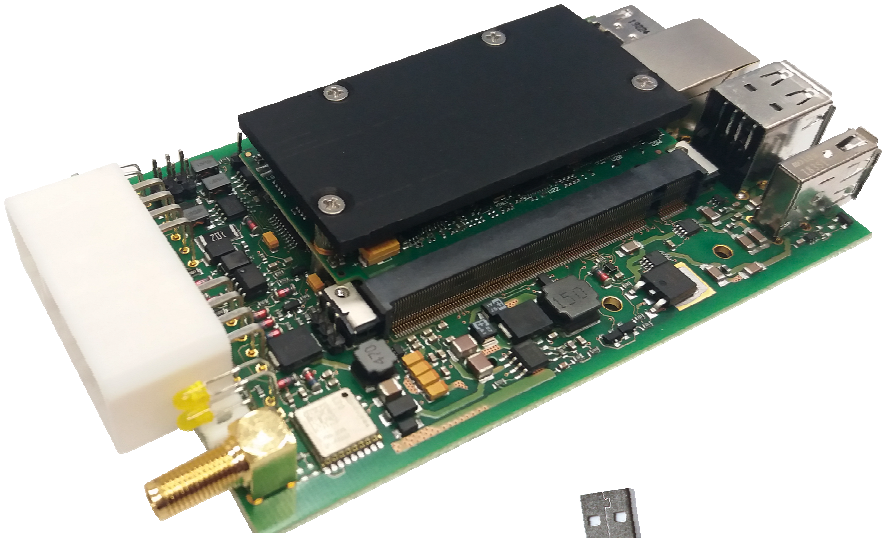
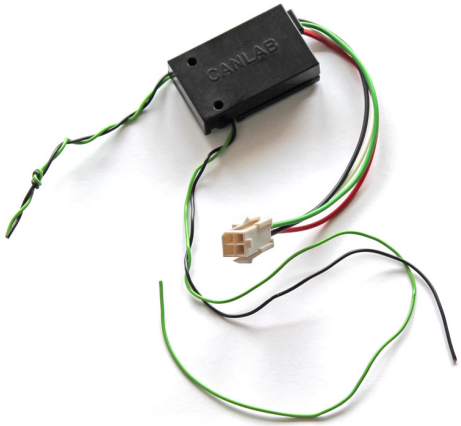
Školení CAN bus, 11.3.2022

www.canlab.cz

David Španěl
spanel@canlab.cz

Tyto školicí materiály společnosti CANLAB s.r.o. není dovoleno upravovat, kopírovat části a šířit třetím stranám bez udělení písemného svolení.





Zakázkový vývoj HW a SW.
Zajištění výroby, testování
a kompletace HW.

- 1983 Robert Bosch GmbH
- BMW 850 coupe, ušetřilo se 2km kabelů, 50kg
- v začátcích se používaly dokonce budiče RS485
- od roku normalizován jako ISO 11898
- budič a řadič
- peer to peer
- nedestruktivní řešení kolize CSMA/CR
- rámce obecně nenesou adresu příjemce, ale identifikují data
- cca 1Mbit/s - 25m nebo 10kbit - 5000m *

* podle budiče, kabelu, sample pointu atd

- jeden identifikátor rámce může používat jen jeden uzel
- CAN 2.0A – 11 bitový identifikátor
- CAN 2.0 B – 29 bitový identifikátor
• až 8 datových bajtů

- CAN FD ISO a nonISO
• 64 datových bajtů

- CAN XL
• 2048 datových bajtů

Nevěřte všemu:

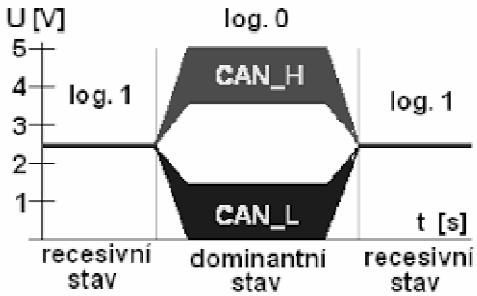
Ethernet vs. sériové protokoly v průmyslu *19. Únor 2020*

https://automatizace.hw.cz//ethernet-vs-seriove-protokoly-v-prumyslu.html

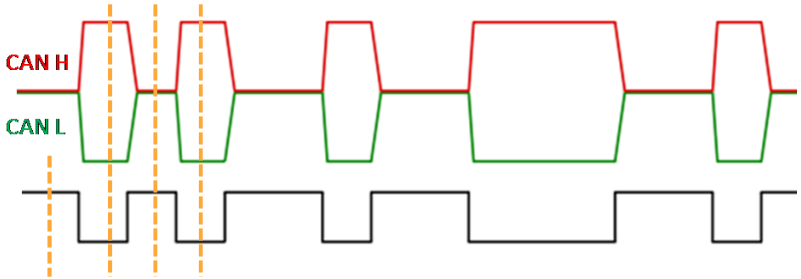
„Původně vyvinut pro automobilový průmysl, nyní nachází uplatnění i mimo něj. Rychlost sériové komunikace je až 1 Mb / s. Existují dva protokoly, CANopen a DeviceNet, které jsou standardizovány na sběrnici CAN. Tyto dva protokoly vyšší úrovně umožňují interoperabilitu se zařízeními ve stejné průmyslové síti. CANopen podporuje 127 síťových uzlů, zatímco DeviceNet podporuje 64 síťových uzlů.“

- 1Mbit – a co CAN FD
- 2 protokoly ?, mnohem více
- proč uvádět množství uzlů, potom ethernet bez switche podporuje jen 2 uzly

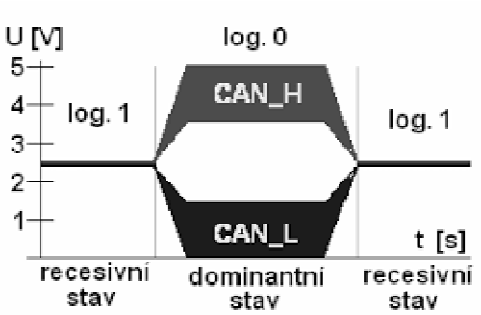
- rámec/zprávu musí potvrdit alespoň 1 příjemce
- během vysílání jsou data kontrolována i příjemci i odesílateli
- datový rámec, 0-8 bajtů
- RTR rámec - žádost o data, není moc rozšířeno jeho používání, CAN FD již od tohoto rámce upustil
- chybový rámec (6 recesivních nebo dominantních bitů)
- rámec přetížení, řadiče dnes nepodporují, jediný řadič který podporoval je intel 82526.
- prioritu má rámec s nižší hodnotou ID
- 0 – dominantní – od sebe
- 1 – recesivni – u sebe



Zajímavost: délka dat (4b) u RTR je použitelná pro přenos dat



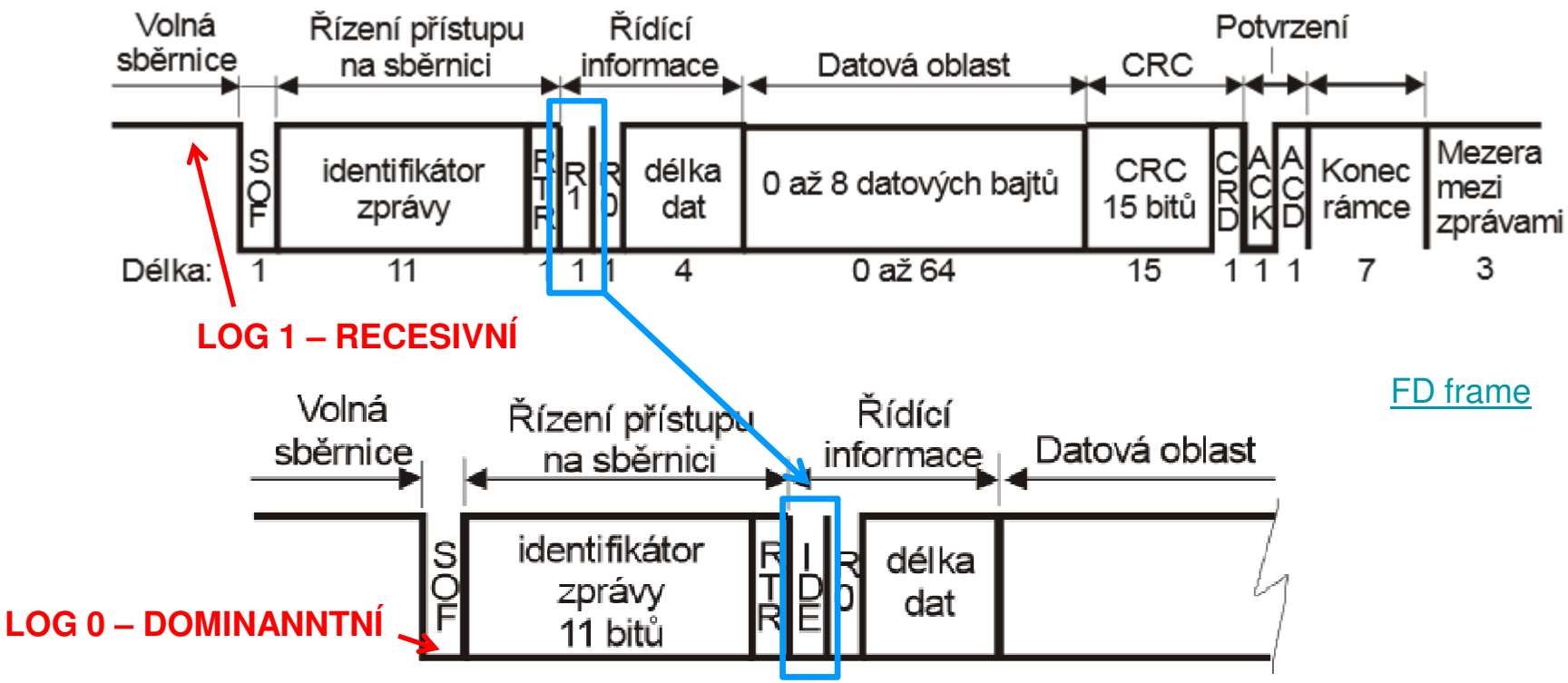
1R 0D 1R 0D …….



Vznáším se ve vodě – recesivní
Klesám ke dnu nebo mne vytahují na hladinu – někdo/něco nade mnou dominuje, já jsem se utopil -> jsem vypnutý -> 0
0/1 - > D/R -> podle abecedy

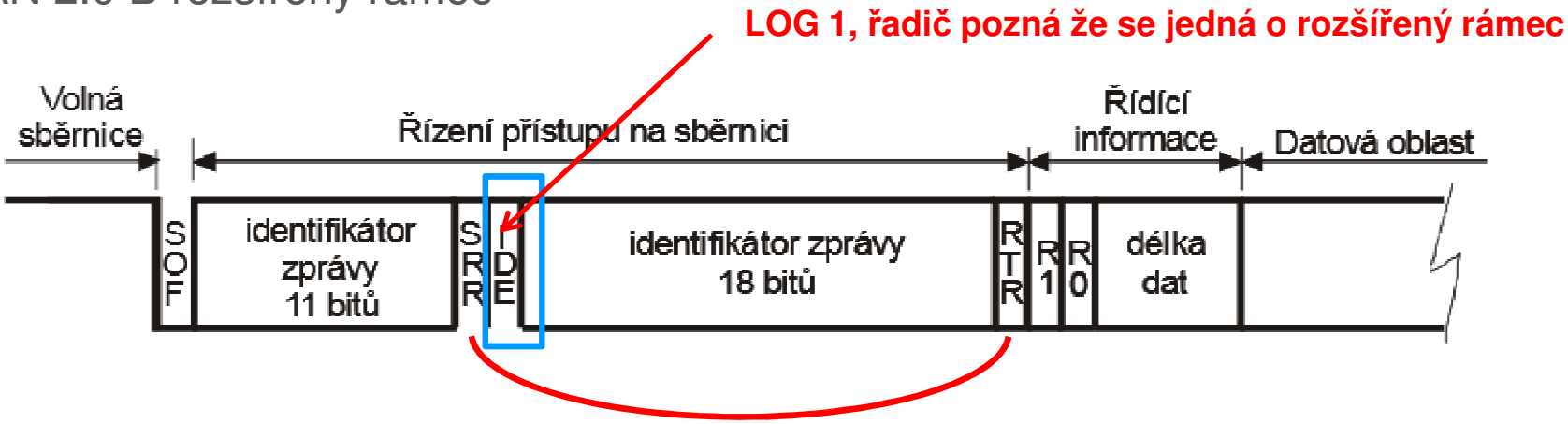
CAN 2.0A vs 2.0B standardní rámec – 11 bitový identifikátor

- první je přenášen nejvíce významný bit



FD frame

CAN 2.0 B rozšířený rámec



SRR- substitute remote request, recesive
RTR bit se musel posunout až za rozšířený identifikátor
11 bitový (2.0A) má přednost před 29b Id, pokud je 11 bitová část stejná
RTR – 0 (dominantní) data frame, data mají přednost

Zajímavost - pozor na specifikaci

IDENTIFIER
The IDENTIFIER's length is 11 bits. These bits are transmitted in the order from ID-10 to ID-0. The least significant bit is ID-0. The 7 most significant bits (ID-10 - ID-4) must not be all 'recessive'.

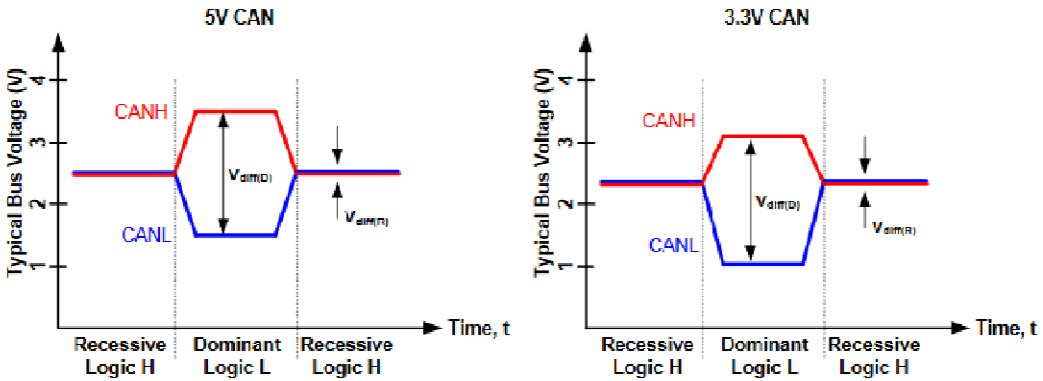
The IDENTIFIER's length is 11 bits and corresponds to the **Base ID** in **Extended Format**. These bits are transmitted in the order from ID-28 to ID-18. The least significant bit is ID-18. The 7 most significant bits (ID-28 - ID-22) must not be all 'recessive'.

Výše uvedené omezení řadiče Intel CAN z roku 1987 (82526). Aby bylo možné s těmito čipy pracovat, bylo „omezení“ zahrnuto do specifikace Bosch a dalších raných specifikací, ale není v aktuální specifikaci ISO.

Fyzické vrstvy

High speed / ISO 11898-2

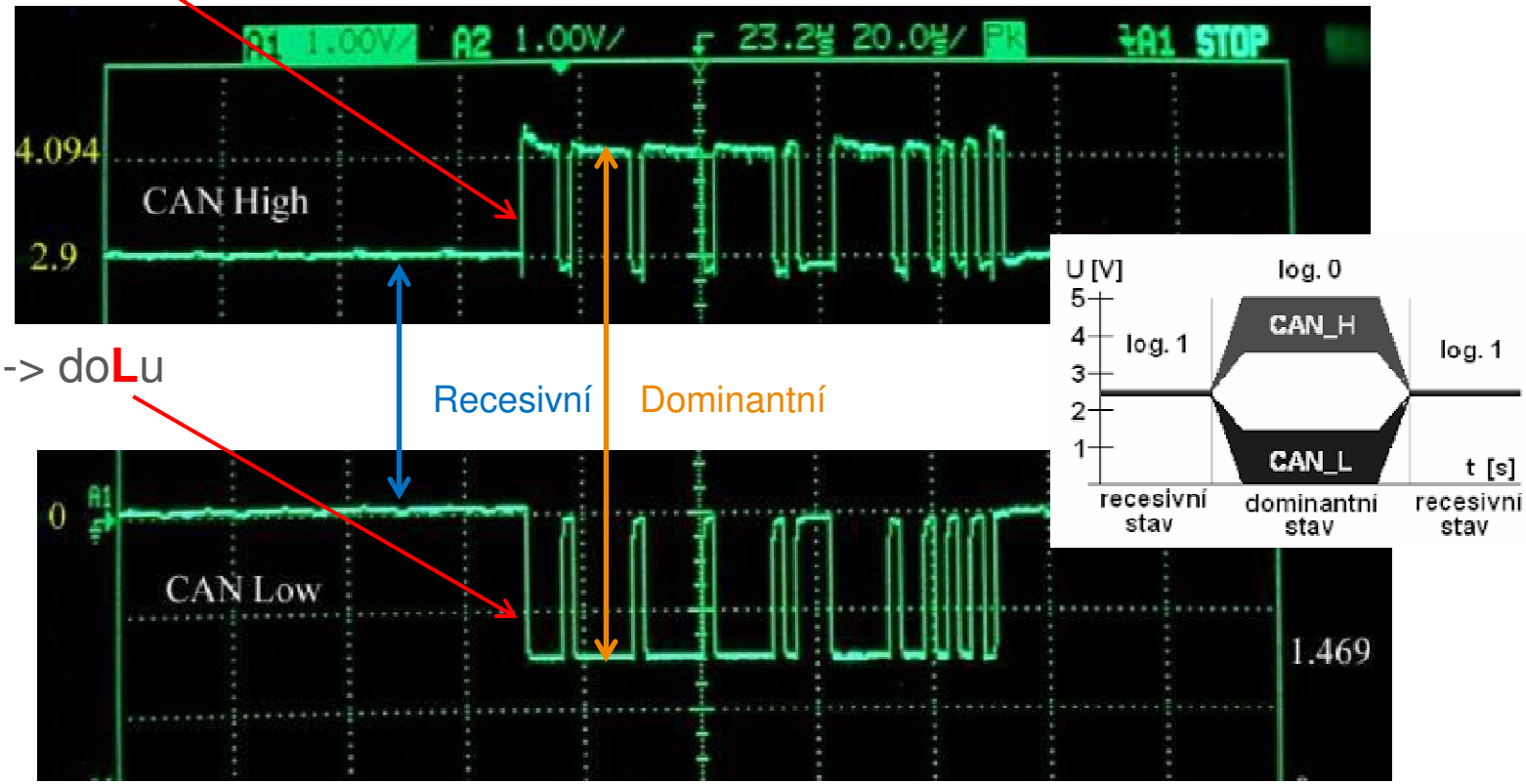
- zakončovací odpory 120 ohmu
- recesivní úroveň CAN H i L 2,5 V
- dominantní CAN H 3,5V, CAN L 1,5V



Mnemotechnická pomůcka

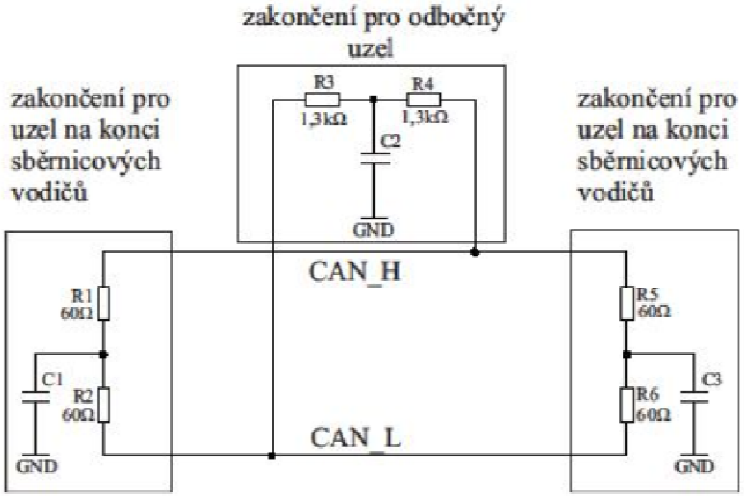
CAN H -> na**H**oru

CAN L -> do**L**u

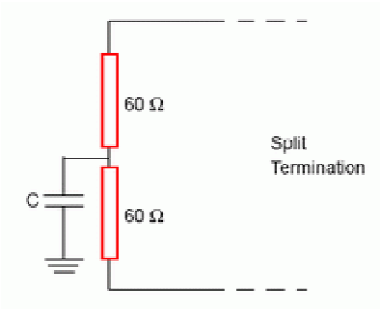


Topologie

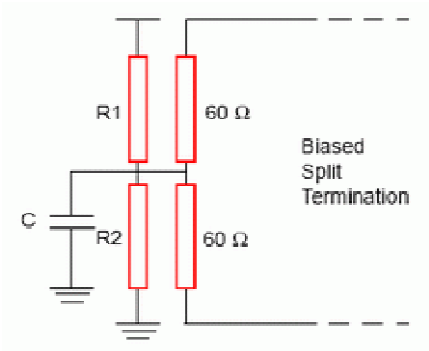
- pokud možno bez odboček
- v případě delší odbočky zvážit zakončení i v místě odbočky



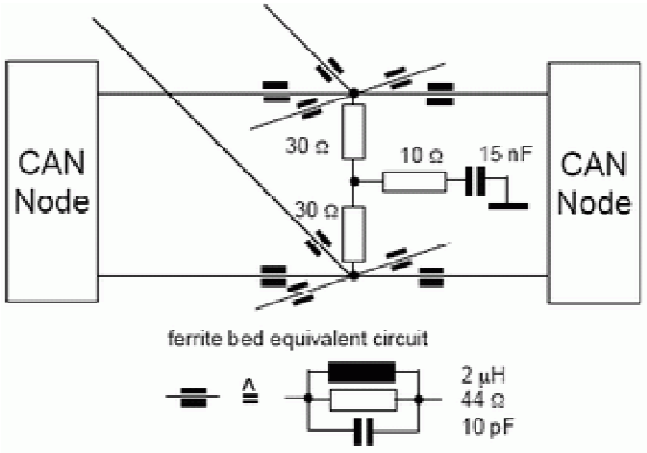
Možné i jiné varianty zakončení, například Split Termination, které redukuje vyzařování.



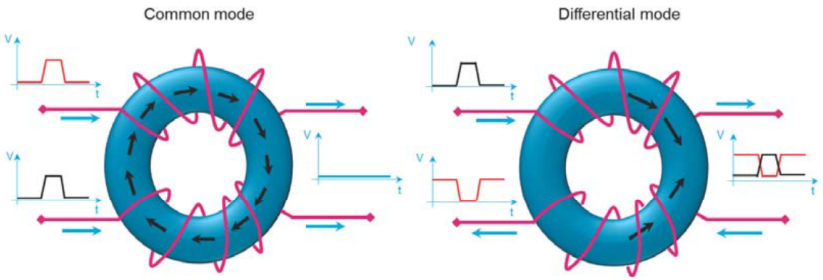
Zapojení zakončovacího odporu, které vylepšuje EMC a udržuje konstantní recesivní úroveň.
R1/R2 při 5V cca 2.6k. C 4.7nF. Možno ještě doplnit C 100pF mezi CAN H a GND a CAN L a GND

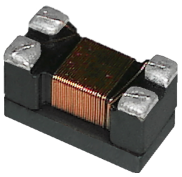


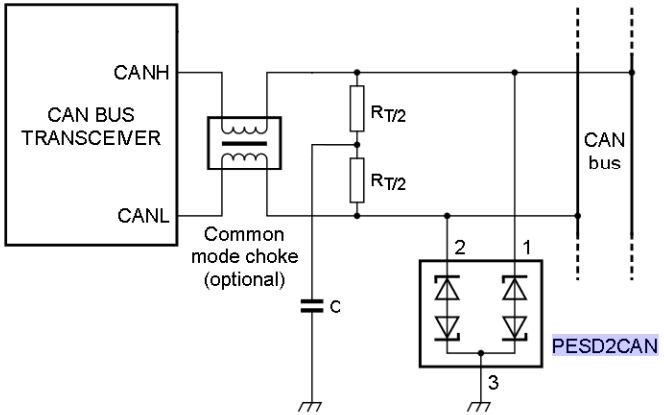
Patentované (Daimler-Benz) zapojení zakončovacího odporu pro hvězdicovou topologii. Je použito jen jedno zakončení ve středu hvězdice.



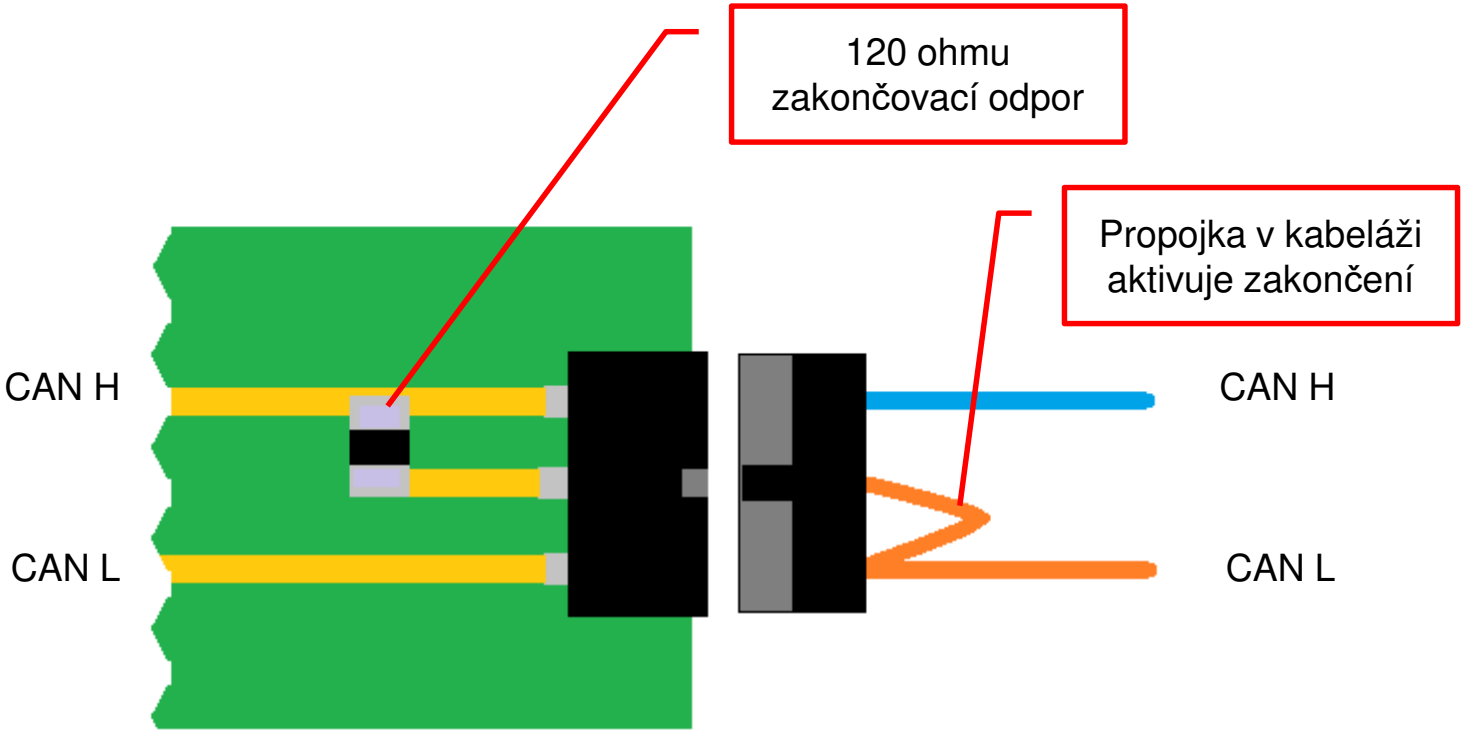
Common mode choke – tlumivka souhlasného napětí





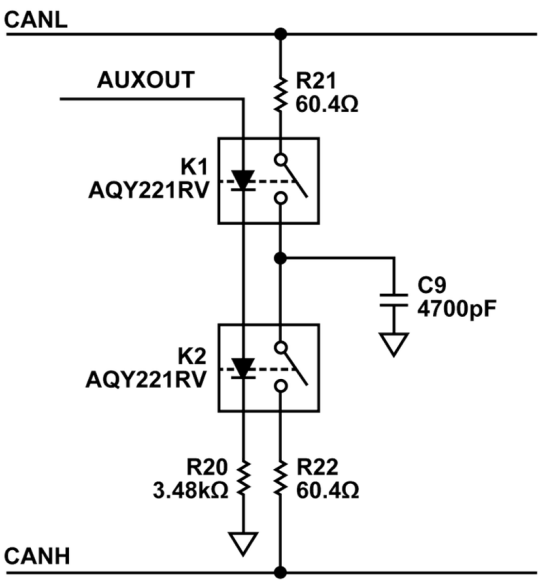


PESD2CAN – Electro Static Discharge (ESD)

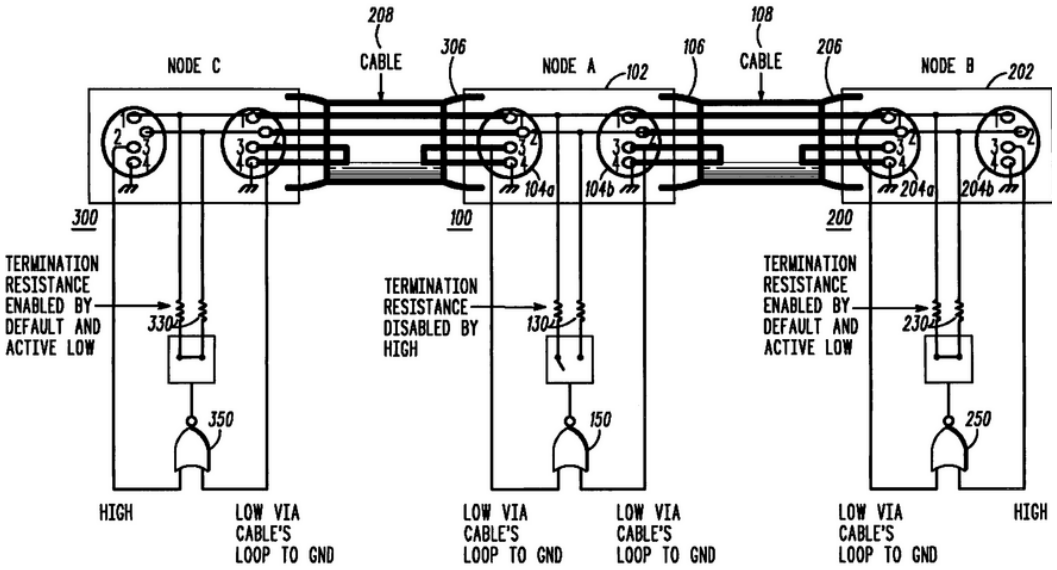


Více stejných ECU, jedna na konci, všechny ECU stejné, odpor se aktivuje připojením kabelu. Často se však také používá zakončovací odpor v samostatném konektory který se připojí na konec kabelového svazku.

AQY221RV – PhotoMOS

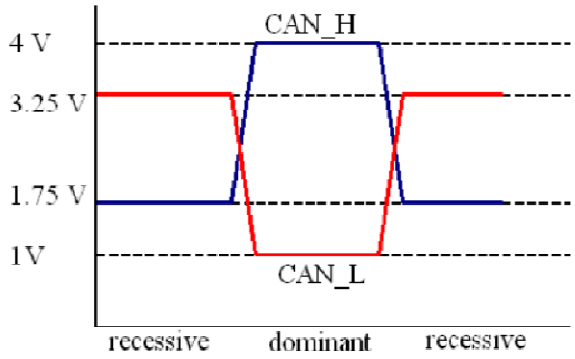


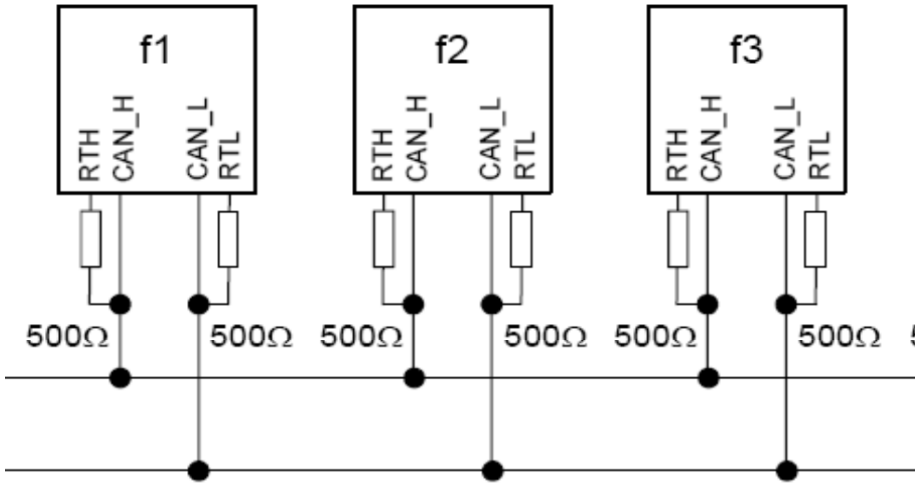
Patent **US20070120574A1**
Vyprší 2026-03-30



Low speed / Fault tolerant / ISO11898-3 / dříve ISO 11519

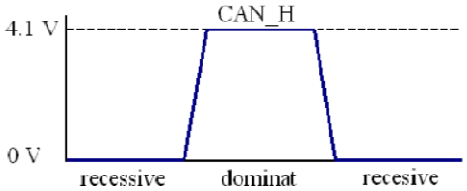
- do 125 kbitů/s
- nepoužívají se zakončovací odpory na konci sběrnice ale odpory RTH / RTL u každého z budičů
- jejich hodnota je dána počtem uzlů v systému
- jednodrátový režim kdy se komunikuje vůči společné zemi při přerušení některého z CAN vodičů nebo jeho zkratu na napájení / na zem
- indikace tohoto chybového stavu z budiče
- CAN H recesivní 0V, dominantní 4V
- CAN L recesivní 5V, dominantní 1V
- u high speed jsou úrovně „k sobě“
- u low speed „přes sebe“





- 500 až 16000 Ω podle počtu zařízení
- R/number of nodes>100Ω
- menší rychlost – možnost zapojit i do hvězdy

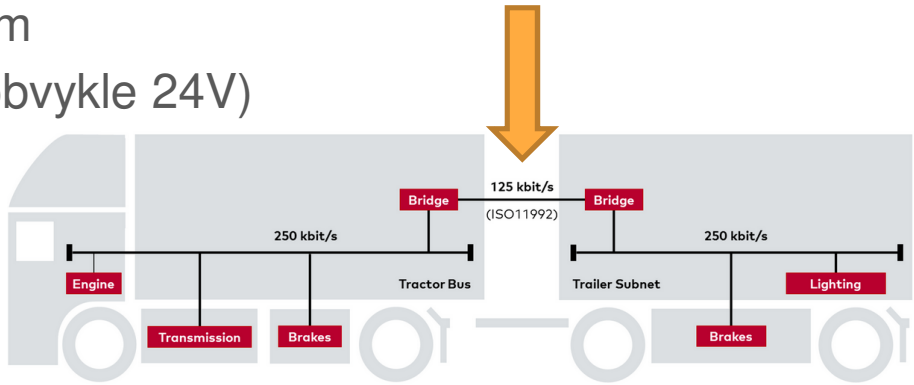
Single wire CAN / J2411

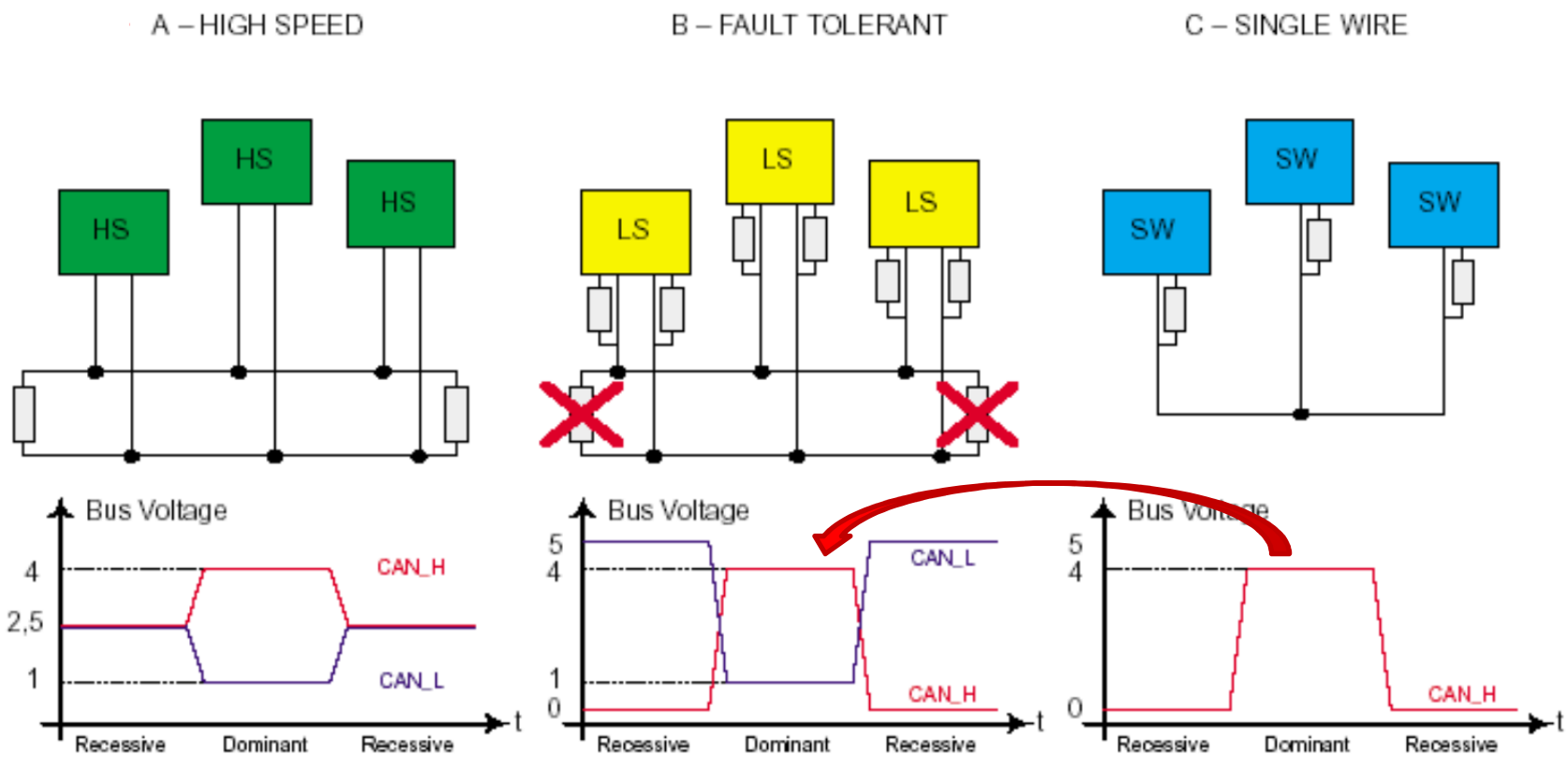


- vůči zemi
- recesivní 0V, dominantní 4V
- rychlost 33.3 kbit/s a 83.3 kbit/s (HS)
- Opel, americká auta

Truck to trailer / ISO 11992

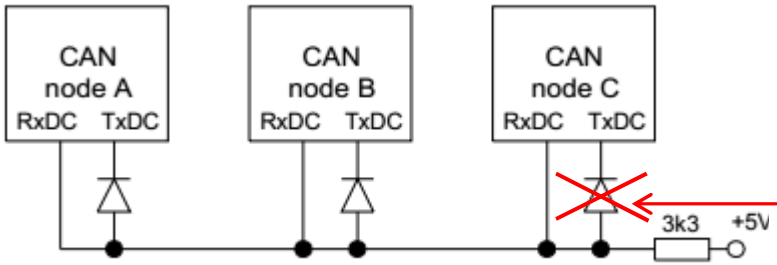
- nominální rychlost 125 kbitů/s, do 40m
- úrovně definovány jako ⅓ a ⅔ Vcc (obvykle 24V)
- propojení mezi tahačem a návěsem




A – HIGH SPEED
B – FAULT TOLERANT
C – SINGLE WIRE
HS
HS
HS
LS
LS
LS
SW
SW
SW
Bus Voltage
4
2,5
1
CAN_H
CAN_L
t
Recessive
Dominant
Recessive
Bus Voltage
5
4
1
0
CAN_L
CAN_H
t
Recessive
Dominant
Recessive
5
4
0
CAN_H
t
Recessive
Dominant
Recessive

Zajímavost – CAN bus lokálně na PCB bez budiče

Microchip PIC



REGISTER 23-55: CIOCON: CAN I/O CONTROL REGISTER

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	ENDRHI(1)	CANCAP	—	—	—	—
bit 7							bit 0

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

bit 7-6 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 5 **ENDRHI:** Enable Drive High bit(1)
1 = CANTX pin will drive Vpp when recessive
0 = CANTX pin will be tri-state when recessive

bit 4 **CANCAP:** CAN Message Receive Capture Enable bit
1 = Enable CAN capture, CAN message receive signal replaces input on RC2/CCP1
0 = Disable CAN capture, RC2/CCP1 input to CCP1 module

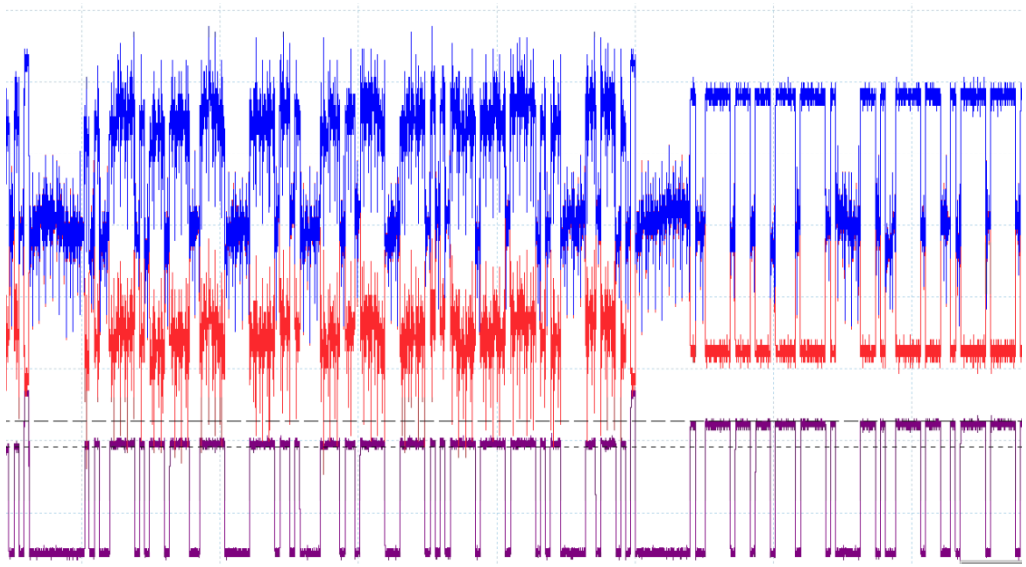
bit 3-0 **Unimplemented:** Read as '0'

Note 1: Always set this bit when using differential bus to avoid signal crosstalk in CANTX from other nearby pins.

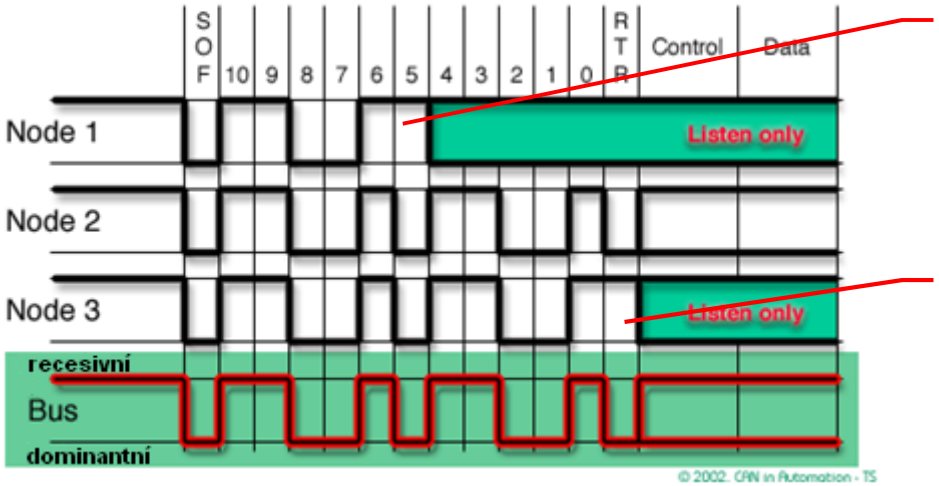
Pozor, nastavíte-li tri state (odpojení/vysoká impedance) při použití s budičem – náhodné chyby na CANu.

Zabezpečení spolehlivosti

- diferenciální sběrnice
- CRC kód, o výpočet se stará řadič, není nutno řešit zabezpečení dat softwarově



- vysílač monitoruje skutečný stav sběrnice
  - arbitrážní pole, vysílá recesivní, skutečný je dominantní, přeruší vysílání
  - arbitrážní pole, vysílá dominantní, čte recesivní, chybový rámec
  - kdekoliv jinde jiný stav než odesílá, chybový rámec
- o přístup na sběrnici se „soutěží“ nedestruktivně, neomezuje se kapacita

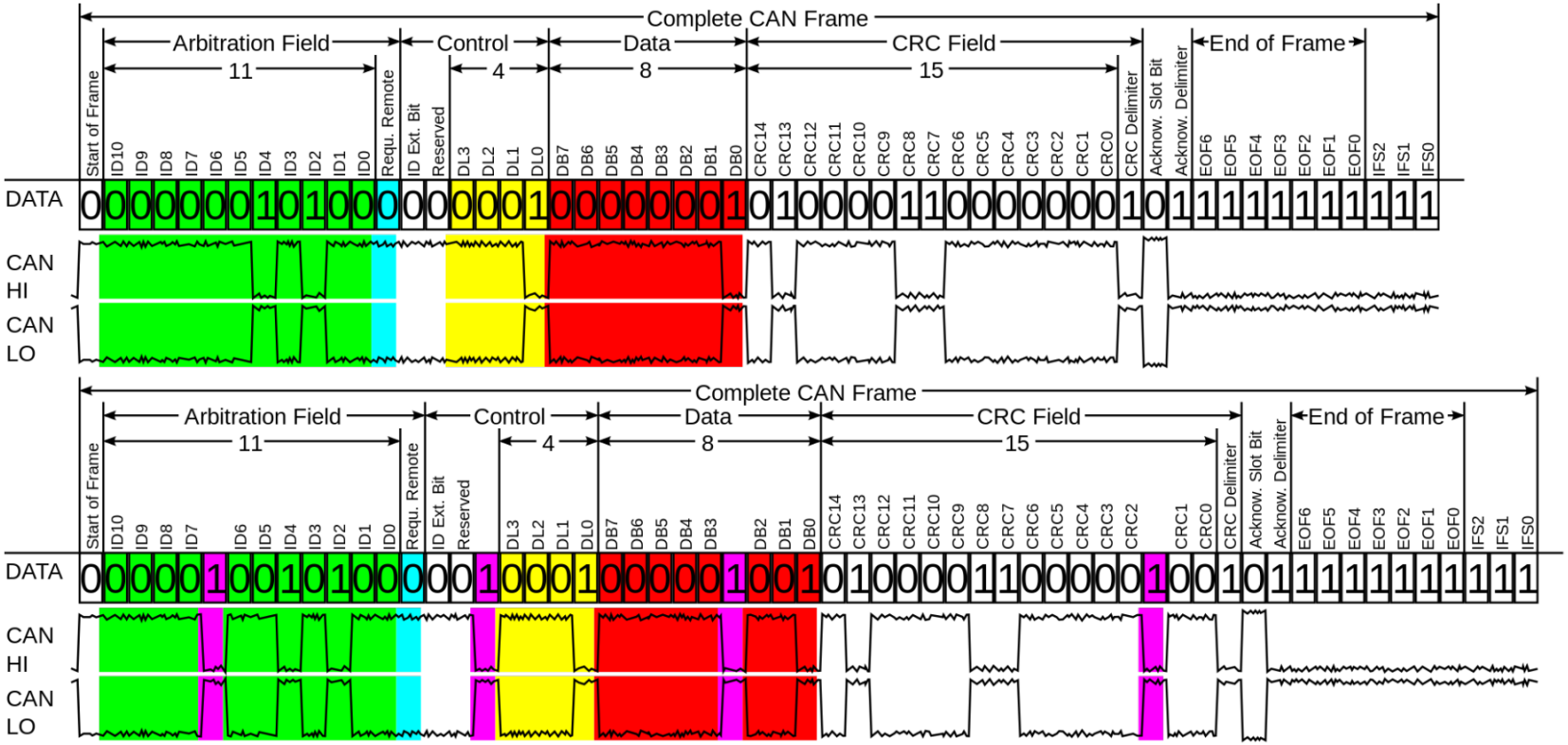


Node 1 odesílá recesivní, ale čte dominantní, odpojí se

Node 3 odesílá recesivní ,ale čte dominantní, odpojí se

- vkládání bitů (bit stuffing), je li 5 bitů stejných vložen opačný
- pevně dané hodnoty bitů
- ACK bit, příjemce dává dominantní úroveň, vysílač recesivní a kontroluje že je skutečný stav dominantní
- zabezpečení na úrovni budiče CANu
  - některé budiče CANu mají vnitřní časovač, pokud je doba vysílání dominantní úrovně příliš dlouhá, je vysílač odpojen od CANu, jeden uzel tak nemůže znefunkčnit celou síť
- režim listen only (silent mode) v řadiči / v budiči. V tomto módu má CAN controller pouze naslouchá na sběrnici - přijímá zprávy. Nemůže odesílat chybový příznak ani ACK slot, tedy nezasahuje nijak do komunikace. Mód se využívá například pro autodetekci * rychlosti sběrnice.

* autodetekce není funkční pokud je na sběrnici ticho



Vložené bity – bit stuffing

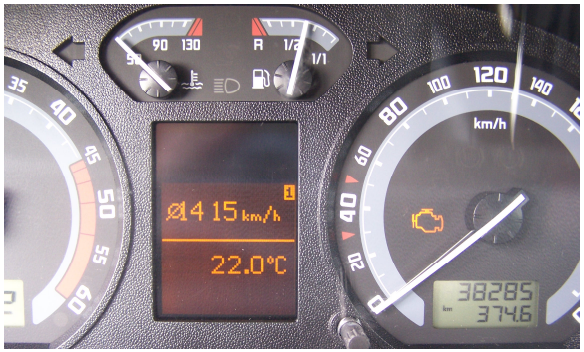
Další zabezpečení

- CANopen:Safety-Relevant Data Object – 2 zprávy, invertovaná data
- SAEJ1939 - některý bajt obsahuje čítač – pořadové číslo + plus kontrolní součet
- je kontrolováno pořadí – nelze vpašovat data
- využito o některých zpráv u protokolu SAE J1939, využívá i například VW

Checksum = (Byte1 + Byte2 + Byte3 + Byte4 + Byte5 + Byte6 + Byte7 + message counter & 0x0F + message ID low byte + message ID mid low byte + message ID mid high byte + message ID high byte)

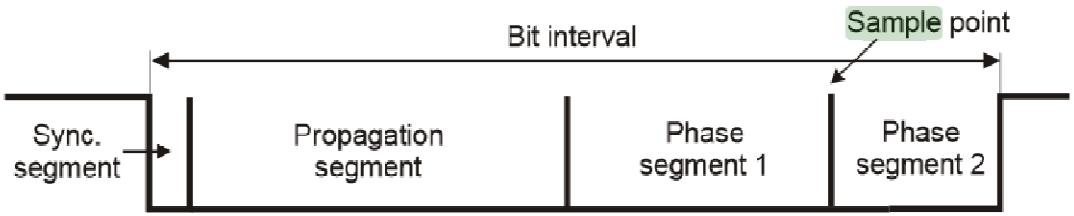
Message Checksum = (((Checksum >> 6) & 0x03) + (Checksum >>3) + Checksum) & 0x07

Vpašování dat z ABS do CANu
u vozidla Škoda Fabia I.
Průměrná rychlost **1415 km/h.**



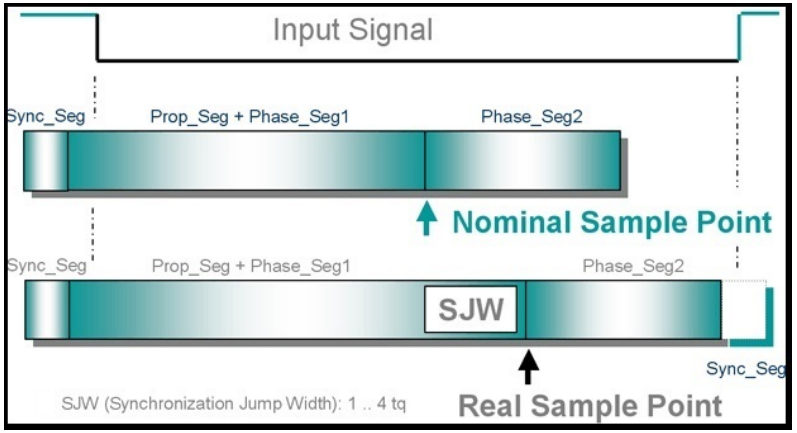
Časování

- 87.5 % CANopen, DeviceNet, SAE J1939
- ale ARINC 825 75%
- propagation segment - kompenzace zpoždění přenášeného signálu na sběrnici, dvojnásobek zpoždění – ACK zpět
- resynchronizace - probíhá při každém přechodu z recesivního do dominantního stavu
- PS1 může být prodloužen nebo PS2 zkrácen při resynchronizaci
- čím větší PS1 a PS2, tím větší tolerance k přesnosti oscilátoru ale menší maximální rychlost

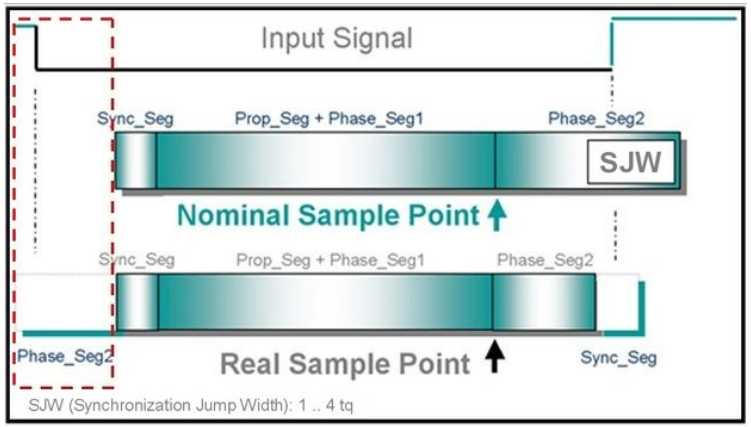


- **Sync_Seg** = 1TQ
- 1TQ ≤ **Prop_Seg** ≤ 8TQ
- 1TQ ≤ **Phase_Seg1** ≤ 8TQ
- 2TQ ≤ **Phase_Seg2** ≤ 8TQ
- 1TQ ≤ SJW ≤ MIN(**Phase_Seg1** , **4**)

SJW - Synchronization Jump Width

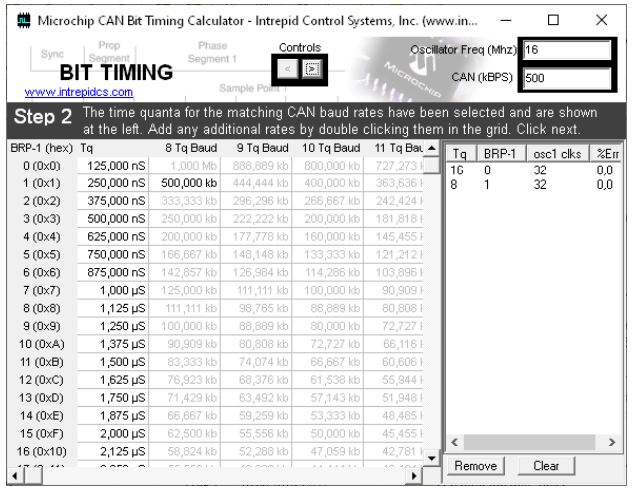


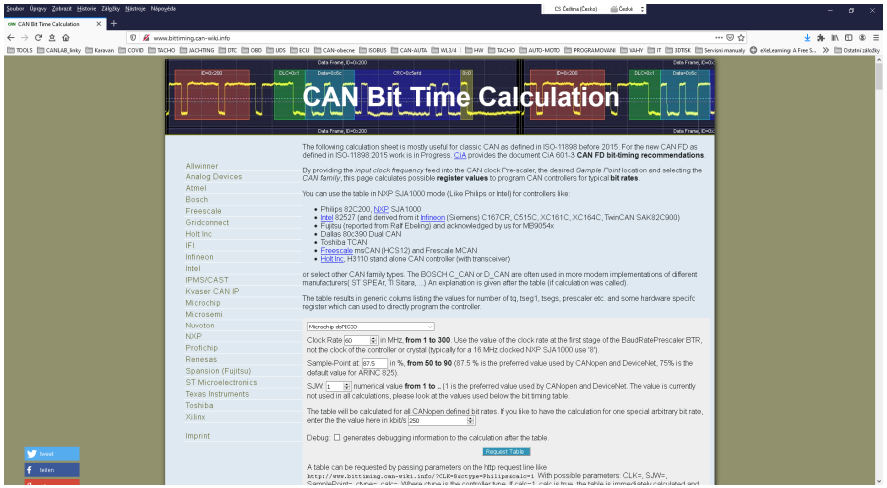
Skutečný vstupní signál který je posunut - opožděn vůči ideálnímu stavu. Phase segment 1 je tak zvětšen o hodnotu SJW a reálný sample point je opožděn. Synchronizační segment následujícího bitu více odpovídá realitě.



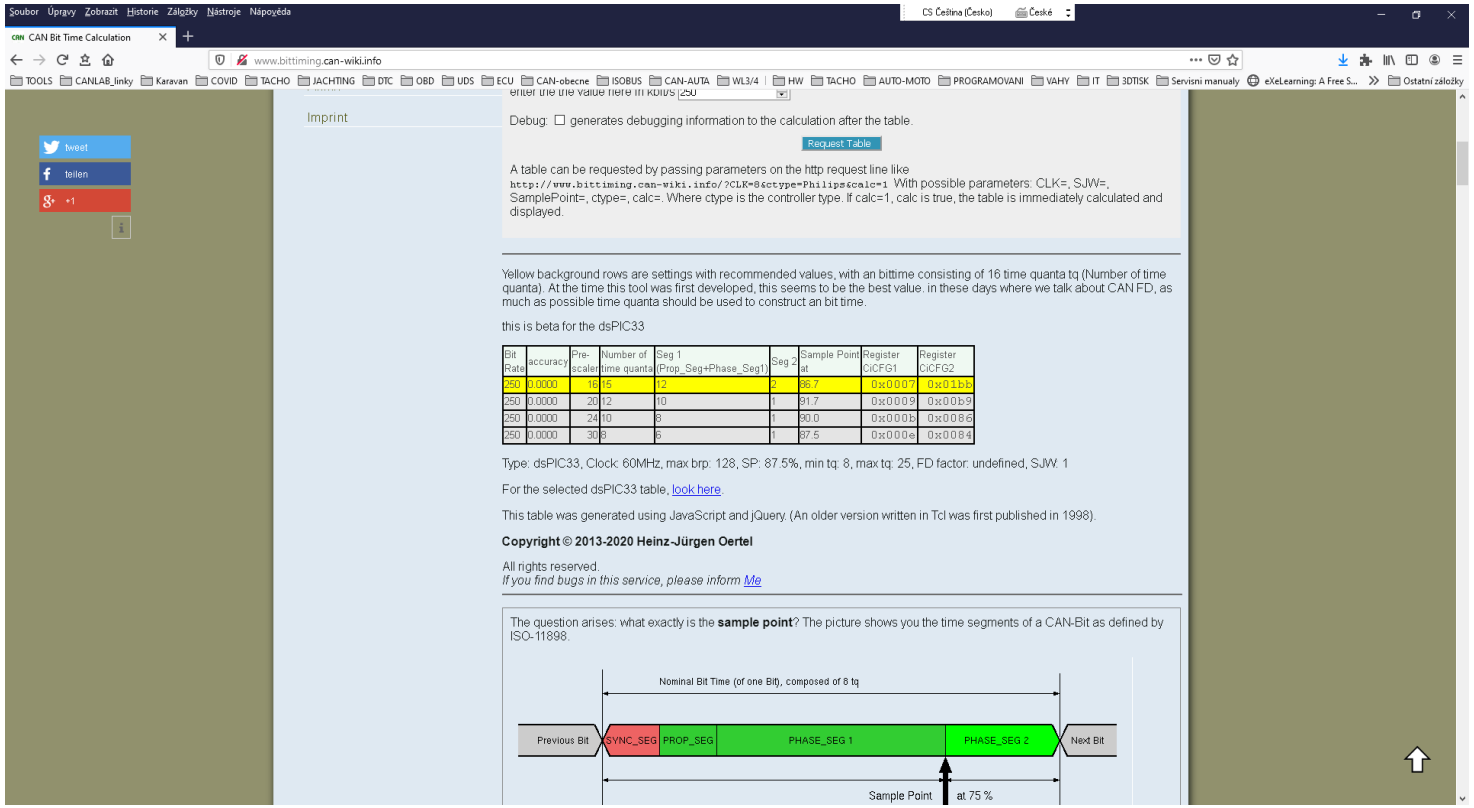
Skutečná hrana nastala ještě před synchronizačním segmentem. V této situaci dojde ke zkrácení Phase segmentu 2 o hodnotu SJW. Poloha reálného sample pointu se nemění (mění se však poměrové umístění v bitu). Opět synchronizační segment následujícího bitu více odpovídá realitě.

Výpočet časování – existují kalkulačky





http://www.bittiming.can-wiki.info/



TEC a REC

Transmit a receive error counter - HW čítače přímo v řadiči

- obvykle se při chybě zvýší čítač o 8
- při správně přijaté zprávě se sníží o 1

Error active – normální stav

TEC a REC < 127

nastane li chyba, je generován chybový rámec s 6 dominantními bity čímž dojde k přerušení vysílání (porušení pravidla vkládání bitů)

Error passive

TEC nebo REC > 127

chybový rámec z 6 recesivních bitů není tak narušena komunikace

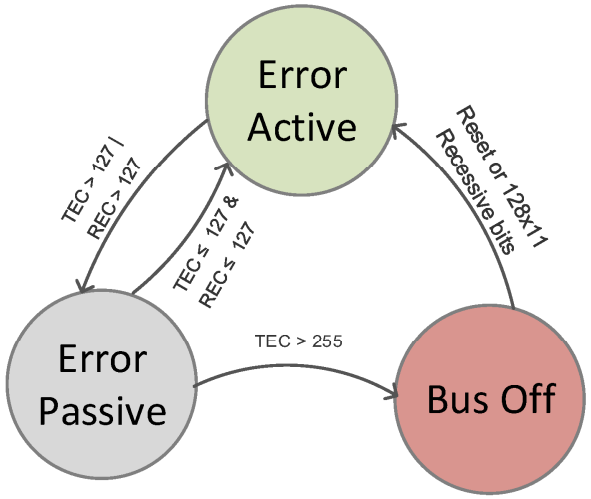
například lokální chyba (rušeni jedné jednotky) – ostatní mohou komunikovat

Bus off

TEC > 255
opuštění je možné jen resetem řadiče

dojde k odpojení od sběrnice aby se dále nenarušovala komunikaca

Bus off



Řadiče mají obvykle warning flag – hodnota 96
Chybové stavy je třeba vždy ošetřit !!!

Přenosová kapacita

Typ identifikátoru	Bitstuffing	Množství přenesených dat	Kapacita přenosu vůči maximu
11	Žádný	71427	100%
11	Maximální	62992	88%
29	Žádný	61064	85%
29	Maximální	53328	74%

Typ	CAN bus identifikator	Počet datových bajtů	Hodnota všech datových bajtů	Bitová délka	Počet zpráv za sekundu	Počet datových bajtů za sekundu
11	0	0	-	53	18867	0
29	0	0	-	74	13513	0
11	0	4	0	89	11235	44940
29	0	4	0	112	8928	35712
11	0	8	0	127	7874	62992
29	0	8	0	150	6666	53328
11	0	8	170(AAh)*	115	8695	69560
29	0	8	170(AAh)*	137	7299	58392
11	555h *	8	170(AAh)*	112	8928	71424
29	555h+15555h * (0x15555555)	8	170(AAh)*	131	7633	61064

* Hodnota 55h nebo AAh je střídání 0 a 1, tím je zajištěno, že v tomto případě se nepoužije bit stuffing.

Řadiče CANu

- architektura FIFO - BasicCAN
  - vhodné pokud chci přijímat všechna data na CANu, nevhodné pokud chci data filtrovat
  - vhodné pro zařízení která řídí (PC, PLC)
  - např SJA1000
- architektura s buffery - FullCAN
  - několik bufferů, pro každý mohu definovat masku a filtr (nebo i více)
  - vhodné pro zařízení která jsou řízena
  - bez timestampu složitější vyhodnocení pořadí zpráv
  - MCP2515*, CC750
- kombinace obou architektur

* poznámka MCP2510 nepoužívat, vhodné i ve starých zařízeních vyměnit za MCP2515

Pozor na ERRATA !!!

i.MX RT1050 / Cortex-M7 / 10/2017

ERR005829 **FlexCAN: FlexCAN does not transmit a message that is enabled to be transmitted in a specific moment during the arbitration process**

Description:

FlexCAN does not transmit a message that is enabled to be transmitted in a specific moment during the arbitration process. The following conditions are necessary for the issue to occur:

- Only one message buffer is configured to be transmitted.
- The write which enables the message buffer to be transmitted (write on Control/Status word) happens during a specific clock during the arbitration process.
- After this arbitration process occurs, the bus goes to the Idle state and no new message is received on the bus.

Software Status:

Software workaround is not in SDK.

ERR006032 **FlexCAN: A frame with wrong ID or payload is transmitted into the CAN bus when the Message Buffer under transmission is either aborted or deactivated while the CAN bus is in the Bus Idle state**

Description:

The FlexCAN module may transmit an incorrect message if one or more Message Buffers (MBs) are configured for transmission while FlexCAN is in the Bus Idle state, and the MB selected for transmission is either aborted or deactivated at the exact moment it starts to be transmitted. This will cause FlexCAN to transmit a syntactically correct message, but with either incorrect ID or data field. The CRC information will be calculated over the incorrect data (in case data is affected) and all other fields of the frame will be correct.

KINETIS / 0M33Z

e2522: **FlexCAN: Rx FIFO Overflow bit is not set when one frame was read after a match when the FIFO is full**

Errata type: Errata

Description: When the FIFO is full and a new frame is being received, the matching process rejects all matches in the FIFO because it is full. If no further match occurs in the MBs, the frame will be lost and the CANx_IFLAG1[BUF7I] should be set to indicate an Rx FIFO Overflow.

However, the Rx FIFO Overflow bit is not set in the case when the FIFO is full for the following very specific scenario:

1) A frame is being received when the FIFO is full

2) A match occurs and all matches on the FIFO are rejected due to the FIFO being full;

3) No other match in the MB happens (frame is lost due FIFO full);

4) FIFO is emptied by a FIFO read AFTER the matching process finishes and BEFORE move-in start

The result is that the frame is not saved in FIFO and that the CANx_IFLAG1[BUF7I] bit is not set, which indicates that frame was lost due to a Rx FIFO Overflow.

Filtrace rámců

- řadiče CANu podporují filtraci přijímaných rámců na HW úrovni
- redukce zátěže MCU
- maska a filtr
- obvykle:
  - bity masky nastavené na 1 udávají, které bity identifikátoru rámce se porovnávají s odpovídajícím bitem filtru
  - ostatní bity identifikátoru se ignorují
  - některé řadiče podporují i filtraci dle datových bajtů

Mask Bit n	Filter Bit n	Message Identifier bit	Accept or Reject bit n
0	x	x	Accept
1	0	0	Accept
1	0	1	Reject
1	1	0	Reject
1	1	1	Accept

Note: x = don't care

Více ID než bufferů ?

```
0 1010 - Id 10
0 1011 - Id 11
0 1100 - Id 12
0 1000 - AND všech Id, tedy HODNOTA FILTRU
--------------
0 1111 - OR všech Id
0 1000 - vypočtená hodnota FILTRU
0 0111 - XOR předchozího OR a vypočtené hodnoty FILTRU
--------------
1 1000 - negace výsledku XOR, tedy HODNOTA MASKY
```

Hodnota filtru = AND všech ID které chci přijímat
Hodnota masky = NEG ((OR všech ID které chci přijímat) XOR vypočtená hodnota filtru)

CAN FD (Flexible Data-Rate)

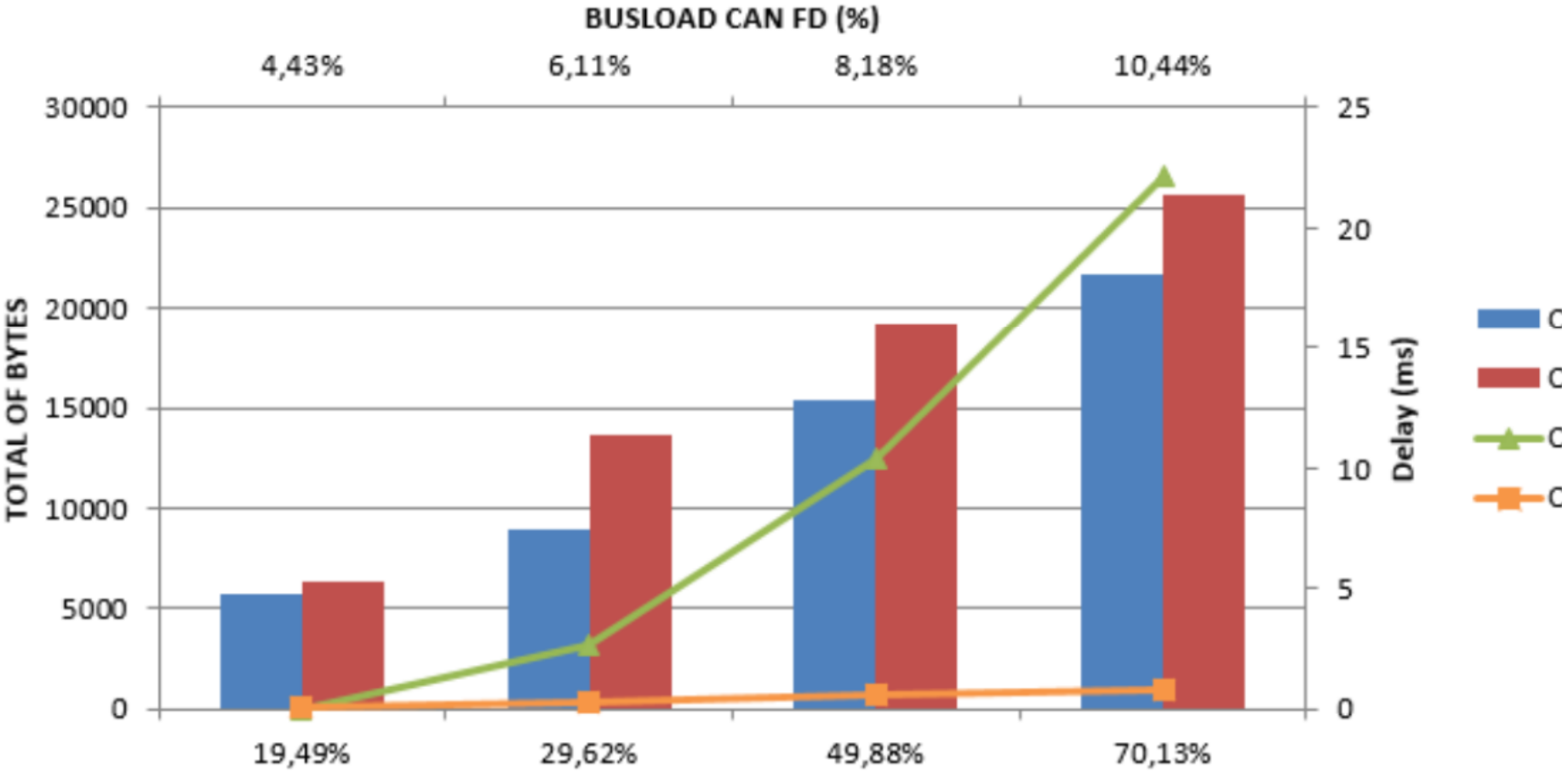
- dovoluje přenášet až 64 datových bajtů
- 2 rychlosti přenosu
  - až 1 Mbit při přenosu části s identifikátorem (arbitrážní pole)
  - až 8 (dnes) Mbit při přenosu dat, norma dovoluje více
  - při nastavení 1Mbit/8Mbit a přenosu 64 datových bajtů je tak 8x rychlejší
- při přenosu identifikátoru musí platit stejný logický stav ve všech uzlech sběrnice
- to je omezeno rychlostí šíření signálu, budiče sběrnice, proto zde zůstal limit 1 Mbitu v arbitrážní části
- jakmile se přenášejí data, již se nerozhoduje o tom, kdo se dostane ke slovu, kromě vysílače již všichni jen poslouchají, je možné použít větší rychlosti

- lepší odezva
- větší přenosová kapacita
- pozor, verze ISO a non-ISO, ISO verze má delší CRC (fixní stuff bity) a počítadlo stuff bitů (3 bity+parita)

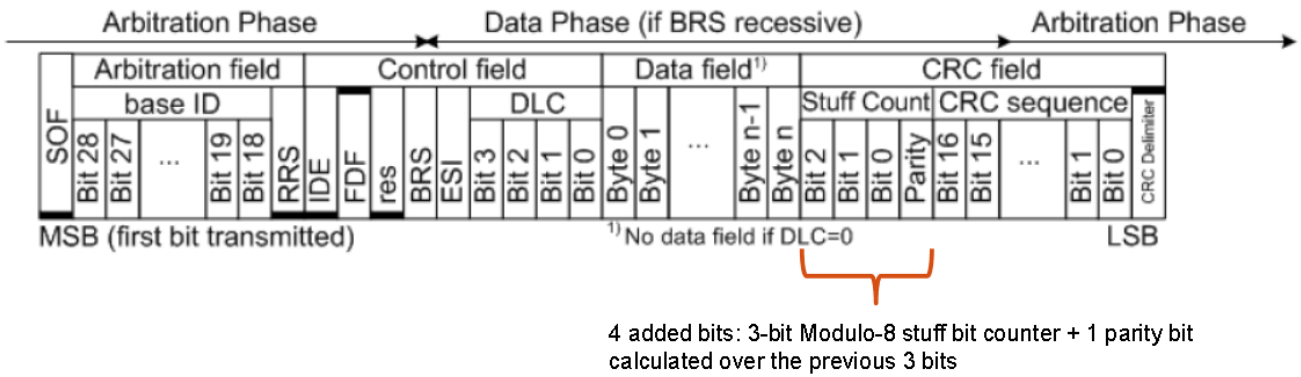
  (https://can-newsletter.org/uploads/media/raw/604de101b0ecaed387518831d32b044e.pdf)
- v síti kde jsou klasické i FD uzly nelze používat FD rámce, klasické uzly by signalizovaly chybu
- řadiče “FD-passive”, ignorují FD rámce pokud čekají na wake-up zprávu, to znamená zůstanou ve sleep modu a neovlivní komunikaci na CANu pokud neumí CAN FD
- v síti složené z klasických a FD uzlů je tak možné například provádět update firmware FD uzlů rychleji za použití CAN FD rámců pokud klasické uzly jsou uspány

CANLAB s.r.o.

CAN X CAN FD



- RRS (Remote Request Substitution) – nejsou tu remote transfer request zprávy, vždy dominantní
- ESI(Error State Indicator) – indikace chyby uzlu
- FDF – FD format



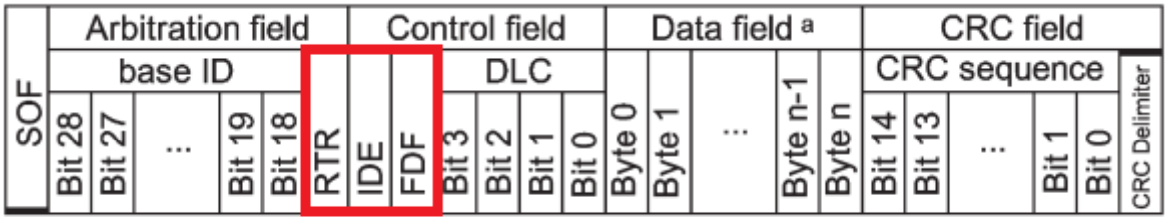
Classic frame

CAN XL

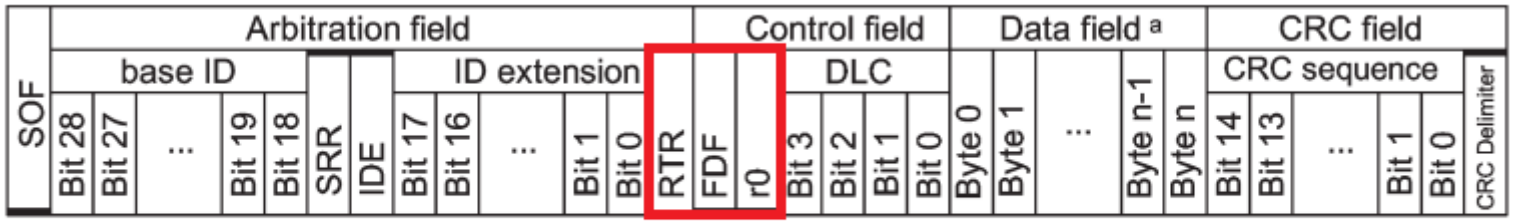
- možnost přenášet 1 až 2048 datových bajtů ve zprávě, 11 bitové DLC, počet dat je DLC+1
- větší množství datových bajtů bude dovolovat například tunelování ethernetových paketů
- větší bit rate v datové fázi
- lepší ochranu proti chybám - dva CRC kódy (hlavička má vlastní CRC)
- má být lépe připraven na budoucí verze CANu
- nebudou podporovány 29 bitové rámce, pouze 11 bitové
- Bity AL1 a AH1 umožňuje signalizaci změny rychlosti mezi řadičem a driverem
- 8 bitová položka payload pro identifikaci dat
- na konci rámce je kromě bitu ACK i nová položka NACK

WAKE UP - ISO 11898-5:2007

- Dominantní úroveň nejméně o době t_{Filter} (500 ns do 5 µs)
- Pro <= 200kbitů jakákoliv zpráva



MSB (first bit transmitted) **Classical Base Format Frame - CBFF** LSB

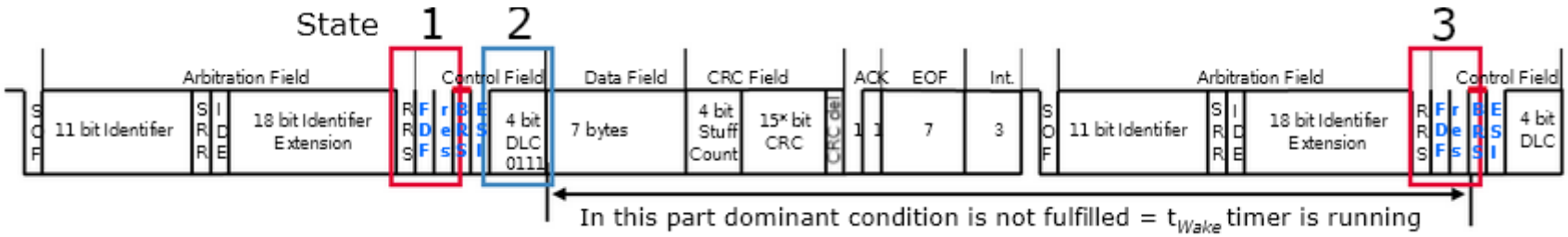


MSB (first bit transmitted) LSB

Classical Extended frame Format - CEFF

ISO 11898-2:2016

- $t_{CanActivityFilterShort}$: 150 ns to 1.8 µ
  - wake_filt NCV7344 0,5-5uS - NCV7344A 0,15-1,8uS
- 2 dominantní úrovně oddělené recesivní o minimální délce t_{Filter}
- TJA1145 – ID + MASKA pro probuzen, SPI,nastavuje se do budiče i rychlost

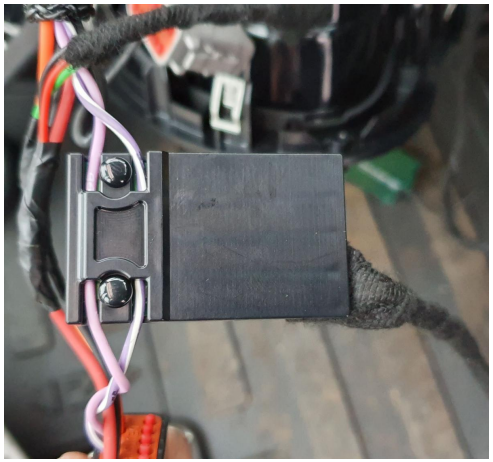


Bezpečné monitorování

- Řadičem: listen only mode (LISO)
  - pomocí řadiče CANu
  - jen monitoruje, nesignalizuje chyby
  - například pro zjištění rychlosti sběrnice
- Budičem
  - vstup Silent mode
  - pozor, některé 8 pinové budiče mají jinou funkci tohoto pinu (slope resistor input)
- Bezkontaktně
  - CAN Sniffer

    https://www.canlab.cz/cs/can_sniffer

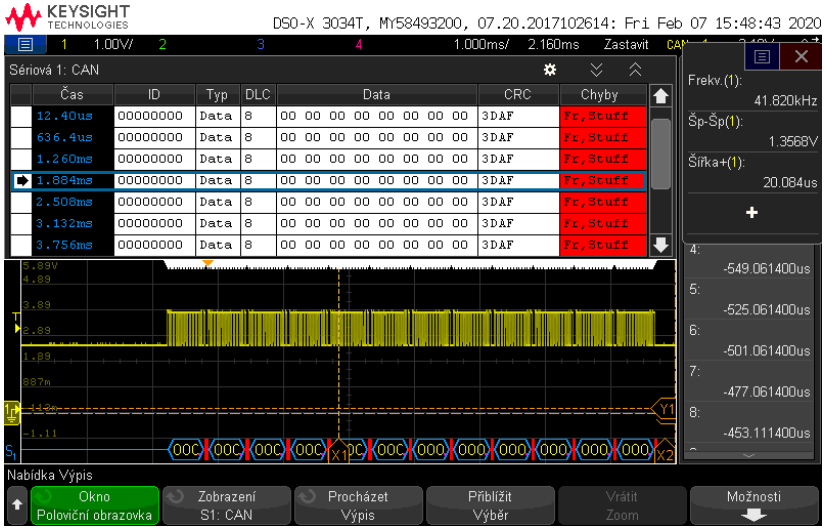
    https://www.canlab.cz/cs/fms_isniffer

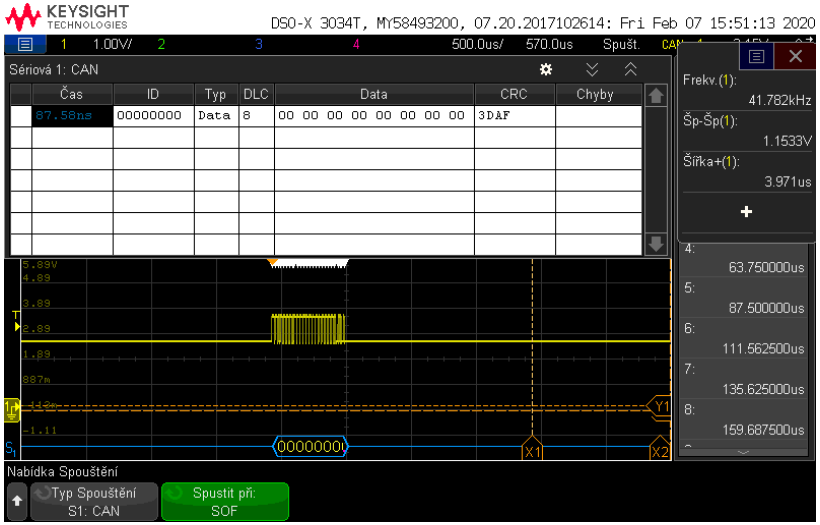


CAN chybuje

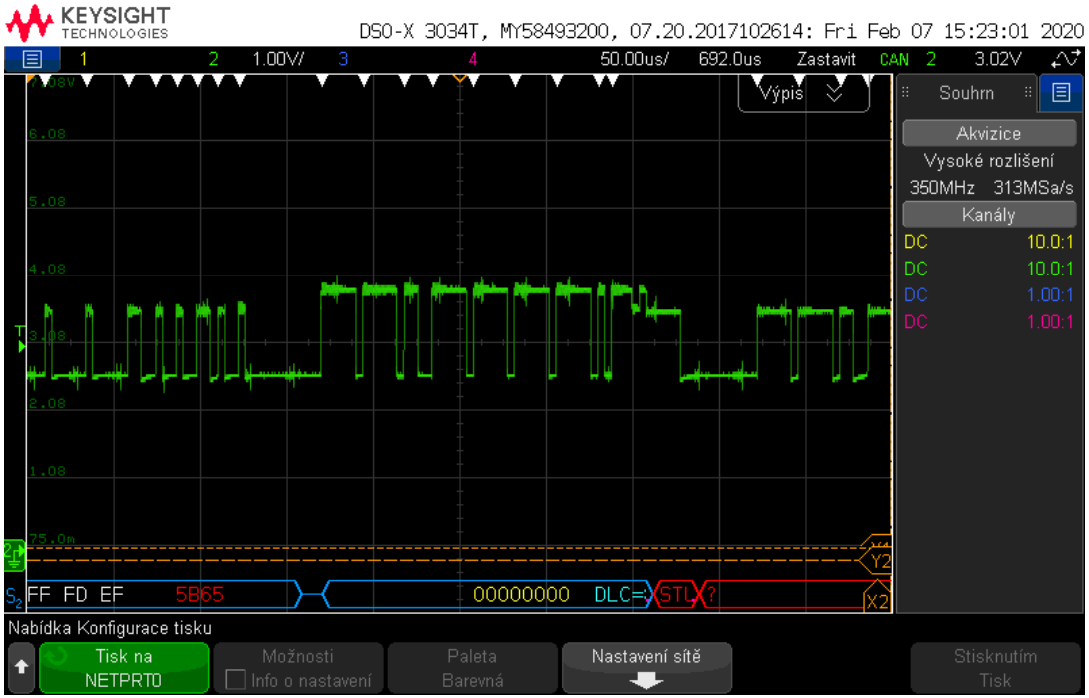
1) Pokud zařízení vyvíjíte a testujete si odeslání dat na CAN, pamatujte na to, že Vaše zařízení musí mít protistranu, která data přijme. CAN rámec obsahuje ACK bit, odesílatel zprávy odesílá tento bit v recesivním stavu, příjemci však tento bit "stahují" do dominantní úrovně a odesílatel toto kontroluje, tedy odesílá recesivní a kontroluje že čte dominantní. Pokud tedy Vaše zařízení odesílá zprávu a nikdo mu ji nepotvrdí, nastane chyba.
Stejně tak pokud máte jen jediného příjemce dat, nesmíte jej nastavovat do režimu listen only (řadič, CAN controller) nebo silent mode (budič, CAN transceiver). V tomto režimu odesílatel také nedostane potvrzení. Mimochodem toto je častá chyba při připojení na FMS bránu. Zde se listen only mód z tohoto důvodu nenastavuje, na rozdíl od připojení přímo například na motorový CAN.

Nikdo neodpovídá – odesílatel se pokouší ji opakovaně odeslat





2) Stejné ID odesílané z různých zdrojů – chyba v datech, každý vysílač odesílá jiná data



3) Ověřte si, že všechna zařízení na CANu mají stejnou rychlost. Pokud je vyvíjíte, na internetu je možné najít nejrůznější kalkulačky nastavení registrů pro bitrate. Tyto registry nenastavují jen rychlost, ale i polohu vzorkovacího bodu. Ten se nastavuje obvykle na 75 až 87.5%. Vícenásobné vzorkování se používá na nižších rychlostech, kde je dostatek Tq. Je pravděpodobné, že pro obvyklé řadiče CANu při 1Mbit nebude vhodné vícenásobné vzorkování nastavit.

4) Překontrolujte zakončovací odpory. Správně se CAN bus zakončuje na obou koncích odporem 120 ohmu. Pro kontrolu deaktivujte všechna zařízení na CANu (odpojte napájení) a změřte odpor mezi CAN H a CAN L vodiči. Ideální hodnota je 60 ohmů, tedy 2 odpory paralelně. Například hodnota 40 ohmu znamená, že na CAN sběrnici jsou 3 zakončovací odpory. Ještě menší hodnoty pak mohou znamenat zkrat mezi vodiči nebo poškozený budič některého zařízení.

5) Vyvarujte se topologii CANu do hvězdy, topologie by měla být průběžná s maximální délkou odboček do 0.5 metru. Někdy se uvádí i více, záleží na rychlosti, počtu odboček a uzlů, stíněném nebo nestíněném kabelu a podobně.

6) Pokud můžete, deaktivujte komunikaci mezi zařízeními (ty jsou ale stále zapnuté) a změřte napětí mezi CAN H a GND a stejně tak i mezi CAN L a GND. Je li napětí menší než cca 2V, lze předpokládat že některá z vodičů je poškozen.
Tímto způsobem si multimetrem můžete ověřit, který vodič je CAN H a který CAN L, pokud neznáte pinout a nemáte osciloskop. Předpoklad je že na CANu běží nějaká komunikace.
Pro high speed CAN platí že na CAN H naměříte napěti mezi 2.5 až 3.5V. V případě CAN L pak naměříte napětí mezi 1.5 až 2.5V. Skutečné hodnoty závisejí na charakteru komunikace, zejména zatížení sběrnice.
Pamatujte že u 3V3 budičů jsou při dominantní úrovni mírně menší a rozdíl napětí vůči recesivnímu stavu není symetrický. Recesivní stav má u 3V3 budičů hodnotu 2.3V.

7) Na vypnutém CAN zařízení odpojeném od CANu a bez zakončovacího odporu změřte odpor mezi CAN H a GND a stejně tak mezi CAN L a GND. Je li naměřená hodnota nízká, je pravděpodobně poškozen budič. Naměřená hodnota bude v řádech jednotek až desítek mega ohmů dle použitého CAN bus budiče. Pokud nenaměříte nic, neznamená to ještě přerušený spoj nebo jinou závadu, pouze multimetr nemusí dokázat tuto hodnotu změřit. Porovnejte proto například hodnotu s jiným kusem stejného zařízení či změřte po zapnutí zařízení napěťovou úroveň na CAN vodičích. Taktéž je možné změřit v tomto vypnutém stavu odpor mezi CAN H a CAN L, měl by mít hodnotu v řádech desítek kilo ohmů. Hodnota menší než 10 kilo ohmů může znamenat poškození CAN budiče.

8) V případě že CAN vedení je stíněné, nezapomeňte že stínění se zapojuje jen na jedné straně. Pokud jsou zapojeny oba konce, může vodiči protékat proud, který způsobí že indukční a kapacitní vazbou se do CAN vodičů přenáší rušení.

9) Oddělte prostorově CAN vodiče od silových vodičů. Pozor zejména na závity mezi silovými a CAN budiči.

10) Při velkém rušení může místo klasického zakončovacího odporu pomoci zakončení zvané Split termination nebo Biased Split Termination.

11) Pokud některé zařízení nefunguje, máte jistotu že se náhodou nejedná o jinou verzi CANu? Například low speed, CAN má jiné úrovně signálu.

12) Velmi sporadické chyby na CANu může také způsobovat vysoké zatížení sběrnice (Bus load). Je vhodné CAN síť provozovat při zatížení max 60-70 procent. Nejde o to že by se tam již další data "nevlezla", ale o to že se nemusejí odeslat včas, přednost dostanou jiná data a následně dojde k signalizaci chyby, neboť příjemce data nedostal s požadovanou periodou. Pak je třeba přejít na větší komunikační rychlost, pokud to například délka CAN sběrnice dovoluje, nebo pro některá data snížit periodu odesílání dat tak, aby zatížení kleslo.

13) Před začátkem vývoje si prostudujte errata použitého CAN řadiče. Například externí řadič MCP 2510 má mnoho chyb a zejména chyba v synchronizaci, která nastává při malé zátěži CANu, je velmi nepříjemná. Její částečná eliminace je možná při použití přesných krystalových jednotek, ale ani tak není zcela eliminována.

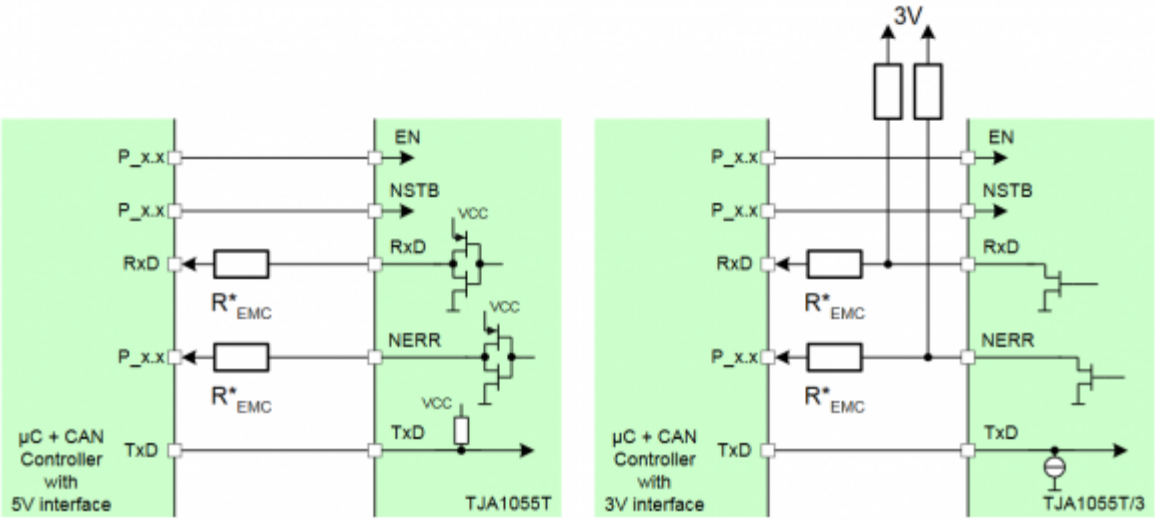
14) Zákazník od naší firmy nakupoval před delší dobou CAN zařízení a provozoval je na rychlosti 10kb. Po dlouhé době objednal další a ono mu nefungovalo. Kde je chyba? Nové budiče CANu obsahují timeout funkci, které zabraňuje tomu, aby třeba MCU při své chybě (zamrznutí) odesílalo na sběrnici dominantní úroveň.

Timing characteristics (see Figs.6 and 7)						
$t_{d(TXD-BUSon)}$	delay TXD to bus active	V_S = 0 V	25	55	110	ns
$t_{d(TXD-BUSoff)}$	delay TXD to bus inactive	V_S = 0 V	25	60	95	ns
$t_{d(BUSon-RXD)}$	delay bus active to RXD	V_S = 0 V	20	50	110	ns
$t_{d(BUSoff-RXD)}$	delay bus inactive to RXD	V_S = 0 V	45	95	155	ns
$t_{dom(TXD)}$	TXD dominant time for time-out	V_{TXD} = 0 V	250	450	750	µs

15) Používáte li low speed CAN bus (fault-tolerant CAN), je sběrnice schopna pracovat i při přerušení jednoho z vodičů CANH/CANL, případně zkratu na zem nebo na napětí (Vcc nebo baterie). Protože CAN pak nepracuje diferenciálně, ale jako single wire, je více náchylný k rušení. Budiče jsou vybaveny obvykle výstupem ERR, který tuto situaci indikuje. Stav tohoto výstupu je vhodné monitorovat nebo prověřit

		Termination		Driver		
Failure No.	Description	CANH (RTH)[6]	CANL (RTL)[7]	CANH	CANL	Receiver Mode
0	No failure	On	On	On	On	Differential
1	CANH wire interrupted	On	On	On	On	Differential
2	CANL wire interrupted	On	On	On	On	Differential
3	CANH short to BAT	weak	On	Off	On	CANL
3a	CANH short to VCC	weak	On	Off	On	CANL
4	CANL short to GND	On	weak	On	Off	CANH
5	CANH short to GND	On	On	On	On	Differential
6	CANL short to BAT	On	weak	On	Off	CANH
6a	CANL short to VCC	On	On	On	On	Differential
7	CANL short to CANH	On	weak	On	Off	CANH

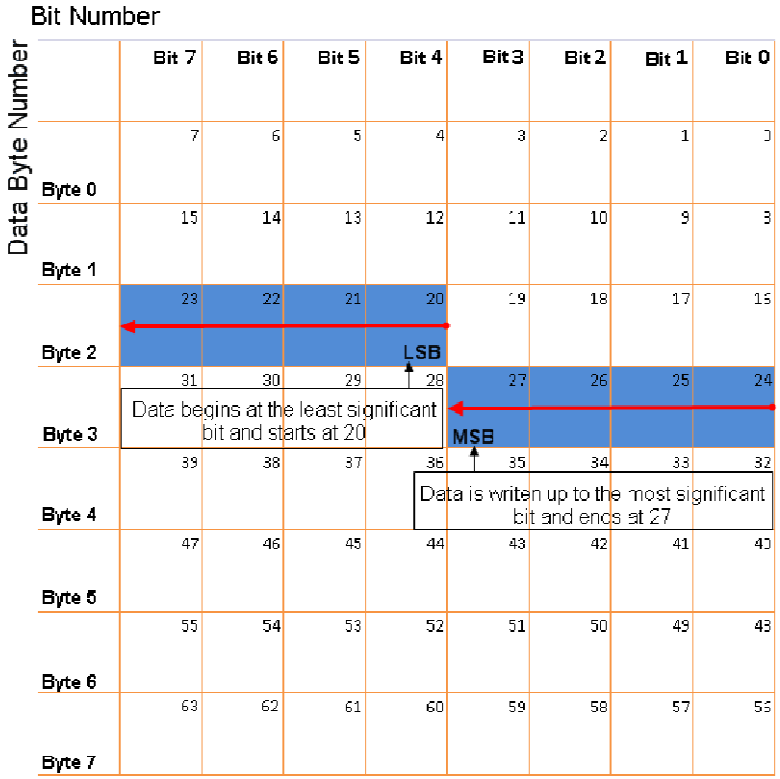
16) Pozor na dodavatele, opravdu dodal co měl? Stalo se nám, že jsme objednali budiče TJA1055T. Od nejmenovaného dodavatele zboží dorazilo, na sáčku bylo označeni správné. Nicméně zařízení po osazení nefungovalo. Zběžným pohledem se zdálo že budič je správný. Ale byla to chyba, na pouzdře jsme přehlédli na konci označení "/3", to znamená že bez pull up rezistoru budič nepojede.....



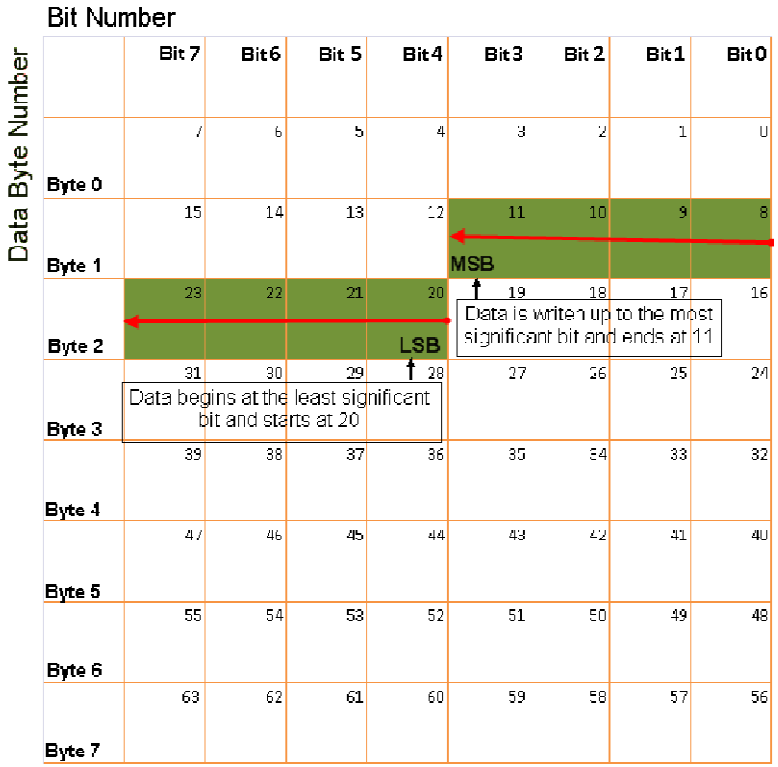
Big / little endian

(zdroj: https://jp.mathworks.com/help/vnt/ug/canpack.html)

little

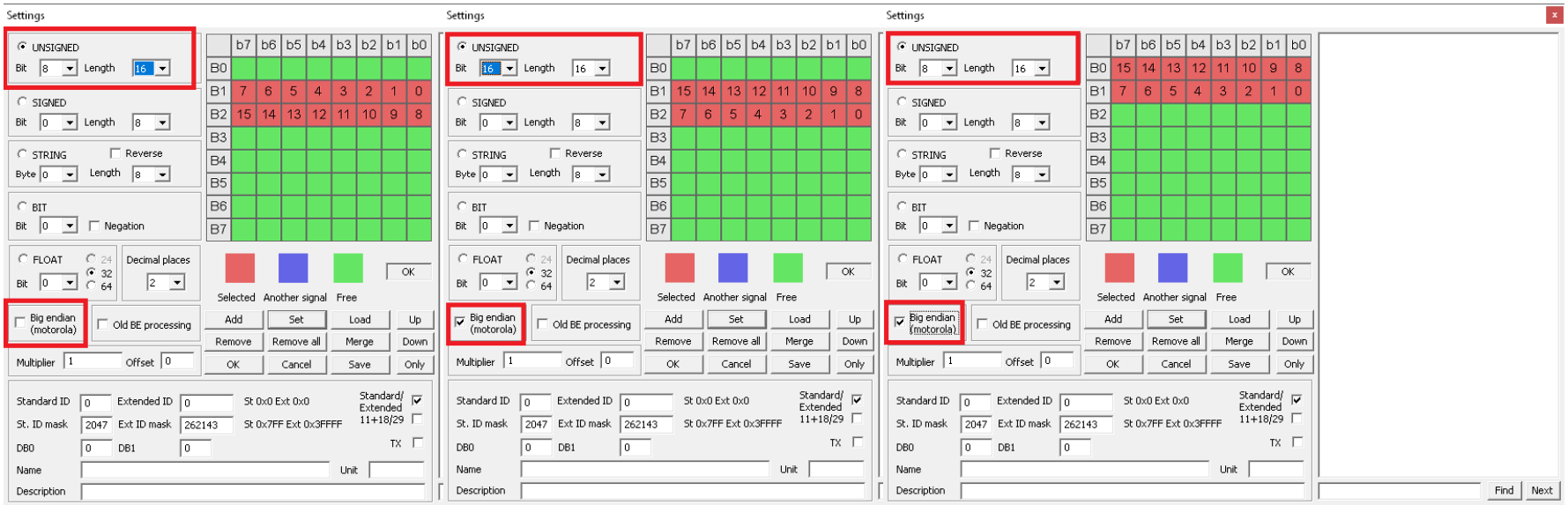


big



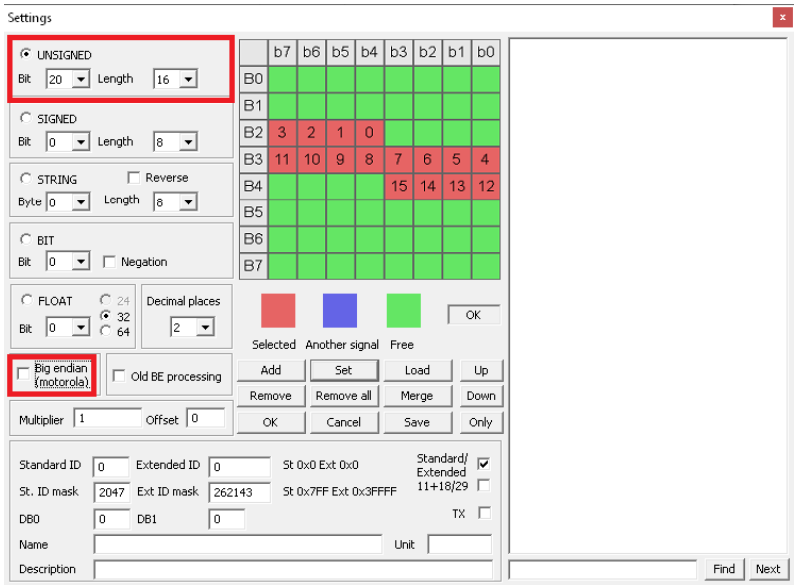
Endian

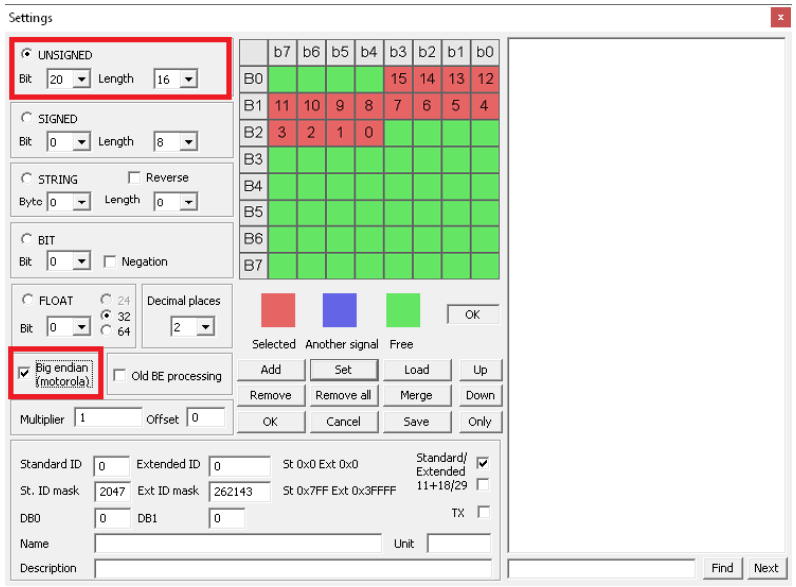
- zadává se pozice nejnižšího bitu



Endian

- data mohou začínat kdekoliv





Protokoly založené na CANu

- ARINC 825 - letectví
- CANaerospace - letectví
- CAN Kingdom - automatizace
- CANopen - automatizace
- CCP/XCP - automotive, kalibrace a měření ECU
- DeviceNet - automatizace, navržen Allen-Bradley
- EnergyBus - light electric vehicles
- ISOBUS - ISO11783, zemědělská, lesní technika
- SAE J1939 - nákladní vozidla
- UDS Unified Diagnostic Services - ISO14229, diagnostika vozidel
- MilCAN - vojenská vozidla
- NMEA2000 - lodě
- SDS - Smart Distributed System, Honeywell, senzory, pohony
- UAVCAN - aerospace and robotic applications
- HAPCAN - domácí automatizace

CAN bus – osobní vozidla

- Každá automobilka má vlastní protokol
- Není normalizován – nelze získat volně
- Pouze po domluvě s automobilkou
- V některých případech chaotické
- VW – takzvané CAN data - matice
- Stejné napříč koncernem

- Pozor na endian

- Přenositelný formát: DBC soubory

SAE J1939

- Stíněný 250kbitu/s
  - 30 ECU, 40m, odbočka 1m, J1939-11
- Nestíněný 250kbitu/s
  - 10 ECU, 40m, odbočka 3m, J1939-15
- Stíněný + Nestíněný 500kbitu/s
  - 40m – 30 ECU, 56,4m – 2 ECU, J1939-15, odbočka 1,67m, J1939-14
- Pozor na krouceny pár, dnes se může jednat o automobilový ethernet.

SAE J1939

29 bit CAN-Identifier			Data
28 … 26	25 … 8	7 … 0 bit	0 … 8 byte
Priority	PGN (Parameter Group Number)	SA (Source Address)	PDU (Protocol Data Unit)

PGN			
25	24	23 … 16	15 … 8
R (Reserved)	DP (Data Page)	PF (PDU Format)	PS (PDU Specific)

	I.	PDU1 Format (specific) (peer to peer)		
		23 … 16	15 … 8	
		00h … EFh (0 … 239)	DA (Destination Address)	0 … 61439
or	II.	PDU2 Format (global) (broadcast)		
		23 … 16	15 … 8	
		F0h … FFh (240 … 255)	GE (Group Extension)	61440 … 65535

*R-reserved, dnes Extended data page

SAE J1939

Nákladní vozidla, stroje se spalovacími motory, zemědělská technika

PGN - Parameter Group Number

	PDU Format	PDU Specific	Communication Mode
PDU1 Format	0 – 239 0hex - EFhex	Destination Address	Peer-to-Peer
PDU2 Format	240 – 255 F0hex - FFhex	Group Extension	Broadcasting

Extended Data Page (EDP)	Data Page (DP)	Description
0	0	SAE J1939 and ISO 11783
0	1	SAE J1939 NMEA2000 (N2k)
1	0	SAE J1939 – reserved
1	1	ISO 11992 Diagnostics

DP	PGN Range (hex)	Number of PGNs	SAE or Manufacturer Assigned	Communication
0	000000 – 00EE00	239	SAE	PDU1 = Peer-to-Peer
0	00EF00	1	MF	PDU1 = Peer-to-Peer
0	00F000 – 00FEFF	3840	SAE	PDU2 = Broadcast
0	00FF00 – 00FFFF	256	MF	PDU2 = Broadcast
1	010000 – 01EE00	239	SAE	PDU1 = Peer-to-Peer
1	01EF00	1	MF	PDU1 = Peer-to-Peer
1	01F000 – 01FEFF	3840	SAE	PDU2 = Broadcast
1	01FF00 – 01FFFF	256	MF	PDU2 = Broadcast

Různé rozsahy -> PRIORITA !

Speciální PGN

- FC00 – Transport protocol – Connection management
- FB00 – Transport Protocol – Data Transfer
- EA00 – Request
- E800 – Acknowledgement
- C900 – Request 2
- CA00 – Transfer
- EE00 - Address Claim
- FE00 – Commanded Address
- DA00 – UDS
- atd….

Rozsahy hodnot

Počet bitů	Signál	Parameter specific indicator	Reserved for future indicator bits	Error indicator	Not available
2	0-1			2	3
4	0-A	FB	C-D	E	F
8	0-FA	FB	FC-FD	FE	FF
10	0-3FA	3FB	3FC-3FD	3FE	3FF
12	0-FAF	FB00-FBFF	FC00-FDFF	FE00-FEFF	FF00-FFFF
16	0-FAFF	FB00-FBFF	FC00-FDFF	FE00-FEFF	FF00-FFFF
20	0-FAFFF	FB000-FBFFF	FC000-FDFFF	FE000-FEFFF	FF000-FFFFF
24	0-FAFFFF	FB0000-FBFFFF	FC0000-FDFFFF	FE0000-FEFFFF	FF0000-FFFFFF
28	0-FAFFFFF	FB00000-FBFFFFF	FC00000-FDFFFFF	FE00000-FEFFFFF	FF00000-FFFFFFF
32	0-FAFFFFFF	FB000000-FBFFFFFF	FC000000-FDFFFFFF	FE000000-FEFFFFFF	FF000000-FFFFFFFF

SPN 190 ***Engine Speed***

Actual engine speed which is calculated over a minimum crankshaft angle of 720 degrees divided by the number of

Data Length: 2 bytes

Resolution: 0.125 rpm/bit, 0 offset

Data Range: 0 to 8,031.875 rpm Operational Range: same as data range

Type: Measured

Supporting information:

PGN 61444

0 CF004 00->* 8 FF FF A4 D9 21 FF FF FF 176.547640 R

Little endian - první bajt má menší váhu

21 D9

Hexadecimálně na dekadicky

8665

Váha 1 bitu je 0.125 rpm
Offset je 0

8665*.125 + 0 = 1083.125 rpm

Výsledek

SPN: Suspect Parameter Number

PGN 61444 ***Electronic Engine Controller 1*** ***- EEC1***

Engine related parameters

Transmission Repetition	engine speed dependent	
Data Length:	8	
Data Page:	0	
PDU Format:	240	
PDU Specific:	4	PGN Supporting Information:
Default Priority:	3	
Parameter Group Number:	61444	(0xF004)

Start Position	Length	Parameter Name	SPN
1.1	4 bits	Engine Torque Mode	899
2	1 byte	Driver's Demand Engine - Percent Torque	512
3	1 byte	Actual Engine - Percent Torque	513
4-5	2 bytes	Engine Speed	190
6	1 byte	Source Address of Controlling Device for Engine Control	1483
7.1	4 bits	Engine Starter Mode	1675
8	1 byte	Engine Demand – Percent Torque	2432

C F004 00 8 FF FF A4 D9 21 FF FF FF

ID: CF00400h

FFh,FFFFh - neznámá data

Delší data než 8 bajtů

BAM – Broadcast Announce Message

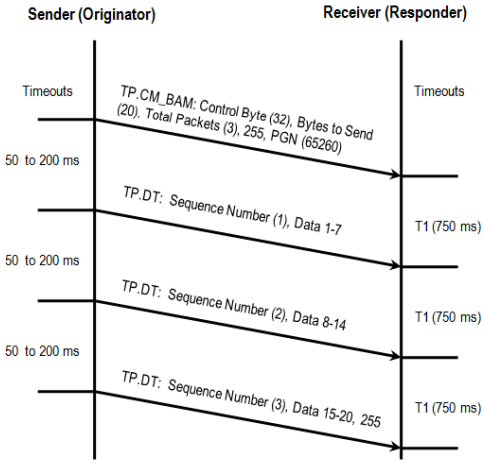
Parameter Group Name	**Transport Protocol – Connection Management (TP.CM)**
Parameter Group Number	60416 (0xEC00)
Definition	Used for Communication Management flow-control (e.g. Broadcast Announce Message).
Transmission Rate	According to the Parameter Group Number to be transferred
Data Length	8 bytes
Extended Data Page (R)	0
Data Page	0
PDU Format	236
PDU Specific	Destination Address (= 255 for broadcast)

Broadcast Announce Message (TP.CM_BAM): Global Destination

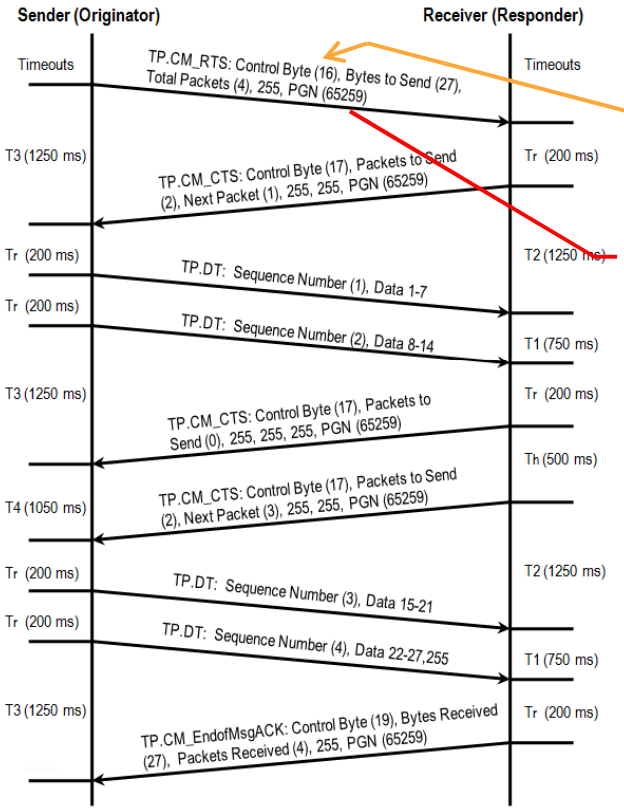
Byte:	1	Control byte = 32, Broadcast Announce Message
	2,3	Total message size, number of bytes
	4	Total number of packets
	5	Reserved for assignment by SAE, this byte should be filled with FF_{16}
	6-8	Parameter Group Number of the packeted message

Parameter Group Name	**Transport Protocol – Data Transfer (TP.DT)**
Parameter Group Number	60160 (0xEB00)
Definition	Data Transfer of Multi-Packet Messages
Transmission Rate	According to the Parameter Group Number to be transferred
Data Length	8 bytes
Extended Data Page (R)	0
Data Page	0
PDU Format	235
PDU Specific	Destination Address
Default Priority	7
Data Description	
Byte	1 – Sequence Number (1 to 255)
	2-8 - Data

BAM



Connection Mode Messages



co přenáším

Parameter Group Name	**Transport Protocol – Connection Management (TP.CM)**
Parameter Group Number	60416 (0x00EC00)
Definition	Used for Communication Management flow-control (e.g. *Request to Send*, *Clear to Send*, etc.).
Transmission Rate	According to the Parameter Group Number to be transferred
Data Length	8 bytes
Extended Data Page (R)	0
Data Page	0
PDU Format	236
PDU Specific	Destination Address (= 255 for broadcast)
Default Priority	7
Data Description	Depending on content of Control Byte – See following description.

TP.CM_RTS

Connection Mode Request to Send
1 - Control Byte = 16
2,3 – Message Size (Number of bytes)
4 – Total number of packets
5 – Max. number of packets in response to CTS. No limit when filled with 0xFF.
6-8 – Parameter Group Number of the multi-packet message (6=LSB, 8=MSB)

TP.CM_CTS

Connection Mode Clear to Send
1 - Control Byte = 17
2 - Total number of packets (should not exceed byte 5 in RTS)
3 – Next packet number
4,5 – Reserved (should be filled with 0xFF)
6-8 – Parameter Group Number of the multi-packet message (6=LSB, 8=MSB)

TP.CM_EndOfMsgACK

End of Message Acknowledgment
1 - Control Byte = 19
2,3 – Message Size (Number of bytes)
4 – Total number of packages
5 – Reserved (should be filled with 0xFF)
6-8 – Parameter Group Number of the multi-packet message (6=LSB, 8=MSB)

TP.Conn_Abort

Connection Abort
1 - Control Byte = 255
2 – Connection Abort Reason (See following description)
3-5 – Reserved (should be filled with 0xFF)
6-8 – Parameter Group Number of the multi-packet message (6=LSB, 8=MSB)

0F004	00->*	8	F0	7D	7D	00	00	00	FF	7D
0F004	00->*	8	F0	7D	7D	00	00	00	FF	7D
0EC00	00->FF	8	20	20	00	05	FF	E3	FE	00
0F004	00->*	8	F0	7D	7D	00	00	00	FF	7D
0F003	00->*	8	FF	00	00	FF	FF	FF	FF	FF
0FEDF	00->*	8	89	E0	15	FF	FF	FF	FF	FF
0F004	00->*	8	F0	7D	7D	00	00	00	FF	7D
0F004	00->*	8	F0	7D	7D	00	00	00	FF	7D
0F004	00->*	8	F0	7D	7D	00	00	00	FF	7D
0EB00	00->FF	8	01	E0	15	BA	A0	41	CB	40
0F004	00->*	8	F0	7D	7D	00	00	00	FF	7D
0FEF1	00->*	8	FF	00	00	00	00	00	00	FF
0F004	00->*	8	F0	7D	7D	00	00	00	FF	7D
0F004	00->*	8	F0	7D	7D	00	00	00	FF	7D
0F004	00->*	8	F0	7D	7D	00	00	00	FF	7D
0F003	00->*	8	FF	00	00	FF	FF	FF	FF	FF
0EB00	00->FF	8	02	1F	DD	80	25	E0	00	32
0F004	00->*	8	F0	7D	7D	00	00	00	FF	7D
0F004	00->*	8	F0	7D	7D	00	00	00	FF	7D

PGN 0EC00: Transport protocol – Connection manegement

20hex->32dec: BAM

20hex->32dec bajtů v 5 zprávách

PGN přenášených dat: 0FEE3

Zdrojová adresa 00hex, v jeden okamžik je možné přenášet více BAM, ale jen jednu z jedné adresy.

Přenášená data – každá zpráva obsahuje 7 datových bajtů.

Sekvenční číslo.

PGN 0EB00: Transport protocol – Data transfer

DBC – SAE J1939 - ukázka

```
BO_ 2364540158 EEC1: 8 Vector__XXX
 SG_ SrcAddrssOfCtrlIngDvcFrEngCntrl : 40|8@1+ (1,0) [0|255] "" Vector__XXX
 SG_ ActlEngPrcntTrqueHighResolution : 4|4@1+ (0.125,0) [0|0.875] "%" Vector__XXX
 SG_ EngDemandPercentTorque : 56|8@1+ (1,-125) [-125|125] "%" Vector__XXX
 SG_ EngStarterMode : 48|4@1+ (1,0) [0|15] "" Vector__XXX
 SG_ EngSpeed : 24|16@1+ (0.125,0) [0|8031.875] "rpm" Vector__XXX
 SG_ ActualEngPercentTorque : 16|8@1+ (1,-125) [-125|125] "%" Vector__XXX
 SG_ DriversDemandEngPercentTorque : 8|8@1+ (1,-125) [-125|125] "%" Vector__XXX
 SG_ EngTorqueMode : 0|4@1+ (1,0) [0|15] "" Vector__XXX
```

2364540158 = 8CF0 04FE
8000 0000 - 29 bitové ID
0CF0 04FE - ID
SAE, PDU2 - Broadcast
PGN – F004

BO_ Message definition

Format: BO_ <CAN-ID> <MessageName>: <MessageLength> <SendingNode>

SG_ Signal definition

Format: SG_ <SignalName> [M|m<MultiplexerIdentifier>] : <StartBit>|<Length>@<Endianness><Signed> (<Factor>,<Offset>) [<Min>|<Max>] "[Unit]" [ReceivingNodes]

Length: v bitech
Signed: + = unsigned; - = signed
Endianness: 1 = little-endian, Intel; 0 = big-endian, Motorola
M: multiplexer

DBC – multiplexované zprávy

```
BO_ 200 SENSOR_SONARS: 8 SENSOR
 SG_ SENSOR_SONARS_mux M : 0|4@1+ (1,0) [0|0] "" DRIVER,IO
 SG_ SENSOR_SONARS_err_count : 4|12@1+ (1,0) [0|0] "" DRIVER,IO
 SG_ SENSOR_SONARS_left m0 : 16|12@1+ (0.1,0) [0|0] "" DRIVER,IO
 SG_ SENSOR_SONARS_middle m0 : 28|12@1+ (0.1,0) [0|0] "" DRIVER,IO
 SG_ SENSOR_SONARS_right m0 : 40|12@1+ (0.1,0) [0|0] "" DRIVER,IO
 SG_ SENSOR_SONARS_rear m0 : 52|12@1+ (0.1,0) [0|0] "" DRIVER,IO
 SG_ SENSOR_SONARS_no_filt_left m1 : 16|12@1+ (0.1,0) [0|0] "" DBG
 SG_ SENSOR_SONARS_no_filt_middle m1 : 28|12@1+ (0.1,0) [0|0] "" DBG
 SG_ SENSOR_SONARS_no_filt_right m1 : 40|12@1+ (0.1,0) [0|0] "" DBG
 SG_ SENSOR_SONARS_no_filt_rear m1 : 52|12@1+ (0.1,0) [0|0] "" DBG
```

SENSOR_SONARS_mux – 4 bitový multiplexer

Definovány varianty m0 a m1

DBC – transport protokol

```
BO_ 2566756862 AT2HI: 36 Vector__XXX
 SG_ AftrtrtmnT2TtlNmbrOfActvRgnrtnMn : 224|32@1+ (1,0) [0|4294967295] "counts" Vector__XXX
 SG_ AftrtrtmnT2TtlNmbrOfActvRgnrtnIn : 192|32@1+ (1,0) [0|4294967295] "counts" Vector__XXX
 SG_ AftrtrtmnT2AvrgTmBtwnActvRgnrtns : 256|32@1+ (1,0) [0|4211081215] "s" Vector__XXX
 SG_ AftrtrtmnT2TtlNmbrOfPssvRgnrtns : 160|32@1+ (1,0) [0|4294967295] "counts" Vector__XXX
 SG_ AftrtrtmnT2TtlPssvRgnrationTime : 128|32@1+ (1,0) [0|4211081215] "s" Vector__XXX
 SG_ AftrtrtmnT2TtlNmbrOfActvRgnrtns : 96|32@1+ (1,0) [0|4294967295] "counts" Vector__XXX
 SG_ AftrtreatmentT2TotalDisabledTime : 64|32@1+ (1,0) [0|4211081215] "s" Vector__XXX
 SG_ AftrtrtmnT2TtalRegenerationTime : 32|32@1+ (1,0) [0|4211081215] "s" Vector__XXX
 SG_ AftertreatmentT2TotalFuelUsed : 0|32@1+ (0.5,0) [0|2105540607.5] "L" Vector__XXX
```

- DM1 Diagnostic Message 1, Active Diagnostic Trouble Codes
- DM2 Diagnostic Message 2, Previously Active Diagnostic Trouble Codes
- DM3 Diagnostic Message 3, Diagnostic Data Clear/Reset for Previously Active DTCs
- DM4 Diagnostic Message 4, Freeze Frame Parameters
- DM5 Diagnostic Message 5, Diagnostic Readiness
- DM6 Diagnostic Message 6, Continuously Monitored Systems Test Results
- DM7 Diagnostic Message 7, Command Non-continuously Monitored Test
- DM8 Diagnostic Message 8, Test Results for Non-continuously Monitored Systems
- DM9 Diagnostic Message 9, Oxygen Sensor Test Results
- DM10 Diagnostic Message 10, Non-continuously Monitored Systems Test Identifiers Support
- DM11 Diagnostic Message 11, Diagnostic Data Clear/Reset for Active DTCs
- DM12 Diagnostic Message 12, Emissions Related Active DTCs
- DM13 Diagnostic Message 13, Stop Start Broadcast
- DM14 Diagnostic Message 14, Memory Access Request
- DM15 Diagnostic Message 15, Memory Access Response
- DM16 Diagnostic Message 16, Binary Data Transfer
- DM17 Diagnostic Message 17, Boot Load Data
- DM18 Diagnostic Message 18, Data Security
- DM19 Diagnostic Message 19, Calibration Information
- DM20 Diagnostic Message 20, Monitor Performance Ratio
- DM21 Diagnostic Message 21, Distance Travelled While MIL is Activated
- Stav v roce 2004, od té doby přidány další, například DM45 - Reports DTCs where emissions may exceed OBD Confirmed and Active threshold

CANopen

- protokol definovaný nad protokolem CAN
- spravován organizací CiA (CAN in Automation)
- nejen automatizační technika ale i vozidla, lékařství, námořnictví atd.
- zařízení nazýváno jako NODE

Node ID

- ID zařízení, hodnota 1..127
- hodnota 0 je určena pro zprávy všem zařízením
- identifikátory jsou pak nazývány jako COB-ID (Communication Object ID)
- hodní 4 bity jsou jsou Function Code, dolních 7 pak Node ID

Communication object	COB-ID(s) hex	Slave nodes	Specification
NMT node control	000	Receive only	CiA 301
Global failsafe command	001	?	CiA 304
Sync	080	Receive only	CiA 301
Emergency	080 + NodeID	Transmit	CiA 301
TimeStamp	100	Receive only	CiA 301
PDO	180 + NodeID 200 + NodeID 280 + NodeID 300 + NodeID 380 + NodeID 400 + NodeID 480 + NodeID 500 + NodeID	1. Transmit PDO 1. Receive PDO 2. Transmit PDO 2. Receive PDO 3. Transmit PDO 3. Receive PDO 4. Transmit PDO 4. Receive PDO	CiA 301
SDO	580 + NodeID 600 + NodeID	Transmit Receive	CiA 301
NMT node monitoring (node guarding/heartbeat)	700 + NodeID	Transmit	CiA 301
LSS	7E4 7E5	Transmit Receive	CiA 305

NMT - řízení provozního režimu - maximální priorita

SDO – COB ID nelze změnit !!!

LSS – Lazer Setting Services (node id, bitrate, identifikace) - nízká priorita

NMT - Network management

- zpráva se skládá z identifikátoru a dvou datových bytů
- identifikátor má hodnotu 0, má tak nejvyšší prioritu
- první bajt obsahuje příkaz (start/stop remote node, reset atd)
- druhý bajt pak obsahuje adresu

Node Guarding a Heartbeat

- 700h+Node ID
- monitorování stavu zařízení
- Nodeguarding - správce sítě (např PLC) periodicky monitoruje slave jednotky v CAN sítí
- Heartbeat – nody i master odesílají svůj stav

SDO - Service Data Objects

- každé zařízení obsahuje slovník objektů
- ty jsou jednak dány normou a jednak volne definovatelné výrobcem
- každá položka slovníku má svůj index a subindex
- jsou to
  - konfigurační parametry
  - měřené veličiny
  - řízené veličiny
  - mapování PDO
  - atd.
- není určeno pro vlastní řízení i když se to tak často používá
- profily pro různá zařízení

7.2.39 **Object 6202h:** DO Polarity 8 output lines

This object shall define the polarity of a group of 8 output lines. Output polarity can be inverted individually.

0 – output not inverted 1 – output inverted

If the object is not supported the device behaves accordingly to the default value.

OBJECT DESCRIPTION

Index	6202h
Name	**DO Polarity 8 output lines**
Object Code	ARRAY
Data Type	Unsigned8
Category	Optional

ENTRY DESCRIPTION

Sub-Index	0h
Description	number of entries
Entry Category	Mandatory
Access	ro
PDO Mapping	No
Value Range	1 - C7h
Default Value	No

Sub-Index	1h
Description	**DO Polarity 8 output lines** 1
Entry Category	Mandatory
Access	rw
PDO Mapping	No
Value Range	Unsigned8
Default Value	0

Sub-Index	2h
Description	**DO Polarity 8 output lines** 2
Entry Category	Optional
Access	rw
PDO Mapping	No
Value Range	Unsigned8
Default Value	0

PDO - Process Data Objects

- přenos řídících a procesních dat
- oba směry, TPDO a RPDO
- 4 COB-ID pro každý směr a node, lze i více, ale pak nutno definovat ID
- vyšší priorita než SDO
- data přenášená nebo přijímaná v PDO jsou obvykle volně definovatelná
- lze definovat například že slave odesílá data automaticky při každém n-tém příjmu zprávy SYNC
- odesíláno ale nejen na SYNC ale i například podle časovače nebo pokud nastane nějaká jiná událost

`

Software

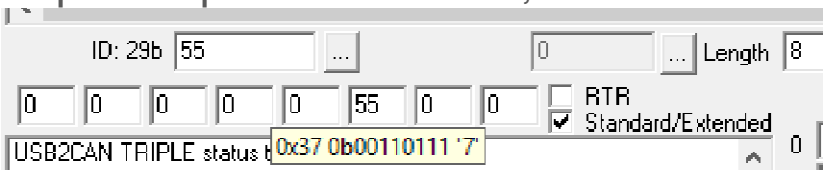
- Na Windows neexistuje jednotné rozhraní
  - SW musí podporovat HW
  - Každý výrobce má svoje API
- OS Linux obsahuje SocketCAN
  - HW které podporuje SocketCAN bude fungovat se SW, který také SocketCAN podporuje
- Na úrovni sériové linky (LAWICEL/SLCAN protocol) – textový protokol, neefektivní

PP2CAN

- historicky z “Parallel Port To CAN”, rok 2003
  - zdarma
  - hotové nástroje pro práci, zaměřeno i na hacking CANu
  - vlastní skriptovací jazyk
  - rozšiřitelné pomocí pluginů (dll)
  - plugin může sloužit i pro připojení vlastního interface
  - nově i podpora CAN FD u základních funkcí
  - nová verze přibližně každý měsíc
  - API X2CAN je placené při prvním odběru převodníku, pro další se již neplatí
  - jedná se jen o poplatek za údržbu kódu
  - USB2CAN - popis komunikačního protokolu
  - pro převodník ETH2CAN taktéž k dispozici popis komunikačního protokolu na TCP
  - USB2CAN TRIPLE, 2x klasický CAN, 1x CAN FD
  - USB2CAN COMBO, 1x CAN FD, 1x LOW speed CAN, 1x Single wire CAN
  - USB2LIN, 1x klasický CAN, 2x LIN, slave/master

PP2CAN - zobrazení a zadávání dat

- v Options lze definovat preferovaný formát dekadicky nebo hexadecimálně
- je li nad zadávacím polem podržen kurzor, zobrazí se nápověda



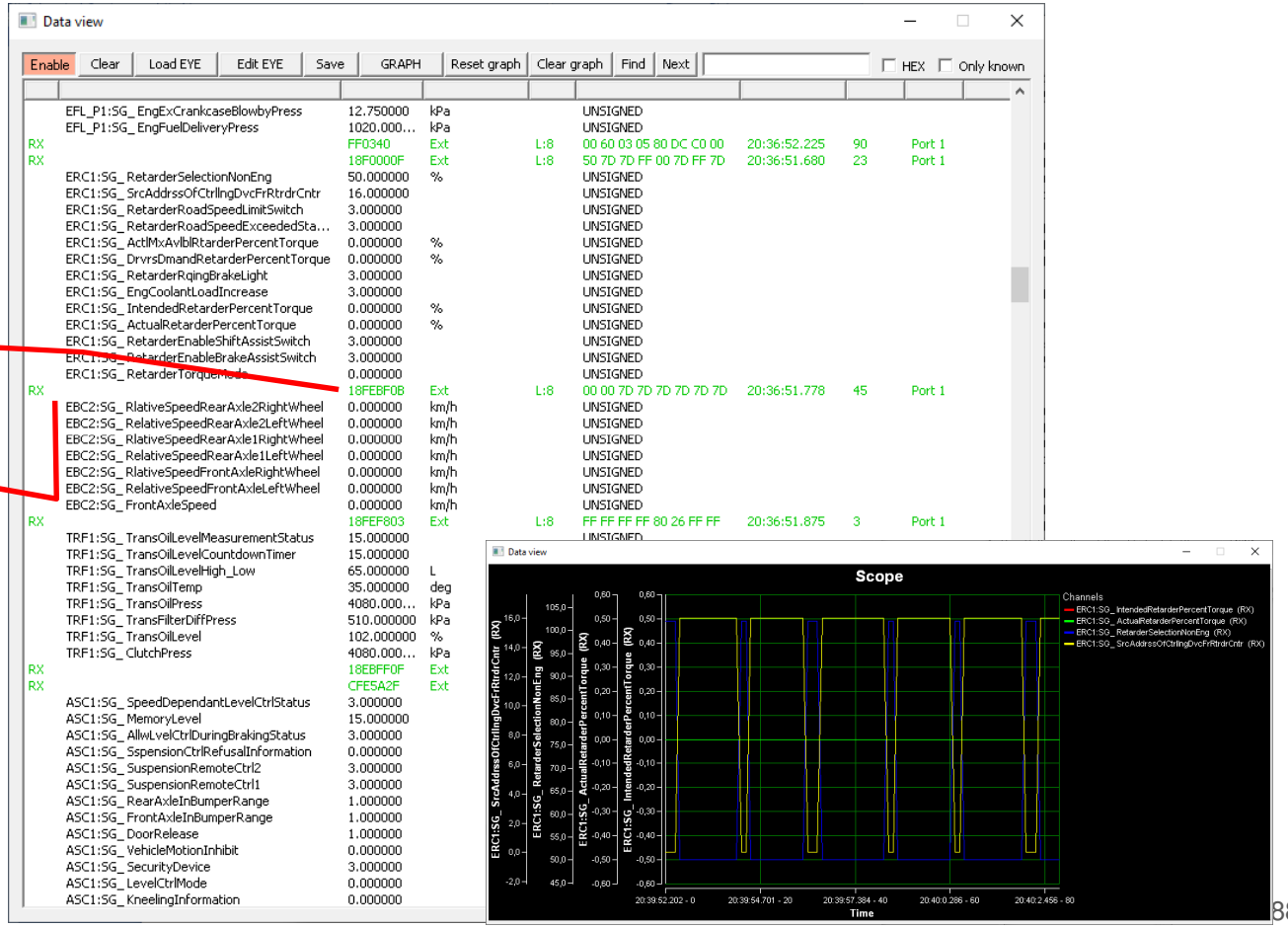
- ta zobrazuje data hexadecimálně, binárně a jedná li se o tisknutelný znak tak i ASCII znak
- zadávání dat je možné jak dekadicky tak i:
  - hexadecimálně pomocí prvního znaku ‘x’
  - binárně pomocí prvního znaku ‘b’
  - jako ASCII znak zadáním znaku ‘>’

- rámce s rozšířeným, 29 bitovým identifikátorem možné zobrazit jako jedno 29 bitové číslo nebo jako 2 čísla, 11 bitová standardní část a 18 bitová rozšířená část
- pro kopírování zpráv funguje clipboard
- seznam předdefinovaných zpráv
- projekt
- uložení logu dat
- přehrávání logu
- filtrace přehrávaných dat
- off-line filtrace

Data view

Zpráva

Dekódované položky



Grid log

Grid log

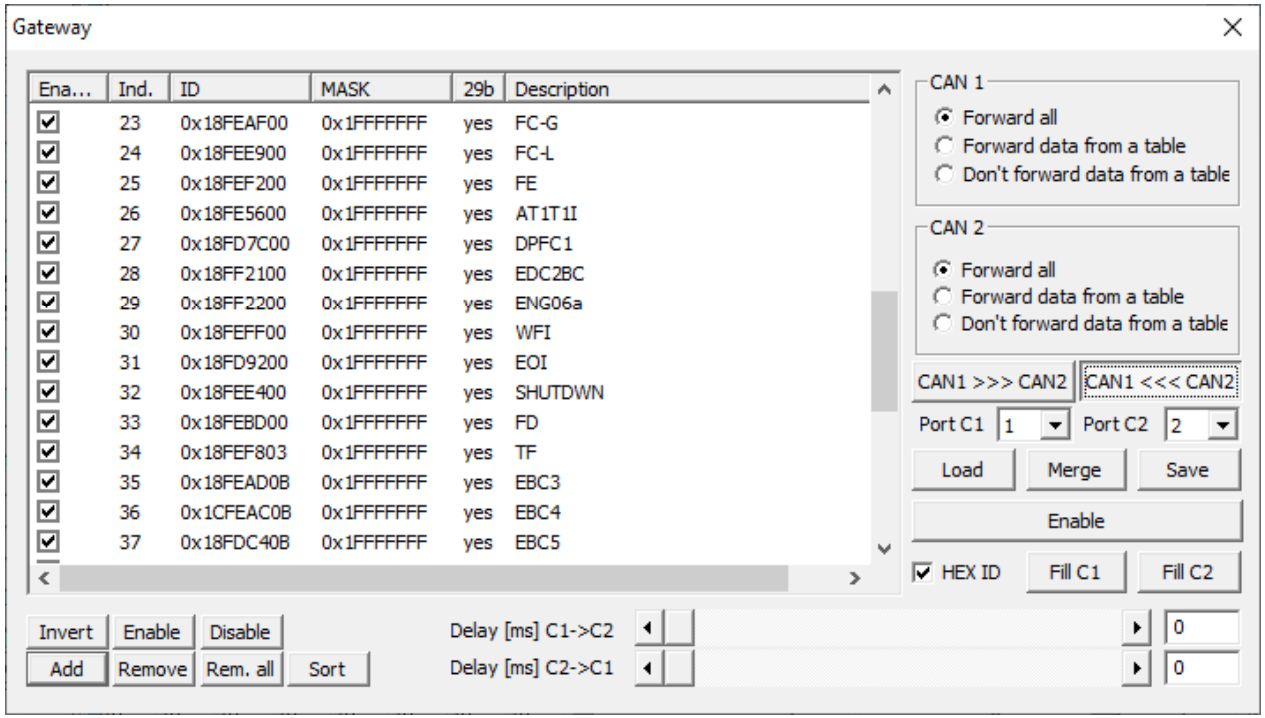
HEX Id format | HEX Data format | Only changed | ENABLE | RESET | SAVE | Port 1 | Autoarrange

#	StExt	Id1	Id2	Id	FD	DLC	DB0	DB1	DB2	DB3	DB4	DB5	DB6	DB7	Count
0	Ext	1599	188160	419356416		8	131	112	1	10	125	255	255	255	304
1	Ext	1599	179979	419348235		8	0	0	125	125	125	125	255	255	1508
2	Ext	769	197437	201786173		8	125	4	0	0	0	0	255	255	7578
3	Ext	828	1024	217056256		8	240	125	140	184	18	0	243	139	7583
4	Ext	828	515	217055747		8	192	0	0	255	255	205	17	255	[illegible]
5	Ext	831	212224	218053888		8	0	0	245	96	8	6	90	64	1517
6	Ext	768	4107	201330699		8	252	255	250	0	255	255	255	255	377
7	Ext	63	196911	16711983		8	0	125	0	125	0	125	255	255	3031
8	Ext	63	197167	16712239		8	255	255	255	255	255	255	255	255	3030
9	Ext	63	197423	16712495		8	16	224	3	5	128	220	192	0	3030
10	Ext	768	3843	201330435		8	239	255	255	125	255	255	255	255	1516
11	Ext	768	4135	201330727		8	252	255	255	125	255	255	255	255	1462
12	Ext	1596	15	418381839		8	80	125	125	255	0	125	255	125	759
13	Ext	1596	1283	418383107		8	125	0	0	125	32	78	32	78	758
14	Ext	1599	196641	419364897		8	0	255	255	255	255	255	255	252	1461
15	Ext	1599	205056	419373312		8	32	17	80	0	0	0	0	86	1516
16	Ext	831	196647	218038311		8	0	25	255	255	255	255	255	255	1461
17	Ext	768	3	201326595		8	236	255	255	250	255	255	255	255	758
18	Ext	768	11	201326603		8	252	255	250	250	255	255	255	255	754
19	Ext	828	768	217056000		8	193	0	31	255	255	255	255	255	1516
20	Ext	1538	317	403177789		8	242	45	84	47	250	255	255	192	1516
21	Ext	1599	195623	419363879		8	255	250	255	255	255	255	255	255	77
22	Ext	831	158958	218000622		8	255	255	255	252	255	255	0	0	1482
23	Ext	1537	197181	403112509		8	198	0	124	36	0	0	1	49	1516
24	Ext	1596	267	418382091		8	192	255	240	255	255	13	255	255	754
25	Ext	1599	180718	419348974		8	40	106	174	3	0	0	0	0	75
26	Ext	1599	182787	419351043		8	192	255	0	0	0	0	255	255	77
27	Ext	1599	190190	419358446		8	255	255	255	255	255	255	255	255	75
28	Ext	1599	182851	419351107		8	192	255	0	0	0	0	255	255	77
29	Ext	1599	193024	419361280		8	41	0	0	0	255	255	255	255	758
30	Ext	1599	182800	419351056		8	192	255	0	0	0	0	255	255	77
31	Ext	1599	192768	419361024		8	243	0	0	4	255	0	3	255	758
32	Ext	1537	197693	403113021		8	0	0	255	255	255	255	255	255	758
33	Ext	1596	16	418381840		8	240	125	125	255	16	125	125	125	758
34	Ext	820	143143	215101223		8	3	0	255	255	255	255	240	255	731
35	Ext	1599	175399	419343655		8	0	0	0	0	255	255	255	255	730

Došlo ke změně dat

Zpráva byla přijata

Gateway


Gateway
Ena... Ind. ID MASK 29b Description
23 0x18FEAF00 0x1FFFFFFF yes FC-G
24 0x18FEE900 0x1FFFFFFF yes FC-L
25 0x18FEF200 0x1FFFFFFF yes FE
26 0x18FE5600 0x1FFFFFFF yes AT1T1I
27 0x18FD7C00 0x1FFFFFFF yes DPFC1
28 0x18FF2100 0x1FFFFFFF yes EDC2BC
29 0x18FF2200 0x1FFFFFFF yes ENG06a
30 0x18FEFF00 0x1FFFFFFF yes WFI
31 0x18FD9200 0x1FFFFFFF yes EOI
32 0x18FEE400 0x1FFFFFFF yes SHUTDWN
33 0x18FEBD00 0x1FFFFFFF yes FD
34 0x18FEF803 0x1FFFFFFF yes TF
35 0x18FEAD0B 0x1FFFFFFF yes EBC3
36 0x1CFEAC0B 0x1FFFFFFF yes EBC4
37 0x18FDC40B 0x1FFFFFFF yes EBC5
CAN 1
Forward all
Forward data from a table
Don't forward data from a table
CAN 2
Forward all
Forward data from a table
Don't forward data from a table
CAN1 >>> CAN2
CAN1 <<< CAN2
Port C1 1
Port C2 2
Load
Merge
Save
Enable
HEX ID
Fill C1
Fill C2
Invert
Enable
Disable
Add
Remove
Rem. all
Sort
Delay [ms] C1->C2
Delay [ms] C2->C1
0
0

Příjem otáček dle SAE J1939

- Signal receiver
- zadání jen PGN
- zadání masky
- big/little endian
- měřítko a offset
- generování otáček - Data generator

1.1.3 Electronic Engine Controller #1: EEC1

0x00F004								PGN Hex
61,444								PGN
20 ms								Rep. Rate
Data Byte 1	Data Byte 2	Data Byte 3	Data Byte 4	Data Byte 5	Data Byte 6	Data Byte 7	Data Byte 8	Byte No
		8 7 6 5 4 3 2 1	8 7 6 5 4 3 2 1	8 7 6 5 4 3 2 1				Bit No
Not used for (Bus) FMS-Standard	Not used for (Bus) FMS-Standard	Actual Engine – Percent Torque 1 % / Bit -125 % offset SPN 513	Engine speed 0.125 rpm / Bit gain 0 rpm offset SPN 190	Engine speed 0.125 rpm / Bit gain 0 rpm offset SPN 190	Not used for (Bus) FMS-Standard	Not used for (Bus) FMS-Standard	Not used for (Bus) FMS-Standard	Name Name values values values SPN

Možnosti generování dat

- pomocí nástrojů v programu PP2CAN
- skriptovací jazyk v programu PP2CAN
- uživatelský plugin do PP2CAN (C++, C#)
- vlastní aplikace pomocí X2CAN API

USB2CAN Triple

- podpora na linuxu – SocketCAN
- možno používat nástroje třetích stran, které podporují SocketCAN (wireshark)

ETH2CAN

- k dispozici i popis TCP paketů (například pro implementaci do PLC)

Single Frame (SF)

Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
Bits 7 - 4 Frame Type (0 for SF)	Bits 3 - 0 # of data bytes in this message	Service ID (for UDS)	Data	Data	Data	Data	Data	Data

First Frame (FF)

Byte 0		Byte 1		Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
Bits 7 - 4 Frame Type (1 for FF)	Bits 3 - 0 # of data bytes in this message	Bits 7-4 0x01	Bits 3-0 Upper 4 bits of message length	Lower Byte of Message Length	Service ID	Data	Data	Data	Data

Consecutive Frame (CF)

Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
Bits 7 - 4 Frame Type (2 for CF)	Bits 3 - 0 Message Serial Number	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data

Functional Unit	SID	Available in Default Session	Available for RoE	Has Sub-Function	Service Name	Mnemonic
Diagnostic and Communication Management	$10	✓		✓	Diagnostic Session Control	DSC
	$11	✓		✓	ECU Reset	ER
	$27			✓	Security Access	SA
	$28			✓	Communication Control	CC
	$3E	✓		✓	Tester Present	TP
	$83			✓	Access Timing Parameter	ATP
	$84				Secured Data Transmission	SDT
	$85			✓	Control DTC Setting	CDTCS
	$86	✓		✓	Response On Event	ROE
	$87			✓	Link Control	LC
Data Transmission	$22	✓	✓		Read Data By Identifier	RDBI
	$23	✓			Read Memory By Address	RMBA
	$24	✓			Read Scaling Data By Identifier	RSDBI
	$2A				Read Data By Periodic Identifier	RDBPI
	$2C	✓		✓	Dynamically Define Data Identifier	DDDI
	$2E	✓			Write Data By Identifier	WDBI
	$3D	✓			Write Memory By Address	WMBA
Stored Data Transmission	$14	✓			Clear Diagnostic Information	CDTCI
	$19	✓	✓	✓	Read DTC Information	RDTCI
Input Output Control	$2F		✓		Input Output Control By Identifier	IOCBI
Remote Activation of Routine	$31	✓	✓	✓	Routine Control	RC
Upload Download	$34				Request Download	RD
	$35				Request Upload	RU
	$36				Transfer Data	TD
	$37				Request Transfer Exit	RTE