

# Izrada i automatizacija makete crkvenog zvona

---

**Bosilj, David**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:079925>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-13**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





# Sveučilište Sjever

Završni rad br. 026/MEH/2023

## Izrada i automatizacija makete crkvenog zvona

David Bosilj, 0336048923

Varaždin, rujan 2023. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za Ime odjela

Završni rad br. 026/MEH/2023

## Izrada i automatizacija makete crkvenog zvona

### Student

David Bosilj, 0336048923

### Mentor

Josip Srpak, viši predavač

Varaždin, rujan 2023. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za mehatroniku

STUDIJ preddiplomski stručni studij Mehatronika

PRISTUPNIK David Bosilj

MATIČNI BROJ 0336048923

DATUM 14.06.2023

KOLEGIJ PLC sustavi upravljanja

NASLOV RADA Izrada i automatizacija makete crkvenog zvona

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Creation and automation of a model of a church bell

MENTOR Josip Srpak

ZVANJE viši predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. Zoran Busija, predavač
2. Doc.dr.sc. Dunja Srpak
3. Josip Srpak, viši predavač
4. Siniša Švoger, predavač - zamjenski član
- 5.

## Zadatak završnog rada

BROJ 026/MEH/2023

OPIS

U ovom završnom radu potrebno je izraditi funkcionalnu maketu crkvenog zvona. Primjenom PLC-a s HMI zaslonom potrebno je automatizirati rad zvona u skladu s današnjim trendovima i praksom te pri tome detaljno opisati korištenu opremu i programska rješenja..

U izradi završnog rada potrebno je:

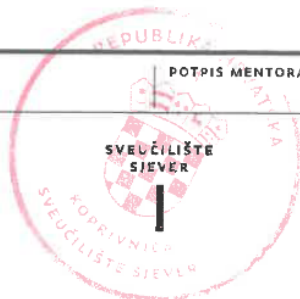
- izraditi funkcionalnu maketu crkvenog zvona,
- maketu opremiti adekvatnim pogonom i senzorima,
- napisati program za PLC i HMI zaslon,
- napraviti elektro i strojarsku dokumentaciju,
- testirati ispravnost rada makete,
- navesti moguća poboljšanja.

ZADATAK URUČEN

21.09.2023.

POTPIS MENTORA

Josip Srpak



## **Predgovor**

Zahvaljujem se mentoru dipl. ing. Josipu Srpak koji mi je omogućio korištenje Unitronics v350 PLC+HMI uređaja, te tvrtki „Elektro Bosilj“ koja mi je omogućila korištenje svih ostalih komponenti i dijelova za izradu ovog završnog rada. Također se zahvaljujem mentoru i zaposlenicima tvrtke „Elektro Bosilj“ za sve stručne savjete koji su mi pomogli tokom izrade ovog završnog rada.

## Sažetak

U ovom završnom radu opisan je detaljan postupak izrade makete automatiziranog crkvenog zvona koristeći pravo brončano zvono, linearni elektromotor IMPULS - B LM-50 s kontrolerom VEGA-M i UNITRONICS V350 PLC+HMI. Postolje je izrađeno koristeći čelične L profile. Ukupne dimenzije postolja su 460 mm x 500 mm x 500 mm. Električne komponente su postavljene u zaštitnu kutiju. Motor ima ugrađenu termalnu zaštitu. PLC program je pouzdan jednostavan za korištenje. PLC ima internetsku vezu te se sat može podešavati automatski preko interneta. PLC-om je moguće upravljati na daljinu koristeći lokalnu mrežu, a jednostavno se može prilagoditi za upravljanje preko mreže širokog područja. Za upravljanje na daljinu koristi se mobilna aplikacija Remote Operator, što omogućuje udobno i praktično upravljanje sustavom s bilo kojeg mjesta. Ovaj projekt predstavlja integraciju mehaničkih komponenti s modernom automatskom kontrolom, čineći ga sveobuhvatnim primjerom automatizacije sustava s naprednim mogućnostima prilagodbe i daljinskog upravljanja. Obuhvaća sve mehaničke, elektroničke i programske elemente potrebne za izradu jednostavnog automatiziranog sustava.

**Ključne riječi:** Automatizacija, crkveno zvono, linearni motor, PLC, HMI

## Summary

In this final thesis, a detailed procedure for creating a model of an automated church bell using a real bronze bell, a linear electric motor IMPULS - B LM-50 with the VEGA-M controller, and a UNITRONICS V350 PLC+HMI is described. The base is constructed using steel L profiles, and its overall dimensions are 460 mm x 500 mm x 500 mm. The electrical components are housed in a protective enclosure. The motor comes with built-in thermal protection. The PLC program is reliable and user-friendly. The PLC is internet-connected, allowing for automatic clock adjustment via the internet. It can be remotely controlled using a local network and easily adapted for wide-area network control. Remote control is achieved through the use of the mobile application Remote Operator, providing convenient and practical system control from any location. This project represents the integration of mechanical components with modern automated control, making it a comprehensive example of a system automation with advanced customization and remote management capabilities. It encompasses all the mechanical, electronic, and software elements necessary for creating a simple automated system.

**Keywords:** Automation, church bell, linear motor, PLC, HMI

## Popis korištenih kratica

<b>μF</b>	Mikrofarad
<b>A</b>	Amper
<b>cm</b>	Centimetar
<b>HMI</b>	Human Machine Interface
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>KB</b>	Kilobajt
<b>MB</b>	Megabajt
<b>mm</b>	Milimetar
<b>NTP</b>	Network Time Protocol
<b>PLC</b>	Programmable Logic Controller
<b>TCP</b>	Transmission Control Protocol
<b>UDP</b>	User Datagram Protocol
<b>UTP</b>	Unshielded Twisted Pair
<b>V</b>	Volt



# Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Izrada i dijelovi konstrukcije .....	3
2.1.	Zvono .....	3
2.2.	Čekić.....	5
2.3.	Postolje .....	6
2.4.	Jaram i ležajevi.....	8
3.	Elektronika .....	9
3.1.	Linearni elektromotor.....	9
3.2.	Kondenzator .....	10
3.3.	VEGA-M.....	11
3.4.	Osigurač i zaštita motora.....	13
3.5.	24V relej i 24V napajanje za PLC.....	14
3.6.	Električna shema i opis .....	15
4.	PLC+HMI .....	16
4.1.	Opis uređaja UNITRONICS v350 PLC+HMI.....	16
4.2.	Početni zaslon.....	17
4.3.	Automatsko zvonjenje.....	18
4.4.	Ručno zvonjenje .....	21
4.5.	Postavke .....	23
4.6.	Postavke datuma i vremena.....	24
4.7.	Spajanje s internetom .....	26
4.8.	Upravljanje na daljinu .....	29
4.9.	Uvjeti i signalizacija zvonjenja .....	30
5.	Zaključak.....	31
6.	Literatura.....	32

## 1. Uvod

Crkveno zvono je neizostavan dio svakog crkvenog tornja. Glavna namjena mu je pozivanje vjernika na Svetu Misu, a može služiti i za signalizaciju vremena, kao zvučni efekt tijekom nekih crkvenih obreda. Tijekom povijesti, crkvena zvana su se također koristila za obavješćavanje zajednice o opasnostima, kao što su požari, neprijateljski napadi ili prirodne katastrofe. Različiti ritmovi zvonjenja mogli su ukazivati na vrstu opasnosti i pozivati ljude na određene mjere opreza. Prva zvana su kao pogon koristila uže koje je vukao zvonar. Danas se koriste elektromotori, najčešće asinkroni elektromotori, koji za prijenos koriste lance. Puno elegantnija izvedba je korištenje linearnog elektromotora kojim se eliminira puno pokretnih dijelova i pojednostavni sustav. Zvona se montiraju na sam vrh crkvenog tornja, najčešće u zatvoren ili poluzatvoren prostor, ali neke crkve imaju otvorene tornjeve. Za upravljanje modernih zvona koriste se ručne sklopke ili digitalni vremenski prekidači, ali mogu se koristiti i složeniji sustavi upravljanja. Zvona traju stoljećima bez velike potrebe za održavanjem, pa se isto očekuje i od sustava za upravljanje.



*Slika 1.1. Zvono u varaždinskoj katedrali*

Za složeniji sustav upravljanja može se koristiti programibilni logički kontroler (PLC). PLC je uređaj koji se često koristi u industriji za vođenje raznih procesa. Korištenjem PLC-a iz sustava izbacujemo ljudsku grešku, sustav činimo pouzdanijim, bržim, a komplicirane sustave možemo pojednostaviti. Današnja industrija nezamisliva je bez takvih uređaja. Prvi PLC-i su razvijeni da zamijene velik broj releja i tajmera.

Prvi takav uređaj, pod nazivom Modicon 084, razvio je Dick Morley 1968. godine za tvrtku General Motors. Zbog toga je dobio nadimak „Otac PLC-a“ [1]



Slika 1.2. Modicon 084 [1]

## 2. Izrada i dijelovi konstrukcije

### 2.1. Zvono

Zvono je glazbeni kovinski instrument, izvanredno velike jakosti zvuka i trajnosti. Njegov zvuk ima elementarnu, a istodobno i duboku poetsku snagu. S obzirom na jakosti zvuka s njime se mogu uspoređivati samo orgulje. [2] Zvono pripada skupini idiofonskih instrumenata (udaraljke u kojima titra materijal od kojeg su izrađene). [3] Kaže se da zvono posjeduje dašak mističnosti. Jedno te isto zvono tijekom božićnih blagdana ili pri vjenčanjima zvoni jako veselo, a na sprovodima žalobno i tugaljivo. Zvuk zvona može i iritirati. Uzrok toj začudnoj činjenici je u trenutačnom raspoloženju: čovjek od čitavog zvučnog spektra kod tužnih događaja čuje pretežno molske akorde, a kod veselih događaja durske akorde. Jedino glazbalo koje omogućava takav subjektivni dojam je zvono. Udarcem bata o zvono nastaje tzv. udarni ton (jaki, kratki, kovinski zvučni dojam) i još pedesetak različitih tonova. Tonovi su različite jakosti i različitog vremena zamiranja. Ljudsko uho ne može istodobno hvatati i analizirati sve tonove zvuka zvona, već zvuk zvona prihvaća u cijelosti tj. čuje jedan jaki zvuk. Nakon udarca bata o zvono, zvučni se spektar vremenski mijenja. Pojedine komponente spektra ubrzo iščezavaju, a pojavljuju se nove komponente koje nisu postojale u početku. Uzrok tome je promjena načina titranja zvona.



*Slika 2.1.1. Razna crkvena zvona*

Zvonjenje neusporedivo bolje zvuči ako je zvono zanjihano nego ako ga se udara u učvršćenom položaju, jer pri njihanju zvona nastaje dopplerov efekt koji znatno obogaćuje zvuk. Naime, ako se kroz fluid koji miruje giba izvor zvuka nekom određenom brzinom, tada će se na fiksnom mjestu u fluidu čuti ton kojemu frekvencija raste s približavanjem izvora zvuka, a opada s udalžavanjem izvora zvuka. Ta se pojava naziva Dopplerov efekt. Osim toga njihanjem se postiže i veći doseg u smjeru njihanja, jer tijelo zvona djeluje kao pojačalo i usmjerivač zvuka. [2]

Zvona imaju najkvalitetniji zvuk i vijek trajanja ako su izrađena lijevanjem bronce. Zvono korišteno za ovaj rad (prikazano na slici 2.1.2.) lijevano je u austrijskoj ljevaonici Grassmayr, a prije uporabe za ovaj rad koristilo se kao izložbeni primjerak. . Ukrašeno je religijskim motivima i natpisima.



*Slika 2.1.2. Zvono korišteno za ovaj rad*

Na najširem dijelu ima promjer 24 cm. Za izradu ovog rada je izbušena rupa promjera 8.5 mm pomoću koje će se na zvono pričvrstiti čekić, koji ujedno spaja zvono i jaram.



## 2.2. Čekić

Čekić se postavlja se unutar zvona tako da slobodno visi te ima 1 stupanj slobode gibanja u odnosu na zvono (rotacija oko osi normalne na ravninu njihanja zvona). Najpogodnije mjesto za udar je najdeblji dio zvona, tzv. „udarni prsten“ . Udaranje čekićem u pogrešan dio zvona može izazvati ubrzan umor materijala i pucanje zvona. S vremenom se i pravilno izvedena zvona moraju rotirati da čekić udara u drugi dio prstena. [2]

Čekić i zvono čine sustav duplog njihala. Kako se zvono njiše, čekić zbog sile inercije kasni za zvonom te udara u njegov rub. Da bi zvonjenje bilo ispravno, čekić mora udariti u dobro vrijeme. Vrijeme udara čekića ovisi o promjeru udarnog prstena, duljini čekića, brzini i visini zvonjenja. Budući da zvono i duljinu čekića nije moguće mijenjati, najpogodnije je mijenjati visinu i brzinu zvonjenja. Taj proces je opisan u dijelu 3.3. ovog rada.



*Slika 2.2.1. Čekić postavljen u zvono*

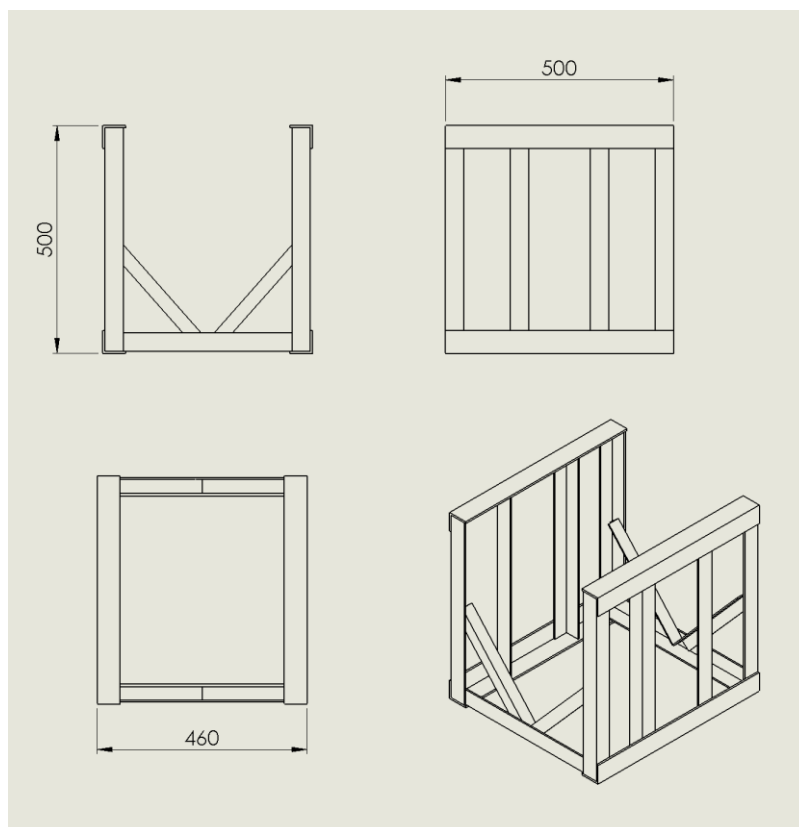
### 2.3. Postolje

Zvono koje se niže mora biti postavljeno na čvrsti nosač, koji preuzima sile reakcije izazvane njihanjem zvona. Ovaj nosač koji se naziva postolje zvona, može biti izrađen od drva, čeličnih profila, opeke, kamena ili betona. Za izradu postolja ovog rada koristili su se čelični L profili. Postolje zvona prvenstveno mora biti stabilno i mora sile reakcije, koje nastaju zbog njihanja zvona prenijeti na građevinsku konstrukciju tako da nigdje ne nastane prekomjerno opterećenje. Zbog stalnih vibracija treba izbjegavati zavarene spojeve pa se koristi spajanje vijcima i maticama. [2] To također olakšava transport i postavljanje u zvonik.



*Slika 2.3.1. Izrada postolja za zvono*

Za izradu postolja koriste se 4 kutna profila L30x300, dva profila L40X430, osam profila L40X480 i 4 profila L50X500. Ukupne dimenzije postolja su 460 mm x 500 mm x 500 mm. Budući da su u crkvenim zvonnicima uvjeti nepogodni za preciznu montažu, buše se rupe veće od promjera vijka. Za spajanje se koristi 26 M8 vijaka i matica.



*Slika 2.3.2. Gabaritne dimenzije postolja*

Nakon izrade postolje je ponovo rastavljeno te obojano temeljnom, a zatim crnom bojom. Postoje se boja za zaštitu od korozije, ali i estetičkog izgleda.

Na postolje se također ugrađuju kutije s električnim elementima, statični dio motora i senzor, koji će biti opisani kasnije u ovom radu.



## 2.4. Jaram i ležajevi

Jaram zvona služi za ovješene i njihanje zvona. Izrađen je od čelične cijevi. Na svakoj strani jarma nalaze se osovine spojene odgovarajućim vijcima i maticama. Na osovine se postavljaju samopodesivi kuglični ležajevi UCP 204 CX unutarnjeg promjera 20 mm. Isti se mogu prilagođavati kutnom otklonu osovine u odnosu na postolje, a također mogu podnijeti savijanje osovine tokom rada. Nadalje, imaju niske razine trenja i buke zbog svojih preciznih i glatkih staza kotrljanja. Ovo nisko trenje znači produljenje intervala naknadnog podmazivanja i održavanja.



*Slika 2.4.1. Samopodesivi kuglični ležaj*

Budući da čekić na sebi ima navoj, zvono i čekić se montiraju na jaram pomoću jedne matice. Jaram se također boja temeljnom i crnom bojom.



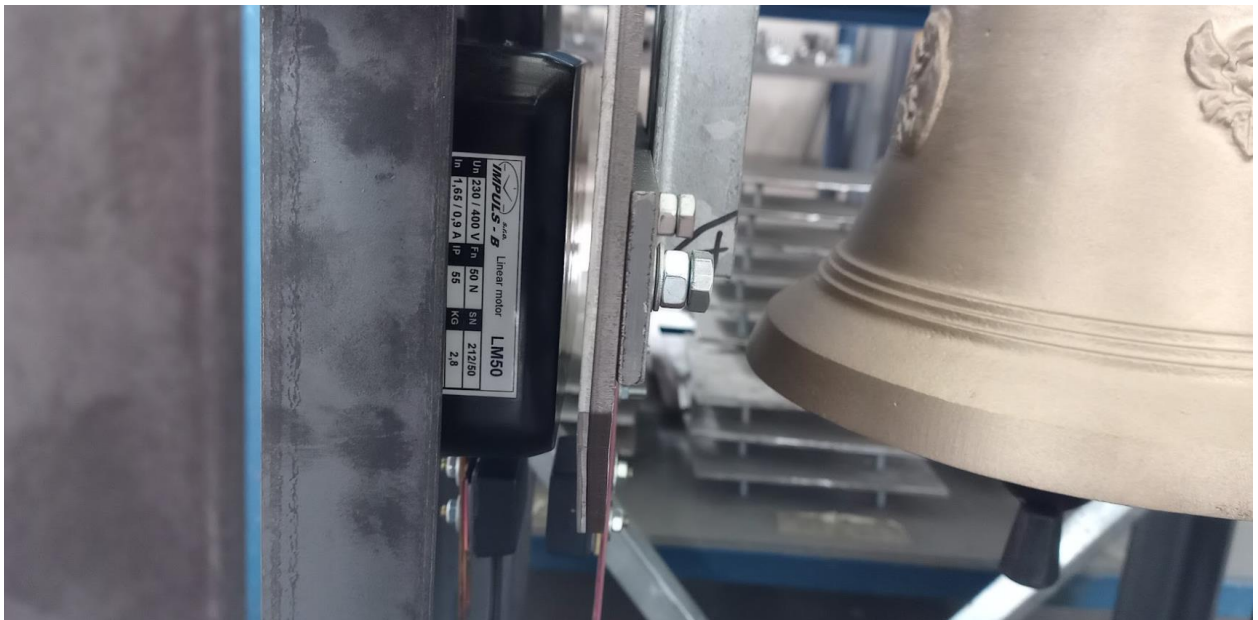
*Slika 2.4.2. Zvono na jarmu*

## 3. Elektronika

### 3.1. Linearni elektromotor

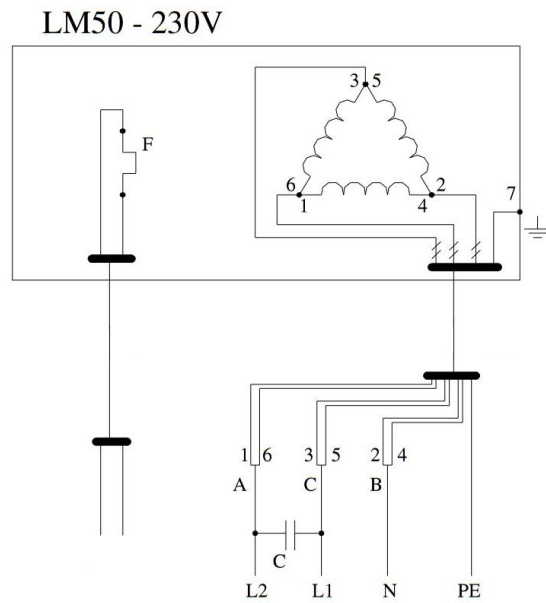
Za pogon zvonjenja koristi se linearni elektromotor IMPULS – B LM50 snage 370W. Linearni motor je vrsta elektromotora koji vrši mehanički rad translacijom. Ova vrsta elektromotora djeluje na principu linearne sile čijim djelovanjem dolazi do linearnog kretanja i vršenja mehaničkog rada, odnosno njihanja zvona. Nečujan rad i minimalno održavanje su glavne karakteristike linearnih motora.

Motor se sastoji od 2 dijela. Ako bi smo ga usporedili s asinkronim elektromotorom, na jedan dio možemo gledati kao stator, a na drugi kao rotor. Stator se postavlja na postolje, a rotor se postavlja na jaram. Zračnost između statora i rotora je u pravilu 6 mm. [4]



*Slika 3.1.1. Linearni motor postavljen na konstrukciju*

Motor se spaja kao što je prikazano na slici 3.1.2. Električna shema sa svim elementima se nalazi u dijelu 3.6.



Slika 3.1.2. Shema spajanja linearnog motora [4]

### 3.2. Kondenzator

Budući da kod pokretanja motor vuče puno veću struju nego kod rada, za pomoć pri pokretanju koristi se kondenzator kapaciteta 50  $\mu\text{F}$



Slika 3.2.1. Kondenzator

### 3.3. VEGA-M

VEGA-M proizvođača IMPULS – B je kontroler za linearni elektromotor LM50 namijenjen specifično za kontrolu visine zvonjenja. Spaja se direktno na napon 230V (za rad mu nije potrebno dodatno napajanje).



*Slika 3.3.1. VEGA-M*

Parametre kontrolera možemo podešavati pomoću uređaja IB-Key. Spaja se na Vegu pomoću UTP kabla s RJ45 konektorom. Za komunikaciju koriste RS485 protokol. Nakon što smo spojili IB-Key na kontroler upišemo lozinku i odaberemo opciju „Quick set up“. Odaberemo opciju „Bell detection start“. Zvono se počne njihati. Strelicama gore-dolje povećavamo i smanjujemo visinu zvonjenja. [4]



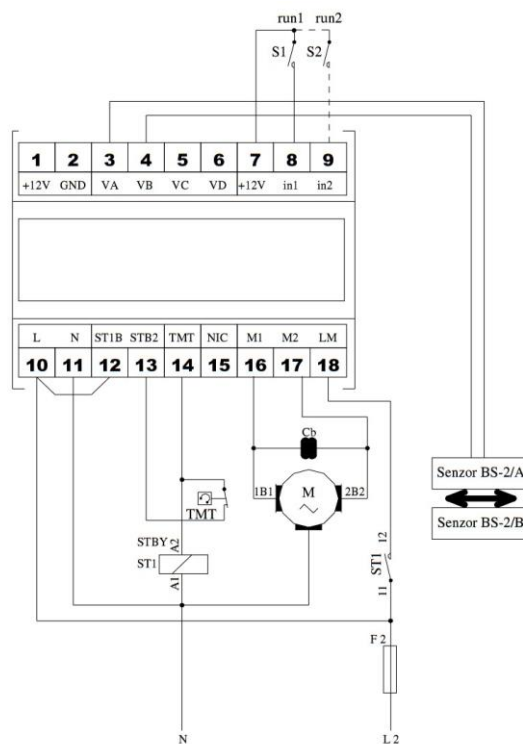
*Slika 3.3.2. IB-Key*

VEGA-M koristi magnetni senzor za detekciju položaja zvona. Senzor se postavi ispod statora elektromotora, a metalni dio koji koristi za detekciju se postavi ispod rotora, kao što je prikazano na slici 3.3.3.



Slika 3.3.3. Senzor za vege

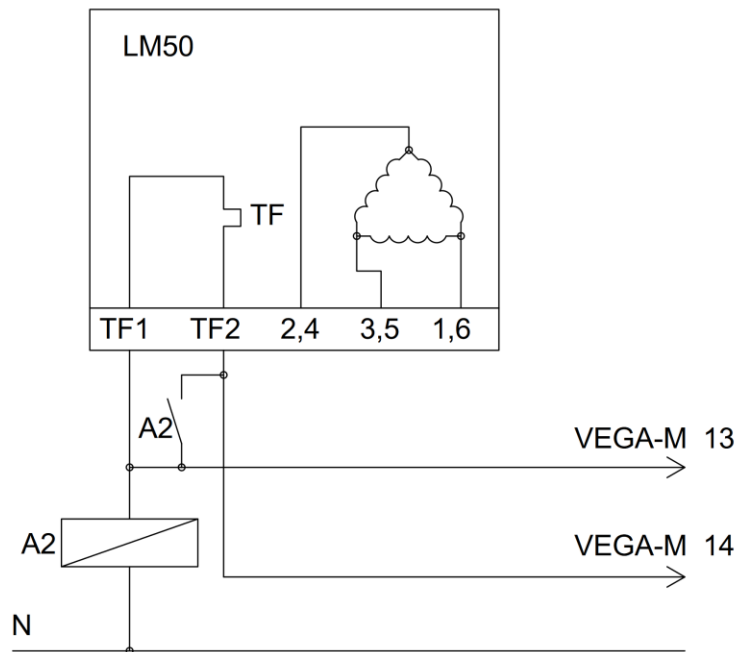
Kod postavljanja parametra visine zvonjenja, kontroler polagano pokrene elektromotor i mjeri vrijeme između detekcije senzora. Kao parametar visine zvonjenja se zapravo bira perioda detekcije senzora.



Slika 3.3.4. Shema spajanja vege [4]

### 3.4. Osigurač i zaštita motora

Spoj koristi standardni osigurač 16 A. Motor ima ugrađenu termalnu zaštitu. Uz to, za zaštitu kontrolera VEGA-M koristi SIEMENS 5TT5 0000 sklopnik. U slučaju aktivacije termalne zaštite, sklopnik se postavlja u samodržanje i kratko spaja konektore 13 i 14 na vegi. Njihovo kratko spajanje onemogućava rad vege sve dok se cijeli spoj ne prestane napajati. [4]



Slika 3.4.1. Detaljan prikaz spoja termalne zaštite

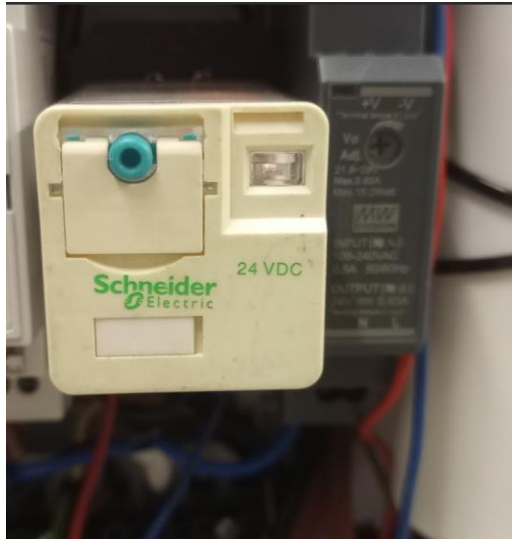


Slika 3.4.2. Osigurač i sklopnik



### 3.5. 24V relej i 24V napajanje za PLC

PLC za rad koristi napajanje 24V. Budući da se vege aktivira naponom od 12V koji proizvodi sama, koristi se relej za aktiviranje vege. Zavojnica releja se spaja na izlaz iz PLC-a, a konektori za aktivaciju vege se spajaju na normalno otvoren kontakt releja.

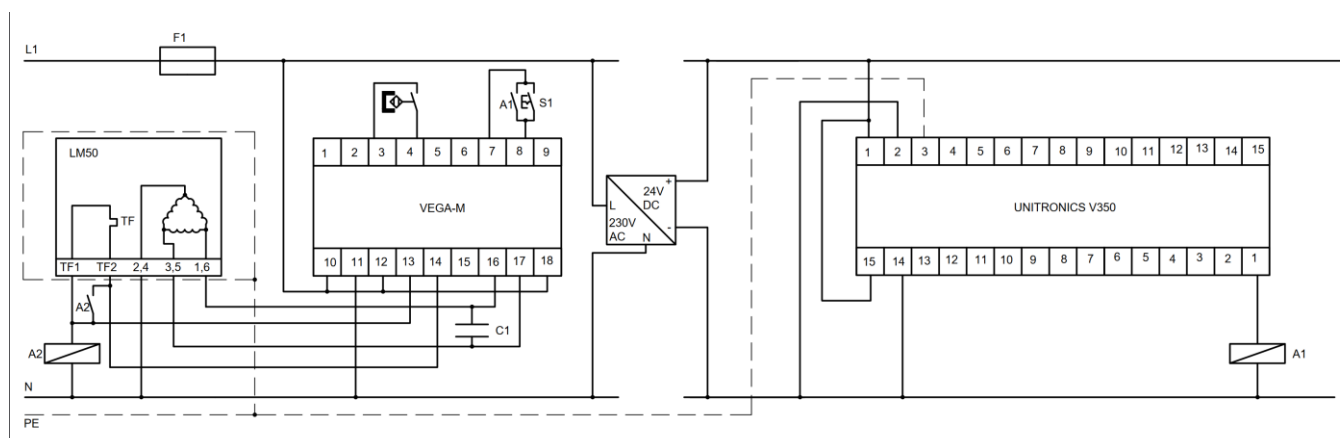


*Slika 3.5.1. Relej i napajanje za PLC*



*Slika 3.5.2. Shema spajanja releja otisnuta na releju*

### 3.6. Električna shema i opis



Slika 3.6.1. Električna shema

Spoj za napajanje koristi standardnu utičnicu s trožilnim kablom (L - faza, N – nula i PE - uzemljenje). Faza se spaja na osigurač, a s osigurača na 24V napajane za PLC i konektore 10, 12 i 18 na vegi. Magnetni senzor se spaja između konektora 3 i 4 na vegi. Sklopka za ručno paljenje zvona (neovisno o PLC-u) i kontakti releja kojim upravlja PLC spajaju se između konektora 7 i 8 na vegi. Napon između konektora 7 i 8 je 12V. Žice motora označene brojevima 2 i 4 se spajaju na N. Žice motora označene brojevima 1 i 6 spajaju se na konektor 16 na vegi. Žice motora označene brojevima 3 i 5 spajaju se na konektor 17 na vegi. Konektori 16 i 17 na vegi se premošćuju kondenzatorom 50  $\mu$ F. Motor sadrži termalnu zaštitu. Detaljan opis termalne zaštite je u dijelu 3.4 ovog rada.

Konektor 1 s gornje strane PLC-a i konektor 15 s donje strane PLC-a se spajaju na +24V na napajanju. Konektor 2 s gornje strane PLC-a i konektor 14 s donje strane PLC-a se spajaju na 0V na napajanju.

Motor ima žicu za uzemljenje koja se spaja na uzemljenje iz trožilnog kablom. Uzemljavanjem motora uzemljili smo cijelu konstrukciju. PLC se uzemljuje na konektoru 3 s gornje strane.



## 4. PLC+HMI

### 4.1. Opis uređaja UNITRONICS v350 PLC+HMI

Unitronics V350 je programibilni logički kontroler s integriranim 3.5-inčnim HMI ekranom na dodir. Ekran ima rezoluciju 320x240 piksela. Ima 1MB memorije za pohranu programa, 8MB za slike i 512KB za pohranu fontova. Koristi VisiLogic logiku za programiranje. VisiLogic je LADDER programiranje s dodatnim funkcijama za HMI, vrijeme, umrežavanje i drugo. Za programiranje preko računala se koristi program VisiLogic. Ima mogućnost spajanja na internet preko UTP kabla sa RJ45 konektorom, a na računalo se može spojiti preko USB kabla. [5]



*Slika 4.1.1. Unitronics V350 PLC+HMI*

U ovom radu se koristi za postavljanje alarma za zvonjenje, automatsko postavljanje sata preko interneta i upravljanje na daljinu pomoću aplikacije Remote Operator.

## 4.2. Početni zaslon



*Slika 4.2.1. Početni zaslon*

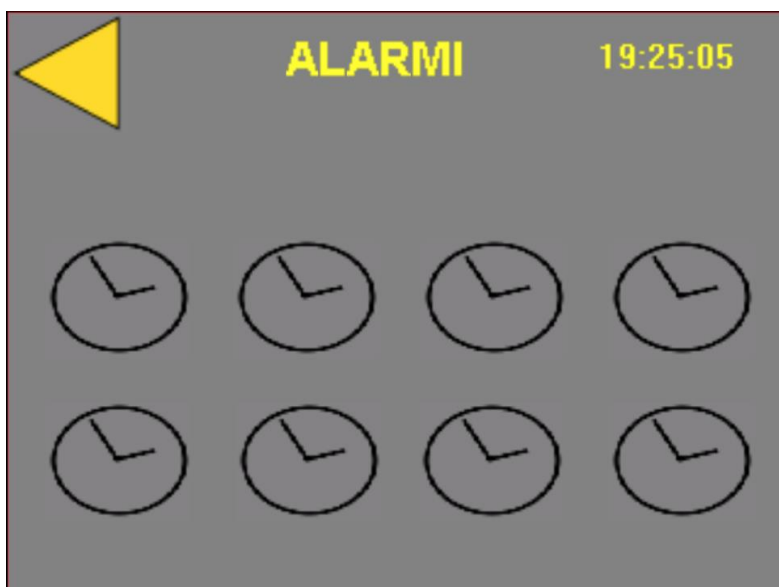
Početni zaslon je prvi zaslon koji se prikazuje nakon uključivanja PLC-a. Na vrhu zaslona se nalazi sat koji prikazuje trenutno vrijeme. Početni zaslon ima 3 tipke koje vode na ostale zaslone:

- „ALARMI“ – za podešavanje automatskog zvonjenja zvona
- „RUCNO ZVONJENJE“ – Ručni mod zvonjenja
- „POSTAVKE“ – Postavke programa i podešavanje sata

Na početnom zaslonu se nalaze i ikone za upozorenja i informacije, koje će biti opisane kasnije u ovom radu.

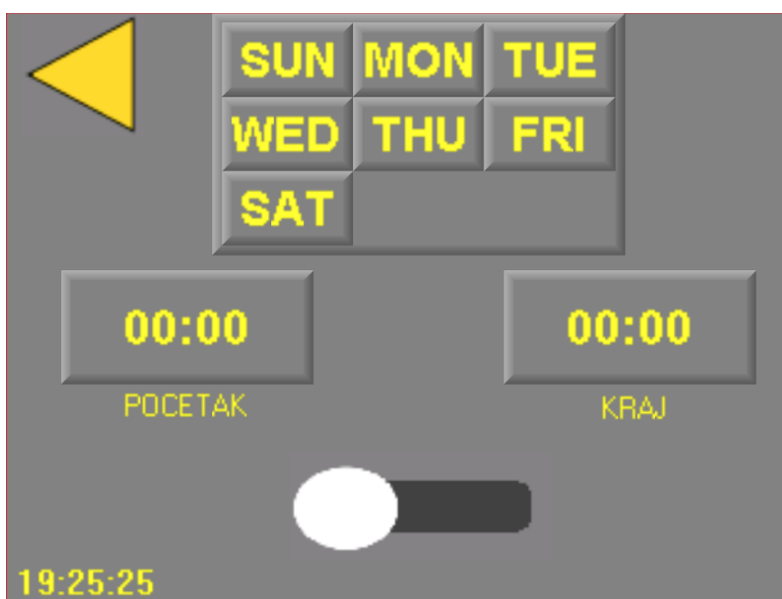
### 4.3. Automatsko zvonjenje

Mod za automatsko zvonjenje podržava 8 različitih alarma. U praksi, za male crkve i kapelice gdje zvono služi samo za pozivanje na Svetu Misu nedjeljom dovoljna su 4 alarma – jedan za Svetu Misu od Ponedjeljka do Subote i 3 za Svetu Misu u nedjelju. Po potrebi bi se ovaj mod rada mogao proširiti s više alarma, ali za ovaj rad ih je dovoljno 8.



Slika 4.3.1. Zaslona „ALARMI“

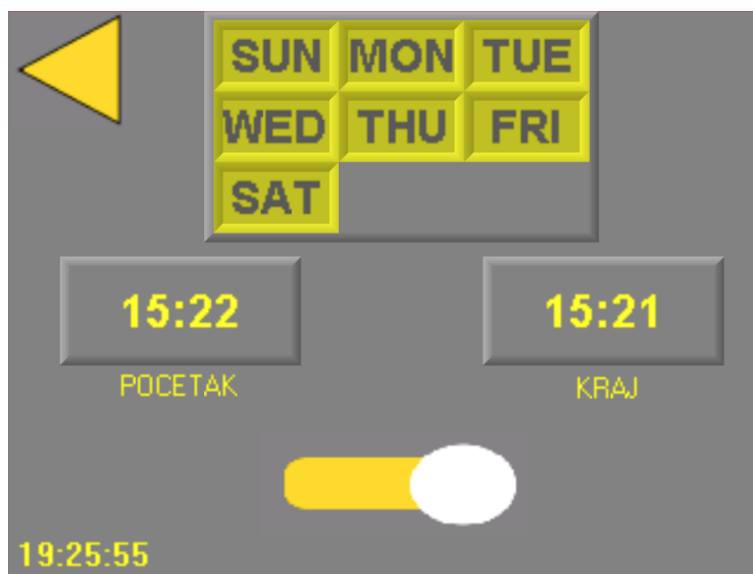
Zaslona za automatski mod rada sadrži poveznice na ekrane za postavljanje pojedinih alarma. Također u gornjem lijevom kutu sadrži poveznicu za povratak na Početni zaslon. U gornjem desnom kutu se nalazi sat s točnim vremenom.



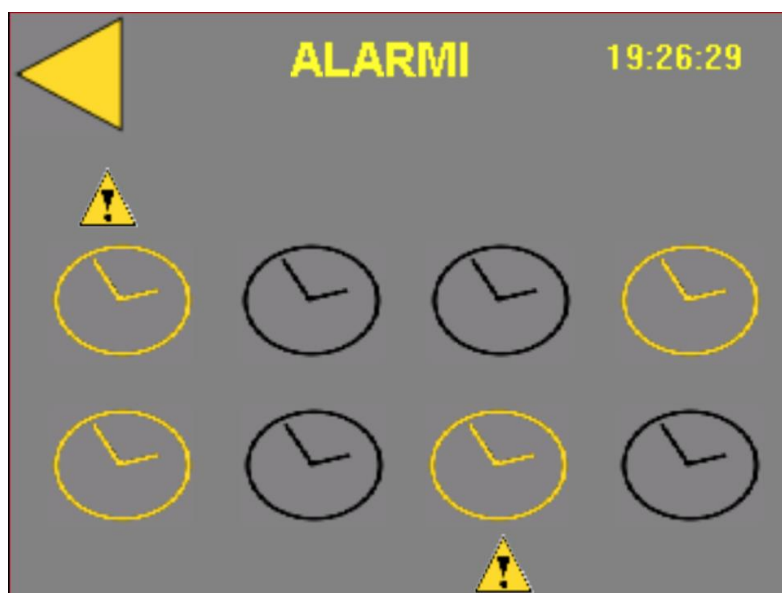
Slika 4.3.2. Zaslona za postavljanje alarma

Na ekranu za postavljanje alarma možemo birati vrijeme kada se zvono uključuje, isključuje, te dane u tjednu u kojima želimo koristiti alarm. Na dnu je sklopka za aktiviranje i deaktiviranje alarma. Kad aktiviramo alarm, njegova ikona na zaslonu „ALARMI“ mijenja boju iz crne u žutu, što korisniku daje informaciju da je taj alarm aktivan bez da mora otvoriti njegov zaslon.

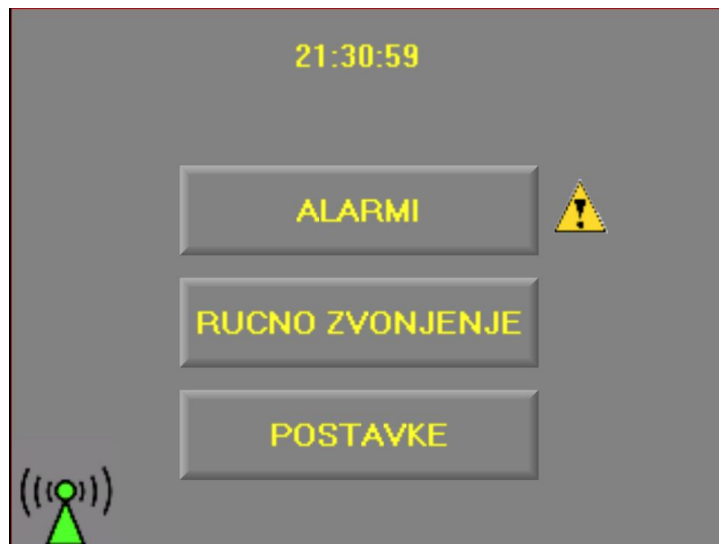
Ako alarm podesimo pogrešno, to jest, postavimo da je vrijeme uključjenja kasnije od vremena isključenja, na ekranu „ALARMI“ se pojavi oznaka za grešku iznad ili ispod pogrešno postavljenog alarma. Oznaka za grešku se također pojavi na početnom zaslonu, pored tipke za ekran „ALARMI“.



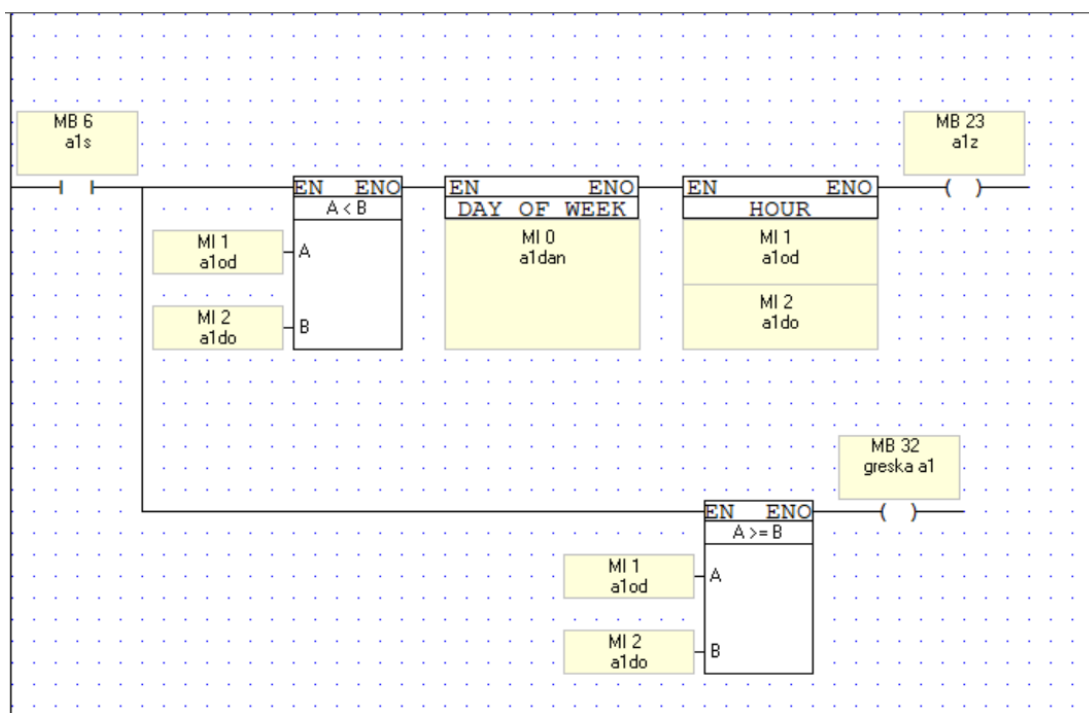
Slika 4.3.3. Neispravno postavljen alarm



Slika 4.3.4. Nekoliko ispravno i neispravno postavljenih alarma



Slika 4.3.5. Oznaka za grešku alarma na početnom zaslonu



Slika 4.3.6. Isječak LADDER dijagrama za postavljanje jednog alarma

U ladder dijagramu se za svaki pojedini alarm koristi funkcija „DAY OF THE WEEK“ i „HOUR“ koji prate točno vrijeme unutarnjeg sata PLC-a. Zvono se aktivira samo ako je alarm ispravno postavljen. Ako nije, aktivira se memorijski bit za grešku, preko kojega se javljaju greške na alarmu.

#### 4.4. Ručno zvonjenje

U modu za ručno zvonjenje moguće je pokrenuti zvonjenje na 2 različita načina. Prvi način je da zvono trajno aktiviramo aktivacijom sklopke ispod oznake „TRAJNO ZVONJENJE“. Aktivacijom te sklopke zvono će zvoniti bez prestanka dok ne isključimo tu sklopku. Drugi način je da zvono uključimo na određeno vrijeme. Pritiskom na tipku iznad oznake „TRAJANJE ZVONJENJA“ podešavamo duljinu zvonjenja. Pritiskom na tipku „START“ zvono počne zvoniti, a prestane nakon isteka zadanog vremena. Zvono možemo zaustaviti prije isteka zadanog vremena ako pritisnemo tipku „STOP“ S desne strane je prikazano preostalo vrijeme zvonjenja.



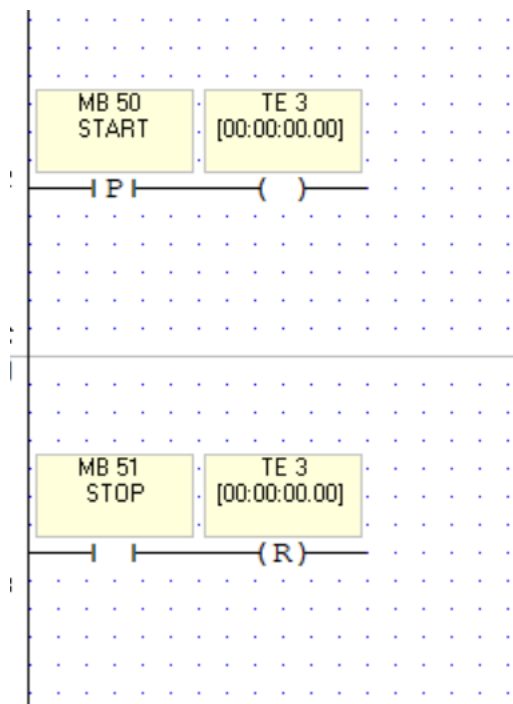
Slika 4.4.1. Zaslون „Ručno zvonjenje“

U gornjem lijevom kutu zaslona je poveznica za povratak na Početni zaslon. U donjem lijevom kutu se nalazi sat s točnim vremenom. Elementi za 2 različita načina ručnog zvonjenja odvojeni su sivom vodoravnom crtom.

Zvonjenje je moguće pokrenuti i ručno, neovisno o radu PLC-a, fizičkom sklopkom na zaštitnoj kutiji za elektroniku.



Slika 4.4.2. Postavljanje vremena trajanja zvonjenja



Slika 4.4.3. Isječak LADDER dijagrama za duljinu zvonjenja

Pritisak na tipku „START“ aktivira prethodno postavljen tajmer „TE 3“. Pritisak na tipku „STOP“ resetira taj tajmer čime zaustavlja zvono. Ako se tipka „START“ pritisne dok je tajmer aktivan, tajmer se ponovo postavlja na početnu vrijednost i zvonjenje se produljuje.

## 4.5. Postavke

Zaslon „POSTAVKE“ se sastoji od 2 glavna elementa - poveznica na zaslon „POSTAVKE VRMENA“ i sklopka za onemogućavanje zvona. U gornjem desnom kutu nalazi se sat s točnim vremenom. Grafički elementi na ovom zaslonu su naglašeni crvenom bojom, što korisniku daje na znanje da su za korištenje ovog zaslona potrebni koncentracija i oprez.



Slika 4.5.1. Zaslon „Postavke“

Aktivacijom sklopke „ONEMOGUCI ZVONO“ zvono neće zvoniti bez obzira na alarme i ručno zvonjenje. Tek nakon isključenja sklopke „ONEMOGUCI ZVONO“ možemo ponovo uključivati zvono alarmima i ručno. Aktivacijom ove sklopke se na početnom zaslonu pojavi oznaka za grešku. Isti znak se pojavi i pored same opcije, što korisniku daje na znanje zašto je oznaka upozorenja na početnom zaslonu. Sklopka „ONEMOGUCI ZVONO“ ne utječe na fizičku sklopku na kutiji za elektroniku, te je moguće pokrenuti zvono bez obzira na PLC.



Slika 4.5.2. Oznaka za upozorenje na početnom zaslonu



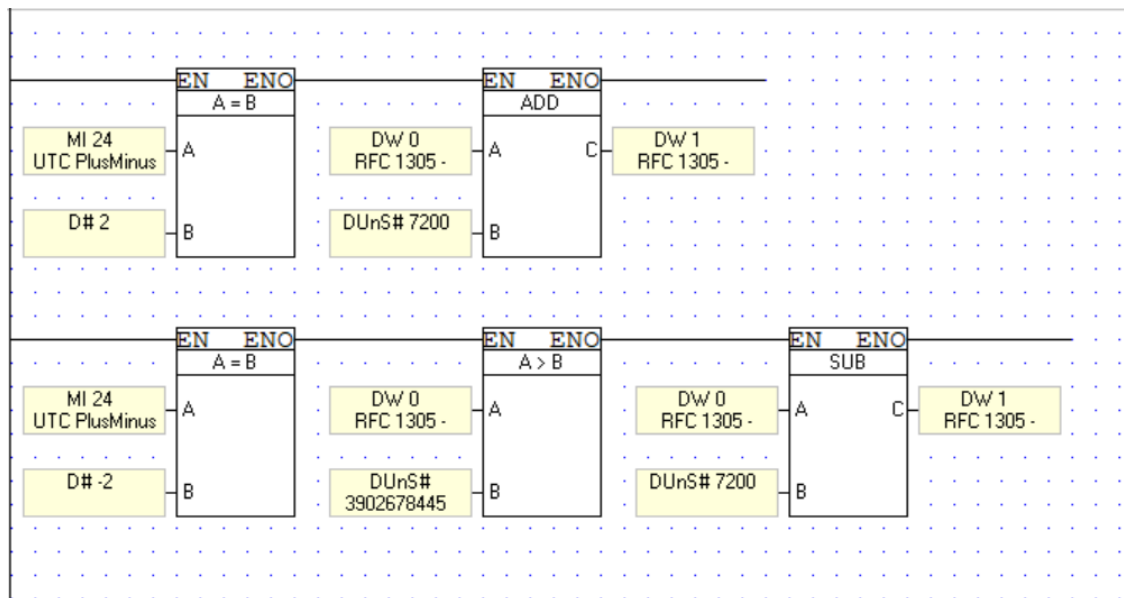
## 4.6. Postavke datuma i vremena

Grafički elementi na ovom zaslonu su naglašeni crvenom bojom, što korisniku daje na znanje da su za korištenje ovog zaslona potrebni koncentracija i oprez.



Slika 4.6.1. Zaslون „Postavke vremena“

Ovaj zaslon služi za postavljanje unutarnjeg sata PLC-a. Pritiskom na tipke na kojima piše datum i vrijeme možemo podesiti njihove vrijednosti. Pritiskom na tipku „PODESI ONLINE“ datum i vrijeme se postavljaju preko interneta. Uključenjem sklopke „AUTOMATSKO PODEŠAVANJE“ vrijeme će se podesiti preko interneta svakih 5 sekundi. Detaljan opis izvedbe podešavanja vremena je opisan kasnije u ovom radu. Tipka desno od oznake „UTC +/-“ služi za odabir vremenske zone. Vremenu postavljenom preko interneta će se zbrojiti ili oduzeti broj sati određen tom varijablom. Varijabla dozvoljava unos samo postojećih vremenskih zona, to jest poništava unos vrijednosti izvan granica. Vremenske zone koje ne zbrajaju ili oduzimaju puni sat, na primjer UTC +5:45 (Nepal), nisu podržane.



Slika 4.6.2. Isječak LADDER dijagrama za postavljanje vremenske zone

Za negativne vremenske zone se vrši dodatna provjera. Ako vrijeme od kojega oduzimamo nije veće od određenog datuma u 2023. godini, oduzimanje se ne izvodi. To se radi jer vrijeme preko interneta dobivamo preko UDP protokola, što može dovesti do greške u dobivenom rezultatu vremena. Ako dođe do pogreške tokom oduzimanja, greška može zaobići kasnije provjere točnosti što može dovesti do pogrešnog upisa vremena u unutarnji sat PLC-a. Točan proces očitavanja vremena preko interneta, provjere točnosti i upisivanje u unutarnji sat PLC-a opisani su kasnije u ovom radu.

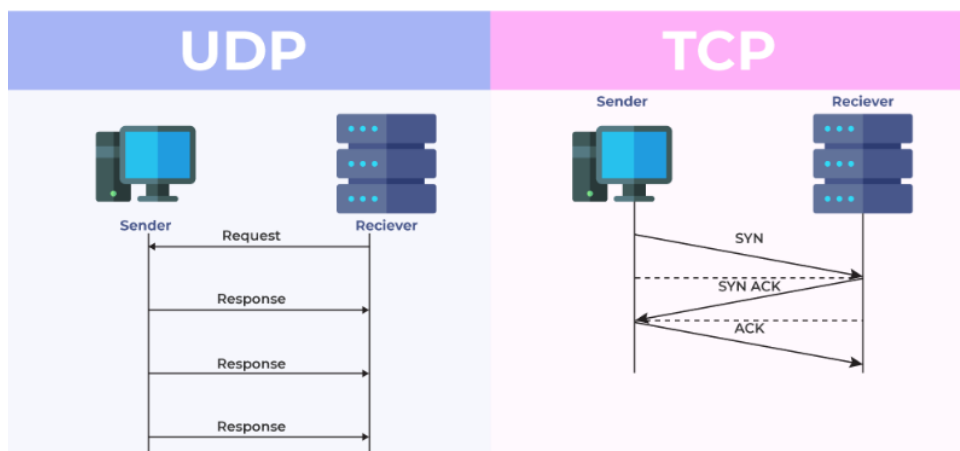
## 4.7. Spajanje s internetom

PLC za mrežnu komunikaciju koristi CAT5e UTP kabel s RJ45 konektorom. Za bežično povezivanje koristi se uređaj „ASUS RP-N12“. Osim omogućavanja bežične veze za PLC, ovaj uređaj pojačava bežični signal u okolici zvana, što poboljšava vezu s ostalim uređajima koje možemo koristiti za komunikaciju s PLC-om.



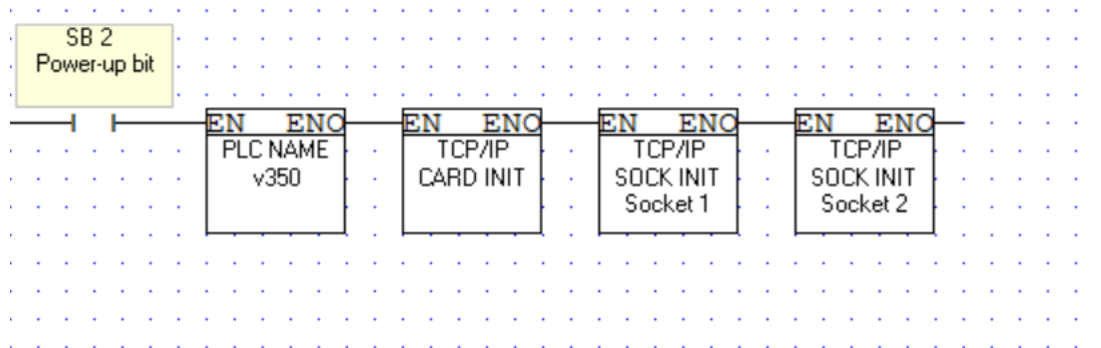
Slika 4.7.1. ASUS RP-N12

PLC za komunikaciju preko interneta koristi 2 različita protokola. Transmission Control Protocol (TCP) i User Datagram Protocol (UDP). TCP se koristi za spajanje s upravljačkim uređajima za prijenos programa i upravljanje na daljinu. UDP se koristi za očitavanje točnog vremena preko interneta. TCP vrši dvije provjere komunikacije tokom slanja podatka. Nakon slanja podatka, primatelj šalje obavijest pošiljatelju da je primio podatak. Nakon toga pošiljatelj šalje obavijest primatelju da je uspješno zaprimio obavijest o slanju podatka. Kod UDP-a se nakon zahtjeva za slanje podatka podatak pošalje bez ikakvih dodatnih provjera. [6]



Slika 4.7.2. Razlika između TCP i UDP protokola [6]

Nakon uključanja PLC-a automatski se omogućuje ethernet kartica i PLC si dodjeljuje IP adresu „192.168.0.222.“ Dodjeljuje si ime „v350“. Otvaraju se dva komunikacijska kanala – jedan za TCP komunikaciju, koristeći port 2023, a drugi za UDP komunikaciju. Za aktivaciju kod pokretanja koristi se „SYSTEM BIT SB 2“, koji je aktivan samo kod uključanja PLC-a



*Slika 4.7.3. Inicijalizacija internetske komunikacije*

Nakon što je veza s internetom uspješno uspostavljena, na početnom zaslonu i zaslonu „postavke vremena“ se pojavi zelena ikona. Ako veza nije uspostavljena ili dođe do prekida veze, ikona je crvene boje. Ako je uključeno automatsko podešavanje vremena, a veza s internetom nije uspostavljena, na početnom zaslonu, na zaslonu „postavke“ i na zaslonu „postavke vremena“ se pojavi znak za upozorenje.



*Slika 4.7.4. Ikona za uspostavljenu vezu*

Za dobivanje točnog vremena preko interneta koristi se Network Time Protocol (NTP). Koristi se IP adresa 161.53.78.71. To je javna IP adresa za NTP server koji održava Laboratorij za udaljeno mjeriteljstvo (LDM/REMIlab) pri Sveučilištu u Zagrebu, Fakultetu elektrotehnike i računarstva, a uz potporu tvrtke Meinberg Funkuhren GmbH. [7]



## 4.8. Upravljanje na daljinu

Za upravljanje PLC-om na daljinu koristi se TCP protokol. Upravljeti se može programom VisiLogic koristeći opciju „Remote Access“ ili mobilnom aplikacijom „Remote Operator“. Za pristup PLC-u je potrebno upisati IP adresu, TCP Port i ime PLC-a.

PLC Communication	
IP Address/Host:	192.168.0.222
TCP Port:	2023
Retries:	3
Timeout:	5
Network ID:	0
PLC Name:	v350
PLC Nickname:	v350
View Mode:	Full Control

Check PLC Connection

Slika 4.8.1. Postavljanje PLC-a u aplikaciju Remote Operator

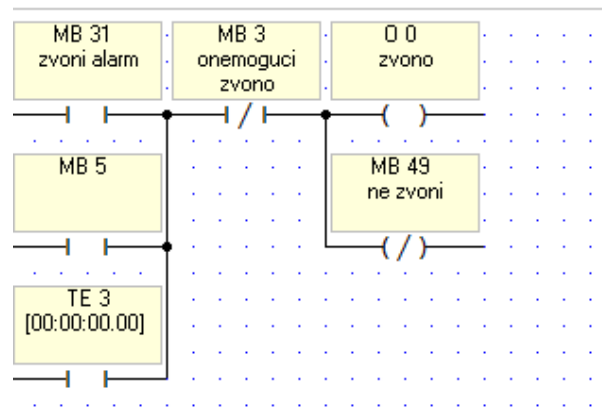
Kod upravljanja na daljinu se na upravljačkom uređaju prikaže trenutni HMI zaslon. Za upravljanje na daljinu koristeći lokalnu IP adresu, upravljački uređaj mora biti spojen na istu internetsku vezu kao i PLC. Ako želimo kontrolirati PLC na daljinu, možemo kupiti statičku javnu IP adresu, ili koristiti Dynamic Domain Name System (DDNS), ako router koji koristimo podržava DDNS. Nažalost, router korišten kod izrade ovog rada podržava samo DDNS poslužitelje koji se naplaćuju, pa ta funkcija nije dio ovog završnog rada.



Slika 4.8.2. PLC dodan u aplikaciju Remote Operator

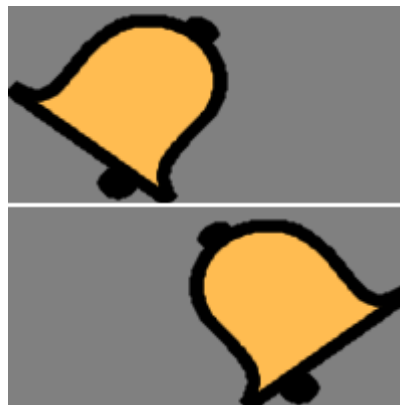
## 4.9. Uvjeti i signalizacija zvonjenja

Zvono zvoni ako je aktivan bilo koji alarm, sklopka za ručno zvonjenje ili tajmer za ručno zvonjenje. Bez obzira na njih, ako je aktivna sklopka „ONEMOGUCI ZVONO“, zvono neće zvoniti.



Slika 4.9.1. Uvjeti zvonjenja

Tijekom zvonjenja, u gornjem desnom kutu početnog zaslona i zaslona ručno zvonjenje se prikazuje animirano zvono. Animacija sadrži dvije slike koje se mijenjaju svakih pola sekunde. Na slikama je prikazano zvono u dvije različite pozicije.



Slika 4.9.2. Animacija za signalizaciju zvonjenja

## 5. Zaključak

Maketa zvona je izrađena na isti način kao što se to radi za prava crkvena zvona. Jedino je jaram malo pojednostavljen jer zvono koje se koristi za ovaj rad nema veliku masu. Svi dijelovi elektronike su pouzdani i dugotrajni, te ne zahtijevaju često održavanje. Motor je zaštićen termalnom zaštitom, što ga osigurava od kvarova. PLC program je moguće nadograditi da podržava više alarma, rad s više zvona i rad s udarnim čekićima. Sustav za dobivanje realnog vremena je pouzdan i ima ugrađenu detekciju greške. Vrijeme se može podešavati i ručno, što je korisno za crkve bez pristupa internetu. Upravljanje na daljinu je korisno za postavljanje alarma i ručno zvonjenje na daljinu. Ručno zvonjenje je posebno korisno za manja zvona koja se mogu koristiti kao zvučni efekti kod određenih crkvenih obreda.



## 6. Literatura

- [1] <https://controlstation.com/blog/dick-morley-story-plc/> dostupno 05.09.2023.
- [2] Ivan Bosilj: Zvona, Zagreb, Graphis, 2001.
- [3] [www.britannica.com/art/idiophone](http://www.britannica.com/art/idiophone) dostupno 05.09.2023.
- [4] OROLOGI Linear motor Installing and setting guide
- [5] <https://www.unitronicsplc.com/vision-series-vision350/> dostupno 05.09.2023.
- [6] <https://www.geeksforgeeks.org/differences-between-tcp-and-udp/> dostupno 05.09.2023.
- [7] <https://www.ntp.hr/> dostupno 05.09.2023.

## Popis slika

Slika 1.1. Zvono u varaždinskoj katedrali	1
Slika 1.2. Modicon 084 [1]	2
Slika 2.1.1. Razna crkvena zvona	3
Slika 2.1.2. Zvono korišteno za ovaj rad	4
Slika 2.2.1. Čekić postavljen u zvono	5
Slika 2.3.1. Izrada postolja za zvono	6
Slika 2.3.2. Gabaritne dimenzije postolja	7
Slika 2.4.1. Samopodesivi kuglični ležaj	8
Slika 2.4.2. Zvono na jarmu	8
Slika 3.1.1. Linearni motor postavljen na konstrukciju	9
Slika 3.1.2. Shema spajanja linearnog motora [4]	10
Slika 3.2.1. Kondenzator	10
Slika 3.3.1. VEGA-M	11
Slika 3.3.2. Ib-Key	11
Slika 3.3.3. Senzor za vege	12
Slika 3.3.4. Shema spajanja vege [4]	12
Slika 3.4.1. Detaljan prikaz spoja termalne zaštite	13
Slika 3.4.2. Osigurač i sklopnik	13
Slika 3.5.1. Relej i napajanje za PLC	14
Slika 3.5.2. Shema spajanja releja otisnuta na releju	14
Slika 3.6.1. Električna shema	15
Slika 4.1.1. Unitronics V350 PLC+HMI	16
Slika 4.2.1. Početni zaslon	17
Slika 4.3.1. Zaslon „ALARMI“	18
Slika 4.3.2. Zaslon za postavljanje alarma	18
Slika 4.3.3. Neispravno postavljen alarm	19
Slika 4.3.4. Nekoliko ispravno i neispravno postavljenih alarma	19
Slika 4.3.5. Oznaka za grešku alarma na početnom zaslonu	20
Slika 4.3.6. Isječak LADDER dijagrama za postavljanje jednog alarma	20
Slika 4.4.1. Zaslon „Ručno zvonjenje“	21
Slika 4.4.2. Postavljanje vremena trajanja zvonjenja	22
Slika 4.4.3. Isječak LADDER dijagrama za duljinu zvonjenja	22
Slika 4.5.1. Zaslon „Postavke“	23

Slika 4.5.2. Oznaka za upozorenje na početnom zaslonu	23
Slika 4.6.1. Zaslون „Postavke vremena“	24
Slika 4.6.2. Isječak LADDER dijagrama za postavljanje vremenske zone	25
Slika 4.7.1. ASUS RP-N12	26
Slika 4.7.2. Razlika između TCP i UDP protokola [6]	26
Slika 4.7.3. Inicijalizacija internetske komunikacije	27
Slika 4.7.4. Ikona za uspostavljenu vezu	27
Slika 4.7.5. Dobivanje točnog vremena koristeći NTP	28
Slika 4.7.6. Upis točnog vremena u unutarnji sat PLC-a	28
Slika 4.8.1. Postavljanje PLC-a u aplikaciju Remote Operator	29
Slika 4.8.2. PLC dodan u aplikaciju Remote Operator	29
Slika 4.9.1. Uvjeti zvonjenja	30
Slika 4.9.2. Animacija za signalizaciju zvonjenja	30

# Sveučilište Sjever



SVEUČILIŠTE  
SJEVER

## IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, David Bosilj (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Izrada i automatizacija makete crkvenog zvana (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

David Bosilj  
(vlastoručni potpis)

Sukladno čl. 83. Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Sukladno čl. 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje znanstvena i umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.