



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Југославија
Деканат: 021 350-413; 021 450-810; Централа: 021 350-122
Рачуноводство: 021 58-220; Студентска служба: 021 350-763
Телефакс: 021 58-133; e-mail: ftndean@uns.ns.ac.yu



Сертификован
систем
квалитета



PROJEKAT

iz predmeta Primena elektronike u industriji

TEMA PROJEKTA:

CAN komunikacioni protokol

TEKST ZADATKA:

1. CAN komunikacioni sistem
2. Arhitektura CAN komunikacionog protokola
3. Proces prenosa podataka u CAN komunikaciji
4. Format poruke u CAN komunikaciji
5. Primena CAN komunikacije

Studenti:

Stefan Švenderman E1 17/2019
Jovan Slavujević EE 239/2015

Mentor:

dr Vladimir Rajs

U Novom Sadu, 16.1.2020.

Sadržaj

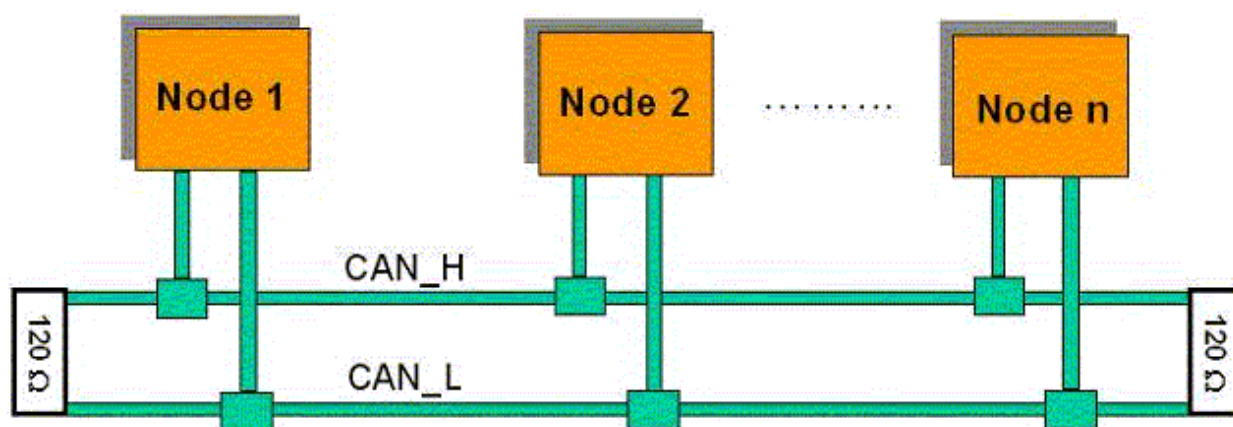
| | |
|---|--------|
| 1. CAN komunikacioni protokol | - 2 - |
| 2. Vrste CAN komunikacionih protokola | - 3 - |
| 3 . Arhitektura CAN komunikacionog sistema | - 4 - |
| 4. Proces prenosa podataka u CAN komunikaciji | - 5 - |
| 5. Format poruke u CAN komunikaciji | - 6 - |
| 6. Primena CAN komunikacije..... | - 8 - |
| 7. Zaključak | - 9 - |
| 8. Reference | - 10 - |

1. CAN komunikacioni protokol

CAN (Controller Area Network) protokol je protokol serijske komunikacije, razvijen sredinom 80-ih godina prošlog veka za potrebe automobilske industrije. Razvijen je od strane kompanije Bosch. Reč je o protokolu za povezivanje čvorova na mrežu upotrebom zajedničke magistrale. Glavna prednost ovog protokola je njegova otpornost na smetnje, pouzdanost, ušteda na bakru (broju vodova) kao i velika brzina prenosa podataka.

Danas se CAN protokol osim u automobilskoj industriji široko koristi i u procesnoj industriji, posebno u oblasti decentralizovanih sistema automatskog upravljanja za rad u realnom vremenu.

CAN protokol povezuje CAN čvorišta (čvorove) na zajedničku magistralu koja se sastoji od dve prenosne linije (žice). Pod CAN čvorom se podrazumeva uređaj koji obavlja neku funkciju u okviru sistema, a povezan je na CAN magistralu. Na slici 1 je prikazan izgled strukture CAN komunikacionog protokola.



Slika 1. Izgled strukture CAN komunikacionog protokola

2. Vrste CAN komunikacionih protokola

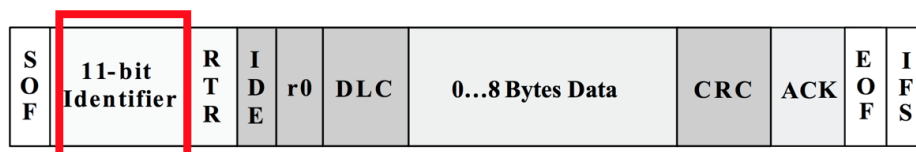
Postoje tri vrste CAN komunikacionog protokola, a to su CAN 2.0A, CAN 2.0B i CAN FD. Podela je izvršena na osnovu dužine identifikatora (*eng. Identifiers*). Bitska dužina identifikatora određuje broj različitih poruka koje se mogu razmeniti između čvorova.

CAN 2.0A komunikacioni protokol je objavljen 1987. godine. Sadrži 11-bitni identifikator koji omogućava razmenu 2048 različitih poruka između čvorova komunikacionog linka.

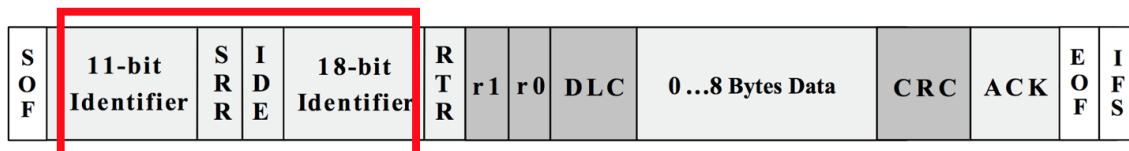
CAN 2.0B komunikacioni protokol sadrži proširen format identifikatora sa 11 na 29 bita. Ovako proširen format omogućava postojanje više od 536 miliona različitih poruka.

CAN FD (*eng. Flexible Data-Rate*) predstavlja protokol sa fleksibilnom dužinom podataka. Objavljen je 2012. godine i omogućava komunikaciju fleksibilne brzine.

Sve vrste navedenih CAN komunikacionih protokola su međusobno kompatibilne i mogu se upotrebiti na istom komunikacionom sistemu. Potrebno je imati u vidu da u istom komunikacionom sistemu CAN sa 11-bitnim identifikatorom će uvek imati viši prioritet u odnosu na CAN sa 29-bitnim identifikatorom. Na slici 2 je prikazana struktura poruke sa različitim dužinom identifikatora.



Standard CAN (11 bit id.)



Extended CAN (29 bit id.)

Slika 2. Struktura poruke sa različitim dužinom identifikatora

3 . Arhitektura CAN komunikacionog sistema

CAN komunikacija predstavlja standard za komunikaciju dva ili više čvora, takođe poznatim pod nazivom elektronske kontrolne jedinice (*eng. Electrical Control Units-ECU*). Najveći domen primene CAN komunikacije nalazi se u elektronskim sistemima u automobilske industriji.

Svi čvorovi unutar jedne komunikacije komuniciraju putem uvrnutog para žica. Žice su na svojim krajevima međusobno spojene karakterističnom impedansom od 120Ω koja ima ulogu da spreči refleksiju signala.

Čvor može činiti komponenta različite kompleksnosti, ali mora posedovati osnovne zahteve za CAN komunikaciju. Čvor može biti prost ulazno-izlazni uređaj ili čak embeded računar koji u sebi ima CAN interfejs i sofisticiran softver. Čvor, takođe, može činiti i računar opšte namene koji poseduje mogućnost komunikacije sa CAN mrežom preko USB ili Ethernet porta. Ovo je omogućilo da se CAN protokol koristi u procesu dijagnostike ili detekciji nepravilnog rada određenog elektronskog sistema (*eng. On-board diagnostics*).

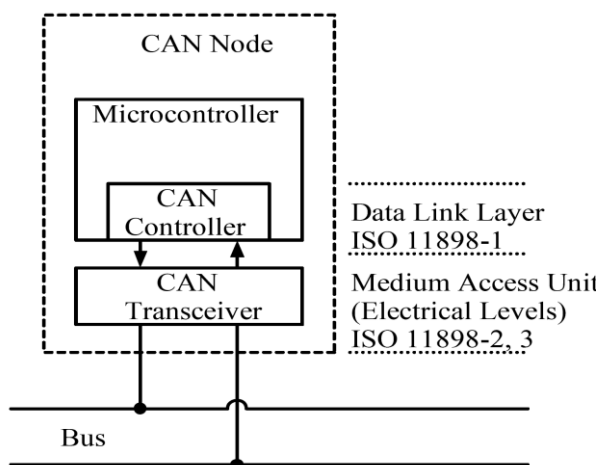
Svaki čvor potrebno je da sadrži centralnu procesorsku jedinicu (mikroprocesor ili mikrokontroler), CAN kontroler i CAN transiver.

Centralna procesorska jedinica odlučuje koje poruke je potrebno primiti sa CAN komunikacionog linka i koje je potrebno poslati na isti, dodatno ona na sebi može sadržati neophodne senzore i aktuatore.

CAN kontroler koji je često integrisan u samom kontroleru, pri prijemu skladišti podatke dokle god ne pristigne ceo paket poruke sa CAN komunikacionog linka. Pri završetku prijema paketa CAN kontroler generiše prekidnu rutinu na centralnoj jedinici. Pri predaji poruke centralna jedinica prosleđuje podatke CAN kontroleru koja dalje serijski prosleđuje podatke na CAN magistralu.

CAN Transiver je definisan ISO 11898-2/3 standardom. Pri prijemu, odnosno predaji, ima ulogu da konvertuje nivoe u format čitljiv CAN kontroleru, odnosno CAN komunikacionom linku.

Svaki čvor ima mogućnost da vrši prijem i predaju podataka, ali ne istovremeno. Postoji klasifikacija paketa poruka po prioritetu. Paket poruke sa višim prioritetom uvek ima prednost bez obzira da li treba biti poslat ili primljen sa centralne kontrolne jedinice. Na slici 3 je prikazan izgled jednog čvora sa potrebnim modulima za CAN komunikaciju.

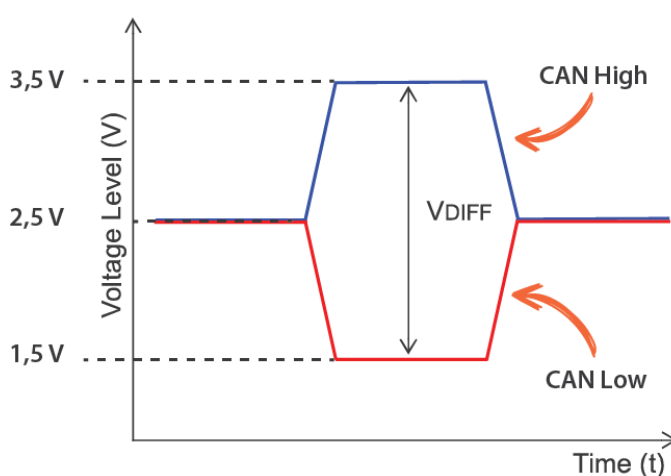


Slika 3. Izgled čvora i potrebni moduli za CAN komunikaciju

4. Proces prenosa podataka u CAN komunikaciji

U CAN komunikacionom protokolu ne postoji klasična *master-slave* konfiguracija, već svaki čvor može da se ponaša kao prijemni ili predajni deo u bilo kom vremenskom trenutku. Ovim je eliminisano da poruku treba slati na tačno određeno mesto. Poruka je distribuirana svim čvorovima i njenu obradu vrše samo oni čvorovi kojima je ona od značaja. Značaj poruke određuje se na osnovu identifikatora. Identifikator predstavlja prioritet poruke i omogućava automatsku bitsku arbitraciju ukoliko dva ili više čvora započne prenos u istom vremenskom trenutku.

CAN komunikacija se oslanja na postojanju dva stanja, recesivno (logička 1) i dominantno (logička 0). Svaki čvor je jednim kratkospojnikom povezan na CAN-H i CAN-L. Vrednosti CAN-H i CAN-L određuju stanje magistrale. Na slici 4 se nalazi prikaz vrednosti CAN-H i CAN-L signala koje određuju dominantno ili recesivno stanje magistrale.



Slika 4. Prikaz mogućih vrednosti CAN-H i CAN-L signala

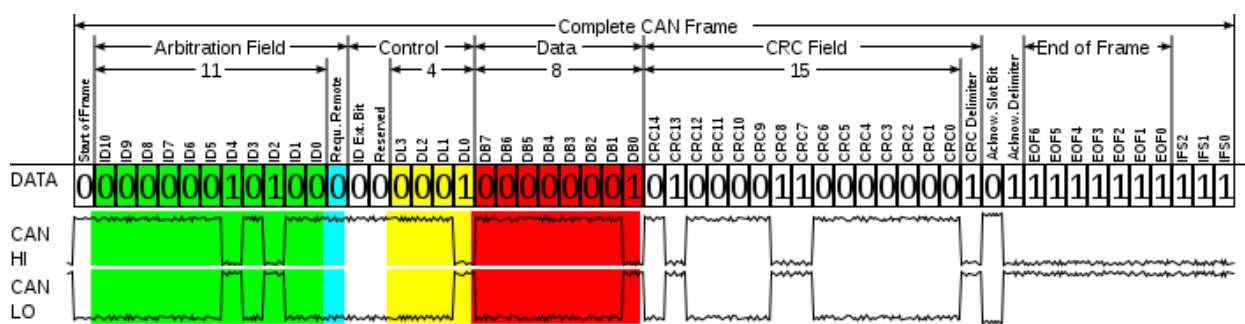
Dominantno stanje (logička 0) na magistrali postaje ukoliko su signali CAN-H=3.5V i CAN-L=1.5V. Recesivno stanje (logička 1) na magistrali postaje ukoliko su signali CAN-H=2.5V i CAN-L= 2.5V. Recesivno stanje predstavlja početno stanje magistrale (*eng.Idle state*). Ako se magistrala nalazi u recesivnom stanju to je čini slobodnom i moguće je da neki čvor započne predaju poruke na magistralu. Ukoliko se magistrala nalazi u dominantnom stanju to implicira da već postoji započet prenos poruke na magistralu i potrebno je sačekati definisan vremenski interval kako bi se predaja koja je u toku adekvatno završila.

5. Format poruke u CAN komunikaciji

CAN modul šalje poruke različitih formata, tj. ramove različitih formata koji uključuju podatke, zahteve za prenos podataka od udaljenog čvora, kao i kontrolne podatke. Podržani su sledeći formati ramova:

- Standardni ram podataka
- Prošireni ram podataka
- Ram sa zahtevom za podacima od drugog čvora
- Ram poruke o grešci
- Ram sa porukom o prekoračenju
- Interval između dve poruke (međuramski interval)

U nastavku, kao najvažniji, detaljno su obrađeni samo formati sa standardnim i proširenim ramom podataka. Na slici 5 se nalazi prikaz formata poruke sa standardnim ramom podataka.



Slika 5. Format poruke sa standardnim ramom podataka

Standardni ram podataka generiše se kada čvor želi da plasira podatke na magistralu. Standardni ram, kao i svi ostali ramovi otpočinju bitom za početak rama koji se naziva SOF bit (*eng. Start of frame*) koji je dominantan.

Nakon SOF bita sledi polje za arbitraciju koje se sastoji od 12 bita. Prvih 11 bita predstavlja identifikator, 12-ti bit predstavlja bit zahteva za odgovorom od drugog čvora RTR bit (*eng. Remote Transmission Request*). Pomoću dominantnog RTR bita se razlikuje ram podataka od rama kojim se zahteva slanje podataka od drugog čvora.

Sledeće polje je kontrolno polje koje se sastoji od 6 bita, pri čemu je prvi bit dominantan bit, govori da se radi o standardnom ramu (*eng. Identifier Extension - IDE*). Drugi bit je rezervisan, poslednja četiri bita govore koje dužine je polje podataka u ramu (*eng. Data Length Code - DLC*).

Podaci koji se šalju se nalaze u sledećem polju čija je dužina određena DLC delom kontrolnog polja.

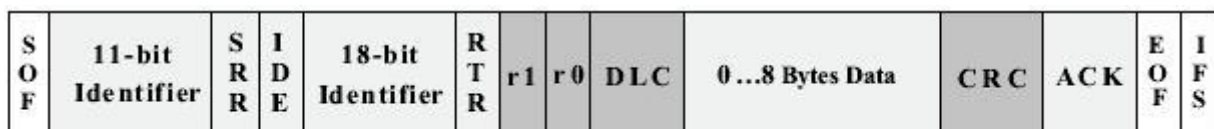
Polje za proveru grešaka sledi nakon polja podataka i provera se vrši pomoću CRC-a (*eng. Cyclic Redundancy Check*). Ovo polje je dužine 15 bita nakon kojih sledi bit koji označava kraj polja (delimiter bit).

Polje potvrde sledi CRC polje i ono predstavlja recesivan bit koji predajnik šalje i u toku čijeg trajanja svi čvorovi koji su dobili poruku bez obzira da li je njima namenjena ili ne, i proverili njenu ispravnost, odgovaraju sa potvrdom (dominantnim bitom). U suprotnom došlo je do greške u prenosu. Nakon ovog bita sledi opet delimiter, čije se stanje ne sme menjati osim ako je došlo do greške prilikom prenosa podataka.

Poslednje polje je polje kraja rama (*eng. EOF – End Of Frame*) koje čine 7 uzastopnih recesivnih bita.

Prošireni ram podataka je sličan standardnom ramu podataka. Razlika je samo u identifikatoru. Kod proširenog rama podataka posle SOF bita sledi 38 bita indikatorskog polja. Prvih 11 bita predstavlja 11 značajnijih bita 29 bitnog indikatora (baznog indikatora), zatim sledi bit zahteva za slanjem podataka od drugog čvora (*eng. Substitute Remote Request – SRR bit*) koji je recesivan i bit opisa identifikatora rama (*eng. Identifier Extension - IDE*) koji je ovde recesivan kako bi se razlikovao prošireni od standardnog rama. To znači da ukoliko još nije rešeno pitanje arbitracije na magistrali, a „takmiče” se standardni i prošireni ram, standardni ram će „pobediti”. Nakon toga slede 18 bita identifikatora i dominantni RTR bit.

Ostala polja u ramu su ista kao i kod standardnog rama. Izgled rama sa proširenim podacima je prikazan na slici 6.



Extended CAN Frame

Slika 6. Izgled rama sa proširenim podacima

6. Primena CAN komunikacije

Zbog svojih prednosti, CAN komunikacioni protokol je našao široku primenu u oblastima elektrotehnike koje se bave razvojem sistema za auto industriju, sistemima automatskog upravljanja i sistema u medicinskim uređajima.

U zavisnosti od količine podataka koju je potrebno preneti u intervalu vremena razlikujemo brzi CAN protokol i spori CAN protokol, odnosno CAN protokol koji je otporan na grešku. Brzi CAN komunikacioni protokol odlikuje prenos podataka do 1 Mbit/s na razdaljini do 40m, dok spori CAN protokol odlikuje brzina prenosa do 125 kbit/s za distance do 500m.

U uobičajenim CAN komunikacionim protokolima na jednom linku može biti prisutno i do 30 čvorova, a u najnovijim automobilskim CAN protokolima moguće je istovremeno ostvariti komunikaciju između 70 čvorova.

U nastavku su navedeni najinteresantniji primeri primene CAN komunikacionog protokola u automobilske industriji.

Start-stop sistem u automobilu određuje kada će motor vozila biti ugašen kako bi se smanjila emisija štetnih gasova. Sistem odlučuje da ugasi motor kada mu se posredstvom CAN protokola proslede svi neophodni podaci. Potrebni podaci sa različitih delova automobila pristižu CAN protokolom do čvora koji manipuliše *start-stop* sistemom. Za pomenuti sistem potrebni su podaci sa senzora temperature motora, senzora očitavanja brzine vozila, kao i senzora za uključenu-isključenu klimu u vozilu.

Električna parkirna kočnica je sastavni deo najmodernijih vozila. Njena aktivacija ili deaktivacija je moguća samo u slučaju kada je pedala kočnice pritisnuta u suprotnom nije ispunjen uslov za promenu njenog stanja. Podatak da je pedala kočnice aktivirana prosleđuje se putem CAN komunikacionog protokola do čvora koji vrši kontrolu nad električnom parkirnom kočnicom. Druga zanimljiva stvar je automatska aktivacija električne parkirne kočnice u slučajevima mirovanja na uzbrdici. Potrebni podaci za njenu automatsku aktivaciju potrebno je dobiti sa senzora koji mere brzinu vozila, nagib pod kojim se vozilo nalazi i ugao pedale gasa.

Sistem koji omogućava da vozilo automatski prati traku puta u kojoj se nalazi komunicira putem CAN protokola sa čvorovima koji upravljaju motorom, upravljačem i kočionim sistemom vozila. Neophodne informacije sa senzora za detekciju linije se dostavljaju jedinicama koje regulišu brzinu ili rastojanje od bočne ili centralne linije puta.

U najmodernijim vozilima je implementiran bezbednosni standard koji vrši bržu aktivaciju vazdušnih jastuka pri detekciji saobraćajne nezgode kada korisnik vozila koristi pojas za vezivanje nego kad nije upotrebljen. Ova implementacija svedoči o važnosti brzine komunikacije i prioriteta u porukama.

7. Zaključak

CAN komunikacioni protokol odlikuje velik broj prednosti i zbog toga je komunikacija našla veoma široku primenu u različitim oblastim industrije. U automobilske industrije je prisutna 30 godina i do danas je samo usavršavana kako bi se prenosio što veći broj podataka, odnosno kako bi savremena vozila sadržala veći broj elektronskih sistema koji u mnogome doprinose komforu i luksuzu savremene vožnje.

Veoma velik značaj pridaje se brzini komunikacije između čvorova u jednom sistemu, teži se vremenskom smanjivanju putovanja informacija i povećanju obima istih. Ovim se postižu precizniji, bezbedniji i otporniji sistemi na otkaz što je od velikog značaja u sistemima gde je bezbednost od veoma velikog značaja.

8. Reference

<http://www.copperhilltechnologies.com/can-bus-guide-extended-can-protocol/> pristupljeno: 10.1.2020.

<https://www.elprocus.com/controller-area-network-can/> pristupljeno: 10.1.2020.

<http://www.ti.com/lit/an/sloa101b/sloa101b.pdf> pristupljeno: 10.1.2020.

<https://www.totalphase.com/support/articles/200472276-CAN-Background> pristupljeno: 10.1.2020.

<https://copperhilltech.com/blog/controller-area-network-can-bus-bus-arbitration/> pristupljeno: 10.1.2020.