

8. RAZMJENA PODATAKA U DISTRIBUIRANOM VOĐENJU PROCESA

Savremeni akviziciono-upravljački sistemi obično imaju distribuiranu i decentralizovanu strukturu. U tim slučajevima su jedinice za akviziciju podataka i regulatori postavljeni na različitim lokacijama (nekada vrlo udaljenim) neposredno uz objekte upravljanja i druge procese. U cilju obezbeđenja jedinstvenog funkcionisanja sistema sve komponente trebaju međusobno i sa centralnom akviziciono-upravljačkom jedinicom razmjenjuju informacije. Da bi zadovoljile ovakve zahtjeve akviziciono-upravljačke komponente sistema moraju obavljati složenije funkcije (često se zato nazivaju inteligentne periferne jedinice/senzori i aktuatori) i efikasno i pouzdano komunicirati međusobno i sa centralnom jedinicom.

U zavisnosti od konkretnih primjena distribuirani sistemi mogu imati različite strukture i karakteristike. Jedan od ključnih faktora je koliko su elementi distribuiranog sistema međusobno udaljeni i koliko je nepovoljna sredina za prenos podataka. Nadalje, zavisno od specifičnosti procesa nekada je vrlo snažna zavisnost njegovih komponenata pa je stalna direktna veza i pouzdaost razmjene podataka između komponenata distribuiranog sistema vrlo značajna. U drugim slučajevima razmjenjuju se podaci između manje interaktivnih procesa. Tada se najveći dio akvizicije i obrade podataka obavlja lokalno, pa pouzdanost prenosa na većim rastojanjima nije posebo visokog prioriteta.

8.1. OSNOVNI PRINCIPI RAZMJENE DIGITALNIH PODATAKA

Količina podataka koji se razmjenjuju, a time i potrebna brzina prenosa zavisi od konkretne aplikacije i karakteristika ulaznih/izlaznih

152 8. Razmjena podataka u distribuiranom vođenju procesa

jedinica i regulatora na kojima je sistem implementiran. Komponente distribuiranog sistema se po pravilu nalaze na udaljenim lokacijama pa se informacije prenose u uslovima intenzivnih smetnji. Radi toga se u ovakvim sistemima ne preporučuje direktno povezivanje komponenata za akviziciju na sistemsku magistralu računara.

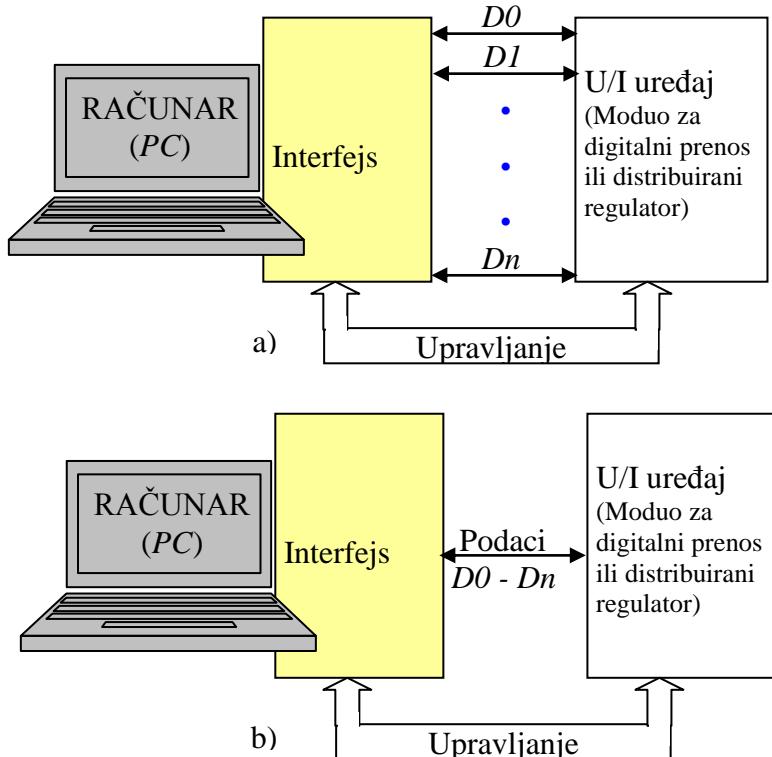
Korišćenje standardnih interfejsa pored pouzdanijeg prenosa podataka omogućava jednostavno povezivanje komponenata različitih tehničkih karakteristika, namjene i proizvođača.

Klasične metode povezivanja akvizicionih sistema i računara zasnivaju se na korišćenju standardnih paralelnih ili serijskih interfejsa. Ovakvo povezivanje u odnosu na direktno povezivanje U/I jedinica na sistemsku magistralu računara ima više prednosti:

- Lako je mijenjati konfiguraciju sistema;
- Podaci koji se prenose između jedinica su mnogo manje osjetljivi na smetnje;
- Akviziciono-upravljačka jedinica može biti blizu objekta mjerjenja i/ili upavljanja;
- Akviziciono-upravljačka jedinica može obavljati dio prikupljanja i obrade podataka i time oslobođiti nekih poslova centralnu jedinicu, a takođe smanjiti potrebu stalne komunikacije između njih;
- Komponente sistema mogu da sadrže mikroprocesore i računare različitih tipova.

Da bi se u svakoj primjeni u potpunosti mogle iskoristiti navedene prednosti potrebno je poznavati osnovne principe rada i specifičnosti standardnih komunikacionih interfejsa.

Kod paralelnog interfejsa (Sl.8.1.a) se digitalni podatak dužine n bita prenosi, preko n linija, tokom jednog ciklusa. Radi toga komunikacione linije paralelnog interfejsa sadrže n linija podataka i upravljačke linije. Upravljačke linije se koriste da signaliziraju prijemniku da su važeći podaci postavljeni na linije podataka, odnosno da potvrde predajniku da su podaci preuzeti sa linija podataka. Ukoliko se radi o dvosmernom prenosu tada upravljački signali trebaju da signaliziraju i smijer prenosa podataka.



Sl.8.1

U slučaju serijskog interfejsa prenos podatka dužine n bita obavlja se preko jedne linije, ali za n ciklusa (Sl.8.1.b). Iz tog razloga je prenos podataka preko paralelnog interfejsa u osnovi n puta brži od prenosa preko serijskog interfejsa.

Ukoliko se radi o jednosmјernom prenosu podataka (engl. *simplex*) tada komunikacione linije sadrže jednu liniju za prenos podataka i upravljačke linije. Za sinhronizaciju povorke bita sa internim taktom prijemnika koristi se upravljačka linija ili slanje podataka počinje start bitom koji ima unaprijed definisani vrijednost.

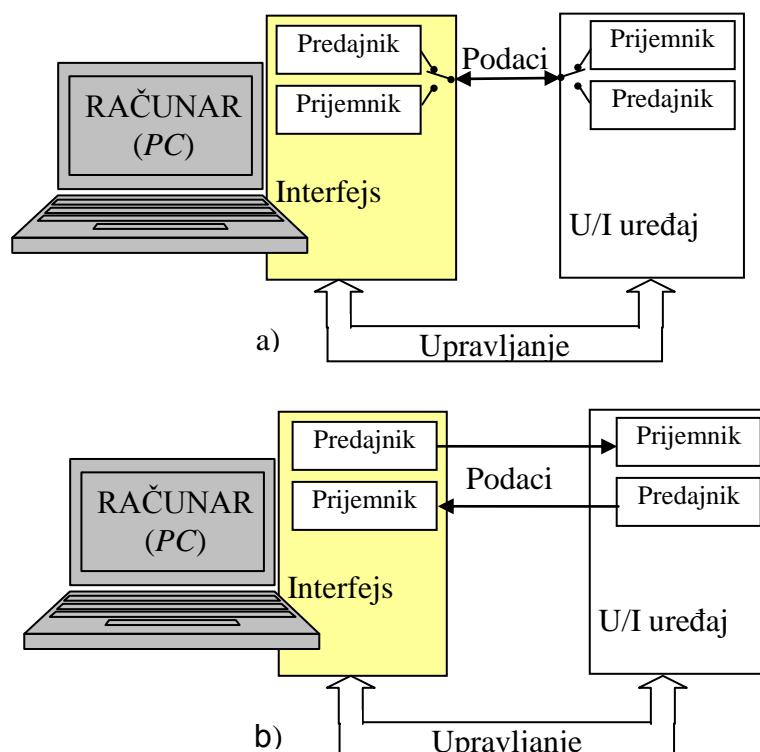
Ukoliko se serijski interfejs koristi za prenos u ova smijera tada se radi o takozvanom dupleks (engl. *duplex*) serijskom interfejsu. Postoje dva tipa dupleks interfejsa: polu-dupleks (engl. *half-duplex*) i potpuni dupleks (engl. *full-duplex*).

U slučaju polu-dupleksa (postoji samo jedna linija za prenos podataka u ova smijera (Sl.8.2.a) pa se podaci ne mogu prenositi u ova

154 8. Razmjena podataka u distribuiranom vođenju procesa

smijera istovremeno. Prvo jedan uređaj mora da završi predaju i prijemnik prihvati poslate podatke. Nakon toga se podaci mogu slati u suprotnom smijeru. Prema tome, ako jedan uređaj radi u režimu predajnika, drugi mora raditi kao prijemnik.

Kada se koristi potpuni dupleks tada se podaci mogu prenositi u oba smijera istovremeno. U tom slučaju postoje dvije linije za prenos podataka (za svaki smijer po jedna), kao što je simbolički prikazano na S1.8.2.b.



S1.8.2

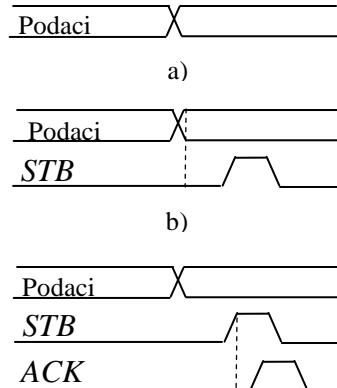
Za detaljnije poznavanje načina rada komunikacionih interfejsa potrebno je poznavati osnovne principe koje koristi interfejs za razmjenu podataka između PC i U/I jedinice. S1.8.3 treba da posluži kao ilustracija osnovnih principa prenosa. Na slici je korišćen standardan način predstavljanja vremenskih dijagrama signala na linijama za prenos i linijama za upravljanje. Vrijeme promjene podataka i vrijeme potrebno da se na liniju postavi novi set podataka su predstavljeni sa dvije ukrštene linije.

Stanje valjanih podataka postavljenih na komunikacione linije je predstavljeno horizontalnim linijama.

Najjednostavniji režim prenosa podataka ima se u slučaju kada su U/I jedinice stalno spremne za prenos podataka pa ne postoji potreba usklađivanja razmjene podataka između *PC* i U/I jedinice. Tipična situacija je kada *PC* treba da očita stanje prekidača ili upravlja radom indikatora sa dva stanja (npr. *LED* diode). Ako se radi o prekidačima tada je njihovo stanje stalno prisutno na izlazu, pa *PC* preko svog ulaznog porta može kad god je potrebno očitati takav podatak. Takođe, ako se upravlja radom *LED* diode potrebno je povezati je preko bafera sa izlazom paralelnog porta *PC*-a. Promjena stanja *LED* diode moguća je u svakom trenutku jer je dovoljno da *PC* u izlaznu liniju paralelnog porta upiše odgovarajuće logičko stanje, pošto je *LED* dioda stalno spremna za promjenu stanja. Ovakav način rada komunikacionog interfejsa je simbolički predstavljen vremenskim dijagramom na Sl.8.3.a.

U nekim slučajevima aktuelni podaci za prenos su prisutni na komunikacionim linijama samo u određenom vremenskom intervalu. U tim slučajevima je potrebno da postoji indikacija kada su podaci prisutni na linijama za prenos, što se indicira signalom *STROBE* (u daljem tekstu skraćeno *STB*). Dakle predajnik generiše signal *STB* nakon što je podatke prethodno postavio na linije za prenos. Prijemnik tek nakon detektovanja signala *STB* vrši očitavanje podataka postavljenih na linije za prenos, kao što je ilustrovano na Sl.8.3.b. Ovakav način prenosa se naziva stroboskopskim. Kod ovakvog načina prenosa mogu nastati poteškoće ako U/I jedinica većim brzinama postavlja podatke na linije za prenos. Tada se može dogoditi da U/I jedinica postavi nove podatke na prenosne linije podataka prije nego što je prijemnik očitao prethodno postavljene.

Kada su brzine prenosa veće (prijemnik i predajnik trebaju podjednako vremena za izvršavanje zadatka prenosa) tada se obično koristi uslovljeni prenos (prenos sa odzivom – Eng. *handshaking*). U tom slučaju predajnik i prijemnik prije i poslije prenosa svakog podatka razmjene upravljačke signale preko kojih se informišu o spremnosti na

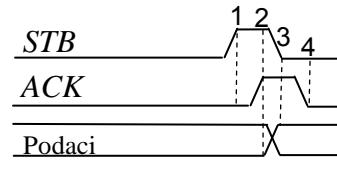


c)
Sl.8.3

156 8. Razmjena podataka u distribuiranom vođenju procesa predaju/prijem narednog podatka. Ovakav oblik prenosa omogućava realizaciju asinhronog prenosa.

Procedura jednostruko uslovljenog prenosa je ilustrovana signalima na Sl.8.3.c i odvija se na sljedeći način. Predajnik postavi aktuelne podatke na linije za prenos a nakon toga po upravljačkim linijama pošalje *STB* signal. Prijemnik detektuje signal *STB* i vrši očitavanje podataka. Nakon što je završio očitavanje prijemnik postavlja signal potvrde (Eng. *acknowledgment*, skraćeno *ACK*) da je primio podatke. Time je prenesen jedan podatak i predajnik može da pokrene slanje novog podatka. Ovakav način prenosa se još naziva jednostruko uslovljenim prenosom, jer u svakom trenutku samo jedna strana indicira da je ispunio uslov za prenos.

Kod dvostruko uslovljenog prenosa je još striktnija koordinacija dvije strane koje učestvuju u prenosu. Vremenski dijagrami signala za ovaj slučaj su predstavljeni na Sl.8.4. Postavljanjem linije *STB* na visok nivo predajnik indicira da ima spremljene podatke za prenos (trenutak označen sa 1), ali ne postavlja podatke dok od prijemnika ne dobije potvrdu o spremnosti na prijem. Kada dobije signal *ACK* koji je prijemnik postavio na visok nivo (trenutak označen sa 2), kao potvrdu prijemnika da je spreman za prijem, tada predajnik postavlja podatke na liniju za prenos. Nakon toga predajnik postavlja liniju *STB* na nizak nivo (trenutak označen sa 3). Ovo signalizira prijemniku da su podaci postavljeni i on nakon očitavanja podataka postavlja signal *ACK* na nizak nivo (trenutak označen sa 4), čime potvrđuje da je primio podatak. To istovremeno označava da prijemnik može pristupiti proceduri slanja novog podatka.



8.2. POVEZIVANJE KOMPONENTNATA POMOĆU STANDARDNOG INTERFEJSA

8.2.1. PARALELNI INTERFEJS

Prve varijante standardnog paralelnog interfejsa bile su namjenjene samo za povezivanje računara i štampača. Ovaj interfejs je poznat pod nazivom Centronics (Eng. *Centronics*).

Tipično, *PC* podržava rad do tri paralelne interfejsa namjenjena prije svega za povezivanje na printer. Konektori za povezivanje su ženski sa 25 priključnih linija (Eng. *25-pin*) i obično su označeni sa *LPT1*, *LPT2*,.. Veza završava na štampaču sa muškim konektorom sa 36 priključnih linija.

Prenos podataka je moguć na rastojanjima do *4m* pri brzinama prenosa do približno *200 kB/s*.

Za prenos podataka se koristi 8 paralelnih linija. Pored toga interfejs sadrži upravljačke i statusne linije.

Tabela 8.1

Vrsta signal-a	Oznaka (signal generiše)	Značenje
Podaci	D0-D7 (računar)	<i>Bajt</i> podataka
Status	<i>BUSY</i> (štampač)	[štampač nije spreman da primi podatke]
	<i>PE</i> (štampač)	[štampač nema papira]
	<i>SEL</i> (štampač)	[štampač spreman]
	<i>ACK*</i> (štampač)	Potvrda štampača da je prihvatio podatak
	<i>ERROR*</i> (štampač)	Signalizira da postoji greška u radu štampača
	<i>STB*</i> (računar)	Upis podataka u štampač

Upravljanje	<i>AUTO</i>	<i>FEED*</i> (računar)	Prelazak na novi red
	<i>INIT*</i> (računar)	Briše sadržaj <i>baffer-a</i> štampača	
	<i>SELIN*</i> (računar)	Selektovan štampač za štampanje	

Ovaj tip interfejsa se zasniva na dvostruko uslovljenom prenosu, jer je rad štampača mnogo sporiji od brzine kojom *PC* može slati podatke. Svaki put kada treba da posalje *bajt* podataka *PC* provjerava stanje linije *BUSY*. Ako je na niskom nivou znači da je štampač spreman. *PC* šalje *STB** impuls i *bajt* podataka. Kada štampač detektuje signal *STB** počinje prihvatanje podataka, a istovremeno prebacuje liniju *BUSY* na visok nivo. Nakon što prihvati podatke štampač liniju *BUSY* postavlja na nizak nivo (signalizira da je spreman za prijem novih podataka).

Ovakav način prenosa se koristi kod primjena gdje je *PC* vezan za manji broj U/I jedinicama. Nedostatak je što je procesor *PC-a* zauzet ispitivanjem stanja *BUSY* linije štampača, čekajući da štampač bude spreman da primi novi podatak. U ovom slučaju zadatak štampanja ima visok prioritet u odnosu na ostale U/I jedinice. Ukoliko treba dati viši prioritet ostalim U/I jedinicama tada se umjesto *BUSY* signala koristi *ACK*. Linija *ACK* je prekidna tako da do dobijanja *ACK* signala procesor može da opslužuje druge U/I jedinice. Preko *ACK* prekida štampač signalizira kada je spreman za prijem novog signala.

Kod originalne verzije Centroniks interfejsa prenos podataka je moguć samo u smjeru od računara prema štampaču, ali ne i u suprotnom smjeru. Novije generacije *PC* omogućavaju konfiguriranje paralenog interfejsa za prenos podataka u oba smijera. U tom cilju je *Institute of Electrical and Electronics Engineering (IEEE)* izradio standard *IEEE-P1284* koji predstavlja modifikaciju Centroniks interfejsa. Daljim modifikacijama su uvedeni *ECP*, a zatim *EPP* standardi. Prenos podataka po *EPP* standardu obavlja se u ciklusima, što je u običajeno za prenos podataka preko procesorske magistrale. Postoje četiri ciklusa na magistrali: upisa adresu, upisa podataka, očitavanje adrese, očitavanje podataka.

Instrumentacioni IEEE-488 interfejs

Ovaj interfejs je nastao usavršavanjem i standardizacijom *HPIB* (*Henjlett Packard Interface Bus*) interfejsa koji je razvijen u *Henjlett Packard* preduzeću s ciljem da standardizuju povezivanje njihovih laboratorijskih instrumenata. Ovaj interfejs je ubrzo prihvaćen i od mnogih drugih preduzeća. Iz tog razloga je *IEEE* izradio potpunu dokumentaciju kojom je standardizovao ovaj interfejs za programabilnu instrumentaciju, pod nazivom *IEEE-488*. Ovaj interfej je poznat i pod nazivom instrumentaciona magistrala opšte namjene, odnosno skraćenicom *GPIB* (Eng. *General Purpose Instrument Bus*).

Interfejs *IEEE-488* se sastoji iz funkcionalnih, električnih i mehaničkoh komponenti koje su precizno definisane standardom. Magistrala posjeduje 16 linija, od čega je 8 namjenjeno za prenos podataka a preostalih 8 za upravljačke signale.

Da bi bio realizovan prenos podataka potrebno je da se izvršavaju tri funkcije: selektovanje U/I uređaja, upravljanje prenosom i prenos podataka. Pri tome se prenos može vršiti sinhrono i asinhrono. U slučaju sinhronog prenosa brzina je sinhronizovana prema odgovarajućoj utvrđenoj prihvatljivoj brzini. Ako se radi o asinhronom prenosu tada je moguće početi predaju podatak samo ako je stigla potvrda da su svi zainteresovani uređaji primili prethodni podatak.

Svaki uređaj priključen na magistralu može da radi kao predajnik (*talker*) ili prijemnik (*listener*). Takođe najmanje jedan uređaj mora da izvršava funkciju upravljanja magistralom (*controller*). Na magistralu se može povezati do 15 različitih uređaja (linijski ili u zvijezdu). Dužina kablova za povezivanje ne smije prelaziti 4m između dva susjedna uređaja, a ukupna dužina linija za vezu ne smije biti veća od 20m.

Da bi kontroler utvrdio koje od U/I jedinica žele da međusobno razmjene podatke, svaka od U/I jedinica mora imati definisanu adresu. Y/I jedinice za povezivanje na interfejs *IEEE-488* sadrže mogućnost podešavanja 5 bitne adrese pomoću odgovarajućih prekidača.

Kratko će biti dato značenje signala za upravljanje interfejsom i prenosom podataka.

Linije za upravljanje interfejsom.

IFC (INTERFACE CLEAR) Kontroler magistrale koristi ovaj signal da bi inicijalizovao sve urećaje na magistrali. Nizak naponski nivo na *IFC* resetuje sve uređaje povezane na magistralu.

ATN (ATTENTION) Postavljanjem linije *ATN* u stanje logičke jedinice kontroler magistrale signalizira da je na magistralu podataka poslao univerzalnu ili adresnu naredbu.

SRLJ (SERVICE RELQUEST) Signal zahtjeva za prekid *SRLJ* koriste U/I uređaji kada od kontrolera zahtijevaju prekid, da bi ih opslužio. Kada kontroler detektuje ovu komandu on se obraća svim uređajima da bi detektovao koji od uređaja traži opsluživanje.

REN (REMOTE ENABLE) Signal se koristi da selektuje da li se uređajem upravlja lokalno preko njegovih prekidača i tastera na prednjoj ploči ili preko IEEE-488 interfejsa. Ovu liniju postavlja kontroler da bi omogućio da uređaji na magistrali prihvate naredbu ili podatak.

EOI (END OR IDENTIFY) Linija ima dva značenja. Ovim signalom U/I uređaji signaliziraju da je završen prenos bloka podataka. Kontroler magistrale koristi ovu liniju tako što je postavi zajedno sa *ATN* da bi dobio stanje statusnih bita U/I jedinica nakon što je neka od njih poslala signal *SRLJ*.

Linije za upravljanje prenosom podataka.

Upravljanje prenosom između predajnika i prijemnika se izvršava pomoću signala na linijama *DAV*, *NRFD* i *NDAC*. Procedura prenosa sa odzivom obezbeđuje da se podatak postavi na magistralu tek kada su svi prijemnici spremni, da prijemnici očitaju podatak sa magistrale tek kada je podatak važeći i da predajnik drži podatak na magistrali dok ga svi prijemnici ne očitaju.

DAV (DATA VALID) Ovim signalom predajnik indicira da su podaci na njegovom izlazu spremni za prenos.

NRFD (NOT READY FOR DATA) Preko ovog signala U/I jedinice definišu da li su spremni za prenos podataka.

NDAC (NOT DATA ACCEPTED) Preko ove linije prijemnik signalizira predajniku da je preuzeo podatak.

Naredbe interfejsa IEEE-488

Preko linija podataka se iz predajnika prema svim prijemnicima prenose numerički podaci, adrese i naredbe.

Uredaji koji su povezani na magistralu mogu slati ili primati podatke, upravljati magistralom ili preuzeti neku od kombinacija ove tri funkcije. Pri uključivanju sistema kontroler magistrale preuzima nadzor nad magistralom i preko linije *IFC* resetuje sve povezane uređaje. Kontroler zatim šalje niz komandno-adresnih riječi pri čemu je linija *ATN* aktivna.

U tabeli 8.3 su dati tipovi naredbi i adresa koje se prenose preko magistrale podataka. Sve komandno-adresne riječi se mogu podijeliti u četiri grupe, a specifirane su stanjem bita *D5* i *D8*. Kada je *D5=0*, *D6=0* posalana riječ je naredba. Kada je *D5=1*, *D6=0* tada adresirana U/I jedinica postaje prijemnik. Ako je *D5=0*, *D6=1* tada adresirana U/I jedinica postaje predajnik. Kada je *D5=1*, *D6=1* tada poslata riječ postavlja sekundarnu naredbu ili sekundarnu adresu.

Tabela 8.2

<i>D7</i>	<i>D6</i>	<i>D5</i>	<i>D4</i>	<i>D3</i>	<i>D2</i>	<i>D1</i>	<i>D0</i>	NAREDBE/ADRESE
X	0	0	1	X	X	X	X	Univerzalna naredba
X	0	0	0	X	X	X	X	Adresirana naredba
X	0	1	X	X	X	X	X	Adresa prijemnika
X	0	1	1	1	1	1	1	Isključeni kao prijemnici
X	1	0	X	X	X	X	X	Adresa predajnika
X	1	0	1	1	1	1	1	Isključeni kao predajnici
X	1	1	0	X	X	X	X	Sekundarna komanda
X	1	1	1	X	X	X	X	Sekundarna adresa

Univerzalna naredba se odnosi na sve uređaje na magistrali. Ona može da se koristi za više funkcija, kao npr. sprečavanje upravljanja U/I jedinicom preko njene prednje ploče (*Local Lockout –LLO*), resetovanje svih U/I na magistrali (*Device Clear –DCL*), resetovanje paralelnog pristupa (*Parallel Poll Unconfigure – PPU*), serijsko prozivanje U/I (*Serial Poll Enable –SPE*, *Seriell Poll Disable – SPD*).

Adresirane naredbe odnose se samo na U/I kojima je prethodno poslada naredba prijema, pa ove naredbe imaju uticaj samo na selektovane uređaje. Ova naredba se odnosi na funkcije: vraćanje selektovane U/I u lokalni način rada (*Go To Local – GTL*), resetovanje selektovaneog U/I (*Selected Device Clear – SDC*), poziv U/I koji će učestvovati u paralelnoj prozivci (*Parallel Poll Configure – PPC*), trigerovanje U/I koji su prethodno programirni da urade neki zadatak (*Group Trigger – GET*), prenošenje upravljanja magistralom na drugi U/I (*Take Control – TCT*).

Naredbom adresiranje prijemnika se adresirana U/I postavlja da radi kao prijemnik. Specijalno, ako je adresa 11111 tada se svi U/I koji su prethodno konfigurisani kao prijemnici prebacuju u neaktivno stanje.

U/I jedinica postaje predajnik pomoću naredbe adresa predajnika. Specijalno, ako je adresa 11111 tada prethodno deklarisani predajnici postaju neaktivni.

Sekundarne naredbe i adrese se pridružuju prvoj i koriste za konfiguraciju uređaja za paralelnu prozivku ili za slanje sekundarne adrese.

Mnogi proizvđači nude interfejs *IEEE-488* u vidu periferne kartice koja se direktno povezuje na zajedničku magistralu *PC-a*. Na kartici se nalazi standardni *IEEE-488* konektor. Sa karticom se isporučuju softverski drajveri najčešće za *BASIC*, *PASCAL* i *C* programske jezike.

8.2.2. SERIJSKI INTERFEJS

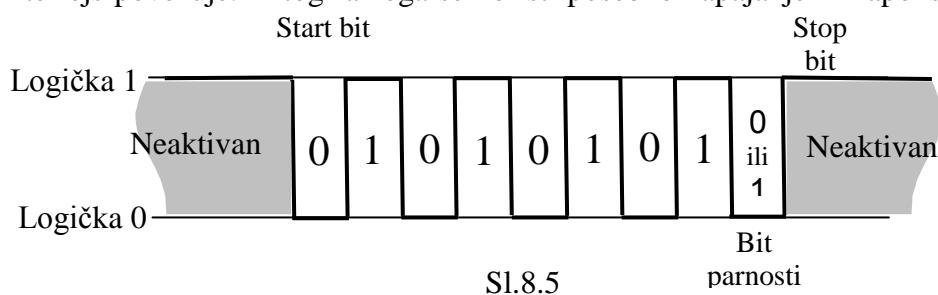
Serijska veza perifernog uređaja i *PC-a* je posebno pogodna kada se ne zahtijevaju velike brzine prenosa ili kada je prijemnik spor tako da nije opravdano koristiti vezu koja bi mogla obezbediti bržu vezu koja je po pravilu skuplja. Imajući u vidu da se serijski prenos može obaviti sa samo dva provodnika on je pogotovo mnogo ekonomičniji kada se prenos vrši na većim rastojanjima. Ako se serijski prenos vrši između samo dvije jedinice one se mogu povezati direktno pomoću standardnog serijskog interfejsa za direktno povezivanje na rastojanjima do *1200m*. Kada se prenos vrši na većim rastojanjima neophodno je na mjestu predajnika modulisati signal, a na mjestu prijema izvršiti demodulaciju. Ove zadatke obavljaju univerzalni modulatori-demodulatori ili modemi.

Serijski interfejs RS-232

Jedna od osnovnih opštih podjela serijskog prenosa je na sinhroni i asinhroni. Kod sinhronog serijskog prenosa predajnik kontinualno prenosi podatke u blokovima. Pojedinačni karakteri u okviru jednog bloka se posebno ne usklađuju preko start i stop bita. Kada ne vrši predaju blokova predajnik šalje sinhronizacioni karakter. Kod asinhronog prenosa prije svakog karaktere koji se prenosi predajnik šalje start bit. Prijemnik se usklađuje sa predajnikom na osnovu ovih start bita. Dakle, novi karakter može biti prenesen u bilo kom trenutku, tako da je razmak između karaktera proizvoljan.

Interfejs *RS-232* je najčešće korišćen interfejs za prenos podataka. Prva namjena ovog interfejsa je bila da povezuje terminalne, modeme i računare različitih hardverskih struktura (od različitih proizvođača). Standardizovan je od strane udruženja elektro industrije (*Electric Industry Association- EIA*). Pri uvođenju standarda usvojeno je da se računar ili printer označavaju skraćenicom *DTE* (*Data Terminal Equipment*), a modem skraćenicom *DCE* (*Data Communications Equipment*).

Zbog otpornosti na uticaj smetnji veoma se široko koristi u industriji. Sa ciljem minimizacije problema sa šumom i smetnjama jedinica se detektuje za sve naponske nivo od -5V do -15V, a nula za nivo od 5V do 15V. Ovi naponski nivoi nisu direktno kompatibilni sa nivoima koji odgovaraju standardnoj TTL logici (-5V do +5V) digitalnih uređaja koje interfejs povezuje. Iz tog razloga se koristi posebno napajanje iz naponskih



izvora nivoa -12V i +12V, pomoću koga se mogu generisati naponski nivoi propisani *EIA* standardom za *RS232* interfejs.

Podaci se prenose asinhrono tako što se u jednom ciklusu prenosi samo jedan karakter. Ilustracija prenosa jednog karaktera je predstavljena na S1.8.5. Inicijalno se komunikaciona linija nalazi u stanju neaktivno, što odgovara električnom stanju -12V (logičko stanje jedinica – *mark*). Ovakvo

164 8. Razmjena podataka u distribuiranom vođenju procesa

stanje prijemnik ne registruje jer odgovara stanju neaktivnog komunikacionog voda. Za indikaciju početka prenosa jednog karaktera predajnik šalje start bit. Start bit odgovara suprotnom naponskom stanju od stanja neaktivno, odnosno $+12V$ (logičko stanje nula – *space*). Da bi prijemnik detektovao start bit potrebno je da linija ostane na visokom naponskom nivou najmanje polovinu vremena trajanja bita. Nakon ovog start bita prijemnik prihvata narednih 8 bita podataka. Karakter završava bitom parnosti nakon čega slijedi jedan ili dva stop bita koji su obavezno logičke jedinice. Ovakvo stanje odgovara stanju neaktivne komunikacione linije i može ga mijenjati predajnik kada generiše start bit.

Pored para provodnika koji služe za prenos interfejs *RS-232* ima i dodatne linije za prenos statusa predajnika i prijemnika, kao naprimjer: zahtjev za slanje *RTS* (*request to send*), računar spreman *DTR* (*data terminal ready*), uređaj spreman *DSR* (*data set ready*) i spreman za slanje *CTS* (*clear to send*).

Kod ovakvog asinhronog preosa se dio vremena troši na start bit, bit parnosti i stop bit pri prenosu svakog karaktera. Iz tog razloga je asinhroni prenos po pravilu sporiji od sinhronog. Kod sinhronog prenosa se podaci prenose u blokovima, a rastojanje između svaka dva bita je definisano fiksnim periodom jednakim za predajnik i prijemnik (dobijenog iz stabilnog lokalnog oscilatora). Bloku podataka prethodi jedan ili više sinhronizacionih znakova.

Osnovna arhitektura RS-232 interfejsa PC-a

Osnovnu strukturu ovog interfejsa čini univerzalni asinhroni primopredajnik *UART* (*Universal Asynchronous Receiver Transmiter*), generator signala takta, kolo za konverziju signala *TTL* nivoa u signalle *RS-232*. Zadatak ovog programabilnog sklopa je da pretvori paralelni oblik informacije u serijski (i obrnuto), kao i da kompletira informaciju dodatnim bitovima potrebnim za uspješan prenos. Osnovne funkcije kola za serijsku vezu su:

- Preuzimanje podataka u paralelnom formatu od procesora i njihovo pretvaranje u serijsku povorku za prenos.
- Prijem serijske povorke podataka i njihovo pretvaranje u paralelni format za procesor

8. Razmjena podataka u distribuiranom vođenju procesa 165

- Signaliziranje procesoru da je novi podatak spreman za predaju ili prijem
- Izbor načina rada i dužina informacione povorke, automatsko manipulisanje okvirom u kome se nalaze podaci, provjere ispravnosti prenosa podataka, izbor brzine prenosa itd.

Osnovna komponenta serijskog interfejsa je *UART* kolo. Procesor vrši upravljanje *UART* kolom preko skupa U/I registara. Pomoću ovih registara vrši se upis podataka ili očitavanje internih registara *UART*.

U tabeli 8.3 su date linije *RS-232* interfejsa, sa rasporedom veza na 9-pinskom i 25-pinskom konektoru. Značenja signala sa konektora su sljedeća:

DCD (Data Carrier Detect) – Preko ove linije modem javlja uređaju da je detektovao signal noseće učestanosti drugog modema

RD (Receive Datat) – Linija za prijem serijskih podataka kod *DTE* uređaja

TD (Transmit Datat) – Linija za predaju serijskih podataka kod *DTE* uređaja

DTR(Datat Terminal Ready) – Linija preko koje se signalizira modemu da je *DTE* uređaj spreman za rad

SG (Signal Ground) – Linija mase signala

DSR (Data SET ready) – Indikacija da je modem spreman za prenos

RTS (Reljuest to send) – Linija aktivira predajnik kada želi da pošalje podatak. Signal mora ostati aktivan do kraja komunikacije.

CTS (Clear to Send) - Ovu liniju aktivira prijemnik da bi informisao predajnik da je spreman da primi podatak. Signal mora ostati aktivan do kraja komunikacije.

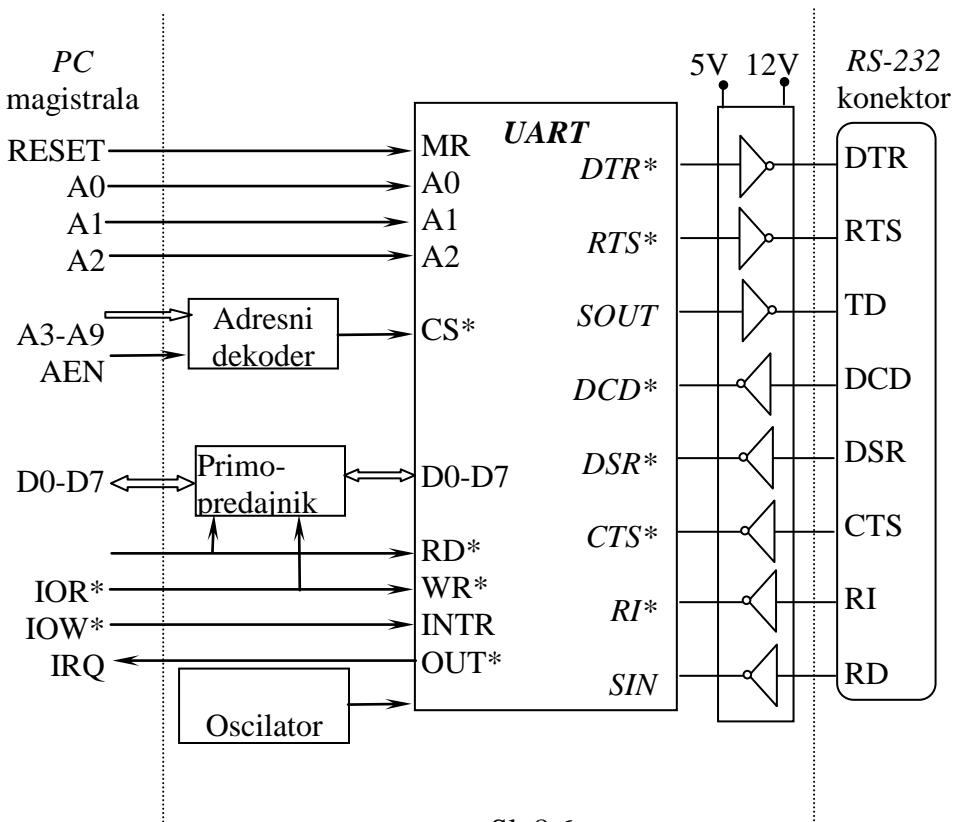
RI (Ring Indicator) – Linija aktivira modem kada primi telefonski poziv. Koristi se kod uređaja koji mogu da na poziv odgovore automatski.

Tabela 8.3

Funkcija	Oznaka	PIN 9-pinski konktor	PIN 25-pinski konktor
Detektovan noseći signal	<i>DCD</i>	1	8
Prijem podataka	<i>RD</i>	2	3
Slanje podataka	<i>TD</i>	3	2
<i>PC/terminal</i> spremam	<i>DTR</i>	4	20
Zajednička linija/masa signala	<i>SG</i>	5	7
Modem spremam	<i>DSR</i>	6	6
Zahtjev za slanje (<i>DTE</i> spremam)	<i>RTS</i>	7	4
Spreman za slanje (<i>DCE</i> spremam)	<i>CTS</i>	8	5
Indikator telefonskog poziva	<i>RI</i>	9	22
Masa šasije	<i>FG</i>	-	1

Opšta struktura *RS-232* interfejsa je data na Sl.8.6. Ona ilustruje vezu između *PC* magistrala preko koje dolaze podaci paralelno (*D0-D7*), a nakon transformacije u interfejsnom kolu na strani *RS-232* se pojavljuju kao serijski preko linija *TD* i *RD*, zavisno od smijera slanja podataka. Ostale linije obavljaju funkcije usklađivanja rada prijemnika i predajnika kako je dato u tabeli 8.3. Linije sa strane *PC* magistrale su standardne linije *ISA* magistrale.

Centralno mjesto u realizaciji osnovnih funkcija ima *UART* kolo jer se u njemu vrši transformacija paralelnog seta podataka u serijski i obrnuto. Za izvršavanje te funkcije kolo sadrži više internih registara u koje se smještaju podaci o konfigurisanju serijsko interfejsa ili privremeno čuvaju karakteri koji se šalju ili primaju. Za obavljanje prenosa podataka koriste se serijska ulazna linija *SIN* i serijska izlazna linija *SOUT*.



Sl. 8.6

Za usklađivanje naponskih nivoa *TTL* logike *PC-a* i nivoa signala *RS-232* interfejsa postavljeno je kolo prije konektora za serijski interfejs.

Serijski interfejsi RS-422 i RS-485

Osnovni nedostatak *RS-232* interfejsa je što se podaci mogu pouzdano prenositi na relativno malim rastojanjima i što je brzina prenosa relativno malena. Opšteprihvaćeno je da se ovim interfejsom prenos može vršiti na rastojanjima do *15m* pri maksimalnoj brzini prenosa *19200 Bd*. Podaci se mogu prenositi i na većim rastojanjima ali se tada brzina prenosa mora značajno smanjiti (*300Bd* na rastojanjima od *100m*). Ova ograničenja postoje prije svega jer se signali prenose nesimetričnim vodovima tako da je signal definisan u odnosu na zajedničku masu.

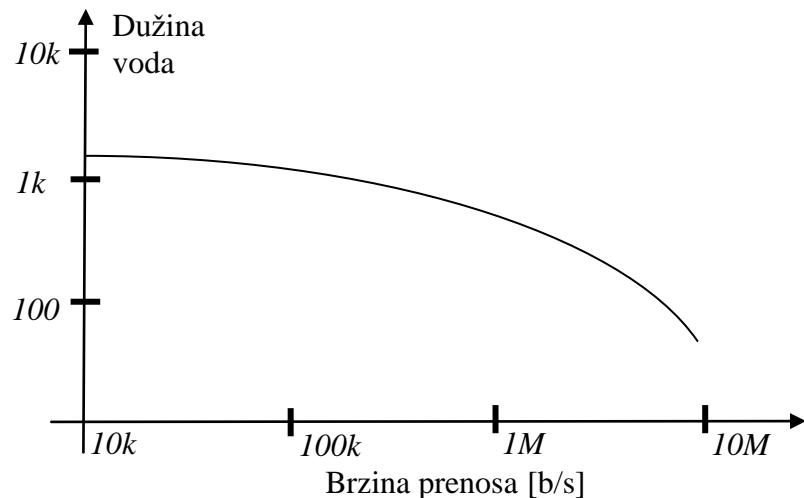
Za serijski prenos podataka na većim rastojanjima i sa većim brzinama prenosa usvojen je novi *EIA RS-422* standard. Osnovna razlika ovog interfejsa u odnosu na prethodni je što se umjesto po jedne linije za predaju i prijem, koriste po dvije linije. Slično prethodno definisanim oznakama ove linije za predaju se označavaju sa *TD+* i *TD-*, odnosno za prijem sa *RD+* i *RD-*. Svaki od ovih signala se šalje kao razlika naponskih nivoa između dvije linije podataka koje se realizuju kao dvije upredene parice. U tom slučaju smetnja koja se indukuje na jednom vodu indukuje se na isti način i na drugom, pa napomska razlika između vodova koji nose podatak ostaje nepromjenjena. Ostale razlike prenosa povezivanjem jednim krajem ili diferencijalnim povezivanjem su detaljnije opisane u dijelu 3.4.

Serijskim interfejsom *RS-422* može se postići brzina prenosa *10MBd*, na rastojanjima do *15m* dužine. Takođe na rastojanjima do *1200m* može se koristiti brzina prenosa preko *100kBd*. Zavisnost brzine prenosa i dužine voda preglednije je data na Sl.8.7

Za interfejs *RS-422* nisu specificirane linije za upravljanje prenosom i raspored veza na konektorima. Specifikacija je data za standard *RS-449* koji se odnosi i na standard *RS-422*. U njemu su obuhvaćeni svi signali iz standarda *RS-232*, pa se uz pomoć adaptera mogu međusobno povezivati uređaji sa *RS-232* interfejsom i uređaji sa *RS-422* interfejsom.

Serijski interfejs *RS-485* predstavlja modifikaciju interfejsa *RS-422* (dalja modifikacija interfejsa *RS-232*). Bitna razlika je da interfejs *RS-485* može povezati 32 predajnika i 32 prijemnika. U jednom trenutku samo

8. Razmjena podataka u distribuiranom vođenju procesa 169
jedan uređaj vrši predaju podataka, a svi prijemnici mogu biti aktivni istovremeno.



Sl.8.7

Često se komunikacija uređaja preko *RS-485* interfejsa odvija u režimu *master – slave*. U tom režimu jedan primopredajnik izvršava ulogu kontrolera magistrale (*master*), a svi ostali primopredajnici su podređeni (*slave*). Kontroler može prenositi podatke u bilo kom trenutku, ali podređeni primopredajnici mogu prenositi podatke samo kad od kontrolera dobiju odgovarajuću naredbu.

Pregledniji poredbeni prikaz osnovnih svojstava razmatrana tri serijska interfejsa je dat u tabeli 8.5.

Tabela 8.5

Svojstvo	RS-232	RS-422	RS-485
Način prenosa signala	Nesimetričan	Diferenc.	Diferenc.
Maksimalno predajnika i prijemnika	1 predajnik 1 prijemnik	1 predajnik 10 prijemnika	32 predajnika 32 prijemnika
Maksimalna dužina linije veze	15 m	1200 m	1200 m
Maksimalna brzina prenosa	20kb/s	10Mb/s	10Mb/s

Univerzalna serijska magistrala

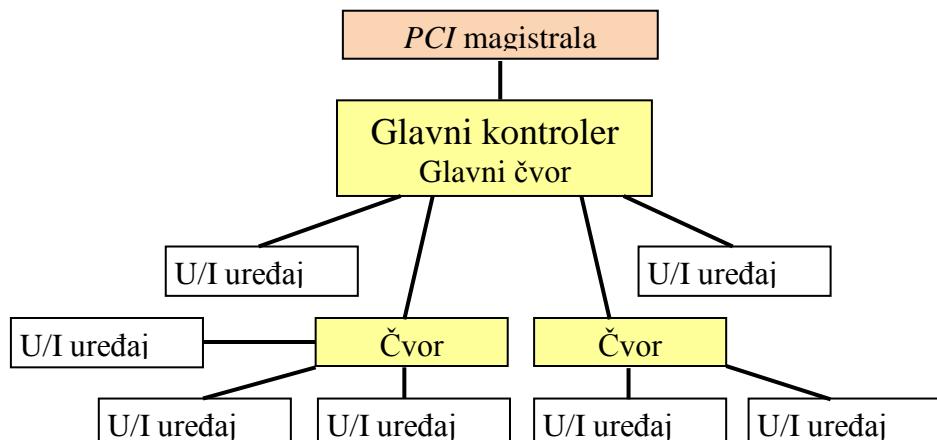
Zbog do sada vrlo izražene potrebe za povezivanjem sve većeg broja perifernih jedinica na računar, standardni *PC* imaju velik broj različitih interfejsa. Takođe, svaki *PC* ima 5-7 konektora na matičnoj ploči, za povezivanje interfejsnih kola na *ISA* i *PCI* magistralu. Trend potreba za povezivanjem sve većeg broja perifernih jedinica će se i dalje nastaviti. Iz tog razloga je uvedena univerzalna serijska magistrala (*Universal Serial Bus – USB*). *USB* je definisana tako da omogući prevazilaženj nekih poteškoća koje se pojavljuju u primjeni prethodno navedenih interfejsa. Usavršavanjem ove magistrale nastale su njene 3 standardizovane verzije: prva verzija *USB 1.1*, novija verzija *USB 2.0* i najnovija verzija na koju se danas prelazi *USB 3.0*. Zajednička osnovna svojstva navedenih verzija su:

- Smanjuju se ograničenja u proširivanju funkcija *PC* zbog ograničenog broja konektora na matičnoj ploči i ograničenog broja standardnih komunikacionih interfejsa,
- Omogućeno je jednostavno proširivanje *PC* korišćenjem standardnih softverskih drajvera,
- Obezbeđuje se napajanje perifernih uređaja povezanih na magistralu, tako što distribuira napajanje 5[V] za uređaje koji troše 100-500[mA],
- Ne postoji problem jedan priključak – jedna periferna jedinica. Može se priključiti do 127 perifernih jedinica na jedan glavni *USB* priključak,
- Povezivanje perifernih jedinica moguće ”na živo”, kada je *PC* uključen,
- Velike brzine prenosa, verzija *USB 1.1*[Mb/s] do 12 [Mb/s], verzija *USB 2.0*[Mb/s] do 60 [Mb/s] i verzija *USB 3.0* do 625 [Mb/s], uz mogućnost povezivanja sporih jedinica, 1.5 [Mb/s],
- Smanjen je broj i vrsta kablova za povezivanje,
- Ostvaruje se prenos na rastojanja do 5[m],
- Moguća autodetekcija novog uređaja i programsko rukovanje zahtjevima za opsluživanje (autokonfiguracija priključenog *Plug and Play – PnP*) uređaja

Verzije *USB 3.0*, *USB 2.0* i *USB 1.1* su kompatibilne unaprijed i unazad. Iz tog razloga se mogu koristiti za povezivanje širokog spektra perifernih uređaja. Brzina prenosa podataka *USB 1.1[Mb/s]* od *12[Mb/s]* je dovoljna za periferne uređaje kao što su: štampači, miševi, tastature, telefoni, digitalne upravljačke palice, table, digitalni zvučnici, starije verzije skenera, sporije digitalne kamere, modemi, sporije eksterne memorije itd. Veći propusni opseg dozvoljava povezivanje *PC* na brze jedinice uključujući kamere velike rezolucije za video konferencije, skenere novije generacije i brze jedinice memorije.

Topologija *USB* magistrale

Topologija *USB* nije projektovana da radi kao lokalna mreža niti sadrži mrežne servise jer povezuje periferije na samo jedan *PC*. Ipak, pomoću *USB* je moguće realizovati strukturu u obliku stabla. Za grananje



S1.8.9 Ilustracija povezivanja komponenata pomoću *USB*

magistrale koriste se čvorovi (engl. *hub*). *USB* omogućava samo jedan glavni čvor (engl. *root hub*) koji je u *PC*-u. Pomoćni čvorovi mogu biti nezavisni ili u okviru perifernih uređaja. Za ilustraciju prethodnog, na S1.8.9. je prikazana jedna konfiguracija za povezivanje U/I na *PC*.

Na vrhu *USB* stabla, direktno povezan sa *PCI* magistralom, nalazi se glavni kontroler (engl. *host controller*) kao osnovna upravljačka jedinica *USB* magistrale. To je jedina komponenta sa kojom sistemska programska podrška direktno komunicira, i koja je zadužena za izvršenje brojnih

172 8. Razmjena podataka u distribuiranom vođenju procesa

funkcija razmjene podataka preko magistrale. Osnovna funkcija glavnog kontrolera je da prosljeđuje informacije ka ili od *PCI* magistrale do linija podata (*D+* i *D-*) na konektoru. Glavni kontroler može da upravlja brzinom kojom radi *USB* magistrala. Glavni čvor ima potpuno upravljanje nad *USB* portovima. Ovo upravljanje obuhvata:

- Inicijalizaciju i konfigurisanje,
- Omogućavanje ili omnemogućavanje portova,
- Prepoznavanje brzina U/I jedinica,
- Prepoznavanje da je U/I jedinica povezana,
- Dobijanje informacija od aplikacionog softvera,
- Kreiranje paketa i okvira (*frame*),
- Slanje informacija na magistralu,
- Čekanje i prepoznavanje odziva,
- Korekcija greške,
- Prepoznavanje da je U/I jedinica odvojena sa magistrale,

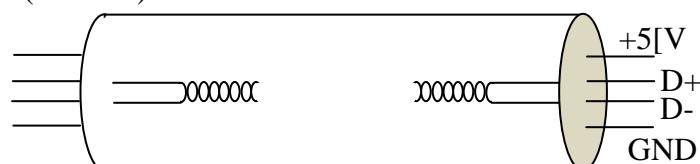
Komunikacija sa *USB* uređajima odvija se na osnovu podataka koji definišu adresu *USB* uređaja, tip i smjer prenosa podataka.

PC se standardno isporučuje sa 2 do 6 *USB* priključaka, ali se njihov broj može povećati dodavanjem *USB* čvora. *USB* čvor se priključuje na jedan od *USB* priključaka na *PC*, a na njega se može priključiti nekoliko *USB* uređaja, obično 4 do 8.

USB magistrala može maksimalno da ima 7 nivoa. Na prvom nivou se nalazi glavni čvor. Na zadnjem nivou mogu se nalaziti samo U/I jedinice. Svaki nivo je preko čvora povezan na čvor prethodnog nivoa. Pošto dužina kabla svakog nivoa može biti do 5[m], to znači da maksimalno rastojanje između glavnog čvora i najdaljenije U/I jedinice može biti do 30[m], povezanih preko 6 čvorova.

Električne karakteristike

USB koristi četvorožični kabal, kao što je prikazano na Sl.8.10, preko koga se prenose podaci i napajanje. Dva provodnika se koriste za povezivanje napajanja, +5[V] i masa. Za prenos podataka se koriste dva provodnika (*D+* i *D-*).

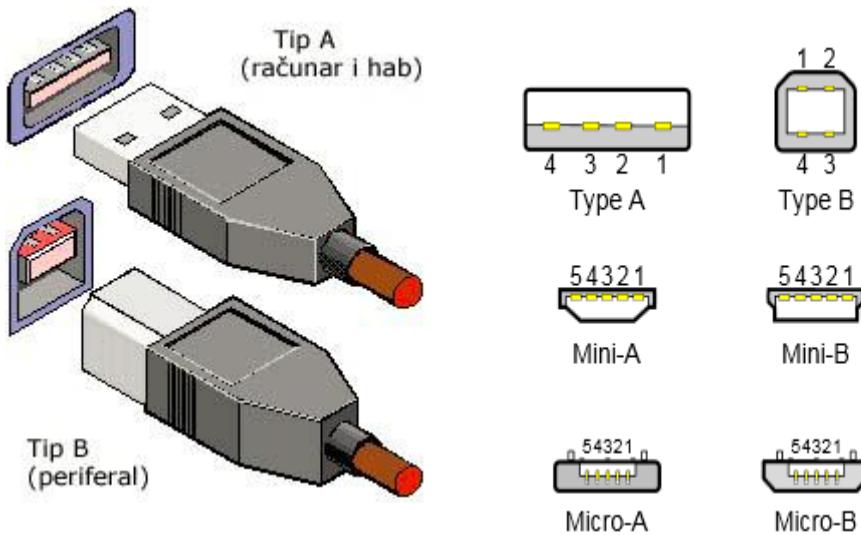


Sl.8.10 Četvorožični kabal za povezivanje putem *USB*

Za realizaciju brzog prenosa putem prve verzije *USB* magistrale, 12 [Mb/s], koristi se oklopljena upredena parica za prenos podataka. Za sporiji prenos, 1.5 [Mb/s] parica za prenos podataka ne mora biti upredena niti oklopljena. Čvorovi se međusobno povezuju samo kablovima za brz prenos podataka.

Standardni *USB* konektori su završeci *USB* četvorozičnih kabalova tako da imaju dva pina za prenos podataka i dva za napajanje kao što je prikazano na Sl.8.11. Konektori su na kablove povezani prema sljedećem: pin 1 je vezan na masu (*GND*), pin 2 je vezan na *D+* liniju za vezu, pin 3 je vezan na *D-* liniju za vezu i pin 4 je vezan na napajanje +5V.

Za povezivanje putem *USB* magistrale postoje dva tipa konektora tip *A* i tip *B*. Razlog za to je što neki uređaji imaju ugrađene kablove dok drugi imaju kablove koji se mogu skinuti. Ako bi konektori bili isti tada postoji mogućnost povezivanja dva glavna čvora. Zbog isog polariteta na utičnicama postoji mogućnost da se +5[V] jednog čvora veže direktno na masu drugog čvora. Da se to onemogući izlazni portovi čvorova koriste konektore tipa *A*, dok ulazni portovi uređaja (U/I jedinice ili eksterni čvorovi) koriste konektore tipa *B*. Efekat prethodnog je da svi kablovi koji su stalno priključeni na uređaj imaju utikač tipa *A*. Uređaji koji koriste poseban kabl imaju pravouglu utičnicu tipa *B* i kabl koji ih povezuje ima na jednom kraju utikač tipa *A*, a na drugom kraju utikač tipa *B*.

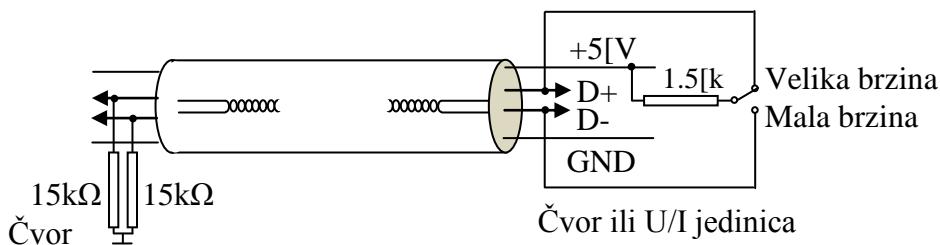


Sl. 8.11 Konektori za povezivanje putem *USB*

174 8. Razmjena podataka u distribuiranom vođenju procesa

Svi pinovi na muškom konektoru (utikaču) nisu iste dužine. Pinovi vezani na linije za napajanje su duži nego pinovi vezani za linije za prenos podataka. Ovo obezbeđuje da će pri povezivanju kablova na „živo“ prvo biti priključeno napajanje na U/I jedinicu, a nakon toga linije za podatke. Takođe, kada se konektor isključuje linije podataka će biti odvojene prije linija za napajanje. Na taj način je smanjena mogućnost da povratni napon ošteti opremu.

Kada je uređaj vezan na čvor, tada čvor preko ostvarene veze određuje brzinu uređaja. Ovo se realizuje na sljedeći način. Kada uređaj koristi veliku brzinu prenosa tada je linija D_+ preko takozvanog *pull-up* otpornika (standardno $1.5\text{ k}\Omega$) vezana na $+5[\text{V}]$, kao što je prikazano na Sl.8.12. Kada se koristi sporiji prenos tada je na isti *pull-up* otpornik vezana linija D_- . Ako napon na obe linije za prenos podataka (D_+ i D_-) padne ispod $0.8[\text{V}]$ u trajanju dužem od $2.5[\mu\text{s}]$, čvor na taj način prepoznaje da je U/I jedinica isključena. Kada je uređaj isključen struja napajanja se smanjuje na nivo reda $500[\mu\text{A}]$. Ako napon na jednoj liniji poraste iznad $2[\text{V}]$ u trajanju dužem od $2.5[\mu\text{s}]$, čvor prepoznaje da je U/I jedinica priključena.



Sl.8.12 Ilustracija indikacije prisustva i brzine U/I jedinice

Najveći broj *USB* uređaja, sa stanovišta napajaju, mogu se, klasifikovati u sledeće tri grupe:

a) U/I jedinice koji se napajaju preko magistrale (engl. *Bus Powered – BP*).

BP tipovi uređaja mogu biti:

- mali potrošači (engl. *low power*) ako troše manje od $100[\text{mA}]$,
- veliki potrošači (engl. *high power*) ako troše više od $100[\text{mA}]$.

U/I jedinice tipa *BP* u fazi numerisanja (*enumeration*) obavještavaju glavni čvor o tome da zahtevaju veću struju. Inkrementi struje koje glavni čvor generiše su od po $100[\text{mA}]$, a specificiraju se u deskriptoru. Deskriptor predstavlja strukturu podataka koju uređaj predaje glavnom čvoru u fazi numerisanja.

- b) uređaji koji se napajaju samostalno (engl. *Self Powered – SP*) dobijaju energiju iz sopstvenog izvora napajanja.
- c) uređaji sa hibridnim napajanjem (engl. *Hybrid Powered – HP*) dobijaju energiju kako preko magistrale tako i od sopstvenog napajanja koje je ugrađeno u uređaj. Kao i kod *BP* tipa uređaja tako i u ovom slučaju uređaj mora da informiše glavni čvor koliko energije od njega zahtijeva.

Prenos podataka

Prenos svih podataka preko *USB* magistrale se vrši u paketima. Svi paketi se šalju i primaju od strane uređaja preko krajnjih tačaka (*endpoints*). Krajne tačke predstavljaju bafere u koje U/I jedinica smješta podatke koje predaje ili prihvata podatke koje prima. U okviru jedne U/I jedinica može biti instalirano do 16 krajnjih tačaka. Svaka krajnja tačka se karakteriše smijerom prenosa i adresom. Iz perspektive glavnog čvora smijer je OUT ako izlazi iz glavnog čvora, a IN ako ulazi u glavni čvor. Krajnja tačka Endpoint0 je upravljačka tačka U/I jedinica i predstavlja ulaznu i izlaznu krajnju tačku.

Prilikom inicijalizacije *USB* sistema (ili nakon što se U/I jedinica poveže na *USB*), startuje numerisanje magistrale (engl. *bus enumeration*). U toku numerisanja magistrale glavni čvor pribavlja podatke o svim U/I jedinicama povezanim na magistralu. Ovi podaci se standardno nazivaju deskriptorima U/I jedinica. Deskriptori su standardizovani i sadrže informacije o svim bitnim atributima U/I jedinica. Globalo se dijele na dva tipa deskriptora

- a) Standardni deskriptori (opisuje opšte osobine uređaja)

Npr. *Device* deskriptor sadrži generalne informacije o U/I jedinici kao što su: identifikacija proizvoda (*Product ID*), identifikacija proizvođača (engl. *Vendor ID*), itd.

- b) Dekskriptor tipa klase (opisuje osobine specifične za odgovarajuću klasu uređaja).

Npr. *Interface* dekskriptor daje informaciju o identitetu klase jedinice (audio klasa: MP3 plejeri, zvučnici; klasa za masovno memorisanje: Flash uređaji, eksterni CD-ROM; klasa uređaja za interakciju sa čovjekom: miš, tastatura, palica; klasa uređaja za generisanje slike: kamere, videorekorderi; klasa štampača) i koliko krajnjih tačaka uređaj može da koristi i čuva

Svaka krajnja tačka posjeduje sopstveni deskriptor. *Endpoint descriptor* opisuje osobine krajnje tačake. Ove osobine ukazuju da li je krajna tačka tipa *IN* ili *OUT*, itd..

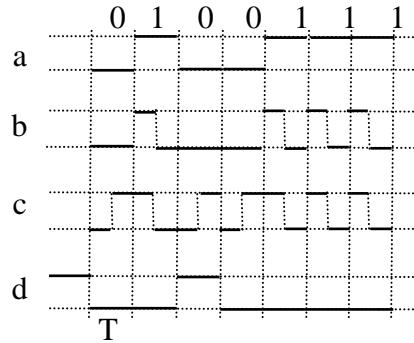
Numerisanje se obavlja preko *Endpoint* 0 krajnje tačke (tako zvana upravljačka krajnja tačka), koja se podrazumijeva pa je nije potrebno posebno definisati. Glavni kontroler takođe dodeljuje sedmobitnu adresu svakoj U/I jedinici povezanoj na *USB* magistralu.

Osnovna komunikaciona jedinica koja se prenosi putem *USB* magistrale je paket. Paket se sastoji od niza bita koji se šalju jedan za drugim, tako da ukupno može da sadrži 1023 bajta.

Da bi se postigle brzine prenosa podataka koje podržava *USB* nije bilo pogodno korišćenje standardnog načina prenosa podataka poznatog kao prenos bez vraćanja na nulu (engl. *Non Return to Zero –NRZ*). Iz tog razloga se koristi jedna modifikacija takozvanog Mančester kodovanja. U cilju ilustracije razlike ovih načina kodovanja je data Sl. 8.13. Na Sl.8.13.a je za ilustraciju data kombinacija bita koja se prenosi bez vraćanja na nulu. Termin bez vraćanja na nulu označava da se nivo signala koji odgovara vrijednosti bita koji se prenosi održava konstantnim čitavo vrijeme prenosa bita T . Kod ovakvog načina kodovanja po pravilu se pojavljuje problem sinhronizacije prijemnika i predajnika u slučaju dugog niza nula ili jedinica. U tim intervalima ne postoji promjena stanja pa ne postoje mogućnosti za sinhronizaciju.

U cilju prevazilaženja ovakvog ograničenja jedna varijanta je kodovanje, prije slanja podataka, sa vraćanjem na nulu. Sl.8.13.b. Kod ovakvog kodovanja se pri uzastopnom pojavljivanju jedinica ili promjeni stanja može vršiti resinhronizacija. Ostaje ograničenje u slučaju velikog broja uzastopnih nula.

Jedna modifikacija kodovanja sa vraćanjem na nulu je Mančester kodovanje, koja se često naziva i kodovanje sa invertovanjem. Kada se koristi Mančester kodovanje tad se nivo signala koji odgovara vrijednosti bita koji se prenosi održava konstantim za vrijeme $T/2$. Nakon toga se prebacuje na suprotan nivo, kao što je prikazano na Sl.8.13.c. Osnovna prednost ovakvog kodovanja za prenos podataka jeste što za svaki primljeni bit prijemnik može da se resinhronizuje. Ograničenje ovakvog načina



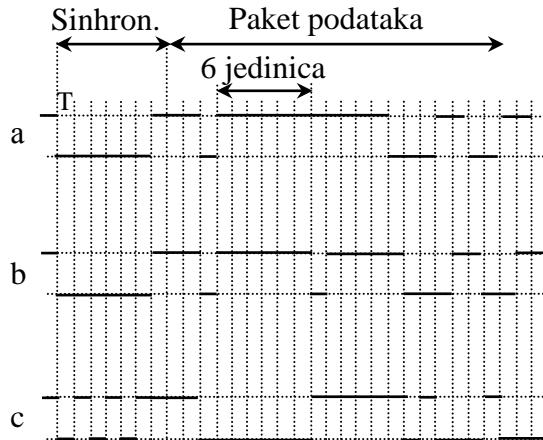
Sl.8.13 Varijante kodovanja signala

8. Razmjena podataka u distribuiranom vođenju procesa 177
kodovanja jeste što se trajanje impulsa za prenos infomacije skraćuje na T/2.
To unosi ograničenje na fizičkom nivou za prenos podataka velikim
brzinama jer se za prenos „informacije“ koristi samo T/2.

Za prenos podataka preko *USB* se koristi takozvano kodovanje bez
vraćanja na nulu sa invertovanjem i umetanjem (engl. *Non Return to Zero
Invert –NRZI*). Kod ovog načina kodovanja pri prenosu nule dolazi do
prebacivanja u suprotno stanje (invertovanje). Kada se prenosi jedinica ne
dolazi do prebacivanja na suprotan nivo, kao što je prikazano na Sl.8.13.d.

Treba primjetiti da kod ovakvog kodovanja pri pojavi povorke nula
napon na liniji podataka mijenja nivo za svaki bit. U tom slučaju se
prijemnik može resinhronisati za svaki bit podataka. U slučaju povorke
jedinica ne dolazi do pomjene stanja pa se na tom intervalu ne može izvršiti
resinhronizacija prijemnika. Iz tog razloga, ako se pri prenosu uzastopno
prenosi šest ili više jedinica tada se nakon šest jedinica umeće jedna nula.
Ove nule ne tumače se kao podaci koji se prenose nego se samo koriste za
resinhronizaciju. Na ovaj način je postignuto da se prijemnik u najgorem
slučaju može resinhronizovati nakon svakih 6T.

Prije kodovanja na opisani način podaci se grupišu u paketa koji su
definisani standardom za *USB*. Na početku svakog paketa šalje se
sinhronizacioni bajt. Ovaj bajt čini sedam uzastopnih nula i na kraju jedna
jedinica, kao što je prikazano na Sl.8.14.a. Ovaj bajt na početku paketa
koristi prijemnik da precizno sinhronizuje svoj takt sa taktom predajnika.
Nakon bajta za sinhronizaciju slijedi paket podataka. Ako se pojavi
uzastopnih 6 jedinica, nakon njih se umeće jedna nula, kao što je ilustrovano
na Sl.8.14.b (podaci sa umetnutim bitom). Konačni izgled paketa podataka
za prenos po magistrali, odnosno paket sa *NRZI* kodovanim podacima
prikazan je na Sl.8.14.c.

S1.8.14. Struktura *USB* paketa podataka

Linije podataka su vezane na prijemnike diferencijalnom vezom. Komunikacija na *USB* magistrali zasniva se na osnovnom periodu u kome se realizuju sve aktivnosti, a koji se označava kao ram (engl. *frame*). Za *USB* magistrale niske i srednje brzine ovaj period (ram) traje 1ms ram. Za prenos velikim brzinama se koristi mikroram (*microframe*) i njegovo trajanje je 125[μ s]. Jedan rad odgovara jednom prenosu podataka.

Ram se sastoji od paketa. Prije slanja paketa linije se nalaze u mirnom stanju, pri čemu visok napon na jednoj liniji podataka (zavisno od položaja *pull-up* otpornika) indicira brzinu prenosa. Kada počne slanje paketa podataka linije za prenos podataka se prebacuju u suprotno stanje od prethodnog mirnog stanja u trajanju jednog bita. Ovakva najava da je poslat paket naziva se start paketa (engl. *Start of Packet – SOP*). Nakon toga se šalje paket podataka. Na početku svakog paketa šalje se bajt za sinhronizaciju, kako je već navedeno, koji čini sedam nula i na kraju jedna jedinica.

Za komunikaciju preko *USB* magistrale koriste se sljedeći tipovi paketa:

- Token paket (engl. *Token packet*)
- Paket podataka (engl. *Data packet*)
- Odzivni paket (engl. *Handshake packet*).

Navedeni tipovi paketa imaju različite strukture, ali svaki počinje poljem za identifikaciju paketa (engl. *Packet Identifier – PID*). Prva četiri bita ovog polja jednoznačno identifikuju paket. Naredna četiri bita u *PID* polju su četiri sucesivna komplementa prva četiri bita i služe za provjeru tačnosti informacije na mjestu prijema.

Tip paketa *token* sadrži ukupno 32 bita i obično se dijeli na dvije podvrste.

- a) Na početku svakog rama (ili mikrorama) šalje se paket koji se naziva početak rama (engl. *start of frame- SOF*). Struktura paketa je prikazana na Sl.8.15a.

Prva 4 bita *PID* -a imaju vrijednost 0101 i jednoznačno identifikuju SOF, dok su ostala 4 komplementi te vrijednosti.

Polje *broj rama* je dužine 11 bitova i pokazuje redni broj rama. Za svaki novi ram računar inkrementira sadržaj ovog polja za jedan.

Polje za periodičnu redundantnu provjeru (engl. *Cyclic Redundancy Check - CRC*) je polje od 5 bita za provjeru grešaka u prenosu podataka.

- b) *IN*, *OUT* i *SETUP* – su token paketi, a koriste se za uspostavljanje prenosa podataka između čvora i U/I jedinice. *IN* – inicira prenos u smijeru od U/I jedinice ka čvoru. Prva 4 bita *PID* -a imaju vrijednost 1001.

180 a 8. Razmjena podataka u distribuiranom vodenju procesa

<i>PID</i> 10100101	Broj rama (11 bita)	<i>CRC</i> (5 bita)
------------------------	------------------------	------------------------

b

<i>PID</i> (8 bita)	Adresa (7 bita)	<i>ENDP</i> (4 bita)	<i>CRC</i> (5 bita)
------------------------	--------------------	-------------------------	------------------------

c

<i>PID</i> (8 bita)	Podaci (0 do 1023 bajta)	<i>CRC</i> (16 bita)
------------------------	-----------------------------	-------------------------

d

<i>PID</i> (8 bita)

Sl.8.15 Strukture različitih tipova paketa

OUT – inicira prenos u smjeru od čvora ka U/I jedinici. Prva 4 bita *PID*-a imaju vrijednost 1000.

SETUP – je paket tipa *OUT* visokog prioriteta i koristi se za upit U/I jedinice ili čvoru za startne informacije. Prva 4 bita *PID*-a imaju vrijednost 1011.

Token paketi (*IN*, *OUT* i *SETUP*) imaju istu strukturu, koja je prikazana na Sl.8.15.b. Oni sadrže kako slijedi: 8-bitno *PID* polje, 7-bitno polje koje ukazuje na adresu U/I jedinice, 4-bitnu adresu krajnje tačke (*end point address - ENDP*) i 5-bitno *CRC* polje.

Ako je **paket tipa podaci** (*data packet*) koristi se za prenos podataka i ima strukturu kao što je prikazano na Sl.8.15.c. Postoje dva tipa ovih paketa: *DATA0* i *DATA1*. Ako je paket tipa *DATA0* tada njegova prva 4 bita *PID* polja imaju vrednost 0011, a ako je tipa *DATA1* tada njegova prva 4 bita *PID* polja imaju vrednost 1011.

Nakon *PID* polja slijedi polje sa podacima za prenos koje može da sadrži od 0 do 1023 bajta. Nakon polja sa podacima slijedi *CRC* polje za detekciju greške koje sadrži 16 bita.

U toku prenosa podataka softverski se definiše da se naizmenično prenosi sekvenca *DATA0 DATA1 DATA0 DATA1....* Ovakav način prenosa paketa se koristi za dodatnu detekciju greške, jer ako se uzastopno dobiju dva paketa istog tipa slijedi da je jedan paket izgubljen.

Nakon svakog paketa tipa podatci strana koja je vršila prijem paketa šalje **odzivni paket** (engl. *handshake packet*). Ovaj tip paket ima strukturu prikazanu na Sl.8.15.d. Standardom su definisana četiri paketa koji pripadaju odzivnim paketima: *ACK*, *NAK*, *STALL*, *NYET*.

ACK paketom se potvrđuje da je podatak primljen bez greške (prva 4 bita *PID* polja imaju vrijednost 0010).

NAK paketom se potvrđuje da prijemnik ne može da primi, odnosno da prednjik ne može da pošalje podatke (prva 4 bita *PID* polja imaju vrijednost 1010).

STALL paketom se šalje informacija da je odredište u zastoju ili u kvaru pa čvor bez dodatne intervencije ne treba ponovo slati paket (4 bita *PID* polja imaju vrijednost 1110).

NYET ukazuje da je uređaj uspiješno preuzeo podatke ali nije u stanju da prihvata još podataka (prva 4 bita *PID* polja imaju vrijednost 1010)

Informacija da je završeno slanje paketa (engl. *End of Packet – EOP*) se indicira tako što se obe linije podataka postave na masu u trajanju dva bita. Nakon toga se magistara postavlja u mirno stanje najmanje za trajanje jednog bita. Na taj način su postignute prepostavke za slanje novog paketa.

USB 2.0 radi kao polu-dupleks, što znači da može istovremeno da prenosi podatke samo u jednom smijeru (“*downstream*” ili “*upstream*”), dok *USB 3.0* može da prenosi podatke u oba smijera simultano (potpuni dupleks). Iz tog razloga kablovi i konektori za *USB 3.0* imaju dodatna dva provodnika za prenos podataka.

Za razliku od *RS 232* (i njegovih naprednijih verzija) za koji je standardizovan samo fizički nivo, kod *USB* su standardizovani i viši nivoi. Kod *USB* su standardizovana tri sloja: fizički sloj (engl. *physical layer*), sloj veze podataka (engl. *data link layer*) i sloj aplikacije (engl. *application layer*).

Sloj veze podataka (data link layer)

U sloju veze podataka prije svega se obezbeđuju komunikacije, u skladu sa prirodom U/I jedinice, uz neophodne mehanizme kontrole grešaka i ponovnog slanja poruka.

182 8. Razmjena podataka u distribuiranom vođenju procesa

Obzirom na djeljenu magistralu, *USB* uređaji ne mogu inicirati prenos podataka, već moraju sačekati upit koji generiše glavni kontroler. *USB* specifikacijom definisan je standardan način za opisivanje U/I jedinice koji se nazivaju deskriptorima U/I jedinica. Na osnovu deskriptora glavni *USB* kontroler bira načine komunikacije sa U/I jedinicama.

Tip prenosa definiše različite osobine komunikacionog toka: format poruke, veličinu paketa, smijer i redosled prenosa paketa, dozvoljena kašnjenja, pristup magistrali, rukovanje greškama itd.

U/I jedinice povezane na *USB* su međusobno vrlo različite u pogledu obima podataka koje je potrebno prenijeti i vremenskim ograničenjima (dozvoljenim kašnjenjima prije svega). Prilagođenje specifičnostima U/I jedinice je postignuto sa četiri tipa prenosa:

Prekidni prenos (engl. *interrupt transfer*) se koristi za jedinice koje tradicionalno koriste linije za zahtjev za prekid. Pošto *USB* ne podržava jedinice koje generišu zahtjev za prekid, glavni kontroler na osnovu prozivanja uređaja na *USB* magistrali imitira prekid na računaru. Glavni kontroler, na osnovu deskriptora, zna koje jedinice i kako često treba periodično prozivati. Pozivi moraju biti dovoljno česti da ne dođe do gubitka podataka, ali ne suviše često zbog zauzimanja resursa.

Ovakav režim rada namijenjen je sporim uređajima, poput tastature ili miša, koji ne postavljaju velike zahtjeve u razmjeni podataka. Osnovne karakteristike ovakvog načina prenosa su niska učestalost ponavljanja, skroman obim podataka i ograničena (relativno mala) kašnjenja pri prenosu.

Izohroni prenos (engl. *isochronous transfer*) je orijentisan ka najzahtjevnijim jedinicama koje zahtijevaju prenos podataka velikog obima uz konstantnu periodičnost. Tipičan primjer su audio/video jedinice gdje i malo kašnjenje direktno utiče na kvalitet ili čak onemogućava uslugu. U toku izohronog prenosa, obe strane predajna i prijemna moraju biti sinhronizovane u pogledu brzine i kašnjenja. Ovaj tip prenosa nije posebno zahtjevan na kvalitet podataka, pa se ne vrše korekcije grešaka. Podaci koji su pogrešni ili su izgubljeni u prenosu jednostavno se ignorisu.

Masovni prenos (engl. *bulk transfer*) podrazumeva prenos velikog obima podataka, ali bez vremenskih uslovljenosti u pogledu brzine ili periodičnosti. Tipičan primjer uređaja koji rade u ovom režimu je štampač, kome se šalju masovni podaci, ali eventualna kašnjenja u prenosu podataka

8. Razmjena podataka u distribuiranom vođenju procesa 183
ne nanose štetu. Zato se paketi podataka mogu slati u momentima kad je magistrala rasterećena, a zadržani dok se ona ne osloboди. S druge strane, važno je da su podaci tačni, tako da je u ovom tipu prenosa uključeni odzivni paketi i potpuna korekcija grešaka.

Prenos kontrolnih poruka (engl. *control transfer*) obuhvata komunikaciju u cilju koordinacije rada, prepoznavanja i inicijalizacije U/I jedinice, i sl. Dešava se najčešće po priključenju jedinice na *USB* magistralu, nije periodičan i predstavlja niz upit-odgovor koji pokreće sistemska programska podrška. Dio saobraćaja na magistrali vezan je za komunikaciju glavnog kontrolera sa čvorovima.

Sloj aplikacije (engl. *application layer*)

Povezivanje standardnih U/I jedinica kao što su tastatura, miš, štampač i sličnih, preko *USB* magistrale podržavaju verzije *Windows* operativnog sistema. Preko softverskih drajvera ovog operativnog sistema omogućena je veza aplikativnog programa i standardnih U/I jedinica.

Pri razvoju *USB* izvorno nije bilo predviđeno njegovo korišćenje za povezivanja komponenata za akviziciju podataka. Međutim, po svojim karakteristikama *USB* je veoma blizak *GPIB* koji je mnogo skuplji i koristi tehnologiju koja zastarjeva. Iz tog razloga je u mnogim slučajevima *USB* pogodan za elemente za vođenje procesa. Male komponente za akviziciju imaju standardnu potrebu za jednosatvnim, jeftinim i standardizovanim sistemom povezivanja sa drugim elementima sistema. Iz tog razloga inteligentni senzori za povezivanje sve više koriste *USB*. Za povezivanje ovakvih U/I jedinica na *USB* nagistralu potrebno je obezbijediti odgovarajuće softverske drajvere. Uz savremene module za akviziciju i upravljanje predviđene za povezivanje na *USB* magistralu po pravilu se isporučuju softverski drajveri. Ovi drajveri predstavljaju vezu između aplikativnog programa i modula. Oni obavljaju sve naveden funkcije: detekciju da je moduo povezan na interfejs, upravljanje napajanjem, slanje i prijem poruka itd.

S druge strane, u poređenju sa serijskim interfejsom *USB* nije jeftiniji, niti se može koristiti za veća rastojanja. Ovo ograničava korišćenje *USB* na akviziciju u laboratorijama ili na objektima vrlo malih dimenzija.

8.3 INTELIGENTNI SENZORI

U distribuiranim sistemima za akviziciju i upravljanje dominiraju senzorski elementi, ako se ima u vidu broj komponenata i široko pokrivanje prostora. Oni su po pravilu namjenjeni za mjerjenje veoma raznovrsnih mjernih veličina. Sa druge strane, uz pojam savremenih distribuiranih sistema implicitno se podrazumijeva da su elementi povezani u složenu mrežu, u kojoj se koriste različiti načini razmjene podataka. Iz tog zahtjeva je proistekla potreba i pojava senzora opremljenih odgovarajućim interfejsom za lakše povezivanje u takav distribuirani sistem. U kontekstu takvih okolnosti se prvi put pojavljuje pojam intelligentni pretvarači (engl. *intelligent transducer*) [20]. Odnosi se na senzore ili aktuatore koji pored "klasičnog" dijela sadrže mrežni interfejs koji im omogućava da se lako povezuju u distribuirani sistem automatskog upravljanja. Ovaj termin je široko prihvaćen, pri čemu su prošireni njegovo značenje i funkcionalnosti koje se realizuju u takvim komponentama. U savremenoj literaturi su danas kao sinonimi prihvaćeni pojmovi intelligentni (engl. *intelligent*) ili pametni (engl. *smart*) pretvarači.

8.3.1. Strukture inteligenstnih senzora

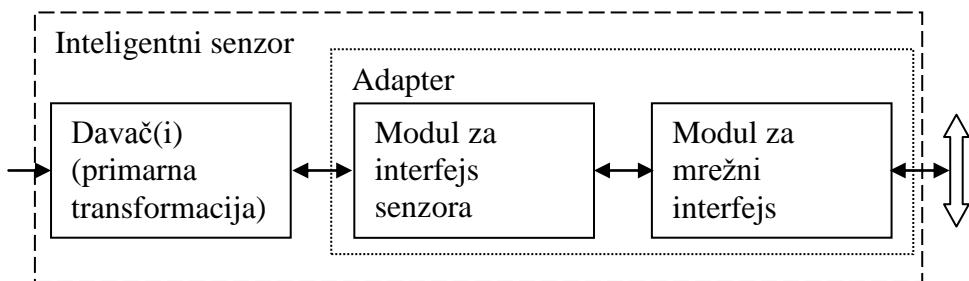
S obzirom na stalan porast složenosti distribuiranih sistema automatskog upravljanja, konfigurisanje, povezivanje i održavanje ovako kompleksnih sistema sa velikim brojem senzora predstavlja izuzetno složen, i sve složeniji zadatak. U ovako složenim sistemima, čak i elementarni zadaci kao što su ručno unošenje važnih parametara senzora (mjernih opsega, osjetljivosti, faktora skaliranja,..), kalibracija, linearizacija i slični, postaju veoma zahtjevni. Dugo trajanje i česta potreba ručnog unošenje podataka o senzorima, uz veliku vjerovatnoća greške zbog velikog obima podataka, postaju usko grlo u povećanju pouzdanosti i produktivnosti distribuiranog sistema u cjelini.

Iz prethodno pomenutik činjenica su proizašli neki generalni zahtjevi koje senzori trebaju zadovoljavati da bi čitav distribuirani sistem funkcionsao skladno i pouzdano. Prije svega to se odnosi na potrebu da senzori automatski izvršavaju navedene i druge funkcije. Takve zahtjeve je moguće svrstati u dvije grupe. U prvoj grupi su zahtjevi koji su prije svega vezani za ublažavanje ili otklanjane tipičnih nedostataka "konvencionalnih" senzora. Druga grupa zahtjeva se odnosi na dodatne mogućnosti senzura, koji se prije svega odnose na njegov mrežni interfejs koji omogućava

jednostavno povezivanje senzora u heterogen distreuibirani sistem. U cilju ispunjavanja prethodnih zahtjeva tipični intelligentni senzori se mogu predstaviti opštom strukturu prikazanom na Sl. 8.16.

Prije detaljnijeg prezentovanja osnovnih funkcija koje se realizuju u okviru intelligentnih senzora pogodno je podsjetiti na već razmatrane osnovne nedostatke i netačnosti "konvencionalnih" senzora.

Sa praktičnog stanovišta vrlo je bitna direktna zamjenljivost senzora



Sl. 8.16. Opšta funkcionalna struktura intelligentnog senzora

i potreba kalibracije. Poželjno je da pri zamjeni senzora drugim bude što manje ograničavajućih faktora. To znači da novi senzor može biti drugaćijeg principa rada i od drugog proizvođača u odnosu na senzor koji se zamjenjuje. U takvim slučajevima potrebno je izvršiti kalibraciju zamjenskog senzora, što je povezano sa potrebnom za dodatnom mjerom opremom (etalonom) i procedurom kalibracije. Poželjno je da se osnovnom senzorskom elementu dodaju elementi koji će automatski omogućiti direktnu zamjenljivost bez potrebe kalibracije.

U toku eksploatacije senzora mijenjaju se njihova fizčka i hemijska svojstva. Ovo se prije svega odnosi na davač koji vrši konverziju mjerene veličine u pomoćnu promjenljivu. Posljedica je da nakon nekog vremena tačnost senzora nije zadovoljavajuća po nekim ili više pokazatelja tačnosti [4]. Posebno je karakteristična pojava *offseta* nakon određenog perioda eksploatacije. U takvim slučajevima potrebno je povremeno u toku eksploatacije vršiti rekalibraciju senzora.

Kod većine senzora vrijednost pomoćne promjenljive, koja je izlaz davača (primarne transformacije) [4], zavisi ne samo od vrijednosti mjerene veličine nego i od uslova eksploatacija. To se prije svega odnosi na temperaturnu osjetljivost, posebno karakterističnu za senzore kod kojih je davač realizovan na bazi poluprovodničkih tehnologija. Iz tog razloga je

186 8. Razmjena podataka u distribuiranom vođenju procesa

često veoma važno da se osnovnom senzorskom elemntu dodaju komponente kojima se kompenzuju različiti spoljašnji uticaji na davač, izuzev promjena mjerene veličine.

Nadalje, često je poželjno da senzor sadrži dodatne komponente kojima se postižu različite funkcije uobičavanja signala, sa ciljem da je izlaz senzora prilagođen posebnoj primjeni. Ove funkcije često uključuju neke od sljedećih: linearizaciju, pojačanje signala, galvanska izolacija, konverziju pomoćne promjenljive u strujni signal, neke forme modulacije izvorog signala, ali i druge.

Po pravili su senzori neposredno uz objekte upravljanja i druge procese, dok su računari za akviziciju i upravljanje postavljeni u operatorskim sobama. U skladu sa tim, u mnogim primjenama senzori rade u nepovoljnim uslovima, jer su postavljeni na mjestima gdje nije dostupna potrebna infrastruktura i teško su pristupačna za ljude. U tim slučajevima su senzori i digitalni prijemnici ili regulatori postavljeni na udaljenim lokacijama, pa je od posebnog značaja da se u okviru senzora, ili u njegovojo neposrednoj blizini, pored prethodno navedenih transformacija signala, realizuju i funkcije automatskog samotestiranje, dijagnostike i oporavka od otkaza.

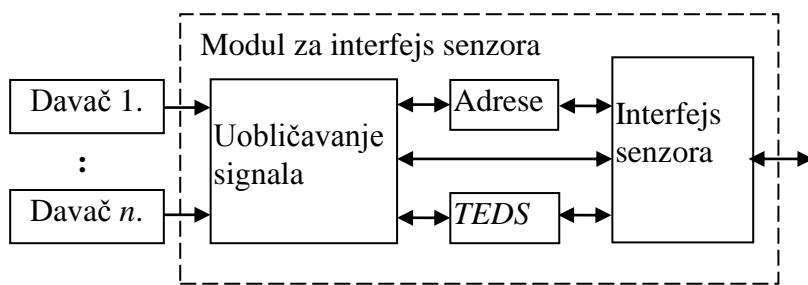
Da bi zadovoljili gore postavljene zahtjeve senzori po pravilu sadrže adaptore koji realizuju više različitih transformacija. Takvi senzori su mnogo služenije strukture od "klasičnih", pa se karakterišu sa više svojstava i opisuju većim brojem parametara karakterističnih za svaku varijantu senzora. To omogućava interoperabilnost senzora različitih proizvođača i vrsta, odnosno da se prilagode različitim specifičnim primjenama, kroz automatsko ili pojednostavljeni podešavanje parametara.

U cilju dodatnih unapređenja senzora, za zadovoljavanje raznovrsnih primjena, nastala je potreba za univerzalnijim senzorima tako da je moguće mjerjenje više fizičkih veličina. Da bi zadovoljili i ove zahteve podrazumijeva se da inteligentni senzori mogu da sadrže više davača različitih mjerениh veličina.

Da bi se u potpunosti iskoristila interoperabilnost bilo je potrebno automatsko prepoznavanje svakog davača i na osnovu toga njegovo aktomatsko konfigurisanje, postavljanjem odgovarajućih vrijednosti parametara, prilagođeno specifičnoj primjeni. Automatsko prepoznavanje davača, i u skladu sa tim automatsko konfigurisanje prema potrebama

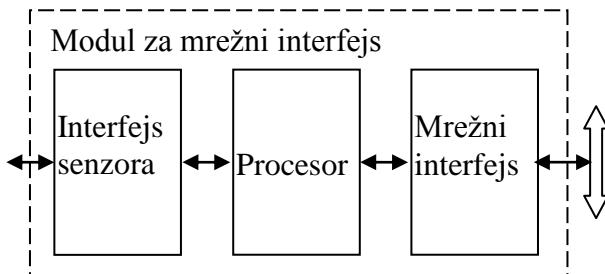
Za potrebe automatske konfiguracije se koriste različiti mehanizmi koji su najčešće zasnovani na elektronskoj specifikaciji pretvarača (engl. *Transducer Electronic Data Sheet - TEDS*). Ova specifikacija obuhvata senzore i aktuatora, ali će u ovom tekstu fokus biti na senzorima. Elektronske specifikacije senzora se prije svega odnose na njegov davački dio i obezbeđuju da se najvažnije karakteristike senzora čuvaju u elektronskoj formi, u memoriji senzora. Ako su resursi senzora veoma ograničeni, u njegovoj memoriji se čuvaju samo osnovne informacije (proizvođač, tip i model, serijski broj i eventualno još neka) dovoljne za jedinstvenu identifikaciju, dok se detaljnije informacije o njemu čuvaju izvan senzora.

Iz prethodnih razloga svaki inteligentni senzor sadrži detaljnu elektronsku specifikaciju koja uključuju sve parametre od interesa za moguće primjene i po pravilu je obavezan dio modula za interfejs senzora, čija struktura je skicirana na Sl.8.17. U cilju jedinstvene interpretacije senzora i aktuatora u literature se češće koristi naziv modul za interfejs intelligentnog pretvarača (engl. *Smart Transducer Interface Module - STIM*).



Sl. 8.17. Struktura modula za interfejs senzora

Ipak, zbog postojanja velikog broja različitih senzorskih interfejsa nije moguće ovakve senzore različitih proizvođača direktno povezati na proizvoljnu mrežu, zbog postojanja velikog broja različitih mreža koje podrazumijevaju različite fizičke nosioce informacija i protokole. Iz tog razloga je uvedena familija standarda poznatih kao IEEE 1451 koji definišu zahteve na komunikacione interfejse i elektronske specifikacije senzora za mrežno povezivanje širokog spektra različitih senzora u heterogenom



Sl. 8.18. Opšta struktura modula za mrežni interfejs

188 8. Razmjena podataka u distribuiranom vođenju procesa mrežnom okruženju, nezavisno od tipa mreže koja se koristi za povezivanje. Transformacije u skladu sa ovim zahtjevima realizuju se u okviru modul za mrežni interfejs (engl. *Network-Capable Application Processor - NCAP*), čija je osnovna struktura prikazana na Sl. 8.18.

Procesor u okviru modula za mrežni interfejs povezuje senzor, putem fizičkog interfejsa senzora, na proizvoljnu mrežu.

U cilju potpune standardizacije inteligentnih senzora prvo su usvojeni standardi IEEE 1451.1 i IEEE 1451.2. Modula za mrežni interfejs je standardizovan standardom IEEE 1451.1, pri čemu je postignuta kompatibilnost sa modulom za interfejs davača koji je standardizovan prema IEEE 1451.2

Usvajanjem standarda IEEE 1451.1 su precizno definisani softverski model, funkcije i komunikacioni interfejsi procesora. Prema ovom standardu *NCAP* treba da obezbijedi sljedeće funkcije:

- očitavanje elektronskih specifikacija (*TEDS*), prepoznavanje svih povezanih davača i njihovu automatsku konfiguraciju,
- upravljanje radom senzora preko njegovog interfejsa koji se koristi,
- procesiranje podataka koji se očitavaju sa senzora i,
- prijem ili slanje podataka koji su namjenjeni krajnjim korisnicima korišćenjem protokola koji ne zavise od korišćene mrežne infrastrukture.

Da bi se u potpunosti iskoristile prednosti standarda IEEE 1451.1, postojala je potreba da se standardizuje i ulaz modula za mrežni interfejs, odnosno izlaz iz modula za interfejs senzora. To je realizovano standardom IEEE 1451.2, kojim je definisan interfejs senzora za povezivanje između modul za interfejs davača i modula za mrežni interfejs. Standardizovan je digitalni prenos mjernih signala od tačke do tačke, putem žičane veze, za serijski prenos podataka, putem fizičkih interfejsa kao što su *RS-232*, *USB*, *SPI* i slični. Pored standardizacije izlaza senzora ovim standardom je standardizovana i struktura *TEDS-a*.

Nakon usvajanja navedenih standarda nastale su potrebe za uvođenjem drugih da bi se zadovoljile potreba za različite primjene. Tako su nastali:

- standardom IEEE 1451.3 je definisani su interfejs senzora i *TEDS* za digitalni prenos mjernih signala, sa više senzora, na jedinstven mrežni interfejs putem žičane veze. Fizička veza može biti jednim provodnikom ili preko magistrale;

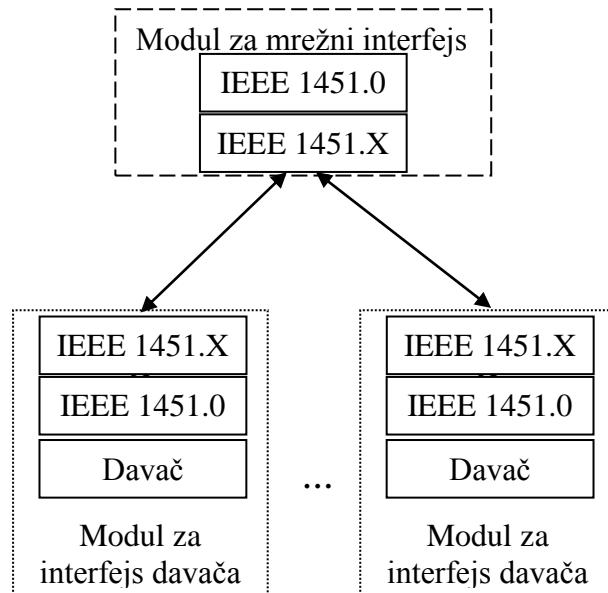
8. Razmjena podataka u distribuiranom vođenju procesa 189

- standardom 1451.4 je definisan mješoviti analogno-digitalni interfejs (engl. *Mixed Mode Interface*) senzora i TEDS, za povezivanje tradicionalnih senzora sa analognim izlazom i digitalnom memorijom za smeštanje elektronskih specifikacija senzora.

Zahvaljujući napretku tehnologija i narastanju potreba u oblasti bežičnog prenosa signala familija IEEE 1451 standarda je dodatno proširena sljedećim:

- standardom 1451.5 je definisan interfejs senzora i TEDS za bežično povezivanje sa modulom za mrežni interfejsa: *WiFi* (protokol 802.11), *Bluetooth* (protokol 802.15.3), *ZigBee* (protokol 802.15.4) i druge;
- standardom 1451.6 je predlažen interfejs između modula za interfejs senzora i mrežnog procesora korišćenjem protokola *CANopen*;
- standardom 1451.7 je definisan interfejs i komunikacioni protokol za senzore u kojim je integrisana *RFID* (engl. *Radio Frequency Identification*) tehnologija.

U cilju harmonizacije modifikacija TEDS uvedenih kroz familiju standarda IEEE 1451.1-7 usvojen je standard IEEE 1451.0. Ovim standardom je omogućeno da se moduli za interfejs senzora sa različitim fizičkim interfejsima i različitim TEDS povezuju zajednički na module za mrežni interfejs. Standard IEEE 1451.0 omogućava da se na jedinstven način koriste različiti TEDS definisani prema neokm standard iz familije IEEE 1451.X, kao što je simbolički predstavljeno na Sl.8.19.



Sl. 8.19. Interoperabilnost senzora prema standardu IEEE 1451.0

Standardom IEEE 1451.0 je definisana osovna struktura *TEDS* koja sadrži obavezne i opcione komponente. Obavezn segmenti TEDS-a su *Meta TEDS*, *Transducer Channel TEDS*, *User's Transducer Name TEDS* i *PHY TEDS*.

- *Meta TEDS* sadrži podatke koji opisuju modul za interfejs senzora (TIM) potrebne za modul za mrežni interfejs (NCAP). S obzirom da modul za interfejs senzora može da sadrži više davača, svakom od njih dodeljuje se po jedan kanal. *Meta TEDS* sadrži podatke o broju raspoloživih kanala, grupisanju kanala i maksimalnom vremenu odziva modula za interfejs senzora. Ove informacije neophodne su mrežnom procesoru kako bi se omogućio automatski pristup podacima o svakom pojedinačnom kanalu.
- *Transducer Channel TEDS* sadrži detaljne informacije o svakom kanalu. Ove informacije uključuju: tip davača, mjerno područje davača, fizičke jedinice, tačnost, mjernu nesigurnost, kao i podatke o tome da li je obezbeđena kalibracija za dati kanal, vrijeme pristupa kanalu, period i vrstu odabiranja, format i način razmijene podataka,

- *User's Transducer Name TEDS* je dio šablonu u koju korisnik pretvarača upisuje ime, prema kome će pretvarač biti prepoznat u okviru sistema.
- *PHY TEDS* Sadržaj ovog dijela šablonu zavisi od fizičkog nivoa razmjene podataka (interfejsa) koji se koristi za povezivanje TIM i NCAP modula. Standardom IEEE 1451.0 je definisan metod za pristup TEDS-u koji je konfiguriran prema standardu IEEE 1451.X,

Opcioni dijelovi TEDS-a (*Generic Extension TEDS*, *Calibration TEDS*, *End User Application Specific TEDS*) su namenjeni za opis senzora u formi koja je prilagođena proizvođačima i krajnjim korisnicima i mogu biti predstavljeni na različite načine.

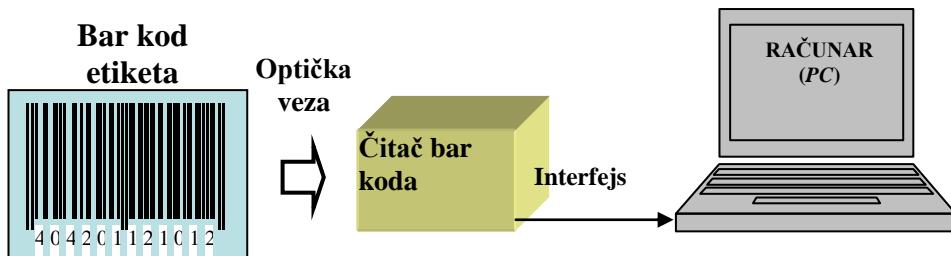
8.3.2. Neke realizacije inteligentnih senzora

Bar kod senzori

Bar kod senzori (čitači, skeneri) se koriste za akviziciju optički predstavljenih podataka koji sadrže informacije o određenom proizvodu. Vrlo bitno svojstvo ovog kodovanja je da omogućava automatsko mašinsko očitavanje. Kompletan sistem čine bar kod štampači i čitači (Sl.8.20).

Bar kod štampač se ne razlikuje mnogo od klasičnih računarskih štampača. Specifičan je o tome što na etiketu štampa samo simbole kodovane prema bar kod pravilima. Takođe, po pravilu daje kvalitetnije otiske od „konvencionalnih“ štampača, koji su otporni na različite vanjske uticaje, kao što su sunčeva svjetlost, vлага i drugi.

Podaci su kodovani linijama (Eng. *bar*) i međuprostorima. Ovakvi bar kodovi se nazivaju linijskim ili 1D (1 dimenzionalni) barkodovima. Postoje kodovi kod kojih se umjesto linija koriste kvadrati, tačke, heksagoni



Сл.8.20

192 8. Razmjena podataka u distribuiranom vođenju procesa i druge geometrijske forme unutar slika i nazivaju se 2D (2 dimenzionalni) kodovi ili simboli. Iako 2D sistemi koriste simbole umjesto linija, oni se uglavnom nazivaju barkodovi. Bar kodovi se mogu pročitati optičkim skenerima koji se nazivaju barkod čitači, ili skenirana slika sa posebnim softverom.

Danas se koristi više od 50 različitih načina kodovalja. Bar kodne kombinacije mogu da predstavljaju brojeve, slova i specijalne znakove. Prednosti koje nude različite metode bar kodovanja odnose se na jednostavnost štampanja i čitanja i mogućnost da bude predstavljen velik broj kombinacija malim kodom. Univerzalni kod proizvoda (Eng. *Universal Product Code - UPC*) i Evropsko numerisanje proizvoda (Eng. *European Article Numbering – EAN*) su dva kompatibilna najviše zastupljena načina bar kodovanja za praćenje prodaje artikala u trgovinama u Americi i Evropi, respektivno. Principi mnogih ostalih načina bar kodovanja su vrlo slični pa se *UPC* bar kodovanje koristi za ilustraciju.

UPC kod se sastoji od 12 decimalnih cifara sljedeće strukture:

PLLLLLSDDDDDDZ

gdje je:

P – bit koji označava početak koda i stalno je kodovan sa 101

Z – bit koji označava završetak koda i stalno je kodovan sa 101

S – bit koji označava sredinu koda i stalno je kodovan sa 01010

L i D predstavljaju cifre (kodovane sa sedam bita) lijevo i desno od sredine koda, respektivno.

U cilju postizanja što bolje pouzdanosti očitavanja svaka cifra je kodovana tako da što manje liči na bilo koju drugu i ne sadrži više od četiri uzastopne jedinice ili nule. Kod ukupno sadrži 95 bita. Kodovi cifara su različiti za lijevu i desnu stranu koda kao što je prikazano u tabeli 8.6.

Tabela 8.6

Cifra	Kod lijevo	Kod desno
0	0001101	1110010
1	0011001	1100110
2	0010011	1101100
3	0111101	1000010

4	0100011	1011100
5	0110001	1001110
6	0101111	1010000
7	0111011	1000100
8	0110111	1001000
9	0001011	1110100

Na Sl.8.21. je data vizuelna ilustracija kodovanja kodnog sadržaja datog brojem 404201121012, prethodno opisanim načinom bar kodovanja. Na slici je u cilju bolje ilustracije prikazan uvećan prikaz bar koda za cifru 4.

Poslednja cifra svakog bar kod broja se koristi isključivo za detekciju greške. Način računanja ove cifre je definisan posebnim algoritmom.

1. Sabrati sve brojeve na neparnoj poziciji i zbir pomnožiti sa tri.
2. Na broj iz 1 dodati zbir svih brojeva na parnoj poziciji
3. Odrediti rezultat za 2 po modulu 10 (ostatak nakon dijeljenja sa 10).
4. Rezultat iz 3 oduzeti od 10

Primjer: "40420112101X" gdje je X broj za provjeru ispravnosti koda. X se računa na sljedeći način:

1. Zbir svih brojeva na neparnoj poziciji je $(4 + 4 + 0 + 1 + 1 + 1 = 11)$, množenje prethodnog sa 3 daje $(11 \times 3 = 33)$,
2. Na broj iz 1 dodati zbir svih brojeva na parnoj poziciji $(33 + (0 + 2 + 1 + 2 + 0) = 38)$,
3. Odrediti rezultat za 2 po modulu 10 ($33 \bmod 10 = 3$),

194 8. Razmjena podataka u distribuiranom vođenju procesa

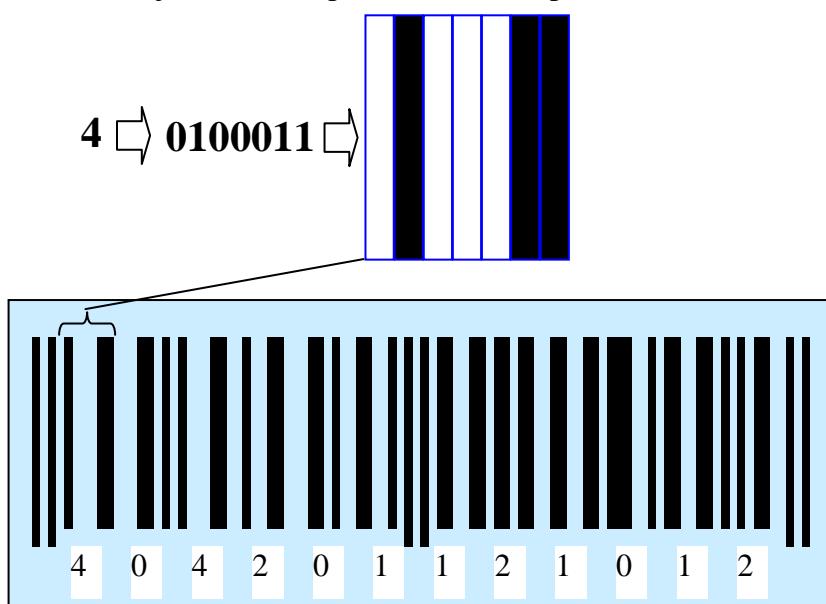
4. Oduzeti broj iz 3 od broja 10 ($10 - 3 = 7$).

Broj za detekciju greške treba biti $X=7$.

Za čitanje brojeva kodovanih na prethodno opisani način koriste se bar kod senzori (skeneri, čitači). Osnovne komponente su izvor fiksnog osvjetljenja odgovarajućeg spektralnog sastava i foto senzora koji detektuje odbijenu svjetlost.

Za korišćenje ovak senzora je vrlo je važan način povezivanja sa računarom. Stariji tipovi uglavnom koriste RS-232 interfejs. Druga vrsta senzora koristi standardnu konekciju za tastaturu računara. Treći tip senzora koristi *USB* interfejs.

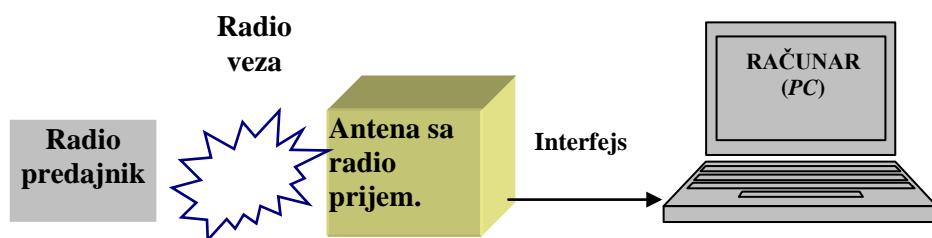
Prve upotrebe barkodova su bile za označavanje željezničkih vagona, ali nisu bili komercijalno uspješni dok nisu ušli u upotrebu za automatizovanje sistema naplatnih kasa u supermarketima, zadatku u kome



S1.8.21

su postali gotovo univerzalni. Njihova upotreba se proširila na mnoge druge oblasti (industrija, medicina, ...).

Senzori sa radio frekventnom identifikacijom (*Eng. radio frequency identification - RFID*) imaju vrlo sličan osnovni princip rada prethodno opisanim. Suštinska razlika je što je *UPC* etiketa zamjenjena radio frekvenčijskim predajnikom, a čitač je radio frekvenčijski prijemnik, kao što je prikazano na Sl.8.22.



Sl.8.22.