

# Standardni signali u sustavima nadzora i upravljanja

---

**Buntić, Leon**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:424819>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-27**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I  
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**

**Stručni studij**

**Standardni signali u sustavima nadzora i upravljanja**

**Završni rad**

**Leon Buntić**

**Osijek, 2023.**

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. SUSTAV ZA NADZOR I UPRAVLJANJE (SCADA) .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Prikaz SCADA sustava .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2. Primjena SCADA sustava .....</b>	<b>3</b>
<b>3. SIGNALI U SUSTAVIMA NADZORA I UPRAVLJANJA .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1. Standardizacija i podjela signala.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2. Metode prijenosa i spajanja .....</b>	<b>6</b>
<b>3.3. Zaštita signala.....</b>	<b>8</b>
<b>3.4. Protokoli i integracija .....</b>	<b>11</b>
<b>4. PLC UREĐAJI .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1. Dijelovi i princip rada PLC uređaja .....</b>	<b>14</b>
<b>4.2. Primjeri modela.....</b>	<b>18</b>
<b>5. BUDUĆNOST SIGNALA U SCADA SUSTAVIMA .....</b>	<b>23</b>
<b>6. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>26</b>
<b>7. LITERATURA .....</b>	<b>27</b>
<b>8. SAŽETAK.....</b>	<b>28</b>
<b>9. ABSTRACT .....</b>	<b>29</b>
<b>10. ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>30</b>

# 1. UVOD

U današnje vrijeme je gotovo nemoguće zamisliti modernu industriju bez sustava automatizacije. Sve više se razvijaju roboti, uređaji i računalni programi koji zamjenjuju rad čovjeka i na taj način stvaraju vremena za obavljanje nekih drugih stvari.

Sustavi koji se koriste su upravljani programirljivim logičkim kontrolerom – PLC (engl. Programmable Logic Controller) uređajem. PLC je industrijsko računalo koje je dizajnirano za upravljanje i kontrolu industrijskih procesa. Prije su se koristili sustavi sa relejima, to su bili ogromni sustavi koji su sadržavali nekad i preko stotinu releja povezanih žicama. Problem ovakvog sustava je to što su releji mehaničke komponente, a takve komponente se sastoje od pokretnih dijelova koji su skloni kvarovima. Zato su takvi sustavi sada zbog veće produktivnosti i fleksibilnosti zamijenjeni PLC uređajima koji su danas standard u modernoj industriji i u tehnološkim i energetske postrojenjima.

Sustavi za nadzor i upravljanje se nazivaju SCADA (engl. Supervisory Control And Data Acquisition) sustavi. Osnovne funkcije SCADA sustava uključuju prikupljanje podataka, daljinsko upravljanje, HMI (engl. Human-Machine Interface), analizu podataka i pisanje izvještaja.

Postoje digitalni i analogni signali za nadzor. Da bi se izbjeglo bezbroj različitih kombinacija spajanja procesnih signala na kartice digitalnih i analognih ulaza i izlaza PLC uređaja, ti su signali standardizirani.

U ovom radu je objašnjena standardizacija signala, vrste i njihove metode prijenosa i integracije. U prvom dijelu je opisan princip rada sustava nadzora i upravljanja i njihove najvažnije komponente, te su navedeni primjeri primjene. Nadalje, objašnjene su neke njihove prednosti i mane, karakteristike i kako to sve zajedno funkcionira. U drugom dijelu su detaljno opisani signali i njihove značajke, te metode prijenosa i zaštite signala. Također, obrađen je princip rada i navedeni su primjeri modela različitih PLC uređaja i opisana je njihova arhitektura, te građa ulazno-izlaznih kartica.

## 2. SUSTAV ZA NADZOR I UPRAVLJANJE (SCADA)

### 2.1. Prikaz SCADA sustava

Sustav nadzora i upravljanja se sastoji od centralne stanice i podstanice koje prikupljaju i šalju informacije i naredbe. Prikupljanje podataka i upravljanje sustavom na najvećoj razini možemo podijeliti na: SCADA sustav i DCS (engl. Distributed Control System) sustav. Njihov je zadatak nadzor, upravljanje i prikupljanje podataka automatiziranih industrijskih procesa i prikazivanje tih podataka u svrhu kontrole, ali glavna razlika je u tome što je DCS fokusiran na procese u svakom koraku operacije, dok SCADA funkcionira na principu dobivanja podataka i usporedbe tih podataka kako bi se ispravno uputilo ljude koji nadziru proces. SCADA ima informacijske strukture i lokalnih kontrolera tj. PLC, RTU (engl. Remote Terminal Unit) ili IED (engl. Intelligent Electronic Device) koji primaju signale od senzora. Sustav funkcionira na osnovi komunikacije između kontrolnog centra i mehanizma za obavljanje industrijskih procesa (Slika 2.1.). [4]



Slika 2.1. Kompletna infrastruktura sustava za nadzor i upravljanje [6]

Podsustavi centrale sastoje se od modema, servera i korisničkog sučelja (HMI), dok stanice nekad imaju još i spremište informacija i alarmni sustav. Komunikacija se može odvijati pomoću radio signala, Wi-Fi, Bluetooth itd.

## 2.2. Primjena SCADA sustava

Sustav nadzora i upravljanja (Slika 2.2.) ima puno primjena u elektroenergetici, od proizvodnje energije kroz sve korake do prijenosa i distribucije. Današnja industrija teži prema što kvalitetnijim proizvodima, sigurnosti i zaštiti okoliša. Zahtjevi za sve većim profitom i umreženom proizvodnjom naglašavaju potrebu za integracijom i globalnom optimizacijom proizvodnih postrojenja. Informacijske tehnologije preuzele su presudnu ulogu u postizanju ovih ciljeva jer se velikim i kompleksnim proizvodnim sustavima ne može rukovoditi efikasno i uspješno bez upotrebe računala u poslovanju i upravljanju procesom. Krajnji korisnici očekuju poboljšanja u funkcionalnosti postojećih sustava uz razumnu cijenu. Neki od primjera njihovih osnovnih zahtjeva su rukovođenje znanjem i informacijama u realnom vremenu, mogućnost praćenja stanja postrojenja i bolje održavanje, visoka korisnost, fleksibilnost prilikom nadogradnji te podrška integratora sustava automatizacije tijekom njegovog životnog ciklusa. Integratori sustava automatizacije zbog toga trebaju efikasne alate za izgradnju svojih aplikacija. Proizvođači rješenja za automatizaciju žele s jedne strane zadovoljiti potrebe kupaca (integratora sustava) dok s druge strane nastoje zadržati isplativu strukturu proizvoda u tehnološkom i poslovnom okruženju koje se mijenja iz dana u dan. [4]



Slika 2.2. Upravljanje i automatizacija procesa [6]

SCADA sustavi se koriste u gotovo svim industrijskim procesima, prometu, komunikaciji, kemijskoj industriji, sigurnosni sustavi i još puno drugih.

SCADA sustavi se mogu primijeniti na sljedeće načine: automatska kontrola proizvodnje, izračun ekonomske otpreme, raspoređivanje energije, osiguravanje i omogućavanje dovoljnog kapaciteta za ulaznu energiju, izračunavanje potrebnog vremena pokretanja i učitavanja sustava, analiziranje stanja prekidača i mjerenje, određivanje optimalnog protoka energije, informacije o naponu na sabirnicama u elektroenergetskom sustavu, itd.

### **3. SIGNALI U SUSTAVIMA NADZORA I UPRAVLJANJA**

#### **3.1. Standardizacija i podjela signala**

Svijet standarda svakako nije savršen i ima svoje mane, no oni nam olakšavaju integraciju i komunikaciju. Standardi poput ISA i PCI sabirnica zadnje ploče, RS-232 i GPIB mreže te DDE i OLE za integraciju aplikacija.

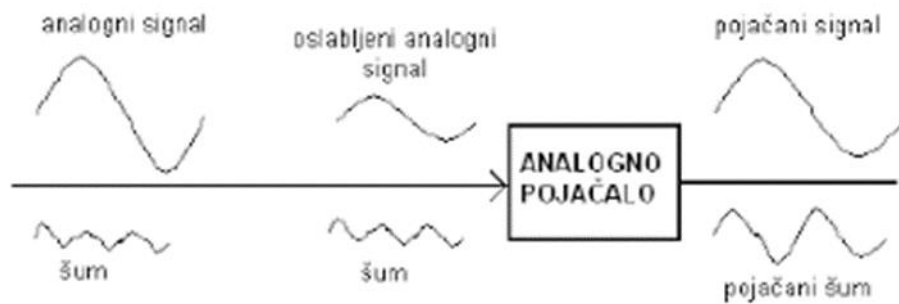
Signali u sustavima nadzora i upravljanja su glavni dio prenošenja informacija između različitih dijelova sustava kako bi se moglo kontrolirati, pratiti i upravljati industrijskim procesima. Postoje ulazni signali koji su podatci koje sustav prima iz senzora ili drugih izvora, te postoje izlazni signali koji su krajnji rezultat obrađivanja ulaznih signala. Izlazni signali se mogu koristiti za upravljanje aktuatorima, prikazivanje informacija ili prijenos informacija drugim sustavima. (Slika 3.3.)

Senzori su uređaji koji pretvaraju fizikalne veličine u električne signale. Senzori su važni za prikupljanje podataka iz okoline ili sustava koje nadzorni sustav koristi za upravljanje.

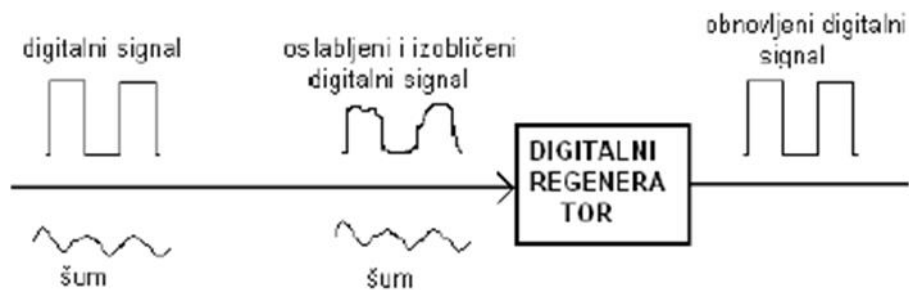
Aktuatori su uređaji koji reagiraju na izlazne signale sustava nadzora i obavljaju određene funkcije. Mogu upravljati pokretnim dijelovima, regulirati protok i druge radnje.

Razlikujemo dvije vrste signala, a to su analogni signali (Slika 3.1.) i digitalni signali (Slika 3.2.). Analogni signali su kontinuirani signali koji se mijenjaju u vremenu. Oni se koriste za mjerenja fizikalnih veličina koje imaju beskonačno mogućih vrijednosti. Primjeri analognog signala su napon ili valni oblik zvuka. Dok su digitalni signali diskretnog karaktera, a sastoje se od diskretnih vrijednosti. Digitalni signali služe za prijenos informacija u binarnom obliku

(0 i 1). Oni su pogodniji za prijenos, obradu i pohranu podataka jer su manje pogreške i imaju manji šum. [1]

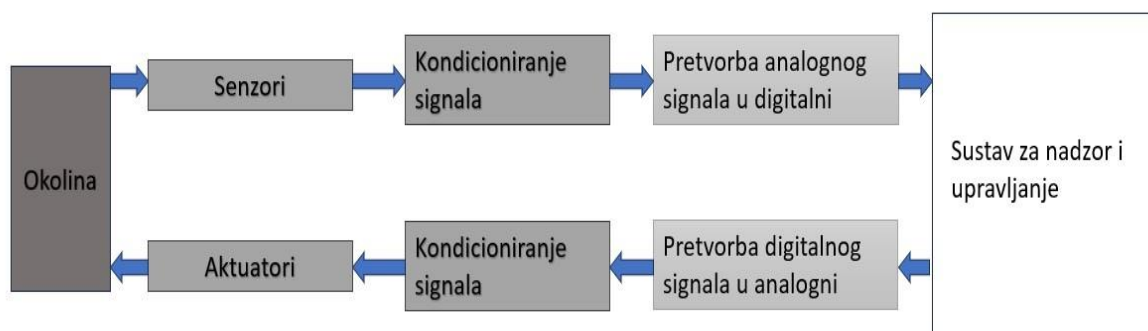


Slika 3.1. Analogni signal



Slika 3.2. Digitalni signal

Većina signala generirana od strane senzora ili elektroničnih komponenti se zasniva na struji ili naponu. Oni su standardizirani i odabiru se ovisno o potrebi: 4-20 mA, 0-20 mA (strujni) i 1-5 VDC, 0-5 VDC, -10 VDC - +10 VDC (naponski)



Slika 3.3. Tijek signala u sustavu

Postoje i druge vrste signala poput pulсно-širinski moduliranih signala (PWM, engl. Pulse-width modulation) koji su vrsta digitalnih signala koji se koriste za kontrolu snage i brzine



motora, regulaciju i druge stvari, Njihov se signal sastoji od periodičkih impulsa različitih širina. Promjenom omjera između vremena impulsa i vremena pauze moguće je kontrolirati brzinom ili snagom izlaznog uređaja. Također postoje i serijski komunikacijski protokoli koji se koriste za prijenos podataka između sustava i uređaja putem serijskog sučelja.

### **3.2. Metode prijenosa i spajanja**

Da bi razumjeli načine na koje se analogni signal prenosi prvo je važno razumjeti odnose koji omogućuju prijenos analognih signala. To je temeljni odnos između napona, struje i električnog otpora koji omogućuju ili kontinuirano promjenjivu struju ili napon za predstavljanje kontinuirane procesne varijable. Dok je tok naboja električna struja, napon je obavljeni rad pomicanje jedinice naboja od jedne do druge točke. S druge strane, za industrijske mreže koje koriste digitalne signale se može reći da su ključne u prikupljanju podataka. Potrebno je osnovno razumjevanje mrežnih tehnologija koje su dostupne za razne aplikacije da bi se donjele najbolje odluke koje će imati mogućnost prilagoditi se i budućim tehnologijama. Na primjer, odabir mreže ili mrežnih komponenti za prikupljanje podataka može imati veliki utjecaj na isplativost, odnosno odnos uloženog novca i koristi za buduće projekte. Do nedavno su se optička vlakna činila pretjerano i skupo za većinu aplikacija, no danas s većim informacijskim opterećenjima u mrežama vlakna se čine privlačnije.

Serijski i paralelni signalni standardi su dva različita načina organiziranja i prijenosa podataka između uređaja. Ovi standardi se koriste u različitim komunikacijskim okruženjima, ovisno o zahtjevima i karakteristikama sustava.

Serijski prijenos podataka koristi jedan vodič za prijenos bitova podataka, tj. podaci se prenose jedan za drugim, obično redom. Koristi manje fizičkih linija za prijenos podataka, što može biti korisno kada je ograničen broj raspoloživih linija ili kada su udaljenosti između uređaja velike. Prenosi podatke sporije od paralelnog prijenosa, ali može biti pogodniji za dulje udaljenosti i prijenos podataka preko optičkih kabela ili bežičnih veza. Primjeri serijskih standarda uključuju RS-232, RS-485, Profibus, Modbus, USB (Universal Serial Bus), HDMI (High-Definition Multimedia Interface) i Ethernet.

Paralelni prijenos podataka koristi više paralelnih vodova kako bi se podaci prenosili istovremeno u grupi od više bitova. Ovaj način prijenosa omogućuje veću brzinu prijenosa podataka u usporedbi s serijskim prijenosom, jer se više bitova prenosi istodobno. Međutim, paralelni prijenos zahtijeva više fizičkih linija, što može povećati troškove kabela i otežati upravljanje kablovima. Paralelni standardi obično se koriste u kraćim udaljenostima i unutar

računalnih sustava ili internih komunikacija u industriji. Primjeri paralelnih standarda uključuju PCI (Peripheral Component Interconnect) i DDR (Double Data Rate) RAM memorija.

Uz to, važno je napomenuti da i serijski i paralelni standardi imaju svoje prednosti i nedostatke, te se primjenjuju u različitim situacijama, ovisno o potrebama sustava i okoline. Odluka o korištenju određenog standarda ovisi o specifičnim zahtjevima komunikacije, brzini prijenosa podataka, udaljenosti između uređaja, troškovima implementacije i drugim čimbenicima.

Postoji nekoliko načina prijenosa standardnih signala, a ovdje su neki od najčešćih načina:

- **Žičani prijenos:** Žičani prijenos se odnosi na korištenje fizičkih kabela ili vodiča za prijenos signala. To može uključivati bakrene ili optičke kablove, koaksijalne kabele, parice ili vlakna. Signali se prenose putem električnih naponskih razlika ili strujnih promjena koje se šalju kroz vodiče.
- **Bežični prijenos:** Bežični prijenos se odnosi na prijenos signala putem elektromagnetskog spektra bez potrebe za fizičkim kabelima. Ovo uključuje tehnologije kao što su radiovalovi, mikrovalovi, infracrveno svjetlo ili laserski snopovi. Bežični prijenos koristi antene za emitiranje i primanje signala.
- **Optički prijenos:** Optički prijenos koristi svjetlosne signale za prijenos podataka. To se postiže moduliranjem svjetlosnih valova kako bi se prenijela informacija. Optički prijenos se često koristi u mrežnim sustavima, kao što su optički kabele koji koriste vlakna za prijenos svjetlosnih signala.
- **Elektromagnetski prijenos:** Elektromagnetski prijenos se koristi za prijenos signala putem elektromagnetskih valova u određenim frekvencijskim područjima. To uključuje tehnologije poput radiovalova (AM, FM), televizijskih signala, mikrovalova, satelitske komunikacije i drugih oblika elektromagnetskog prijenosa.

Primjena standardnih signala uključuje industrijske sustave za praćenje i upravljanje, kao što su mjerenje razine, temperature, tlaka ili protoka u industrijskim postrojenjima. Također se koristi za upravljanje aktuatorima, kao što su motori, ventili ili prekidači, koji se mogu kontrolirati putem strujnih petlji. Važno je napomenuti da su ove informacije općenite, a stvarna primjena standardnih signala može se razlikovati ovisno o konkretnim uređajima, sustavima ili industrijama. [3]

Ovi su primjeri samo neki od načina prijenosa standardnih signala. Odabir odgovarajućeg načina prijenosa ovisi o vrsti signala, okruženju, udaljenosti prijenosa, brzini prijenosa, sigurnosnim zahtjevima i drugim faktorima. Svaki način prijenosa ima svoje prednosti i ograničenja te se primjenjuje prema specifičnim potrebama i zahtjevima sustava.

Prednosti žičanih metoda prijenosa signala su:

- Visoka pouzdanost - jer su manje izložene interferencijama i vanjskim smetnjama.
- Stabilnost – jer omogućuju konstantnu i stabilnu vezu s manje oscilacija ili gubitaka signala.
- Veća brzina prijenosa – žičane metode imaju veću brzinu prijenosa u odnosu na bežične metode
- Veća sigurnost – obično pružaju veću sigurnost podataka s obzirom na bežične metode

,dok su nedostaci:

- Fizička ograničenja – žičane metode su ograničene duljinom kabela, što može biti problem na većim udaljenostima i u velikim postrojenjima.
- Trošak i složenost instalacije – uspostavljanje žičanih veza zahtijeva provođenje kabela što može biti skupo i zahtjevno
- Održavanje – zahtijevaju održavanje kako bi se moglo provjeriti da su kabele i konektori ispravni i bez oštećenja.

Prednosti bežičnih metoda prijenosa signala su:

- Fleksibilnost – bežične veze su fleksibilnije jer nisu ograničene žicama i kabelima. To je posebno korisno u pokretnim ili teško pristupačnim okruženjima.
- Brza implementacija – mogu se jako jednostavno uspostaviti ili premjestiti jer nije potrebno provođenje kabela
- Manje troškova održavanja – bežične veze imaju manje fizičkih komponenti kojima je potrebno održavanje

,a nedostaci su:

- Interferencije – bežične metode podložnije su interferencijama koje mogu biti uzrokovane električnim uređajima, metalnim objektima, drugim bežičnim uređajima ili fizičkim preprekama.

### **3.3. Zaštita signala**

Zaštita signala od elektromagnetskih smetnji, šumova i ometanja je ključna za kvalitetu i pouzdanost signala u sustavu. Neki primjeri načina zaštite signala u sustavu nadzora i upravljanja su ekraniranje, filteri, izolacija, Faradejeva kavezna zaštita, te modulacija i kodiranje.

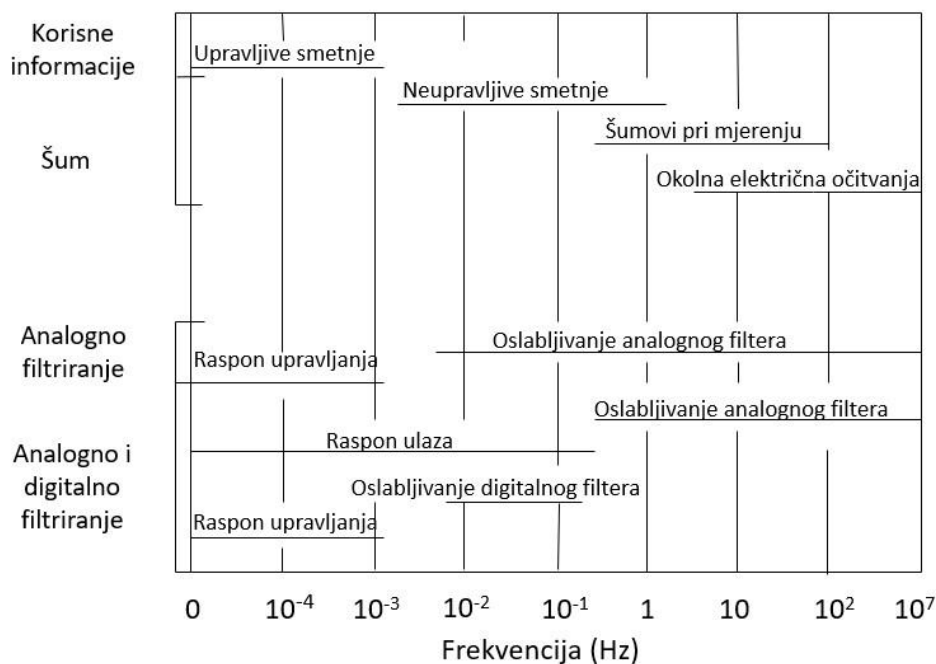
Smetnje mogu proizlaziti iz raznih izvora, kao što su mreže, električni uređaji, elektromagnetska polja i drugi vanjski izvori. Vrste smetnji koje mogu utjecati na signal mogu možemo podijeliti na: elektromagnetske smetnje (EMI), radiofrekvencijske smetnje (RFI), termalne i intermodulacijske šumove, te vanjske smetnje.

Elektromagnetske smetnje dolaze iz elektromagnetskih polja koja stvaraju električni uređaji ili druge električne mreže, Takve smetnje mogu biti prisutne u raznim frekvencijama. Radiofrekvencijske smetnje su smetnje koje dolaze iz radiofrekvencijskih signala, kao što su signali iz radio stanica, mobitela ili drugih bežičnih uređaja.

Termalni šumovi su prirodni šumovi koji su uzrokovani toplinom koju stvaraju elektroni u elektroničkim komponentama. Takvi šumovi se javljaju na svim frekvencijama, dok intermodulacijski šumovi nastaju kada se signali različitih frekvencija miješaju ili interferiraju međusobno, stvarajući druge frekvencije koje mogu utjecati na signal. Vanjske smetnje i šumovi dolaze iz vanjskih izvora kao što su atmosferski uvjeti, munje, elektromagnetsko zračenje iz svemira itd.

Ekraniranje ili zaštita od elektromagnetskog zračenja, koristi elektromagnetske ekrane ili omote oko kabela ili električnih uređaja u svrhu smanjivanja prolaza elektromagnetskog zračenja i ometanja signala.

Filteri se koriste kako bi uklonili određene frekvencije iz signala koje bi mogle biti potencijalne smetnje (Slika 3.5.). Postoji više vrsta filtera kao što su niskopropusni, visokopropusni i dr. Također filteri mogu biti aktivni (operacijska pojačala) ili pasivni (RC i LC filteri).



Slika 3.5. Frekvencije smetnji i šumova i filtriranje

Uzemljenje signalnog kabela igra važnu ulogu u održavanju kvalitete signala, smanjenju elektromagnetskih smetnji i osiguranju sigurnosti u električnim i elektroničkim sustavima. Uzemljenje je postupak spajanja električnog ili elektroničkog uređaja na zemlju ili referentnu točku potencijala kako bi se osigurala sigurnost i stabilnost sustava. Također pomaže u zaštiti od električnih udara i oštećenja opreme. Signalni kablovi, posebno dulji ili oni koji prolaze kroz bučne okoline, mogu uhvatiti elektromagnetske smetnje koje mogu iskriviti ili ometati signale. Uzemljenje pomaže u otklanjanju tih smetnji tako da ih usmjerava prema zemlji. Važno je napomenuti da postoji razlika između uzemljenja signala i zaštitnog uzemljenja. Uzemljenje signala se odnosi na pravilno povezivanje referentnog potencijala signala kako bi se osigurala njegova točnost i stabilnost. Zaštitno uzemljenje se odnosi na zaštitu od električnih udara i opasnih naponskih razlika. Uzemljenje signala obično se postiže povezivanjem određenih dijelova signalnog kabela, kao što su vanjski oklopi ili zaslone, s referentnim potencijalom, obično uzemljenjem ili šasijom. Ovisno o konkretnim zahtjevima i specifikacijama sustava, postoje različite metode i standardi za uzemljenje. Nepravilno uzemljenje može rezultirati lošim performansama signala i povećanim rizikom od oštećenja opreme ili električnih udara.

Izolacija je još jedan ključni dio u zaštiti signala od smetnji, zbog toga je pravilan odabir izolacije jako bitan. Koriste se izolirani kablovi, optička vlakna ili transformatori kako bi se spriječile smetnje u sustavu.

Modulacija signala i kodiranje pomažu u integraciji signala tijekom prijenosa. Korištenje modulacijskih tehnika smanjuje osjetljivost signala.

### **3.4. Protokoli i integracija**

Sigurnost i pouzdanost standardnih signala ovisi o raznim čimbenicima, od vrste signala, do protokola i same fizičke implementacije. Integritet podataka osigurava da se podatak ne mijenja ili ne ošteti tijekom prijenosa. Upotrebom prikladnih komunikacijskih protokola s mehanizmom za provjeravanje cjelovitosti može se osigurati integritet podataka. Privatnost podataka je važna zbog očuvanja povjerljivosti podataka. Kod komunikacijskih protokola koji zahtijevaju privatnost, kao što su autentifikacija ili enkripcija, informacije se šalju na osiguran način da samo određene osobe mogu njih koristiti. Otpornost na smetnje moguće je ostvariti korištenjem kvalitetnih kabela, pravilnog razdvajanja od mogućih smetnji ili dodatnih filtera i prigušivača. Smetnje koje mogu ugroziti pouzdanost signala su elektromagnetske smetnje, interferencije ili buka. Upotrebom više komunikacijskih veza, poput paralelnih kabela ili više puteva u mreži može se osigurati rezervna ruta u slučaju da otkáže glavna veza. [1]

Korištenje standardiziranih komunikacijskih protokola poput HART, TCP/IP, Ethernet, ProfiBus, Modbus i ostalih povećava sigurnost i pouzdanost signala.

Nadzor i održavanje sustava su jako bitni radi pronalaženja i otklanjanja mogućih problema u sustavu. Redovna kontrola kvalitete signala, testiranja i praćenje komunikacijskih veza su ključni u pronalaženju i rješavanju problema prije njihovog utjecanja na sigurnost i pouzdanost signala.

Važno je istaknuti da pouzdanost i sigurnost standardnih signala ovise o samom sustavu, kvaliteti opreme, implementaciji i o načinu upravljanja u industrijskim procesima. Zbog toga je bitno na pravilan način odabrati svu opremu.

Protokoli i standardi su ključni za uspješnu razmjenu podataka između uređaja i sustava u svijetu informacijske tehnologije. Oni definiraju pravila i postupke koje uređaji moraju slijediti kako bi se osigurala ispravna i pouzdana komunikacija. Neki od primjera protokola i standarda su:

- TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) je najpoznatiji i najčešće korišten komunikacijski protokol koji se koristi za prijenos podataka putem interneta i lokalnih mreža. TCP/IP omogućuje pouzdano i sigurno prenošenje podataka putem različitih mrežnih slojeva.
- HART (Highway Addressable Remote Transducer) protokol je digitalni komunikacijski protokol koji se često koristi u industriji za komunikaciju između kontrolnih sustava i

pametnih uređaja kao što su senzori, aktuatori i drugi uređaji koji se koriste u procesnoj industriji.

- Bluetooth je bežični komunikacijski protokol koji omogućuje kratkodomnu komunikaciju između uređaja, poput pametnih telefona, računala, slušalica, tipkovnica, i drugih uređaja.
- Wi-Fi je skup bežičnih komunikacijskih standarda koji omogućuju povezivanje uređaja s bežičnom mrežom, što omogućuje pristup internetu i dijeljenje podataka unutar mreže.
- Zigbee je bežični komunikacijski standard koji se često koristi u sustavima pametnih kuća i IoT (Internet of Things) uređaja. Omogućuje malu potrošnju energije i visok stupanj pouzdanosti komunikacije između uređaja.
- Modbus je protokol koji se često koristi u industrijskim postrojenjima za komunikaciju između uređaja, senzora i kontrolera.

Postoji mnogo drugih protokola koji se primjenjuju u različitim industrijskim i komunikacijskim scenarijima, a novi se često razvijaju kako bi se udovoljilo potrebama rastuće tehnologije i zahtjevima tržišta.

Obrada i interpretacija standardnih signala ključni su koraci u interakciji između uređaja i sustava. Standardni signali su obično definirani prema određenim protokolima ili standardima kako bi osigurali dosljednost i kompatibilnost u komunikaciji.

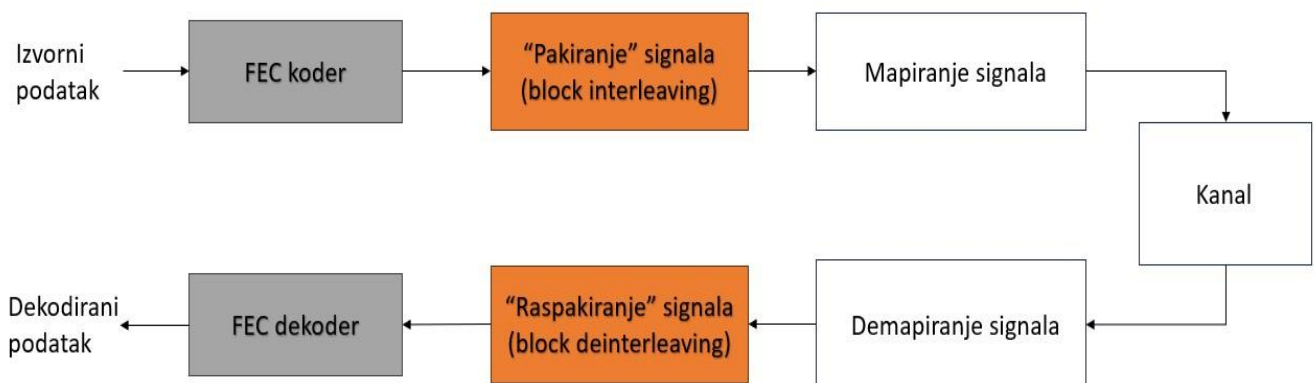
Prije nego što se signal može obraditi, često je potrebno pretvoriti analogne signale u digitalne. To se postiže procesom uzorkovanja, kvantizacije i kodiranja, gdje se kontinuirani analogni signal pretvara u diskretne digitalne vrijednosti. Digitalizacija omogućuje daljnju obradu signala pomoću digitalnih sustava i algoritama. Kada je signal digitaliziran, potrebno ga je dekodirati kako bi se razumjela njegova struktura i značenje. U slučaju komunikacijskih protokola, dekodiranje uključuje očitavanje specifičnih polja podataka koji nose informacije o adresiranju, kontrolama i samim podacima. Također, kod višekanalnih sustava, de-multiplexiranje se koristi kako bi se odvojili podaci koji pripadaju različitim kanalima. [2]

Obrada signala uključuje primjenu različitih matematičkih i statističkih algoritama na digitalne podatke kako bi se izvukle korisne informacije ili kako bi se signal prilagodio za daljnju obradu. To može uključivati filtriranje (npr. uklanjanje šuma), promjenu amplitudnog raspona, prepoznavanje oblika i analizu frekvencijskog spektra. Također, moguće je da se tijekom prijenosa signala dogode greške koje je potrebno detektirati ili ispraviti korištenjem korekcijskih algoritama. Nakon obrade signala, rezultati se analiziraju kako bi se izvukle korisne informacije. U kontekstu

komunikacijskih sustava, ovo može uključivati provjeru valjanosti podataka, izračunavanje sume radi provjere integriteta podataka i tumačenje podataka prema zadanom formatu ili protokolu.

U nekim komunikacijskim sustavima, signali se mogu podijeliti u „pakete“ (engl. interleaving) kako bi se bolje iskoristila širina propusnosti. U obradi tih signala, potrebno je provesti i „raspakiranje“ (engl. deinterleaving) kako bi se vratili u svoj izvorni redosljed (Slika 3.7.). Obrada i interpretacija standardnih signala ima ključnu ulogu u gotovo svim područjima gdje se koriste komunikacijski sustavi, od telekomunikacija, mrežnih komunikacija, pametnih uređaja, industrijske automatizacije, do zdravstva i drugih tehnoloških aplikacija. Kvalitetna obrada i interpretacija signala ključni su čimbenici za osiguravanje pouzdane i učinkovite komunikacije između različitih uređaja i sustava. [5]

Forward Error Correction (FEC) je česta tehnika koja se koristi u kompleksnim sustavima radi kontrole pogrešaka pri prijenosu podataka preko bučnih prijenosnih kanala. Ključna ideja je kodiranje signala na redundantan način koristeći kod za korekciju pogrešaka u odašiljaču; to omogućuje prijemu da detektira ograničeni broj pogrešnih bitova u prenesenom signalu i često ispravi te pogreške bez potrebe za ponovnim slanjem signala. Zbog redundancije u prenesenom signalu, FEC obično zahtijeva veći širinski opseg kanala. FEC enkoder obavlja linearno kodiranje (linearni blok kod) ulaznog signala koristeći generiranu matricu, dok FEC dekoder obavlja linearno dekodiranje ulaznog signala koristeći matricu za kontrolu pariteta.



Slika 3.7. Proces interleaving-a i deinterleaving-a signala

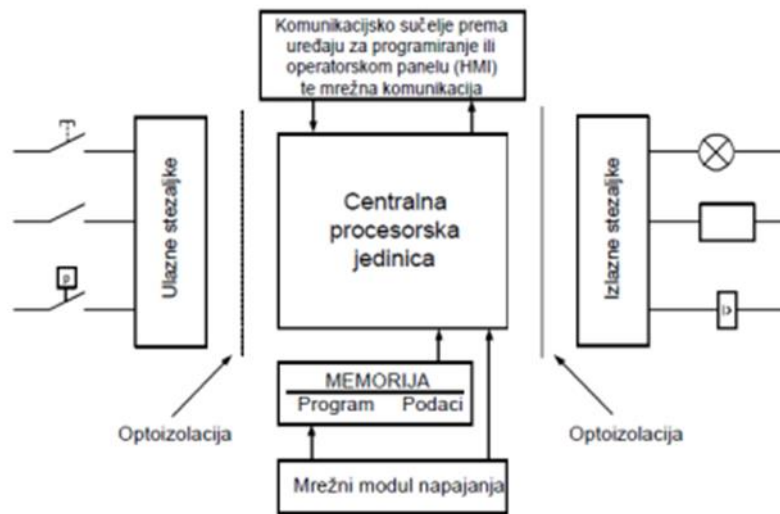
Nakon što se podaci obrade i interpretiraju, može biti potrebno donijeti odluke i poduzeti akcije ovisno o sadržaju signala. To može uključivati upravljanje sustavima, izvođenje radnji, slanje potvrde o primitku, ili pokretanje odgovarajućih reakcija temeljenih na primljenim podacima.



## 4. PLC UREĐAJI

### 4.1. Dijelovi i princip rada PLC uređaja

Programirajući logički kontroleri (PLC) su glavni dijelovi sustava nadzora i upravljanja. Izumljeni su kako bi zamijenili relejne krugove u upravljanju industrijskih postrojenja. PLC uređaji se sastoje od centralne procesorske jedinice (CPU), memorije, digitalnih ili analognih ulaza i izlaza, komunikacijskog sučelja i napajanja (Slika 4.1.).

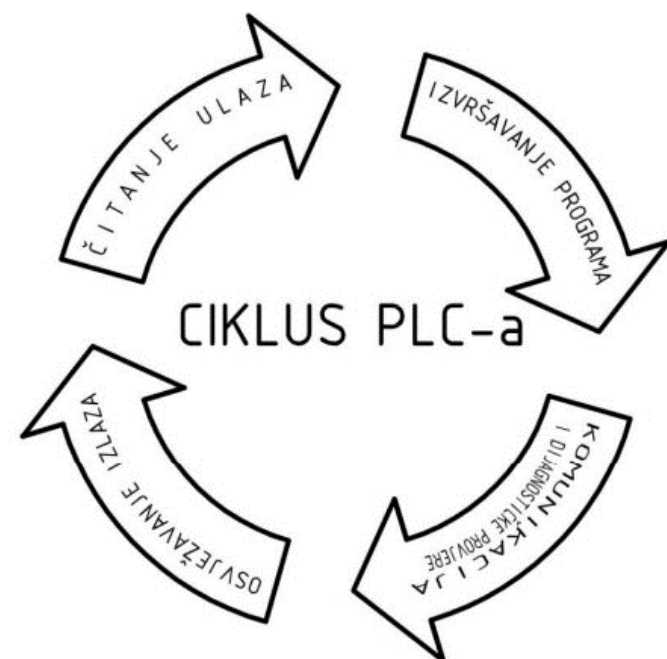


Slika 4.1. Shema PLC uređaja

Učinkovitost automatizacije postrojenja najviše ovisi o karakteristikama i sposobnosti samog PLC uređaja da procesira i obrađuje podatke koje dobiva na ulaznim stezaljkama. Na ulazne stezaljke se priključuju senzori i različite ulazne komponente. Tu se odvija pretvorba vanjskog signala u signal koji procesor razumije. Neki od senzora koji se koriste su senzori pritiska, brzine, temperature itd. Signal koji PLC dobiva na ulazu može biti analogni ili digitalni. Između ulaza i procesora se nalazi optoizolacija čija je svrha galvanski odvojiti strujne krugove ulaza i procesora kako bi se onemogućio protok struje zbog mogućih razlika strujnih krugova i sprječavanje visokofrekvencijskih smetnji filtriranjem signala. Izlazi su stezaljke na kojima se spajaju uređaji kojima se upravlja, a to su najčešće motori, signalizacija i sl. Analogni izlaz koristi se za generiranje analognog signala (npr. regulacija brzine vrtnje motora preko napona), dok digitalni izlazni signal radi kao prekidač. Cijeli ciklus rada PLC uređaja (Slika 4.2.) se sastoji od četiri faze:

1. Ulazna faza – PLC prima ulazne signale ili podatke iz različitih senzora ili drugih uređaja.

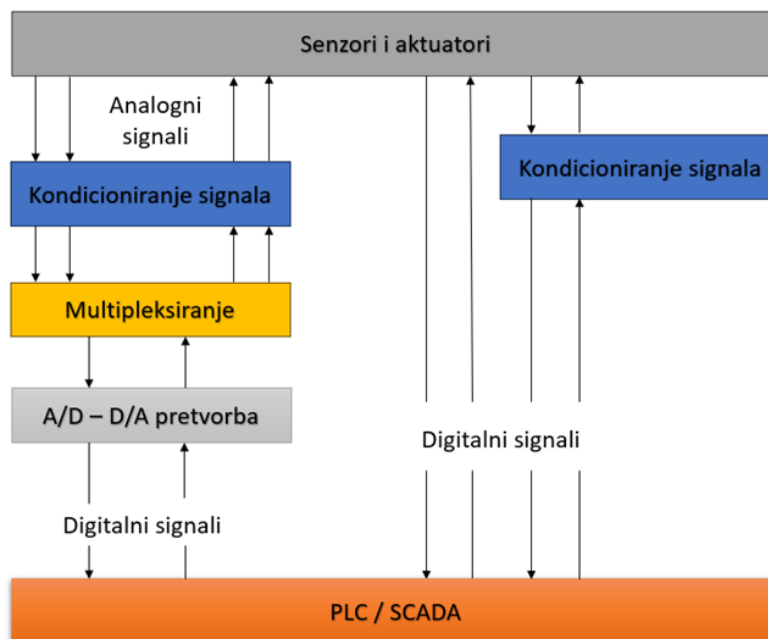
2. Skeniranje – PLC izvršava programsku logiku ili kontrolne instrukcije koje su unaprijed definirane i programirane. Ova faza uključuje analizu trenutnih ulaznih podataka i primjenu programskih instrukcija kako bi se donjele odgovarajuće odluke o tome što treba raditi.
3. Izvođenje - U ovoj fazi PLC uređaj generira izlazne signale ili naredbe koje se šalju različitim izlaznim uređajima kao što su motori, ventili, svjetla itd. Izlazni signali utječu na kontrolu procesa ili sustava prema programiranim uputama.
4. Ažuriranje izlaza - Nakon što su izlazni signali generirani i poslani izlaznim uređajima, PLC ažurira svoje izlazne podatke kako bi se osiguralo željeno stanje procesa ili sustava.



Slika 4.2. Ciklus PLC-a

Ulazi i izlazi (I/O) PLC uređaja (Slika 4.3.) mogu biti:

1. DI (engl. Digital Input) – digitalni ulaz
2. DO (engl. Digital Output) – digitalni izlaz
3. AI (engl. Analog Input) – analogni ulaz
4. AO (engl. Analog Output) – analogni izlaz



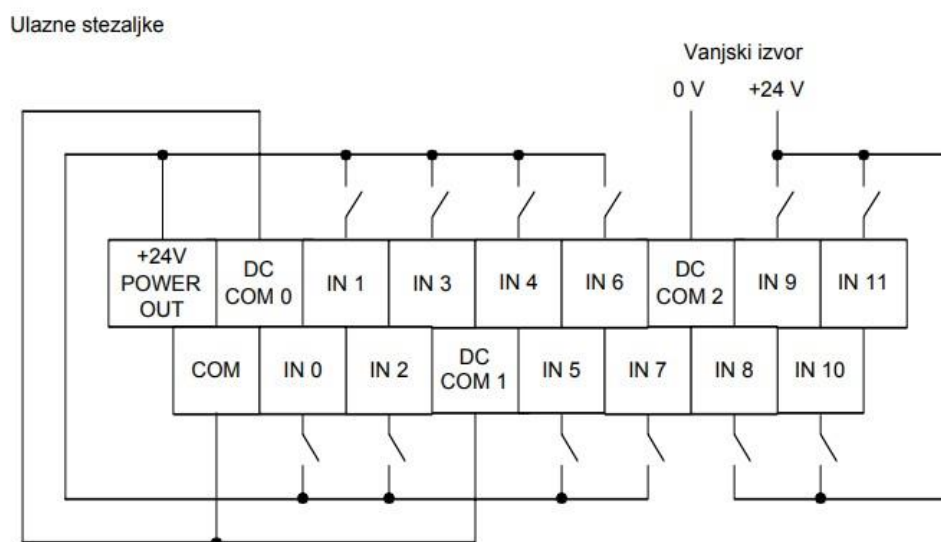
Slika 4.3. Analogni i digitalni ulazi i izlazi

Mnogi PLC-ovi i računalni uređaji koriste daljinske I/O za prikupljanje podataka iz neke udaljene lokacije. Daljinski I/O sistemi služe kao konzentator podataka i na taj način minimiziraju količinu fizičkih kablova potrebnih za direktno spajanje svakog I/O polja. U nekim slučajevima proizvođači PLC-ova stavljaju analogne i digitalne I/O kartice sa terminalnim karticama, signalnim filtrima i ostalim uređajima. Sustav na daljinu komunicira sa centralom preko komunikacijske mreže. Računalno bazirani kontrolni sustavi mogu koristiti daljinske I/O komponente koje se sastoje od digitalnih i analognih I/O kartica različitih dobavljača, poslanih putem različitih shema za komunikaciju podataka. U mnogim slučajevima, veliki kontrolni sustav koji se prostire po cijelom području tvornice može prikupljati podatke iz potpuno različitih vrsta opreme za prikupljanje podataka. Informacije koje dolaze iz laboratorija za ispitivanje mogu potjecati od analizatora i instrumenata koji koriste standard IEEE-488, podaci u stvarnom vremenu iz reaktora s grupom podataka mogu sadržavati desetke signala protoka, tlaka i temperature koji dolaze putem mreže i informacije iz sustava za kontrolu inventara i manipulaciju materijalima mogu biti podaci o upravljanju pokretima od enkodera, davača položaja i prekidača granica prikupljenih putem PLC-a i dostupni na PLC mreži za komunikaciju. [3]

Na ulaznom dijelu PLC-a se nalaze priključne vijčane stezaljke na koje se povezuju dojavni signali iz procesa koji se kontrolira. Ove stezaljke predstavljaju početnu točku za prilagodbu vanjskog signala iz radnog okruženja procesorskoj jedinici PLC-a. PLC prima informacije na svojim

ulaznim stezaljkama, a te informacije mogu biti dvije vrste: digitalne (diskretne) i analogne. Digitalni ulazni signali mogu potjecati, na primjer, od sklopki, senzora, ili tipkala. Visoki nivo digitalnog signala iznosi između 14 i 30 VDC, dok niski nivo iznosi između 0 i 5 VDC. Analogni ulazni signali, s druge strane, mogu biti različitih oblika, uključujući strujne signale kao što su 0-20 mA i 4-20 mA, te naponske signale kao što je 0-10 VDC ili čak naponski signali u rasponu od -10 do +10 VDC, uz određenu rezoluciju (8-bitni ili 16-bitni A/D pretvornik). Prilagodba signala s uobičajenog ulaznog napona od 120-230 VAC ili 24 VDC na 5 VDC, što je naponski nivo koji procesorska jedinica PLC-a razumije, uključuje upotrebu optoizolacije signala. Ovo je izuzetno važno kako bi se postigla galvanska izolacija između strujnih krugova, sprječavajući time protok struje uslijed potencijalnih razlika između internih logičkih strujnih krugova PLC-a i ulaznih strujnih krugova. Također se primjenjuje filtriranje signala kako bi se smanjile visokofrekventne smetnje i smetnje koje mogu nastati zbog statičkog pražnjenja.

U slučaju PLC-a s 12 digitalnih ulaza, ti ulazi su podijeljeni u 3 grupe prema stezaljci za masu (COM): COM 0 se odnosi na ulaze od 0 do 3, COM 1 na ulaze od 4 do 7, a COM 2 na ulaze od 8 do 11. Stezaljke od IN 0 do IN 7 koriste napajanje iz samog PLC-a, dok stezaljke od IN 8 do IN 11 koriste vanjski izvor napajanja. Upotreba vanjskog izvora napajanja je potrebna ako izvor unutar PLC-a nije dovoljan za potrebe senzorske opreme, posebno ako su duljine vodova između senzora i PLC-a velike. Prilikom odabira izvora napajanja, treba uzeti u obzir i gubitak napona koji može nastati zbog duljine vodova. (Slika 4.4.)



Slika 4.4. Primjer ožičenja ulaznih stezaljki PLC-a

Postoje i analogne kartice za mjerenje temperature RTD-ovima (Resistance Temperature Detectors) i termoparima koje se koristeu industrijskim procesima gdje je precizno mjerenje temperature bitno. RTD-ovi su uređaji koji se koriste za precizno mjerenje temperature pomoću senzora. RTD senzori su vrsta termometara koji koriste promjenu električkog otpora materijala s promjenom temperature kako bi izmjerili temperaturu. Kartica pretvara analogni signal iz RTD senzora u digitalni oblik koji se može prikazati na računalu ili drugom uređaju. Ovo digitalno očitavanje obično dolazi u obliku temperaturnog podatka u Celzijusima ili Fahrenheiteima. Najčešće se koristi platinski RTD senzor zbog svoje stabilnosti i preciznosti. Analogne kartice za mjerenje temperature termoparima su uređaji koji omogućavaju konverziju analognih signala generiranih termoparom (termoelektrični senzor koji mjeri temperaturu na temelju razlike u električnom potencijalu između dvije različite metalne žice spojene na krajevima termopara) u digitalne podatke koji se mogu koristiti za analizu i praćenje temperature.

Važno je napomenuti da se karakteristike i arhitektura ulaznih i izlaznih kartica može razlikovati ovisno od modela i proizvođača PLC-ova.

## **4.2. Primjeri modela**

Neki od boljih primjera modela PLC uređaja na današnjem tržištu za automatizaciju i upravljanje industrijskih procesa su ControlLogix i SIMATIC S7-1500.

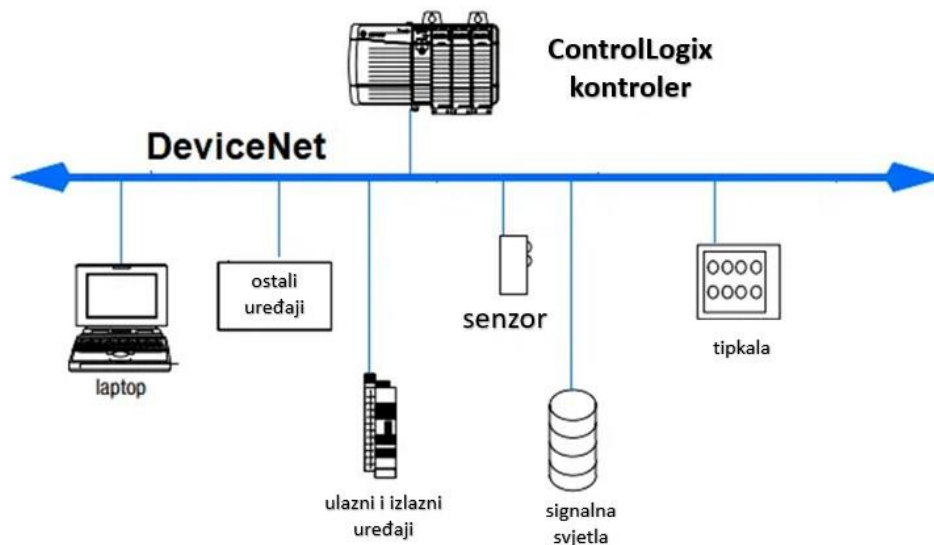
ControlLogix kontroleri se temelje na arhitekturi Logix, koja kombinira napredne procesorske mogućnosti s fleksibilnošću i skalabilnošću. Pružaju veliku pouzdanost, fleksibilnost i brzinu u obradi ulaza i izlaza, komunikaciji i izvršavanju upravljačkih zadataka.

Kontroleri koriste PLC softver za razvoj upravljačkih programa. Softver zvan Studio 5000, omogućuje programerima da kreiraju i konfiguriraju kontrolere, razvijaju upravljačke logike, uspostavljaju komunikaciju s drugim uređajima i dijagnosticiraju sustav. Također podržavaju različite komunikacijske protokole uključujući Ethernet/IP, DeviceNet, ControlNet i druge. To omogućuje integraciju s drugim uređajima u postrojenju kao što su senzori, pogonski motori, ventili, itd. [2]

Jedna od glavnih prednosti ControlLogix kontrolera je njihova skalabilnost. Sustav se može proširiti dodavanjem više modula za ulazno/izlazne točke procesorskih modula ili komunikacijskih modula. To omogućuje prilagodbu kontrolera na veličinu i zahtjeve postrojenja.

Uz to, ControlLogix ima napredne dijagnostičke mogućnosti koje omogućuju korisnicima praćenje stanja sustava, dijagnosticiranje i otklanjanje kvarova. Ove funkcije poboljšavaju pouzdanost i održavanje sustava, smanjujući vrijeme zaustavljanja proizvodnje.

Kao i kod drugih PLC uređaja, ulazne i izlazne kartice ControlLogix PLC-a se mogu prilagoditi ovisno o zahtjevima u automatizacijskom sustavu. Također je važno napomenuti da ControlLogix PLC posjeduje različite kapacitete ulaznih i izlaznih kartica kako bi se mogao prilagoditi raznim veličinama sustava i posebnim zahtjevima.

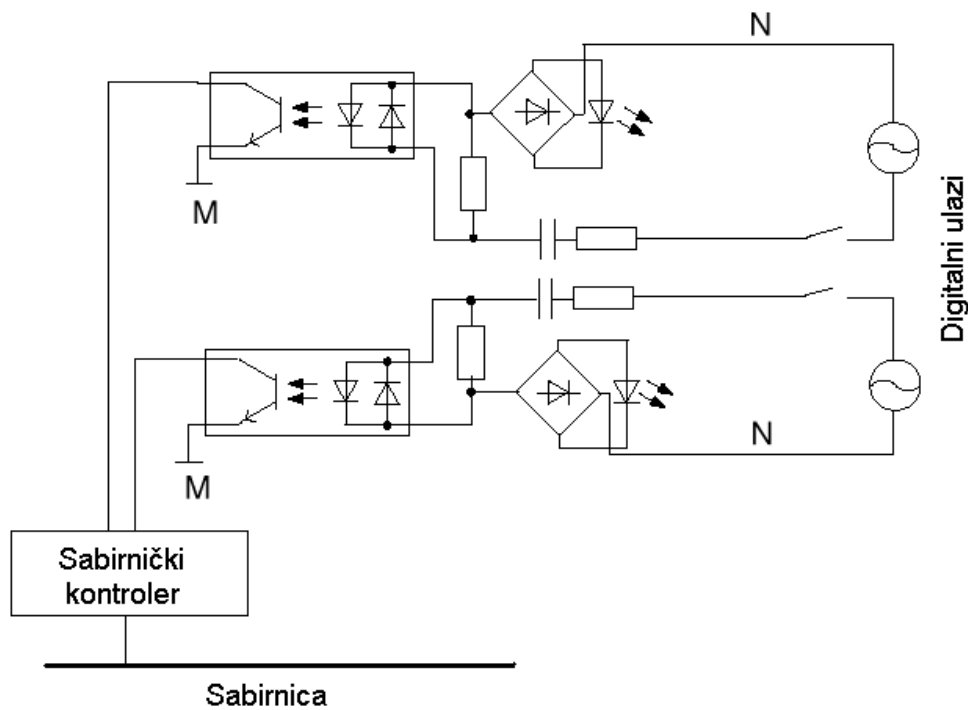


Slika 4.5. Arhitektura ControlLogix PLC uređaja

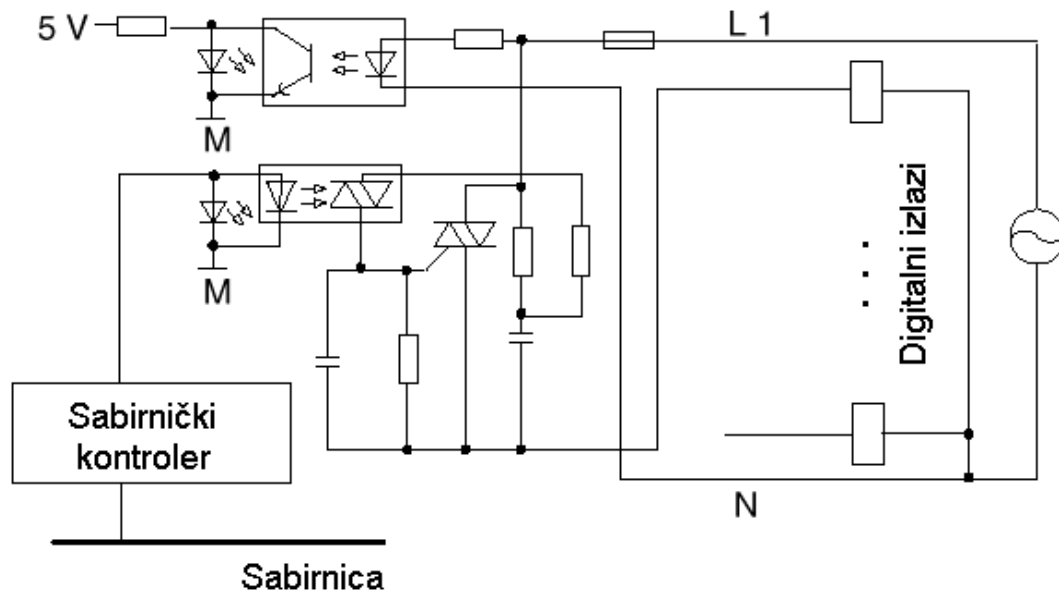
S druge strane, SIMATIC S7-1500 kontroleri koriste se za potpunu automatizaciju proizvodnje te u primjenama za srednje i velike strojeve. U usporedbi sa ControlLogix kontrolerima njihova prednost je veća kompaktnost. Kombinacija pojedinačne SIMATIC komponente nudi snažna i fleksibilna rješenja za automatizaciju.

Procesni signali povezani su sa središnjim upravljačem preko sabirnice polja i svi moduli nalaze se izravno u sustavu automatizacije ili u distribuiranom I/O sustavu. Ovi PLC-ovi podržavaju različite I/O module za povezivanje s različitim vrstama uređaja. Ovdje su neki od modula sučelja koji se obično koriste sa SIMATIC S7-1500 I/O uređajima:

Digitalni ulazno/izlazni moduli (DI/DO) (Slika 4.6) (Slika 4.7.): Ovi moduli pružaju mogućnosti digitalnog ulaza i izlaza. Mogu se koristiti za povezivanje s uređajima kao što su prekidači, tipkala, senzori i solenoidi. Serija S7-1500 nudi niz DI/DO modula s različitim brojem kanala i razinama napona. Digitalni ulazi se koriste za otkrivanje statusa diskretnih signala, kao što su prekidači, tipkala i senzori. S7-1500 PLC-ovi nude DI module s različitim brojem kanala (npr. 8, 16 ili 32 kanala) i kompatibilnošću napona (npr. 24 V DC ili 120 V AC). Digitalni ulazi mogu se koristiti za otkrivanje prisutnosti, odsutnosti ili promjene stanja signala. Digitalni izlazi daju upravljačke signale za aktiviranje ili deaktiviranje vanjskih uređaja, poput solenoida, releja ili indikatora. S7-1500 PLC-ovi nude DO module s različitim brojem kanala i kompatibilnošću napona. Digitalni izlazi mogu se koristiti za uključivanje/isključivanje uređaja, kontrolu releja ili indicaciju statusa procesa.



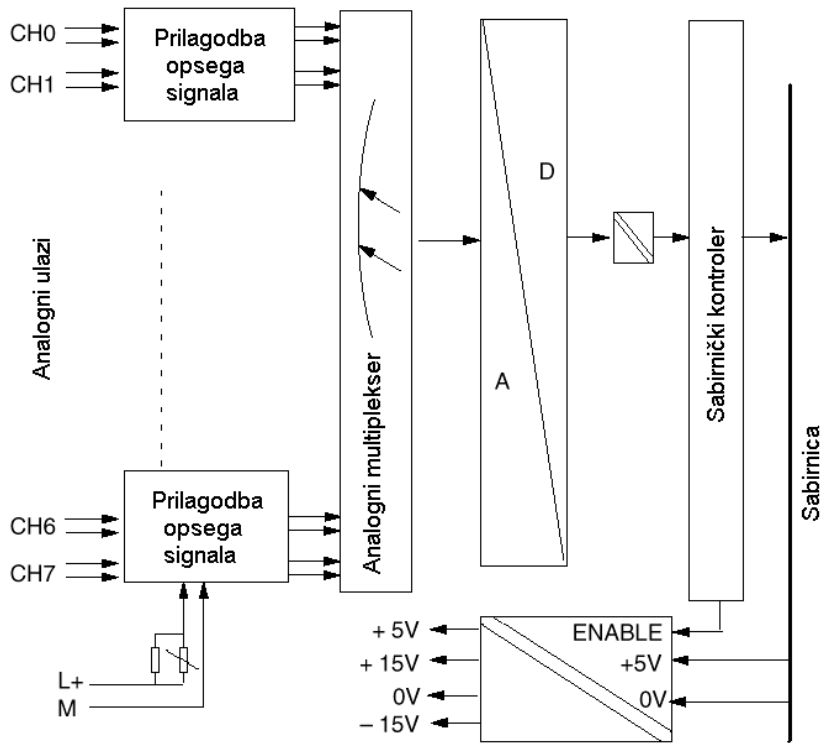
Slika 4.6 Blok shema digitalnog ulaznog modula PLC-a



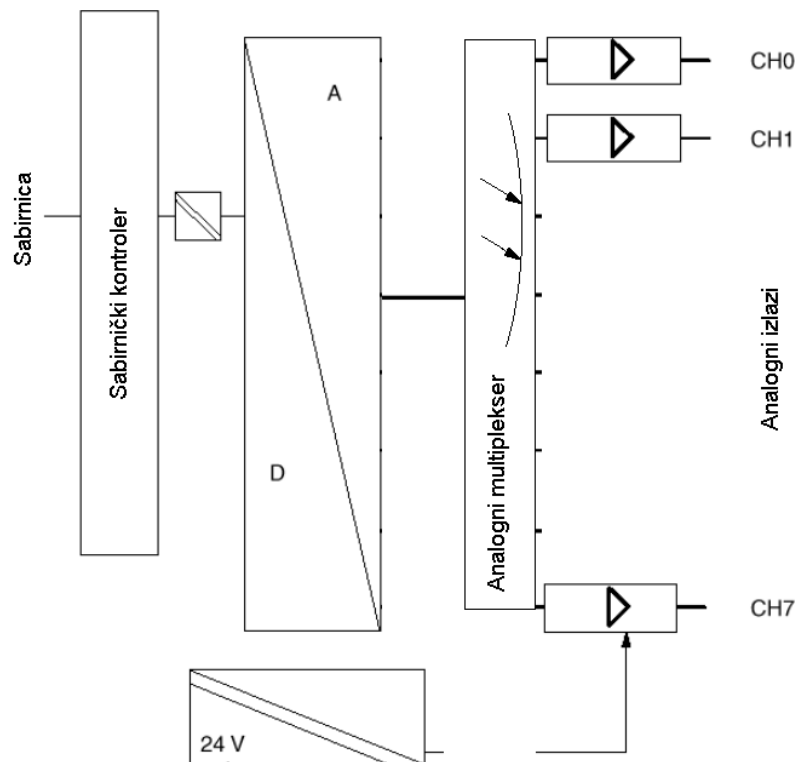
Slika 4.7. Blok shema digitalnih izlaznih modula PLC-a

Analogni ulazno/izlazni moduli (AI/AO) (Slika 4.8.) (Slika 4.9.) : Analogni moduli omogućuju PLC-u povezivanje s analognim sensorima i aktuatorima. Oni pretvaraju analogne signale, poput napona ili struje, u digitalne vrijednosti koje može obraditi kontroler. Serija S7-1500 nudi analogne module za različite tipove signala (napon, struja, temperatura, itd.) s različitim rezolucijama i brojem kanala. S7-1500 PLC-ovi podržavaju analogne ulazne module s različitim rezolucijama (npr. 12-bitnim ili 16-bitnim). Analogni ulazi se obično koriste za nadzor i kontrolu procesa koji zahtijevaju precizno mjerenje i kontrolu analognih signala. Analogni izlazi generiraju kontinuirane signale, obično u obliku napona ili struje, za upravljanje analognim aktuatorima kao što su motori, ventili ili pogoni s promjenjivom frekvencijom. S7-1500 PLC-ovi nude analogne izlazne module s različitim rezolucijama i brojem kanala. Analogni izlazi omogućuju precizno upravljanje analognim uređajima za postizanje željenog ponašanja procesa. Komunikacijski moduli omogućuju S7-1500 PLC-u da komunicira s drugim uređajima ili sustavima preko različitih komunikacijskih protokola. Primjeri uključuju PROFINET module za industrijsku Ethernet komunikaciju, PROFIBUS module za fieldbus komunikaciju i serijske komunikacijske module (RS485, RS232) za povezivanje s naslijeđenim uređajima.





Slika 4.8. Blok shema analognog ulaznog modula PLC-a



Slika 4.9. Blok shema analognih izlaznih modula PLC-a

Uz osnovne DI, DO, AI i AO module, SIMATIC S7-1500 PLC također nudi specijalizirane module za specifične primjene. Ovi moduli mogu uključivati:

High-Speed Counting (HSC): HSC moduli pružaju mogućnosti brzog brojanja za aplikacije koje zahtijevaju precizno praćenje i kontrolu događaja koji se brzo mijenjaju, kao što su signali kodera ili impulsni ulazi.

Kontrola kretanja: Moduli kontrole kretanja omogućuju precizno upravljanje servo motorima i drugim uređajima za kontrolu kretanja. Omogućuju napredne funkcije kao što su pozicioniranje, kontrola brzine i kamera.

Mjerenje temperature: Moduli za mjerenje temperature dizajnirani su za povezivanje s temperaturnim sensorima, kao što su termoelementi ili otporni temperaturni detektori (RTD). Oni nude visoko precizno mjerenje i kontrolu temperature u industrijskim procesima.

Važno je napomenuti da specifična dostupnost i konfiguracija ulaza i izlaza može varirati ovisno o točnom modelu i reviziji SIMATIC S7-1500 PLC-a. Siemens osigurava detaljnu dokumentaciju proizvoda i priručnike koji opisuju specifične mogućnosti i specifikacije PLC-ova i njihovih odgovarajućih modula.

## **5. BUDUĆNOST SIGNALA U SCADA SUSTAVIMA**

Upravljački sustav u modernim postrojenjima je često izveden kao skup distribuiranih uređaja međusobno povezanih preko komunikacijskih mreža. Na tehnološkoj razini osnovni je cilj biti u mogućnosti međusobno povezati uređaje i programske komponente različitih proizvođača dok na funkcionalnoj razini postoji potreba za mogućnostima međusobnog prijenosa funkcija između različitih razina sustava automatizacije, počevši od razine polja pa sve do razine upravljanja izvorima proizvodnje. Mnoge tvrtke, uz određena ograničenja u sigurnosti, već koriste "web" bazirane klijente za "on-line" upravljanje proizvodnjom te udaljeni nadzor i održavanje. Za pretpostaviti je da će se sustavi automatizacije u budućnosti bazirati na još većoj distribuciji opreme na razini polja, mobilnosti i međusobnom radu sa komponentama smještenim na udaljenim lokacijama. Dobra polazna točka prema razvoju takvih sustava je napravljena na području razvoja programske podrške. Prijašnje generacije digitalnih upravljačkih sustava su bile izvedene kao kombinacija postojećih rješenja iz područja automatizacije i novijih rješenja iz područja elektronike i informacijskih tehnologija. Pojavom mikroprocesora krajem sedamdesetih godina prošlog stoljeća mogućnosti nadzora i upravljanje procesom prebačene su na zaslone računala u distribuiranim sustavima upravljanja (DCS). Od tada je računalna tehnologija nakon mnogih pokušaja uspjela naći put prema industrijskim aplikacijama zbog čega su današnji upravljački sustavi u pravilu izvedeni kao kombinacija raznih tehnologija. Možemo očekivati da će se ovakvi

trendovi također nastaviti u budućnosti u kojoj će nove upravljačke platforme kombinirati nedavne napretke iz područja informacijskih tehnologija i industrijske automatizacije. Povećana procesorska moć, masovna potrošačka elektronika, mobilne komunikacijske mreže i programski jezici postaju alati za implementaciju inteligentnih funkcija koje su u prošlosti bile nezamislive u sustavima automatizacije. To je preusmjerilo razvoj današnjih upravljačkih sustava iz područja nižih programskih jezika i komunikacijskih standarda u smjeru sve opsežnijih podatkovnih modela i preporučenih arhitektura sustava automatizacije. Povećani stupanj horizontalne i vertikalne integracije vodi prema kompleksnim aplikacijama koje zauzvrat traže moćnije komunikacijske i računske modele u sustavima upravljanja.

U današnjim sustavima automatizacije javila se potreba za integriranim, fleksibilnim i jeftinim upravljačkih platformi koje podržavaju višestruku upotrebu izrađenog softvera i dopuštaju jednostavnu implementaciju inteligentnih svojstava. Kako bi se omogućila primjena takvih sustava automatizacije trebalo bi prilikom razvoja budućih upravljačkih rješenja razmotriti sljedeće općenite zahtjeve: Upravljačka platforma bi trebala podržavati ponovno korištenje izrađenog softvera od strane nekog pojedinca ili poduzeća u različitim područjima primjene. [3]

Osim standardnih komponenata i biblioteka specifičnih za pojedinog proizvođača, također bi trebalo omogućiti korištenje samostalno razvijenih komercijalnih softvera dostupnih na tržištu. Kako bi se osigurala dovoljna razina povezanosti programske podrške i mogućnost njezinog prebacivanja između rješenja raznih proizvođača aplikacija se treba temeljiti na zajedničkom konceptu i preporučenoj arhitekturi za pojedino područje primjene. Upotreba zajedničkih standarda za hardver i softver je ključna za smanjenje troškova njihovog razvoja i vremena potrebnog za plasiranje na tržištu, kao i za poboljšanje pouzdanosti sustava. Novi razvojni alati trebali bi osigurati programske jezike orijentirane na aplikaciju koji daju slobodu u definiranju detaljnih funkcija sustava prije nego je odabrana hardverska struktura upravljačkog sustava. Sustav automatizacije mora biti skalabilan počevši od malih samostalnih upravljačkih jedinica pa sve do integriranih aplikacija sa stotinama čvorova (uređaja) na komunikacijskoj mreži. Upravljačka platforma treba primjenjivati "peer to peer" model umjesto centralizirane arhitekture sustava.

Kako bi se omogućila funkcionalna integracija, trebalo bi omogućiti kombiniranje različitih vrste funkcija, kao što je upravljanje u realnom vremenu, izmjene parametara i softvera, pohranu podataka i generiranje izvještaja. Trebalo bi pružiti mogućnost korištenja industrijskih aplikacija u duljem vremenskom periodu od životnog vijeka njihove pojedine komponente. Dakle, upravljačka platforma mora osigurati jednostavnu integraciju novih komponenata u postojeći

sustav te servise za njihovu daljinsku dijagnostiku i održavanje. Također je potrebno omogućiti fleksibilne mehanizme koji su potrebni za jednostavno dodavanje ili uklanjanje pojedinih komponenti bez prekida u radu sustava automatizacije.

U budućnosti, signali u sustavima za nadzor i upravljanje će se vjerojatno mijenjati na više načina kako bi se ostvarile bolje performanse, veća pouzdanost i učinkovitost te prilagodba novim tehnološkim trendovima. Ovo su neki od načina na koje bi se mogli mijenjati signali u budućnosti:

- Povećanje brzine i propusnosti: Napredak u tehnologiji omogućuje povećanje brzine i kapaciteta mreža. To znači da će signali biti prenošeni brže i u većim količinama, što će povećati sposobnost sustava za brže reagiranje i donošenje odluka.
- Primjena 5G
- Povećanje automatizacije: Sustavi za nadzor i upravljanje će se sve više oslanjati na automatizaciju i umjetnu inteligenciju kako bi interpretirali i reagirali na velike količine podataka koje prikupljaju senzori i uređaji. To znači da će signali biti analizirani i obrađivani sve više pomoću algoritama i AI sustava, kako bi se izvukle relevantne informacije i donijele brze i precizne odluke.
- Upotreba naprednih senzora: Razvoj naprednih senzora omogućuje sustavima za nadzor i upravljanje prikupljanje bogatijih i preciznijih podataka. Na primjer, senzori za snimanje slike, zvuka, temperaturu, kemijske sastave i drugih varijabli će omogućiti precizniju i sveobuhvatniju sliku o okolini i stanju sustava.
- Integracija s Internetom stvari (IoT): Sustavi za nadzor i upravljanje će biti sve više povezani s velikim brojem IoT uređaja. To će omogućiti brzu razmjenu podataka između senzora, uređaja i centralnih kontrolnih sustava kako bi se postigla bolja koordinacija i optimizacija rada.
- Korištenje više izvora podataka: Budući sustavi za nadzor i upravljanje će vjerojatno koristiti više različitih izvora podataka, uključujući senzore, društvene medije, meteorološke podatke, financijske informacije i druge relevantne izvore, kako bi se stvorila cjelovita slika situacije i omogućilo bolje predviđanje i reagiranje.

Tehnološki napredak omogućuje razvoj uređaja i sustava s nižom potrošnjom energije, što je od vitalnog značaja uređaje koji rade na baterije ili ograničenim izvorima energije. Sve ove promjene će zajedno omogućiti naprednije, inteligentnije i bolje integrirane sustave za nadzor i upravljanje u različitim sektorima, od prometa i transporta, energetike, industrije do pametnih gradova i zdravstvene skrbi.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu su opisani standardni signali koji se koriste za prijenos i upravljanje u sustavima za nadzor i upravljanje koji se koriste PLC uređajima. Opisane su vrste, njihove karakteristike, metode prijenosa, zaštita signala, te njihovi protokoli i standardi.

Jasno je prikazano kako različiti signali imaju različite primjene u različitim industrijama i sektorima, te kako se mogu koristiti za različite svrhe, uključujući testiranje, dijagnostiku, regulaciju i mnoge druge.

Također su detaljno opisani analogni i digitalni signali i karakteristike analognih i digitalnih ulazno-izlaznih (I/O) kartica, njihova građa i pregled njihovih značajki.

Sustavi za nadzor i upravljanje u elektroenergetici su posebni iz razloga što moraju biti od visoke pouzdanosti uz zadovoljavajuću efikasnost. Kako bi se ostvarili ti uvjeti, unutar sustava mora biti ostvarena dobra povezanost svih uređaja, brz odaziv između dijelova i komponenti sustava, dobro postavljeni sustavi sigurnosti i zaštite, te najdetaljnija grafička vizualizacija procesa. Također je uvjet mogućnost nadzora i upravljanja sa više mjesta.

Složenost sustava varira ovisno o specifičnim zahtjevima, potrebama i načinu na koji će sustav funkcionirati. U energetske sektorima, Sustavi za nadzor i upravljanje usmjereni su na razvoj automatizacije i energetskog upravljanja te postaju ključni za energetska, industrijska i tehnološka postrojenja iz dana u dan.

Razumijevanje standardnih signala i njihova primjena u sustavima nadzora i upravljanja ključno je za optimizaciju performansi, poboljšanje pouzdanosti i efikasnosti različitih tehnoloških i industrijskih procesa.

Napredak u tehnologiji prijenosa signala ima ključni utjecaj na način na koji se upravlja sustavom i integrira uređaje u modernoj industriji. Ovi napretci nastavljaju oblikovati budućnost standardnih signala i potiču daljnji razvoj pametnih i povezanih tehnologija. To rezultira razvojem novih sustava i stalnim nadogradnjama s različitim tehnologijama kako bi se povećala njihova pouzdanost i učinkovitost.

## 7. LITERATURA

- [1] Wayne Tomasi, Electronic Communications Systems, Fifth Edition, DeVry University, Phoenix, Arizona
- [2] J.Northcote-Green, R. Wilson, Control and automation for electrical power distribution systems, CRC Press Taylor & Francis Group, 6000 BrokenSoundParkway NW, Suite 300 Boca Raton, 2007
- [3] M.S. Thomas, J.D. McDonald, Power system SCADA and smartgrids, CRC Press Taylor & Francis Group, 6000 BrokenSoundParkway NW, Suite 300 Boca Raton, 2015.
- [4] D. Bailey, E. Wright, Practical SCADA for industry, Newnes, Great Britain, 2003.
- [5] Norman. S. Nise, Control Systems Engineering, 7th Edition
- [6] Mario Lučan, Goran Malčić, Danijel Maršić, Ivica Vlašić, Sustavi upravljanja i nadzora u postrojenju, Tehničko veleučilište u Zagrebu, Zagreb, 2021.

## **8. SAŽETAK**

### **STANDARDNI SIGNALI U SUSTAVIMA NADZORA I UPRAVLJANJA**

Rad opisuje standardne signale, njihove podjele, načine prijenosa, karakteristike, načine zaštite i ulogu u sustavima nadzora i upravljanje koji koriste PLC uređaje. Objašnjeni su glavni razlozi standardizacije signala u energetici i automatici.

**Ključne riječi:** signali, standardi, nadzor, upravljanje, analogni, digitalni, PLC, SCADA, prijenos, integracija, ulazi, izlazi, ControlLogix, SIMATIC S7-1500

## **9. ABSTRACT**

### **STANDARD SIGNALS IN SUPERVISORY CONTROL SYSTEMS**

This work describes standard signals, their types, transmission, characteristics, protection methods and their tasks in supervisory control systems that use PLC devices. It explains the main reasons for standardizing signals in power engineering and automatics.

**Keywords:** signals, standards, supervision, control, analog, digital, PLC, SCADA, transmission, integration, input, output, ControlLogix, SIMATIC S7-1500



## **10. ŽIVOTOPIS**

Leon Buntić rođen je 24.7.2001. u Slavonskom Brodu. Završio je Osnovnu školu Antun Mihanović 2016. godine. Upisuje smjer elektrotehničar u Tehničkoj školi Slavonski Brod koju završava 2020. godine. Nakon srednje škole upisuje preddiplomski stručni studij na Fakultetu elektrotehnike, računalstva i informacijskih tehnologija Osijek. Za vrijeme studija odrađuje 200 sati praktičnog rada u tvrtki Đuro Đaković Elektromontaža d.o.o.. Preddiplomski stručni studij na smjeru elektroenergetika završava 2023. godine.