

# CAN Bus

## Metodika pre učiteľa



Funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



## STEP AHEAD II

The support of Professional development of VET teachers and  
trainers in following of New trends in Automotive Industry  
Automotive Innovation & Teacher training Academy  
2018-1-SK01-KA202-046334

## CAN Bus

### Cieľ lekcie:

Pochopenie CAN bus pracovných princípov v automobilovom priemysle a naučiť sa základnú diagnostiku CAN.

### Aktivita č. 1

Časť lekcie: **EVOKÁCIA**

**Cieľ aktivity:** Zopakovať so študentmi základy CAN zbernice.

Krok 1	Stručný popis aktivity	Zopakovať so študentami základy CAN zbernice a vyučovať diagnostiku CAN meraním napätia prostredníctvom osciloskopu.
	Inštrukcie (čo povedať študentom)	Študenti by už mali mať vedomosti o CAN zbernici.
Krok 2	Stručný popis aktivity	Učiteľ privíta študentov v triede a uistite sa, že každýmá základné vedomosti o CAN zbernici.
	Inštrukcie (čo povedať študentom)	Triedu rozdeľte niekoľkých skupín. Nechajte skupiny diskutovať o CAN zbernici. Každá skupina si zapíše všetko, čo vie o CAN a kde by sa dalo použiť. Zostaví tiež zoznam kladov a záporov CAN zbernice v automobilovej oblasti.
Pomôcky pre aktivitu (všetko, čo potrebujete)		Každá skupina si zvolí jedného študenta, ktorý zapíše nápady, vytvorené v skupine. Učiteľ uvedie študentom niekoľko príkladov toho, o čom by mali diskutovať v problematike CAN, napríklad o histórii automobilov, o tom,ako sa organizujú komunikačné činnosti ECU v starších vozidlách , koľko ECU mali staršie vozidlá v porovnaní s dnešnými atď. Učiteľ v prípade potreby komunikuje so skupinami.
		Smartphone alebo počítač pre každú skupinu, počítač pre učiteľa, projektor a internet.

vziať do triedy)	
Odhadovaný čas (max. 40 minút)	25 minút
Poznámky	Študenti by mali mať základné znalosti o CAN zbernici , elektrotechnike a fyzike a tiež poznať postupy pri práci s multimetrom. Učiteľ musí byť špecialista v tejto oblasti . aby vedel prípadné problémy pri práci vyriešiť.

## Aktivita č. 2

## Časť lekcie: UVEDOMENIE

**Cieľ aktivity:** Prehĺbenie vedomostí študentov v diagnostike CAN.

Krok 1	Stručný popis aktivity	<p>Pozrite si videá, ktoré obsahujú informácie o CAN.</p> <p>Príklad videí:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="https://www.youtube.com/watch?v=FqLDpHsxf8">https://www.youtube.com/watch?v=FqLDpHsxf8</a></li> <li>• <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Bdh5r5A_LMg">https://www.youtube.com/watch?v=Bdh5r5A_LMg</a></li> </ul> <p>Študenti pozerajú napríklad videá, ktoré učiteľ ukazuje na bielej obrazovke.</p>
	Inštrukcie (čo povedať študentom)	Pozrite si videá.
Krok 2	Stručný popis aktivity	Učiteľ zhromažďuje hlavné body od študentov, ktoré napísali v časti jeden. Trieda diskutuje o hlavných bodoch a vyhodnocuje informácie , ktoré boli zobrazené v príkladoch videí a v ich názoroch. Učiteľ začína a vedie diskusiu v interakcii so študentmi.
	Inštrukcie (čo povedať študentom)	Prezentujte hlavné body, ktoré ste napísali. Diskutujte a následne vyhodnoťte, čo ste videli vo videu.
Krok 3	Stručný popis	Krátka lekcia o osciloskope a o tom, ako je možné čítať signály. Materiál môže byť vytlačený alebo napríklad krátky ppt prezentácia. Študenti merajú úroveň napätia CAN z obvodu -II na vozidla najprv pomocou voltmetra a

	aktivity	potom osciloskopu.  Ak je to potrebné, učiteľ ukáže, ako bude osciloskop fungovať. Študenti musia použiť vlastnú vedomosti a zručnosti, aby zistili, aké kolíky v obd-II sú pripojené k zbernici CAN. Okrem toho musia študenti zistiť, či je zbernica CAN v prevádzke a aká je jeho frekvencia (Hz) a rýchlosť prenosu (kbit/s).
	Inštrukcie (čo povedať študentom)	Funguje osciloskop? Využite vlastné vedomosti a zručnosti a zistite, aké kolíky v obd-II sú pripojené k zbernici CAN. Okrem toho zistite, či je zbernica CAN v prevádzke a aká je jej frekvencia (Hz) a rýchlosť prenosu (kbit/s).
	Pomôcky pre aktivitu (všetko, čo potrebujete vziať do triedy)	Počítače, projektor, auto s obd-II, voltmeter, počítačový osciloskop (napríklad PicoScope so softvérom Pico).  <a href="https://www.picotech.com/downloads">https://www.picotech.com/downloads</a>
	Odhadovaný čas (max. 40 minút)	40 minút
	Poznámky	Všimnite si krátky čas, táto lekcija môže byť oveľa dlhšia s praxou. Časové odporúčanie závisí od veľkosti triedy a počtu zariadení. S jedným autom a vybavením by malo byť na meranie aspoň 30 minút na skupinu. Na podporu diskusie sa môže použiť materiál programu Erasmus+.

### Aktivita č. 3

Časť lekcije: **REFLEXIA**

**Cieľ aktivity:** Študenti zhrnú informácie, ktoré získali..

Krok 1	Stručný popis aktivity	Otvorte softvér Kahoot, kde sú otázky a odpovede a začnite kvíz.
	Inštrukcie (čo povedať študentom)	„Kahoot kvíz“ pripravený pre študentov. Hlavnou myšlienkou je otestovať, ako si študenti osvojili údaje z prezentácie a aplikácie do praxe pri diagnostike zbernice CAN.

Krok 2	Stručný popis aktivity	Vyhodnotenie výsledkov a konštatovanie, či je potrebné poskytnúť študentom ďalšie informácie.
	Inštrukcie (čo povedať študentom)	Pozrite sa na výsledky a zistite, či je stále potrebné dozvedieť sa viac o can zbernici. Študenti hľadajú správne odpovede samostatne, bez pomoci učiteľa.
Pomôcky pre aktivitu (všetko, čo potrebujete vziať do triedy)		Počítače alebo smartfóny pre každú skupinu, Kahoot kvíz pripravený s niekoľkými otázkami. <a href="https://kahoot.com/">https://kahoot.com/</a>
Odhadovaný čas (max. 40 minút)		40 minút
Poznámky		Učiteľ môže v prípade potreby (ak mu zostal nevyužitý čas) analyzovať diagram z CAN zbernice so študentmi.

# CAN zbernica

## Čo je to

**Dispečer (CAN bus)** je veľkokapacitná štandardná zbernica vozidiel navrhnutá tak, aby umožňovala mikrokontrolérom (integrované minipočítače) a ďalším zariadeniam navzájom komunikovať v aplikáciách bez hostiteľského počítača. Je to protokol založený na odosielaných správach, pôvodne určený pre multiplexové elektrické vedenia v automobiloch, ale má aj ďalšie využitia.

## Aplikácie

- Osobné vozidlá, nákladné automobily, autobusy (benzínové vozidlá a elektrické vozidlá)
- Elektronické zariadenia pre letectvo a navigáciu
- Priemyselná automatizácia a mechanické riadenie
- Výtahy, eskalátory
- Automatizácia budov
- Lekárske nástroje a vybavenie

Moderný automobil môže mať až 70 elektronických riadiacich jednotiek pre rôzne podsystémy. [7] Zvyčajne najväčším procesorom je riadiaca jednotka motora. Iné sa používajú na prevodovku, airbagy, protiblokovacie brzdenie/ABS, tempomat, elektrický posilňovač riadenia, audio systémy, elektrické okná, dvere, nastavenie zrkadiel, batériové a nabíjacie systémy pre hybridné/elektrické automobily atď. Niektoré z nich tvoria nezávislé podsystémy, ale komunikácia je okrem iného nevyhnutná. Môže byť potrebné, aby subsystem ovládal ovládače alebo dostával spätnú väzbu od snímačov. Norma CAN bola navrhnutá tak, aby vyplnila túto potrebu. Jednou z kľúčových výhod je, že prepojenie medzi rôznymi systémami vozidiel môže umožniť implementáciu širokej škály bezpečnostných funkcií, hospodárnosti prevádzky či komfortu jazdy len pomocou softvéru – ak by sa realizovali pomocou klasickej automobilovej elektroniky, systém by bol komplikovaný, navýšila by sa cena vozidla.

## Príklady zahŕňajú:

- Automatické spustenie/zastavenie: Rôzne senzorové vstupy z okolia vozidla (snímače rýchlosti, uhol riadenia, klimatizácia pri/vyp. teplota motora) sú zoradené cez zbernicu CAN, aby sa určilo, či je možné motor vypnúť, keď je v pokoj pre lepšiu spotrebu paliva a emisie.
- Elektrické parkovacie brzdy: Funkcia "stáť v kopci" berie vstup zo snímača naklonenia vozidla (tiež používaného alarmom proti vlámaniu) a snímačov rýchlosti na ceste (tiež používaných ABS, ovládaním motora a reguláciou trakcie) cez zbernicu CAN, aby sa zistilo, či je vozidlo zastavené na svahu. Podobne sa vstupy zo senzorov bezpečnostných pásov (časť ovládačov nafukovacieho vankúša) napájajú zo zbernicu CAN, aby sa určilo, či sú bezpečnostné pásy upevnené tak, aby sa parkovacia brzda po aktivácii automaticky uvoľnila.
- Parkovací asistent: keď vodič zasunie spätný prevodový stupeň, riadiaca jednotka prevodovky môže vyslať signál cez zbernicu CAN, aby aktivovala systém parkovacieho senzora aj modul ovládania dverí pre bočné spätné zrkadlo spolujazdca, aby sa zobrazila poloha obrubníka. Zbernica CAN tiež berie vstupy zo senzora dažďa, aby sa pri cúvaní spustili zadné stierače.
- Systémy automatického asistenta jazdného pruhu /predchádzania zrážkam: Vstupy z parkovacích senzorov používa aj zbernica CAN na podávanie údajov o vonkajšej blízkosti asistenčným systémom

vodiča, ako je výstraha pred vybočením z jazdného pruhu a v poslednej dobe tieto signály prechádzajú cez zbernice CAN na [ovládanie brzd](#) v aktívnych protizrážkových systémoch.

- Automatické utieranie brzd: Vstup sa odvádza zo snímača dažďa (používa sa predovšetkým pre automatické stierače čelného skla) cez zbernice CAN do modulu ABS, aby sa iniciovalonepostrehnuteľné pôsobenie brzd počas jazdy na odstránenie vlhkosti z brzdových rotorov. Niektoré vysokovýkonné modely [Audi](#) a [BMW](#) obsahujú túto funkciu.
- Snímače môžu byť umiestnené na najvhodnejšom mieste a ich dáta môžu byť použité niekoľkými ECU. Napríklad vonkajšie snímače teploty (tradične umiestnené vpredu) môžu byť umiestnené vo vonkajších zrkadlách, aby sa zabránilo zahrievaniu motorom, a údaje používané motorom, klimatizáciou a displejom vodiča.

CAN je [multi-master štandard sériovej zbernice](#) pre pripojenie elektronických radiacich jednotiek [ECU] tiež známy ako uzly. Dva alebo viac uzlov sú potrebné v sieti CAN komunikovať. Zložitosť uzla sa môže pohybovať od jednoduchého I/O zariadenia až po vložený počítač s rozhraním CAN a sofistikovaným softvérom. Uzol môže byť tiež vstupom umožňujúcim počítaču (napríklad prenosnému počítaču) komunikovať cez port USB alebo Ethernet so zariadeniami v sieti CAN na všeobecné účely

Všetky uzly sú navzájom prepojené cez dvojvodičovú zbernicou. Drôty sú skrútený pár so 120  $\Omega$  (nominálnou [charakteristickou impedanciou](#)).

**ISO 11898-2**, tiež nazývaná vysokorýchlostný CAN (512 Kbps), používa lineárnu zbernicu ukončenú na každom konci 120  $\Omega$  odpormi. Vysokorýchlostná signalizácia CAN vedie pri prenose dominantného vodiča (0) vysoký vodič CAN smerom k 5 V a nízky vodič CAN smerom k 0 V a pri prenose recesívneho signálu (1) nespája žiadny vodič. Označenie „0“ ako dominantného dáva uzlom s nižšími číslami ID prioritu na zbernici. Dominantné rozdielové napätie je nominálne 2 V. Zakončovací rezistor pasívne vracia dva vodiče na nominálne rozdielové napätie 0 V. Dominantné napätie v spoločnom režime musí byť v rozmedzí 1,5 až 3,5 V spoločného napätia a recesívne napätie spoločného režimu musí byť v rozmedzí +/- 12 bežných.

**ISO 11898-3**, tiež nazývaná CAN s nízkou rýchlosťou alebo odolnosťou voči poruchám (128 Kbps), používa lineárnu zbernicu, hviezdicovú zbernicu alebo viacnásobné hviezdicové zbernice spojené lineárnou zbernicou a je ukončená v každom uzle zlomkom celkového zakončovacieho odporu. Celkový odpor ukončenia by mal byť približne 100  $\Omega$ , najmenej však 100  $\Omega$ . Signalizácia CAN pri nízkych otáčkach / poruchách toleruje pri prenose dominantného vodiča (0) vodič vysokého napätia CAN smerom k 5 V a nízky vodič CAN smerom k 0 V a pri prenose recesívneho signálu (1) nespája žiadny vodič. Dominantné rozdielové napätie musí byť väčšie ako 2,3 V (pri 5 V Vcc) a recesívne rozdielové napätie musí byť menšie ako 0,6 V. Zakončovacie odpory pasívne vracajú nízky vodič CAN na RTH, kde RTH je minimálne 4,7 V (Vcc - 0,3 V, kde Vcc je 5 V nominálne) a vodič CAN na RTL, kde RTL je maximálne 0,3 V. Oba vodiče musia byť schopné zvládnuť -27 až 40 V bez poškodenia.

Pri vysokej aj nízkej rýchlosti CAN je rýchlosť prechodu rýchlejšia, keď dôjde k recesívnemu dominantnému prechodu, pretože drôty CAN sú aktívne poháňané. Rýchlosť prechodu od dominantného k recesívnemu závisí predovšetkým od dĺžky siete CAN a kapacity použitého drôtu.

Vysokorýchlostný CAN sa zvyčajne používa v automobilových a priemyselných aplikáciách, kde zbernica vedie z jedného konca prostredia na druhý. CAN odolný voči chybám sa často používa tam, kde je potrebné spojiť skupiny uzlov.

Špecifikácie vyžadujú, aby sa zbernica udržiavala na minimálnom a maximálnom spoločnom napätí zbernice, ale nedefinuje sa, ako udržiavať zbernicu v tomto rozmedzí.

Zbernica CAN musí byť ukončená. Zakončovacie odpory sú potrebné na potlačenie odrazov a návrat zbernice do jej recesívneho alebo nečinného stavu.

Vysokorýchlostný CAN používa na každom konci lineárnej zbernice rezistor 120  $\Omega$ . Nízka rýchlosť CAN používa rezistory v každom uzle. Môžu sa použiť aj iné typy zakončení, ako napríklad zakončovací skreslený obvod definovaný v ISO11783.

Ukončovací predpätý obvod poskytuje okrem signalizácie CAN na štvorvodičovom kábli aj napájanie a zem. Toto poskytuje automatické elektrické predpätie a ukončenie na každom konci každého segmentu zbernice. Sieť ISO11783 je navrhnutá na pripojenie za chodu a odstránenie segmentov zbernice a ECU.

Prenos dát CAN využíva bezstratovú bitovú arbitrážnu metódu riešenia sporu. Táto arbitrážna metóda vyžaduje, aby boli všetky uzly v sieti CAN synchronizované, aby sa súčasne vzorkoval každý bit v sieti CAN. To je dôvod, prečo niektorí volajú CAN synchronne. Pojem synchronny je nanešťastie nepresný, pretože údaje sa prenášajú bez hodinového špecifikácie CAN používajú výrazy „dominantné“ bity a „recesívne“ bity, kde dominantná je logická 0 (aktívne vysielaná na napätie vysielateľom) a recesívna je logická 1 (pasívne sa na napätie vracia rezistorom). Klidový stav predstavuje recesívna úroveň (logická 1). Ak jeden uzol vysielal dominantný bit a druhý uzol vysielal recesívny bit, dôjde ku kolízii a dominantný bit „vyhrá“. To znamená, že správa s vyššou prioritou nie je oneskorená a uzol vysielajúci správu s nižšou prioritou sa automaticky pokúsi o opätovné vysielanie šiestich bitových hodín po skončení dominantnej správy. Vďaka tomu je CAN veľmi vhodný ako prioritný komunikačný systém v reálnom čase.

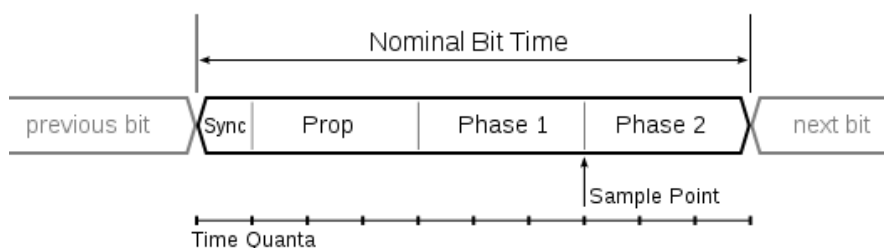
Presné napätia pre logickú 0 alebo 1 závisia od použitej fyzickej vrstvy, ale základný princíp CAN vyžaduje, aby každý uzol počúval údaje v sieti CAN vrátane samotného vysielajúceho (-ých) uzla (-ov). Ak je logická 1 prenášaná všetkými vysielajúcimi uzlami súčasne, potom je logická 1 videná všetkými uzlami, vrátane vysielacích uzlov a prijímacích uzlov. Ak je logická 0 prenášaná všetkými vysielajúcimi uzlami súčasne, potom logickú 0 vidia všetky uzly. Ak sa logická 0 prenáša jedným alebo viacerými uzlami a logická 1 sa prenáša jedným alebo viacerými uzlami, potom logickú 0 uvidia všetky uzly vrátane uzlov prenášajúcich logické 1. Keď uzol vysielal logickú 1, ale vidí logickú 0, uvedomí si, že existuje spor, a prestane vysielat. Použitím tohto procesu akýkoľvek uzol, ktorý prenáša logickú 1, keď iný uzol prenáša logickú 0, „vypadne“ alebo prehrá arbitráž. Uzol, ktorý stratí arbitráž, zaradí do fronty svoju správu pre neskorší prenos a bitový tok rámca CAN pokračuje bez chyby, kým nezostane vo vysielaní iba jeden uzol. To znamená, že uzol, ktorý vysielal prvú 1, stratí arbitráž. Pretože 11 (alebo 29 pre CAN 2.0B) bitový identifikátor sa prenáša všetkými uzlami na začiatku rámca CAN, uzol s najnižším identifikátorom vysielal viac núl na začiatku procesu, a je to uzol, ktorý získava najvyššiu prioritu.

Napríklad, zväzte 11-bitové ID CAN siete, s dvoma uzlami s ID 15 (binárne zastúpenie, 00000001111) a 16 (binárne zastúpenie, 00000010000). Ak tieto dva uzly vysielajú v rovnakom čase, každý z nich najprv prenesie štartový bit a potom prenesie prvých šesť núl svojho ID bez toho, aby sa urobilo arbitrážne rozhodnutie.

Všetky uzly v sieti CAN musia pracovať s rovnakou menovitou bitovou rýchlosťou, ale šum, fázové posuny, tolerancia oscilátora a posun oscilátora znamenajú, že skutočná bitová rýchlosť nemusí byť rovnaká ako menovitá bitová rýchlosť. Keďže sa nepoužíva samostatný signál hodín, je potrebný prostriedok synchronizácie uzlov. Synchronizácia je dôležitá počas rozhodcovského konania, pretože uzly v rozhodcovskom konaní musia byť schopné vidieť súčasne prenášané údaje prenášané inými uzlami. Synchronizácia je tiež dôležitá na zabezpečenie toho, aby zmeny časovania oscilátora medzi uzlami nespôsobili chyby.

Synchronizácia začína tvrdou synchronizáciou pri prvom recesívnom až dominantnom prechode po období nečinnosti zbernice (počiatočný bit). K opätovnej synchronizácii dochádza pri každom recesívnom až dominantnom prechode počas procesu. Radič CAN očakáva, že prechod nastane v násobku nominálneho bitu času. Ak sa prechod nevyskytne v presnej dobe, kedy to ovládač očakáva, regulátor podľa toho upraví menovitý bitový čas.

Úprava sa dosiahne rozdelením každého bitu na niekoľko časových úsekov nazývaných kvanta a priradením určitého počtu kvánt každému zo štyroch segmentov v rámci bitu: synchronizácia, šírenie, fázový segment 1 a fázový segment 2.





Príklad CAN bitové načasovanie s 10 krát kvanta za bit.

Počet kvantových bitov, do ktorých je bit rozdelený, sa môže líšiť v závislosti od radiča a počet kvánt priradených ku každému segmentu sa môže líšiť v závislosti od bitovej rýchlosti a podmienok siete.

Prechod, ktorý nastane pred alebo po, očakáva, že radič vypočíta časový rozdiel a nastane predĺženie fázy segmentu 1 alebo skrátenie fázy segmentu 2 do tohto času. To účinne nastavuje časovanie prijímača na vysieláč, aby ich synchronizovali. Tento proces resynchronizácie sa vykonáva nepretržite pri každom recesívnom až dominantnom prechode, aby sa zabezpečilo, že vysieláč a prijímač zostanú synchronizované. Nepretržitá opätovná synchronizácia znižuje chyby vyvolané šumom a umožňuje prijímačovi uzlu, ktorý bol synchronizovaný s uzlom, ktorý stratil prioritu, opätovne synchronizovať s uzlom, ktorý prioritu získal.

Sieť CAN môže byť nakonfigurovaná tak, aby fungovala s dvoma rôznymi formátmi správ štandardný alebo základný formát (popísaný v CAN 2.0 A a CAN 2.0 B) a rozšírený formát (popísaný iba v CAN 2.0 B). Jediný rozdiel medzi týmito dvoma formátmi je, že "základný CAN" podporuje dĺžku 11 bitov pre identifikátor a "rozšírený CAN" podporuje dĺžku 29 bitov pre identifikátor, ktorý sa skladá z 11-bitového identifikátora ("základný identifikátor") a 18-bitového rozšírenia ("rozšírenie identifikátora"). Rozlišovanie medzi základným formátom CAN a rozšíreným formátom CAN sa deje pomocou IDE bitu, ktorý sa prenáša ako dominantný v prípade 11-bitového formátu a prenáša sa ako recesívny v prípade 29-bitového formátu. Radiče CAN, ktoré podporujú správy v rozšírenom formáte, sú tiež schopné odosielať a prijímať správy v základnom formáte CAN. Všetky začínajú bitom SOF (Start-of-Frame), ktorý označuje začiatok prenosu snímok.

### CAN má štyri typy prenosov – rámcov:

- Dátový prenos: obsahujúci údaje uzla na prenos
- Vzdialený prenos: požadujúci prenos konkrétneho identifikátora
- Chybový prenos: prenášaný ľubovoľným uzlom, ktorý zisťuje chybu
- Prenos preťaženia: na vloženie oneskorenia medzi údajmi alebo vzdialeným prenosmi

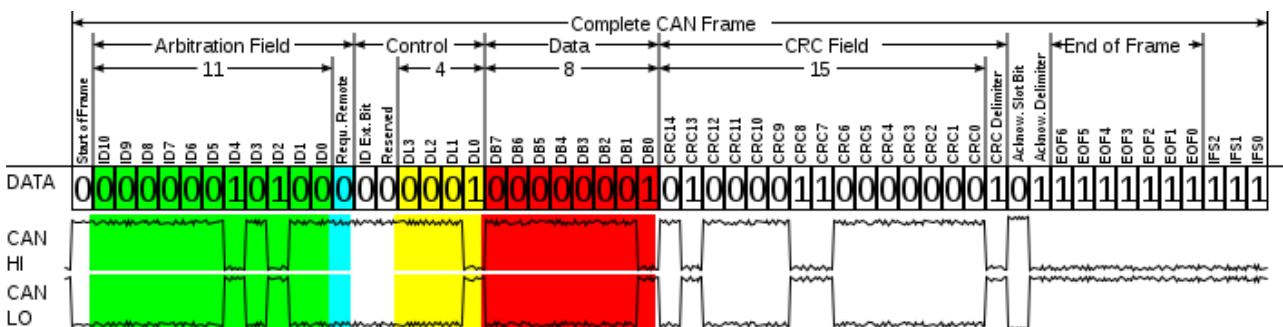
## Údajový rámec

Údajový rámec je jediným rámcem skutočného prenosu údajov. Existujú dva formáty správ:

- Základný formát rámu: s 11 bitmi identifikátorov
- Rozšírený formát rámu: s 29 bitmi identifikátorov

Štandard CAN vyžaduje, aby implementácia akceptovala základný formát rámu a mohla akceptovať rozšírený formát rámu, ale musí tolerovať rozšírený formát rámu.

### Základný formát rámu



CAN-Frame v základnom formáte s elektrickými úrovňami bez vecných úsechov

Formát rámu je nasledovný: Bitové hodnoty sú popísané pre signál CAN-LO.

Názov poľa	Dĺžka (bity)	Účel
Začiatok snímky	1	Označuje začiatok prenosu
Označuje začiatok prenosu rámca	11	(Jedinečný) identifikátor, ktorý predstavuje aj prioritu správy
Žiadosť o diaľkový prenos (RTR) (modrá)	1	Musí byť dominantný (0) pre dátové rámce a recesívny (1) pre rámy vzdalenej požiadavky ( <a href="#">pozri vzdialený rám</a> nižšie)
Bit rozšírenia identifikátora (IDE)	1	Musí byť dominantný (0) pre základný formát rámu s 11-bitovým identifikátorom
Rezervovaný bit (r0)	1	Rezervovaný kúsok. Musí byť dominantný (0), ale akceptovaný ako dominantný alebo recesívny.
Kód dĺžky údajov (DLC) (žltý)	4	Počet bajtov údajov (0 – 8 bajtov) <sup>1a</sup>
Údajové pole (červené)	0 – 64 (0 – 8 bajtov)	Údaje, ktoré sa majú prenášať (dĺžka v bajtoch diktovaná poľom DLC)
Crc	15	<a href="#">Cyklická kontrola redundancie</a>
Oddeľovač CRC	1	Musí byť recesívna (1)
Slot pre ACK	1	Vysielač vysiela recesívne (1) a každý prijímač môže presadiť dominantné (0)
Oddeľovač ACK	1	Musí byť recesívna (1)
Koniec rámu (EOF)	7	Musí byť recesívna (1)

(1) Je fyzicky možné, aby sa hodnota medzi 9 až 15 prenášala v 4-bitovom obsahu na stiahnutie, hoci údaje sú stále obmedzené na osem bajtov. Niektorí kontrolóri umožňujú prenos alebo príjem obsahu na stiahnutie väčší ako osem, ale skutočná dĺžka údajov je vždy obmedzená na osem bajtov.

## Rozšírený formát rámca

Formát rámca je nasledovný:

Názov poľa	Dĺžka (bity)	Účel
Začiatok snímky	1	Označuje začiatok prenosu rámca
Identifikátor A (zelený)	11	Prvá časť (jedinečného) identifikátora, ktorá predstavuje aj prioritu správy
Nahradiť vzdialenú požiadavku (SRR)	1	Musí byť recesívna (1)
Bit rozšírenia identifikátora (IDE)	1	Musí byť recesívny (1) pre rozšírený formát rámu s 29-bitovým identifikátorom
Identifikátor B (zelený)	18	Druhá časť (jedinečného) identifikátora, ktorá predstavuje aj prioritu správy
Žiadosť o diaľkový prenos (RTR) (modrá)	1	Musí byť dominantný (0) pre dátové rámce a recesívny (1) pre rámec vzdalenej požiadavky ( <a href="#">pozri vzdialený rámec</a> nižšie)
Vyhradené bity (r1, r0)	2	Vyhradené bity, ktoré musia byť nastavené ako dominantné (0), ale akceptované ako dominantné alebo recesívne

Kód dĺžky údajov (DLC) (žltý)	4	Počet bajtov údajov (0 – 8 bajtov) <sup>[a]</sup>
Údajové pole (červené)	0 – 64 (0 – 8 bajtov)	Údaje, ktoré sa majú prenášať (dĺžka diktovaná poľom DLC)
Crc	15	<u>Cyklická kontrola redundancie</u>
Oddeľovač CRC	1	Musí byť recesívna (1)
Slot pre ACK	1	Vysielač vysiela recesívne (1) a každý prijímač môže presadiť dominantné (0)
Oddeľovač ACK	1	Musí byť recesívna (1)
Koniec rámu (EOF)	7	Musí byť recesívna (1)

(1) Je fyzicky možné, aby sa hodnota medzi 9 až 15 prenášala v 4-bitovej obsahu na stiahnutie, hoci údaje sú stále obmedzené na osem bajtov. Niektorí kontrolóri umožňujú prenos alebo príjem obsahu na stiahnutie väčší ako osem, ale skutočná dĺžka údajov je vždy obmedzená na osem bajtov.

Dve polia identifikátora (A & B) sa kombinujú a tvoria 29-bitový identifikátor.

## Vzdialený rámec

- Vo všeobecnosti sa prenos údajov vykonáva na autonómnom základe s uzlom zdroja údajov (napr. snímačom), ktorý vysiela dátový rámec. Je však tiež možné, aby cieľový uzol požadoval údaje zo zdroja odoslaním vzdialeného rámca.
- Existujú dva rozdiely medzi údajovým rámcem a vzdialeným rámcem. Po prvé RTR-bit sa prenáša ako dominantný bit v údajovom rámci a po druhé vo vzdialenom rámci nie je žiadne údajové pole. Pole obsahu na stiahnutie označuje dĺžku údajov požadovanej správy (nie odoslanej správy).

T. j.

RTR = 0; DOMINANTNÉ v dátovej snímke

RTR = 1; RECESÍVNE vo vzdialenom ráme

V prípade údajového rámca a vzdialeného rámu s rovnakým identifikátorom, ktorý sa prenáša súčasne, data frame vyhrá rozhodcovské konanie kvôli dominantnému bitu RTR za identifikátorom.

## Chybový rámec

Rámec chyby pozostáva z dvoch rôznych polí:

- Prvé pole je dané superpozíciou ERROR FLAGS (6–12 dominantných/recesívnych bitov) z rôznych staníc.
- Nasledujúce druhé pole je ERROR DELIMITER (8 recesívnych bitov).

Existujú dva typy príznakov chýb:

### Aktívny príznak chyby

šesť dominantných bitov – prenášané uzlom zisťujúci chybu v sieti, ktorá je v chybovom stave "chyba aktívna".

### Príznak pasívnej chyby

šesť recesívnych bitov – prenášané uzlom zisťujúci aktívny chybový rámec v sieti, ktorý je v chybovom stave "chyba pasívna".

Existujú dve počítadlá chýb v CAN:

1. Počítadlo chýb prenosu (TEC)
2. Prijatý počítadlo chýb (REC)
  - Ak je TEC alebo REC väčšie ako 127 a menšie ako 255, na zbernici sa preniesie rám pasívnej chyby.
  - Keď TEC a REC je menšia ako 128, aktívne chyby rám bude prenášaný na zbernici.
  - Keď TEC je väčšia ako 255, potom uzol vstúpi do stavu Bus Off, kde sa neprenášajú žiadne rámy.

## Rámec preťaženia

Rámec preťaženia obsahuje dve bitové polia Príznak preťaženia a Oddelovač preťaženia. Existujú dva druhy podmienok preťaženia, ktoré môžu viesť k prenosu príznaku preťaženia:

1. Vnútorne podmienky prijímača, ktoré vyžadujú oneskorenie ďalšieho dátového rámca alebo vzdialeného rámca.
2. Detekcia dominantného bitu počas prerušovania.

Začiatok rámca preťaženia v dôsledku prípadu 1 sa môže spustiť len v prvom bite očakávanej prerušovania, zatiaľ čo rámce preťaženia spôsobené prípadom 2 spustí jeden bit po zistení dominantného bitu. Príznak preťaženia sa skladá zo šiestich dominantných bitov. Celkový formulár zodpovedá formuláru aktívneho príznaku chyby. Formulár príznaku preťaženia zničí pevnú formu prerušovaného poľa. V dôsledku toho všetky ostatné stanice tiež zisťujú stav preťaženia a z ich strany začnú vysielat vlajku preťaženia. Oddelovač preťaženia sa skladá z ôsmich recesívnych bitov. Oddelovač preťaženia má rovnakú formu ako oddelovač chýb.

## Odkazy na videá:

- <https://www.youtube.com/watch?v=FqLDpHsxvf8>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Gi7mxVmzLkM>
- <https://www.youtube.com/watch?v=YrJn2AyWVBc>
- <https://www.youtube.com/watch?v=dwU5aEbsgLM>
- <https://www.snapon.com/Diagnostics/US/KB/CAN-Bus-Diagnostics.htm>

## Odkazy na materiál:

- [http://download.ni.com/pub/devzone/tut/can\\_tutorial.pdf](http://download.ni.com/pub/devzone/tut/can_tutorial.pdf)
- <http://www.ni.com/en-us/innovations/white-papers/06/controller-area-network--can--overview.html>
- <https://www.csselectronics.com/screen/page/simple-intro-to-can-bus/language/en>
- [https://www.aa1car.com/library/can\\_systems.htm](https://www.aa1car.com/library/can_systems.htm)
- <http://www.esd-electronics-usa.com/CAN-Bus-Troubleshooting-Guide.html>
- <https://pmmonline.co.uk/technical/can-bus-fault-finding-tips-and-hints-part-1/>
- <http://pmmonline.co.uk/technical/can-bus-fault-finding-tips-and-hints-part-2/>
- <https://www.consulab.com/files/canBusHandout.pdf>



Názory prezentované v tomto dokumente sú názormi partnerstva projektu STEP AHEAD II a nemusia vyjadrovať názory EÚ.