Leseprobe

Krafthand-Technik

Fehlerdiagnose an vernetzten Systemen

4. erweiterte Auflage
Neu: Car-to-X

Grundlagen, Diagnose, Wartung

Martin Frei

Krafthand Medien GmbH

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH

ISBN 978-3-87441-167-7

Leseprobe

Martin Frei

Fehlerdiagnose an vernetzten Systemen

4. erweiterte Auflage

Grundlagen, Diagnose, Wartung

KRAFTHAND Medien

Krafthand Medien GmbH
Bad Wörishofen

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH

Leseprobe

Bibliografische Informationen der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet
über https://portal.dnb.de abrufbar.

ISBN: 978-3-87441-167-7

4. erweiterte Auflage, Juni 2018

Autor: Martin Frei
Realisierung/Lektorat: Georg Blenk
Titelgestaltung/Layout: Martin Dörfler
Titelbild: Vector Informatik GmbH, Stuttgart, www.vector.com
Bilder/Grafiken: Continental, Martin Frei*, Daimler, Volkswagen
Druck und buchbinderische Verarbeitung: Buchdruckerei Lustenau GmbH
Printed in Austria

Alle Rechte vorbehalten
© Krafthand Medien GmbH
Walter-Schulz-Straße 1 · 86825 Bad Wörishofen
Telefon 08247/3007-0 · Telefax 08247/3007-70
info@krafthand.de · www.krafthand.de · www.krafthand-medien.de
Geschäftsleitung: Gottfried Karpstein, Andreas Hohenleitner, Steffen Karpstein

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeisung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sämtliche Ausführungen in dieser Publikation beziehen sich grundsätzlich sowohl auf die weibliche als auch auf die männliche Form. Zur besseren Lesbarkeit wurde meist auf die zusätzliche Bezeichnung in weiblicher Form (zum Beispiel ‚Fahrerinnen') verzichtet.

*Bild- und Grafikmaterial – insbesondere grafische Darstellungen –, welches nicht gesondert mit einem Quellverweis versehen ist, ist dem Autor Martin Frei © zuzuordnen.

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH

Leseprobe

Vorwort

Mitte der 1990er-Jahre fingen die Fahrzeughersteller an, einzelne Systemkomponenten im Pkw zu vernetzen. Ein erhöhtes Aufkommen von Steuergeräten, vor allem im Sicherheits- und Komfortbereich, hatte eine Vielzahl an Leitungen und Verbindungen zur Folge. Um Kupferkabel und somit Gewicht und Kosten zu sparen, wurde als erstes der CAN-Bus (CAN = Controller-Area-Network) eingeführt um einen Teil der Kabel zu ersetzen. Anfänglich sind auf diese Art drei bis vier Steuergeräte miteinander verbunden worden. Schnell kamen weitere hinzu, sodass bereits Anfang des Jahrtausends in normalen Mittelklassefahrzeugen dreißig bis fünfzig Steuergeräte zu finden waren. In der Oberklasse kamen teilweise bis zu einhundert zum Einsatz.

LIN, MOST, FlexRay

Für die hohe Anzahl an Steuergeräten reichte ein System nicht mehr aus. Es mussten zusätzliche Vernetzungssysteme eingesetzt werden. In der Regel waren dies auch CAN-Bussysteme. Sie arbeiteten nebeneinander als selbstständige Einheiten im Fahrzeug.

Um zusätzlich den CAN-Bus lokal erweitern zu können und um weitere Kosten zu sparen, wurde der LIN-Bus (LIN = Local-Interconnect-Network) entwickelt. Es handelte sich um ein Subsystem, also ein Bus, der sich dem CAN-Bus unterordnet.

Im Laufe der Jahre haben sich vor allem der Sicherheits- als auch der Infotainment-Bereich stark weiterentwickelt. Es sind Pre-Safe-Systeme, also Systeme, die schon vor einem Unfall wirksam werden, realisiert worden. Auch um Musik- oder Videodaten zu übermitteln, wurden immer schnellere Datenbusse benötigt.

Während der MOST-Bus (MOST = Media-Oriented-Systems-Transport) im Infotainment-Bereich dafür sorgt, dass die Fahrzeuginsassen mit rausch- und ruckelfreien Videos versorgt werden, wird FlexRay (FlexRay ist ein serielles, deterministisches und fehlertolerantes Feldbussystem) überwiegend für sicherheitsrelevante Systeme eingesetzt. Entwickelt wurde es auch, um den mechanischen Anteil in den Fahrzeugen weiter zu reduzieren. So werden mithilfe von FlexRay heute schon Autos mit rein elektrischer Lenkung und Bremse gebaut.

Fehler lokalisieren

Im vorliegenden Buch werden die gängigsten Bussysteme, CAN, LIN, MOST und FlexRay vorgestellt. Zahlreiche praktische Beispiele zeigen auf, wie die Systeme arbeiten und wie sich Fehler in einem vernetzten System erkennen, lokalisieren und beheben lassen.

KRAFTHAND Medien

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH

Leseprobe

2. CAN-Bus

2.1 Aufbau des CAN-Bussystems

Durch die Anforderungen an die moderne Motorentechnik, durch verschärfte Abgasregelungen und einen erhöhten Bedarf an Komfortelektronik ergibt sich eine stetig gestiegene Anzahl an Steuergeräten. Damit sich die unterschiedlichen Teilsysteme im Fahrzeug Informationen von zum Beispiel Sensoren teilen, sie durch Nachrüstungen einfach erweitert werden können und somit eine Diagnose über das gesamte Fahrzeug möglich wird, werden die Steuergeräte miteinander vernetzt. Im CAN-Bus wird jedes Steuergerät mit jeweils zwei Kupferleitungen an das Bussystem angeschlossen. Das bedeutet nichts anderes, als das von jedem Steuergerät zwei Leitungen in zentralen Punkten im Fahrzeug zusammengeführt werden – ähnlich wie zu einem zentralen Massepunkt.

Die Abbildung 1 zeigt die prinzipielle Vernetzung von vier Steuergeräten. Je nach Art der verwendeten Steuergeräte lassen sich so bis zu 128 unterschiedliche Steuergeräte miteinander verbinden.

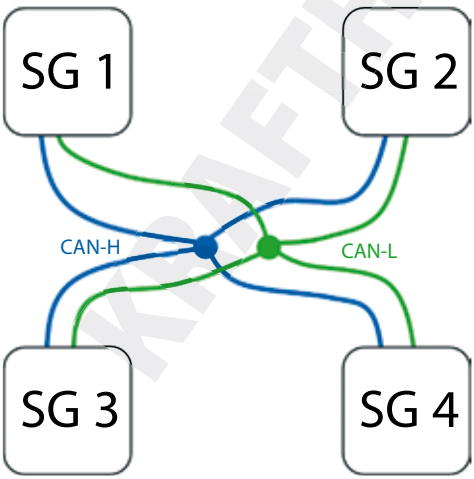


Abbildung 1: Einfache Vernetzung von Steuergeräten. Grafiken/Bilder: Martin Frei

Die Vorteile eines vernetzten Systems:

- Leitungen und Sensoren können eingespart werden.
- Eine Diagnose über mehrere Steuergeräte ist zeitgleich möglich.
- Es ist einfacher, das System zu erweitern.

Die Punkte, in denen die Leitungen zusammengeführt werden, nennt man Verbindungsknoten. Jedes CAN-System hat mindestens zwei Knotenpunkte. Der eine wird CAN-H (Can-High) und der andere CAN-L (Can-Low) genannt. Die beiden Leitungen, die jeweils von einem Steuergerät abgehen, heißen entsprechend CAN-H-Leitung beziehungsweise CAN-L-Leitung. Diese beiden Leitungen werden miteinander verdrillt, um externe Störungen zu unterbinden. Sie bezeichnet man aus diesem Grund auch als ‚Twisted-Pair'.

KRAFTHAND Medien

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH

Leseprobe

Abbildung 2: ***Twisted-Pair-Leitungen.***

Als CAN-Bus wird die Vernetzung der Steuergeräte über die CAN-Leitungen bezeichnet. Damit diese auch miteinander kommunizieren können, müssen bestimmte Regeln und im Prinzip ‚Sprachen' eingehalten werden. So muss gewährleistet werden, dass jeder ‚Teilnehmer' auch jeden anderen ‚Teilnehmer' versteht.

2.2 CAN-Botschaften

Stellt man sich eine Telefonkonferenz mit mehreren Teilnehmern vor, dann könnte dies zum Beispiel so ablaufen: Ein Teilnehmer fängt mit der persönlichen Vorstellung an: „Guten Tag, mein Name ist Bernd Meier". Als nächstes trägt er sein Anliegen vor: „Ich habe heute drei wichtige Punkte, über die ich Sie informieren möchte". Danach wird er die Punkte aufzählen und die Informationen übermitteln. Anschließend könnte die Frage kommen: „Haben Sie alles verstanden?". An dieser Stelle wird Herr Meier eine Pause einlegen und auf die Antwort der anderen Konferenzteilnehmer warten. Wenn es keine Nachfragen geben sollte, ist der Teil von Herrn Meier beendet.

Ähnlich wie in diesem einfachen Beispiel kommunizieren auch die einzelnen Steuergeräte auf dem CAN-Bus miteinander. Dabei werden die Kommunikationsregeln auf dem Bus in den sogenannten Protokollen der verwendeten Bausteine festgelegt. Jeder Teilnehmer in einem System arbeitet mit dem gleichen Protokoll. Das heißt, alle halten sich an dieselben Regeln.

Prinzipiell gibt es zwei unterschiedliche Protokollformen. Das Standardproto-

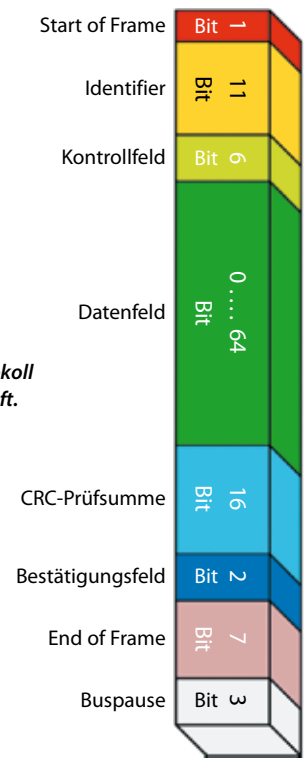


Abbildung 3: ***Protokoll einer CAN-Botschaft.***

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH
© Krafthand Medien

Leseprobe

koll, welches in den meisten Kraftfahrzeugen zum Einsatz kommt sowie das Extendet-Protokoll, welches aufgrund seiner erweiterten Form dort eingesetzt wird, wo sehr viele Botschaften über einen Bus gesendet werden. Zum Beispiel bei Nutzfahrzeugen. Abbildung 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Standard-CAN-Botschaft.

Jede Botschaft beginnt mit einem Startbit, dem Start of Frame (SoF). Danach kommt der sogenannte Identifier der Botschaft. Jede Botschaft verfügt über einen eindeutigen Identifier, das bedeutet, dass es jeden Identifier nur einmal geben kann. Bezogen auf die Telefonkonferenz sind das SoF die Begrüßung und der Identifier die Vorstellung.

Als Nächstes teilt das Steuergerät mit wie lang die Botschaft sein soll. Dies erfolgt im Kontrollfeld. Anschließend werden die Informationen übermittelt. Danach übermittelt der Sender noch eine Prüfsumme der Daten, damit die Empfänger feststellen können, ob alles richtig übertragen wurde. Nun macht der Sender eine Pause und erwartet von den Empfängern die Bestätigung des Erhalts der Botschaft. Diese Bestätigung (Acknowledge) wird von allen Empfängern gesendet, die die Botschaft empfangen und auch verstanden haben. Das Ende der Botschaft wird mit sieben gleichen Bits gekennzeichnet. Anschließend folgt eine kurze Unterbrechung, während derer nicht gesendet werden darf. Sobald der Bus danach in den Leerlauf geht, können alle Steuergeräte wieder senden.

Das Extendet-Protokoll ist ähnlich aufgebaut. Anstelle des 11 Bit langen Identifiers wird hier allerdings ein 29 Bit langer Identifier verwendet, sodass es mehr Möglichkeiten zur Variation gibt.

2.3 Arbitrierung

Der CAN-Bus besteht aus einem Multimastersystem, das bedeutet, dass alle Teilnehmer des Systems erst einmal gleichberechtigt sind. Sie können selbstständig Botschaften auf den Bus stellen, ohne dass diese explizit angefordert werden müssen. Damit es bei einem gleichzeitigen Sendeversuch nicht zu Datenkollisionen kommt, erhält die Botschaft mit der höchsten Priorität Vorrang. Die Wichtigkeit einer Botschaft wird im Identifier festgelegt. Je wichtiger die Botschaft ist, desto mehr führende Nullen erhält diese. In Tabelle 2 sind drei Identifier aufgeführt und nach ihrer Priorität sortiert.

Versuchen zwei oder mehr Steuergeräte gleichzeitig eine Botschaft auf den Bus zu senden, setzt sich die Botschaft mit der höchsten Priorität durch. Die anderen Sendeversuche werden überschrieben. Der Sender, dessen Botschaft überschrieben wird, wird automatisch zum Empfän-

Priorität	Identifier
1	000 1010 1101
2	001 0000 0100
3	010 0001 1001

*Tabelle 2: **Identifier nach Priorität.***

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH

Leseprobe

ger, sodass er auch die gesendete Botschaft mitliest. Sobald die Botschaft vollständig übermittelt wurde und der Bus frei ist, können wieder alle Steuergeräte ihre Botschaft senden. Wollen mehrere Steuergeräte gleichzeitig eine Botschaft übermitteln, setzt sich das Steuergerät mit der höchsten Priorität durch. Dieses Verfahren nennt man Arbitrierung. Es kommt allerdings nur zur Anwendung, wenn zwei oder mehr Steuergeräte gleichzeitig versuchen, eine Botschaft zu senden.

Wird jedoch bereits eine Botschaft mit einer niedrigen Priorität auf dem Bus übertragen, so kann sie nicht durch eine Botschaft mit einer höheren Priorität unterbrochen werden. In diesem Fall muss die wichtigere Botschaft warten, bis der Bus wieder frei geworden ist.

2.4 Datenübertragung

Die Daten im CAN-Bus werden seriell übertragen. Das bedeutet, dass die Steuergeräte ihre Botschaften bitweise auf den Bus geben.

Der erste Ausschlag ganz links ist das erste Bit der Botschaft, das Start of Frame.

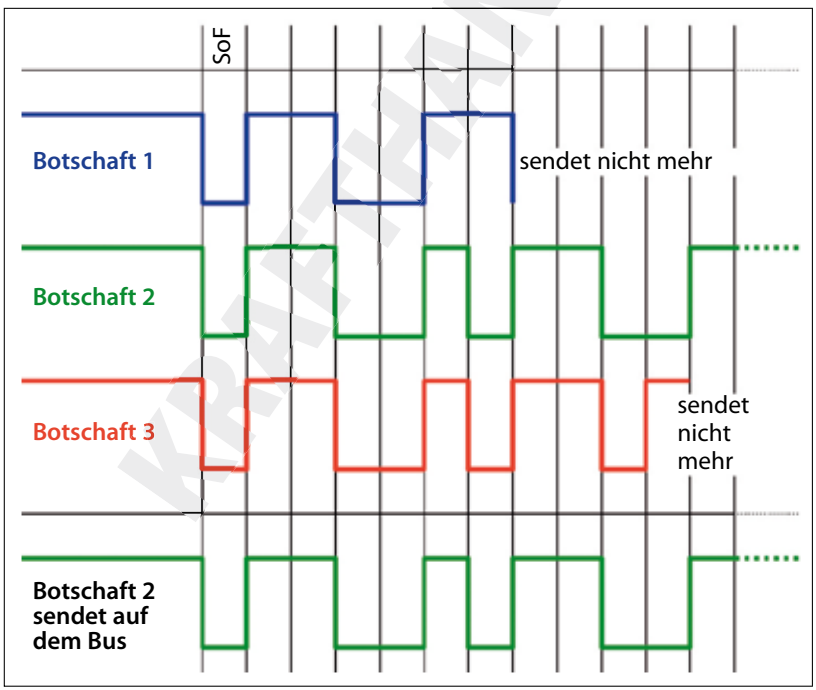


Abbildung 4: Arbitrierung.

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH
© Krafthand Medien

Leseprobe

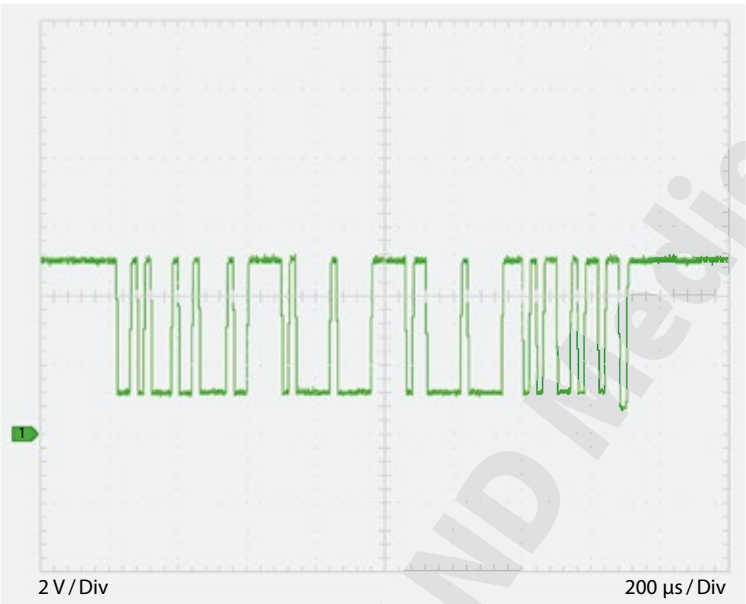


Abbildung 5:
Beispiel: bitweise Übertragung einer CAN-Low-Botschaft.

Die folgenden 11 Bits bilden den Identifier. Die weiteren Bits werden entsprechend des Protokolls (Abbildung 3) angeordnet.

Jedes Steuergerät besteht im Prinzip aus drei Ebenen. Die erste wird durch das eigentliche Steuergerät gebildet. Dies ist der Computer im Steuergerät, der Mikroprozessor. In der zweiten Ebene, dem CAN-Controller, werden die Daten, die der Prozessor übertragen möchte, in eine CAN-Botschaft eingefügt. Die dritte Ebene bildet der CAN-Transceiver. Dieser Sende- und Empfangsbaustein sorgt dafür, dass die Daten als elektrische Signale auf den Bus gesendet werden. Gleichzeitig werden Daten vom Bus gelesen und an den Controller weitergegeben.

Die Datenübertragung von einem Steuergerät zu einem anderen erfolgt in fünf Schritten:

- Die Daten werden bereitgestellt.
- Die Daten werden gesendet.
- Die Daten werden von den Steuergeräten empfangen.
- Die Daten werden von den Empfängern geprüft.
- Die Daten werden übernommen beziehungsweise verworfen.

Die Motortemperatur zum Beispiel ist nicht nur für die Motorsteuerung relevant. Aus diesem Grund werden die Temperaturdaten auch zu anderen Steuergeräten

© Krafthand Medien

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH

Leseprobe

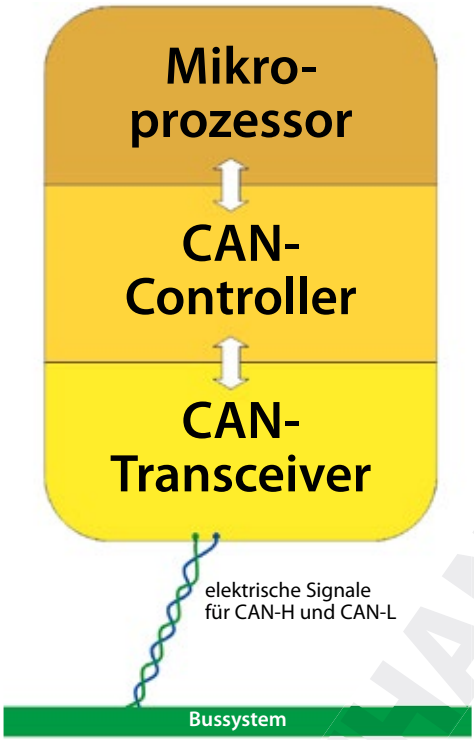


Abbildung 6: ***Die drei Ebenen eines Steuergeräts.***

übertragen. Der Motortemperaturgeber gibt die Informationen über die Kühlmitteltemperatur direkt an das Motorsteuergerät. Dieses wertet die Daten aus und regelt unter anderen die Motorsteuerung. Gleichzeitig gibt der Prozessor die Daten an den CAN-Controller. Dort wird mit den Daten eine CAN-Botschaft erstellt. Diese wandelt der CAN-Transceiver in elektrische Signale um, die auf den Bus gelegt werden. Jedes an diesem Bus angeschlossene Steuergerät erhält nun die Daten der Motortemperatur in den jeweiligen CAN-Transceiver, der hier als Empfängerbaustein fungiert. Im CAN-Controller wird die CAN-Botschaft auf Relevanz geprüft. Sind die Daten für das Steuergerät bedeutsam, werden sie an den Prozessor weitergeleitet. Sind sie unwichtig, werden die Daten verworfen.

In der Regel senden die Steuergeräte unaufgefordert die Daten an die Busteilnehmer. Dieses nennt man eine Datenbotschaft beziehungsweise einen ‚Data-Frame'. Es gibt noch drei weitere Botschaftsarten, die aber nur äußerst selten zum Einsatz kommen. Fordert ein Steuergerät Daten von einem anderen an, so benutzt es ein ‚Request-Frame', also eine Datenanforderungsbotschaft. Diese Botschaft ist genauso aufgebaut wie eine Datenbotschaft, in der die Daten fehlen. Zur Kennzeichnung, ob es sich um eine Datenbotschaft oder eine Anforderung handelt, wird ein Bit (das Remote-Transmission-Request – RTR) nach den Identifier-Bits verwendet. Ist dieses Bit gesetzt,

Übertragungsprotokolle

- **Data-Frame:** Übertragen von Daten
- **Remote-Frame:** Anforderung von Daten
- **Error-Frame:** Melden von Übertragungsfehlern
- **Overload-Frame:** Ein Steuergerät ist nicht bereit, Daten aufzunehmen.

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH
© Krafthand Medien

Leseprobe

Abbildung 7: ***Ablauf der Datenübertragung.***

handelt es sich um eine Botschaft, ist dieses Bit nicht gesetzt, fordert der Sender Daten an. Mithilfe einer Fehlerbotschaft (Error-Frame) meldet ein Steuergerät einen Übertragungsfehler. Ist ein Steuergerät nicht bereit Nachrichten aufzunehmen, kann es die anderen Steuergeräte durch Senden einer ‚Überlaufbotschaft' (Overload-Frame) auffordern, mit dem Senden weiterer Botschaften zu warten.

2.5 Datenübertragungsrate

Die Datenübertragungsrate legt fest, wie viele Bits pro Sekunde auf dem Bus übertragen werden können. Ein Datenframe im Standardformat ist maximal 130 Bits lang. Bei einer Datenübertragungsrate im Low-Speed-Bus von zum Beispiel 100 kBit/s dauert es demnach maximal 1,3 ms bis eine Botschaft komplett auf den Bus gelegt wurde.

Abbildung 8: ***Berechnung der Übertragungszeit.***

$$t_{Bit} = \frac{1\ \text{Bit}}{\text{DÜ}} = \frac{1\ \text{Bit}}{100.000\ \text{Bit/s}} = 0{,}00001\ \text{s} = 10\ \mu\text{s}$$

$$t_{Frame} = t_{Bit} \cdot n_{Bit} = 10\ \mu\text{s} \cdot 130 = 1.300\ \mu\text{s} = 1{,}3\ \text{ms}$$

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH

Leseprobe

3. Fehlerbehandlung

Eine Anforderung an Datenbusse in Kraftfahrzeugen ist eine hohe Datenzuverlässigkeit. Unterschiedliche Fehlererkennungsverfahren sorgen dafür, dass die Restfehlerwahrscheinlichkeit im CAN-Bus unter 10-11 liegt. Prinzipiell unterscheidet man zwischen fünf Fehlerarten, die von den Steuergeräten unterschiedlich behandelt werden:

- Bestätigungsfehler
- CRC-Fehler
- Bitfehler
- Formatfehler
- Stuff-Fehler

3.1 Bestätigungsfehler

Am Ende einer Botschaft wartet das sendende Steuergerät darauf, dass die Empfänger den Empfang der Nachricht bestätigen. Dies geschieht durch Senden eines dominanten Bits. Dieses von den Empfängern gesendete Bit nennt man Acknowledge-Signal und ist in einer Botschaft immer das letzte dominante Bit. Da alle Steuergeräte dieses Signal senden sobald sie die Botschaft korrekt erhalten haben, kommt es hier meist zu einem etwas erhöhten Ausschlag des letzten Bits.

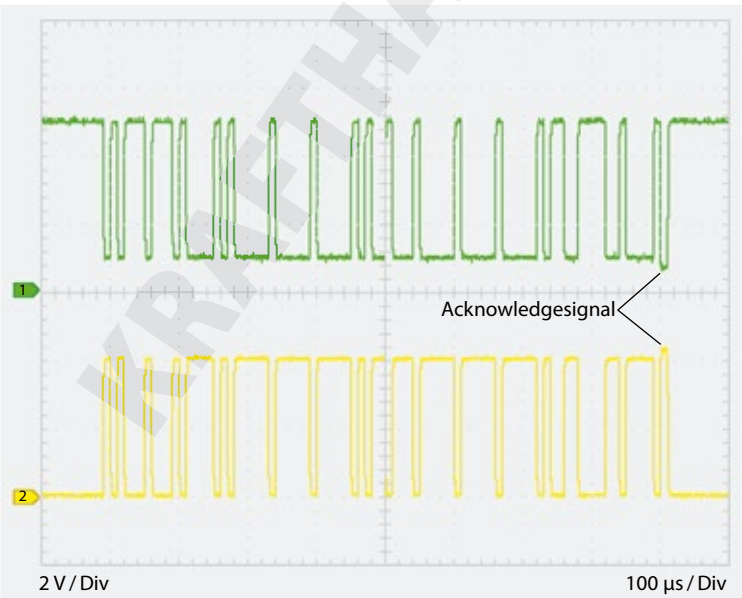


Abbildung 16:
Acknowledge-Signal.

KRAFTHAND Medien

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH

Leseprobe

Das Acknowledge-Signal bestätigt dem Sender, dass seine Botschaft einwandfrei auf dem Bus übertragen wurde. Allerdings wird hierdurch nicht gewährleistet, dass alle am Bus angeschlossenen Steuergeräte die Botschaft auch erhalten haben, da dem Sender ein Acknowledge-Signal am Ende der Botschaft als Bestätigung genügt.

3.2 CRC-Fehler

Um Übertragungsfehler festzustellen, wird in jeder Botschaft eine Prüfsumme mitgeschickt. Die Empfänger können nun durch einen logischen Algorithmus berechnen, ob die Daten richtig übertragen wurden. Erkennt ein Teilnehmer am Bus einen CRC-Fehler, sendet das Steuergerät nach dem Bestätigungsfeld ein Error-Frame. Diese Fehlerbotschaft beginnt mit sechs aufeinander folgenden dominanten Bits, denen in der Regel noch einmal sechs dominante und anschließend acht rezessive Bits folgen. Da es durch das Bitstuffing-Verfahren nicht zu mehr als fünf aufeinander folgenden gleichen Bits kommen darf, merkt somit jeder Busteilnehmer, dass ein Fehler erkannt wurde.

3.3 Bitfehler

Der Transceiver-Baustein des Senders liest während des Sendevorgangs die Daten auf dem Bus mit und vergleicht diese intern mit der vom CAN-Controller vorgegebenen Bitfolge. Treten nach der Arbitrierung Unterschiede auf, wird der Sendevorgang abgebrochen und ein Fehler angezeigt. Sobald der Bus wieder bereit ist, wird ein neuer Sendeversuch gestartet.

3.4 Formatfehler

Am Ende des CRC-Feldes sind das zweite Bit im Bestätigungsfeld sowie die sieben Bits im Endefeld immer rezessiv, also in Ruhelage. Sobald eines dieser Bits einen dominanten Zustand einnimmt, liegt ein Fehler des Botschaftsformats vor. Dies könnte durch zum Beispiel elektromagnetische Störeinflüsse hervorgerufen werden. Die Teilnehmer erkennen dies und senden entsprechend eine Fehlerbotschaft. Anschließend unternimmt der Sender einen erneuten Sendeversuch.

3.5 Stuff-Fehler

Sobald innerhalb einer Botschaft sechs gleichwertige Bits aufeinander folgen, gilt die Botschaft als fehlerhaft, da dieser Zustand infolge des Bitstuffings bis zum Endefeld nicht auftreten darf. Erst im End of Frame (im Endefeld) werden sieben rezessive Bits übertragen.

Wird von einem Teilnehmer des Busses einer der genannten Fehler erkannt, so warnt er die anderen Busteilnehmer durch Aussenden eines Error-Frames. Da eine Fehlerbotschaft aus sechs dominanten Bits in Folge besteht, kann zu jeder Zeit mit dieser Botschaft eine laufende Übertragung unterbrochen werden. Damit ein fehlerhaftes Steuergerät nicht durch permanentes Senden einer Fehlerbotschaft den gesamten Datenverkehr auf dem Bus

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH

© Krafthand Medien

Leseprobe

lahmlegt, besitzt jedes Steuergerät einen internen Fehlerzähler. Wird eine bestimmte Zahl an Fehlern erkannt, darf das Steuergerät keinen Error-Frame mehr senden. Werden von dem Steuergerät weiterhin Fehler registriert, darf das Steuergerät nicht mehr senden. Es wird vom Bus entfernt und kann nur durch einen Reset wieder in Betrieb genommen werden.

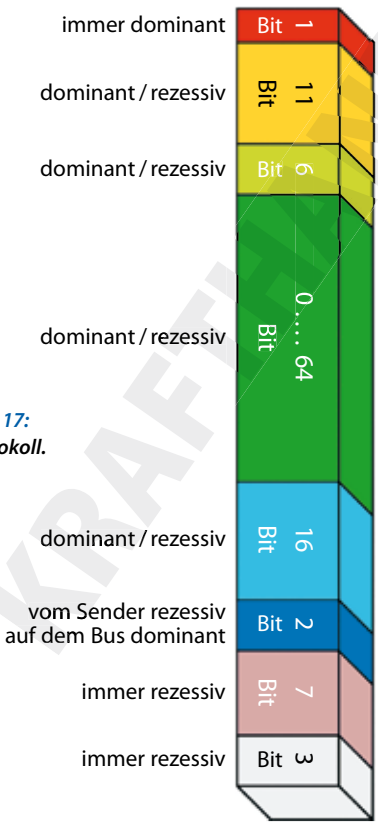


Abbildung 17:
Datenprotokoll.

3.6 Differenzsignale

Fehler in einer Botschaft entstehen vor allem durch äußere Einflüsse. Solche Störungen werden zum Beispiel durch Betätigen des Fensterhebermotors oder anderen elektromagnetischen Aktoren hervorgerufen. In einem Botschaftssignal wirken sich solche Störungen auf die Amplitude des Signals aus. Das bedeutet, dass die Amplitude des einzelnen Bits so verändert werden könnte, dass im Endeffekt von Busteilnehmern eine logische Eins anstelle einer logischen Null erkannt werden könnte, oder auch umgekehrt. Um diese Fehler durch äußere Einflüsse zu verhindern, werden im CAN-Bus sogenannte ‚Twisted-Pair-Leitungen' verwendet. Dadurch, dass die Leitungen dicht beieinander liegen, wirken sich die Störungen von außen immer auf beide Leitungen gleich aus. Zur Auswertung lesen die Busteilnehmer nicht die Botschaften jeder einzelnen Leitung aus, sondern bilden immer ein Differenzsignal. Das bedeutet, dass im Steuergerät jeweils das CAN-L-Signal vom CAN-H-Signal abgezogen wird. Da im Low-Speed-Bus der rezessive Pegel der CAN-H-Leitung auf 0 V und der rezessive Pegel der CAN-L-Leitung auf 5 V liegt, ergibt sich als Differenzsignal für den rezessiven Zustand eine Spannung von UCAN-H – UCAN-L = –5 V. Im dominanten Zustand liegt der CAN-H-Pegel bei ungefähr 4 V und der CAN-L-Pegel bei ungefähr 1 V. Somit ergibt sich im dominanten Zustand ein Differenzsignal von annähernd 3 V (4 V – 1 V = 3 V). Als Differenzsignal entsteht

© Krafthand Medien

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH

Leseprobe

5. Fehlerdiagnose im High-Speed-Bus

Als High-Speed-Bus wird ein CAN-Bus mit einer Datenübertragungsrate ab 125 kBit/s bis zu 1 MBit/s bezeichnet. Die Spannungspegel sind hier komplett anders als im Low-Speed-Bus. Am deutlichsten macht sich dies im rezessiven Pegel bemerkbar, der sowohl für CAN-H als auch für CAN-L bei 2,5 V liegt. Der dominante Spannungsunterschied liegt bei ungefähr 1 V, sodass die dominante Spannung auf CAN-H bei ungefähren 3,5 V und die auf CAN-L bei ungefähren 1,5 V liegt.

Da im High-Speed-Bus die Daten mit einer deutlich höheren Geschwindigkeit übertragen werden, könnte es auf den Leitungen zu Reflexionen und somit zu Überlagerungen einzelner Signale kommen. Um diese Fehlerquelle auszuschließen, muss der Bus mit Widerständen abgeschlossen werden. Diese Abschlusswiderstände werden idealerweise an den am weitesten entfernten Enden im System angebracht.

Je nach Hersteller werden die Widerstände entweder in den Verbindungsknoten, in einem Steuergerät oder auch in beiden untergebracht.

Aufgrund der Leitungseigenschaften sowie der Übertragungsgeschwindigkeiten im High-Speed-Bus wird als Abschlusswiderstand ein Gesamtwiderstand von 60 Ω gewählt. Werden zwei Abschlusswiderstände verwendet, so haben beide einen Wert von 120 Ω, da die im Bus angeschlossenen Verteilungspunkte und Steuergeräte alle parallel zueinander geschaltet sind. In einigen Systemen wird nur ein Widerstand verwendet. Dieser 60 Ω große Widerstand wird dann im CAN-Verteilerknoten untergebracht. Bei Audi und VW befindet sich in den meisten Steuergeräten ein relativ hoher Widerstand zwischen 2 kΩ und 3 kΩ sowie im Motorsteuergerät ein Widerstand von circa 68 Ω. Da alle Widerstände parallel geschaltet sind, ergibt sich auch hier ein Gesamtwiderstand von rund 60 Ω. Bei Mercedes wird in der Regel ein 120 Ω Wider-

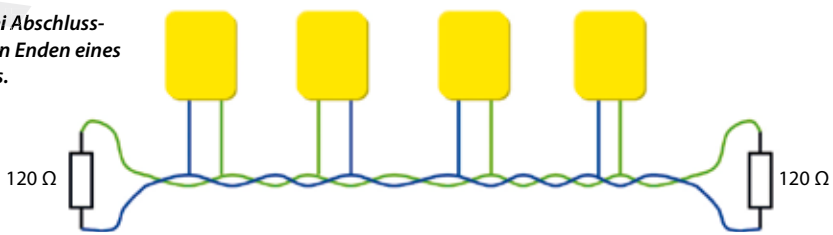
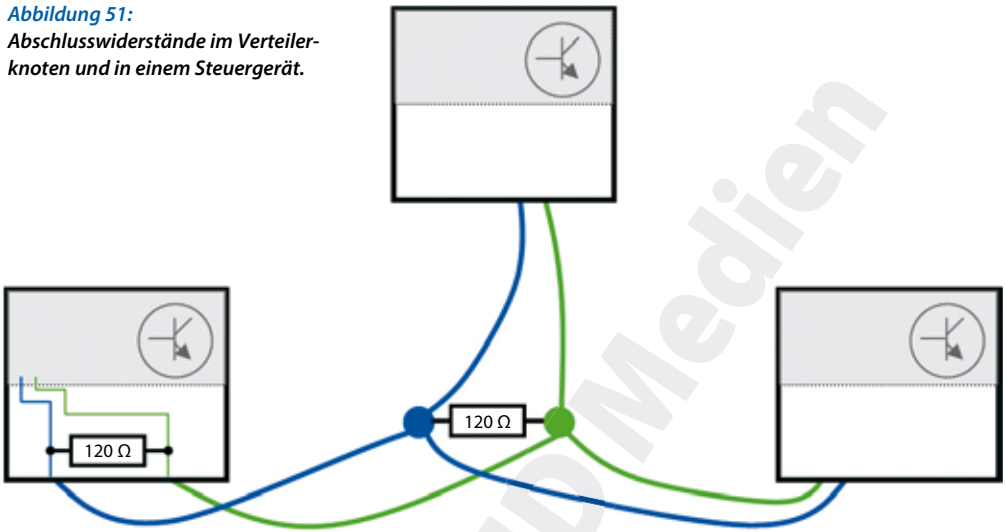


Abbildung 50: Zwei Abschlusswiderstände an den Enden eines High-Speed-Busses.

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH

Leseprobe

Abbildung 51:
Abschlusswiderstände im Verteilerknoten und in einem Steuergerät.



stand im Motorsteuergerät und ein 120 Ω Widerstand im CAN-Potenzialverteiler untergebracht. In der aktuellen C-Klasse wird auch im Innenraum der High-Speed-Bus verwendet, um Daten im Komfortbereich zu übertragen. Allerdings arbeitet dieser Bus dort mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 125 kBit/s. In diesem Beispiel wird vom Hersteller nur ein Widerstand von 60 Ω im Potenzialverteiler angeordnet.

5.1 Defekter Abschlusswiderstand

Dadurch, dass die Abschlusswiderstände zwischen den beiden CAN-Leitungen CAN-H und CAN-L liegen, kann der High-Speed-Bus nicht im Eindrahtbetrieb arbeiten. Sollte eine Leitung zum Beispiel auf Masse liegen, sorgt der relativ geringe Abschlusswiderstand dafür, dass auch die zweite CAN-Leitung nahezu auf Masse gezogen wird. Bei einer Unterbrechung einer CAN-Leitung fällt das betroffene Steuergerät komplett aus. Bei einem Plusschluss und auch bei einem Schluss zwischen den beiden CAN-Leitungen arbeitet das System nicht mehr. Eine Ausnahme bildet der Masseschluss auf der CAN-L-Leitung. Je nach Hersteller können in diesem Fall Daten über den Bus gesendet und empfangen werden. Da die Steuergeräte diesen Zustand erkennen, arbeitet das System nur noch im Notlauf. Zusätzlich zu den genormten sieben ISO-Fehlern, die im Low-Speed-Bus vorkommen können, wird im High-Speed-Bus ein weiterer Fehler definiert, ein fehlender beziehungsweise defekter Abschlusswiderstand.

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH
© Krafthand Medien

Leseprobe

12. Car-to-X-Kommunikation

Unter Car-to-X-Kommunikation versteht man den Austausch von Daten zwischen Fahrzeugen, beziehungsweise zwischen Fahrzeugen und stationären Einrichtungen. Die Übertragung erfolgt drahtlos. Im Wesentlichen unterscheidet man vier Anwendungen, von denen einige bereits in entsprechenden Fahrzeugen zum Einsatz kommen.

Konzept	Bedeutung
Car-to-Car	Kommunikation zwischen Fahrzeugen
Car-to-Enterprise	Kommunikation von Fahrzeugen und Unternehmen
Car-to-Infrastructure	Kommunikation von Fahrzeugen mit Infrastruktureinrichtungen (zum Beispiel Ampeln)
Car-to-Home	Kommunikation von Fahrzeugen mit dem Mobilfunknetz beziehungsweise mit Anwendungen zuhause.

12.1 Car-to-Car

Bei der Car-to-Car-Kommunikation werden sicherheitsrelevante Daten wie Verkehrs- und Streckeninformationen zwischen Fahrzeugen ausgetauscht. Beispielsweise können vorausfahrende Fahrzeuge kritische Hindernisse, Stauenden hinter Kurven, oder Glatteispassagen melden. Die nachfolgenden Pkw-Lenker erhalten eine optische oder akustische Warnung und können so rechtzeitig reagieren. Denkbar sind auch entsprechende Systemeingriffe durch Bremsassistenten oder andere Fahrerassistenzsysteme. Voraussetzung bei der Car-to-X-Kommunikation ist die übergreifende Zusammenarbeit der Fahrzeughersteller, um einen gemeinsamen Kommunikationsstandard zu etablieren.

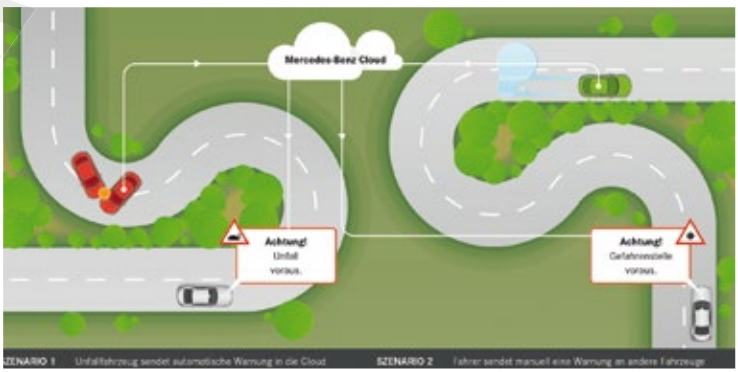


Abbildung 130:
Der ‚Blick um die Ecke' durch Car-to-Car-Kommunikation. Fahrzeuge tauschen wichtige Verkehrsinformationen automatisch oder manuell untereinander aus. Der nachfolgende Fahrzeuglenker kann so frühzeitig reagieren. Grafik: Daimler

© Krafthand Medien

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH

Leseprobe

Fehlerdiagnose an vernetzten Systemen

Grundlagen, Diagnose, Wartung

Der Autor Martin Frei geht in dem Werk ‚Fehlerdiagnose an vernetzten Systemen – Grundlagen, Diagnose, Wartung' (4. erweiterte Auflage), detailliert auf die unterschiedlichen Arten von Netzwerk-Systemen in modernen Kraftfahrzeugen ein. Ausführlich beschreibt er den CAN-Bus, erklärt Aufbau, Funktion, Topologien, Signalbilder und die Fehlerbehandlung im Allgemeinen. Anhand zahlreicher Beispiele am High-Speed- und Low-Speed-CAN geht Frei nachfolgend auf die Fehlerdiagnose ein. Dabei schildert er anschaulich die Fehlerbestimmung mittels Multimeter und Oszilloskop. In weiteren Kapiteln beschreibt der Autor im Detail das Subsystem ‚LIN', den ‚MOST-Bus' sowie das Bussystem FlexRay und geht auf drahtlose Übertragungssysteme ein. Neu hinzugekommen ist das Kapitel Car-to-X-Kommunikation.

Das Buch richtet sich an Auszubildende und Ausbilder sowie Lehrer im Kfz-Handwerk, Kfz-Mechatroniker, Kfz-Techniker und -Meister, Fachingenieure der Fahrzeugtechnik/Elektronik sowie an alle, die beruflich mit dem Thema Bussysteme und Fahrzeugvernetzung verbunden sind.

Martin Frei

„Das vorliegende Werk ‚Fehlerdiagnose an vernetzten Systemen, Auflage 4' erklärt auf einfache und verständliche Weise die Technologie der Bussysteme in modernen Kraftfahrzeugen. Dabei beleuchtet der Autor die Grundlagen, Funktionsweisen und nicht zuletzt die Diagnose und Fehlerbehandlung von CAN-, LIN-, MOST- sowie FlexRay-Systemen. Ich kann das Buch jedem Werkstatt- und Diagnose-Profi nur empfehlen."

Harald Hahn
(ehemals Geschäftsführer
AVL-DITEST GmbH)

„Der besondere Wert des Buches liegt in der äußerst anschaulichen Erklärung der Funktionsweise von gängigen Bussystemen, beziehungsweise in der detaillierten Beschreibung zahlreicher damit verbundener Fehlerquellen. Es darf in keiner modernen Kfz-Werkstatt fehlen."

Siegfried Muncz
(Inhaber ‚Die Autowerkstatt' /
Autohaus Obermenzing GmbH)

ISBN 978-3-87441-167-7

Text und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Eine Verwertung ist ohne Einwilligung des Verlages unzulässig.
© Krafthand Medien GmbH