

Profibus i Profinet komunikacija u automatiziranim postrojenjima

Višković, Alen

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Istrian University of applied sciences / Istarsko veleučilište - Università Istriana di scienze applicate**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:212:811433>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Digital repository of Istrian University of applied sciences](#)



image not found or type unknown



Istarsko veleučilište
Università Istriana
di scienze applicate

Alen Višković

PROFIBUS I PROFINET KOMUNIKACIJA U AUTOMATIZIRANIM POSTROJENJIMA

Završni rad

Pula, 2021.



Istarsko veleučilište
Università Istriana
di scienze applicate

Alen Višković

**PROFIBUS I PROFINET KOMUNIKACIJA
U AUTOMATIZIRANIM POSTROJENJIMA**

Završni rad

JMBAG: 0233008404, izvanredan student

Studijski smjer: Preddiplomski stručni studij mehatronike

Predmet: Komunikacijske tehnike u mehatronici

Mentor: Sanja Grbac Babić, mag. računarstva, viši predavač

Pula, 2021.

IZJAVA O SAMOSTALNOSTI IZRADE ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da sam završni rad na temu „Profibus i Profinet komunikacija u automatiziranim postrojenjima“ samostalno izradio uz pomoć mentorice Sanje Grbac Babić, mag. računarstva, viši predavač, koristeći navedenu stručnu literaturu i znanje stečeno tijekom studiranja. Završni rad je pisan u duhu hrvatskog jezika.

Student: Alen Višković

Potpis: _____



SAŽETAK

PROFIBUS i PROFINET otvoreni su i nezavisni industrijski komunikacijski sustavi koji se koriste u području upravljanja diskretnim i kontinuiranim procesima. Poznavanje OSI modela ključno je za razumijevanje elektroničke komunikacije, iz tog razloga OSI model opisan je u prvom poglavlju.

U posljednjem poglavlju prikazan je praktičan primjer postavljanja komunikacije, a koji je osnova mnogo složenijim problemima komunikacije, kao što su sigurnosni komunikacijski protokoli, komunikacija u stvarnom vremenu, povezivanje više sustava u jedan i sl.

Fieldbus tehnologija pokretačka je snaga u automatizaciji procesa koja je omogućila prelazak iz centraliziranog u decentralizirani sustav automatizacije.

KLJUČNE RIJEČI

Komunikacija, PROFIBUS, PROFINET, OSI model, Fieldbus

ABSTRACT

PROFIBUS and PROFINET are open and independent industrial communication systems used in the field of discrete and continuous process management. Understanding the OSI model is crucial for understanding electronic communication. Hence, the OSI model is described in the first chapter.

The last chapter shows a practical example of a communication setup, which is the basis of much more complex communication problems, such as security communication protocols, real-time communication, combining multiple systems into one, etc. Fieldbus technology is the driving force in process automation that has enabled the transition from a centralized to a decentralized automation system.

KEYWORDS

Communication, PROFIBUS, PROFINET, OSI model, Fieldbus



SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. OSI MODEL	2
2.1. Opis OSI slojeva	4
3. PROFIBUS	8
3.1 PROFIBUS protokoli.....	9
3.2 Tehnička struktura PROFIBUS DP mreže	11
3.3. Primjeri iz prakse PROFIBUS DP mreže	13
4. PROFINET	17
4.1 PROFINET protokoli	17
4.2. Tehnička struktura PROFINET mreže	19
4.3. Primjeri iz prakse PROFINET IO mreže	20
5. KOMUNIKACIJA IZMEĐU PLC-a I SINAMICS S120	23
5.1 Konfiguriranje komunikacije Siemens pretvarača (VFD ili Drive).....	25
5.2 Pokretanje motora	31
6. ZAKLJUČAK	34
LITERATURA	35
POPIS SLIKA I TABLICA	36



POPIS POJMOVA I KRATICA

POJMOVI I KRATICE	DEFINICIJA
Polje (eng. <i>field</i>)	Dio tvornice u kojem su smješteni strojevi, proizvodni dio
Fieldbus	Sabirnica polja. Skup protokola koji se koriste u industrijskoj komunikaciji.
point-to- point komunikacija	Veza između dvije komunikacijske točke tj. dva uređaja
Okvir (eng. <i>frame</i>)	Finalni rezultat inkapsulacije podataka.
Segment	segmentacija paketa je proces dijeljenja podatkovnog paketa na manje jedinice za prijenos preko mreže.
NIC (eng. <i>Network Interface Card</i>)	Mrežni adapter, LAN adapter ili fizičko mrežno sučelje. Hardverska komponenta koja povezuje uređaj s mrežom.
TCP (eng. <i>Transmission Control Protocol</i>)	Osigurava da podaci nisu oštećeni, izgubljeni, duplicirani ili isporučeni van redoslijeda isporuke.
UDP (eng. <i>User Datagram Protocol</i>)	Pruža mehanizam za otkrivanje oštećenih podataka, ali ne rješava probleme poput izgubljeni ili neispravnih podataka.
QoS (eng. <i>Quality-of-Service</i>)	Tehnologija dizajnirana za smanjenje smetnji kao šta su gubitak paketa, podrhtavanje i latencija.
RS 485 konektor	RS485 standard za kabel i konektor koji se koriste u PROFIBAS DP mreži. Fizički sloj PROFIBUS DP mreže.
MPB (eng. <i>Manchester bus Powered</i>)	Tip kabel koji se upotrebljava u PROFIBUS PA mrežama.
FDL (eng. <i>Fieldbus Data Link</i>)	Je standardizirana mogućnost za brzu razmjenu podataka između različitih tipova CPU-a.
I/O (input/output modul)	U industrijskom svijetu odnosi se na bilo koji uređaj koji prenosi podatke na računalo ili s njega, poput PLC-a.
Remote I/O	I/O modul nalazi se na udaljenom mjestu, tj. fizički odvojen od upravljačkog PLC-a.
IM modul (interface modul)	Uređaj za prijenos podataka između I/O modula ili viših razina PLC-a.

POJMOVI I KRATICA	DEFINICIJA
Drive ili VFD (eng. variable frequency drive)	Frekventni regulator ili frekventni pretvarač. Uređaj za kontrolu brzine vrtnje izmjeničnih i trofaznih motora.
Telegram	Paket podataka koji se šalje kroz mrežu, Koristi se za cikličku razmjenu podataka između PLC-a i VFD-a
EX zone	Područja, prostorije ili zone s potencijalno eksplozivnom atmosferom
PWM (eng. Pulse width modulation)	Tehnika modulacije amplitude analognog signala. Drugim riječima, mogućnost reguliranja frekvencije
TRUE	Predstavlja vrijednost bita 1
FALSE	Predstavlja vrijednost bita 0
HART (eng. Highway Addressable Remote Transducer)	Komunikacijski protokol koji omogućuje povezivanje uređaja u polju i prijenos podataka preko standardne strujne petlje.
Analogna strujna petlja 4-20mA	Uloga analogne strujne petlje je prijenos signala od senzora do instrumenta ili kontrolera.



1. UVOD

Industrijska komunikacija jedna je od ključnih segmenata automatizacije. Koristi se za kontrolu i nadzor strojeva i sustava u proizvodnim procesima, a što omogućuje dodatnu sigurnost te brz i lak pristup bez obzira na mjesto gdje se nalazili. Također, znatno olakšava posao inženjerima koji su zaduženi za nadzor i sigurnost postrojenja. Kako bi se ostvario takav način upravljanja, potrebna je sigurna i kvalitetna komunikacija između uređaja.

PI International (PROFIBUS & PROFINET International) je neprofitna organizacija koja je razvila PROFIBUS i PROFINET otvorene komunikacijske protokole i njihovu primjenu u automatizaciji.

PROFIBUS se, kao koncept, pojavljuje 1980.-tih godina. Prvi ga promovira Njemački odjel za obrazovanje i istraživanje, a zatim ga koristi Siemens. Ideja je zamijeniti *point-to-point* komunikacijske veze između izoliranih uređaja i kontrolera (PLC-a) zajedničkom sabirnicom. Od svoje početne verzije, 1989. godine, PROFIBUS se brzo razvio u vodeći svjetski *fieldbus* sustav za automatizaciju.

PROFINET ili industrijski Ethernet predstavljen je 2003. godine. Razvijen je kako bi pokrio sva ograničenja PROFIBUS-a, a posebno ona kada su u pitanju brzina prijenosa podataka i dozvoljen broj uređaja na mreži. PROFINET je u potpunosti baziran na Ethernet tehnologiji, a što pruža idealno okruženje za zajednički rad različitih sustava na svim razinama postrojenja.

Cilj ovog završnog rada je teorijski objasniti i praktično prikazati način na koji uređaji međusobno komuniciraju te naglasiti važnost komunikacije u automatiziranim postrojenjima.

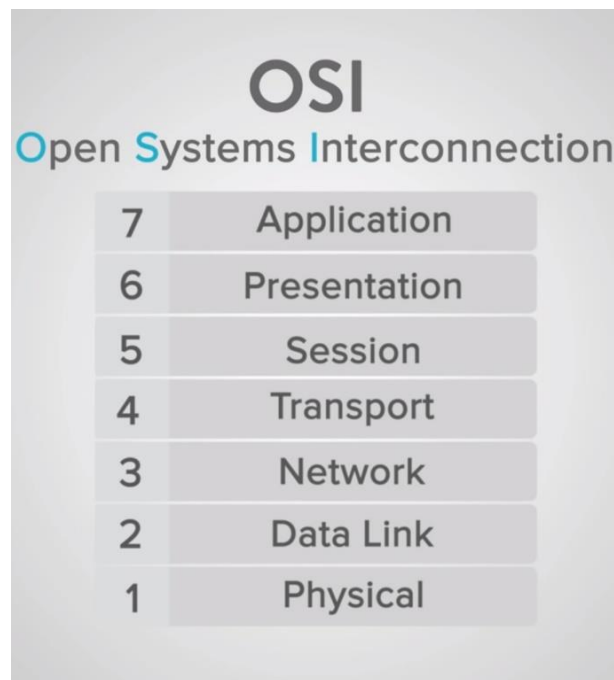
Završni rad sastoji se od 5 poglavlja:

1. Uvod,
2. OSI model,
3. PROFIBUS,
4. PROFINET i
5. Komunikacija između PLC-a i frekventnog regulatora (pokretanje motora pomoću bitova).

2. OSI MODEL

„Puno ime modela ISO/OSI glasi eng. *International Standards Organization/Open Systems Interconnection*, iz razloga što povezuje sisteme otvorene za komunikaciju s drugim sistemima.“ [1]

OSI model opisuje kako se informacije i podaci prenose putem fizičkog medija iz jednog sustava u drugi. Slika 1. prikazuje OSI (engl. *layers*) slojeve.



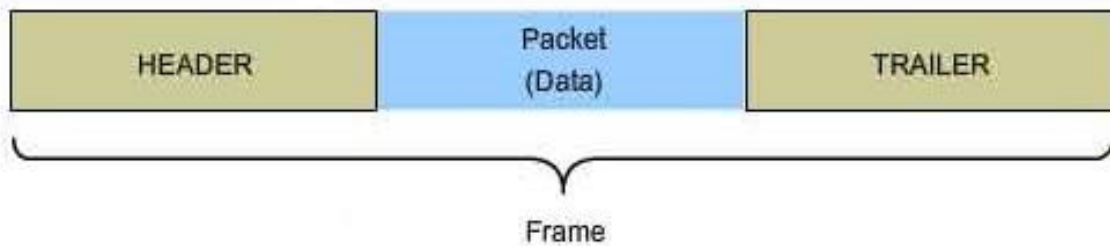
Slika 1. OSI (engl. *layers*) slojevi
(izvor:

www.youtube.com/watch?v=Ilk7UXzV_Qc&list=PLIn3BHg93SQ9BLnQy091oU6pGcMWdY0PX&index=13&ab_channel=RealPars, 5.1.2021.)

„Kao što je vidljivo iz slike, model OSI sastoji se od sedam slojeva, a komunikacija između slojeva odvija se putem mrežnog sučelja. Svaki sloj se bazira na sloju ispod njega, a kako bi paket bio u potpunosti isporučen, unutar svakog od sustava, svaki sloj mora obaviti svoju funkciju.“ [1]

Jedinica u kojem određeni sloj obrađuje podatke naziva se PDU (eng. *Protocol Data Unit*) ili protokolarna podatkovna jedinica. Svaki sloj OSI modela obrađuje podatke na način koji se razlikuje od obrade podataka u ostalim slojevima.

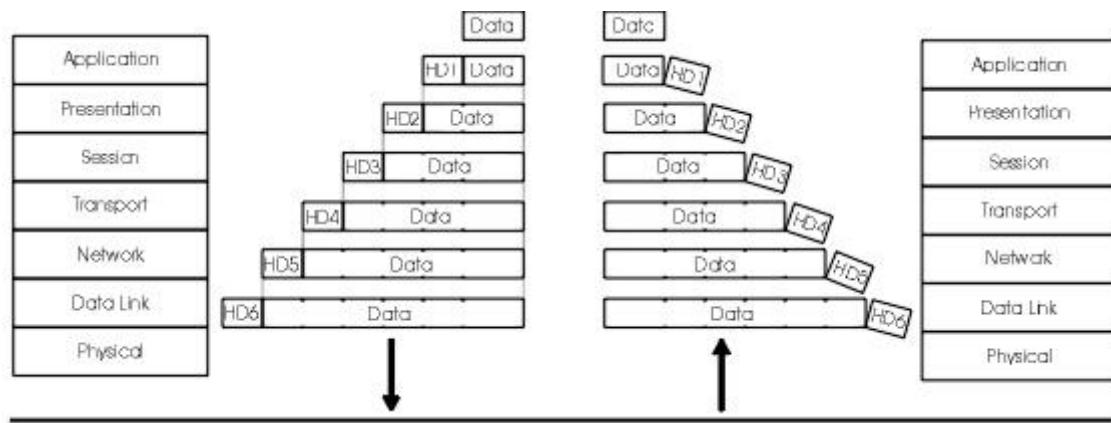
Neki od njih dodaju specifične informacije tj. protokole na podatke koji se šalju. Navedeni protokoli mogu biti u obliku zaglavlja (eng. *header*), najava (eng. *trailer*) ili oboje. Kao što je prikazano na slici 2., informacije u obliku zaglavlja dodaju se na početku PDU-a, dok se informacije u obliku najava dodaju na kraju PDU-a.



Slika 2. Prikaz podataka sa zaglavljem i najavom
 (izvor: http://www.highteck.net/EN/DataLink/Data_Link_Layer.html, 15.7.2021.)

Header ili trailer sadrže informacije korisne u kontroli komunikacije između dva uređaja. Protok podataka iz aplikacijskog u fizički sloj naziva se inkapsulacija. To je zato što se podacima dodaju zaglavlja i najave u raznim slojevima, što im daje izgled kapsule. Protok podataka u suprotnom smjeru, od fizičkog sloja do aplikacijskog sloja, naziva se dekapsulacija, jer uključuje uklanjanje zaglavlja i najave, tako da se podaci vraćaju u izvorni oblik do aplikacijskog sloja

Slika.3 prikazuje postupak prijenosa podataka od izvora do odredišta.



Slika 3. Postupak inkapsulacije i dekapsulacije
 (izvor: <http://lrgnetworks.com/net+/net+02/net+02b.htm>, 22.07.2021)

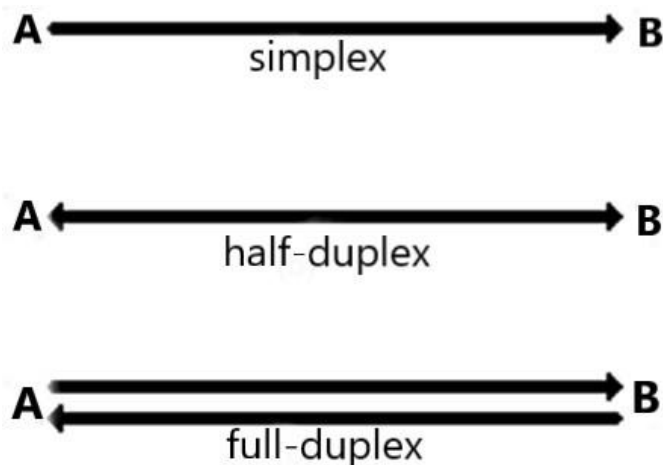
Kako šta je prikazano na slici 4. u osnovi postoje tri načina komunikacije u svim komunikacijskim sustavima;

- simplex,
- half-duplex i
- full-duplex.

Simplex komunikacija uključuje prijenos podataka u jednom smjeru. Tipičan primjer je slušanje radio postaje. Podaci putuju iz antene predajnika radio postaje u radio uređaj, ali radio uređaj ne može slati podatke predajniku radio postaje.

U half-duplex komunikaciji dvije strane dijele isti komunikacijski kanal za slanje i primanje podataka. Kada uređaj A šalje podatke do uređaja B, uređaj B ne može istovremeno slati podatke na A, već mora pričekati dok A ne završi. Dakle, podaci putuju u jednom smjer. Primjer ovog načina komunikacije vidi se u voki-tokiju (eng. *Walkie Talkie*) ili dvosmjernim radio prijemnicima. Samo jedan korisnik može slati podatke, dok drugi korisnik može slati podatke tek kad kanal postane slobodan.

Full-duplex komunikacija koristi dva odvojena kanala za prijenos i prijem na svakom kraju. To znači da podaci mogu istodobno putovati u oba smjera. Telefon je primjer full-duplex komunikacije gdje glasovni signali istodobno putuju u oba smjera.



Slika 4. Tri načina komunikacije: Simplex, half-duplex, full-duplex
(izvor: autor)

2.1. Opis OSI slojeva

Sedam OSI slojeva su:

- Sloj 1: fizički sloj (eng. *Physical layer*),
- Sloj 2: podatkovni sloj (eng. *Data link*),
- Sloj 3: mreža (eng. *Network*),
- Sloj 4: prijenosni sloj (eng. *Transport*),
- Sloj 5: sloj sesije (eng. *Session*); sesija: sjednica, zasjedanje, saziv...,
- Sloj 6: prezentacijski sloj (eng. *Presentation*) i
- Sloj 7: aplikacijski sloj (eng. *Application*).

Sloj 1 je fizički sloj koji definira način prijenosa između dva mrežna uređaja, bilo da je u pitanju full-duplex, half-duplex ili simplex način. Fizički sloj obrađuje podatke kao neobrađene bitove. To znači da je PDU za fizički sloj bit. Ovaj sloj predstavlja fizički medij koji prenosi podatke između dva čvora. Primjer je Ethernet kabel ili serijski kabel. Bežični prijenos podataka nema fizički opipljiv medij za prijenos, a također se smatra protokolom fizičkog sloja. Najjednostavnije, fizički sloj je sve što prenosi jedinice (1) i nule (0) između dva čvora. Stvarni tip podataka može se razlikovati ovisno o mediju. U slučaju Etherneta bitovi se prenose u obliku električnih impulsa, kod optike u obliku svjetlosnih impulsa, a kod bežičnih sustava u obliku radio valova.

Sloj 2 je podatkovni sloj koji je odgovoran za povezivanje s fizičkim slojem, tj. za postavljanje 1 i 0 na prijenosni medij i izvlačenje 1 i 0 iz prijenosnog medija. Tu funkciju obavlja mrežna kartica NIC (eng. *Network Interface Card*). Bežična mrežna kartica radi na isti način, primajući i odašiljajući radio valove koji se zatim tumače kao niz 1 i 0. PDU podatkovnog sloja je okvir (eng. *frame*), što znači da podatkovni sloj obrađuje podatke kao okvire. Ti se okviri mogu kretati od nekoliko stotina bajtova do nekoliko tisuća bajtova. Na podatkovnom sloju postoji sustav adresiranja poznat kao MAC adresa (eng. *Media Access Control*). Proizvođač je svaku mrežnu karticu unaprijed konfigurirao s MAC adresom pa se ponekad naziva i BIA (eng. *Burned In Address*).

Sloj 3 je mreža. PDU mrežnog sloja OSI modela je paket. Mrežni sloj odgovoran je za isporuku i usmjeravanje paketa od izvora do odredišta. Usmjeravanje je postupak odabira najboljeg puta za podatke i slanje podataka duž tog puta. To čini pomoću adresiranja koje logički može identificirati svaki čvor povezan s Internetom. Ovaj tip protokola naziva se IP protokol (eng. *Internet Protocol*). IP adresa smatra se logičkom jer nije trajna identifikacija hardvera, a za razliku od MAC adrese koja se smatra fizičkom adresom hardvera. Potrebna je još jedna opcija adresiranja na sloju 3 poput IP adrese jer oba tipa adresiranja ostvaruju različite funkcije: sloj 2 koristi MAC adrese i odgovoran je za isporuku paketa između dva mrežna segmenta, a sloj 3 koristi IP adrese i odgovoran je za isporuku paketa od izvora do odredišta.

Sloj 4 je prijenosni sloj. PDU za transportni sloj je segment. Transportni sloj pruža potporu sloju sesije u smislu pružanja mehanizama za razlikovanje podataka. Na primjer, u bilo kojem trenutku na korisnikovu računalu može biti otvoren internetski preglednik dok je pokrenut film ili aplikacija za razmjenu poruka, tzv. chat. Svaka od

ovih aplikacija šalje i prima podatke s Interneta, a svi ti podaci stižu u obliku 1 i 0 na mrežnu karticu računala te mora postojati „nešto“ da bi se moglo razlučiti koje 1 i 0 pripadaju pregledniku, pokrenutom filmu ili aplikaciji za razmjenu poruka. Sloj 4 to postiže pomoću sheme adresiranja poznate kao broj portova (eng. *Port Numbers*). Konkretno, postoje dvije metode razlikovanja mrežnih tokova:

- TCP (eng. *Transmission Control Protocol*) i
- UDP (eng. *User Datagram Protocol*).

Sloj 5 je sloj sesije koji nema vlastiti PDU. Obraduje podatke u obliku u kojem ulaze u sloj, bez podjele ili spajanja. Njegova je osnovna svrha pružiti sposobnost prezentacijskim entitetima da organiziraju komunikaciju za više osoba u isto vrijeme. Glavne funkcije sloja sesije su:

- inicijacija i prekidanje sesije i
- upravljanje žetonom.

Žeton (eng. *token*) je licenca za prijenos podataka ili usluga. Ova metoda autentifikacije najlakše je objašnjiva, tj. može se poistovjetiti sa komunikacijom u koju je uključeno više osoba, ali pravo na govor ima samo ona osoba koja drži žeton, tj. odobrenje za govor.

Sloj 6 je prezentacijski sloj koji, također poput sloja sesije, nema vlastiti PDU. Prezentacijski sloj odgovoran je za način prezentacije podataka. Ovaj se sloj prvenstveno bavi jezikom i oblikovanjem informacija koji se prenosi između dva mrežna uređaja. To je tzv. „mrežni „prevoditelj“. Drugo ime mu je i sloj sintakse. Prezentacijski sloj dio je operacijskog sustava. Na početku komunikacije prezentacijski sloj pregovara o obliku podataka koji će se prenijeti s jednog uređaja na drugi tj. o prijenosnoj sintaksi. Nakon ovog pregovora prezentacijski sloj može pružiti dodatne usluge kao što su kompresija, šifriranje i prijevod. Kompresija, prezentacije komprimira, tj. sažima podatke prije njihovog prijenosa tj. smanjuje broj bitova. Ovaj postupak je bitan, posebno u prijenosu video i audio datoteka. Šifriranje je postupak koji uključuje pretvorbu informacija radi osiguranja privatnosti podataka. Prezentacijski sloj također djeluje kao prevoditelj između aplikacije i mreže.

Sloj 7 je aplikacijski sloj koji pruža mrežne usluge krajnjim korisnicima, tj. omogućuje korisnicima daljinski pristup datotekama, njihovo preuzimanje i upravljanje. Aplikacijski sloj također definira prihvatljive QoS parametre (eng. *Quality-of-Service*)

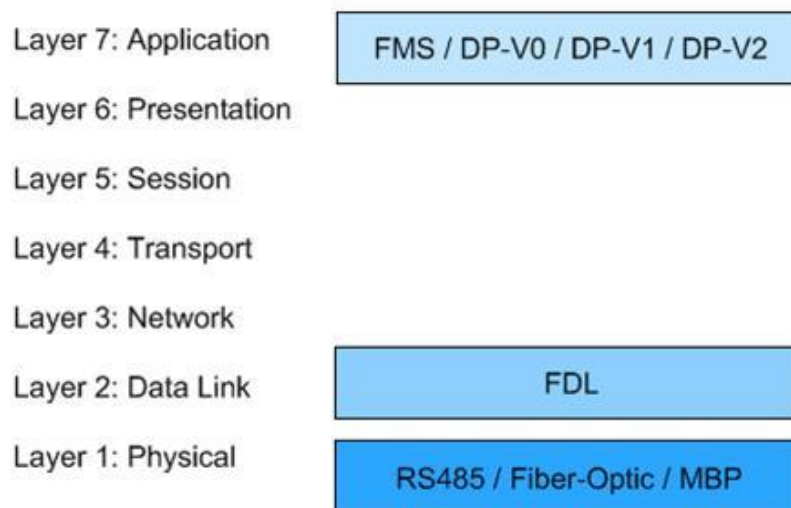
za svaku usluga. Na primjer, prijenos glasovnih podataka zahtijeva različit QoS parametar u odnosu na prijenos e-pošte. Također, o njemu ovisi izbor sigurnosnih aspekata koji će se koristiti, kao što su provjera autentičnosti i kontrola pristupa. Općenito, glavne funkcije aplikacijskog sloja su:

- identifikacija usluga koje se pružaju korisniku,
- definiranje QoS parametara koje zahtjeva aplikacija,
- definiranje sigurnosnih mehanizama koji će se koristiti, kao što su kontrola pristupa i ovjera i
- sinkronizacija komunikacijskih aplikacija.

3. PROFIBUS

PROFIBUS (eng. *PROcess Field BUS*) ili sabirnica polja je dvosmjerna komunikacijska veza. Predstavlja half-duplex vezu između kontrolera i uređaja u polju, a što je ključ uspjeha PROFIBUS-a. Kontroler, osim što šalje informacije uređajima u polju, od istih može primiti informacije i upozorenja. Kontroler ili master uređaj i slave uređaji ili uređaji u polju biti će detaljnije objašnjeni dalje u radu. Ovaj tip digitalne komunikacija upozorava korisnika kada se dogodi ključni događaj te na taj način osigurava potrebne podatke za održavanje procesa operativnim.

„PROFIBUS je zasnovan na OSI referentnom modelu i koristi slojeve 1, 2 i 7, kao što je prikazano na slici 5.“ [3]



Slika 5. PROFIBUS OSI model
(izvor: <https://techstep.com.au/technologies/profibus/>, 22.7.2021.)

„Fizički sloj (1) definira fizički prijenos koji je ostvaren klasičnim kabelom (RS-485 i MPB) te optičkim ili bežičnim prijenosom.

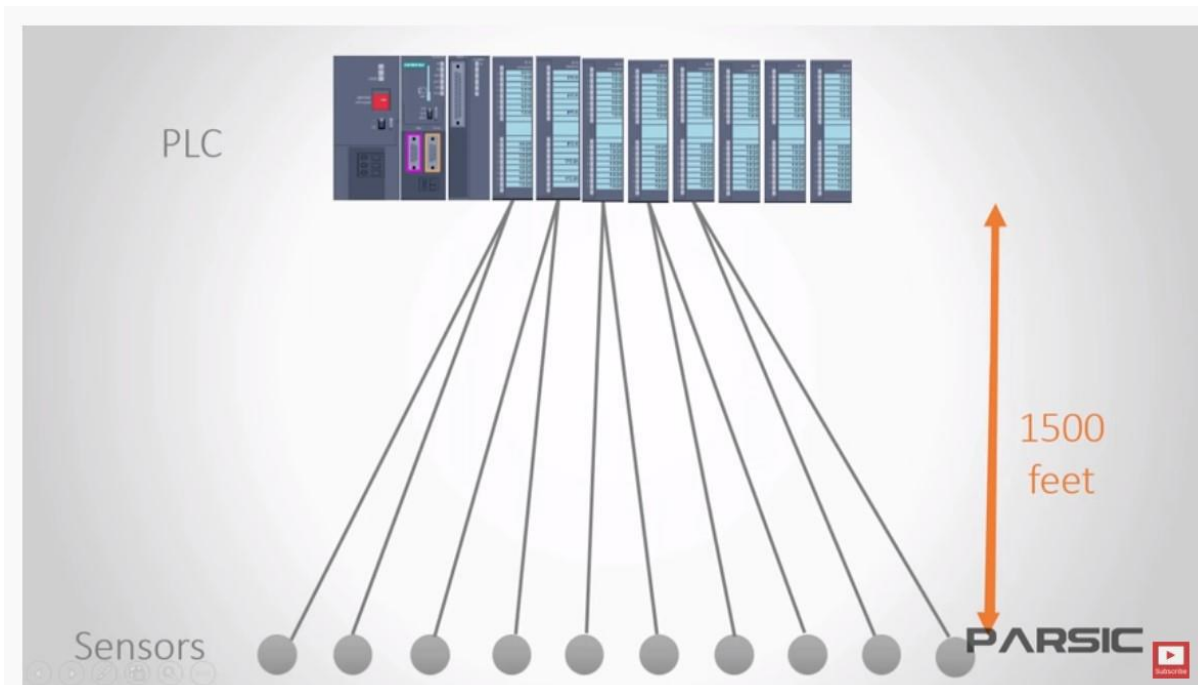
Podatkovni sloj (2) definira način pristupa sabirnici i sigurnost prijenosa podataka. Pristup sabirnici ostvaren je *master-slave* i *token passing* metodom unutar FDL (eng. *Fieldbus Data Link*) protokola.

Aplikacijski sloj (7) kreira sučelje prema aplikaciji te na taj način predstavlja vezu između aplikacije i komunikacije. Ovaj sloj koristi dvije verzije protokola: FMS i DP.“ [3]

3.1 PROFIBUS protokoli

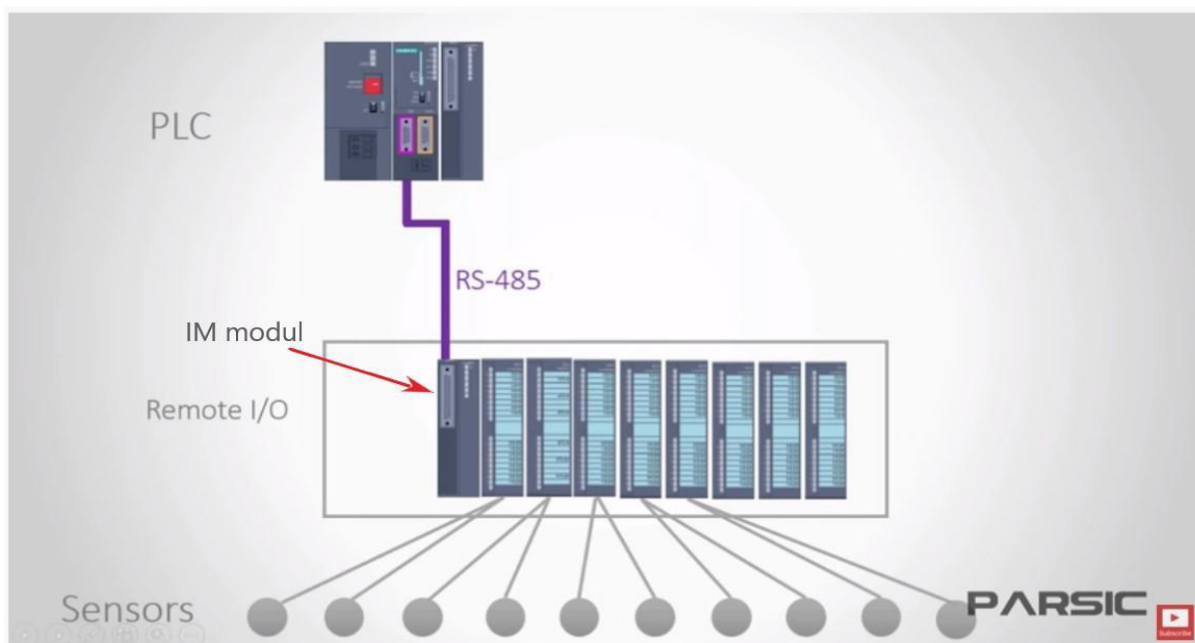
PROFIBUS FMS (eng. *Fieldbus Message Specification*) je prvi PROFIBUS komunikacijski protokol. Profil komunikacije FMS namijenjen je za komunikaciju na razini kontrolera i stanice. Na ovoj razini programibilni kontroleri, PLC-ovi i računala komuniciraju prvenstveno jedni s drugima. U ovom području komunikacije visok stupanj funkcionalnosti važniji je od brzine razmjene podataka.

PROFIBUS DP (eng. *Decentralized Periphery*) je decentralizirana periferija. Slika 6. prikazuje senzore i aktuatora koji se nalaze u proizvodnom dijelu tvornice, dok se PLC nalazi u kontrolnoj sobi. U takvom slučaju povlačenje žica s polja u kontrolnu sobu može znatno povećati troškove i otežati rješavanje problema u sustavu.



Slika 6. Instalacija bez PROFIBUS DP mreže
(izvor: https://www.youtube.com/watch?v=zJDsEqCyTqc&ab_channel=RealPars, 2.1.2021.)

Slika 7. prikazuje instalaciju sa PROFIBUS DP mrežom.



Slika 7. Instalacija sa PROFIBUS DP mrežom

(izvor: https://www.youtube.com/watch?v=zJDsEqCyTqc&ab_channel=RealPars, 2.1.2021.)

Rješenje za jednostavniju izvedbu ovog slučaja je premještanje svih I/O modula u područje polja i dodavanje IM modula. Time se dobiva *Remote I/O* modul.

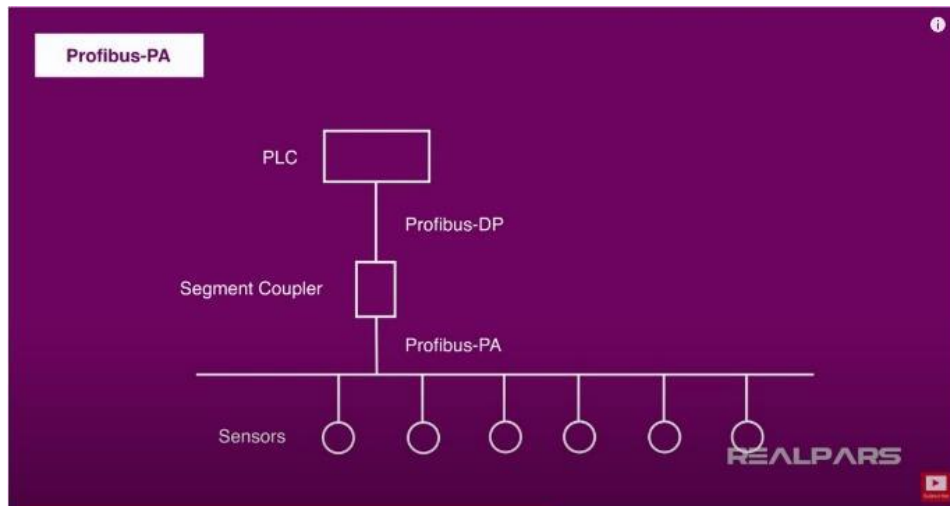
Sljedeći korak je spajanje komunikacijskog priključka iz CPU-a upravljačke sobe na Remote I/O modul radi uspostavljanja međusobne komunikacije. Na ovaj način potreban je samo jedan kabel za komunikaciju između uređaja, a što znatno smanjuje troškove ožičenja i složenost sustava. Ovom izvedbom izvršena je decentralizacija sustava pomoću PROFIBUS-a.

U svim aplikacijama koje koriste neki od PROFIBUS sustava, PROFIBUS DP zauzima značajnu ulogu, tako da će u sljedećem poglavlju biti prikazan detaljniji tehnički opis i karakteristike PROFIBUS DP mreže.

PROFIBUS PA inačica je PROFIBUS DP-a koja je posebno dizajnirana za poboljšanje i zamjenu konvencionalnih sustava kao što su 4-20 mA i HART u automatiziranim procesima. Za razliku od PROFIBUS DP-a, podaci i napajanje se prenose preko dvije iste žice i može se koristiti u sigurnosnim aplikacijama (*EX zone*).

„Uređaji su naime posebno dizajnirani za rad u područjima gdje postoje veliki rizici od eksplozije koji mogu biti uzrokovani uslijed iskrenja ili zagrijavanja samog uređaja“. [3]

Slika 8. prikazuje PROFIBUS PA. PROFIBUS PA povezan je spojnicom (eng. *coupler*) s PROFIBUS DP-om. Spojnica prevodi telegrame koji dolaze od master uređaja u PA telegram te podatke i napajanje na istim dvjema žicama prosljeđuje uređajima u polju.



Slika 8. PROFIBUS PA

(izvor: https://www.youtube.com/watch?v=OZPLOMj_M6U&ab_channel=RealPars, 4.1.2021.)

„U PROFIBUS PA mreži uređaji se mogu spajati i odspajati sa mreže bez utjecaja na rad ostalih uređaja. Pri tome treba voditi računa da ne dođe do kratkog spoja linije jer će u tom slučaju svi uređaji ostati bez napajanja.“ [3]

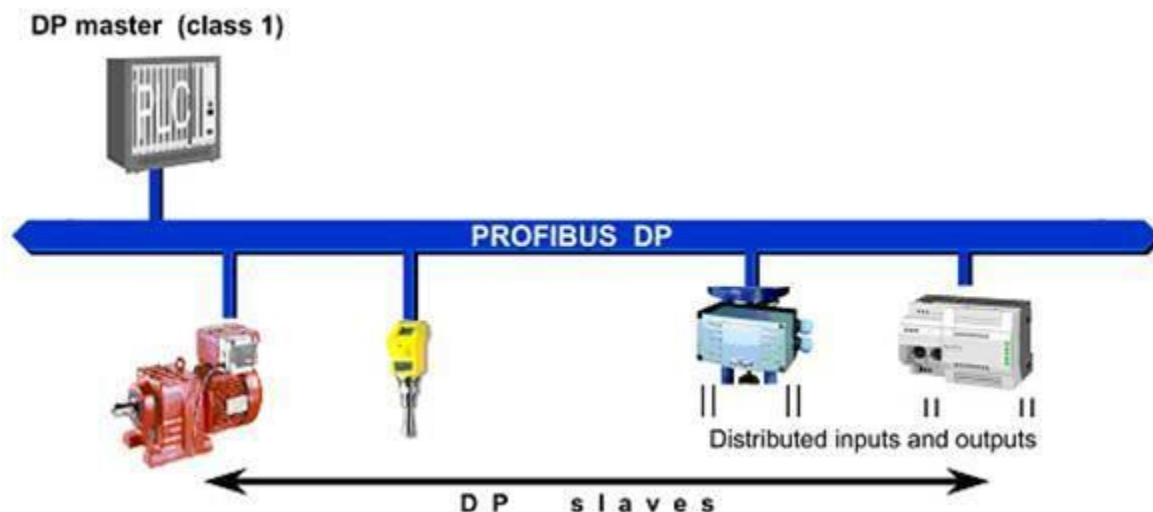
3.2 Tehnička struktura PROFIBUS DP mreže

„PROFIBUS podržava dvije vrste uređaja:

- nadređene (eng. *master*) i
- podređene (eng. *slave*).

Master uređaji upravljaju sabirnicom te šalju poruke uređajima na sabirnici pa ih nazivamo aktivnim stanicama. *Slave* uređaji su obično periferni uređaji, npr. senzori i aktuatori koji mogu samo potvrditi prijem poruke ili poslati poruku *masteru* na njegov zahtjev. *Slave* uređaje obično nazivamo pasivnim stanicama.“ [3]

Slika 9. prikazuje *master-slave* komunikaciju.



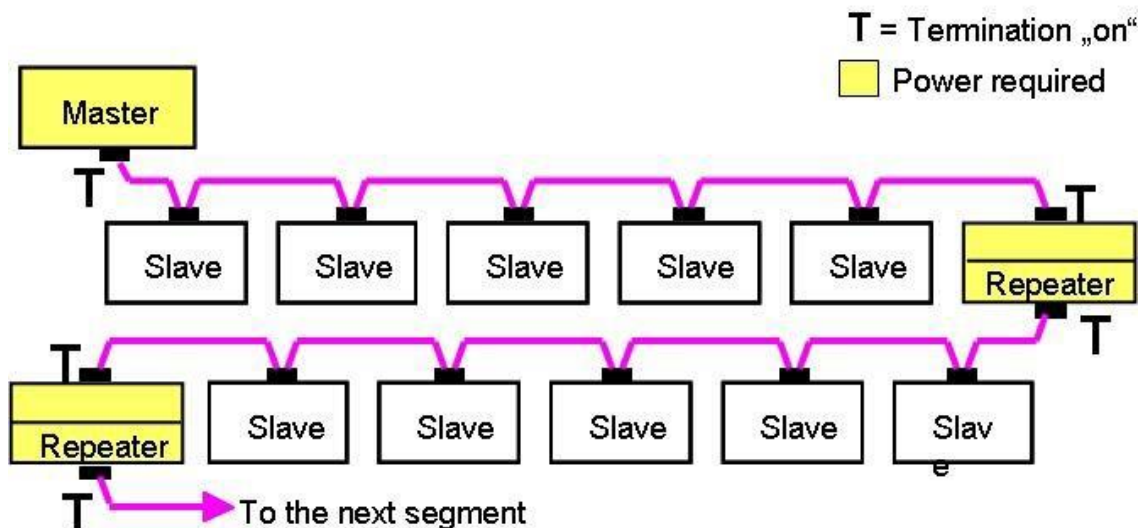
Slika 9. Master-slave komunikacija

(izvor: https://www.ob121.com/doku.php?id=hu:comm:bus_profibus, 2.1.2021.)

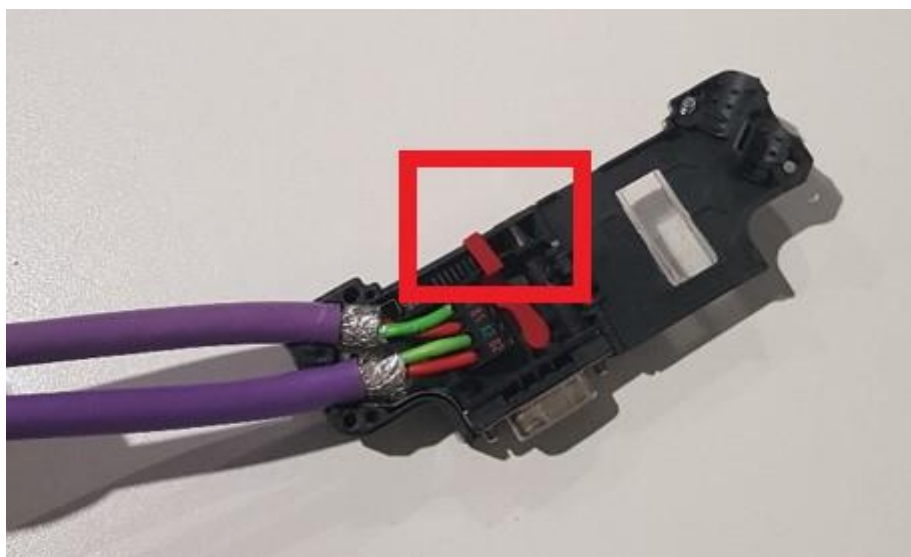
PROFIBUS DP većinom koristi RS 485 standarde za serijsku komunikaciju, a brzina prijenosa ovisi o duljini i tipu kabela (9,6 Kbit/s do 12 Mbit/s). Najveći broj čvorova po sabirnici je 32, i to bez repetitora.

Svaki uređaj na sabirnici mora imati svoju jedinstvenu adresu. PROFIBUS protokol podržava adresiranje od „0“ do „127“. Adresa „0“ unaprijed je dodijeljena mreži, dok je adresa „126“ rezervirana kao odredišna adresa za uređaje čija se adresa može podešavati komunikacijom. Adresa „127“ je rezervirana za emitiranje (eng. *broadcast addressing*), tj. kada se telegram šalje svim uređajima. Dakle, adrese koje se u praksi mogu dodijeliti operativnim uređajima jesu od „1“ do „125“.

Maksimalna duljina kabela po segmentu mreže je 1200 m. Najčešća metoda spajanja uređaja na sabirnicu je tzv. „šivanje“ (eng. *Daisy Chain Connection*). Svaki segment mreže mora na krajevima biti zaključan otpornicima. Slika 11. prikazuje mrežni konektor RS485 na kojem je označen prekidač za zaključavanje linije, kako bi se smanjio utjecaj smetnji i refleksije signala. Slika 10. prikazuje mrežne segmente i zaključane linije.



Slika 10. Mrežni segmenti i zaključane linije
 (izvor: https://felser.ch/profibus-manual/maximale_anzahl_stationen.html, 3.1.2021.)

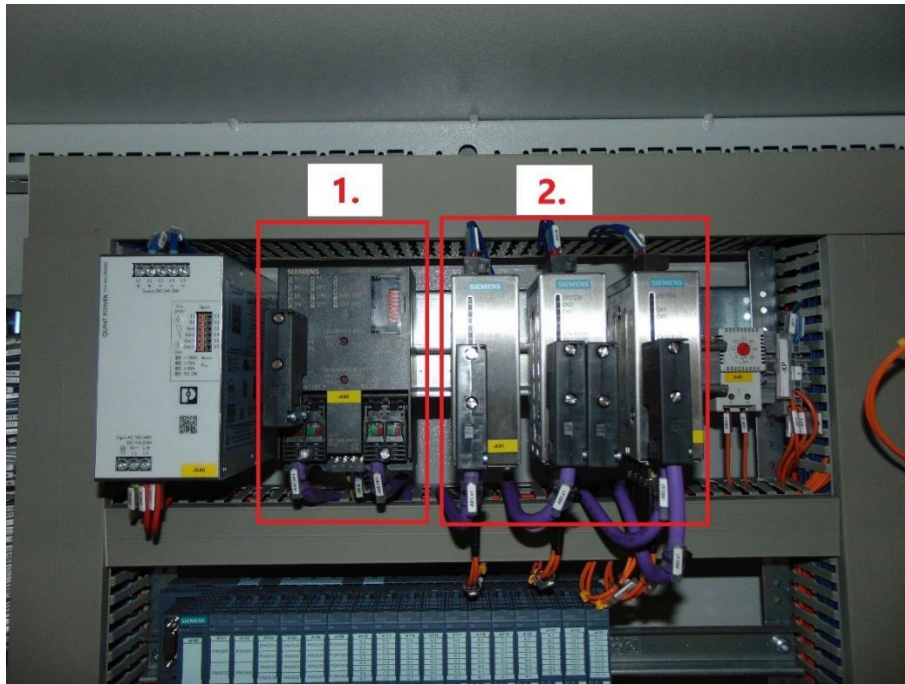


Slika 11. Mrežni konektor RS485 i prekidač za zaključavanje linije
 (izvor: autor 3.1.2021)

3.3. Primjeri iz prakse PROFIBUS DP mreže

Slika 12. prikazuje OLM (eng. *Optical Link Modul*) i dijagnostički repetitor sa sljedećim oznakama:

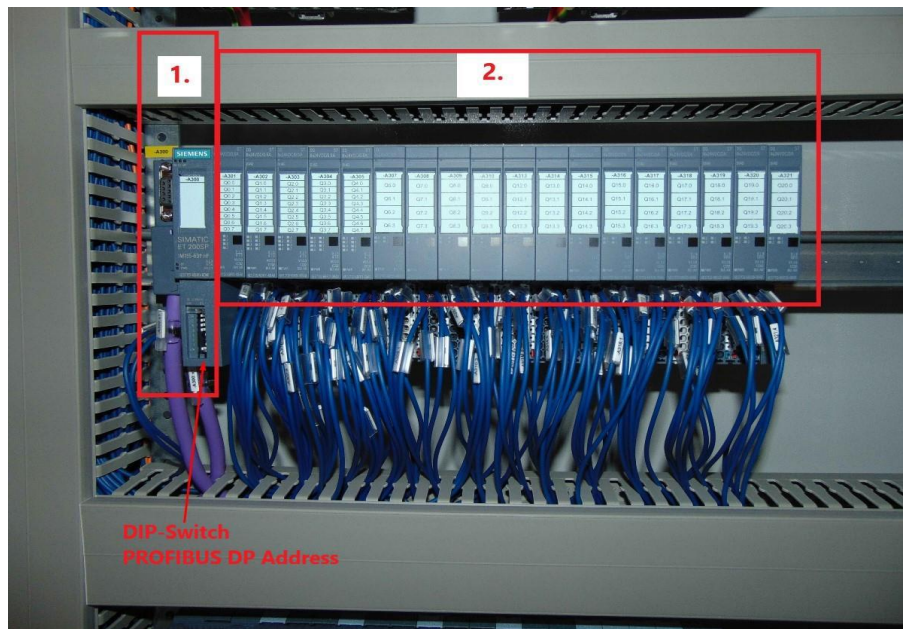
- broj 1 – dijagnostički repetitor s mogućnošću praćenja PROFIBUS mreže tijekom rada koji detektira i javlja kvar i
- broj 2 – OLM adapteri koji omogućuju primjenu svjetlovodnih kabela u PROFIBUS mrežama.



Slika 12. OLM i dijagnostički repetitor
(izvor: autor, 3.1.2021.)

Slika 13. prikazuje *Remote I/O* sa sljedećim oznakama:

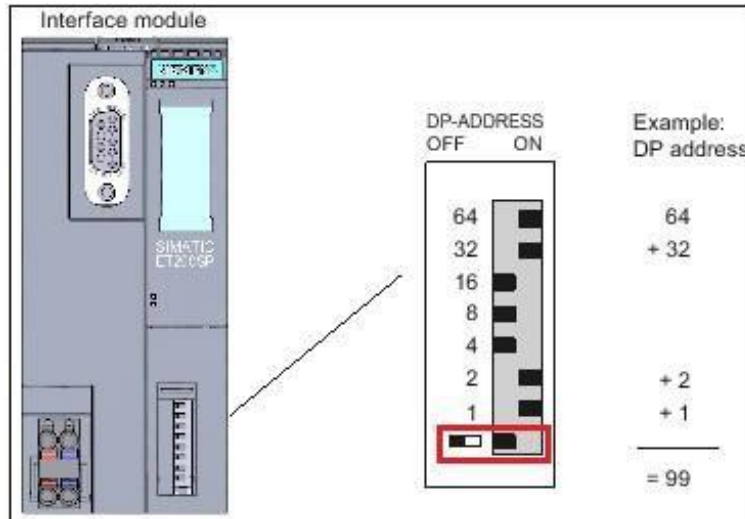
- broj 1 – IM modul, PROFIBUS DP adresa „7“,
- broj 2 – I/O kartice koje predstavljaju *input/output* PLC kartice i
- mikro prekidač za adresiranje *Remote I/O*.



Slika 13. Remote I/O
(izvor: autor, 3.1.2021.)

Adresiranje se vrši tako da se prekidači pomaknu u desno. Na taj način aktivira se pripadajući bit (binarni brojevni sustav). Od 8 DIP prekidača, samo je prvih 7 potrebno za adresiranje. Najniži DIP prekidač nije označen i ne koristi se.

Slika 14. prikazuje DIP prekidač koji mora biti postavljen u položaj "OFF".



Slika 14. Postavljanje PROFIBUS DP adrese

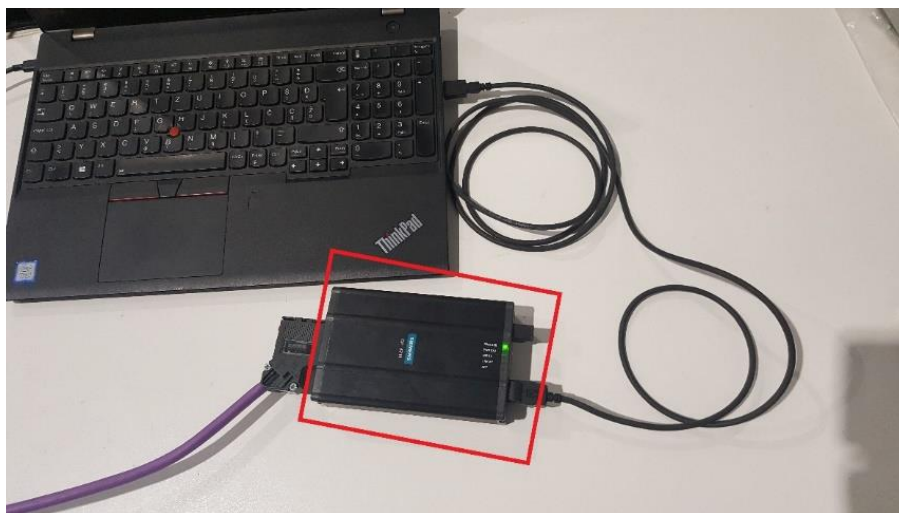
(izvor: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109743874>, 3.1.2021.)

Slika 15. prikazuje spajanje VFD-a u PROFIBUS mrežu šivanjem.



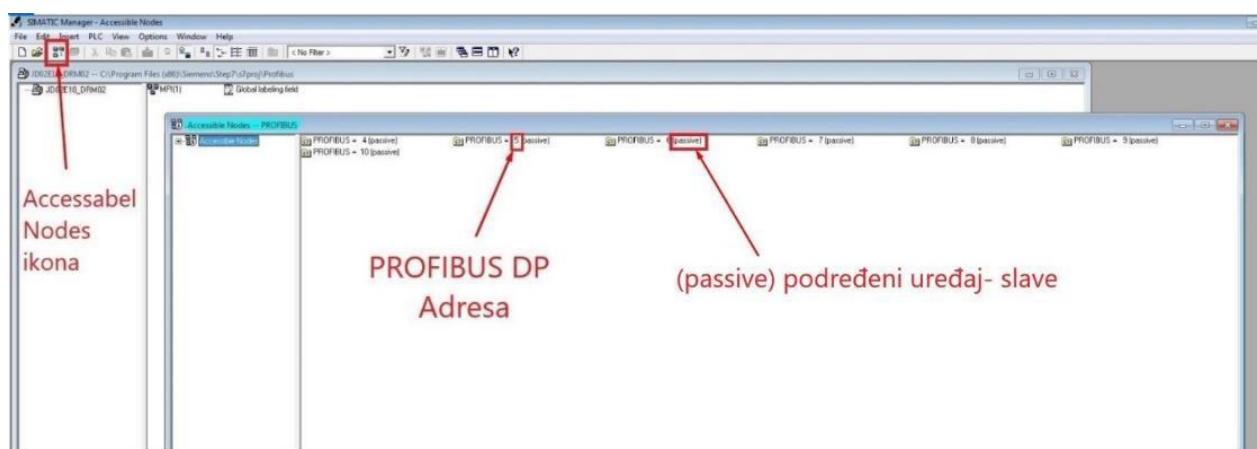
Slika 15. Spajanje VFD-a u PROFIBUS mrežu šivanjem
(izvor: autor, 3.1.2021.)

Slika 16. prikazuje komunikacijski procesor CP 5711.



Slika 16. Komunikacijski procesor CP 5711
(izvor: autor, 3.1.2021.)

CP 5711 je komunikacijski procesor za povezivanje PC-a (osobnih računala) ili PG-a (uređaja za programiranje) na PROFIBUS mreže. Nakon što se računalo poveže na PROFIBUS mrežu, moguće je Siemensovim softverom Step7 pregledati dostupnost mrežnih čvorova, slika 17. i uspostaviti komunikaciju sa svakim operativnim uređajem zasebno.



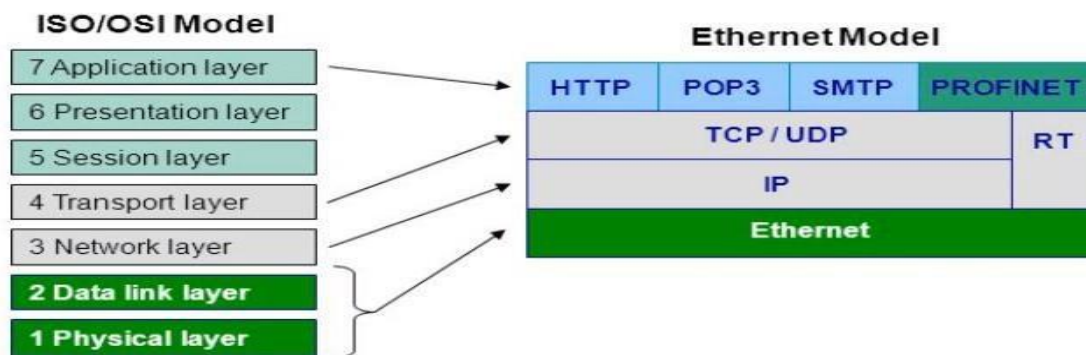
Slika 17. Kontrola komunikacije softverom „Step 7“
(izvor: autor, 3.1.2021.)

4. PROFINET

„PROFINET (eng. *PRO*ces *Field NET*work) je komunikacijski standard za industrijsku komunikaciju temeljen na Ethernet tehnologiji.“ [5]

Ethernet daje PROFINET-u veću propusnost, mogućnost slanja i primanja većih poruka, neograničen adresni prostor, pa čak i više dijagnostičkih mogućnosti. PROFINET je full-duplex sustav, a brzina prijenosa podataka je 100 Mb/s dvosmjernje komunikacije.

Slika 18. prikazuje četiri sloja OSI modela koje koristi PROFINET.



Slika 18. PROFINET i OSI model

(izvor: <https://slideplayer.com/slide/1632864/>, 2.5.2021.)

Neki PROFINET protokoli koriste sva četiri sloja, dok drugi koriste samo Ethernet plus aplikacijski sloj.

Fizički sloj (1) i podatkovni sloj (2) čine najnižu, Ethernet razinu. Mrežni sloj (3) i prijenosni sloj (4) koriste se za konfiguraciju i dijagnostiku. Ti isti slojevi se preskaču za prijenos podataka u stvarnom vremenu, koristeći fizički sloj (1), podatkovni sloj (2) i aplikacijski sloj (7) OSI modela.

4.1 PROFINET protokoli

PROFINET definira dva komunikacijska protokola, a to su:

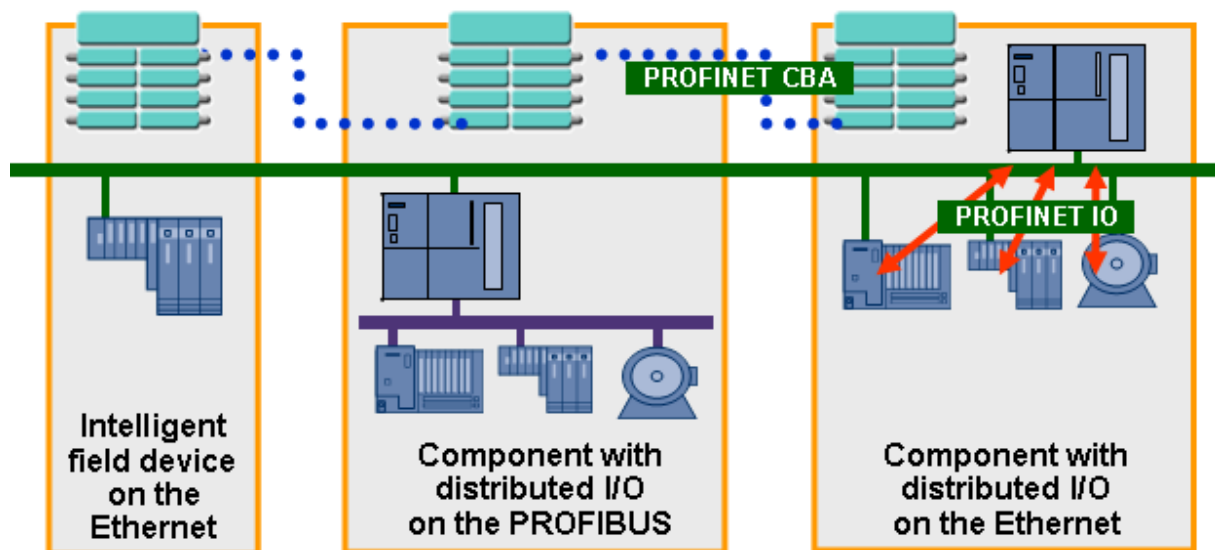
- PROFINET CBA i
- PROFINET IO.

PROFINET CBA (eng. *Component Based Automation*) je automatizacija temeljena na komponentama i sadržava implementaciju modularnih aplikacija i komunikaciju stroj-stroj.

Prema Siemens tehničkom priručniku "CPU-CPU Communication with SIMATIC Controllers", PROFINET CBA sustav promatra se kao sustav koji se sastoji od tehnoloških komponenata. Te komponente djeluju neovisno i koordiniraju svoje aktivnosti kako bi stvorile integrirani sustav.

Modularne integrirane komponente za PROFINET CBA izrađuju se u softverskom alatu koji se može razlikovati ovisno o proizvođaču uređaja. Zatim se PROFINET komponente povezuju sa softverom neovisnim o proizvođaču.

Slika 19. prikazuje PROFINET CBA module.



Slika 19. PROFINET CBA moduli

(izvor: Siemens tehnički priručnik „CPU-CPU Communicaton with SIMATIC Controllers“)

PROFINET IO (eng. *Input-Output*) daljnji je razvoj tehnologije Profibus DP (eng. *Decentralized Peripheral*). PROFINET IO koristi standardni Ethernet hardver i softver za mrežu koja ima zadatak razmjene podataka, alarma i dijagnostike s programibilnim kontrolerima i drugim automatizacijskim uređajima.

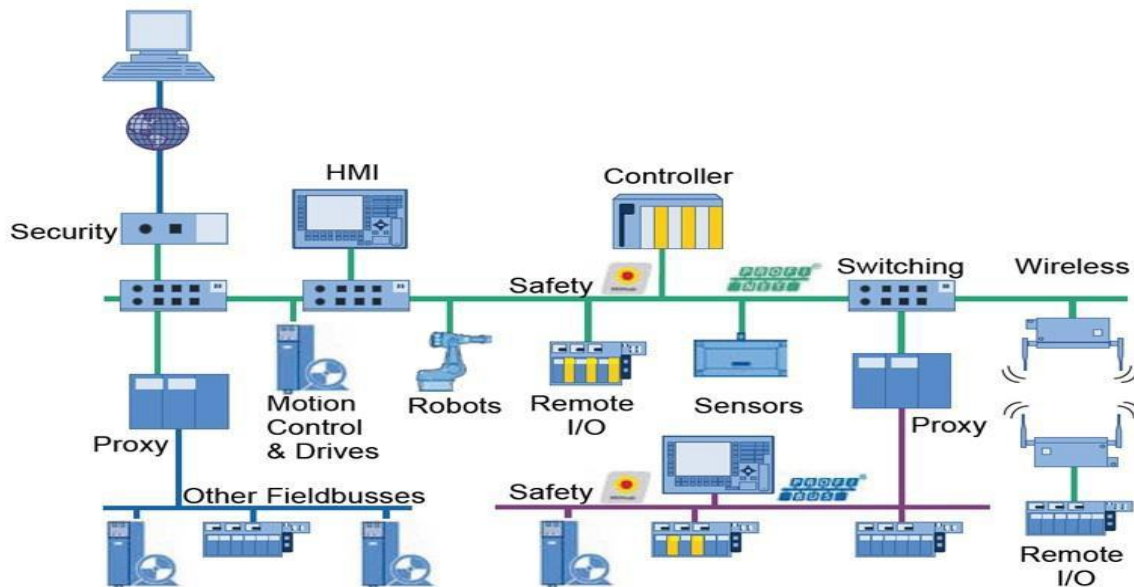
PROFINET IO koristi model razmjene podataka, davatelja i potrošača (eng. *Provider-Consumer*), a ne tzv. *master-slave* model koji se koristi kod PROFIBUS-a. Ovim modelom davatelj šalje svoje podatke bez izravnog zahtjeva potrošača. Sa stajališta komunikacije to znači da svi uređaji na PROFIBUS mreži imaju jednaka prava.

Ovi se uređaji klasificiraju u tri kategorije:

- IO-kontroleri – uređaji koji izvršavaju program automatizacije,
- IO-uređaji – senzori i aktuatori, uređaji povezani s IO-kontrolerom preko Ethernet i

- IO-supervizori – HMI-i, računala ili drugi uređaji za puštanje u rad i nadzor. Detaljnije specifikacije uređaja opisane su u Siemens tehničkom priručniku „Profinet System Description“ .

Slika 20. prikazuje PROFINET IO mrežu.



Slika 20. PROFINET IO mreža

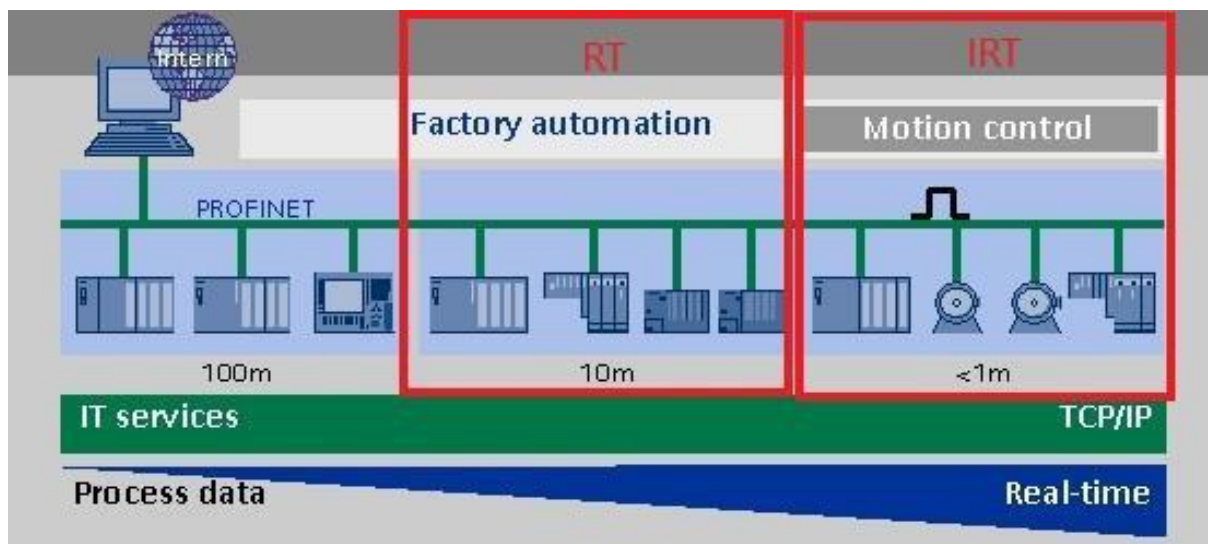
(izvor: https://e2e.ti.com/blogs_/b/industrial_strength/posts/how-to-select-the-right-industrial-ethernet-standard-profinet, 2.5.2021.)

4.2. Tehnička struktura PROFINET mreže

Kako bi način premještanja informacija kod PROFINET-a bio razumljiv, potrebno je poznavati kakve se informacije premještaju, treba li informaciju dostaviti odmah, je li to informacija kritična za sigurnost i je li riječ o maloj ili velikoj količini informacija koja se šalje samo jednom. Ove različite vrste informacija zahtijevaju različite mehanizme prijenosa, a ti mehanizmi nazivaju se komunikacijski kanali.

Slika 21. prikazuje PROFINET komunikacijske kanale:

- Real-Time (RT),
- Non-Real-Time (NRT) ili TCP/IP i
- Isochronous Real-Time (IRT).



Slika 21. PROFINET komunikacijski kanali

(izvor: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/19543523/how-is-it-possible-to-transmit-real-time-messages-at-the-same-time-as-tcp-ip-communication-in-profinet?dti=0&lc=en-WW>, 3.5.2021.)

„TCP/IP koristi se za vremenski nekritične podatke, a komunikacijski ciklusi su reda veličine 100 ms (npr. parametiranje uređaja prilikom puštanja u pogon).

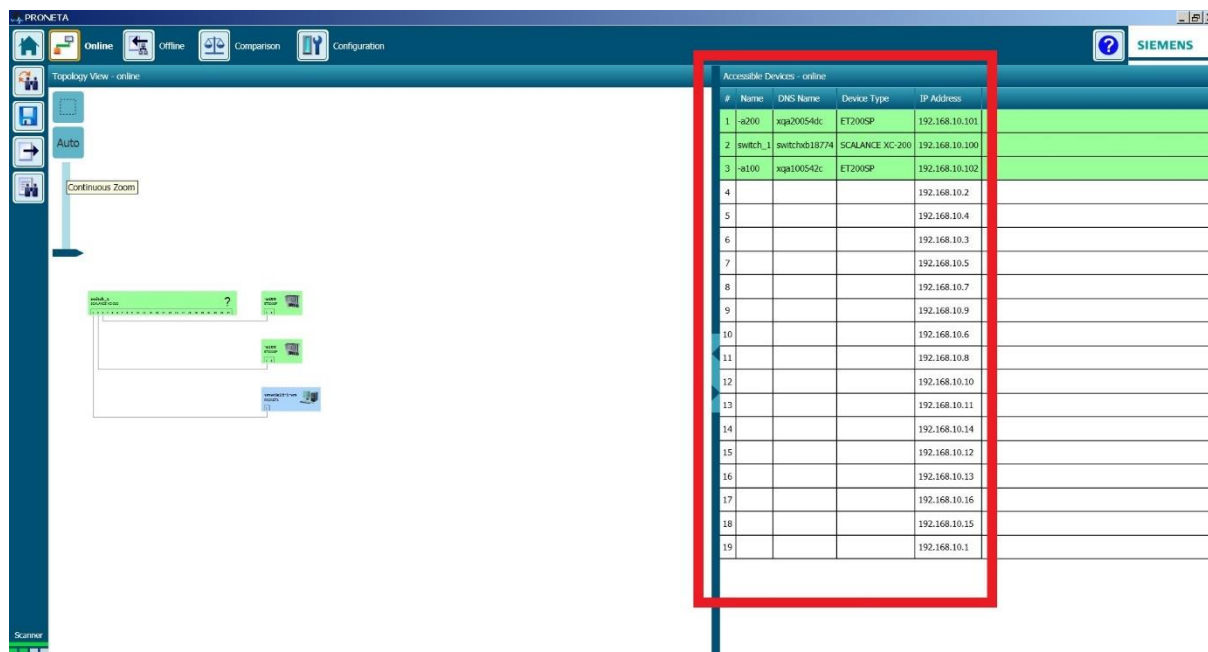
RT koristi se za komunikaciju u stvarnom vremenu, SRT, a komunikacijski ciklusi su oko 10 ms (npr. ciklička komunikacija između uređaja i kontrolera.)

IRT koristi se za komunikaciju u stvarnom vremenu, a komunikacijski ciklusi manji su od 1 ms.“ [5]

4.3. Primjeri iz prakse PROFINET IO mreže

Slika 22. prikazuje Siemensov softver PRONETA. To je softver koji pruža pomoć pri puštanju u rad PROFINET postrojenja.

PRONETA omogućuje pregled topologije te automatski skenira PROFINET mrežu i prikazuje sve povezane uređaje. Postoji mogućnost imenovanja uređaja i izvršavanja drugih osnovnih zadataka konfiguracije te usporedba referentnog sustava sa stvarno instaliranom konfiguracijom.



Slika 22. Siemens PRONETA softver
(izvor: autor, 30.7.2021.)

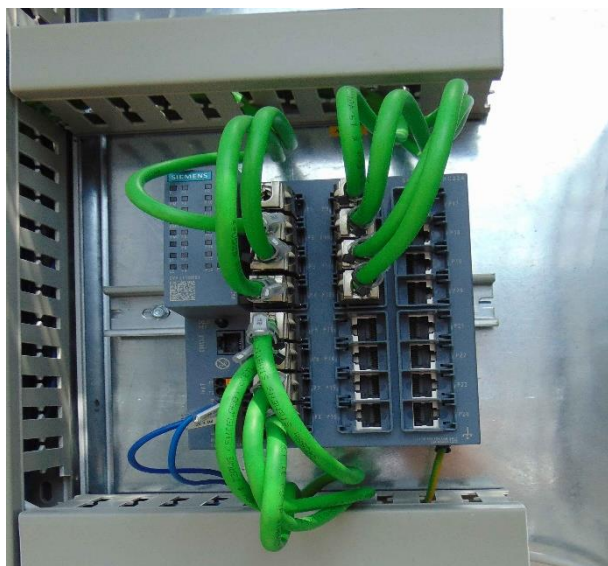
Nakon što su uređaji na mreži pronađeni, pomoću PRONETA softvera svakom uređaju zasebno dodjeljuje se IP adresa i ime.

„Svaki uređaji na PROFINET mreži ima:

- MAC adresu,
- IP adresu i
- ime (eng. *Device Name*).

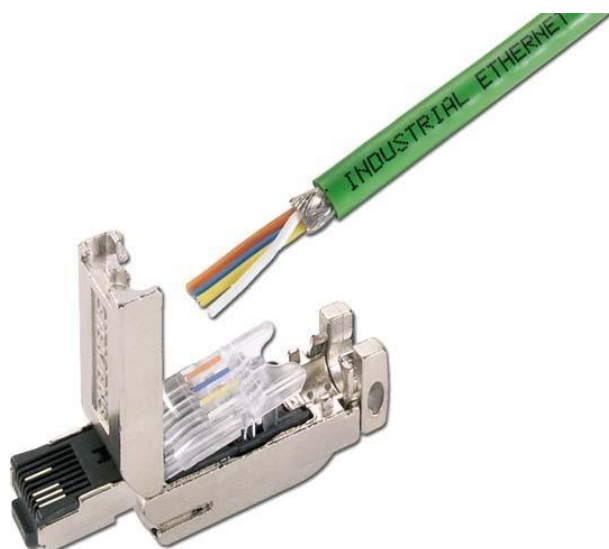
Uređaji na PROFINET mreži moraju imati jedinstvenu IP adresu i jedinstveno ime. IP adresu IO uređaju može dodijeliti IO uređaj za nadzor, IO kontroler ili DHCP server.“ [5]

Na slici 23. prikazan je Scalance, tj. PROFINET mrežni prekidač (eng. *switch*). Scalance je mrežni uređaj koji se koristi u PROFINETU za povezivanje različitih uređaja. On prima i prosljeđuje pakete podataka od izvora do odredišta.



Slika 23. Scalance
(izvor: autor, 30.7.2021.)

Slika 7. prikazuje PROFINET kabel i industrijski RJ45 konektor.



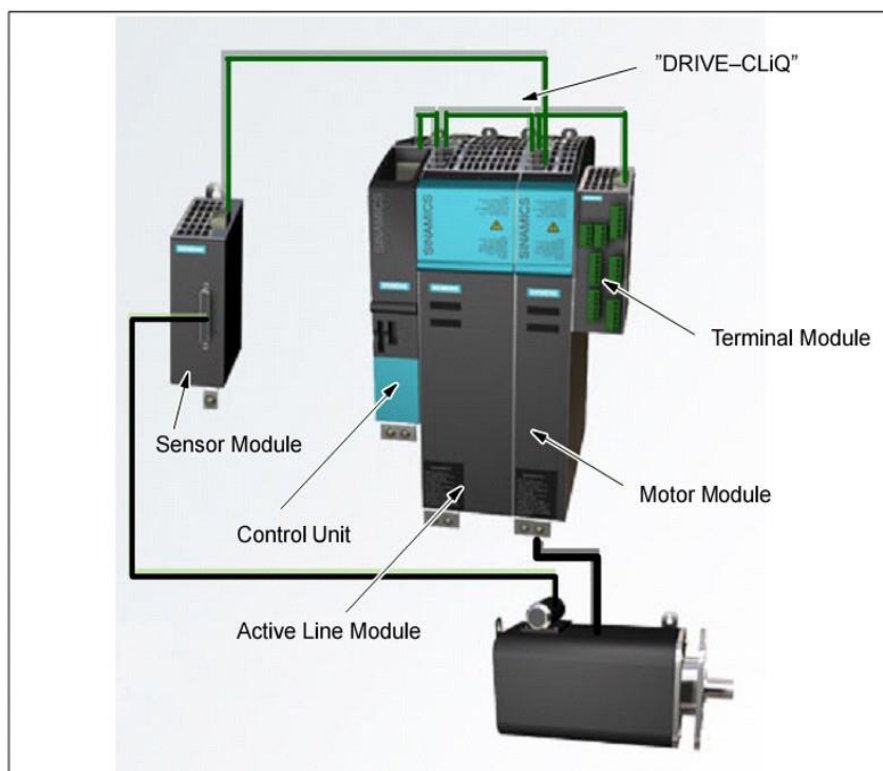
Slika 24. PROFINET kabel i RJ45 industrijski konektor
(izvor: <http://en.elektrotools.de/Product/Modular-connector-Plug-RJ45-8-4-6GK19011BB102AA0>,
30.5.2021.)

5. KOMUNIKACIJA IZMEĐU PLC-a I SINAMICS S120

U ovom poglavlju detaljnije je opisano postavljanje parametara za komunikaciju između PLC kontrolera i Siemensovog Sinamics S120 frekvencijskog pretvarača (eng. *Drive* ili *VFD*).

Sinamics S120 dizajniran je poput modularnog sustava izgrađenog oko upravljačke jedinice CU320-2. Uz upravljačku jedinicu, pogon se sastoji od jednog ili više motornih modula, modula senzora i priključnih modula. Većina komponenti Sinamics S120, uključujući motore i enkodere, međusobno je povezana putem zajedničkog serijskog sučelja DRIVE-CliQ. DRIVE-CliQ (eng. *Drive Component Link with IQ*) ili skraćeno DQ, je križni Ethernet kabel s posebnim zaštitnim omotačem protiv smetnji (eng. *shield*) i dodatnim 24 V napajanjem.

Slika 25. prikazuje Siemens Sinamics S120 modularni sustav i upravljačku jedinicu CU 320-2.



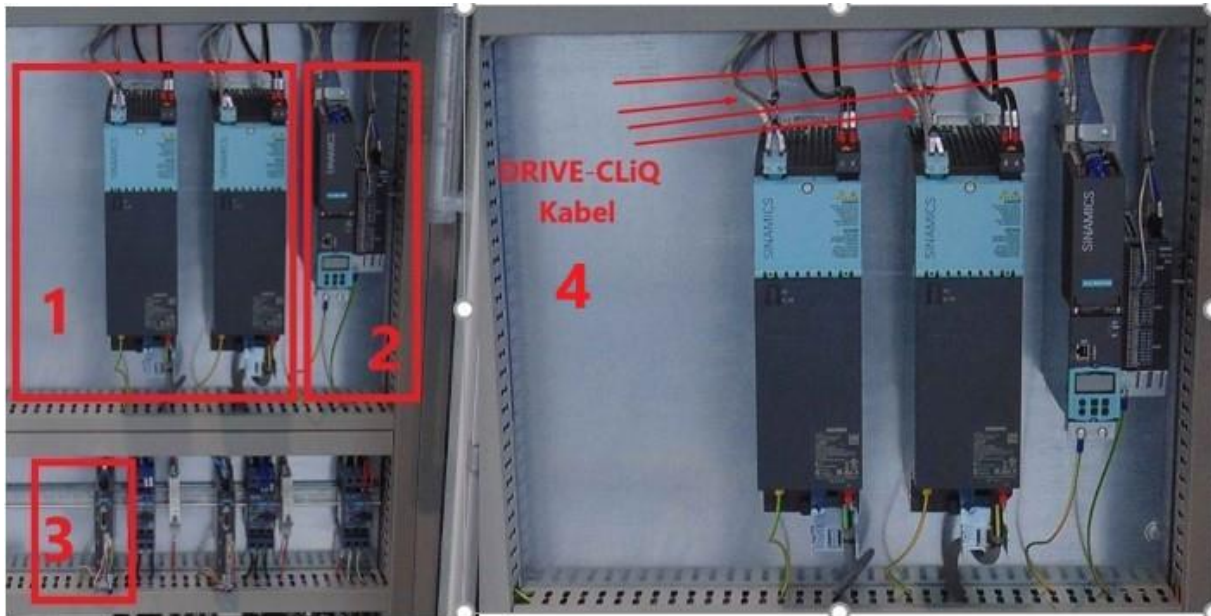
Slika 25. Siemens Sinamics S120 modularni sustava i CU320-2

(izvor: Siemens Sinamics prezentacija, Ivica Bašić, Danieli Systec, 11.8.2021.)

Slika 26. prikazuje praktičan primjer Siemens Sinamics S120 modularnog sustava i upravljačke jedinice CU 320-2, a gdje je:

1. Motorski moduli (eng. *Motor Module*),

2. Upravljačka jedinica (eng. *Control Unit*) i priključni modul (eng. *Terminal Module*),
3. Modul senzora (eng. *Sensor Module*) i
4. DRIVE-CliQ kabel.



Slika 16. Praktičan primjer Siemens Sinamics S120 modularni sustava i CU320-2
(izvor: autor, 11.8.2021.)

Osnovna funkcija SINAMICS S120 je upravljanje i kontrola brzine, kontrola okretnog momenta i funkcija pozicioniranja osovine.

Prednosti takvih pogona su:

- ušteda električne energije,
- jednostavna mogućnost nadogradnje modularnih sustava,
- smanjeni troškovi održavanja,
- ravnomjerno opterećenje strojeva i
- optimizacija procesa proizvodnje.

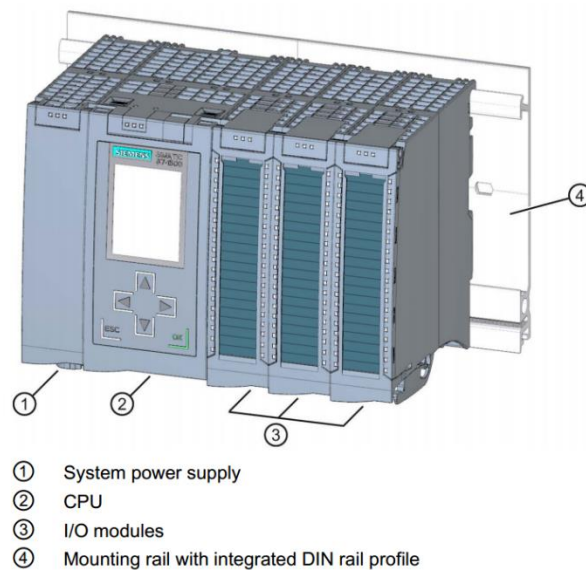
„Programibilni logički kontroler (PLC) je industrijsko računalo čiji je zadatak ulazne veličine (eng. *input*) obraditi te na temelju zadane logike generirati potrebne izlazne veličine (eng. *output*) za upravljanje pogonom.

Proces čitanja i pisanja veličina odvija se ciklički u stvarnom vremenu te se PLC po tome razlikuje od osobnih računala“. [8]

„PLC se sastoji od tri glavna dijela:

- CPU modul – sadrži središnju procesorsku jedinicu i memorijske komponente, procesor izvršava sve potrebne izračune podataka i obrađuje ulazno / izlazne signale,
- modul napajanja – napaja cijeli sustav istosmjernim naponom i omogućuje rad PLC-a i
- I/O modul – ulazno / izlazni modul povezuje PLC sa sensorima i aktuatorima, signali koji se mjere i šalju mogu biti digitalni i analogni.“ [8]

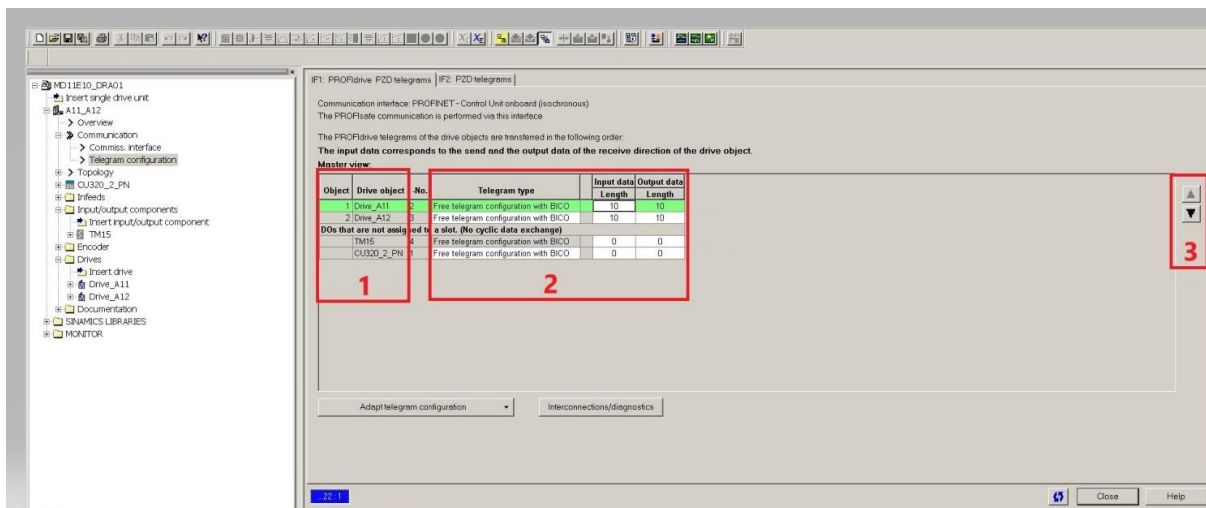
Slika 27. prikazuje glavne dijelove PLC-a.



Slika 27. Siemens Simatic S7-1500
(izvor: Siemens Automation system, SCE Training Curriculum, 12.8.2021.)

5.1 Konfiguriranje komunikacije Siemens pretvarača (VFD ili Drive)

Slika 28. prikazuje prvi korak u podešavanju komunikacije, a to je definiranje objekata za komunikaciju. Konfiguracija Siemens pretvarača odvija se pomoću softvera STARTER. „STARTER je Siemensov programski paket pomoću kojega je moguće konfigurirati i povezati sve Siemensove pretvarače i PLC uređaje“ [8]



Slika 28. Telegram konfiguracija, Siemens Starter
 (izvor: autor, 16.8.2021.)

Projekt se sastoji od jedne kontrolne jedinice CU320_2_PN, modula za priključke TM-15 te dva motorska modula Drive_A11 i Drive_A12 (No.1). Osim imena objekata, u tablici možemo definirati tip telegrama i broj riječi koji želimo koristiti u komunikaciji (No.2).

Definicija riječi za komunikaciju detaljnije će biti objašnjena u daljnjem tekstu. Objekti koji imaju broj riječi 0 ne sudjeluju u komunikaciji sa PLC-om i kao takvi se spuštaju ispod crte, na način da odaberemo željeni objekt i pritiskom na strelicu (No.3) objekt se spušta ispod crte.

Redoslijed objekata iznad crte mora biti isti kao u električnim shemama jer isti takav redoslijed nalazi se u hardverskoj konfiguraciji PLC-a. Ukoliko bi se u pretvaraču narušio redoslijed, u našem slučaju pretvarač A12 dobio bi naredbe koje trebaju doći na pretvarač A11. Zbog toga je važno prilikom puštanja u pogon testirati komunikaciju kako bi ustanovili da naredbe dolaze na pravo mjesto.

Osnovna jedinica za komunikaciju između pretvarača i PLC-a je riječ (eng. *word*) i predstavlja slijed od 16 bitova. Razlikuje se riječ koju pretvarač prima od PLC-a tj. naredbena riječ (eng. *Command Word*) i riječ koju pretvarač šalje PLC-u, tj. statusna riječ (eng. *Status Word*).

Telegram je vrlo bitan u komunikaciji, a predstavlja paket podataka koji se prenosi putem mreže. Postoje razne vrste telegrama, kao što je prikazano na slici 29. svaki telegram, osim svog naziva, sadrži i informaciju o broju riječi koje šalje i prima. Npr. PZD-10/10 znači da u jednom komunikacijskom ciklusu PLC šalje i prima 10 riječi od pretvarača i obrnuto.

IF1: PROFIdrive PZD telegrams | IF2: PZD telegrams

Communication interface: PROFINET - Control Unit onboard (isochronous)
The PROFIsafe communication is performed via this interface

The PROFIdrive telegrams of the drive objects are transferred in the following order:
The input data corresponds to the send and the output data of the receive direction of the drive object.

Master view:

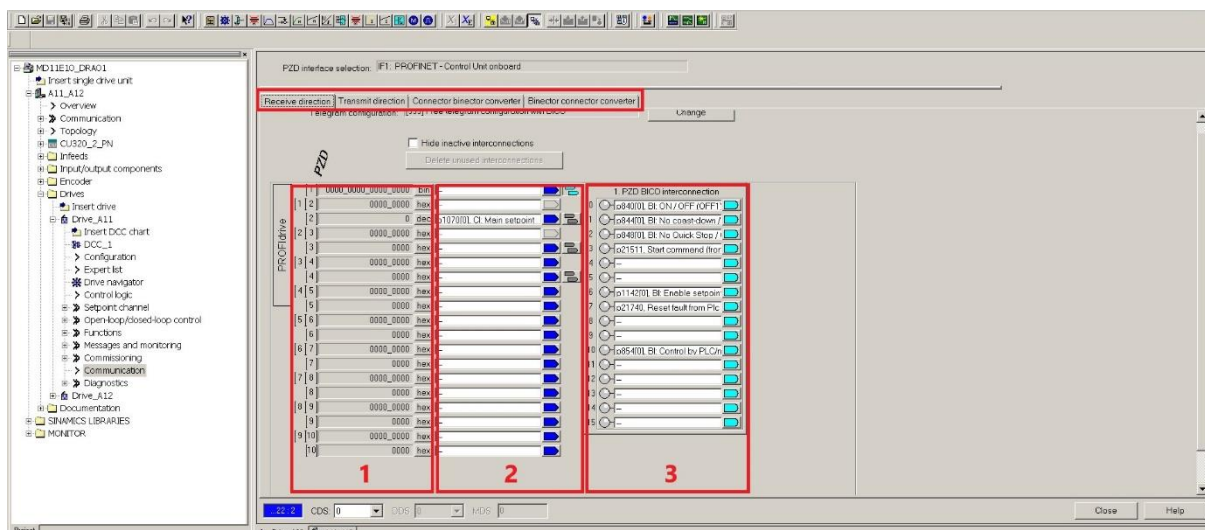
Object	Drive object	No.	Telegram type	Input data	Output data
				Length	Length
1	Drive_A11	2	Free telegram configuration with BICO	10	10
2	Drive_A12	3	Standard telegram 1, PZD-2/2	10	10
DOs that are not assigned to			Standard telegram 2, PZD-4/4		
	TM15	4	Standard telegram 3, PZD-5/9	0	0
	CU320_2_PN	1	Standard telegram 4, PZD-6/14	0	0
			Standard telegram 20, PZD-2/6		
			SIEMENS telegram 220, PZD-10/10		
			SIEMENS telegram 352, PZD-6/6		
			Free telegram configuration with BICO		

Slika 29. Tipovi telegrama u Starter softverskom paketu
(izvor: autor, 13.8.2021.)

Protokol tj. struktura naredbene i statusne riječi definira se na početku izrade projekta. Protokol se potom drži tzv. specijalista za pretvarače koji programira pretvarač i specijalista koji razvija softver za PLC.

Struktura riječi u nekim telegramima je predefiniрана i ne može se mijenjati dok u „Free telegram configuration with BICO“ struktura se može mijenjati i prilagoditi, a što znači da se može definirati i složiti naredbena i statusna riječ za komunikaciju po korisnikovim željama. Važno je znati da se definiranje objekta za komunikaciju i izbor telegrama može odraditi samo off-line.

Sljedeći korak je podešavanje svih parametara potrebnih za komunikaciju za svaki pojedini objekt koji komunicira sa PLC-om. Na slici 30. prikazan je prozor za podešavanje parametara na pretvaraču A11.



Slika 30. Sučelje za definiranje komunikacije
(izvor: autor, 16.8.2021.)

Prozor na slici 30. ima četiri odjeljka.

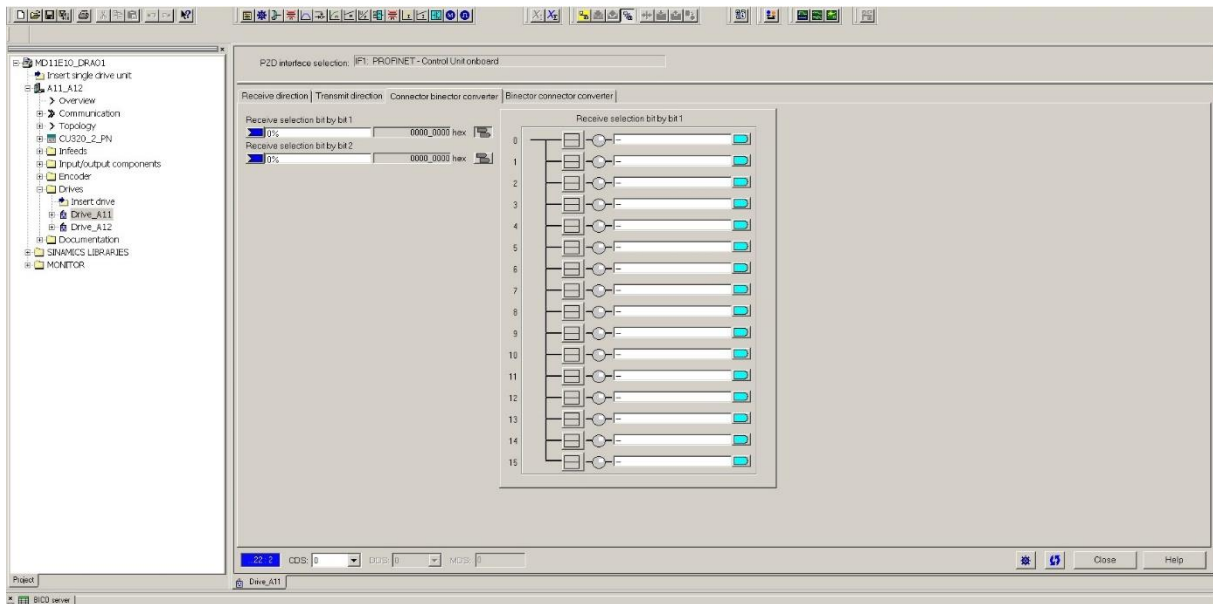
Prvi odjeljak je smjer primanja (eng. *Receive Direction*). Tu se spajaju signali koji dolaze od PLC-a.

Vrijednost za svaku riječ koja dolazi preko *fieldbusa* može se očitati u 1. stupcu. Vrijednost može biti zapisana u tri različita oblika: heksadecimalnom, dekadskom i binarnom obliku.

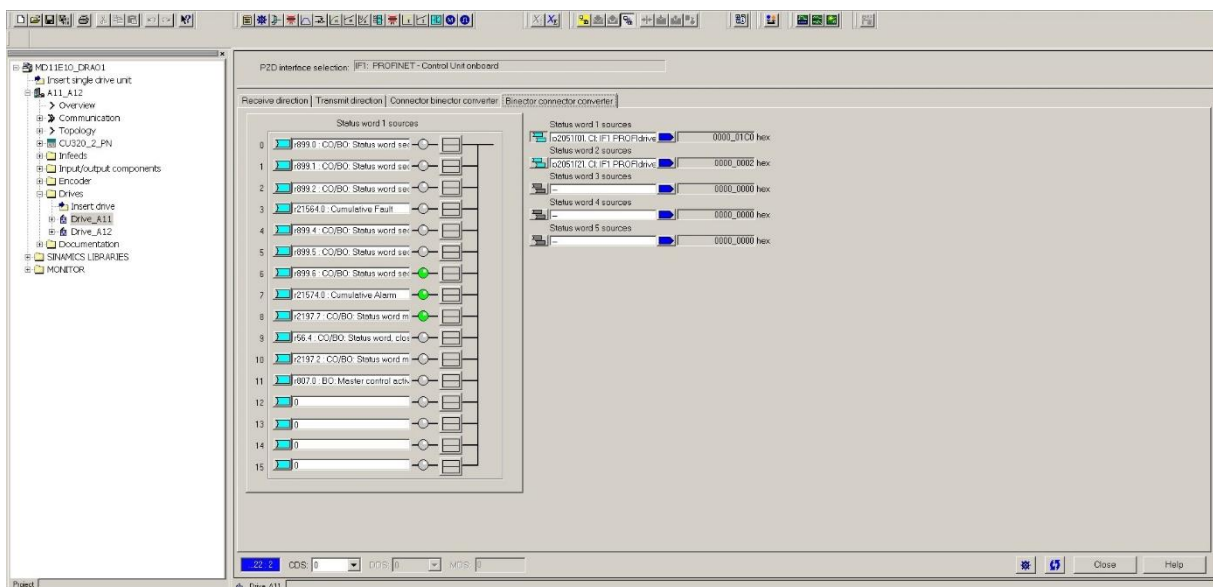
U 2. stupcu može se vidjeti gdje je signal spojen. Ako je polje prazno, tada signal nije nigdje spojen, a ako u polju postoji neki parametar, onda je signal spojen na taj parametar. Kao u primjeru na slici 6., druga riječ spojena je na parametar *p1070(0) Main Setpoint*.

Signali se spajaju klikom na prazno polje ili na tamnoplavo dugme. Tada se dobiju prijedlozi od *Startera* gdje se može spojiti riječ u cijelosti. Izbornik sa prijedlozima prikazan je na slici 31.

Međutim, u našem primjeru prva naredbena riječ ne spaja se u cijelosti, već bit po bit. Klikom na svijetloplavo dugme otvara se tablica sa bitovima prve naredbene riječi, 3. kolona. Svaki bit spaja se na isti način kao i riječ, klikom na prazno polje ili klikom na svijetloplavo dugme.



Slika 33. Konektor binektor konverter (eng. Connector Binector Converter) (izvor: autor, 17.8.2021.)




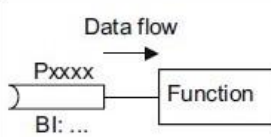

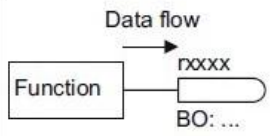
Slika 34. Binektor konektor konverter (eng. Binector Connector Converter) (izvor: autor, 17.8.2021.)


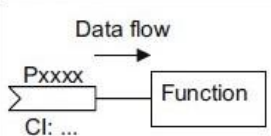

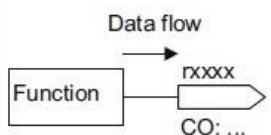
Konektor u logici MASTERDRIVES je 16-bitna riječ, a što znači da se određena vrijednost prezentira kao niz bitova. Na primjer:

- decimalna vrijednost 1 - bit 0 = TRUE (0000000000000001),
- decimalna vrijednost 2 - bit 1 = TRUE (0000000000000010),
- decimalna vrijednost 4 - bit 2 = TRUE (0000000000000100) itd.

Binektorska vrijednost predstavlja pojedinačni bit. Može imati vrijednost TRUE ili FALSE. Binektor konektor konverterom definiraju se bitovi statusne riječi.

Slika 35. prikazuje simbol, opis i funkciju konektora i binektora.

Abbreviation and symbol	Description	Function
BI 	Binector input	
BO 	Binector output	

Abbreviation and symbol	Description	Function
CI 	Connector input	
CO 	Connector output	

Slika35. Simbol, opis i funkcija konektora i binektora
(izvor: Sinamics G120, CU240S and CU240E Control Units, FW 3.2 Operating Instructions, 17.8.2021.)

5.2 Pokretanje motora

Protokol tj. struktura naredbene i statusne riječi prikazana u tablici 1. koristi se kako bi se na jednostavan način objasnilo pokretanje elektro motora pomoću PLC-a.

Naredbena riječ		Statusna riječ	
Bit	Opis	Bit	Opis
0	Preset ON/OFF (OFF1)	0	Ready to switching ON
1	Pulse Disable (OFF2)	1	Preset Confirm
2	Fast Stop (OFF3)	2	Start Confirm
3	Start/Stop	3	Comulative Fault
4	Motor Brake Release Command	4	No Pulse Disable (OFF2)
5		5	No Fast Stop (OFF3)
6	Reference Enable	6	Switching ON Inhibit
7	Fault Reset	7	Comulative Alarm
8		8	

9		9	Motor Magnetized
10	PLC Control (Always set to 1)	10	Not Zero Speed
11		11	
12		12	
13		13	
14		14	
15		15	

Tablica 1. Protokol za pokretanje motora PLC-om
(izvor: autor 20.8.2021.)

Radne pretpostavke radi jednostavnijeg objašnjenja postupka pokretanja motora su:

- pretvarač nije u statusu greške (eng. *Fault*),
- pretvarač nije u statusu zabrane pokretanja (eng. *Switch ON Inhibit*), bit 6 ima vrijednost 0,
- naredbe OFF2 i OFF3 su neaktivne, bitovi 1 i 2 u glavnoj naredbenoj riječi imaju vrijednost 1 (bitovi OFF2 i OFF3 imaju vrijednost 1 kada je sve u redu). Naredbom OFF2 pretvarač isključuje PWM regulaciju i motor će se zaustaviti vlastitom inercijom, a OFF3 znači zaustavljanje po rampi za hitne slučajeve (eng. *Emergency Stop Ramp*) koja je definirana u parametrima pretvarača,
- bit 4 u glavnoj naredbenoj riječi ima vrijednost 1, naredba za otvaranje kočnice
- DC napon je uključen.

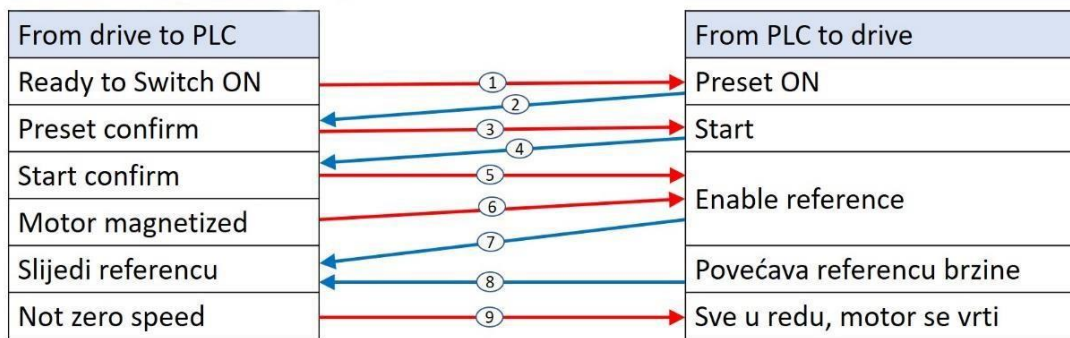
Ako su zadovoljene radne pretpostavke, tada pretvarač ima statuse:

- Bit 0: *Ready To Switch ON* = 1,
- Bit 1: *Preset Confirm* = 0 i
- Bit 10: *Not Zero Speed* = 0.

Pretvaračem se upravlja naredbama:

- Bit 0: *Preset ON/OFF* (OFF1),
- Bit 3: *Start/Stop* i
- Bit 6: *Reference Enable*.

Na slici 36. prikazan je redosljed izmjene bitova između pretvarača i PLC-a pri pokretanju motora.



Slika 36. Pokretanje motora PLC-om
(izvor: Bašić, I. Upravljanje pretvaračem, Osijek, Danieli System 29.08.2021)

Bit 0 statusne riječi – spreman za uključivanje (eng. *Ready To Switch ON*) ima vrijednost 1, što je PLC-u uvjet za naredbu da pretvarač mora izvršiti sve potrebne pripreme za PWM regulaciju (eng. *Preset ON*). Nakon što pretvarač izvrši potrebne pripreme, šalje PLC-u bit 1 – izvršene pripreme (eng. *Preset Confirm*).

Zatim PLC šalje bit 3 – početak (eng. *Start*). Primitkom naredbe početak pretvarač daje struju magnetiziranja u izmjenični motor i magnetizira ga, stvara magnetski tok. Za vrijeme magnetiziranja motor nije spreman pokrenuti se i pretvarač drži referencu brzine na nuli.

PLC mora sačekati da se završi proces magnetiziranja i potom dati naredbu *Enable Reference* i „osloboditi“ referencu brzine. Pretvarač pokreće motor i šalje PLC-u bit 10 – brzina nije nula (eng. *Not Zero Speed*), što znači da je sve u redu, tj. da se osovina motora vrti.

Kočnica se smije otvoriti tek kada je motor magnetiziran jer tada motor može razviti moment i držati teret umjesto kočnice.

Zaustavljanje motora se provodi obrnutim redoslijedom.

6. ZAKLJUČAK

Kako je ljudska komunikacija osnova razvoja suvremenog društva, tako je elektronička komunikacija osnova razvoja automatiziranih postrojenja. Ako ne postoji komunikacija između zaposlenika u nekom radnom kolektivu, tada ta tvrtka neće postizati maksimalnu učinkovitost u obavljanju svojih radnih zadataka, a što je primjenjivo na komunikaciju između uređaja u nekom postrojenju.

Shodno tome, u suvremenim je industrijama potrebno ostvariti povezanost uređaja kako bi se zadatak izvršio na ispravan način i time dobio funkcionalan proizvod. Važnost komunikacije u automatiziranim postrojenjima najvažnija je inženjerima koji se njome bave, tj. ključno je detaljno poznavanje svih koraka između uređaja koji komuniciraju. Prekid komunikacije između uređaja znači prekid rada cijelog sustava, a što dovodi do financijskih gubitaka.

Zbog sveobuhvatne primjene PROFIBUS i PROFINET komunikacijskih sustava, postoji mogućnost njihovih uvođenja u sustav obrazovana, a za što je potreban i poseban plan razmatranja.

LITERATURA

- [1] Bebek M., „Analiza slojeva modela OSI i TCP/IP“ Zagreb, 2015.
- [2] Mohamed M. Alani., „Guide to OSI and TCP/IP Models“ Oman, 2014
- [3] Jenčić S., „Industrijske Računalne Mreže“ Zagreb, 2015
- [4] Kutija M., Sumina D., „PROFIBUS“ Zagreb, 2018
- [5] Kutija M., Sumina D., „PROFINET “ Zagreb, 2018
- [6] Siemens AG., „CPU-CPU Communication with SIMATIC Controllers“ Munich, Germany 2013
- [7] Siemens AG., „PROFINET System Description“ Nurnberg, Germany 2012
- [8] Jakšić I., „Parametiranje i puštanje u pogon električnog pogona sa servomotorom“ Osijek, 2020
- [9] Siemens AG., „Sinamics S120 AC DRIVE Manual“ Nurnberg, Germany 2014

Internetski izvori:

- [10] https://www.youtube.com/watch?v=zJDsEqCyTqc&ab_channel=RealPars
- [11] https://www.youtube.com/watch?v=YxF9QgRAx8A&ab_channel=RealPars
- [12] <https://realpars.com/remote-io/>
- [13] <https://www.profibus.com/download/image-flyer-profibus-profinet-international>
- [14] <https://www.youtube.com/watch?v=haDKT2kZnLA>

POPIS SLIKA I TABLICA

Slika 1. OSI (engl. layers) slojevi	2
Slika 2. Prikaz podataka sa zaglavljem i najavom.....	3
Slika 3. Postupak inkapsulacije i deinkapsulacije	3
Slika 4. Tri načina komunikacije: Simplex, half-duplex,full-duplex	4
Slika 5. PROFIBUS OSI model.....	8
Slika 6. Instalacija bez PROFIBUS DP mreže	9
Slika 7. Instalacija sa PROFIBUS DP mrežom	10
Slika 8. PROFIBUS PA	11
Slika 9. Master-slave komunikacija	12
Slika 10. Mrežni segmenti i zaključane linije	13
Slika 11. Mrežni konektor RS485 i prekidač za zaključavanje linije	13
Slika 12. OLM i dijagnostički repetitor	14
Slika 13. Remote I/O.....	14
Slika 14. Postavljanje PROFIBUS DP adrese.....	15
Slika 15. Spajanje VFD-a u PROFIBUS mrežu šivanjem.....	15
Slika 16. Komunikacijski procesor CP 5711	16
Slika 17. Kontrola komunikacije softverom „Step 7“	16
Slika 18. PROFINET i OSI model	17
Slika 19. PROFINET CBA moduli	18
Slika 20. PROFINET IO mreža	19
Slika 21. PROFINET komunikacijski kanali.....	20
Slika 22. Siemens PRONETA softver	21
Slika 23. Scalance	22
Slika 24. PROFINET kabel i RJ45 industrijski konektor	22
Slika 25. Siemens Sinamics S120 modularni sustava i CU320-2	23
Slika 26. Praktičan primjer Siemens Sinamics S120 modularni sustava i CU320-2..	24
Slika 27. Siemens Simatic S7-1500.....	25
Slika 28. Telegram konfiguracija, Siemens Starter.....	26
Slika 29. Tipovi telegrama u Starter softverskom paketu.....	27
Slika 30. Sučelje za definiranje komunikacije.....	28
Slika 31. Lista parametara na koje možemo spojiti riječ.....	29
Slika 32. Smjer slanja signala (eng. Transmiting direction).....	29

Slika 33. Konektor binektor konverter (eng. Connector Binector Converter).....	30
Slika 34. Binektor konektor konverter (eng. Binector Connector Converter).....	30
Slika 35. Simbol, opis i funkcija konektora i binektora.....	31
Slika 36. Pokretanje motora PLC-om.....	33
Tablica 1. Protokol za pokretanje motora PLC-om.....	32