

# Mogućnosti bežičnog povezivanja kontrolera sa periferijom

---

**Mendelski, Miran**

**Master's thesis / Diplomski 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:200:219097>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-30**

*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**

**Sveučilišni diplomski studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija**

**Mogućnosti bežičnog povezivanja kontrolera sa  
periferijom**

**Diplomski rad**

**Miran Mendelski**

**Osijek, 2023.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac D1: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za diplomski ispit**

Osijek, 19.09.2023.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Imenovanje Povjerenstva za diplomski ispit**

<b>Ime i prezime Pristupnika:</b>	Miran Mendelski
<b>Studij, smjer:</b>	Diplomski sveučilišni studij Elektrotehnika, smjer Komunikacije i informatika'
<b>Mat. br. Pristupnika, godina upisa:</b>	D-1374, 07.10.2021.
<b>OIB studenta:</b>	99410960190
<b>Mentor:</b>	izv. prof. dr. sc. Krešimir Grgić
<b>Sumentor:</b>	Goran Kurtović, mag. ing. el.
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Predsjednik Povjerenstva:</b>	izv. prof. dr. sc. Višnja Križanović
<b>Član Povjerenstva 1:</b>	izv. prof. dr. sc. Krešimir Grgić
<b>Član Povjerenstva 2:</b>	mr. sc. Anđelko Lišnjić
<b>Naslov diplomskog rada:</b>	Mogućnosti bežičnog povezivanja kontrolera sa periferijom
<b>Znanstvena grana diplomskog rada:</b>	<b>Telekomunikacije i informatika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Zadatak diplomskog rada:</b>	U industrijskom okruženju nužno je povezivanje kontrolera s perifernim uređajima. To je moguće postići putem različitih komunikacijskih standarda i protokola, pri čemu se na većim udaljenostima često koriste bežične komunikacije. Potrebno je uspostaviti bežični sustav komunikacije kontrolera s perifernim uređajem, te analizirati i opisati njegov rad u okruženju elektromotornih pogona. Sumentor s FERIT-a: Goran Kurtović
<b>Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (diplomskog rada):</b>	Izvrstan (5)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
<b>Datum prijedloga ocjene od strane mentora:</b>	19.09.2023.
Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:	<i>Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.</i>
	Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 30.09.2023.

Ime i prezime studenta:	Miran Mendelski
Studij:	Diplomski sveučilišni studij Elektrotehnika, smjer Komunikacije i informatika'
Mat. br. studenta, godina upisa:	D-1374, 07.10.2021.
Turnitin podudaranje [%]:	3

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Mogućnosti bežičnog povezivanja kontrolera sa periferijom**

izrađen pod vodstvom mentora izv. prof. dr. sc. Krešimir Grgić

i sumentora Goran Kurtović, mag. ing. el.

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Zadatak diplomskog rada</b> .....	<b>2</b>
<b>2. BEŽIČNO I ŽIČANO POVEZIVANJA KONTROLERA SA PERIFERIJOM</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Žičane tehnologije</b> .....	<b>4</b>
2.1.1 Prednosti žičane tehnologije.....	5
2.1.2 Nedostatci žičane tehnologije.....	6
<b>2.2 Bežične tehnologije</b> .....	<b>7</b>
2.2.1 Prednosti bežične tehnologije.....	8
2.2.2 Nedostatci bežične tehnologije.....	9
<b>3. TEHNOLOGIJE I NAČIN RADA WSN-3202, NI-9792 I S7-1200 UREĐAJA</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1 NI WSN-9792</b> .....	<b>10</b>
3.1.1 Hardver.....	12
3.1.2 Mrežno povezivanje uređaja.....	13
<b>3.2 NI WSN-3202</b> .....	<b>16</b>
3.2.1 Hardver.....	18
3.2.2 Ulazni sklop.....	19
3.2.3 Povezivanje uređaja u mrežu.....	21
3.2.4 Pregled softvera.....	22
<b>3.3 S7-1200</b> .....	<b>23</b>
3.3.1 Hardver.....	25
U tablici 3.3 prikazana su glavna svojstva SIMATIC S7-1200 uređaja.....	26
3.3.2 STEP 7 Basic.....	26
<b>4. IMPLEMENTACIJA BEŽIČNOG POVEZIVANJA S WSN-3202 I NI- 9792 UREĐAJIMA UZ KORIŠTENJE S7-1200</b> .....	<b>28</b>
<b>4.1 Implementacija uređaja</b> .....	<b>28</b>
4.1.1 Implementacija NI-9792 uređaja.....	28
4.1.2 Implementacija NI WSN-3202 I NI WSN-3212 uređaja.....	33
4.1.3 Implementacija S7-1200 uređaja u mrežu.....	36
<b>4.2 Završni program</b> .....	<b>39</b>
<b>5. TESTIRANJE SUSTAVA U INDUSTRIJSKIM UVJETIMA</b> .....	<b>48</b>
<b>6. PRIMJERI PRIMJENE BEŽIČNOG POVEZIVANJA</b> .....	<b>51</b>
<b>7. IZAZOVI I BUDUĆNOST BEŽIČNOG POVEZIVANJA U INDUSTRIJI</b> .....	<b>53</b>
<b>8. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>56</b>
<b>LITERATURA</b> .....	<b>57</b>
<b>SAŽETAK</b> .....	<b>59</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>60</b>
<b>ŽIVOTOPIS</b> .....	<b>61</b>

## 1. UVOD

U današnjem digitalnom svijetu, gdje se tehnološki napredak neprestano događa, bežično povezivanje kontrolera s periferijom postaje sve važnije i sveprisutnije.

Bežično povezivanje kontrolera sa periferijom predstavlja tehnološki napredak koji je donio revoluciju u načinu upravljanja različitim uređajima i sustavima. Tradicionalno, kontroleri su bili povezani s perifernim uređajima putem žičanih veza, što je stvaralo ograničenja u pogledu slobode kretanja, organizacije prostora i praktičnosti. Međutim, s razvojem naprednih tehnologija i uređaja, kao što su WSN-3202 i NI-9792, bežično povezivanje kontrolera postalo je sve više prihvaćeno i implementirano.

Ovaj diplomski rad ima za cilj pružiti uvid u mogućnosti bežičnog povezivanja kontrolera s periferijom uz korištenje WSN-3202 i NI-9792. Proučit će se prednosti koje bežično povezivanje donosi, kao što su sloboda kretanja, estetska vrijednost i poboljšana praktičnost. Također, detaljno će se istražiti tehnologije koje stoje iza ovog povezivanja, s naglaskom na WSN-3202 i NI-9792 uređaje uz korištenje Siemens S7-1200 uređaja za periferiju.

Raspravljat ćemo o implementaciji bežičnog povezivanja s WSN-3202 i NI-9792, uključujući konfiguraciju hardvera, postavljanje mreže i upravljanje vezom, s posebnim naglaskom na integraciju S7-1200 kontrolera. Prikazat ćemo mogućnosti primjene ovog povezivanja u različitim industrijama i postrojenjima. Također, razmotrit ćemo izazove s kojima se suočavaju bežične veze, poput latencije, interferencije i sigurnosti, te kako se uspostavljena mreža nosi s tim izazovima. Uzimajući u obzir napredak tehnologije i rastuću potrebu za bežičnim povezivanjem, ova kombinacija WSN-3202, NI-9792 i S7-1200 pruža snažnu osnovu za razvoj modernih, inteligentnih sustava upravljanja i automatizacije.

Na kraju, osvrnut ćemo se na budućnost bežičnog povezivanja sa uređajima, razmatrajući napredak tehnologije i potencijalne primjene. Sigurnost će također biti važna tema za razmatranje, jer bežično povezivanje zahtijeva adekvatne sigurnosne mjere kako bi se zaštitili podaci i spriječio neovlašten pristup. Ovaj diplomski rad pružit će vam cjelovit uvid u mogućnosti bežičnog povezivanja kontrolera s periferijom uz korištenje WSN-3202, NI-9792 i S7-1200 uređaja.

## **1.1 Zadatak diplomskog rada**

U industrijskom okruženju nužno je povezivanje kontrolera s perifernim uređajima. To je moguće postići putem različitih komunikacijskih standarda i protokola, pri čemu se na većim udaljenostima često koriste bežične komunikacije. Potrebno je uspostaviti bežični sustav komunikacije kontrolera s perifernim uređajem, te analizirati i opisati njegov rad u okruženju elektromotornih pogona.

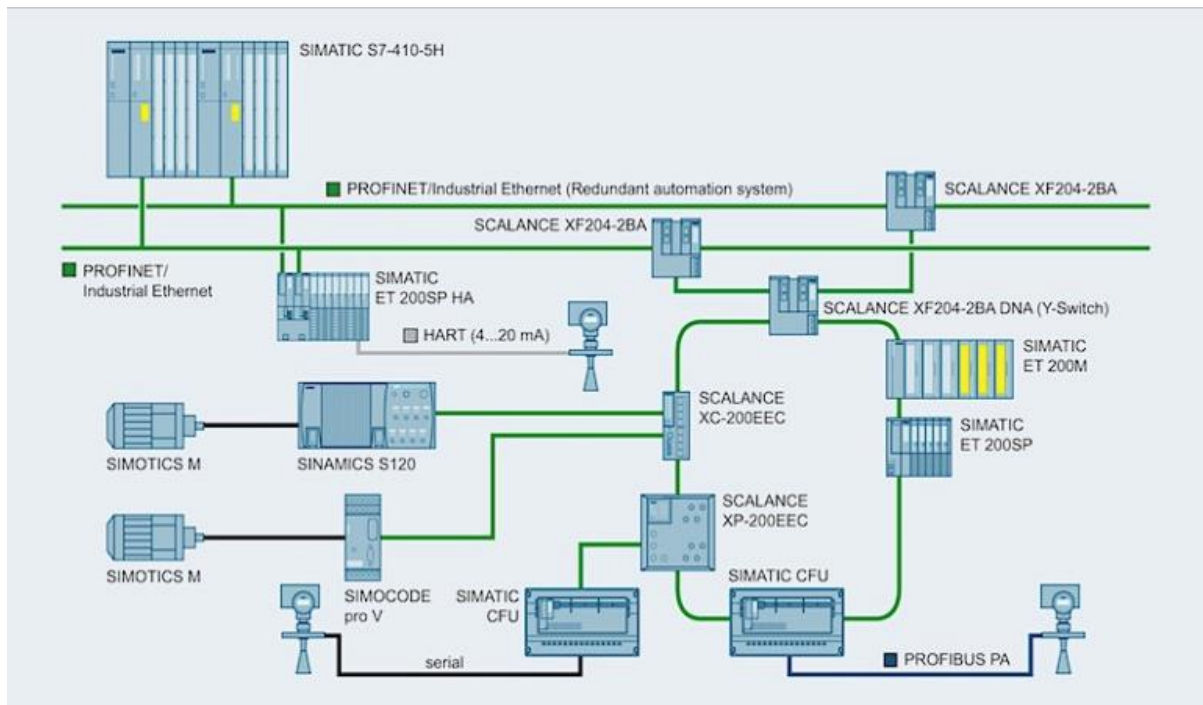
## **2. BEŽIČNO I ŽIČANO POVEZIVANJA KONTROLERA SA PERIFERIJOM**

Prilikom kretanja sa projektiranjem industrijskih sustava i poslova, proces u kojemu se odlučuje o komunikaciji između samih uređaja, odnosno između čvorova i upravljačkog sustava je obično veoma kompleksan i temeljit. Proces uključuje razmatranje više različitih faktora s jedne i sa druge strane kako bi se odabrala najbolja i najprikladnija opcija komunikacije. Isto tako, tokom godina, komunikacijski sustavi i uređaji se razvijaju i unaprjeđuju kako bi dobili nove i pravovremene informacije. Sve te informacije su neophodne kako bi se donijele odluke o naručivanju potrebnih dijelova, upravljanju raznim procesima te gotovo o svim procesima unutar komunikacijskog sustava. U velikoj većini slučajeva, komunikacija između uređaja u postrojenju uključuje i bežične i žičane komunikacijske tehnologije. Ovisno o industrijskoj primjeni bira se stopa zastupljenosti jedne i druge tehnologije. Odluke donose ljudi zaduženi za planiranje procesa i sustava, a svoju odluku temelje na sigurnosnim, prostornim, ekonomskim i okolišnim faktorima. Postoje situacije u postrojenjima gdje je žičana komunikacija neophodna i najbolje funkcionira, a u drugim situacijama najbolje funkcionira bežična komunikacija. Upravljački sustavi temeljeni su na informacijama te zato čak i najmanje kašnjenje, odnosno smetnja u razmjeni podataka može predstavljati rizike za rad samog postrojenja. Dvije tehnologije su dosta različite, no imaju i svojih sličnosti bez kojih niti jedan industrijski sustav ne bi mogao funkcionirati. Industrijske verzije i jedne i druge tehnologije napravljene su i osmišljene kako bi apsorbirali buduće nadogradnje te istovremenu imaju i sposobnost prilagođavanja različitim potrebama raznih uređaja. Bežična i žičana tehnologija podržavaju i IPv4 i IPv6 adrese, a uz to i koriste isti mehanizam pretvaranja podataka u jedan oblik digitalnih signala koji se zatim prenose do krajnje točke različitim medijima. Žičana komunikacija prenosi podatke žicama, dok bežična prenosi elektromagnetskim valovima, a šalju se putem industrijskog WI-FI usmjerivača. Obje tehnologije podržavaju 802.1X protokol koji služi za autentifikaciju mreže. Žičane mreže su nastale prije bežičnih, a još uvijek prevladavaju nad bežičnim mrežama u industrijskom sektoru ponajprije zbog veće sigurnosti i još uvijek bržeg prijenosa podataka. S druge strane, bežične tehnologije su još uvijek tehnologije u razvoju i sve više nalaze svoju primjenu u industriji.



## 2.1 Žičane tehnologije

Žičane tehnologije, odnosno mreže uključuju prijenos podataka putem komunikacije temeljene na žicama. Neki od primjera žičane komunikacije su: kablenska televizija, telefonske mreže, Internet, optička vlakna. Ove vrste mreže koriste koaksijalne kabele, optička vlakna i bakrene parice kao medije za komunikaciju. Žičana infrastruktura najčešće koristi uređaje sa Fieldbus protokolima i same uređaje temeljene na Ethernetu. Većina usporedbi između žičane i bežične mreže provodi se u domeni Etherneta, no uređaji koji se temelje na Fieldbus protokolu i dalje se koriste. Industrijska procesna jedinica sa više kontrolnih ventila te indikatora temperature je idealan primjer mreže koja koristi žičani Fieldbus protokol. Žičane mreže koje koriste Ethernet vrlo su prikladne za većinu kontrolnih sustava na proizvodnoj podlozi. Dobra praksa je zaštita kabela radi izolacije i zaštite od elektromagnetskih smetnji. Ukoliko se zanemare početni troškovi instalacije, žičane mreže osiguravaju pouzdanu i sigurnu komunikaciju visoke brzine te se smatraju pouzdanijima od bežičnih zbog izolacije od utjecaja vanjskih smetnji. Sami kontrolni sustavi i mreže se često proširuju i imaju nadogradnje u obliku postavljanja novih komponenti unutar samog sustava. Ukoliko je mreža dobro dizajnirana, proširenje se može obaviti relativno fleksibilno postupkom integracije više industrijskih prekidača i pristupnih točaka. Prilikom odabira tehnologije u obzir se uzima i udaljenost koju sustav treba pokrivati. Jedan Ethernet kabel ima maksimalnu duljinu od 100m, a sa dodavanjem pojačala se može proširiti radna udaljenost. Uz svu dodatnu opremu, pojačala i optičke kablove, postoji maksimalna udaljenost na kojoj mreža može funkcionirati prije nego što dođe do značajnijeg kašnjenja ili gubitka podataka. Na slici 2.1 možemo vidjeti jedan primjer spajanja sustava žicama, odnosno korištenjem žičane tehnologije. Najčešće primjene žičanih mreža možemo vidjeti u proizvodnim tvrtkama koje zahtijevaju komunikaciju u stvarnom vremenu, zato što žičane mreže podržavaju mrežnu redundanciju, što znači da se može instalirati alternativna komunikacijska mreža za osiguravanje dostupnosti mreže. Tvrtke koje imaju velike i visoke troškove ukoliko dođe do zastoja u proizvodnji se snažno oslanjaju na žičanu povezanost, jer im je veliki prioritet održavanje kontrole nad proizvodnim procesom. [9]



Slika 2.1 Primjer žičanog sustava

### 2.1.1 Prednosti žičane tehnologije

Žičana tehnologija kao i svaka druga ima svoje prednosti i nedostatke. U nastavku diplomskog rada će se prikazati najistaknutije prednosti i nedostatke sustava sa žičanom mrežnom tehnologijom.

- Pouzdanost i stabilnost – ukoliko je mreža pravilno konfigurirana i postavljena, žičane mreže pružaju veoma stabilan i pouzdan komunikacijski medij. Ispravno postavljanje kabela, usmjerivača, prekidača i strojeva rezultira sustavom koji je veoma pouzdan i koji može raditi na udaljenim i veoma teškim lokacijama sa korištenjem različitih konfiguracija i uređaja. Još jedna prednost je da njihov signal nije pod utjecajem drugih mreža, bliskih objekata, zidova, elektromagnetskih zračenja.
- Vidljivost mreže – svijest o tome kako se sami podatci prikupljaju, obrađuju i distribuiraju alatima za nadzor, kontrolu i analizu unutar računalne mreže. Određeni čvorovi i dalje imaju mogućnost komuniciranja sa drugim točkama u mreži, čime se olakšava pohrana podataka i prijenos podataka kroz mrežu.
- Brzina prijenosa – žičane mreže su obično puno brže od bežičnih jer nisu opterećene drugim nepotrebnim i neočekivanim prometom. S pojavom drugih naprednih tehnologija, brzine prijenosa podataka se još uvijek konstantno povećavaju

- Sigurnost – postoji dobra zaštita od neovlaštenog pristupa, ukoliko je napravljena konfiguracija sa određenim vatrozidima i drugim sigurnosnim aplikacijama. Neovlašteni korisnik se ne može povezati sa žičanom mrežom osim ako se ne poveže na uređaj putem kabela.
- Napredna dijagnostika – mnogi preklopnici industrijske kvalitete nude dijagnostičke mogućnosti koje imaju zadaću u sprječavanju zastoja tako da konstantno upozoravaju na promjene u radu pri visokim ili niskim temperaturama. Određenom prilagodbom programa može se postići dobivanje dijagnostičkih podataka koji su vidljivi na sučelju za ljudski stroj te mogu biti integrirani u upravljački sustav
- Trošak – mreža je relativno jeftina za instalaciju i konfiguraciju sustava. Ostali uređaji koji se koriste u žičanoj mreži su isto tako relativno dostupni i prihvatljivi. Isto tako, hardverske komponente imaju duži vijek trajanja.

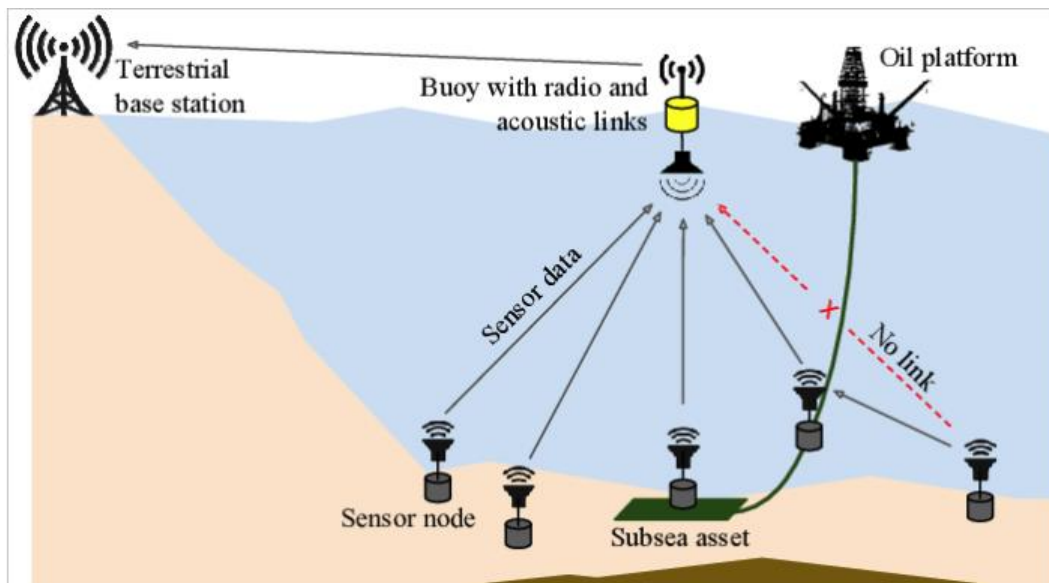
### **2.1.2 Nedostatci žičane tehnologije**

- Prenosivost – jedan od glavnih nedostataka je pokretljivost, odnosno žičane mreže nisu prenosive. Ukoliko se želi koristiti mreža na drugoj lokaciji, moraju se dovesti novi prekidači, odnosno uređaji kako bi povezali te uređaje sa mrežom
- Instalacija – instalacija mreže i sustava obično traje duže jer je potrebno mnogo uređaja i komponenata kako bi mreža funkcionirala. Postupak instalacije ovisi i o kompleksnosti sustava pa on može biti vrlo složen i dugotrajan dok se ne povežu svi uređaji sa mrežom i dok se ne konfiguriraju sigurnosne aplikacije.
- Održavanje – male žičane mreže ne zahtijevaju server, no sa dodavanjem više uređaja i komponenti doći će i potreba za stavljanjem servera za obradu podataka, pohrane i kapaciteta. Ukoliko je sami server ugrađen u mrežu, troškovi za održavanje biti će puno veći
- Nepraktičnost – stavljanjem mnoštvo žica može biti i izgledati veoma nepraktično i nezgrapno. Može doći i do slučajnog isključivanja žica od strane osoblja postrojenja [9]

## 2.2 Bežične tehnologije

Bežične tehnologije, odnosno mreže koriste komunikaciju i prijenos podataka putem radio valova, slično kao radio aparati, televizori te mobilni uređaji. Svi moderniji uređaji, kao što su računala, tableti povezuju se sa bežičnom mrežom putem bežičnog usmjerivača, odnosno rutera ili putem bežične pristupne točke. Sa sve većim razvojem internet protokola, smanjuju se prednosti korištenja žičanih mreža u odnosu na bežične. U proteklim godinama sve više se radi na razvoju i poboljšanju stabilnosti i pouzdanosti bežičnih mreža pa je tako i razvijena komunikacijska tehnologija kao što je Wireless HART. HART protokol (engl. *Highway Addressable Remote Transducer Protocol*) poboljšava isplativost i skalabilnost bežičnih mreža, a označen je kao samo regulirajuća i samo organizirajuća arhitektura s kojom se poboljšava pouzdanost bežične mreže, čak i u okolini sa velikim elektromagnetskim smetnjama. Same bežične mreže su vrlo podložne utjecaju vanjskih smetnji te se prilikom projektiranja takve mreže razmatraju svi mogući utjecaji koji bi se mogli dogoditi. Najveći utjecaj imaju elektromagnetske smetnje, a zatim i smetnje uzrokovane visokim koncentracijama metala i strojeva. Iako sve više dolazi do razvoja bežičnih mreža koje postaju sve popularnije, žičane mreže i dalje drže primat u industriji. Nekada i ako bežična mreža nije najisplativije rješenje, može biti nužna zbog fizičkih zahtjeva primjene. Takve mreže savršeno odgovaraju novonastalim situacijama kada se mnogo pristupnih točaka, odnosno čvorova stavlja na veliko područje te kada se ti isti čvorovi moraju povezati sa određenim uređajima ili strojevima. U tim situacijama su najbolja rješenja mreže za udaljene primjene koje se temelje na bežičnoj tehnologiji. Neke od najčešćih primjena bežičnih sustava i mreža možemo vidjeti u mrežama za udaljeno nadgledanje i u mrežama za upravljanje sredstvima. Ukoliko se sustav treba nalaziti u okolini sa opasnim uvjetima, sama instalacija infrastrukture je veoma skupa i riskantna te zato su bežične mreže prvi izbor za takav dizajn. Instalacijom mrežne infrastrukture u vidu bežične mreže otvara mogućnosti lakog povezivanja senzora i uređaja te prikupljanja podataka. Još jedna primjena bežične mreže je primjena u logistici, u vidu mobilnih aplikacija. Mobilni automatizirani sustavi, kao što su AMR – autonomni mobilni roboti uglavnom koriste bežične mreže sa svaku komunikaciju sa kontrolerom, odnosno centralnim upravljačem. Područje logistike uključuje brojne visoko mobilne uređaje koja se mora stalno premještati te je zato infrastruktura bežične mreže najpovoljnija. Svoju korisnost dokazuju i u slučajevima kada je komunikacijski sustav puno skuplji za implementaciju putem fizičkih medija ili gdje linije ne mogu biti lako povezane zbog raznih prepreka kao što su zidovi

i zgrade. Na slici 2.2 vidimo jedan primjer nekih od potrebnih uređaja za postavljanje infrastrukture bežične mreže. [9]



Slika 2.2 Primjer bežične tehnologije/mreže

### 2.2.1 Prednosti bežične tehnologije

- Trošak – općenito, trošak implementiranja bežične mreže, odnosno infrastrukture je niži u usporedbi sa žičanom infrastrukturom. Povećanje i izjednačavanje troškova se može postići ugradnjom dodatne opreme kao što je usmjerivač komercijalne kvalitete i ugradnjom bežičnog pojačivača. Sa dodatkom ovih uređaja povećava se trošak, no povećava se i snaga signala te se omogućuje pružanje poboljšane sigurnosne kontrole i omogućuje se pouzdanija veza
- Instalacija – vrlo laka, brza i jednostavna instalacija bežične infrastrukture uz manji broj potrebne opreme. Uz to, smanjuje se i vrijeme povezivanja svakog uređaja sa kabelom
- Mobilnost – jedan od najvažnijih prednosti bežične mreže je što se omogućuje sustavu, odnosno postrojenju veliku pokretljivost, mobilnost i fleksibilnost pristupa mreži putem različitih uređaja na različitim lokacijama. Sva povezanost uređaja je kompaktnija i urednija te nema ograničenja fizičkih medija

## 2.2.2 Nedostatci bežične tehnologije

- Vidljivost mreže – jedna mreža je vidljiva drugoj, što vrlo lako donosi mogućnost smetnje od svih drugih uređaja koji se nalaze u blizini, a imaju podršku za bežičnu vezu ili od prepreka. Smetnje mogu utjecati na same performanse mreže i sustava, a moguće je i da čvorovi na bežičnoj mreži ne budu u mogućnosti komunicirati sa drugim čvorovima na istoj mreži, što dovodi do smanjenja kvalitete mreže
- Sigurnost – bežične mreže u usporedbi sa žičanim imaju manju sigurnost jer se podatci, odnosno signali prenose putem radio valova. Kod prijenosa putem radio valova postoji mogućnost presretanja veze ukoliko nisu postavljene određene zaštite šifriranja (WPA2). Sa pomoću ovih tehnologija moguće je spriječiti upad neovlaštenih korisnika te tako osigurati aplikaciju
- Brzina – općenito su sporije u prijenosu od žičanih jer nemaju kapacitete žičane infrastrukture, a umjesto toga koriste maksimalnu brzinu trenutne konfiguracije mreže. Nekada se može koristiti i hibridno rješenje upotrebom kombinacije bežične i žičane mreže za dobivanje što boljih performansi sustava
- Pouzdanost i stabilnost – vrlo podložne raznim utjecajima kao što su: druge mreže, elektromagnetska zračenja, zidovi. Nakon identifikacije potencijalnih izvora smetnji može se krenuti u bolje i sigurnije projektiranje mreže sa optimalnim pristupnim točkama [9]

U tablici 2.1 prikazane su glavne karakteristike i usporedbe bežičnih i žičanih mreža .

Tablica 2.1 Tablična usporedba bežičnih i žičanih mreža

Karakteristike	Žičane mreže	Bežične mreže
Mobilnost	Lokacija sustava i mreže ograničena kablovima i dometom	Korisnik može pristupiti mreži sa bilo kojeg mjesta na kojemu dohvaća mrežu
Prijenos podataka	Manje pogodan, zbog potrebe spajanja kablovima za mrežu za dijeljenje podataka	Puno lakše zbog mogućnosti spajanja na mrežu sa bilo kojeg mjesta
žice	Puno žica, kablova, portova i sklopki	Manje žičanih potreba
Brzina	Veće brzine od bežične mreže	Manje brzine
Sigurnost	Općenito veća sigurnost	Općenito manja sigurnost, lakši upad neovlaštenih osoba
Troškovi	Troškovi instalacije veći, ovisno o pokrivanju i komponentama	Unaprjeđivanje sa žičane na bežičnu može biti skupo, no održavanje jeftinije

### **3. TEHNOLOGIJE I NAČIN RADA WSN-3202, NI-9792 I S7-1200 UREĐAJA**

Postoje razni uređaji koji se mogu upotrijebiti za povezivanje kontrolera sa periferijom te bi svi oni mogli raditi te zamijeniti postojanje korištenih uređaja. U ovome diplomskom radu korišteni su uređaji Wireless Sensor Network 3202 (WSN-3202) i Wireless Sensor Network 3212 (WSN-3212), koji su korišteni kao senzori odnosno čvorovi u mreži, WSN-9792 koji je korišten kao kontroler koji upravlja, obrađuje i prenosi informacije te SIMATIC S7-1200 koji je korišten kao kontroler, a predstavlja periferne uređaje. Korištene su upravo te komponente zbog njihove mogućnosti i fleksibilnosti instalacije, cijene samih uređaja, širokih mogućnosti primjene, velike mobilnosti te zbog mogućnosti upravljanja na daljinu. Bežična senzorska mreža je platforma koja sadrži energetske učinkovite čvorove za precizno mjerenje u svrhu uspostavljanja veoma pouzdanih mreža i udaljenih aplikacija za sustavno nadgledanje. [1]

#### **3.1 NI WSN-9792**

WSN-9792 je uređaj koji služi za povezivanje i upravljanje bežičnom mrežom sastavljenom od distribuiranih WSN čvorova koji se koriste za mjerenje te koji mogu komunicirati sa drugim hardverom, odnosno perifernim uređajem. Sami uređaj WSN-9792 može komunicirati sa računalom ili drugim uređajem putem različitih komunikacijskih standarda kao što su: 1) Modbus protokol

2) Serijska veza

3) TCP/IP protokol

Modbus protokol je industrijski protokol koji je razvijen 1979. godine kako bi omogućio te poboljšao samu komunikaciju između uređaja koji služe za automatizaciju. Na početku razvoja implementiran je kao protokol na nivou aplikacije koji je namjenjen za prijenos podataka i signala preko serijskog sloja. Komunikacija se temelji na zahtjev – odgovor principu te se komunikacija uvijek mora odvijati u parovima. Jedan od uređaja mora pokrenuti zahtjev, a zatim i čekati odgovor od drugog uređaja. Uređaj koji inicira zahtjev obično je sustav za nadzor kontrole i prikupljanje podataka (SCADA), a drugi uređaj obično je programabilni logički kontroler (PLC). Serijska veza, odnosno serijska komunikacija je način komunikacije gdje se podaci i signali prenose bit po bit. Upravo se serijska veza koristi za prijenos Modbus poruka između uređaja[2]. Internet Protocol (IP), User Datagram Protocol (UDP) i Transmission Control Protocol (TCP) su osnovni

protokoli koji se najčešće koriste za mrežnu komunikaciju. Sami naziv TCP/IP dolazi iz dva najpoznatija protokola koji su široko rasprostranjeni u svojoj primjeni. Uz pomoću TCP/IP protokola može se komunicirati preko pojedinačnih mreža ili preko interneta (međusobno povezana mreža). TCP/IP protokol pruža i jednostavno sučelje za korištenje u LabVIEW programu te se na taj način prikriva složena pozadina pouzdane mrežne komunikacije [3]. WSN- 9792 kontroler u sebi sadrži 2.4 GHz IEEE 802.15.4 radio za samu komunikaciju do svih distribuiranih čvorova u mreži. Uređaj sadrži još i dva Ethernet porta za povezivanje sa drugim uređajima kao što su računalo, žični I/O sustavi ili drugi periferni uređaji. Kontroler u sebi nudi i ugrađeni Web server tako da se mogu prikazivati mjerni podatci u web pregledniku. Nudi veliku fleksibilnost u kreiranju bežičnih mreža i rješavanju problema povezivanja kontrolera sa perifernim uređajima. Uređaj je prikazan na slici 3.1. Neki od najvažnijih specifikacija i karakteristika samog uređaja su:

- Nudi podršku za veliki broj čvorova u distribuiranoj mreži
- Mogućnost lakog programiranja uređaja pomoću LabVIEW Real-Time za vizualizaciju podataka
- NI-WSN softver za jednostavnu konfiguraciju mreže
- Podrška za zapisivanje i alarmiranje
- Web vizualizacija podataka
- 533 MHz Freescale MPC8347 procesor
- 2GB interne memorije, 256 MB RAM-a
- Dva 10/100 Mbit/s Ethernet port za povezivanje
- Ulaz napajanja od 9-35 VDC
- Otpornost na udarce do 50g
- Podrška do 36 mjernih čvorova
- Radna temperatura od -40 do 70 stupnjeva
- Brzina prijenosa RF podataka: 250 kbit/s

Uz pomoću NI LabVIEW softvera dobije se mogućnost lakog konfiguriranja distribuirane mreže i lakog prikupljanja mjernih podataka te ukoliko nešto pođe po krivu lako se može aktivirati alarm putem SMS-a. Sa LabVIEW Real-Time modulom se implementiraju izrađene aplikacije koje se izvode i vrte na NI-9792 kontroleru. Sami uređaj provodi obradu podataka i komunikaciju i slanje podataka na druge uređaje putem Ethernet veze. Sa korištenjem WSN

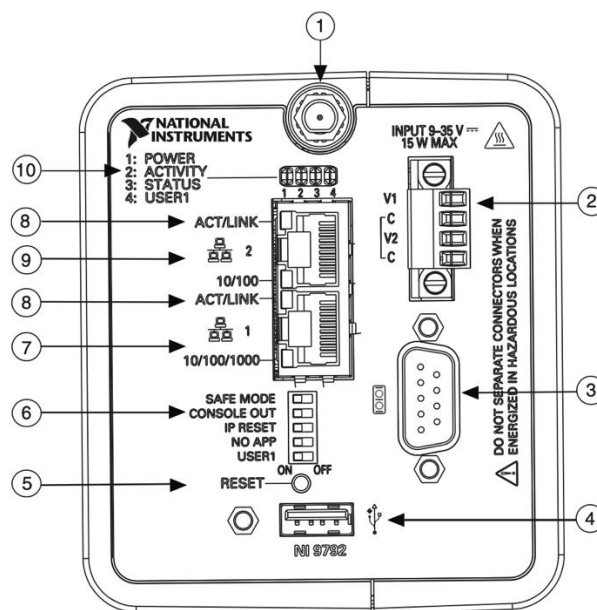


modula može se prilagoditi i isprogramirati ponašanje programibilnih čvorova. Neki od načina optimiziranja čvorova: mijenjanje stope uzorkovanja i prijenosa podataka, reagiranje na promjene digitalnih vrijednosti te skladištenje podataka u memoriji, lokalna kontrola digitalno ulazno/izlaznih linija (DIO) [1].



Slika 3.1 NI WSN-9792 kontroler

### 3.1.1 Hardver



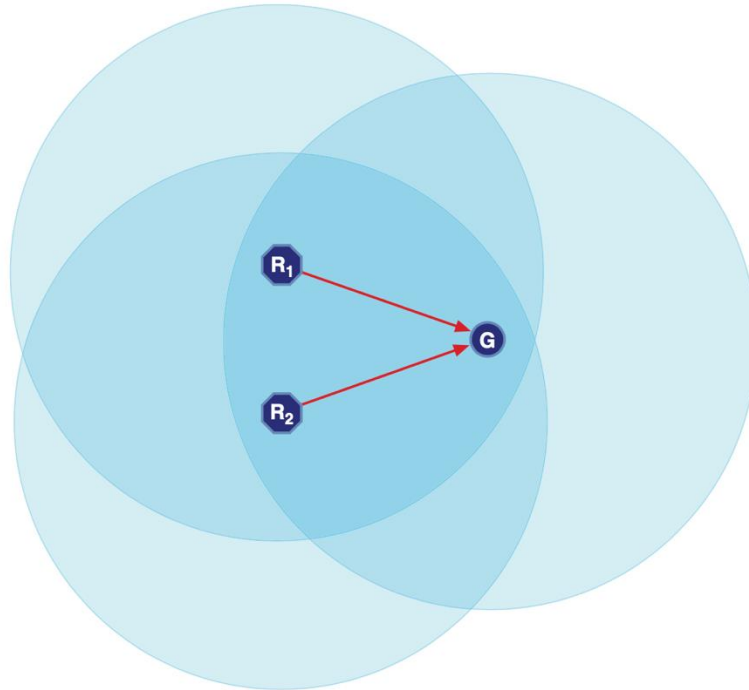
Slika 3.2 Sučelje WSN-9792

Slika 3.2 nam prikazuje sučelje WSN-9792 kontrolera. Dijelovi označeni brojevima su [1]:

- 1) Antenna RP-SMA ulaz
- 2) 9–35 VDC ulaz
- 3) RS-232 ulaz
- 4) USB ulaz
- 5) RESET tipka
- 6) DIP preklopnici
- 7) RJ45 Ethernet ulaz 1, 10/100 LED
- 8) ACT/LINK LED
- 9) RJ45 Ethernet ulaz 2, 10/100 LED
- 10) LEDs: POWER, ACTIVITY, STATUS, USER1

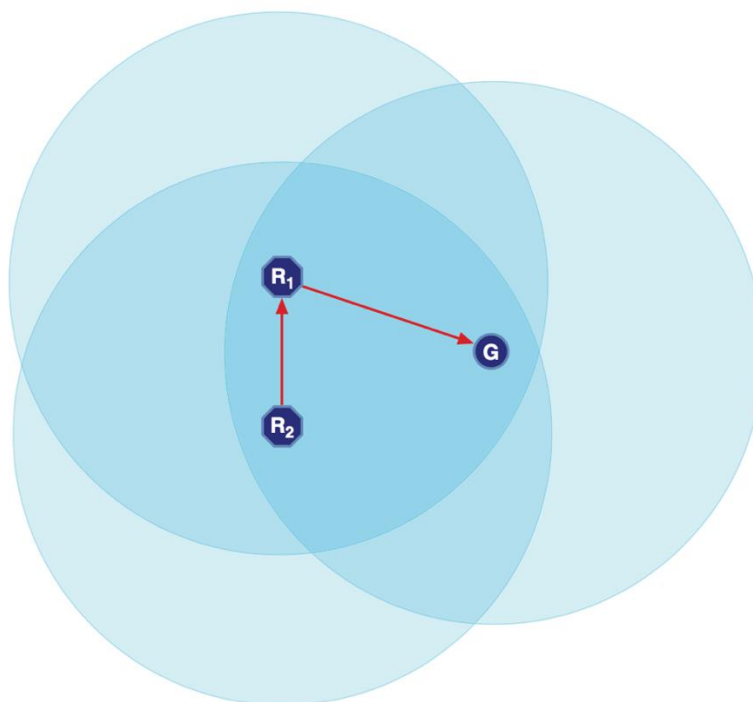
### **3.1.2 Mrežno povezivanje uređaja**

WSN sustav sastoji se od dva tipa uređaja: prvi tip je gateway, odnosno kontroler, a drugi tip su čvorovi. Kontroler djeluje i ponaša se kao koordinator mreže te je zapravo glavni dio i pokretač cijele distribuirane mreže. Odgovoran je za autentifikaciju čvorova, pohranu velikog broja poruka i podataka, te brine i obavlja prijenos podataka između 802.15.4 mreže te Ethernet žičane mreže. Sami čvorovi se mogu konfigurirati na dva načina kao završni čvorovi za prikupljanje podataka ili kao ruteri kako bi prenosili podatke od nekih drugih čvorova u mreži do kontrolera. Kontroler i svi čvorovi rade zajedno kako bi formirali distribuiranu mrežu. Kontroler održava listu čvorova koji imaju ovlaštenje za pristup mreži, a to radi putem serijskim brojeva. Nakon pokretanja čvora, skeniraju se dostupne mreže te se lociraju kontroleri, a zatim se pokušava pridružiti mreži. Ako je čvor na listi, čvor se pridružuje samoj mreži te preuzima svu potrebnu konfiguraciju od kontrolera te kreće u prikupljanje podataka na ulazima.



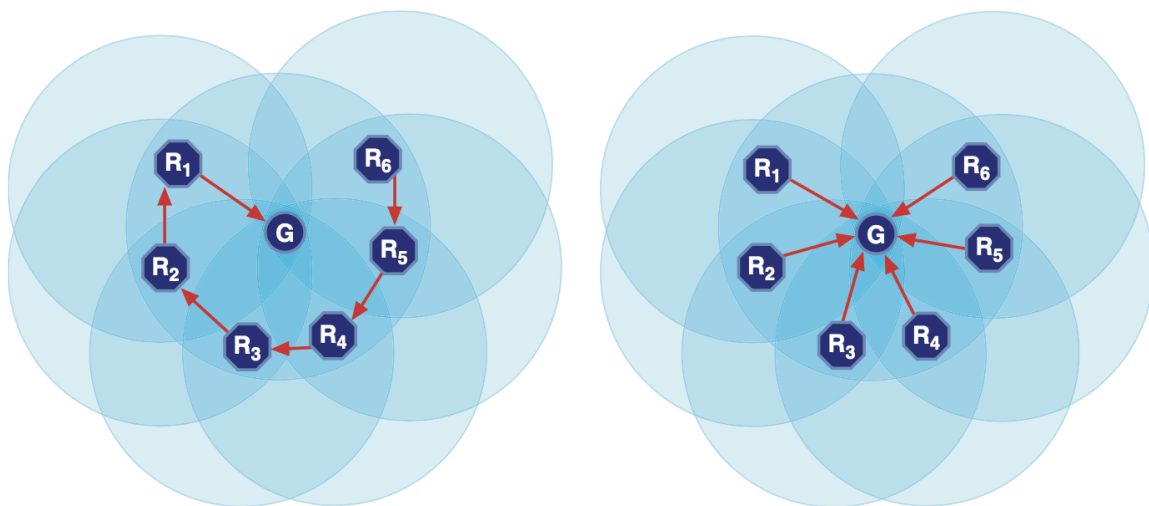
Slika 3.3 Primjer 1 - Mrežno povezivanje

Na slici 3.3 vidimo primjer jednog mrežnog povezivanja. U ovoj konfiguraciji mreže, oba rutera (R1 i R2) komuniciraju direktno sa kontrolerom. Na taj način, mjerenja s oba čvora dolaze direktno do kontrolera, bez potrebe preskakanja drugog čvora.



Slika 3.4 Primjer 2 – Mrežno povezivanje

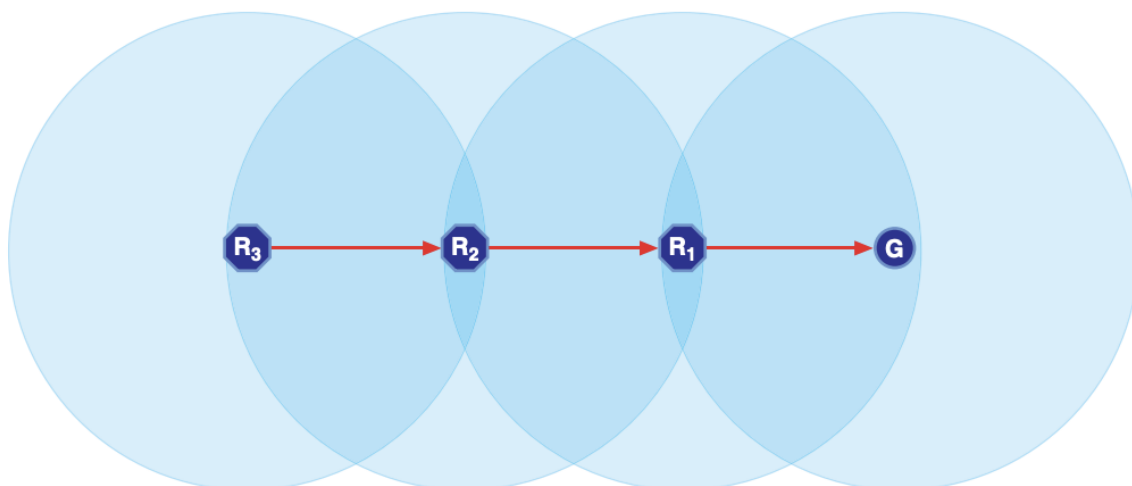
Na slici 3.4 je prikazana ista mreža, ali sa drugim načinom konfiguracije. U ovoj konfiguraciji, R1 ruter i dalje može slobodno komunicirati sa kontrolerom, ali R2 ruter je sada povezan preko R1. U ovoj mreži, sva mjerenja od strane R2 moraju preskočiti R1 ruter kako bi stigli do kontrolera i kako bi bila daljnje obrađena i poslana. R1 ruter dobiva i novu zadaću jer je sada odgovoran za slanje i svojih podataka i podataka prikupljenih od strane R2 rutera. Ovakva mreža se smatra najgorim slučajem 1-hop sustava jer svaki put kad se čvor pridruži preko rutera, ukupni protok čvora se dijeli na pola. Razlog prepolovljenju je što čvor mora preskakati drugi čvor kako bi svoja mjerenja dostavio do kontrolera.



Slika 3.5 Primjer neefikasne i efikasne konfiguracije mreže

Slika 3.5 prikazuje dva tipa konfiguracije mreže. Na prvoj slici vidimo primjer neefikasne konfiguracije mreže, a na drugoj desnoj slici vidimo primjer efikasne konfiguracije mreže. Samu mrežu je moguće unaprijediti sa dvije odvojene tehnike:

- Pretvaranje nekih od rutera u završne čvorove
- Fizičko postavljanje same mreže tako da se ruteri ne smještaju u domet jedni drugih – povećavanjem udaljenosti ili unošenjem prepreka koje povećavaju interferenciju



Slika 3.6 Primjer proširenja mjerne udaljenosti

Slika 3.6 prikazuje način konfiguracije takav da se poveća i proširi udaljenost završnog mjerenja od Ethernetom povezanih uređaja. Svaki čvor može biti konfiguriran kao ruter ili kao završni čvor. Ukoliko je čvor postavljen kao ruter, treba imati vanjsko napajanje kako bi uvijek slali te pohranjivali podatke od i prema završnim čvorovima. Ako je čvor postavljen kao završni čvor, oni su dizajnirani i da rade na baterijsko napajanje. Sama mreža se bazira na niskoj potrošnji energije. Zbog štednje energije, mreža pruža maksimalan protok od 250 kb/s , što znači da će stopa uzorkovanja biti 1 uzorak u sekundi po čvoru. [4]

### 3.2 NI WSN-3202

NI WSN-3202 je uređaj, odnosno energetski učinkovit čvor koji formira bežičnu senzorsku mrežu te se sastoji od četiri kanala, a omogućava bežično napajanje te radi sa drugim čvorovima i mrežnim uređajima kako bi nastala senzorska mreža. NI WSN sustav se sastoji od jednog ili više mrežnih uređaja i računala. Mreža može sadržavati do najviše 36 čvorova po kontroleru. Čvorovi nude industrijske certifikate, veoma pouzdane mrežne mogućnosti i dobru zaštitu od vremenskih neprilika te su za to pogodni za dugotrajne aplikacije daljinskog praćenja. U samim čvorovima omogućena je izravna povezanost sa sensorima i u sebi sadrži 2.4 GHz radio za bežični prijenos podataka do kontrolera, odnosno mrežnog uređaja. Mjerni čvor u sebi nudi četiri analogna ulazna kanala i dva do četiri digitalna ulazno/izlazna ( I/O ) kanala koji se lako mogu konfigurirati za ulaz, izlaz i potrošnju izlaza. Uz pomoć LabVIEW softvera vrlo lako se može konfigurirati cijela mreža te se vrlo lako može doći do informacija odnosno podataka koji se nalaze na ulazu čvora.

Najvažnije značajke i specifikacije NI WSN-3202 uređaja su:

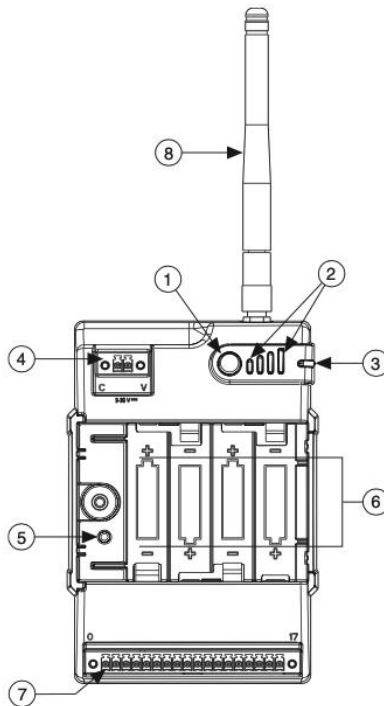
- Lako kreiranje pouzdane bežične mreže za praćenje okoline i sustava
- NI-WSN softver omogućava jednostavnu konfiguraciju sustava, mreže i vrlo lako se programira u LabVIEW okruženju
- Niska potrošnja energije, 3 godine trajanja
- 2.4 GHz, IEEE 802.15.4 radio – 300m domet
- 4 analogna ulaza po čvoru
- Dvosmjerni digitalni kanali – lako konfigurabilni
- Radna temperatura od -40 do 70 stupnjeva
- Otpornost na udarce do 50g
- Najveća visina do 2000m
- 4x AA 1.5V baterije
- Minimalno vrijeme uzorkovanja: 1s

Uređaj se može napajati na dva načina, prvi način je korištenjem četiri 1.5V AA baterije, sa vijekom trajanja do 3 godine sa vremenom uzorkovanja od jedne minute, a drugi način je korištenjem vanjskog izvora napajanja sa naponom 9-30V. Obično se treba koristiti vanjsko napajanje ukoliko je mjerni čvor postavljen da radi u režimu rutera, što se može omogućiti putem softvera. Korištenjem ruterskih čvorova povećava se gustoća, redundancija i udaljenost u bežičnoj mreži. Kod korištenja digitalnih I/O čvorova, mora se koristiti vanjsko napajanje za napajanje senzora na I/O kanalima, s maksimalnim naponom od 12V. Prikaz samog uređaja se nalazi na slici 3.7. [6]



Slika 3.7 NI WSN-3202

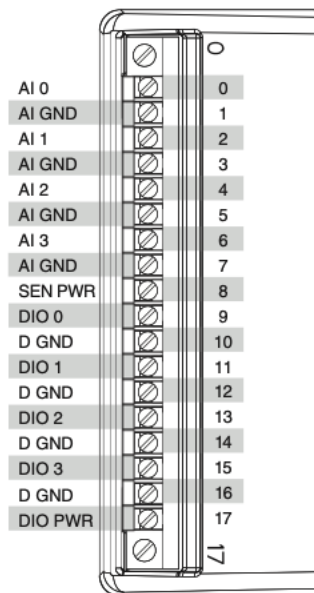
### 3.2.1 Hardver



Slika 3.8 Sučelje WSN-3202

Na slici 3.8 vidimo prikaz sučelja čvora WSN-3202 te označene glavne dijelove u samom uređaju. Glavni dijelove uređaja kao što vidimo na slici prikazano brojevima su:

1. WSN tipka za povezivanje
2. LED prikaz jačine signala
3. Korisnikov LED prikaz
4. 9-30V ulaz napajanja
5. Tipka za resetiranje
6. Baterije
7. I/O ulazi
8. Antena



Slika 3.9 Prikaz pinova ulaza/izlaza na uređaju

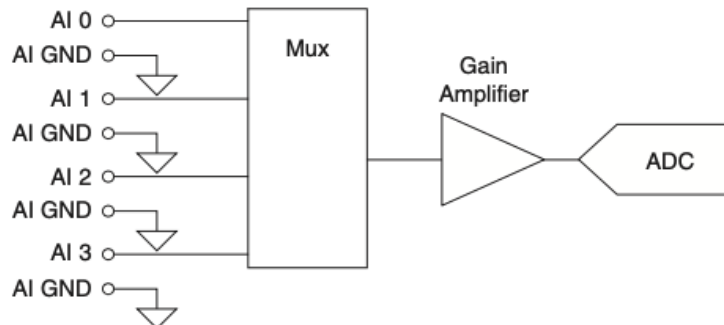
Slika 3.9 prikazuje broj i raspored ulaza, odnosno izlaza na uređaju WSN-3202.

### 3.2.2 Ulazni sklop

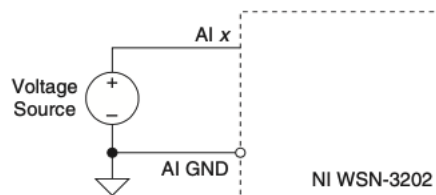
Terminali od 0 do 7 na terminalu sa 18 polja su analogni ulazi. Svaki kanal ima AI terminal koji se spaja napon te ima i AI GND terminal koji je povezan interno sa uzemljenjem uređaja. Svi ulazni signali su filtrirani, a nakon toga i uzorkovani pomoću jednog 16-bitnog ADC. Na slici ispod možemo vidjeti prikaz ulazne elektronike za WSN-3202 uređaj i prikaz načina spajanja jednostrukog naponskog signala na uređaj. Naponski signal se priključuje spajanjem



pozitivnog voda na AI x , a uzemljenje se spaja na AI GND. Na slikama 3.10 i 3.11 vidimo shemu spajanja elektronike i naponskog signala na WSN-3202 uređaj. [5]

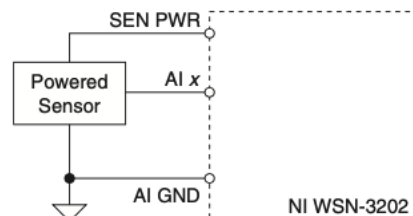


Slika 3.10 Prikaz elektronike uređaja



Slika 3.11 Prikaz spajanja naponskog signala

Slika 3.12 prikazuje način, odnosno shemu spajanja vanjskog senzora na WSN-3202 uređaj. Uređaj pruža do 20mA pri 12V za sve vanjske senzore koji su kompatibilni sa uređajem putem svog terminala za napajanje senzora što možemo vidjeti iz priložene slike 3.2.6. Senzor se spaja na sličan način kao i naponski signal, pozitivni dio se spaja na AI x, a negativni na AI GND.



Slika 3.12 Prikaz spajanja vanjskog senzora

WSN-3202 uređaj ima i četiri dvosmjerna digitalna I/O kanala, a svaki od tih kanala podržava četiri načina rada:

1. Samo visoki napon
2. Samo niski napon
3. Visoki i niski napon
4. Tristate ( neaktivno) stanje

Terminali od 9 do 17 su digitalni dio na 18- poljnom konektoru. Svaki od tih kanala ima signalni terminal označen sa DIO.x i terminal za uzemljenje. Na uređaju postoji još i DIO PWR što označava pozitivni terminal DIO napajanja, a koristi se samo u slučaju kada jedan od DIO kanala služi kao izlaz izvora. Postoji i interni digitalni ulazni terminal s kojim se očitava trenutno stanje digitalnog izlaza. Sve načine rada kontrolira NI-WSN softver na način da uključuje i isključuje visokonaponske i niskonaponske sklopke. [5]

### 3.2.3 Povezivanje uređaja u mrežu

Mjerni čvorovi zajedno sa kontrolerima komuniciraju bežično koristeći 2.4 GHz radio i IEEE 802.15.4 standard koji je implementiran u NI-WSN protokol te tako čine bežičnu mrežu. Ukupno se može konfigurirati 14 mreža sa 36 čvorova, što znači mreža ukupno može sadržavati 2016 analognih kanala na istom području bez smanjenja propusnosti. Domet mreže je do 300m na otvorenom prostoru, a do 100m unutar zgrade i sa preprekama, a mreža pouzdano radi i funkcionira i kod smetnji uzrokovanih elektromagnetskom interferencijom. U tablici 3.1 i 3.2 prikazani su glavne karakteristike i oznake povezivanja uređaja sa kontrolerom i samog statusa povezivanja.

Tablica 3.1 Prikaz statusa povezivanja sa kontrolerom [5]

LED indikacija	LED status	Status uređaja
Jačina signala— LEDS 1–4 zatrepere dva puta, a zatim se pokaže jačina signala u trajanju od tri sekunde	LED 1–4 OFF	Nizak signal
	LED 1 ON, LED 2–4 OFF	Loš
	LED 1–2 ON, LED 3–4 OFF	Srednje dobar
	LED 1–3 ON, LED 4 OFF	Dobar
	LED 1–4 ON	Odličan

Status povezivanja	Sve LED 1–4 trepere	Traženje mreže
	LED 1, 4 i 2, 3 naizmjenice trepere	Ažuriranje sustava
	LED 1–4 su konstantno upaljene	Error. Ponovno pokrenite uređaj.

Tablica 3.2 WSN status povezivanja

Trenutni status uređaja	Trajanje pritiska tipke	Rezultat
Početno uključivanje, nije spojeno sa kontrolerom	-	Čvor se upali i traži dostupnu mrežu
Spojeno sa NI WSN-9792	<5 sekundi	Čvor zatreperi sva četiri LED indikatora dva puta i zatim se pojavi snaga signala ovisno o jačini i kvaliteti signala kako je prikazano u tablici 3.2.1
	≥5 sekundi	Čvor napušta mrežu i traži novu

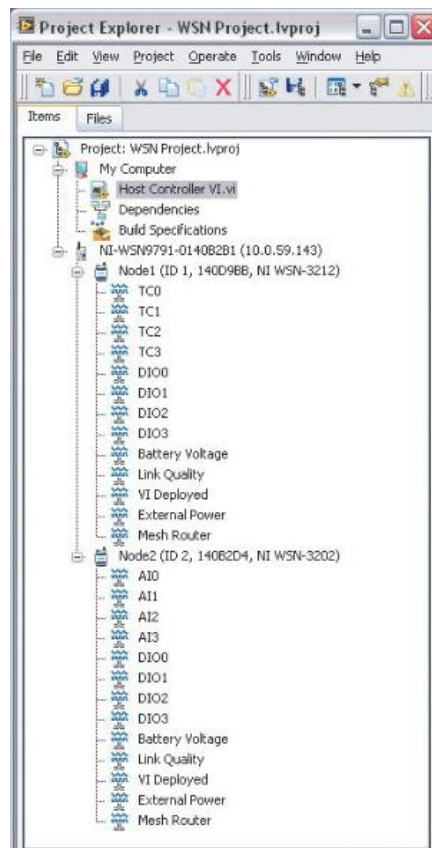
Ukoliko dođe do krivog spajanja i potrebno je resetiranje konfiguracije, pritiskom na tipku za resetiranje uređaj se ponovno pokreće i to na moguća dva načina:

- Ukoliko pritisak tipke traje manje od pet sekundi, uređaj se resetira sa trenutnom konfiguracijom sustava
- Ukoliko pritisak tipke traje duže od pet sekundi, uređaj se resetira i postavlja na defaultni mode, koji vraća uređaj na konfiguraciju koja je postavljena tvornički.

### 3.2.4 Pregled softvera

Uz pomoć NI-WSN softvera, omogućena je laka konfiguracija senzorske mreže u korisničkom alatu NI-MAX. Sa korištenjem spomenutog alata vrlo se brzo i jednostavno mogu izvlačiti mjerenja iz senzorske mreže uz pomoć LabVIEW grafičkog sučelja. Nakon što je dodan WSN kontroler u LabVIEW projekt, čvorovi koji su konfigurirani sa tim uređajem pomoću NI-MAX-a biti će automatski dodani ispod uređaja u sami projekt unutar LabVIEW sučelja, što omogućava trenutni pristup svim ulazno/izlaznim funkcijama i svojstvima. Na slici 3.13 vidimo jedan primjer, odnosno prikaz projekta u LabVIEW okruženju te način na koji su

prikazani dodani uređaji. Jednostavnim povlačenjem I/O varijabli na blok dijagram, mogu se prikazati, analizirati i obrađivati podatci. Uz same varijable mogu se promatrati i drugi parametri kao što su voltaža baterije, kvaliteta signala i je li čvor postavljen kao ruter ili kao završni čvor. [6]



Slika 3.13 Primjer dodanih uređaja u LabVIEW projektu

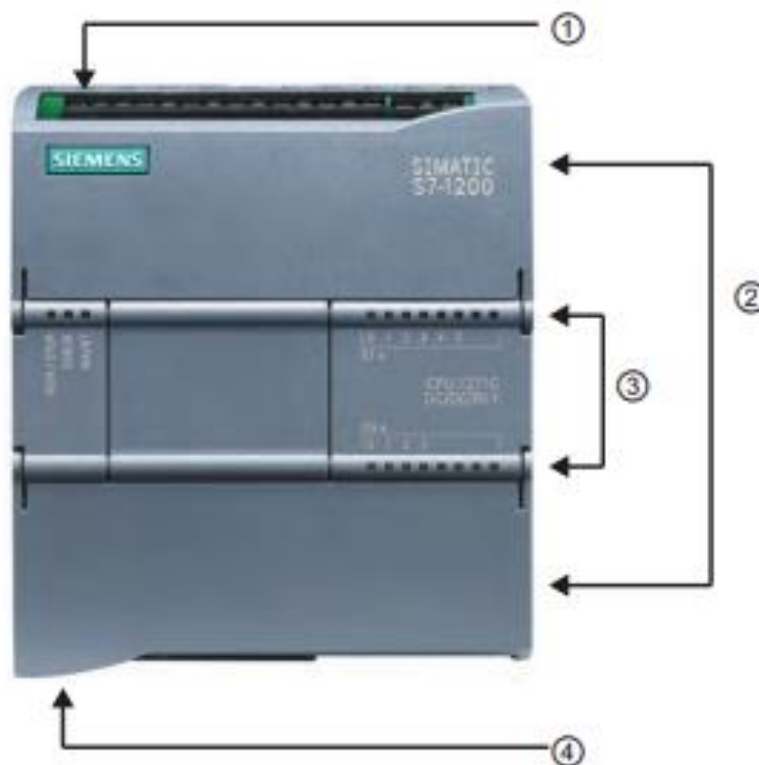
### 3.3 S7-1200

S7-1200 uređaj je programibilni logički kontroler (PLC), koji pruža veliku fleksibilnost i posjeduje veliku snagu i moć u upravljanju sa različitim uređajima koji služe za automatizaciju. Najveće prednosti ovog uređaja su kompaktan dizajn, fleksibilna konfiguracija te snažan i veoma širok spektar funkcija i instrukcija koji čine S7-1200 uređaj idealnim rješenjem za automatizaciju sustava. CPU u sebi kombinira integrirano napajanje, mikroprocesor, ulazne i izlazne krugove te ima u sebi ugrađeni PROFINET, a uz to sadrži još i visokobrzinske I/O za upravljanje pokretima. Analogni ulazi se nalaze unutar kompaktnog

kućišta kako bi se stvorio i napravio veoma moćan kontroler. Nakon što se preuzme program iz TIA Portala, CPU sadrži napisanu logiku i mijenja izlaze prema logici korisničkog programa. U logici može biti sadržano i obrađeno veoma mnogo različitih funkcija kao što su: Booleova logika, brojanje, veoma kompleksne matematičke operacije, vremenske funkcije te pristup drugim uređajima. Postoje tri načina rada CPU- a, stop način, način pokretanja i start način rada. Statusne LED diode na prednjoj strani označavaju način rada koji je trenutno u funkciji. U stop načinu rada, CPU ne izvršava sami program, nego je u stanju da je moguće preuzeti projekt sa računala. U načinu pokretanja, CPU izvršava samo onu logiku koja je vezana za pokretanje sustava, a sami događaji prekida se ne procesiraju. U start načinu rada, skeniranje se obavlja ponovno te se program izvršava. Neke od najvažnijih značajki uređaja su [7] :

- Efikasni razvoj i inženjering – jednostavna i kompletna integracija SIMATIC kontrolera u inženjerski alat TIA Portal omogućuje pravovremeno upravljanje podacima, jednostavnu operacijsku logiku i koncept pametne knjižnice, a s time se olakšava upotreba svih potrebnih funkcija u sustavu
- Učinkovita dijagnostika – veoma brza i učinkovita dijagnostika pogrešaka i veoma brza lokalizacija samih pogrešaka skraćuje vrijeme obrađivanja programa i puštanja u pogon sustava, a s time se smanjuje vrijeme zastoja u proizvodnji. Informacije o nastaloj pogrešci se dobiju kao običan tekst unutar programa, a funkcionalnost dijagnostike je već integrirana u sustav
- Inovativan dizajn – osnovni uređaj, odnosno kontroler se može vrlo lako prilagoditi i drugim dodatnim zadacima potrebnim za automatizaciju implementiranjem raznih modula za proširenje sustava. Sa dodavanjem novih modula omogućeno je jednostavno proširenje kontrolera bez promjene fizičkih veličina i opsega.
- Sigurnost – integrirana u sami uređaj, programira se jednako lako i brzo kao i standardni programi, omogućena je sigurna komunikacija, zaštita znanja i logike, zaštita pristupa te zabrana otvaranja blokova od strane neovlaštenih osoba, čime je zaštićen cijeli proces
- Integrirana tehnologija – većina potrebnih tehnologija i modula je već dodana unutar uređaja te se jednostavne aplikacije za upravljanje pokretima, mjernim zadacima i aplikacije sa brzim brojačima mogu lako napraviti bez dodatnih proširenja

### 3.3.1 Hardver



Slika 3.14 SIMATIC S7-1200

Na slici 3.14 vidimo prikaz uređaja SIMATIC S7-1200 sa označenim glavnim dijelovima uređaja. Po brojevima je označeno:

1. Priključak za napajanje
2. Odvojivi konektori ( iza vrata)
3. Statusne LED diode za ugrađeni I/O
4. PROFINET priključak

Tablica 3.3 Prikaz svojstava uređaja

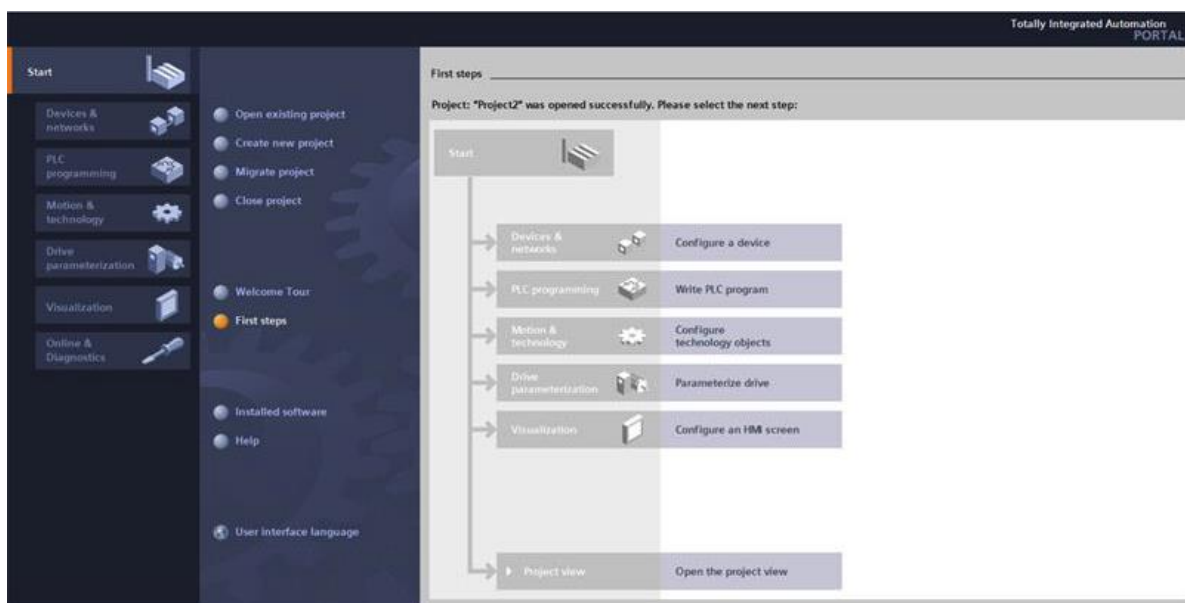
Svojstvo	CPU1212C
Fizička veličina	90mm x 100 mm x 75mm
<ul style="list-style-type: none"><li>• Radna memorija</li><li>• Memorija za učitavanje</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 25 KB</li><li>• 1 MB</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memorija za zadržavanje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 KB</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ugrađeni digitalni ulazi/izlazi</li> <li>• Ugrađeni analogni ulazi/izlazi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 ulaza i 6 izlaza</li> <li>• 2 ulaza</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Slika procesa – ulaza</li> <li>• Slika procesa – izlaz</li> <li>• Bit memorija</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1024 bajta</li> <li>• 1024 bajta</li> <li>• 4096 bajta</li> </ul>

U tablici 3.3 prikazana su glavna svojstva SIMATIC S7-1200 uređaja.

### 3.3.2 STEP 7 Basic

STEP 7 Basic program omogućuje i pruža korisničko okruženje za razvijanje kontrolera, postavljanje mrežne komunikacije i za konfiguraciju HMI vizualizacije. Unutar programa, pružaju se dva različita prikaza projekta: prikaz portala i prikaz projekta. U prikazu portala se nalazi skup orijentiranih portala organiziranih prema funkcionalnosti alata, a unutar prikaza projekta se nalazi sami prikaz elemenata korištenih u projektu.



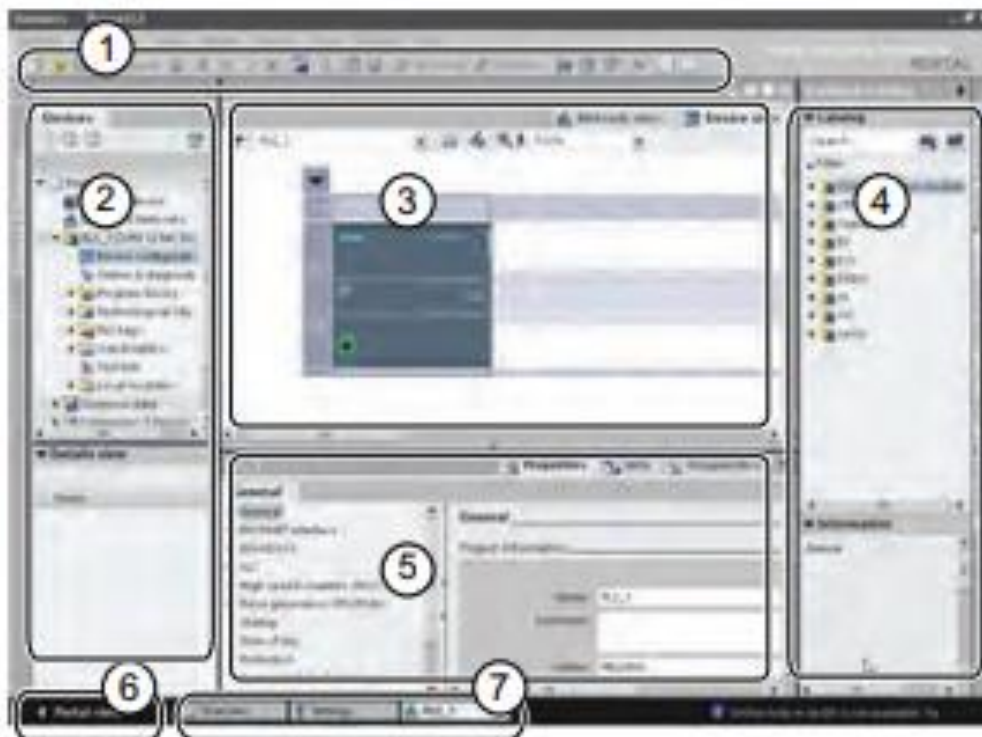
Slika 3.15 Prikaz portala u STEP 7 Basic

Na slici 3.15 prikazan je početni zaslon u TIA portalu koji se sastoji od:

1. Portali za različite zadatke
2. Zadatci za odabrani portal
3. Panel odabir za akciju
4. Promjene na prikazu projekta

Na slici 3.16 prikazan je projektni prikaz koji pruža pristup svim komponentama unutar projekta, a sastoji se od :

1. Alatna traka i izbornici
2. Navigacija projekta
3. Radno područje
4. Kartice zadataka
5. Prozor inspektora
6. Promjene na prikazu portala
7. Traka uređivača



Slika 3.16 Prikaz projekta u STEP 7 Basic

Ove komponente omogućuju veoma jednostavan i lak pristup svim aspektima unutar projekta te omogućuje brzu izradu logike i implementaciju te logike na kontroler, što omogućuje efikasnu i učinkovitu izradu sustava za automatizaciju. [7]



## **4. IMPLEMENTACIJA BEŽIČNOG POVEZIVANJA S WSN-3202 I NI- 9792 UREĐAJIMA UZ KORIŠTENJE S7-1200**

### **4.1 Implementacija uređaja**

Početni koraci tijekom implementacije su uključivali prolaženje i proučavanje sve potrebne dokumentaciju ( [4], [5], [6]) vezane za NI WSN i SIMATIC, odnosno za potrebne uređaje koji su korišteni u ovom diplomskom radu. Dokumentacija je obuhvaćala podatke vezane za uključivanje uređaja, postavljanje uređaja i montiranje cijelog uređaja, povezivanje uređaja u mrežu te je obuhvaćala sve informacije o softverskim postavkama te načinima i potrebnim dodatcima za povezivanja uređaja jedno s drugim, odnosno za povezivanje svih uređaja u sustav. U diplomskome radu proučena su uputstva za sigurno rukovanje uređaja i proučena su uputstva za hardversko i softversko postavljanje svih uređaja.

#### **4.1.1 Implementacija NI-9792 uređaja**

Prvi dio u implementaciji je bilo spajanje NI-9792 uređaja sa računalom i njegovo hardversko i softversko postavljanje i spajanje na LabVIEW. Za ispravno funkcioniranje uređaja potrebno je:

- NI 9792 uređaj
- NI WSN 32xx čvor
- Ethernet kabel
- NI-WSN 1.1 ili noviji softvare
- Računalo
- NI LabVIEW 2009 SP1 ili noviji
- NI LabVIEW Real-Time 2009 SP1 ili noviji
- Potrebna dokumentacija

Na slici 4.1 vidimo NI-9792 uređaj koji sam koristio kao kontroler u sustavu. Na slici 4.2 vidimo prikaz WSN kontrolera sa svojim potrebnim dijelovima za uspješan rad i

komuniciranje. Uređaj je spojen na vanjsko napajanje od 35V te je stavljena antena za bolji prijenos i veću razinu signala. Osobno računalo komunicira sa uređajem preko Ethernet kabela koji je priključen na ACT/LINK 1 Ethernet ulaz. Za spajanje i korištenje Ethernet ulaza 2, mora se dodijeliti statička IP adresa koristeći NI MAX. IP adresa mora biti na drugoj pod mreži od IP adrese na Ethernet ulazu 1 te se DHCP ne može koristiti za ulaz 2.



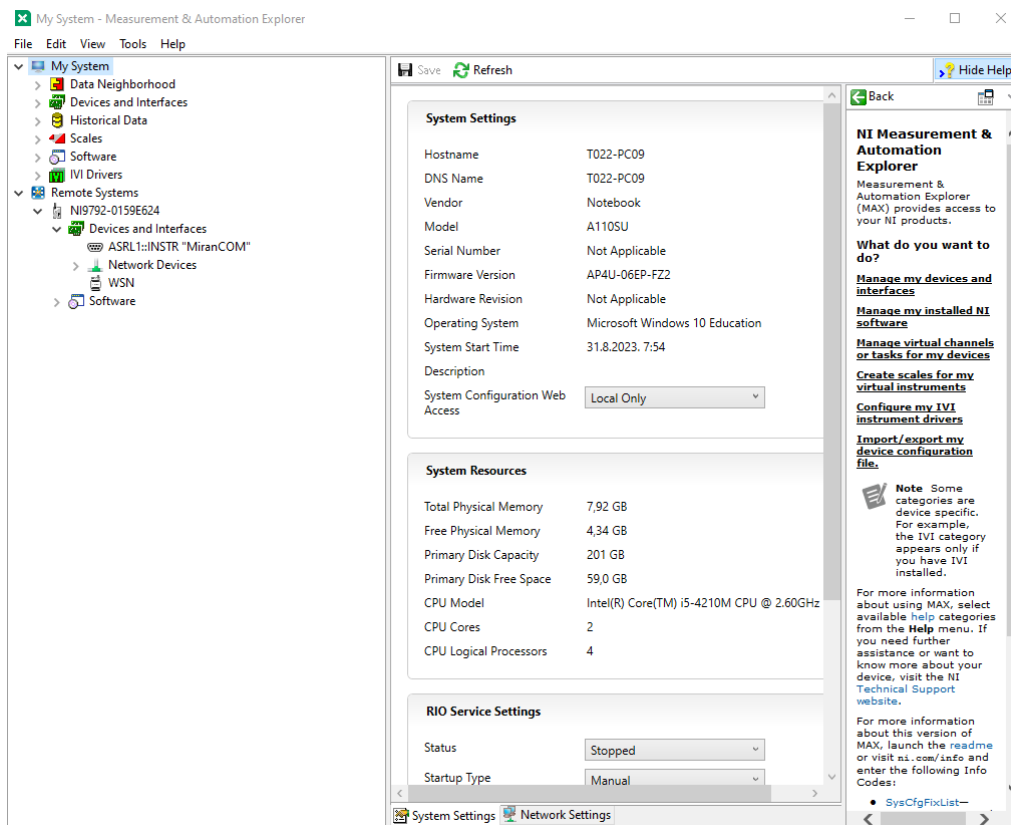
Slika 4.1 NI-9792 uređaj



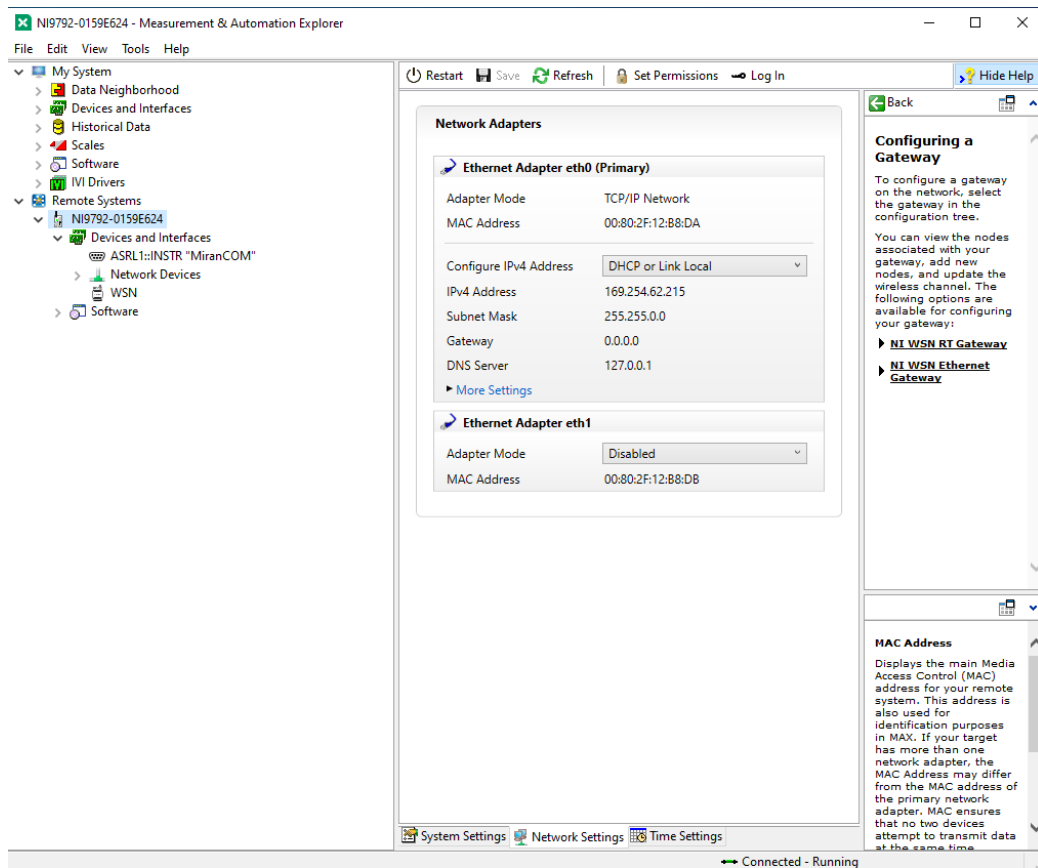
Slika 4.2 Hardversko postavljanje uređaja

Nakon postavljanja hardverskog dijela i svih potrebnih priključnih dijelova, potrebno je instalirati i namjestiti softverski dio uređaja. Prije pokretanja samih uređaja i provjeravanja rada potrebno je instalirati LabVIEW i NI-WSN driver softver. Potrebno je biti administrator u sustavu za uspješnu instalaciju paketa. NI-WSN driver softver je instalacija softver za uređaj koji je dostupan za skidanje na službenoj stranici National Instrumentsa. Potrebno je imati novije verzije NI LabVIEW SP1, Real- Time-a, NI-MAX-a i NI WSN softvera. Nakon što se instaliraju svi potrebni dodatci za ispravno funkcioniranje uređaja uređaj se može pokrenuti. Kada se NI 9792 uređaj pokreće po prvi puta, pokreće se u sigurnom načinu jer prethodno skinuti softver još nije instaliran na njega. Za konfiguraciju i instalaciju softvera koristimo NI MAX program. Pokrenemo NI MAX te raširimo Remote Systems u MAX konfiguraciji te vidimo prikazan NI 9792 model sa svojim serijskim brojem. Uređaj se automatski kreće spajati na mrežu koristeći DHCP protokol, a ukoliko on nije dostupan uređaj se spaja na mrežu sa link-lokalnom IP adresom. U mrežnim postavkama uređaja postavlja se mrežne postavke i nakon klika na Apply implementiramo promjene na uređaj. Nakon ponovnog pokretanja uređaja i pritiskom na Remote System te odabirom na add Software dodajemo LabVIEW Real-Time software i NI WSN Software na uređaj. Svi DIP preklopnici su u off položaju jer je to početni

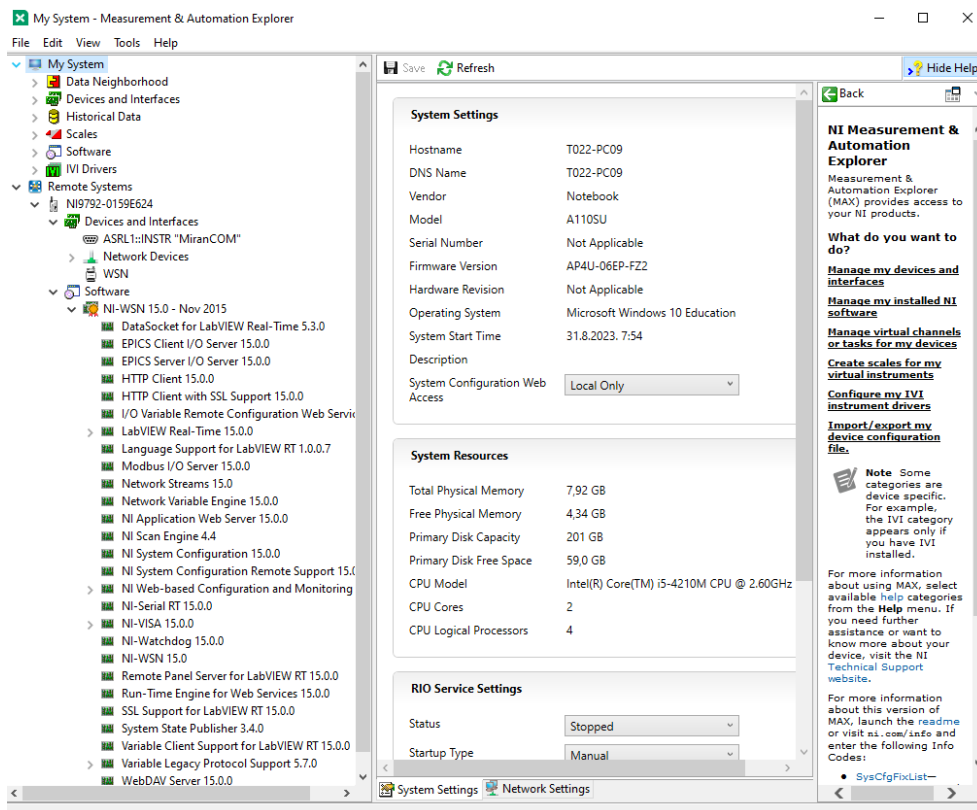
položaj i nije ih potrebno mijenjati za rad sa uređajem. Safe mode DIP preklopnik određuje hoće li se LabVIEW Real-Time sustav pokrenuti odmah nakon pokretanja uređaja. Ukoliko je u OFF položaju, sustav se pokreće automatski te se safe mode uvijek treba držati na OFF ukoliko radimo sa normalnim operacijama. Sklopku trebamo okrenuti na ON samo ukoliko je software na uređaju kompromitiran i pokvaren te ga želimo ispraviti novom instalacijom. Sklopka CONSOLE OUT čita IP adresu i verziju firmvera koja se nalazi u uređaju. Sklopku isto treba držati u OFF položaju tijekom normalnih operacija. IP Reset sklopka služi kao što i samo ime kaže za resetiranje IP adrese i drugih TCP/IP postavki uređaja na tvorničke postavke. NO APP sklopku trebamo staviti u OFF položaj za normalni rad sa uređajem, a u ON položaj samo kada želimo zabraniti pokretanje LabVIEW početnih aplikacija na uređaju. Na slikama ispod vidimo postavljanje uređaja u NI-MAX programu. Na slici 4.3 vidimo prikaz postavki samog uređaja i njegovih karakteristika. Na slici 4.4 vidimo mrežne postavke uređaja te vidimo adresu samog uređaja, a na slici 4.5 vidimo prikaz svih softvera koji su instalirani.



Slika 4.3 Prikaz postavki NI-9792 uređaja u NI-MAX-u



Slika 4.4 Prikaz mrežnih postavki NI-9792 uređaja u NI-MAX-u



Slika 4.5 Prikaz instaliranih softvera na uređaju

#### 4.1.2 Implementacija NI WSN-3202 I NI WSN-3212 uređaja

Nakon povezivanja kontrolera idući korak je spajanje WSN čvorova na kontroler, odnosno na mrežu. Za uspješno spajanje čvorova i komuniciranje između čvora i kontrolera potrebno je:

- NI WSN kontroler
- NI WSN 32xx čvor
- 4 AA 1.5V baterije ili vanjsko napajanje
- Ethernet kabel
- NI-WSN software verzija 1.0 ili kasnija
- Računalo
- NI LabVIEW 8.6.1 ili kasnije
- NI LabVIEW 2009 SP1 Real-Time modul ili kasnija verzija

Na slici 4.6 vidimo prikaz uređaja koji je korišten u diplomskom radu i koji je prikupljao podatke. To je WSN-3202 čvor, a u pozadini vidimo serijski broj uređaja koji identificira sami uređaj. Za napajanje su korištene četiri AA 1.5V baterije koje su postavljene kao što je prikazano na slici 4.8 koje su dostatne kako bi čvor radio kao završni čvor, a ne ruter. Na istoj slici možemo vidjeti i LED prikaz statusa povezanog uređaja te nam četiri upaljene lampice sugeriraju da je čvor spojen na mrežu i na kontroler te da je spreman za korištenje. Na slici 4.7 vidimo prikaz korištenog drugog čvora u mreži, odnosno WSN-3212 uređaja koji se spaja na isti način kao i prethodni čvor, a razlika je što uređaj 3212 ima ulaze za termopar što je vidljivo i na slici 4.7.





Slika 4.6 Prikaz korištenog NI WSN-3202 uređaja



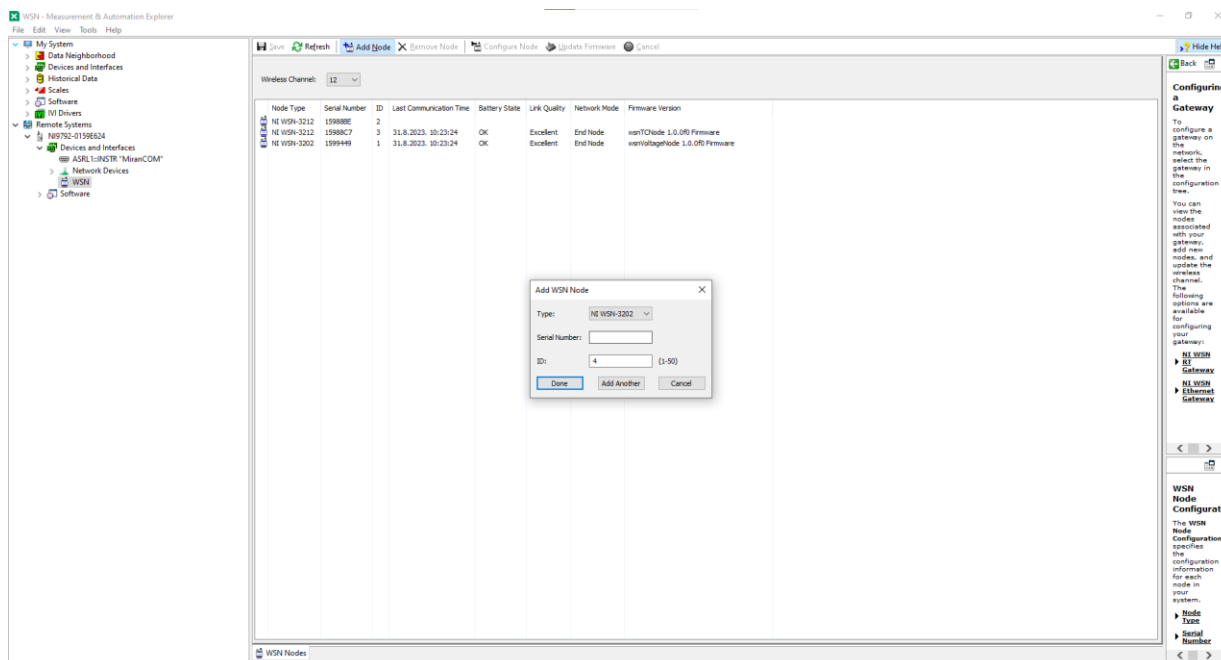
Slika 4.7 Prikaz korištenog NI WSN-3212 uređaja sa priključenim termoparom



Slika 4.8 Prikaz napajanja uređaja i status povezivanja

Prije uključivanja uređaja treba instalirati odgovarajući software na računalo. Dodatno čvorove možemo konfigurirati u NI MAX-u pod Remote Systems. Ukoliko su čvorovi dobro dodani i povezani sa kontrolerom oni će automatski biti vidljivi u MAX-u te će se u programu moći davati ime čvoru i dodavati ga ili brisati iz mreže. Prvo je povezan uređaj WSN-3202 koji je prikazan na slici 4.6 kako bi se preko njega mjerio ulazni napon signala, a zatim na kraju je povezan još jedan čvor WSN-3212 koji u sebi ima ulaze za termopar preko kojega je mjerena temperatura u prostoriji.





Slika 4.9 Prikaz dodavanja novih čvorova u mrežu putem NI-MAX-a

Na slici 4.9 prikazano je dodavanje novih čvorova na kontroler. Veoma lako se čvorovi mogu dodati, ali i izbaciti iz mreže. Kod dodavanja čvora jednostavno se odabere tip čvora, njegov serijski broj i ID po kojemu se prepoznaju čvorovi u mreži te ih nakon dodavanja kontroler kreće prepoznavati i omogućava daljnji rad sa njima. Dodatno se još nalaze informacije o kvaliteti veze, stanju baterije te modu operiranja i instaliranom firmveru.

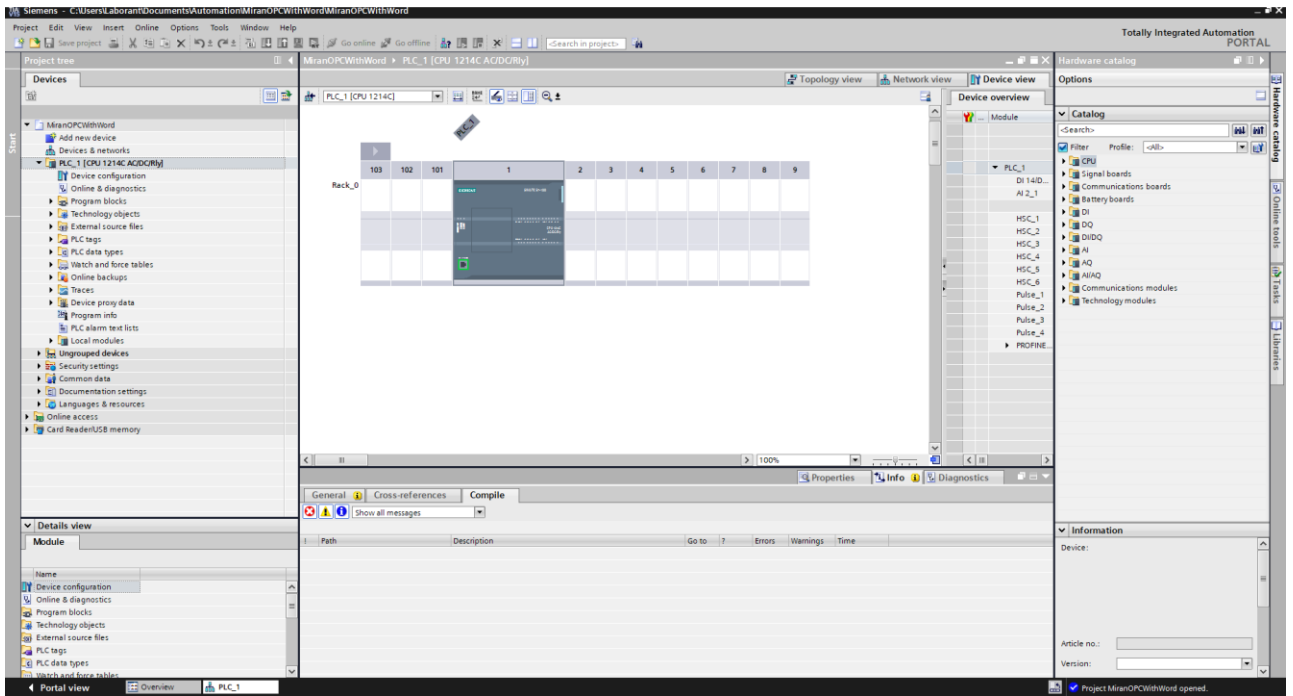
### 4.1.3 Implementacija S7-1200 uređaja u mrežu

Nakon postavljanja WSN bežične senzorske mreže i uključivanja i postavljanja uređaja u funkcionalno stanje, potrebno je bilo spojiti i PLC S7-1200 uređaj na industrijsko računalo. PLC predstavlja periferni uređaj koji komunicira preko računala sa bežičnom senzorskom mrežom te ovisno o dobivenim podacima na sensorima sukladno reagira. Nakon proučavanja potrebne dokumentacije o uređaju, uređaj na slici 4.10 je korišten za potrebe diplomskog rada. PLC uređaj je spojen na napajanje te je spojen Ethernet kabelom u mrežu, odnosno na računalo. Uređaj je programiran i konfiguriran preko TIA portala u kojemu je omogućeno vrlo jednostavno i brzo programiranje komponenti i logike uređaja. Za prijenos i komunikaciju PLC komponenti u LabVIEW program korišteni su OPC servere. Na slici 4.11 vidljiv je prikaz PLC uređaja u TIA portalu, koji je dodan te konfiguriran i postavljen za korištenje. Na slici 4.12 prikazan je programski blok koji se koristi u diplomskom radu. Uređaj ima 4 varijable i move

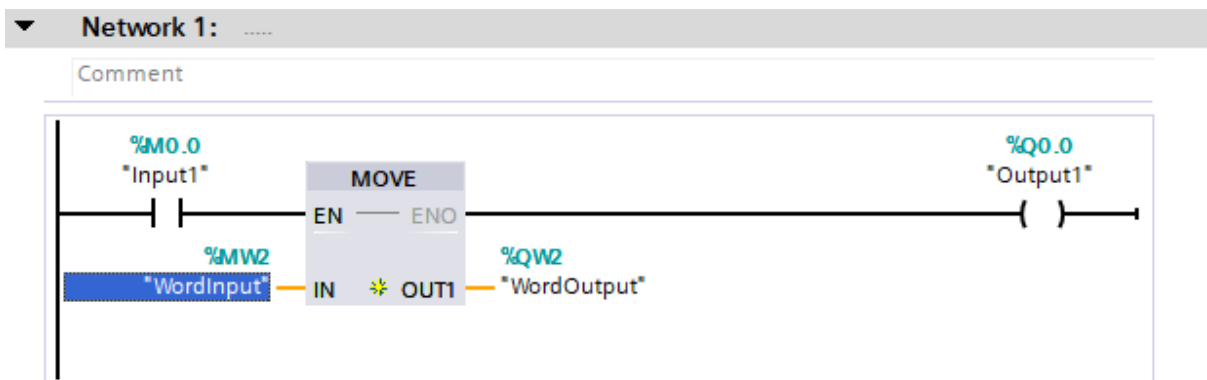
block. Varijable se nazivaju redom: Input1, Output1, WordInput i WordOutput. Input 1 predstavlja sklopku, a Output1 je LED dioda na uređaju koja radi ovisno o Input1 varijabli, odnosno ukoliko je sklopka u ON položaju pali se LED, a ukoliko je u OFF položaju, gasi se. WordInput i WordOutput predstavljaju varijable koji se mogu koristiti za prijenos neke riječi unutar PLC uređaja. Blok se izvršava na uređaju i ovisno o logici bloka izvršava navedene naredbe.



Slika 4.10 S7-1200 periferni uređaj



Slika 4.11 Prikaz S7-1200 uređaja u TIA portalu

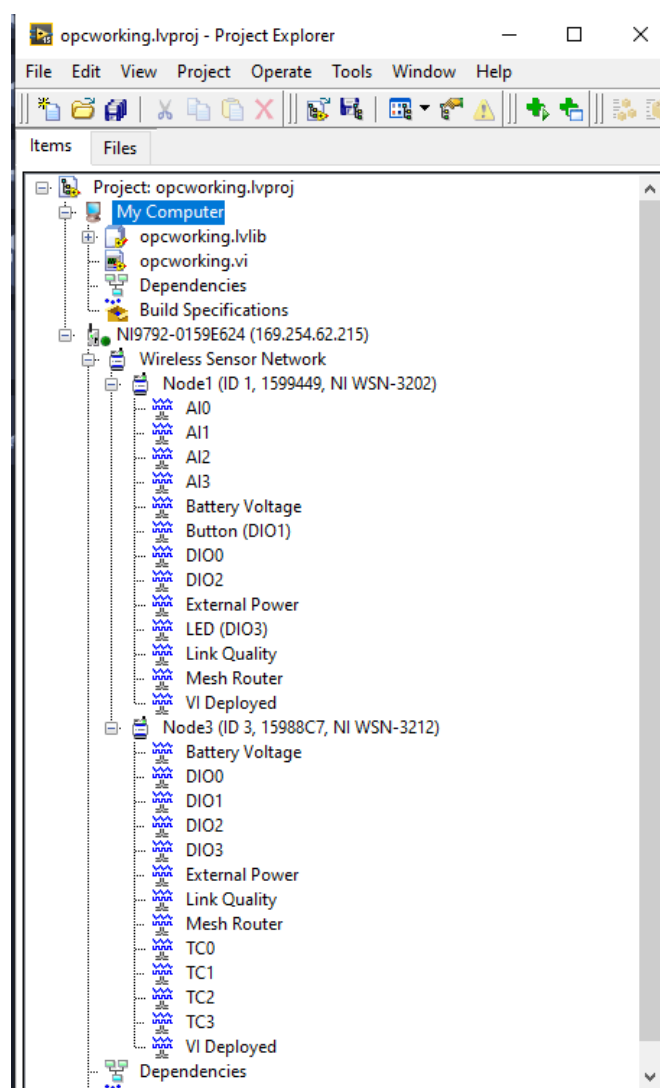


Slika 4.12 Prikaz programskog bloka koji se izvršava

Varijable Input1 i Output1 su povezane na računalo, točnije na LabVIEW program koristeći OPC servere. Oni omogućuju razmjenu i slanje podataka između različitih uređaja, kao što su senzori, PLC uređaji ili SCADA sustavi. U ovome slučaju korišteni su OPC serveri kako bi se dvije varijable mogle koristiti unutar LabVIEW programa i kako bi sa raznim sensorima i drugom logikom mogle biti upravljane i mijenjane, a posredno tomu mijenjale bi se i stanja na PLC uređaju.

## 4.2 Završni program

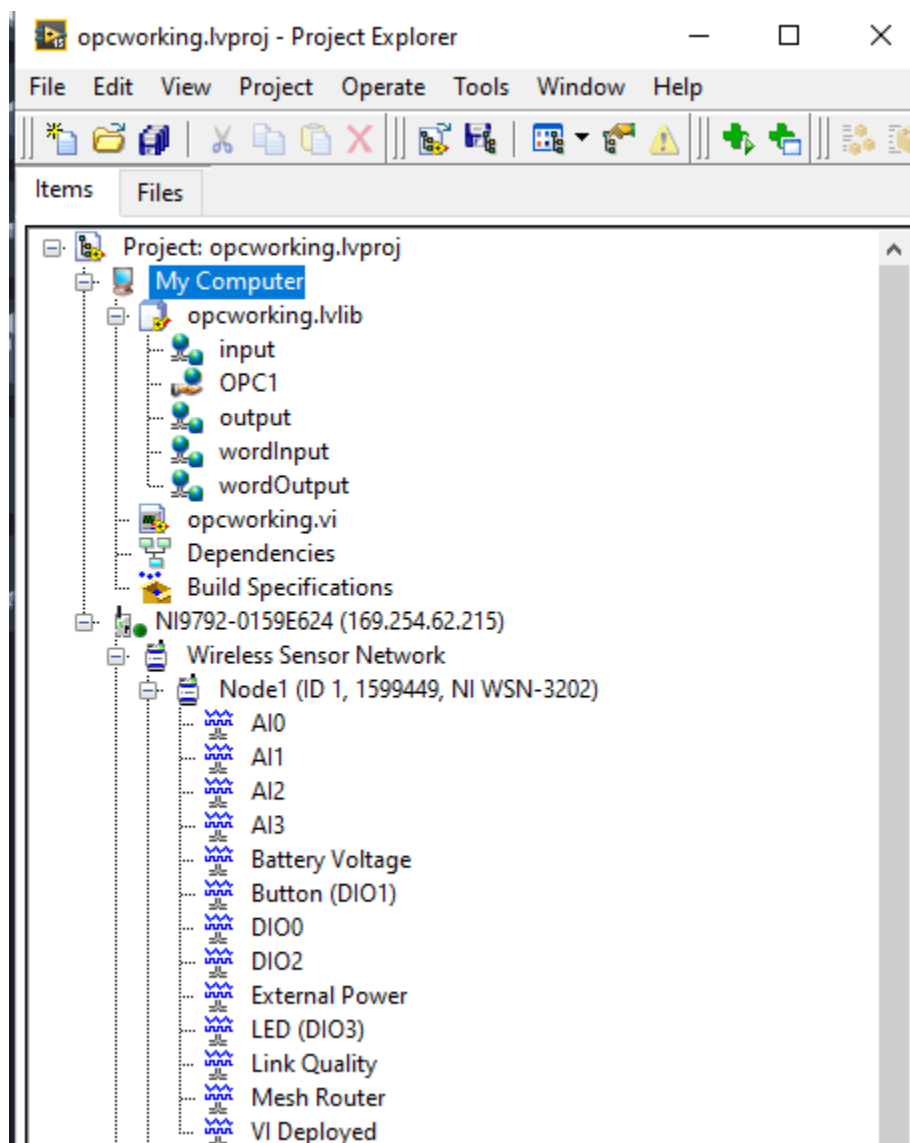
Nakon završetka postavljanja i konfiguriranja uređaja, poduzeti su prvi koraci za ostvarivanje sustava koji je korišten u diplomskom radu. Sustav ima funkciju da služi u industrijskom postrojenju te da pomoću računala promatra i upravlja kontrolerom i njegovim perifernim uređajima. Sustav je postavljen tako da se pomoću senzora koji su priključeni na WSN-32xx uređaje prikupljaju podatci dobiveni iz okoline i ovisno o tim podacima se signalizira radna stanica sa PLC uređajem i računalom.



Slika 4.13 Prikaz vi sheme završnog projekta unutar LabVIEW programa

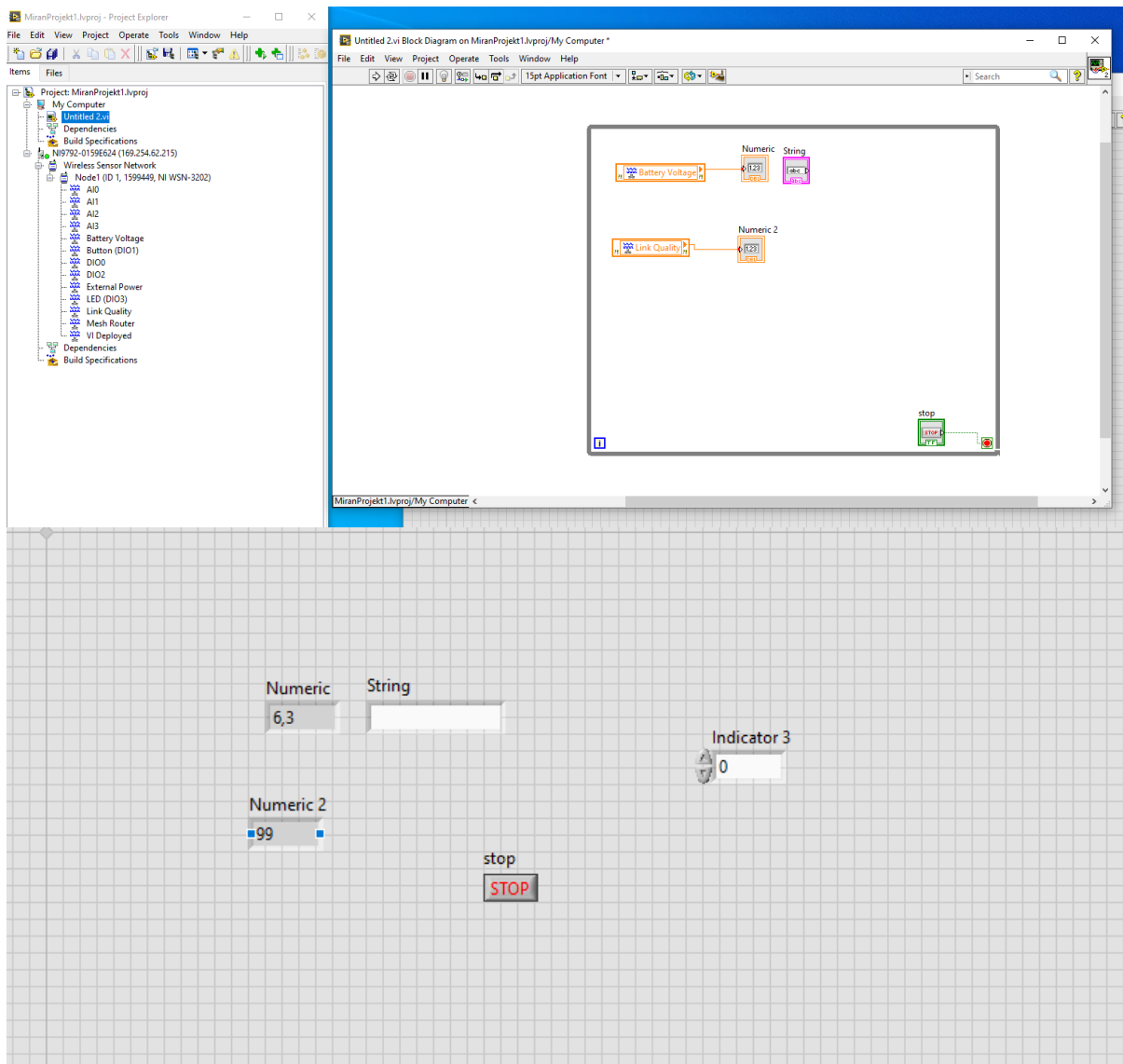
Na slici 4.13 vidljiv je prikaz unutar LabVIEW programa i prikazan je Project Explorer završnog projekta. U samom projektu se može vidjeti dodan uređaj NI-9792 zajedno sa svojim serijskim brojem te IP adresom mreže na koju je spojen. Pod uređajem se nalazi poseban odjeljak „Wireless Sensor Network“ koji sadrži popis svih čvorova koji su spojeni i

konfigurirani na tom kontroleru. U diplomskom radu je korišten uređaj Node1, odnosno WSN-3202 uređaj sa ID brojem koji je postavljen u NI-MAX-u. U samom uređaju postoje četiri analogna ulaza, oznake za napon baterije i vanjskog napajanja, kvalitetu linka i ruter, a nalazi se još i četiri digitalna I/O. Na kontroler je spojen još jedan čvor koji je isto vidljiv i ima oznaku Node3, a to je uređaj WSN-3212. Slično kao i u prethodnom čvoru, vidljive su oznake za bateriju, četiri digitalna I/O, kvalitetu linka, ruter, a jedina razlika je što ovaj čvor nema četiri analogna ulaza već četiri ulaza za termopar. Na slici 4.14 prikazana je datoteka koja sadrži varijable postavljene preko OPC servera. Varijable odgovaraju varijablama na slici 4.12 te izravno i u stvarnom vremenu predstavljaju varijable PLC uređaja.



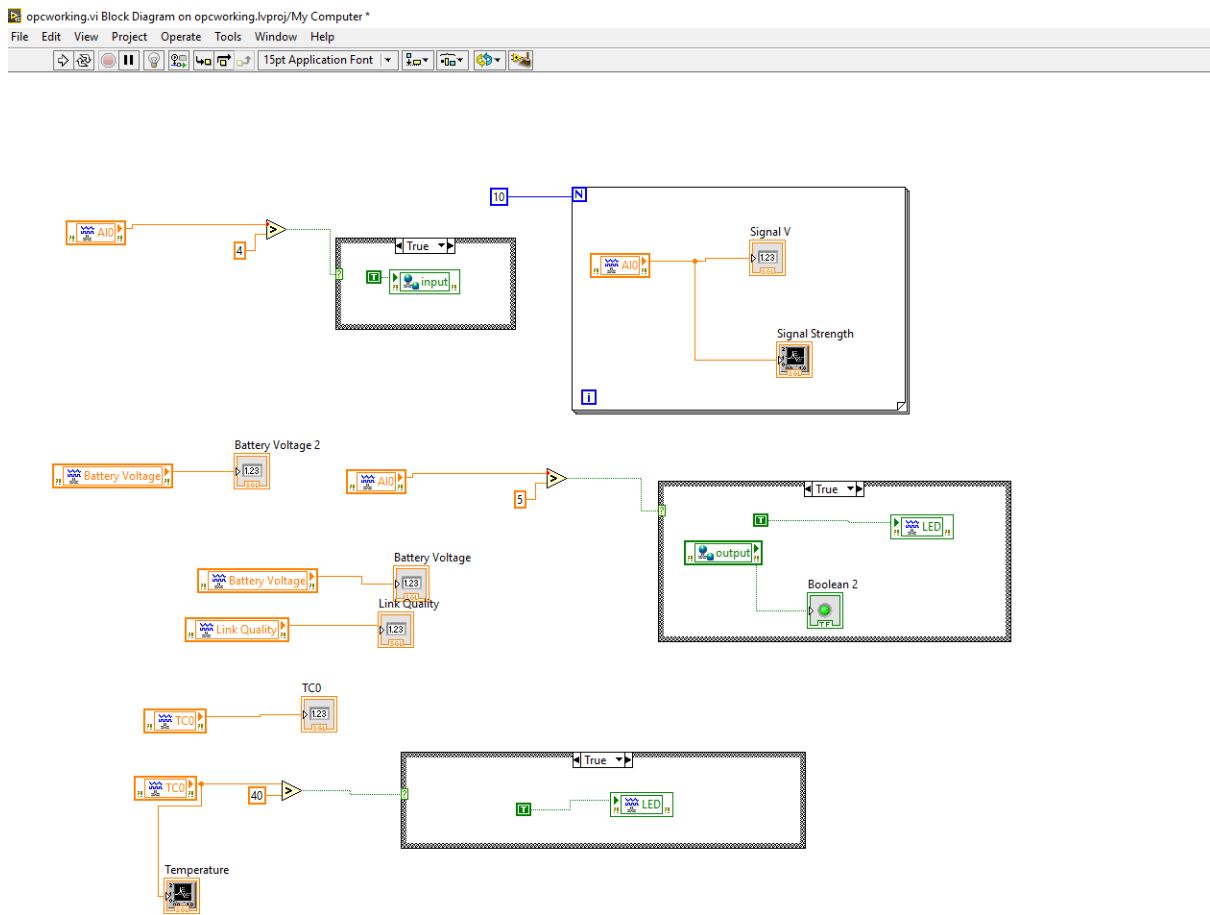
Slika 4.14 Prikaz varijabli OPC servera

Za korištenje svih varijabli na slikama iznad dovoljno je povući ih na blok dijagram projekta te ispravno ih spojiti, te će oni prikazivati određene vrijednosti.



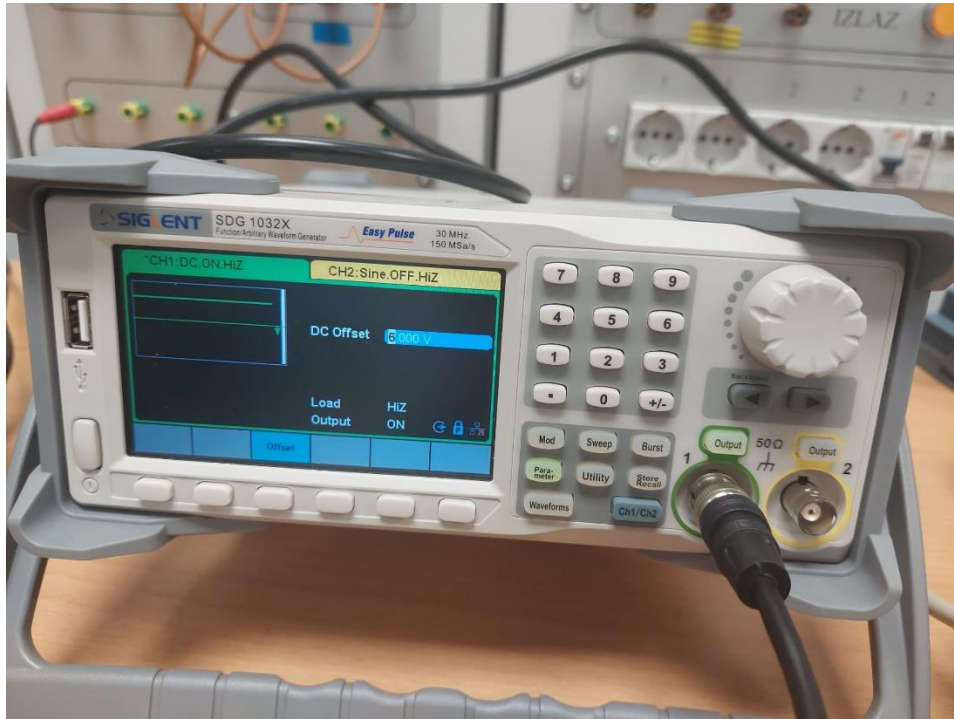
Slika 4.15 Primjer korištenja varijabli postavljenih WSN uređaja

Na slici 4.15 prikazan je primjer korištenja varijabli WSN sustava u LabVIEW okruženju. Jednostavnim povlačenjem varijabli na blok dijagram te dodavanjem određene logike dobije se mogućnost praćenja razina svih varijabli, odnosno praćenje i mijenjanje logike ovisno o dobivenim vrijednostima na sensorima. Prikazan je jednostavan primjer koji pokazuje samo numeričke vrijednosti napona napajanja WSN uređaja te prikazuje vrijednost kvalitete linka koju pruža WSN uređaj. Na slici 4.16 vidi se prikaz završne sheme blok dijagrama sustava, odnosno logike projekta diplomskog rada.

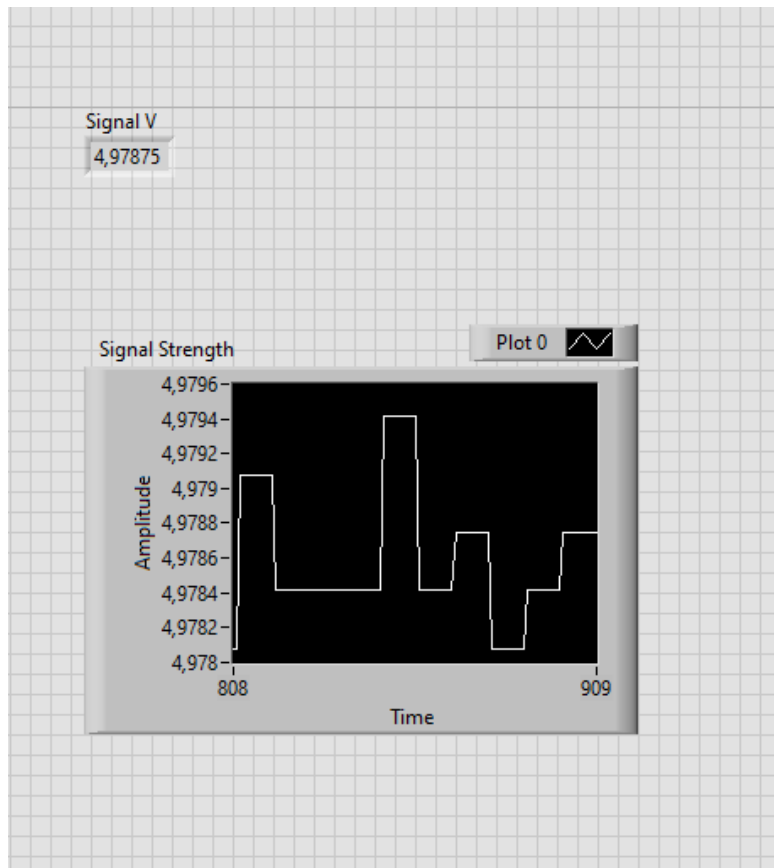


Slika 4.16 Prikaz završne sheme blok dijagrama projekta

U gornjem lijevom kutu blok dijagrama vidimo case petlju u kojoj se nalazi varijabla input dobivena iz PLC uređaja preko OPC servera. Case petlja ima dva uvjeta, te se određena logika nalazi u svakom od uvjeta. Uvjeti se ispunjavaju ovisno o naponu dobivenog na ulazu analognom ulazu 0 na uređaju WSN-3202. Uređaj je spojen na funkcijski generator, koji je prikazan na slici 4.17, te je pušten DC signal snage 5V. Izlaz 1 iz funkcijskog generatora je spojen na analogni ulaz uređaja WSN-3202 na način da je pozitivni izlaz generatora spojen na AI0 analogni ulaz čvora, a negativni izlaz spojen na AIGND ulaz čvora. Na čvoru se dobije razina ulaznog signala puštenog sa generatora, a vrijeme uzorkovanja čvora je 1 sekunda. Na slici 4.18 su prikazana dobivena očitavanja sa senzora te je rezultat očitavanja prikazan i numerički i grafički. Dio sa prikazivanjem podataka se nalazi u gornjem desnom dijelu slike 4.16. Postoje male varijacije koje se događaju zbog gubitka u prijenosu, ali su skroz zanemarive te rezultat konstantno iznosi oko 5V što je upravo amplituda signala koju smo pustili sa funkcijskog generatora.



Slika 4.17 Funkcijski generator



4.18 Prikaz prednjeg zaslona LabVIEW projekta.



Ukoliko je uvjet da je amplituda dobivena na senzoru veća od 4V istinit, pali se LED lampica na PLC uređaju kako bi moglo signalizirati korisniku da je amplituda napona prevelika i da se mora smanjiti kako bi sustav i dalje funkcionirao u normalnim uvjetima. Isto tako, ukoliko uvjet nije ispunjen, odnosno da je amplituda manja od 4V, na PLC-u se gasi LED indikator. Prikaz ispravnog rada uređaja možemo vidjeti na slici 4.19. U središnjem dijelu blok dijagrama prikazani su osnovni podatci o čvorovima, kao što su razine baterije jednog i drugog čvora te snaga kvalitete signala kako bi mogli u stvarnom vremenu pratiti razine podataka u čvorovima i kako bi se moglo pravovremeno reagirati ukoliko razine padnu ispod dopuštenih. Na središnjem desnom dijelu blok dijagrama je napravljena nova case petlja, no u ovome slučaju se prati isto razina dobivenog signala na analognom ulazu, no ukoliko je razina veća od 5V pali se LED dioda koja je spojena na čvor, odnosno na uređaj WSN-3202. Sa povećanjem napona postignuta je dovoljna razina amplitude signala kako bi se LED dioda aktivirala te kako bi signalizirala na čvoru preveliku razinu amplitude što možemo vidjeti na slici 4.20.



Slika 4.19 Rad PLC uređaja



Slika 4.20 Prikaz upaljene LED diode na uređaju

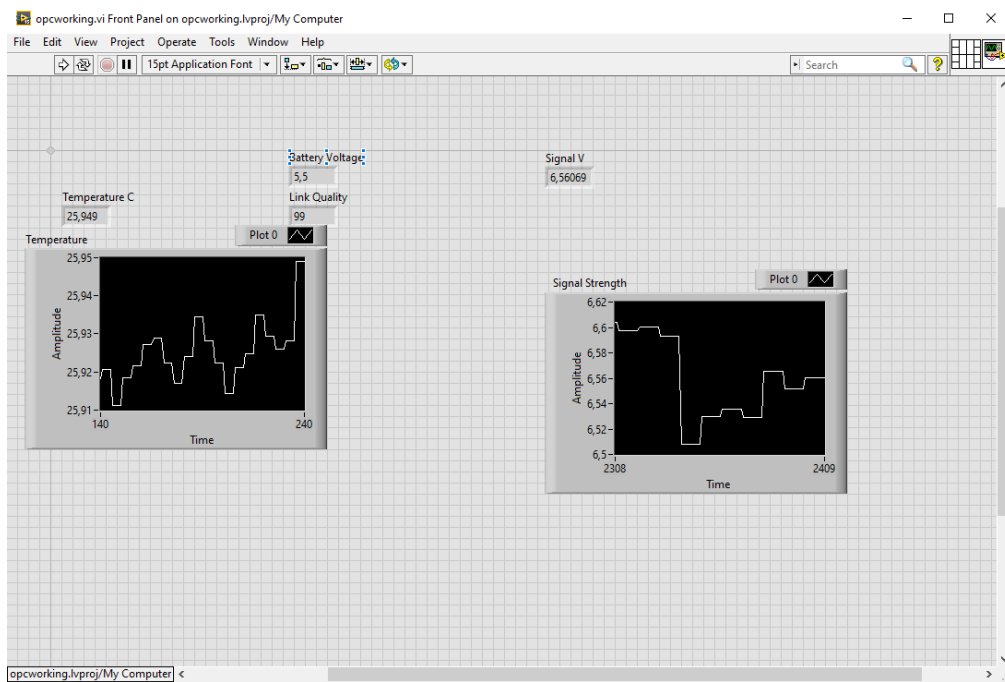
Vanjski senzori te LED dioda, se na WSN-3202 uređaj spajaju tako da se dovede napon na DIO PWR, a negativna žica se spaja na D GND. Napon je doveden koristeći uređaj na slici 4.21 s kojim je postavljen željeni napon. Može se dovesti napon do 12V, no za potrebe ovog diplomskog rada dovođen je napon od 5V. Sa spojenim uređajem što možemo vidjeti i na slici 4.20 i uz ispunjen uvjet LED lampica se pali te ostaje u upaljenom stanju sve dok amplituda signala ne padne ispod 5V.



Slika 4.21 Stabilizirani ispravljač

Donji dio prikazanog blok dijagrama prikazuje mjerenje temperature u prostoriji. Na spomenutom uređaju WSN-3212 koji ima mogućnost spajanja termopara mjeri se temperatura unutar prostorije. Napravljena je logika da ukoliko temperatura u određenim uvjetima u postrojenju pređe  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  pali se LED dioda na drugom čvoru i tako signalizira značajno povećanje temperature u prostoriji te omogućuje pravovremene reakcije korisnika.

Na posljetku na slici 4.22 prikazana su završna mjerenja te ispravan prikaz na prednjem zaslonu LabVIEW projekta. Rezultati se prikazuju u numeričkoj i grafičkoj vrijednosti za bolji pregled i konzumaciju primljenih podataka.



Slika 4.22 Prikaz završnih mjerenja sustava

## 5. TESTIRANJE SUSTAVA U INDUSTRIJSKIM UVJETIMA

Sustav je napravljen kao testni primjerak za buduća korištenja u svim industrijskim uvjetima i sva logika koja je napravljena se može iskoristiti i daljnje razvijati u skladu sa potrebama industrije. Ovaj sustav, odnosno WSN čvorove je najuspješnije koristiti kao senzore za prikupljanje podataka te odašiljanje tih podataka bežično na kontroler koji onda obrađuje te prenosi podatke u daljnji tok sustava. Napravljena je jednostavna logika za mjerenje i prijenos podataka te za odašiljanje podataka na industrijsko računalo koje prima te podatke te ih prikazuje na zaslonu, a onda ovisno o napravljenj logici upravlja perifernim uređajima koji su na njega spojeni. Ovakav sustav se može koristiti u nepovoljnim uvjetima gdje je bitno da određeni napon te temperatura koje prima i očitava čvor ne pređu određenu vrijednost. Ukoliko dođe do prelaska vrijednosti, senzori javljaju računalu podatke te signaliziraju svjetlosnim ili zvučnim putem kako bi korisnik, odnosno voditelj postrojenja mogao pravovremeno opaziti probleme te reagirati po određenim uputama, ili nahodima. Sustav je stavljen i testiran u industrijskim uvjetima kao što možemo vidjeti na slici 5.1 i 5.2. Uređaj WSN-3212 koji mjeri temperaturu je postavljen unutar industrijskog ormara. Opterećen je sinkronim motorom na kojem se nalazi trošilo te koje služi kao izvor velikog elektromagnetskog zračenja. Unatoč velikom zračenju uređaj je i dalje vrlo precizno i brzo davao izmjerenu temperaturu i reagirao u skladu sa očekivanim ponašanjem. Uređaj je otporan na elektromagnetska zračenja te se može koristiti u prisustvu istih i to zračenje neće imati utjecat na dobivene podatke, odnosno neće biti izobličenja podataka na grafu.



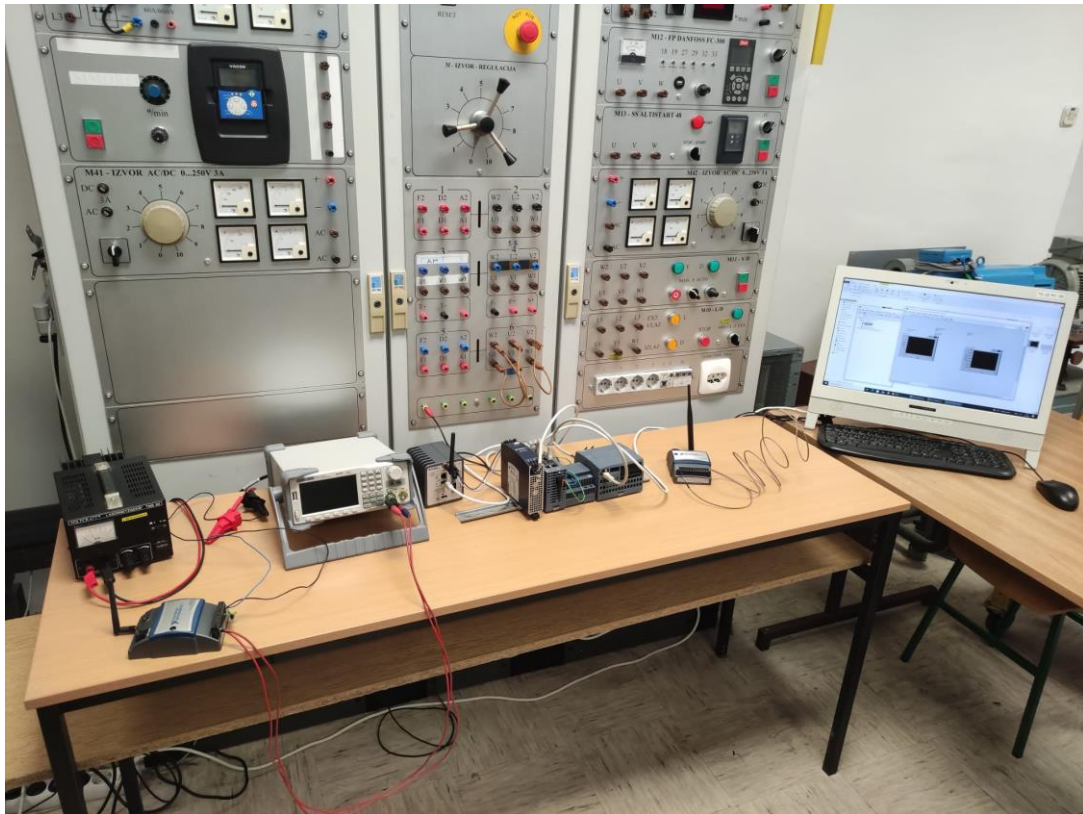
Slika 5.1 Sinkroni motor



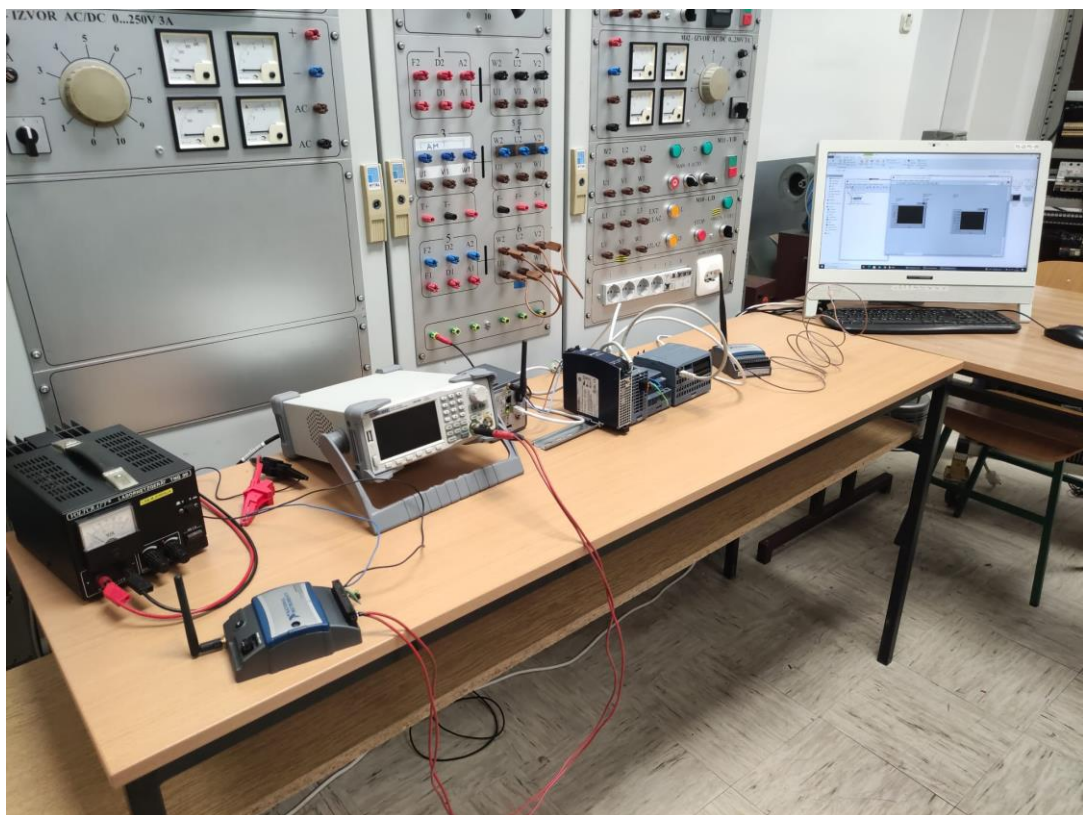
Slika 5.2 Uređaj u industrijskim uvjetima

Sustav ispravno funkcionira i u teškim uvjetima što je velika prednost za korištenje u industriji gdje se svakodnevno susreću veliki problemi u vidu zaštite cijelog sustava, temperature i velikih elektromagnetskih zračenja. Na slikama 5.3 i 5.4 vidimo prikaz cijelog kompletnog sustava koji je funkcionalan te koji obavlja svoju zadaću. Isto tako mogu se vidjeti svi uređaji koji su korišteni u diplomskom radu te načini spajanja svih uređaja i povezanih senzora. Iako je korišten u industrijskim uvjetima, ovaj sustav još treba dodatno razvijati te poboljšati određene komponente i karakteristike mreže i samog sustava. Potrebno je još dodatno ubrzati slanje podataka te dodatno olakšati povezivanje uređaja međusobno kako bi se što lakše i učinkovitije prenosili podatci bez kompliciranih postavljanja sustava i sa što manjim gubitcima u stvarnim mrežama i postrojenjima.





Slika 5.3 Prikaz cijelog funkcionirajućeg sustava u industrijskom pogonu



Slika 5.4 Prikaz cijelog funkcionirajućeg sustava u industrijskom pogonu

## 6. PRIMJERI PRIMJENE BEŽIČNOG POVEZIVANJA

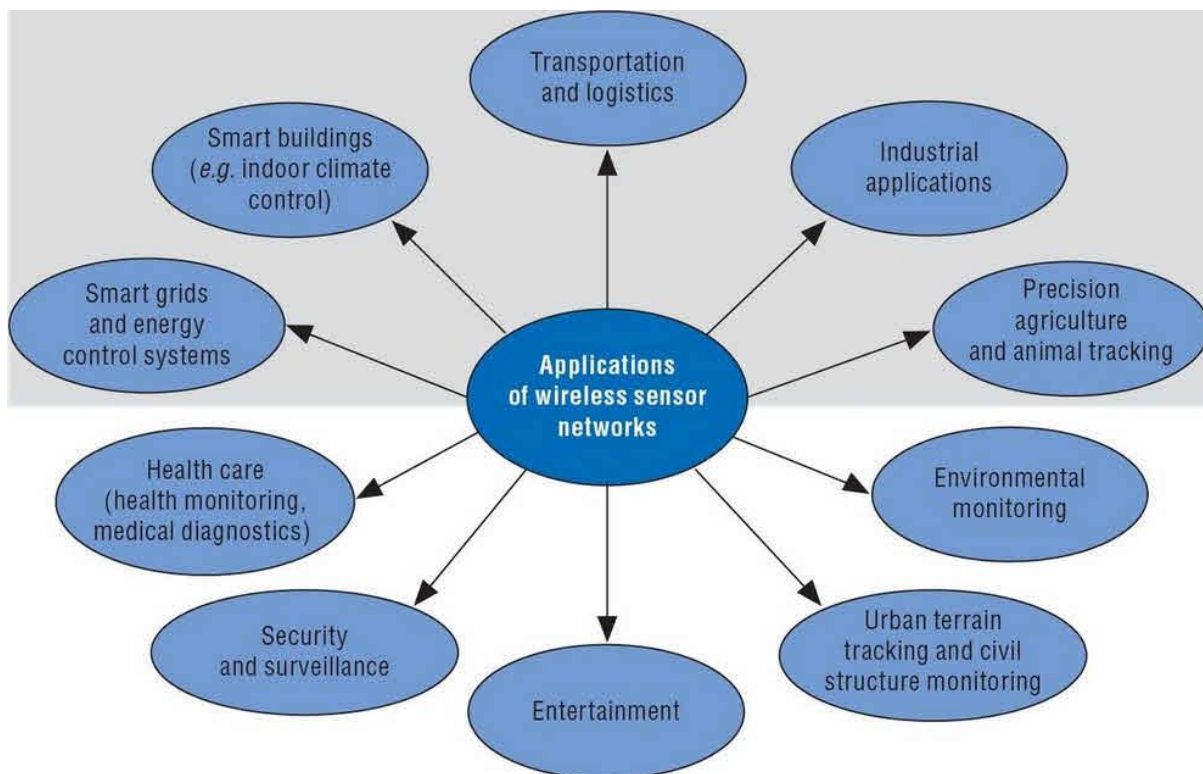
Korištenje bežične tehnologije, odnosno bežičnih senzorskih mreža se brzo razvija i sve više implementira za obavljanje svakodnevnih dnevnih zadataka. Sa dodavanjem masovne komunikacije između svih uređaja u mreži popularnost i izvedivost WSN mreža doživljava nagli porast i privlače veliku pažnju. Sa povećanjem broja uređaja povećava se i samo područje primjene koje je već sada dosta raznoliko i rasprostranjeno. Postoji mnogo aplikacija koje već sada koriste bežične senzorske mreže te veliki broj aplikacija koji planiraju preći na iste. WSN mreže imaju veliku ulogu u osiguranju ljudi, ljudskih života, povećanjem učinkovitosti proizvodnje u industriji. Neke od najvažnijih područja u kojima se koriste WSN mreže su:

- Praćenje okoliša
- Zdravstvo, praćenje pacijenata i osoblja
- Praćenje divljih životinja i stoke
- Vojne primjene
- Automatizacija u industriji

U nastavku se donosi ukratko objašnjenje korištenja svake od navedenih primjena. U procesima automatizacije u industriji dokazana je učinkovitost WSN mreža koja se očituje u smanjenju od 18% potrošnje energije kod kontinuiranog praćenja podataka u usporedbi sa tradicionalnim ručnim provjeravanjem. Uz smanjenje potrošnje još jedna od glavnih značajki je mogućnost praćenja podataka u stvarnom vremenu što je pomoglo u automatizaciji raznih industrijskih procesa. Jedan od primjera je tvrtka Ocado koja je jedan od najvećih supermarketa u Ujedinjenom Kraljevstvu. Oni koriste WSN mreže za praćenje zaliha na stanju, pravovremeno nadopunjavanje potrebnih proizvoda s čime smanjuju opterećenje na proizvodnom procesu. Isto tako povećavaju učinkovitost svojih skladišta, a istovremeno mjere učinkovitost i rad strojeva u stvarnom vremenu. Još jedan od primjera primjene je kod mjerenja okolišnih parametara u industriji te podizanje raznih alarma ukoliko vrijednost parametara pređe određeni iznos. WSN mreže nalaze veliku primjenu u praćenju okoliša, odnosno raznih parametara koji se nalaze u zraku i vanjskom prostoru. U Londonu je postavljen projekt Breath London koji koristi WSN čvorove za mjerenje kvalitete zraka u dijelovima grada. Tvrtka Nature 4.0 razvija inovativne uređaje za mjerenje potrošnje vode, rasta biomase u drvetu kako bi se očuvali od različitih nepovoljnih okolišnih utjecaja na prirodu. Još jedna primjena WSN mreže je u zdravstvenom sektoru gdje se specijalno dizajnirani WSN čvorovi mogu nalaziti na ili unutar ljudskog tijela i pratiti razne parametre vezane za zdravlje čovjeka. U ortopediji ti



čvorovi mogu koristiti za kontinuirano praćenje fizičkog stanja kostiju u čovjeku. Isto tako, WSN čvorovi olakšavaju farmerima praćenje stoke i divljih životinja u stvarnom vremenu. Osim praćenja lokacije životinja može se pratiti i temperatura kako bi se predvidjela trudnoća određene životinje te je predložen sustav za praćenje zdravlja stoke sa korištenjem više vrsta WSN senzora. Veću primjenu nalazi i u vojnom sektoru gdje se u bespilotnim vozilima i dronovima. WSN čvorovi imaju veliku i ključnu ulogu u vojnim aplikacijama za upravljanje vozilima, a predložena je i integracija čvorova i samih bespilotnih dronova za učinkovito obavljanje operacija spašavanja. Na slici 6.1 prikazana su područja primjene u kojima se intenzivno koriste WSN bežične senzorske mreže. [10]



Slika 6.1 Područja primjene WSN mreža [11]

## 7. IZAZOVI I BUDUĆNOST BEŽIČNOG POVEZIVANJA U INDUSTRIJI

Buduće tehnologije i nova otkrića nitko ne može znati sa sigurnosti, no vidljiv je smjer u kojemu je krenula tehnologija za bežično povezivanje i kako se ona još može unaprijediti i poboljšati. Vidimo primjer četvrte industrijske revolucije koja je donijela ideju i razvoj pametnih tvornica. U ovim budućim i pomalo futurističkim tvornicama, svi povezani uređaji će moći međusobno komunicirati, surađivati i otkriti svoje radno okruženje. U skorije vrijeme očekuje se da će većina proizvođača preći u potpunosti na bežične mreže, koje stalno napreduju te usvajaju trendove novih industrija 4.0 kao što je svijet Industrijskog Interneta stvari ili same 5G proizvodnje te da će do kraja 2030. godine broj povezanih uređaja koji koriste IoT doseći 125 milijardi. U budućnosti se očekuje dodavanje mMTC (masovne komunikacije) između samih uređaja koji su spojeni u mrežu sa upotrebom 5G mreže. Sa postepenim korištenjem nove mreže povećava se upotreba IoT uređaja u svim industrijskim i korisničkim aplikacijama, uređajima i sustavima. Dodavanjem uređaja u novu mrežu donosi nove izazove u ispunjenju svih zahtjeva korisnika. Neki od novih izazova sa kojima se susreću operateri su: energetska učinkovitost, standardizacija tehnologije, upravljanje raznim tipovima prometa, smanjenje novih troškova u postavljanju mreža i sustava. Iako su ti izazove već obrađeni u radu sa bežičnim mrežama, oni zahtijevaju nove inovativne algoritme i hardverske i softverske dizajne zbog uključivanja 5G mreže. Za mjerenje performansi WSN čvorova koristimo četiri parametra koja nam pokazuju sve buduće izazove za koje se trebaju implementirati rješenja kako bi korištenje bežične tehnologije u budućnosti još brže i bolje funkcioniralo. Prvi od tih parametara je interoperabilnost koja označava mjeru u kojoj sami čvorovi mogu komunicirati sa drugim uređajima. Sa veoma brzim porastom popularnosti bežičnih mreža i IoT uređaja, značajno se povećala i raznolikost prometa. Nedostatak interoperabilnosti između raznih bežičnih čvorova i uređaja se ističe kao jedna od glavnih ekonomskih prijetnji te se navodi da će se povećanjem interoperabilnosti povećati potencijalne koristi samih bežičnih sustava za otprilike 40%. Jedan od predloženih rješenja je sustav mehanizma višeslojnog povjerenja te sličan sustav upravljanja povjerenjem usmjerenim na središnju kontrolu. Uz sve prednosti takvih sustava sa povećanjem interoperabilnosti, postoji i nedostatak koji se manifestira u vidu dodavanja dodatnog računalnog opterećenja na WSN čvorove koji imaju ograničene resurse. Još jedan način povećanja interoperabilnosti je sustav upravljanja povjerenjem temeljen na blockchainu koji smanjuje opterećenje na WSN čvorovima. Postoji puno sustava i rješenja koji se bave interoperabilnošću, no ipak niti jednim nije moguće potpuno ju prevladati. Drugi

parametar je energetska učinkovitost, koja ukazuje na vijek trajanja senzora, odnosno analiziranje i implementaciju rješenja za povećanjem vijeka trajanja čvorova. Očekuje se u budućnosti da će WSN čvorovi i sustavi moći obavljati, analizirati i prikupljati informacije tokom određenih operacija tijekom veoma dugih razdoblja napajajući se samo na ograničenom napajanju. Trenutno zamjena baterija je ili veoma skupa za svaki uređaj u mreži ili nije primjenjiva za neke uređaje u vrlo opasnim i neprijateljskim okruženjima. Potrošnja same energije je promjenjiva i ovisi o zahtjevima aplikacije te je sukladno tome svaki WSN čvor dizajniran prema tome. Veličina WSN čvora isto tako utječe na očuvanje vijeka trajanja. Sa porastom potražnje bežičnih sustava i aplikacija povećava se i potrebna razina energetske učinkovitosti. Mijenjanjem i korištenjem učinkovitijih algoritama za rutiranje, raspoređivanje i formiranje skupina povećava se na učinkovit način vijek trajanja WSN čvorova. Još jedan popularan način je skupljanje energije, ali taj način zahtjeva dodatnu elektroniku što povećava same troškove. Agregacijom softverskih podataka povećava se rok trajanja, no s tim načinom ostaje značajna praznina sa hardverskog stajališta. Kroz naredne godine očekuje se razvoj WSN čvorova sa neto-nula potrošnjom energije kako bi čvorovi mogli neprestano i neometano obavljati brojne složene zadatke. Pokrivenost područja je treći parametar koji se uzima u obzir u dizajniranju budućih rješenja, odnosno implementacija povećanja radijusa prihvaćanja informacija. Pokrivenost područja igra ključnu ulogu u održavanju potrošnje energije te održava i određuje kvalitetu usluge. Fizička pokrivenost WSN čvora definirana je sposobnošću uređaja za registraciju informacija unutar radijusa. Još jedna učinkovita metoda je korištenje ispravne topologije kojim se čvorovi raspoređuju u mreži. Zbog povećanja izazova sa postizanjem optimalne pokrivenosti, očekuje se razvoj novih i inovativnih tehnika i tehnologija za postizanje optimalne pokrivenosti. Jedan od najvažnijih parametara je sigurnost same mreže te pokazuje u kojoj mjeri WSN čvor može primiti informacije od korisnika te koliko te iste informacije može prenijeti daljnjem čvoru ili uređaju. Povećanje popularnosti WSN čvorova, odnosno mreža isto tako je izazvala zabrinutost vezanu za sigurnost i povjerljivost podataka korisnika. U čvorovima postoji nedostatak sigurnosnih standarda te se ulažu već sada veliki naponi kako bi se riješili problemi sigurnosti. Očekuje se sve veće korištenje radiofrekvencijske identifikacije i korištenje novih standarda nove 5G mreže koji nastoje rješavati probleme privatnosti na razini hardvera. Sa druge strane, na softverskoj razini jedan od najučinkovitijih rješenja za povećanje sigurnosti je korištenje blockchain tehnologije i korištenje sustava za upravljanje ključevima. Pošto WSN čvorovi imaju energetska ograničenja koja ograničavaju korištenje jačih sigurnosnih protokola, često se koristi lagani sigurnosni algoritam koji je temeljen na detekciji upada. Još jedno moguće rješenje je korištenje hibridne sheme sigurnosti

koja se temelji na detekciji upada. Iako postoji puno rješenja koji rješavaju problem sigurnosti u WSN mrežama i dalje postoje veliki izazovi za postizanje optimalne sigurnosti što ima i veliki utjecaj na ekonomski rast WSN tehnologije. [10]

## 8. ZAKLJUČAK

Može se istaknuti da je bežično povezivanje jedno od najvažnijih tehnoloških napredaka tijekom razvoja komunikacija između uređaja, a povezivanje kontrolera sa periferijom predstavlja veoma značajan tehnološki napredak sa još većim potencijalom za sve industrije i sektore. U današnjem modernom i veoma brzo rastućem svijetu, bežična povezanost pruža i omogućuje slobodu kretanja, praktičnost i estetsku vrijednost bez potrebe za postavljanjem raznih fizičkih mreža, a isto tako unaprjeđuje način upravljanja i kontroliranja uređaja i sustava. Kroz integraciju uređaja kao što su WSN-3202, WSN-9792 i Siemens S7-1200 uvidjeli smo da uređaji vrlo lako i jednostavno mogu komunicirati jedno s drugim putem industrijskog računala kako bi zajednički mogli obavljati u upravljati automatizacijom sustava u industrijskom postrojenju. Kombinacija uređaja bežičnih senzora, kontrolera i PLC uređaja predstavlja veoma snažnu osnovu za daljnji razvoj modernih i inteligentnih sustava koji služe za povećanje učinkovitosti i produktivnosti industrije. Isto tako, u ovom diplomskom radu istraženi su i problemi koji se javljaju u samim bežičnim senzorskim mrežama te načinima na koji se pokušavaju riješiti ti problemi. U samoj implementaciji projekta napravljena je određena logika sustava koja bi trebala služiti u svrhu praćenja i prikupljanja podataka te distribuiranja tih podataka na industrijsko računalo. Računalo zatim obavlja i vrti određeni kod, odnosno logiku sustava ovisno o dobivenim podacima preko kontrolera, a zatim i obavještava druge periferne uređaje o potrebnim akcijama. Prikazan je jednostavan primjer i način primjene ovakvih mreža, koje bi u budućnosti trebali biti još zastupljenije i još privlačnije za ovakve tipove problema i procesa. U budućnosti se očekuje nastavak i napredak bežične tehnologije s kojim će se otvoriti i nove primjene te mogućnosti ovakvih sustava i projekata. Još jedan od glavnih uvjeta za razvoj ovakvih mreža je razvoj dodatnih sigurnosnih mjera za još veću sigurnost i obranu od neovlaštenog upada. U konačnici, ovaj diplomski rad pruža uvid u same prednosti, tehnologije i izazove bežičnog povezivanja kontrolera sa periferijom, gdje se naglašava značaj takve tehnologije u modernom, suvremenom i ubrzanom digitalnom svijetu.

## LITERATURA

- [1] National Instruments (2013) „Programmable WSN Gateway“, [https://www.amc-systeme.de/files/pdf/wsn9792\\_amc.pdf](https://www.amc-systeme.de/files/pdf/wsn9792_amc.pdf), Osijek 2023.
- [2] National Instruments (Updated 2023) „What is the Modbus Protocol & How Does It Work?“, <https://www.ni.com/en-rs/shop/seamlessly-connect-to-third-party-devices-and-supervisory-system/the-modbus-protocol-in-depth.html>, Osijek 2023.
- [3] National Instruments (February 22. 2023) „Basic TCP/IP Communication in LabVIEW“, <https://www.ni.com/en/support/documentation/supplemental/06/basic-tcp-ip-communication-in-labview.html>, Osijek 2023.
- [4] National Instruments „NI 9792 WSN Real-Time Gateway“, <https://www.apexwaves.com/pdfs/wsn-9792-user-manual.pdf>, Osijek 2023.
- [5] National Instruments „NI WSN-3202“, <https://www.apexwaves.com/pdfs/wsn-3202-user-manual.pdf>, Osijek 2023.
- [6] National Instruments (2014) „Wireless Sensor Network Analog Input Nodes“, <https://pdf.directindustry.com/pdf/national-instruments/ni-wsn-3202/5074-622756.html>, Osijek 2023.
- [7] Siemens „SIMATIC S7 S7-1200 Programmable controller“, [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att\\_106119/v1/s71200\\_system\\_manual\\_en-US\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att_106119/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf), Osijek 2023.
- [8] Antonio Armenta (July 2021) „Wired vs Wireless Industrial Networks“, <https://control.com/technical-articles/wired-vs-wireless-industrial-networks/>, Osijek 2023.
- [9] „Wired vs Wireless Networks for Industrial Applications“, <https://www.pdfsupply.com/blog/index.php/2021/12/28/wired-vs-wireless-networks-for-industrial-applications/>, Osijek 2023.
- [10] Jamshed, M. A., Ali, K., Abbasi, Q. H. , Imran, M. A. and Ur Rehman, M. (2022), „Challenges, applications and future of wireless sensors in internet of things“, <https://eprints.gla.ac.uk/264052/1/264052.pdf>, Osijek 2023.
- [11] „Wireless Sensor Networks: Types & Their Applications“, <https://www.elprocus.com/introduction-to-wireless-sensor-networks-types-and-applications/>, Osijek 2023
- [12] „A real-time greenhouse monitoring system for mango with Wireless Sensor Network (WSN) (January 2015)“, [https://www.researchgate.net/publication/282952416\\_A\\_real-time\\_greenhouse\\_monitoring\\_system\\_for\\_mango\\_with\\_Wireless\\_Sensor\\_Network\\_WSN](https://www.researchgate.net/publication/282952416_A_real-time_greenhouse_monitoring_system_for_mango_with_Wireless_Sensor_Network_WSN), Osijek 2023.
- [13] National Instruments „CALIBRATION PROCEDURE NI WSN-3202“, <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/373202a/resource/373202a.pdf>, Osijek 2023.

[14] Šoštarić, Ivana (2014), „Nadzor dinamičkih parametara akcelatora i žiroskopa bežičnim senzorskim mrežama“, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:936215>, Osijek 2023.

[15] Robert Berger (2009), „Introduction to Wireless Sensor Networks“, <https://pdfs.semanticscholar.org/24e0/ed2f1c250f4b0e46b435f31f8ac8baff88a9.pdf>, Osijek 2023.

## SAŽETAK

U ovome diplomskom radu provedeno je istraživanje i implementacija bežične senzorske mreže sa korištenjem uređaja WSN-3202, WSN-3212, WSN-9792 te S7-1200. Istraživane su razne metode načina ostvarenja bežične senzorske mreže te su proučene sve prednosti i nedostatke bežične i žičane mreže. Proučene su tehnologije i načine rada svakog od navedenih uređaja, a zatim su uređaji implementirani u bežičnu senzorsku mrežu. Uređaji su konfigurirani kako bi radili jedan s drugim te kako bi prenosili potrebne informacije i signale u stvarnom vremenu. Za postavljanje logike samog sustava i načina signaliziranja korišten je LabVIEW program za konfiguraciju WSN uređaja, a TIA Portal je korišten za postavljanje logike sustava na PLC uređaj. Korišteni su OPC serveri za prijenos varijabli i logike PLC uređaja na LabVIEW u svrhu upravljanja perifernim uređajem preko industrijskog računala. Nakon uspješne implementacije cijelog sustava prikupljeni rezultati su prikazani na sučelju programa te se potrebne funkcije signalizacije uspješno izvršavaju. Na posljeticu sustav je testiran u industrijskim uvjetima kako bi se prikazala otpornost sustava na nepovoljne vanjske utjecaje i uvjete.

**Ključne riječi:** Bežična senzorska mreža, WSN sustav, OPC serveri, LabVIEW, TIA portal, Industrija



## **ABSTRACT**

### **Possibilities of wireless interconnection between controller and peripheral devices.**

In this master's thesis, research and implementation of a wireless sensor network using WSN-3202, WSN-3212, WSN-9792, and S7-1200 devices were conducted. Various different methods of establishing a wireless sensor network were explored, and all the advantages and disadvantages of wireless and wired networks were studied. The different technologies and operations of each of the mentioned devices were examined, followed by the implementation of the devices into the wireless sensor network. The devices were configured to interact with each other and transmit necessary information and signals in real-time. LabVIEW software was used to configure the WSN devices and set up the logic of the system and signaling, while TIA Portal was used to configure the system logic on the PLC device. OPC servers were employed to transfer variables and PLC device logic to LabVIEW for managing peripheral devices via an industrial computer. After the successful implementation of the entire system, the collected results were displayed on the program interface, and necessary signaling functions were executed successfully. Finally, the system was tested under industrial conditions to demonstrate its resilience to adverse external influences and conditions.

**Key words:** Wireless sensor network, WSN system, OPC servers, LabVIEW, TIA portal, Industry

## ŽIVOTOPIS

Miran Mendelski rođen 01. rujna 1999 godine u Slavonskom Brodu. Pohađao je Osnovnu školu „Vjekoslav Klaić“ u Garčinu, a nakon završetka osnovne škole upisao je Gimnaziju „Matija Mesić“ u Slavonskom Brodu. Nakon završetka srednje škole, 2018. godine upisuje Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku preddiplomski studij Elektrotehnike, smjera „Komunikacije i informatika“. 2021. godine završava Preddiplomski studij elektrotehnike i stječe akademski naziv sveučilišni prvostupnik (baccalaureus) inženjer Elektrotehnike. Iste godine upisuje diplomski studij Elektrotehnike, smjera „Komunikacije i informatika“ i odjela „DKB – Mrežne tehnologije“