

# CERCETARI PRIVIND REALIZAREA UNEI PLATFORME MOBILE AUTONOME PENTRU INTERIOR

JUGRAVU<sup>1</sup> Bogdan <sup>1</sup>, DOBRIN<sup>2</sup> Alexandra<sup>2</sup>, TOADER<sup>3</sup> Razvan<sup>3</sup> și CALIN<sup>4</sup> Andrei<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Facultatea: IMST, Specializarea: INPN, Anul de studii: II, e-mail: [alybogdan@gmail.com](mailto:alybogdan@gmail.com)

Conducător științific: Prof. dr. ing. Tom SAVU

*REZUMAT: Realizarea unui autovehicul electric autonom inteligent care să poată transporta diverse obiecte între două locații din interiorul unei clădiri, în speță clădirea Facultății IMST.*

## 1. Introducere

Plecand de la produsele existente, clasicele AGV-uri (automated guided vehicle) sunt niste platforme mobile care urmează markere, fire în podea sau utilizează camere video, magneți sau lasere pentru navigație. Acestea sunt cele mai des utilizate în aplicațiile industriale pentru a muta materialele în jurul unei unități de producție sau in depozit. Materialele pot fi transportate pe platforma prin preluarea directa in spatiul de transport, prin preluarea cu diferite sisteme de tip brate ce pot apuca materialele sau prin tractarea unor remorci/containere ce contin diversele materiale si la care se pot atasa in mod automat.

Pentru produsul considerat, a fost luat in calcul elaborarea unor solutii auxiliare pentru imbunatatirea modului de functionare al platformelor si diversificarea aplicatiilor in care acestea vor putea fi folosite. Imbunatatirea modului de functionare consta in incercarea de a ajunge la un grad cat mai mare de automatizarea pentru a putea fi complet autonome.

Un tip de activitate ce s-a stabilit ca il va indeplini platforma va fi acela de a transporta într-un spatiu inchis diverse containere, de dimensiuni restranse, ce se vor atasa partii superioare si vor putea fi depozitate intr-un sistem de rafturi. Rafturile vor putea fi accesate doar de platforma sau de detinatorul containerului.

## 2. Stadiul actual

La ora actuala acest tip de platforme exista și sunt folosite spre exemplu de Amazon pentru gestionarea coletelor în depozit (Fig. 1).



Fig. 1 Amazon Kiva robots

Un alt exemplu este reprezentat de AGV-urile din uzinele auto ce transportă diverse piese într-un circuit închis.

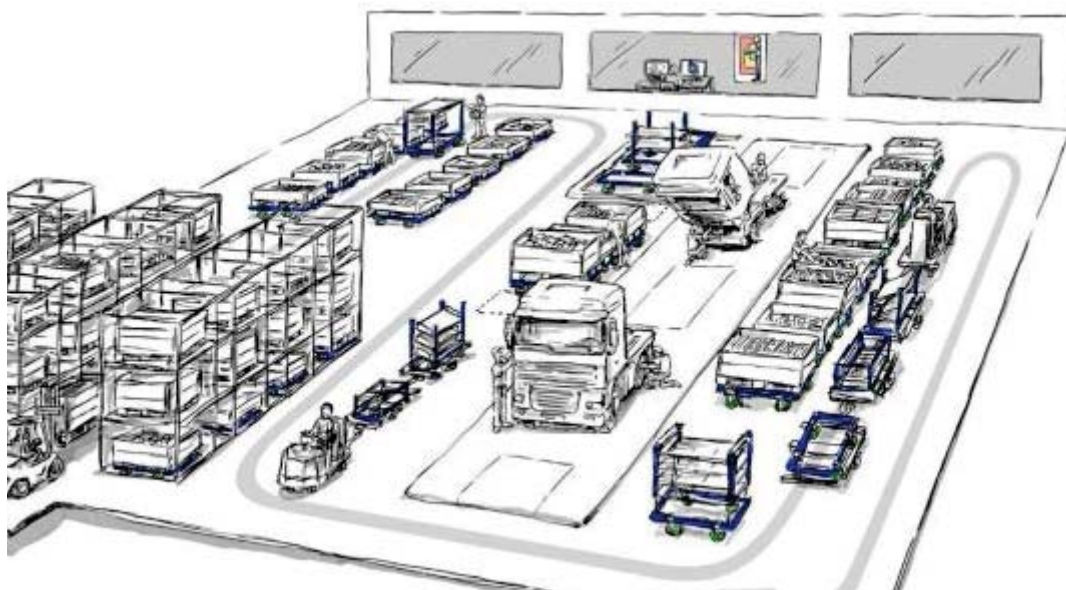


Fig. 2 Exemplu de AGV in uzine

Pentru produsul considerat, a fost luat în calcul elaborarea unor soluții auxiliare pentru îmbunătățirea modului de funcționare al platformelor și diversificarea aplicațiilor în care acestea vor putea fi folosite. Îmbunătățirea modului de funcționare constă în încercarea de a ajunge la un grad cât mai mare de automatizare pentru a putea fi complet autonome.

În fig 3 este prezentată platforma în stadiul de testare pentru traductoare și camera pentru analiza de imagine.

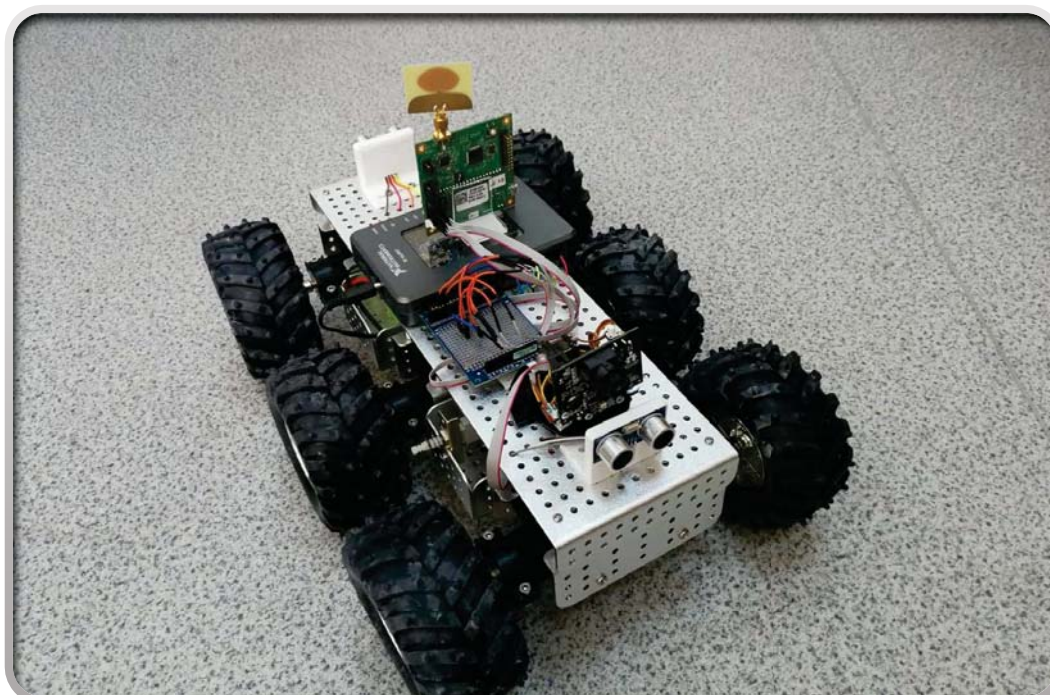


Fig. 3 Platforma mobila

Pana in acest moment s-au facut teste cu traductoarele, acumulatorii , drive-ul de motoare si controller-ele.

### 3. Stabilirea specificatiilor

Platforma inglobeaza mai multe subsisteme:

1. Platformă cu roți, motoare și drive-uri pentru acționarea motoarelor;
2. Acumulatori și sistemul de încărcare a acestora;
3. Subsistemul de comandă și control;
4. Subsistem de comunicații cu serverul;
5. Subsistemul de determinare a poziției;
6. Subsistem de securitate;
7. Sistem mecanic de prindere și desprindere a cutiilor de transport.

#### 3.1 Platforma cu roți, motoare și drive-uri

În cadrul testelor, au fost utilizate două modele de platforme:

- Dagu Wild Thumper 6WD All-Terrain Chassis, 34:1
- 4WD Hercules Mobile Robotic Platform

**Platforma Dagu Wild Thumper** dispune de șase roți motrice cu suspensii individuale, cu crampoane, diametrul maxim pe verticală între vârfurile cramponelor fiind de circa 126 mm.



Fig. 4 Dagu Wild Thumper 6WD All-Terrain Chassis

Distanța dintre cele două rânduri de roți este de circa 270 mm, iar distanța dintre două axe este de 146 mm.

Fiecare roată este acționată de către un motor de curent continuu cu tensiunea de alimentare nominală de 6 V (min. 2 V, max. 7,5 V) și curentul la mers în gol de 350 mA.

Partea superioară a platformei are dimensiunile de 362 x 140 mm, sarcina maximă recomandată fiind de 5 kg.

**Platforma Hercules** dispune de patru roți motrice, fără suspensii, cu crampoane.

Fiecare roată este acționată de către un motor de curent continuu cu tensiunea de alimentare între 4 și 7 V.

La turația de mers în gol, de 310 rot/min, fiecare motor consumă un curent de 280 mA și dezvoltă un cuplu de 1,5 kg cm. La o turație în sarcină de 260 rot/min, fiecare motor consumă un curent de 1,6 A. Cuplul maxim ce poate fi dezvoltat de către un motor, fără rotire, este de 7 kg cm, cuplu la care însă fiecare motor necesită un curent de 9 A.

Sarcina maximă recomandată a platformei Hercules este de 20 kg.



Fig. 5 4WD Hercules Mobile Robotic Platform

Platforma Hercules este dotată la livrare cu un controller pentru două axe alimentate la 6 - 20 V și maximum 15 A, interfață UARTSBee v4, acumulatori cu litiu cu tensiunea de 7,4 V și curentul de 2200 mAh și încărcător 2-3S pentru acumulatori litiu - polimer.

### 3.2 Acumulatorii și sistemul de încărcare a acestora

Au fost disponibile pentru testare următoarele modele de acumulatori reîncărcabili:

- Baterie de acumulatori NiMh
- Baterie de acumulatori Li-po, cod HJ 7034100

a. 12V 2800mAh Rechargeable NiMh Battery Pack



Fig. 6 Baterie de acumulatori NiMh

Specificatii:

Tensiune	12V
Capacitate	2800mAh
Dimensiune	41*122*42mm
Timpul de incarcare	1.2 ore
Rata de descarcare	2C
Greutatea	508g
Nr. de celule	10
Tipul bateriei	NiMh

b. HJ 7034100 7.4V 2200mAh Li-po Battery Pack 3C



Fig. 7 Baterie de acumulatori Li-po

Specificatii:

Tensiune	7.4V
Capacitate	2200 mAh
Dimensiune	100*33*15mm
Timpul de incarcare	3 ore
Rata de descarcare	25C
Greutatea	32g
Nr. de celule	2
Tipul bateriei	Li-po

S-au efectuat teste pentru ambele tipuri de acumulatori. Pentru aceasta a fost proiectat si realizat un stand experimental în care acumulatorii alimentează o baterie de 6 ventilatoare model Sunon PMD1209PMB3-A pentru testarea acumulatorilor de 12V. Tensiunea de alimentare a ventilatorului este 12V cu o putere de 5.6W astfel puterea totala a celor sase ventilatoare este de 33.6W.

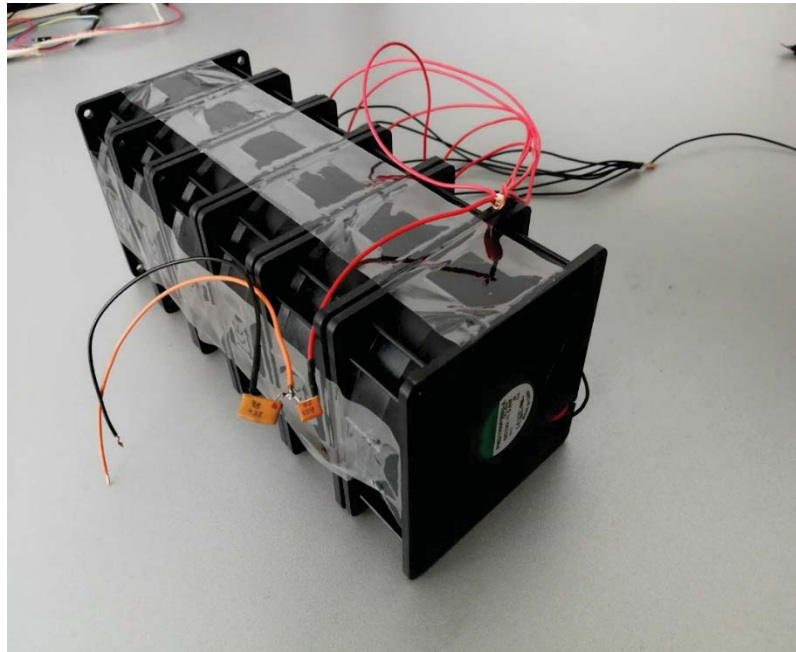


Fig. 8 Baterie de ventilatoare

Sistemul masoara tensiunea la iesirea acumulatorului cu ajutorul unei placi USB-6001 si afiseaza grafic variatia tensiunii in functie de timp cu ajutorul soft-ului LabView2016.

Din specificațiile plăcii s-a constatat ca bateria avea o tensiune mai mare decât intervalul  $\pm 10V$  de măsurare al plăcii. Pentru a aduce bateria in parametrii plăcii s-a realizat un divizor de tensiune cu  $R1=866\Omega$  si  $R2=2,4k\Omega$  reducând astfel tensiunea de la 13,6V (tensiunea măsurată după încărcarea acumulatorului) la 9,91V. La punerea in sarcina, tensiunea citita de aparatul de măsură era de 12,85V iar tensiunea indicata prin divizor era de 9,27V.

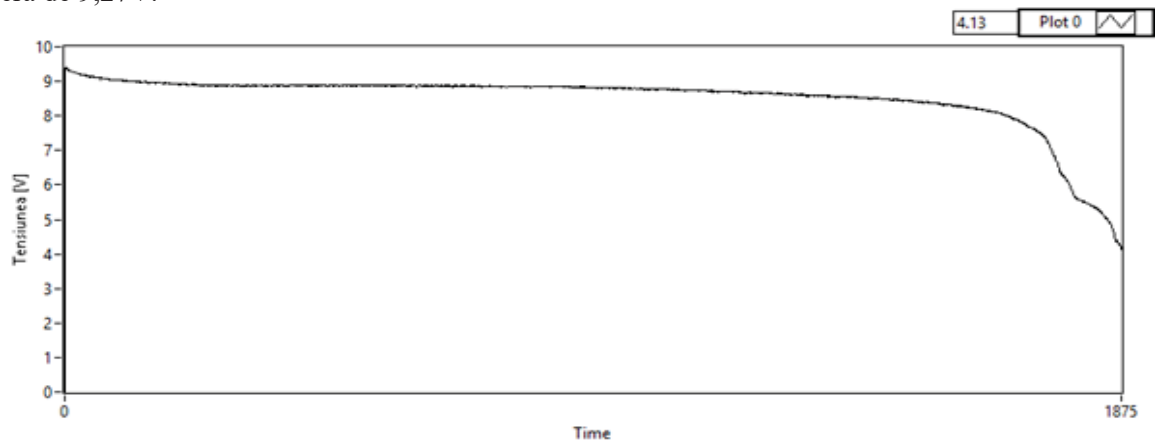


Fig. 9 Variatia tensiunii in functie de timp pentru acumulatorul de 12V

Pentru bateria de 7.4V a fost realizat un stand experimental cu ajutorul platformei mobile Hercules, aceasta fiind suspendata si lasata sa mearga pana la descarcarea acumulatorului.

Pentru realizarea testului de descărcare platforma a funcționat cu o putere de 40%, mergând 30 de secunde într-o direcție, 30 in direcție opusa. Tensiunea a fost citită pe ambele celule ale bateriei cu ajutorul unei plăci de achiziție de date USB-6001 de la National Instruments, fiecare celula pornind de la o tensiune de 4.2 V.

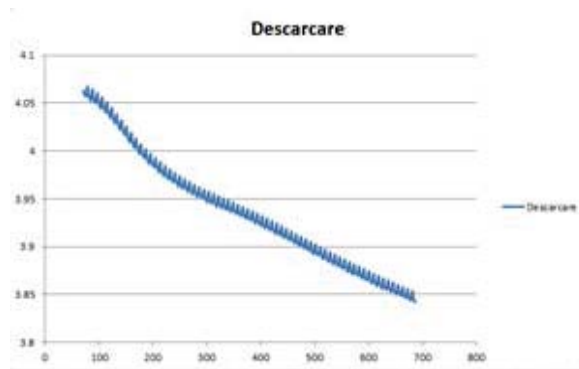


Fig. 8 Variația tensiunii în funcție de timp pentru acumulatorul de 7.4V

Înainte de fiecare descărcare acumulatorii au fost încărcăți la capacitate maximă iar pt testare au fost descărcați până la următoarele valori de tensiune:

~7.7V acumulatorul de 12V

3.84V pe celula acumulatorul de 7.4V

Pentru evitarea deteriorării acumulatorului de 7.4V (LiPo) se recomandă ca tensiunea pe oricare din celule să nu fie mai mică de 3.4V.

### 3.3 Subsistemul de comandă și control

Subsistemul de comandă și control este format dintr-un controller (sistem cu microprocesor) care primește semnalele de la traductoarele montate pe vehicul și generează semnale de comandă către subsistemele de acționare ale platformei.

Au fost avute în vedere două modele de controllere:

- myRIO 1900;
- Arduino Mega.

Controller-ul myRIO 1900 a fost utilizat pentru testele de comandă a turației motoarelor platformei Dagu Wild Thumper, urmând a fi de asemenea utilizat pentru determinarea poziției cu semnale radio și pentru comanda și controlul unor componente ale subsistemului de securitate.

Controller-ul Arduino Mega urmează a fi utilizat pentru comanda și controlul subsistemului de comunicații și subsistemului de determinare a poziției prin identificarea de imagini.



Fig. 9 myRIO

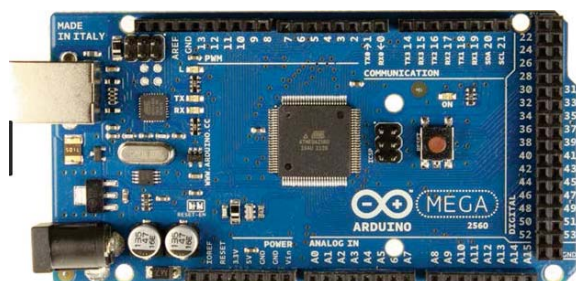


Fig. 10 Arduino mega

### 3.4 Subsistemul de comunicații

Subsistemul de comunicații cu serverul îndeplinește următoarele funcții:

- transmiterea de către server a locațiilor între care platforma trebuie să se deplaseze (programul de lucru);

- transmiterea de către platformă a informațiilor referitoare la starea subsistemelor sale.

Se au în vedere două soluții constructive principale:

- un subsansamblu electronic, montat pe un microcomputer Arduino, capabil să realizeze comunicații prin intermediul unei rețele GPRS;
- capabilitățile de comunicație wireless ale controller-ului myRIO.



Fig. 11 Shield GSM

Informațiile transmise prin rețeaua GPRS au avantajul că pot fi transmise din orice loc în care rețeaua GPRS este accesibilă, către un server care poate fi accesat din orice loc din rețeaua Internet. Transmiterea informațiilor prin rețeaua GPRS implică însă costuri pentru fiecare mesaj transmis.

Avantajul utilizării capabilităților de comunicație wireless ale controller-ului myRIO sunt în primul rând legate de faptul că acestea nu implică niciun cost.

Dezavantajele sunt legate de necesitatea prezenței unui semnal wireless corespunzător.

### 3.5 Subsistemul de determinare a poziției

Platforma își va determina periodic poziția prin triangulație, pentru aceasta fiind necesare:

- identificarea unor marcaje (ancore) ale căror poziții sunt cunoscute;
- determinarea distanței de la platformă până la fiecare dintre marcajele identificate;
- calcularea prin triangulație a poziției platformei.

Dintre multiplele soluții tehnice existente, au fost avute în vedere două:

- cu ajutorul unui subsistem de identificare a imaginilor;
- cu ajutorul unui sistem ce utilizează semnale radio.

- Determinarea poziției prin identificarea imaginilor

Pentru recunoașterea de imagini s-a utilizat o camera cu modul integrat de procesare de imagine și anume Pixy CMUcam5, deoarece o camera simplă atașată unui controler (de exemplu Arduino) nu are puterea necesară de procesare. Aceasta poate recunoaște forme, culori sau coduri de culori.



Fig 12 Pixy CMU cam5



Poate recunoaste mai multe obiecte in acelasi timp chiar daca acestea sunt in miscare iar acest lucru a fost testat cu mai multe mingi de ping pong de diverse culori.

Codurile de culori pot fi folosite pentru a eticheta diverse obiecte sau zone de interes cum ar fi spre exemplu zona de încărcare pentru platforme.

Au fost efectuate teste în vederea determinării distanței de procesare de unde s-a observat ca pentru obiectele mai mici distanța maximă este de aproximativ un metru iar pentru obiecte mai mari aproximativ 3 metri.

- Determinarea poziției cu semnale radio

Pentru determinarea poziției platformei cu ajutorul semnalelor radio, a fost utilizat un kit de dezvoltare TREK 1000, produs de compania DecaWave, conținând patru module EVB 1000.



Fig. 13 Modul EVB 1000

Fiecare modul EVB 1000 conține câte un circuit DW1000, circuite electronice de RF, antenă, circuite pentru interfețe USB și SPI, un procesor ARM și un display LCD.

Trei dintre modulele EVB 1000 au rolul de ancore, al patrulea (tag) fiind montat pe platforma mobilă căreia îi trebuie determinată poziția.

Într-o primă etapă, pentru a verifica ipoteza privind precizia de determinare a poziției de 10 cm, s-au realizat o serie de teste conectând al patrulea modul EVB 1000 la un computer, printr-o interfață USB, și utilizând software-ul DecaRangeRTLS-PC, livrat împreună cu kit-ul de dezvoltare.

Ancorele și tag-ul au fost amplasate la aproximativ 1.6 m înălțime și cu respectarea distanței minime de 15 cm față de perete.

La primele măsurări, efectuate fără utilizarea funcției de mediere a semnalelor, s-a constatat o variație a poziției calculate de aproximativ 4,5 cm pe axa X și 7,5 cm pe axa Y.

S-a constatat de asemenea că rezultatele sunt influențate de obiectele sau persoanele care se află între tag și ancore, trecerea unei persoane conducând la erori de aproximativ 25 cm pe axa X și 37 cm pe axa Y.

Programul dispune de o funcție de mediere pentru a mai elimina din variațiile inițiale. Cu funcția “Moving Average” se face o mediere a primelor 10 valori iar cu funcția “Moving Avg. Ex” se face mediere primelor 10 valori excluzând valorile de minim și maxim.

Măsurările au fost efectuate modificând poziția tag-ului din cinci în cinci cm (șapte poziții) și cu diverse poziții unghiulare ale antenei, din 45° în 45° (opt poziții).

### 3.6 Subsistemul de securitate

Subsistemul de securitate se bazează pe datele achiziționate de la mai multe traductoare cu ultrasunete ce pot determina poziția eventualelor obstacole.

Pentru efectuarea testelor s-a utilizat următorul model de traductor "HC-SR04"



Fig. 14 Traductor ultrasonic HR-SR04

În testele efectuate s-au montat două traductoare pe platforma dispuse în partea din față și cea din spate. S-a observat că semnalul de la traductoarele cu ultrasunete are un zgomot, datorat probabil neomogenității, care pare să fie de circa 10 cm.

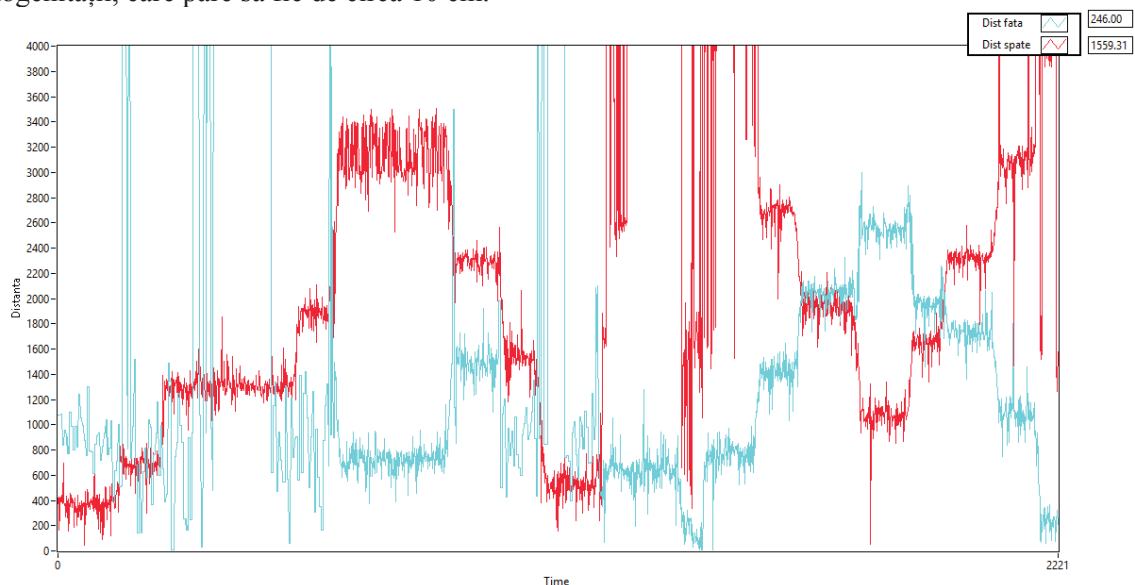


Fig. 15 Semnale preluate de la traductoarele ultrasonice

### 4. Concluzii

Pentru bateriile Li-Po încărcarea trebuie efectuată separat pe ambele celule ale acumulatorului, ceea ce va genera probleme la realizarea stației de încărcare. Dacă acest tip de încărcare nu se va putea realiza se va adopta un sistem cu prindere magnetică a conectorilor stației și platformei.

Pentru partea de encoder s-a ajuns la concluzia ca modelul folosit pentru testare sa fie înlocuit cu un alt model evitând encoder-ele optice.

## 5. Bibliografie

- [1]. [http://wiki.seeed.cc/Hercules\\_Dual\\_15A\\_6-20V\\_Motor\\_Controller/](http://wiki.seeed.cc/Hercules_Dual_15A_6-20V_Motor_Controller/).  
Accesat la data: 23.04.2017
- [2]. [https://www.youtube.com/watch?v=z\\_R8feyCu-M](https://www.youtube.com/watch?v=z_R8feyCu-M)  
Accesat la data: 23.04.2017
- [3]. <http://www.robotshop.com/en/120v-2800mah-rechargeable-nimh-battery-pack.html> .  
Accesat la data: 23.04.2017
- [4]. <http://www.robotshop.com/en/vex-7-2v-3000mah-nimh-battery-pack.html>  
Accesat la data: 23.04.2017
- [5]. <http://www.robotshop.com/en/9v-600ma-wireless-charging-module.html>  
Accesat la data: 23.04.2017
- [6]. <http://www.robotshop.com/en/4wd-hercules-mobile-robotic-platform.html>  
Accesat la data: 23.04.2017
- [7]. <https://www.arduino.cc/>  
Accesat la data: 23.04.2017
- [8]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Inductive\\_charging#Examples](https://en.wikipedia.org/wiki/Inductive_charging#Examples)  
Accesat la data: 23.04.2017
- [9]. <https://www.youtube.com/watch?v=3E5PUnYlaTM>  
Accesat la data: 23.04.2017
- [10]. <http://www.robotshop.com/en/nimh-nicd-smart-charger-1025.html>  
Accesat la data: 23.04.2017