

Sustav upravljanja postrojenjem sortirnice na laboratorijskoj maketi tvornice Industrija 4.0

Grancarić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:168:063804>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[FER Repository - University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 108

**SUSTAV UPRAVLJANJA POSTROJENJEM SORTIRNICE NA
LABORATORIJSKOJ MAKETI TVORNICE INDUSTRIJA 4.0**

Ivan Grancarić

Zagreb, lipanj 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 108

**SUSTAV UPRAVLJANJA POSTROJENJEM SORTIRNICE NA
LABORATORIJSKOJ MAKETI TVORNICE INDUSTRIJA 4.0**

Ivan Grancarić

Zagreb, lipanj 2024.

DIPLOMSKI ZADATAK br. 108

Pristupnik: **Ivan Grancarić (0036526947)**
Studij: Elektrotehnika i informacijska tehnologija
Profil: Elektrostrojarstvo i automatizacija
Mentor: prof. dr. sc. Igor Erceg

Zadatak: **Sustav upravljanja postrojenjem sortirnice na laboratorijskoj maketi tvornice Industrija 4.0**

Opis zadatka:

U radu je potrebno proučiti način rada i specifikacije laboratorijske makete tvornice Industrija 4.0. Na temelju specifikacija dati idejno rješenje upravljačkog i nadzornog sustava postrojenja sortirnice na laboratorijskoj maketi tvornice Industrija 4.0. Izraditi program automatskog upravljanja postrojenjem sortirnice te izraditi sustav nadzora i arhiviranja događaja u svrhu lakšeg održavanja. Izraditi vizualizacijsko sučelje sustava nadzora i upravljanja postrojenjem sortirnice.

Rok za predaju rada: 28. lipnja 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 108

**SUSTAV UPRAVLJANJA POSTROJENJEM
SORTIRNICE NA LABORATORIJSKOJ MAKETI
TVORNICE INDUSTRIJA 4.0**

Ivan Grancarić

Zagreb, lipanj, 2024.

DIPLOMSKI ZADATAK br. 108

Pristupnik: **Ivan Grancarić (0036526947)**
Studij: Elektrotehnika i informacijska tehnologija
Profil: Elektrostrojarstvo i automatizacija
Mentor: prof. dr. sc. Igor Erceg

Zadatak: **Sustav upravljanja postrojenjem sortirnice na laboratorijskoj maketi tvornice Industrija 4.0**

Opis zadatka:

U radu je potrebno proučiti način rada i specifikacije laboratorijske makete tvornice Industrija 4.0. Na temelju specifikacija dati idejno rješenje upravljačkog i nadzornog sustava postrojenja sortirnice na laboratorijskoj maketi tvornice Industrija 4.0. Izraditi program automatskog upravljanja postrojenjem sortirnice te izraditi sustav nadzora i arhiviranja događaja u svrhu lakšeg održavanja. Izraditi vizualizacijsko sučelje sustava nadzora i upravljanja postrojenjem sortirnice.

Rok za predaju rada: 28. lipnja 2024.

Želim izraziti svoju iskrenu zahvalnost svim profesorima, asistentima i kolegama sa fakulteta koji su svojim znanjem, iskustvom i suradnjom doprinijeli mom akademskom razvoju.

Zahvaljujem svom mentoru prof. dr. sc. Igoru Ercegu na stručnom vodstvu i korisnim savjetima tijekom izrade diplomskog rada.

Posebnu zahvalu upućujem svojoj obitelji, curi i prijateljima na njihovoj bezuvjetnoj podršci, razumijevanju i ohrabrenju. Njihova podrška bila je ključna u prevladavanju svih izazova tijekom mog obrazovanja.

Ivan Grancarić

Sadržaj

1. Uvod	3
2. Opis laboratorijskog modela	4
2.1. Sortirnica za prepoznavanje boja - SLD	7
2.1.1. Senzor za prepoznavanje boja	8
2.1.2. Integracija sortirnice s postrojenjem	9
3. Program upravljanja i nadzora sortirnice za prepoznavanje boja	11
3.1. Upravljačka struktura programa	12
3.2. Organizacijski blok	15
3.2.1. Aproksimacija položaja proizvoda na pokretnoj traci	15
3.2.2. Kontrola aktuatora	16
3.2.3. Biranje moda rada sortirnice	17
3.2.4. Zahtjev za inicijalizaciju	19
3.2.5. Izračun granica za prepoznavanje boja	19
3.2.6. Upravljanje greškama u radu	19
3.2.7. Arhiviranje podataka	20
3.2.8. Prijenos podataka na oblak	21
3.3. Inicijalizacija	22
3.4. Automatski način upravljanja	23
3.4.1. Sigurnosne značajke u automatskom radu	25
3.5. Kalibracija senzora boja	27
4. Vizualno sučelje - HMI	29
4.1. Zaslون "Control"	29
4.2. Zaslون "Statistic"	32

4.3. Zaslou "Error history"	32
4.4. Zaslou "Help"	33
5. Zakljuak	34
Literatura	35
Sažetak	36
Abstract	37

1. Uvod

U modernom tehnološkom kontekstu, Industrija 4.0 transformira tradicionalne proizvodne sustave u inteligentne, autonomne i visoko povezane entitete. Ova inovativna filozofija temelji se na integraciji naprednih tehnologija kao što su Internet stvari (IoT) i napredno računarstvo u oblaku, čime se postiže visoka razina automatizacije, adaptivnosti i efikasnosti u industrijskim procesima.

Ovaj rad fokusira se na detaljno proučavanje načina rada i specifikacija laboratorijske makete tvornice Industrije 4.0. Nakon prikupljanja svih potrebnih podataka vezanih za laboratorijsku maketu izrađuje se programsko rješenje za automatsko upravljanje sortirnicom, implementaciju sustava za nadzor i arhiviranje događaja te vizualno sučelje koje će omogućiti korisnicima intuitivno upravljanje i praćenje rada sortirnice u stvarnom vremenu.

2. Opis laboratorijskog modela

Tehnologija tvornica industrije 4.0 integriraju napredne informacijske tehnologije s fizičkim sustavima kako bi omogućili inteligentno upravljanje, optimizaciju procesa i povećanje učinkovitosti proizvodnje. Bitna razlika naspram zastarjelih tehnologija je obrada, pohrana i nadzor podataka na oblaku. Pristup podacima omogućen je s bilo kojeg mjesta u bilo koje vrijeme.

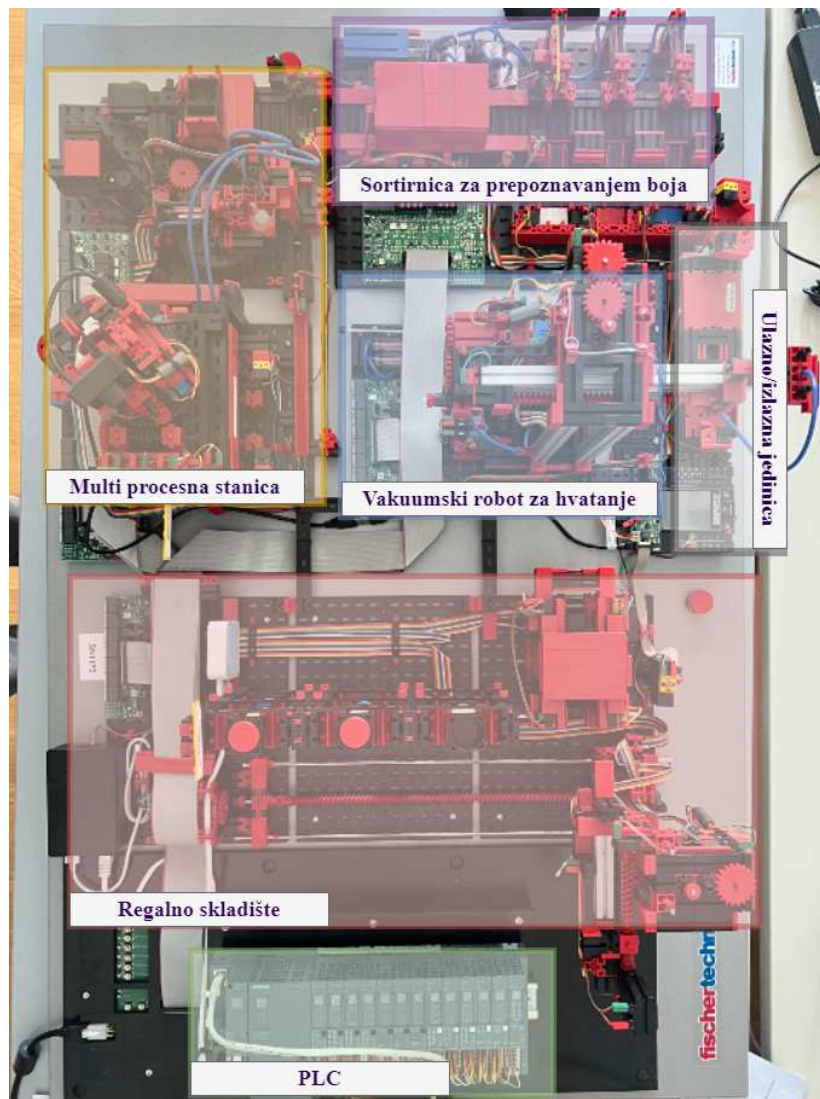
Laboratorijski model (u daljnjem tekstu: maketa) *Training Factory Industry 4.0* (slika 2.1.) sastoji se od nekoliko ključnih elemenata:

- stanica za prihvata i isporuku robe,
- vakuumski robota za hvatanje,
- regalno skladište,
- multiprocesna stanica
 - senzor okoline (temperatura, tlak i zagađenost zraka),
 - zakretna kamera,
 - LED signalne lampice,
 - dio za procesuiranje proizvoda
- sortirnice za prepoznavanje boja,
- zakretna kamera

Glavna zadaća makete je skladištenje sirovih materijala te procesuiranje sirovih materijala u gotov proizvod. Nakon procesuiranja slijedi sortiranje proizvoda te isporuka.

Program upravljanja sortirnicom napisan je po principu da svaki element postrojenja ima zasebne funkcijske i podatkovne blokove. Svi funkcijskih blokovi se pozivaju u

MAIN bloku.



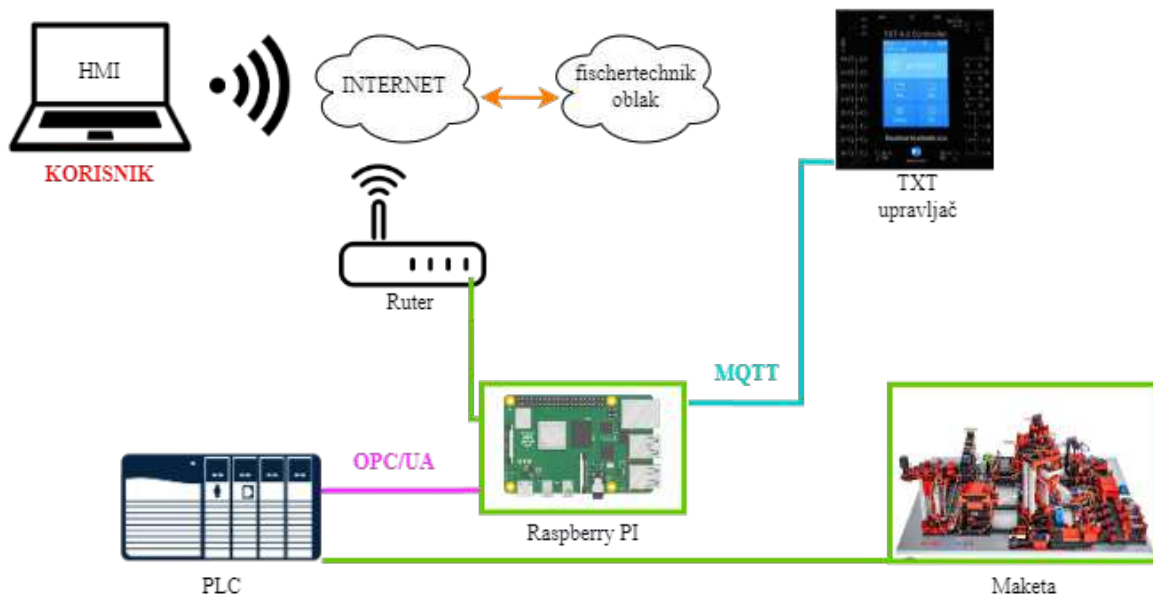
Slika 2.1. Tlocrt makete

Maketa za rad koristi tri upravljačka modula:

- PLC Siemens SINEMATIC S7-1512 - upravlja procesom makete
- Fischertechnik TXT upravljač - prikuplja podatke i prosljeđuje na oblak
- Raspberry PI 5 - adapter između MQTT i OPC/UA komunikacijskih protokola

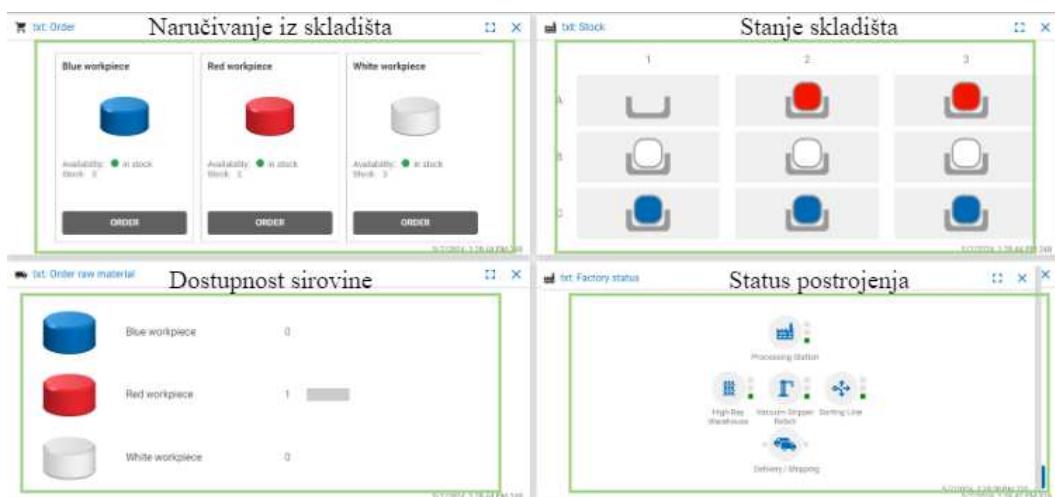
Spajanje makete ruterom na internet omogućava korisniku pristupanje sučelju čovjek-postrojenje od bilo gdje izvan postrojenja slika (2.2.). PLC koristi OPC/UA, dok TXT upravljač koristi MQTT protokol komunikacije. Komunikacija između PLC i TXT izvedena je s dodatnim IoT-Gateway (Raspberry Pi 5) uređajem koji djeluje kao adapter

MQTT protokola. PLC vrši ulogu servera, pružajući potrebne podatke IoT Gateway-u u lokalnoj mreži koji se zatim ruterom prosljeđuju na oblak.



Slika 2.2. Shema komunikacije između upravljača

Korisničko sučelje (slika 2.3.) nalazi se na Fischertechnik-ovom oblaku. Korisnik preko korisničkog sučelja nadzire postrojenje i kontrolira tok proizvoda (skladištenje/ispоруka). Direktno upravljanje odnosno programiranje pojedinih komponenti vrši se direktnim spajanjem računala ethernet konekcijom na PLC.



Slika 2.3. Sučelje čovjek-postrojene

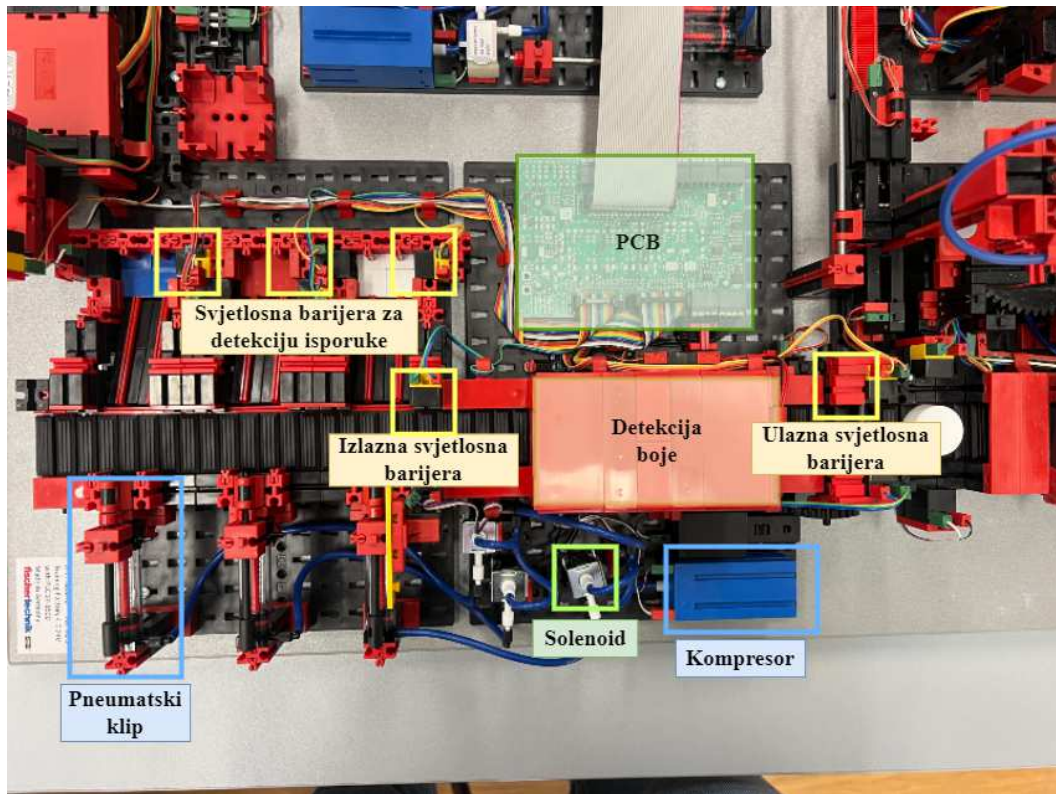
2.1. Sortirnica za prepoznavanjem boja - SLD

Sortirnica za prepoznavanje boja (slika 2.4.) koristi se u svrhu razvrstavanja proizvoda po bojama. Sustav je tehnički ograničen na sortiranje samo tri boje (u ovom slučaju crvena, bijela, plava). Proizvod za sortiranje dolazi iz multiprocesne stanice na pokretnu traku sortirnice, zatim mu se određuje boja te izbacuje u odgovarajući odjeljak. Sortirnica se sastoji od:

- pokretna traka - prenosi proizvod,
- kompresor - tlači zrak za aktivaciju klipa,
- solenoid - propušta natlačeni zrak prema određenom klipu,
- pneumatski klip - gura proizvod u odgovarajući odjeljak,
- senzor za prepoznavanje boja - detektira boju proizvoda,
- svjetlosnih barijera - detektiraju prisutnost proizvoda,
- upravljačkog PCB - ulazno/izlazna veza s PLC-om

Senzora za prepoznavanje boje ključni je element u radu sortirnice stoga je detaljno opisan u poglavlju 2.1.1.

Za ispravan rad cijele makete, sortirnica za prepoznavanje boja komunicira s ostalim dijelovima makete. Način komuniciranja sortirnice prikazan je u poglavlju 2.1.2.



Slika 2.4. Sortirnica s prepoznavanjem boja - SLD

2.1.1. Senzor za prepoznavanje boja

Detekcija boje provodi se korištenjem optičkog senzora boje koji emitira svjetlosni snop i određuje boju površine na temelju refleksija s površine. Mjerena vrijednost senzora stoga nije proporcionalna valnoj duljini mjerene boje već nekoj brojčanoj vrijednosti. Sa senzora se očitava varijabla tipa riječ te za daljnji rad pretvara u varijablu tipa cjelobrojna vrijednost. Vrijednost očitavanja je u rasponu od 0 do 22 000, granice za određivanje boje proizvoda predodređene su u kodu i mogu se mijenjati kalibracijom senzora. Sortirnica za prepoznavanje boja limitirana je na prepoznavanje samo tri vrste boje, razlog tome je što se prepoznavanje boja vrši koristeći samo dvije granice odnosno postavljanjem dviju granica dobivaju se tri intervala (tri različite boje). Intervali te njihove pripadajuće boje prikazane su:

- 0 - 9000 -> BIJELA
- 9000 - 17000 -> CRVENA
- 17000 - 22000 -> PLAVA

Na kvalitetu refleksije utječe ambijentalno svjetlo, površina objekta i udaljenost objekta od senzora. Zbog toga je ključno da se senzor boje nalazi u zatvorenoj komori, zaštićen od ambijentalnog svjetla i da je površina objekata postavljene okomito na senzor.

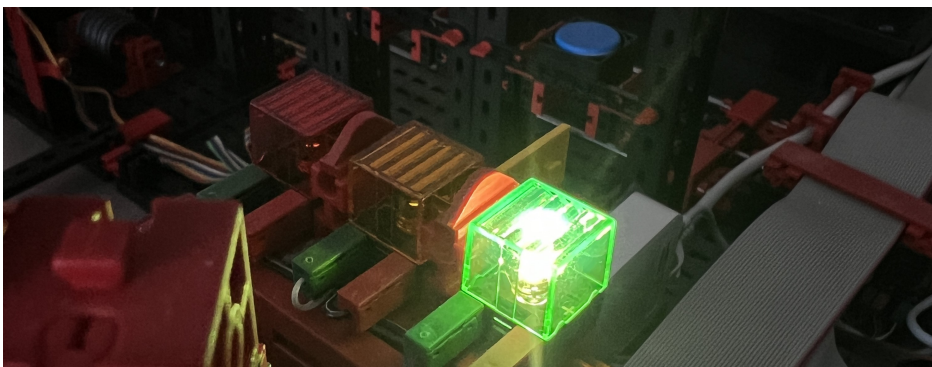
2.1.2. Integracija sortirnice s postrojenjem

Sortirnica komunicira sa signalnim lampicama (slika 2.5.) postavljenim na multiprocesni modul postrojenja i oblakom. Lampicama se prosljeđuje informacija o trenutnom stanju sortirnice, dok se oblaku preko globalnih varijabli prenosi informacija o izvršenim radnjama postrojenja.

Svi elementi postrojenja koriste internu varijablu `li_lights` tipa cjelobrojna vrijednost, koja u ovisnosti o iznosu predstavljaju trenutno stanje elementa:

- (1) Zelena lampica uključena - postrojenje spremno za rad
- (2) Narančasta lampica uključena - postrojenje u radu
- (4) Crvena lampica uključena - greška u postrojenju
- Sve tri lampice blinkaju - kalibracija senzora u tijeku

Direktno upravljanje lampicama izvršava se u kodu multiprocesne stanice tako da se prikupljaju vrijednosti varijable `li_lights` svih elemenata i sukladno tome izvrši uključanje lampica. Za uključanje zelene lampice svi elementi moraju biti spremni za rad odnosno vrijednost `li_lights` mora biti 1, dok je za druga stanja dovoljno da jedan od elemenata promjeni stanje.



Slika 2.5. LED signalne lampice

Stanje elementa može se nadgledati i na oblaku u prozoru "Stanje postrojenja". Sin-

kronizacija stanja započinje tek kad je vrijednost globalne varijable [gtyp_Interface_Dashboard.Subscribe.State_(ime elementa npr. SLD).x_active] jednaka TRUE.

3. Program upravljanja i nadzora sortirnice za prepoznavanje boja

Program upravljanja sortirnice za prepoznavanje boja projektiran je u svrhu automatskog sortiranja, nadzora i održavanja sortirnice. Program se može razdvojiti u četiri cjeline:

- inicijalizacija,
- automatski način rada,
- manualni način rada,
- kalibracija senzora boja

Način na koji su navedene cjeline programski izvedene opisano je u podpoglavlju "Upravljačka struktura programa 3.1."

Prilikom puštanja u pogon, na korisničkom sučelju korisniku se nudi izbor između automatskog načina rada, manualnog načina rada, inicijalizacije i kalibracije senzora boja.

Inicijalizacija je predradnja koju je potrebno izvršiti kako bi se sortirnica za prepoznavanje boja mogla pustiti u automatski način rada. U procesu inicijalizacije pokreće se svaki radni element sortirnice (traka, kompresor, klipovi). Prvo se pokreće pokretna traka kako bi se bilo koji predmet otklonio s trake, a zatim slijedi testiranje ispravnosti klipova. Nakon uspješno provedene inicijalizacije sustav je spreman za automatski način rada. Sustav zahtjeva inicijalizaciju samo prilikom prvog puštanja u pogon ili nakon zaustavljanja postrojenja pritiskom na sigurnosnu gljivu.

Automatski način rada potpuno autonomno izvršava funkciju sortiranja proizvoda po bojama. Sortiranje proizvoda započinje dolaskom proizvoda na pokretnu traku od-

nosno prekidanjem ulazne svjetlosne barijere. Traka proizvod prvo pozicionira ispod senzora za očitavanje boje. U slučaju da senzor očita boju koja ne odgovara niti jednoj od zadanih, sustav pomiče proizvod do izlazne svjetlosne barijere te kranom otklanja proizvod s trake. Korisniku se na korisničkom sučelju prikaže da sortiranje nije uspjelo te za daljnji nastavak korisnik mora potvrditi grešku. Ako korisnik primijeti da je otklonjen proizvod koji odgovara bojama sortiranja (npr. korisnik primijeti da crveni proizvod nije prepoznat te je otklonjen s trake), korisnik izvršava ponovnu kalibraciju senzora boja (proces kalibracije opisan je u podpoglavlju "Kalibracija senzora boja 3.5."). Uspješnim očitanjem boje, traka nastavlja prema odjeljcima za sortiranje. Nakon što proizvod prođe izlaznu svjetlosnu barijeru, kreće vremensko odbrojavanje odnosno pozicioniranje proizvoda za izbačaj. Nakon pozicioniranja proizvoda, sustav klipom gura proizvod u odgovarajući odjeljak. U slučaju da se klip aktivirao, a proizvod nije detektiran u odjeljku, sustav javlja grešku korisniku. Uspješnim sortiranjem proizvoda u odgovarajući odjeljak poziva se kran koji zatim proizvod prebacuje na jedinicu za isporuku proizvoda.

Projektirane su sigurnosne značajke koje korisniku dojavljaju neispravnosti rada sortirnice te sprječavaju nastanak štete. Korisnik u slučaju nužde ima mogućnost pritiskom sigurnosne gljive potpunosti prekinuti rad sortirnice. U slučaju zastoja proizvoda, neispravnog prepoznavanja boja ili potrebe održavanja sortirnice omogućen je manualan način upravljanja.

Manualan način upravljanja nudi korisniku mogućnost manualnog pokretanja pokretne trake, kompresora i klipova za izbačaj.

Direktni nadzor i upravljanje sortirnicom provodi se u sučelju čovjek-postrojenje. Korisnik preko korisničkog sučelja može potvrđivati greške, mijenjati načine rada sortirnice te ima uvid u arhivu greški i statistiku sortiranih proizvoda. Pregledom statistike sortiranih proizvoda i arhive grešaka korisnik može uvidjeti potencijalne probleme u radu sortirnice ili prilagoditi održavanje sortirnice elementima učestalijeg korištenja.

3.1. Upravljačka struktura programa

Program opisan u tekstu iznad izveden je od jednog podatkovnog bloka, jednog organizacijskog bloka te tri procesna funkcijska (uz ime procesnog funkcijskog bloka navedena

je i cjelina za čiji rad je zadužen) :

- podatkovni blok (PRG_SLD_HMI_DB),
- organizacijski blok (PRG_SLD_Cloud_sink_FB) - programski jezik SCL,
- inicijalizacija (PRG_SLD_Init_FB) - programski jezik GRAPH,
- automatski način rada (PRG_SLD_Process_FB) - programski jezik GRAPH
- kalibracija senzora boja (PRG_SLD_Color_Calib_FB) - programski jezik GRAPH

U daljnjim podnaslovima detaljno su opisani navedeni blokovi.

Manualan način rada nema vlastiti blok već je izveden u organizacijskom bloku. Razlog tome je to što manualan način rada nema određenu sekvencu već se samo direktno pristupa adresama aktuatora. Princip pozivanja aktuatora u manualnom načinu rada može se vidjeti na slici 3.3. Detaljnije objašnjeno u poglavlju "Biranje moda rada sortirnice 3.2.3."

Podatkovni blok služi isključivo kao komunikacijska veza između organizacijskog bloka i korisničkog sučelja. Korisničko sučelje za svoj rad koristi tipke, prozore za ispis vrijednosti, simulaciju postrojenja i sl. Vrijednosti koje korisnik unosi u sustav preko korisničkog sučelja upisuju se u podatkovni blok te prosljeđuju organizacijskom bloku (npr. Korisnik pritisne neku tipku, varijabla odgovarajuće tipke postavi se u TRUE i upiše u podatkovni blok, zatim organizacijski blok iz podatkovnog bloka pročita stanje tipke). Jednaka logika vrijedi i za ispis vrijednosti na korisničkom sučelju.

Organizacijski blok prikuplja informacije svih procesnih blokova te omogućava / onemogućava njihov rad. Istovremeno može biti samo jedan procesni blok aktivan odnosno istovremeno sortirnica može izvršavati samo jednu funkciju. Princip rada detaljno opisan u poglavlju "Organizacijski blok 3.2."

U procesnim blokovima sadržana je sva logika za upravljanje pojedinom sekvencom (funkcijom sortirnice) no međutim procesni blokovi ne pristupaju adresama aktuatora direktno već postavlja zahtjev organizacijskom bloku preko svojih internih varijabli prikazanih u tablici 3.1.

Tablica 3.1. Popis varijabla za poziv aktuatora

Ime	Opis
Conveyer	; TRUE = uključenje pokretne trake
Compresor	; TRUE = uključenje kompresora
White_valve	TRUE = guranje klipa bijelog odjeljka
Red_valve	TRUE = guranje klipa crvenog odjeljka
Blue_valve	TRUE = guranje klipa plavog odjeljka

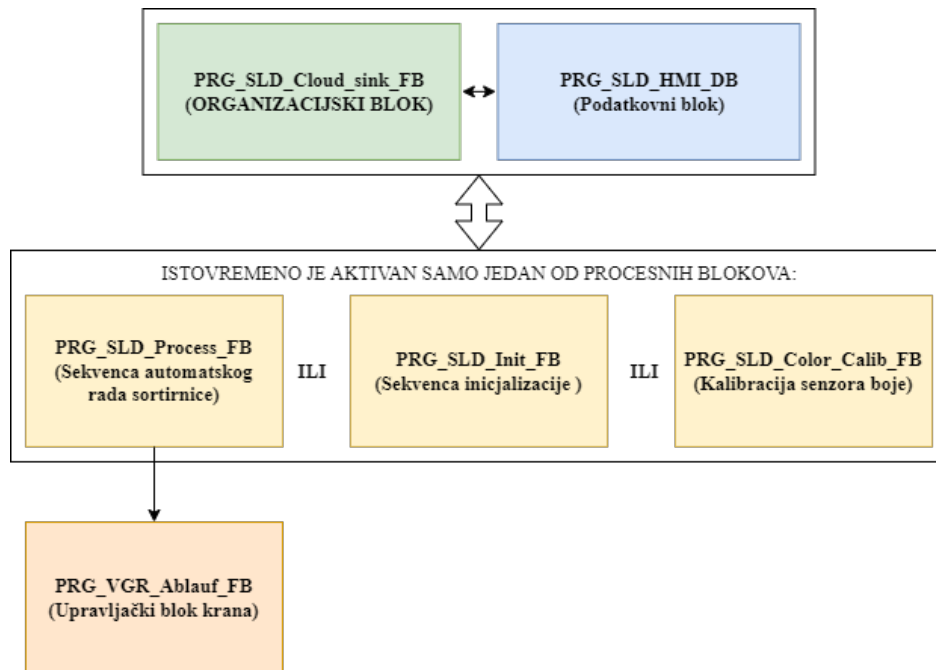
Aktivacija je izvedena tako da procesni blok zatraži od organizacijskog bloka aktivaciju aktuatora, ako su svi uvjeti zadovoljeni, organizacijski blok pristupa adresi aktuatora odnosno njegovog releja te vrši aktivaciju aktuatora. Takvim načinom programiranja osigurala se jednostavnost nadziranja koda te vrlo laka mogućnost dodavanja novih procesnih blokova odnosno funkcija sortirnice. Na slici 3.3. prikazan je dio koda iz organizacijskog bloka zadužen za aktuatore.

Procesni blokovi sadrže interne varijable kojima opisuju trenutnu radnju koju izvršavaju odnosno stanje u kojem se nalaze. Varijable su označene prefiksom SS (stanje sekvence) te imenom koji prikazuje ključni dio koda (npr. Uvjet za aktiviranje procesnog bloka automatskog rada je izvršena inicijalizacija. Procesni blok inicijalizacije nakon uspješno izvršene inicijalizacije postavlja varijablu `SS_Init_Done = TRUE`. Nakon postavljene varijable organizacijski blok dopušta početak automatskog načina rada). Popis i opis SS varijabli nalazi se opisu pojedinog bloka.

Sortirnica u svom radu koristi funkcije vakuumske kрана za otklanjanje proizvoda s trake ili isporučivanje proizvoda na izlaznu jedinicu. Za upravljanje kranom zadužen je `PRG_VGR_Ablauf` blok preuzet iz originalnog koda makete. Njegovo pozivanje vrši se iz `PRG_SLD_Process` funkcijskog bloka.

Sve varijable brojača i zahtjevi za aktivaciju aktuatora u procesnim blokovima resetiraju se u prvom koraku sekvence, kako ne bi došlo do neželjenog vladanja programa.

Struktura programa prikazana je grafički na slici 3.1.



Slika 3.1. Struktura programskih blokova

3.2. Organizacijski blok

Procesni blokovi pisani su u GRAPH programskom jeziku, koji nije praktičan za obradu podataka, organizaciju rada blokova, prijenos informacija na oblak i sl. Organizacijski blok pisan je u SCL-u što uz poziv procesnih blokova omogućava jednostavno izvođenje gore navedenih stvari.

U prvim linijama koda inicijalizirani su brojači, trigger funkcije i pozivi procesnih blokova. zatim slijede razne zadaće opisane u daljnjem tekstu, a radi preglednijeg koda, svaka cjelina koda (zadaća) odvojena je i označena komentarom po principu `//Ime_zadaće- - - -...` (npr. Upravljanje greškama označeno je `//Error_stanje- - - -...`).

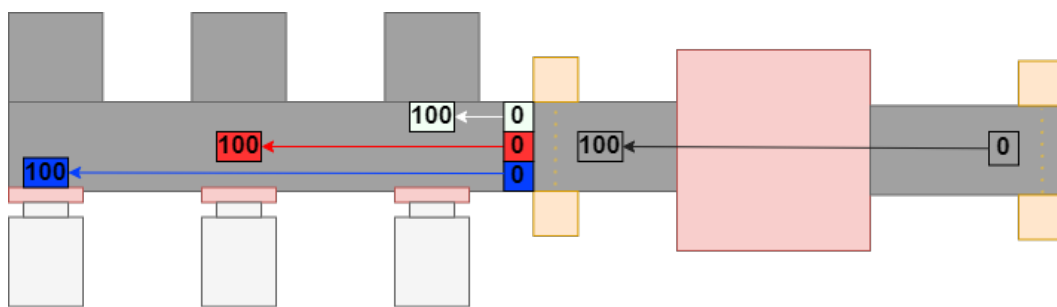
Svaka od navedenih zadaća mogla se odvojiti u zasebni funkcijski blok, ali radi jednostavnijeg nadziranja koda sve je napisano u jednom bloku. S obzirom na takvu organizaciju koda u daljnjem tekstu svaka zadaća označena je svojim podnaslovom.

3.2.1. Aproksimacija položaja proizvoda na pokretnoj traci

Korisničko sučelje prikazuje animaciju pozicija proizvoda na traci, maketa nema izveden senzor trenutne pozicije proizvoda već se aproksimacija položaja vrši programski. Animacija opisana u poglavlju "Korisničko sučelje 4."

Za rad animacije koristi se varijabla tipa INT u vrijednosti od 0 do 100 koja se u realnom vremenu s obzirom na položaj proizvoda povećava. (vrijednost varijable predstavlja postotak prijeđenog puta 0 - početak ; 100 - kraj)

Sortiranje proizvoda odvojeno je u dvije faze, prije detekcije boje i nakon detekcije boje. U prvoj fazi svaki proizvod prolazi isti put (od ulaznog do izlaznog senzora), što znači da neovisno o boji proizvoda, postotak prevaljenog puta u vremenu iznosi isto za sve boje. Nakon prolaska izlaznog senzora svaki proizvod se pozicionira do vlastitog odjeljka, što znači da program treba ovisno o boji prilagoditi izračun varijable. Prikaz postotaka vizualiziran je na slici 3.2.



Slika 3.2. Aproksimacija pozicije

Nakon prolaska izlaznog senzora, aktivira se brojač koji svaki ciklus PLC-a povećava vrijednost interne varijable `color_counter` za jedan. Zatim se vrijednost `color_counter` dijeli s ukupnim brojem ciklusa PLC-a potrebnih da proizvod dođe do cilja (izmjereno eksperimentalno i zapisano u varijabli) i množi sa 100 (skalira se vrijednost na interval od 0 do 100). Izračun prikazan formulom 3.1

$$pozicija = \left(\frac{color_counter}{ukupni\ broj\ ciklusa} \right) * 100 \text{ [\%]} \quad (3.1)$$

3.2.2. Kontrola aktuatora

Postavljanje željene vrijednosti (0 ili 1) na adresu aktuatora (releja) izveden je u organizacijskom bloku isključivo radi stabilnosti koda i lakše nadogradnje sortirnice. Stabilnost koda podrazumijeva činjenicu da procesni blokovi pozivaju rad aktuatora koristeći funkcije SET i RESET (SET postavlja zahtjev za rad aktuatora sve dok se ne pozove RESET funkcija). Sukladno navedenom činjenicom u slučaju da se direktni poziv rada aktuatora (releja) ne izvodi u organizacijskom bloku već u svakom procesnom bloku pojedinačno,

u trenutku iznenadnog prestanka rada procesnog bloka može ostati aktivan zahtjev za rad aktuatora, a to bi rezultiralo nepredviđenim vladanjem programa.

Na slici 3.3. prikazan je kod za pristupanje adresi aktuatora. Prvo se provjerava sigurnosni uvjet, zatim slijedi zahtjev iz svakog od procesnih blokova. Manualan način rada izveden je kao četvrti zahtjev s dodatnim sigurnosnim uvjetima.

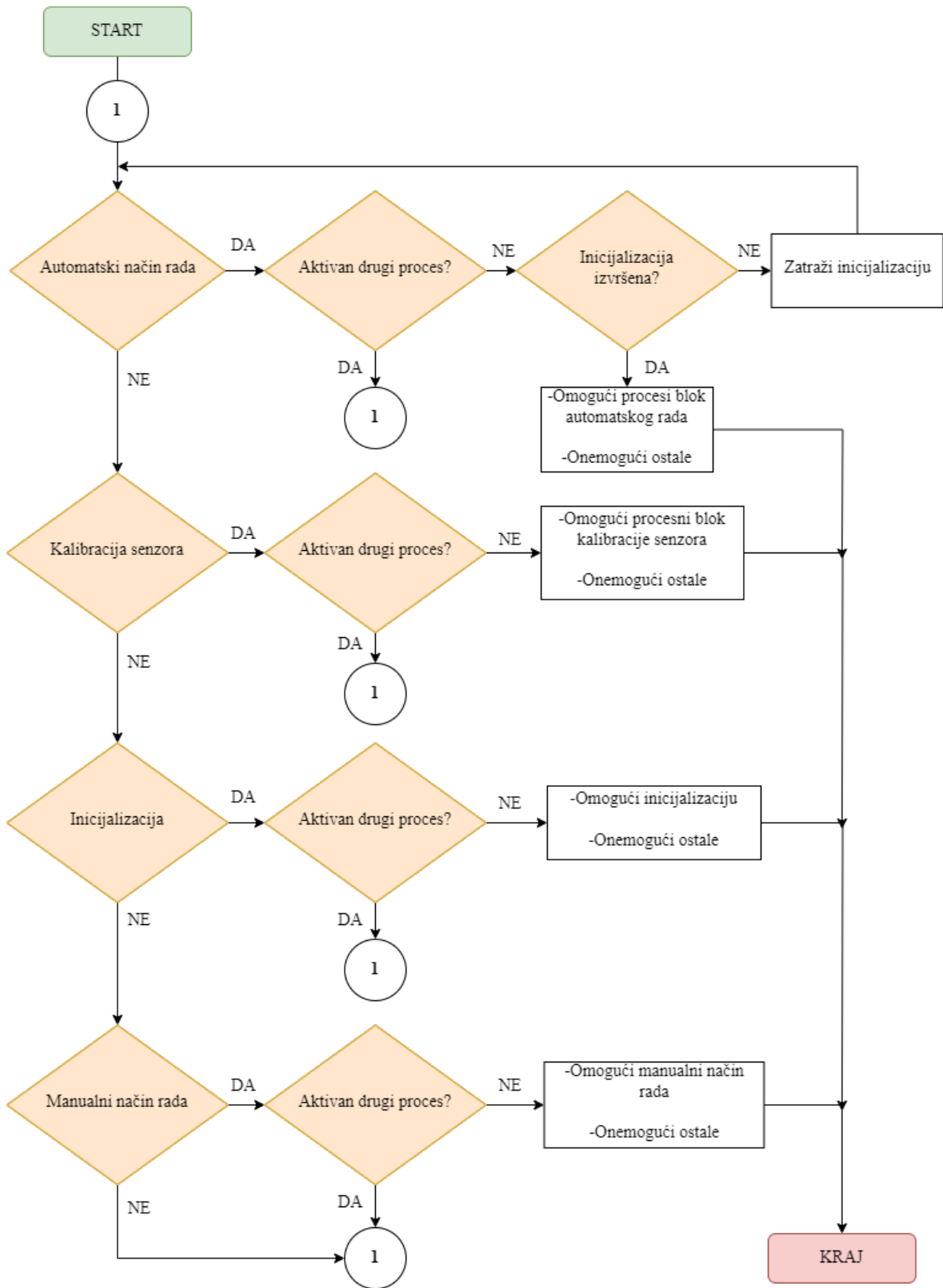
<pre>IF ((NOT #Color_calib_off OR NOT #Initialising_off OR NOT #Color_cal- ib_off) OR "PRG_HMI".Manual_mode) OR "PRG_HMI".Manual_mode) AND</pre>	Uvjet
<pre>"PRG_SLD_Initialising_DB".Conveyer OR "PRG_SLD_Process_DB".Conveyer OR "PRG_SLD_Color_Calib_DB".Conveyer OR</pre>	Zahtjevi iz procesnih blokova
<pre>(#Manual_convoy AND "PRG_HMI".Manual_mode AND NOT "PRG_HMI".Au- to_mode AND #Process_off AND #Initialising_off AND #Color_cal- ib_off AND NOT "PRG_SLD_Initialising_DB".SS_In_process) THEN</pre>	Uvjet za manualni način rada
<pre>"QX_SLD_M1_ConveyorBelt_Q1" := TRUE; ELSE "QX_SLD_M1_ConveyorBelt_Q1" := FALSE; END_IF; //Upali traku</pre>	Postavljanje varijable aktuatora

Slika 3.3. Prikaz koda za poziv aktuatora

3.2.3. Biranje moda rada sortirnice

Sortirnica sadrži četiri moda rada, kojima se upravlja s tri procesna bloka. Istovremeno može biti aktivan samo jedan mod odnosno jedan procesni blok. Aktivacijom manualnog moda rada (nema svoj procesni blok) onemogućuje se rad svih procesnih blokova te ostaje aktivan samo organizacijski blok u kojem se izvršava proces manualnog upravljanja. Korisnik u korisničkom sučelju izabire željeni mod rada makete, program prekontrolira zadovoljava li zahtjev korisnika sve sigurnosne uvjete te postupa sukladno dijagramu toka 3.4.

U slučaju prekida rada nekog od modova, program onemogućava rad svih blokova (uključujući i manualni) sve dok korisnik ponovno ne izabere željeni mod.



Slika 3.4. Izbor moda rada sortirnice

3.2.4. Zahtjev za inicijalizaciju

Dio programskog koda zadužen za postavljanje zahtjeva za izvršavanje inicijalizacije. Kod kao glavni podatak koristi SS_Init_Done varijablu iz procesnog bloka inicijalizacije. Sukladno njenom iznosu i trenutnom stanju sortirnice sustav donosi odluku o postavljanju zahtjeva.

Zahtjev se postavlja prilikom prvog pokretanja sortirnice i nakon pritiska sigurnosne gljive.

3.2.5. Izračun granica za prepoznavanje boja

Procesni blok kalibracije senzora sadrži samo upravljanje sekvence procesa (sekvenca opisana u poglavlju "Kalibracija senzora 3.5.". Matematički dio potreban za uspješno određivanje granica odrađen je u ovom djelu koda.

Kod od procesnog bloka prima informaciju o točnom iznosu očitavanja senzora i boji koju je korisnik dodijelio. Sukladno tim informacijama blok postavlja brojčane granice za određenu boju po principu:

U uglatim zagradama prikazan je primjer očitavanja, dodijeljene boje te rezultata granica.

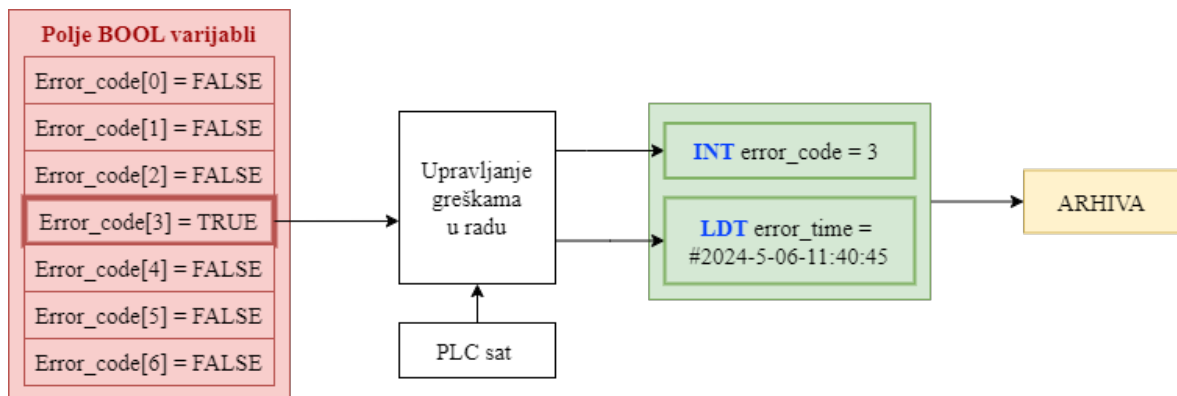
1. Senzor očitao iznos [8000]
2. Korisnik odredio boju [bijela]
3. Postavi granice
 - donja_granica = iznos očitavanja senzora - 1500 = [6500]
 - gornja_granica = iznos očitavanja senzora + 1500 = [10500]

3.2.6. Upravljanje greškama u radu

Organizacijski blok od procesnih blokova prikuplja informacije o greškama u postrojenju. Kako bi se izbjeglo prepisivanje podataka o grešci i omogućilo upisivanje više greški odjednom, zapis greške izveden je jednim poljem od sedam BOOL varijabli (prikazano na slici 3.5.), u kojem svaka varijabla predstavlja jednu vrstu greške (varijable su ozna-

čene brojem te svaki broj predstavlja jednu vrstu greške opisane u poglavlju "Sigurnosne značajke u automatskom radu 3.4.1.").

Program za vrijeme rada sortirnice provjerava stanje varijabli u polju. U slučaju da se jedna od varijabli postavi u TRUE, program izvršava zapisivanje broja greške u INT varijablu error_code. Simultano tome program u drugu varijablu zapisuje vrijeme nastanka greške (podatak o vremenu uzima se sa PLC-a). Nakon konverzije informacije iz BOOL polja u INT varijablu, program INT varijablu i pripadajuće vrijeme šalje dalje na upisivanje u arhivu. Slika 3.5. vizualno prikazuje obradu greške u programu, a upisivanje greški u arhivu opisano je u sljedećem poglavlju.



Slika 3.5. Obrada podataka greške

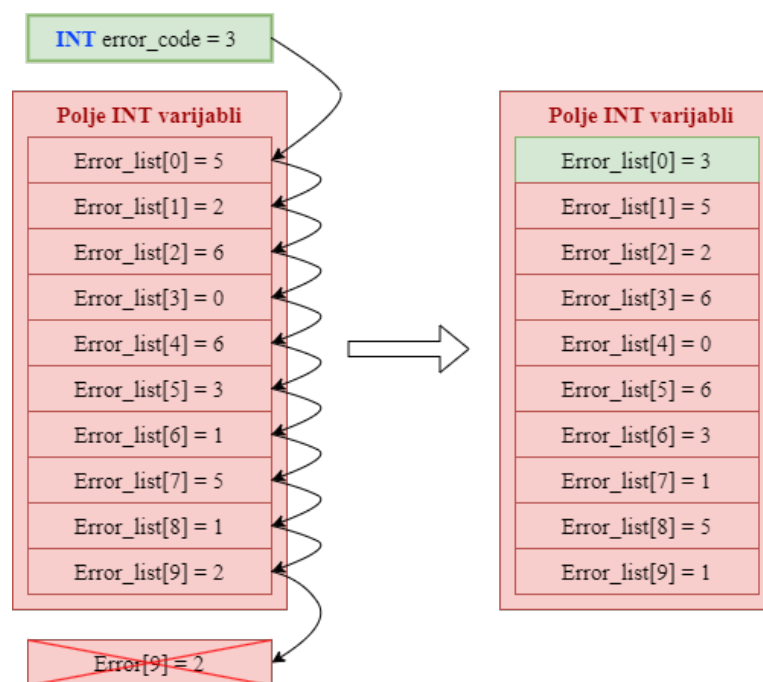
Nastankom greške u sortirnici privremeno se zaustavlja kran, korisniku se nudi opcija nastavka rada kрана ili pozicioniranje kрана u početni položaj. Za upravljanje kranom pristupa se podatkovnom bloku (PRG_VGR_Ablauf_DB) funkcije zadužene za upravljanje kranom. Stopiranje kрана izvodi se direktnim pristupanjem adresama njegovih aktuatora u koje se privremeno upisuje vrijednost FALSE, vrijednosti prije upisivanja FALSE ostaju zapamćene te se odobrenjem nastavka rada upisuju natrag na adresu. U slučaju da se odabere opcija pozicioniranja kрана u početni položaj, pokreće se sekvenca pozicioniranja zapisana u kodu funkcijskog bloka (PRG_VGR_Ablauf).

3.2.7. Arhiviranje podataka

Program arhivira podatke posljednjih 10 greški (broj greške i vrijeme nastanka greške) i podatke o posljednjih 20 sortiranih proizvoda (boja proizvoda i vrijeme sortiranja). U tekstu ispod objašnjen je postupak arhiviranja greški, analogno tome izvodi se i arhivi-

ranje podataka sortiranih proizvoda. Arhivirani podaci upisuju se u podatkovni blok te prikazuju na korisničkom sučelju koristeći posebni I/O elementi za ispis greške i posebni za ispis vremena (Opisano u poglavlju "Vizualno sučelje 4."). Takva metoda ispisivanja zahtjeva dva odvojena polja podataka.

Usljed nastanka greške, kodu se dostavlja podatak o grešci i vremenu nastanka, zatim se u postojećem polju podataka već upisane greške pomiču za jedno mjesto unatrag kako bi se oslobodilo mjesto za upis nove greške (podaci o zadnjoj grešci se gube). Unos nove greške u polje vizualno opisano slikom 3.6., analogno tome vrši se i upis varijable vremena u odgovarajuće polje.



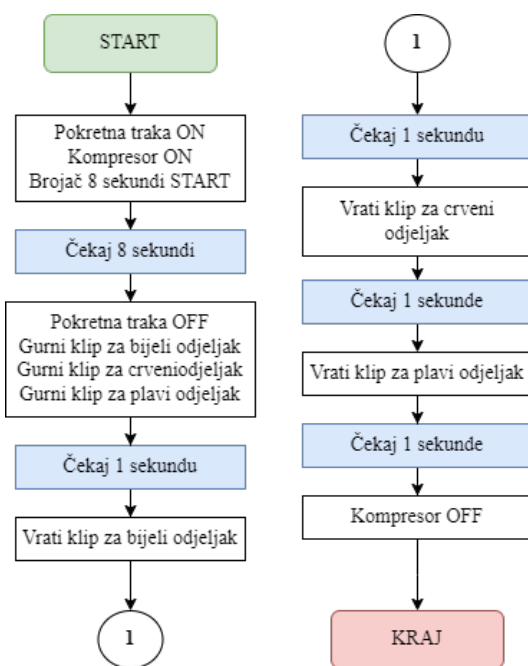
Slika 3.6. Upisivanje novog podatka u polje

3.2.8. Prijenos podataka na oblak

Program prenosi podatke o stanju sortirnice (spremna za rad; u procesu; greška) te podatke o uspješno izvedenom sortiranju. Prijenos podataka na cloud vrši se ciklički svake minute ili promjenom varijable za upravljanje LED lampicama (li_lights).

3.3. Inicijalizacija

Proces inicijalizacija za svoj cilj ima provjeriti rade li sve komponente ispravno te osigurati radne uvijete na pokretnoj traci. Sukladno ciljevima inicijalizacije pokreću se svi aktuatori izvršavajući radnje za koje se koriste u procesu automatskog upravljanja. Pokretanjem pokretne trake, kompresora i vremenskog brojača u iznosu 8 sekundi. Pokretna traka u vremenu od 8 sekundi napravi jedan puni krug odnosno isprazni cijelu traku u slučaju da je nešto neželjeno ostalo na traci. Istekom vremenskog brojača traka se zaustavlja te započinje testiranje pneumatskih klipova. Testiranje se vrši aktiviranjem svih klipova odjednom, a zatim se povlačenje klipova vrši pojedinačno u razmaku od 1 sekunde. Povratkom zadnjeg klipa (plavi) zaustavlja se rad kompresora te se inicijalizacija smatra uspješno završenom. Informacija o uspješno odrađenoj inicijalizaciji šalje se upravljačkom bloku preko SS varijable. Dijagram toka na slici 3.7.



Slika 3.7. Dijagram toka inicijalizacije

Funkcijski blok koristi tri SS varijable prikazane u tablici 3.2.

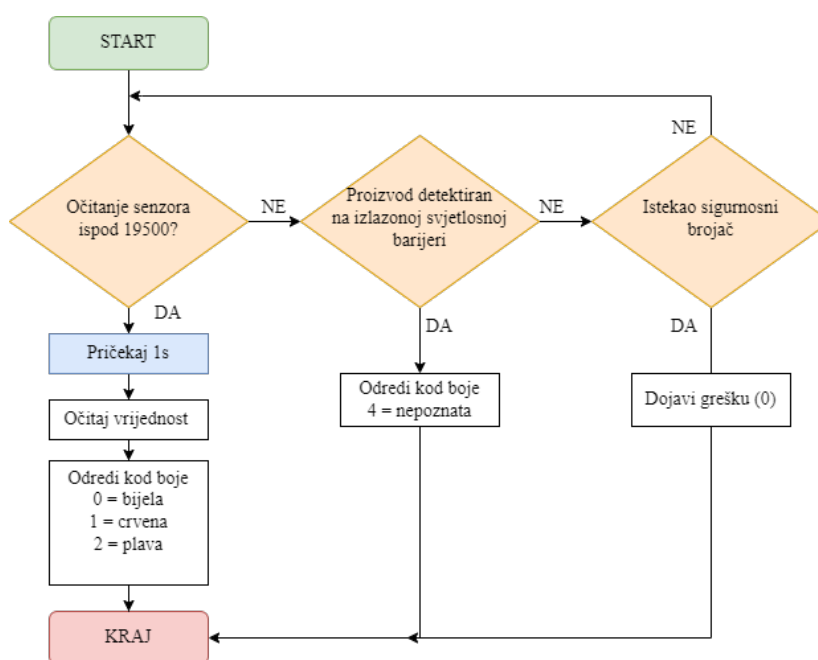
Tablica 3.2. Popis SS varijabli

Ime	Opis
SS_Error	; TRUE = greška u procesu. Resetira se u organizacijskom bloku
SS_In_process	; TRUE = trenutno u procesu. Resetira se završetkom inicijalizacije
SS_Init_done	TRUE = inicijalizacija gotova. Resetira se u prvom koraku inicijalizacije

3.4. Automatski način upravljanja

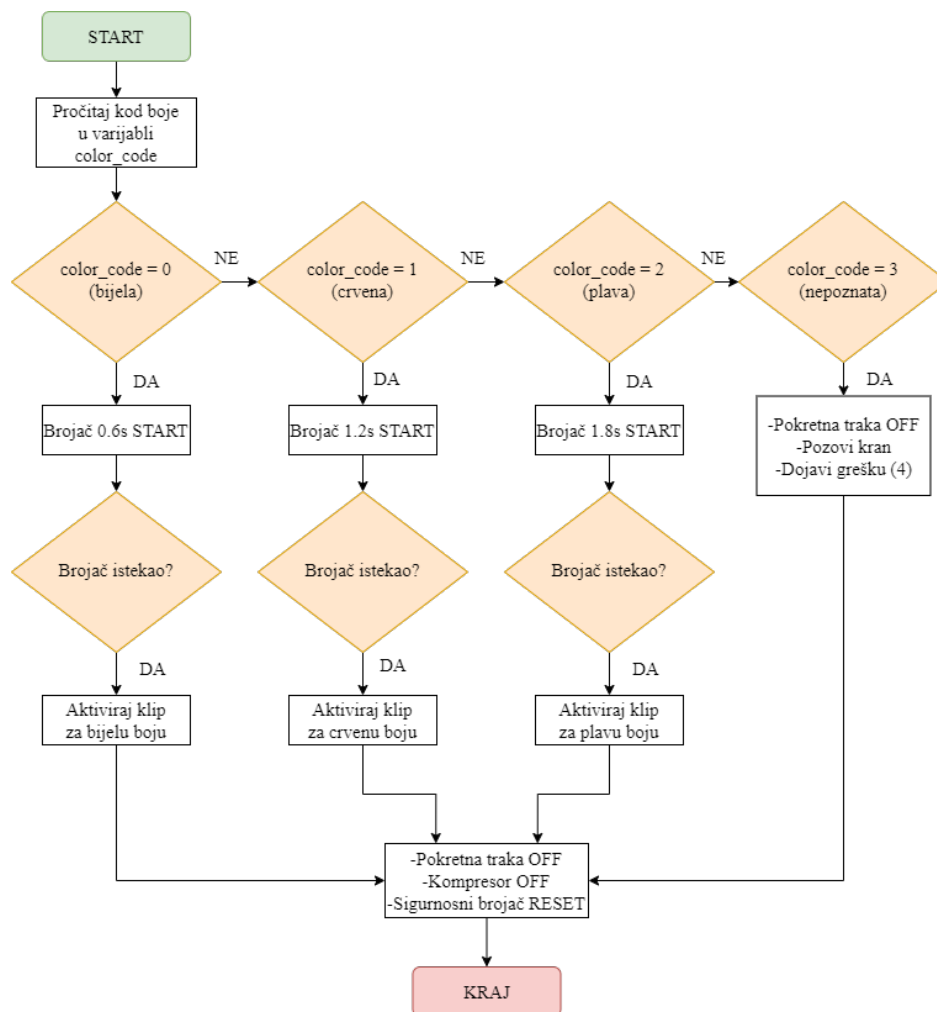
Radni proces sortirnice opisan je u tekstu koji slijedi, a svaka faza označena je pripadajućim brojem u zagradi. Proces je vizualiziran i prikazan slikom 3.10., brojevi u kružićima na slici prikazuju ključne pozicije proizvoda u fazi opisanoj i označenoj u tekstu. Način i označavanje greški tijekom rada sustava detaljno je opisano u poglavlju "Sigurnosne značajke u automatskom radu 3.4.1."

Rad pokretne trake i kompresora započinje prekidom ulazne svjetlosne barijere (1). Simultano tome pokreće se sigurnosni vremenski brojač od 60 sekundi. Prva radnja koju sortirnica izvršava je pozicioniranje proizvoda ispod senzora za detekciju boje i očitavanje boje (2). Maketa nema ugrađen senzor pozicije na kojoj se vrši očitavanje pa se pozicioniranje proizvoda ispod senzora izvodi programski. Nakon što vrijednost očitavanja senzora padne ispod 19500, vrši se odbrojavanje od 0.2s kako bi proizvod došao točno ispod senzora. Program koristi internu varijablu `color_code` tipa INT kojoj dodjeljuje vrijednost ovisno o prepoznatoj boji. U slučaju da senzor ne očita vrijednost ispod 19500, a izlazna barijera bude prekinuta, proizvod se smatra nepoznatim te se otklanjanja s pokretne trake. Proces detekcije boje i pozicioniranja prikazan je na dijagramu toka 3.8. Vrijednosti koje se upisuju u varijablu `color_code` označene su bloku naredbe "Odredi kod boje".



Slika 3.8. Dijagram toka pozicioniranja proizvoda za detekciju boje

Nakon uspješno odrađene detekcije boje proizvoda, proizvod prekida izlaznu svjetlosnu barijeru (3) te započinje proces pozicioniranja proizvoda za izbačaj. Sortirnica nema izveden senzor za detekciju prisutnosti proizvoda na poziciji za izbačaj s trake pa se pozicioniranje proizvoda izvodi odbrojavanjem vremena od izlazne svjetlosne barijere. Očitavanjem vrijednost varijable color_code određuje se iznos vremena do aktivacije klipa. Istekom brojača odnosno pozicioniranjem proizvoda za izbačaj (4), solenoid aktivira klip za izbačaj koji izbacuje proizvod u odgovarajući odjeljak. Aktivacijom klipa prekida se rad pokretne trake i kompresora. Dijagram toka prikazan na slici 3.9.

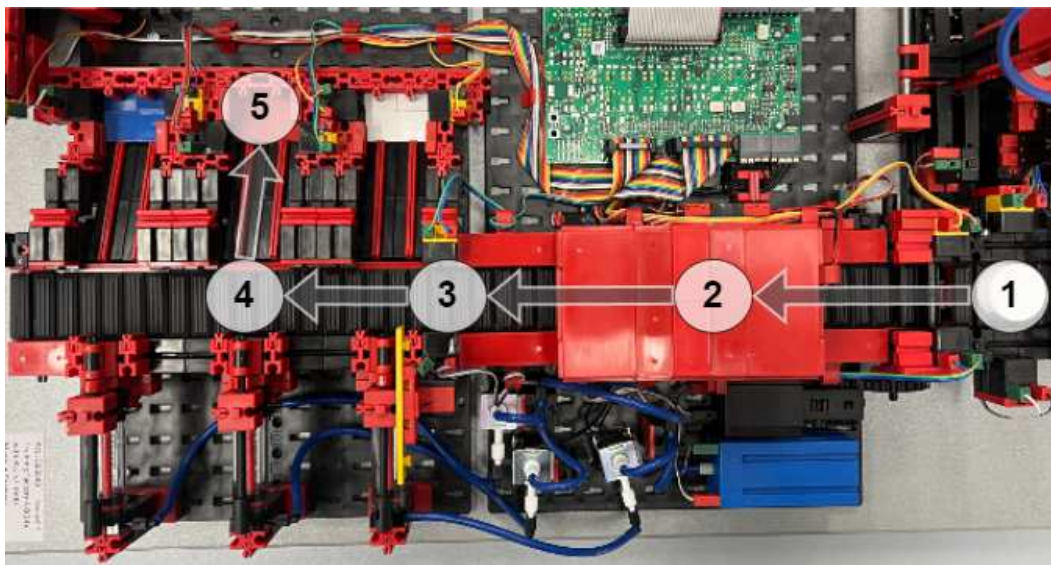


Slika 3.9. Dijagram toka određivanja klipa za izbacivanje

Detekcija sortiranog proizvoda vrši se svjetlosnom barijerom u pojedinom odjeljku (5), detekcijom proizvoda u odgovarajućem odjeljku poziva se kran koji proizvod transportira na izlaznu jedinicu postrojenja. U slučaju zastoja na traci ili slučajne aktivacije ulaznog senzora, program vrši sigurnosne procese opisanu u poglavlju "Sigurnosne zna-

čajke u automatskom radu 3.4.1."

Prikupom proizvoda kranom, kran prenosi proizvod na NFC čitač te čita kod zapisan u NFC modulu proizvoda. Ako je kod valjan kran prenosi proizvod na jedinicu za isporuku, u slučaju da kod nije valjan ili nije prepoznat kran dostavlja proizvod na odlagalište nepoznatih predmeta. U slučaju da se radnja prikupljanja proizvoda ne izvede uspješno, program korisniku dojavljuje grešku.



Slika 3.10. Proces sortiranja po fazama

Funkcijski blok koristi tri SS varijable prikazane u tablici 3.3.

Tablica 3.3. Popis SS varijabli

Ime	Opis
SS_Error	; TRUE = greška u procesu. Resetira se u organizacijskom bloku
SS_in_process	; TRUE = trenutno u procesu. Resetira se završetkom sortiranja
SS_black	; TRUE = sustav detektira crnu(nepoznatu) boju

3.4.1. Sigurnosne značajke u automatskom radu

Programski blok automatskog rada nema posebno realiziran funkcijski blok za sigurnosne značajke već se uvjet za nastanak greške provjerava u trenutku kad se očekuje moguća greška. (Proces prikazan na dijagramu toka 3.11.) U trenutku kad se greška dogodi, procesni blok automatskog rada informaciju o grešci prosljeđuje organizacijskom bloku

koji zatim prekida rad svih aktuatora. U stanju greške postavlja se varijabla `SS_Error = TRUE` te se od korisnika traži otklanjanje uzroka greške i potvrđivanje greške na korisničkom sučelju. U svrhu prepoznavanja uzroka problema, greške su označene brojem:

- **(0) Istek procijenjenog vremena sortiranja**

Sigurnosni brojač koji se postavlja na vrijednost vremena u kojoj se očekiva izvršenje radnje (u ovom procesu 60 sekundi). U slučaju da radnja nije izvršena u tom vremenu sustav prekida sve aktuatora i javlja grešku korisniku.

- **(1-bijeli, 2- crveni, 3-plavi odjeljak) Neuspjelo izbacivanje proizvoda**

Pozicioniranjem proizvoda za izbačaj sa trake u odgovarajući odjeljak, aktivira se brojač u iznosu vremena u kojem se očekiva da proizvod bude u odjeljku. U slučaju da se proizvod ne detektira u odjeljku u zadanom vremenu program javlja grešku.

- **(4) Neidentificirana boja proizvoda**

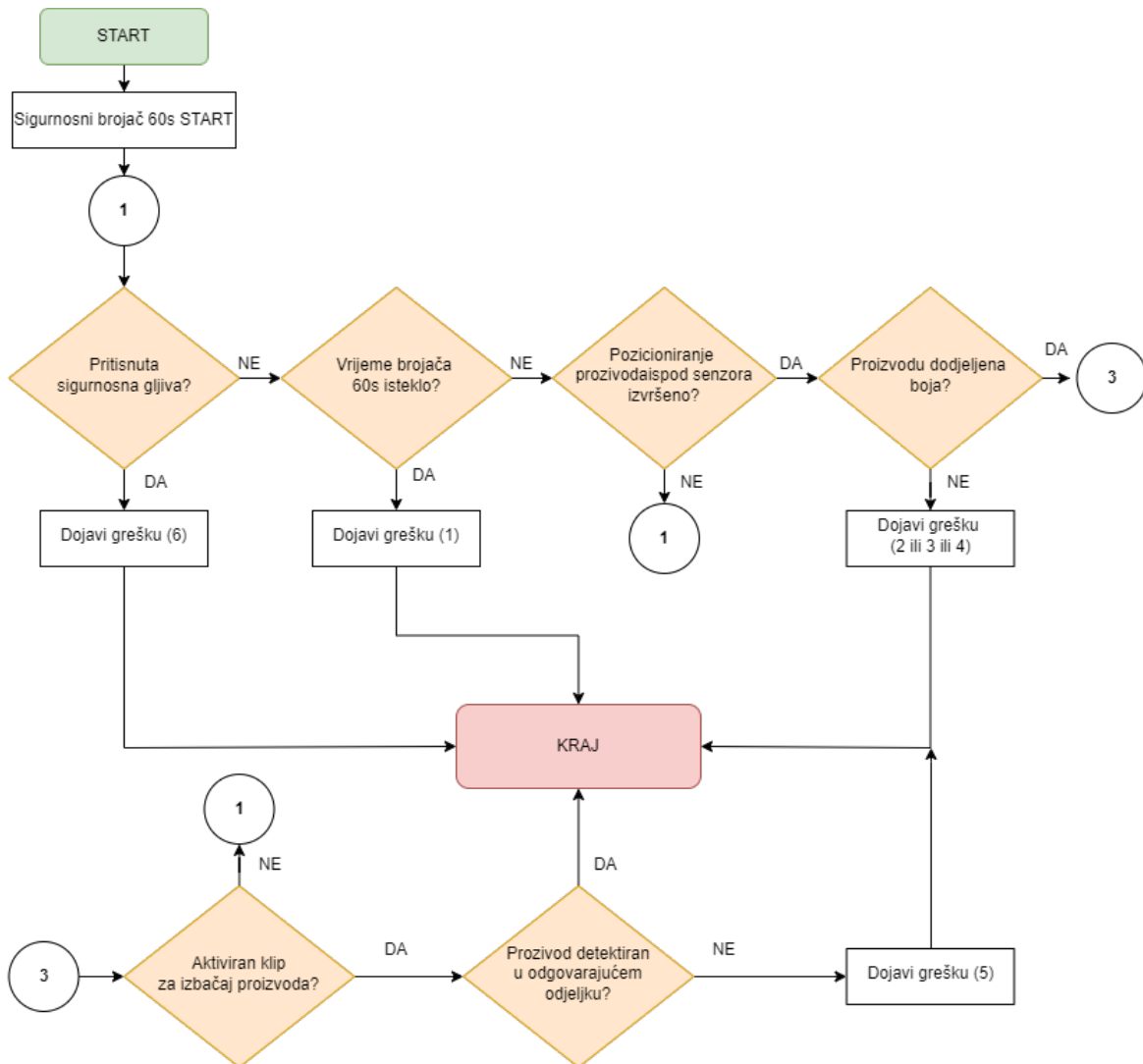
U slučaju da program ne uspije dodijeliti boju proizvodu, korisniku se javlja greška te se postavlja varijablu `SS_Black = TRUE`. Postavljanjem varijable program ne izvršava sortiranje nego pozicionira proizvod na poziciju izlazne svjetlosne barijere te poziva kran koji vrši uklanjanje proizvoda sa linije.

- **(5) Proizvod nije prikupljen iz odjeljka**

Predviđeno vrijeme za uspješno izvršenu radnju prikupljanja proizvoda iz odjeljka je 45 sekundi. Kran sekvencu prebacivanja proizvoda na izlaznu jedinicu izvršava bez obzira je li pokupio proizvod (nema senzor je li proizvod prikupljen). Zahtjev za prikup proizvoda šalje se kranu sve dok je proizvod u odjeljku, u slučaju da je proizvod zapeo kran bi se pozivao beskonačno mnogo puta. Radnja prikupljanja traje 30 sekundi stoga u vremenskom okviru od 45 sekundi kran stigne radnju prikupljanja pokušati obaviti dva puta prije nego sustav javi grešku.

- **(6) Pritisnuta sigurnosna gljiva**

Pritiskom na sigurnosnu gljivu program prekida bilo kakvu aktivnost aktuatora te onemogućuje automatski način rada bez ponovno provedene inicijalizacije.



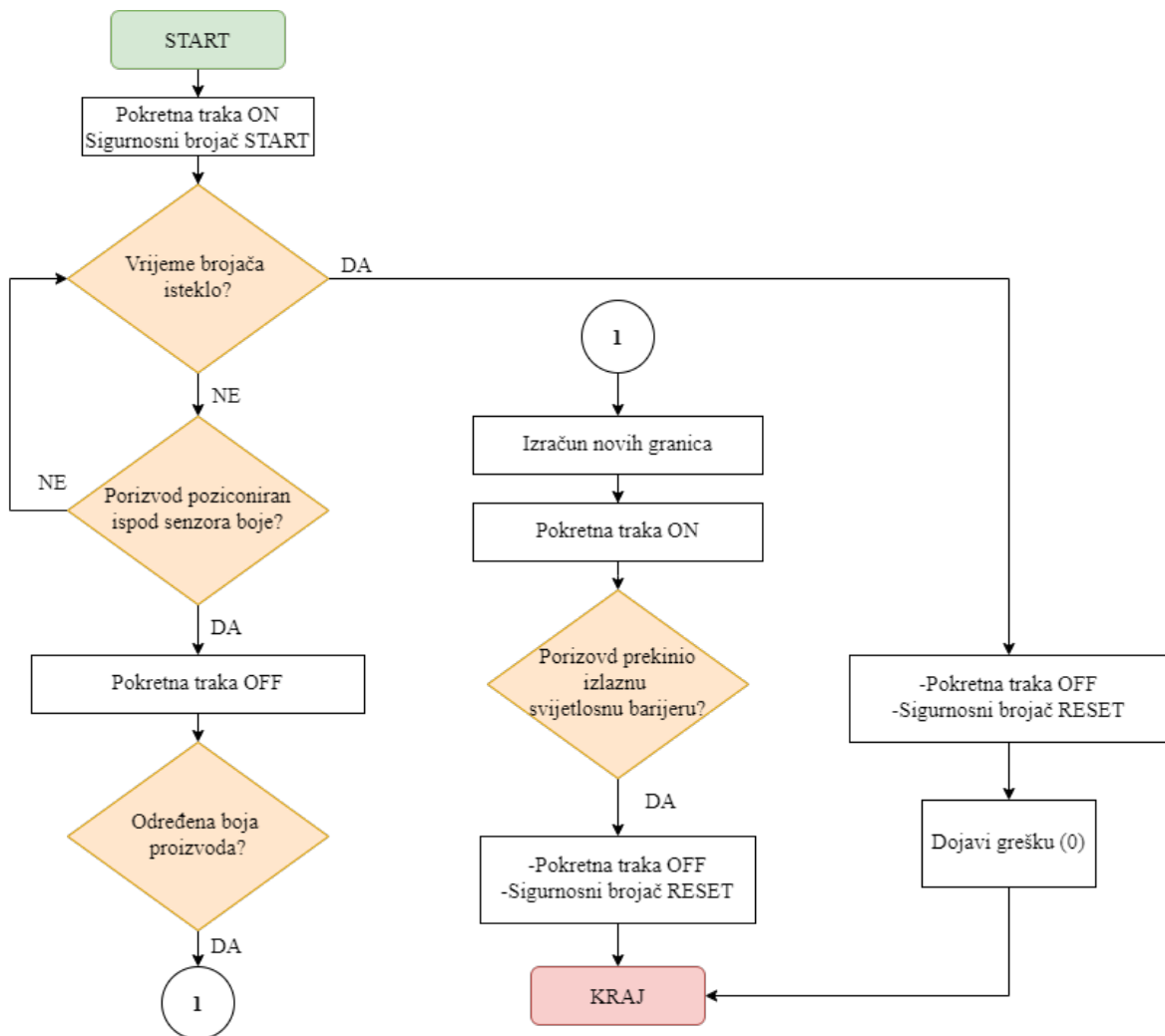
Slika 3.11. Dijagram toka određivanja greške

3.5. Kalibracija senzora boja

Kalibracija senzora za svoj cilj ima postavljanje ispravnih granica za određivanje boja proizvoda. Način rada senzora objašnjen u poglavlju "Sensor za prepoznavanje boja 2.1.1.". Pokretanjem procesa kalibracije, sustav čeka da se željeni proizvod postavi na početak pokretne trake. Prekidom ulazne svjetlosne barijere pokreće se radnja pozicioniranja proizvoda ispod svjetlosnog senzora (pozicioniranje se izvodi programski i detaljno je objašnjeno u poglavlju "Automatski način upravljanja 3.4.". Simultano pokretanju pokretne trake pokreće se sigurnosni brojač.

Predviđeno vrijeme izvršavanja pozicioniranja iznosu 5 sekundi. U slučaju da se proizvod ne pozicionira u zadanom vremenu, sustav dojavljuje grešku označenu brojem **(0)**.

Pozicioniranjem proizvoda, očitava se INT vrijednost sa senzora. Kada korisnik izabere odnosno dodjeli boju proizvodu, informacija o boji i brojčana vrijednost prosljeđuju se organizacijskom bloku u kojem se izvršava izračun granica. (Opisano u poglavlju "Izračun granica za prepoznavanje boja 3.2.5.") Nakon izračuna pokreće se pokretna traka te se proizvod prenosi do izlazne svjetlosne barijere. Korisnik ručno uklanja proizvod s trake. Dijagram toka procesa 3.12.



Slika 3.12. Sekvenca kalibracije senzora

Funkcijski blok koristi dvije SS varijable prikazane u tablici 3.4.

Tablica 3.4. Popis SS varijabli

Ime	Opis
SS_Error	; TRUE = greška u procesu. Resetira se u organizacijskom bloku
SS_working	; TRUE = trenutno u procesu. Resetira se završetkom kalibracije

4. Vizualno sučelje - HMI

Vizualno sučelje (*eng. human machine interface - HMI*) omogućava korisniku nadzor i upravljanje sortirnicom. Korisnik u realnom vremenu ima pristup simulaciji sortiranja, podacima o broju provedenih sortiranja te podacima o broju i vrsti nastalih greški tijekom rada sortirnice.

Vizualno sučelje podijeljeno je u četiri cjeline odnosno četiri zasebna zaslona:

- Control - animacija i upravljanje sortirnicom,
- Statistic - statistika sortiranih proizvoda,
- Error history- povijest greški,
- Help - opis funkcija sortirnice

Svaki od četiri zaslona sadrži zaglavlje, navigacijsku traku te pripadajuće prozore. Zaglavlje sadrži ime programa i zaslona, status sortirnice te ime operatera. Navigacijska traka sadrži tri gumba označena imenom zaslona koji će se prikazati pritiskom na gumb. Zaglavlje i navigacijska traka jednaka su u sva četiri zaslona te su predočeni samo u poglavlju "Zaslon "Control" 4.1." na slici 4.1.

4.1. Zaslon "Control"

Zaslon "Control" sadrži programski prozor za interakciju i pregled animacije i upravljački prozor. Zaslon prikazan na slici 4.1.

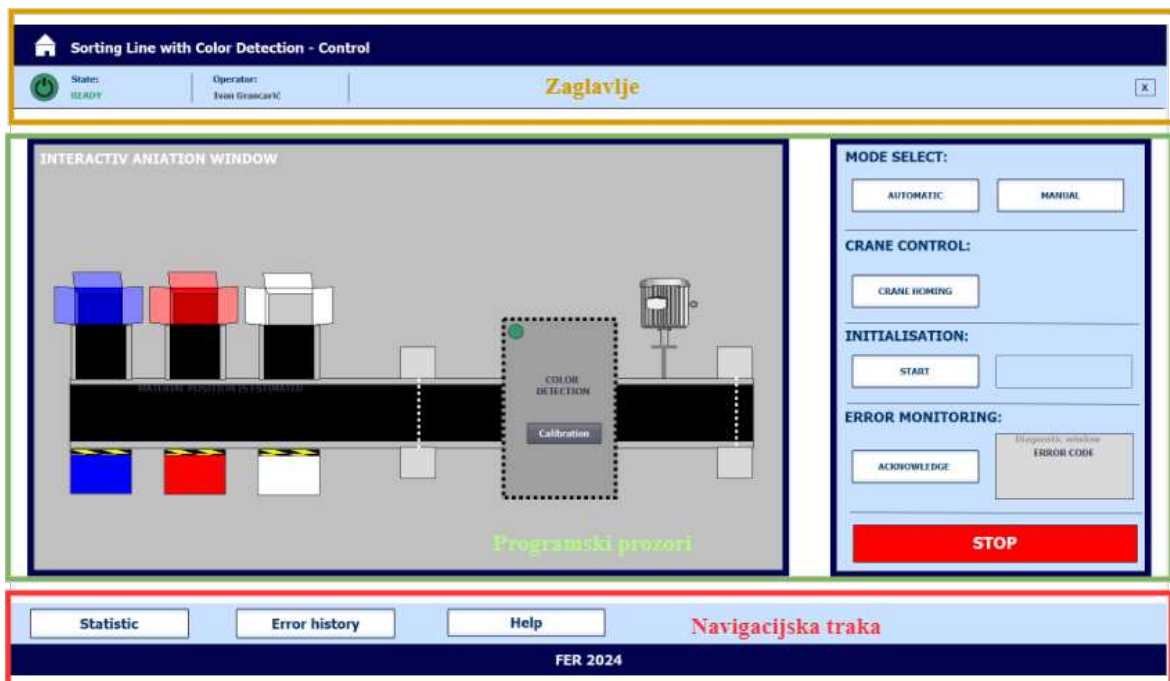
Prozor za interakciju i pregled animacije prikazuje sve elemente sortirnice potrebne za radnju sortiranja. Pokretna traka prikazana je crnim pravokutnikom koji je priključen na elektromotor, ikona elektromotora prilikom rada trake mijenja boju u zeleno.

Senzori položaja proizvoda prikazani su s dva siva pravokutnika povezana bijelim točkicama, prilikom detektiranja proizvoda bijele točkice mijenjaju boju u žuto. Klipovi za izbačaj prikazani su s dva spojena pravokutnika, jedan u boji proizvoda za čiji izbačaj su zaduženi i drugi s kosim crtama žuto/crne boje. Prilikom izbačaja pravokutnik žuto/crne boje "izlazi" napred i predstavlja klip u izbačenom položaju.

Detekcijom proizvoda na ulaznom senzoru na pokretnoj traci pojavljuje se sivi kružić koji predstavlja neidentificirani proizvod, nakon prolaska kroz senzor za detekciju boje kružić poprima odgovarajuću boju proizvoda te nastavlja do odgovarajućeg odjeljka. Pozicioniranje proizvoda na traci opisano je u poglavlju "Aproksimacija položaja proizvoda na pokretnoj traci 3.2.1."

Upravljački prozor sadrži:

- Mode select - izbor načina rada
- Crane control - kontrola kрана
- Initialisation - kontrola inicijalizacije
- Error monitoring - nadzor i potvrđivanje greške
- STOP sigurnosni gumb



Slika 4.1. Korisničko sučelje, zaslon: Control

Upravljački prozor izveden je na način da se korisniku iz upravljačkog prozora uklone svi gumbi koje ne može koristiti u tom trenutku odnosno radnje koje ne može započeti u tom trenutku. (Npr. izborom automatskog načina rada uklanjaju se svi gumbi osim gumba za potvrdu greške i gumba za prisilno zaustavljanje u nuždi).

Izborom manualnog načina rada korisniku se u programskom prozoru namijenjenom za animaciju, pokraj pojedinog aktuatora pojavljuje gumb za njegovu kontrolu (npr. ispod klipa za izbačaj pojavit će se gumb s natpisom "EJECT", korisnik pritiskom na gumb aktivira odgovarajući klip).

Kontrola kрана izvedena je na način da korisnik može izvršiti pozicioniranje kрана u početni položaj pritiskom na gumb "Crane homing". (funkcija nije omogućena tijekom automatskog načina rada) U slučaju greške tijekom automatskog načina rada u sekciji "CRANE CONTROL" korisniku se pojavljuju upozorenje i dva gumba za izbor (Continue i STOP). Korisnik bira želi li dopustiti daljnji rad kрана ili ga vratiti u početni položaj. Prikazano slikom 4.2.



Slika 4.2. Prikaz stanja greške

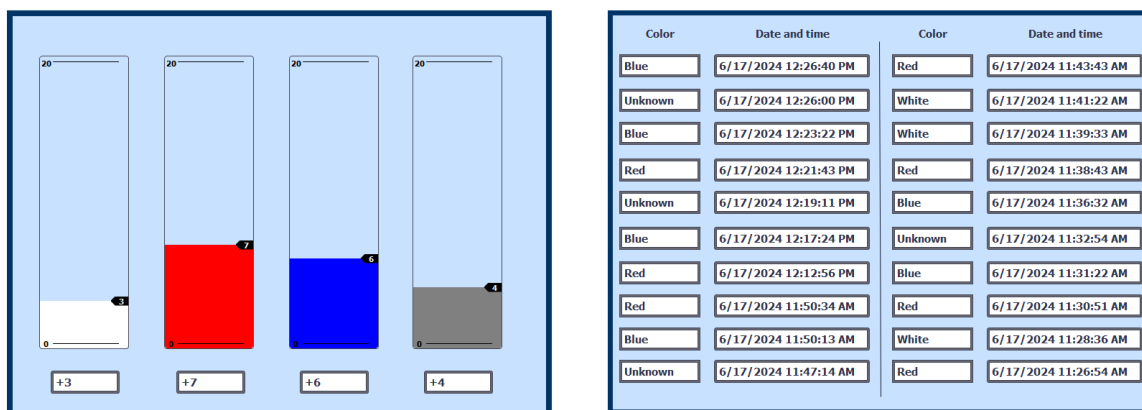
Odjeljak za upravljanje inicijalizacijom sadrži jedan gumb za započinjanje radnje inicijalizacije i procesnu traku koja prikazuje postotak izvršenosti radnje inicijalizacije.

Odjeljak za nadzor greške sadrži gumb za potvrđivanje greške ("ACKNOWLEDGE") i prozor za dijagnostiku odnosno za prikaz koda greške koja se dogodila.

4.2. Zaslona "Statistic"

Zaslona "Statistic" sadrži prozor za grafički prikaz broja sortiranih proizvoda i tablični prikaz. Prikaz zaslona na slici 4.3.

Tablica sadrži podatke posljednjih 20 sortiranih proizvoda, u jednom stupcu se prikazuje boja proizvoda, a u drugom se prikazuje datum i vrijeme kad se sortiranje dogodilo. Stupčasti grafikoni grafički interpretiraju tablicu.



Slika 4.3. Korisničko sučelje, zaslona: Statistic

4.3. Zaslona "Error history"

Zaslona "Error history" sadrži prozor za tablični prikaz 10 posljednjih greški programa i prozor sa opisom greški i ponuđenim rješenjem problema. Prikaz zaslona na slici 4.4.

U jednom stupcu tablice prikazan je kod i kratki naziv greške, a u drugom stupcu vrijeme i datum nastanka greške.

Error code	Date and time
5 - Not picked up	6/17/2024 12:27:04 PM
5 - Not picked up	6/17/2024 11:50:59 AM
3 - Blue pusher missed	6/17/2024 11:49:51 AM
6 - Emergency error	6/17/2024 11:46:49 AM
1 - White pusher missed	6/17/2024 11:46:49 AM
0 - Conveyer runtime	6/17/2024 11:43:29 AM
4- Remove unknown	6/17/2024 11:41:31 AM
3 - Blue pusher missed	6/17/2024 11:41:31 AM
2 - Red pusher missed	6/17/2024 10:47:26 AM
4- Remove unknown	6/17/2024 10:47:26 AM

0 - Product has 7.5 seconds to reach color detection sensor Check inlet position sensor
1 - White pusher missed the product Check white delivery position sensor
2 - Red pusher missed the product Check red delivery position sensor
3 - Blue pusher missed the product Check blue delivery position sensor
4 - Crane did not manage to remove unknown product Check position sensor after calibration box
5 - Crane did not manage pick up product Check delivery boxes

Slika 4.4. Korisničko sučelje, zaslon: Error history

4.4. Zaslon "Help"

Zaslon "Help" sadrži prozor za opis svake funkcije na upravljačkom prozoru "Control" zaslona. Prikaz zaslona na slici 4.5.

<p>AUTOMATIC MODE - automatic mode recognize color and sort the product in appropriate delivery box</p> <p>First startup requires initialization to be performed</p> <p>To continue automatic mode after pressing emergency button requires initialization to be performed</p> <p>MANUAL MODE - allows technician to control every actuators of the plant manually</p> <p>COLOR CALIBRATION - allows technician to manually calibrate color sensor</p> <p>ACKNOWLEDGE - error acknowledgement (remove error)</p> <p>CRANE HOME/HOMING - initialization crane in start position</p> <p>NON OF THESE mods can work together</p> <p>In case of error everything stops and wait for acknowledgement</p>
--

Slika 4.5. Korisničko sučelje, zaslon: Help

5. Zaključak

U ovom istraživačkom radu detaljno se proučio način rada i specifikacije laboratorijske makete tvornice Industrija 4.0 te razvilo konceptualno rješenje za upravljanje i nadzor postrojenja sortirnice unutar te makete. Fokus je bio na implementaciji sustava za automatsko upravljanje sortirnicom, sustava za nadzor i arhiviranje događaja te vizualnog sučelja za intuitivno praćenje i upravljanje procesom sortiranja.

Rezultati ovog rada pružaju uvid u jednostavan sustav tehnologija Industrije 4.0. Istraživanje i razvoj omogućili su bolje razumijevanje praktičnih izazova i potencijala Industrije 4.0 u kontekstu proizvodnih okruženja. Implementacija naprednih tehnoloških rješenja kao što su Internet stvari i napredno računarstvo u oblaku pokazali su značajno poboljšanje u efikasnosti, preciznosti i pouzdanosti industrijskih procesa.

Literatura

- [1] OPC Router. What us opc/ua. <https://www.opc-router.com/what-is-opc-ua//>. [mrežno; stranica posjećena: Svibanj, 2024].
- [2] Mary Brickenstein-Hofschen. Mqtt essentials. <https://www.hivemq.com/blog/mqtt5-essentials-part1-introduction-to-mqtt-5/>. [mrežno; stranica posjećena: Svibanj, 2024].
- [3] B. László. Industry 4.0 technological solutions and their education concept in the bosch smart shop floor laboratory. [Mrežno]. Adresa: <https://publikaciotar.uni-bge.hu/id/eprint/1667>
- [4] Fischertechnik. 536631 automated high bay warehouse 24v. [Mrežno]. Adresa: <https://www.fischertechnik.de/en/industry-and-universities/technical-documents/simulieren/automatisiertes-hochregallager-24v>
- [5] ——. Didactic materials training factory industry 4.0. [Mrežno]. Adresa: <https://www.fischertechnik.de/en/industry-and-universities/technical-documents/simulate/lernfabrik-4-0-24v>
- [6] ——. fischertechnik txt operating manual en. [Mrežno]. Adresa: <https://www.fischertechnik.de/en/toys/e-learning/txt-4-0-controller>

Sažetak

Sustav upravljanja postrojenjem sortirnice na laboratorijskoj maketi tvornice Industrija 4.0

Ivan Grancarić

Ovaj diplomski rad bavi se proučavanjem načina rada i specifikacija laboratorijske makete tvornice u okviru koncepta Industrija 4.0. Detaljno su se analizirale tehničke specifikacije i funkcionalnosti laboratorijske makete. Na temelju te analize, razvijeno je idejno rješenje upravljačkog sustava sortirnice koje uključuje algoritme za automatsko upravljanje i optimizaciju rada postrojenja te vizualno sučelje. Sučelje je dizajnirano da bude intuitivno i korisnički prilagođeno, omogućavajući operaterima jednostavan pristup svim relevantnim informacijama i kontrolama potrebnim za efikasno upravljanje postrojenjem sortirnice.

Ključne riječi: sortirnica proizvoda; algoritam upravljanja; vizualno sučelje

Abstract

Sorting plant management system on a laboratory model of the Industrija 4.0 factory

Ivan Grancarić

This master thesis examines the operation and specifications of a laboratory model of a factory within the concept of Industry 4.0. The technical specifications and functionalities of the laboratory model were analyzed in detail. Based on this analysis, a conceptual solution for the sorting plant control system was developed, which includes algorithms for automatic control and optimization of plant operations, as well as a visual interface. The interface is designed to be intuitive and user-friendly, enabling operators to easily access all relevant information and controls necessary for efficient management of the sorting plant.

Keywords: product sorting line; control algorithm; visual interface