

# INTEGRAREA PLC IN PROGRAMAREA SI SIMULAREA OFFLINE A UNEI LINII DE REPARARE PALEȚI DIN LEMN UTILIZÂND PROCESS SIMULATE, TIA PORTAL ȘI PLCSIM ADVANCED

**Eugen Mihai ZOSIM**

Facultatea: IMST, Specializarea: Robotică, Anul de studii: Master AN II, e-mail: zosim.mihai857@gmail.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Florin Adrian NICOLESCU**

*REZUMAT: În această lucrare am realizat simularea și programarea unei linii de reparare a paleților din lemn, care integrează în componența ei patru celule și patru roboți industriali de tip braț articulat. În primul rând am să prezint celulele care fac parte din componența acestei linii, după care o să prezint simularea și programarea offline a aplicației.*

*Prototipul virtual al acestei aplicații a fost realizat în programul Siemens NX, iar simularea și programarea offline au fost realizate în programul Tecnomatix Process Simulate. Pentru a conecta simularea la un PLC, am folosit TIA Portal și PLCSIM Advanced.*

*CUVINTE CHEIE: Process Simulate, reparare paleți, simulare, programare offline, TIA Portal.*

## 1. Introducere

Linia realizată face parte dintr-o aplicație de reparare a paleților din lemn, scopul ei fiind tăierea elementelor deteriorate din componenta unui palet de lemn și repararea acestora.

În această lucrare am detaliat capitolul de programare offline folosind TIA Portal, acest capitol fiind o continuare a proiectului de diploma ” Robot industrial de tip braț articulat integrat într-o celulă de reparare paleți din lemn” susținut în anul 2016, dar și a temei susținute în cadrul SCSS 2017 “Simularea și programarea offline a unei linii de reparare palet din lemn utilizand produsul software Process Simulate și automate programabile”.

## 2. Stadiul actual

Robotii folosiți în acest tip de aplicații au doar rol de manipulare al paletului, toată operația de dezmembrare realizându-se folosind mașini speciale.

În majoritatea cazurilor pentru a realiza o celulă/linie nu se realizează o programare offline a acesteia, ci doar o simulare ciclică (time based).

Etapele de simulare au fost realizate utilizând pachetul de aplicații Siemens Tecnomatix Process Simulate, fiind detaliate aspecte constructiv funcționale care guvernează relația dintre componenta fizică a celulei în concordanță cu semnalele de intrare provenite de la senzorii dispuși în mediul tehnologic și semnalele de ieșire care provin de la unitatea PLC. Mai departe s-au configurat conexiunile între Process Simulate, OPC Server și TIA Portal, urmând ca apoi să se realizăm liniile de program PLC în conformitate cu semnalele din Process Simulate.

## 3. Descrierea aplicației

În cadrul acestui capitol este prezentată linia de reparare a paleților, realizată într-un mediu de proiectare 3D, programul folosit fiind Siemens NX 10. Acest capitol a fost prezentat în detaliu în lucrarea “Simularea și programarea offline a unei linii de reparare palet din lemn utilizand produsul software Process Simulate și automate programabile” din anul 2017.

Pentru vizualizarea amplasării elementelor componente din cadrul liniei, dar și pentru înțelegerea modului de lucru, în figura 1 este prezentată linia.

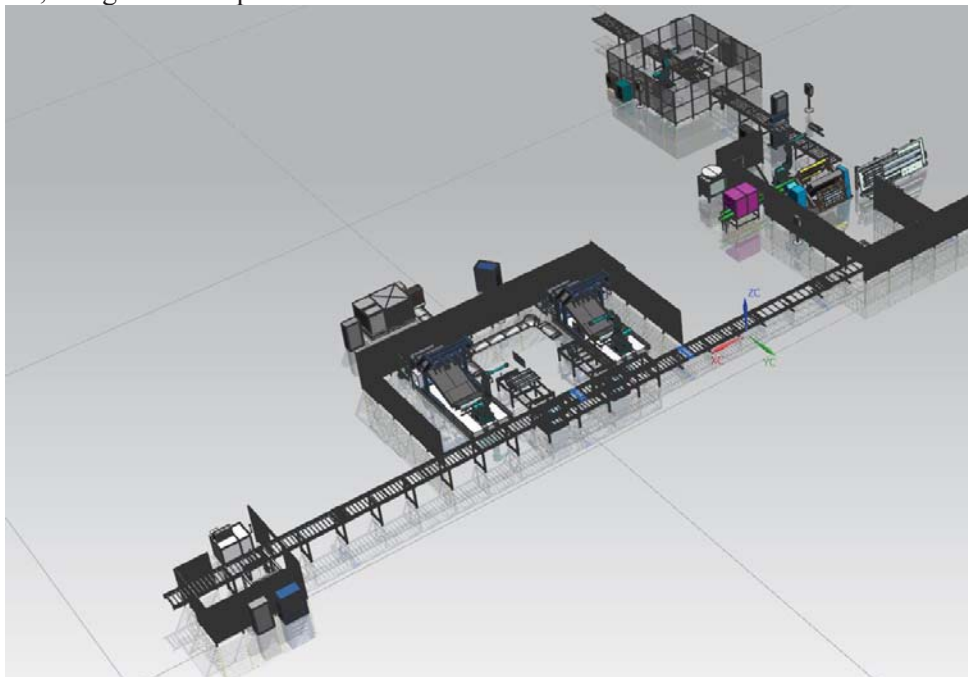


Fig. 1. Vederea izometrică a liniei

#### 4. Specificul simulării

Proiectarea subsistemelor componente ale celulei s-a realizat în programul de modelare NX 10 , acestea fiind salvate în format special (.jt) pentru a fi importate într-un soft specializat pentru simularea și programarea offline a celulelor robotizate, și anume Process Simulate.

Process Simulate este un soft folosit pentru design-ul și simularea celulelor robotizate. În Process Simulate, simularea procesului se realizează cronologic sau pe baza de semnale digitale. Process Simulate este un design workcell și instrument de simulare care permite dezvoltarea, simularea, optimizarea, validarea și programarea offline a multiplelor dispozitive de robotică și procesele automate de fabricație. Aceste machete de celule de fabricație și sistemele de producție complete, într-un mediu 3D oferă o platformă pentru optimizarea proceselor și calculul ciclurilor de-a lungul diferitelor etape ale timpilor de dezvoltare, de la concept până la implementare.

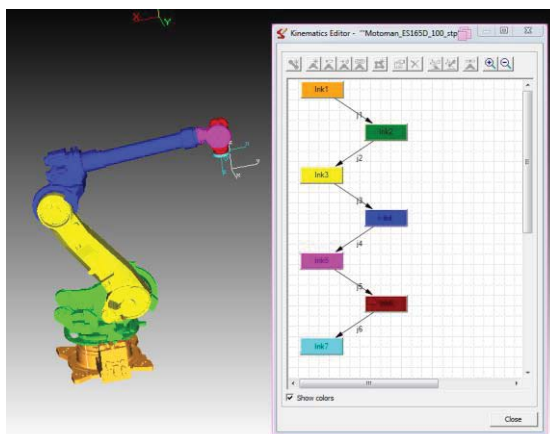


Fig. 2. Schema cinematică a robotului

## 5. Specificul programării

Robotul este echipat cu un efector dedicat de manipulare paleți din lemn. La definirea acestuia am stabilit punctul caracteristic între bacurile de prindere. Tot pentru efector am stabilit și pozițiile de închis și deschis pentru preluarea paletului.

Definirea traiectoriilor prin care robotul urmează să treacă cu punctul caracteristic de pe efector, este cea mai importantă etapă. Pentru a prelua paletul, robotul trebuie să coboare, apoi să manipuleze paletul până la mașina de dezmembrat. După efectuarea tuturor operațiilor de către mașina de dezmembrat, robotul depune paletul pe un conveyor, după care se întoarce pentru a prelua următorul palet de pe conveyor.

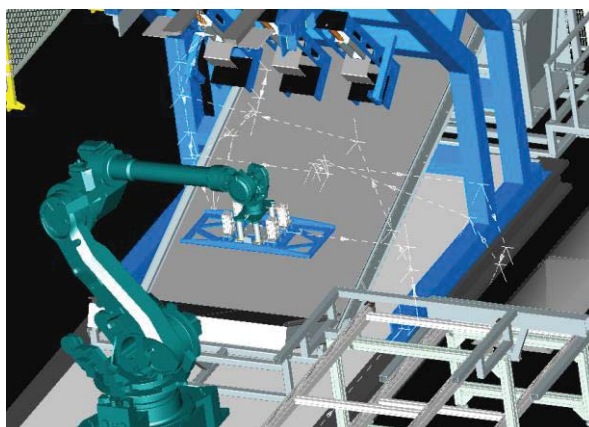


Fig. 3. Definirea traiectoriilor

Programul Process Simulate este capabil să realizeze și o simulare a modului în care un controller programabil logic controlează întreaga operație din cadrul unei celule realizate, în cazul de față toate componentele celulei prezentate sunt controlate prin intermediul semnalelor.

## 6. Programarea offline folosind TIA Portal

Pentru a realiza conexiunea dintre Process Simulate și TIA Portal, am început prin exportul de semnale de tip input și output din Process Simulate în Excel, după care aceste semnale au fost importate în TIA Portal v14.

hold_pallet_insp	<input type="checkbox"/>	BOOL	0.1	I0.1	<input checked="" type="checkbox"/>		
hold_pallet_taiere_1	<input type="checkbox"/>	BOOL	0.2	I0.2	<input checked="" type="checkbox"/>		
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_lift_upper_1_down	<input type="checkbox"/>	BOOL	0.1	Q0.1	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_lift_upper_1_down	<input type="checkbox"/>	BOOL	0.3	I0.3	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_lift_upper_1_up	<input type="checkbox"/>	BOOL	0.2	Q0.2	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_lift_upper_1_up	<input type="checkbox"/>	BOOL	0.4	I0.4	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_centrare_opened	<input type="checkbox"/>	BOOL	0.3	Q0.3	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_centrare_opened	<input type="checkbox"/>	BOOL	0.5	I0.5	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_centrare_closed	<input type="checkbox"/>	BOOL	0.4	Q0.4	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_centrare_closed	<input type="checkbox"/>	BOOL	0.6	I0.6	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_centrare_intermediar	<input type="checkbox"/>	BOOL	0.5	Q0.5	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_centrare_intermediar	<input type="checkbox"/>	BOOL	0.7	I0.7	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_depunere_down	<input type="checkbox"/>	BOOL	0.6	Q0.6	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_depunere_down	<input type="checkbox"/>	BOOL	1.0	I1.0	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_depunere_up	<input type="checkbox"/>	BOOL	0.7	Q0.7	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_depunere_up	<input type="checkbox"/>	BOOL	1.1	I1.1	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_lift_lower_up	<input type="checkbox"/>	BOOL	1.0	Q1.0	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_lift_lower_up	<input type="checkbox"/>	BOOL	1.2	I1.2	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
2_Celula_de_taiere_mtp_celula_taiere_lift_lower_down	<input type="checkbox"/>	BOOL	1.1	Q1.1	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere
Celula_de_taiere_at_lift_lower_down	<input type="checkbox"/>	BOOL	1.3	I1.3	<input checked="" type="checkbox"/>		● 2_Celula_de_taiere

Fig. 4. Semnale în Process Simulate

Integrarea PLC in programarea si simularea offline a unei linii de reparare paleți din lemn utilizând Process Simulate TIA portal și PLCSIM Advanced

3		hold_pallet_insp	Default tag table	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4		hold_pallet_taiere_1	Default tag table	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5		Celula_de_taiere_at_lift_upper_..	Default tag table	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6		Celula_de_taiere_at_lift_upper_..	Default tag table	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7		Celula_de_taiere_at_centrare_o_..	Default tag table	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8		Celula_de_taiere_at_centrare_c_..	Default tag table	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9		Celula_de_taiere_at_centrare_i_..	Default tag table	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10		Celula_de_taiere_at_depunere_..	Default tag table	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11		Celula_de_taiere_at_depunere_..	Default tag table	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12		Celula_de_taiere_at_lift_lower_..	Default tag table	Bool	%I1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13		Celula_de_taiere_at_lift_lower_..	Default tag table	Bool	%I1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fig. 5. Semnale în TIA Portal

Pentru a crea secvențe de program în TIA Portal am mapat semnalele introduse din Process Simulate pe blocurile de program.

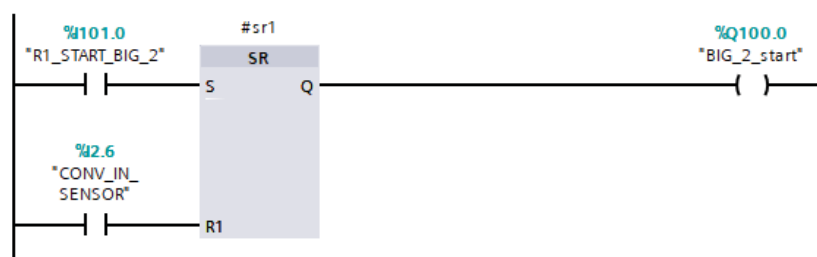


Fig. 6. Object flow

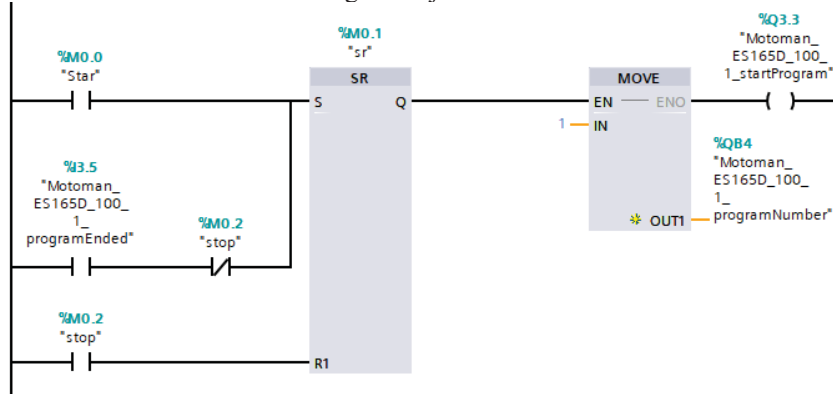


Fig. 7. Secvență de start pentru robot

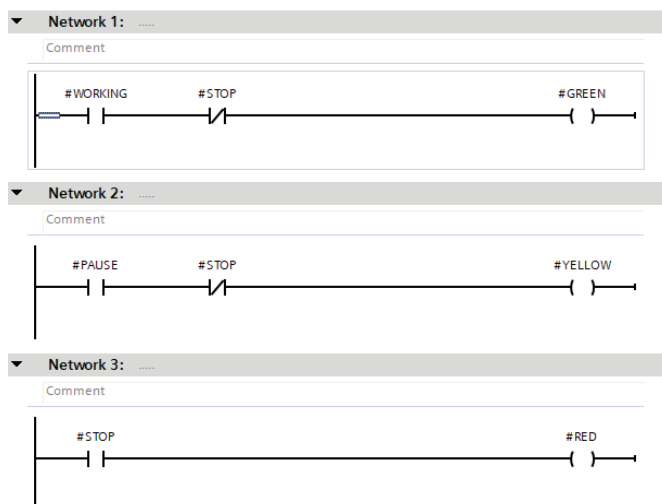


Fig. 8. Bloc de program pentru semafor

## SAFETY

În această parte de program este prezentată partea de siguranță (safety), ce au ca obiect prevenirea defecțiunilor și reducerea timpului de detecție a acestora. Procedurile de safety au folosit atât pentru roboți, cât și pentru celelalte echipamente de pe linie.

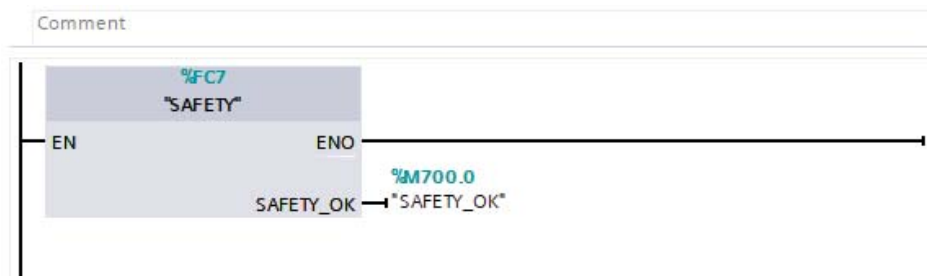


Fig. 9. Bloc de program MAIN pentru verificare SAFETY

În figura 9 este prezentat blocul de program MAIN care verifică starea de SAFETY folosind următoarele blocuri:



Fig. 10. Bloc de program SAFETY

În figura 10 sunt verificate stările la care se află componentele de siguranță.

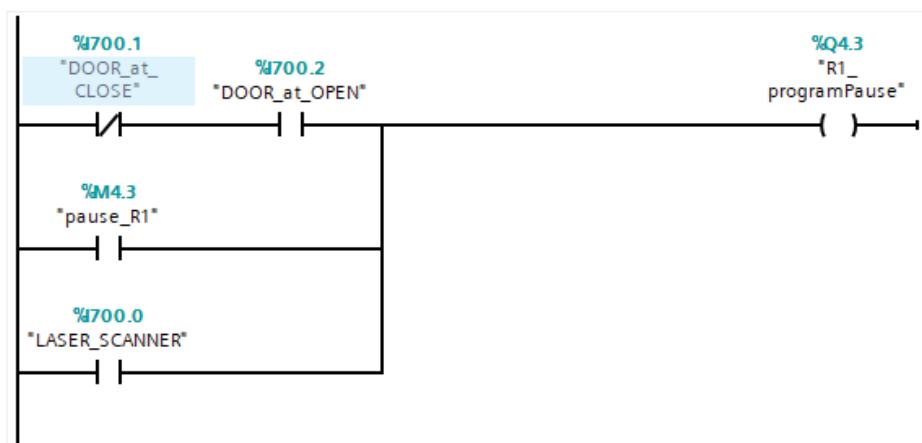


Fig. 11. Bloc de program SAFETY Robot 1

În figura 11 sunt verificate stările in care se află componentele de siguranță, dar și robotul 1.

## PROGRAM MAIN

În figura 12 este prezentată schema de start pentru conveyorul principal.

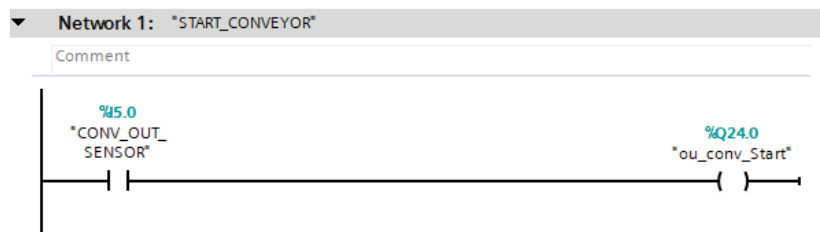


Fig. 12. Start conveyor

Pentru pornirea roboților este necesară realizarea unei secvențe de schimburi de semnale. În primul rând, robotul are nevoie de un număr de program asociat operațiilor încărcate în controller, robotul trimite înapoi numărul pe care îl primește, pentru a putea verifica dacă nu au apărut interferențe pe calea de transmitere a semnalului. După ce se face această verificare, se poate trimite semnalul de comandă pentru START.

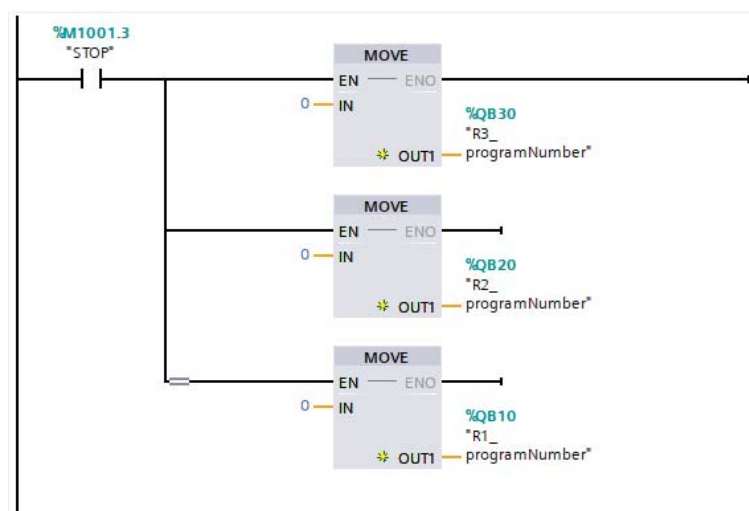


Fig. 13. Stop roboți

Prin activarea STOP-ului, roboții intră într-un proces de oprire de tip „soft”, el își termină programul în curs de executare și nu va reîncepe un program nou. Toți roboții folosesc aceleași semnale pentru oprire și pornire.

## STAȚIA DE INSPECȚIE

În figura 14 este prezentat blocul de program care verifică starea de SAFETY pentru stația de inspecție:

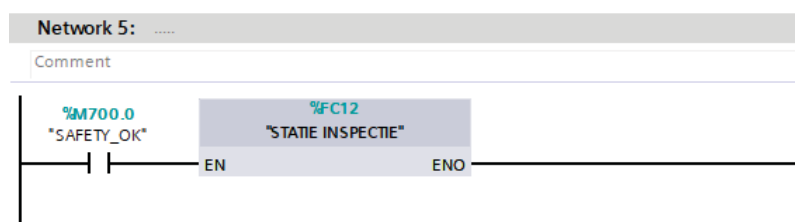


Fig. 14. SAFETY pentru stația de inspecție

În figurile de mai jos sunt prezentate schemele de acționare pentru câteva din componentele stației de inspecție. Când senzorul I6.0 detectează paletul, acesta trimite comanda de închidere pentru Q8.5 – stop gate-ul stației de inspecție.

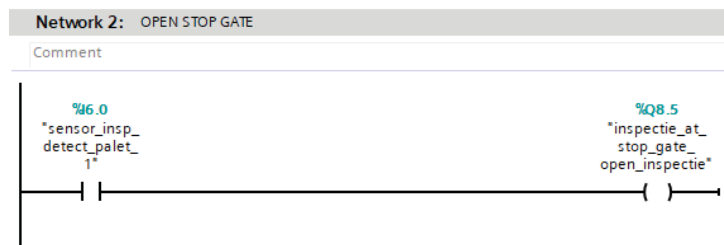


Fig. 15. Deschidere stop gate

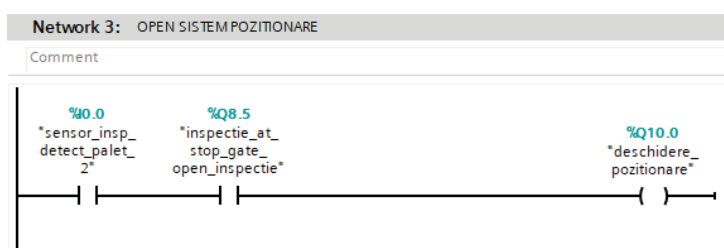


Fig. 16. Deschidere sistem de poziționare

În figura 17 sunt comandate toate închiderile pentru componentele stației de inspecție.

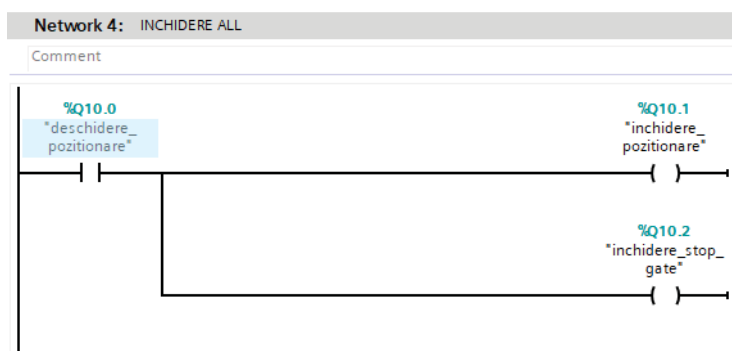


Fig. 17. Închidere pentru toate echipamentele

## CELULA DE DEZMEMBRARE

Atunci când semnalul "sensor\_insp\_detect\_palet\_3" este activat, stop gate-ul de pe conveyor se închide și oprește piesa deasupra sistemului de transfer.

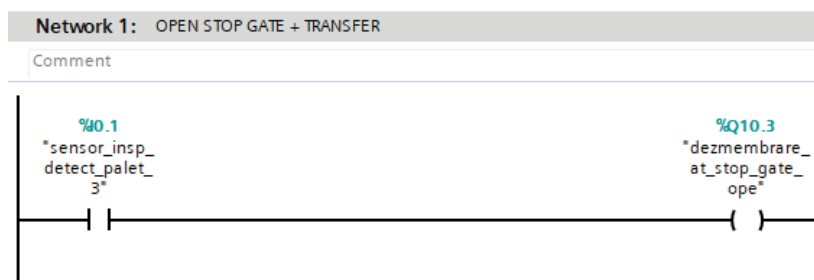


Fig. 18. Deschidere stop gate

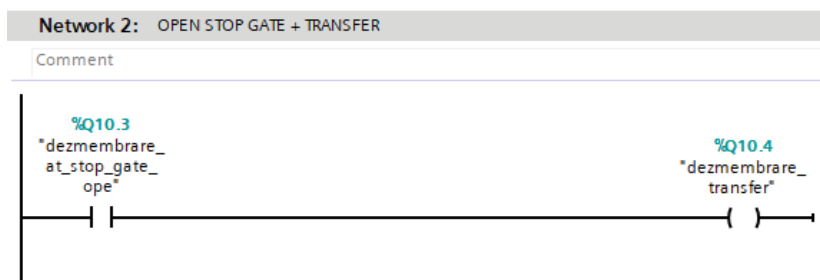


Fig. 19. Transfer între conveyoare

Pentru pornirea conveyorului cu lanț transversal este nevoie de activarea semnalului "dezmembreare\_transfer".

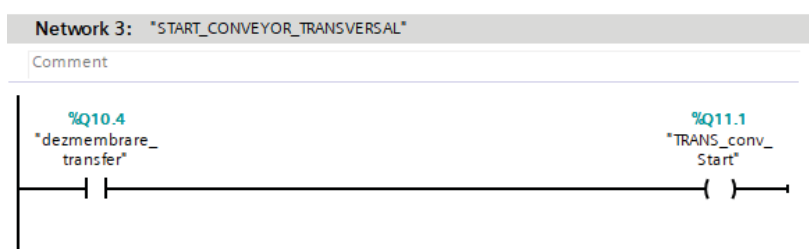


Fig. 20. Start conveyor transversal

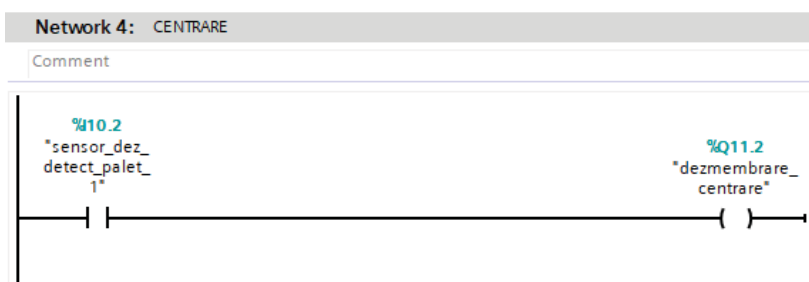


Fig. 21. Centrare palet

Pentru a începe ciclul de manipulare a piesei, robotul are nevoie de confirmare care este livrată prin intermediul semnalului „CLEAR\_TO\_PICK\_R1”. Acest semnal se activează în momentul în care senzorul „dezmembreare\_centrare” este activat de către prezența piesei, dar și de semnalul „R1\_REQUEST\_CLEAR” trimis de robot în momentul în care ajunge în poziția de preluare.

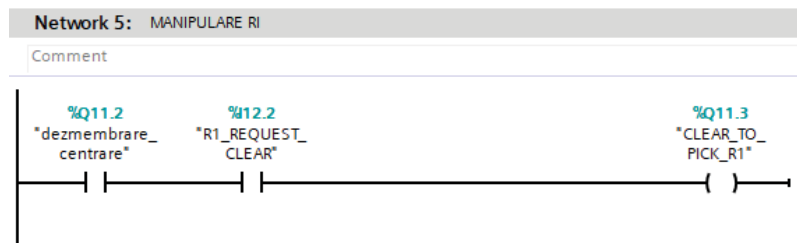


Fig. 22. Start program robot 1



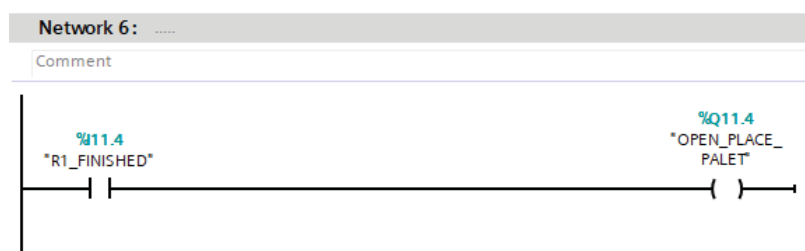


Fig. 23. Depunere palet

În primă instanță am realizat configurația în TIA Portal astfel încât proiectul să funcționeze atât în mediul real, cât și în cel emulat.

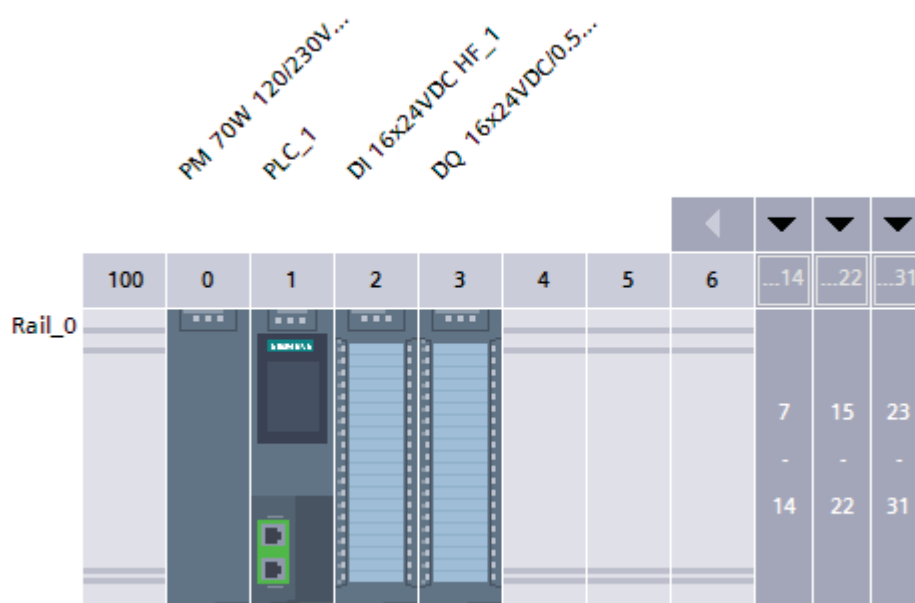


Fig. 24. Configurația PLC din TIA Portal

Componentele folosite sunt:

1. Sursă de alimentare 70W (cod Siemens: 6EP1332-4BA00);
2. Procesor S7-1511-1 PN (cod Siemens: 6ES7 511-1AK01-0AB0);
3. Modul Intrări Digitale 16x24VDC HF (cod Siemens: 6ES7 521-1BH00-0AB0);
4. Modul Ieșiri Digitale 16x24VDC/0.5A (cod Siemens: 6ES7 522-1BH01-0AB0);

Codul PLC a fost scris în TIA Portal V14 SP1, iar limbajul de programare folosit este Ladder. Logica Ladder este o modalitate foarte simplă de a programa procesele de producție, ea bazându-se pe logica controlului cu relee, fiind folosit la scară largă și în prezent.

Pentru a valida codul PLC într-o simulare bazată pe evenimente este necesară simularea și tranziția lină dintre mediul virtual și cel fizic.

Pe lângă validarea mediului tehnologic, a traiectoriilor robot și a timpului de ciclu, Process Simulate permite conectarea simulării la PLC-ul emulat și la alte unități hardware externe (butoane de Emergency Stop, barieră luminoasă, semafor), rezultatul fiind o confirmare a funcționării corecte atât a componentelor mecanice cât și a celor electrice și de control.

## Integrarea PLC in programarea si simularea offline a unei linii de reparare paleți din lemn utilizând Process Simulate TIA portal și PLCSIM Advanced

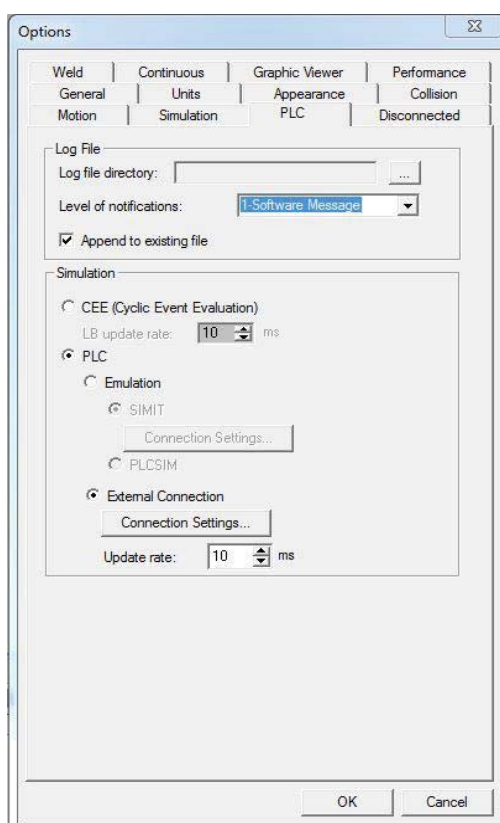


Fig. 25. Conectarea la OPC server

Integrarea simulării cu programul PLC printr-o interfață OPC, necesită următoarele etape:

1. Definirea și mapare de semnale pentru stabilirea comunicării PLC – echipamente;
2. Creare de blocuri logice pentru elementele automatizate ale mediului tehnologic și roboți;
3. Verificarea corectitudinii mapării semnalelor în PLC;
4. Creare de senzori fotoelectrici, de proximitate și de recunoastere ;
5. Validarea logicii programului PLC;
6. Validarea sistemului de siguranță prin conectarea hardware-ului extern;

Process Simulate poate folosi emulator PLC, ce cuprinde platforma SIMIT si PLCSIM. PLCSIM se conectează direct la interfața Process Simulate, acesta se comportă ca un client de OPC. TIA Portal nu poate face diferența dintre un PLC real și cel emulat.

Pentru a conecta PLC-ul la Process Simulate este necesară parcurgerea următoarelor etape:

1. Instalarea TIA Portal;
2. Conexiunea PLC la TIA Portal;
3. Instalarea de OPC Server;
4. Crearea conexiunii PLC la OPC Server;
5. Crearea conexiunii OPC la Process Simulate;
6. Definirea și maparea semnalelor conectate la PLC în Process Simulate;

## Integrarea PLC in programarea si simularea offline a unei linii de reparare paleți din lemn utilizând Process Simulate TIA portal și PLCSIM Advanced

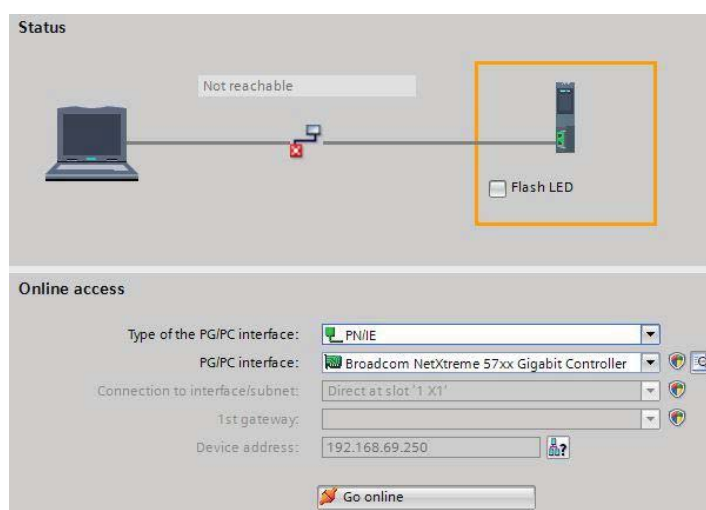


Fig. 26. Conectarea la TIA Portal

În cazul în care semnalele din PLC se schimbă trebuie să reconfigurăm configurația PLC-ului cu OPC server. Conexiunea PLC-ului Siemens S7-1500 la TIA Portal este posibilă prin protocolul PROFINET cu interfață Ethernet și adresa PLC-ului (192.168.69.250).

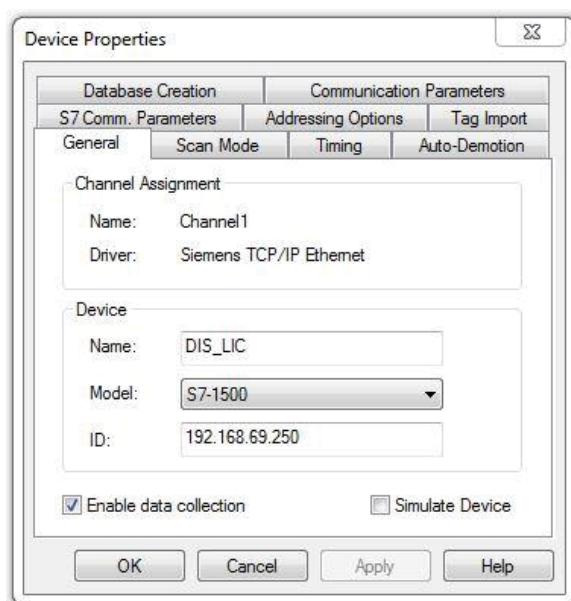


Fig. 27. Conexiunea dintre PLC și OPC Server

Conexiunea PLC la OPC Server se realizează cu următorii pași:

1. Crearea unui canal (Channel 1) cu tipul de interfață – Ethernet;
2. Selectarea modelului PLC și adresa;

Semnalele mapate în Process Simulate trebuie să aibă aceeași adresă cu cele mapate în OPC Server și TIA portal.

După ce liniile de comandă au fost definite, legăturile dintre variabile au fost verificate, în Process Simulate, OPC Server și TIA Portal se poate porni simularea întregii linii robotizate. Toate semnalele au fost convertite în PLC tags și OPC tags, prin urmare ele se comandă din TIA Portal, nu din Process Simulate.

## 7. Concluzii

Abilitățile programului Process Simulate permit un control avansat pentru tot procesul. Se pot folosi diferite metode de programare. Codul PLC se poate verifica virtual.

Principalele avantaje pentru realizarea unui proiect de Virtual Commissioning sunt:

1. Reducerea timpului de instalare cu 30%. După validarea tuturor programelor PLC, timpul alocat pentru depanare și remedierea erorilor este redus considerabil.
2. Reducerea timpului de schimbare cu detectarea precoce și comunicarea problemelor legate de designul produsului.
3. Reducerea numărului de prototipuri fizice cu validare virtuală în prealabil.
4. Optimizarea timpilor de ciclu prin simularea bazată pe evenimente.
5. Minimizarea riscurilor de producție prin simularea de fabricație.
6. Validarea proceselor de producție integrate mecanic și electric.

## 8. Bibliografie

- [1]. Nicolescu, A. – Implementarea Roboților Industriali in Sistemele de Producție, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2016.
- [2]. Nicolescu, A. – “Concepția si Exploatarea Sistemelor de Producție Robotizate, note de curs si metodologii de proiectare”, UPB, 2013
- [3]. Nicolescu, A., Marinescu D., Ivan M., Avram C., – “Concepția si Exploatarea Sistemelor de Producție Robotizate” – Vol. I, Ed. Politehnica Press, 2011, ISBN 978 – 606 – 515 – 339 – 4, ISBN 978 – 606 – 515 – 340 – 0
- [4]. Zosim, M. – ” Proiect de Diploma - Robot industrial de tip braț articulat integrat într-o celulă de reparare paleți din lemn”, 2016.
- [5]. Zosim, M. – ”Simularea si programarea offline a unei linii de reparare paleti din lemn utilizand produsul software Process Simulate si automate programabile”, 2017.
- [6]. Patent Yaskawa US2013255077A1, 2013.
- [7]. Patent CHEP US20140131414, 2014.
- [8]. Patent CHEP US7765668, 2010.
- [9]. Patent Jointec EP2639008A1, 2013.
- [10]. Motoman – film de prezentare al aplicației:  
<https://www.youtube.com/watch?v=ap1hRdUFanE>
- [11]. Complete Pallet Repair Line - Adresa: <https://www.youtube.com/watch?v=vwTPzHJ6ugI>