle Control System RPM Higher Than Expected
P0510	Closed Throttle Position Switch Malfunction
P0520	Engine Oil Pressure Sensor/Switch Circuit Malfunction
P0521	Engine Oil Pressure Sensor/Switch Circuit Range/Performance
P0522	Engine Oil Pressure Sensor/Switch Circuit Low Voltage
P0523	Engine Oil Pressure Sensor/Switch Circuit High Voltage
P0530	A/C Refrigerant Pressure Sensor Circuit Malfunction
P0531	A/C Refrigerant Pressure Sensor Circuit Range/Performance
P0532	A/C Refrigerant Pressure Sensor Circuit Low Input
P0533	A/C Refrigerant Pressure Sensor Circuit High Input
P0534	Air Conditioner Refrigerant Charge Loss
P0550	Power Steering Pressure Sensor Circuit Malfunction
P0551	Power Steering Pressure Sensor Circuit Range/Performance
P0552	Power Steering Pressure Sensor Circuit Low Input
P0553	Power Steering Pressure Sensor Circuit High Input
P0554	Power Steering Pressure Sensor Circuit Intermittent
P0560	System Voltage Malfunction
P0561	System Voltage Unstable
P0562	System Voltage Low
P0562	A/C pressure sensor low voltage(Chrysler)

P0563	System Voltage High
P0565	Cruise Control On Signal Malfunction
P0566	Cruise Control Off Signal Malfunction
P0567	Cruise Control Resume Signal Malfunction
P0568	Cruise Control Set Signal Malfunction
P0569	Cruise Control Coast Signal Malfunction
P0570	Cruise Control Accel Signal Malfunction
P0571	Cruise Control/Brake Switch A Circuit Malfunction
P0572	Cruise Control/Brake Switch A Circuit Low
P0573	Cruise Control/Brake Switch A Circuit High
P0574	Cruise Control Related Malfunction
P0575	Cruise Control Related Malfunction
P0576	Cruise Control Related Malfunction
P0576	Cruise Control Related Malfunction
P0578	Cruise Control Related Malfunction
P0579	Cruise Control Related Malfunction
P0580	Cruise Control Related Malfunction
P0600	Serial Communication Link Malfunction
P0601	Control Module Read Only Memory(ROM)
P0602	Control Module Programming Error
P0603	Internal Control Module Keep Alive Memory (KAM) Error
P0604	Internal Control Module Random Access Memory (RAM) Error
P0605	Internal Control Module Read Only Memory (ROM) Error
P0606	PCM Processor Fault
P0608	Control Module VSS Output "A" Malfunction
P0609	Control Module VSS Output "B" Malfunction
P0620	Generator Control Circuit Malfunction
P0621	Generator Lamp "L" Control Circuit Malfunction
P0622	Generator Field "F" Control Circuit Malfunction
P0650	Malfunction Indicator Lamp (MIL) Control Circuit Malfunction
P0654	Engine RPM Output Circuit Malfunction
P0655	Engine Hot Lamp Output Control Circuit Malfunction
P0656	Fuel Level Output Circuit Malfunction
P0700	Transmission Control System Malfunction
P0701	Transmission Control System Range/Performance
P0702	Transmission Control System Electrical
P0703	Torque Converter/Brake Switch B Circuit Malfunction
P0704	Clutch Switch Input Circuit Malfunction
P0705	Transmission Range Sensor Circuit malfunction (PRNDL Input)

P0706	Transmission Range Sensor Circuit Range/Performance
P0707	Transmission Range Sensor Circuit Low Input
P0708	Transmission Range Sensor Circuit High Input
P0709	Transmission Range Sensor Circuit Intermittent
P0710	Transmission Fluid Temperature Sensor Circuit Malfunction
P0711	Transmission Fluid Temperature Sensor Circuit Range/Performance
P0712	Transmission Fluid Temperature Sensor Circuit Low Input
P0713	Transmission Fluid Temperature Sensor Circuit High Input
P0714	Transmission Fluid Temperature Sensor Circuit Intermittent
P0715	Input/Turbine Speed Sensor Circuit Malfunction
P0716	Input/Turbine Speed Sensor Circuit Range/Performance
P0717	Input/Turbine Speed Sensor Circuit No Signal
P0718	Input/Turbine Speed Sensor Circuit Intermittent
P0719	Torque Converter/Brake Switch B Circuit Low
P0720	Output Speed Sensor Circuit Malfunction
P0721	Output Speed Sensor Range/Performance
P0722	Output Speed Sensor No Signal
P0723	Output Speed Sensor Intermittent
P0724	Torque Converter/Brake Switch B Circuit High
P0725	Engine Speed input Circuit Malfunction
P0726	Engine Speed Input Circuit Range/Performance
P0727	Engine Speed Input Circuit No Signal
P0728	Engine Speed Input Circuit Intermittent
P0730	Incorrect Gear Ratio
P0731	Gear 1 Incorrect ratio
P0732	Gear 2 Incorrect ratio
P0733	Gear 3 Incorrect ratio
P0734	Gear 4 Incorrect ratio
P0735	Gear 5 Incorrect ratio
P0736	Reverse incorrect gear ratio
P0740	Torque Converter Clutch Circuit Malfunction
P0741	Torque Converter Clutch Circuit Performance or Stuck Off
P0742	Torque Converter Clutch Circuit Stuck On
P0743	Torque Converter Clutch Circuit Electrical
P0744	Torque Converter Clutch Circuit Intermittent
P0745	Pressure Control Solenoid Malfunction
P0746	Pressure Control Solenoid Performance or Stuck Off
P0747	Pressure Control Solenoid Stuck On
P0748	Pressure Control Solenoid Electrical

P0749	Pressure Control Solenoid Intermittent
P0750	Shift Solenoid A Malfunction
P0751	Shift Solenoid A Performance or Stuck Off/ 1-2 Shift Solenoid Valve Performance
P0752	Shift Solenoid A Stuck On
P0753	Shift Solenoid A Electrical/ 1-2 Shift Solenoid Circuit Electrical
P0754	Shift Solenoid A Intermittent
P0755	Shift Solenoid B Malfunction
P0756	Shift Solenoid B Performance or Stuck Off/ 2-3 Shift Solenoid Valve Performance
P0757	Shift Solenoid B Stuck On
P0758	Shift Solenoid B Electrical/ 2-3 Shift Solenoid Circuit Electrical
P0759	Shift Solenoid B Intermittent
P0760	Shift Solenoid C Malfunction
P0761	Shift Solenoid C Performance or Stuck Off
P0762	Shift Solenoid C Stuck On
P0763	Shift Solenoid C Electrical
P0764	Shift Solenoid C Intermittent
P0765	Shift Solenoid D Malfunction
P0766	Shift Solenoid D Performance or Stuck Off
P0767	Shift Solenoid D Stuck On
P0768	Shift Solenoid D Electrical
P0769	Shift Solenoid D Intermittent
P0770	Shift Solenoid E Malfunction
P0771	Shift Solenoid E Performance or Stuck Off
P0772	Shift Solenoid E Stuck On
P0773	Shift Solenoid E Electrical
P0774	Shift Solenoid E Intermittent
P0775	Pressure Control Solenoid B Malfunction
P0776	Pressure Control Solenoid B Performance
P0777	Pressure Control Solenoid B Stuck On
P0778	Pressure Control Solenoid B Electrical
P0779	Pressure Control Solenoid B Intermittent
P0780	Shift Malfunction
P0781	1-2 Shift Malfunction
P0782	2-3 Shift Malfunction
P0783	3-4 Shift Malfunction
P0784	4-5 Shift Malfunction
P0785	Shift/Timing Solenoid Malfunction/ 3-2 Shift Solenoid Circuit Electrical



P0786	Shift/Timing Solenoid Range/Performance
P0787	Shift/Timing Solenoid Low
P0788	Shift/Timing Solenoid High
P0789	Shift/Timing Solenoid Intermittent
P0790	Normal/Performance Switch Circuit Malfunction
P0801	Reverse Inhibit Control Circuit Malfunction
P0803	1-4 Upshift (Skip Shift) Solenoid Control Circuit Malfunction
P0804	1-4 Upshift (Skip Shift) Lamp Control Circuit Malfunction
P1100	MAF Sensor Intermittent/ Check of all OBDII Systems Not Complete
P1101	MAF Sensor Out Of Self Test Range./ KOER Not Able To Complete KOER Aborted
P1102	MAF Sensor In Range But Lower Than Expected
P1103	MAF Sensor In Range But Higher Than Expected
P1104	MAF Ground Malfunction
P1105	Dual Alternator Upper Fault
P1106	Dual Alternator Lower Fault/ Manifold Absolute Pressure (MAP) Sensor Circuit Intermittent High Voltage
P1107	Dual Alternator Lower Circuit Malfunction/ Manifold Absolute Pressure (MAP) Sensor Circuit Intermittent Low Voltage
P1108	Dual Alternator Battery Lamp Circuit Malfunction
P1109	IAT - B Sensor Intermittent
P1110	IAT Sensor (D/C) Open/Short
P1111	Intake Air Temperature (IAT) Sensor Circuit Intermittent High Voltage
P1112	Intake Air Temperature (IAT) Sensor Circuit Intermittent Low Voltage
P1113	IAT Sensor Open/Short
P1114	Engine Coolant Temperature (ECT) Sensor Circuit Intermittent Low Voltage/IAT - B Circuit Low Input
P1115	Engine Coolant Temperature (ECT) Sensor Circuit Intermittent High Voltage/IAT - B Circuit High Input
P1116	Engine Coolant sensor out of range/ECT Sensor Out Of Self Test Range
P1117	Engine Coolant Sensor intermittent/ECT Sensor Intermittent
P1118	Manifold Absolute Temperature Circuit Low Input
P1119	Manifold Absolute Temperature Circuit High Input
P1120	Throttle position sensor out of range
P1121	Throttle Position (TP) Sensor Circuit Intermittent High Voltage
P1122	Throttle Position (TP) Sensor Circuit Intermittent Low Voltage
P1123	Throttle Position Sensor In Range But Higher Than Expected
P1124	Throttle Position Sensor Out Of Self Test Range

P1125	Throttle position sensor intermittent
P1126	Throttle Position (Narrow Range) Sensor Circuit Malfunction
P1127	Exhaust Not Warm, Downstream O2 Sensor
P1128	Upstream Heated O2 Sensors Swapped
P1129	Downstream Heated O2 Sensors Swapped
P1130	Lack Of HO2S Switch - Adaptive Fuel At Limit
P1131	Lack Of HO2S Switch - Sensor Indicates Lean
P1132	Lack Of HO2S Switch - Sensor Indicates Rich
P1133	HO2S Insufficient Switching Sensor 1
P1134	HO2S Transition Time Ratio Sensor 1
P1135	Pedal Position Sensor A Circuit Intermittent
P1136	Fan Control Circuit Malfunction
P1137	Lack Of HO2S Switch - Sensor Indicates Lean
P1138	Lack Of HO2S12 Switch - Sensor Indicates Rich
P1139	Water In Fuel Indicator Circuit Malfunction
P1140	Water In Fuel Condition
P1141	Fuel Restriction Indicator Circuit Malfunction
P1142	Fuel Restriction Condition
P1143	Air Assist Control Valve Range/Performance
P1144	Air Assist Control Valve Circuit Malfunction
P1150	Lack Of HO2S21 Switch - Adaptive Fuel At Limit
P1151	Lack Of HO2S21 Switch - Sensor Indicates Lean
P1152	Lack Of HO2S21 Switch - Sensor Indicates Rich
P1153	Bank 2 Fuel Control Shifted Lean
P1154	Bank 2 Fuel Control Shifted Rich
P1155	Alternative Fuel Controller
P1156	Fuel Select Switch Malfunction
P1157	Lack Of HO2S22 Switch - Sensor Indicates Lean
P1158	Lack Of HO2S22 Switch - Sensor Indicates Rich
P1159	Fuel Stepper Motor Malfunction
P1167	Invalid Test,throttle not depressed
P1168	Fuel Rail Sensor In-Range Low Failure
P1169	Fuel Rail Sensor In-Range High Failure
P1170	ESO - Engine Shut Off Solenoid Fault
P1171	Rotor Sensor Fault
P1172	Rotor Control Fault
P1173	Rotor Calibration Fault
P1174	Cam Sensor Fault
P1175	Cam Control Fault

P1176	Cam Calibration Fault
P1177	Synchronization Fault
P1178	( open )
P1180	Fuel Delivery System Malfunction - Low
P1181	Fuel Delivery System Malfunction - High
P1182	Fuel Shut Off Solenoid Malfunction
P1183	Engine Oil Temperature Circuit Malfunction
P1184	Engine Oil Temperature Out Of Self Test Range
P1185	FTS High - Fuel Pump Temperature Sensor High
P1186	FTS Low - Fuel Pump Temperature Sensor Low
P1187	Variant Selection
P1188	Calibration Memory Fault
P1189	Pump Speed Signal Fault
P1190	Calibration Resistor Out Of Range
P1191	Key Line Voltage
P1192	Voltage External
P1193	EGR Drive Overcurrent
P1194	ECU A/D Converter
P1195	SCP HBCC Failed To Initialize
P1196	Key Off Voltage High
P1197	Key Off Voltage Low
P1198	Pump Rotor Control Underfueling
P1199	Fuel Level Input Circuit Low
P1200	Injector Control Circuit
P1201	Injector Circuit Open / Shorted - Cylinder #1
P1202	Injector Circuit Open / Shorted - Cylinder #2
P1203	Injector Circuit Open / Shorted - Cylinder #3
P1204	Injector Circuit Open / Shorted - Cylinder #4
P1205	Injector Circuit Open / Shorted - Cylinder #5
P1206	Injector Circuit Open / Shorted - Cylinder #6
P1209	Injector Control Pressure System Fault
P1210	Injector Control Pressure Above Expected Level
P1211	Injector Control Pressure Sensor Above / Below Desired
P1212	Injector Control Pressure Not Detected During Crank
P1213	Start Injector Circuit Malfunction
P1214	Pedal Position Sensor B Circuit Intermittent
P1215	Pedal Position Sensor C Circuit Low Input
P1216	Pedal Position Sensor C Circuit High Input
P1217	Pedal Position Sensor C Circuit Intermittent

P1218	CID High
P1219	CID Low
P1220	Series Throttle Control System Malfunction
P1221	Traction Control System Malfunction
P1222	Traction Control Output Circuit Malfunction
P1223	Pedal Demand Sensor B Circuit High Input
P1224	Throttle Position Sensor B Out Of Self Test Range
P1225	Needle Lift Sensor Malfunction
P1226	Control Sleeve Sensor Malfunction
P1227	Wastegate Failed Closed (Over Pressure)
P1228	Wastegate Failed Open (Under Pressure)
P1229	Intercooler Pump Driver Fault
P1230	Fuel Pump Low Speed Malfunction
P1231	Fuel Pump Secondary Circuit Low, High Speed
P1232	Fuel Pump Speed Primary Circuit Malfunction
P1233	Fuel Pump Driver Module Off Line
P1234	Fuel Pump Driver Module Off Line
P1235	Fuel Pump Control Out Of Range
P1236	Fuel Pump Control Out Of Range
P1237	Fuel Pump Secondary Circuit Malfunction
P1238	Fuel Pump Secondary Circuit Malfunction
P1239	Speed Fuel Pump Positive Feed Fault
P1240	Sensor Power Supply Malfunction
P1241	Sensor Power Supply Low Input
P1242	Sensor Power Supply High Input
P1243	Second Fuel Pump Faulty or Ground Fault
P1244	Alternator Load Input Failed High
P1245	Alternator Load Input Failed Low
P1246	Alternator Load Input Failed
P1247	Turbo Boost Pressure Low
P1248	Turbo Boost Pressure Not Detected
P1249	Wastegate Control Valve Performance
P1250	PRC Solenoid Circuit Malfunction
P1251	Air Mixture Solenoid Circuit Malfunction
P1252	Pedal Correlation PDS1 and LPDS High
P1253	Pedal Correlation PDS1 and LPDS Low
P1254	Pedal Correlation PDS2 and LPDS High
P1255	Pedal Correlation PDS2 and LPDS Low
P1256	Pedal Correlation PDS1 and HPDS

P1257	Pedal Correlation PDS2 and HPDS
P1258	Pedal Correlation PDS1 and PDS2
P1259	Immobilizer to PCM Signal Error
P1260	THEFT Detected, Vehicle Immobilized
P1261	Cylinder #1 High To Low Side Short
P1262	Cylinder #2 High To Low Side Short
P1263	Cylinder #3 High To Low Side Short
P1264	Cylinder #4 High To Low Side Short
P1265	Cylinder #5 High To Low Side Short
P1266	Cylinder #6 High To Low Side Short
P1267	Cylinder #7 High To Low Side Short
P1268	Cylinder #8 High To Low Side Short
P1269	Immobilizer Code Not Programmed
P1270	Engine RPM Or Speed Limiter Reached
P1271	Cylinder #1 High To Low Side Open
P1272	Cylinder #2 High To Low Side Open
P1273	Cylinder #3 High To Low Side Open
P1274	Cylinder #4 High To Low Side Open
P1275	Cylinder #5 High To Low Side Open
P1276	Cylinder #6 High To Low Side Open
P1277	Cylinder #7 High To Low Side Open
P1278	Cylinder #8 High To Low Side Open
P1280	Injection Control Pressure Out Of Range Low
P1281	Injection Control Pressure Out Of Range High
P1282	Excessive Injection Control Pressure
P1283	IPR Circuit Failure
P1284	Aborted KOER - ICP Failure
P1285	Cylinder head over temp sensed
P1286	Fuel Pulse In Range But Lower Than Expected
P1287	Fuel Pulse In Range But Higher Than Expected
P1288	Cylinder Head Temp Sensor Out Of Self Test Range
P1289	Cylinder Head Temp Sensor High Input
P1290	Cylinder Head Temp Sensor Low Input
P1291	Injector High Side Short To GND Or VBATT - Bank 1
P1292	Injector High Side Short To GND Or VBATT - Bank 2
P1293	Injector High Side Open - Bank 1
P1294	Injector High Side Open - Bank 2/Target idle not reached
P1295	Multi-faults - Bank 1 - With Low Side Shorts
P1296	Multi-faults - Bank 2 - With Low Side Shorts

P1297	Injector High Sides Shorted Together
P1298	IDM Failure
P1299	Cylinder Head Overtemperature Protection Active
P1300	Boost Calibration Fault
P1301	Boost Calibration High
P1302	Boost Calibration Low
P1303	EGR Calibration Fault
P1304	EGR Calibration High
P1305	EGR Calibration Low
P1306	Kickdown Relay Pull - In Circuit Fault
P1307	Kickdown Relay Hold Circuit Fault
P1308	A/C Clutch Circuit Fault
P1309	Misfire Monitor AICE Chip Fault
P1313	Misfire Rate Catalyst Damage Fault - Bank 1
P1314	Misfire Rate Catalyst Damage Fault - Bank 2
P1315	Persistent Misfire
P1316	Injector Circuit / IDM Codes Detected
P1317	Injector Circuit / IDM Codes Not Updated
P1336	Crank / Cam Sensor Range / Performance
P1340	Camshaft Position Sensor B Circuit Malfunction
P1341	Camshaft Position Sensor B Range / Performance
P1345	SGC (Cam Position) Sensor Circuit Malfunction/ Crankshaft Position - Camshaft Position Correlation
P1346	Fuel Level Sensor B Circuit Malfunction
P1347	Fuel Level Sensor B Range / Performance
P1348	Fuel Level Sensor B Circuit Low
P1349	Fuel Level Sensor B Circuit High
P1350	Fuel Level Sensor B Intermittent/Bypass Line Monitor
P1351	IDM Input Circuit Malfunction/ Ignition Coil Control Circuit High Voltage
P1352	Ignition Coil A Primary Circuit Malfunction
P1353	Ignition Coil B Primary Circuit Malfunction
P1354	Ignition Coil C Primary Circuit Malfunction
P1355	Ignition Coil D Primary Circuit Malfunction
P1360	Ignition Coil A Secondary Circuit Malfunction
P1361	Ignition Control (IC) Circuit Low Voltage
P1362	Ignition Coil C Secondary Circuit Malfunction
P1363	Ignition Coil D Secondary Circuit Malfunction
P1364	Ignition Coil Primary Circuit Failure
P1365	Ignition Coil Secondary Circuit Failure

P1366	Ignition Spare
P1367	Ignition Spare
P1368	Ignition Spare
P1369	Engine Temperature Light Monitor Failure
P1370	Insufficient RMP Increase During Spark Test
P1371	Ignition Coil - Cylinder 1 - Early Activation Fault
P1372	Ignition Coil - Cylinder 2 - Early Activation Fault
P1373	Ignition Coil - Cylinder 3 - Early Activation Fault
P1374	Crankshaft Position (CKP)/Ignition Coil - Cylinder 4 - Early Activation Fault
P1375	Ignition Coil - Cylinder 5 - Early Activation Fault
P1376	Ignition Coil - Cylinder 6 - Early Activation Fault
P1380	Misfire Detected - Rough Road Data Not Available
P1381	Variable Cam Timing Overadvanced (Bank #1)/ Misfire Detected - No Communication with BCM
P1382	Variable Cam Timing Solenoid #1 Circuit Malfunction
P1383	Variable Cam Timing Overretarded (Bank #1)
P1384	VVT Solenoid A Malfunction
P1385	Variable Cam Timing Solenoid B Malfunction
P1386	Variable Cam Timing Overadvanced (Bank #2)
P1387	Variable Cam Timing Solenoid #2 Circuit Malfunction
P1388	Variable Cam Timing Overretarded (Bank #2)
P1389	Glow Plug Circuit High Side Low Input
P1390	Octane Adjust Pin Out Of Self Test Range
P1391	Glow Plug Circuit Low Input (Bank #1)
P1392	Glow Plug Circuit High Input (Bank #1)
P1393	Glow Plug Circuit Low Input (Bank #2)
P1394	Glow Plug Circuit High Input (Bank #2)
P1395	Glow Plug Monitor Fault (Bank #1)
P1396	Glow Plug Monitor Fault (Bank #2)
P1397	System Voltage Out Of Self Test Range
P1398	VVT Solenoid B Circuit High Input
P1399	Glow Plug Circuit High Side, High Input
P1400	DPFE Circuit Low Input
P1401	DPFE Circuit High Input
P1402	EGR Metering Orifice Restricted
P1403	DPFE Sensor Hoses Reversed
P1404	IAT - B Circuit Malfunction/ Exhaust Gas Recirculation Closed Position Performance
P1405	DPFE Sensor Upstream Hose Off Or Plugged

P1406	Exhaust Gas Recirculation (EGR) Position Sensor Performance
P1407	EGR No Flow Detected
P1408	EGR Flow Out Of Self Test Range
P1409	EVR Control Circuit Malfunction
P1411	SAI System Incorrect Downstream Flow Detected
P1413	SAI System Monitor Circuit Low Input
P1414	SAI System Monitor Circuit High Input
P1415	Air Pump Circuit Malfunction/ (AIR) System Bank 1
P1416	Port Air Circuit Malfunction/ (AIR) System Bank 2
P1417	Port Air Relief Circuit Malfunction
P1418	Split Air #1 Circuit Malfunction
P1419	Split Air #2 Circuit Malfunction
P1420	Catalyst Temperature Sensor Failure
P1421	Catalyst Damage
P1422	EGI Temperature Sensor Failure
P1423	EGI Functionality Test Failed
P1424	EGI Glow Plug Primary Failure
P1425	EGI Glow Plug Secondary Failure
P1426	EGI Mini - MAF Failed Out Of Range
P1427	EGI Mini - MAF Failed Short Circuit
P1428	EGI Mini - MAF Failed Open Circuit
P1429	Electric Air Pump Primary Failure
P1430	Electric Air Pump Secondary Failure
P1433	A/C Refrigerant Temperature Circuit Low
P1434	A/C Refrigerant Temperature Circuit High
P1435	A/C Refrigerant Temperature Circuit Range/Performance
P1436	A/C Evaporator Air Temperature Circuit Low
P1437	A/C Evaporator Air Temperature Circuit High
P1438	A/C Evaporator Air Temperature Circuit Range/Performance
P1439	Floor Temperature Switch Circuit Malfunction
P1440	Purge Valve Stuck Open
P1441	Evaporative Emission (EVAP) System Flow During Non-Purge Chevrolet Only
P1441	Evaporative Emission (EVAP) System Flow During Non-Purge Oldsmobile Only
P1442	Evaporative Emission Control System Leak Detected
P1443	Evaporative Emission Control System Control Valve
P1444	Purge Flow Sensor Circuit Low Input
P1445	Purge Flow Sensor Circuit High Input
P1446	Evaporative Vac Solenoid Circuit Malfunction



P1447	ELC System Closure Valve Flow Fault
P1448	ELC System 2 Fault
P1449	Evaporative Check Solenoid Circuit Malfunction
P1450	Unable To Bleed Up Fuel Tank Vacuum
P1451	Evap Emission Control Sys Vent Control Valve Circuit
P1452	Unable To Bleed - Up Vacuum in Tank
P1453	Fuel Tank Pressure Relief Valve Malfunction
P1454	Evaporative System Vacuum Test Malfunction
P1455	Evap Emission Control Sys Leak Detected (Gross Leak/No Flow)
P1456	Fuel Tank Temperature Sensor Circuit Malfunction
P1457	Unable To Pull Vacuum In Tank
P1460	Wide open throttle A/C cutoff relay circuit
P1461	A/C pressure sensor circuit voltage low
P1462	A/C pressure sensor circuit voltage high
P1463	A/C Pressure Sensor Insufficient Pressure Change
P1464	A/C Demand Out of Self Test Range
P1465	A/C Relay Circuit Malfunction
P1466	A/C Refrigerant Temperature Sensor/Circuit Malfunction
P1467	A/C Compressor Temperature Sensor Malfunction
P1468	SSPOD Open Circuit or Closed Circuit Fault
P1469	Low A/C Cycling Period
P1470	A/C Cycling Period Too Short
P1471	Electrodrive Fan 1 Operational Failure (Driver Side)
P1472	Electrodrive Fan 2 Operational Failure (Passenger Side)
P1473	Fan Secondary High With Fan(s) Off
P1474	Low Fan Control Primary Circuit Malfunction
P1475	Fan Relay (Low) Circuit Malfunction
P1476	Fan Relay (High) Circuit Malfunction
P1477	Additional Fan Relay Circuit Malfunction
P1478	Cooling Fan Driver Fault
P1479	High Fan Control Primary Circuit Malfunction
P1480	Fan Secondary Low with Low Fan On
P1481	Fan Secondary Low With High Fan On
P1482	SCP
P1483	Power To Fan Circuit Overcurrent
P1484	Open Power To Ground VCRM
P1485	EGRV Circuit Malfunction
P1486	EGRA Circuit Malfunction
P1487	EGRCHK Solenoid Circuit Malfunction

P1490	Secondary Air Relief Solenoid Circuit Malfunction
P1491	Secondary Switch Solenoid Circuit Malfunction
P1492	APLSOL Solenoid Circuit Malfunction
P1493	RCNT Solenoid Circuit Malfunction
P1494	SPCUT Solenoid Circuit Malfunction
P1495	TCSPL Solenoid Circuit Malfunction
P1500	Vehicle Speed Sensor Intermittent
P1501	Vehicle Speed Sensor Out Of Self Test Range
P1502	Vehicle Speed Sensor Intermittent Malfunction
P1503	Auxillary Speed Sensor Fault
P1504	Idle Air Control Circuit Malfunction
P1505	Idle Air Control System At Adaptive Clip
P1506	Idle Air Control Overspeed Error
P1507	Idle Air Control Underspeed Error
P1508	Idle Control System Circuit Open
P1509	Idle Control System Circuit Shorted
P1510	Idle Signal Circuit Malfunction
P1511	Idle Switch (Electric Control Throttle) Circuit Malfunction
P1512	Intake Manifold Runner Control (Bank 1) Stuck Closed
P1513	Intake Manifold Runner Control (Bank 2) Stuck Closed
P1514	High Load Neutral/Drive Fault
P1515	Electric Current Circuit Malfunction
P1516	IMRC Input Error (Bank 1)
P1517	IMRC Input Error (Bank 2)
P1518	Intake Manifold Runner Control (Stuck Open)
P1519	Intake Manifold Runner Control (Stuck Closed)
P1520	Intake Manifold Runner Control Circuit Malfunction
P1521	Variable Intake Solenoid #1 Circuit Malfunction
P1522	Variable Intake Solenoid #2 Circuit Malfunction
P1523	IVC Solenoid Circuit Malfunction
P1524	Variable Intake Solenoid System
P1525	Air Bypass Valve System
P1526	Air Bypass System
P1527	Accelerate Warmup Solenoid Circuit Malfunction
P1528	Subsidiary Throttle Valve Solenoid Circuit Malfunction
P1529	SCAIR Solenoid Circuit Malfunction
P1530	A/C Clutch Circuit Malfunction
P1531	Invalid Test - Accelerator Pedal Movement
P1532	IMCC Circuit Malfunction, Bank B

P1533	AAI Circuit Malfunction
P1534	Inertia Switch Activated
P1535	Blower Fan Speed Circuit Range/Performance
P1536	Parking Brake Switch Circuit Failure
P1537	Intake Manifold Runner Control (Bank 1) Stuck Open
P1538	Intake Manifold Runner Control (Bank 2) Stuck Open
P1539	Power To A/C Clutch Circuit Overcurrent
P1540	Air Bypass Valve Circuit Malfunction
P1549	IMCC Circuit Malfunction, Bank B
P1550	PSPS Out Of Self Test Range
P1565	Speed Control Command Switch Out of Range High
P1566	Speed Control Command Switch Out of Range Low
P1567	Speed Control Output Circuit Continuity
P1568	Speed Control Unable to Hold Speed
P1571	Brake Switch Malfunction
P1572	Brake Pedal Switch Circuit Malfunction
P1573	Throttle Position Not Available
P1574	Throttle Position Sensor Disagreement btwn Sensors
P1575	Pedal Position Out of Self Test Range
P1576	Pedal Position Not Available
P1577	Pedal Position Sensor Disagreement btwn Sensors
P1578	ETC Power Less Than Demand
P1579	ETC In Power Limiting Mode
P1580	Electronic Throttle Monitor PCM Override
P1581	Electronic Throttle Monitor Malfunction
P1582	Electronic Throttle Monitor Data Available
P1583	Electronic Throttle Monitor Cruise Disable
P1584	TCU Detected IPE Circuit Malfunction
P1585	Throttle Control Unit Malfunction
P1586	Throttle Control Unit Throttle Position Malfunction
P1587	Throttle Control Unit Modulated Command Malfunction
P1588	Throttle Control Unit Detected Loss of Return Spring
P1589	TCU Unable To Control Desired Throttle Angle
P1600	Loss of KAM Power; Open Circuit
P1601	ECM/TCM Serial Communication Error
P1602	Immobilizer/ECM Communication Error
P1603	EEPROM Malfunction
P1604	Code Word Unregistered
P1605	Keep Alive Memory Test Failure

P1606	ECM Control Relay O/P Circuit Malfunction
P1607	MIL O/P Circuit Malfunction
P1608	Internal ECM Malfunction
P1609	Diagnostic Lamp Driver Fault
P1610	SBDS Interactive Codes
P1611	SBDS Interactive Codes
P1612	SBDS Interactive Codes
P1613	SBDS Interactive Codes
P1614	SBDS Interactive Codes
P1615	SBDS Interactive Codes
P1616	SBDS Interactive Codes
P1617	SBDS Interactive Codes
P1618	SBDS Interactive Codes
P1619	SBDS Interactive Codes
P1620	SBDS Interactive Codes
P1621	Control Module Long Term Memory Performance/ Immobilizer Code Words Do Not Match
P1622	Immobilizer ID Does Not Match
P1623	Immobilizer Code Word/ID Number Write Failure
P1624	Anti Theft System
P1625	B+ Supply To VCRM Fan Circuit Malfunction
P1626	Theft Deterrent Fuel Enable Signal Not Received/ B+ Supply To VCRM A/C Circuit Malfunction
P1627	Module Supply Voltage Out Of Range
P1628	Module Ignition Supply Input Malfunction
P1629	Internal Voltage Regulator Malfunction
P1630	Internal Vref Malfunction
P1631	Theft Deterrent Start Enable Signal Not Correct/ Main Relay Malfunction (Power Hold)
P1632	Smart Alternator Faults Sensor/Circuit Malfunction
P1633	KAM Voltage Too Low
P1634	Data Output Link Circuit Failure
P1635	Tire / Axle Ratio Out of Acceptable Range
P1636	Inductive Signature Chip Communication Error
P1637	Can Link ECM/ABSCM Circuit / Network Malfunction
P1638	Can Link ECM/INSTM Circuit / Network Malfunction
P1639	Vehicle ID Block Corrupted or Not Programmed
P1640	Powertrain DTCs Available in Another Module
P1641	Fuel Pump Primary Circuit Failure
P1642	Fuel Pump Monitor Circuit High Input

P1643	Fuel Pump Monitor Circuit Low Input
P1644	Fuel Pump Speed Control Circuit Malfunction
P1645	Fuel Pump Resistor Switch Circuit Malfunction
P1650	PSP Switch Out of Self Test Range
P1651	PSP Switch Input Malfunction
P1652	IAC Monitor Disabled by PSP Switch Failed On
P1653	Power Steering Output Circuit Malfunction
P1654	Recirculation Override Circuit Malfunction
P1655	Starter Disable Circuit Malfunction
P1660	Output Circuit Check Signal High
P1661	Output Circuit Check Signal Low
P1662	IDM_EN Circuit Failure
P1663	Fuel Demand Command Signal Circuit Malfunction
P1667	CI Circuit Malfunction
P1668	PCM - IDM Communications Error
P1670	Electronic Feedback Signal Not Detected
P1680	Metering Oil Pump Malfunction
P1681	Metering Oil Pump Malfunction
P1682	Metering Oil Pump Malfunction
P1683	Metering Oil Pump Temperature Sensor Circuit Malfunction
P1684	Metering Oil Pump Position Sensor Circuit Malfunction
P1685	Metering Oil Pump Stepping Motor Circuit Malfunction
P1686	Metering Oil Pump Stepping Motor Circuit Malfunction
P1687	Metering Oil Pump Stepping Motor Circuit Malfunction
P1688	Metering Oil Pump Stepping Motor Circuit Malfunction
P1689	Oil Pressure Control Solenoid Circuit Malfunction
P1690	Wastegate Solenoid Circuit Malfunction
P1691	Turbo Pressure Control Solenoid Circuit Malfunction
P1692	Turbo Control Solenoid Circuit Malfunction
P1693	Turbo Charge Control Circuit Malfunction
P1694	Turbo Charge Relief Circuit Malfunction
P1700	Transmission Indeterminate Failure (Failed to Neutral)
P1701	Reverse Engagement Error
P1702	TRS Circuit Intermittent Malfunction
P1703	Brake Switch Out Of Self Test Range
P1704	Digital TRS Failed to Transition States in KOEO / KOER
P1705	Not in P or N During KOEO / KOER
P1706	High Vehicle Speed Observed in Park
P1707	Transfer Case Neutral Indicator Hard Fault Present

P1708	Clutch Switch Circuit Malfunction
P1709	PNP Switch Out Of Self Test Range
P1711	TFT Sensor Out Of Self Test Range
P1712	Trans Torque Reduction Request Signal Malfunction
P1713	TFT Sensor In Range Failure Low Value
P1714	SSA Inductive Signature Malfunction
P1715	SSB Inductive Signature Malfunction
P1716	SSC Inductive Signature Malfunction
P1717	SSD Inductive Signature Malfunction
P1718	TFT Sensor In Range Failure High
P1720	Vehicle Speed (Meter) Circuit Malfunction
P1721	Gear 1 Incorrect Ratio
P1722	Gear 2 Incorrect Ratio
P1723	Gear 3 incorrect Ratio
P1724	Gear 4 Incorrect Ratio
P1725	Insufficient Engine Speed Increase During Self Test
P1726	Insufficient Engine Speed Decrease During Self Test
P1727	Coast Clutch Solenoid Inductive Signature Malfunction
P1728	Transmission Slip Error
P1729	4x4 Low Switch Error
P1730	Gear Control Malfunction 2,3,5
P1731	1-2 Shift Malfunction
P1732	2-3 Shift Malfunction
P1733	3-4 Shift Malfunction
P1734	Gear Control Malfunction
P1735	First Gear Switch Circuit Malfunction
P1736	Second Gear Switch Circuit Malfunction
P1737	Lockup Solenoid System
P1738	Shift Time Error
P1739	Slip Solenoid System
P1740	Torque Converter Clutch Inductive Signature Malfunction
P1741	Torque Converter Clutch Control Error
P1742	Torque Converter Clutch Solenoid Failed On
P1743	Torque Converter Clutch Solenoid Failed On
P1744	Torque Converter Clutch System Performance
P1745	Line Pressure Solenoid System
P1746	Pressure Control Solenoid "A" Open Circuit
P1747	Pressure Control Solenoid "A" Short Circuit
P1748	EPC Malfunction

P1749	Pressure Control Solenoid Failed Low
P1751	Shift Solenoid A Performance
P1754	Coast Clutch Solenoid Circuit Malfunction
P1755	Intermediate Speed Sensor (ISS) Malfunction
P1756	Shift Solenoid B Performance
P1760	Pressure Control Solenoid "A" Short Circuit
P1761	Shift Solenoid C Performance
P1762	Overdrive Band Failed Off
P1765	Timing Solenoid Circuit Malfunction
P1767	Torque Converter Clutch Circuit Malfunction
P1768	Performance / Normal / Winter Mode Input Malfunction
P1769	AG4 Transmission Torque Modulation Fault
P1770	Clutch Solenoid Circuit Malfunction
P1775	Transmission System MIL Fault
P1776	Ignition Retard Request Duration Fault
P1777	Ignition Retard Request Circuit Fault
P1778	Transmission Reverse I/P Circuit Malfunction
P1779	TCIL Circuit Malfunction
P1780	Trans Control Switch (O/D Cancel) Out of Self Test Range
P1781	4X4 Switch Out of Self Test Range
P1782	P/ES Circuit Out Of Self Test Range
P1783	Transmission Overtemperature Condition
P1784	Transmission Mechanical Failure - First And Reverse
P1785	Transmission Mechanical Failure - First And Second
P1786	3-2 Downshift Error
P1787	2-1 Downshift Error
P1788	Pressure Control Solenoid "B" Open Circuit
P1789	Pressure Control Solenoid "B" Short Circuit
P1790	TP (Mechanical) Circuit Malfunction
P1791	TP (Electric) Circuit Malfunction
P1792	Barometer Pressure Circuit Malfunction
P1793	Intake Air Volume Circuit Malfunction
P1794	Battery Voltage Circuit Malfunction
P1795	Idle Switch Circuit Malfunction
P1796	Kick Down Switch Circuit Malfunction
P1797	Neutral Switch Circuit Malfunction
P1798	Coolant Temperature Circuit Malfunction
P1799	Hold Switch Circuit Malfunction
P1800	Transmission Clutch Interlock Safety Switch Circuit Failure

P1801	Transmission Clutch Interlock Safety Switch Open Circuit
P1802	Transmission Clutch Interlock Safety Switch Short Circuit To Battery
P1803	Transmission Clutch Interlock Safety Switch Short Circuit To Ground
P1804	Transmission 4-Wheel Drive High Indicator Circuit Failure
P1805	Transmission 4-Wheel Drive High Indicator Open Circuit
P1806	Transmission 4-Wheel Drive High Indicator Short Circuit To Battery
P1807	Transmission 4-Wheel Drive High Indicator Short Circuit To Ground
P1808	Transmission 4-Wheel Drive Low Indicator Circuit Failure
P1809	Transmission 4-Wheel Drive Low Indicator Open Circuit
P1810	TFP Valve Position Switch Circuit/ Transmission 4-Wheel Drive Low Indicator Short Circuit To Battery
P1811	Transmission 4-Wheel Drive Low Indicator Short Circuit To Ground
P1812	Transmission 4-Wheel Drive Mode Select Circuit Failure
P1813	Transmission 4-Wheel Drive Mode Select Open Circuit
P1814	Transmission 4-Wheel Drive Mode Select Short Circuit To Battery
P1815	Transmission 4-Wheel Drive Mode Select Short Circuit To Ground
P1816	Transmission Neutral Safety Switch Circuit Failure
P1817	Transmission Neutral Safety Switch Open Circuit
P1818	Transmission Neutral Safety Switch Short Circuit To Battery
P1819	Transmission Neutral Safety Switch Short Circuit To Ground
P1820	Transmission Transfer Case Clockwise Shift Relay Coil Circuit Failure
P1821	Transmission Transfer Case Clockwise Shift Relay Coil Open Circuit
P1822	Transmission Transfer Case Clockwise Shift Relay Coil Short Circuit To Battery
P1823	Transmission Transfer Case Clockwise Shift Relay Coil Short Circuit To Ground
P1824	Transmission 4-Wheel Drive Clutch Relay Circuit Failure
P1825	Transmission 4-Wheel Drive Clutch Relay Open Circuit
P1826	Transmission 4-Wheel Drive Low Clutch Relay Circuit To Battery
P1827	Transmission 4-Wheel Drive Low Clutch Relay Circuit To Ground
P1828	Transmission Transfer Case Counter Clockwise Shift Relay Coil Circuit Failure
P1829	Transmission Transfer Case Counter Clockwise Shift Relay Coil Open Circuit
P1830	Transmission Transfer Case Counter Clockwise Shift Relay Coil Short Circuit To Battery



P1831	Transmission Transfer Case Counter Clockwise Shift Relay Coil Short Circuit To Ground
P1832	Transmission Transfer Case Differential Lock-Up Solenoid Circuit Failure
P1833	Transmission Transfer Case Differential Lock-Up Solenoid Open Circuit
P1834	Transmission Transfer Case Differential Lock-Up Solenoid Short Circuit To Battery
P1835	Transmission Transfer Case Differential Lock-Up Solenoid Short Circuit To Ground
P1836	Transmission Transfer Case Front Shaft Speed Sensor Circuit Failure
P1837	Transmission Transfer Case Rear Shaft Speed Sensor Circuit Failure
P1838	Transmission Transfer Case Shift Motor Circuit Failure
P1839	Transmission Transfer Case Shift Motor Open Circuit
P1840	Transmission Transfer Case Shift Motor Short Circuit To Battery
P1841	Transmission Transfer Case Shift Motor Short Circuit To Ground
P1842	Transmission Transfer Case Differential Lock-Up Feedback Switch Circuit Failure
P1843	Transmission Transfer Case Differential Lock-Up Feedback Switch Open Circuit
P1844	Transmission Transfer Case Differential Lock-Up Feedback Switch Short Circuit To Battery
P1845	Transmission Transfer Case Differential Lock-Up Feedback Switch Short Circuit To Ground
P1846	Transmission Transfer Case Contact Plate 'A' Circuit Failure
P1847	Transmission Transfer Case Contact Plate 'A' Open Circuit
P1848	Transmission Transfer Case Contact Plate 'A' Short Circuit To Battery
P1849	Transmission Transfer Case Contact Plate 'A' Short Circuit To Ground
P1850	Transmission Transfer Case Contact Plate 'B' Circuit Failure
P1851	Transmission Transfer Case Contact Plate 'B' Open Circuit
P1852	Transmission Transfer Case Contact Plate 'B' Short Circuit To Battery
P1853	Transmission Transfer Case Contact Plate 'B' Short Circuit To Ground
P1854	Transmission Transfer Case Contact Plate 'C' Circuit Failure
P1855	Transmission Transfer Case Contact Plate 'C' Open Circuit
P1856	Transmission Transfer Case Contact Plate 'C' Short Circuit To Battery
P1857	Transmission Transfer Case Contact Plate 'C' Short Circuit To Ground

P1858	Transmission Transfer Case Contact Plate 'D' Circuit Failure
P1859	Transmission Transfer Case Contact Plate 'D' Open Circuit
P1860	TCC PWM Solenoid Circuit Electrical/ Transmission Transfer Case Contact Plate 'D' Short Circuit To Battery
P1861	Transmission Transfer Case Contact Plate 'D' Short Circuit To Ground
P1862	Transmission Transfer Case Contact Plate Power Circuit Failure
P1863	Transmission Transfer Case Contact Plate Power Open Circuit
P1864	Transmission Transfer Case Contact Plate Power Short To Battery
P1865	Transmission Transfer Case Contact Plate Power Short To Ground
P1866	Transmission Transfer Case System Concern - Servicing Required
P1867	Transmission Transfer Case Contact Plate General Circuit Failure
P1868	Transmission Automatic 4-Wheel Drive Indicator (Lamp) Circuit Failure
P1869	Transmission Automatic 4-Wheel Drive Indicator (Lamp) Circuit Short To Battery
P1870	Transmission Component Slipping/ Transmission Mechanical Transfer Case 4x4 Switch Circuit Failure
P1871	Transmission Mechanical Transfer Case 4x4 Switch Circuit Short To Battery
P1872	Transmission Mechanical 4-Wheel Drive Axle Lock Lamp Circuit Failure
P1873	Transmission Mechanical 4-Wheel Drive Axle Lock Lamp Circuit Short To Battery
P1874	Transmission Automatic Hall Effect Sensor Power Circuit Failure
P1875	Transmission Automatic Hall Effect Sensor Power Circuit Short To Battery / 4WD Low Switch Circuit Electrical
P1876	Transmission Transfer Case 2-Wheel Drive Solenoid Circuit Failure
P1877	Transmission Transfer Case 2-Wheel Drive Solenoid Circuit Short To Battery
P1878	Transmission Transfer Case Disengaged Solenoid Circuit Failure
P1879	Transmission Transfer Case Disengaged Solenoid Open Circuit
P1880	Transmission Transfer Case Disengaged Solenoid Short to Battery
P1881	Engine Coolant Level Switch Circuit Failure, GEM
P1882	Engine Coolant Level Switch Circuit Short to Ground
P1883	Engine Coolant Level Switch Circuit Failure, GEM
P1884	Engine Coolant Level Lamp Circuit Short to Ground
P1885	Transmission Transfer Case Disengaged Solenoid Short to Ground

P1886	4X4 Initialization Failure
P1890	Transmission 4WD Mode Select Return Input Circuit Failure
P1891	Transmission Transfer Case Contact Plate Ground Return Open Circuit
P1900	OSS Circuit Intermittent Malfunction
P1901	TSS Circuit Intermittent Malfunction
P1902	Pressure Control Solenoid "B" Intermittent Short
P1903	Pressure Control Solenoid "C" Short Circuit
P1904	Pressure Control Solenoid "C" Open Circuit
P1905	Pressure Control Solenoid "C" Intermittent Short
P1906	Kickdown Pull Relay Open or Short Circuit to Ground
P1907	Kickdown Hold Relay Open or Short Circuit to Ground
P1908	Transmission Pressure Circuit Solenoid Open or Short to Ground
P1909	Trans Temp Sensor Circuit Open or Shorted to Pwr or Gnd
P1910	VFS A Pressure Output Failed Low
P1911	VFS B Pressure Output Failed Low
P1912	VFS C Pressure Output Failed Low
P1913	Pressure Switch A Circuit Malfunction
P1914	Manually Shifted Automatic (MSA) Sw Circuit Malf
P1915	Reverse Switch Circuit Malfunction
P1916	High Clutch Drum Speed Sensor Malfunction
P1917	High Clutch Drum Speed Sensor Intermittent
P1918	Transmission Range Display Circuit Malfunction

Οι παραπάνω κωδικοί είναι γενικοί για διάφορες κατηγορίες οχημάτων. Έχει ήδη αναφερθεί ότι η δοκιμή του κυκλώματος που σχεδιάστηκε έγινε σε όχημα Ford Mondeo 1.8 (2004) βενζίνης και έχουν αναφερθεί και οι κωδικοί σφάλματος που προέκυψαν μετά την τεχνητή βλάβη που προκλήθηκε. Για λόγους πληρότητας ακολουθούν οι βασικοί P – κωδικοί που αφορούν οχήματα της εταιρείας Ford και μέσα στους οποίους περιλαμβάνονται και οι κωδικοί που αναφέρονται στα αποτελέσματα του κεφαλαίου 5:

P1000	OBD-II Monitor Testing Incomplete
P1001	KOER Test Cannot Be Completed
P1039	Vehicle Speed Signal Missing or Improper
P1051	Brake Switch Signal Missing or Improper
P1100	MAF Sensor Intermittent/ Check of all OBDII Systems Not Complete
P1101	MAF Sensor Out Of Self Test Range
P1102	MAF Sensor In Range But Lower Than Expected
P1103	MAF Sensor In Range But Higher Than Expected
P1104	MAF Ground Malfunction

P1105	Dual Alternator Upper Fault
P1106	Dual Alternator Lower Fault/ Manifold Absolute Pressure (MAP) Sensor Circuit Intermittent High Voltage
P1107	Dual Alternator Lower Circuit Malfunction/ Manifold Absolute Pressure (MAP) Sensor Circuit Intermittent Low Voltage
P1108	Dual Alternator Battery Lamp Circuit Malfunction
P1109	IAT - B Sensor Intermittent
P1110	IAT Sensor (D/C) Open/Short
P1111	Intake Air Temperature (IAT) Sensor Circuit Intermittent High Voltage
P1112	Intake Air Temperature (IAT) Sensor Circuit Intermittent Low Voltage
P1113	IAT Sensor Open/Short
P1114	Engine Coolant Temperature (ECT) Sensor Circuit Intermittent Low Voltage/IAT - B Circuit Low Input
P1115	Engine Coolant Temperature (ECT) Sensor Circuit Intermittent High Voltage/IAT - B Circuit High Input
P1116	Engine Coolant sensor out of range/ECT Sensor Out Of Self Test Range
P1117	Engine Coolant Sensor intermittent/ECT Sensor Intermittent
P1118	Manifold Absolute Temperature Circuit Low Input
P1119	Manifold Absolute Temperature Circuit High Input
P1120	Throttle position sensor out of range
P1121	Throttle Position (TP) Sensor Circuit Intermittent High Voltage
P1122	Throttle Position (TP) Sensor Circuit Intermittent Low Voltage
P1123	Throttle Position Sensor In Range But Higher Than Expected
P1124	Throttle Position Sensor Out Of Self Test Range
P1125	Throttle position sensor intermittent
P1126	Throttle Position (Narrow Range) Sensor Circuit Malfunction
P1127	Exhaust Not Warm, Downstream O2 Sensor
P1128	Upstream Heated O2 Sensors Swapped
P1129	Downstream Heated O2 Sensors Swapped
P1130	Lack Of HO2S Switch - Adaptive Fuel At Limit
P1131	Lack Of HO2S Switch - Sensor Indicates Lean
P1132	Lack Of HO2S Switch - Sensor Indicates Rich
P1133	HO2S Insufficient Switching Sensor 1
P1134	HO2S Transition Time Ratio Sensor 1
P1135	Pedal Position Sensor A Circuit Intermittent
P1136	Fan Control Circuit Malfunction
P1137	Lack Of HO2S Switch - Sensor Indicates Lean
P1138	Lack Of HO2S12 Switch - Sensor Indicates Rich
P1139	Water In Fuel Indicator Circuit Malfunction
P1140	Water In Fuel Condition
P1141	Fuel Restriction Indicator Circuit Malfunction
P1142	Fuel Restriction Condition
P1143	Air Assist Control Valve Range/Performance

P1144	Air Assist Control Valve Circuit Malfunction
P1150	Lack Of HO2S21 Switch - Adaptive Fuel At Limit
P1151	Lack Of HO2S21 Switch - Sensor Indicates Lean
P1152	Lack Of HO2S21 Switch - Sensor Indicates Rich
P1153	Bank 2 Fuel Control Shifted Lean
P1154	Bank 2 Fuel Control Shifted Rich
P1155	Alternative Fuel Controller
P1156	Fuel Select Switch Malfunction
P1157	Lack Of HO2S22 Switch - Sensor Indicates Lean
P1158	Lack Of HO2S22 Switch - Sensor Indicates Rich
P1159	Fuel Stepper Motor Malfunction
P1167	Invalid Test,throttle not depressed
P1168	Fuel Rail Sensor In-Range Low Failure
P1169	Fuel Rail Sensor In-Range High Failure
P1170	ESO - Engine Shut Off Solenoid Fault
P1171	Rotor Sensor Fault
P1172	Rotor Control Fault
P1173	Rotor Calibration Fault
P1174	Cam Sensor Fault
P1175	Cam Control Fault
P1176	Cam Calibration Fault
P1177	Synchronization Fault
P1178	( open )
P1180	Fuel Delivery System Malfunction - Low
P1181	Fuel Delivery System Malfunction - High
P1182	Fuel Shut Off Solenoid Malfunction
P1183	Engine Oil Temperature Circuit Malfunction
P1184	Engine Oil Temperature Out Of Self Test Range
P1185	FTS High - Fuel Pump Temperature Sensor High
P1186	FTS Low - Fuel Pump Temperature Sensor Low
P1187	Variant Selection
P1188	Calibration Memory Fault
P1189	Pump Speed Signal Fault
P1190	Calibration Resistor Out Of Range
P1191	Key Line Voltage
P1192	Voltage External
P1193	EGR Drive Overcurrent
P1194	ECU A/D Converter
P1195	SCP HBCC Failed To Initialize
P1196	Key Off Voltage High
P1197	Key Off Voltage Low
P1198	Pump Rotor Control Underfueling

P1199	Fuel Level Input Circuit Low
P1200	Injector Control Circuit
P1201	Injector Circuit Open / Shorted - Cylinder #1
P1202	Injector Circuit Open / Shorted - Cylinder #2
P1203	Injector Circuit Open / Shorted - Cylinder #3
P1204	Injector Circuit Open / Shorted - Cylinder #4
P1205	Injector Circuit Open / Shorted - Cylinder #5
P1206	Injector Circuit Open / Shorted - Cylinder #6
P1209	Injector Control Pressure System Fault
P1210	Injector Control Pressure Above Expected Level
P1211	Injector Control Pressure Sensor Above / Below Desired
P1212	Injector Control Pressure Not Detected During Crank
P1213	Start Injector Circuit Malfunction
P1214	Pedal Position Sensor B Circuit Intermittent
P1215	Pedal Position Sensor C Circuit Low Input
P1216	Pedal Position Sensor C Circuit High Input
P1217	Pedal Position Sensor C Circuit Intermittent
P1218	CID High
P1219	CID Low
P1220	Series Throttle Control System Malfunction
P1221	Traction Control System Malfunction
P1222	Traction Control Output Circuit Malfunction
P1223	Pedal Demand Sensor B Circuit High Input
P1224	Throttle Position Sensor B Out Of Self Test Range
P1225	Needle Lift Sensor Malfunction
P1226	Control Sleeve Sensor Malfunction
P1227	Wastegate Failed Closed (Over Pressure)
P1228	Wastegate Failed Open (Under Pressure)
P1229	Intercooler Pump Driver Fault
P1230	Fuel Pump Low Speed Malfunction
P1231	Fuel Pump Secondary Circuit Low, High Speed
P1232	Fuel Pump Speed Primary Circuit Malfunction
P1233	Fuel Pump Driver Module Off Line
P1234	Fuel Pump Driver Module Off Line
P1235	Fuel Pump Control Out Of Range
P1236	Fuel Pump Control Out Of Range
P1237	Fuel Pump Secondary Circuit Malfunction
P1238	Fuel Pump Secondary Circuit Malfunction
P1239	Speed Fuel Pump Positive Feed Fault
P1240	Sensor Power Supply Malfunction
P1241	Sensor Power Supply Low Input
P1242	Sensor Power Supply High Input

P1243	Second Fuel Pump Faulty or Ground Fault
P1244	Alternator Load Input Failed High
P1245	Alternator Load Input Failed Low
P1246	Alternator Load Input Failed
P1247	Turbo Boost Pressure Low
P1248	Turbo Boost Pressure Not Detected
P1249	Wastegate Control Valve Performance
P1250	PRC Solenoid Circuit Malfunction
P1251	Air Mixture Solenoid Circuit Malfunction
P1252	Pedal Correlation PDS1 and LPDS High
P1253	Pedal Correlation PDS1 and LPDS Low
P1254	Pedal Correlation PDS2 and LPDS High
P1255	Pedal Correlation PDS2 and LPDS Low
P1256	Pedal Correlation PDS1 and HPDS
P1257	Pedal Correlation PDS2 and HPDS
P1258	Pedal Correlation PDS1 and PDS2
P1259	Immobilizer to PCM Signal Error
P1260	THEFT Detected, Vehicle Immobilized
P1261	Cylinder #1 High To Low Side Short
P1262	Cylinder #2 High To Low Side Short
P1263	Cylinder #3 High To Low Side Short
P1264	Cylinder #4 High To Low Side Short
P1265	Cylinder #5 High To Low Side Short
P1266	Cylinder #6 High To Low Side Short
P1267	Cylinder #7 High To Low Side Short
P1268	Cylinder #8 High To Low Side Short
P1269	Immobilizer Code Not Programmed
P1270	Engine RPM Or Speed Limiter Reached
P1271	Cylinder #1 High To Low Side Open
P1272	Cylinder #2 High To Low Side Open
P1273	Cylinder #3 High To Low Side Open
P1274	Cylinder #4 High To Low Side Open
P1275	Cylinder #5 High To Low Side Open
P1276	Cylinder #6 High To Low Side Open
P1277	Cylinder #7 High To Low Side Open
P1278	Cylinder #8 High To Low Side Open
P1280	Injection Control Pressure Out Of Range Low
P1281	Injection Control Pressure Out Of Range High
P1282	Excessive Injection Control Pressure
P1283	IPR Circuit Failure
P1284	Aborted KOER - ICP Failure
P1285	Cylinder head over temp sensed

P1286	Fuel Pulse In Range But Lower Than Expected
P1287	Fuel Pulse In Range But Higher Than Expected
P1288	Cylinder Head Temp Sensor Out Of Self Test Range
P1289	Cylinder Head Temp Sensor High Input
P1290	Cylinder Head Temp Sensor Low Input
P1291	Injector High Side Short To GND Or VBATT - Bank 1
P1292	Injector High Side Short To GND Or VBATT - Bank 2
P1293	Injector High Side Open - Bank 1
P1294	Injector High Side Open - Bank 2/Target idle not reached
P1295	Multi-faults - Bank 1 - With Low Side Shorts
P1296	Multi-faults - Bank 2 - With Low Side Shorts
P1297	Injector High Sides Shorted Together
P1298	IDM Failure
P1299	Cylinder Head Overtemperature Protection Active
P1300	Boost Calibration Fault
P1301	Boost Calibration High
P1302	Boost Calibration Low
P1303	EGR Calibration Fault
P1304	EGR Calibration High
P1305	EGR Calibration Low
P1306	Kickdown Relay Pull - In Circuit Fault
P1307	Kickdown Relay Hold Circuit Fault
P1308	A/C Clutch Circuit Fault
P1309	Misfire Monitor AICE Chip Fault
P1313	Misfire Rate Catalyst Damage Fault - Bank 1
P1314	Misfire Rate Catalyst Damage Fault - Bank 2
P1315	Persistent Misfire
P1316	Injector Circuit / IDM Codes Detected
P1317	Injector Circuit / IDM Codes Not Updated
P1336	Crank / Cam Sensor Range / Performance
P1340	Camshaft Position Sensor B Circuit Malfunction
P1341	Camshaft Position Sensor B Range / Performance
P1345	SGC (Cam Position) Sensor Circuit Malfunction/ Crankshaft Position - Camshaft Position Correlation
P1346	Fuel Level Sensor B Circuit Malfunction
P1347	Fuel Level Sensor B Range / Performance
P1348	Fuel Level Sensor B Circuit Low
P1349	Fuel Level Sensor B Circuit High
P1350	Fuel Level Sensor B Intermittent/Bypass Line Monitor
P1351	IDM Input Circuit Malfunction/ Ignition Coil Control Circuit High Voltage
P1352	Ignition Coil A Primary Circuit Malfunction
P1353	Ignition Coil B Primary Circuit Malfunction



P1354	Ignition Coil C Primary Circuit Malfunction
P1355	Ignition Coil D Primary Circuit Malfunction
P1360	Ignition Coil A Secondary Circuit Malfunction
P1361	Ignition Control (IC) Circuit Low Voltage
P1362	Ignition Coil C Secondary Circuit Malfunction
P1363	Ignition Coil D Secondary Circuit Malfunction
P1364	Ignition Coil Primary Circuit Failure
P1365	Ignition Coil Secondary Circuit Failure
P1366	Ignition Spare
P1367	Ignition Spare
P1368	Ignition Spare
P1369	Engine Temperature Light Monitor Failure
P1370	Insufficient RMP Increase During Spark Test
P1371	Ignition Coil - Cylinder 1 - Early Activation Fault
P1372	Ignition Coil - Cylinder 2 - Early Activation Fault
P1373	Ignition Coil - Cylinder 3 - Early Activation Fault
P1374	Crankshaft Position (CKP)/Ignition Coil - Cylinder 4 - Early Activation Fault
P1375	Ignition Coil - Cylinder 5 - Early Activation Fault
P1376	Ignition Coil - Cylinder 6 - Early Activation Fault
P1380	Misfire Detected - Rough Road Data Not Available
P1381	Variable Cam Timing Overadvanced (Bank #1)/ Misfire Detected - No Communication with BCM
P1382	Variable Cam Timing Solenoid #1 Circuit Malfunction
P1383	Variable Cam Timing Overretarded (Bank #1)
P1384	VVT Solenoid A Malfunction
P1385	Variable Cam Timing Solenoid B Malfunction
P1386	Variable Cam Timing Overadvanced (Bank #2)
P1387	Variable Cam Timing Solenoid #2 Circuit Malfunction
P1388	Variable Cam Timing Overretarded (Bank #2)
P1389	Glow Plug Circuit High Side Low Input
P1390	Octane Adjust Pin Out Of Self Test Range
P1391	Glow Plug Circuit Low Input (Bank #1)
P1392	Glow Plug Circuit High Input (Bank #1)
P1393	Glow Plug Circuit Low Input (Bank #2)
P1394	Glow Plug Circuit High Input (Bank #2)
P1395	Glow Plug Monitor Fault (Bank #1)
P1396	Glow Plug Monitor Fault (Bank #2)
P1397	System Voltage Out Of Self Test Range
P1398	VVT Solenoid B Circuit High Input
P1399	Glow Plug Circuit High Side, High Input
P1400	DPFE Circuit Low Input
P1401	DPFE Circuit High Input

P1402	EGR Metering Orifice Restricted
P1403	DPFE Sensor Hoses Reversed
P1404	IAT - B Circuit Malfunction/ Exhaust Gas Recirculation Closed Position Performance
P1405	DPFE Sensor Upstream Hose Off Or Plugged
P1406	Exhaust Gas Recirculation (EGR) Position Sensor Performance
P1407	EGR No Flow Detected
P1408	EGR Flow Out Of Self Test Range
P1409	EVR Control Circuit Malfunction
P1411	SAI System Incorrect Downstream Flow Detected
P1413	SAI System Monitor Circuit Low Input
P1414	SAI System Monitor Circuit High Input
P1415	Air Pump Circuit Malfunction/ (AIR) System Bank 1
P1416	Port Air Circuit Malfunction/ (AIR) System Bank 2
P1417	Port Air Relief Circuit Malfunction
P1418	Split Air #1 Circuit Malfunction
P1419	Split Air #2 Circuit Malfunction
P1420	Catalyst Temperature Sensor Failure
P1421	Catalyst Damage
P1422	EGI Temperature Sensor Failure
P1423	EGI Functionality Test Failed
P1424	EGI Glow Plug Primary Failure
P1425	EGI Glow Plug Secondary Failure
P1426	EGI Mini - MAF Failed Out Of Range
P1427	EGI Mini - MAF Failed Short Circuit
P1428	EGI Mini - MAF Failed Open Circuit
P1429	Electric Air Pump Primary Failure
P1430	Electric Air Pump Secondary Failure
P1433	A/C Refrigerant Temperature Circuit Low
P1434	A/C Refrigerant Temperature Circuit High
P1435	A/C Refrigerant Temperature Circuit Range/Performance
P1436	A/C Evaporator Air Temperature Circuit Low
P1437	A/C Evaporator Air Temperature Circuit High
P1438	A/C Evaporator Air Temperature Circuit Range/Performance
P1439	Floor Temperature Switch Circuit Malfunction
P1440	Purge Valve Stuck Open
P1441	Evaporative Emission (EVAP) System Flow During Non-Purge Chevrolet Only
P1441	Evaporative Emission (EVAP) System Flow During Non-Purge Oldsmobile Only
P1442	Evaporative Emission Control System Leak Detected
P1443	Evaporative Emission Control System Control Valve
P1444	Purge Flow Sensor Circuit Low Input
P1445	Purge Flow Sensor Circuit High Input
P1446	Evaporative Vac Solenoid Circuit Malfunction

P1447	ELC System Closure Valve Flow Fault
P1448	ELC System 2 Fault
P1449	Evaporative Check Solenoid Circuit Malfunction
P1450	Unable To Bleed Up Fuel Tank Vacuum
P1451	Evap Emission Control Sys Vent Control Valve Circuit
P1452	Unable To Bleed - Up Vacuum in Tank
P1453	Fuel Tank Pressure Relief Valve Malfunction
P1454	Evaporative System Vacuum Test Malfunction
P1455	Evap Emission Control Sys Leak Detected (Gross Leak/No Flow)
P1456	Fuel Tank Temperature Sensor Circuit Malfunction
P1457	Unable To Pull Vacuum In Tank
P1460	Wide open throttle A/C cutoff relay circuit
P1461	A/C pressure sensor circuit voltage low
P1462	A/C pressure sensor circuit voltage high
P1463	A/C Pressure Sensor Insufficient Pressure Change
P1464	A/C Demand Out of Self Test Range
P1465	A/C Relay Circuit Malfunction
P1466	A/C Refrigerant Temperature Sensor/Circuit Malfunction
P1467	A/C Compressor Temperature Sensor Malfunction
P1468	SSPOD Open Circuit or Closed Circuit Fault
P1469	Low A/C Cycling Period
P1470	A/C Cycling Period Too Short
P1471	Electrodrive Fan 1 Operational Failure (Driver Side)
P1472	Electrodrive Fan 2 Operational Failure (Passenger Side)
P1473	Fan Secondary High With Fan(s) Off
P1474	Low Fan Control Primary Circuit Malfunction
P1475	Fan Relay (Low) Circuit Malfunction
P1476	Fan Relay (High) Circuit Malfunction
P1477	Additional Fan Relay Circuit Malfunction
P1478	Cooling Fan Driver Fault
P1479	High Fan Control Primary Circuit Malfunction
P1480	Fan Secondary Low with Low Fan On
P1481	Fan Secondary Low With High Fan On
P1482	SCP
P1483	Power To Fan Circuit Overcurrent
P1484	Open Power To Ground VCRM
P1485	EGRV Circuit Malfunction
P1486	EGRA Circuit Malfunction
P1487	EGRCHK Solenoid Circuit Malfunction
P1490	Secondary Air Relief Solenoid Circuit Malfunction
P1491	Secondary Switch Solenoid Circuit Malfunction
P1492	APLSOL Solenoid Circuit Malfunction

P1493	RCNT Solenoid Circuit Malfunction
P1494	SPCUT Solenoid Circuit Malfunction
P1495	TCSPL Solenoid Circuit Malfunction
P1500	Vehicle Speed Sensor Intermittent
P1501	Vehicle Speed Sensor Out Of Self Test Range
P1502	Vehicle Speed Sensor Intermittent Malfunction
P1503	Auxillary Speed Sensor Fault
P1504	Idle Air Control Circuit Malfunction
P1505	Idle Air Control System At Adaptive Clip
P1506	Idle Air Control Overspeed Error
P1507	Idle Air Control Underspeed Error
P1508	Idle Control System Circuit Open
P1509	Idle Control System Circuit Shorted
P1510	Idle Signal Circuit Malfunction
P1511	Idle Switch (Electric Control Throttle) Circuit Malfunction
P1512	Intake Manifold Runner Control (Bank 1) Stuck Closed
P1513	Intake Manifold Runner Control (Bank 2) Stuck Closed
P1514	High Load Neutral/Drive Fault
P1515	Electric Current Circuit Malfunction
P1516	IMRC Input Error (Bank 1)
P1517	IMRC Input Error (Bank 2)
P1518	Intake Manifold Runner Control (Stuck Open)
P1519	Intake Manifold Runner Control (Stuck Closed)
P1520	Intake Manifold Runner Control Circuit Malfunction
P1521	Variable Intake Solenoid #1 Circuit Malfunction
P1522	Variable Intake Solenoid #2 Circuit Malfunction
P1523	IVC Solenoid Circuit Malfunction
P1524	Variable Intake Solenoid System
P1525	Air Bypass Valve System
P1526	Air Bypass System
P1527	Accelerate Warmup Solenoid Circuit Malfunction
P1528	Subsidiary Throttle Valve Solenoid Circuit Malfunction
P1529	SCAIR Solenoid Circuit Malfunction
P1530	A/C Clutch Circuit Malfunction
P1531	Invalid Test - Accelerator Pedal Movement
P1532	IMCC Circuit Malfunction, Bank B
P1533	AAI Circuit Malfunction
P1534	Inertia Switch Activated
P1535	Blower Fan Speed Circuit Range/Performance
P1536	Parking Brake Switch Circuit Failure
P1537	Intake Manifold Runner Control (Bank 1) Stuck Open
P1538	Intake Manifold Runner Control (Bank 2) Stuck Open

P1539	Power To A/C Clutch Circuit Overcurrent
P1540	Air Bypass Valve Circuit Malfunction
P1549	IMCC Circuit Malfunction, Bank B
P1550	PSPS Out Of Self Test Range
P1565	Speed Control Command Switch Out of Range High
P1566	Speed Control Command Switch Out of Range Low
P1567	Speed Control Output Circuit Continuity
P1568	Speed Control Unable to Hold Speed
P1571	Brake Switch Malfunction
P1572	Brake Pedal Switch Circuit Malfunction
P1573	Throttle Position Not Available
P1574	Throttle Position Sensor Disagreement btwn Sensors
P1575	Pedal Position Out of Self Test Range
P1576	Pedal Position Not Available
P1577	Pedal Position Sensor Disagreement btwn Sensors
P1578	ETC Power Less Than Demand
P1579	ETC In Power Limiting Mode
P1580	Electronic Throttle Monitor PCM Override
P1581	Electronic Throttle Monitor Malfunction
P1582	Electronic Throttle Monitor Data Available
P1583	Electronic Throttle Monitor Cruise Disable
P1584	TCU Detected IPE Circuit Malfunction
P1585	Throttle Control Unit Malfunction
P1586	Throttle Control Unit Throttle Position Malfunction
P1587	Throttle Control Unit Modulated Command Malfunction
P1588	Throttle Control Unit Detected Loss of Return Spring
P1589	TCU Unable To Control Desired Throttle Angle
P1600	Loss of KAM Power; Open Circuit
P1601	ECM/TCM Serial Communication Error
P1602	Immobilizer/ECM Communication Error
P1603	EEPROM Malfunction
P1604	Code Word Unregistered
P1605	Keep Alive Memory Test Failure
P1606	ECM Control Relay O/P Circuit Malfunction
P1607	MIL O/P Circuit Malfunction
P1608	Internal ECM Malfunction
P1609	Diagnostic Lamp Driver Fault
P1610	SBDS Interactive Codes
P1611	SBDS Interactive Codes
P1612	SBDS Interactive Codes
P1613	SBDS Interactive Codes
P1614	SBDS Interactive Codes

P1615	SBDS Interactive Codes
P1616	SBDS Interactive Codes
P1617	SBDS Interactive Codes
P1618	SBDS Interactive Codes
P1619	SBDS Interactive Codes
P1620	SBDS Interactive Codes
P1621	Control Module Long Term Memory Performance/ Immobilizer Code Words Do Not Match
P1622	Immobilizer ID Does Not Match
P1623	Immobilizer Code Word/ID Number Write Failure
P1624	Anti Theft System
P1625	B+ Supply To VCRM Fan Circuit Malfunction
P1626	Theft Deterrent Fuel Enable Signal Not Received/ B+ Supply To VCRM A/C Circuit Malfunction
P1627	Module Supply Voltage Out Of Range
P1628	Module Ignition Supply Input Malfunction
P1629	Internal Voltage Regulator Malfunction
P1630	Internal Vref Malfunction
P1631	Theft Deterrent Start Enable Signal Not Correct/ Main Relay Malfunction (Power Hold)
P1632	Smart Alternator Faults Sensor/Circuit Malfunction
P1633	KAM Voltage Too Low
P1634	Data Output Link Circuit Failure
P1635	Tire / Axle Ratio Out of Acceptable Range
P1636	Inductive Signature Chip Communication Error
P1637	Can Link ECM/ABSCM Circuit / Network Malfunction
P1638	Can Link ECM/INSTM Circuit / Network Malfunction
P1639	Vehicle ID Block Corrupted or Not Programmed
P1640	Powertrain DTCs Available in Another Module
P1641	Fuel Pump Primary Circuit Failure
P1642	Fuel Pump Monitor Circuit High Input
P1643	Fuel Pump Monitor Circuit Low Input
P1644	Fuel Pump Speed Control Circuit Malfunction
P1645	Fuel Pump Resistor Switch Circuit Malfunction
P1650	PSP Switch Out of Self Test Range
P1651	PSP Switch Input Malfunction
P1652	IAC Monitor Disabled by PSP Switch Failed On
P1653	Power Steering Output Circuit Malfunction
P1654	Recirculation Override Circuit Malfunction
P1655	Starter Disable Circuit Malfunction
P1660	Output Circuit Check Signal High
P1661	Output Circuit Check Signal Low
P1662	IDM_EN Circuit Failure
P1663	Fuel Demand Command Signal Circuit Malfunction

P1667	CI Circuit Malfunction
P1668	PCM - IDM Communications Error
P1670	Electronic Feedback Signal Not Detected
P1680	Metering Oil Pump Malfunction
P1681	Metering Oil Pump Malfunction
P1682	Metering Oil Pump Malfunction
P1683	Metering Oil Pump Temperature Sensor Circuit Malfunction
P1684	Metering Oil Pump Position Sensor Circuit Malfunction
P1685	Metering Oil Pump Stepping Motor Circuit Malfunction
P1686	Metering Oil Pump Stepping Motor Circuit Malfunction
P1687	Metering Oil Pump Stepping Motor Circuit Malfunction
P1688	Metering Oil Pump Stepping Motor Circuit Malfunction
P1689	Oil Pressure Control Solenoid Circuit Malfunction
P1690	Wastegate Solenoid Circuit Malfunction
P1691	Turbo Pressure Control Solenoid Circuit Malfunction
P1692	Turbo Control Solenoid Circuit Malfunction
P1693	Turbo Charge Control Circuit Malfunction
P1694	Turbo Charge Relief Circuit Malfunction
P1700	Transmission Indeterminate Failure (Failed to Neutral)
P1701	Reverse Engagement Error
P1702	TRS Circuit Intermittent Malfunction
P1703	Brake Switch Out Of Self Test Range
P1704	Digital TRS Failed to Transition States in KOEO / KOER
P1705	Not in P or N During KOEO / KOER
P1706	High Vehicle Speed Observed in Park
P1707	Transfer Case Neutral Indicator Hard Fault Present
P1708	Clutch Switch Circuit Malfunction
P1709	PNP Switch Out Of Self Test Range
P1711	TFT Sensor Out Of Self Test Range
P1712	Trans Torque Reduction Request Signal Malfunction
P1713	TFT Sensor In Range Failure Low Value
P1714	SSA Inductive Signature Malfunction
P1715	SSB Inductive Signature Malfunction
P1716	SSC Inductive Signature Malfunction
P1717	SSD Inductive Signature Malfunction
P1718	TFT Sensor In Range Failure High
P1720	Vehicle Speed (Meter) Circuit Malfunction
P1721	Gear 1 Incorrect Ratio
P1722	Gear 2 Incorrect Ratio
P1723	Gear 3 incorrect Ratio
P1724	Gear 4 Incorrect Ratio
P1725	Insufficient Engine Speed Increase During Self Test

P1726	Insufficient Engine Speed Decrease During Self Test
P1727	Coast Clutch Solenoid Inductive Signature Malfunction
P1728	Transmission Slip Error
P1729	4x4 Low Switch Error
P1730	Gear Control Malfunction 2,3,5
P1731	1-2 Shift Malfunction
P1732	2-3 Shift Malfunction
P1733	3-4 Shift Malfunction
P1734	Gear Control Malfunction
P1735	First Gear Switch Circuit Malfunction
P1736	Second Gear Switch Circuit Malfunction
P1737	Lockup Solenoid System
P1738	Shift Time Error
P1739	Slip Solenoid System
P1740	Torque Converter Clutch Inductive Signature Malfunction
P1741	Torque Converter Clutch Control Error
P1742	Torque Converter Clutch Solenoid Failed On
P1743	Torque Converter Clutch Solenoid Failed On
P1744	Torque Converter Clutch System Performance
P1745	Line Pressure Solenoid System
P1746	Pressure Control Solenoid "A" Open Circuit
P1747	Pressure Control Solenoid "A" Short Circuit
P1748	EPC Malfunction
P1749	Pressure Control Solenoid Failed Low
P1751	Shift Solenoid A Performance
P1754	Coast Clutch Solenoid Circuit Malfunction
P1755	Intermediate Speed Sensor (ISS) Malfunction
P1756	Shift Solenoid B Performance
P1760	Pressure Control Solenoid "A" Short Circuit
P1761	Shift Solenoid C Performance
P1762	Overdrive Band Failed Off
P1765	Timing Solenoid Circuit Malfunction
P1767	Torque Converter Clutch Circuit Malfunction
P1768	Performance / Normal / Winter Mode Input Malfunction
P1769	AG4 Transmission Torque Modulation Fault
P1770	Clutch Solenoid Circuit Malfunction
P1775	Transmission System MIL Fault
P1776	Ignition Retard Request Duration Fault
P1777	Ignition Retard Request Circuit Fault
P1778	Transmission Reverse I/P Circuit Malfunction
P1779	TCIL Circuit Malfunction
P1780	Trans Control Switch (O/D Cancel) Out of Self Test Range



P1781	4X4 Switch Out of Self Test Range
P1782	P/ES Circuit Out Of Self Test Range
P1783	Transmission Overtemperature Condition
P1784	Transmission Mechanical Failure - First And Reverse
P1785	Transmission Mechanical Failure - First And Second
P1786	3-2 Downshift Error
P1787	2-1 Downshift Error
P1788	Pressure Control Solenoid "B" Open Circuit
P1789	Pressure Control Solenoid "B" Short Circuit
P1790	TP (Mechanical) Circuit Malfunction
P1791	TP (Electric) Circuit Malfunction
P1792	Barometer Pressure Circuit Malfunction
P1793	Intake Air Volume Circuit Malfunction
P1794	Battery Voltage Circuit Malfunction
P1795	Idle Switch Circuit Malfunction
P1796	Kick Down Switch Circuit Malfunction
P1797	Neutral Switch Circuit Malfunction
P1798	Coolant Temperature Circuit Malfunction
P1799	Hold Switch Circuit Malfunction
P1800	Transmission Clutch Interlock Safety Switch Circuit Failure
P1801	Transmission Clutch Interlock Safety Switch Open Circuit
P1802	Transmission Clutch Interlock Safety Switch Short Circuit To Battery
P1803	Transmission Clutch Interlock Safety Switch Short Circuit To Ground
P1804	Transmission 4-Wheel Drive High Indicator Circuit Failure
P1805	Transmission 4-Wheel Drive High Indicator Open Circuit
P1806	Transmission 4-Wheel Drive High Indicator Short Circuit To Battery
P1807	Transmission 4-Wheel Drive High Indicator Short Circuit To Ground
P1808	Transmission 4-Wheel Drive Low Indicator Circuit Failure
P1809	Transmission 4-Wheel Drive Low Indicator Open Circuit
P1810	TFP Valve Position Switch Circuit/ Transmission 4-Wheel Drive Low Indicator Short Circuit To Battery
P1811	Transmission 4-Wheel Drive Low Indicator Short Circuit To Ground
P1812	Transmission 4-Wheel Drive Mode Select Circuit Failure
P1813	Transmission 4-Wheel Drive Mode Select Open Circuit
P1814	Transmission 4-Wheel Drive Mode Select Short Circuit To Battery
P1815	Transmission 4-Wheel Drive Mode Select Short Circuit To Ground
P1816	Transmission Neutral Safety Switch Circuit Failure
P1817	Transmission Neutral Safety Switch Open Circuit
P1818	Transmission Neutral Safety Switch Short Circuit To Battery
P1819	Transmission Neutral Safety Switch Short Circuit To Ground
P1820	Transmission Transfer Case Clockwise Shift Relay Coil Circuit Failure
P1821	Transmission Transfer Case Clockwise Shift Relay Coil Open Circuit

P1822	Transmission Transfer Case Clockwise Shift Relay Coil Short Circuit To Battery
P1823	Transmission Transfer Case Clockwise Shift Relay Coil Short Circuit To Ground
P1824	Transmission 4-Wheel Drive Clutch Relay Circuit Failure
P1825	Transmission 4-Wheel Drive Clutch Relay Open Circuit
P1826	Transmission 4-Wheel Drive Low Clutch Relay Circuit To Battery
P1827	Transmission 4-Wheel Drive Low Clutch Relay Circuit To Ground
P1828	Transmission Transfer Case Counter Clockwise Shift Relay Coil Circuit Failure
P1829	Transmission Transfer Case Counter Clockwise Shift Relay Coil Open Circuit
P1830	Transmission Transfer Case Counter Clockwise Shift Relay Coil Short Circuit To Battery
P1831	Transmission Transfer Case Counter Clockwise Shift Relay Coil Short Circuit To Ground
P1832	Transmission Transfer Case Differential Lock-Up Solenoid Circuit Failure
P1833	Transmission Transfer Case Differential Lock-Up Solenoid Open Circuit
P1834	Transmission Transfer Case Differential Lock-Up Solenoid Short Circuit To Battery
P1835	Transmission Transfer Case Differential Lock-Up Solenoid Short Circuit To Ground
P1836	Transmission Transfer Case Front Shaft Speed Sensor Circuit Failure
P1837	Transmission Transfer Case Rear Shaft Speed Sensor Circuit Failure
P1838	Transmission Transfer Case Shift Motor Circuit Failure
P1839	Transmission Transfer Case Shift Motor Open Circuit
P1840	Transmission Transfer Case Shift Motor Short Circuit To Battery
P1841	Transmission Transfer Case Shift Motor Short Circuit To Ground
P1842	Transmission Transfer Case Differential Lock-Up Feedback Switch Circuit Failure
P1843	Transmission Transfer Case Differential Lock-Up Feedback Switch Open Circuit
P1844	Transmission Transfer Case Differential Lock-Up Feedback Switch Short Circuit To Battery
P1845	Transmission Transfer Case Differential Lock-Up Feedback Switch Short Circuit To Ground
P1846	Transmission Transfer Case Contact Plate 'A' Circuit Failure
P1847	Transmission Transfer Case Contact Plate 'A' Open Circuit
P1848	Transmission Transfer Case Contact Plate 'A' Short Circuit To Battery
P1849	Transmission Transfer Case Contact Plate 'A' Short Circuit To Ground
P1850	Transmission Transfer Case Contact Plate 'B' Circuit Failure
P1851	Transmission Transfer Case Contact Plate 'B' Open Circuit
P1852	Transmission Transfer Case Contact Plate 'B' Short Circuit To Battery
P1853	Transmission Transfer Case Contact Plate 'B' Short Circuit To Ground
P1854	Transmission Transfer Case Contact Plate 'C' Circuit Failure
P1855	Transmission Transfer Case Contact Plate 'C' Open Circuit
P1856	Transmission Transfer Case Contact Plate 'C' Short Circuit To Battery
P1857	Transmission Transfer Case Contact Plate 'C' Short Circuit To Ground
P1858	Transmission Transfer Case Contact Plate 'D' Circuit Failure
P1859	Transmission Transfer Case Contact Plate 'D' Open Circuit
P1860	TCC PWM Solenoid Circuit Electrical/ Transmission Transfer Case Contact Plate 'D' Short Circuit To Battery
P1861	Transmission Transfer Case Contact Plate 'D' Short Circuit To Ground
P1862	Transmission Transfer Case Contact Plate Power Circuit Failure

P1863	Transmission Transfer Case Contact Plate Power Open Circuit
P1864	Transmission Transfer Case Contact Plate Power Short To Battery
P1865	Transmission Transfer Case Contact Plate Power Short To Ground
P1866	Transmission Transfer Case System Concern - Servicing Required
P1867	Transmission Transfer Case Contact Plate General Circuit Failure
P1868	Transmission Automatic 4-Wheel Drive Indicator (Lamp) Circuit Failure
P1869	Transmission Automatic 4-Wheel Drive Indicator (Lamp) Circuit Short To Battery
P1870	Transmission Component Slipping/ Transmission Mechanical Transfer Case 4x4 Switch Circuit Failure
P1871	Transmission Mechanical Transfer Case 4x4 Switch Circuit Short To Battery
P1872	Transmission Mechanical 4-Wheel Drive Axle Lock Lamp Circuit Failure
P1873	Transmission Mechanical 4-Wheel Drive Axle Lock Lamp Circuit Short To Battery
P1874	Transmission Automatic Hall Effect Sensor Power Circuit Failure
P1875	Transmission Automatic Hall Effect Sensor Power Circuit Short To Battery / 4WD Low Switch Circuit Electrical
P1876	Transmission Transfer Case 2-Wheel Drive Solenoid Circuit Failure
P1877	Transmission Transfer Case 2-Wheel Drive Solenoid Circuit Short To Battery
P1878	Transmission Transfer Case Disengaged Solenoid Circuit Failure
P1879	Transmission Transfer Case Disengaged Solenoid Open Circuit
P1880	Transmission Transfer Case Disengaged Solenoid Short to Battery
P1881	Engine Coolant Level Switch Circuit Failure, GEM
P1882	Engine Coolant Level Switch Circuit Short to Ground
P1883	Engine Coolant Level Switch Circuit Failure, GEM
P1884	Engine Coolant Level Lamp Circuit Short to Ground
P1885	Transmission Transfer Case Disengaged Solenoid Short to Ground
P1886	4X4 Initialization Failure
P1890	Transmission 4WD Mode Select Return Input Circuit Failure
P1891	Transmission Transfer Case Contact Plate Ground Return Open Circuit
P1900	OSS Circuit Intermittent Malfunction
P1901	TSS Circuit Intermittent Malfunction
P1902	Pressure Control Solenoid "B" Intermittent Short
P1903	Pressure Control Solenoid "C" Short Circuit
P1904	Pressure Control Solenoid "C" Open Circuit
P1905	Pressure Control Solenoid "C" Intermittent Short
P1906	Kickdown Pull Relay Open or Short Circuit to Ground
P1907	Kickdown Hold Relay Open or Short Circuit to Ground
P1908	Transmission Pressure Circuit Solenoid Open or Short to Ground
P1909	Trans Temp Sensor Circuit Open or Shorted to Pwr or Gnd
P1910	VFS A Pressure Output Failed Low
P1911	VFS B Pressure Output Failed Low
P1912	VFS C Pressure Output Failed Low
P1913	Pressure Switch A Circuit Malfunction
P1914	Manually Shifted Automatic (MSA) Sw Circuit Malf

P1915	Reverse Switch Circuit Malfunction
P1916	High Clutch Drum Speed Sensor Malfunction
P1917	High Clutch Drum Speed Sensor Intermittent
P1918	Transmission Range Display Circuit Malfunction

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί και η ύπαρξη των B, C και U Trouble Codes οι οποίοι έχουν να κάνουν με Body, Chassis και Network προβλήματα αντίστοιχα αλλά δεν υποστηρίζονται από το ηλεκτρονικό κύκλωμα που σχεδιάστηκε και περιγράφηκε παραπάνω και συνεπώς δεν παρατίθενται στο Παράρτημα Β.

## Βιβλιογραφία – Ιστοσελίδες

- 'Implementing the J1850 Protocol' – D. John Oliver, Intel Corporation
- 'Class B Data Communications Network Interface' - SAE Vehicle Network for Multiplexing and Data Communications Standards Committee, SAE J1850 Standard, May 1994
- 'Introduction to Vehicle Multiplexing' – University Consortium for Continuing Education (UCCE), November 1-3, 1995 Training Program
- 'SAE Standard J18550, Class B Data Communication Network Interface' – 15 February 1994
- 'Class B Data Communication Network Messages: Message Definitions for Three Byte Headers'- SAE Vehicle Network for Multiplexing and Data Communications Standards Committee, SAE J2178/4, Issued 1995-02
- 'General Motors Class 2 Communications Requirements', Delco Electronics, May 1, 1993
- Wikipedia (<http://www.en.wikipedia.org>)