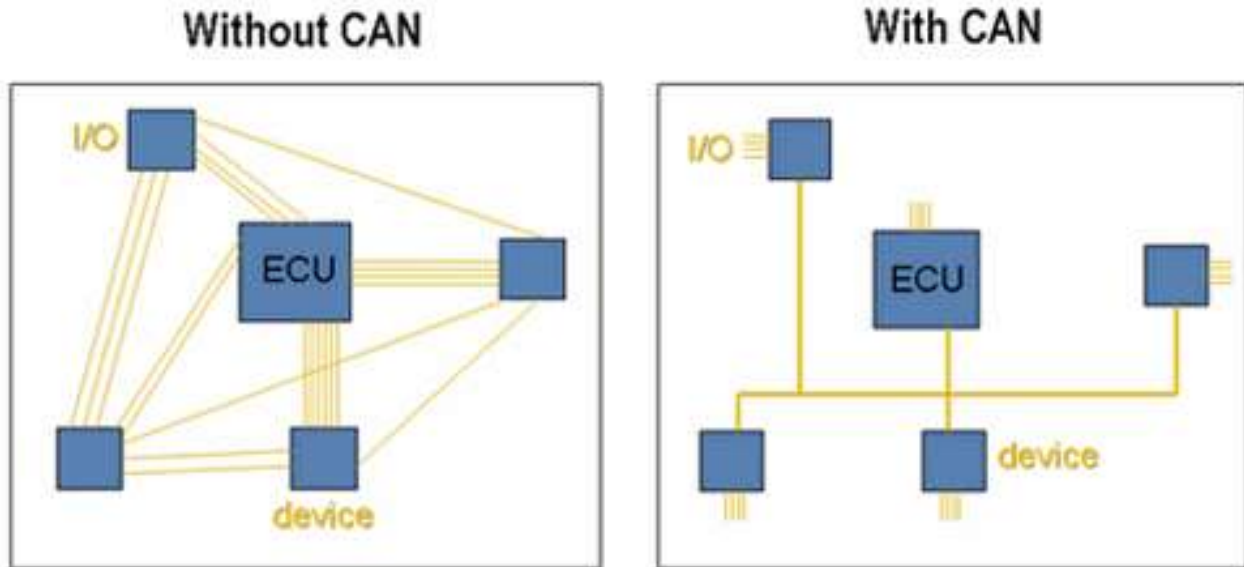


CAN (Controller Area Network)

CAN (Controller Area Network) είναι ένα σειριακό δικτυακό σύστημα κατάλληλο για επικοινωνία μεταξύ έξυπνων συσκευών (εγκεφάλων), ενεργοποιητών και αισθητήρων και το οποίο υποστηρίζει αποτελεσματικά έλεγχο σε πραγματικό χρόνο με υψηλό επίπεδο ασφάλειας.

Παρουσιάστηκε στα νέα αυτοκίνητα από το 2003 και σταδιακά εφαρμόζονται σε όλα τα αυτοκίνητα ενώ τα πρώτα του βήματα έχουν ξεκινήσει από την εταιρία BOSCH στα μέσα της δεκαετίας του 1980.

Τα σύγχρονα αυτοκίνητα διαθέτουν μία πληθώρα από ηλεκτρονικά συστήματα. Αυτά τα συστήματα



επικοινωνούν μεταξύ τους ανταλλάσσοντας πληροφορίες και μηνύματα.

Προκειμένου όμως να επικοινωνήσουν όλα αυτά τα συστήματα μεταξύ τους, απαιτούνταν πολύπλοκη διασύνδεσή μεταξύ τους.

Αυτό θα σήμαινε **μεγάλο κόστος** και **μεγάλο πλήθος καλωδίωσης**.

Σε αυτό το πρόβλημα έρχεται να δώσει λύσει το πρωτόκολλο CAN. Έρχεται να αντικαταστήσει αυτή την πληθώρα καλωδίων με ένα δίαυλο, πάνω στον οποίο όλοι επικοινωνούν. Αν μάλιστα αναλογιστούμε ότι το κόστος στα ηλεκτρονικά του αυτοκινήτου, φτάνει μέχρι και το 10% της αξίας του και διαρκώς αυξάνεται, η μείωση κόστους που έχει επιφέρει είναι τεράστια. Επίσης λόγω του ότι έχει επικρατήσει σε μεγάλο βαθμό να χρησιμοποιείται στα μέσα μεταφοράς έχει λύσει και το πρόβλημα της χρήσης διαφορετικών προτύπων από τον κάθε κατασκευαστή. Όλοι πλέον στις εφαρμογές που δημιουργούν για το αυτοκίνητο συμπεριλαμβάνουν και το πρωτόκολλο CAN.

Τα δεδομένα στο δίκτυο

Η ιδιαιτερότητα αυτού του δικτύου είναι ότι τα δεδομένα **δεν προσδιορίζονται από κάποια διεύθυνση (address)**, που σημαίνει ότι ταξιδεύουν σε όλο το μήκος του δικτύου, και τα συμμετάσχοντα μέρη αποφασίζουν εάν τους είναι χρήσιμα για τη λήψη τους, ανάλογα την πληροφορία που μεταφέρουν. Ο προσορισμός του μηνύματος και η σήμανση της προτεραιότητας του αναγνωρίζεται από ένα κομμάτι του, που ονομάζεται **"name"**

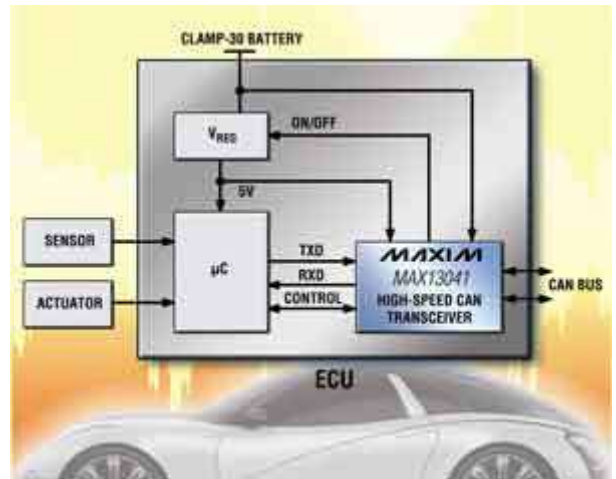
Εκείνο που τα χαρακτηρίζει είναι η **σήμανση της προτεραιότητας**. Κάποιο δεδομένο με μεγαλύτερη σήμανση από κάποιο άλλο, που εκπέμπονται την ίδια στιγμή, αποκτάει προτεραιότητα στο ταξίδι του στο δίκτυο ώστε να ληφθεί πρώτο από τους υπόλοιπους εγκεφάλους. Έτσι όπως είναι φυσικό ένα σήμα φρεναρίσματος από το ABS έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα από ένα σήμα ανοίγματος του A/C.

Όλοι οι φορείς του συστήματος έχουν την δυνατότητα να λαμβάνουν (Rx) και να εκπέμπουν (Tx) δεδομένα.

Σε περίπτωση που κάποιο σήμα **δεν καταφέρει να φτάσει στον αποδέκτη**, ή ο αποδέκτης δεν καταφέρει να το αποκωδικοποιήσει λόγω κάποιου σφάλματος, τότε θα σταλεί ειδοποίηση στον αποστολέα του για το σφάλμα που δημιουργήθηκε, ώστε να το ξαναστείλει.

Η διαδικασία αυτή δεν γίνεται μόνο στην δημιουργία σφάλματος, αλλά κάθε φορά που το σήμα λαμβάνεται, ο αποδέκτης είναι αναγκασμένος να **στέλνει ένα είδος απάντησης** -αναφοράς- στον αποστολέα για την κατάσταση λήψης του μηνύματος. Αυτή η διαδικασία **ονομάζεται CRC** (Cyclic Redundancy Check) και έχει σαν αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων στην μεταφορά δεδομένων και την καθιέρωσή του CAN ως ένα σταθερό και αξιόπιστο δίκτυο.

Το μέγεθος του σήματος φτάνει από 0 έως 8 byte, ενώ η μέγιστη ταχύτητα δικτύου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι 1Mb/s ικανές για την ανταλλαγή δεδομένων ανάμεσα στους κόμβους, καθώς είναι μικρός ο αριθμός των δεδομένων που ανταλλάσσονται και καλύπτει τις απαιτήσεις των συγχρόνων εφαρμογών και υλοποιήσεων.



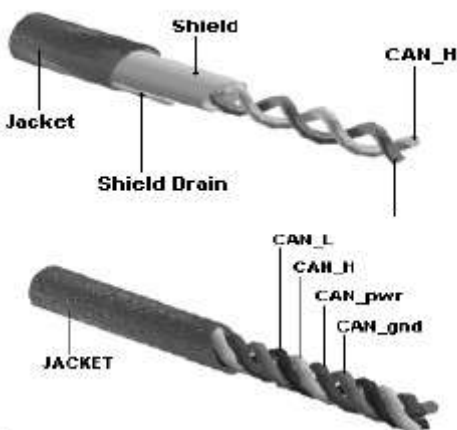
Σύνδεση και Κατασκευή

Όπως έχουμε αναφέρει το CAN είναι σειριακό που σημαίνει ότι **όλα τα μέρη συνδέονται σε σειρά το ένα με το άλλο** δημιουργώντας σχηματικά μία αλυσίδα με καθορισμένη αρχή και τέλος, ή έναν δακτύλιο, ανάλογα τον κατασκευαστή.

Όπως επίσης έχουμε πει ότι τα μηνύματα δεν χαρακτηρίζονται από κάποια διεύθυνση, ή αλλιώς οι συμμετέχοντες συσκευές **δεν έχουν κάποια συγκεκριμένη "IP"**. Έτσι μπορεί να προστεθούν επιπλέον συσκευές ή και να αφαιρεθούν χωρίς να δημιουργηθεί κανένα πρόβλημα στο λειτουργικό του.

Κάθε συσκευή στο δίκτυο διαθέτει ένα τσιπ ελέγχου (CAN controller chip), βλέπει τα μηνύματα που αποστέλλονται και αποφασίζει αν είναι σχετικά ή όχι.

Η σύνδεση μεταξύ τους γίνεται με την χρησιμοποίηση **δύο καλωδίων** [CAN_H(high) και CAN_L(low)] και ενίοτε με την χρησιμοποίηση δυο ακόμα (ρεύμα-γείωση) που είναι **τυλιγμένα το ένα με το άλλο** και περιβάλλονται από προστατευτικό κάλυμμα για την αποφυγή παρασίτων από τα διάφορα ηλεκτρικά μέρη. Έτσι επιτυγχάνεται και η μείωση του αριθμού των καλωδίων στο συνολικό ηλεκτρικό σύστημα. Ένα περιοριστικό αυτού του δικτύου είναι ότι μπορεί να καλύψει περιοχή όπου τα πιο απόμακρα σημεία του δεν υπερβαίνουν ανάμεσά τους τα 40m. Σε περίπτωση που υπερβαίνουν αυτό το όριο η καθορισμένη ταχύτητα του δικτύου θα είναι μικρότερη για να μπορέσει να δουλέψει.



ταχύτητα του άλλου ώστε να μπορεί να τρέξει σε αυτό. Δηλαδή θα μπορούσαμε να το φανταστούμε σαν ανασσέρ που μεταβιβάζει πληροφορίες από ένα επίπεδο σε άλλο. Το GATEWAY αποτελεί το ένα και μοναδικό σημείο τομής μεταξύ δυο διαφορετικών δικτύων CAN

Στο αυτοκίνητο μπορεί να υπάρχουν **παραπάνω από ένα δίκτυα** (αλυσίδας ή δακτύλιου) CAN, που να συνδέει το καθένα διαφορετικούς εγκεφάλους μεταξύ τους, σε διαφορετικές ταχύτητες.

Επειδή είναι αδύνατη η απευθείας μετάδοση πληροφορίας από έναν εγκέφαλο σε άλλο που βρίσκονται σε διαφορετικά δίκτυα, **παρεμβαίνει ένας εγκέφαλος (GATEWAY ή DatenBus)**, που δουλεύει του είναι να **ισοσταθμίζει την πληροφορία του ενός δικτύου στην**

Προκειμένου να επιτευχθεί η εύκολη σχεδίαση και η εύκολη εφαρμογή του, **διαιρέθηκε σε τέσσερα επίπεδα:**

- το επίπεδο εφαρμογής (application layer),
- το επίπεδο αντικειμένου (object layer),
- το επίπεδο μεταφοράς (transfer layer)
- και το φυσικό επίπεδο (physical layer) (Robert Bosch GmbH, 1991).

Το φυσικό επίπεδο (Physical Layer) καθορίζει πως μεταδίδονται τα σήματα στην πραγματικότητα.

Το επίπεδο Μεταφοράς (Transfer Layer) αποτελεί τον πυρήνα του πρωτοκόλλου CAN. Παρουσιάζει τα μηνύματα που λαμβάνονται από το επίπεδο αντικειμένου (Object Layer) και δέχεται να μεταδοθούν μηνύματα από αυτό. Το επίπεδο Μεταφοράς είναι υπεύθυνο για χρονισμό των bit, το διαχωρισμό των μηνυμάτων, τη διαιτησία του διαδρόμου, την επαλήθευση των μηνυμάτων και τον εντοπισμό λαθών.

Το επίπεδο αντικειμένου ασχολείται με το φιλτράρισμα των μηνυμάτων καθώς και τη διαχείρισή τους.

Άλλα δικτυακά συστήματα

Με την εισαγωγή και χρησιμοποίηση του CAN στο χώρο του αυτοκινήτου, αρχίζουν και άλλα δικτυακά συστήματα να βρίσκουν εφαρμογή σε αυτόν. Μερικά από αυτά είναι:

- Domestic Data Bus (D2B): Λειτουργεί με την βοήθεια της τεχνολογίας των οπτικών ινών και σκοπός του είναι να συνδέει περιφερειακές συσκευές του αυτοκινήτου. Έτσι η Mercedes Benz που το χρησιμοποιεί στο S-Class, συνδέει μεταξύ του το ραδιόφωνο, τον αυτόματο πιλότο, την λειτουργία Tele-Aid, το κινητό τηλέφωνο και την εφαρμογή αναγνώρισης φωνής.

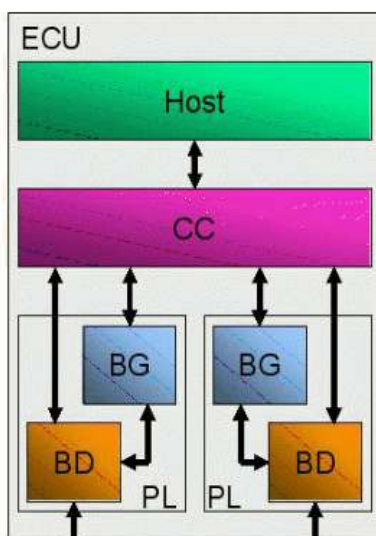


Η χρήση οπτικών ινών βοηθούν το δίκτυο να είναι ανεπηρέαστο από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, να έχει βελτιωμένη ποιότητα σήματος, λιγότερες ηλεκτρικές συνδέσεις και η μεταφορά δεδομένων γίνεται σε ταχύτητα 5,6MB/sec, περίπου 11φορές πιο γρήγορο από το CAN C. Μειονεκτήματα είναι ότι οι οπτικές ίνες είναι εύθραυστες και πιθανές επισκευές είναι δύσκολες χωρίς τον απαραίτητο εξοπλισμό.

-Bluetooth: Είναι ασύρματο δίκτυο εμβέλειας 10-100m και προσφέρει εύκολη και στιγμιαία σύνδεση μεταξύ διαφορετικών συσκευών. Χρησιμοποιείται κυρίως από συσκευές τηλεφώνου Hands-Free, drivers από κινητά DVD,CD και MP3 όπως και από διάφορες διαγνωστικές μονάδες.

-Local Interconnect Network (LIN): Χρησιμοποιείται κυρίως από συσκευές on/off όπως τα καθίσματα,

οι κλειδαριές, η ηλιοροφή, ο αισθητήρας βροχής, και οι εξωτερικοί καθρέφτες. Δουλεύει σαν υποδίκτυο του συνολικού δικτύου CAN και για αυτό τον λόγο συνεργάζονται με την ιδιότητα master-slave. Αυτό που το ξεχωρίζει από το CAN είναι ότι χρειάζεται ένα μόνο καλώδιο για την λειτουργία του και δεν χρειάζεται παρέμβαση του GATEWAY για την επικοινωνία του με το σύστημα δικτύου CAN.



FlexRay: Πρόκειται για ένα καινούργιο είδος δικτύου το οποίο στο μέλλον μπορεί να αντικαταστήσει το CAN σε ότι αφορά διαχείριση κινητήρα και συστήματος μετάδοσης. Αυτό οφείλεται στο ότι παρουσιάζει πολύ καλύτερα χαρακτηριστικά λειτουργικότητας και θα είναι και συμβατό με το Byteflight.

-Time Triggered Can (TTC): Το συγκεκριμένο δίκτυο αποτελεί μια αναβαθμισμένη προέκταση του CAN, με κάποια επιπρόσθετα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Γι' αυτό τον λόγο θεωρείται ως ο απόγονος του CAN

-Time Triggered Protocol (TTP): Το σύστημα αυτό πρόκειται να αντικαταστήσει διάφορα μηχανικά και υδραυλικά μέρη του αυτοκινήτου, όπως είναι το σύστημα διεύθυνσης και το σύστημα πέδησης. Έτσι το στρίψιμο του τιμονιού θα μετατρέπεται κατευθείαν σε ψηφιακά δεδομένα, τα οποία μέσω αυτού του δικτύου θα ενεργοποιούν τους κατάλληλους αποδέκτες για το κόψιμο των τροχών.

- Byteflight: Το δίκτυο αυτό ως απλό λιτό και ευπροσάρμοστο στην λειτουργία του χρησιμοποιείται κυρίως από συστήματα που αφορούν την ασφάλεια των επιβαινόντων, όπως είναι οι αερόσακοι και οι προεντατήρες ζώνης. Ακόμα όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από διάφορα συστήματα άνεσης όπως είναι το κεντρικό κλείδωμα, τα ηλεκτρικά παράθυρα και τα καθίσματα.

-Intelligent Transportation System Data Bus: Έχει σαν ιδιαίτερο σκοπό να συνδέει plug and play συσκευές στο αυτοκίνητο και κυρίως συσκευές πολυμέσων όπως είναι το ψηφιακό ραδιόφωνο, η ψηφιακή κάμερα, το τηλέφωνο του αυτοκινήτου, το PC, και το σύστημα πλοήγησης.

1.1 Κύρια Χαρακτηριστικά

Τα κύρια χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου CAN είναι:

- Προτεραιότητα στα μηνύματα
- Εξασφαλισμένοι χρόνοι καθυστέρησης
- Ευελιξία στην παραμετροποίηση
- Δυνατότητα πολλαπλών παραληπτών μηνυμάτων με δυνατότητα συγχρονισμού
- Multimaster
- Ανίχνευση λαθών
- Αυτόματη επαναποστολή κατεστραμμένων μηνυμάτων μόλις ο διάδρομος ελευθερωθεί
- Διάκριση μεταξύ προσωρινών λαθών και μόνιμων αποτυχιών κόμβων και αυτόματη απομάκρυνση αυτών

Μερικά σημαντικά σημεία στα οποία πλεονεκτεί το πρωτόκολλο CAN.

ΜΗΝΥΜΑΤΑ: Μπορεί να στείλει μηνύματα μεγέθους μέχρι 8 byte. Μπορεί να αποστείλει και πακέτο με μηδενικό μήκος δεδομένων (όταν παραδείγματος χάριν ζητάει κάποιος κόμβος πληροφορίες από έναν άλλο).

ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ: Κάθε κόμβος δεν ασχολείται με το πως είναι σχεδιασμένο το σύστημα (τρόπο σύνδεσης κόμβων). Αυτό έχει ως συνέπεια τα εξής:

- **Ευελιξία του συστήματος:** μπορούν να εισαχθούν κόμβοι σε ένα δίκτυο CAN χωρίς αλλαγή υλικού ή λογισμικού.
- **Δρομολόγηση μηνυμάτων:** το κάθε μήνυμα αναγνωρίζεται από το πεδίο IDENTIFIER. Αυτό το πεδίο δεν δείχνει τον προορισμό του μηνύματος αλλά περιγράφει τη σημασία των δεδομένων που έχει μέσα του έτσι ώστε όλοι οι κόμβοι να είναι σε θέση να αποφασίσουν αν θα κρατήσουν ή όχι το μήνυμα (MESSAGE FILTERING).
- **Multicasting:** αποτέλεσμα του παραπάνω πολλοί κόμβοι μπορούν ταυτόχρονα να λάβουν το ίδιο μήνυμα.
- **Συνέπεια δεδομένων:** μέσα στο δίκτυο CAN είναι εγγυημένο ότι μπορεί να ληφθεί και από όλους τους κόμβους και από κανένα.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΥΛΟΥ: Είναι δεδομένη για το κάθε σύστημα και μέγιστη το 1Mbps. Συνήθως στα σύγχρονα μέσα μεταφοράς υπάρχουν δύο δίκτυα. Ένα υψηλής και ένα χαμηλότερης ταχύτητας.

ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΕΣ: Το πεδίο IDENTIFIER καθορίζει στατική προτεραιότητα στο δίαυλο.

MULTIMASTER: Όταν ο δίαυλος είναι ελεύθερος, οποιοσδήποτε κόμβος μπορεί να ξεκινήσει να αποστέλλει μηνύματα. Αυτό με τη μεγαλύτερη προτεραιότητα, θα αποσταλεί τελικά.

ΔΙΑΙΤΗΣΙΑ: Όταν ο δίαυλος είναι ελεύθερος, οποιοσδήποτε κόμβος μπορεί να ξεκινήσει να αποστέλλει μηνύματα. Αν δύο ή παραπάνω κόμβοι ξεκινήσουν να αποστέλλουν ταυτόχρονα μηνύματα, έχουμε σύγκρουση στο δίαυλο η οποία επιλύεται με διαιτησία bit προς bit χρησιμοποιώντας το πεδίο IDENTIFIER. Έτσι, ούτε χρόνος αλλά ούτε και μηνύματα χάνονται.

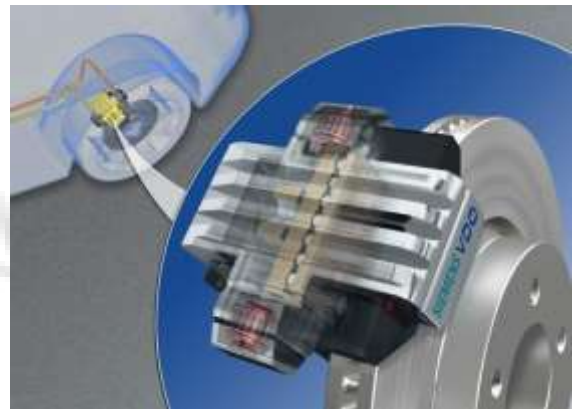
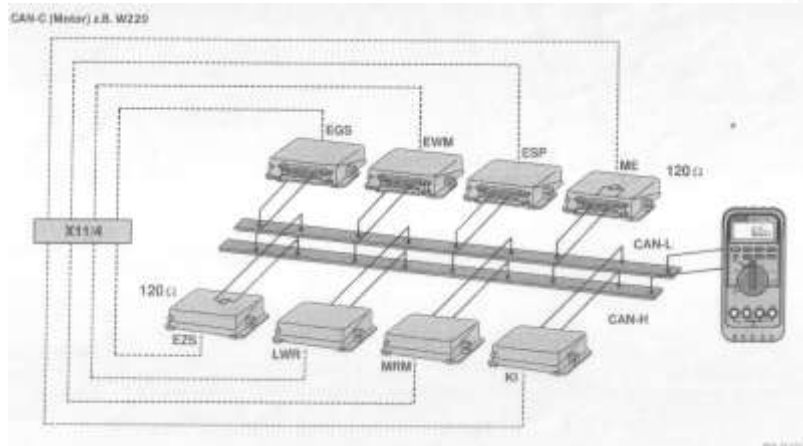
ΑΣΦΑΛΕΙΑ: Το δίκτυο CAN για τη διασφάλιση των μηνυμάτων έχει συστήματα εντοπισμού σφαλμάτων τα οποία μπορούν να ανιχνεύσουν:

- Όλα τα συνολικά λάθη
- Όλα τα τοπικά λάθη εντοπίζονται στους αποστολείς
- Μέχρι 5 τυχαία λάθη σε ένα μήνυμα εντοπίζονται
- Λάθη υπερχειλίσας με μήκος λιγότερο από 15 σε ένα μήνυμα
- Λάθη σε μονό πλήθος σε ένα μήνυμα

ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ: Το CAN είναι σειριακό πρωτόκολλο επικοινωνίας όπου ένας αριθμός κόμβων μπορεί να συνδεθεί. Αυτός ο αριθμός είναι θεωρητικά απεριόριστος, πρακτικά όμως περιορίζεται από τις καθυστερήσεις και/ή την επιφόρτιση της γραμμής.

ΜΟΝΟΚΑΝΑΛΗ: Ο δίαυλος αποτελείται από ένα κανάλι και μόνο. Έτσι μπορεί να γίνει εύκολα επανασυγχρονισμός των δεδομένων.

ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΕΙΣ: Κάθε κόμβος επαληθεύει το μήνυμα το οποίο και λαμβάνει.



ΤΙΜΕΣ BIT: Είναι δύο λογικές τιμές: 'dominant' και 'recessive'.

Προκειμένου να επιτευχθεί η εύκολη σχεδίαση και η εύκολη εφαρμογή του, διαιρέθηκε σε τέσσερα επίπεδα, το επίπεδο εφαρμογής (application layer), το επίπεδο αντικειμένου (object layer), το επίπεδο μεταφοράς (transfer layer) και το φυσικό επίπεδο (physical layer) (Robert Bosch GmbH, 1991).