



KOMUNIKACIJE U SAU



UVODNA RAZMATRANJA

- Prenos podataka ili signala u sistemima upravljanja kao što su sistemi regulacije, sistemi za prikupljanje i prezentaciju podataka, sistemi za zaštitu i upravljanje elektroenergetskim sistemima, telemetrijski sistemi, je veoma važan proces. Ovaj proces prenosa informacija unutar i između sistema upravljanja, postao je veoma bitan, čak suštinski, kod distribuiranih sistema upravljanja. U osnovi, radi se o digitalnim sistemima koji u domenu sistema za obradu informacija postaju sve dominantnijim nad analognim sistemima upravljanja.



UVODNA RAZMATRANJA

- Posljednjih nekoliko godina došle su do izražaja značajne prednosti realizacije uređaja i sistema upravljanja na bazi digitalne tehnike. U vezi s tim, došlo je do značajnog smanjenja cijene po funkciji, povećana je tačnost, kao i moć i fleksibilnost SAU. Sve ovo omogućeno je napretkom u proizvodnji digitalnih kola uz stalno smanjivanje cijene njihovog koštanja.
- Pored ostalih prednosti digitalni sistemi pružaju veću sigurnost, veću tačnost, stabilnost i pouzdan prenos signala. Digitalni signali prenose se kao biti, ili binarne cifre, a prijemnik signala treba samo da razlikuje binarne "1"-jedinice (prisustvo signala) i binarne "0"-nule (odsustvo signala).



UVODNA RAZMATRANJA

- SAU za upravljanje tehnoloških procesa, elektroenergetskih sistema, prikupljanje podataka, itd., obično rade na takvim lokacijama gdje vladaju teški ambijentni uslovi rada (visoke temperature, vlažnost, uticaji elektromagnetnih smetnji, itd.). Radi toga, neophodno je kod projektovanja prenosnih puteva unutar i između SAU, osigurati integritet podataka, što podrazumijeva primjenu specifičnih načina prenosa signala, a koji zavisi od tipa samog signala, tačnosti prenosa, udaljenosti, tipa prenosne linije, itd.
- Osnovni zahtjev koji treba da bude ispunjen u toku prenosa signala je da se odnos SIGNAL/ŠUM (S/N) na prenosnoj liniji zadrži na nivou koji obezbjeđuje zahtijevanu tačnost.
- Drugi faktor koji je bitan za prenos signala, je minimizacija uticaja koji smanjuju upotrebljivu daljinu prenosa. Da se ilustruje zahtjev na odnos S/N, neka bude razmotren sljedeći slučaj.



UVODNA RAZMATRANJA

- Dobar analogni regulator ima vremenski drift manji od 0.1% OPSEGA/h, ili 5 mV za područje izlaznog signala 0-5 V.
- Mjerenja vršena na dvostrukom oklopljenom kablu, dužina 100-200 m, koji prolazi kroz tipičnu industrijsku sredinu, pokazala su da je realan nivo šuma ± 0.1 V, a nakon odgovarajuće redukcije, moguće ga je svesti na oko ± 10 mV. Ovo znači da je u ovom slučaju šum reda 0.2% OPSEGA analognog signala 0-5 V.
- Ako je nivo logičke jedinice 5 V, što je oko 500 puta veće od nivoa šuma, u slučaju opisanom ovdje, vjerovatnoća zamjene "1" sa "0" i obrnuto skoro je nikakva. Konsekventno tome, tačnost prenosa signala zavisi samo od broja binarnih cifara upotrebljenih da se predstavi signal.



UVODNA RAZMATRANJA

- Dakle, kod SAU fundamentalni zahtjev koji se postavlja kod njihove sinteze je zahtjev prema komunikacijama, tj. tačan i pouzdan prenos informacija iz jedne tačke u drugu prenošenjem signala. Mada je ovaj zahtjev uvijek bio od izuzetne važnosti, on je sada postao još važniji od kako su SAU postali dominantno distribuirani. Danas, većina sistema upravljanja koristi električne signale za prenos informacija, mada i dalje u nekim specifičnim aplikacijama, za prenos se koristi i pneumatski signal (eksplozivno opasne sredine). U budućnosti za prenos informacija sve će masovnije biti korišćeni optički signali zbog niza prednosti koje posjeduju.



PRENOS ANALOGNIH SIGNALA

- *ANALOGNI ILI KONTINUALNI SIGNAL* je signal čiji informacijski parametar može da ima svaku vrijednost unutar datog opsega u svakom momentu vremena.
- Predmet prenosa signala je tačna korespondencija toga signala u nekoj udaljenoj lokaciji od izvora.
- Razmatranja koja će ovdje uslijediti, odnosiće se isključivo na električne signale, međutim, slični principi upotrebljavaju se za prenos pneumatskih i drugih signala.



Unificirani analogni signal

- Izbor unificiranog signala u analognim sistemima upravljanja jedno je od bitnih sistemskih pitanja.
- Istorijski gledano, unificirani analogni signal, prvi put, pojavio se u pneumatskim sistemima upravljanja. Već odavno je usvojen standardni signal 20-100 *kPa* (0,2-1,0 *bar*).



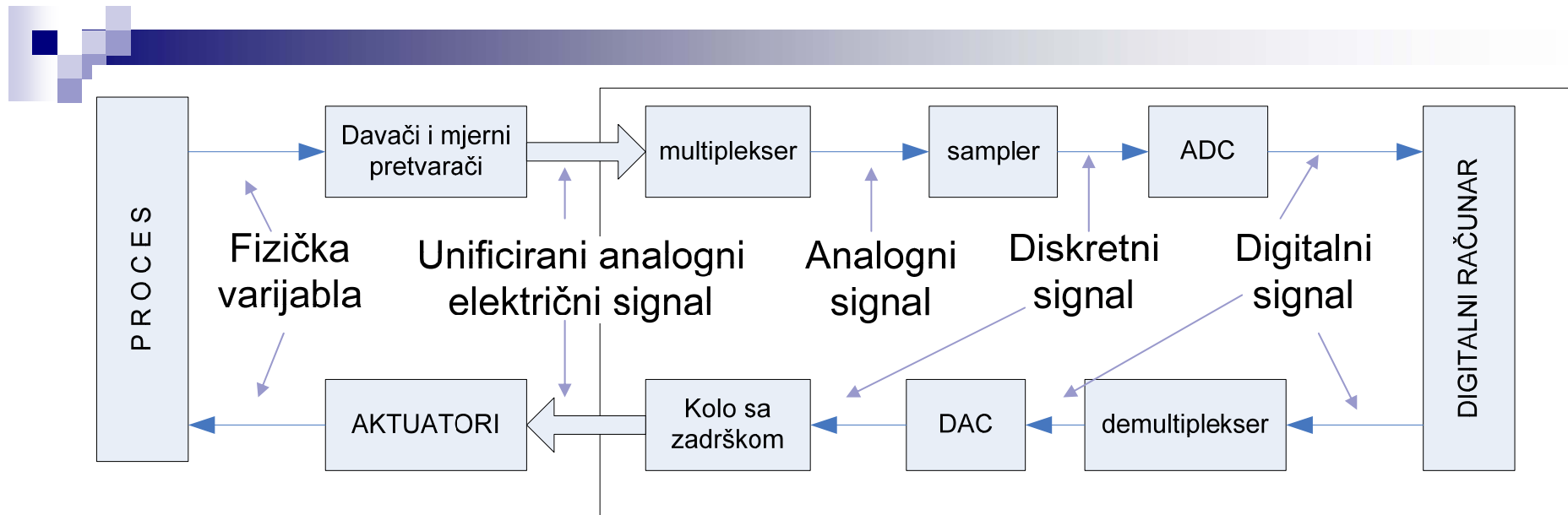
Unificirani analogni signal

- Osnovni razlozi za uvođenje ovog signala su:
 - za generisanje ovakvog signala potreban je kompresor pritiska 500-1000 *kPa*, što omogućuje rad sistema bez opasnosti da dođe do kondenzacije (veći je dopustivi sadržaj zasićene pare u vazduhu),
 - postiže se maksimalna brzina prostiranja signala uz prečnik cijevi od 4-6 *mm*. Pri tome, postoji jedno ograničenje na frekventni sadržaj pneumatskog signala koji je manji od $4/L$ [*Hz*] gdje je L - dužina prenosnog puta u [*m*],
 - manja je potrebna snaga pneumatskog izvora.
- Upoređujući jedan od prvih korišćenih pneumatskih signala (70-350 *kPa*) koji je korišćen u SAU početkom ovoga vijeka u rafinerijama nafte u SAD sa signalom (20-100 *kPa*), potrebna je oko 6 puta manja snaga pneumatskog izvora za ovaj posljednji. Takođe, porastom pritiska rastu histereze i vremenske konstante pneumatskog sistema.



Unificirani analogni signal

- Obzirom na prednosti koje danas pružaju elektronski sistemi upravljanja u odnosu na sisteme realizovane u drugim tehnologijama (pneumatski, hidraulički), najvažnije sistemsko pitanje je način komuniciranja unutar i između SAU.



- Kod analognih SAU prenos informacija između pojedinih uređaja u sistemu, obično je ostvaren analognim ili digitalnim električnim signalom. Na je slici dat detaljniji SAU, direktna i povratna grana, kao i tipovi signala koji se pojavljuju u komunikacijama unutar SAU.



Unificirani analogni signal

- Danas u tehničkoj praksi i dalje postoji veliko šarenilo, kako u pogledu vrste tako i u pogledu područja i opsega signala. Pri izboru jedinstvenog standardnog analognog signala unutar SAU, bilo je potrebno riješiti tri osnovna problema:
 - da li koristiti jednosmjerni ili naizmjenični signal?
 - da li strujni ili naponski signal?
 - koje područje i opseg signala odabrati?

Unificirani analogni signal

- Jednosmjerni signal relativno je teže pojačavati od naizmjeničnog, pogotovo ako je malog nivoa, jer tada je uticaj drifta značajan.
- S druge strane, naizmjenični signal lakše je pojačavati, ali je otežana njegova filtracija od smetnji koje potiču od uticaja energetskih vodova, radiofrekventnih i drugih smetnji. Većina šumova u industrijskim postrojenjima koji se indukuju u prenosnim putevima frekventnog je opsega $f_B \in [50\text{Hz}-10\text{MHz}]$. Glavna snaga šuma koncentrisana je u području signala frekvenci od $50\text{Hz}-100\text{Hz}$ (koji potiču od energetskih vodova, upravljača, fluorescentnih sijalica, itd.). Smetnje koje potiču od samog upravljano procesa ili objekta, frekventnog su opsega $0.005\text{Hz}-1\text{Hz}$. Amplitude ovih šumova kreću se od nekoliko *mV* do nekoliko *V*.
- Napretkom tehnologije proizvodnje poluprovodničkih elemenata, a naročito proizvodnje integrisanih kola i instrumentacionih operacionih pojačavača, prevaziđen je problem pojačavanja malih jednosmjernih signala kao što su oni iz raznih davača.
- Tako je danas prevladao jednosmjerni električni signal kao standardni.



Unificirani analogni signal

- Odgovor na pitanje: "Da li naponski ili strujni signal", dobijen je iz prednosti koju ima strujni signal kada se koristi za prenos informacije na daljinu.
- Prvo, problem pada napona duž prenosne linije, eliminisan je kao izvor greške, budući da je struja, nosilac informacije, ista u svim tačkama redne veze, prenosne linije.
- Drugo, prijemnik informacije je niskoimpedantni, što minimizira razvoj šuma na izlazu zahvaljujući uticajima spoljašnjih smetnji.



Unificirani analogni signal

- Na osnovu ovoga i ranijeg istorijskog kontinuiteta da je pneumatski signal (opseg 5:1), odabran je standardni strujni signal u SAU (4-20) *mA*, što je sankcionisano i Publikacijom IEC 381 i JUS Standardom. Pri tome, opciono je uzet i signal (0-20) *mA*.
- Standardni naponski signal je (0-10) V, ili (-10 do +10) V. U elektroprivredi se susreću i drugi signali kao -5 *mA* do +5 *mA* ili -10 *mA* do +10 *mA*.
- Signal (4-20) *mA* naziva se signal sa "živom" nulom, a signal (0-20) *mA* signal s pravom nulom. Mjerni pretvarači (4-20) *mA* svoju vezu s potrošačem ostvaruju putem dvostruke linije, a oni (0-20) *mA* putem trostruke linije.



PRENOS DIGITALNIH SIGNALA KROZ SAU

- U cilju smanjenja greške u prenosu analognog signala, smanjenja uticaja smetnji i šuma na koristan signal (tj. odnos S/N - Signal Noise ratio), sve više se koristi prenošenje podataka u SAU u digitalnoj formi. Pojavom digitalnih distribuiranih SAU na bazi mikroprocesora i mikroračunara, ovo je postao isključivi zahtjev, obzirom da se obrada vrši na digitalnom nivou. Treba naglasiti, da ako se analogni signali prenose digitalno, prijemnik mora izvršiti ponovnu konverziju digitalnog signala u analogni. Pri tome, greška konverzije pretvara se u analogni šum, ali odnos signal/šum, S/N , postaje mjerljiv.



PRENOS DIGITALNIH SIGNALA KROZ SAU

- Proces kvantizacije analognog signala odvija se u dvije etape:
 - uzimanje odbiraka analognog signala u vremenu,
 - zamjena svakog odbirka najbližim brojem skupa diskretnih vrijednosti.
- Učestalost uzimanja odbiraka u vremenu i kvantizacija odbiraka, zavise od frekventnog sadržaja analognog signala i tačnosti uzimanja odbiraka, tj. nivoa kvantovanja.



PRENOS DIGITALNIH SIGNALA KROZ SAU

- *DIGITALNI SIGNAL* je signal disrektizovan po vremenu i amplitudi čiji je informacioni parametar kodiran broj.
- Pri tome diskretizacija ili kvantovanje signala je postupak pri kome se cijeli opseg veličine dijeli u konačan broj podopsega, a veličina unutar svakog podopsega predstavlja odgovarajućom vrijednošću koja se naziva kvantovana vrijednost.
- Amplitudno-kvantovani signal je signal čiji je informacioni parametar kvantovan, odnosno signal koji je diskretizovan po amplitudi.
- Binarni signali daleko su iznad nivoa šumova koji se javljaju u prenosnim linijama, pa je prenešeni digitalni signal neosjetljiv na drift ili grešku, sve dok binarni signali "1" i "0" nisu dovoljno prigušeni i izobličeni usljed dužine prenosnog puta da ih prijemnik ne raspoznaje. Dalje, neki bit-ovi namijenjeni su za kodiranje tj. provjeru svake primljene "riječi" ili broja, i kada se pojavi greška u prenosu, vrši se retransmisija.



PRENOS DIGITALNIH SIGNALA KROZ SAU

- Primjena digitalnih signala tj. digitalnog prenosa, omogućava kompatibilnost sistema upravljanja sa računarima na višem hijerarhijskom nivou, kao i lakšu implementaciju upravljačkih algoritama, te mnoge prednosti koje se imaju korišćenjem operatorovog interface-a.
- Hijerarhijska funkcionalna struktura jednog SAU, bez obzira na topologiju, korišćenjem digitalnih sistema može se veoma jednostavno realizirati, jer komunikacioni podsistem omogućuje povezivanje svih hijerarhijskih nivoa.
- Osnovni zahtjevi koji se postavljaju pred sistem za prenos digitalnih signala (podataka) su:
 - brzina prenosa podataka ili zahtjevani propusni opseg,
 - dopuštena greška u prenosu podataka ili potreban kvalitet u prenosu podataka.



PRENOS DIGITALNIH SIGNALA KROZ SAU

- Brzina prenosa se obično definiše kao broj bita u jedinici vremena ili baud (bod) brzina.
- *BAUD* je obično interval koji pripada podatku od jednog bita. U bit sinhronim sistemima, baud brzina je ravna bit brzini, tj. brzini izraženoj u bit/s.
- Brzina prenosa odnosi se na maksimalnu dopustivu brzinu prenosa uz određenu grešku. Pri tome, specifikacija dopustive greške zavisi od aplikacije.
- Prenos signala na veće udaljenosti vrši se u formi diskretnog signala, a tehnika prenosa može biti analogna ili digitalna.




Bazični principi modulacije

- Komuniciranje je definisano kao proces u kojem se analogne ili digitalne poruke prenose nekim medijem iz jedne ili više tačaka u prostoru i vremenu, nazvane izvori, u druge tačke koje se zovu prijemnici ili korisnici. Efikasnost prenosa zahtijeva da informacija (poruka) proizvedena u izvoru bude procesirana (modulisana) prije nego što će biti prenešena.
- Modulacija je proces ili rezultat procesa u kojem su neke od karakteristika talasa modifikovane u saglasnosti sa karakteristikom drugog talasa ili signala.



Bazični principi modulacije

- Projektovanje širokopropusne prenosne linije u funkciji je odziva na širok spektar frekvencija koje su sadržane u signalu nosioca informacije. Danas je ovaj opseg frekvencija praktično od 0 *Hz* do nekoliko *GHz*.
- Za potrebe distribuiranih sistema za upravljanje tehnoloških procesa reda je do 10-ak *MHz*. Prenosni mediji koji omogućuju prenos signala frekventnog opsega po segmentima ukupnog frekventnog područja, mogu biti: koaksijalni kabl, fiberoptički vodovi, radio talasa, talasovodi, tvinskijalni kablovi, itd.
- Efektivna iskorištenost resursa prenosnog medija visoke frekventne propusnosti, zahtjeva pomjeraj frekvencije u drugo područje za prenos, i nakon prenosa, ponovo vraćanje na izvornu frekvenciju.

- 
- U principu neki signal može se prenositi na dva načina:
 - direktno, bez bilo kakve modifikacije prenošenog, baznog signala, - tzv. baseband postupak prenosa,
 - modulacijom signala koji se prenosi.

 - Tehnike modulacije signala mogu se podijeliti u dvije osnovne grupe:
 - analogne,
 - impulsno-digitalne



Modulacija

- Signal koji se prenosi sastoji se od dvije komponente:
 1. **Signal informacije.**
 2. **Signal nosioca.**
- Prenos signala kroz komunikacijski medij uključuje modulaciju nosioca.
- **Proces kombinovanja informacijskog signala i signala nosioca naziva se modulacija.**
- Signal visoke frekvencije koji prenosi (nosi) informaciju naziva se nosilac.
- Signal nosioca je oblika:

$$a(t) = A \sin(ft + \omega)$$

A = amplituda.

f = frekvencija, ω = faza.



Modulacija

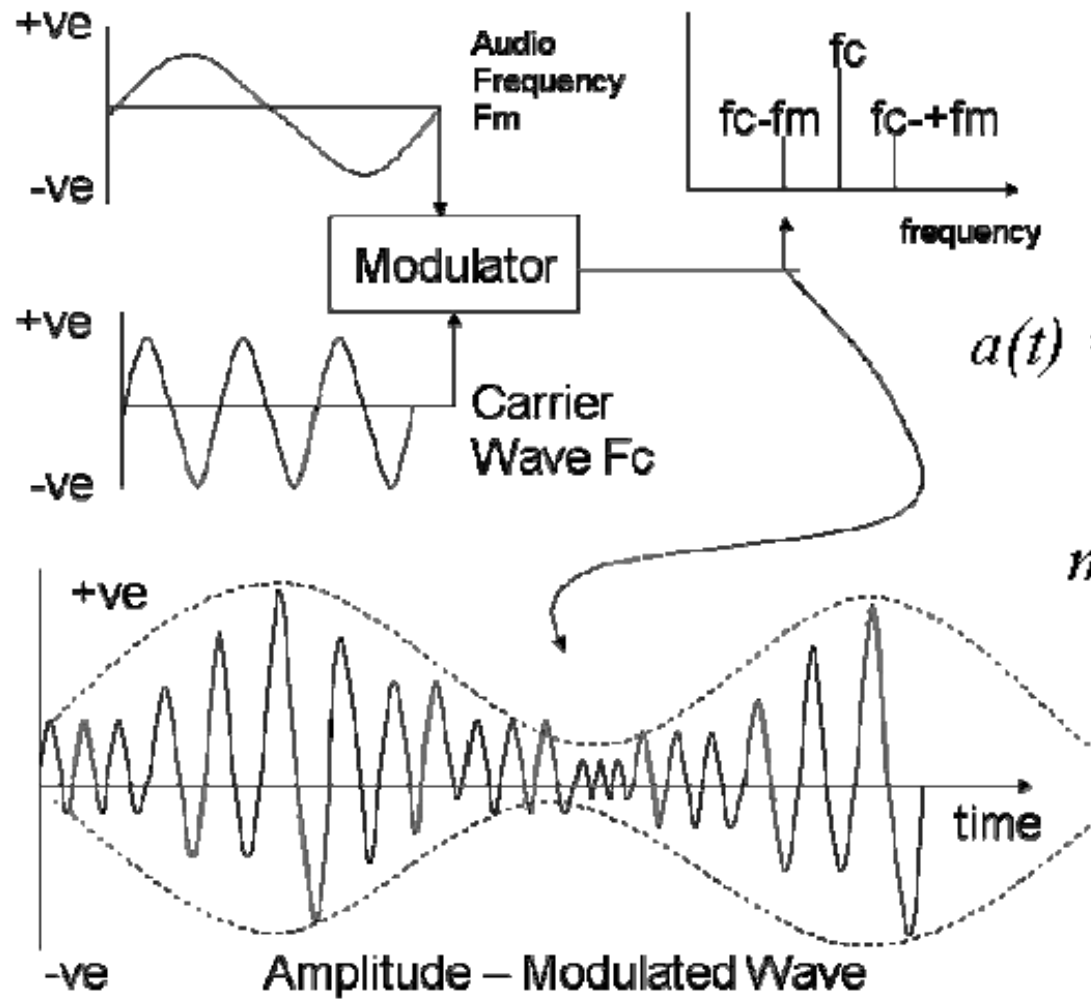
- Prenosni mediji nisu savršeni te se signal **izobličava**. Kod digitalnih signala ta promjena uzrokuje greške.
- Kod propagacije signala dolazi do **slabljenja**. Svaka Fourierova komponenta guši se za različiti iznos, pa na prijemnoj strani dobijamo različit signal.
- Zbog toga je **nepoželjno koristiti signale sa širokim spektrom frekvencija**, a takvi su binarni signali.
- Zbog toga se za prenos podataka (posebno kod telefonskih linija) koriste **analogni**, a ne digitalni signali. Uvodi se signal nosilac i on se moduliše u skladu sa signalom podataka (binarnih).



Analogne tehnike modulacije

- Vrste modulacije:
 1. Amplitudska.
 2. Frekvencijska.
 3. Fazna.
- Miješanje informacijskog signala sa signalom nosioca na način da se mijenja amplituda nosioca frekvencijom informacijskog signala - **amplitudska modulacija**.
- Kod **frekvencijske modulacije** kombinuju se modulišući signal i signal nosioca na način da se frekvencija nosioca mijenja gore, dole svojom normalnom frekvencijom.
- **Fazna modulacija** je vrsta frekvencijske modulacije, kod koje se frekvencija nosioca mijenja proporcionalno amplitudi i frekvenciji modulišućeg signala.

Amplitudska modulacija

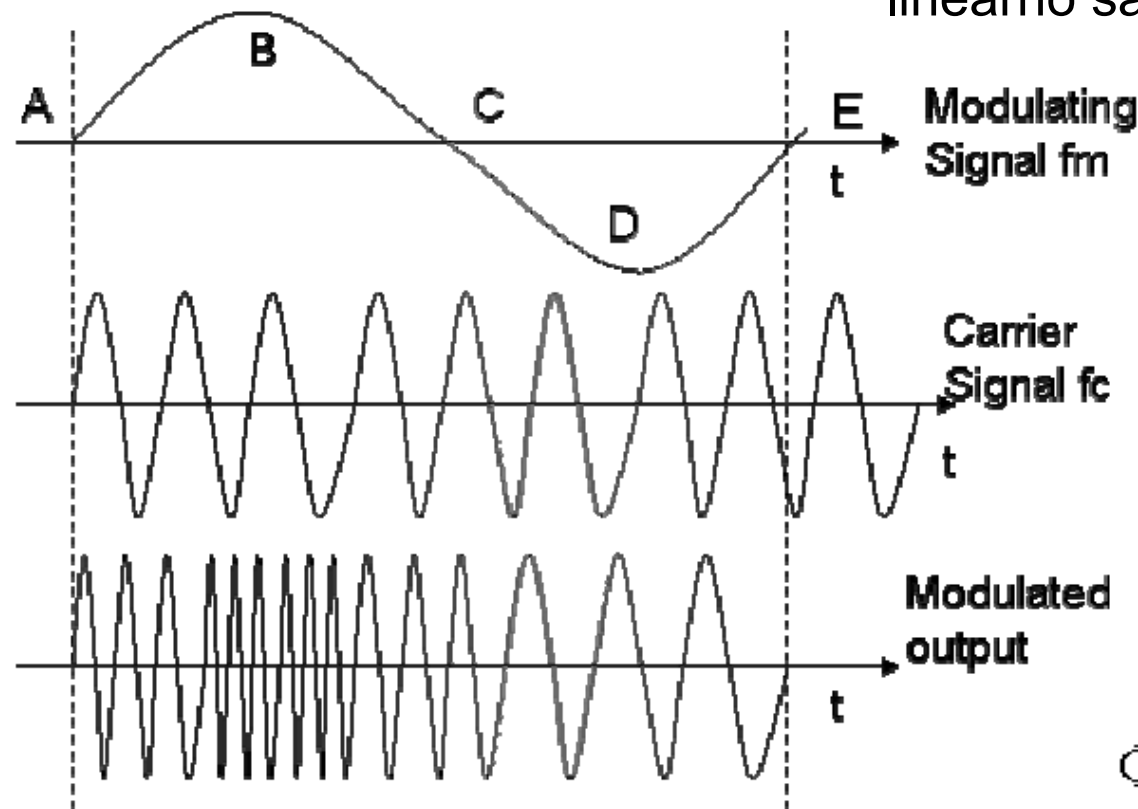


$$a(t) = a_0 + s(t), \quad s(t) \geq -a_0$$

$$m(t) = a(t) \cos \omega_c t$$

Frekvencijska modulacija (FM)

proces u kome se vremenski izvod faze modulisanog signala mijenja linearno sa signalom

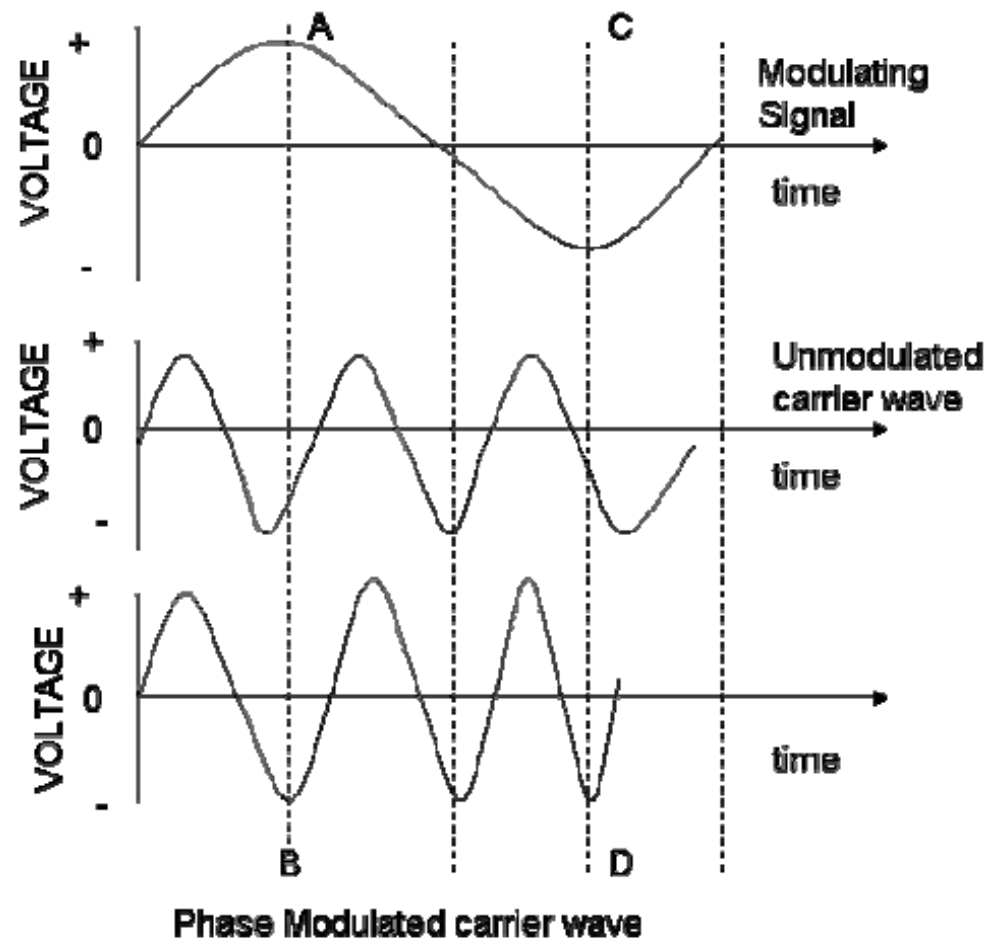


$$\Phi'(t) = \frac{d\Phi}{dt} = \omega_c + ks(t)$$

$$m(t) = a_c \cos\left[\omega_c t + k \int_{t_0}^t s(t) dt\right]$$

$$\Phi(t) = \omega_c t + k \int_{t_0}^t s(t) dt$$

Fazna modulacija (PM)



$$m(t) = a_c \cos[\omega_c t + k_s(t)]$$

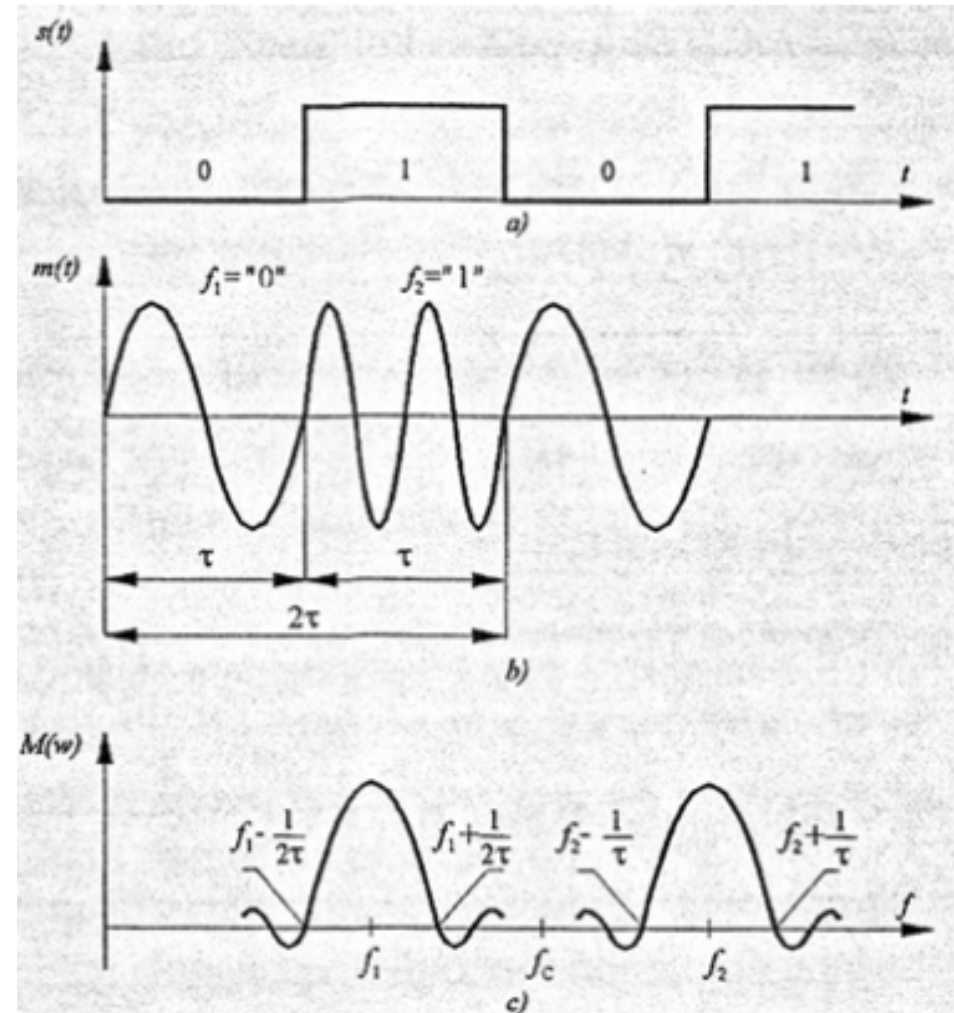


Impulsno-digitalne tehnike modulacije

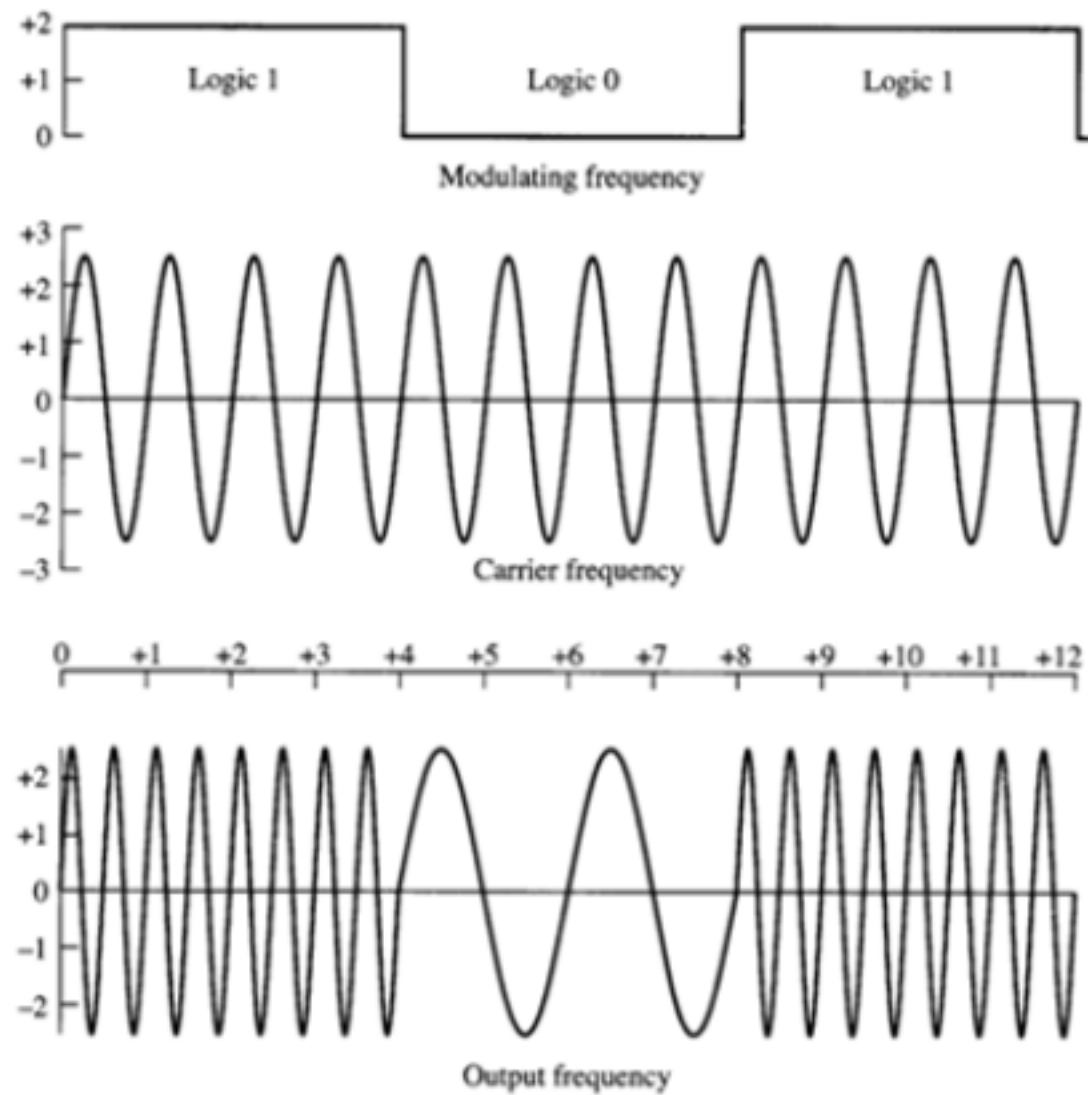
1. ***IMPULSNO-AMPLITUDSKA MODULACIJA (PULSE AMPLITUDE MODULATION -PAM)*** je proces u kojem je amplituda prenešenog impulsa srazmjerna signalu.
2. ***IMPULSNO-POZICIONA MODULACIJA (PULSE POSITION MODULATION - PPM)*** je proces u kojem je vrijeme pojave prenošenog impulsa od nekog fiksnog trenutku srazmjerno signalu.
3. ***IMPULSNO-ŠIRINSKA MODULACIJA (PULSE DURATION MODULATION -PDM)*** je proces u kojem je trajanje impulsa srazmjerno nivou signala.
4. ***IMPULSNO-KODNA MODULACIJA (PULSE CODE MODULATION - PCM)*** je proces koji je baziran na digitalizaciji odbiraka signala i njihovom slanju u vidu rezultirajućih diskretnih brojeva kao telegrafskih signala. Tačnost sa kojom su uzimani uzorci signala zavisi od njegovog frekventnog sadržaja. Greška učinjena predstavljanjem odbiraka najbližim diskretnim brojem, naziva se šum kvantizacije koji se pojavljuje na kraju prenosnog kanala.

Impulsno-digitalne tehnike modulacije

- **5. TONSKA MODULACIJA (FREQUENCY SHIFT KEYING - FSK)** je proces u kojem logičkoj "1" u trajanju te logičke jedinice odgovara sinusni signal jedne frekvencije, npr. $f_2 \approx "1"$, a logičkoj "0" odgovara sinusni signal frekvencije $f_1 \approx "0"$. Pri tome $f_2 \neq f_1$



FSK modulacija

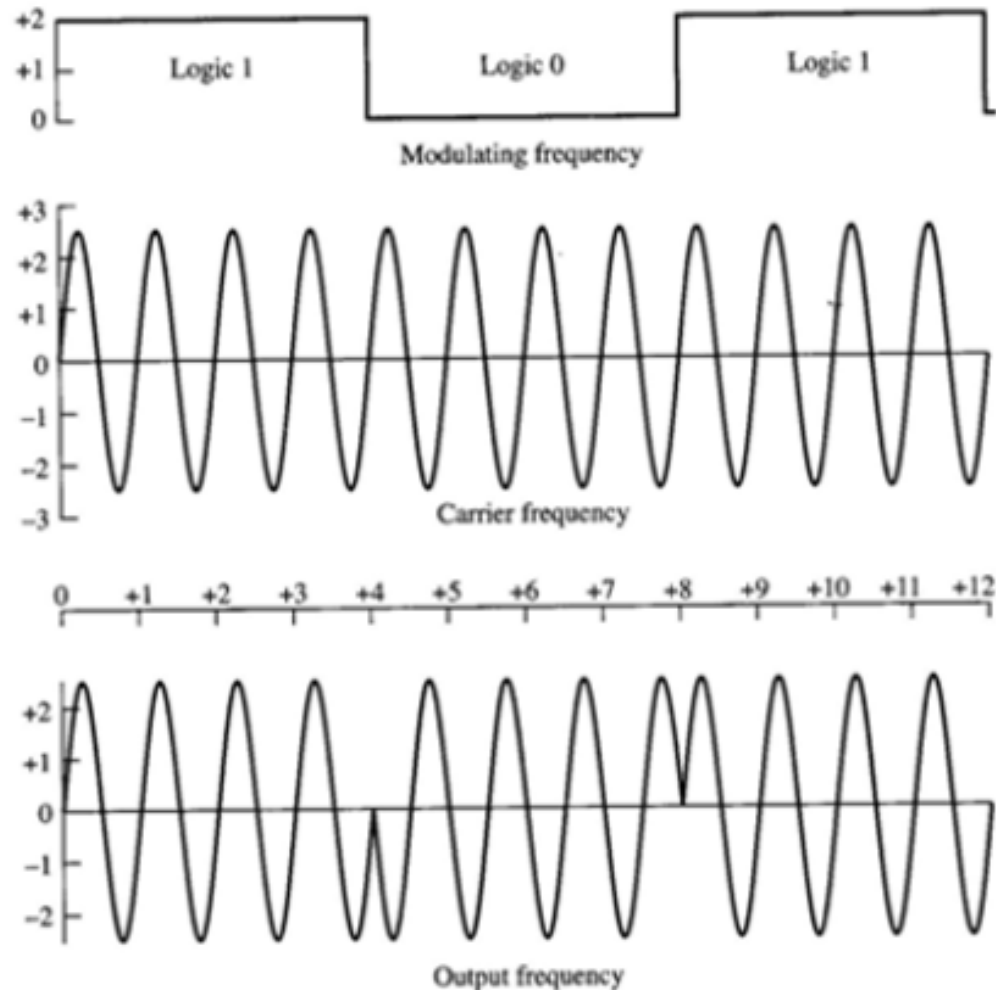


Impulsno-digitalne tehnike modulacije

PSK modulacija - dvofazna

6. FAZNA MODULACIJA (PHASE SHIFT KEYING - PSK) - PSK

modulacija je proces u kojem se binarna jedinica predstavlja sinusoidom sa faznim pomakom od 0° , a binarna nula sinusoidom sa faznim pomakom od 180°





Kodiranje signala

U toku prenosa informacije nemoguće je izbjeći uvođenje u prenosni kanal (liniju) razne vrste šumova (smetnji), bilo da se radi o električnim kablovima, radio putevima, optičkim vezama, itd. Nivo šuma utisnut u prenosnu liniju može biti toliki da ozbiljno ugrozi prenos signala. Postoji mnogo načina da se utiče na promjenu signala da ovaj bude podesan za prenos kanalom u kojem se pojavljuje šum. Najjednostavniji način je povećanje snage izvora signala. Ovaj način je neekonomičan i ograničen nivoom izvora snage.

Polazeći od toga da distribuirani sistem za upravljanje tehnoloških procesa upravlja velikim količinama energije i materijala, bitno je da praktično nema greške u prenosu signala. Konsekventno tome, primarni zahtjevi koji se u tom slučaju postavljaju su: sigurnost prenosa poruka unutar SAU, otpornost na smetnje koje dolaze iz okoline i adekvatno prezentiranje poruka operatoru.

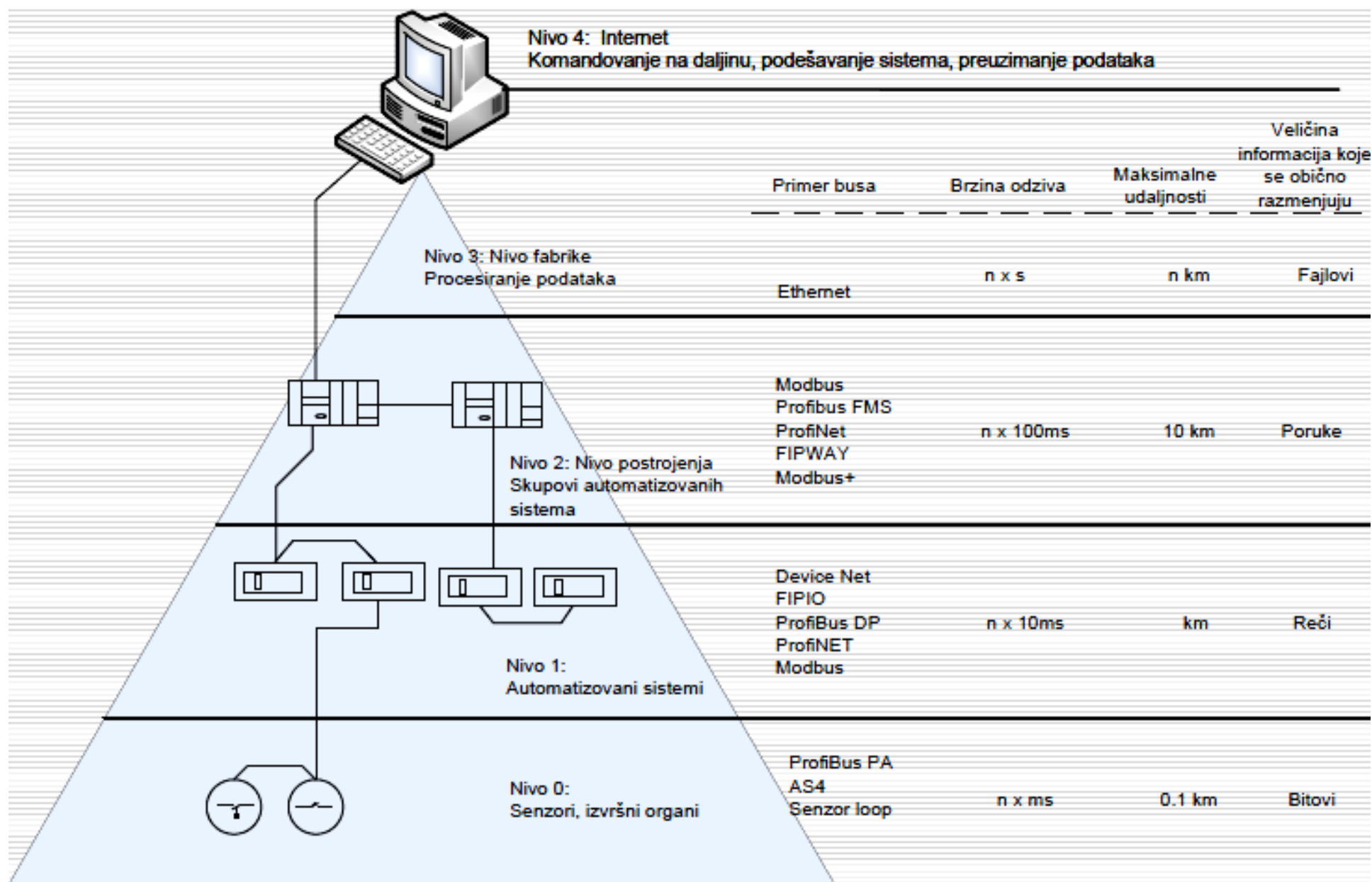
Moguća je, međutim, obrada digitalnih signala tako da prijemnik signala indicira pojavu greške u signalu, ili njenu detekciju, i da je koriguje. Mogućnost detekcije i korigovanja greške u komunikacionom podsistemu SAU, može biti ostvarena odgovarajućom obradom prenošenog signala (informacije) koja se naziva kodiranje.



Komunikacioni protokoli i nivoi njihovog izvršavanja

- Određena univerzalna mreža ne može da zadovolji sve potrebe u procesnoj industriji. Iz tog razloga je razvijen veći broj komunikacionih sistema prilagođenih za odgovarajući skup zadataka. Prema namjeni sistema, odnosno količine i tipa podataka koji se razmjenjuju, brzine prenosa i reakcije sistema, moguće je izvršiti klasifikaciju komunikacionih sistema u savremenoj automatizaciji. Na slici je dat grafički prikaz klasifikacije.

Komunikacioni protokoli i nivoi njihovog izvršavanja

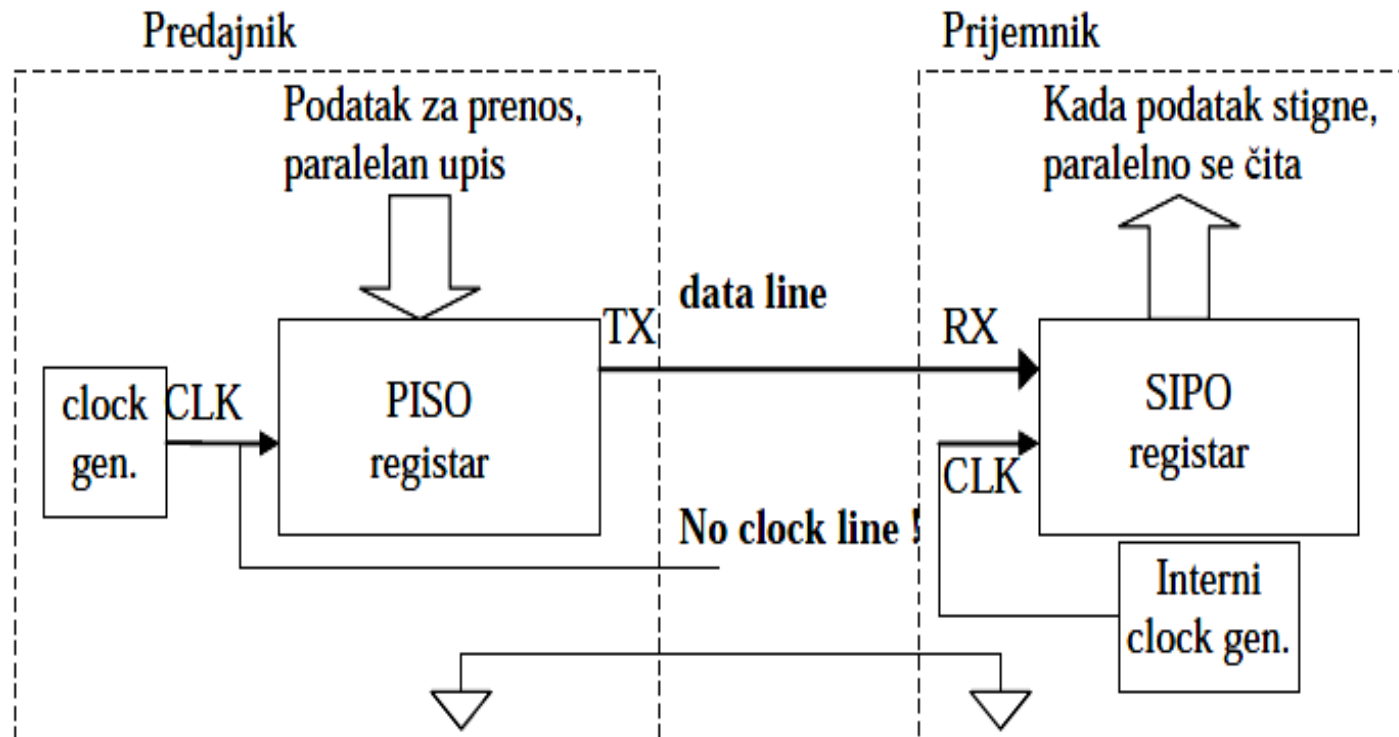




Asinhroni serijski protokoli

- Zbog svojih loših strana koje se ogledaju u problemima sa šumom, razvođenju velike količine žica, problemima pri sinhronizaciji prijemnika i predajnika, za prenos podataka na velike udaljenosti paralelni prenos se gotovo i ne koristi. To je uzrokovalo razvoj protokola koji obezbjeđuju serijski prenos podataka. Njega karakteriše prenos svih bita podataka kroz istu žicu, ali u različitim vremenskim intervalima. Prenosi se bit po bit, u vidu vremenske sekvence. Serijski komunikacioni protokol predstavlja precizno definisane procedure i sekvence bita, karaktera i upravljačkih kodova korišćene za prenos podataka preko komunikacione linije.
- Protokol je asinhroni ako predajnik ne prosljeđuje *clock* signal prijemniku, već samo podatke koji se mijenjaju vremenom. Tako na primjer, predajnik preko svog PISO registra (*Parallel In Serial Out*) šalje podatke ka SIPO (*Serial In Parallel Out*) registru u okviru prijemnika.

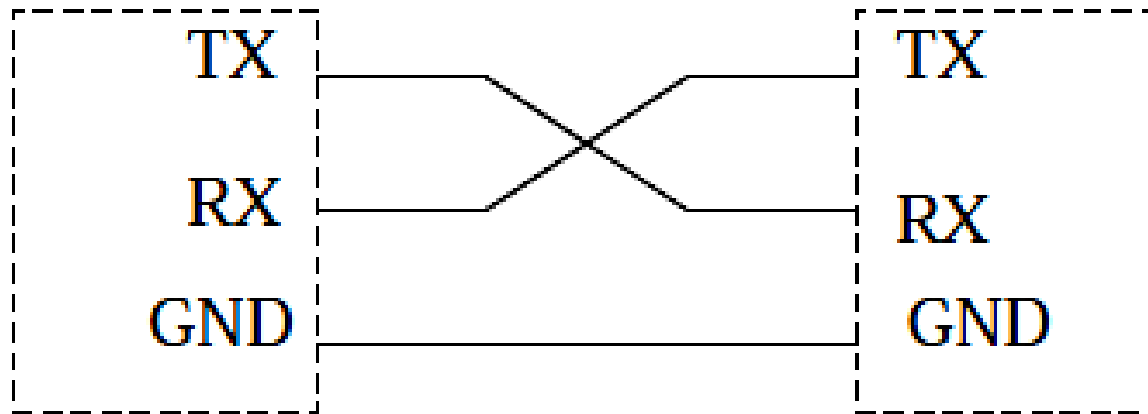
Princip asinhrone serijske veze




Asinhrona serijska veza (full-duplex)

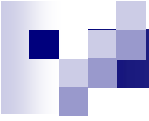
Primopredajnik 1

Primopredajnik 2



- Za asinhronu serijsku vezu postoji linija za podatke, ali ne postoji *clock* linija. Zbog toga mora postojati drugi način za sinhronizaciju prijemnika i predajnika. Na slici je prikazana kompletna asinhrona serijska veza dva uređaja (*full duplex*) koji mogu da primaju i da šalju podatke koristeći tri linije.

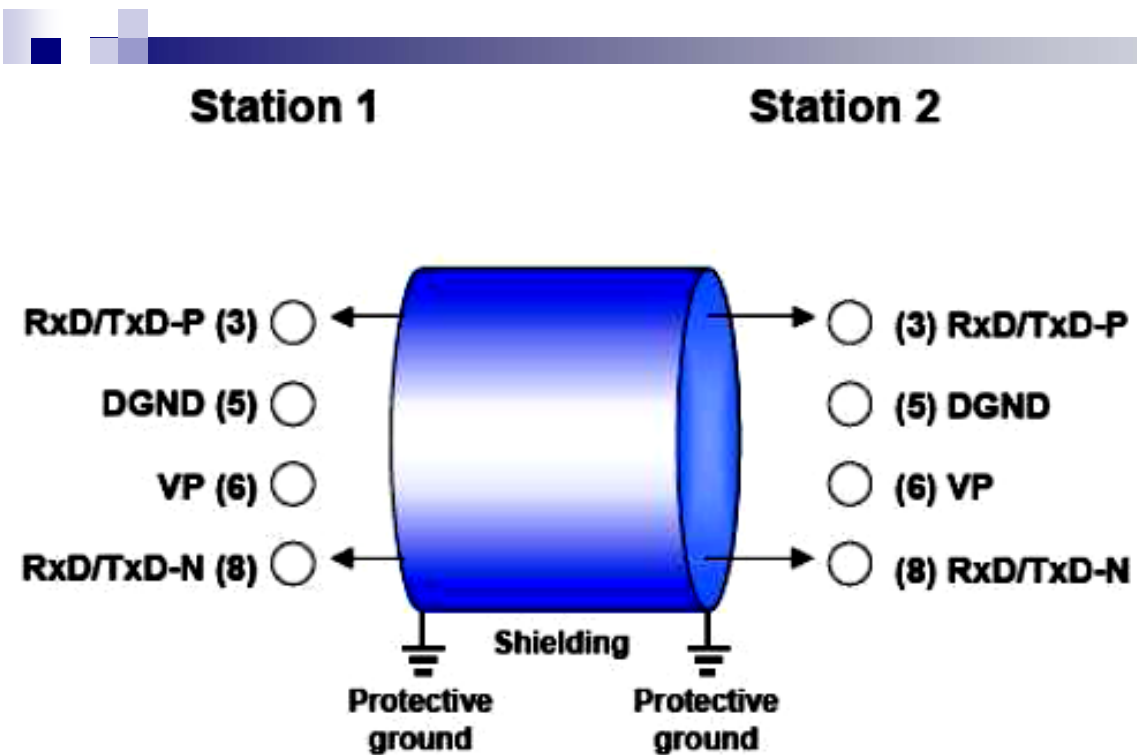
- 
- RS232 je prvi standardni protokol za serijski prenos podataka (*serial interface*). Karakteristike ovog interfejsa su standardizovane od strane Asocijacije elektro industrije EIA. RS232 protokol je namijenjen za sporu konekciju jednog data terminala (PC) sa relativno bliskom opremom za komunikaciju (modemom). To nije predstavljalo problem dok su računari bili povezani sa modemima. Ali vremenom dolaze do izražaja nedostaci RS232 protokola: malo rastojanje za prenos podataka (do 15m), mala brzina prenosa (do 20Kb/s) i mogućnost povezivanja samo jednog predajnika i prijemnika. Iz tog razloga je ustanovljen novi protokol RS422. On se koristi za prenos podataka na većim rastojanjima (do 1200m) i za veće brzine (do 10Mb/s), što je ostvareno upotrebom po dvije linije za prijem i predaju podataka odnosno primjenom diferencijalnog prenosa. RS422 uveo je mogućnost komunikacije 1 predajnika i 10 prijemnika.

- 
- Ipak, najznačajniji interfejs za industrijske primjene u ovoj grupi je RS485, čija je najvažnija razlika u odnosu na RS422 interfejs mogućnost komuniciranja 32 predajnika i 32 prijemnika (*multi-drop*). Kreiranje više predajnika na istu liniju je ostvareno uvođenjem trostatičkih predajnika (tzv. stanje visoke impedance). Po RS485 standardu, aktivan predajnik preuzima liniju i postavlja je u zavisnosti od poruke u stanje 0 ili 1. Preostali neaktivni predajnici se postavljaju u stanje visoke impedance i ne smetaju pri prenosu. Osobine RS485 po pitanju maksimalne daljine i brzine prenosa, kao i osjetljivosti na smetnje su ostale iste u odnosu na RS422.
 - Navedeni serijski protokoli predstavljaju osnovu serijskih protokola višeg nivoa, ali oni sami i dalje ne odgovaraju u potpunosti radu u industrijskom okruženju. Zbog toga se RS232 i RS485 dalje mogu nadograđivati uvođenjem galvanske izolacije, uvećanjem robusnosti u odnosu na šum, i sl.

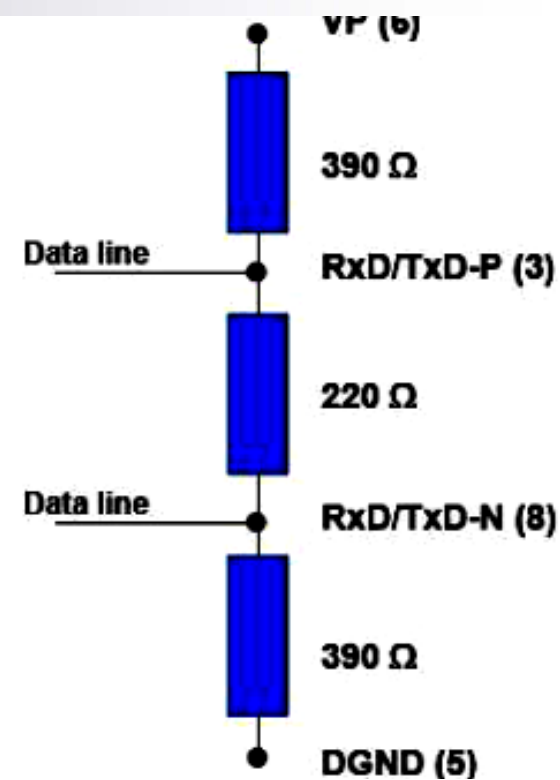


RS485 protokol

- RS485 protokol predstavlja standard definisan od strane EIA. Ujedno, on je najšire korišćen serijski protokol u sistemima za akviziciju i prenos podataka, za kontrolne aplikacije koje rade u realnom vremenu i za opštu komunikaciju između više udaljenih čvorova.
- RS485 predstavlja polu-dupleks asinhronu vezu. Podaci mogu da se prenose u oba smjera, ali ne istovremeno. RS485 prenos podataka se vrši preko dvije oklopljene upredene parice (RxD/TxD-P i RxD/TxD-N), prikazane na slici. Moguće su brzine prenosa od 9.6Kb/s do 2Mb/s. Dozvoljena dužina kabla između dva repetitora je od 100 do 1200m, zavisno od korišćene brzine prenosa. Svi uređaji su spojeni u zajedničku sabirnu strukturu, a po segmentu je dozvoljeno paralelno povezati maksimalno 32 uređaja. Na početku i kraju linije mora postojati terminator linije (slika). Oba terminatora imaju sopstveno napajanje koje osigurava prenos bez greške. Podaci se prenose kao niz bita, s tim da RS485 koriste različite fizičke nivoe (slika).



Povezivanje uređaja na RS 485 liniju

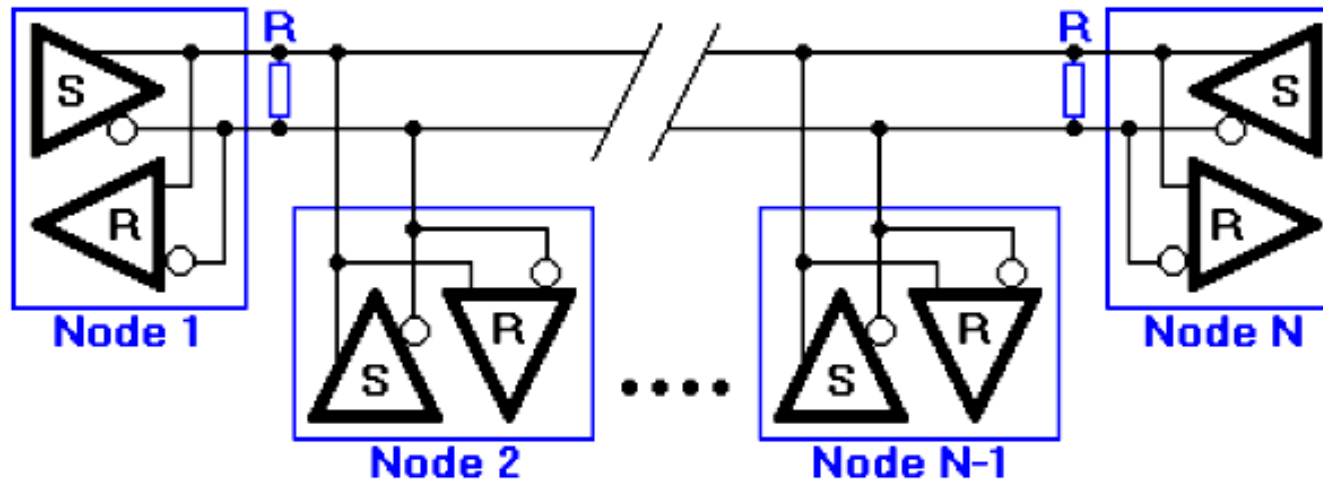


RS 485 terminator linije


Uporedne karakteristike RS232, RS422 i RS485

	RS232	RS422	RS485
Differential	no	Yes	yes
Max number of drivers	1	1	32
Max number of receivers	1	10	32
Modes of operation	half duplex full duplex	half duplex	half duplex
Network topology	point-to-point	multidrop	multiport
Max distance	15 m	1200 m	1200 m
Max speed at 12 m	20 kbs	10 Mbs	35 Mbs
Max speed at 1200 m	(1 kbs)	100 kbs	100 kbs
Receiver input resistance	3.7 k Ω	4 k Ω	12 k Ω
Driver load impedance	3.7 k Ω	100 Ω	54 Ω
Receiver input sensitivity	± 3 V	± 200 mV	± 200 mV
Receiver input range	± 15 V	± 10 V	-7..12 V
Max driver output voltage	± 25 V	± 6 V	-7..12 V
Min driver output voltage (load)	± 5 V	± 2.0 V	± 1.5 V

Mrežna topologija veze



- RS485 mrežnom topologijom dozvoljava se povezivanje više primopredajnika na istu mrežu. Slika prikazuje N primopredajnika povezanih u *multipoint network*. Da bi se postigle velike brzine terminalni otpornici su neophodni na obje strane mreže kako bi se eliminisala refleksija signala. Ovakva mreža mora uvijek da se projektuje kao mreža sa više povezanih tačaka (*multiple drops*) ka jednoj liniji i sa dva otpornika na oba kraja linije.

- 
- Ne preporučuje se zvijezda topologija, u kojoj se refleksija signala ne može suzbiti i koja umanjuje kvalitet veze. Ako se koriste prijemnici sa 12 k Ω ulaznom otpornošću moguće je povezati do 32 primopredajnika na istu mrežu. Postoje i RS485 primopredajnici veće ulazne impedancije kojom se ovaj broj uvećava do 256. Postoje i RS485 pojačavači (*repeaters*) koji spajaju dvije mreže i omogućavaju ukupan broj povezanih primopredajnika i do 1000 na udaljenosti od nekoliko kilometara. Mrežna topologija predviđa samo jednu liniju za prenos. To znači da RS485 može biti samo *half duplex* veza kojom se ne može obezbijediti istovremeni prijem i predaja. Samo jedan podatak može biti prisutan na liniji. Ono što je dobro je da nije bitno ni ko šalje taj podatak, ni ko ga prima, sve kombinacije su dozvoljene. Bitno je da softver višeg nivoa mora da obezbijedi dodatne funkcije kao što je provjera aktivnosti linije prije slanja, adresu prijemnika unutar poslatog paketa kojem se šalje podatak, mogućnost *broadcast* poruke, itd.



MODBUS protokol

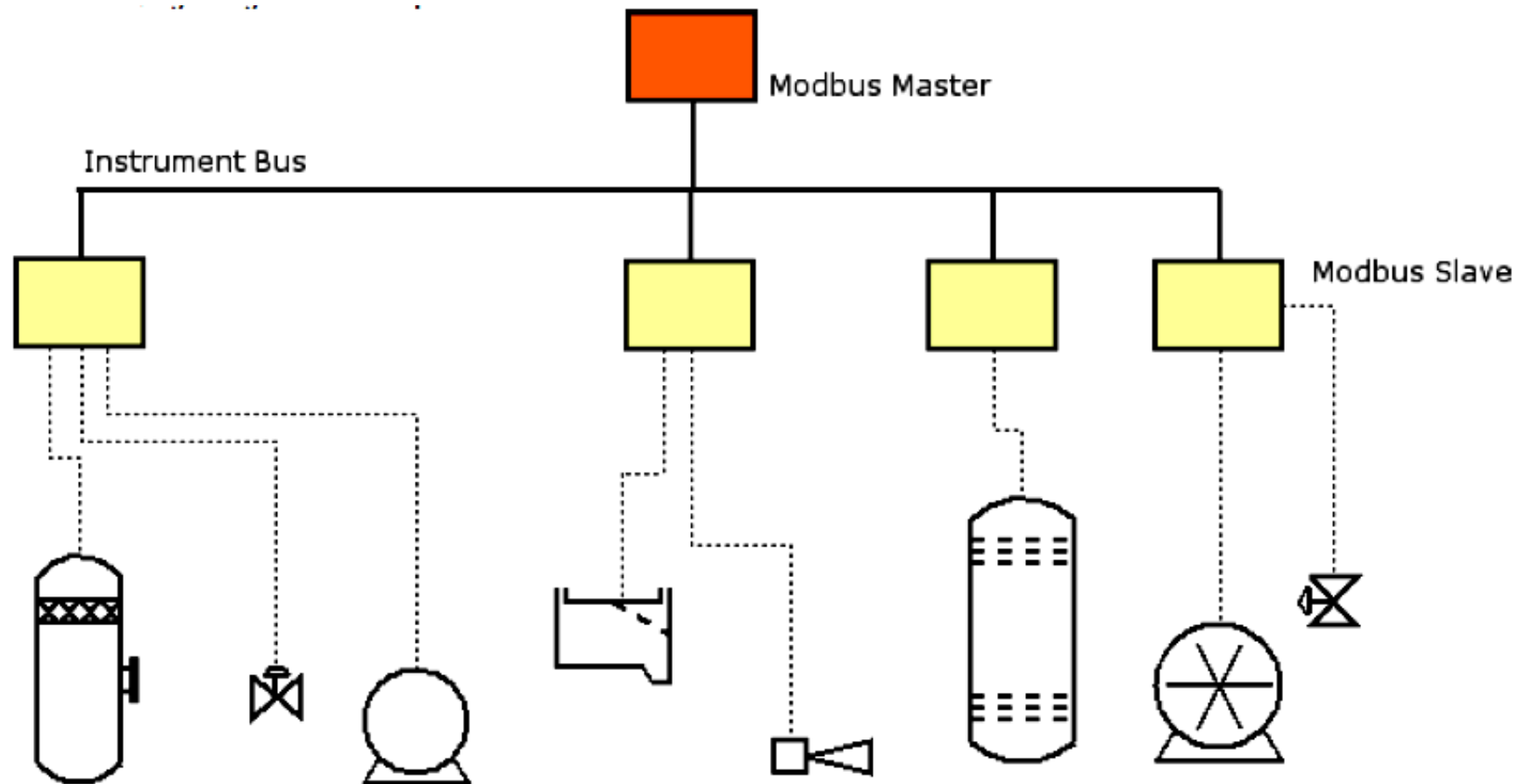
- Protokol MODBUS je *master/slave* sa *half-duplex* prenosom iz grupe *fieldbus* protokola je razvijen od strane Modicon-a, 1979 godine. Podržava jedan *master* i do 247 *slave* uređaja u jednoj MODBUS mreži. Protokol definiše okvir poruke kao i skup funkcijskih kodova koje te poruke mogu prenositi. Moderna verzija MODBUS-a koristi Ethernet kao bazični sloj a MODBUS/TCP podržava i internet okruženje. Koriste se tri tipa Modbus prenosa, i to:
 - ASCII – jedan bajt poruke se sastavlja od dva ASCII karaktera;
 - RTU – poruke se sastoje od binarnih bajtova i
 - MODBUS/TCP (poruka se ugrađuje u standardni okvir TCP/IP poruke).
- Modbus ASCII i RTU prenos se koriste u RS232 i RS485 mrežama dok MODBUS/TCP protokol funkcioniše na svim fizičkim nivoima koje podržava TCP/IP protokol kao što su: 10BASE-T i 100BASE-T LAN kao i serijski PPP i SLIP mrežni nivoi. MODBUS protokol podržavaju razni PLC i inteligentni senzori.



Struktura protokola

MODBUS struktura podrazumijeva jedan *master* i više *slave* uređaja na jednoj istoj liniji veze. Liniju u potpunosti kontroliše *master* tako što se po potrebi obraća pojedinim *slave* uređajima. Ukoliko *master* hoće da pročita stanje nekog mjerača on na liniju šalje poruku sa njegovom adresom. Mjerač prepoznaje svoju adresu i u odgovoru šalje stanje svog ulaza, tj. mjerene veličine. Po potrebi, odgovor može biti i prosta potvrda prijema (*acknowledgment*). Ako *master* želi da otvori neki ventil njemu je kao odgovor dovoljna samo potvrda da je poruka stigla na destinaciju i funkcija izvršena, tj. da je ventil uspješno otvoren.

Modbus sistem sa jednim master uređajem i više slave uređaja



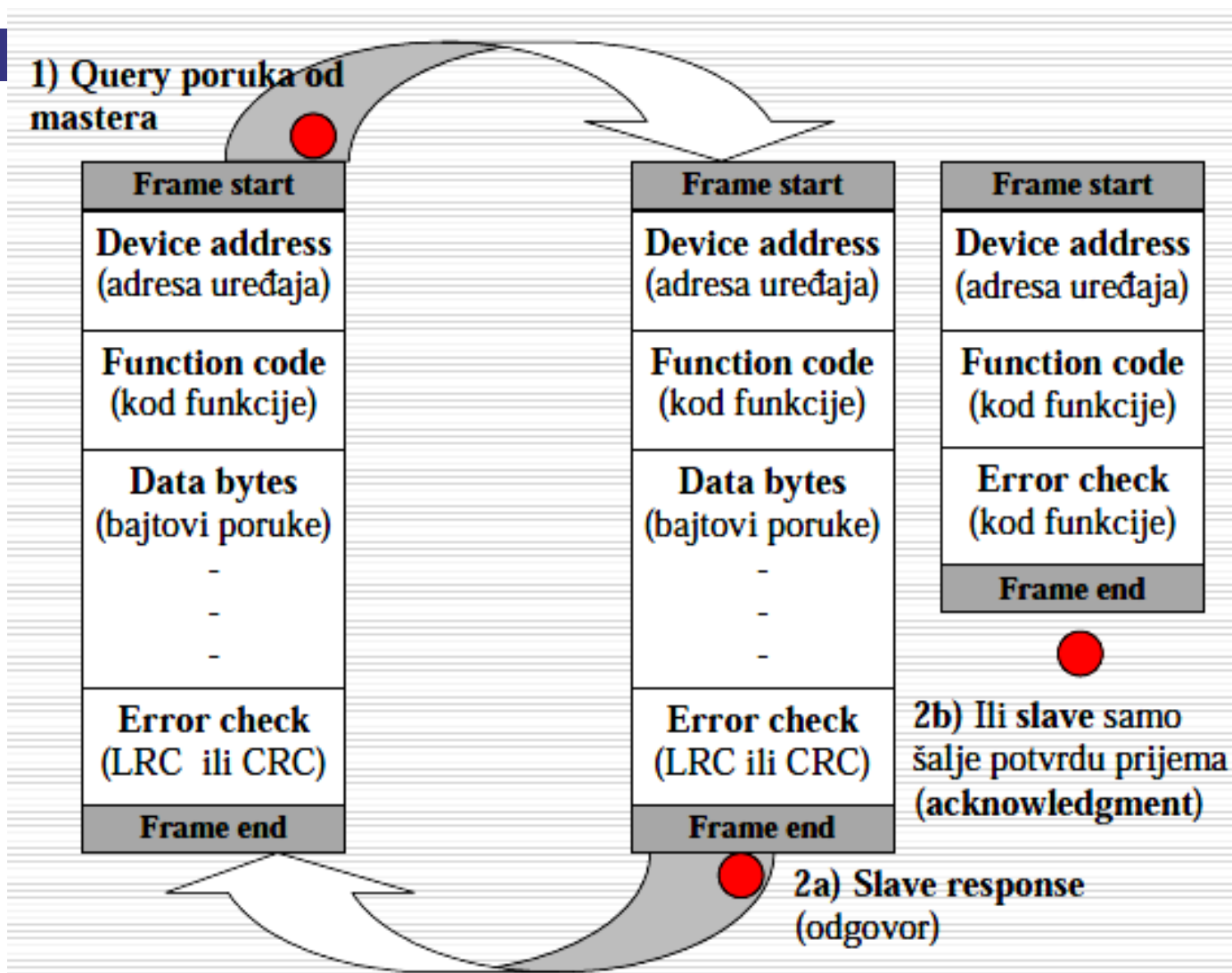


Struktura poruke

■ MODBUS poruka ima jasno definisanu strukturu koja ne zavisi od tipa fizičkog medija za prenos (RS232 ili TCP/IP). U slučaju prostih konekcija (RS485 ili RS232) cijela mreža je namijenjena samo za MODBUS poruke i MODBUS poruka se šalje upravo onako kako je definisana. U slučaju da se MODBUS poruka šalje preko neke druge mreže, ona se mora ugraditi u standardnu poruku za prenos tom mrežom. MODBUS poruka ima četiri osnovna elementa, koji se šalju po istom rasporedu. Poruka se sastoji od:

- *Device address* - adrese primaoca;
- *Function code* - koda funkcije koju treba izvršiti;
- *Data* - eventualno potrebnih podataka za funkciju i
- *Error check* - polja za provjeru greške.

■ Početak i kraj poruka se prepoznaju po *Frame start* i *Frame end* karakteru ili signala koji zavise od tipa prenosa. MODBUS konverzaciju uvijek počinje *master* jedinica. Ona šalje poruku koja se zove *master query* i kojom se obraća jednoj *slave* jedinici. Jedna *slave* jedinica se prepoznaje na osnovu svoje adrese koja se slaže sa *Device address* poljem i sprema odgovor. Ostale neprozvane *slave* jedinice ne odgovaraju i ostaju sa izlazima u stanju visoke impedance. Odgovor može biti kompletna MODBUS poruka, koja sadrži podatke koje *master* traži, a može biti i samo prosta potvrda prijema (*acknowledgement*) u kojoj se sastoji od 1, 2 i 4 elementa MODBUS poruke (često *master* ne traži podatke, nego samo neku akciju). Šematski prikaz tipične MODBUS komunikacije dat je na slici



Dva uobičajena ciklusa tokom MODBUS komunikacije. Master query (1) i potpun odgovor od slave jedinice (2a), ili Master query (1) i samo potvrda prijema od strane slave jedinice (2b)



	Modbus/ASCII	Modbus/RTU
Tip karaktera	ASCII 0...9 and A..F	Binarni brojevi 0...255
Frame start	character ':'	3.5 chars silence (tišine)
Frame end	Characters CR/LF	3.5 chars silence (tišine)
Dozvoljena pauza	1 sec	1.5 times char length (1.5 trajanja karaktera)
Start bit	1	1
Data bitovi	7	8
Pariti bit	even/odd ili nema	even/odd ili nema
Stop bit	1 ili 2	1 ili 2
Tip polja za proveru greške	LRC Longitudinal Redundancy Check (8 bita)	CRC Cyclic Redundancy Check (16 bitova)

MODBUS/ASCII i MODBUS/RTU poruke



MODBUS TCP

MODBUS TCP je internet protokol i može da se koristi za razmjenu podataka između dva uređaja bilo gdje. *Master* (klijent) šalje poruku do specificirane IP adrese i porta. Svaki *slave* uređaj (server) ima svoju specifičnu IP adresu. Po konvenciji mnogi *slave* uređaji koriste Ethernet port 502 kao standard. Kod MODBUS TCP poruka mora imati IP destinacionu adresu, i prenosi se putem Etherneta. Primjenom MODBUS TCP inženjer može od kuće da dobija podatke iz fabrike i/ili vrši kontrolu rada fabričkih procesa. MODBUS TCP/IP koristi internet TCP/IP protokol koji omogućava pouzdan prenos podataka preko interneta. Ovim se MODBUS protokol adaptira trendovima u kojima se većina uređaja povezuje na internet i preko koga vrše komunikaciju. Svaki uređaj koji ima Ethernet karticu može da komunicira preko MODBUS TCP.



MODBUS TCP

Njegove karakteristike su: jednostavnost, podržava standardni Ethernet, otvorenog je tipa, veliki broj uređaja ga podržava i sl. Performanse MODBUS TCP/IP zavise od korišćenog hardvera ali i od samog saobraćaja na internetu. Sistem se ne može projektovati tako da se očekuje rad u realnom vremenu preko MODBUS TCP. Treba ga koristiti za održavanje, traženje kvarova, i sporu superviziju sistema. Mada, ukoliko bi imali *high speed* internet, koristili *high-speed* Ethernet svičeve i MODBUS protokol koji samo izbacuje podatke iz običnih registara ka masteru, u teoriji bi mogli dobiti 60% efikasan prenos. Pri 10BaseT Ethernet-u dobijamo 1.25Mb/s sirovih podataka, što znači prolazilo bi $1.25M/2 \cdot 60\% = 360000$ registara u sekundi. Za 100BaseT brzina bi bila 10 puta veća. Ovaj račun podrazumijeva da Ethernet radi onoliko brzo koliko dozvoljava raspoloživi prenosni opseg.

Nivo protokola	Modbus/TCP	serijski Modbus (ASCII i RTU)
1. Fizički	Ethernet 10/100BaseT	RS -232C/RS485
2. Nivo podataka	Ethernet 802.3/802.2	nema
3. Mrežni	IP	nema
4. Transportni	TCP	nema
5. Nivo sesije	nema	nema
6. Nivo prezentacije	nema	nema
7. Aplikacijski nivo	Modbus/TCP	Modbus

Modbus protokoli u odnosu na OSI model i TCP/IP



PROFIBUS protokol

PROFIBUS (*Process Field Bus*) je danas vodeći protokol te vrste u svijetu – sa oko pola miliona podržanih aplikacija i više od 2000 PROFIBUS proizvoda različitih proizvođača. 1987. godine u Njemačkoj je nastao PROFIBUS protokol kao rezultat projekat više firmi i institucija koje su kreirale bit-serijski *fieldbus* sistem. Ta vrsta komunikacije je uvrštena među međunarodnim stadardima: IEC 61158 i IEC 61784.

U početku je nastao veoma složeni PROFIBUS FMS (*Message Specification*) koji nije bio pogodan za rad u realnom vremenu zbog komplikovanih zahtijeva tokom komunikacije. Ubrzo on nestaje i zamjenjuju ga efikasniji PROFIBUS DP (*Decentralized Periphery*), PROFINet i PROFIBUS PA (*Process Automation*) protokol.



PROFIBUS DP (*Decentralized Periphery*)

- PROFIBUS DP protokol se koristi u većem dijelu PROFIBUS aplikacija. Riječ je o prostom i optimalnom protokolu koji je namijenjen za brzu komunikaciju između programabilnih kontrolera ili centralizovanog računara sa više rasprostranjenih ulazno-izlaznih uređaja, aktuatora i senzora na nivou polja. Najviše se koristi u proizvodnoj automatizaciji. Podržava tri načina komunikacije na liniji i dostupan je u tri funkcijske verzije i to: DP-V0, DPV1 i DP-V2. Takođe podržava rad sa više *master* kontrolera. Karakteriše ga brzina prenosa do 12 Mbit/s što je veoma dobra brzina, i to preko oklopljene upredene parice (*twisted pair*) ili preko optičkih kablova.



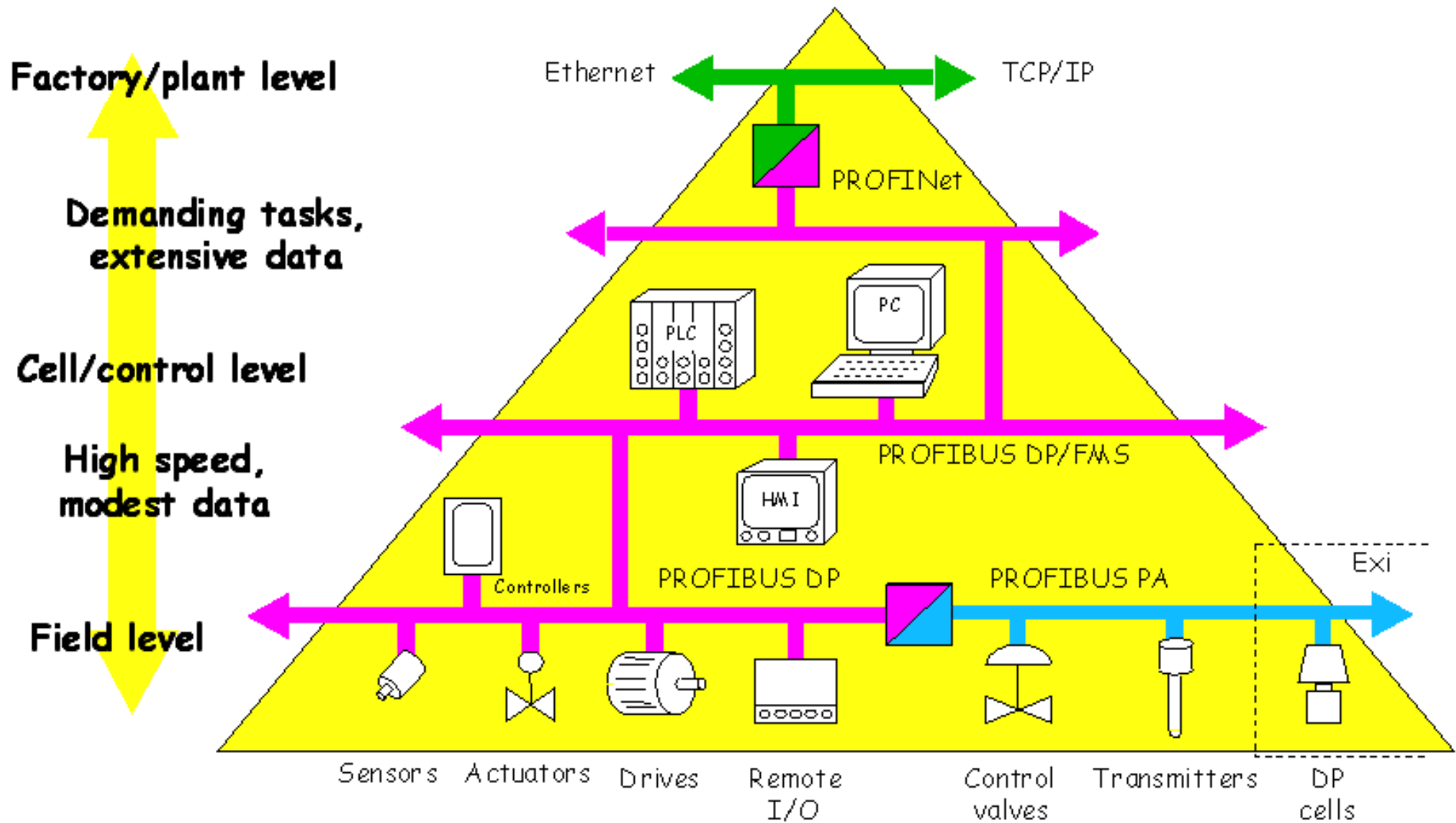
PROFINet protokol

- PROFINet protokol predstavlja industrijski Ethernet standard koji je nastao kombinacijom PROFIBUS DP sa Ethernet tehnologijom. PROFINet je zasnovan na TCP/IP i IT tehnologiji, ali je u suštini Ethernet koji radi u realnom vremenu i potpuno se integriše sa PROFIBUS-om.



PROFIBUS PA protokol

- PROFIBUS PA protokol je namijenjen prvenstveno za brzu, jeftinu i pouzdanu komunikaciju koja je neophodna u procesnoj automatici. Ovaj protokol se koristi za povezivanje višemjerne opreme sa procesnim kontrolerom preko jedne zajedničke linije i predstavlja odličnu zamjenu za stari analogni sistem u kojem je svaki mjerni signal prenošen posebno, strujnim signalom u opsegu 4-20 mA. S obzirom da koristi drugačiji sistem za prenos informacija zasnovan na strujnim signalima niske amplitude idealan je i za petro-hemijsku industriju. Mana mu je relativno spora komunikacija koju karakteriše brzina do 31.25 Kb/s. Prednost je što istom linijom sa signalom dovodi i napajanje udaljenim *slave* jedinicama.



PROFIBUS u svim mrežama i djelovima fabrike