MINISTERUL EDUCAŢIEI ŞI CERCETĂRII
UNIVERSITATEA „VALAHIA” din TARGOVISTE
IOSUD – ŞCOALA DOCTORALĂ DE ŞTIINŢE INGINEREŞTI
DOMENIUL FUNDAMENTAL *ŞTIINŢE INGINEREŞTI*
DOMENIUL *INGINERIE MECANICĂ*

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

STUDII, CERCETĂRI ȘI CONTRIBUȚII PRIVIND REALIZAREA UNUI ROBOT MECATRONIC INTELIGENT PENTRU APLICAȚII DE SECURITATE ȘI SUPRAVEGHERE

SUMMARY OF THESIS

STUDIES, RESEARCH AND CONTRIBUTIONS REGARDING THE CONSTRUCTION OF AN INTELLIGENT MECHATRONIC ROBOT FOR SECURITY AND SUPERVISION APPLICATIONS

CONDUCĂTOR DE DOCTORAT,

Prof. Univ. Dr. Ing. EurIng. Dr.H.C. Gheorghe I. GHEORGHE

Doctorand,

Drd. Ing. Dorin ANGELESCU

Târgoviște

Anul 2020

CUPRINS:

CAP. I - MECATRONICA - ȘTIINȚA VIITORULUI ȘI A ROBOTICII INTELIGENTE 1

I.1 - Când mecatronica prinde viață, apar roboții 2

CAP. II - ANALIZA STRUCTURALĂ ȘI FUNCȚIILE ROBOȚILOR MECATRONICI PENTRU APLICAȚII DE SECURITATE ȘI SUPRAVEGHERE 4

II.1 Șasiul și rotile pentru RoboMESS 4

II.2 Microsisteme de calcul, controlere, senzori și actuatori pentru RoboMESS 8

II.3 Sistemul de comunicare cu operatorul 18

II.4 Sistemul energetic 19

CAP. III - CONCLUZII INTERMEDIARE 21

III.1 Robotul mecatronic de securitate și supraveghere RoboMESS 22

CAP. IV - ȘASIU TIP ACKERMANN CU POSIBILITĂȚI DE COMANDĂ PRIN INTERFAȚARE DIGITALĂ CU MICROSISTEME DE CALCUL 23

CAP. V - CONCEPEREA, PROIECTAREA ȘI REALIZAREA UNEI CONFIGURAȚII ORIGINALE DE ROBOT MECATRONIC INTELIGENT PENTRU SECURITATE ȘI SUPRAVEGHERE 27

CAP. VI - APLICAȚII INDUSTRIALE ALE REZULTATELOR CERCETĂRII 43

CAP. VII - CONCLUZII ȘI DIRECȚII NOI DE CERCETARE 45

VII.1 Concluzii 45

VII.2 Direcții noi în cercetare 46

VII.3 Caracterul industrial al tezei de doctorat 47

CAP. VIII – Curriculum Vitae Angelescu Dorin 48

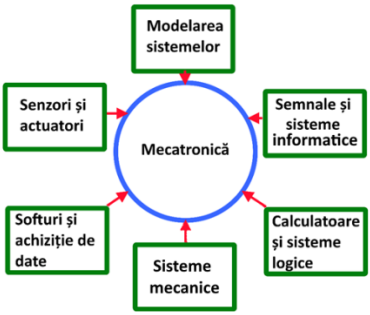
CAP. IX - Lista de lucrări Angelescu Dorin 59

Cuvinte cheie: Robot, Robot mecatronic inteligent, Securitate, Supraveghere

CAP. I - MECATRONICA - ȘTIINȚA VIITORULUI ȘI A ROBOTICII INTELIGENTE

Denumirea "Mecatronică" are la bază o propunere venită din partea inginerului japonez Tetsuro Mori inginer al companiei japoneze "Yasakawa Electric Company. În documentația depusă pentru obținerea mărcii înregistrate, Yasakawa definește acest nou concept astfel: "Termenul Mecatronică (original Mechatronics) este compus din cuvântul mecha derivat din cuvântul mechanism și cuvântul tronics derivat din cuvântul electronics", justificând necesitatea apariției acestei noi denumiri astfel: "Acest lucru este necesar deoarece noile și viitoarele tehnologii și produsele generate de ele vor avea încorporată din ce în ce mai multă electronică atât de întrepatrusă cu partea mecanică încât va fi realmente imposibil să arătăm unde se termină una și unde începe alta".

Figura 1.1 - Componente principale ale mecatronicii



Dacă ar fi să definim elementele cheie ale mecatronicii acestea ar fi similare cu cele din Figura 1.1, respectiv grupate în cinci elemente cheie. Nu întâmplător structura mecatronicii aduce aminte de structura unui corp uman dupa cum nu întamplător roboții sunt unul dintre cele mai reprezentative si spectaculoase creații ale sale. Elementele sunt următoarele:

Senzori și actuatori – format dintr-o vastă gamă de senzori și actuatori care permit schimbul de informați și schimbul relational interactiv cu mediul de lucru al sistemului mecatronic. În ansamblu un echivalent al sistemului nervos central integrat cu sistemul muscular.

Calculatoare și sisteme logice - format din unitati de calcul logic puternice, capabile de prelcrare, în timp real, a tuturor datelor și acționărilor dorite în mediul de lucru. De ce nu, chiar un echivalent al creierului uman într-o forma încă relativ inferioară, având totuși puteri superioare de calcul, fata de acesta.

Sisteme mecanice – format din totalitatea componentelor mecanice de sustinere și interacționare între elementele unui produs mecatronic, lejer asimilabile structurii osoase a corpului uman.

Semnale și sisteme informatice – format din arhitectura de semnale necesare menținerii tuturor sistemelor componente în funcțiune și corelării tuturor canalelor de comunicare și interacțiune între modulele componente al unui sistem mecatronic. Un veritabil echivalent al sitemului neuro-vegetativ uman.

Softuri și achiziție de date – format din elementele active software necesare prelucrării informațiilor și asigurarea transferului binunivoc intrare/ieșire a sistemului mecatronic în relația sa cu mediul înconjurător din punct de vedere al informației. De fapt programe, algoritmi decizionali, părți integrale ale unui proces de gândire uman în încercarea perpetuă de a copia perfecțiunea naturii.

Modelarea sistemelor – format din aparate matematice puternice care împreună cu teoria sistemelor fac posibilă descrierea, simularea și respectiv studiul virtual al oricărui proces ce se dorește a fi integrat într-o formă mecatronică. Poate cea mai complexă similitudine cu latura umană, gandirea complexă, imaginația, interpretarea logică și puterea de a înțelege și explica fenomenele care ne înconjoară.

Astfel mecatronica este etapa naturală survenită în procesul evolutiv al ingineriei moderne, devenind practic o veritabilă metodologie utilizată în creația și optimizarea sistemelor și micro-nanosistemelor electromecanice (MEMS & NEMS).

Lucrarea de față își propune abordarea sistematică a modulelor menționate corelat cu partea de algoritmică aferentă acestora ca și părti componente ale unui robot inteligent. Însăși noțiunea generică de robot poate fi vazută ca o transpunere în practică a tuturor elementelor mecatronice legate între ele intrinsec într-o încercare de a imita omul.

I.1 - Când mecatronica prinde viață, apar roboții

Denumirea robot (din cehă robot), a fost utilizata de Josef Čapek și Karel Čapek în lucrările lor de science fiction la începutul secolului al XX-lea. Cuvântul robot este de origine slavă și se poate traduce prin: muncă, clacă sau muncă silnică. În ziua de azi deja termenul este uzual și internațional acceptat în toată lumea fiind un produs ultramodern al științelor și tehnologiilor mecatronice. Creați tocmai pentru a ușura munca oamenilor, roboții au intrat azi în cotidian. În toate domeniile automatizarea a generat forme specifice de roboți adaptate la funcțiile și operațiuniile pentru care sunt destinați.

Categorie specială, roboții cu aplicații în securitate sunt cei ce trebuie să aibă cea mai mare putere de adaptare la mediul ostil, să fie deosebiți de rezistenți la intervenții ostile, să aibă o autonomie cât mai mare și să poată executa operații cât mai fine în teren. Practic acesti roboți trebuie să aibă o acuratețe cât mai mare a informației transmise către operator dar să asigure și revesul executând la fel de precis comenzile primite. Fie că execută misiuni de recunoastere, de salvare, de dezamorsare pericole explozive sau chiar atac în misiuni de luptă, roboții de securitate trebuie conduși de operator uman, situațiile în care acesta își defășoară activitatea fiind atât de complexe încât nu ne putem încă baza pe un sistem software de autodeterminare.

Există câteva tipuri de astfel roboți, în țările dezvoltate, dar numărul lor este extrem de mic și nu sunt folosiți la scară larga, fiind utilizați în special în domeniul militar și spațial

.

Figura 1.2 – Robotul DRDO

Figura 1.3 – Robotul de atac TALON și operatorul uman

Relativ puțini si încă în fază de cercetare și dezvoltare, roboții de securitate și supraveghere sunt din ce în ce mai utilizați fiind încă la un început de drum.

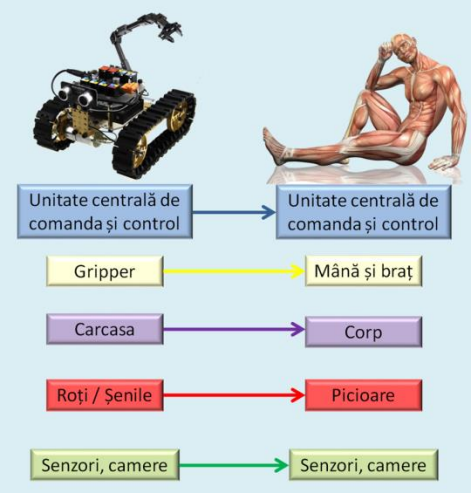
Distingem două tendințe actuale în dezvoltarea roboților tereștri de mici și medii dimensiuni respectiv o linie de roboți dedicată strict pentru un domeniu îngust având strict specializari, dotări și inteligență optimă pentru respectivul domeniu și roboți cu configurații multiple capabili să se transforme funcție de mai multe situații diferite ce pot apărea în acțiuni de natură ostilă.

CAP. II - ANALIZA STRUCTURALĂ ȘI FUNCȚIILE ROBOȚILOR MECATRONICI PENTRU APLICAȚII DE SECURITATE ȘI SUPRAVEGHERE

Robotul în diversele sale forme existente în acest moment în lume nu este decât încercarea, limitată din ce în ce mai puțin tehnologic, de a recrea o ființă artificială similară cu cea vie. Fiind deci o extensie cât mai fidelă a operatrului uman, putem generaliza și spune că și un robot securitate și supraveghere (RoboMESS) devine tributar unei structuri funcționale specifice vieții, a unei ființe vii capabile să supraviețuiască și să exploreze mediul înconjutător. Pentru aceasta un astfel de robot trebuie să aibă în structura sa:

- **Corp** (Sasiul robotului) – o structură capabilă să protejeze propriile „organe' vitale;
- **Picioare** (roti) – pentru asigurarea mobilității;
- **Creier** (controllere și microsisteme de calcul) – necesar prelucrării informației receptate;
- **Organe de simț** (senzori) – necesari receptării efective a informației de mediu;
- **Brațe cu extremități prehensile** (braț articulat, actuatori) – pentru interacționarea cu mediul înconjurător;
- **Sistem de comunicare** (WiFi, GPS) – pentru a putea transmite și recepta informația către operatori sau alte baze de date;
- **Energie** (Acumulatori) – un sistem energetic individual ce va asigura energia necesară tuturor acțiunilor.

Figura 2.1 - Robotul extensie multiformă a formei umane

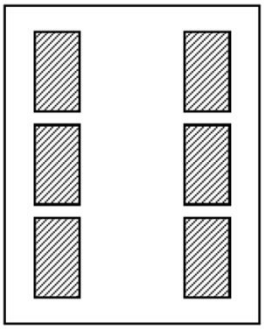


II.1 Șasiul și rotile pentru RoboMESS

Fiecare tip de șasiu are avantajele și dezavantajele sale neexistând șasiul perfect. Fiecare tip trebuie luat în considerare, cântărit și apoi eventual ales și de ce nu supus unor modificări specifice aplicației dorite. Practic

pentru un robot de tip RoboMESS avem nevoie de o structură similară cu cea din Figura 2.2 deoarece dorim să fie o structură solidă, aptă să se deplaseze pe teren accidentat, dar și de una aptă să atingă viteze de deplasare relativ mari (viteză maximă circa 10km/h pe teren neaccidentat), dar având în același timp și posibilitatea de a putea fi manevrată la viteze mici, precis și cu virajare în unghi mic dar și stabilă la viteze mai mari. Sistemul trebuie să fie cât mai simplu din punct de vedere mecanic și să aibă minimul de piese în mișcare în scopul sporirii fiabilității sale în misiuni. În același timp sistemul șasiu trebuie să fie cât mai ieftin cu putință ca raport capacități de acțiune/preț deoarece trebuie luat în considerație inclusiv posibilitatea apariției unui factor totalmente distructiv, în timpul misiunii, ce ar duce la deteriorarea iremediabilă a robotului (explozii, sabotaje, etc). În consecință a fost abordată, pentru început, o structură așa cum am menționat mai sus similară cu cea din Figura 2.2. Au fost agreate 6 roți în primul rând din dorința de asigura o oarece redundanță a robotului în contextul unor evenimente nedorite ce pot aparea în timpul misiunii în urma cărora părți esențiale ale trenului de rulaj se pot defecta.

Figura 2.2 – Sistem cu 6 roți (echivalent șenile) fixe si motrice. Virajarea se face prin control independent al fiecărui grup de 3 roți laterale (de fapt tot tip difrențial sau tip șenilă). Permite derapare/lunecare în timpul virajului.

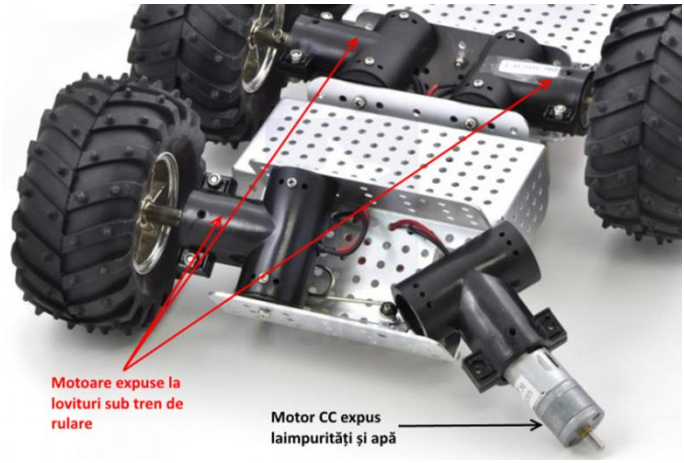


Inițial am plecat de la o structură compusa din 6 roți având fiecare un diametru de 250 mm, fiecare montată direct pe axul motorului aferent de acționare în sistem direct drive. Motoarele sunt motoare electrice de curent continuu cu perii și o singură înfășurare de comandă. Motoarele sunt încastrate în cuști articulate ce reprezintă chiar suspensia șasiului având elemente active tip arc.

Amplasarea joasă a motoarelor asigură un centru de greutate plasat în interiorul suprafeței șasiului. Avantajul acesta este însă plătit scump de micșorarea gărzii la sol a șasiului. Aceasta devine 92 de mm, și probabil va trebui să fie micșorată din cauza necesității montării unei suprafețe tip “scut” necesare apărării motoarelor electrice. Plasarea motoarelor electrice la distanță atât de joasă a dus la concluzia că soluția încă nu este cea mai potrivită fie și doar din cauză că toate cele 6 motoare sunt expuse loviturilor ce pot aparea în timpul deplasării sub șasiu. Soluția unui scut în acest sens ar produce îngreunarea șasiului și aceasta ar fi fost bine de

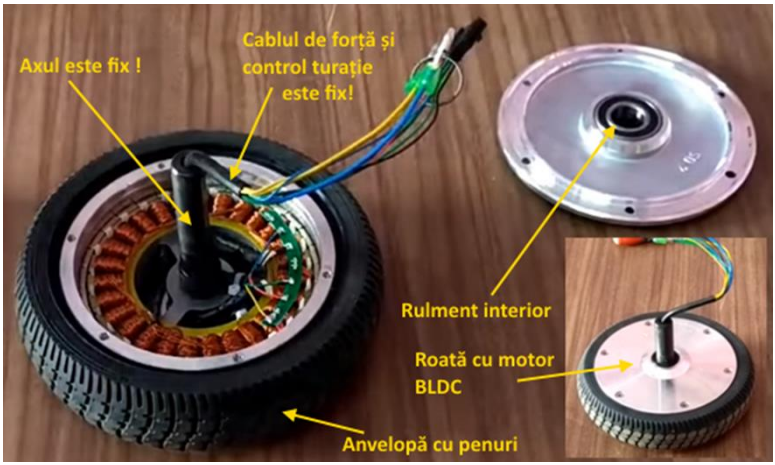
evitat. O altă nemulțumire provenea din faptul că pentru a sincroniza cât mai bine motoarele electrice erau necesare montarea pe fiecare roata a unui traductor incremental de turație ceea ce ar fi complicat din punct de vedere mecanic roata.

Figura 2.3 – Șasiul tip Dagu nu protejează în această structură motoarele la impurități, apă și lovituri sub trenul de deplasare



Pentru depășirea acestor neajunsuri au fost reluate studiile în special vizând schimbarea motoarelor electrice care trebuiau să dezvolte ceva mai multă putere dar mai ales să poată fi sincronizate cât mai precis. Am ajuns la concluzia că în pofida dificultăților de comandă, motoarele de nouă generație de tip BLDC (motoare fără perii de curent continuu) îndeplinesc cu brio aceste cerințe. Nu numai că ele constructiv conțin senzori de tip Hall dedicați controlului precis al turației dar constructiv ocupă mai puțin spațiu decat cele convenționale având în același timp un randament și o fiabilitate mult mai bună. În final cea mai importantă carcteristică a unui motor de acest tip este posibilitatea execuției lui chiar în interiorul unei roți. Mai mult decât atât un astfel de motor executat în interiorul unei roți este deja în clasă de protecție IP64, asigurând atât protecția la praf cât și cea la apă. Constructiv axul roții este fix și deci firele de legătura (atât putere cât și control) nu necesită contacte rotaționale. Și nu în ultimă instanță acest motor este de tip fară perii ceea ce asigură inclusiv o fiabilitate mult sporită în contexul unei întețineri scăzute. Ineditul acestei abordări constă în faptul ca aceste tipuri de motoare (apărute de curând pe piață) pe cat sunt de interesante pe atât sunt de greu de controlat cu o interfata de tip digital. Practic ele vin din zona Automotive ceea ce face ca toate controlerele existente sa fie de tip analogic în ceea ce priveste comanda și controlul ridicând astfel o mare provocare încă neîncercată atât în țară cât și în străinătate. Astfel pentru prima oară urma ca aceste roți cu motor încorporat să fie folosite în construcția roboților mecatronici.

Figura 2.4 - Roată cu motor de curent continuu fară perii, cu trei faze, tip BLDC comandat în impulsuri, integrat în interior, o noutate de ultimă oră în mecatronică



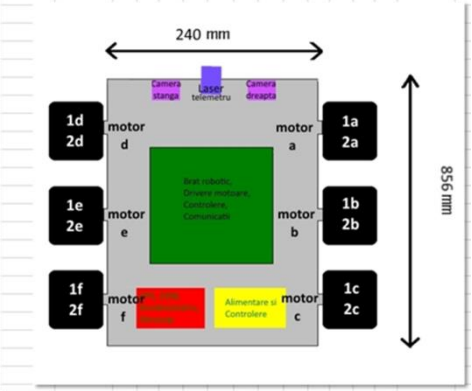
O astfel de structură va putea fi condusă de o diagramă de mișcare de tipul celei prezentate în Figura 2.5, cu mențiunea că au fost figurate doar mișcările fără lunecare/derapare efectivă între roți și suprafața de deplasare.

Figura 2.5 – Diagrama de mișcare a robotului RoboMESS și echiparea ei cu modulele preconizate

Diagrama de control miscare

Stare /	mot a		mot b		mot c		mot d		mot e		mot f	
Comanda	1a	2a	1b	2b	1c	2c	1d	2d	1e	2e	1f	2f
Inainte	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Inapoi	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Stop	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stanga	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1
Dreapta	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0

Legenda: 1=turatie in sensul de mers
2=turatie inversata fata de sensul de mers

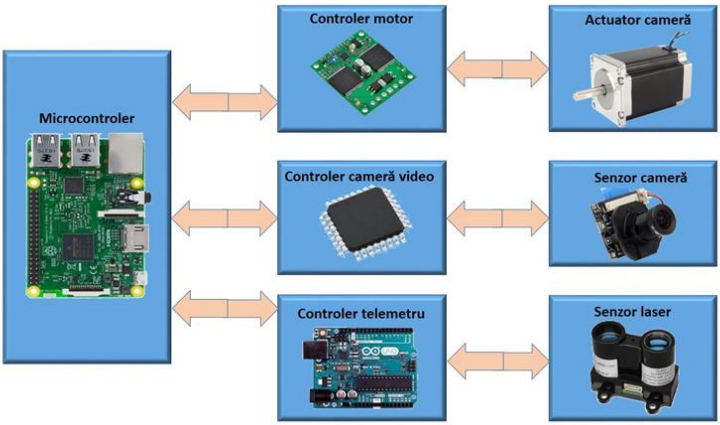


Soluția unui sistem cu 6 roți de tip BLDC devine astfel **o soluție nouă**, **originală** și care mai mult decât atât va genera în final **o serie de alte soluții novative și chiar universale** (valabile pe mai multe structuri de șasiu).

II.2 Microsisteme de calcul, controlere, senzori și actuatori pentru RoboMESS

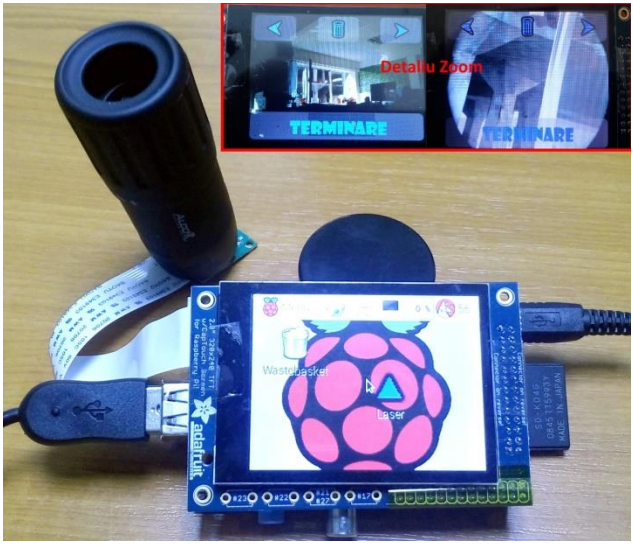
Practic când vorbim despre roboți în mod firesc apare o componentă de Inteligență Artificială absolut necesară unei bune funcționări a acestora. Un robot are deci nevoie de suportul hardware pe care vor rula programele software ce vor implementa efectiv această inteligență. Astfel ajungem să definim generic aceste echipamente hardware ca fiind controlere și microsisteme de calcul. Un controler este un echipament hardware mai simplu și al cărui rol și funcții sunt dedicate în general unui anumit scop singular. Un controller poate controla de exemplu un motor sau un alt actuator. Bineînțeles că acest lucru se face implicit tot prin intermediul unui program software, la randul său dedicate atât acțiunii specifice cât și controlerului respectiv. Un controler face, în principiu, o singură sarcină mai mult sau mai puțin complexă și dedicată, într-un timp extrem de scurt și cu un consum minim energetic. Un microsistem de calcul poate face mai multe sarcini în paralel controlând mai multe actuatoare chiar diferite în același timp, similar unei colecții sincronizate de mai multe controlere cu diverse dedicații. Limita dintre controller și microsistem de calcul, în ultima perioadă, devine din ce în ce mai mică, odată cu creșterea incredibilă a performanțelor (în detrimentul volumului) microsistemelor de calcul. Practic cele două clase se întrepătrund dar încă nu s-au unificat într-un sistem unic de comandă și control. Astfel încăt structura cea mai întâlnită în ziua de azi este de tipul prezentat in Figura 2.6. Căci nu putem vorbi de controlere și microsisteme de calcul dedicate robotilor RoboMESS fară să le interconectăm cu partea de senzori și actuatori specifici.

Figura 2.6 – Structură compusă din microsistem de calcul și controlere specifice



Astfel într-o prezentare simplificată, înlănțuirea de microsisteme de calcul și controlere, funcție de complexitatea funcțiilor dorite spre execuție, poate fi extrapolată la un număr mult mai mare de module. Ideea de bază fiind aceea că un controller sau mai multe, sunt controlate de catre un microsistem de calcul. În general mirocontrolerele sunt sisteme puternice de calcul care pot fi asemănătoare deja cu omniprezentele calculatoare tip IBM PC în ceea ce priveste puterea de calcul și viteza de execuție. Sunt însă mult mai mici ca și volum și implicit mai puțin energofage ceea ce le face perfect adaptabile pentru industria robotică. Din microsistemele de calcul putem menționa plăcile de dezvoltare de tip Raspberry PI și respectiv microcontrolerele de tip Arduino ca fiind cele mai reprezentative și rentabile din punct de vedere financiar, motiv pentru care au fost utilizate la majoritatea testelor, cercetărilor, studiilor și realizărilor componentelor inteligente ale RoboMESS.

Figura 2.7 – Modul video mono folosit în cadrul experimentelor și determinărilor (format din Raspberry Pi, controller cu ecran lcd și controller cu camera video)

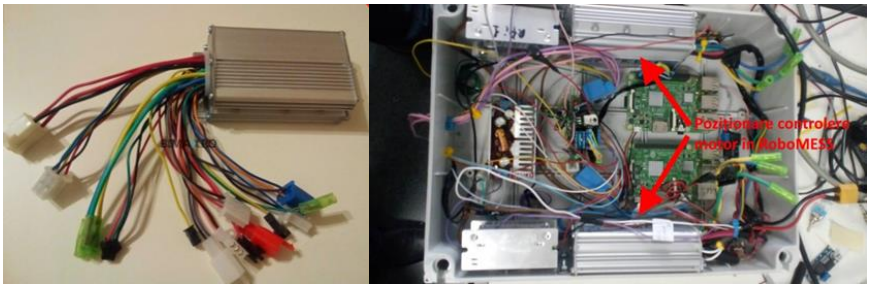


Așa cum am arătat nu totdeauna controlerele sunt compatibile cu microsistemele de calcul, caz în care nu găsim altă posibilitate de compatibilitate decât realizarea unei interfețe de compatibilizare intre acestea. Din nefericire este chiar cazul robotului RoboMESS respectiv la partea de acționare a motoarelor.

Apariția recentă a acestor tipuri de motoare BLDC în trei faze dă ca efect secundar o mare lipsă pe piața internă și internațională de controlere dedicate. Acest lucru este implicit datorat și puterilor mari dezvoltate de astfel motoare ceea ce a dus utilizarea lot cu predilecție în zona Automotive unde controlul efectiv este de tip analogic. Un astfel de motor cu construcție integrată în roată de tipul celor utilizate la robotul RoboMESS pot avea puteri de 180 W / roată (la tensiunea de alimentare de 36 V). Există un singur tip de controlere (fabricat în

mai multe versiuni de putere și tensiune) care însă sunt făcute spre a fi acționate direct cu elemente electromecanice de tip analogic de comandă. Un astfel de controler este controlerul ZTECH E80030-B capabil să controleze motoare având puteri până la 450W și tensiuni de alimentare de 36V sau 48 V.

Figura 2.8 – Controlerul ZTECH E80030-B, perfect compatibil cu motoare BLDC cu trei faze dar nu și cu microsistemul de calcul (în dreapta controlerele amplasate în forma finală în robot)

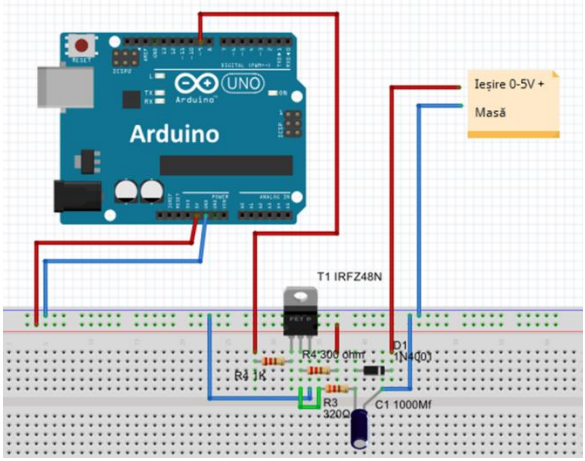


Deci un controler care are nevoie de o interfață spre un microsistem de calcul de tip Arduino a fost soluția găsită în această primă fază, intenția generică fiind încercarea de a controla cu ajutorul acestei triade tot sistemul de deplasare al robotului. Aceste **soluții sunt originale 100%** și sunt deosebit de interesante atât ca soluții cât și ca posibilități ulterioare de dezvoltare în robotica mecatronică. Prima problemă a fost efectiv pornirea în mod accelerat și decelerat a motorului. În datele de catalog (la rândul lor extrem de sărăcăcioase în informații) au fost identificate cu greu datele necesare precum și valorile și domeniile utile.

Figura 2.9 – Conector ZTECH E80030-B, cu 4 fire pentru controlul turației motorului.

Astfel la teste și încercări am constatat că firul negru și firul roșu au nevoie de o tensiune stabilizată de 5V (negru masă, roșu plus), iar pe firul verde este necesară o excursie de tensiune de la 0V la 4,8V turația motorului fiind direct proporțională cu excursia tensiunii de comandă (0V – motor oprit , 4,8V – motor in turație maximă). Excursia de tensiune fiind însoțită de un current minim de acționare de circa 30 mA. Apare însă o altă problemă, deoarece microsistemul de calcul Arduiono UNO R3 nu dispune de ieșire cu convertor digital analogic așa cum ar fi fost ideal pentru o astfel de comandă. În consecință am recurs la o schemă de adaptare de genul celei din Figura 2.10. Am folosit o ieșire de tip PWM unde am folosit efectiv o funcție de modulare în durată a impulsurilor care apoi erau convertite digital analogic de grupul T1, R1, C1, D1 în excursie de tensiune continuă. Astfel am reușit, pe ieșirea montajului, o excursie 0-5V perfect liniară necesară controlării turației motoarelor.

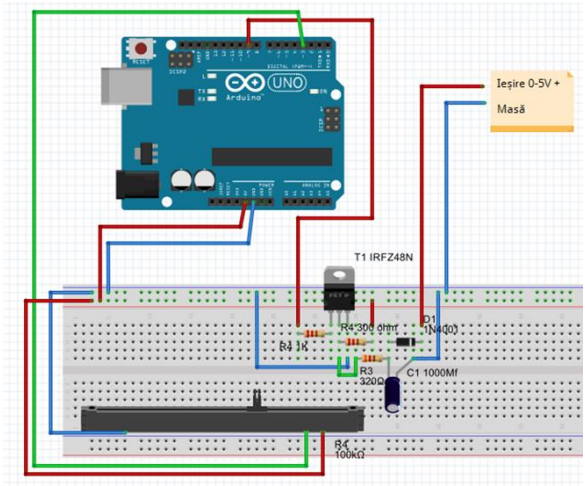
Figura 2.10 – Interfațare Arduino cu controlerul ZTECH 80030



Pentru controlul accelerației prin Arduino am folosit două metode. Prima metodă a constat în comanda liniară a accelerației și decelerației motorului și a doua metodă în comanda în trepte atât a accelerației cât și a decelerației.

Pentru prima metodă am folosit un divizor potențiometric pe una din intrările analogice a lui Arduino. Am utilizat un potențiometru de 100 Kohm pe pinul de intrare 3 al lui Arduino și ieșirea pinul PWM 9. Toate **soluțiile atât hardware cât și software sunt 100% originale** create și optimizate în cadrul acestei lucrari pentru a putea fi aplicate în robotica mecatronică.

Figura 2.11 – Comandă liniară a turației motoarelor cu un divizor rezistiv potentiometric de 100K



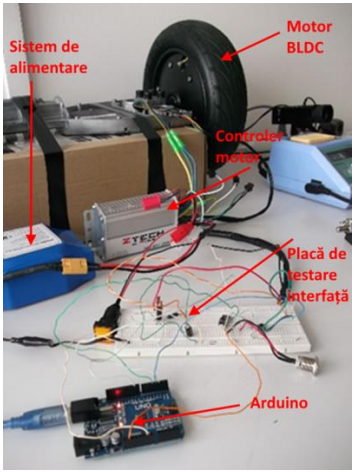
Softul de acționare cu un divizor rezistiv liniar poate fi consultat in teza.

Astfel am obținut forme liniare ale tensiunii de ieșire ceea ce a permis să determin gama exactă de funcționare, respectiv de acționare a controlerului. Astfel aceasta s-a situat între pragul minim de 1,2V (tensiune de comandă care pornește motorul la cea mai mica turație a sa) și 3,8V (tensiune la care indiferent de mărirea ei spre 5V, turația motorului este la maxim limitată de controler). Datele acestea devin importante atât ca și gama efectivă de comandă cât mai ales faptul că interfațarea a reușit cu success pentru prima data la o astfel de structura Controller-Motor.

Aceste soluții noi a căror reușită a fost confirmată prin teste și optimizări successive în cadrul acestei teze au deschis o cale nouă în utilizarea acestui tip de motor BLDC încastrat în roată generând noi perspective, așa cum voi arata și în capitolele următoare.

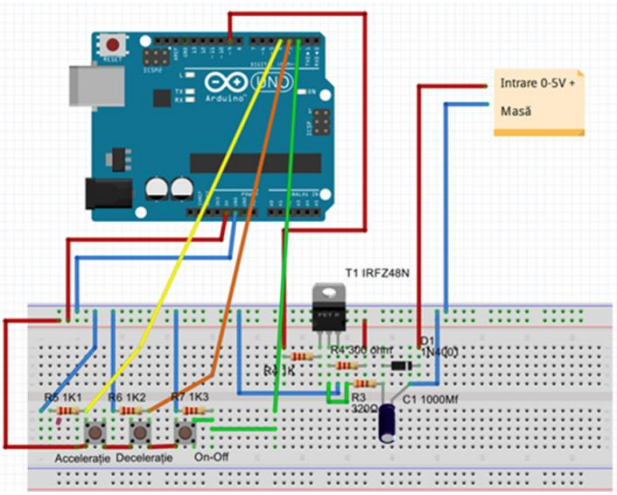
Următorul pas a fost acționarea motorului în accelerare și decelerare în pași discreți pentru că am considerat cea mai sigură și mai coerentă metodă de control al motoarelor. În acest sens divizorul potentiometric a fost înlocuit de două butoane de tip microswitch, unul pentru a accelera și celălalt pentru a decelera motorul.

Figura 2.12 – Montajul interfațării Arduino – ZTECH pe bancul de testare



Ulterior a fost adăugat și un al treilea buton al cărui rol este de “cheie de contact” a sistemului el putând opri sau porni efectiv rotirea în orice condiții s-ar afla șasiul (deplasare, staționare, efectuare de lucru mecanic cu brațul mobil, etc) și independent de comenzile venite pe alte căi. Acesta va fi ulterior folosit inclusiv în partea software de frânare și debraiere a roților. Bineânțeles că aceste butoane vor fi înlocuite în modelul final cu impulsuri software, transformarea fiind acum ușoară și evident funcțională. Este de altfel și motivul pentru care am considerat ca fiind cel mai avantajos pentru acest robot, o comandă a turației în trepte discrete, asigurând un control cât mai precis și în același timp mai ușor controlabil software. Toate soluțiile studiate și prezentate sunt 100% originale și fac obiectul tezei de fată.

Figura 2.13 – Accelerare și decelerarea în trepte cu microswitch-uri inclusiv funcția de pornire - oprire



Softul de comandă pentru accelerare și decelerare în trepte și buton de pornit oprit poate fi consultat in teză.

O altă **soluție originală** a fost generată de necesitatea schimbării sensului de rotație a motoarelor. Practic se foloseste cupla de comanda 7 numită în documentație "Inițializare sens". Aceasta necesită scurtcicuitarea celor două fire albe de pe mufele "Inițializare sens" tip de o anumită durată de timp, optimă.

Figura 2.14 – Cupla "Inițializare sens" necesită un contact ferm între cele doua fire albe de o durată bine determinată pentru a inița schimbarea de sens a roților robotului (detaliu documentatie tehnică ZTECH E80030-B)

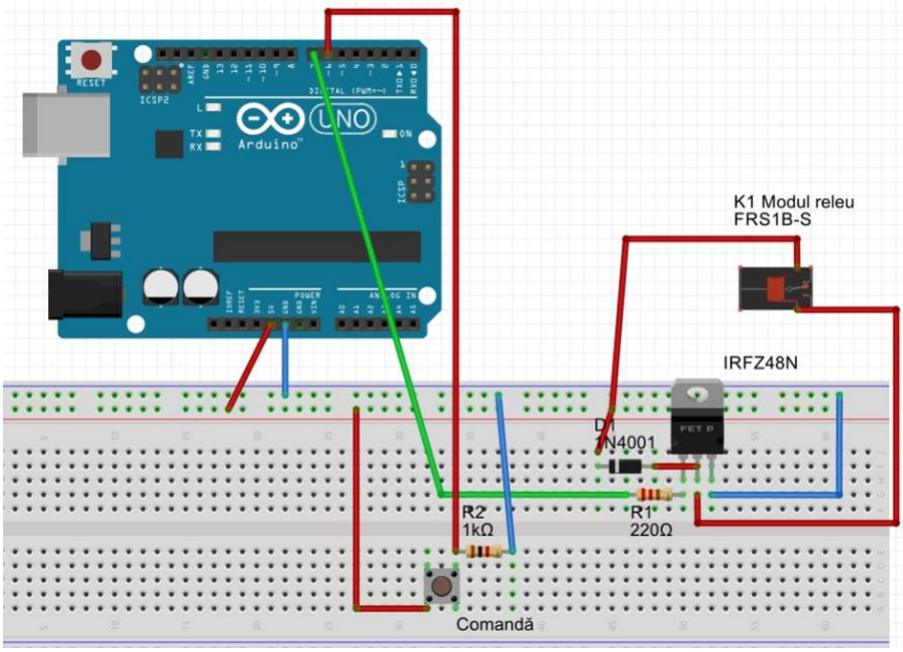
Practic durata impulsului trebuie să fie suficient de mare pentru a efectua efectiv schimbarea de sens, dar și suficient de scurtă astfel încât roțile motoare să nu înceapă efectiv rotația în sens invers așa cum am constatat că a fost gândit controlerul. Controlerul ZTECH nu a fost conceput pentru controlul mișcărilor unui robot astfel încât la menținerea unui contact mai lung pe cupla 7, motorul nu numai că își inversează sensul de rotație dar și începe efectiv rotația motorului în acest nou sens. Această funcție în sine, deși interesantă pentru viitoarea funcție de franare, pentru procesul de virajare a șasiului nu este utilă decât în cazul în care se pot contrlola foarte precis duratele necesare indeplinirii următoarelor cazuri:

(1) Durata necesară inversării sensului dar fără pornire efectiva a rotatiei motorului în sens invers

(2) Durata necesară inversarii sensului dar cu pornire efectivă a rotației motorului în sens invers.

În acest sens am utilizat o schema de acționare bazată tot pe controlerul Arduino, ce acționează un modul cu releu de acționare mono canal (Figura 2.15). Trebuie din nou menționat ca aceste soluții prezentate sunt în integralitatea lor noi, originale realizate de mine fiind rezultat al lipsei totale pe piața internă și externă a unor posibilități similare de a utiliza acest tip de motor în construcțiile roboților mecatronici.

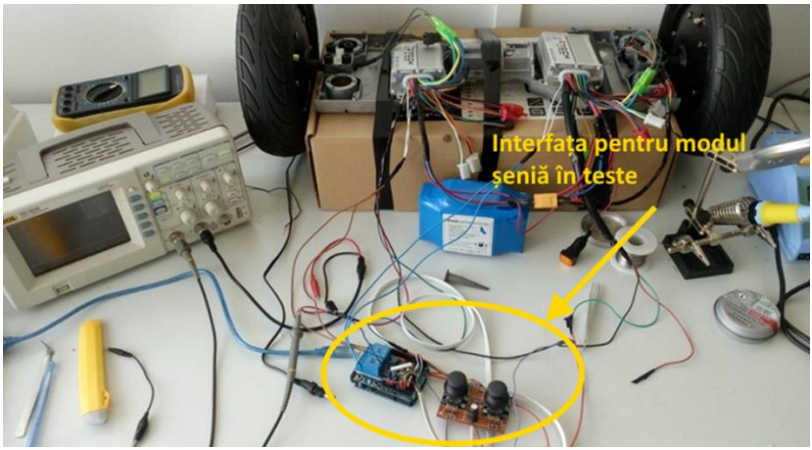
Figura 2.15 – Cupla "Inițializare sens" necesită un contact ferm de o durată bine determinată (asigurată aici de Modulul releu K1 – comandat prin IRFZ48N de un Arduino) pentru a inița schimbarea de sens a roților robotului



În continuare codul de acționare pentru modulul releu cu timp de automenținere determinat (*poate fi consultat in teză*). Releul este aclanșat cu valoarea comenzii „delay" (în microsecunde).

Din teste am determinat că timpul optim necesar pentru a inversa sensul de rotație al rotilor este de 100 de milisecunde. Pentru a testa inclusiv sincronizarea au fost executate ambele canale de comandă pentru fiecare grup de câte trei roți. Montajul electronic în forma finală este prezentat în Figura 2.16.

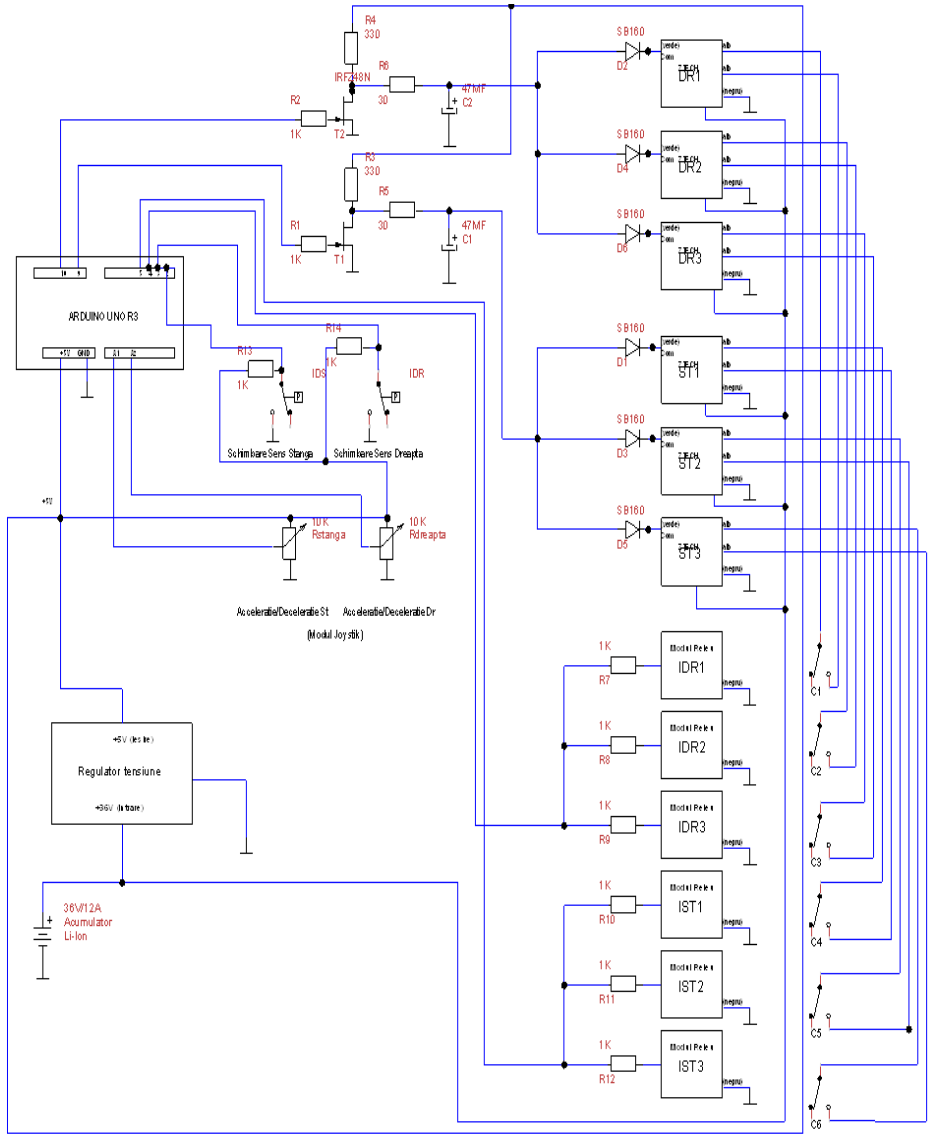
Figura 2.16 – Montajul final de comandă pentru toate cele 6 roți, inclusiv sistemul de schimbare a sensului de deplasare, realizate de mine, în perioada testelor



În figura 2.17 se poate vedea schema finală de comandă a sistemului de deplasare a robotului care este o soluție 100% originală și perfect funcțională. Pentru alimentarea modulelor și a microsistemului Arduino au fost folosite regulatoare de tensiune CC/CC de tip step down. Impulsurile de schimbare de sens se generează prin intermediul unor module releu comandate de un modul dublu Joystick având legătură fizică între ele și robot.

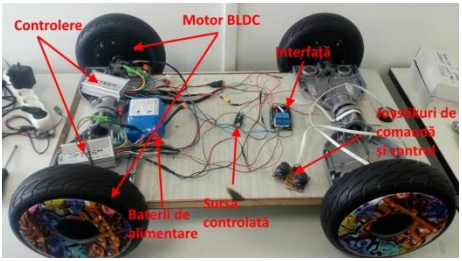
Testele au generat mici modificări în softul final fiind făcute liniarizări specifice fiecărei excursii ale potențiometrilor din joystickurile de comandă și implementarea duratei de inversare sens la 100 milisecunde ca și valoare optimă.

Figura 2.17 – Schema electrică a montajului final de comandă pentru toate cele 6 roți, inclusiv sistemul de schimbare a sensului de deplasare



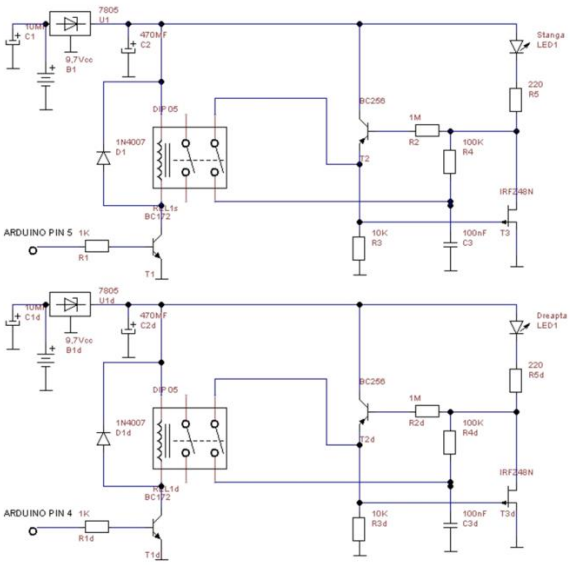
În final versiunea software încărcată în microsistemul de calcul poate fi consultată în teză.

Figura 2.18 – Sasiul simplu de test cu 4 roți (din care doar două roți sunt motrice) pe care l-am realizat pentru definitivarea parametrilor finali ai softului de comandă și control a deplasării



Un alt inconvenient al controlerului ZTECH este faptul că schimbarea de sens a turației roților se face fară a putea fi semnalizată operatorului. Chiar dacă schema din Figura 2.61 execută comutația într-un mod ferm și corect la fiecare acționare, în mod real de ghidare, practic s-a simțit și necesitatea unei semnalizări de stare a direcției roților. Practic pentru a surmonta acest neajuns am facut **un nou tip de actuator** atât optic cât și electric a parametrului direcție de deplasare asa cum este aratat în Figura 2.17. Porcesul se reia ciclic semanlizând astfel prin led aprins rotația în sens înapoi a motoarelor robotului respectiv rotația în sens înainte prin led stins. În cazul în care dorim ca să transmitem inclusiv operatorului sensul de deplasare acum avem acces la un semnal electric ce poate fi detectat, transmis mai departe, prelucrat sau comparat spre orice sistem analogic sau numeric ce se dorește.

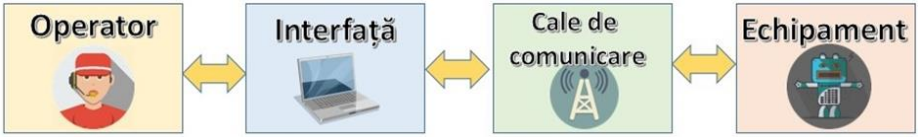
Figura 2.19 – Sistem actuator de semanlizare optică și electrică a schimbării de sens a motoarelor



II.3 Sistemul de comunicare cu operatorul

Interacțiunea om – mașină a fost și este în continuare o provocare multiplă pentru creatorii de nou, fiind un ansamblu complex ce implică nu numai un aspect tehnico-funcțional dar și un impact psihologic, fiziologic și chiar emoțional. Dacă ar fi să sintetizăm relația dintre un operator și un echipament observăm că aceasta se poate reprezenta printr-o formă generică de tipul celei din Figura 2.20.

Figura 2.20 – Schema simplificată a lanțului om-mașină într-o structură de tip telecomandată



Astfel în ziua de azi pentru controlul telecomandat al roboților de tip RoboMESS se folosesc interfețe grafice optimizate în general de tip terminal de calcul sau chiar sistem de calcul efectiv. Sunt preferate sistemele portabile de tip laptop sau notebook în special datorită posibilităților mari de a fi transportate rapid în locațiile de lucru. Astfel elementul final de interfațare devine în acest caz ecranul sistemului de calcul sau al terminalului. Acesta poate afișa în timp real atât partea de informație video cât și audio necesară operării robotului. Se poate asigura un mediu virtual 2D care însă are dezavantajul de a nu putea da informația de spațialitate propriu-zisă pe care omul o percepe în mod natural și firesc dacă ar fi fizic prezent în site. Trebuie ținut cont de faptul că pentru o cât mai bună orientare în teren omul are nevoie de o vedere spațială și un sunet cel putin sterofonic, percepții ce nu puteau fi decât parțial oferite de sistemul clasic. Astfel a aparut ideea originală și inedită realizată de mine a utilizării unor interfețe capabile să ofere informații în trei dimensiuni (3D) care combinate cu partea de sunet pot recrea aproape perfect spațialitatea dimensională specifică unui om prezent în locul unde se desfășoară efectiv operațiunea.

Figura 2.21 - Căștile virtuale 3D Oculus Rift asigură o realitate virtuală coerentă la nivelul creațiilor artificiale 3D actuale (jocuri, simulări grafice, proiectare 3D, etc)

Acestea au posibilitatea de a trata atât informație video 3D cât și informație audio stereo-spațială și dispun în același timp de elemente de interacționare cu mediul virtual atât clasice (elemente tip joystick, butoane, pad direcțional, etc) cât și moderne de ultimă oră cum ar fi senzori giroscopici, senzori de poziționare, accelerometre, etc. Astfel se poate rezolva problema imersiei ochilor și urechilor operatorului în mediul 3D din casca virtuală, lăsând la nivelul membrelor interacțiunea efectivă cu robotul telecomandat.

Practic unitatea centrală de comandă și control o va reprezenta un sistem de calcul tip IBM PC (sistem de operare Windows 10) care va fi conectat printr-un canal IoT cu robotul propriu-zis. Calculatorul de tip IBM PC va fi dotat cu un acces la internet asigurat de un operator de internet Wi-Fi sau operator GSM. La rândul său robotul va fi și el cuplat la aceeași retea prin intermediul unei interfețe Adafruit FONA 808 cuplată la un microsistem de calcul Raspberry Pi 3 Model B+ sau direct. Structura generică a microsistemelor ce intră în componența robotului urmând a fi finalizată după terminarea tuturor testelor și determinarea tuturor funcțiilor necesare unei bune orientări în timp real și cu o maximă acuratețe a telecomenzilor.

În acest sens ca și unitate centrală de comandă și control este utilizat un laptop performant avand urmatoarele caracteristici: Laptop Gaming Acer Predator 17x cu procesor Intel® Core™ i7-7820HK 2.90 GHz, Kaby Lake, 17.3", Full HD, IPS, 32GB, 1TB + 3 x 256 SSD, NVIDIA® GeForce® GTX 1080 8GB, Windows 10. Acest model este „3D ready” respectiv capabil să comunice cu interfata de control a operatorului care este practic un sistem “Căști VR Oculus Rift HD pentru PC” dotat cu “Oculus Touch” (Figura 2.21).

II.4 Sistemul energetic

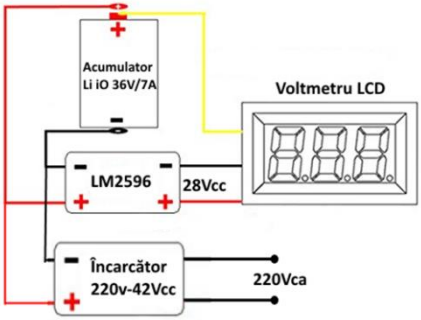
În principiu partea energetică esențială a robotului RoboMESS o constituie chiar robotul propriu-zis, cel care trebuie să dispună efectiv de surse de energie mobile care să îi poată asigura operarea în mediul de lucru efectiv, terminarea misiunii și respectiv asigurarea întoarcerii Acasă (“Acasă” reprezintă în cazul de față locația unde se află unitatea de Comandă și Control). Practic ne vom concentra să asigurăm un necesar energetic reprezentat din:

- 2 X Arduino (5V / 1A) = 2X5W = 10W
- 3 X Rapberry Pi (3,3V / 2A) = 3 x 6,6W = 19,8W
- Alte Microsisteme de interfațare 5V / 3 A = 15W
- 6 X motoare BLDC = 6x180W = 1080W

Ceea ce duce la o putere (au fost considerate mai sus valori maxime de consum ale componetelor!) finală de 1124,8 W. Pentru o mai bună echilibrare am considerat puterea necesară finală ca fiind 1200W. Din motive de fiabilitate și siguranță în deplasare am împărțit necesarul energetic în trei pachete de acumulatori fiecare având o tensiune de alimentare de 36V și deci respectiv un necesar de curent de 12 A. Necesarul de tensiune inferioară tensiunii de 36 V este obținut cu surse stabilizatoare de tensiune tip LM7805 (5V), LM7812(12V)

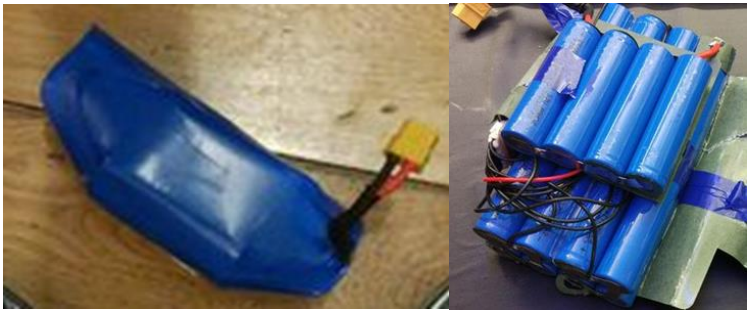
sau surse de tensiune tip step down (coborâtoare) tip LM2596 (reglabil liniar între 2V-32V). Pentru încărcarea acumulatorilor au fost folosite 3 module de incărcare automată 42V / 2 A pe care au fost montate microvoltmetre LCD pentru urmărirea vizuală a valorii de încărcare. Această abordare redundantă a modului de încărcare a fost preferată din cauza posibilităților de urmărire foarte precisă de catre operator a modului de reîncărcare a bateriilor de acumulatori, care fiind de tipul Li-Ion, pot produce explozie, incendii și/sau alte daune adiacente în cazul supraîncărcării.

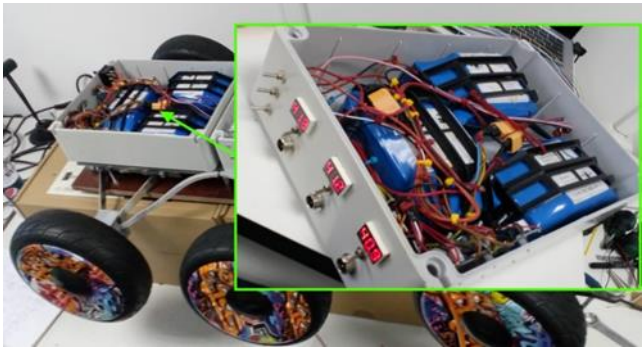
Figura 2.22 – Sistemul de reîncărcare a acumulatorilor dispune de posibilitatea urmăririi pe un afișor LCD a tensiunii de încărcare (la atingerea tensiunii de 42V acumulatorii sunt 100% încărcați)



Se reduce riscul supraîncărcării inclusiv în cazul defectării sursei de încărcare 220Vca (căderea sistemului de decuplare, supraîncălzirea la alimentare continuă în impulsuri etc) caz care în general poate duce la deteriorarea bateriilor, explozie, incendiu,etc. Au fost efctuate 3 module de încărcare separate conform Figurii 2.22 pentru a putea reâncărca simultan toate cele 3 module de baterii. Redundanța triplă a sistemelor de încărcare a fost folosită tocmai pentru a minimiza timpul efectiv de reâncărcare a acumulatorilor robotului.

Figura 2.23 - Pachet de acumulatori pregătit, pachet de acumulatori în pregătire și amplasamentul final al blocului de alimentare pe robot realizate de mine





CAP. III - CONCLUZII INTERMEDIARE

Soluțiile găsite și aplicate în sistem, modulele folosite și ideile de bază de la care s-a pornit proiectul sunt corecte și funcționale. Echipamentul poate fi nu numai definitivat în parametrii propuși dar și răspunde cerințelor robotului propus de tip RoboMESS în pofida greutăților apărute pe parcurs datorate utilizării unor sisteme noi și moderne folosite în domeniul roboticii și mecatronicii, respectiv utilizarea unui sistem de propulsie ultramodern, inedit în acest domeniu. Interconectarea tuturor modulelor componente atât hardware cât și software în vederea finalizării robotului este cel puțin pînă acum rezolvată corect.

În final putem observa că în lucrare am o serie de soluții moderne și originale ce nu au mai fost folosite până acum în proiectele mecatronice în general și în robotică în special:

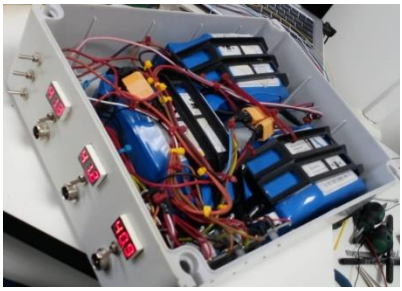
(1) Utilizarea viziunii 3D combinată cu sunet sterofonic integrată într-un sistem de Realitate Virtuală pentru controlul robotului

(2) Utilizarea pentru prima oară a motoarelor tip BLDC integrate în roată într-un robot mecatronic

(3) Interfațarea driverelor analogice pentru motoare BLDC cu microsisteme de calcul digitale asigurând controlul complet și coerent al motoarelor

(4) Generarea de softuri aferente interfațării, noi, originale și suficient de rapide pentru a controla in timp real deplasarea roboților ce folosesc sisteme cu roți

(5) Realizarea unui sistem de supraveghere a încărcării bateriilor Li IO, minimizând pericolul exploziei sau incendiului



Practic această parte de cercetare a devenit fundamentul de la care am plecat mai departe trecând la punerea in practica a acestor studii și cercetări pentru a realiza efectiv un robot de tip RoboMESS. Această etapă a fost inclusiv realizarea unui proiet de tip PED așa cum se va vedea ăn continuare, dar și continuarea studiilor, cercetării unor noi soluții originale 100% funționale ce se vor prezenta ăn continuare.

III.1 Robotul mecatronic de securitate și supraveghere RoboMESS

Definitivarea unei structuri de robot mecatronic de securitate și supraveghere (RoboMESS) ține în mod direct de structura efectivă a șasiului folosit. Astfel modalitarea de comandă și control, funcțiile și algoritmii folosiți în concordanță cu echipamentele hardware aferente pot diferi. Dacă am elaborat o serie de soluții în etapele precedente pentru versiunea cu roți comandate în sistem șenilă 3+3, nu putem să nu arătăm multiaplicabilitatea lor și la alte versiuni de șasiu de exemplu la cel de tip Ackermann. Acoperim astfel partea de comandă și

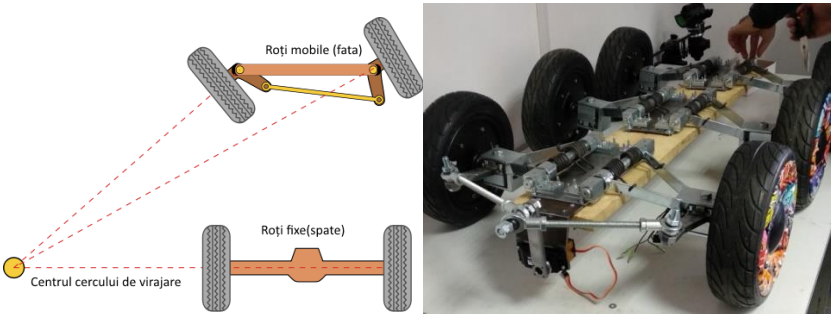
control al robotului cu versiuni noi derivate din soluțiile originale prezentate anterior, pentru ca apoi să putem expune și soluțiile de telecomandă și orientare în spațiu necesare unui astfel de robot. Practic dacă unele dotări ale robotului sunt independente de platforma de rulare (viziunea spațială, modalitățile și căile de telecomandă, autolocalizarea GPS, telemetrul, etc) nu același lucru putem spune despre hardware-ul și softwareul de control al deplasării efective a acestuia. Această dependență presupune în general soluții specifice per soluție de șasiu. Din testele și studiile efectuate în contextul modern al utilizării unor motoare noi în mecatronică, de tip BLDC încastrate în roți, putem împărți tipurile de șasiu specifice roboților în două categorii șasiuri cu roți folosite tip senilă și șasiuri tip Ackermann. Din punct de vedere al comenzilor de control și deplasare rezolvarea controlului asigurat de inteligență artificială a celor două tipuri de șasiuri înseamnă practic rezolvarea majorității tipurilor importante utilizate în robotica mecatronica de azi. Dacă soluția de comandă și control al roților folosite în stil șenilă a fost rezolvată cu success ea poate și aplicată și la controlul roților virajate tip Ackermann. Aceasta a fost premisa unor noi studii și experimentări ale căror rezultate vor fi prezentate în continuare. Ideea de la care s-a plecat, derivată din primele experimente cu motoarele BLDC încastrate este dualitatea complementară a celor două tipuri de șasie. Un sistem tip șenilă este foarte precis de controlat la viteze mici, în timp ce un sistem Ackermann este foarte precis la abordarea virajelor cu viteze mari. Chiar dacă initial ideea de bază a fost ca un robot de securitate și supraveghere trebuie să se deplaseze cu viteze mici dar foarte precis, posibilitățile oferite de motoarele folosite dau speranța unor soluții se pare chiar universale extrem de interesante dar mai ales cu maxim de aplicabilitate în robotica modernă.

Figura 3.1 – RoboMESS în varianta finală a proiectului.

CAP. IV - ȘASIU TIP ACKERMANN CU POSIBILITĂȚI DE COMANDĂ PRIN INTERFAȚARE DIGITALĂ CU MICROSISTEME DE CALCUL

Șasiul tip Akerman a fost inventat de fabricantul german de trăsuri Gerog Lankensperger (Munchen 1817), dar brevetul efectiv al acestuia este patentat de Rudolph Ackermann în Anglia, puțin mai târziu. Deși există și o variantă identică făcută în 1758 de către fizicianul englez Erasmus Darwin, acesta fiind se pare primul inventator al acestui tip de direcție, totuși sistemul nu a fost patentat de către autor, fapt pentru care denumirea sa a rămas până în zilele noastre “Ackermann”.

Figura 4.1 - Sistem de control al direcției tip Ackermann și modelul de testare pentru RoboMESS

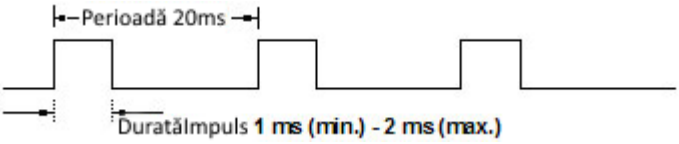


Acest sistem rezolvă problema distanțelor diferite parcurse de roțile directoare în timpul virajării. El este compus din minim patru roti, două (cele din spate, în general) find fixe și celelate două fiind pivotante.

În general un sistem de direcție Ackermann va fi cu predilecție folosit la roboți care necesită control extrem de precis al virajării la viteze foarte mari. Deoarece am dorit acoperirea și a acestei posibilitați am căutat soluții optime și pentru acesta. Astfel am preluat de la șasiul anterior motoarele de tip BLDC și am reproiectat partea de comanda și control a robotului. Practic soluția de acționare a motoarelor (tot 6 motoare-roți) respectiv accelerația, decelerația și schimbarea de sens rămâne neschimbată cu mențiunea că acum toate cele 6 motoare pot fi acționate cu un singur canal de comandă (indiferent că dorim să avem varianta cu tracțiune pe față, varianta cu tracțiune pe spate sau varianta cu tracțiune pe toate cele șase roți).

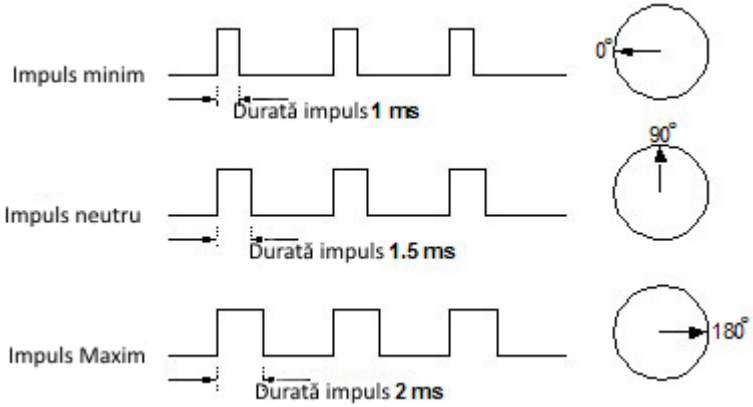
În timp ce schema de comandă și control se simplifică pe partea de deplasare propriu-zisă, ea se complică cu o nouă parte dedicată integral modificării direcției roților directoare. Asta inseamnă inclusiv necesitatea introducerii unui motor nou al cărui rol este de a acționa sistemul pivotant de direcție Ackermann. Avand în vedere că motorul de acționare are doar o cursă de maxim 90 de grade stanga și 90 de grade dreapta față de un punct central a fost folosit un servomotor de cuplu mare cu sistem de control avand standardul RC FUTABA. Avantajele fiind posibilitatea de interfațare directă cu un microcontroler prin doar 2 maxim 3 fire (funcție de tensiunile de alimentare și comandă), simplitatea softului de comandă necesar și un trafic redus de informație pe canalul de comandă. Practic acest motor este controlat de un semnal PWM (semnal dreptunghiular modulat în durată). Semnalul PWM are un impuls minim, unul maxim și o perioadă, toate standardizate. Astfel în Figura 4.2 se poate vedea forma efectivă a acestui semnal standard.

Figura 4.2 - Forma semnalului standardizat PWM pentru servomotorul tip RC Futaba



Dacă perioada semnalului este obligatorie ca având o perioadă de 20 ms, nu același lucru se poate spune despre durata impulsului propriu-zis de acționare care variază între 1 ms (durată minima – virajare la stânga) si 2 ms (durată maximă – virajare la dreapta) avand o valoare central (neutră – aferente poziției roților drept înainte). Astfel într-o reprezentare grafică prezentată in figura 4,3 putem vedea efectiv variația cu ± 90 grade a axului principal al servomotorului funcție de forma semnalului PWM.

Figura 4.3 - Forma semnalului standardizat PWM și deplasările aferente ale axului principal al servomotorului.

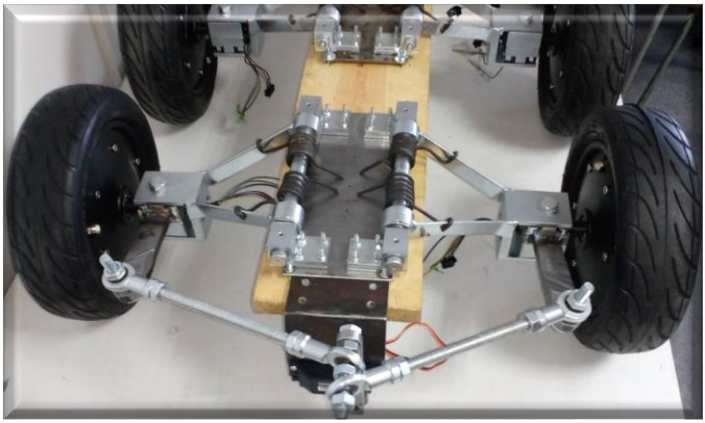


Astfel deoarece elementul de comandă este un joystick, este foarte ușor de implementat un algoritm de urmărire a curselor acestuia și transpunerea lor în modificare adecvată a duratei impulsurilor, respectiv a cursei stâng-dreapta a sistemului de virajare. Trebuie doar să poziționăm punctul de liber al joystick-ului pe durata neutră, după care să scalăm cursele stânga dreapta cu rotirea ± 90 grade a axului servomotorului. Astfel avem un control al direcției cu revenire automată (sistem potentiometric dual) ce va conferi un control mult mai precis al șasiului robotului spre deosebire de sistemul fără revenire automată (potențiometru simplu). Modelul de motor folosit pentru teste este "Servomotor de Cuplu Mare FT6560M 60 kg x cm" fabricat de Freelech. El este foarte bun pentru aplicații ce necesită puteri mari având un cuplu maxim de 60 kg x Cm.

Figura 4.4 - Servomotor FT6560M și poziționarea sa pe șasiu

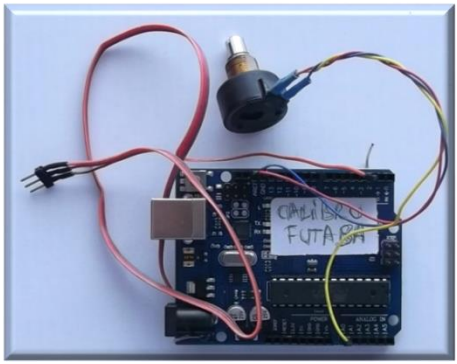
Șasiul 3+3 în această fază de testări și optimizări a suferit modificări la perechea de roti din față unde a fost montat un sistem Ackermann inversat.

Figura 4.5 - Șasiul modificat cu direcție Ackermann folosit pentru testare modulului de direcție (fază teste).



Testele de funcționalitate au fost făcute pe microcontroler Arduino în prima fază. Modulul de control cu Arduino având și rol de etalonare și reglare a servomotorului în cazul dezechilibrării acestuia în eventuale portări spre alte microsisteme de calcul mai puternice. Software-ul (**la rândul său original 100% atat ca realizare cât și ca concept de aparat de calibrare**) încărcat pe placa de calibrare preia informațiile de la un potențiometru calibrat și transmite către servomotor comenzile, putând astfel face nu numai verificarea efectivă a funcționalității dar și recalibrarea poziției neutre a acestuia, practic o unealtă indispensabilă atunci când dorim o reglare simetrică a direcției comandate.

Figura 4.6 - Placa de Calibrare Servomotoare tip RC Futaba (folosită doar la calibrarea servomotorului de direcție)



Software-ul de calibrare se poate consulta în teză.

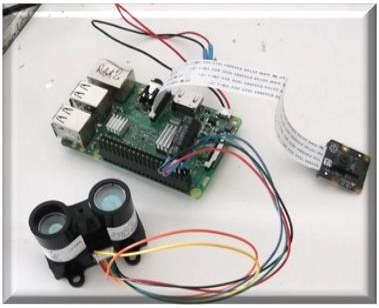
Urmare a testelor și încercărilor de portanță am încercat o migrare a cât mai multe funcții ale robotului spre platforme complexe de tip Raspberry, lucru reușit inclusiv cu acest modul de comandă a direcției, așa cum urmează să vedem în capitolele următoare.

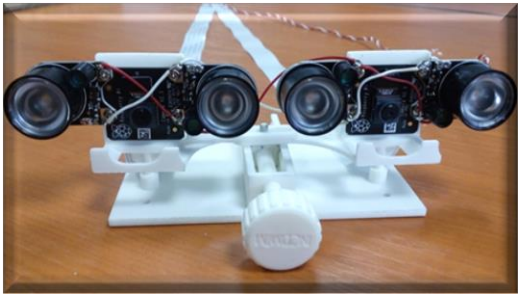
În același concept, modulul initial de măsurare a distanței, executat pe o platformă Arduino, a suferit modificări substanțiale în partea de software urmare a modificărilor necesare în vederea obținerii unor valori măsurate cât mai reale. Astfel calibrarea a fost făcută pe modulul laser LIDAR Lite V3.0, având erori de circa 2-3 cm pe zona de măsură 0,30 – 40 metri.

Softul final original, realizat de doctorand, pentru verificarea și calibrarea a sistemului de măsurare a distanței foloseste un sensor Lidar V3 lite și poate fi consultat în teză.

Ca și modulul de control al direcției, modul de măsurare a distanței a fost portat pe platforma Rapberry Pi.

Figura 4.7 - Modulul de măsurare portat direct pe Raspberry Pi (vrobotpi2) alături de camera stânga a robotului și in partea dreaptă modul de testare și reglare a colimării.





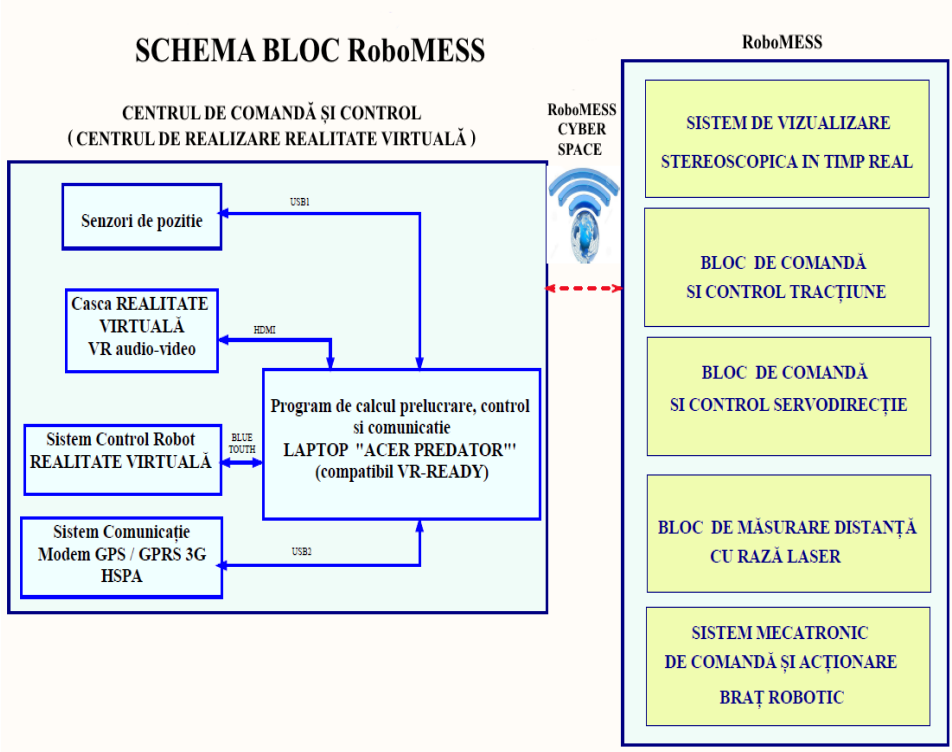
CAP. V - CONCEPEREA, PROIECTAREA ȘI REALIZAREA UNEI CONFIGURAȚII ORIGINALE DE ROBOT MECATRONIC INTELIGENT PENTRU SECURITATE ȘI SUPRAVEGHERE

După lungi testări si configurații hardware am ajuns la o versiune optimă așa cum este ea prezentată in Figura 5.1. Practic se observă o structură de tip unitate de control fixă și robot mobil. În cazul nostru „Centrul de realizare realitate virtuală” este Unitatea Centrală de Control care este fixă undeva în apropierea locului țintă al misiunii, dar suficient de departe pentru a fi în siguranță operatorul. Acesta este imersat într-o realitate virtuală 3D prin intermediul unui sistem OCULUS Rift cască virtuală audio-video si controlerii aferenți cu ajutorul cărora conduce robotul. Mediul de transmisie a informațiilor spre și dinspre robot, “RoboMESS Cyber Space” este de tip IoT (utilizând retele WiFi) pentru a asigura comunicarea la distanțe cât mai mari.

De cealată parte, în mediul periculos, robotul de securitate și supraveghere RoboMESS execută comenzile transmise de operatorul uman urmare a informațiilor primite în timp real de pe teren. Astfel viața operatorului

nu este supusă mediului periculos dar prezența sa, chiar dacă este virtuală, asigură toate informațiile necesare operării și intervenției locației în situ.

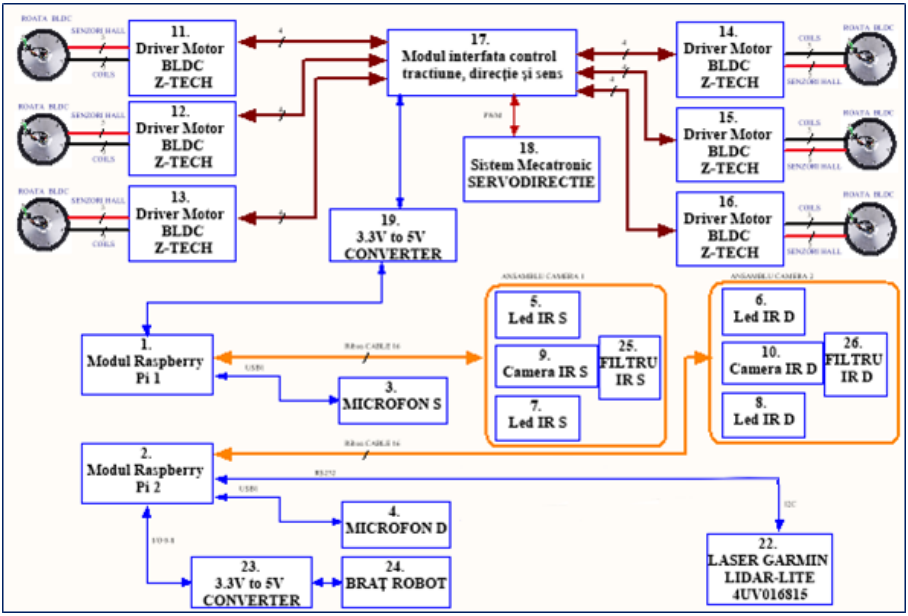
Figura 5.1 - Schema bloc a robotului RoboMESS și a Unității de comandă și control în contextul intercomunicabilității prin Cyber Space (realizată de Doctorand)



Practic structura robotului a fost optimizată hardware astfel încât modulele Arduino au putut fi deocamdată (fără pierderi de viteză) reduse la doua micro sisteme de calcul de tip Raspberry Pi 3.

Acestea dispun de o interfață I/O puternică cu foarte multe posibilități de interfațare. Astfel pe cele două micro sisteme s-a căutat o echilibrare cât mai bună pe ambele ramuri așa cum se vede în Figura 5.2. Cele două micro sisteme de calcul au task-ul video împărțit, sistemul Pi1 și Pi2 gestionând fiecare câte o cameră cu viziune IR. Microsistemul Pi1 mai gestionează Modulul de control tracțiune direcție și sens în timp ce Pi2 mai gestionează laserul pentru măsurarea distanțelor și brațul robotului. Ambele Microsisteme sunt dotate cu căi audio având fiecare câte un microfon USB.

Figura 5.2 - Componența robotului RoboMESS



Legendă Figura 5.2:

1. *Modul1 RASPBERI-Pi V3*
2. *Modul2 RASPBERI-Pi V3*
3. *MICROFON1 – USB*
4. *MICROFON2 – USB*
5. *LED IR1 pentru CAMERA IR STANGA*
6. *LED IR2 pentru CAMERA IR DREAPTA*
7. *LED IE3 pentru CAMERA IR STANGA*
8. *LED IE4 pentru CAMERA IR DREAPTA*
9. *CAMERA IR STANGA*
10. *CAMERA IR DREAPTA*
11. *DRIVER MOTOR BLDC (ROATA 1)*
12. *DRIVER MOTOR BLDC (ROATA 2)*
13. *DRIVER MOTOR BLDC (ROATA 3)*
14. *DRIVER MOTOR BLDC (ROATA 4)*
15. *DRIVER MOTOR BLDC (ROATA 5)*
16. *DRIVER MOTOR BLDC (ROATA 6)*

17. *Modul interfata control tractiune, direcție și sens*
18. *Sistem Mecatronic SERVODIRECTIE*
19. *Convertor1 nivel 3.3V la 5V*
20. *Convertor2 nivel 3.3V la 5V(Eliminat prin conectică directă)*
21. *Modul ARDUINO-UNO V1R1(Eliminat prin conectică directă)*
22. *LASER GARMIN LIDAR-LITE 4UV016815*
23. *Convertor3 nivel 3.3V la 5V*
24. *Sistem mecatronic BRAT ROBOTIC cu GRIPER*
25. *FILTRU IR STANGA*
26. *FILTRU IR DREAPTA*

Practic această optimizare hardware, a redus subtanțial și numărul de legături electrice între module, spațiul ocupat și a optimizat viteza de lucru inclusiv în Cyber Space. Microsistemele de calcul au ca sistem de operare Raspian și aplicațiile au fost făcute în mediul de lucru, nativ Raspian, Python.

Centrul de comandă și control este practic compus dintr-un sistem VR de tip OCULUS Rift compus dintr-o cască video 3D - audio stero, două controlere de comandă wireless fiecare cu joystick și câte 4 butoane tip treaptă și unul tip potențiometric, și doi senzori perimetrali. Sistemul Oculus Rift este cuplat la un calculator tip laptop performant și cu capabilități VR Ready. Structura deschisă a conceptului deschide posibilități viitoare de îmbunătățire a vitezei de transfer la nivelul micro sistemelor folosite tip Raspberry Pi, astfel încât noile versiuni având capabilități 4G sau chiar 5G se vor apropia ca viteză de Centrul de comandă fără alte modificări necesare.

Figura 5.3 – Softul de comandă și control impreuna cu sistemul VR sunt montate pe un laptop tip Predator

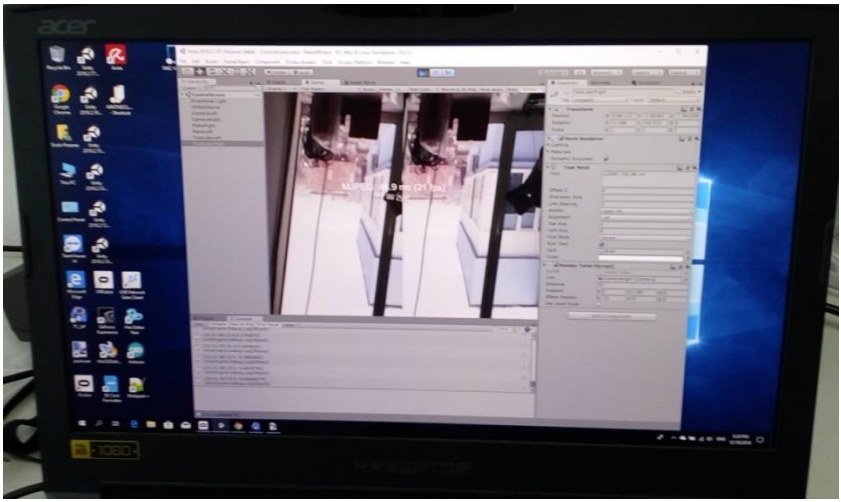
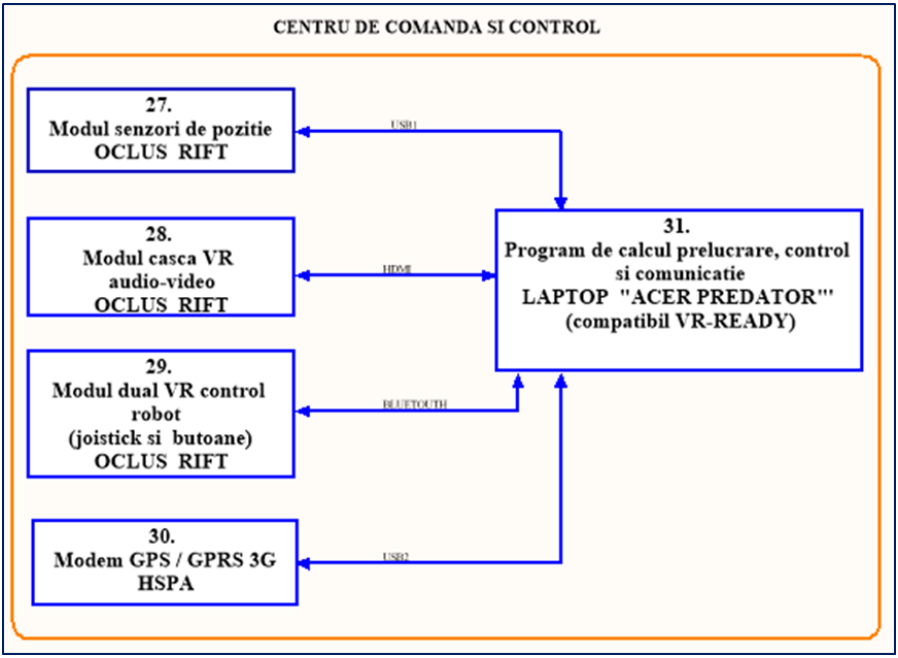


Figura 5.4 - Componența Centrului de Comandă și Control (realizată de doctorand)



Legenda Figura 5.4:

27. Modul1 senzori de pozitie OCLUS RIFT

28. Modul casca VR audio-video OCLUS RIFT

29. Modul dual VR control robot (joistick si butoane) OCLUS RIFT

30. Modem GPS / GPRS 3GHSPA

31. Program de calcul prelucrare, control si comunicatie LAPTOP "ACER PREDATOR"' (compatibil VR-READY)

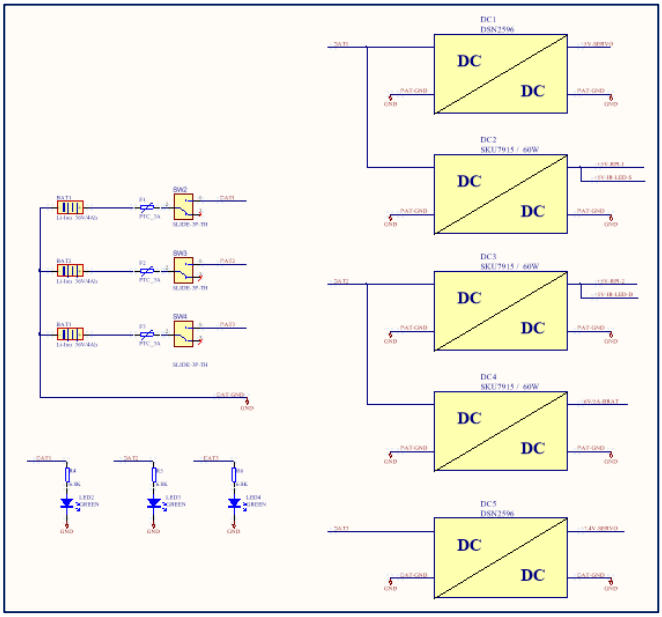
Casca virtuală Oculus Rift, Modulele Joystik, Modulele senzor de pozitie operator si modemul GPS/GPRS/WiFi sunt cuplate la laptopul de comandă tip Predator. Modului WiFi asigură legătura tip wireless cu robotul propriu-zis gestionând prin softul robotului traficul binuinvoc de informație. Senzorii de poziție în conjuncție cu cele două joystick-uri plasate în mâinile operatorului transmit comenzile către robot. Casca propriu-zisă este plasată pe capul operatorului și asigură acestuia o realitate virtuală sunet stereo și imagine 3D transmisă de robot în timp real. În cască este afișat tot în timp real și continuu distanța dintre robot si centrul câmpului vizual din casca Oculus Rift. Pentru o mai bună interpretare distanța este aferentă unui punct cătare laser astfel incât practic distanța masurată efectiv este distanța de la robot (nivelul camerelor 3D plasate pe robot) și proiecția efectiva a punctului roșu al laserului pointer (cătare).

Figura 5.5 - Operator testând funcțiile robotului RoboMESS prin intermediul Cyber Space IoT

Laptopul are un sistem de operare Windows 10 iar interfața de lucru a fost făcută folosind mediul de lucru open source UNITY pentru o cât mai bună interfațare cu sistemul VR Oculus Rift.

Separat, sistemul de alimentare cu energie electrică are o structură conform celei prezentate în Figura 5.6. Cele trei baterii de bază sunt module Li-Ion 36 V 4 Ah formate din celule 18650. Din tensiunile existente de 36 V se derivează canale secundare spre tensiuni mai mici prin intermediul unor convertoare de DC-DC tip Step Down (coborâtoare de tensiune) cu pierderi extrem de mici. Toate sursele DC-DC au protecții la suprasarcină și temperatură.

Figura 5.6 - Schema bloc sistem de alimentare RoboMESS(realizată de doctorand)



Legenda Figura 5.6:

32. BAT1 – pachet acumulatori 36V, Li Ion

33. BAT2 – pachet acumulatori 36V, Li-Ion

34. BAT3– pachet acumulatori 36V, Li-Ion

35. DC1 – Modul StepDown (buck) DC-DC convertor tip DSN2596

36. DC2 – Modul StepDown (buck) DC-DC convertor tip SKU7915 / 60W

37. DC3– Modul StepDown (buck) DC-DC convertor tip SKU7915 / 60W

38. DC4 – Modul StepDown (buck) DC-DC convertor tip SKU7915 / 60W

39. DC5 – Modul StepDown (buck) DC-DC convertor tip DSN2596

40. SW1 comutator tip SLIDE-3P-TH

41. SW2 comutator tip SLIDE-3P-TH

42. SW3 comutator tip SLIDE-3P-TH

43. F1 Siguranta reversibia tip PTC_3A

44. F2 Siguranta reversibia tip PTC_3A

45. F3 Siguranta reversibia tip PTC_3A

46. R4 Rezistor 6.8K 0603

47. R5 Rezistor 6.8K 0603

48. R6 Rezistor 6.8K 0603

49. L2 LED Green 3mm 10mA

50. L3 LED Green 3mm 10mA

51. L4 LED Green 3mm 10mA

Așa cum se vede în schemă au fost folosite 3 pachete de acumulatori de 36 Volti pentru alimentarea părții de forță (reprezentată de motoare) iar restul tensiunilor au fost obținute prin preluarea lor prin surse de tip DC-DC convertor și reduse respectiv stabilizate la nivelele dorite (5V; 7,4V; 12V; 3V). Toate ramurile de alimentare au butoane de tip On/Off cu reținere.

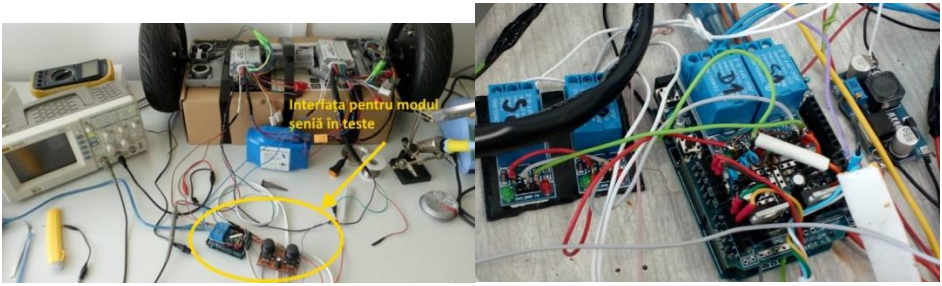
Figura 5.7 - Acumulator Li-Ion și blocul de alimentare final

Noua structură bazată pe arhitectura Rasperry Pi impune de asemenea refacerea schemei de interfațare pentru comunicarea cu driverele de motoare de tracțiune și adăugarea unui nou canal aferent unui nou motor utilizat pentru schimbare de direcție în versiunea șasiului tip Ackermann.

Interfațarea cu microcontrolere Raspberry Pi presupune adăugarea și a unui etaj de conversie de semnal bidirecțional între toate intrările / ieșirile folosite. Testele efectuate au generat o schemă finală de interfață, la rândul ei originală similară (dar cu alte adaptări specifice) cu cea din versiunea precedentă pentru șasiul 3+3 sistem șenilă. Astfel soluția de interfațare a motoarelor BLDC capătă o alură universală acoperind mai multe tipuri de șasiuri posibile a fi folosite nu numai la roboți de securitate și supraveghere dar în principiu la mai toate tipurile de roboți. Dacă soluția de 3+3 roți comandate în stil șenilă este indicată ca fiind o soluție de mare manevrabilitate la viteze mici, atunci soluția Ackermann este indicată pentru o precizie a controlului șasiului la viteze mari. Ideea unor soluții multiple care să acopere o mai mare zonă de interes în robotică a apărut ca un efect secundar al folosirii roților cu motoare BLDC încastrate atunci când a fost evident, după primele teste de interfațare, că un șasiu dotat cu astfel de motoare 3+3 sau 2+2 pot opera atât la viteze foarte mici cât și la viteze pe care le considerăm mari (15-20 Km/h). Toate acestea în contextul în care, indiferent de soluția aleasă 3+3, 2+2 controlate tip șenilă sau 6, 4 roți tip Ackermann (2 roți sau mai multe perechi de direcție) sunt roți motrice (tracțiune integrală – denumirea similară din automotive).

Plecând de la schema inițială de interfață pentru control 3+3 tip șenilă prezentată in Figura 5.9 noua versiune devine similară cu cea din Figura 5.10.

Figura 5. 8 - Interfața originală pentru șasiu 3+3 tip șenilă realizată fizic, în teste (în stânga cu modulul Joystick și în dreapta detaliu execuție – realizate de doctorand)



Practic se observă că în locul canalului secundar de comandă (fostul canal cu T1) acum este plasat canalul de comunicare cu noul motor compatibil RC Futaba pentru direcție. Toate cele șase controlere de motor sunt acum atacate de canalul cu T2 fiind toate acționate sincron. De asemena a dispărut canalul secundar pentru schimbarea de sens deoarece inclusiv sensul de rotație al tuturor roților este în acest caz unul sincron. În schemă au apărut acum și cele 2 camere IR aferente viziunii 3D spațiale care la rândul lor sunt legate prin interfețele SPI la câte un microsistem de calcul Raspberry Pi. Apare în plus o sursă nouă de alimentare care

asigura tensiunea de 7,4 volți necesară motorului Freelech (motor folosit la schimbarea de diorecție) pentru un cuplu maxim.

Figura 5.9 - Schema electronică a interfeței pentru șasiu 3+3 tip șenilă cu motoare BLDC încastrate în roți (elaborată anterior și realizată de doctorand)

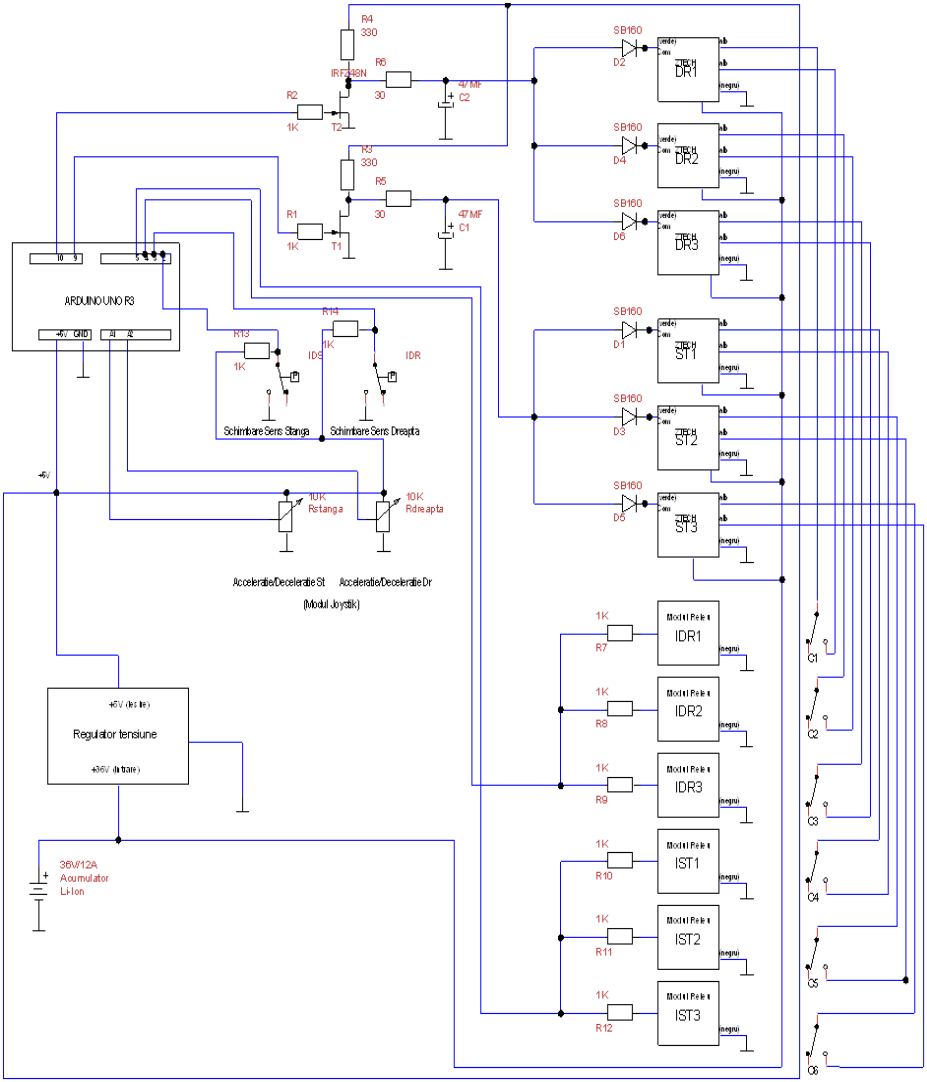


Figura 5.10 - Schema electronică a interfeței pentru șasiu tip Ackermann cu motoare BLDC încastrate în roți (realizată de doctorand)

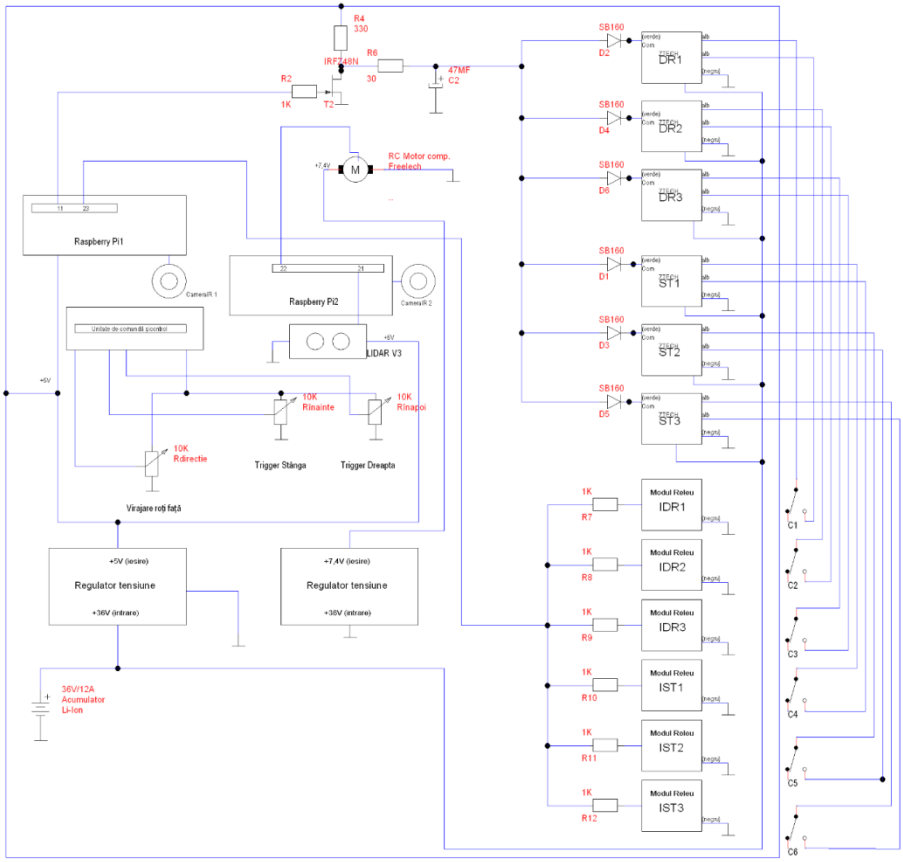
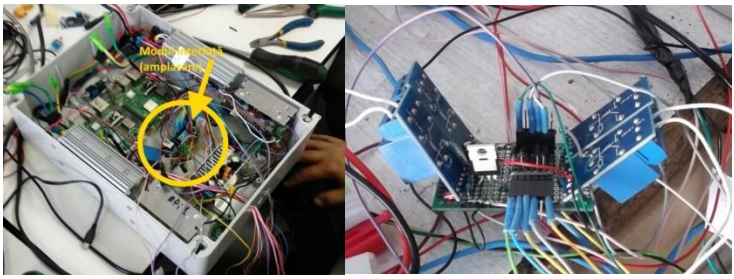


Figura 5.11 – Interfața originală, pentru șasiu tip Ackermann cu motoare BLDC încastrate în roți(stânga amplasare pe RoboMESS și dreapta detaliu execuție - realizată de doctorand)

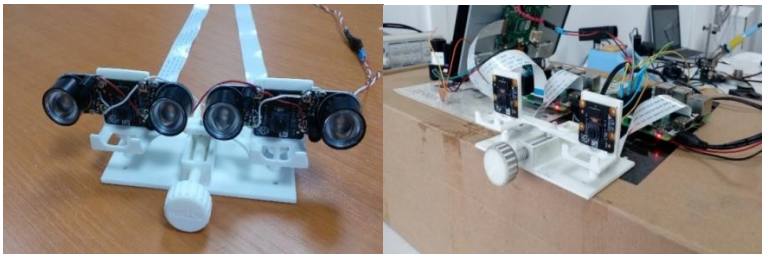


Astfel profitând de posibilitățile hardware din schema de mai sus, au fost făcute modificări subtanțiale în algoritmii de conducere efectivă a robotului. Astfel s-a renunțat la butonul/butoanele ce generau impulsul de 100 ms necesare inversării sensului de rotație în favoarea unei comenzi din cele două potențiomete tip Trigger din controlerul VR din mana stângă și cel din mâna dreaptă. Respectiv dacă se apasă pe trigerul controlerului VR din mîna dreaptă motoarele încep sa tureze progresiv înainte. Dacă oprim turația motoruluii (eliberând triggerul dreapta) și apasăm trigerul controlerului VR din mâna stângă atunci motoarele se vor roti înapoi. Aici impulsul de 100 ms există în continuare dar el se dă de fiecare dată cand un trigger este apasat, cu condiția ca celălalt trigger sa nu mai fie acționat (respectiv impulsul are efect doar daca motoarele nu sunt în mișcare). Se simplifică mult modul în care se conduce un astfel de robot, toate comenzile de deplasare facâdu-se din doar două triggere și un joystik cel de schimbare a direcției. Joystikul de direcție este cel de pe controlerul VR din mâna stângă. S-a preferat un joystick deoarece acesta are un punct central de revenire și o cursă stânga deapta perfect intuitivă pentru virajarea aferentă. Prin soft am făcut ca excursia liniară a joystikului să fie în mod continuu urmărită de motorul de direcție astfel încât la eliberarea lui, odată cu revenirea lui în punctul de echilibru central și motorul, respectiv roțile să revină automat pe direcția drept înainte, după modelul automotive.

Interfața a dat rezultatele scontate dar în acelși timp a generat și ideea interfeței generice care poate comanda 6,4 sau 2 roți motrice simultan în ambele variante de șasiu tip șenilă sau tip Ackermann ceea ce ar face posibilă acționarea oricărui tip de șasiu robotic ce folosește roti.

Simultan cu partea de acționare pe fiecare Raspberry Pi există câte o cameră IR care transmite în timp real și continuu imagini spre Centru de Comandă și Control. Partea de colimare a fost facută utilizând mai multe configurații de sisteme de colimare pentru determinarea corectă a efectului 3D. Pentru colimarea camerelor am utilizat o metodă originală creată de mine utilizabilă în orice domeniu optic binoclular. *Metoda este detaliată în amănunt în teză.*

Figura 5.12 - Elemente printate pentru determinarea valorilor de implementare a imaginii 3D



Testele premergătoare montării definitive pe șasiu au generat imagini 3D cu profunzime și efect 3D deosebit de real în conjunctura unei soluții având camerele diatanțate la 8cm.

Figura 5.13 - Modulul final de colimare și măsurare a distanțelor montată pe corpul robotului (realizat de doctorand).

Camerele sunt prevăzute inclusiv cu posibilitatea de a fi translatate în spectrul vizibil normal prin montarea unor filtre IR Cut în misiunile de zi. Distanțele optime între camere, pentru cel mai corect efect 3D, au fost determinate în zona 8 – 10 cm între axele focale, dar a fost preferată, din motive de spațiu, distanța mai mică respectiv de 8cm.

Pe cel de al doilea microcontroler a fost plasat senzorul laser LIDAR pentru determinarea distanței într-un punct central al campului vizual al operatorului. Imaginea în casca virtuală este afișată doar în partea stângă sus, dar ochii colimează foarte corect imaginea astfel încât numai este necesară afișarea și în partea dreaptă (ceea ce ar creea oarece probleme de colimare perfectă a scrisului).

Pe ambele microsisteme sunt montate sistemul de operare specific Raspian. Programarea tuturor elementelor controlate a fost scrisă în Python, deoarece există interpretor nativ în sistemul de operare Raspian. Scripturile sunt relativ indentice, deocamdată în ambele microsisteme Pi, dar pot și diferența în viitor dacă vom avea nevoie să echilibrăm încărcarea celor două procesoare urmare a unor viitoare dotări suplimentare cu alte module senzor și actuator (GPRS, GPS, etc) în cazul continuării finanțării cu un nou proiect. Scriptul Python aflat în fișierul „tcpserver.py" a fost făcut să se lanseze automat la fiecare încărcare a sistemului de operare.

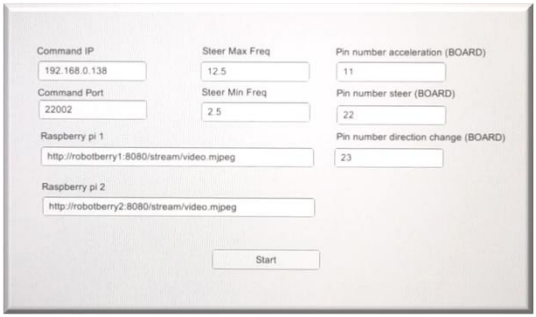
Toate **softurile ca și părțile hardware de comandă sunt 100% originale realizate de doctorand și optimizate** pentru acest robot.

A se consulta scriptul din fisierul "tcpserver.py" prezentat in teză.

Partea de legătură la internet este nativă la microsistemele Raspberry Pi precum și la Unitatea de Comandă și Control (Laptop ACER Predator – Wifi Nativ). Legătura dintre robot și Centru de Comandă și Control făcându-se prin conectarea tuturor participanților la internet care le asigură IP-uri rezervate fiecărui paticipant. Unitatea de Comandă și Control este cuplată cu un sistem modern VR Oculus Rift cu două controlere fiecare

având un joystick, 2 butoane trigger si trei butoane normale fără reținere. Softul necesar transmiterii biunivoce a tuturor informațiilor între robot și Unitatea de Comandă și Control a fost scris în editorul gratuit al motorului de jocuri UNITY un mediu extrem de propice pentru o astfel de interfațare virtuală 3D VR.

Figura 5.14 - Interfața de pornire și setări de pe Consola de Comandă și Control



Mediul de lucru fiind de tip Visual vom evidenția doar softul specific (care este, ca și restul softurilor, **100% original** și dedicat tezei și proiectului) fără cel de infrastructură care se generează automat la compilare (se vor pot veda in teza).

Acesta variantă de robot RoboMESS (nivel TRL4) rezultat direct al cercetării și implementării soluțiilor noi, deosebite și originale prezentate în această lucrare a fost realizată și finalizată fizic în cadrul unui proiect PED, Proiect PN-III-P2-2.1-PED-2016-0707(Contractul nr. 211PED/11.09.2017-Contractor: INCDMTM Bucuresti) având numele "SISTEM MECATRONIC INTELIGENT DESTINAT ASIGURĂRII SECURITĂȚII UMANE ÎN TIMPUL SECURIZĂRII OBIECTIVELOR ȘI A INTERVENȚIILOR ÎN ZONE DE RISC" și acronim MISO. Proiectul a fost finalizat în decembrie 2018 primind calificativul A- și a fost apreciat asa cum reiese din ***Fișa de evaluare finală primită de la UEFISCDI*** **(**Unitatea Executivă Pentru Finanțarea Învățământului Superior a Cercetării Dezvoltării și Inovării), citãm:

"4. Observatii și concluzii

Proiectul este complex, de mecatronică (electronică, mecanică și informatică). Apreciez soluția de realizare, pe baza unor subansambluri/cutii negre existente la subfurnizori, selectate, integrate și comandate de un sistem de teleoperare posibil funcțional în teren. Proiectul validează componente individuale ale tehnologiei, și chiar le integrează într-un sistem complet (TRL4), cu câteva probe de laborator, suplimentar față de obiectivele proiectului. Apreciez efortul pentru partea IT și electronică. Confirm că proiectarea si realizarea unor astfel de echipamente nu ridică probleme privind reproducerea lor in mediul industrial romanesc, toata tehnologia fiind perfect compatibila cu posibilitatile industriale actuale existente la noi in tara (permite reproductibilitate in serie). Dacă proiectul va fi dezvoltat în continuare, recomand atenție sporită acordată brațului robotic (a se vedea câmpul de acțiune, evitarea subdimensionării, calcule de stabilitate la

manipularea unor greutăți, mai ales în plan înclinat). Pagina web a proiectului este funcțională dar NU este actualizată.**”**

Realizarea robotului a fost facută pe module etanșe din plastic conținând partea electrică și electronică montate pe o structură de tip șasiu cu 6 roți (toate motrice) din care cele două din față sunt de direcție.

Figura 5.16 - Șasiul robotului având partea de comandă aplasată modular (în faza de lucru)

Pentru realizarea carcasei a fost folosit **un procedeu original** de modelare cu fibra de carbon si matriță din polistiren expandat avand ca liant rașină epoxidică.

Figura 5.17 - Depunerea straturilor de fibră de carbon (ca și restul operațiilor a fost facută manual)

Realizarea practică a confirmat valabilitatea tuturor soluțiilor propuse în această lucrare, generând posibilități multiple de dezvoltare și îmbunatățire în viitorul apropiat (ce vor face în mod cert obiectul unui sau unor proiecte ulterioare) dar generând în același timp și o versiune nouă de schemă hardware de comandă și control ce poate controla orice tip de șasiu robotic cu 3 pană la 6 roți utilizand virajări de tip șenilă și/sau virajare pe roțile din spate, față sau toate 6. Un singur sistem electronic ce poate controla în final un șasiu extrem de complex capabil să se deplaseze prin orice condiții vitrege de mediu datorită tocmai posibilităților de acționare duale. Schema este prezentată mai jos pentru cazul a 6 roți motoare și a unei singure grupări de roți pentru virajarea tip Ackermann, dar prin simpla multiplicare a canalelor se pot acționa oricâte roți dorim indiferent de soluția de virajare aleasă. Avantajul constă tocmai în faptul că se pot crea sisteme redundante (necesitate de primă importanță atunci când discutăm de fiabilitate în contextul salvărilor de vieți omenești sau de exemplu misiunilor de explorare a spațiului).

Figura 5.18 – Ochiul magic plasat în spate permite accesul vizual al operatorului la toate comenzile plasate în aceasta zonă (control încărcare acumulatori, control nivel acumulatori, accesare butoane setări).

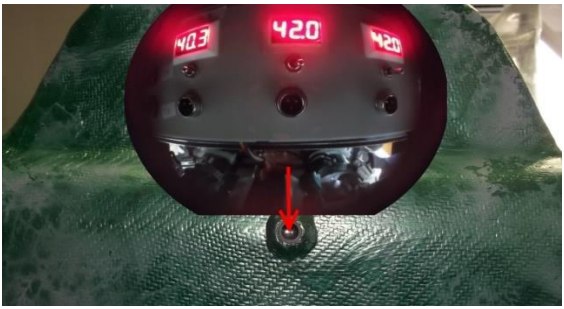
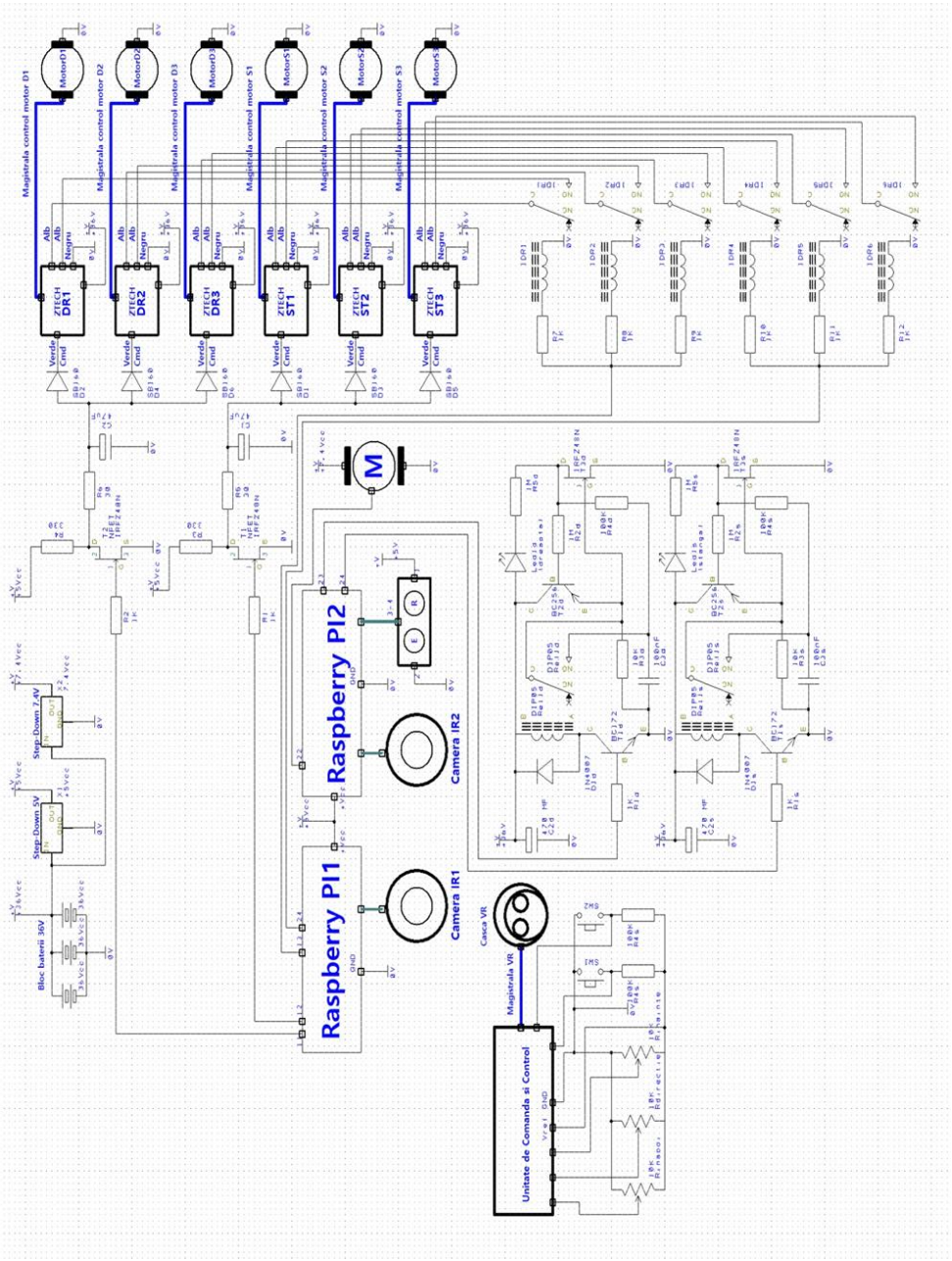


Figura 5.19 - Forma semi-finală a robotului utilizată în testele de reglaje finale

Tot pe Rpi2 prin virtualizarea spre server și apoi mai departe spre operator a unui port USB sunt trimise și recepționate toate comenzile aferente manipulării brațului robotic cu 5 grade de libertate cu care robotul este dotat, permițând astfel operatorului interacțiuni complexe cu mediul înconjurător situat la mari distanțe. Practic a fost folosit un braț robotic experimental Lynxmotion AL5D 4DOF Robotic Arm SSC-32U.

Figura 5.20 – Varianta finală de actionare a unui șasiu robotic, ves universală ce înglobează dualitatea sistemelor cu virajare tip șenilă cu cea de tip virajare pe roțile din față, spate sau integral (realizată de doctorand)


Raspberry PI1
Raspberry PI2
Camera IR1
Camera IR2
Unitate de Comanda si Control
Bloc baterii 36V
Step-Down 5V
Step-Down 7.4V
Magistrala control motor D1
Magistrala control motor D2
Magistrala control motor D3
Magistrala control motor S1
Magistrala control motor S2
Magistrala control motor S3
Magistrala VR
ZTECH DR1
ZTECH DR2
ZTECH DR3
ZTECH ST1
ZTECH ST2
ZTECH ST3

Proiectarea și realizarea întregului sistem ca și sistem deschis generează multiple posibilități de îmbunătățire a unui astfel de robot prin posibilitatea de a adauga noi sisteme de senzori și/sau actuatori (de exemplu unități GPRS ce dublează siguranța transmisiei de date între operator și robot, unități GPS care pot mări mult precizia localizării robotului în spațiul de lucru, montarea unui braț de interacționare cu mediul de mare putere pentru a putea manipula greutăți mari (structura actuală a robotului poate căra greutăți suplimentare de pană la 200 de kilograme, inclusiv persoane), îmbunătățirea informațiilor vizuale transmise spre operator cu un sistem de camere 3D având posibilități de baleiere controlată pe verticală și orizontală, adaugare de informație vizuală inclusiv din spatele robotului, creșterea rezoluției camerelor și frecvenței cadrelor prin compresii de date reoptimizate sau hardware și nu în ultimă instanță proiectarea unor șasie cu "n" roți capabile să poată fi comandate cu absolut toate posibilitățile oferite de schema de comandă și control din Figura 5.20.

CAP. VI - APLICAȚII INDUSTRIALE ALE REZULTATELOR CERCETĂRII

Așa cum a mai fost menționat, studiile și cercetările ce stau la baza acestei lucrari au generat un robot de tip RoboMESS in cadrul proiectului **PED-2016-0924, cod PN-III-P2-2.1-PED-2016-0707 cu denumirea SISTEM MECATRONIC INTELIGENT DESTINAT ASIGURARII SECURITATII UMANE IN TIMPUL SECURIZARII OBIECTIVELOR SI A INTERVENTIILOR IN ZONE DE RISC, Ctr. nr. 211PED/11.09.2017**. Proiectul a asigurat baza fundamentală atât a cercetării cât și a realizării acestui prototip. Dotările și laboratoarele existente în cadrul Institutului INCDMTM București au facut posibilă cercetarea, testarea și execuția finală a acestui robot pâna la nivelul **TRL4**. Încă de la începutul conceptului acestui proiect s-a plecat de la premiza creării unui robot de tip RoboMESS original, performant, optimizat din punct de vedere al costurilor și în același timp reproductibil în industria actuală românească. O atenție deosebită a fost acordată inclusiv posibilităților ulterioare de dezvoltare și îmbunătățire a acestei prime versiuni. Experiența căpătată urmare atât studiului și cercetării efectuate cât și a realizării efective a dezvăluit într-adevăr o bogată panoplie de posibilități privind "upgradarea" robotului așa cum se va arăta ulterior.

Obiectivele propuse au fost 100% atinse în cadrul proiectului, astfel încât putem menționa inclusiv existenta posibilității realizării unui astfel de robot în cadrul actualei industrii românești, așa cum se menționa în comentariile evaluatorului **UEFISCDI (**Unitatea Executivă Pentru Finanțarea Învățământului Superior a Cercetării Dezvoltării și Inovării) la sfârșitul proiectului, citãm:

"*… Confirm că proiectarea si realizarea unor astfel de echipamente nu ridică probleme privind reproducerea lor in mediul industrial romanesc, toata tehnologia fiind perfect compatibila cu posibilitatile industriale actuale existente la noi in tara (permite reproductibilitate in serie)…"*

În același timp o serie de soluții prezentate în această lucrare au fost preluate și folosite în alte proiecte din cadrul INCDMTM printre care menționăm:

- **Sistemul de telemetrie folosit la robot este în acest moment subiectul realizării unui proiect (în cadrul Centrului CERTIM din cadrul INCDMTM) al cărui scop final este execuția unui sistem original de măsurare cu laser a distanței și vitezei având un domeniu de lucru de la 0,5 m la peste 1,8 Km. Sistemul împrumută ideea de marcare video (dar în acest caz fiind doar 2D) de la partea de telemetrie a robotului creeând o bază de date de tip grafic (poză reală, cotată a obiectivului măsurat).**

- **Sistemul de vizualizare 3D a generat un alt proiect (în lucru) în care pe baza experienței acumulate se va încerca realizarea unui sistem portabil, ultra-ușor de tip "night-vison" ce va permite vederea pe timp de noapte la distanțe mari de peste 200 m, în timp real și cu posibilități de mărire tip zoom până la 7X (tot în departamentul CERTIM).**

- **Procedura originală de colimare a camerelor 3D ale robotului a fost folosită cu adaptări minime (în acest sens a fost necesara doar adăugarea pe echipament două micro-nivele cu bulă) în cadrul procedurii de aliniere a sistemului de masură Tylor Hobson Ultra High Precision Autocollimator din cadrul centrului CERMISO din cadrul INCDMTM București, micșorând astfel de peste 5 ori timpul de pregătire și calibrare în procedura efectivă de măsurare.**

- **Acceiași procedură de colimare a stat la baza unei noi și originale proceduri de colimare a sistemelor de tip binocular, adaptată de mine pentru uz astronomic (binocluri mici medii și mari, atât porro cât și roof, binoviewere, etc.) utilizată pe unul din cele mai mari forumuri de astronomie din Romania (http://www.astronomy.ro/) pentru reglarea instrumentelor fără echipamente specifice (extrem de scumpe și rare nu numai la noi în țară dar și în străinătate).**

- **În acest moment în cadrul Centrului CERMISO din INDMTM este de asemenea în lucru o propunere de proiect al cărui scop este efectiv realizarea unui nou robot de tip RoboMESS care va încerca cercetarea, experimentarea și realizarea tuturor posibilităților previzionate în această lucrare ca și dezvoltări și îmbunătățiri ulterioare.**

Astfel se prefigurează posibilitatea de transfer spre zona industrială a rezultatelor cercetării, testării și execuției existente în această lucrare, fapt care face ca teza în sine să fie și de tipul industrial aplicativă.

CAP. VII - CONCLUZII ȘI DIRECȚII NOI DE CERCETARE

VII.1 Concluzii

Soluția imaginată a unui robot de securitate și supraveghere inedit utilizând tehnologii și mai ales concepte noi, a avut o rezolvare certă. Majoritatea problemelor au fost depășite iar situațiile cele mai dificile au generat soluții noi deosebite creeând posibilitatea abordării unor noi posibile îmbunătățiri. În lucrare avem o serie de soluții moderne, ce nu au mai fost folosite până acum în proiectele mecatronice în general și în robotică în special. Mai mult, acum, ele sunt 100% funcționale și pot echipa efectiv robotul studiat. Astfel putem face o enumerare succintă a soluțiilor originale ce au fost inclusiv certificate funcțional:

- Utilizarea viziunii 3D combinată cu sunet sterofonic integrată într-un sistem de Realitate Virtuală pentru controlul robotului
- Utilizarea pentru prima oară a motoarelor tip BLDC integrate în roată într-un robot mecatronic
- Interfațarea driverelor analogice pentru motoare BLDC cu microsisteme de calcul digitale asigurând controlul complet și coerent al motoarelor, utilizând virajarea de tip „șenilă”.
- Interfațarea driverelor analogice pentru motoare BLDC cu microsisteme de calcul digitale asigurând controlul complet și coerent al motoarelor, utilizând virajarea de tip „Ackermann”.

- Structurile de interfațare concepute și verificate cu succes au dat și posibilitatea dezvoltării unei interfețe unice, universale, capabilă să conducă orice tip de robot al cărui șasiu foloseste 6 pană la 3 roți, virajare tip șenile sau Ackermann, sau orice combinație între acestea.
- Generarea de softuri aferente interfațării, noi, originale și suficient de rapide pentru a controla în timp real deplasarea roboților ce folosesc sisteme cu roți, control prin realitate virtuală 3D, telecomandă utilizând canale de internet de orice tip și telemetrie.
- Softul existent este deschis adăugării oricăror alte elemente de tip senzor sau actuator, altele decât braț mobil al cărei funcționalitate este în acest moment implementată cu modelul realizat. De exemplu modulele GPRS și GPS considerăm că pot fi utile dacă vor fi integrate în structura actuală.
- Realizarea unui sistem de supraveghere a încărcării bateriilor Li-Io, solidar cu robotul, minimizând pericolul exploziei sau incendiului și care asigură implicit o viteză mare de reîncărcare a acumulatorilor.
- Realizarea unei proceduri tehnologice originale pentru colimarea sistemelor de tip binocular fără utilizarea echipamentelor clasice specifice acestei activități (extrem de rare și foarte scumpe).

VII.2 Direcții noi în cercetare

Proiectarea și realizarea întregului sistem ca și sistem deschis generează multiple posibilități de îmbunătățire a unui astfel de robot, apărute ca și vizibilitate imediată după demonstrarea funcționalitații soluțiilor noi elaborate:

- Posibilitatea de a adauga noi sisteme de senzori și/sau actuatori (de exemplu unități GPRS ce dublează siguranța transmisiei de date între operator și robot:

a) unități GPS care pot mari mult precizia localizării robotului în spațiul de lucru,

b) montarea unui brat de interacționare cu mediul de mare putere pentru a putea manipula greutăți mari (structura actuală a robotului poate căra greutăți suplimentare de pană la 200 de kilograme, inclusiv persoane),

c) îmbunătățirea informațiilor vizuale transmise spre operator cu un sistem de camere 3D având posibilități de baleiere controlată pe verticală și orizontală,

d) adăugare de informație vizuală inclusiv din spatele robotului, creșterea rezoluției camerelor și frecvenței cadrelor prin compresii de date reoptimizate și/sau hardware mai performant),

- Proiectarea unor șasie cu “n” roți capabile să poată fi comandate cu absolut toate posibilitățile oferite de schema de comandă și control universală.
- Îmbunătățirea câmpului vizual prin montarea în fața camerelor unor transfocatoare de unghi mare astfel încât atunci cand este necesar, câmpul vizual să crească la circa 180 de grade.

Mai mult decât atât modelul propus, inclusiv în viitoarele eventuale versiuni îmbunătățite sunt soluții accesibile mediului industrial românesc putând fi reproduse chiar la nivel de serie.

VII.3 Caracterul industrial al tezei de doctorat

Teza de doctorat "STUDII, CERCETĂRI ȘI CONTRIBUȚII PRIVIND REALIZAREA UNUI ROBOT MECATRONIC INTELIGENT PENTRU APLICAȚII DE SECURITATE ȘI SUPRAVEGHERE" a fost concepută și realizată, utilizând soluții originale constructive și având aplicație directă în domeniile industriale orientate cu predilecție spre zona de securitate și supraveghere ale unor obiective strategice din Romania dar și in domeniul generic al roboților industriali. Majoritatea soluțiilor, algoritmilor, componentelor hardware sunt aplicabile în aplicații industriale adiacente individual sau ca întreg reprezentând un produs final de tip robot.

În toate fazele de cercetare și proiectare am ținut cond de condițiile, posibilitățile tehnice și financiare ale industriei românești, testând și optimizând în același timp toate soluțiile existente. Mai mult, majoritatea soluțiilor adoptate cu succes în partea de execuție au generat noi căi de dezvoltare, îmbunătățire si optimizare aplicabile ulterior atât în industre cât și în cecetare. Costurile de execuție minime au fost și vor fi și în continuare minimizate conceptul de dezvoltare având la bază idea utilizării unor echipamente hardware în plină dezvoltare, astfel încât o simplă schimbare a unui microsistem de calcul cu unul nou superior și conform uzanței 100% compatibil cu cel vechi, se va induce o creștere a performațelor robotului fără alte modificări.

De asemenea toate componentele electrice și electronice inclusiv cele originale executate în mod expres pentru aceasta lucrare de doctorat se pot procura și executa fără probleme de la furnizori existenți în țara noastră. Nici una din tehnologiile prezentate nu este tributară unor condiții extreme, imposibil de reprodus, sau generatoare de cheltuieli nejustificate. Tot necesarul de unelte software a fost astfel ales încât să nu necesite cheltuieli fiind utilizate medii de programare de tip gratuit, uzuale și cunoscute pe piața romanească. Astfel se dă inclusiv posibilitatea remodificării părții de software și hardware în momentul implementării industriale adecvat multiplelor posibilități de dezvoltare și adaptare a soluțiilor prezentate la un alt produs specific și dedicat nu doar domeniului de securitate și supraveghere.

Dat fiind apartenența doctorandului la Institutul Naţional de Cercetare-Dezvoltare pentru Mecatronică și Tehnica Măsurării (INCDMTM) care are ca obiect de activitate principal cercetarea ştiinţifică (atât fundamentală, cât și aplicată) și dezvoltarea tehnologică în domeniul mecanicii fine și al mecatronicii, transferul către industrie a know-how-ului poate fi făcut ușor, direct sau prin intermediul celor trei puncte de legătură cu industria deja existente în institut și perfect funcționale:

- Oficiul de Legături cu Industria
- Centru Releu de Transfer Tehnologic şi Consultanţă
- Centru Interregional de Inovare și Transfer Tehnologic Chișinău-Iași-București

Este și motivul pentru care majoritatea proiectelor CDI desfășurate în acest institut (INCDMTM – București), inclusiv acesta, sunt de peste 50, ani astfel concepute încât să fie facilitat la maxim transferul tehnologic și valorificarea rezultatelor cercetării spre industria românească.

CAP. VIII – Curriculum Vitae Angelescu Dorin

Curriculum vitae			
Informaţii personale			
Nume / Prenume	**ANGELESCU Dorin**		
Adresă	Bucuresti, str.Constantin Aricescu nr.27, bloc nr.21, scara 2, etaj 1,ap. 16, sector 1		
Telefon		Mobil:	0744325622
Fax			
E-mail	dorinnirod@yahoo.com		
Naţionalitate	romana		
Data naşterii	1 mai 1960		
Sex	masculin		
Locul de muncă vizat / Domeniul ocupaţional	Inginerie aplicata, IT		
Experienţa profesională			
Perioada	**2013 - prezent**		
Funcţia sau postul ocupat	Inginer Automatist		
Activităţi şi responsabilităţi principale	Proiectare si executie sisteme de automatizare aferente sistemelor mecatronice Proiectare si executie (hardware si software) a unui echipament complex de masurare a distentelor dintre sateliti pentru proiectul STAR “ Subsisteme pentru		

	Nanosateliti", acronym: SuNs – Ctr. Nr. 8/19.11.2012. Responsabil achizitii si membru in echipa de implementare a proiectului CENTRUL DE CERCETARE SISTEME MECATRONICE INTELIGENTE DE SECURIZARE OBIECTIVE SI INTERVENTIE - CERMISO, ID: P_36_618, Contract nr: 159/03.01.2017. Responsabil achizitii si membru in echipa de implementare a proiectului "CENTRU DE CERCETARE PENTRU TEHNICA MASURARII -CERTIM , Contract nr: 437/07.01.2013." Membru in echipa de implementare (proiectare si executie) pentru proiectul "Sistem Avansat de distributie a aerului in cabinele cosmonautilor de pe statia orbital ISS, Acronim: QUEST, ", Ctr nr. 128/2018 Proiectare si executie pentru proiectul "Sistem Mecatgronic Inteligent pentru asigurarearea securitatii omului in timpul operatiilor de securizare a obiectivelor si a interventiilor in zonelor cu risc", Acronim project: MISO - Ctr. nr. 211PED/11.09.2017.
Numele şi adresa angajatorului	**INCDMTM Bucuresti**
Tipul activităţii sau sectorul de activitate	Cercetare, Dezvoltare, Inovare
Perioada	**2012 - 2013**
Funcţia sau postul ocupat	Manager Sisteme Informatice
Activităţi şi responsabilităţi principale	Proiectare, executie, reparare, intretinere a echipamentelor hardware si retelistica a firmei compusa din 120 de calculatoare si perifericele aferente Elaborarea impreuna cu conducerea a strategiilor de achizitie IT corelate cu necesitatile de productie Elaborare strategiilor IT Suport si training pentru utilizatorii PC, retea si periferice aferente. Administrare sediu.
Numele şi adresa angajatorului	**SC Luca Way SRL Bucuresti**
Tipul activităţii sau sectorul de activitate	Proiectare si supervizare pentru infrastructura transport
Perioada	**2008 - 2012**
Funcţia sau postul ocupat	Manager Sisteme Informatice

Activităţi şi responsabilităţi principale	Proiectare, executie, reparare, intretinere a echipamentelor hardware si retelistica a firmei compusa din 120 de calculatoare si perifericele aferente Elaborare pachet software specializat pentru calculul racordarii drumurilor specific fazei de reabilitare Elaborare pacher software specializat pentru importul si formatarea automata bazelor de date topografice in mediul de calcul specific si CAD. Elaborarea impreuna cu conducerea a strategiilor de achizitie IT corelate cu necesitatile de productie Elaborare strategiilor IT Suport si training pentru utilizatorii PC, retea si periferice aferente. Administrare sediu.
Numele şi adresa angajatorului	**SC Poyry Romania SRL**
Tipul activităţii sau sectorul de activitate	Proiectare si supervizare pentru infrastructura transport
Perioada	**1996 - 2008**
Funcţia sau postul ocupat	Manager Sisteme Informatice
Activităţi şi responsabilităţi principale	Proiectare, achizitie si punere in opera a infrastructurii IT a firmei compusa din 110 de calculatoare si perifericele aferente. Proiectare si executie system complex de filtrare deparazitatre pentru sisteme de calcul cu microprocesor. Proiectare si executie retele de calculatoare pentru filialele Consilier Construct din : Brasov, Craiova, Arad si Cluj. Elaborare strategiilor IT din sediul central si cele din din provincie. Elaborarea impreuna cu conducerea a strategiilor de achizitie IT corelate cu necesitatile de productie Suport si training pentru utilizatorii PC , retea si periferice aferente. Software, sisteme de operare si aplicatii: MS-dos, Windows (95, 98, 2000, XP, 7), Microsoft, Borland Symantec, aplicatii Jawa, aplicatii Autodesk CAD, prelucrare de imagine, proiectare asistata, proiectare, executie si intretinere Netware, programare si implementare baze de date Servicii de consultanta pentru lucrari de supervizare in cadrul proiectelor din programul PHARE MULTI COUNTRY: ROM 1,3 &4 RS2Giurgiu , Bors , Nadlac; Proiectare si Consultanta sisteme de Iluminare Semanalizare si Comunicare pentru proiectul Autostrada Bucuresti-Constanta, Sectorul *3: Lehliu – Drajna Km 55+700*

	– *97+300;* Desemnat pentru studierea si continuarea implementarii programului HDM 4 si a echipamentelor necesare datelor de intrare Desemnat pentru studierea si continuarea implementarii programului BMS V2.0 si a echipamentelor necesare datelor de intrare Proiectare si implementare sistem de masuratori nedistructive a infrastructurilor Responsabil cu tehnica de calcul si elaborare soft necesar firmei in toate domeniile abordate. Activitate Licitatii si Oferte
Numele şi adresa angajatorului	**SC Consilier Construct SRL Bucuresti**
Tipul activităţii sau sectorul de activitate	Proiectare si supervizare pentru infrastructura transport
Perioada	**1991 - 1995**
Funcţia sau postul ocupat	Colaborator part time - Specialist IT
Activităţi şi responsabilităţi principale	Proiectare, achizitie si punere in opera a infrastructurii IT a firmei Lucrari soft pentru proiectare de constructii drumuri si poduri. Responsabil cu tehnica de calcul in cadrul firmei. Scolarizare angajati in domeniul operare IT generala si specifica activitatii de proiectare infrastructuri
Numele şi adresa angajatorului	**SC Consitrans SRL Bucuresti**
Tipul activităţii sau sectorul de activitate	Proiectare si supervizare pentru infrastructura transport
Perioada	**1994 - 1996**
Funcţia sau postul ocupat	Sef Sectie de productie
Activităţi şi responsabilităţi principale	Coordonare activitate de productie Infiintarea a 5 ateliere noi de Vopsitorie in camp electrostatic, Galvanizare, Corodare placi, Productie carcase mase plastice, Centru de calcul. Proiectare produse noi tip BLC. Punere in functiune Marketing si Vanzari
Numele şi adresa angajatoru	**SC IPA SA Bucuresti**
Tipul activităţii sau sectorul de activitate	Cercetare, proiectare si productie automatizari industriale.

Perioada	**1988 – 1996**
Funcţia sau postul ocupa	Inginer punere in functiune - sectia de productie
Activităţi şi responsabilităţi principale	Proiectare si ececutie pentru: Dispozitiv antipatinaj tip <DAP> Multiplexoare tip <MUX> Dulapuri tip <ROMECOB> Regulatoare pentru centrale hidroelectrice Diverse prototipuri de echipamente industriale O larga gama de B.L.C.-uri Asistenta tehnica si P.I.F. la beneficiar Soft aferent partii de control al proceselor de automatizare Soft pentru utilizator (contabilitate - financiar, gestionare baze de date diverse, proiectare electrica) Organizare expozitie A.G.I.R., doua expozitii interne I.P.A. , T.I.B 93 , T.I.B 94; Activitate de marketing - investitii in cadrul Sectiei de Productie
Numele şi adresa angajatorului	**SC IPA SA Bucuresti**
Tipul activităţii sau sectorul de activitate	Cercetare, proiectare si productie automatizari industriale.
Perioada	**1985 - 1988**
Funcţia sau postul ocupat	Inginer stagiar
Activităţi şi responsabilităţi principale	Intretinerea sistemelor de automatizari existente in combinat; Proiectare sistem de avertizare si memorare avarii in sectia SRA. Depanare si asistenta tehnica la punerea in functiune a noilor investitii (platforma 3 <TITAN - ZIRCONIU >) Investitii in cadrul platformei 3 (TITAN - ZIRCONIU).
Numele şi adresa angajatorului	**Combinatul Chimic Giurgiu, platforma 2, sectia S.R.A. (Sisteme de Reglare Automata)**
Tipul activităţii sau sectorul de activitate	Productie diverse produse chimice.
Educaţie şi formare	
Perioada	**1980 – 1985**
Calificarea / diploma	Inginer automatizari si calculatoare

obţinută	
Disciplinele principale studiate / competenţe profesionale dobândite	Automatizari industriale si calculatoare
Numele şi tipul instituţiei de învăţământ / furnizorului de formare	**Institutul Politehnic Bucuresti - Facultatea de Automatica si Calculatoare**
Perioada	**1995**
Calificarea / diploma obţinută	**Cercetator Stiintific**
Disciplinele principale studiate / competenţe profesionale dobândite	Lucrare Software - „*Inteligenta artificiala, metode de simulare si algoritmi decizionali folosind limbaje de programare structurata de nivel inalt* „
Numele şi tipul instituţiei de învăţământ / furnizorului de formare	**Concurs pentru obtinerea gradului de Cercetator Stiintific - Sc IPA SA Bucuresti**
Nivelul în clasificarea naţională sau internaţională	
Perioada	**1995**
Calificarea / diploma obţinută	Certificat de absolvire nr. 60/10-03-1995
Disciplinele principale studiate / competenţe profesionale dobândite	Borland C++
Numele şi tipul instituţiei de învăţământ / furnizorului de formare	DynaTek Rom–America S.A.
Perioada	**2013**
Numele şi tipul instituţiei de învăţământ / furnizorului de formare	Asociatia Evaluatorilor de Proiecte Nationale si Europene
Calificarea / diploma obţinută	Membru ASEVAL

Numele şi tipul instituţiei de învăţământ / furnizorului de formare	ASOCIAŢIA PROFESIONALĂ PATRONATUL ROMÂN DIN INDUSTRIA DE MECANICĂ FINĂ, OPTICĂ ŞI MECATRONICĂ
Calificarea / diploma obţinută	Membru APROMECA
Perioada	2019
Numele şi tipul instituţiei de învăţământ / furnizorului de formare	**Concurs pentru obtinerea gradului de Cercetator Stiintific III - Institutul Naţional de Cercetare-Dezvoltare pentru Mecatronică si Tehnica Masurării (INCDMTM) - Bucuresti**
Calificarea / diploma obţinută	**Cercetator Stiintific III**
Limbi Straine	**Nivel**

	Înţelegere		**Vorbire**		**Scriere**
Nivel european (*)	Ascultare	Citire	Participare conversaţie	Discurs oral	Exprimare scrisă
Engleza	C1 *Avansat*	C1 *Avansat*	C1 *Avansat*	C1 *Avansat*	C1 *Avansat*
Franceza	C1 *Avansat*	C1 *Avansat*	C1 *Avansat*	C1 *Avansat*	C1 *Avansat*

(*) Nivelul Cadrului European Comun de Referinţă Pentru Limbi Străine

Competenţe şi abilităţi sociale	Lucru în echipă: am lucrat de la început până în prezent în diferite colective, în cadrul cărora m-am integrat şi am avut relaţii foarte bune, buna capacitate de comunicare, indrumare si control Sociabil: sunt o persoană care stabileşte uşor relaţii sociale Comunicare: sunt o persoană comunicativă
Competenţe şi aptitudini organizatorice	Bun organizator: in majoritatea cazurilor am fost nevoit sa rezolv singur nu doar indatoririle specifice pozitiei, dar am fost mereu angrenat si in celelalte activitati ale firmelor in cadrul carora am lucrat. Am condus în condiţii foarte bune activitatea din cadrul compartimentelor in care am lucrat. Sunt un bun manager. Imi ajut colegii la nevoie. Particip la toate activitatile in care este implicata firma.
Competenţe şi aptitudini teh	Ma consider un inginer competent cu foarte bune aptitudini tehinice, in contextul in

	care sunt pasionat de tot ceea ce inseamna ingineria in mai toate aspectele ei. Am fost implicat in toate domeniile acestei meserii , o respect si o voi sluji in continuare cu aceeasi pasiune ca la inceput.
Competenţe şi aptitudini utilizare a calculatorului	Pot face orice in domeniul IT, atat harware si software, chiar daca in unele situatii trebuie mici perioade de asimilare / pregatire in cazul abordarii unui domeniu nou neutilizat pana in momentul respectiv.
Lucrari elaborate s publicate	1- Revista “Instrumentatia Nr.1 – 1997”, editura AAIR Titlul lucrarii: “Perpetua incercare” Autori: Angelescu Dorin 2 - Publicat in platforma Degruyter articolele din Buletinul Stiintific al Universitatii Valahia din Targoviste. Materiale si Mecanica, Vol.15/Nr.13/2017. Titlul lucrarii: “Intelligent 3D Video-Laser System for Measuring Distance and Avoidance of Obstruct Obstacles Integrable Into Robotic Platforms” Autori: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe 3- Sesiunea de comunicari stiintifice “PROGRESUL TEHNOLOGIC - REZULTAT AL CERCETARII 27 aprilie 2017 – AGIR” Titlul lucrarii: “Sistem integronic inteligent video-laser pentru măsurarea distanţei şi vitezei corpurilor aflate la distanţe mari” Autori: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe 4- Simpozion DOCTORAL – Scoala Doctorala Valahia – septembrie 2017 Titlul lucrarii: “STUDIU PRIVIND UTILIZAREA SENZORILOR, ACTUATORILOR SI ALGORITMILOR DE COMANDĂ ŞI CONTROL FOLOSITI IN CONSTRUCTIA ROBOTILOR MECATRONICI” Autori: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe 5- Publicat Springer:” The 5th International Conference on Advanced Manufacturing Engineering and Technologies (NEWTECH), University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Serbia, 5 - 9 iunie 2017” Ttlul Lucrarii: “Flexible Control System Used in the Nano-technological Production Flow”

	Autori: Popan Gheorghe, Angelescu Dorin 6- Sesiunea de comunicari stiintifice “PROGRESUL TEHNOLOGIC - REZULTAT AL CERCETARII 26 aprilie 2018 – AGIR” Titlul lucrarii: “Sistem cyber-mixmecatronic inteligent pentru controlul roboților de securitate și supraveghere” Autori: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe 7-The Scientific Bulletin of VALAHIA University MATERIALS and MECHANICS –Vol. 16, No. 14 – iunie – 2018, publicat pe platforma DeGruyter. Titlul lucrarii: “INTELLIGENT CYBER-MIXMECHATRONIC MICRO-SYSTEM FOR MONITORING AND CONTROLLING THE SECURITY AND SURVEILLANCE ROBOTS” Autori: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe 8-AL XVI-LEA SIMPOZION NAŢIONAL DE „MECATRONICĂ ŞI INGINERIE MECANICĂ, MICROTEHNOLOGII ŞI MATERIALE NOI” MMI IIMMMMMMNN- --222000111888 UNIVERSITATEA “VALAHIA” DIN TÂRGOVIŞTE FACULTATEA INGINERIA MATERIALELOR ŞI MECANICĂ - F.I.M.M. 20.07.2018 Titlul lucrarii: “Intelligent Platform with BLDC Drives and Microsystems for Mechatronic Applications in Security and Surveillance” Autori: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe 9- Conferinta internationala ICOMECIME 2018 6.07.2018 Titlul lucrarii: “The New INCMDMT Research Center for Intelligent Mechatronic Systems used for Securing Objectives and Intervention – CERMISO” Autori: Popan Gheorghe, Angelescu Dorin 10- AGIR – SINGRO 2018 – Brasov 07.09.2018

	Titlul lucrarii: “Platforma inteligentă cu motoare de curent continuu de tip BLDC și cu microsisteme de calcul pentru aplicații mecatronice de securitate și supraveghere” Autori: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe 11 - Simpozion AGIR “PROGRESUL TEHNOLOGIC - REZULTAT AL CERCETĂRII” 09.05.2019 Titlul lucrarii: “Robot cyber-mixmecatronic pentru aplicații de securitate și supraveghere (RMSS)” Autori: drd. Ing. Dorin Angelescu, prof. univ. dr. Ing. D.H.C. Gheorghe Ion Gheorghe , INCDMTM - Bucuresti 03.10.2019 12- Oros Daraban, A.E.; Negrea, C.S.; Artimon, F.G.; Angelescu, D.; Popan, G.; Gheorghe, S.I.; Gheorghe, M. A Deep Look at Metal Additive Manufacturing Recycling and Use Tools for Sustainability Performance. Sustainability 2019, 11, 5494-5513. DOI: 10.3390/su11195494, 2.59 ISI factor (https://www.mdpi.com/2071-1050/11/19/5494) 13- A.E. Daraban (Oros), D.Angelescu, F.G.P. Artimon, S.I. Gheorghe, C. Negrea, G. Popan - Optimal solutions and advanced technologies for innovative products to build smart mechatronics systems using life cycle assessment, Conference Proceeding Global and Regional in Environmental Protection GLOREP 2108, Timisoara 15-17 November, 2018, 51-54, Ed. Politehnica Timisoara, ISBN 978-606-35-0238-5 (Article including eco-design and advanced technologies for smart mechatronics systems using LCA)
Experienta specifica in proie-	- Elaborare studii la Proiect Nucleu PN16 21 04 02 – Cresterea capacitatii de cercetare a INCDMTM in domeniul masuratorilor inteligente cu laser si consolidarea conexiunii cu spatiul european de cercetare; - Elaborare studii la Proiect Nucleu PN 19 37 01 02 – Cresterea perfomantelor si asigurarea mentenantei in cadrul sistemelor și proceselor de productie mecatronice inteligente asigurate de utilizarea echipamentelor si sistemelor inovative de control.

	- Elaborare solutii tehnice proiect PED - MISO - Mechatronic Intelligent System for human protection by securing objectives and interventions in risk areas - Intocmirea, verificarea si evaluarea dosare de achizitie pentru proiectul Programului POC - proiect: CERMISO - Centru de Cercetare Sisteme Mecatronice Inteligente de Securizare Obiective si Interventie, POC 2014-2020, actiunea 111 – Mari infrastructuri de cercetare CD; - Intocmirea, verificarea si evaluarea Cererilor de Finantare pentru Programele spatiale STAR: subsisteme pentru nanosateliti SuNs; Vehicul pentru explorarea suprafetelor planetelor; - Elaborarea de solutii tehnice in cadrul proiectului ROSA-STAR: Sistem avansat de difuzare a aerului in habitaclul statiei spatiale ISS si alte tipuri de habitate spatiale (QUEST - Advanced air diffusion system of the crew quarters for the ISS and deep space habitation systems); - Intocmirea, verificarea si evaluarea Cererilor de Finantare, elaborare solutii tehnice pentru programul spatial ESA: Stand de testare in laborator a deplasarii satelitilor. - Elaborare solutii tehnice si realizare sistem de masurare a distantelor intre sateliti in cadrul proiectului STAR “Subsisteme pentru nano sateliti” - Intocmirea, verificarea, evaluarea dosare de achizitie si achizitie echipamente pentru proiectul “Centru de cercetare pentru tehnica masurari – CERTIM”
Competenţe şi aptitu artistice	Am talent la desen si o pregatire de 6 ani la scoala de muzica. Ambele domenii se inscriu, in continuare, printre multiplele mele pasiuni.
Alte competenţe şi aptitudin	Testare si diagnoza auto, aplicatii software GPS, optica pentru aplicatii terestre si astronomice
Permis de conducere	Permis cat. B dobandit in 1989
Informaţii suplimentare	
Anexe	La cerere voi trimite anexele cerute.

CAP. IX - Lista de lucrări Angelescu Dorin

1 - Revista "Instrumentatia Nr.1 – 1997", editura AAIR

Titlul lucrarii:

"Perpetua incercare"

Autori: Angelescu Dorin

2 - Publicat in platforma Degruyter articolele din Buletinul Stiintific al Universitatii Valahia din Targoviste. Materiale si Mecanica, Vol.15/Nr.13/2017.

Titlul lucrarii:

"Intelligent 3D Video-Laser System for Measuring Distance and Avoidance of Obstruct Obstacles Integrable Into Robotic Platforms"

Autori: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe

3- Sesiunea de comunicari stiintifice "PROGRESUL TEHNOLOGIC - REZULTAT AL CERCETARII 27 aprilie 2017 – AGIR"

Titlul lucrarii:

"Sistem integronic inteligent video-laser pentru măsurarea distanţei şi vitezei corpurilor aflate la distanţe mari"

Autori: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe

4- Simpozion DOCTORAL – Scoala Doctorala Valahia – septembrie 2017

Titlul lucrarii:

"STUDIU PRIVIND UTILIZAREA SENZORILOR, ACTUATORILOR SI ALGORITMILOR DE COMANDĂ ȘI CONTROL FOLOSITI IN CONSTRUCTIA ROBOTILOR MECATRONICI"

Autori: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe

5- Publicat Springer:" The 5th International Conference on Advanced Manufacturing Engineering and Technologies (NEWTECH), University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Serbia, 5 - 9 iunie 2017"

Ttlul Lucrarii:

"Flexible Control System Used in the Nano-technological Production Flow"

Autori: Popan Gheorghe, Angelescu Dorin

6- Sesiunea de comunicari stiintifice "PROGRESUL TEHNOLOGIC - REZULTAT AL CERCETARII 26 aprilie 2018 – AGIR"

Titlul lucrarii:

"Sistem cyber-mixmecatronic inteligent pentru controlul roboților de securitate și supraveghere"

Autori: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe

7-The Scientific Bulletin of VALAHIA University MATERIALS and MECHANICS –Vol. 16, No. 14 – iunie – 2018, publicat pe platforma DeGruyter.

Titlul lucrarii:

“INTELLIGENT CYBER-MIXMECHATRONIC MICRO-SYSTEM FOR MONITORING AND CONTROLLING THE SECURITY AND SURVEILLANCE ROBOTS”

Autori: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe

8-AL XVI-LEA SIMPOZION NAȚIONAL DE „MECATRONICĂ ȘI INGINERIE MECANICĂ, MICROTEHNOLOGII ȘI MATERIALE NOI” MMI IIMMMMMMNN- --222000111888 UNIVERSITATEA “VALAHIA” DIN TÂRGOVIȘTE FACULTATEA INGINERIA MATERIALELOR ȘI MECANICĂ - F.I.M.M.

20.07.2018

Titlul lucrarii:

“Intelligent Platform with BLDC Drives and Microsystems for Mechatronic Applications in Security and Surveillance”

Autori: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe

9- Conferinta internationala ICOMECIME 2018

6.07.2018

Titlul lucrarii:

“The New INCMDMT Research Center for Intelligent Mechatronic Systems used for Securing Objectives and Intervention – CERMISO”

Autori: Popan Gheorghe, Angelescu Dorin

10- AGIR – SINGRO 2018 – Brasov

07.09.2018

Titlul lucrarii:

“Platforma inteligentă cu motoare de curent continuu de tip BLDC și cu microsisteme de calcul pentru aplicații mecatronice de securitate și supraveghere”

Autori: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe

11 - Simpozion AGIR “PROGRESUL TEHNOLOGIC - REZULTAT AL CERCETĂRII”

09.05.2019

Titlul lucrarii:

“Robot cyber-mixmecatronic pentru aplicații de securitate și supraveghere (RMSS)”

Autori: drd. Ing. Dorin Angelescu, prof. univ. dr. Ing. D.H.C. Gheorghe Ion Gheorghe , INCDMTM - Bucuresti

03.10.2019

12*- Oros Daraban, A.E.; Negrea, C.S.; Artimon, F.G.; Angelescu, D.; Popan, G.; Gheorghe, S.I.; Gheorghe,* M. A Deep Look at Metal Additive Manufacturing Recycling and Use Tools for Sustainability Performance. Sustainability *2019, 11, 5494-5513. DOI: 10.3390/su11195494, 2.59 ISI factor*

(https://www.mdpi.com/2071-1050/11/19/5494)

13- A.E. Daraban (Oros), D.Angelescu, F.G.P. Artimon, S.I. Gheorghe, C. Negrea, G. Popan - *Optimal solutions and advanced technologies for innovative products to build smart mechatronics systems using life cycle assessment*, **Conference Proceeding Global and Regional in Environmental Protection GLOREP 2108**, Timisoara 15-17 November, 2018, 51-54, Ed. Politehnica Timisoara, ISBN 978-606-35-0238-5 (Article including eco-design and advanced technologies for smart mechatronics systems using LCA)

MINISTRY OF EDUCATION AND RESEARCH
"VALAHIA" UNIVERSITY of TÂRGOVIȘTE
IOSUD - DOCTORAL SCHOOL OF ENGINEERING SCIENCES
FUNDAMENTAL FIELD OF ENGINEERING SCIENCES
MECHANICAL ENGINEERING

SUMMARY OF THESIS

STUDIES, RESEARCH AND CONTRIBUTIONS REGARDING THE CONSTRUCTION OF AN INTELLIGENT MECHATRONIC ROBOT FOR SECURITY AND SUPERVISION APPLICATIONS

PhD SUPERVISOR,

Prof. Univ. Dr. Ing. EurIng. Dr.H.C. Gheorghe I. GHEORGHE

Phd. Student,

Drd. Ing. Dorin ANGELESCU

Târgoviște

Year 2020

CONTENTS:

CHAPTER I - MECHATRONICS - THE SCIENCE OF THE FUTURE AND INTELLIGENT ROBOTICS 1

I.1 - When mechatronics comes to life, robots appear 2

CHAPTER II - STRUCTURAL ANALYSIS AND FUNCTIONS OF MECATRONIC ROBOTS FOR SECURITY AND SURVEILLANCE APPLICATIONS 4

II.1 Chassis and wheels for RoboMESS 4

II.2 Computing microsystems, controllers, sensors and actuators for RoboMESS 8

II.3 Communication system with the operator 18

II.4 The energy system 19

CHAPTER III - INTERMEDIATE CONCLUSIONS 21

III.1 - Mechatronic security and surveillance robot RoboMESS 22

CHAPTER IV - ACKERMANN TYPE CHASSIS WITH CONTROL POSSIBILITIES THROUGH DIGITAL INTERFACE WITH COMPUTER MICROSYSTEMS 23

CHAPTER V - DESIGN, DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN ORIGINAL CONFIGURATION OF INTELLIGENT MECATRONIC ROBOT FOR SECURITY AND SURVEILLANCE 27

CHAPTER VI - INDUSTRIAL APPLICATIONS OF RESEARCH RESULTS 43

CHAPTER VII - NEW RESEARCH CONCLUSIONS AND DIRECTIONS 45

VII.1 Conclusions 45

VII.2 New directions in research 46

VII.3 The industrial character of the doctoral thesis 47

CHAPTER VIII - Curriculum Vitae Angelescu Dorin 48

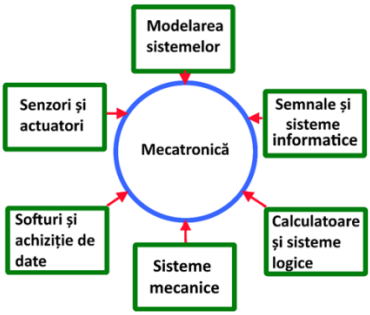
CHAPTER IX - List of works by Angelescu Dorin 58

Keywords: Robot, Intelligent mechatronic robot, Security, Surveillance

CHAPTER I - MECHATRONICS - THE SCIENCE OF THE FUTURE AND INTELLIGENT ROBOTICS

The name "Mechatronics" is based on a proposal from the Japanese engineer Tetsuro Mori, an engineer of the Japanese company Yasakawa Electric Company. In the filing for the trademark, Yasakawa defines this new concept as follows: "The term Mechatronics is composed of the word mecha derived from the word mechanism and the word tronics derived from the word electronics", justifying the need for this new name as follows: "This this is necessary because new and future technologies and the products generated by them will have more and more electronics incorporated so intertwined with the mechanical part that it will be really impossible to show where one ends and another begins ”.

Figure 1.1 - Main components of mechatronics



If we were to define the key elements of mechatronics, they would be similar to those in Figure 1.1, respectively grouped into five key elements. It is no coincidence that the structure of mechatronics is reminiscent of the structure of a human body, just as it is no coincidence that robots are one of its most representative and spectacular creations. The elements are as follows:

Sensors and actuators - consisting of a wide range of sensors and actuators that allow the exchange of information and interactive relational exchange with the working environment of the mechatronic system. Overall an equivalent of the central nervous system integrated with the muscular system.

Computers and logic systems - consisting of powerful logic computing units, capable of real-time processing of all desired data and drives in the work environment. Why not, even an equivalent of the human brain in a form still relatively inferior, yet having superior computing power, compared to it.

Mechanical systems - consisting of all the mechanical components of support and interaction between the elements of a mechatronic product, easily assimilated to the bone structure of the human body.

Signals and computer systems - consisting of the architecture of signals necessary to maintain all component systems in operation and the correlation of all communication channels and interaction between the component modules of a mechatronic system. A true equivalent of the human neuro-vegetative system.

Software and data acquisition - consisting of active software elements necessary for information processing and ensuring the unambiguous transfer input / output of the mechatronic system in its relationship with the environment in terms of information. In fact, programs, decision-making algorithms, integral parts of a human thought process in the perpetual attempt to copy the perfection of nature.

Systems modeling - consisting of powerful mathematical devices that together with systems theory make possible the description, simulation and virtual study of any process that is to be integrated into a mechatronic form. Perhaps the most complex similarity with the human side, complex thinking, imagination, logical interpretation and the power to understand and explain the phenomena around us.

Thus mechatronics is the natural stage occurred in the evolutionary process of modern engineering, becoming practically a true methodology used in the creation and optimization of electromechanical systems and micro-nanosystems (MEMS & NEMS).

The present paper aims to systematically approach the mentioned modules in correlation with the algorithmic part related to them as component parts of an intelligent robot. The very generic notion of robot can be seen as a transposition into practice of all the intrinsically linked mechatronic elements in an attempt to imitate man.

I.1 - When mechatronics comes to life, robots appear

The name robot (from the Czech robot) was used by Josef Čapek and Karel Čapek in their science fiction works in the early twentieth century. The word robot is of Slavic origin and can be translated as: work or forced labor. Nowadays, the term is already commonly and internationally accepted worldwide, being an ultramodern product of mechatronic sciences and technologies. Created just to make people's work easier, robots have entered everyday life today. In all areas, automation has generated specific forms of robots adapted to the functions and operations for which they are intended.

Special category, robots with security applications are those that must have the greatest power to adapt to the hostile environment, to be distinguished from resistant to hostile interventions, to have as much autonomy as possible and to be able to perform the finest operations in the field . Basically, these robots must have the highest possible accuracy of the information transmitted to the operator, but also ensure the reverse by executing the received orders just as accurately. Whether carrying out reconnaissance missions, rescue, defusing explosive dangers or even attacking combat missions, security robots must be led by the human operator, the situations in which he carries out his activity are so complex that we can not yet rely on a self-determination software system.

There are several types of such robots in developed countries, but their number is extremely small and they are not widely used, being used especially in the military and space.

.

Figure 1.2 - DRDO robot

Figure 1.3 - TALON attack robot and human operator

Relatively few and still in the research and development phase, security and surveillance robots are increasingly used being still at the beginning of the road.

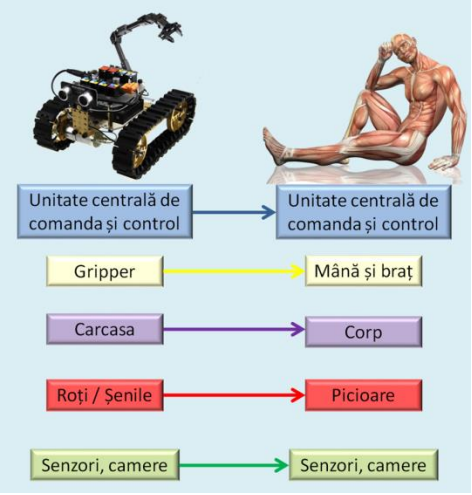
We distinguish two current trends in the development of small and medium-sized terrestrial robots, namely a line of robots dedicated strictly to a narrow field with strictly specializations, equipment and optimal intelligence for that field and robots with multiple configurations able to transform according to several different situations, which may occur in hostile actions.

CHAPTER II - STRUCTURAL ANALYSIS AND FUNCTIONS OF MECATRONIC ROBOTS FOR SECURITY AND SURVEILLANCE APPLICATIONS

The robot in its various forms existing at this time in the world is only the attempt, less and less technologically limited, to recreate an artificial being similar to the living one. Being therefore a more faithful extension of the human operator, we can generalize and say that a security and surveillance robot (RoboMESS) becomes dependent on a functional structure specific to life, a living being capable of surviving and exploring the environment. For this, such a robot must have in its structure:

- **Body** (Robot Chassis) - a structure capable of protecting its own vital "organs";
- **Feet** (wheels) - to ensure mobility;
- **Brain** (controllers and computational microsystems) - necessary for processing received information;
- **Sense organs** (sensors) - necessary for the effective reception of environmental information;
- **Arms with prehensile limbs** (articulated arm, actuators) - for interacting with the environment;
- **Communication system** (WiFi, GPS) - to be able to transmit and receive information to operators or other databases;
- **Energy** (Accumulators) - an individual energy system that will provide the energy needed for all actions.

Figura 2.1 - Robotul extensie multiformă a formei umane

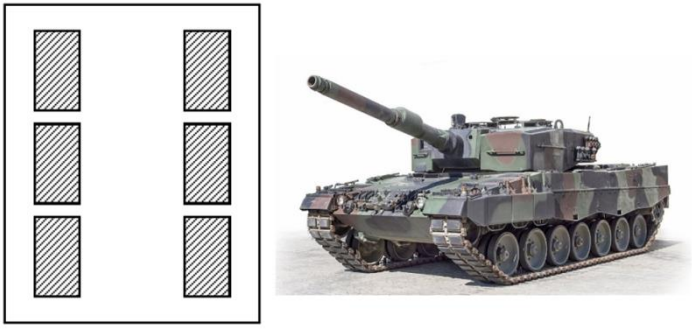


II.1 Chassis and wheels for RoboMESS

Each type of chassis has its advantages and disadvantages as the perfect chassis does not exist. Each type must be considered, weighed and then possibly chosen and why not subject to changes specific to the desired

application. Basically for a RoboMESS type robot we need a structure similar to the one in Figure 2.2 because we want it to be a solid structure, able to move on rough terrain, but also one capable of reaching relatively high speeds (maximum speed approx. 10km / h on uneven terrain), but having at the same time the possibility of being able to be maneuvered at low speeds, precisely and with small angle turns but also stable at higher speeds. The system must be as simple as possible from a mechanical point of view and have a minimum of moving parts in order to increase its reliability in missions. At the same time, the chassis system must be as cheap as possible in terms of capacity / price ratio, as the possibility of a totally destructive factor during the mission, which would lead to irreparable damage to the robot (explosions, sabotage, etc.). Consequently, a structure as mentioned above was similar to the one in Figure 2.2. 6 wheels were agreed primarily out of a desire to ensure some redundancy of the robot in the context of unwanted events that may occur during the mission as a result of which essential parts of the undercarriage may fail.

Figure 2.2 - Fixed and motorized 6-wheel system (caterpillar equivalent). Turning is done by independent control of each group of 3 side wheels (actually all differential type or caterpillar type). Allows skidding / sliding during cornering.

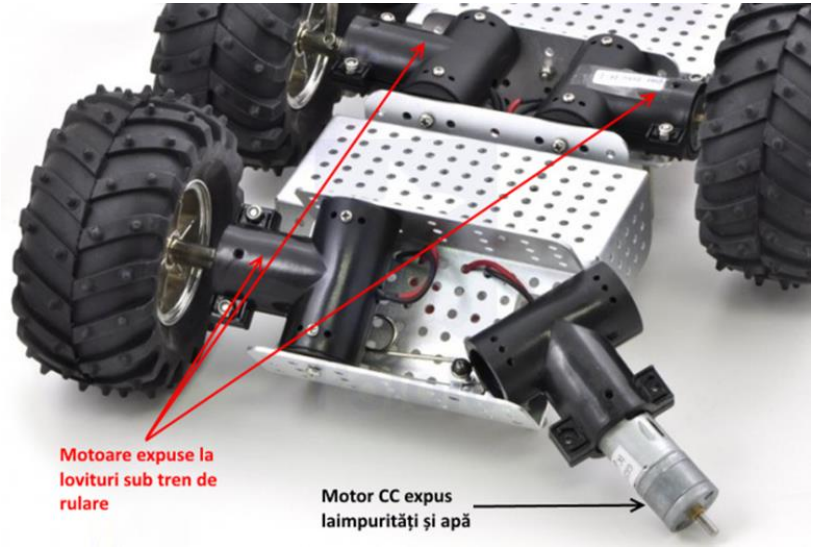


Initially, we started from a structure composed of 6 wheels, each with a diameter of 250 mm, each mounted directly on the axis of the corresponding drive motor in a direct drive system. The motors are brushless DC motors and a single control winding. The engines are embedded in articulated cages that represent the suspension of the chassis with spring-type active elements.

The low location of the engines ensures a center of gravity placed inside the chassis surface. However, this advantage is paid dearly by the reduction of the ground clearance of the chassis. It becomes 92 mm, and will probably have to be reduced due to the need to mount a shield type necessary for the protection of electric motors. Placing electric motors at such a short distance has led to the conclusion that the solution is still not the most suitable if only because all 6 motors are exposed to shocks that may occur while moving under the chassis. The solution of a shield in this respect would make the chassis more difficult and this would have been well avoided. Another dissatisfaction came from the fact that in order to synchronize the electric motors as

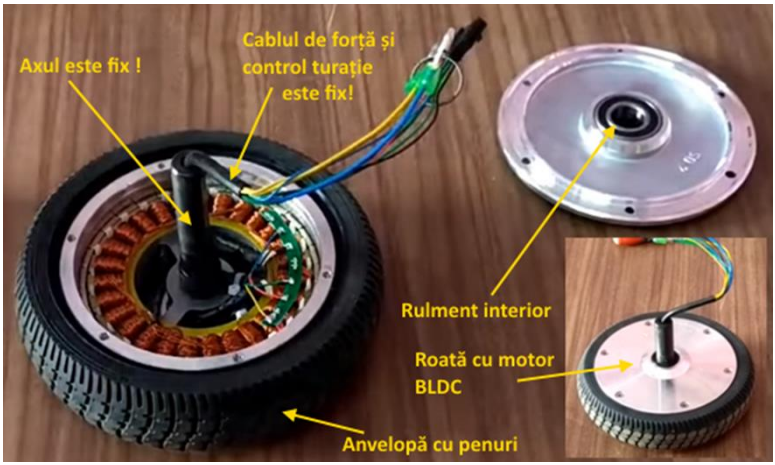
well as possible, it was necessary to mount an incremental speed transducer on each wheel, which would be mechanically complicated.

Figure 2.3 - Dagu chassis does not protect engines in this structure from dirt, water and shocks under the moving train



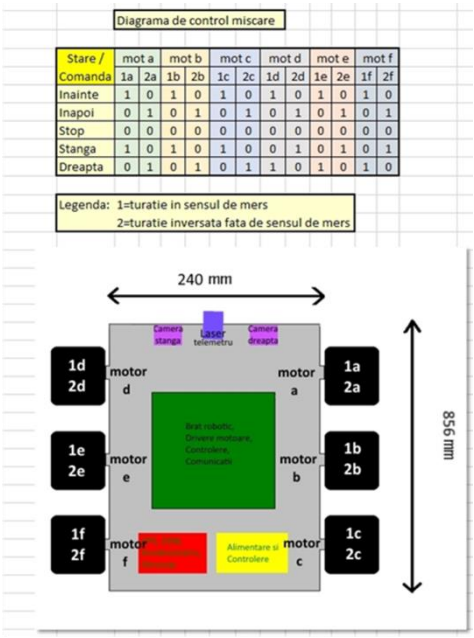
In order to overcome these shortcomings, studies were resumed, especially aiming at changing the electric motors that had to develop a little more power but especially to be able to be synchronized as accurately as possible. We came to the conclusion that despite the control difficulties, the new generation BLDC type motors (DC brushless motors) meet these requirements with flying colors. Not only do they constructively contain Hall-type sensors dedicated to precise speed control, but they constructively take up less space than conventional ones while having much better efficiency and reliability. Finally, the most important feature of an engine of this type is the possibility of its execution right inside a wheel. Moreover, such an engine made inside a wheel is already in the IP64 protection class, providing both dust and water protection. Constructively the wheel axis is fixed and therefore the connecting wires (both power and control) do not require rotational contacts. And last but not least, this brushless motor, which also ensures a much higher reliability in the context of low maintenance. The novelty of this approach is that these types of engines (recently released on the market) are as interesting as they are difficult to control with a digital interface. Basically, they come from the Automotive area, which makes all the existing controllers to be of the analog type in terms of command and control, thus raising a great challenge not yet tried both in the country and abroad. Thus, for the first time, these wheels with built-in motor were to be used in the construction of mechatronic robots.

Figure 2.4 - Three-phase brushless DC motor wheel, BLDC type pulse-controlled, integrated inside, a state-of-the-art novelty in mechatronics



Such a structure may be driven by a motion diagram of the type shown in Figure 2.5, provided that only non-slip / effective skid movements between the wheels and the running surface have been shown.

Figure 2.5 - RoboMESS robot movement diagram and its equipment with the expected modules

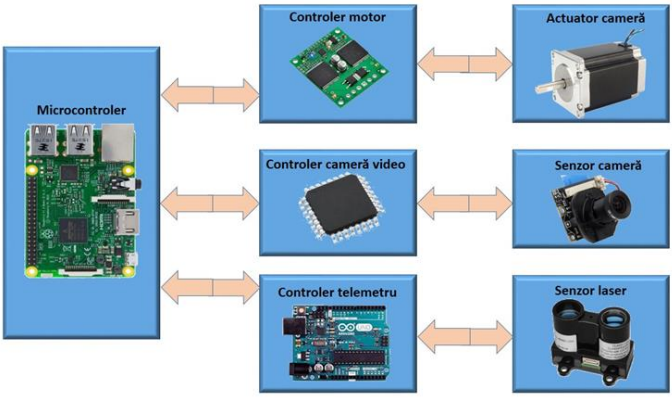


The solution of a 6-wheel system of BLDC type thus becomes a new, original solution and which moreover will generate in the end a series of other innovative and even universal solutions (valid on several chassis structures).

II.2 Computing microsystems, controllers, sensors and actuators for RoboMESS

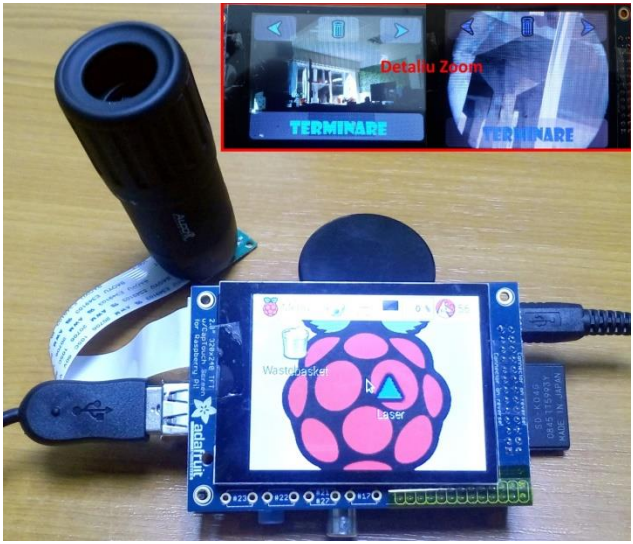
Basically, when we talk about robots, there is a component of Artificial Intelligence that is absolutely necessary for their proper functioning. A robot therefore needs the hardware support on which the software programs that will effectively implement this intelligence will run. Thus we come to generically define these hardware devices as controllers and computational microsystems. A controller is a simpler piece of hardware and whose role and functions are generally dedicated to a specific purpose. A controller can control for example a motor or another actuator. Of course, this is done implicitly through a software program, in turn dedicated to both the specific action and the controller. A controller performs, in principle, a single task more or less complex and dedicated, in an extremely short time and with minimal energy consumption. A computing microsystem can perform several tasks in parallel by controlling several even different actuators at the same time, similar to a synchronized collection of several controllers with different dedications. The boundary between the controller and the computing microsystem, lately, is becoming smaller and smaller, with the incredible increase in the performance (to the detriment of the volume) of the computing microsystems. Basically, the two classes intertwine but have not yet been unified into a single command and control system. So that the most common structure today is of the type shown in Figure 2.6. Because we can't talk about controllers and computational microsystems dedicated to RoboMESS robots without interconnecting them with the part of specific sensors and actuators.

Figure 2.6 - Structure composed of computing microsystem and specific controllers



Thus in a simplified presentation, the chaining of computing microsystems and controllers, depending on the complexity of the desired functions for execution, can be extrapolated to a much larger number of modules. The basic idea is that one or more controllers are controlled by a computing microsystem. In general, microcontrollers are powerful computing systems that can already be similar to the ubiquitous IBM PC computers in terms of computing power and execution speed. However, they are much smaller in volume and implicitly less energy consuming, which makes them perfectly adaptable for the robotics industry. From the computing microsystems we can mention the Raspberry PI type development boards and the Arduino type microcontrollers respectively as the most representative and financially profitable, which is why they were used in most tests, research, studies and achievements of intelligent components of RoboMESS.

Figure 2.7 - Mono video module used in experiments and determinations (consisting of Raspberry Pi, lcd controller and camcorder controller)

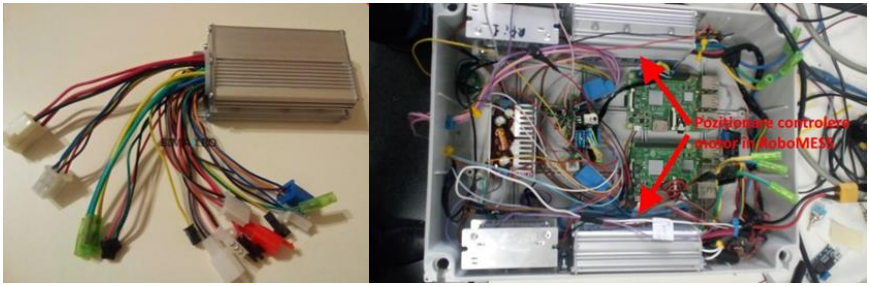


As we have shown, controllers are not always compatible with computing microsystems, in which case we find no other possibility of compatibility than creating a compatibility interface between them. Unfortunately, this is the case with the RoboMESS robot, respectively on the engine side.

The recent appearance of these types of three-phase BLDC motors has as a side effect a great lack on the domestic and international market of dedicated controllers. This is implicitly due to the high powers developed by such engines which led to the use of the batch with predilection in the Automotive area where the effective control is analog. Such a motor with integrated construction in the wheel of the type used in the RoboMESS robot can have powers of 180 W / wheel (at the supply voltage of 36 V). There is only one type of controller (manufactured in several versions of power and voltage) which are made to be operated directly with

electromechanical elements of analog control type. One such controller is the ZTECH E80030-B controller capable of controlling motors with powers up to 450W and supply voltages of 36V or 48V.

Figure 2.8 - ZTECH E80030-B controller, perfectly compatible with three-phase BLDC motors but not with the computing microsystem (on the right the controllers placed in the final shape in the robot)

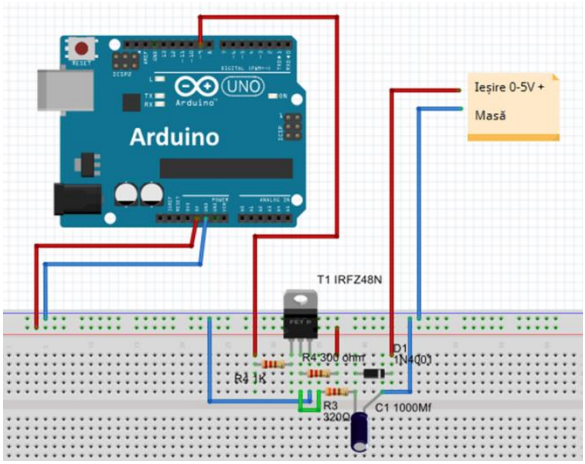


So a controller that needs an interface to an Arduino type computing microsystem was the solution found in this first phase, the generic intention being the attempt to control with this triad the entire movement system of the robot. These **solutions are 100% original** and are particularly interesting both as solutions and as further possibilities for development in mechatronic robotics. The first problem was actually accelerating and decelerating the engine. In the catalog data (in turn extremely poor in information) it was difficult to identify the necessary data as well as the useful values and areas.

Figure 2.9 - ZTECH E80030-B connector, with 4 wires for motor speed control.

Thus, in tests and trials, we found that the black wire and the red wire need a stabilized voltage of 5V (ground black, red plus), and on the green wire a voltage trip from 0V to 4.8V is required, the motor speed being direct. proportional to the trip of the control voltage (0V - motor stopped, 4.8V - motor at maximum speed). The voltage trip is accompanied by a minimum operating current of about 30 mA. However, another problem arises, because the Arduiono UNO R3 microsystem does not have an output with analog-to-digital converter as would have been ideal for such a command. Consequently, we resorted to an adaptation scheme like the one in Figure 2.10. We used a PWM output where we actually used a duration modulation function of the pulses which were then digitally converted analog to group T1, R1, C1, D1 in DC voltage trip. Thus, on the output of the assembly, we managed a perfectly linear 0-5V trip necessary to control the engine speed..

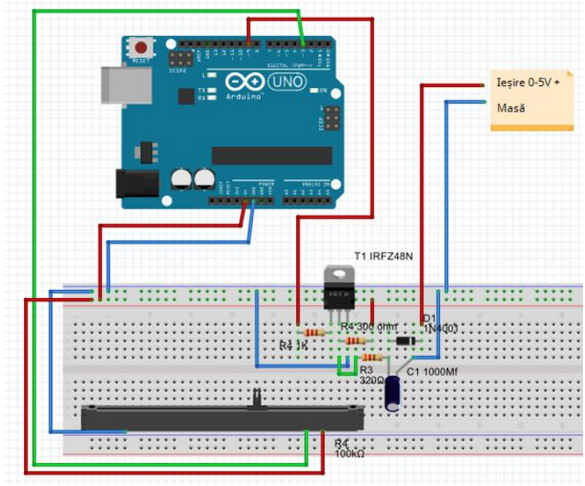
Figure 2.10 - Arduino interface with the ZTECH 80030 controller



For Arduino acceleration control we used two methods. The first method consisted of linear control of engine acceleration and deceleration and the second method of step control of both acceleration and deceleration.

For the first method we used a potentiometric divider on one of the analog inputs of the Arduino. We used a 100 Kohm potentiometer on the input pin 3 of the Arduino and the output pin PWM 9. All **hardware and software solutions are 100% original** created and optimized in this work to be applied in mechatronic robotics.

Figure 2.11 - Linear motor speed control with a potentiometric resistive divider of 100K



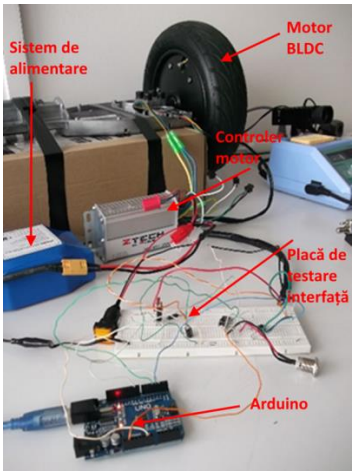
The operating software with a linear resistive divider can be consulted in the thesis.

Thus we obtained linear shapes of the output voltage which allowed to determine the exact range of operation, respectively of actuation of the controller. Thus it was located between the minimum threshold of 1.2V (control voltage that starts the motor at its lowest speed) and 3.8V (voltage at which regardless of its increase to 5V, the motor speed is at the maximum limited by the controller) . These data become important both for the actual control range and especially for the fact that the interface was successfully successful for the first time in such a Controller-Motor structure.

These new solutions, the success of which has been confirmed by successive tests and optimizations in this thesis, have opened a new path in the use of this type of BLDC engine embedded in the wheel, generating new perspectives, as I will show in the following chapters.

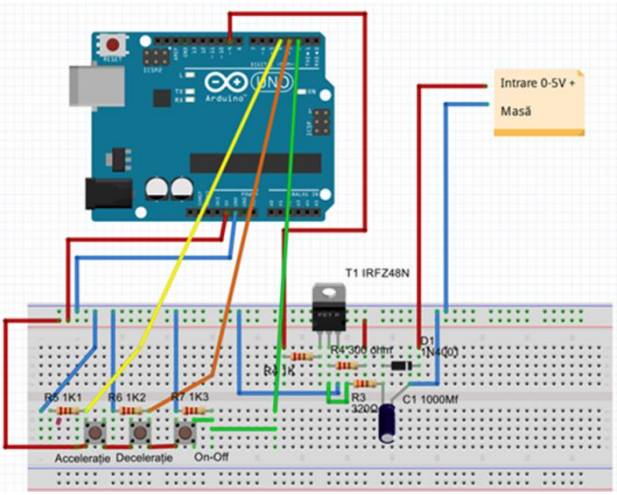
The next step was to drive the engine in acceleration and deceleration in discrete steps because we considered the safest and most consistent method of controlling the engines. In this sense, the potentiometric divider was replaced by two microswitch buttons, one to accelerate and the other to decelerate the engine.

Figure 2.12 - Mounting the Arduino - ZTECH interface on the test bench



Later, a third button was added, the role of which is the “contact key” of the system, which can effectively stop or start the rotation in any conditions, such as the chassis (movement, saturation, mechanical work with the moving arm, etc.) and independent of orders coming in other ways. It will later be used in the software of braking and disengaging the wheels. Of course, these buttons will be replaced in the final model with software pulses, the transformation being now easy and obviously functional. It is also the reason why we considered as the most advantageous for this robot, a speed control in discrete steps, ensuring a more precise control and at the same time more easily controllable software. All the solutions studied and presented are **100% original** and are the subject of this thesis.

Figure 2.13 - Acceleration and deceleration in steps with microswitches including start-stop function



The control software for acceleration and deceleration in steps and start button off can be consulted in the thesis.

Another **original solution** was generated by the need to change the direction of rotation of the engines. Basically, the control coupling 7 used in the documentation "Initialization sense" is used. This requires shorting the two white wires on the "Initialize sense" type jacks for a certain amount of time, optimally.

Figure 2.14 - The "Initialization direction" coupling requires a firm contact between the two white wires of a well-defined duration to initiate the change of direction of the robot wheels (detail technical documentation ZTECH E80030-B)

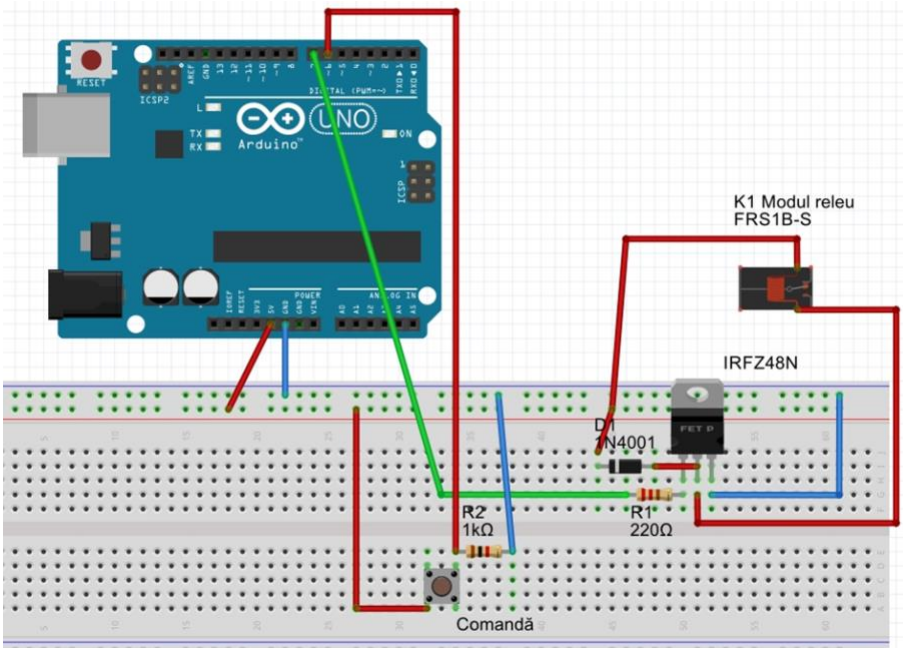
Basically, the duration of the impulse must be long enough to effectively change direction, but also short enough so that the drive wheels do not actually start rotating in the opposite direction as we found that the controller was designed. The ZTECH controller was not designed to control the movements of a robot so that when maintaining a longer contact on the contacts 7, the motor not only reverses its direction of rotation but also actually starts the rotation of the motor in this new direction. This function itself, although interesting for the future braking function, for the chassis turning process is only useful if the durations required to complete the following cases can be controlled very precisely:

(1) The time required to reverse the direction but without actually starting the engine rotation in the opposite direction

(2) The time required to reverse the direction but with effective starting of the engine rotation in the opposite direction.

In this sense we used an actuation scheme also based on the Arduino controller, which operates a module with single channel actuation relay (Figure 2.15). It should be mentioned again that these solutions presented are entirely new, original made by me being the result of the total lack on the domestic and foreign market of similar possibilities to use this type of engine in the construction of mechatronic robots..

Figure 2.15 - The "Direction initialization" coupling requires a firm contact of a well-defined duration (provided here by the K1 relay module - controlled by IRFZ48N by an Arduino) to initiate the change of direction of the robot wheels



Below is the actuation code for the relay module with determined self-holding time (*can be consulted in the thesis*). The relay is triggered with the value of the "delay" command (in microseconds).

From the tests we determined that the optimal time needed to reverse the direction of rotation of the wheels is 100 milliseconds. To test the synchronization, both control channels were executed for each group of three wheels. The electronic assembly in the final form is presented in Figure 2.16.

Figure 2.16 - Final control assembly for all 6 wheels, including the change of direction system, made by me *during the tests*

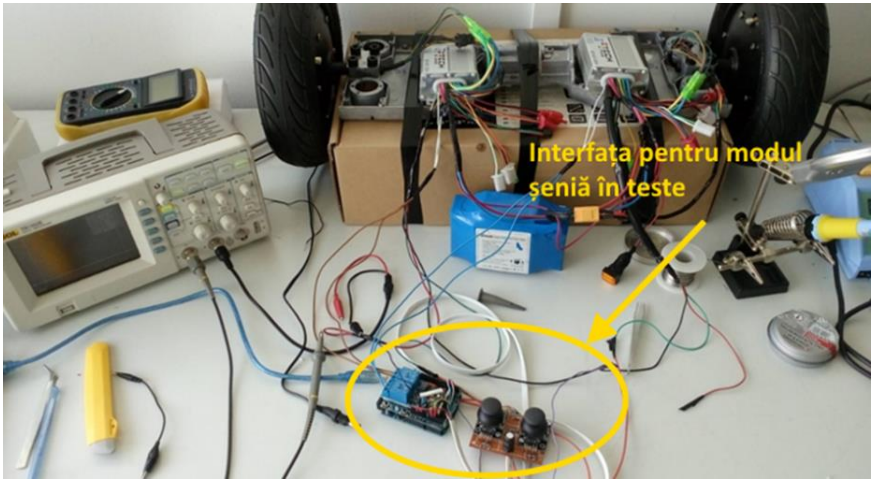
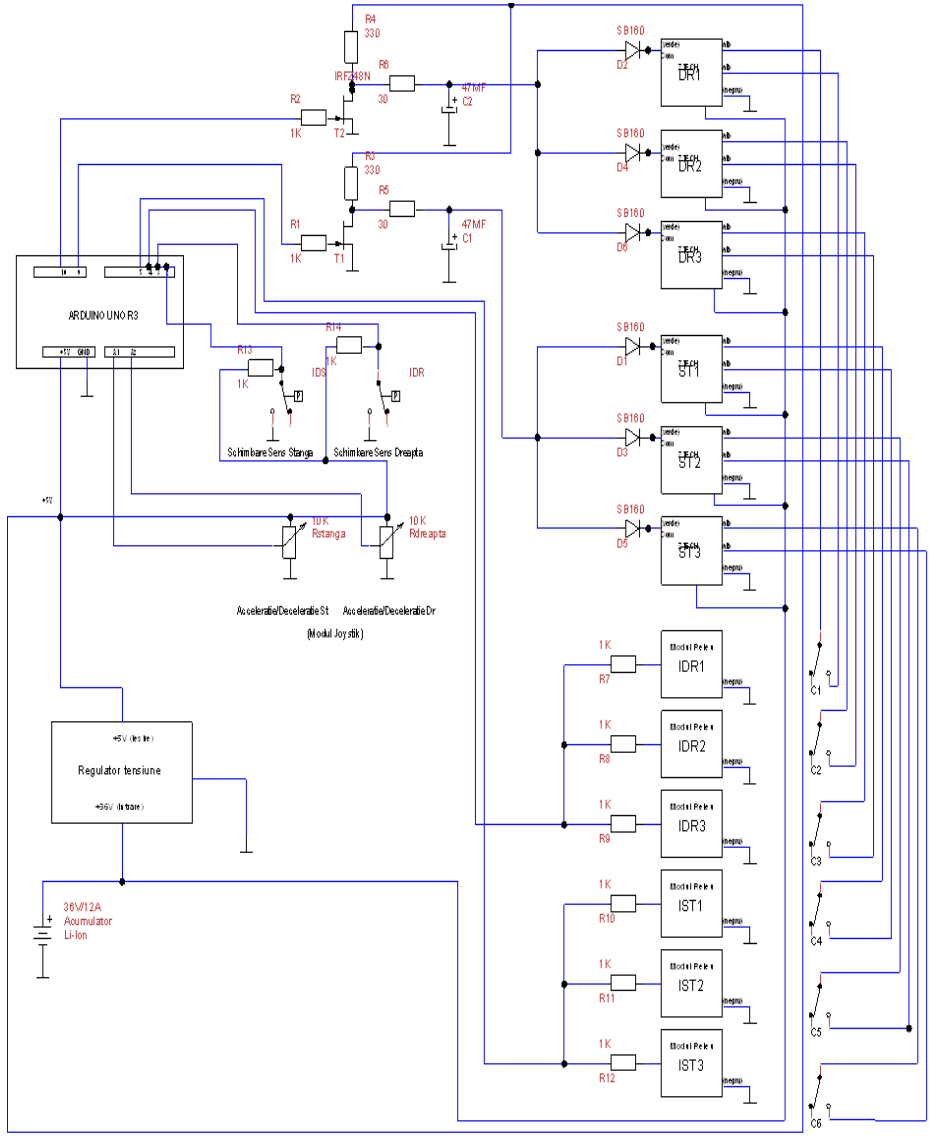


Figure 2.17 shows the final control diagram of the robot movement system which is a 100% original and perfectly functional solution. Step down DC / DC voltage regulators were used to power the Arduino modules and microsystem. The direction change pulses are generated by means of relay modules controlled by a double Joystick module having a physical connection between them and the robot.

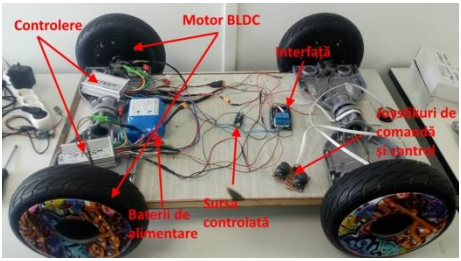
The tests generated small changes in the final software, making specific alignments specific to each trip of the potentiometers in the control joysticks and the implementation of the reversal duration meaning 100 milliseconds as the optimal value..

Figure 2.17 - Wiring diagram of the final control assembly for all 6 wheels, including the change of direction system



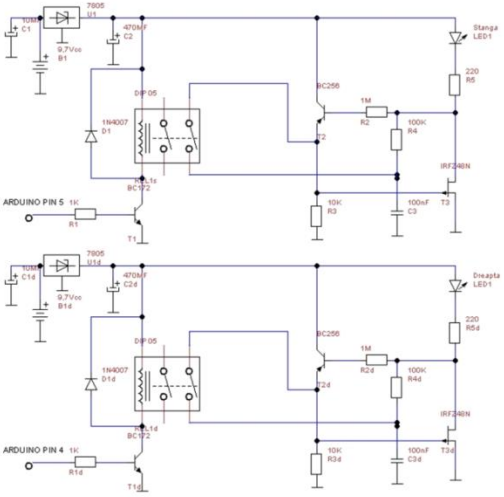
Finally, the software version loaded in the computing microsystem can be consulted in the thesis.

Figure 2.18 - The simple 4-wheel test chassis (of which only two wheels are drive) that I made to finalize the final parameters of the command and control software used for mouvement



Another drawback of the ZTECH controller is that the change of direction of the wheel speed is made without being able to be signaled to the operator. Even if the diagram in Figure 2.61 performs the switching in a firm and correct way at each actuation, in real guiding mode, it was practically felt the need for a status signaling of the wheel direction. Practically to overcome this shortcoming we made a new type of actuator both optically and electrically of the direction of travel parameter as shown in Figure 2.17. The process is resumed cyclically, thus signaling by the LED on the backward rotation of the robot's motors, respectively the rotation in the forward direction by the LED off. If we want to transmit the direction of travel to the operator, we now have access to an electrical signal that can be detected, transmitted, processed or compared to any analog or digital system that is desired.

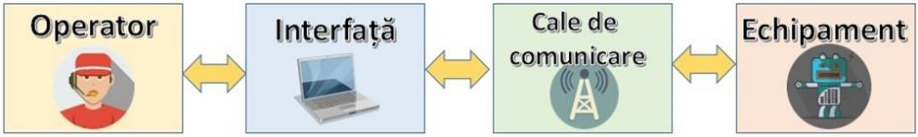
Figure 2.19 - Actuator system for optical and electrical signaling of the change of direction of the motors



II.3 Communication system with the operator

The human-machine interaction has been and continues to be a multiple challenge for new creators, being a complex ensemble that involves not only a technical-functional aspect but also a psychological, physiological and even emotional impact. If we were to synthesize the relationship between an operator and an equipment we notice that it can be represented by a generic form such as the one in Figure 2.20.

Figure 2.20 - Simplified man-machine chain diagram in a remote-controlled structure



Thus, today, for the remote control of RoboMESS robots, optimized graphical interfaces are generally used, such as a computing terminal or even an effective computing system. Portable laptop or notebook systems are preferred especially due to the great possibilities to be transported quickly to work locations. Thus the final element of the interface becomes in this case the screen of the computer system or of the terminal. It can display in real time both the video and audio information needed to operate the robot. It is possible to ensure a 2D virtual environment which, however, has the disadvantage of not being able to give the actual spatial information that man perceives naturally and naturally if it were physically present in the site. It must be taken into account that for a better orientation in the field, man needs a spatial view and at least a stereophonic sound, perceptions that could only be partially offered by the classical system. Thus appeared the original and unique idea I realized of using interfaces capable of providing information in three dimensions (3D) that combined with the sound can almost perfectly recreate the dimensional spatiality specific to a person present in the place where the operation actually takes place.

Figure 2.21 - Oculus Rift 3D virtual headphones ensure a coherent virtual reality at the level of current 3D artificial creations (games, graphic simulations, 3D design, etc.)

They have the possibility to process both 3D video information and stereo-spatial audio information and have at the same time elements of interaction with the virtual environment both classic (joystick elements, buttons, directional pad, etc.) and modern state-of-the-art would be gyroscopic sensors, positioning sensors, accelerometers, etc. This can solve the problem of immersing the operator's eyes and ears in the 3D environment of the virtual headset, leaving at the level of the limbs the effective interaction with the remote controlled robot.

Basically, the central command and control unit will be an IBM PC computer system (Windows 10 operating system) that will be connected through an IoT channel with the robot itself. The IBM PC will be equipped with internet access provided by a Wi-Fi internet operator or GSM operator. In turn, the robot will also be connected to the same network via an Adafruit FONA 808 interface connected to a Raspberry Pi 3 Model B + or microsystem. The generic structure of the microsystems that form part of the robot will be completed after the completion of all tests and the determination of all the functions necessary for a good orientation in real time and with a maximum accuracy of the remote controls.

In this sense, as a central command and control unit, a high-performance laptop with the following characteristics is used: Acer Predator 17x Gaming Laptop with Intel® Core ™ i7-7820HK 2.90 GHz processor, Kaby Lake, 17.3 ", Full HD, IPS, 32GB, 1TB + 3 x 256 SSD, NVIDIA® GeForce® GTX 1080 8GB, Windows 10. This model is "3D ready" respectively able to communicate with the operator control interface which is practically a system "Oculus Rift HD VR Headset for PC" equipped with “Oculus Touch” (Figure 2.21).

II.4 The energy system

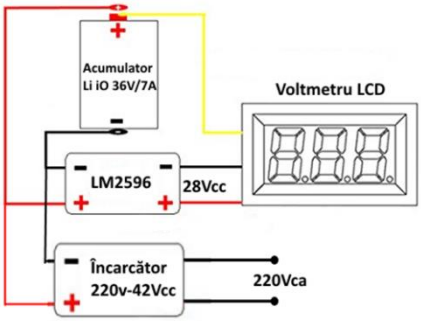
In principle, the essential consuming energy part of the RoboMESS robot is the robot itself, which must actually have mobile energy sources that can ensure its operation in the actual working environment, complete the mission and ensure the return Home ("Home" represents in this case the location where the Command and Control unit is located). Basically we will focus on ensuring an energy need represented by:

- 2 X Arduino (5V / 1A) = 2X5W = 10W
- 3 X Rapberry Pi (3,3V / 2A) = 3 x 6,6W = 19,8W
- Other Interface Microsystems 5V / 3 A = 15W
- 6 X motors BLDC = 6x180W = 1080W

Which leads to a final power (maximum consumption values of the components were considered above!) Of 1124.8 W. For a better balance we considered the final required power as 1200W. For reasons of reliability and safety on the go, we have divided the energy demand into three battery packs, each with a supply voltage of 36V and therefore a current requirement of 12 A, respectively. The voltage requirement below the voltage

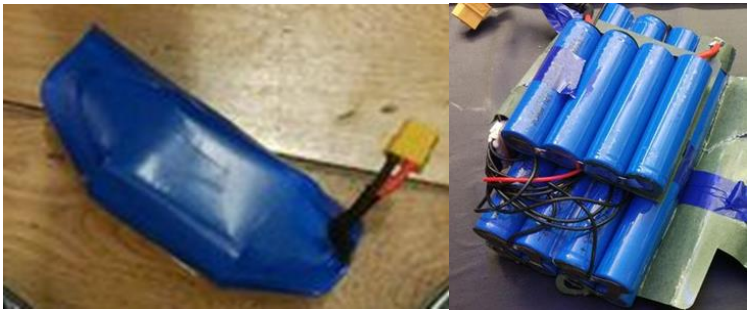
of 36 V is obtained with stabilizing sources of voltage type LM7805 (5V), LM7812 (12V) or step down voltage sources type LM2596 (linearly adjustable between 2V-32V). To charge the batteries, 3 42V / 2 A automatic charging modules were used, on which LCD microvoltmeters were mounted for visual tracking of the charging value. This redundant approach to charging mode was preferred due to the possibility of very precise tracking by the operator of how to recharge the battery packs, which being of the Li-Ion type, can cause explosion, fire and / or other adjacent damage in case of overload.

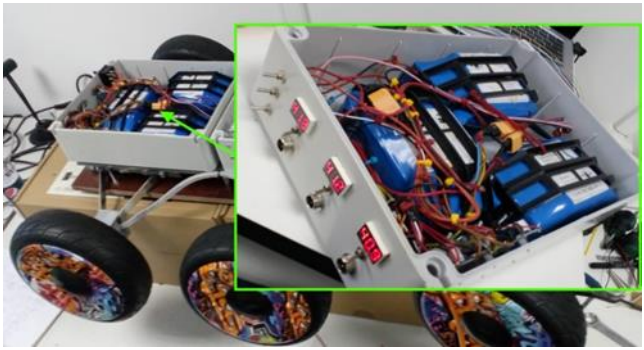
Figure 2.22 - The battery recharging system has the possibility to track the charging voltage on an LCD display (when the voltage reaches 42V the batteries are 100% charged)



The risk of overcharging is reduced, including in the event of failure of the 220Vac charging source (failure of the decoupling system, overheating on continuous pulse supply, etc.) in which case it can generally lead to battery damage, explosion, fire, etc. Three separate charging modules were made according to Figure 2.22 in order to be able to recharge all 3 battery modules simultaneously. The triple redundancy of the charging systems was used precisely to minimize the actual recharging time of the robot's batteries..

Figure 2.23 - Battery pack ready, battery pack in preparation and the final location of the robot power supply unit made by me





CHAPTER III - INTERMEDIATE CONCLUSIONS

The solutions found and applied in the system, the modules used and the basic ideas from which the project was started are correct and functional. The equipment can be not only finalized in the proposed parameters but also meets the requirements of the proposed RoboMESS type robot despite the difficulties encountered along the way due to the use of new and modern systems used in robotics and mechatronics, respectively the use of an ultramodern propulsion system, unique in this field. The interconnection of all component modules both hardware and software in order to complete the robot is at least correctly resolved so far.

Finally, we can see that in the paper I have a series of modern and original solutions that have not been used so far in mechatronic projects in general and in robotics in particular.:

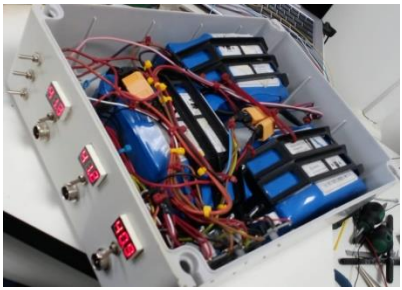
(1) Use of 3D vision combined with stereo sound integrated in a Virtual Reality system for robot control

(2) First-time use of BLDC-type motors integrated in the wheel in a mechatronic robot

(3) Interfacing analog drivers for BLDC motors with digital computing microsystems ensuring complete and consistent motor control

(4) Generating interface software, new, original and fast enough to control in real time the movement of robots using wheeled systems

(5) Implementation of a Li IO battery charge monitoring system, minimizing the danger of explosion or fire



Basically, this part of the research became the foundation from which we started, moving on to the implementation of these studies and researches in order to actually realize a RoboMESS type robot. This stage was including the realization of a PED project as will be seen below, but also the continuation of studies, research of new original 100% functional solutions that will be presented below.

III.1 - Mechatronic security and surveillance robot RoboMESS

The definition of a mechatronic security and surveillance robot structure (RoboMESS) is directly related to the actual structure of the chassis used. Thus, the mode of command and control, the functions and algorithms used in accordance with the related hardware may differ. If we developed a series of solutions in the previous stages for the version with wheels ordered in the 3 + 3 caterpillar system, we cannot fail to show their multi-applicability to other chassis versions, for example the Ackermann type. We thus cover the command and

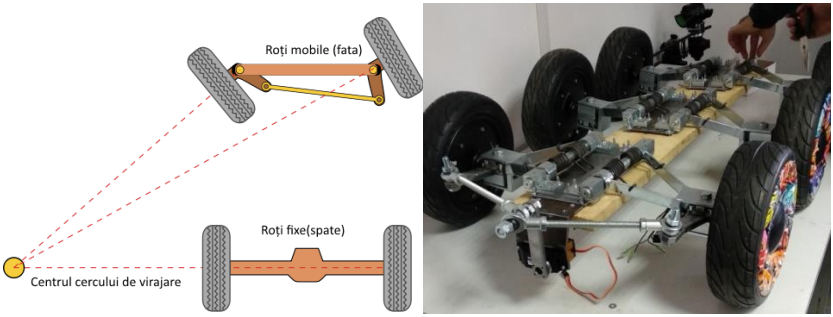
control part of the robot with new versions derived from the original solutions presented above, so that we can then expose the remote control and space orientation solutions necessary for such a robot. Basically, if some features of the robot are independent of the running platform (spatial vision, remote control modes and paths, GPS autolocation, rangefinder, etc.) we can not say the same about the hardware and software to control its actual movement. This dependency generally involves specific solutions per chassis solution. From the tests and studies performed in the modern context of using new mechatronics engines, BLDC type embedded in wheels, we can divide the robot-specific chassis types into two categories of used wheel chassis type caterpillar and Ackermann chassis. From the point of view of control and movement commands, solving the control provided by artificial intelligence of the two types of chassis practically means solving most of the important types used in today's mechatronic robotics. If the wheel command and control solution used in the crawler style has been successfully solved, it can also be applied to the control of Ackermann-type steered wheels. This was the premise of new studies and experiments, the results of which will be presented below. The idea he started from, derived from the first experiments with built-in BLDC engines is the complementary duality of the two types of chassis. A crawler system is very precise to control at low speeds, while an Ackermann system is very precise when dealing with high speed turns. Even though initially the basic idea was that a security and surveillance robot must move at low speeds but very precisely, the possibilities offered by the engines used give the hope of solutions that seem universally extremely interesting but especially with maximum applicability in modern robotics.

Figure 3.1 - RoboMESS in the final version of the project.

CHAPTER IV - ACKERMANN TYPE CHASSIS WITH CONTROL POSSIBILITIES THROUGH DIGITAL INTERFACE WITH COMPUTER MICROSYSTEMS

The Akermann chassis was invented by the German carriage manufacturer Gerog Lankensperger (Munich 1817), but its actual patent is patented by Rudolph Ackermann in England, a little later. Although there is an identical version made in 1758 by the English physicist Erasmus Darwin, who seems to be the first inventor of this type of direction, the system was not patented by the author, so its name has remained to this day “Ackermann ".

Figure 4.1 - Ackermann steering control system and test model for RoboMESS

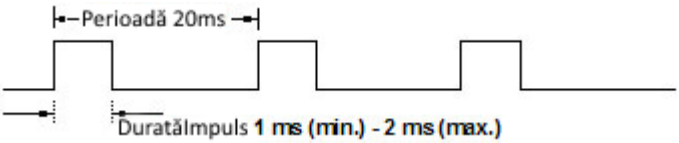


This system solves the problem of the different distances traveled by the steering wheels during cornering. It consists of at least four wheels, two (the rear ones, in general) being fixed and the other two being pivoting.

In general, an Ackermann steering system will be used primarily in robots that require extremely precise cornering control at very high speeds. Because I wanted coverage of this possibility, I looked for optimal solutions for it as well. Thus, we took over the BLDC engines from the previous chassis and redesigned the command and control part of the robot. Practically the solution for driving the engines (also 6 wheeled engines) respectively the acceleration, deceleration and change of direction remains unchanged with the mention that now all 6 engines can be operated with a single control channel (regardless of whether we want to have the traction version on front, rear-wheel drive or all-wheel drive).

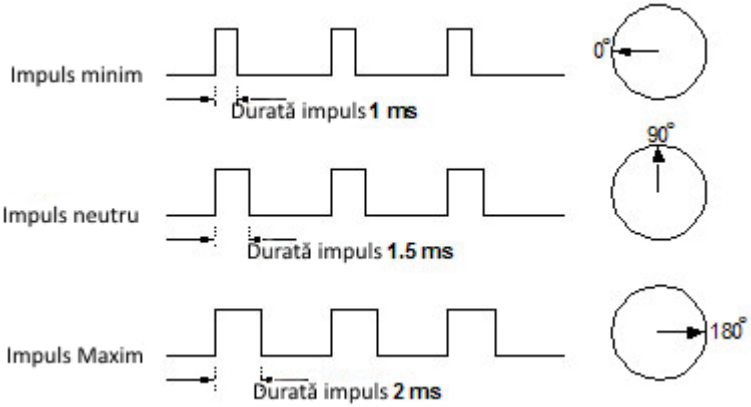
While the command and control scheme is simplified on the actual travel side, it is complicated by a new part dedicated entirely to control the direction of the steering wheels. This also means the need to introduce a new engine whose role is to drive the pivoting steering system Ackermann. Since the drive motor has only a maximum stroke of 90 degrees left and 90 degrees right from a center point, a high torque servomotor with control system with RC FUTABA standard was used. The advantages being the possibility of direct interfacing with a microcontroller through only 2 maximum 3 wires (depending on the supply and control voltages), the simplicity of the necessary control software and a reduced information traffic on the control channel. Basically this motor is controlled by a PWM signal (Pulse Width Modulation). The PWM signal has a minimum pulse, a maximum pulse and a period, all standardized. Thus in Figure 4.2 you can see the actual shape of this standard signal.

Figure 4.2 - Form of the standardized PWM signal for the RC Futaba type servomotor



If the signal period is mandatory as having a period of 20 ms, the same cannot be said about the duration of the actual driving pulse which varies between 1 ms (minimum duration - left turn) and 2 ms (maximum duration - right turn) having a central value (neutral - related to the position of the wheels straight ahead). Thus in a graphical representation presented in figure 4,3 we can actually see the variation by ± 90 degrees of the main axis of the servomotor depending on the shape of the PWM signal.

Figure 4.3 - Form of the standardized PWM signal and the related displacements of the main axis of the servomotor.

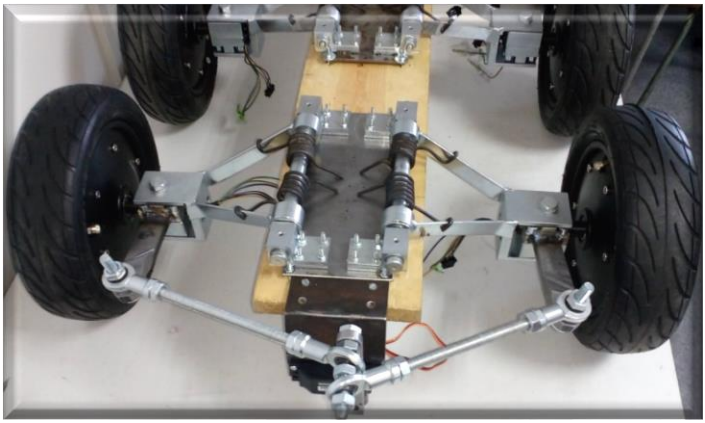


Thus, because the control element is a joystick, it is very easy to implement an algorithm for tracking its strokes and transposing them into an appropriate change in the duration of the pulses, respectively the left-right stroke of the direction system. All we have to do is position the free point of the joystick in neutral mode, then scale the left and right strokes by rotating the actuator shaft ± 90 degrees. Thus we have a steering control with automatic return (dual potentiometric system) that will provide a much more precise control of the robot chassis as opposed to the system without automatic return (simple potentiometer). The engine model used for the tests is "High Torque Servomotor FT6560M 60 kg x cm" manufactured by Freelech. It is very good for applications that require high powers with a maximum torque of 60 kg x Cm.

Figure 4.4 - FT6560M servomotor and its positioning on the chassis

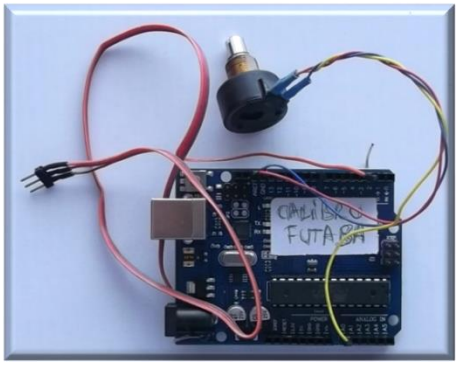
The 3 + 3 chassis in this test and optimization phase underwent changes to the front wheel pair where an inverted Ackermann system was fitted.

Figure 4.5 - Modified chassis with Ackermann steering used for testing the steering module (test phase).



Functionality tests were performed on the Arduino microcontroller in the first phase. The control module with Arduino also has the role of calibration and adjustment of the servomotor in case of its imbalance in possible portions to other more powerful computing microsystems. The software (in its turn **100% both original** and as a calibration device concept) loaded on the calibration board takes the information from a calibrated potentiometer and transmits the commands to the servomotor, thus being able to not only effectively verify the functionality but and recalibrating its neutral position, practically an indispensable tool when we want a symmetrical adjustment of the commanded direction.

Figure 4.6 - Futaba RC Servomotor Calibration Plate (used only for calibrating the steering servomotor)



The calibration software can be consulted in the thesis.

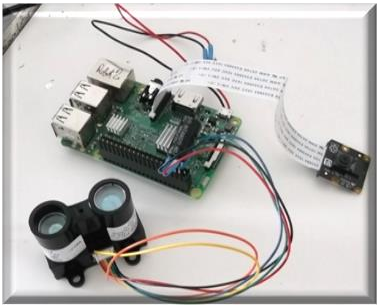
Following the tests and load-bearing tests, we tried to migrate as many functions of the robot as possible to complex Raspberry-type platforms, which was also successful with this steering control module, as we will see in the following chapters.

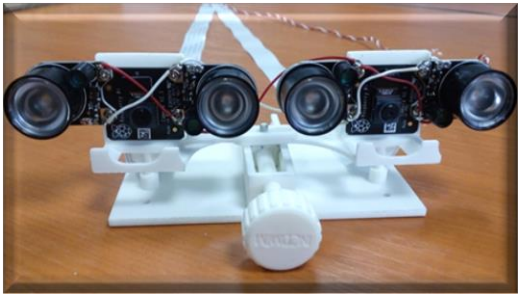
In the same concept, the initial distance measurement module, executed on an Arduino platform, has undergone substantial changes in the software part as a result of the necessary changes in order to obtain measured values as real as possible. Thus, the calibration was done on the LIDAR Lite V3.0 laser module, with errors of about 2-3 cm on the measuring area 0.30 - 40 meters.

The original final software, made by the Phd. student, for the verification and calibration of the distance measurement system uses a Lidar V3 lite sensor and can be consulted in the thesis.

Like the steering control module, the distance measurement mode was ported to the Rapberry Pi platform.

Figure 4.7 - Measurement module carried directly on the Raspberry Pi (vrobotpi2) next to the left camera of the robot and on the right the collimation test and adjustment mode.





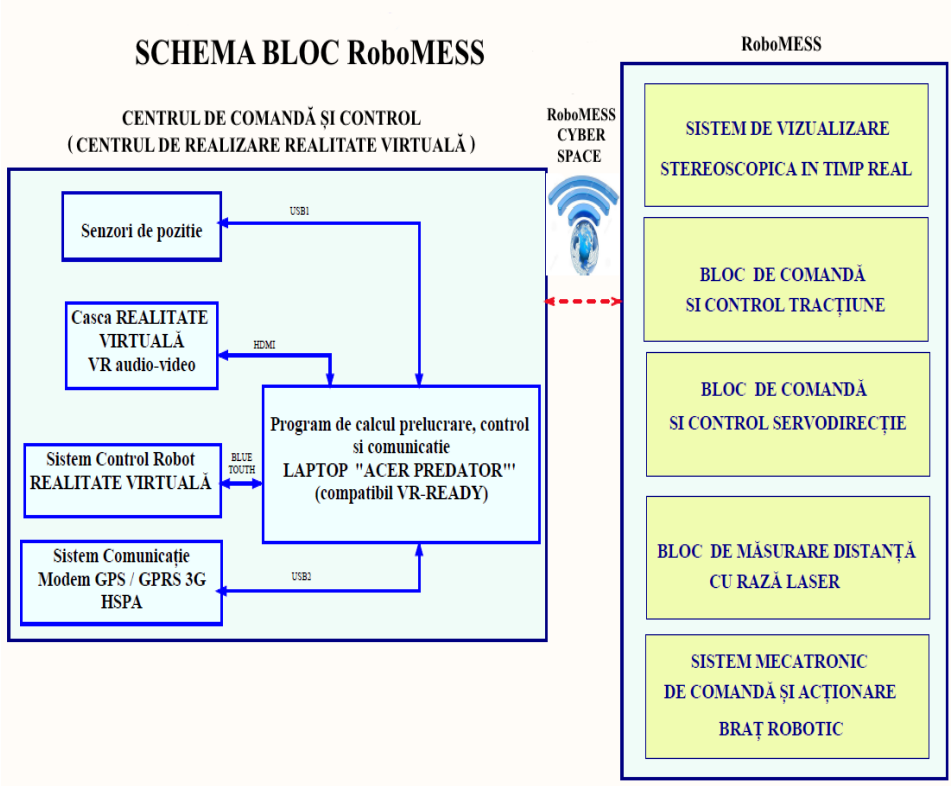
CHAPTER V - DESIGN, DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN ORIGINAL CONFIGURATION OF INTELLIGENT MECATRONIC ROBOT FOR SECURITY AND SURVEILLANCE

After long tests and hardware configurations we have reached an optimal version as shown in Figure 5.1. Basically, a structure of fixed control unit and mobile robot is observed. In our case, the "Virtual Reality Center" is the Central Control Unit that is fixed somewhere near the target site of the mission, but far enough to be safe operator. It is immersed in a 3D virtual reality through an OCULUS Rift virtual audio-video headset and the related controllers with which it drives the robot. The medium for transmitting information to and from the robot, "RoboMESS Cyber Space" is IoT (using WiFi networks) to ensure communication over long distances.

On the other hand, in the dangerous environment, the security and surveillance robot RoboMESS executes the commands sent by the human operator following the information received in real time from the field. Thus the

life of the operator is not subject to the dangerous environment but its presence, even if it is virtual, ensures all the information necessary for the operation and intervention of the location on site.

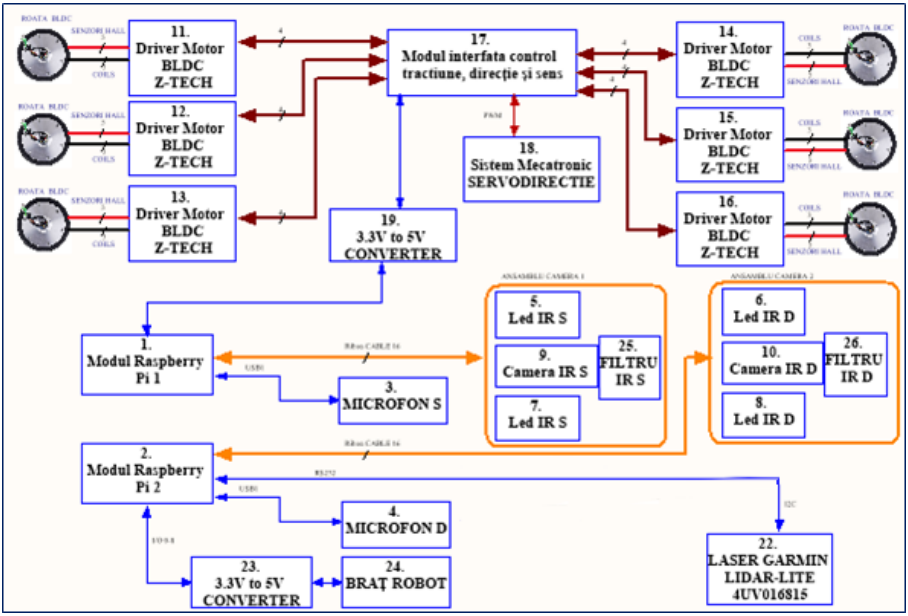
Figure 5.1 - Block diagram of the RoboMESS robot and of the Command and Control Unit in the context of intercommunication through Cyber Space (made by Phd. student)



Basically, the structure of the robot has been hardware optimized so that the Arduino modules could be reduced for the time being (without speed losses) to two Raspberry Pi 3 micro computing systems.

They have a powerful I / O interface with many interface possibilities. Thus, on the two micro systems, a better balance was sought on both branches as seen in Figure 5.2. The two micro computing systems have the video task divided, the Pi1 and Pi2 system each managing an IR vision camera. The Pi1 microsystem also manages the direction and direction traction control module while the Pi2 also manages the laser for measuring distances and the robot arm. Both Microsystems are equipped with audio paths each with a USB microphone.

Figure 5.2 - Structure of the robot RoboMESS



Caption Figure 5.2:

1. Modul1 RASPBERI-Pi V3

2. Module 2 RASPBERI-Pi V3

3. MICROPHONE1 - USB

4. MICROPHONE2 - USB

5. IR1 LED for LEFT IR CAMERA

6. IR2 LED for RIGHT IR CAMERA

7. IE3 LED for LEFT IR CAMERA

8. IE4 LED for RIGHT IR CAMERA

9. LEFT CAMERA

10. RIGHT CAMERA

11. BLDC ENGINE DRIVER (WHEEL 1)

12. BLDC ENGINE DRIVER (WHEEL 2)

13. BLDC ENGINE DRIVER (WHEEL 3)

14. BLDC ENGINE DRIVER (WHEEL 4)

15. BLDC ENGINE DRIVER (WHEEL 5)

16. BLDC ENGINE DRIVER (WHEEL 6)

17. Traction, direction and direction control interface module

18. Power Steering Mechatronic System

19. Converter1 level 3.3V to 5V

20. Converter2 level 3.3V to 5V (Removed by direct connection)

21. ARDUINO-UNO V1R1 module (Removed by direct connection)

22. LASER GARMIN LIDAR-LITE 4UV016815

23. Converter3 level 3.3V to 5V

24. ROBOTIC ARM mechatronic system with GRIPER

25. LEFT FILTER

26. RIGHT FILTER

Basically, this hardware optimization also substantially reduced the number of electrical connections between the modules, the occupied space and optimized the working speed, including in Cyber Space. The computing microsystems have as operating system Raspian and the applications were made in the working environment, native Raspian, Python.

The command and control center is practically composed of a VR system of OCULUS Rift type composed of a 3D video headset - stereo audio, two wireless control controllers each with joystick and 4 stage type buttons and one potentiometric type, and two sensors perimeter. The Oculus Rift system is coupled to a high-performance laptop computer with VR Ready capabilities. The open structure of the concept opens up future possibilities for improving the transfer speed of used micro systems such as Raspberry Pi, so that new versions with 4G or even 5G capabilities will approach the Control Center in speed without further changes.

Figure 5.3 - The command and control software together with the VR system are mounted on a Predator laptop

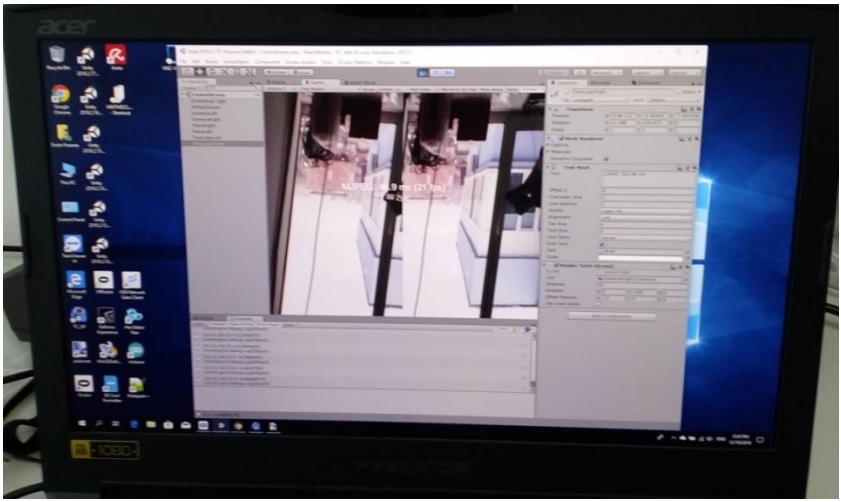
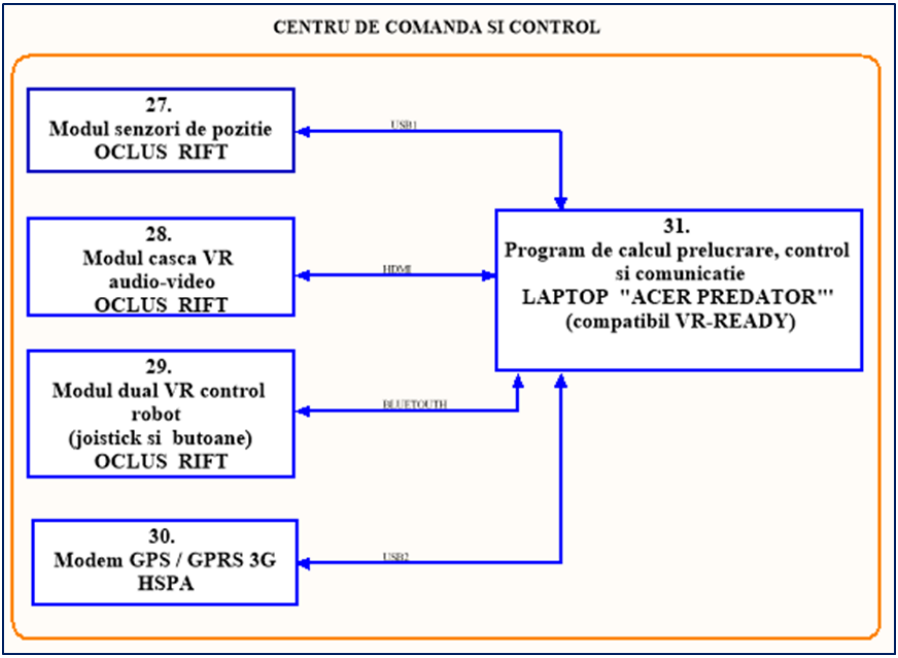


Figure 5.4 - Composition of the Command and Control Center (performed by Phd. student)



Caption Figure 5.4:

27. Module 1 OCLUS RIFT position sensors

28. OCLUS RIFT VR audio-video headset module

29. Dual VR control robot module (joistick and buttons) OCLUS RIFT

30. 3GHSPA GPS / GPRS modem

31. LAPTOP "ACER PREDATOR" 'processing, control and communication calculation program (VR-READY compatible)

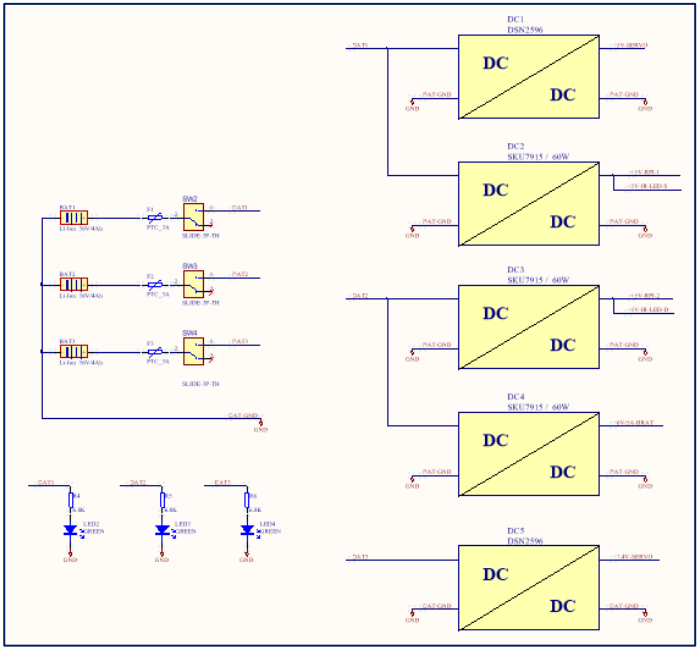
The Oculus Rift Virtual Headset, Joystik Modules, Operator Position Sensor Modules and GPS / GPRS / WiFi Modem are connected to the Predator control laptop. The WiFi mode ensures the wireless connection with the robot itself, managing the information traffic through the robot software. The position sensors in conjunction with the two joysticks placed in the operator's hands transmit the commands to the robot. The headset itself is placed on the operator's head and provides him with a virtual reality stereo sound and 3D image transmitted by the robot in real time. The distance between the robot and the center of the visual field in the Oculus Rift headset is also displayed in the headset in real time and continuously. For a better interpretation, the distance is related to a laser pointer point so that practically the distance actually measured is the distance from the robot (the level of the 3D cameras placed on the robot) and the effective projection of the red dot of the laser pointer.

Figure 5.5 - Operator testing the functions of the RoboMESS robot via Cyber Space IoT

The laptop has a Windows 10 operating system and the working interface was made using the UNITY open source work environment for a better interface with the Oculus Rift VR system.

Separately, the power supply system has a structure as shown in Figure 5.6. The three basic batteries are 36 V 4 Ah Li-Ion modules made of 18650 cells. From the existing voltages of 36 V secondary channels are derived to lower voltages by means of Step Down DC-DC converters with extremely small losses. All DC-DC sources have overload and temperature protections.

Figure 5.6 - RoboMESS power system block diagram (made by the Phd. student)



Caption Figure 5.6:

32. BAT1 - 36V battery pack, Li Ion

33. BAT2 - 36V, Li-Ion battery pack

34. BAT3– 36V, Li-Ion battery pack

35. DC1 - StepDown module (buck) DC-DC converter type DSN2596

36. DC2 - StepDown module (buck) DC-DC converter type SKU7915 / 60W

37. DC3– StepDown module (buck) DC-DC converter type SKU7915 / 60W

38. DC4 - StepDown module (buck) DC-DC converter type SKU7915 / 60W

39. DC5 - StepDown module (buck) DC-DC converter type DSN2596

40. SW1 switch type SLIDE-3P-TH

41. SW2 switch type SLIDE-3P-TH

42. SW3 switch type SLIDE-3P-TH

43. F1 Reversible fuse type PTC_3A

44. F2 Reversible fuse type PTC_3A

45. F3 Reversible fuse type PTC_3A

46. R4 Resistor 6.8K 0603

47. R5 Resistor 6.8K 0603

48. R6 Resistor 6.8K 0603

49. L2 LED Green 3mm 10mA

50. L3 LED Green 3mm 10mA

51. L4 LED Green 3mm 10mA

As can be seen in the diagram, 3 packs of 36 Volt batteries were used to supply the power part (represented by the motors) and the rest of the voltages were obtained by taking them through DC-DC converter type sources and reduced and stabilized at the desired levels. (5V; 7.4V; 12V; 3V). All power branches have On / Off buttons with restraint.

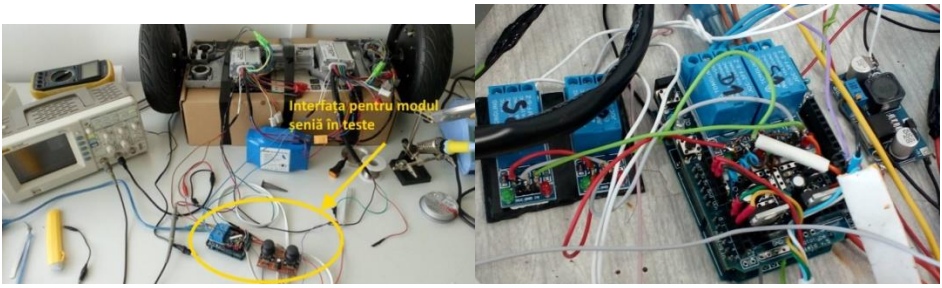
Figure 5.7 - Li-Ion battery and final power supply

The new structure based on the Rasperry Pi architecture also requires the redesign of the interface scheme for communication with traction motor drivers and the addition of a new channel for a new engine used for a change of direction in the Ackermann chassis version.

Interface with Raspberry Pi microcontrollers involves the addition of a bidirectional signal conversion stage between all inputs / outputs used. The tests performed generated a final interface scheme, in turn original similar (but with other specific adaptations) to that of the previous version for the chassis 3 + 3 caterpillar system. Thus, the BLDC engine interface solution acquires a universal look, covering several types of chassis that can be used not only for security and surveillance robots but in principle for most types of robots. If the 3 + 3 - wheel caterpillar-controlled solution is indicated as a high-maneuverability solution at low speeds, then the Ackermann solution is indicated for high-speed chassis control accuracy. The idea of multiple solutions to cover a larger area of interest in robotics appeared as a side effect of using wheels with built-in BLDC engines when it was obvious, after the first interface tests, that a chassis equipped with such 3+ engines 3 or 2 + 2 can operate both at very low speeds and at speeds we consider high (15-20 Km / h). All this in the context in which, regardless of the chosen solution 3 + 3, 2 + 2 controlled caterpillar type or 6, 4 wheels type Ackermann (2 wheels or more pairs of steering) are drive wheels (all-wheel drive – as named in automotive) .

Starting from the initial interface scheme for 3 + 3 caterpillar type control presented in Figure 5.9, the new version becomes similar to the one in Figure 5.10.

Figure 5. 8 - The original interface for 3 + 3 caterpillar type chassis made physically, in tests (on the left with the Joystick mode and on the right execution detail - made by Phd. student)



It is practically observed that instead of the secondary control channel (the former T1 channel) the communication channel with the new RC Futaba compatible engine for steering is now placed. All six motor controllers are now attacked by the channel with T2 being all operated synchronously. The secondary channel for changing direction has also disappeared because even the direction of rotation of all wheels is in this case a synchronous one. The 2 IR cameras related to the spatial 3D vision have now appeared in the diagram, which in turn are connected through the SPI interfaces to a Raspberry Pi computing microsystem. In addition, a new power supply appears that provides the 7.4 volt voltage required for the Freelech motor (motor used to change direction) for maximum torque.

Figure 5.9 - Electronic diagram of the interface for 3 + 3 caterpillar type chassis with BLDC engines embedded in wheels (developed by the Phd. student)

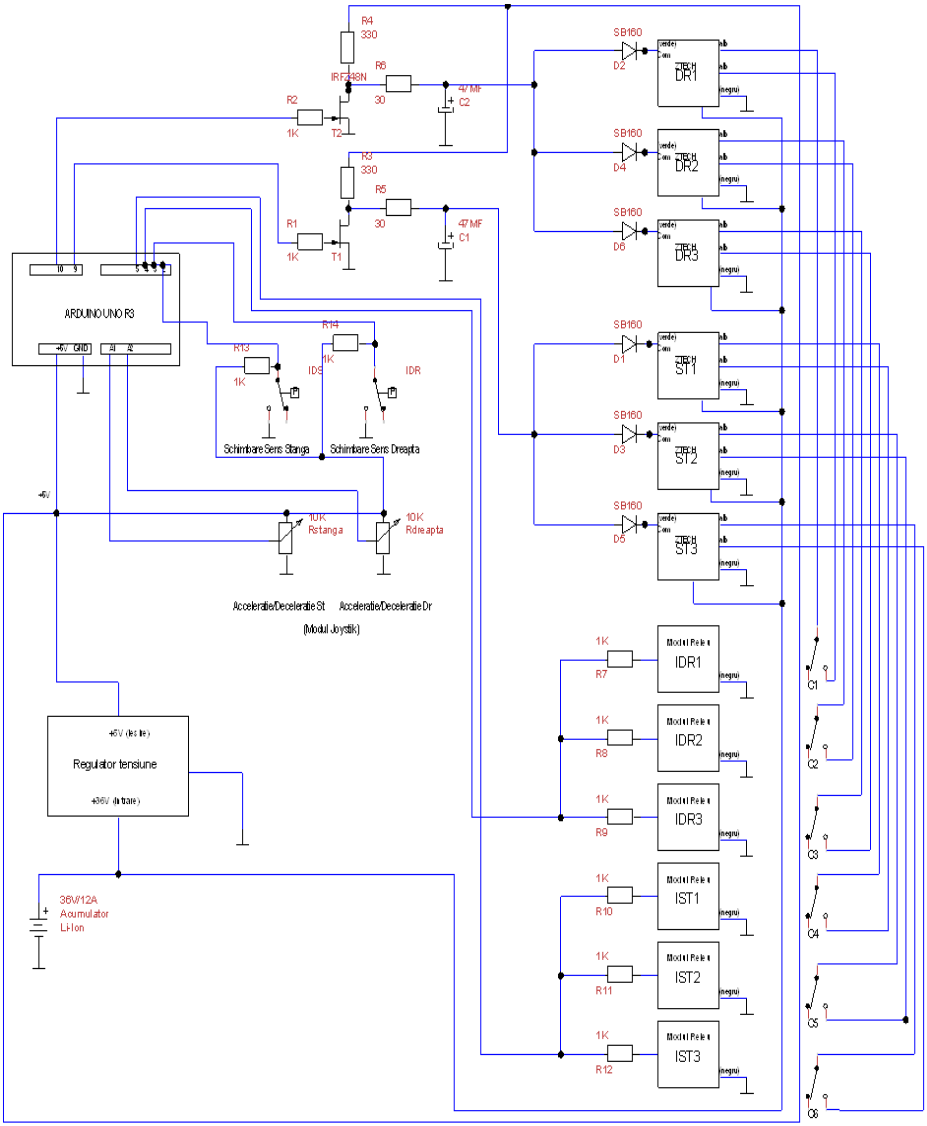


Figure 5.10 - Electronic diagram of the interface for Ackermann chassis with BLDC engines embedded in wheels (made by the Phd. student)

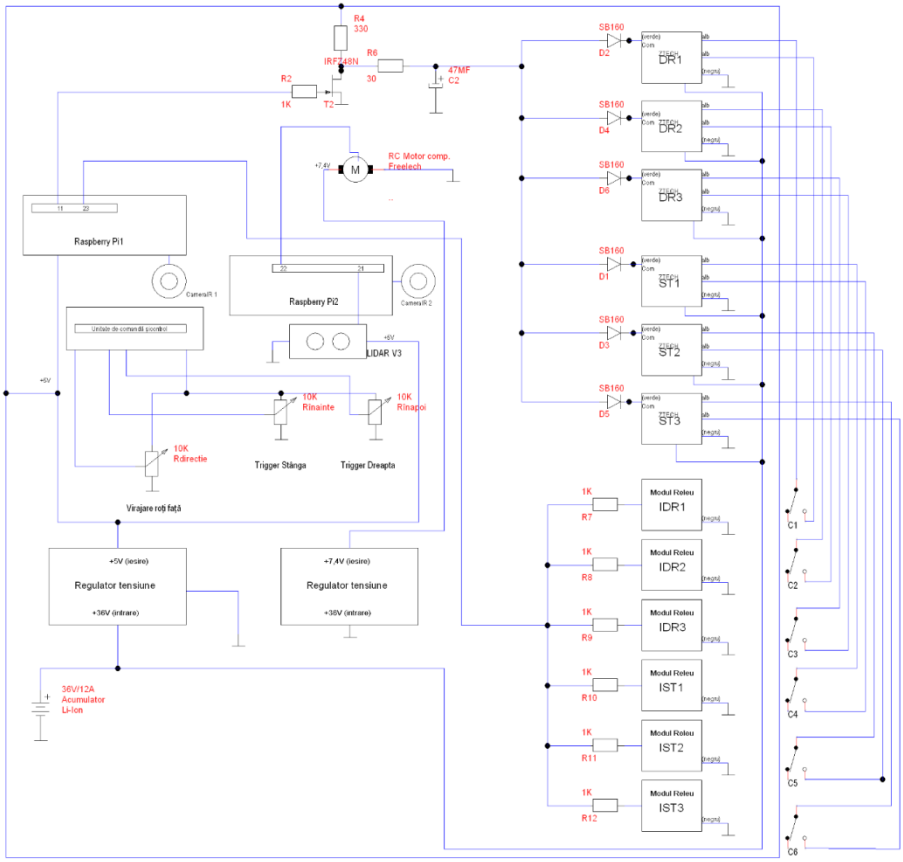
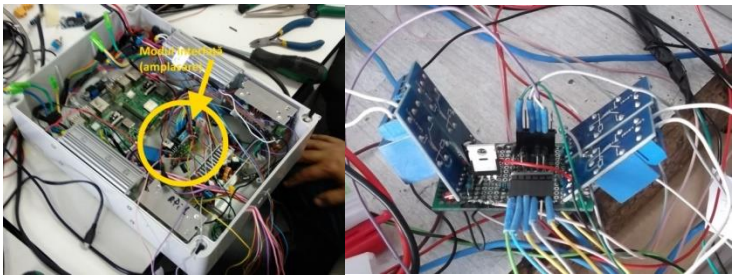


Figure 5.11 - Original interface, for Ackermann chassis with BLDC engines embedded in wheels (left location on RoboMESS and right execution detail - made by Phd. student)



Thus, taking advantage of the hardware possibilities in the scheme above, substantial changes were made in the effective control algorithms of the robot. Thus, the button / buttons that generated the 100 ms pulse necessary to reverse the direction of rotation in favor of a command of the two Trigger type potentiometers in the VR controller in the left hand and the one in the right hand were abandoned. That is, if the trigger of the VR controller in the right hand is pressed, the motors start to turn progressively forward. If we stop the engine speed (releasing the right trigger) and press the trigger of the VR controller in the left hand then the engines will rotate backwards. Here the 100 ms pulse still exists but it occurs every time a trigger is pressed, provided that the other trigger is no longer actuated (respectively the pulse has effect only if the motors are not moving). It greatly simplifies the way such a robot is driven, all travel controls being made from just two triggers and a joystick to change direction. The steering joystick is the one on the VR controller in the left hand. A joystick was preferred because it has a central return point and a perfectly intuitive right left stroke for the corresponding turn. Through the software we made the linear travel of the joystick to be continuously tracked by the steering motor so that upon its release, once it returns to the central equilibrium point and the engine and wheels automatically return to the right direction forward, after the automotive model .

The interface gave the expected results but at the same time generated the idea of the generic interface that can control 6,4 or 2 drive wheels simultaneously in both variants of caterpillar type chassis or Ackermann type which would make it possible to operate any type of robotic chassis that uses wheels .

Simultaneously with the actuation part on each Raspberry Pi there is an IR camera that transmits real-time and continuous images to the Command and Control Center. The collimation part was made using several collimation system configurations for the correct determination of the 3D effect. For the collimation of the cameras I used an **original method** created by me usable in any binocular optical field. *The method is detailed in the thesis.*

Figure 5.12 - Printed elements for determining the implementation values of the 3D image

The tests prior to the final mounting on the chassis generated 3D images with depth and a very real 3D effect in the conjuncture of a solution with 8cm distance between cameras.

Figure 5.13 - The final collimation and distance measurement module mounted on the robot body (developed by the Phd. student).

The cameras are also equipped with the possibility of being translated into the normal visible spectrum by mounting IR Cut filters in day missions. The optimal distances between the cameras, for the most correct 3D effect, were determined in the area of 8-10 cm between the focal axes, but it was preferred, for reasons of space, the distance less than 8 cm.

The LIDAR laser sensor was placed on the second microcontroller to determine the distance in a central point of the operator's field of view. The image in the virtual headset is displayed only on the top left, but the eyes collimate the image very correctly so that only the display is needed on the right side (which would create some problems of perfect collimation of the writing).

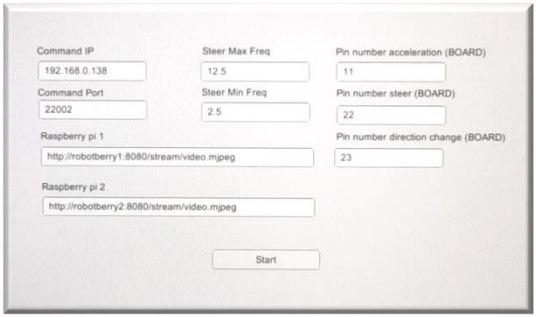
Both Raspian-specific operating systems are mounted on both microsystems. The programming of all the controlled elements was written in Python, because there is a native interpreter in the Raspian operating system. The scripts are relatively identical, for the time being in both Pi microsystems, but they can also differentiate in the future if we need to balance the load of the two processors due to future additional features with other sensor and actuator modules (GPRS, GPS, etc.) with a new project. The Python script in the "tcpserver.py" file was made to launch automatically each time the operating system was loaded. All software as well as control hardware are **100% original made by the Phd. student** and optimized for this robot.

Consult the script in the file "tcpserver.py" presented in the thesis.

The internet connection part is native to the Raspberry Pi microsystems as well as to the Command and Control Unit (ACER Predator Laptop - Native Wifi). The connection between the robot and the Command and Control Center is made by connecting all participants to the Internet which provides them with IPs reserved for each participant. The Command and Control unit is coupled with a modern VR Oculus Rift system with two controllers each with a joystick, 2 trigger buttons and three normal buttons without restraint. The software

required for the biunivocal transmission of all information between the robot and the Command and Control Unit was written in the free editor of the UNITY game engine an extremely suitable environment for such a 3D VR virtual interface.

Figure 5.14 - Startup interface and settings on the Command and Control Console



The working environment is Visual type, we will highlight only the specific software (which is, like the rest of the software, 100% original and dedicated to the thesis and the project) without the infrastructure that is automatically generated at compilation (can be seen in the thesis).

This RoboMESS robot variant (TRL4 level) is a direct result of the research and implementation of new, special and original solutions presented in this paper was made and physically completed in a PED project, Project PN-III-P2-2.1-PED-2016- 0707 (Contract no. 211PED / 11.09.2017-Contractor: INCDMTM Bucharest) entitled "INTELLIGENT MECHATRONIC SYSTEM FOR HUMAN SECURITY INSURANCE DURING SECURITY OBJECTIVES AND INTERVENTIONS IN RISC AREAS" The project was completed in December 2018 receiving the grade A- and was assessed as shown in the **Final Evaluation Form** received from UEFISCDI (Executive Unit for Financing Higher Education, Research, Development and Innovation), we quote:

"4. Observations and conclusions

The project is complex, mechatronics (electronics, mechanics and computer science). I appreciate the realization solution, based on some subassemblies / black boxes existing at the sub-suppliers, selected, integrated and controlled by a possible functional teleoperation system in the field. The project validates individual components of the technology, and even integrates them into a complete system (TRL4), with some laboratory tests, in addition to the project objectives. I appreciate the effort on the IT and electronics side. I confirm that the design and realization of such equipment does not raise problems regarding their reproduction in the Romanian industrial environment, all the technology being perfectly compatible with the current industrial possibilities existing in our country (it allows serial reproducibility). If the project is to be further developed, I recommend increased attention to the robotic arm (see field of action, avoid undersizing,

stability calculations when handling weights, especially in inclined plane). The project website is functional but NOT up to date."

The robot was made on watertight plastic modules containing the electrical and electronic part mounted on a 6-wheel chassis structure (all drive) of which the two in front are steering.

Figure 5.16 - The robot chassis with the control part modularly placed (in the working phase)

An **original modeling process** with carbon fiber and expanded polystyrene mold using epoxy resin as a binder was used to make the housing of the robot.

Figure 5.17 - Deposition of carbon fiber layers (like the rest of the operations was done manually)

The practical realization confirmed the validity of all the solutions proposed in this paper, generating multiple possibilities for development and improvement in the near future (which will certainly be the subject of one or more subsequent projects) but generating at the same time a new version of command hardware scheme able to control any type of robotic chassis with 3 to 6 wheels using caterpillar-type turns and / or turns on the rear, front or all 6. A single electronic system that can finally control an extremely complex chassis to move through any harsh environmental conditions due to the possibility of dual actuation. The diagram is presented below for the case of 6 drive wheels and a single group of wheels for Ackermann type turning, but by simply multiplying the channels you can operate as many wheels as you want regardless of the chosen turning solution. The advantage is precisely that redundant systems can be created (a necessity of paramount importance when discussing reliability in the context of saving lives or, for example, space exploration missions).

Figure 5.18 - The magic eye placed in the back allows the visual access of the operator to all the commands placed in this area (battery charge control, battery level control, access to settings buttons).

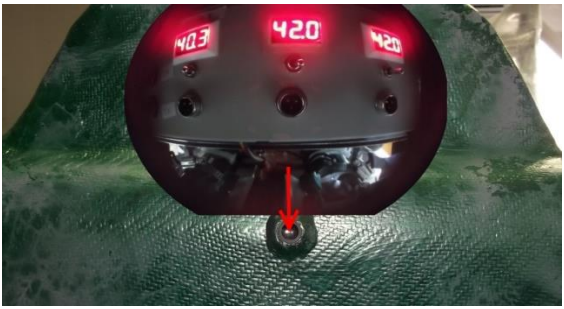
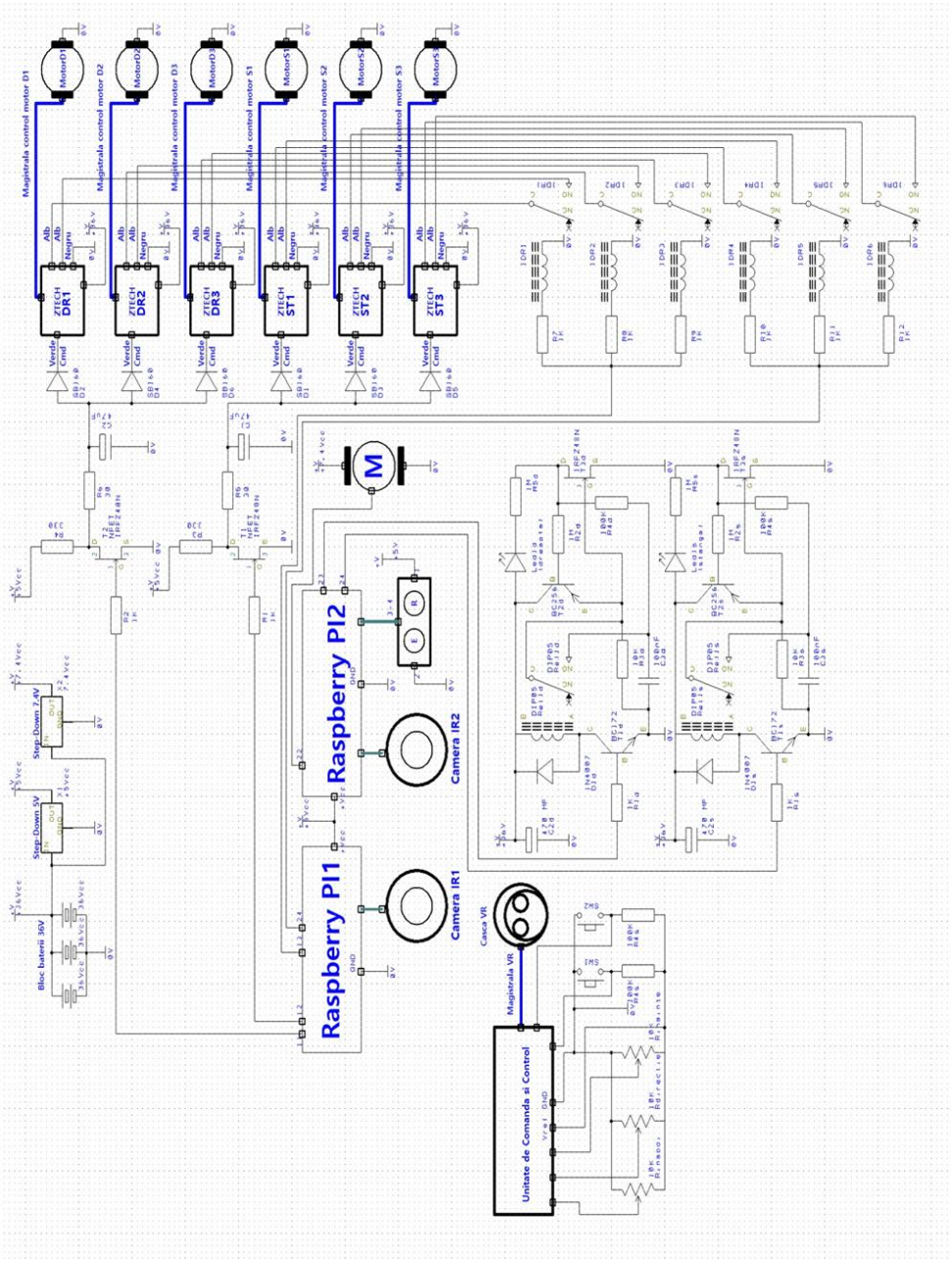


Figure 5.19 - Semi-final shape of the robot used in the final adjustment tests

Also on Rpi2 by virtualizing to the server and then further to the operator a USB port are sent and received all commands related to the manipulation of the robotic arm with 5 degrees of freedom with which the robot is equipped, thus allowing the operator complex interactions with the environment located long distances . Practically an experimental robotic arm Lynxmotion AL5D 4DOF Robotic Arm SSC-32U was used.

Figure 5.20 - The final variant of actuation of a robotic universal chassis that incorporates the duality of the systems with caterpillar or Ackermann type turning with the one of type turning on the front, rear or integral wheels)


Raspberry PI1
Raspberry PI2
Camera IR1
Camera IR2
Unitate de Comanda si Control
Bloc baterii 36V
Step-Down 5V
Step-Down 7.4V
Magistrala control motor D1
Magistrala control motor D2
Magistrala control motor D3
Magistrala control motor S1
Magistrala control motor S2
Magistrala control motor S3
Magistrala VR
ZTECH DR1
ZTECH DR2
ZTECH DR3
ZTECH ST1
ZTECH ST2
ZTECH ST3

The design and implementation of the entire system as an open system generates multiple possibilities to improve such a robot by the possibility of adding new sensor and / or actuator systems (eg GPRS units that double the security of data transmission between operator and robot, GPS units which can greatly increase the accuracy of locating the robot in the workspace, mounting an interaction arm with the high-power environment to handle heavy weights (the current structure of the robot can carry additional weights up to 200 kilograms, including people), improving information transmitted to the operator with a system of 3D cameras with the possibility of controlled vertical and horizontal scanning, adding visual information including behind the robot, increasing the resolution of the cameras and the frequency of frames by reoptimized data compression or hardware and last but not least the design of chassis with "n" wheels capable of being co mandates with absolutely all the possibilities offered by the command and control scheme in Figure 5.20.

CHAPTER VI - INDUSTRIAL APPLICATIONS OF RESEARCH RESULTS

As already mentioned, the studies and research underlying this work have generated a RoboMESS type robot in the project PED-2016-0924, code PN-III-P2-2.1-PED-2016-0707 with the name MECHATRONIC SYSTEM INTELLIGENTLY INTENDED FOR HUMAN SECURITY INSURANCE DURING SECURITY OBJECTIVES AND INTERVENTIONS IN RISK AREAS, Ctr. no. 211PED / 11.09.2017. The project provided the fundamental basis for both the research and the realization of this prototype. The existing facilities and laboratories within the INCDMTM Institute Bucharest made possible the research, testing and final execution of this robot up to the TRL4 level. From the very beginning of the concept of this project, we started from the premise of creating an original, high-performance RoboMESS robot, optimized in terms of costs and at the same time reproducible in the current Romanian industry. Particular attention was also paid to further possibilities for the development and improvement of this first version. The experience gained from both the study and the research carried out and the actual realization really revealed rich panoply of possibilities regarding the "upgrading" of the robot as it will be shown later.

The proposed objectives were 100% achieved in the project, so we can mention the existence of the possibility of making such a robot in the current Romanian industry, as mentioned in the comments of the evaluator UEFISCDI (Executive Unit for Financing Higher Education, Research, Development and Innovation) at the end of the project, we quote:

"*…I confirm that the design and realization of such equipment does not raise problems regarding their reproduction in the Romanian industrial environment, all the technology being perfectly compatible with the current industrial possibilities existing in our country (allows serial reproducibility)… "*

At the same time, a series of solutions presented in this paper were taken over and used in other projects within INCDMTM, among which we mention:

- **The telemetry system used in the robot is currently the subject of a project (within the CERTIM Center within INCDMTM) whose ultimate goal is the execution of an original system for laser measurement of distance and speed with a working range from 0, 5 m over 1.8 km. The system borrows the idea of video marking (but in this case being only 2D) from the telemetry part of the robot creating a database of graphic type (real, dimensioned picture of the measured objective).**

- **The 3D visualization system has generated another project (in progress) in which, based on the experience gained, an attempt will be made to create a portable, ultra-light "night-vision" system that will allow night vision at long distances. over 200 m, in real time and with zoom magnification possibilities up to 7X (also in the CERTIM department).**

- **The original collimation procedure of the robot's 3D cameras was used with minimal adaptations (in this sense it was only necessary to add two micro-levels with a bubble) during the alignment procedure of the Tylor Hobson Ultra High Precision Autocollimator measuring system from within the CERMISO center within INCDMTM Bucharest, thus reducing more than 5 times the preparation and calibration time in the effective measurement procedure.**

- **The same collimation procedure was the basis of a new and original collimation procedure for binocular systems, adapted by me for astronomical use (small, medium and large binoculars, both porro and roof, binoviewers, etc.) used on one of the largest astronomy forums in Romania (http://www.astronomy.ro/) for regulating instruments without specific equipment (extremely expensive and rare not only in our country but also abroad).**

- **At the moment, a project proposal is also underway at the CERMISO Center in INDMTM, the purpose of which is to create a new RoboMESS robot that will try to research, experiment and realize all the possibilities foreseen in this paper as developments and improvements. subsequent.**

This foreshadows the possibility of transferring to the industrial area the results of research, testing and execution existing in this paper, which makes the thesis itself to be of the industrial type applicable.

CHAPTER VII - NEW RESEARCH CONCLUSIONS AND DIRECTIONS

VII.1 Conclusions

- The imagined solution of a unique security and surveillance robot using new technologies and especially concepts, had a definite solution. Most of the problems have been overcome and the most difficult situations have generated special new solutions, creating the possibility of approaching new possible improvements. In the paper we have a series of modern solutions, which have not been used so far in mechatronic projects in general and in robotics in particular. Moreover, now, they are 100% functional and can effectively equip the studied robot. Thus we can make a brief list of the original solutions that have been functionally certified:
- Use of 3D vision combined with stereo sound integrated into a Virtual Reality system for robot control
- First-time use of BLDC-type motors integrated in the wheel in a mechatronic robot
- Interface of analog drivers for BLDC motors with digital computing microsystems ensuring complete and coherent control of the motors, using “caterpillar” type turning.
- Interface of analog drivers for BLDC motors with digital computing microsystems ensuring complete and coherent control of the motors, using the "Ackermann" type turn.

- Successfully designed and verified interface structures have also given the possibility to develop a unique, universal interface, capable of driving any type of robot whose chassis uses 6 to 3 wheels, crawler or Ackermann, or any combination of them.
- Generation of interface software, new, original and fast enough to control in real time the movement of robots using wheeled systems, 3D virtual reality control, remote control using internet channels of any type and telemetry.
- The existing software is open to the addition of any other sensor or actuator elements, other than the movable arm whose functionality is currently implemented with the model. For example, we consider GPRS and GPS modules to be useful if they are integrated into the current structure.
- Development of a system for monitoring the charge of Li-Io batteries, in solidarity with the robot, minimizing the danger of explosion or fire and which implicitly ensures a high speed of recharging the batteries.
- Carrying out an original technological procedure for collimating binocular systems without using the classic equipment specific to this activity (extremely rare and very expensive).

VII.2 New directions in research

The design and implementation of the entire system as an open system generates multiple possibilities for improving such a robot, which appeared as immediate visibility after demonstrating the functionality of the new solutions developed:

• Possibility to add new sensor and / or actuator systems (eg GPRS units that double the security of data transmission between operator and robot:

a) GPS units that can greatly increase the accuracy of the robot's location in the workspace,

b) mounting an interaction arm with the high power environment to be able to handle heavy weights (the current structure of the robot can carry additional weights up to 200 kilograms, including people),

c) the improvement of the visual information transmitted to the operator with a system of 3D cameras having possibilities of controlled sweeping vertically and horizontally,

d) addition of visual information including behind the robot, increase of camera resolution and frame rate through re-optimized data compression and / or better hardware),

• Design of chassis with "n" wheels capable of being controlled with absolutely all the possibilities offered by the universal command and control scheme.

• Improving the visual field by mounting wide-angle optical transfocators in front of the cameras so that when necessary, the visual field increases to about 180 degrees.

Moreover, the proposed model, including in the future possible improved versions, are solutions accessible to the Romanian industrial environment and can be reproduced at serial level.

VII.3 The industrial character of the doctoral thesis

The doctoral thesis "STUDIES, RESEARCH AND CONTRIBUTIONS REGARDING THE CONSTRUCTION OF AN INTELLIGENT MECATRONIC ROBOT FOR SECURITY AND SURVEILLANCE APPLICATIONS" was conceived and realized, using original constructive solutions and having direct application in areas of supervision and security, strategic objectives in Romania but also in the generic field of industrial robots. Most solutions, algorithms, hardware components are applicable in adjacent industrial applications individually or as a whole representing a final robot product.

In all phases of research and design we took into account the conditions, technical and financial possibilities of the Romanian industry, testing and optimizing at the same time all existing solutions. Moreover, most of the solutions successfully adopted in the execution part generated new development, improvement and optimization paths applicable later in both industries and research. The minimum execution costs have been and will continue to be minimized the development concept based on the idea of using hardware equipment in full development, so that a simple change of a computing microsystem with a new one superior and according to custom 100% compatible with the old, it will induce an increase in the robot's performance without other changes.

Also, all electrical and electronic components, including the original ones expressly executed for this doctoral thesis, can be purchased and executed without problems from existing suppliers in our country. None of the technologies presented is dependent on extreme conditions, impossible to reproduce, or generating unjustified expenses. All the necessary software tools were chosen so as not to require expenses, using free programming environments, common and known on the Romanian market. This also includes the possibility of modifying the software and hardware part at the time of industrial implementation appropriate to the multiple possibilities of developing and adapting the solutions presented to another specific product and dedicated not only to the field of security and surveillance.

Given the doctoral student's affiliation to the National Research-Development Institute for Mechatronics and Measurement Technique (INCDMTM) which has as main object of activity scientific research (both fundamental and applied) and technological development in the field of fine mechanics and mechatronics, transfer to industry of know-how can be done easily, directly or through the three points of connection with industry already existing in the institute and perfectly functional:

- Industry Liaison Office
- Technology Transfer and Consulting Relay Center
- Chisinau-Iasi-Bucharest Interregional Center for Innovation and Technology Transfer

This is also the reason why most of the RDI projects carried out in this institute (INCDMTM - Bucharest), including this one, are over 50 years old, designed to facilitate as much as possible the technological transfer and capitalization of research results to the Romanian industry.

CHAPTER VIII - Curriculum Vitae Angelescu Dorin

Curriculum Vitae	
Personal information	
First name / Surname	**Dorin ANGELESCU**
Address	Bucuresti, str.Constantin Aricescu nr.27, bloc nr.21, scara 2, etaj 1,ap. 16, sector 1, Bucuresti
Telephone	Mobile: 0744325622
Fax	
E-mail	dorinnirod@yahoo.com
Nationality	romanian
Date of birth	05/01/60
Gender	male
Desired employment / Occupational field	Applied Engineering, IT
Work experience	
Dates	**2013 - prezent**
Occupation or position held	Automation engineer
Main activities and responsibilities	Design and execution of control engineering systems for mechatronic equipments. Design and execution (hardware and software parts) of the COMPLEX SYSTEM FOR MEASURING DISTANCES BETWEEN SATELLITES in STAR project Subsystems for Nanosatellites. Acronim project: SuNs - Ctr. nr. 8/19.11.2012. Acquisition responsible and member in the implementation team for the

	project: RESEARCH CENTER FOR INTELLIGENT MECHATRONIC SECURITY SYSTEMS FOR SECURING OBJECTIVES AND INTERVENTION - CERMISO, ID: P_36_618, Contract nr: 159/03.01.2017. Acquisition responsible and member in the implementation team for the project: RESEARCH CENTER FOR MEASUREMENT TECHNIQUE - CERTIM , Contract nr: 437/07.01.2013. Member in the implementation team (design and execution) for the project: ADVANCED AIR DIFFUSION SYSTEM OF THE CREW QUARTERS FOR THE ISS AND DEEP SPACE HABITATION SYSTEMS , Acronim proiect: QUEST, Ctr nr. 128/2018. Design and Execution for the MISO robot project: MECHATRONIC INTELLIGENT SYSTEM FOR HUMAN PROTECTION DURING SECURING OBJECTIVES AND INTERVENTIONS IN RISK AREAS - Acronim project: MISO - Ctr. nr. 211PED/11.09.2017.
Name and address of employer	**INCDMTM Bucharest**
Type of business or sector	Research, Development, Innovation
Dates	**2012 – 2013**
Occupation or position held	Manager of the Engineering Control & Informatics Division
Main activities and responsibilities	* Design and Set up of the of Network (design & execution) for 120 computers and various peripherals (printers, scanners, modems, plotters, faxes, etc) * Establish overall strategy and procedures for systems and network administration * Negotiated and managed strategic sourcing of technology related products and services * Worked with Production Management to create and implement cost-savings initiatives and business practices aligned with business objectives * Training of the personnel * Configuration, maintenance, repair of all the computers and peripherals in the firm * Set up and coordination of the IT Department * Administration of firm location
Name and address of employer	**Luca Way Ltd. Bucharest**
Type of business or	Design and supervision for transport infrastructure

sector	
Dates	**2008 - 2012**
Occupation or position held	Manager IT Hardware
Main activities and responsibilities	* Design and Set up of the of Network (design & execution) for 120 computers and various peripherals (printers, scanners, modems, plotters, faxes, etc) * Establish overall strategy and procedures for systems and network administration * Negotiated and managed strategic sourcing of technology related products and services * Worked with Production Management to create and implement cost-savings initiatives and business practices aligned with business objectives * Training of the personnel * Configuration, maintenance, repair of all the computers and peripherals in the firm * Set up and coordination of the IT Department * Administration of firm location
Name and address of employer	**Poyry Romania Ltd. Bucharest**
Type of business or sector	Design and supervision for transport infrastructure
Dates	**1996 - 2008**
Occupation or position held	Manager of the Engineering Control & Informatics Division
Main activities and responsibilities	* Design and set up of the Consilier Construct's Network (design &execution) for 110 computers and various peripherals (printers, scanners, modems, plotters, faxes, etc) * Effectively completed projects of new locations openings, building network infrastructure, servers and ensure all required systems were in place and functional (Brasov, Craiova, Arad, Cluj) * Establish overall strategy and procedures for systems and network administration * Negotiated and managed strategic sourcing of technology related products and services * Worked with Production Management to create and implement cost-

	savings initiatives and business practices aligned with business objectives * Set up of the Edition Center of Consilier Construct and training of the personnel * Configuration, maintenance, repair of all the computers in the firm * Computer training courses inside the Main office from Bucharest and in the six branches of Consilier Construct from Arad, Brasov, Cluj-Napoca, Craiova, Piatra-Neamt and Constanta * Set up and coordination of the IT Department * Design for roads and bridges using specialized software applications * Elaboration of Tender Documents for infrastructure works, Romanian and international funds (PHARE, BIRD) alone and together with foreign partners (Carl Bro – Denmark, Tecnic – Italy, Bonifica – Italy) * In the Research Division I have developed (for the first time in Romania) the TDR (Time Domain Reflectrometry) for humidity and temperature measurement using hardware equipment from Cambell and Tektronix controlled by software programs made by me. Design and execution of the Romanian variant for the TDR sensors * Set up of the TDR system on site at Crevedia city (for the first time in Romania) * Supervising services for lightning and communications for Bucharest – Constanta highway (over 40 Km Lehliu-Drajna) * Supervising works in PHARE MULTI COUNTRY: ROM 1, 3 & 4 RS2 Giurgiu, Bors , Nadlac. * Set up and maintenance of all the equipment of the Mobile Laboratory of the firm and the on-site laboratory in Roman city * Design and execution of the automatic lightning of the firm * Maintenance and repair for all the electric and electronic device or equipment of the firm Most important software works : * Software for improvement of an investment * Software for minimal path determination of site supplying using road traffic * Software for data conversion and transfer between “SOKKIA” file format and “Micropiste” or “SDR” file format

	* Translation and implementation of BMS (Bridge Management Program) software PONTIS2.0 according to the Romanian standards (for the first time in Romania) * Translation and implementation of PMS (Pavement Management Program) software HDM 4.0 according to the Romanian standards * Software package for humidity and temperature measurement using TDR (Time Domain Reflectometry) equipment and Ledieu or Topp algorithms * Software package for financial calculus of the tenders according to Romanian laws * Software for traffic studies including prediction for roads investments * Preparation and making of tenders
Name and address of employer	**Consilier Construct Ltd. Romania**
Type of business or sector	Design and supervision for transport infrastructure
Dates	**1991 - 1995**
Occupation or position held	Collaboration as IT expert
Main activities and responsibilities	***Main duties:*** * Computer service, maintenance and specialized software elaboration for the design of roads rehabilitation using Romanian standards. ***Most representative software works :*** * Complex Design Software for roads solving the following design problems : Alignments determination Determination of the optimal radius between two alignments (with circle radius and composite arcs) Calculus of the works volume for the rehabilitation of roads Calculus of all the important design data using 2D coordinates Interactive software for data conversion between "SOKKIA" format in DBF format, values control, and continuity control of the points and automatic labeling.
Name and address of employer	**CONSITRANS Ltd. Bucharest**
Type of business or sector	Design and supervision for transport infrastructure

Dates	**1994 - 1996**
Occupation or position held	Chief of the Production Department
Main activities and responsibilities	***Main duties*** : * Coordination of the Production Department and of all related activities inside the institute and with the beneficiary * Set up of the PIF (Put in Function) Compartment in the department (equipment of the compartment, engineer selection , training in hardware and software) * Set up of the Galvanizing Compartment * Set up of the Chemical Compartment * Rehabilitation of Painting Compartment (classic paint and electrostatic paint) * Acquisition and put in function of a Injection Machine controlled by computer * Set up of an Software Compartment inside of the department ***Most representative software works :*** *Complex Design Software for roads solving the following design problems :* * *Alignments determination* * *Determination of the optimal radius between two alignments (with circle radius and composite arcs)* * *Calculus of the works volume for the rehabilitation of roads* * *Calculus of all the important design data using 2D coordinates* * *Interactive software for data conversion between "SOKKIA" format in DBF format, values control, and continuity control of the points and automatic labeling.*
Name and address of employer	**I.P.A. - S.A. (Institute for research, design and production for industrial automation) Bucharest**
Type of business or sector	Design and production for industrial automation
Dates	**1988 – 1996**
Occupation or position held	Engineer at the Production Department
Main activities and responsibilities	Main duties : * Execution and Key Delivery of almost all the equipment produced in the department * Technical assistance and implementation of the control engineering

	equipments on site *Most representative works in that period :* * *Multiprocessor equipment for transmission of multiplexed data type "MUX".* * *Automatic equipment controlling the mechanic linearity and stress of tissues before the drying process type "ROMECOB".* * *Anti-skating device for railroad traction type "DAP".* * *Electronic controllers, for rotation and synchronization for the generators of the hydro technical centrals, type "REH" and "F02".* * *Various electronic equipment for industrial process control type "FEA", "AUTOMATICA", "IPA".* * *Device for temperature control in industrial ovens type "EERT".* * *Device for the water flow measurement.* * *Optical signalization panels controlled by computer.* * *Thermal energy measurement system.* * *Electronic equipment for simulation of the day / night cycles in industrial raising of the birds.* * *Stabilized power source of altering current with adjustable output tension (-/+ 25 %) and a max. output power of 700 W.* * *Electronic equipment for the low and very low frequency synthesis for various applications (electric engines control, voice and music synthesis).* * *Linear amplifier (with a gain of 32 +/-1 dB) for very high frequencies (250 –700 MHz).* * *Electronic multi-spark ignition system for cars.* * *Electronic device for ultraviolet radiation measurement.* * *Optoelectronic equipment for simulation of sport shooting competitions with high precision aiming.* * *Electronic equipment for electron-puncture treatment including detection of points.* * *Rehabilitation of the Command Center of the main hall of National Theatre in Bucharest.* * *High Fidelity audio amplifier, for concert halls, with maximum*

	power 1.2 kW. * *High tension source for electrostatic painting equipment.* *Most representative software works:* * *Software for financial and economic control of the department.* * *Software for the department warehouse control.* In the period **1993-1994**I was responsible for the development of the marketing department. I have organized two internal exhibitions inside IPA – S.A., an A.G.I.R. (General Assembly of Romanian Engineers) exposition, T.I.B 93 and T.I.B. 94 (International Marketing Exposition Bucharest).
Name and address of employer	**I.P.A. - S.A. (Institute for research, design and production for industrial automation) Bucharest**
Type of business or sector	Design and production for industrial automation
Dates	**1985 - 1988**
Occupation or position held	Engineer at the Electric Department
Main activities and responsibilities	Main duties : * Supervising energy distribution * Electric maintenance * Software and hardware for process controllers * Coordination of the new investment TITAN-ZIRCONIUM Platform, consisting in material procurement according with the time schedule of the project and implementation of the control engineering equipments on site. *More representative works in that period :* * *Design and execution of an electronic system memorizing the general parameters of the Engines Control Room of the factory.* * *Design and execution of an alarming system for the "Epiclorhidrina" section*
Name and address of employer	**Chemical factory in GIURGIU**
Type of business or sector	Production of various chemical products.
Education and	

training	
Dates	**1980 – 1985**
Title of qualification awarded	Engineer - Industrial automation and computers
Principal subjects/occupational skills covered	Graduation diploma - Industrial automation and computers
Name and type of organisation providing education and training	**University POLITEHNICA of Bucharest - Faculty of Automatic Control ar Computer Science**
Dates	**1995**
Title of qualification awarded	Graduated Scientific Researcher
Principal subjects/occupational skills covered	Software application and study : "Artificially intelligence, simulation methods and decisional algorithms using structured programming in high level programming languages"
Name and type of organisation providing education and training	**I.P.A. - S.A. Bucharest (Institute for research, design and production for industrial automation)**
Level in national or international classification	
Dates	**1995**
Title of qualification awarded	Certificate of Graduation no. 60 / 10-03-1995
Principal subjects/occupational skills covered	Borland C++
Name and type of organisation providing education and training	DynaTek Rom - America S.A.
Dates	**2019**
Title of qualification awarded	Graduated Scientific Researcher III
Name and type of organisation	The National Institute of Research and Development in Mechatronics and Measurement Technique (INCDMTM)

providing education and training												
Level in national or international classification												
Self-assessment	**Understanding**				**Speaking**				**Writing**			
European level (*)	Listening		Reading		Spoken interaction		Spoken production					
English	C1	*Advanced*	C1	*Advanced*	C1	*Advanced*	C1	*Advanced*	C1	*Advanced*		
French	C1	*Advanced*	C1	*Advanced*	C1	*Advanced*	C1	*Advanced*	C1	*Advanced*		
	(*) Common European Framework of Reference for Languages											
Social skills and competences	Social, optimistic, easily integrated into any collective. Teamwork: I worked from the beginning until now in various collectives, where I had very good relations, good communication skills, guidance and control. Sociable: I am a person who easily establishes social relationships. Communication: I am a communicative person.											
Organisational skills and competences	Good organizer.In most cases I had to solve not just the specific duties of position,but I was always involved in most of the activities of the companies in which I have worked.I have managed well the departments where I worked. I'm a good manager. I help colleagues in need. I allways participate in all activities in which the company is involved.											
Technical skills and competences	I consider myself a good engineer, especially because I am passionate about all that means engineering in almost all of its aspects. I was involved in all areas of this field, I respect it and I will continue to serve with the same passion as before.											
Computer skills and competences	I can do anything in IT, hardware and software, even if, in some cases I need small periods of assimilation / training when approaching a new field unused until that time.											
Artistic skills and competences	I have a native talent for drawing and a 6-year training at the music school. Both areas are part remained among my many passions.											
Other skills and competences	Automotive testing and diagnose, GPS applications, optics for terrestrial and astronomical											
Driving licence	Driver license B category, since 1989											
Additional												

information	
Annexes	On request I will send the required annexes.

CHAPTER IX - List of works by Angelescu Dorin

1 - Magazine "Instrumentatia Nr.1 – 1997", ed. AAIR

Title:

"Perpetua incercare"

Authors: Angelescu Dorin

2 - Published in the Degruyter platform in the Scientific Bulletin of the Wallachian University of Targoviste. Materials and Mechanics, Vol.15/Nr.13/2017.

Title:

"Intelligent 3D Video-Laser System for Measuring Distance and Avoidance of Obstruct Obstacles Integrable Into Robotic Platforms"

Authors: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe

3- Scientific communication session "TECHNOLOGICAL PROGRESS – A RESEARCH RESULT

April 27, 2017 - AGIR"

Title:

"Sistem integronic inteligent video-laser pentru măsurarea distanţei şi vitezei corpurilor aflate la distanţe mari"

Authors: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe

4- DOCTORAL Symposium – Wallachia Doctoral School - September 2017

Title:

"STUDY ON THE USE OF SENSORS, ACTUATORS AND COMMAND AND CONTROL ALGORITHMS USED IN THE CONSTRUCTION OF MECHATRONIC ROBOTS"

Authors: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe

5- Published in Springer:" The 5th International Conference on Advanced Manufacturing Engineering and Technologies (NEWTECH), University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Serbia, 5 - 9 June 2017"

Title:

"Flexible Control System Used in the Nano-technological Production Flow"

Authors: Popan Gheorghe, Angelescu Dorin

6- Scientific communication session "TECHNOLOGICAL PROGRESS – A RESEARCH RESULT

April 26, 2018 - AGIR"

Title:

“Intelligent cyber-mixmechatronic system for control of security and surveillance robots”

Authors: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe

7- The Scientific Bulletin of VALAHIA University MATERIALS and MECHANICS –Vol. 16, No. 14 - June - 2018, published on the DeGruyter platform.

Title:

“INTELLIGENT CYBER-MIXMECHATRONIC MICRO-SYSTEM FOR MONITORING AND CONTROLLING THE SECURITY AND SURVEILLANCE ROBOTS”

Authors: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe

8- THE 16TH NATIONAL SYMPOSIUM ON "MECHATRONICS AND MECHANICAL ENGINEERING, MICROTECHNOLOGIES AND NEW MATERIALS ”MMI IIMMMMMMNN- --222000111888“ VALAHIA ”UNIVERSITY OF TÂGOGOŞTE FACULTY OF MATERIALS ENGINEERING AND MECHANICS - F.I.M.M.

20.07.2018

Title:

“Intelligent Platform with BLDC Drives and Microsystems for Mechatronic Applications in Security and Surveillance”

Authors: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe

9- ICOMECIME International Conference 2018

6.07.2018

Title:

“The New INCMDMT Research Center for Intelligent Mechatronic Systems used for Securing Objectives and Intervention – CERMISO”

Autori: Popan Gheorghe, Angelescu Dorin

10- AGIR – SINGRO 2018 – Brasov

07.09.2018

Title:

“Intelligent platform with BLDC DC motors and computing microsystems for mechatronic security and surveillance applications”

Authors: Angelescu Dorin, Gheorghe Gheorghe

11 - AGIR Symposium “TECHNOLOGICAL PROGRESS – A RESULT OF RESEARCH”

09.05.2019

Title:

“Cyber-mixmecatronic robot for security and surveillance applications (RMSS)”

Authors: drd. Ing. Dorin Angelescu, prof. univ. dr. Ing. D.H.C. Gheorghe Ion Gheorghe , INCDMTM - Bucuresti

03.10.2019

12- *Oros Daraban, A.E.; Negrea, C.S.; Artimon, F.G.; Angelescu, D.; Popan, G.; Gheorghe, S.I.; Gheorghe,* M. A Deep Look at Metal Additive Manufacturing Recycling and Use Tools for Sustainability Performance. Sustainability *2019, 11, 5494-5513. DOI: 10.3390/su11195494, 2.59 ISI factor* (https://www.mdpi.com/2071-1050/11/19/5494)

13- A.E. Daraban (Oros), D.Angelescu, F.G.P. Artimon, S.I. Gheorghe, C. Negrea, G. Popan - *Optimal solutions and advanced technologies for innovative products to build smart mechatronics systems using life cycle assessment*, **Conference Proceeding Global and Regional in Environmental Protection GLOREP 2108**, Timisoara 15-17 November, 2018, 51-54, Ed. Politehnica Timisoara, ISBN 978-606-35-0238-5 (Article including eco-design and advanced technologies for smart mechatronics systems using LCA)