

Raport stiintific

privind implementarea proiectului PN-II-ID-PCE-2011-3-0641

CONDUCEREA AVANSATA A SISTEMELOR DE FABRICATIE REVERSIBILE, DE ASAMBLARE SI DEZASAMBLARE, UTILIZAND ROBOTI MOBILI ECHIPATI CU MANIPULATOARE ROBOTICE *in perioada Ianuarie – decembrie 2012*

Assoc Prof. Ph. D. Eng. Alina VODA-project leader, principal investigator, Ph.D. in Control Systems, Ph.D. supervisor in Control Systems;

Prof., Ph.D., Eng. Adrian FILIPESCU - senior researcher, University "Dunarea de Jos" of Galati, Ph.D. in Control Systems (Contributions to the synthesis of systems with variable structure and adaptive), Ph.D. supervisor in Control Systems;

Assoc Prof., Ph. D. Eng. Eugenia MINCA -senior researcher, University "Valahia" of Targoviste, Ph.D. in Control Systems (Contribution to the supervision of production systems using fuzzy Petri nets: application to the e-maintenance), second Ph. D in Industrial Engineering;

Assistant, Ph.D., Eng. Otilia DRAGOMIR -Postdoctoral researcher, University "Valahia" of Targoviste, Ph.D. in Control Systems (Contribution to prognosis failures of production, by neuro-fuzzy network: control of the prediction error);

Eng. Bogdan DUMITRASCU, - Ph.D. student in Control Systems (contributions to control, navigation and obstacle avoidance of mobile robots and autonomous vehicles), University "Dunarea de Jos" of Galati, Adrian Filipescu is his Ph.D supervisor; **pe 29-noiembrie-2012 a susținut public teza de doctorat cu Adrian Filipescu și Eugenia Mincă membri în comisia de susținere publică.**

Lecturer eng. Adriana SERBENCU, Ph.D. student in Control Systems (contributions to intelligent control of collaborative mobile robots), University "Dunarea de Jos" of Galati, Adrian Filipescu is her Ph.D. supervisor;

Eng. Adrian RADASCHIN, Ph.D. student in Control Systems (contributions to the intelligent control of mobile robots integrated in flexible manufacturing lines), University "Dunarea de Jos" of Galati, Adrian Filipescu is his Ph.D supervisor, Alina Voda is his Ph.D co-supervisor; **pe 29-noiembrie-2012 a susținut public teza de doctorat, cu Adrian Filipescu, Alina Vodă și Eugenia Mincă membri în comisia de susținere publică.**

Eng. Silviu FILIPESCU Ph.D. student in Electrical Engineering (contributions to advanced control of mechatronic lines served by mabile platform equipped with manipulators using DSPs and embedded systems), Polytechnic University of Bucharest, Liviu Kreindler his Ph.D supervisor. Eng Silviu Filipescu Replace in the research team Ph.D student eng. Adrian Enache who renounced to doctoral studies and to research team project;

Eng. Cristian VASILACHE, Ph.D. student in Control Systems (contributions to the control of mobile robots equipped with robotic manipulators by biometric techniques), University "Dunarea de Jos" of Galati, Adrian Filipescu is his Ph.D supervisor, Alina Voda is his Ph.D co-supervisor.

Rezultatele obținute in cadrul proiectului in anul 2012 au fost diseminate prin urmatoarele publicații:

- A. Radaschin, A. Voda, E. Minca, A. Filipescu, Task Planning Algorithm in Hybrid Assembly/Disassembly Process, 14th IFAC Conference on Information Control Problems in Manufacturing, (INCOM 2012), May 23-25, 2012, Bucharest, ISSN: 1474-6670; ISBN: 978-3-902661-98-2, pp. 571-576.
- Adrian Filipescu, Silviu Filipescu, Eugenia Minca, Hybrid System Control of an Assembly/Disassembly Mechatronic Line Using Robotic Manipulator Mounted on Mobile Platform, The 7th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA2012), 18-20 July, 2012, Singapore, pp. 433-438, IEEE Catalog Number CFP 1220A-CDR, ISBN: 978-1-4577-2117-5, (indexata cu A in Australian Research Council)
- A. Voda, A. Radaschin, E. Minca, A. Filipescu, Control of Automatic Robot with Guided Manipulator Integrated into Flexible Manufacturing System Using Hybrid Petri Nets, IEEE International Conference on System Theorie, Control and Computing, , Joint Conference SINTES 16, SACCS 12, SIMSIS 16, Proceedings of the 16th IEEE Intrenational Conference on System Theorie, Control and Computing, ICSTCC2012, Sinaia, 12-14, Oct, 2012 ISBN 978-606-834-848-3, IEEE Catalog Number CFP1236P-CDR
- E. Minca, V. Stefan, A. Filipescu, A., Serbencu, A. Filipescu Jr, Two Approaches in Modeling of Assembly/Disassembly Line with Integrated Manipulator Mounted on Mobile Platform, International Conference on System Theorie, Control and Computing, Joint Conference SINTES 16, SACCS 12, SIMSIS 16, Proceedings of the 16th IEEE, Intrenational Conference on System Theorie, Control and Computing, ICSTCC2012 12-14, Oct. Sinaia, 2012, ISBN 978-606-834-848-3, IEEE Catalog Number CFP1236P-CDR
- Eugenia Minca, Adrian Filipescu and Alina Voda New Approach in Control of Assembly/Disassembly Line Served by Robotic Manipulator Mounted on Mobile Platform, 2012 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2012), ISBN; 978-1-4673-2127-3, 11-14 Dec, 2012, Guangzhou, China (indexata cu B in Australian Research Council)

Obiectivele ce urmau sa fie abordate in anul 2012, respectiv in intervalul dintre luna a patra si luna a cincisprezecea, prevazute in propunerea de proiect au fost:

OB2) b) Proiectarea unui instrument Retea Petri Hibrida dedicata pentru modelarea sistemelor hibride, linii reversibile de fabricatie deservite de roboti mobili echipati cu manipuloare robotice pentru modelarea componentelor temporale si cu variatie continua.

S-au elaborat si simulat modelele cu Retele Petri pentru a face linia de mecatronică de asamblare Hera&Horstmann complet reversibilă, adica sa faca asamblare și dezasamblare completă. Pentru elaborarea modelului global al asamblării și/sau dezasamblării, se va considera aspectul hibrid al procesului de asamblare/dezasamblare deservit de platforma mobilă. Instrumentul dedicat modelării sunt Retele Petri Hibride care intregrează atât aspectul discret (în modelarea proceselor de asamblare/dezasamblare) dar și cel continuu, deplasarea robotului mobil (wheeled mobile robot- WMR) și acțiunile lui de manipulare (robotic manipulator-RM) a componentelor. Modelul final este de tip *RPH sincronizat* (RPHS sau in engleză Sybcronized Hybrid Petri Nets, SHPN, Temporized Petri Nets, TPN, Temporized Hybrid Petri Nets, THPN) deoarece este interfațat cu evenimente externe de sincronizare, într-o abordare a modelării/simulării în timp real. Pentru elaborarea modelului global al asamblării și/sau dezasamblării, se va considera aspectul hibrid al procesului de asamblare/dezasamblare deservit de platforma mobilă. Instrumentul dedicat modelării sunt rețele Petri hibride care intregrează atât aspectul discret (în modelarea proceselor de asamblare/dezasamblare) dar și cel continuu (deplasarea robotului mobil și acțiunile lui de manipulare a componentelor). Modelul final este de tip *RPH sincronizate* (RPHS) deoarece este interfațat cu evenimente externe de sincronizare, într-o abordare a modelării/simulării în timp real, Fig.1,....,6.

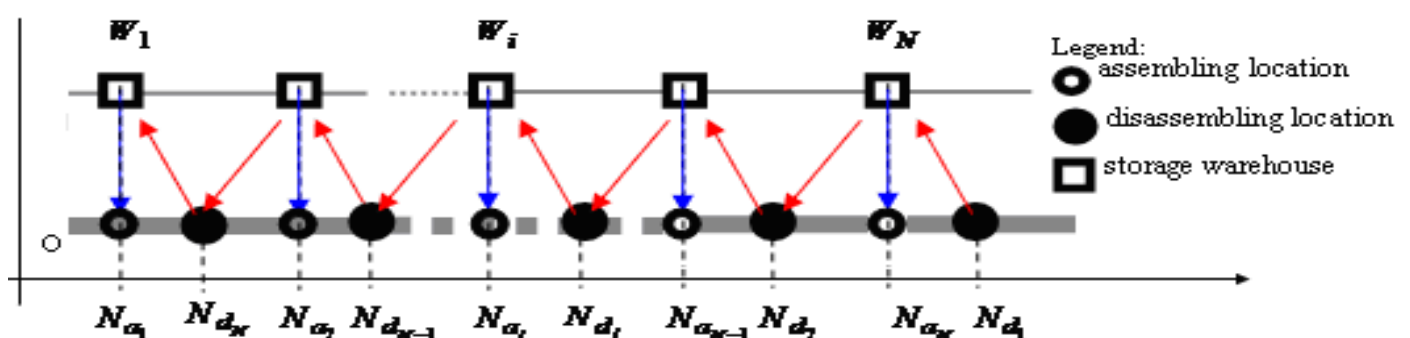


Figura 1. Distribuția punctelor de asamblare si dezasamblare impreuna cu magaziile de depozitare

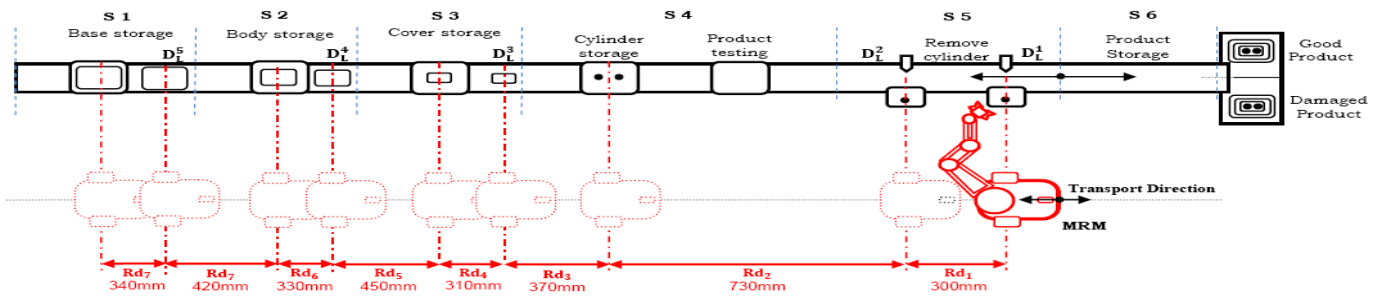


Figura 2. Linia reversibila de asamblare/dezasamblare Hera&Horstman deservita de robotul mobil Pioneer 3-DX echipata cu manipulatorul Pioneer 5-DOF Arm

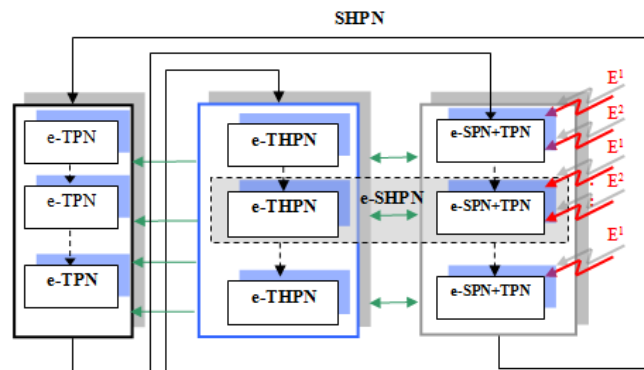
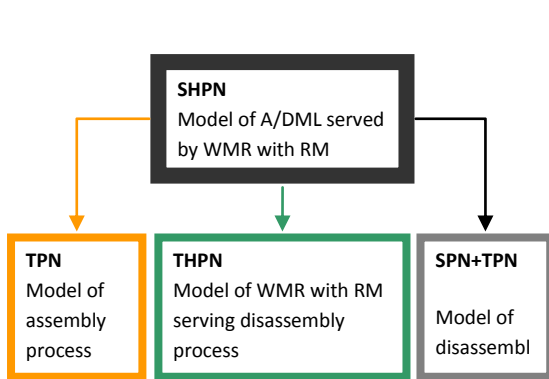


Figura 3 Structura modelului hibrid sincronizat Figura 4 Module elementare e-TPN și e-SHPN

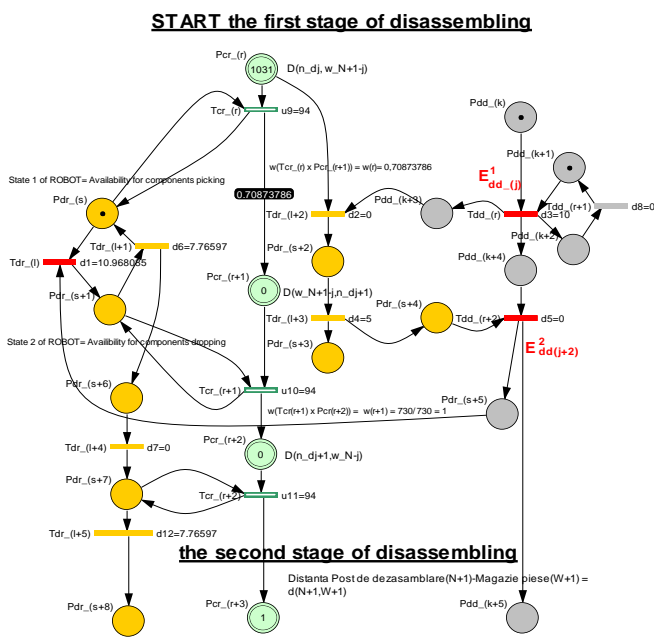


Figura 5. e-SHPN pentru prima dezamblare

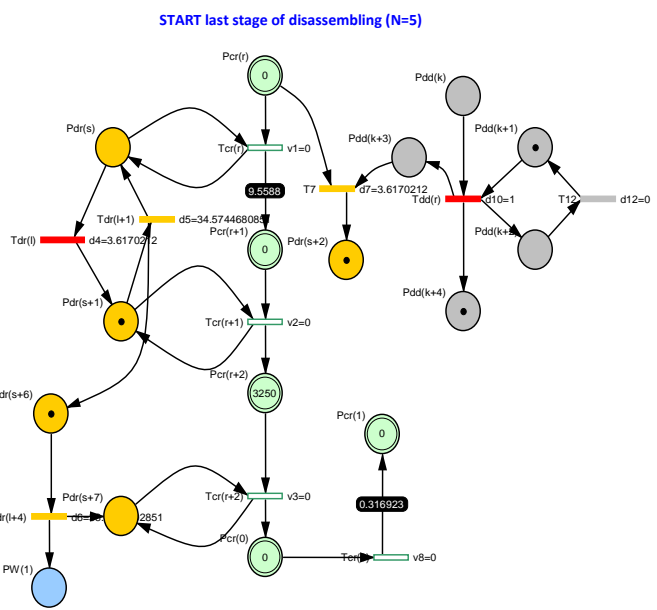


Figura 6. e-SHPN pentru ultima dezamblare

S-a elaborat modelul cu Retea Petri pentru a face reversibila linia de mecatronica de prelucrare FESTO MPS-300, reversibila. De menționat ca această linie de mecatronică împreună cu echipamentele aferente de conducere a fost achiziționată prin proiect. Modelarea procesului de prelucrare pe linia flexibilă FESTO MPS-200 deservită de un robot mobil echipat cu manipulator utilizând rețele Petri temporizate este prezentată în Figura 9. Considerând planificarea taskurilor din Figura 8, RP temporizată reprezintă modelul liniei flexibile FESTO MPS-200, model prin care se evidențiază procesul real de prelucrare deservită de un robot mobil cu manipulator în abordare SED.

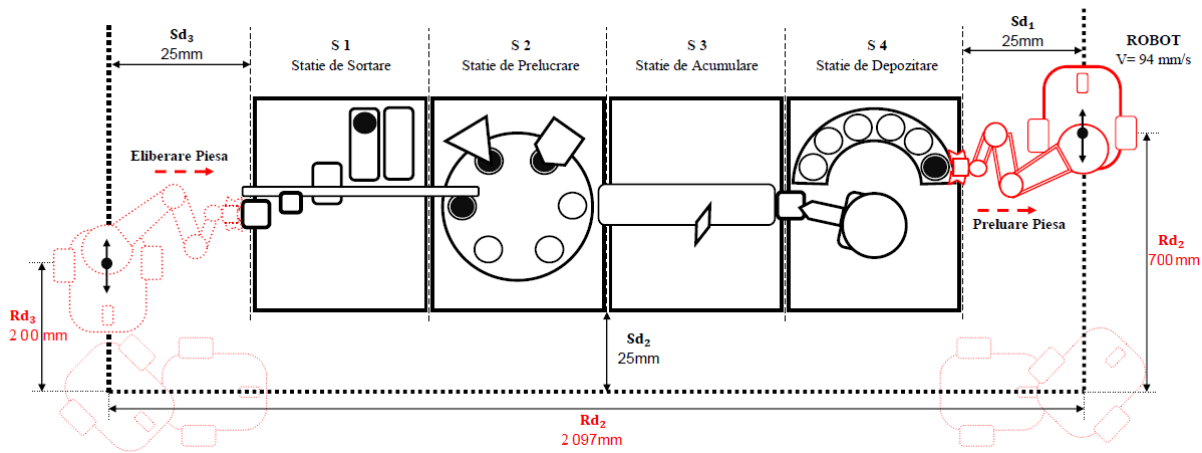


Fig.7 Linia de prelucrare FESTO MPS-300 deservita de robot mobil echipat cu manipulator

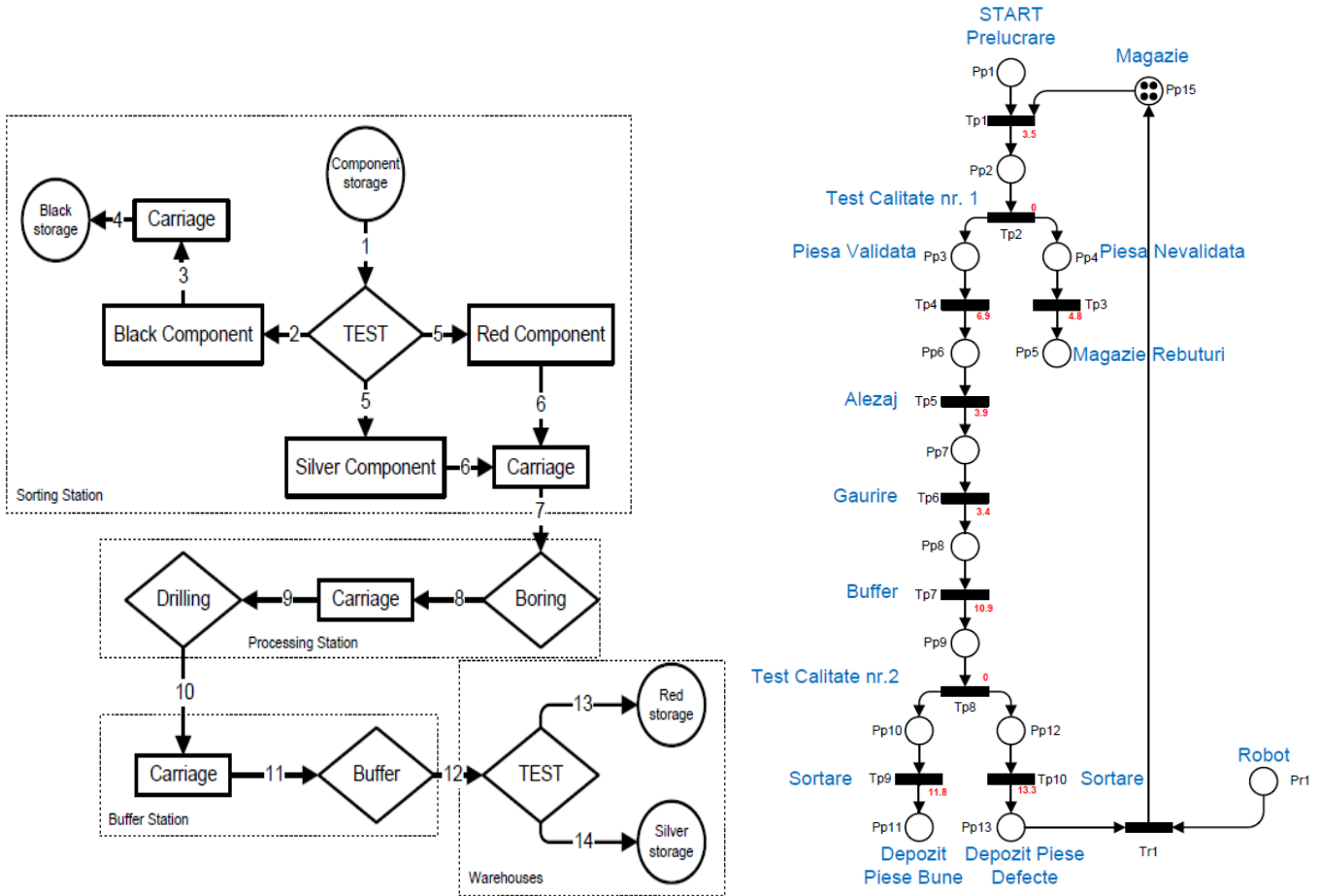


Fig. 8. Împărțirea și planificarea taskurilor la FESTO MPS 300 Fig. 9. Modelul Retea Petri Temporizată

OB3) a) Proiectarea unui supervisor de timp rela pentru o linie de fabricație reversibilă deservită de roboți mobile echipați cu manipuloare

Implementarea în timp real are la bază utilizarea programului LabVIEW 2010 pentru dezvoltarea unei aplicații grafice de control și conducere a liniei flexibile HERA & Horstmann deservită de robotul mobil Pioneer P3-DX echipat cu manipulator Pioneer 5-DOF Arm în procesul de asamblare și dezasamblare completă a unui produs. Prin această aplicație se va controla și conduce în timp real procesul de asamblare/dezasamblare și se va sincroniza robotul mobil astfel încât să se execute operații de dezasamblare concomitent cu operațiile robotului mobil. Programarea proceselor automatizate de asamblare/dezasamblare pe linia mecatronică se realizează prin programarea modulelor AP SIEMENS în limbajul de programare dedicat Simatic STEP 7. Comunicarea dintre AP al liniei flexibile HERA & Horstmann și stația de lucru care asigură sincronizarea cu platforma robotică se face prin intermediul plăcii de achiziție DAQ NI USB-6008, Figura 11. Interfața grafică de control și conducere realizată în mediul LabVIEW este prezentată în Figura 10.

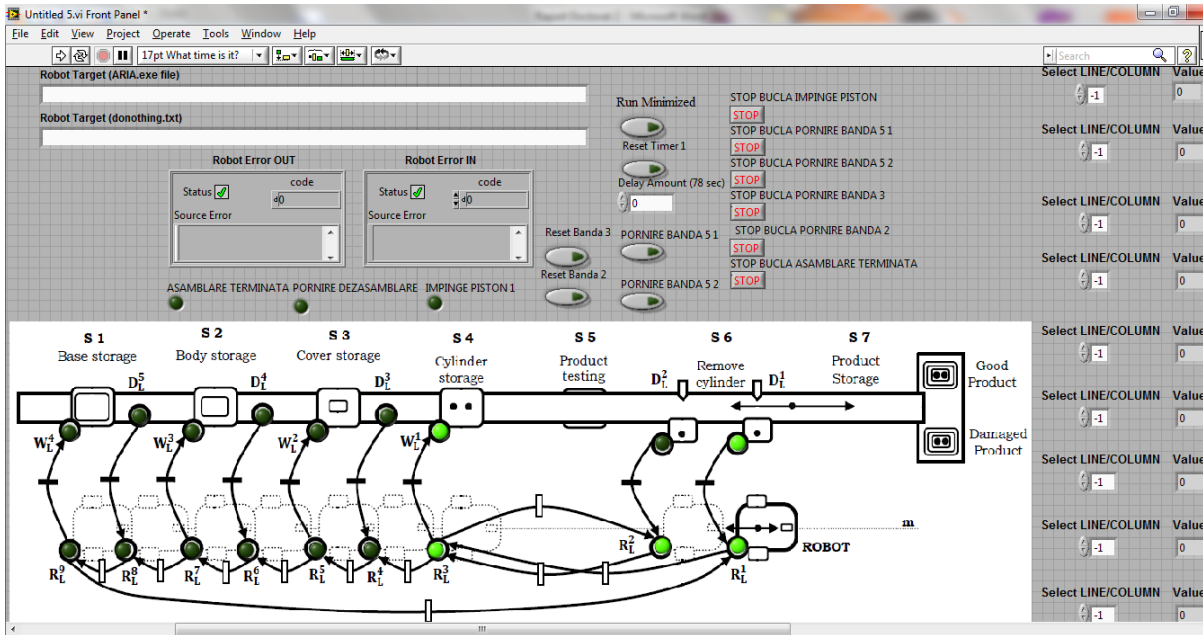


Figura 10. Interfața grafică de conducere în mediul LabVIEW

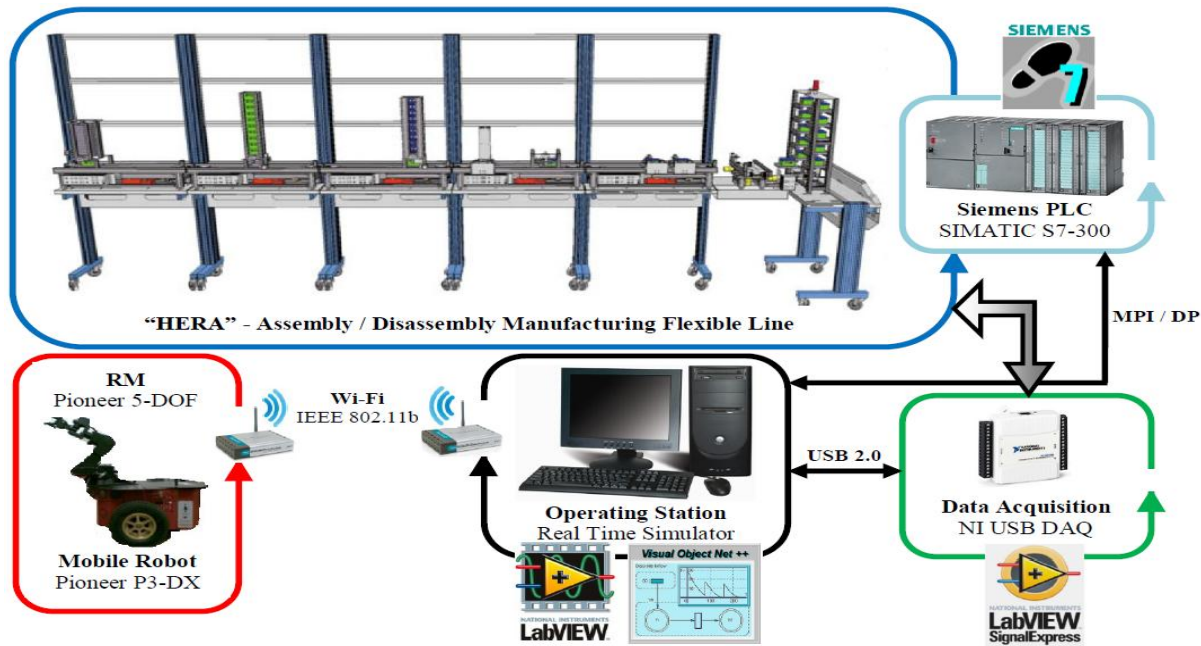


Figura 11. Schema bloc a comunicației dintre echipamentele utilizate în conducerea liniei flexibile HERA & Horstmann deservită de un robot mobil Pioneer P3-DX

Programul de conducere a întregului proces de asamblare și dezasamblare este împărțit în două bucle locale de conducere, Figura 12.

Prima buclă de conducere are ca obiectiv controlul procesului de asamblare/dezasamblare a liniei flexibile HERA & Horstmann. Această buclă de conducere este implementată în automatul programabil SIEMENS S7-300 cu procesor 314-2 DP și programată în mediul de programare Simatic STEP 7.

A doua buclă de conducere locală o reprezintă algoritmul de conducere al robotului mobil Pioneer P3-DX echipat cu manipulator. Algoritmul de conducere este implementat într-un fisier de tip executabil care este lansat în aplicație de programul LabVIEW. În urma derulării fisierului executabil sunt scrise în fișiere de tip .txt variabile care reprezintă poziția robotului mobil echipat cu manipulator din cadrul procesului de dezasamblare. Programul LabVIEW citește variabilele din fișierele .txt, actualizează interfața grafică cu noua poziție a robotului și intervine în algoritmul de sincronizare al operațiilor de dezasamblare deservită de robotul mobil echipat cu manipulator.

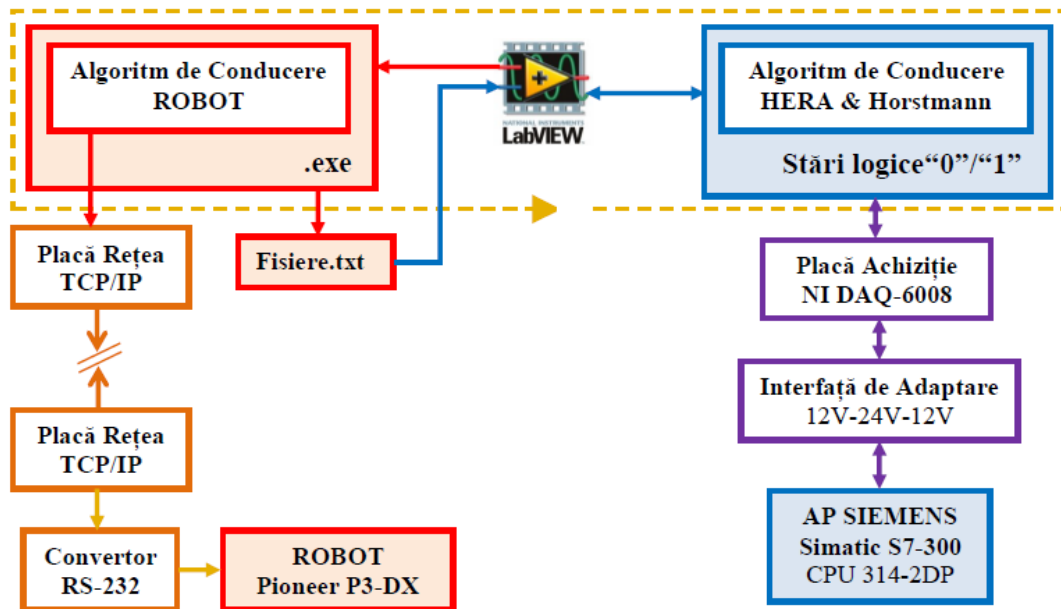


Figura 12. Schema bloc a programului de conducere în timp real din mediul LabVIEW

În cadrul procesului de testare în timp real din mediul de programare grafică LabVIEW se poate observa în Figura 13 evoluția operației de dezasamblare a unei componente, prin preluarea de către manipulator a primului cilindru, transportul acestuia cu ajutorul platformei mobile până la deposit și eliberarea acestuia.

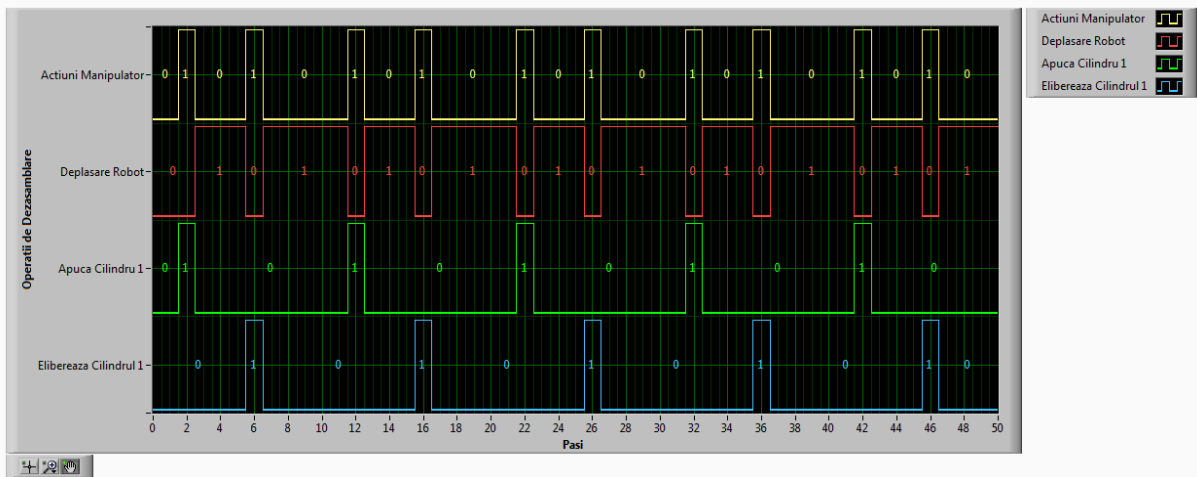


Figura 13. Operația de dezasamblare a unei componente

În Figura 14 este prezentată evoluția întregului proces de dezasamblare a unui produs și momentele în care manipulatorul deservește linia flexibilă.

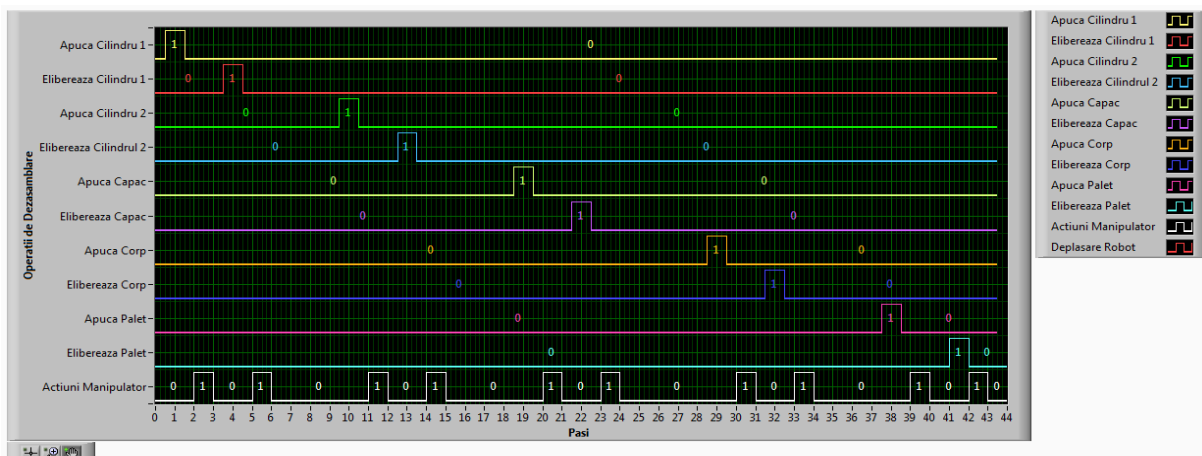


Figura 14. Operațiile de dezasamblare a unui produs

În Figura 15 se observă acțiunile de deplasare a robotului mobil în cadrul procesului de dezasamblare și operațiile manipulatorului.

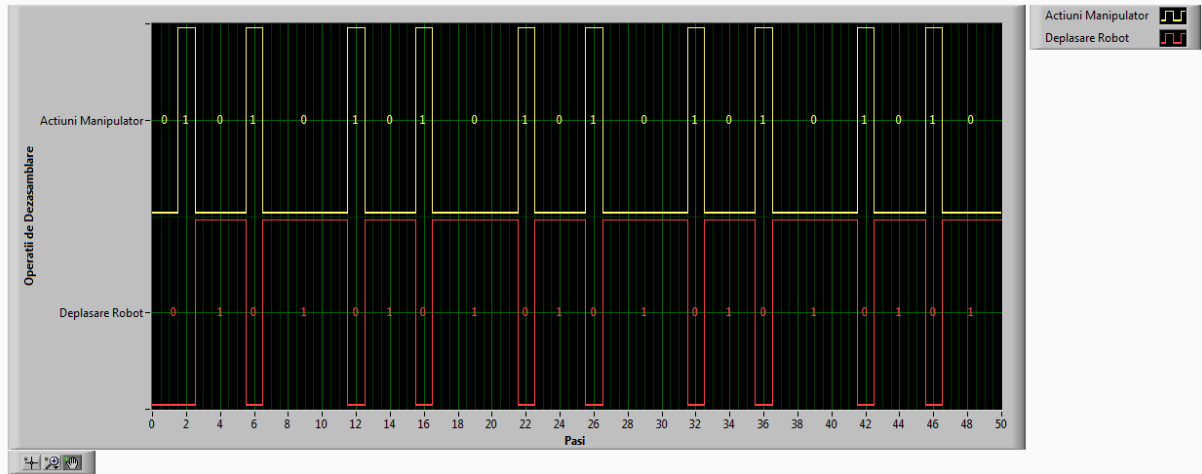


Figura 15. Operațiile robotului mobil Pioneer P3-DX echipat cu manipulatorul 5-DOF Arm

Principalele contribuții rezultate în urma implementării aplicației de conducere în timp real au vizat, în mod deosebit, elaborarea unei noi structuri flexibile de fabricație capabilă să îndeplinească sarcini multiple cu aceleași echipamente în cadrul diferitelor procese de fabricație. Rezultatele implementării au urmărit deservirea proceselor flexibile de fabricație de o platformă mobilă echipată cu manipulator robotic capabilă să îndeplinească două sarcini diferite, transport și manipulare. Principalele rezultate obținute în cadrul proiectului:

1. dezvoltarea și implementarea unei aplicații grafice de control și conducere în timp real a sistemului flexibil de asamblare și dezasamblare a unui produs, deservit de un robot mobil echipat cu manipulator;
2. dezvoltarea și implementarea unei metode de sincronizare a echipamentelor prin introducerea sistemului distribuit de conducere;

Director proiect,

Conf. Dr. Ing. Alina Vodă