



ROMÂNIA

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați



Raport științific
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
pentru perioada ianuarie-decembrie 2014

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 doctoratcu 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 manipulatorsusing 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.

Mai jos, se raporteaza rezultate stiintifice obtinute si diseminarea lor la fiecare din cele 3 obiective din anexa IV a parte componenta a actului aditional nr 2 pe 2014:

OB1)Proiectarea supervizorului pentru conducerea liniei de mecatronică, de prelucrare/reprelucrare, FESTO-MPS-200 și conducerea sliding-mode a robotului mobil Pioneer 3-DX echipat cu manipulatorul Pioneer 5-DOF Arm care

deservește linia în procesul de reprelucrare. Proiectarea sistemului servoing vizual pentru manipulatorul Pioneer 3-DX

Supervizorul s-a proiectat în Labview pentru două situații:

Prima, când linia de prelucrare /reprelucrare FESTO este deservită numai de robotul mobil Pioneer 3-DX echipat cu manipulatorul Pioneer 5-DOF Arm (Fig. 1, Fig.2, Fig. 3, Fig. 4) iar sincronizarea dintre linia de mecatronica și platforma mobilă s-a făcut pe baza semnalelor provenite de la senzori.

A doua, când linia de prelucrare /reprelucrare FESTO este deservită numai de robotul mobil Pioneer 3-DX echipat cu manipulatorul Pioneer 5-DOF Arm (Fig. 1, Fig.2, Fig. 3, Fig. 4) iar sincronizarea dintre linia de mecatronica și platforma mobilă echipată cu manipulator s-a făcut pe baza unui sistem servoing vizual, cu videocamera fixă instalată pe stația de depozitare a sistemului de mecatronica. Conducerea platformei mobile pentru transportul pieselor care necesită reprelucrare s-a făcut cu o metodă sliding-mode, bazată pe modelul cinematic.

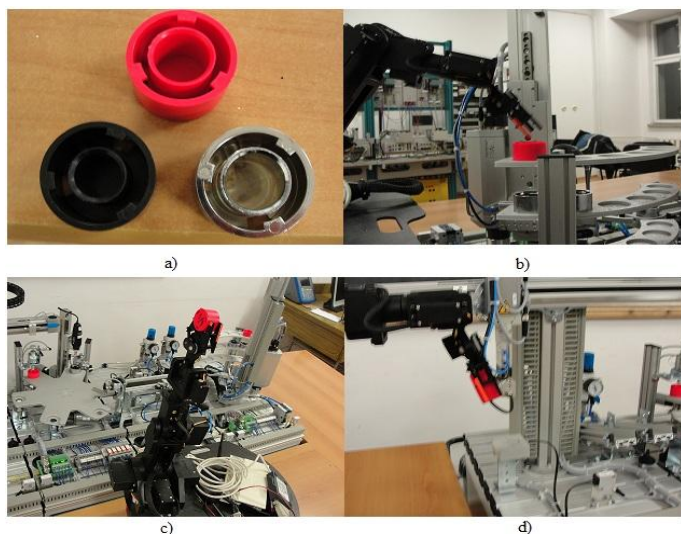


Fig. 1 Linia de prelucrare/reprelucrare FESTO MPS-200 deservită de robotul mobil Pioneer 3-DX echipat cu manipulator

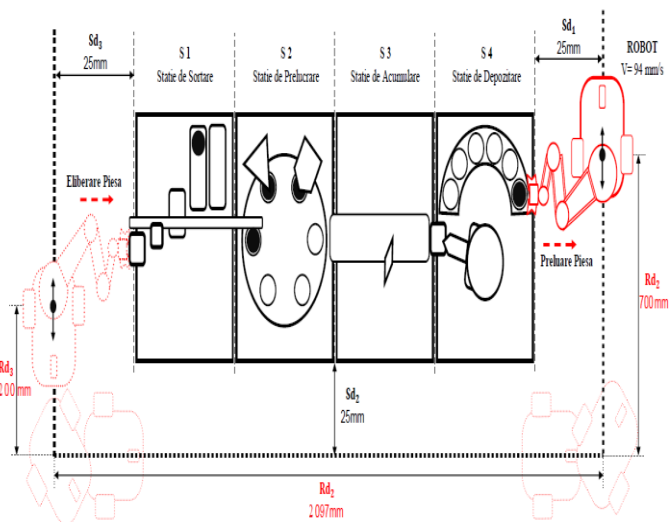


Fig. 2 Triectoria și distanțele parcurse de platforma mobilă

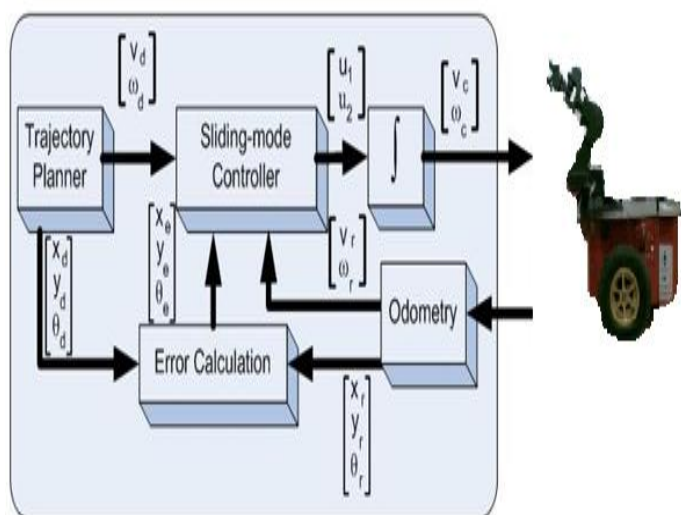


Fig. 3. Structura de conducere a platformei mobile

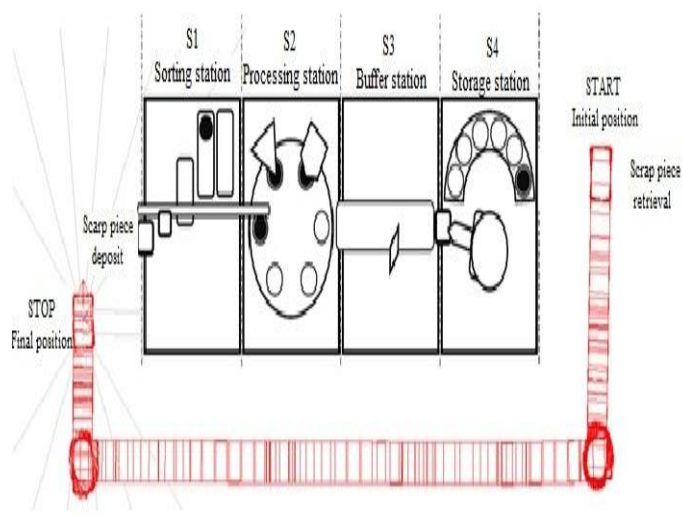


Fig.4. Traiectoria platformei mobile simulată în Mobilesim

Conducerea liniei de mecatronica de prelucrare/reprelucrare FESTO MPS-200, cu supervizorul implementat în Labview a fost diseminată prin publicatii :

Filipescu Adriana, Petrea George, Filipescu Adrian, Filipescu Silviu, Modeling and Control of a Mechatronics System Served by a Mobile Platform Equipped with Manipulator, Proceedings of the 33rd Chinese Control Conference, July 28-30, 2014, Nanjing, China, pp. 6577-6582, ISBN:978-988-15638-4-2, IEEE Catalog number CFP:1441A-CDR.

OB. 2) Proiectarea supervisorului pentru conducerea și echilibrarea liniei de mecatronica, reversibile, de asamblare/dezasamblare HERA&HORSTMANN și conducerea sliding-mode a următorilor roboți mobili deservind linia reversibilă în procesul de dezamblare: Pioneer 3-DX echipat cu manipulatorul Pioneer 5-DOF Arm; PeopleBot(2DW/1FW) și PatrolBot (2DW/2SW) echipați cu manipulatorul 5-DOF Cyton Premium; PowerBot (2DW/2SW) și SEKUR (4DW/SW) echipat cu manipulatorul 5-DOF Adept Arm. Proiectarea sistemelor servoing vizuale pentru manipuloarele Pioneer, Cyton și Adept

Pentru a face reversibilă o linie flexibilă de asamblare, adică să execute și dezamblare, se vor utiliza roboți mobili echipați cu manipuloare robotice care vor transporta componentele din locațiile unde se efectuează dezamblarea către locațiile magaziiilor de depozitare și de unde se preiau piesele pentru asamblare.

Pentru transportul pieselor de greutate mică (până la 450g) s-a utilizat robotul mobil 2DW/1FW Pioneer 3-DX ce are montat manipulatorul cu articulații și brațe rigide Pioneer 6-DOF Arm (Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8). Supervisorul este implementat în LabView, iar sincronizarea dintre linia de mecatronica și sistemul robotic se face prin intermediul semnalelor provenite de la senzori. Conducerea ansamblului manipulator robotic-platformă mobilă s-a diseminat prin lucrările:

Filipescu Adrian, Filipescu Adriana, Simulated Hybrid Model of an Autonomous Robotic System Integrated into Assembly/Disassembly Mechatronics Line, Preprints of the 19th World Congress, The International Federation of Automatic Control, Cape Town, South Africa. August 24-29, 2014, pp.9223-9228, Copyright © 2014 IFAC.

Eugenia Minca, Adrian Filipescu, Alina Voda, Modelling and control of an assembly/disassembly mechatronics line, served by mobile robot with manipulator, Control Engineering Practice vol. 31 (2014) pp. 50–62, ISSN: 0967-0661, DOI: 10.1016/j.conengprac.2014.06.005, 0967-0661/& 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved (impact factor 2.347)

În cadrul supervisorului s-a prevăzut și o secvență pentru minimizarea timpului total de ciclu. Acest rezultat s-a diseminat prin publicatiile:

Eugenia Minca, A New Approach for the Control Optimization of an Assembly/Disassembly Mechatronics Line Served by an Autonomous Robotic System, STUDIES IN INFORMATICS AND CONTROL, ISSN:1220-1766, vol.23, fascicula 1, martie, 2014, pp.1-8, factor impact:0.6

Eugenia Minca, A Generalised Approach to the Temporal Optimisation Cycle of an Assembly/Disassembly Mechatronics Line Served by Mobile Robot with Manipulator, Proceedings of the 33rd Chinese Control Conference, July 28-30, 2014, Nanjing, China, pp. pp:3881-3886, ISBN:978-988-15638-4-2, IEEE Catalog number CFP:1441A-CDR.

Supervisorul s-a proiectat în Labview pentru două situații;

1) Prima situație: Linia de mecatronica, de asamblare /dezamblare, Hera&Horstmann este deservită numai de robotul mobil Pioneer 3-DX echipat cu manipulatorul Pioneer 5-DOF Arm iar sincronizarea dintre linia de mecatronica și platforma mobilă s-a făcut pe baza semnalelor provenite de la senzori (Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12, Fig.13).



Fig. 5. Linia de mecatronica Hera&Horstmann deservită de robotul mobil Pioneer 3-DX echipat cu manipulatorul Pioneer 5-DOF Arm

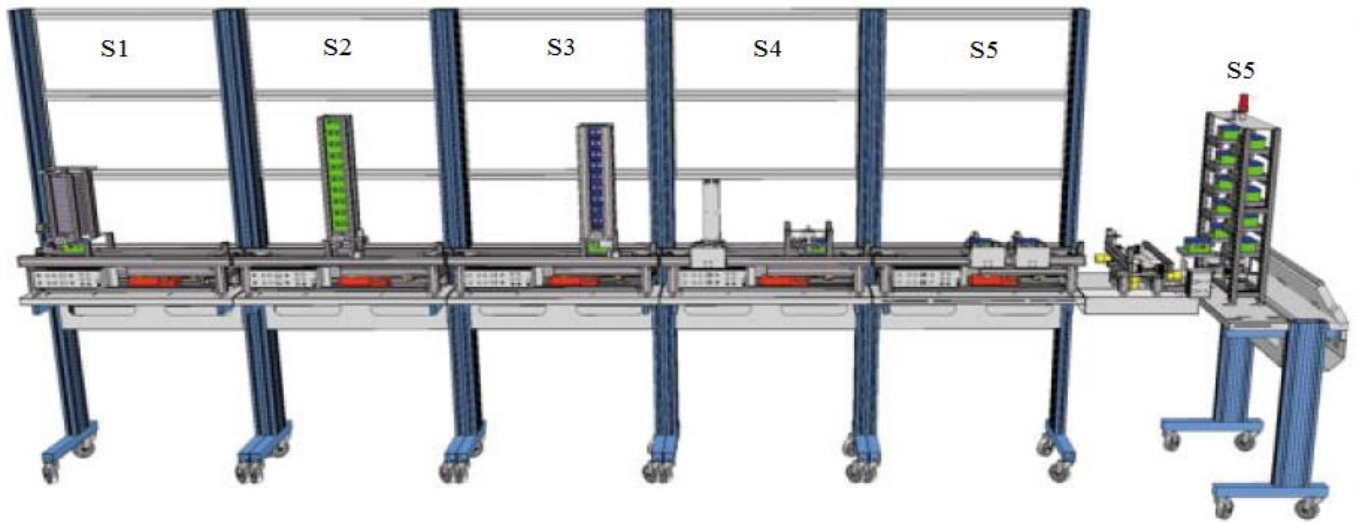


Fig. 6. Linia e mecatronica Hera&Horstmann, statiile de asamblare/dezasamblare, statia de depozitare

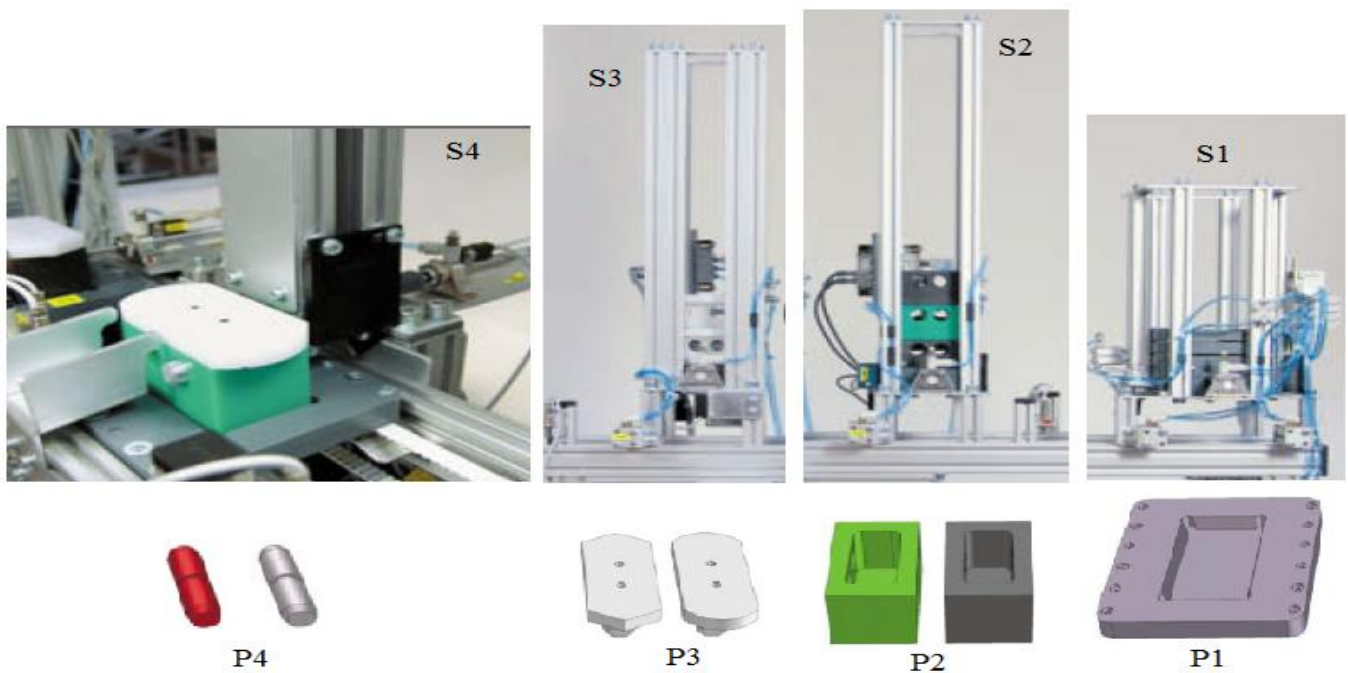


Fig. 7. Linia de mcatronica Hera&Horstmann, magaziiile de depozitare, componentele care se asambleaza

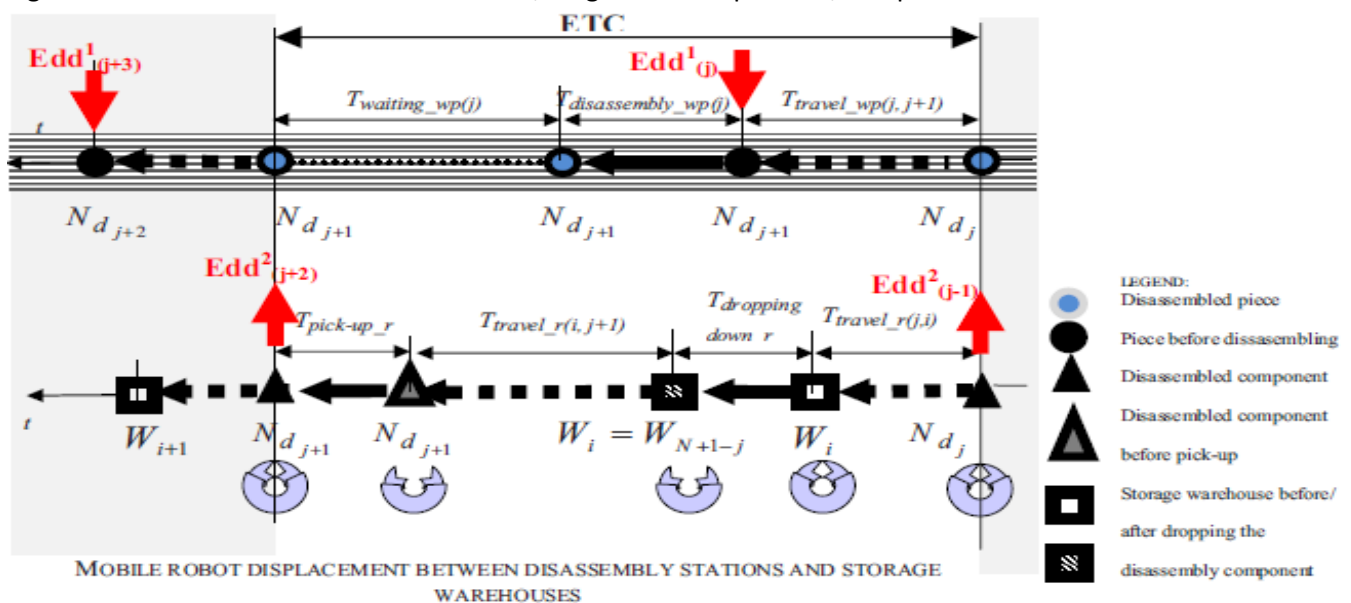


Fig. 8. Localizarea posturilor de asamblare/ dezasamblar si a magaziiilor de depozitare

Programul de conducere a întregului proces de asamblare și dezasamblare este împărțit în două bucle locale de conducere, Fig.9 și Fig.10. 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 fișier de tip executabil care este lansat în aplicație de programul LabVIEW. În urma derulării fișierului 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.

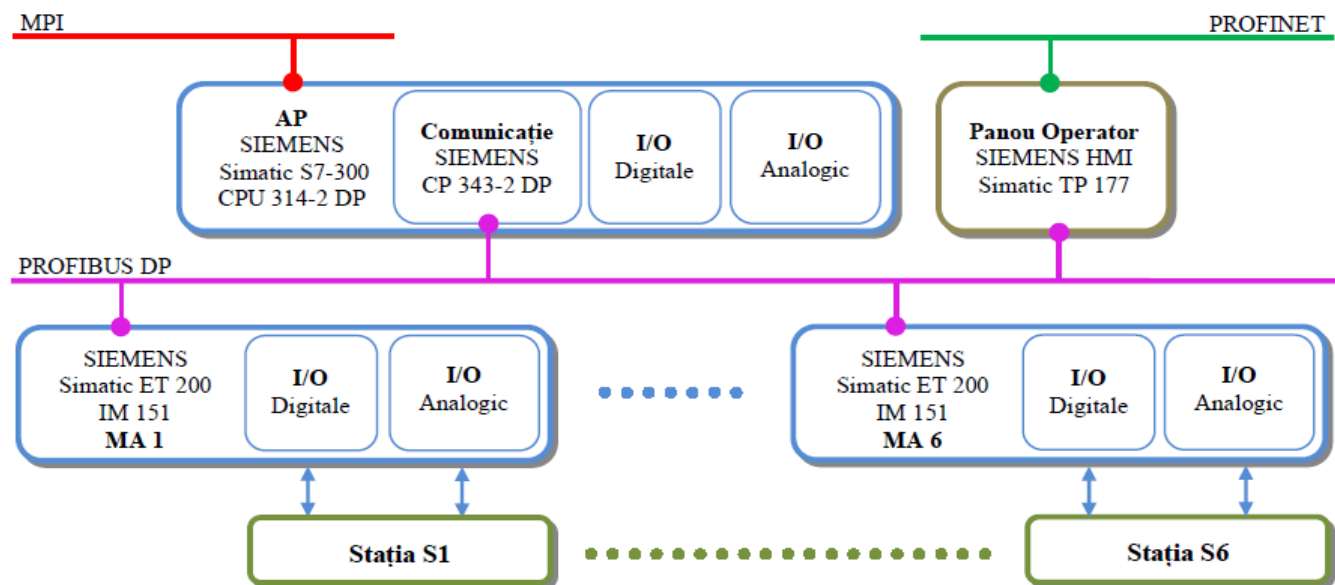


Fig.9. Structura liniei de macatronică de asamblare/dezasamblare Hera&Horstmann

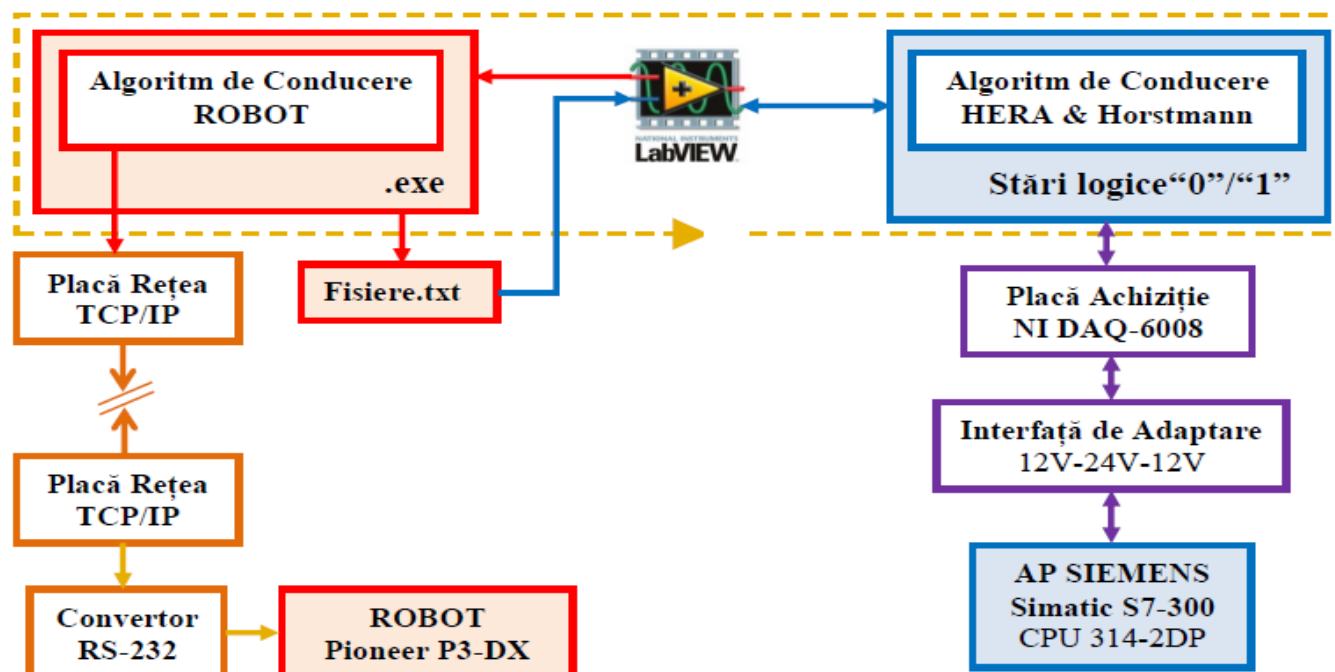


Fig.10. Schema bloc a programului de conducere în timp real din mediul LabVIEW

În cadrul procesului de testare în timp real din mediul de programare grafică LabVIEW se poate observa în Fig. 11 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.

În Fig. 12 este prezentată evoluția întregului proces de dezasamblare a unui produs și momentele în care manipulatorul deservește linia flexibilă.

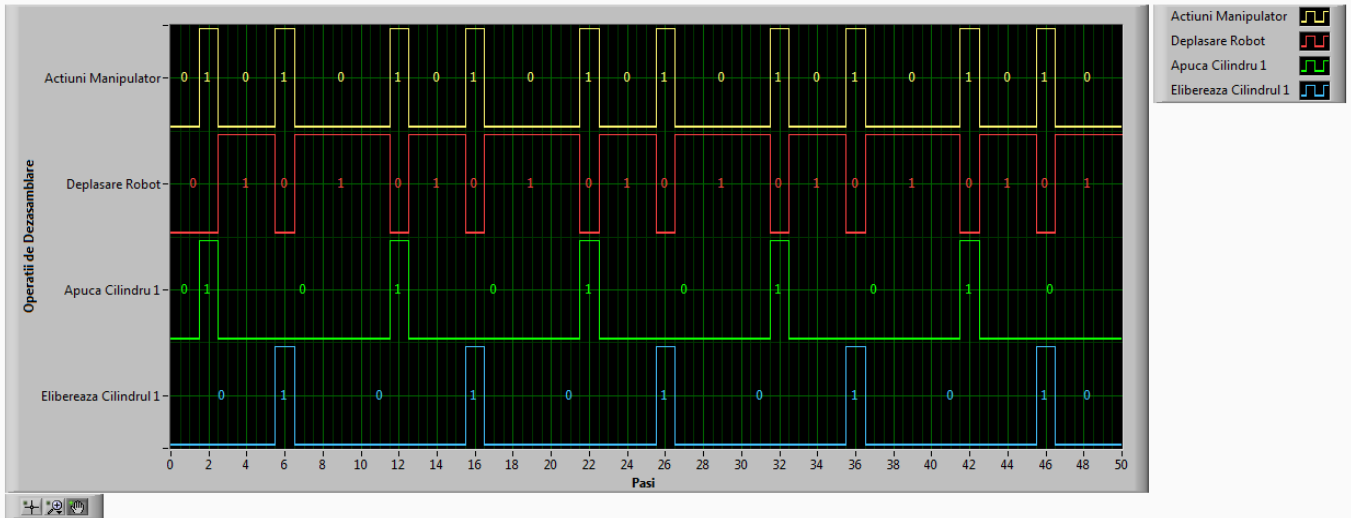


Fig11. Operația de dezasamblare a unei componente

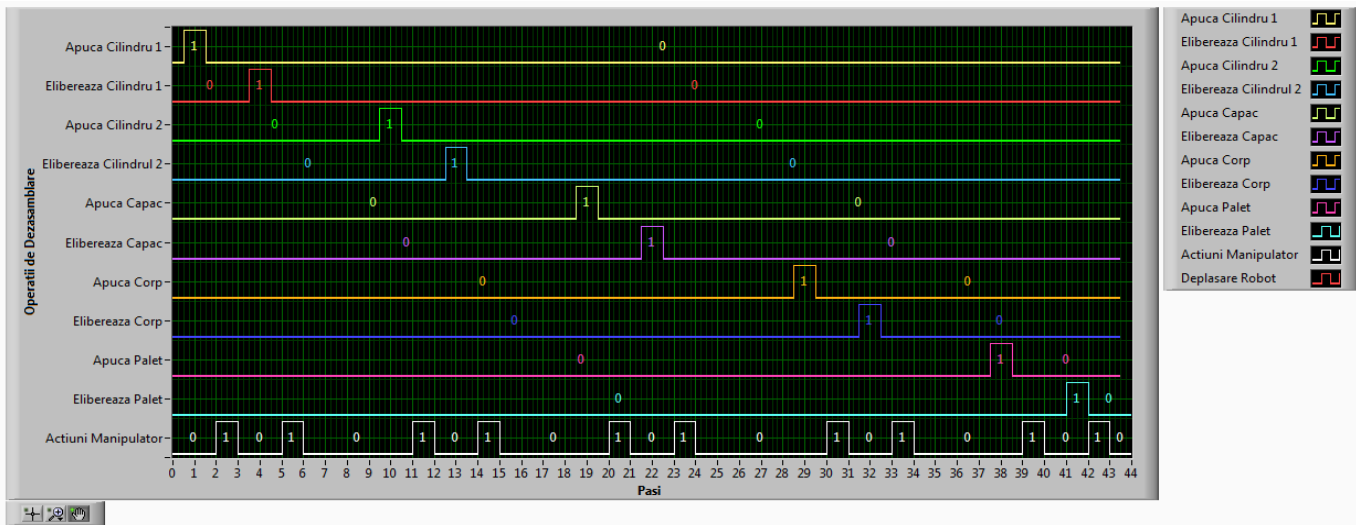


Fig.12. Operațiile de dezasamblare a unui produs

În Figura 13 se observă acțiunile de deplasare a robotului mobil în cadrul procesului de dezasamblare și operațiile de manipulatorului.

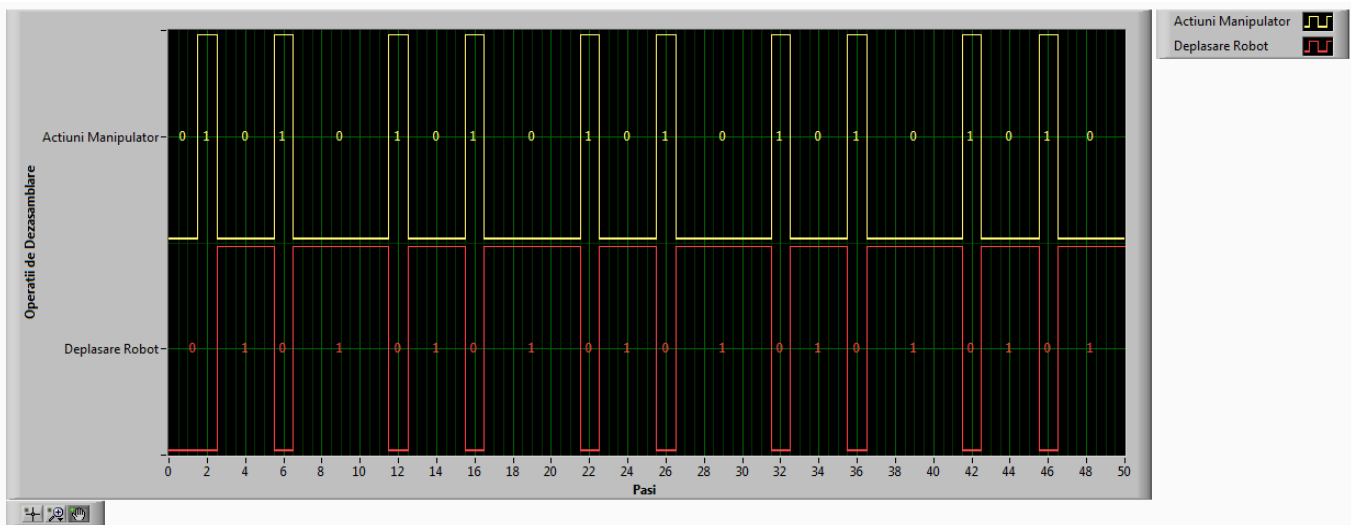


Fig. 13. Operațiile robotului mobil Pioneer P3-DX echipat cu manipulatorul 5-DOF Arm

2) A doua situatie Linia de mecatronica, de asamblare/dezasamblare, Hera&Horstmann este deservita de doua platforme mobile, prima platforma, Pioneer 3-DX echipat cu manipulatorul Pioneer 5-DOF Arm si a doua platforma PatrolBot. Platforma echipata cu manipulator face preluarea si depozitarea piesei dezasamblate, iar platforma PatrolBot executa transportul intre locatiile unde se produce dezasamblare si locatiile unde se afla magaziile de depozitare. Sincronizarea dintre linia de mecatronica si platformele mobile se face pe baza semnalelor achizitionate de la senzori iar manipularea (preluarea si depozitarea) componentei este facuta cu ajutorul unor sisteme servoing vizuale cu camere fixe pe baza prelucrării de imagini.

Pentru transportul pieselor de greutate medie (pana la 1kg) se va utiliza robotul mobil 2DW/2FW, PatrolBot (Figura 14) care permite montat manipulatorul cu articulatii si brate rigide 6-DOF Cyton 2 Premium P-Series Robot Arm.



Fig. 14. Linia de mecatronica Hera&Horstman deservita de platformele mobile: Pioneer 3-DX (echipata cu manipulatorul Pioneer) si PatrolBot, aceasta neechipata sau echipata cu manipulatorul 6-DOF Cyton 2 Premium P-Series Robot Arm

S-a elaborat documentatia pentru brevetarea (Linie de mecatronica, de asamblare/dezasamblare deservita de robot mobilechizat cu manipulator robotic) unui sistem format dintr-o linie de mecatronica, de asamblare, deservita de un robot mobil (RM) echipat cu un manipulator robotic (MR), cu scopul de a face linia reversibila, adica sa efectueze si dezasamblare . Pentru atingerea acestui scop, se propune pentru linia de mecatronica de asamblare/dezasamblare (LMA/D) o metoda de echilibrare (ELA/D) a fluxului de productie si un model hibrid sincronizat, pe baza caruia se face conducerea in timp real a liniei. Modelul hibrid , este format dintr-o componenta cu functionare discreta, LMA/D si o componenta continua, RM echipat cu MR (RMMR). Functionarea sincronizata a intregului sistem se datoreza semnalelor provenite de la senzori. Procesul de dezasamblare incepe dupa ce piesa nu trece testul de calitate la capatul procesului de asamblare. In decursul procesului de dezasamblare RMMR preia componentele din locatiile unde se produce dezasamblarea si le transporta la magaziile de depozitare pentru a fi reutilizate. Utilizand o platforma LabView, s-a implementat o structura de conducere in timp real care permite derularea automata a procesului de asamblare/dezasamblare, pana la epuizarea completa unui lot de productie.

OB 3)Proiectarea supervisorului pentru conducerea si echilibrarea liniei de prelucrare/reprelucrare FESTO-MPS, și conducerea sliding-mode a următorilor roboți mobili care deserveșc linia in procesul de reprelucrare: Pioneer 3-DX echipat cu manipulatorul Pioneer 5-DOF Arm;PeopleBot(2DW/1FW) și PatrolBot (2DW/2SW) echipați cu manipulatorul 5-DOF Cyton Premium,

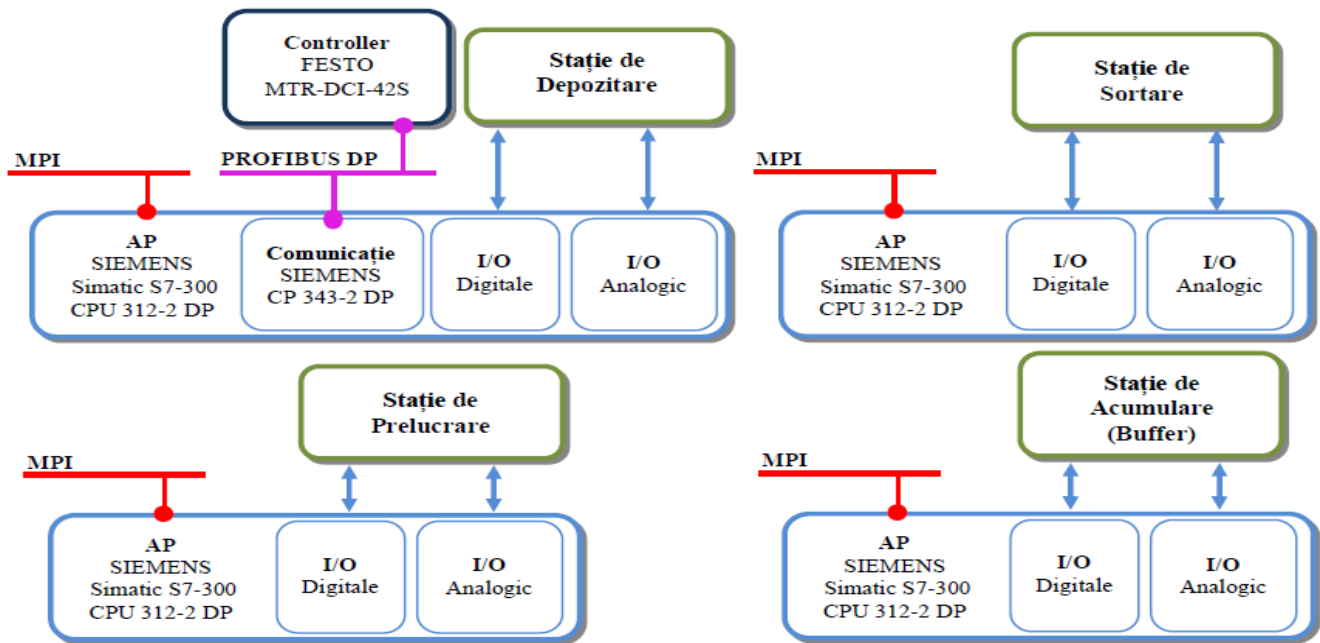


Fig. 15. Structura liniei de prelucrare/reprelucrare FESTO MPS-200

S-a proiectat supervizorul in Labview pentru linia de mecatronica de prelucrare/reprelucrare FESTO MPS-200 deservita doua paltforme, Pioneer 3-DX si PeopleBot.

Platforma mobila Pioneer 3-DX este echipata cu manipulatorul Pioneer 5-DOF Arm, este utilizata la preluarea de pe statia de depozitare a pieselor care necesita reprelucrare sau rebutare si depozitarea pe platforma superioara a robotului mobil PeopleBot pentru a fi transportate la inceputul liniei, la statia de manipulare (handling)(Fig.16. Platforma PeopleBot are montat manipulatorul Cyton.6-DOF Cyton 2 Premium P-Series Robot Arm. Sincronizarea dintre linia de mecatronica si robotul mobil Pioneer 3-DX se face cu ajutorul unui sistem servoing vizual cu camera fixa. Pozitionarea platformei mobile si a manipulatorului pentru a prelua piesa este facuta pe baza prelucrarii de imagine, imagine furnizata de o camera postata la sfarsitul liniei de mecatronica, pe statia de depozitare si sortare. Transportul la inceputul liniei al piesei care este supusa la reprelucrare se face cu robotul mobil PeopleBot cu ajutorul unui algoritm de conducere sliding-mode. Depozitarea piesei pe statia de manipulare este facuta cu manipulatorul robotic Cyton.6-DOF Cyton 2 Premium P-Series Robot Arm (Fig. 16).

Platforma mobila Pioneer 3-DX este echipata cu manipulatorul Pioneer 5-DOF Arm, fiind utilizata la preluarea de pe statia de depozitare a pieselor care necesita reprelucrare sau rebutare si depozitarea pe platforma superioara a robotului mobil PeopleBot pentru a fi transportata la inceputul liniei, la statia de manipulare (handling).Manipulatorul robotic 6-DOF Cyton 2 Premium P-Series Robot Arm este montat in pozitie fixa la inceputul liniei de mecatronica si este utilizat pentru preluarea pieselor de pe paltforma superioara a platformei mobile PeopleBot si a le pozitiona pe statia de manipulare pentru a fi reintroduse in procesul de prelucrare sau a fi rebutate. Actionarea platfeormelor mobile cu motor sincron cu magneti permaneti a fost diseminata prin lucrarea :

S. Filipescu, A. Filipescu, Speed Estimators Based Control of Permanent Magnet Synchronous Motor, Proceedings of the 18th IEEE, International Conference on System Theory, Control and Computing, ICSTCC2014 17-19, Oct. Sinaia, 2014, pp.897-902, ISBN 978-1-4799-4602-0 ©2014 IEEE

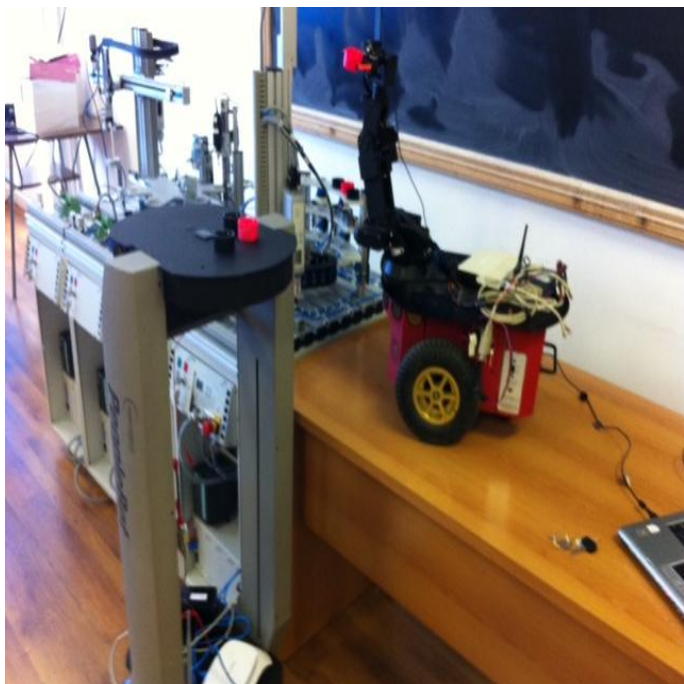


Fig. 16. Linia de mecatronica FESTO MPS-200 deservita de platformele mobile: Pioneer 3-DX (echipata cu manipulatorul Pioneer) si PeopleBot, aceasta neechipata sau echipata cu manipulatorul 6-DOF Cyton 2 Premium P-Series Robot Arm

Director proiect,
Conf. Dr. Ing. Alina Vodă

A. Vodă