



Školení CAN bus, 25.6.2019

www.canlab.cz

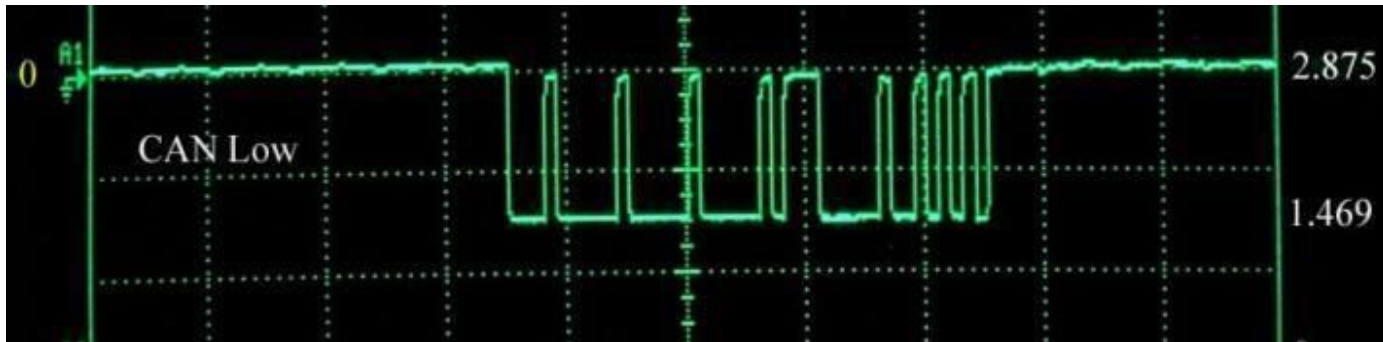
- 1983 Robert Bosch GmbH
- BMW 850 coupe, ušetřilo se 2km kabelů, 50kg
- od roku normalizován jako ISO 11898
- budič a radič
- peer to peer
- nedestruktivní řešení kolize CSMA/CR
- rámce obecně nenesou adresu příjemce, ale identifikují data
- cca 1Mbit/s - 25m nebo 10kbit - 5000m *
- jeden identifikátor rámce může používat jen jeden uzel

* podle budiče, kabelu, sample pointu atd

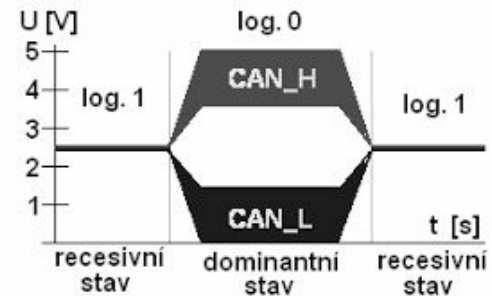
CAN H -> naHoru



CAN L -> doLu



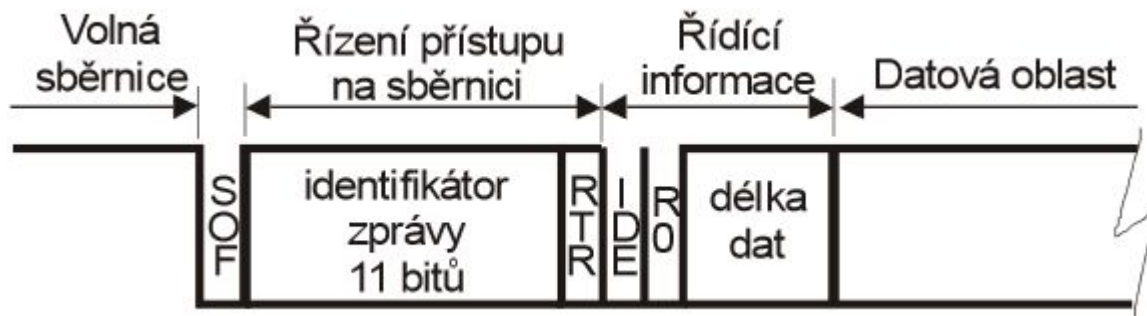
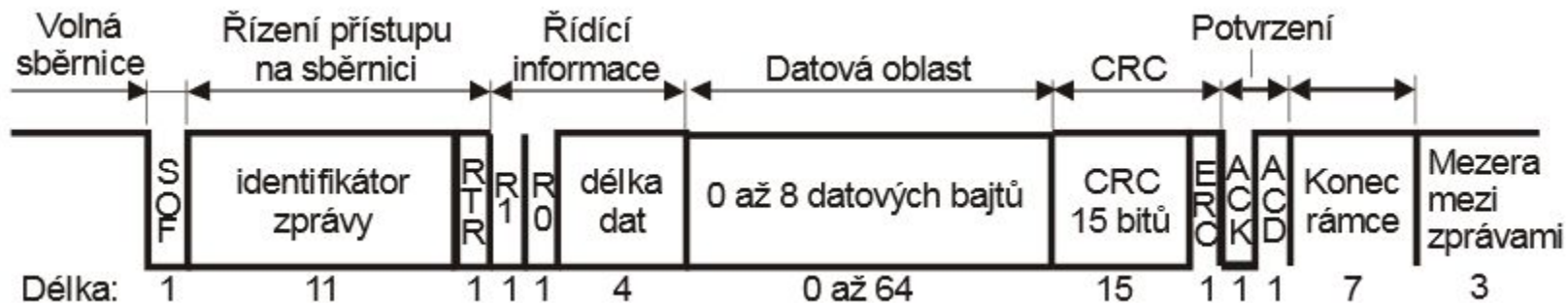
- rámec/zprávu musí potvrdit alespoň 1 příjemce
- během vysílání jsou data kontrolována i příjemci i odesílateli
- datový rámec, 0-8 bajtů
- RTR rámec - žádost o data, není moc rozšířeno jeho používání, CAN FD již od tohoto rámce upustil
- chybový rámec (6 recesivních nebo dominantních bitů)
- rámec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



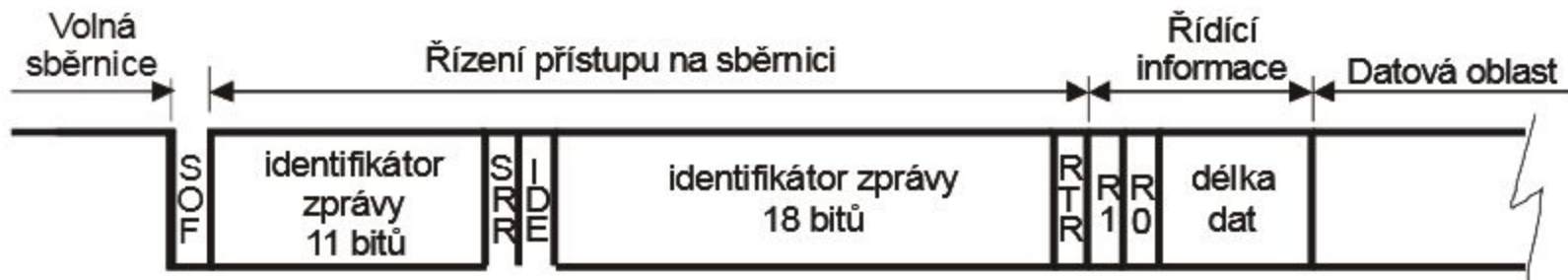
Zajímavost: délka dat (4b) je použitelná pro přenos dat

CAN 2.0A vs 2.0B standardní rámec

- první je přenášen nejméně významný bit



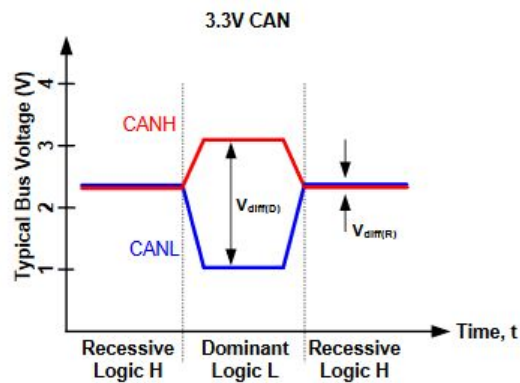
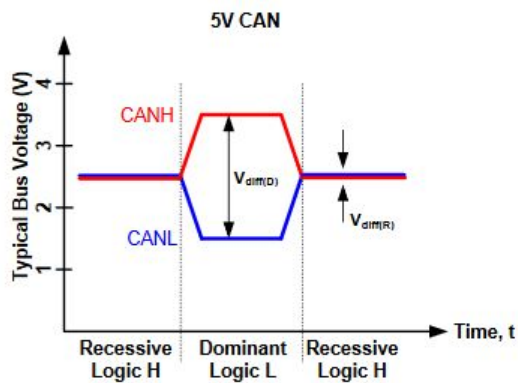
CAN 2.0 B rozšířený rámec



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

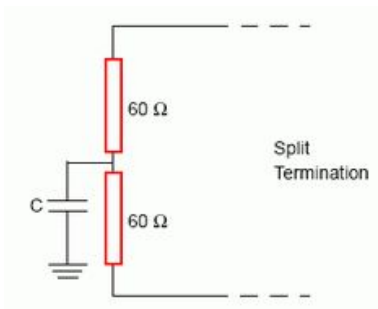


Topologie

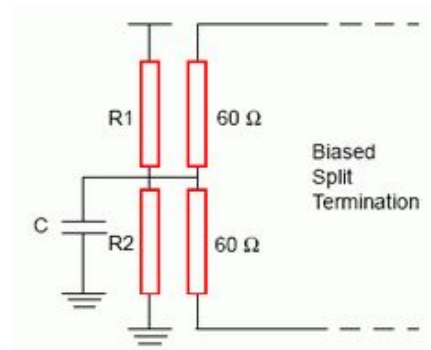
- pokud možno bez odboček
- v případě delší odbočky zvážit zakončení i v místě odbočky



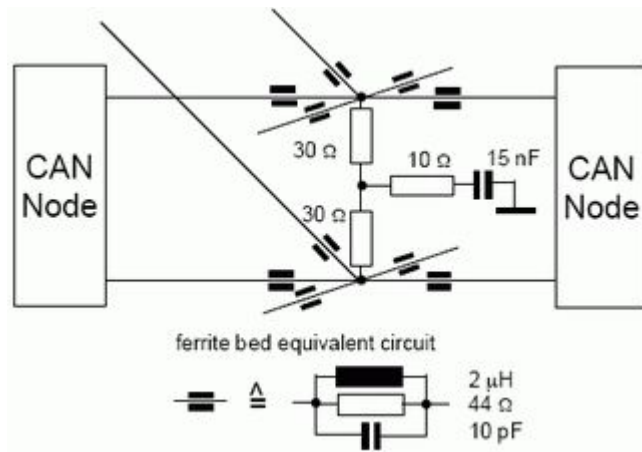
Možné i jiné varianty zakončení, například Split Termination, které redukuje vyzařování.



Zapojení zakončovacího odporu, které vylepšuje EMC a udržuje konstantní recesivní úroveň.

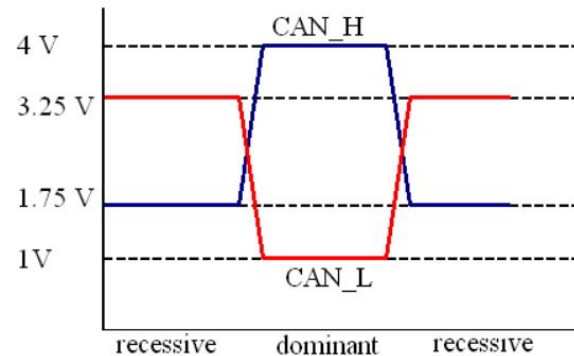


Patentované (Daimler-Benz) zapojení zakončovacího odporu pro hvězdicovou topologii. Je použito jen jedno zakončení ve středu hvězdice.



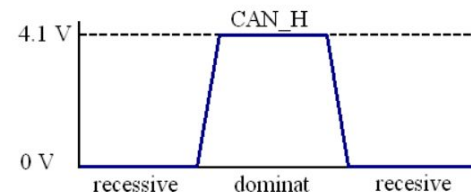
Low speed / Fault tolerant / ISO11898 / dříve 11519

- 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”



Single wire CAN / J2411

- vůči zemi
- recesivní 0V, dominantní 4V
- rychlost 33.3 kbit/s a 83.3 kbit/s

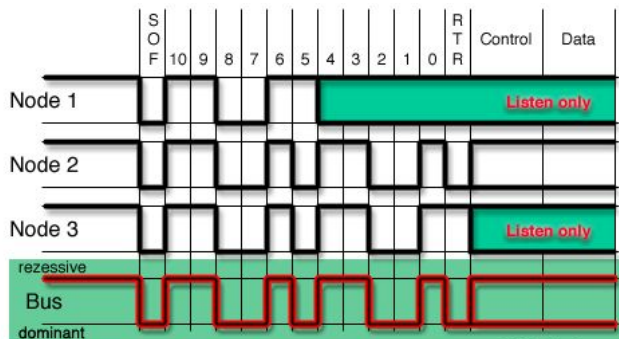


Truck to trailer / ISO 11992

- nominální rychlost 125 kbitů/s, do 40m
- úrovně definovány jako $\frac{1}{3}$ a $\frac{2}{3}$ Vcc (obvykle 24V)

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



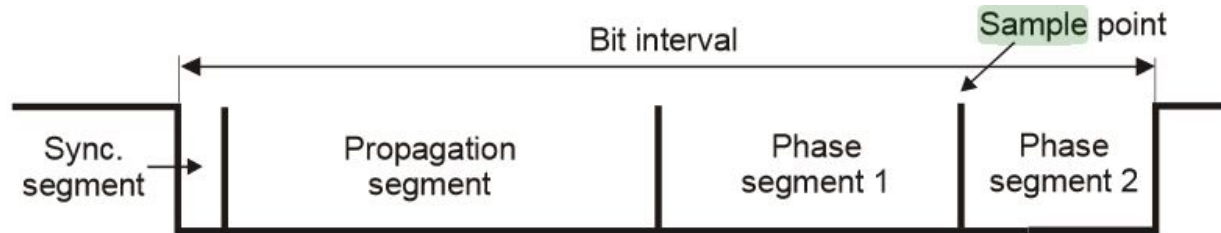
- vkládání bitů (bit stuffing), je-li 5 bitů stejných vložen opačný
- pevně dané hodnoty bitů
- ACK bit, příjemce dává dominantní úroveň, vysílač recesivní a kontroluje, že je skutečný stav dominantní
- zabezpečení na úrovni budiče CANu
 - některé budiče CANu mají vnitřní časovač, pokud je doba vysílání dominantní úrovně příliš dlouhá, je vysílač odpojen od CANu
- 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.

Poznámka: bezkontaktní čtení

* autodetekce není funkční, pokud je na sběrnici ticho

Časování

- 87.5 % CANopen, DeviceNet, SAE J1939
- ale ARINC 825 75%
- propagation segment - kompenzace zpoždění přenášeného signálu na sběrnici
- resynchronizace - probíhá při každém přechodu z recesivního do dominantního stavu
- PS1 může být prodloužen nebo PS2 zkrácen při resynchronizaci



TEC a REC

Transmit a receive error counter - HW čítače přímo v radiči

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

Error active

TEC a REC < 127

nastane li chyba je generován chybový rámeček s 6 dominantními bity čímž dojde k přerušení vysílání

Error passive

TEC nebo REC > 127

chybový rámeček z 6 recesivních bitů není tak narušena komunikace

Bus off

TEC > 255

opuštění je možné jen resetem řadiče

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

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

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

CAN FD

- 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
- 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 a počítadlo stuff bitů
- 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
- na síti složené z klasických a FD uzlů je tak možné například provádět update firmware FD uzlů rychleji za použití CAN FD rámců

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

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 Function Code, dolních 7 pak Node ID

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

- 700h+Node ID
- monitorování stavu zařízení
- správce sítě (např PLC) periodicky monitoruje slave jednotky v CAN síti

SDO - Service Data Objects

- každé zařízení obsahuje slovník objektů
- ty jsou jednak dány normou a jednak volně 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

PDO - Process Data Objects

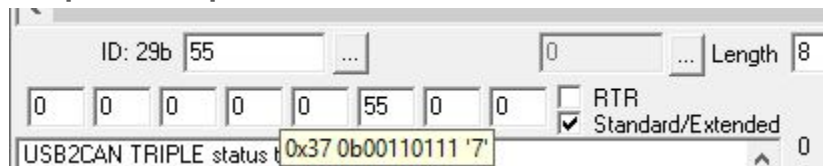
- přenos řídicích dat
- oba směry, TPDO a RPDO
- 4 COB-ID pro každý směr a node
- vyšší priorita než SDO
- data přenášená nebo přijímaná v PDO jsou obvykle volně definovatelná
- lze definovat například že slave odesílá data automaticky při každém n-tém příjmu zprávy SYNC
- odesíláno ale nejen na SYNC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

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
 - nově USB2CAN TRIPLE, 2x klasický CAN, 1x CAN FD

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

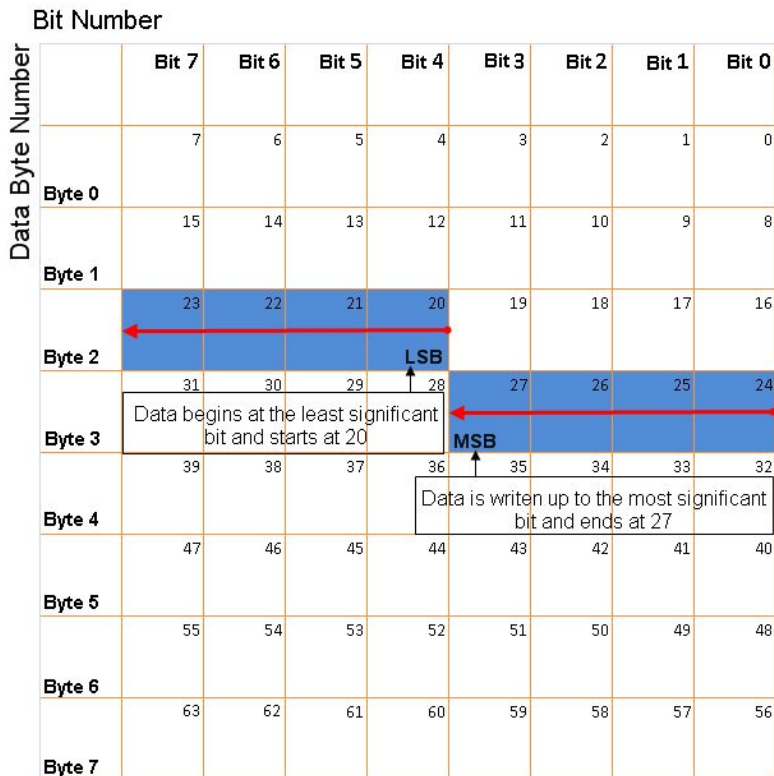
Příjem otáček dle SAE J1939

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

Big / little endian

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

little



big

