

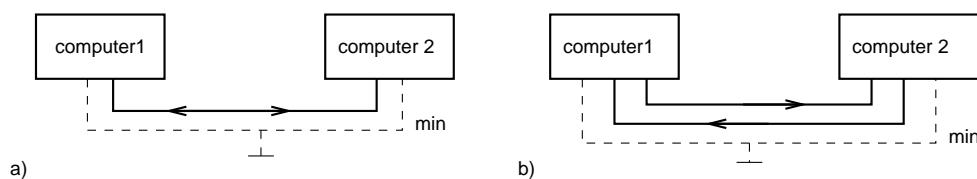
Veiligh, toegang, comfort en communicatie (3)

E. Gernaat (ISBN 978-90-808907-2-5)

1 Communicatie

1.1 Algemeen

Bij de klassieke opstelling van sensoren, computers en actuatoren is er sprake van parallelle communicatie¹. Elke draad kan een logische 1 of een logische 0 in de vorm van wel of geen spanning aan informatie bevatten. Voor meer informatie zijn meerdere lijnen nodig. Acht lijnen kunnen bijvoorbeeld 256 eenheden aan informatie overbrengen. Analoge signalen bevatten alle informatie tussen een minimale en een maximale spanning. Deze signalen behoren echter niet tot de digitale informatica. Voordat analoge signalen door de computer worden ingelezen moeten deze eerst worden gedigitaliseerd. Bij digitale seriële communicatie kan een vrijwel onbeperkte hoeveelheid informatie door één of twee draden (lijnen) worden gestuurd. De informatie komt dan na elkaar in de vorm van een datastroom. Worden voor het ontvangen en verzenden twee aparte draden gebruikt de zgn. TxD en RxD-lijn dan is gelijktijdig zenden en ontvangen mogelijk. Men spreekt van vol-duplex. Wordt voor het ontvangen en verzenden slechts één draad gebruikt dan spreekt men van bidirectionele communicatie of half-duplex. Het zenden en ontvangen dient dan afwisselend te gebeuren. (Fig. 1). Wanneer meerdere systemen met elkaar communiceren spreekt men



Figuur 1: Bi-directionele communicatie gebruikt één datalijn (a). In veel gevallen wordt een transmit(zend) en een receive(ontvangst)lijn onderscheiden (b). Uiteraard is ook een min-draad noodzakelijk.

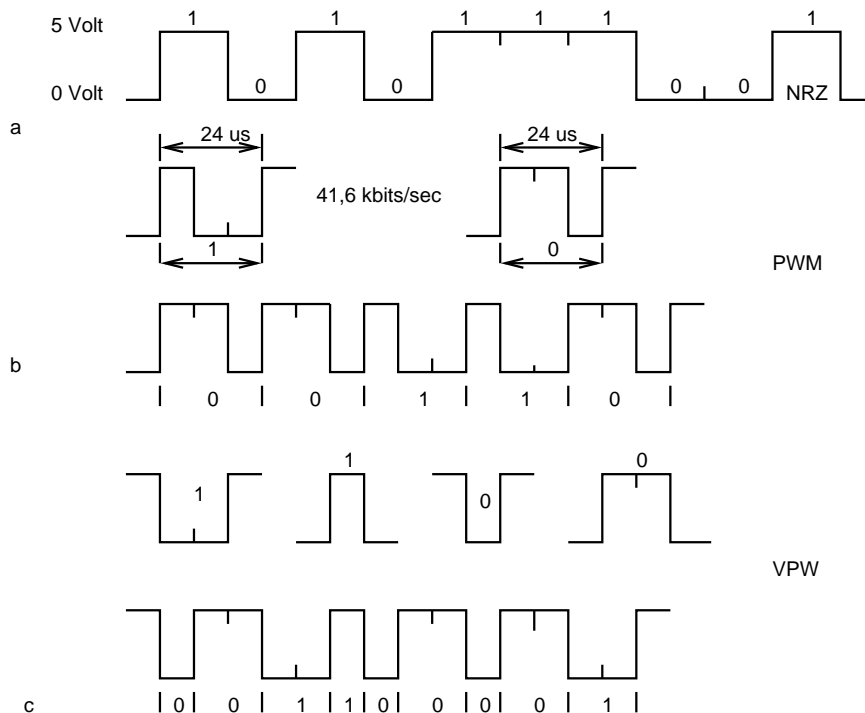
van een netwerk. Netwerken zijn er in vele genormaliseerde uitvoeringen. Bij

1. Op dit werk is de Creative Commons Licentie van toepassing. Op voorwaarden vrij kopieerbaar

seriële communicatie moeten een aantal afspraken worden gemaakt. Zo'n serie afspraken staat bekend onder het communicatieprotocol. De belangrijkste zaken in zo'n protocol zijn:

- het spanningsniveau;
- het logicaformaat;
- het aantal gebruikte lijnen;
- de communicatiesnelheid;
- de betekenis van de enen en nullen.

Het spanningsniveau bedraagt autotechnisch meestal 0-12 V of 0-5 V. Het eenvoudigste logica-formaat is het NRZ-formaat. Het NRZ-formaat (Non Return to Zero) wil zeggen dat een logische 1 door de hoge spanning (5 of 12 V) wordt weergegeven en een logische 0 door de lage spanning (0 V). Hoewel dit het meest logisch lijkt, is dat echter lang niet altijd het geval. Zo kent men bij de Amerikaanse OBD2 ook nog het PWM-(pulsbreedte gemoduleerd) en het VPW-(variable pulsbreedte)formaat. Hoewel de betekenis van de enen en nullen identiek kunnen zijn is dat niet het geval bij het elektrische signaal. Willen we met behulp van een oscilloscoop de betekenis van de nullen en enen achterhalen dan moeten we eerst op de hoogte zijn van het logicaformaat. Fig. 2 geeft de verschillen weer. De communicatiesnelheid of baudrate kan erg verschillen



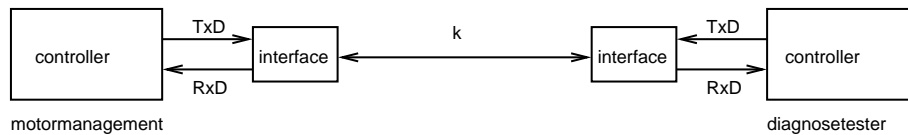
Figuur 2: In de OBD2-diagnose wordt onderscheid gemaakt in het NRZ-(a), het PWM-(b) en het VPW-(c) logicaformaat.

en varieert zo tussen de 10 kbits en 100 kbits/s. De eigenlijke betekenis van de

enen en nullen verschilt vaak van fabrikant tot fabrikant.

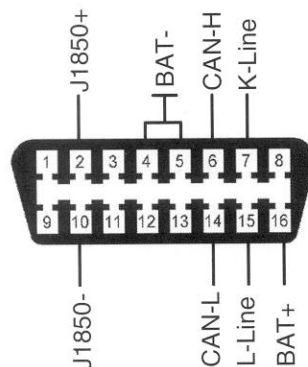
2 De k-lijn

De k-lijn, volgens de ISO 9141, is een enkelvoudige bi-directionele datalijn die gebruikt wordt voor de diagnose van computergestuurde systemen. Aanvankelijk was er ook sprake van een l-lijn. Deze lijn werd uitsluitend tijdens het opstarten gebruikt. Bij de latere diagnosesystemen wordt de l-lijn niet meer gebruikt. Controllers werken vrijwel altijd met een aparte verzend en ontvangstlijn (TxD en RxD). Een elektronische schakeling (interface) zorgt ervoor dat deze datastream wordt omgezet (fig. 3). De k-lijn wordt, behalve voor de



Figuur 3: Een k-lijn is een bi-directionele lijn. Een interface-schakeling moet de TxD- en RxD-signalen scheiden en combineren.

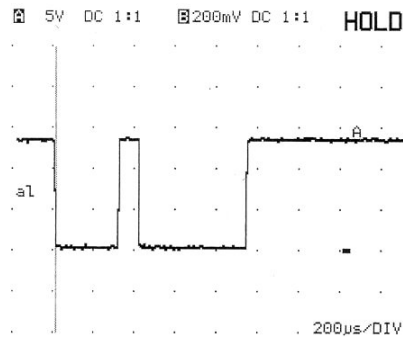
fabrikant-specifieke diagnose, ook gebruikt voor de genormaliseerde EOBD of OBD2-mode. In de (E)OBD(2) mode bedraagt de baudrate 10400 bits/s. De k-lijnen van de computers met een diagnosemode worden met elkaar verbonden en gaan als 1 draad naar pin 7 van de 16 polige diagnose-connector (fig. 4). Omdat de diagnosetester de verbinding moet maken met de computer naar



Figuur 4: Een k-lijn wordt verbonden met pin 7 van de 16 polige genormaliseerde diagnose-connector. De J1850 aansluitingen zijn voor de Amerikaanse OBD2, terwijl de CAN-bus de functie van de k-lijn aan het overnemen is.

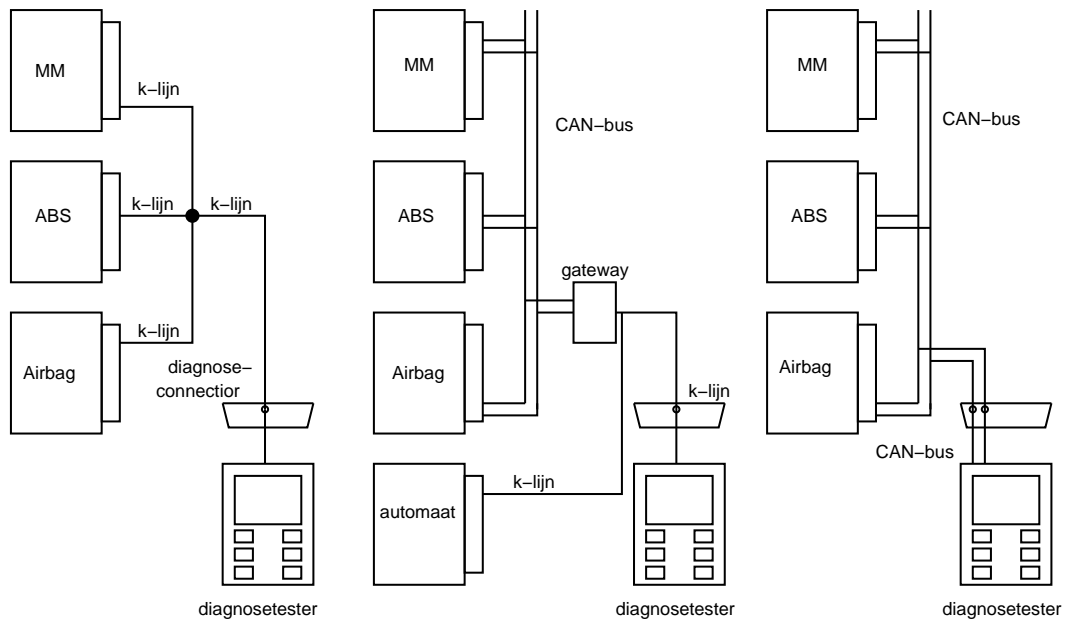
keuze, heeft elke computer een uniek nummer. Voor de OBD-mode wordt bijv. het nummer 33h gebruikt. Dit nummer wordt als eerste door de diagnosetester uitgezonden met een (aanvankelijk) langzame baudrate van 5 bits/s. Het nummer wordt herkend door de auto-computer. De eigenlijke data gaat dan met

de eerder genoemde communicatiesnelheid. Fig. 5 geeft een voorbeeld van een signaal op de k-lijn. We zien dat een hoog signaal, een logische 1, ongeveer $100 \mu\text{s}$ duurt. De baudrate bedraagt dan (ongeveer) $1000 \text{ ms} / 0,1 \text{ ms} = 10.000 \text{ bits/s}$. Momenteel wordt voor diagnose de CAN-bus gebruikt. In de overgangs-



Figuur 5: Het diagnose-signaal met een oscilloscoop gemeten op de k-lijn

periode van k naar CAN wordt de k-lijn informatie omgezet naar het CAN-bus formaat en omgekeerd. De elektronica die hiervoor nodig is wordt wel een gateway genoemd. Fig. 6 geeft een overzicht van de verschillende uitvoeringen.



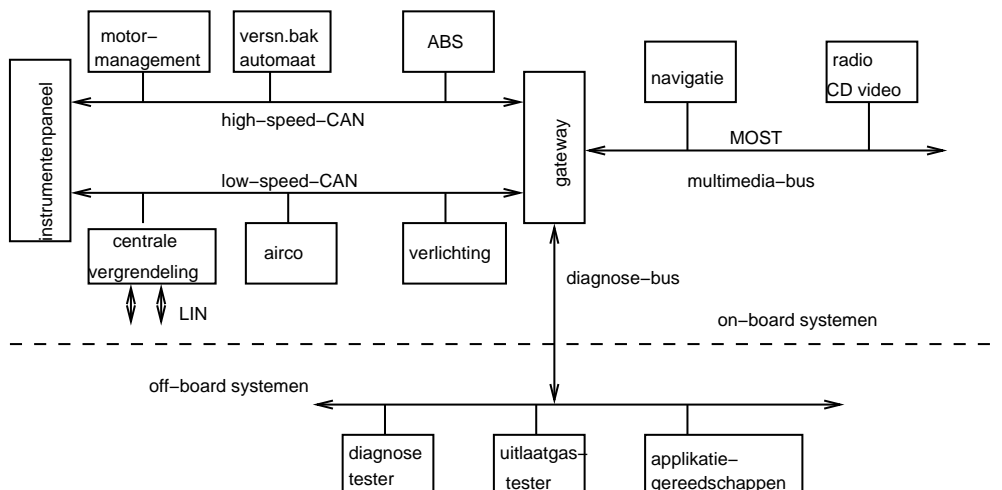
Figuur 6: De CAN-bus neemt de diagnose-informatie over van de k-lijn. Links: de oorspronkelijke k-lijnen. Midden: de overgangssituatie met gateway. Rechts: de laatste ontwikkeling met CAN-bus (ook) voor diagnose-doeleinden.

3 CAN-netwerken in auto's

3.1 Netwerken algemeen

Onder een netwerk verstaan we een systeem waarbij meerdere computers gegevens met elkaar kunnen uitwisselen. Fig. 7 geeft het principe van een compleet auto-netwerk weer. Alle componenten die gegevens uitwisselen zijn verbonden met netwerkbussen. De componenten kunnen besturingscomputers of intelligente sensoren zijn. Het kunnen echter ook schakelaars zijn die elektromotoren of lampen schakelen. Elke component moet echter uitgevoerd zijn met een microcontroller omdat de component-informatie (bijv. de schakelstand) in een digitale boodschap (bericht) vertaald moet worden. De uitwisseling geschiedt wederom via nauwkeurig vastgelegde afspraken. We noemen:

- het aantal gebruikte communicatielijnen (meestal 1 of 2);
- het spanningsniveau en de codering van de databits (vaak NRZ);
- het vaststellen van het adres of de identifier;
- het vaststellen van de inhoud van het dataframe;
- de communicatiesnelheid of baudrate van het signaal.



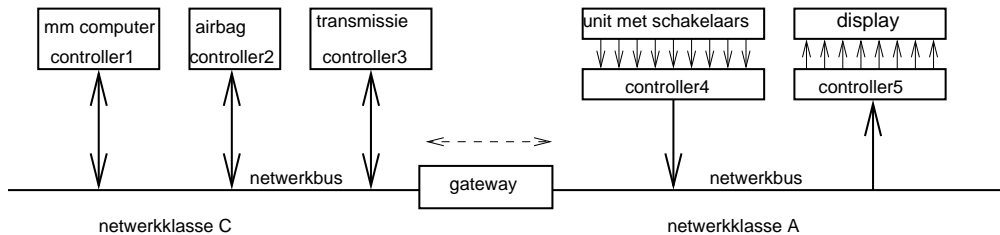
Figuur 7: Overzicht van een seriële auto-netwerk. Afhankelijk van de eisen kunnen verschillende netwerksystemen in één auto worden toegepast.

Omdat de genoemde componenten verschillende eisen stellen aan de communicatie onderscheidt de SAE J1850 drie klassen. Te weten:

- Klasse A netwerk.
Relatief langzaam, voornamelijk met als doel om het aantal draden te verminderen.
- Klasse B netwerk.
Sneller, in hoofdzaak met als doel om minder sensoren te gebruiken.
- Klasse C netwerk.
Snelle (real time) communicatie voor computers onderling. Te denken

valt aan gegevens-uitwisseling tussen de ABS-, motormanagement- en versnellingsbakcomputer.

Wanneer een voertuig is uitgevoerd met zowel een klasse A als een klasse C netwerk dan zijn deze systemen meestal gescheiden. Mocht communicatie tussen de systemen nodig zijn dan maakt men gebruik van een aparte controller die bekend staat als 'gateway' (fig. 7 en 8). De ontwikkelingen op het gebied



Figuur 8: Een gateway verbindt twee gescheiden netwerken met elkaar.

van de telecommunicatie (radio, telefoon en navigatie) vragen om de transport van zeer grote data hoeveelheden. Men spreekt van 'Media Oriented Systems Transport'(MOST). We zien hier andere bussystemen voor toegepast.

3.2 De uitvoering van het CAN-systeem

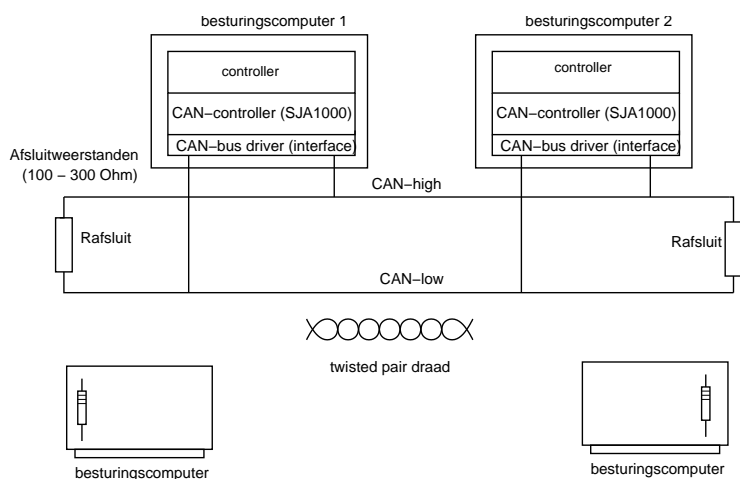
Het bekendste systeem dat men (ook) op automobielen toepast is ongetwijfeld het CAN-systeem. Maar er zijn meer genormaliseerde of fabrikant specifieke netwerken. CAN staat voor Controller Area Network, dat wil zeggen een netwerk waarop vele controllers zijn aangesloten. Het CAN-systeem kan worden gezien als een genormaliseerd netwerk dat door Bosch en Intel is ontwikkeld. Het CAN-systeem is een seriëel netwerk met een tweedraads bidirectionele verbinding. De CAN-bus werkt met het spanningsverschil tussen deze twee draden. Het werkt volgens het multimaster systeem. Dat houdt in dat er besloten moet worden welke controller voorgaat wanneer beiden gelijktijdig de bus willen bezetten. De bussnelheid (baudrate) verschilt per systeemuitvoering maar kan oplopen tot 1 Mbit/s. Op dit moment zijn er twee CAN-specificaties nl. versie 2.0 A (standaard met 2 kb identifiers) en 2.0 B (extended met 532 Mb identifiers). De bitcodering die CAN gebruikt is Non Return to Zero ofwel hoog is gelijk aan een logische 1 en laag is gelijk aan een logische 0. Het spanningsverschil (CAN-high - CAN-low) bedraagt 0 tot 0,5 Volt voor een logische 0 en 0,9 tot 2 Volt voor een logische 1 (ISO11898). Ten opzichte van de systeemcontroller zijn de nullen en enen geïnverteerd. Ook andere spanningen zijn mogelijk maar vallen dan buiten de ISO11898. Er zijn een viertal toepassingsgebieden in een CAN-netwerk te onderscheiden:

1. Netwerk-controllers voor hoge transmissiesnelheid.
Deze zijn nodig voor bijv. motor-, transmissie- en remregeling. Het betreft

hier zgn. bijna real-time applicaties met een datasnelheid tussen de 200 kbits en 1 Mbit/s.

2. Netwerk controllers voor lagere transmissiesnelheden. Raambediening, deurvergrendeling, spiegelverstelling, etc. behoren hier toe. We kunnen hier met veel lagere snelheden werken. Snelheden tot 100 kbit/s zijn gebruikelijk.
3. On Board Diagnose. De diverse controllers controleren hun systemen en kunnen hun bevindingen, op verzoek aan een op de bus geplaatste diagnose-controller, melden. Nieuwe software kan via dezelfde diagnose-controller via de bus gedownload worden. Vanaf 2008 is voor nieuwe auto's alleen nog maar de CAN-diagnose voor de uitlaatgas-gerelateerde componenten toegestaan.
4. Door de ontwikkeling van Brake-by-wire en Steer-by-wire is een nieuw type CAN-bus in ontwikkeling. Deze bus staat bekend onder Time-Triggered CAN (TTCAN).

We zien dat de baudrate van de high-speed bus en de low-speed bus naar elkaar toe groeien en wel zo dat het onderscheid meer gezocht moet worden in de verschillende toepassingen dan in de actuele snelheid. De autobesturingscomputers dienen uiteraard te worden voorzien van een CAN-interface moduul. Dit is een zgn. CAN-controller die de boodschappen van de besturingscomputer op de CAN-bus zet en er van afhaalt. Eigenlijk zijn er drie IC's bij betrokken. De auto-besturingscomputer, de CAN-controller bijv. de SJA1000 van Philips en de eigenlijke CAN-busdriver. Zie fig. 9. Dit laatste IC zet het NRZ, TTL for-



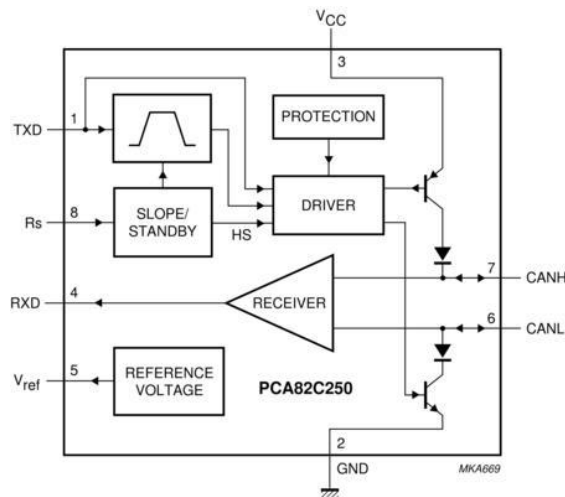
Figuur 9: De CAN-bus is uitgevoerd met een onafgeschermd twisted pair kabel en is voorzien van afsluitweerstand.

maat van de controller om in het (geïnverteerde) CAN-signaal. De CAN-bus zelf bestaat uit twee in elkaar gevlochten draden (twisted pair) die door het gehele voertuig lopen en die worden afgesloten door weerstanden. De grootte van

de weerstanden hangt af van de lengte van de bus. Gemiddeld bedraagt deze weerstand ongeveer 200Ω . Deze weerstanden bevinden zich veelal in de op de CAN-bus aangesloten modules. Ook de spanning op de bus wordt verkregen vanuit de computers. De twee draden van de CAN-bus worden onderscheiden in een (h)igh en een (l)ow draad. Voor het verkrijgen van het eigenlijke CAN-signaal wordt het spanningsverschil tussen beide draden gebruikt. De in elkaar gevlochten draden voorkomen dat de elektro-magnetische velden van de signalen elkaar beïnvloeden. Dit verschijnsel staat bekend over overspraak. De dubbele bedrading wordt toegepast om de storingsgevoeligheid van het systeem te verminderen. Een storing van buitenaf veroorzaakt een positieve of een negatieve stoortpuls op beide draden. Hierdoor blijft het verschil in spanning gelijk. De communicatie van het systeem blijft behouden wanneer één van de draden defect raakt. Uiteraard wordt er dan een storingscode opgeslagen maar het systeem blijft functioneren. Het spanningsverschil tussen de twee draden wordt in binaire (logische) waarden omgezet en vormen de gecodeerde berichten.

3.2.1 De spanningen op de CAN-bus

Met behulp van een CAN-controller interface IC als de PCA82C250 kunnen we te weten komen hoe de spanningen zich op de CAN-bus gedragen. Het blok-schema van dit IC wordt door fig. 10 weergegeven. Wanneer we dit IC aan-



Figuur 10: De PCA82C250 is een CAN-interface IC. Dit IC zet het TTL-niveau van de controller om in het spanningsniveau van de CAN-bus.

sluiten op een voedingsspanning van 5 V en op de TxD ingang 5 V (logisch 1) resp. 0 V (logisch 0) aansluiten dan kunnen we zien wat de spanning wordt op de CAN-uitgangen. Voor de testopstelling zetten we een weerstand van 62Ω over de CAN-uitgangen. We meten dan de volgende spanningen (fig. 11). Uit de tabel zien we dat wanneer de CAN-bus in rust is of wanneer er een logi-

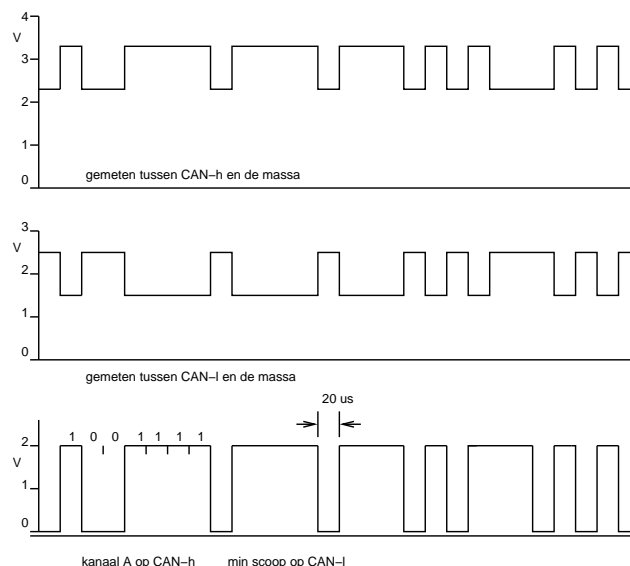
| TxD | CAN-h -- min | CAN-l -- min | CAN-h -- CAN-l |
|-----|--------------|--------------|----------------|
| 1 | 2,5 V | 2,5 V | 0 V |
| 0 | 3,6 V | 1,5 V | 2,1 V |

Figuur 11: De tabel laat de verschillende spanningen op de bus zien wanneer gemeten wordt t.o.v. de massa en t.o.v. de CAN-lijnen onderling.

sche 1 vanuit de TxD-pin wordt verzonden dat zowel op de CAN-h als de CAN-l lijn 2,5 V staat t.o.v. de massa. Het spanningsverschil is dan 0 V. De logische 1 is derhalve geïnverteerd. Wanneer we echter een logische 0 versturen vanuit de TxD pin dan meten we 3,6 V op CAN-h en 1,5 V op CAN-l t.o.v. de massa. Het spanningsverschil bedraagt dan 2,1 Volt. De logische 0 wordt dus een logische 1. Hieruit zien we dat de CAN-bus het oorspronkelijke bericht invertceerd. Wanneer we nu vanuit een controller een TTL blokspanning aanbieden op de TxD pin dan kunnen we met behulp van een oscilloscoop de volgende signalen meten (fig. 12):

- CAN-l t.o.v. de massa;
- CAN-h t.o.v. de massa;
- CAN-h t.o.v. CAN-l.

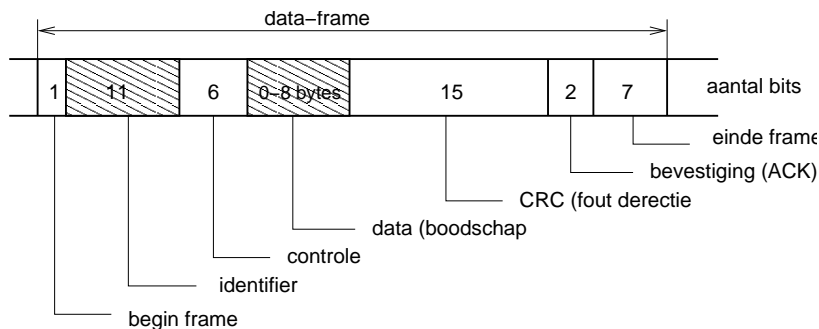
Eigenlijk is alleen de laatste meting, dus de oscilloscoop over de CAN-bus relevant. Uit het feit dat we ook signalen meten t.o.v. de massa kan worden verklaard dat de CAN-bus blijft functioneren wanneer één CAN-bus draad wordt onderbroken.



Figuur 12: Uit de twee bovenste signalen is duidelijk te zien hoe het onderste signaal, het eigenlijke CAN-sigtaal tot stand komt.

3.2.2 Berichten op de CAN-bus

Het gecodeerde bericht op de CAN-bus is betrekkelijk ingewikkeld. Men spreekt van een dataframe om aan te geven dat het bericht uit verschillende onderdelen is opgebouwd. De opbouw van het bericht is genormaliseerd. Men spreekt van het CAN-protocol. In zo'n dataframe wordt de identifier (het adres van de afzender) en de eigenlijke boodschap (data) onderscheiden. Verder bevat het frame toegevoegde informatie om foutloos en veilig transport mogelijk te maken. Fig. 13 geeft de opbouw van een CAN-dataframe weer. De identifier die



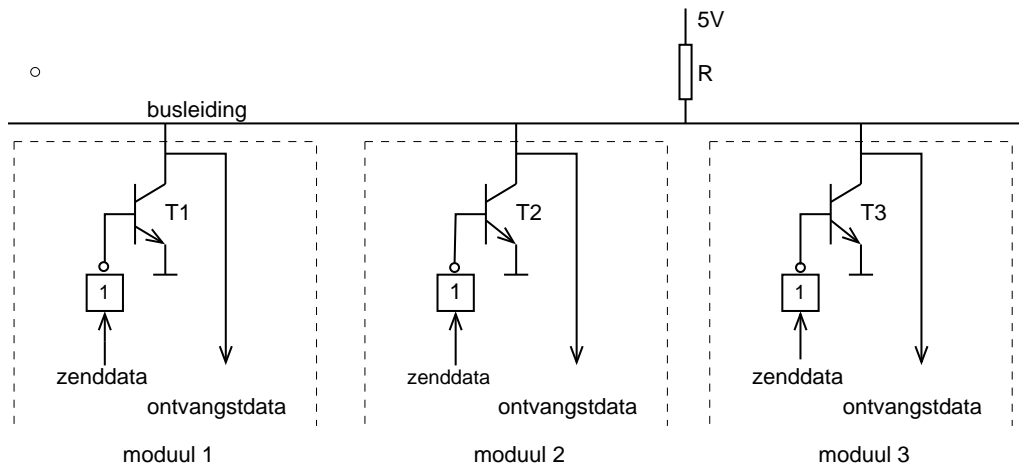
Figuur 13: Opbouw van het dataframe van een CAN-systeem

vooraf gaat aan de eigenlijke informatie (temperatuur, motortoerental e.d.) is uniek. Een identifier is meer dan een zendadres. De identifier omvat tevens het soort bericht en de prioriteit van het bericht. Wanneer een module een bericht uitzendt dan wordt dit door alle andere modules ontvangen. De modules bekijken vervolgens of het bericht voor hen bestemd was. Alleen het betrokken moduul zal het bericht accepteren en de handeling in de boodschap uitvoeren.

3.2.3 Arbitrage of het vermijden van conflicten

Aangezien alle CAN-stations op een gegeven moment kunnen gaan zenden, rijst de vraag wat er gebeurt als meerdere stations tegelijkertijd de bus op willen. Welk station mag dan zenden en welk station moet wachten? Om conflicten te voorkomen is er bij de CAN-bus een speciale bus-toegangsmethode (bus-arbitrage), waaraan alle stations zich moeten houden. Hierbij spelen de 0 en de 1 bit (die dan dominant en recessief worden genoemd) van het identificerend veld een speciale rol. Principieel geldt: iedere zender luistert naar zijn eigen berichten. Hij verzendt een bit, ontvangt het weer en vergelijkt of beide bits hetzelfde zijn. Als dat het geval is dan is de uitzending correct. Als de zender echter een andere bittoestand ontvangt dan hij heeft verzonden, dan is er een probleem. De oplossing zit in het feit dat een logisch 1 bit door een logisch 0 bit wordt overschreven. Bestudeer fig. 14, waarin de buseindtrappen van de CAN-modulen vereenvoudigd zijn afgebeeld. In principe gaat het hier om open-collector uitgangen die een gezamenlijke weerstand hebben. Denk erom dat het

arbitrageproces zich afspeelt in de CAN-controller dus voordat de informatie omgezet wordt naar het CAN-bus spanningsniveau. We kijken naar moduul 1.

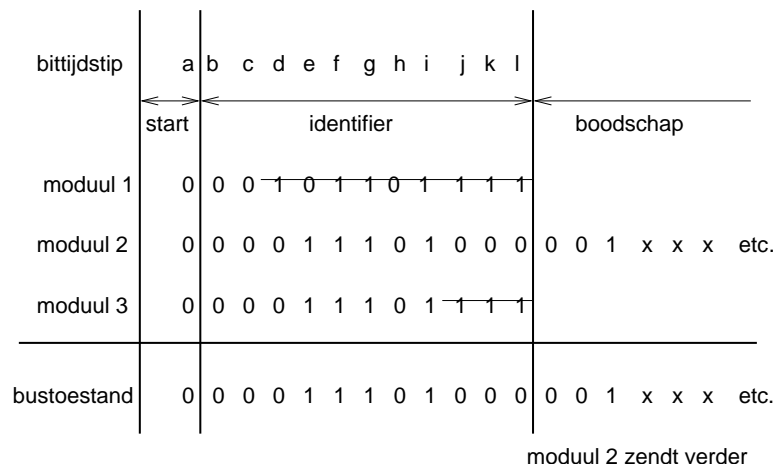


Figuur 14: De eindtrappen van de CAN-modulen vereenvoudigd afgebeeld

Een verzonden logische 1 via de inverter (het getekende hokje) zorgt ervoor dat transistor T1 gesperd blijft. Op de bus staat dus een logisch één niveau. Na het zenden van dit bit leest moduul 1 de bustoestand in en herkent het verzonden bit. Als nu een logische nul wordt verzonden, dan is T1 in geleiding en de buslijn ligt aan massa. Nu bestaat er een dominante bustoestand. Ook hier leest moduul 1 de correct verzonden waarde terug. Bekijk nu eens alle drie de modules die op de bus zijn aangesloten. Het is dan gemakkelijk in te zien dat, zodra ook maar één enkel moduul een logische nul verzendt, de buslijn op het nulniveau wordt gezet en alle andere modules dit niveau teruglezen. Aan de hand van het volgende voorbeeld kunnen we nagaan hoe de automatische toegang tot de bus, de arbitrage, bij de CAN-bus functioneert. De drie in fig. 14 getoonde modules willen hun data-frames met drie verschillende identifiers tegelijk verzenden.

- moduul 1: Een bericht met identifier 367d of 0001 0110 1111b
- moduul 2: Een bericht met identifier 232d of 0000 1110 1000b
- moduul 3: Een bericht met identifier 239d of 0000 1110 1111b

Bekijk nu fig. 15. Op bittijdstip a willen alle drie de modules tegelijk toegang tot de bus om hun dataframes te verzenden. Ze beginnen alle met de bustoegang-fase, door het verzenden van het SOF-bit (Start Of Message). Dit startbit is een dominant (0)bit en ieder moduul leest nu eerst de juiste (eigen) waarde terug. Nu worden door de modules de identifiers verzonden. Op tijdstip b verzenden ze allen een dominant (0) bit en alles blijft in orde. Op tijdstip c is er ook nog geen probleem. Op tijdstip d verzendt moduul 1 een recessief (1) bit, modules 2 en 3 echter een dominant (0) bit. Bij het teruglezen merkt moduul 1 dat zijn recessieve (1) bit is overschreven door een 0 bit. Vanaf dit tijdstip (d) stopt mo-

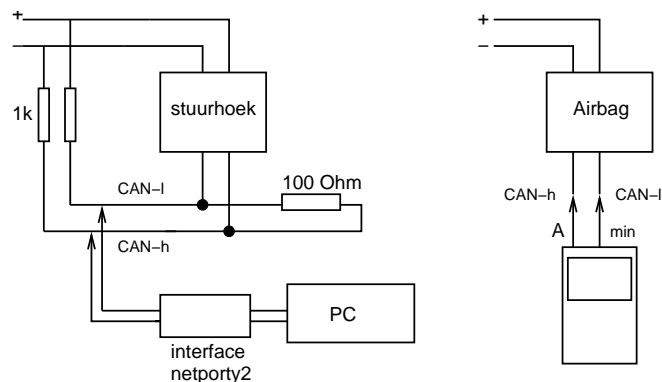


Figuur 15: Drie modulen gaan tegelijkertijd zenden.

duul 1 met zenden en gaat over op ontvangen. Moduul 1 zal het op een later tijdstip opnieuw gaan proberen. Modulen 2 en 3 zenden gewoon verder. Op de tijdstippen d t/m i zetten de modulen 2 en 3 hun data parallel op de bus en er gebeurt niets bijzonders. Op tijdstip j echter verzendt moduul 3 een 1, dat nu door het dominante niveau (0) van moduul 2 wordt overschreven. Dat merkt moduul 3 bij het teruglezen. Moduul 3 stopt daarom vanaf tijdstip j met zenden, gaat over op ontvangen en zal het later nogmaals proberen. De bus-winnaar is moduul 2, die nu zijn complete dataframe verder verzenden kan. We zien dat het bericht met de kleinste identifïer altijd de toegang tot de bus wint en dus de hoogste zendprioriteit bij de data-overdracht heeft. Zo wordt door middel van de identifïer bij de CAN-bus een automatische berichtprioriteit verkregen. Sommige berichten met een lage prioriteit moeten soms lang wachten voordat het de ontvangers bereikt. CAN-systemen zijn dus niet geschikt voor tijdsafhankelijke sturingen. Dit wordt veroorzaakt door de zojuist beschreven a-synchrone werking. De eerder genoemde TTCAN moet hiervoor de oplossing bieden.

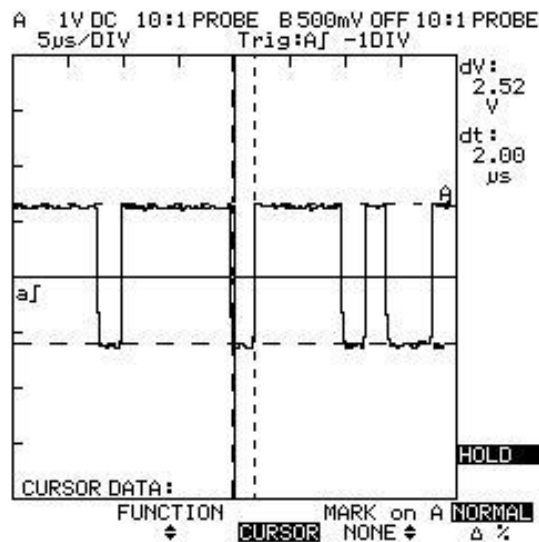
3.3 Demonstratie-opstelling van het CAN-netwerk

Losse autocomputers (modulen) die voorzien zijn van een CAN-bus aansluiting beginnen met het zenden op het moment dat de voedingsspanning wordt aangesloten. In de meeste gevallen zijn de uitgezonden signalen al op het CAN-bus spanningsniveau. Een enkele keer dienen we m.b.v. losse weerstanden de bus van spanning te voorzien. Zie fig. 16. Op de CAN-bus kan een oscilloscoop worden aangesloten om de signalen te bestuderen. Er zijn echter ook PC-programma's als bijv. Netporty2 in de handel waardoor het mogelijk wordt om via een interface de identifïers en de boodschappen op het PC-scherm te volgen. Uit het oscilloscoopbeeld kan de communicatiesnelheid of baudrate worden vastgesteld. Een puls van 20 μ s betekent een baudrate van 500 kb/s. Denk



Figuur 16: Opstelling van een losse stuurhoeksensor, waarbij het nodig was de CAN-bus 'op te trekken' met behulp van weerstanden. Op de airbag-computer kon rechtstreeks de oscilloscoop worden aangesloten.

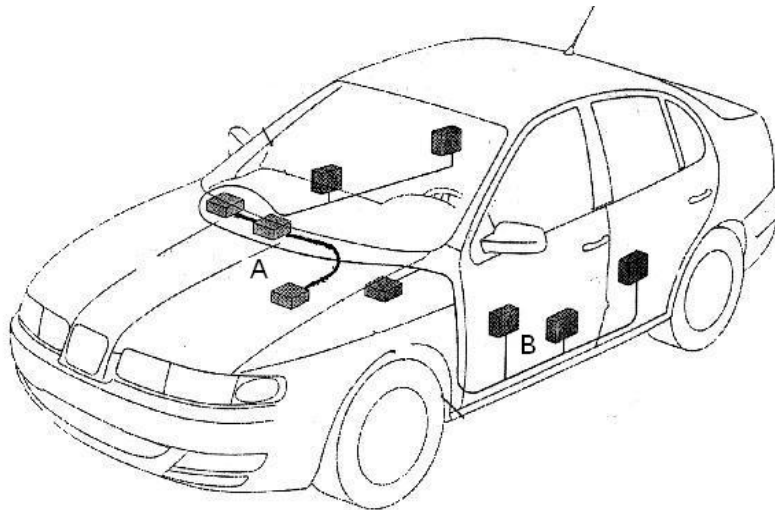
er wel om dat door de hoge communicatiesnelheid de pulsen op de oscilloscoop vervormd kunnen overkomen. Wanneer we het programma Netporty2 gebruiken dan worden de signalen omgezet in hexadecimale getallen. Het blijkt dan dat de airbagcomputer 0x50 00 59 90 C9 uitzendt, waarvan 0x50 de identifier voorstelt en de 00 59 90 C9 de boodschap is. De overige bytes zijn weggelaten. De exacte betekenis van de boodschap is alleen de fabrikant bekend. Fig. 17 laat het signaal zien dat op een losse airbagcomputer met de oscilloscoop (tussen CAN-h en CAN-l) is gemeten.



Figuur 17: CAN-Signaal gemeten op een losse VAG-airbagcomputer. Meting tussen CAN-h en CAN-l. De cursor noteert het spanningniveau en de tijdsduur van een bit.

3.4 Uitvoering op de Seat Toledo (model 2000)

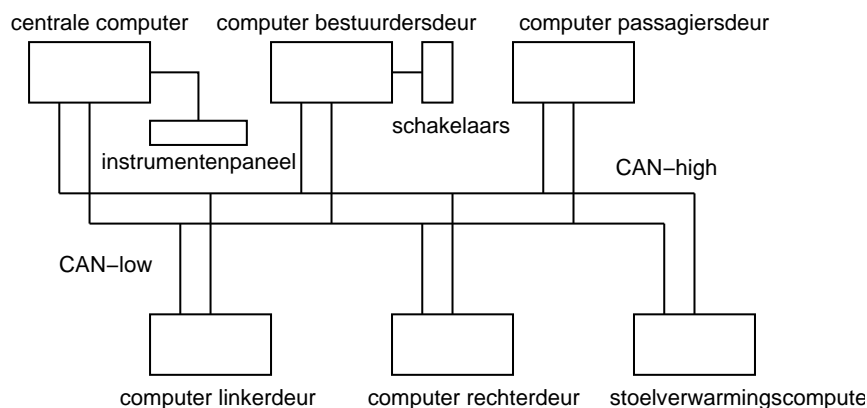
De Seat Toledo is uitgevoerd met een dubbele CAN-bus. Men onderscheidt een comfortbus en een powertrainbus. Op de comfortbus zijn 6 modules aangesloten die de ramen, spiegels, centrale vergrendeling en stoelinstelling bedienen. De powertrainbus omvat de motormanagement-, de ABS- en de versnellingsbakcomputer. Bij latere systemen zijn het aantal computers uitgebreid. Beide systemen werken onafhankelijk van elkaar. Dit is onder meer gedaan om veiligheidsredenen. De comfortbus en powertrainbus verschillen van draadkleur. De communicatiesnelheid van de comfortbus bedraagt 62,5 kbits/s (de latere modellen 100 kbits/s) terwijl de powertrain met 500 kbits/s werkt. De laatste kan worden beschouwd als een real-time bus. Fig. 18 geeft de plaatsing van de modules in de auto. Fig. 19 geeft de moduulopstelling van de comfortbus



Figuur 18: Overzicht van de computers die communiceren via de CAN-bus (Seat Toledo). A = powertrain, B= comfort.

weer. Er is sprake van 6 modules, 4 voor de deuren, 1 voor de stoelverstelling en 1 centrale moduul. Vanuit de bestuurdersstoel zijn d.m.v. een schakelpaneel de meeste comfortzaken te regelen. Het schakelpaneel is verbonden met de bestuurdersdeur-unit en staat daardoor in de verbinding met de overige modules. De modules hebben verschillende regelfuncties. De centrale-moduul staat in verbinding met het instrumentenpaneel en houdt bijv. bij:

- de status van de centrale vergrendeling;
- de SAFE positie van de achterdeuren;
- de status van de kofferdeksel;
- het signaal van het contactslot;
- het aanrijdingssignaal;
- de spiegelverwarming;



Figuur 19: Opstelling van de comfort-modulen aangesloten op de CAN-bus.

- de rijnsnelheid.

De bestuurders-deurunit staat, zoals reeds vermeld, in verbinding met het schakelpaneel en zet dus de signalen van de schakelaars op de CAN-bus. De overige modulen zorgen voor de activering van de deurcomponenten. Hierop zijn aangesloten:

- buitenspiegelverstelling;
- inklappen van de buitenspiegels;
- centrale portiervergrendeling;
- raammechanismen;
- blokkering raammechanismen achter;
- spiegelverwarming;
- achteruitverwarming;
- contactslot;
- snelheidssignaal;
- verlichtingsdimmer instrumentenpaneel;
- radio-afstandbediening;
- stoelgeheugen;
- slotschakelaar;
- achterklepslot.

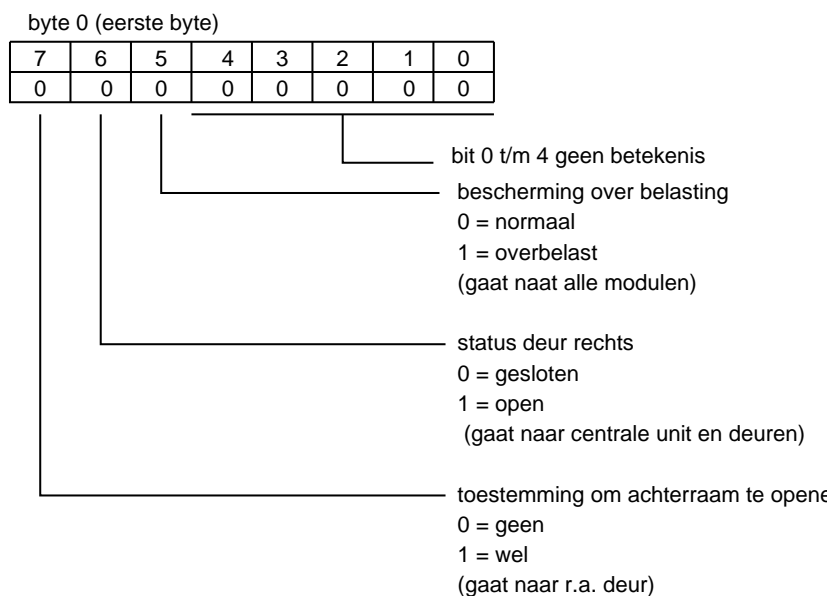
3.4.1 Het protocol (standaard bericht)

Het formaat is een CAN-bus formaat en is gelijk aan de eerdere beschrijving. De identifier bestaat uit 11 bits, de 12e bit geeft aan of er informatie gevraagd wordt (dan volgt geen data) of gegeven wordt. De eigenlijke data bestaat uit maximaal 8 bytes. We bekijken een voorbeeld van de passagiersmoduul die een identifier-nummer heeft van 1552 decimaal. Wanneer deze moduul actief wordt kan de binaire boodschap volgens fig. 20 op de bus verschijnen. Wanneer we de controle-bits e.d. buiten beschouwing laten dan blijven de identifier en

| SOF | IDENTIFIEER | CONTROL | DATA (2bytes) | CRC | ACK | END |
|-----|----------------|----------|-------------------|-----|-----|-----|
| 0 | 110000010000-0 | 000-0010 | 00010110-00000000 | 1 | 01 | 111 |

Figuur 20: De CAN-boodschap nader uitgewerkt

de data over. De data bestaat hier slechts uit 2 bytes. De binaire identifier geeft decimaal het getal 1552 weer. De betekenis van de eerste van de twee data-bytes is volgens fig. 21. Met behulp van een interface en een PC kunnen de



Figuur 21: De betekenis van de eerste twee databytes van het CAN-comfortsysteem van de Seat Toledo

gegevens van de CAN-bus worden gehaald. Hier volgt een korte uitdraai van de Seat Toledo. De identifiers (1536 etc.) en de data worden hierop decimaal weergegeven.

- 1536;Std;5;148;0;136;248;0
- 1544;Std;5;21;64;0;4;0
- 1568;Std;2;22;0
- 1552;Std;3;21;0;0
- 1576;Std;2;0;0
- 1536;Std 5;148;0;136;248;0 etc.

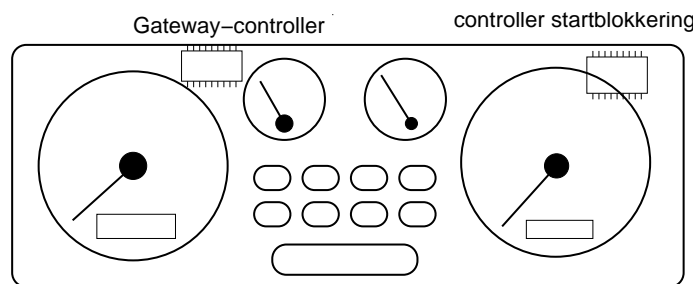
3.4.2 Diagnose

Diagnose van de CAN-bus wordt bij de VAG-automobielen gesteld met behulp van de VAS-5051 seriële tester. Hiervoor is systeemcode 46 in gebruik genomen.

Functie 02 benadert het storingsgeheugen van de comfortbus. Functie 08, groep 012 geeft een meetwaardeblok waarin informatie wordt gegeven omtrent de voor- en achtermodulen resp. het stoelgeheugen. De diagnose verloopt via de centrale control-unit. De centrale controlunit communiceert via de CAN-bus met de overige modulen.

3.4.3 De gateway

Zoals reeds opgemerkt kunnen twee gescheiden informatie-systemen met elkaar in verbinding staan met behulp van een elektronische schakeling die bekend staat onder de naam 'gateway'. Meestal gaat het om netwerken met verschillende protocollen. De gateway die toegepast wordt op sommige Seat modellen betreft de diagnose van modulen die op de powertrain CAN-bus zijn aangesloten. De schakeling bevindt zich in het instrumentenpaneel en vertaalt de CAN-diagnoseprotocollen in het standaard diagnoseprotocol voor de K-lijn (fig. 22).

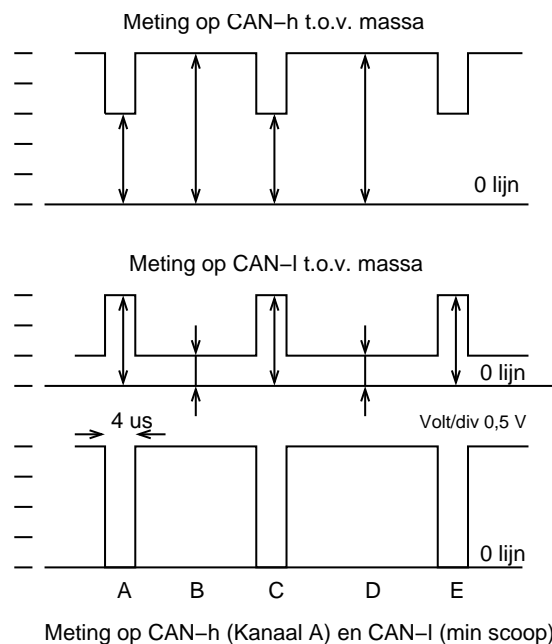


Figuur 22: In het instrumentenpaneel bevindt zich de zgn. gateway, die hier het CAN-protocol omzet in het standaard diagnoseprotocol.

3.5 Uitvoering op een MAN bedrijfswagen, ECAM

Ook bij bedrijfswagens worden CAN-systemen veelvuldig toegepast. Het ECAM-systeem als voorbeeld, is een systeem waarbij een computer de luchtvoorziening regelt (ECAM staat voor: Electronical Controlled Air Management). Het vervangt het welbekende vierkringsbeveiligssysteem. Fig. 23 geeft een gedeelte van dit signaal weer. In de bedrijfswagenwereld is het CAN-systeem strikter genormaliseerd dan bij de personenwagens (J1939). Het MAN-systeem werkt, zoals bij alle bedrijfswagens het geval is, met een extended CAN-bus. De baudrate bedraagt 250 kbits/s. De volgende drie identifiers worden door het ECAM-systeem op de bus gezet.

- 0x18ECFF30
- 0x18FEAE30
- 0x18EBFF30



Figuur 23: Uit het oscilloscoop beeld valt de baudrate en V_{tt} van het CAN-bus signaal te halen. Er zijn weer 3 metingen verricht.

4 Andere bussystemen

4.1 Optische bekabeling

Hoewel er al jaren sprake is van optische kabels ter vervanging van de netwerkkabels met koperen kern breken optische bussystemen maar langzaam door. Het voordeel van het overbrengen van de boodschappen door middel van lichtstraaltjes in plaats van elektrische stroom zit in het ontbreken van elektromagnetische stoorvelden en het verkrijgen van een hogere datasnelheid. Optische vezels worden in de auto vooral toegepast in de media transport systemen (MOST) waarbij communicatiesnelheden van 25 Mbit/s kunnen worden bereikt. Voor het transport wordt rood, zichtbaar licht gebruikt. Dit licht wordt evenals het laserlicht ondergebracht in klasse 1. Dit houdt voor de praktijk in dat de lichtstraal het menselijk oog kan beschadigen. Als kabel wordt in de motorvoertuigentechniek meestal kunststof toegepast in plaats van de meer bekende glasvezelkabel. Zo'n kunststofkabel bestaat uit een ommanteling van 2,3 mm met een lichtdoorlatende kern van 1 mm. Groene kabels worden gebruikt voor de MOST-systemen terwijl oranje kabels voorbehouden zijn voor reparatiedoeleinden. De lichtsterkte wordt minder als de afgelegde weg langer wordt. Men spreekt van demping. Te sterke demping ten gevolge van storingen kunnen o.a. worden veroorzaakt door:

- een buigradius van de kabel minder dan 25 mm;
- een geknikte kabel;

- vuil en vet op de uiteinden;
- oververhitting (temperaturen boven de 85⁰C).

Behalve de genoemde k-lijn en CAN-bus zijn er veel meer bussystemen in de loop der jaren ontwikkeld en ook weer verdwenen. Toekomstige ontwikkelingen zoals elektronische stuurinrichtingen zullen t.g.v. van het a-synchrone karakter van de CAN-bus met andere netwerksystemen gaan werken bijv. een TTP-netwerk. Moeten verschillende netwerksystemen met elkaar kunnen communiceren dan gaat dat weer via een gateway-controller. Van de op dit moment minder bekende bussen noemen we:

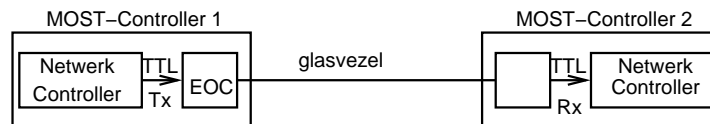
- de LIN-bus;
- de MOST- en MML-bus;
- de BST- en Byteflight-bus.

4.2 De LIN-bus

De CAN-bus als communicatiebus voldoet niet onder alle omstandigheden. Het principe van 'zet alle informatie op de bus dan kan elke computer ervan af halen wat hij nodig heeft' is natuurlijk niet handig wanneer het specifieke informatie-uitwisseling tussen twee computers betreft of wanneer het alleen informatie betreft tussen een intelligente sensor en zijn computer. VAG maakt bijvoorbeeld gebruik van een zgn. LIN-bus (Local Interconnect Network) als verlengstuk van de CAN-bus. Men spreekt wel van een subnetwerk of een sub-bus. De LIN-bus hanteert het Master/Slave principe en staat maar één boodschap per keer op de lijn toe. De LIN-bus is evenals de k-lijn een enkeldraads bi-directioneel systeem.

4.3 De MOST- en MML-bus

MOST staat voor Media Oriented Systems Transport en MML voor Mobile Multimedia Link. Deze bussen maken gebruik van glasvezelkabel en worden hoofdzakelijk ingezet voor multimedia-doeleinden. In een zgn. Most-controller bevindt zich een EOC (Electrical Optical Converter) en een OEC (Optical Electrical Converter) voor het omzetten van het elektrische TTL-sigitaal naar het optische signaal en omgekeerd (fig. 24).



Figuur 24: Een MOST-controller zet het TTL-sigitaal om in een optisch signaal en omgekeerd.

4.4 De BST- en Byteflight-bus

BST staat voor Bosch Siemens Temic en de Byteflight-bus is ook bekend onder de SI-bus. Deze bussen zijn uiterst snelle veiligheidsbussen die kunnen worden

gebruikt voor het aansturen van airbags. De snelheid van deze busstructuren ligt tussen de 250 k en 10 Mbits/s. De SI-bus werkt met glasvezelkabel en is de snelste bus. Byteflight is ontwikkeld door BMW en Motorola en lijkt veel op de CAN-bus.

5 Vragen en opgaven

1. Wat is het verschil tussen parallelle en seriële communicatie?
2. Wat verstaat men onder bidirectionele communicatie?
3. Wat is het verschil tussen een TxD- en een RxD-lijn?
4. Wat verstaat men onder een protocol?
5. Wat verstaan we onder een NRZ-formaat?
6. Hoe ziet een logische 0 eruit bij een OBD2 PWM-signaal?
7. Hoe ziet een logische 0 eruit bij een OBD2 VPW-signaal?
8. De k-lijn heeft altijd een interfaceschakeling nodig. Waarom?
9. Met welk pinnummer is de k-lijn verbonden op de OBD-connector?
10. Bepaal de baudrate uit het signaal van fig. 5.
11. Wat verstaan we onder een gateway?
12. Er zijn diverse soorten netwerken. Welk netwerk treft men vooral aan bij automobielen?
13. Welke drie klassen worden wel onderscheiden?
14. Op welke wijze kunnen twee verschillende klassen met elkaar communiceren?
15. Wat is het verschil tussen een standaard en een extended CAN-netwerk?
16. Uit hoeveel draden is een CAN-bus opgebouwd?
17. Wat verstaat men onder twisted pair?
18. Waaruit is een CAN-boodschap opgebouwd?
19. Wat verstaat men onder arbitrage?
20. Veel voertuigen zijn uitgerust met een dubbele CAN-bus. Waarom?
21. Waarom is een CAN-netwerk niet geschikt voor alle soorten van communicatie?
22. Lijkt een LIN-bus meer op een k-lijn of een CAN-bus? Verklaar het antwoord.
23. Wat is het bijzondere van een MOST-bus?