

ROMÂNIA
MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
UNIVERSITATEA TEHNICĂ „GHEORGHE ASACHI” DIN IAȘI
FACULTATEA DE MECANICĂ



ROBOT MOBIL CONTROLAT PRIN GESTURI

Coordonator științific:
ș.l. univ. dr. ing. Ciprian STAMATE

Absolvent:
CRISTEA Petru-Cornel

REZUMATUL LUCRĂRII

Lucrarea are ca scop asamblarea și programarea unui robot mobil capabil să se deplaseze pe anumite direcții determinate de gesturile mâinii. Pentru a putea recunoaște gesturile mâinii, este nevoie de controler care va transforma aceste mișcări ale mâinii în semnale ce vor fi trimise mai departe la robot. Comunicarea între cele două dispozitive se va realiza fără fir, prin intermediul undelor radio.

Capitolul I este o introducere în domeniul mecatronicii și al roboticii în scopul înțelegerii mai ușoare a noțiunilor din următoarele capitole.

Capitolul II conține o serie de roboți comandați și un studiu actual al acestora, precum și o clasificare generală a roboților, arhitectura acestora și sistemele de bază pe care ar trebui să le conțină un robot mobil.

În *capitolul III* se prezintă sintetic aspecte privind stadiul actual al interacțiunii om – robot și al mijloacelor de comunicare verbale sau non-verbale folosite, precum și aspecte despre roboții mobili folosiți în robotică.

Capitolul IV cuprinde câteva aplicații asupra roboților comandați de la distanță dar și o prezentare a celor mai importante interfețe de comunicare de la distanță pe care le putem implementa în studiul roboților mobili.

Capitolul V se concertează asupra robotului din tema proiectului și conține o prezentare a modului de funcționare pentru cele mai importante componente electronice pentru construcția robotului dar și asamblarea acestuia împreună cu schemele electrice care vor ajuta la conectarea microcontrolerului cu celelalte dispozitive.

În *capitolul VI* este prezentată funcționarea robotului, gesturile pe care le va recunoaște controlerul și modul cum este acesta influențat de orientarea mâinii pe care se află. Acest lucru se realizează cu ajutorul unui software de programare care va fi prezentat tot în acest capitol împreună cu programele implementate în microcontrolerul de pe robot și controler.

În *capitolul VII* sunt enumerate o serie de probleme întâmpinate în construcția și funcționarea robotului împreună cu rezolvarea acestora. Tot în acest capitol este enumerată și o serie de avantaje pe care le poate aduce robotul atunci când este utilizat în anumite domenii din viață omului.

Robotul controlat prin gesturi, din punct de vedere mecanic este destul de simplu însă partea electronică implică câteva dificultăți deoarece există riscul de defectare a unui circuit integrat iar singura rezolvare este înlocuirea întregii componente. Cu toate acestea, robotul este una dintre cele mai bune invenții realizate de știința omului.

CUPRINS

MEMORIU JUSTIFICATIV.....	4
CAPITOLUL I	
MECATRONICA ȘI ROBOTICA.....	5
1.1. Introducere în domeniu.....	5
1.2. Mecatronica	5
1.3. Robotica.....	6
CAPITOLUL II	
STADIUL ACTUAL ȘI REALIZĂRILE ROBOȚILOR COMANDAȚI.....	7
2.1. Generalități	7
2.2. Robotul spațial Opportunity	7
2.3. Robotul umanoid Sophia	8
2.4. Clasificarea roboților	9
2.5. Arhitectura roboților	10
2.5.1. Sistemul senzorial al roboților.....	11
2.5.2. Sistemul de acționare și de transmisie al robotului	12
CAPITOLUL III	
SISTEMUL DE INTERACȚIUNE OM – ROBOT.....	14
3.1. Introducere.....	14
3.2. Interacțiunea om-robot	14
3.2.1. Clasificarea interacțiunii om-robot.....	15
3.3. Interacțiunea naturală	16
3.4. Gesturi folosite în interacțiunea om-robot.....	17
3.4.1. Tipuri de gesturi	17
3.4.2. Tehnici de recunoaștere a gesturilor	18
3.5. Aplicații de interacțiune om-robot.....	19
3.5.1. Aplicații bazate pe interacțiunea prin gesturi	19
3.5.2. Aplicații bazate pe interacțiunea prin voce.....	20
CAPITOLUL IV	
SISTEME ROBOTICE COMANDATE DE LA DISTANȚĂ	21
4.1. Generalități	21
4.2. Flexibilitate	22
4.3. Interfețe pentru comandarea de la distanță.....	23
4.3.1. Undele Radio	23
4.3.2. Interfața Bluetooth.....	24
4.3.3. Interfața Wi-Fi	24
4.4. Diferențe între variantele de proiectare	25

CPITOLUL V

CONSTRUCȚIA ROBOTULUI MOBIL CONTROLAT PRIN GESTURI	26
5.1. Prezentarea robotului	26
5.2. Elementele componente ale robotului	29
5.2.1. Placa de dezvoltare Arduino Nano	30
5.2.2. Modulul Giroscop cu Accelerometru pe 3 axe MPU6050	32
5.2.2.1. Interfață I2C	34
5.2.3. Modul Transmițător-Receptor Radio 433MHz	36
5.2.5. Driverul Motor L298N H-Bridge	38
5.2.5.1. Semnalele PWM pentru controlul vitezei unui motor	40
5.2.5.2. Puntea-H pentru controlul direcției de rotație a unui motor	41
5.2.6. Motorul de curent continuu cu reductor	42
5.3. Asamblarea dispozitivelor	43
5.3.1. Asamblarea robotului mobil	44
5.3.2. Asamblarea controlerului	47
5.4. Realizarea conexiunilor electrice	47

CPITOLUL VI

FUNCȚIONAREA ROBOTULUI MOBIL CONTROLAT PRIN GESTURI	51
6.1. Schema bloc a robotului mobil controlat prin gesturi	51
6.2. Programarea dispozitivelor	51
6.2.1. Programarea controlerului	53
6.2.2. Programarea robotului mobil	56

CPITOLUL VII

TESTAREA ROBOTULUI MOBIL ȘI REZULTATELE FINALE	61
7.1. Probleme întâmpinate și rezolvarea acestora	61
7.2. Îmbunătățiri ce pot fi aduse robotului	61
7.3. Utilizarea acestui robot în viața omului	61

BIBLIOGRAFIE	62
--------------------	----

MEMORIU JUSTIFICATIV

Din timpuri străvechi omenirea și-a imaginat diferite mașini care imită organisme sau care depășesc oamenii în abilitățile lor și din timp în timp au existat numeroase încercări de construire a unor astfel de mașini.

Cuvântul robot este de origine slavă și se poate traduce prin: muncă, clacă sau muncă silnică. Roboții de azi sunt cele mai recente rezultate ale unei evoluții tehnice aflată în curs de desfășurare, care a progresat pe parcursul a câteva secole.

Dezvoltarea electrotehnicii din secolul XX a adus cu sine și o dezvoltare a roboticii. Printre primii roboți mobili se numără sistemul Elmer și Elsie construit de William Grey Walter în anul 1948. Aceste triciclete se puteau îndrepta spre o sursă de lumină și puteau să recunoască coliziuni în împrejurimi. [1]

În 1951 Edmund Berkeley inventează un robot mic, “veveriță”, capabil să adune nuci sau mingi de golf. Era primul robot cu un braț aflat sub control automat, primul robot automat care putea efectua o sarcină, alta decât a se îndrepta spre lumină.

Noile descoperiri după Războiul Rece aveau să dea lumii, roboți ce foloseau ultrasunete pentru detecția obiectelor (1980), roboți cu mișcări mult mai precise (Zero-2, 1984) sau chiar roboți cu 6 picioare, capabili să susțină un om și având suspensii reglabile (Adaptive Suspension Vehicle, 1986). [1]

Controlul unui robot cu o telecomandă sau un comutator este destul de complicat deoarece aceștia sunt mai voluminoși iar distanța de parcurgere este limitată de lungimea firului și din această cauză s-au dezvoltat roboți controlați prin gesturi cu ajutorul unor senzori specifici. Scopul principal al acestui proiect este de a controla mișcarea robotului cu gestul mâinii cu ajutorul unui accelerometru.

Mulți roboți efectuează operațiuni în fabricile unde se produc bunuri în cantități mari și de calitate, dar în ultimul timp se poate observa apariția unor noi clase de roboți. Acești noi roboți de servicii nu sunt concepuți pentru a produce bunuri, ci pentru a oferi servicii utile la locul de muncă sau la domiciliu sau pur și simplu pentru a distra și a oferi confort oamenilor.

CAPITOLUL I

MECATRONICA ȘI ROBOTICA

1.1. Introducere în domeniu

Bazele mecatronicii și roboticii au început de dinainte de cel de-al doilea război mondial datorită dorinței de a dezvolta și ușura munca oamenilor de pretutindeni. Datorită începerii celui de-al doilea război, această știință a electricii a fost accelerată, astfel, componentele electrice (bobine, condensatoare, rezistoare) și-au găsit o mare aplicabilitate în diferite dispozitive.

În decursul anilor, oamenii de știință au început să pună din ce în ce mai mult în practică electricitatea datorită ușurinței de producere a acesteia și pe un consum mic de muncă.

1.2. Mecatronica

În circumstanțele revoluției industriale, oamenii de știință au fost nevoiți în a adapta și a simplifica mecanismele și sistemele de operare. Astfel combinând electrica cu mecanica și cu informatică a ieșit termenul mecatronică.

Acest termen a apărut pentru prima dată în anul 1969 la compania Japoneza “Yaskawa” și venea ca și prescurtare de la “tehnologie compatibilă cu societatea informațională”. În timp, această noțiune de mecatronică a început să fie mai bine definită, făcând parte din îmbunătățirea generală a funcționării utilajelor și sistemelor tehnice într-un tot unitar. [2]

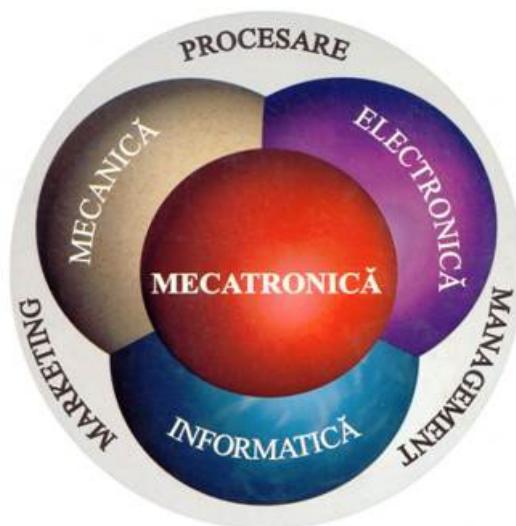


Fig. 1.1. Schema reprezentativă cu domeniile din mecatronica
[\[cursuri.flexform.ro\]](http://cursuri.flexform.ro)

1.3. Robotica

Robotica este o zonă de cercetare interdisciplinară la interfața informaticii și ingineriei ce implică proiectarea, construcția, operarea și utilizarea roboților. Scopul roboticii este de a proiecta mașini inteligente care pot ajuta și ajuta oamenii în viața lor de zi cu zi și să-i păstreze pe toți în siguranță. Robotica se bazează pe realizarea tehnologiei informației, ingineriei computerizate, ingineriei mecanice, ingineriei electronice și altele.

Această știință dezvoltă mașini care pot înlocui oamenii și pot reproduce acțiuni umane, roboții fiind folosiți în multe situații și în multe scopuri, dar astăzi mulți sunt folosiți în medii periculoase, inclusiv inspecția materialelor radioactive, detectarea și dezactivarea bombelor, procese de fabricație sau unde oamenii nu pot supraviețui (de exemplu, în spațiu, sub apă, în mare căldură). [2]



Fig. 1.2. Reprezentare astrală a evoluției roboților
[\[wealthmanagement.com\]](http://wealthmanagement.com)

Cele mai importante componente ale unui robot sunt senzorii, aceștia fiind intermediul prin care pot comunica cu lumea exterioară. Acești senzori sunt de mai multe tipuri: fotoelectrici, inductive, capacitive, de măsurare, de vibrații, fiecare având un rol bine stabilit într-un sistem robotizat.

Datorită evoluției tehnologiei spre robotică, toate industriile au început să se automatizeze astfel încât costul de fabricare să fie din ce în ce mai mic, însemnând automat și mai puține locuri de muncă în zona industrială.

CAPITOLUL II

STADIUL ACTUAL ȘI REALIZĂRILE ROBOȚILOR COMANDAȚI

2.1. Generalități

Ideea de “roboți” a început să se promoveze la început prin intermediul filmelor, iar interesul acesteia era de a arăta lumii ce viitor posibil s-ar putea realiza cu ajutorul lor, și cum ar trebui să arate. În prezent, se poate spune că domeniul roboților și modul lor de funcționare nu are limite.

Roboții pot fi autonomi sau semi-autonomi. Un robot autonom nu este controlat de om deci acționează pe propria decizie. Mărirea roboților industriali este autonomă, deoarece aceștia trebuie să opereze cu viteză mare și cu o precizie ridicată, dar unele aplicații necesită roboți semi-autonomi sau controlați uman, cele mai utilizate sisteme de control fiind recunoașterea vocală, controlul tactil sau tactil și controlul mișcării.

Astfel, în aproape toate domeniile de lucru se pot concretiza idei creative ce pot conduce la ușurarea muncii prin intermediul roboților.

2.2. Robotul spațial Opportunity

Robotul Opportunity a fost creat de NASA pentru căutarea și analizarea varietăților de roci de pe Marte, determinarea compoziției materialului și evaluarea posibilității de a trai în mediul respectiv. Acesta este considerat un exemplu perfect de robot care și-a depășit așteptările cu mult deoarece în teorie a fost trimis în 25 Ianuarie 2004 pe Marte, planul său de operare fiind de 90 zile, însă acesta a lucrat încă 15 ani și 69 zile (de 50 ori durată sa de viață proiectată).

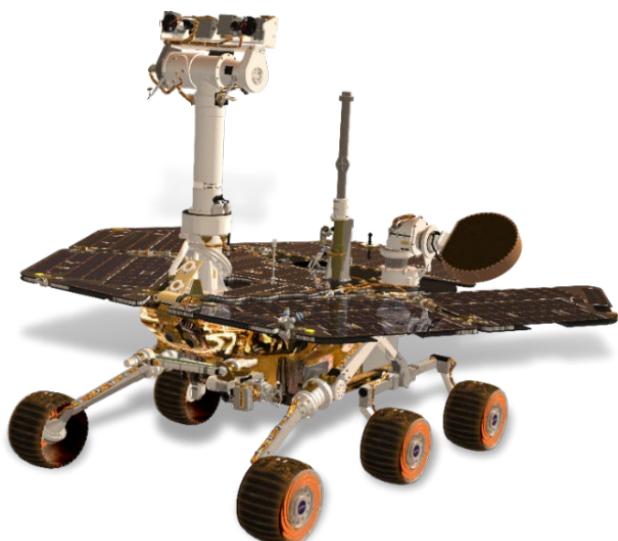


Fig. 2.1. Robotul spațial Opportunity
[\[pluspng.com\]](http://pluspng.com)

La data de 12 februarie 2019, acesta nu a mai transmis nici un semnal după o furtună de nisip, considerându-se astfel misiunea încheiată după 45,15 km parcursi. Una din marile realizări ale sale majore a fost descoperirea unui meteorit extra-marțian.

2.3. Robotul humanoid Sophia

În prezent Sophia este unul dintre cei mai inteligenți roboți din lume datorat inteligenței artificiale ce prelucrează datele vizuale și recunoașterii faciale.

Inteligenta artificială s-a definit chiar de la început ca fiind o combinație între știința computerelor, psihologie și filosofie la nivelul la care aceasta dă o explicație creației și naturii umane. S-a reușit modelarea pe computerele clasice a rețelelor neuronale, au fost create sisteme autoadaptive ce recunosc scrisul de mână și amprenta vocală și apariția în comerțul de larg consum în anul 2000 a unor roboți ce pot exprima facial emoții.



Fig. 2.2. Robotul humanoid Shopia
[edge.ug]

Ea a fost activată pe data de 19 aprilie 2015 de către compania Hanson Robotics din Hong Kong. Conceptul acestui robot a fost de a imita atât gesturile cât și expresiile umane, fiind capabilă să răspundă la întrebări simple și să poată purta conversații pe subiecte predefinite.

Acest robot se folosește de tehnologia oferită de Google de recunoaștere a vocii și proiectată pentru a se autoeduca în timp.

Inițial, creatorul ei a proiectat-o pentru a fi o companie potrivită oamenilor în vîrstă sau de socializare cu persoanele din parc ce au nevoie de un partener de discuție urmând ca aceasta să fie primul robot care a primit cetățenie sauditară.

2.4. Clasificarea roboților

Până de curând roboții s-au limitat la medii industriale, unde manipulatoare precise au fost dezvoltate pentru a automatiza activitățile plictisitoare, murdare sau periculoase ale oamenilor.

“Comunicarea” cu roboții s-a limitat doar la pornirea sau oprirea robotului. Recent acest lucru s-a schimbat. Ultimele două decenii au cunoscut o creștere rapidă în cercetare și utilizarea efectivă a roboților în multe domenii, cum ar fi: asistență la domiciliu și a altor categorii de oameni: reabilitare în terapii fizice, educație pentru dobândirea de cunoștințe generale și dezvoltarea competențelor sociale pentru copiii cu autism;

A doua categorie de roboți este reprezentată de roboții pentru menaj și îngrijirea a casei, care operează parțial într-un mod autonom și parțial în strânsă colaborare și interacțiune cu omul, în scopul de a îndeplini îndatoririle sale de menaj.

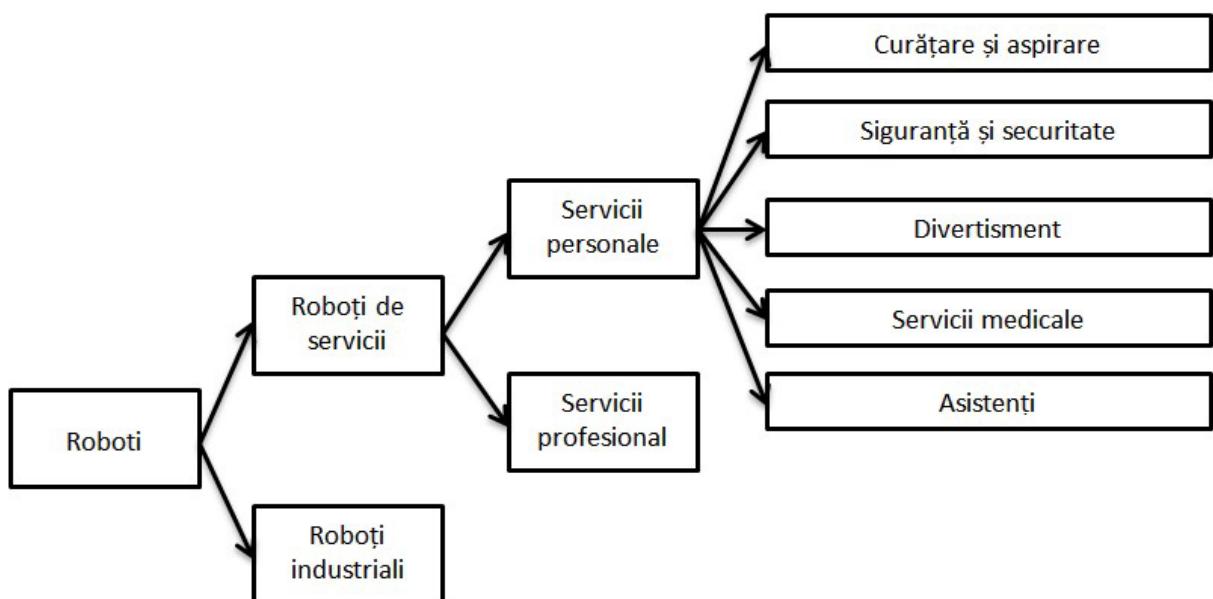


Fig. 2.3. Clasificarea roboților

Acstea fiind zise putem observa ca roboții se clasifică după mai multe criterii constructive și funcționale:

- din punctul de vedere al gradului de mobilitate
 - roboți fixi
 - roboți mobili;
- din punct de vedere al informației de intrare a informației și a metodei de instruire există:
 - roboți acționați de om;
 - roboți cu sistem de comandă cu relee (secvențial);
 - roboți cu sistem secvențial cu program modificabil;
 - roboți repetitori (cu programare prin instruire);
 - roboți inteligenți;

- din punct de vedere al sistemului de coordonate
 - roboții sunt în sistem de coordonate carteziene (18%),
 - roboții sunt în sistem de coordonate cilindrice (33%)
 - roboții sunt în sistem de coordonate sferice (40%);
- din punct de vedere al sistemului de comandă:
 - comandă punct cu punct (unde nu interesează traectoria propriu-zisă);
 - comandă pe contur (implică coordonarea mișcării axelor);
 - comandă pe întreaga traectorie (implică toți parametrii de mișcare);
- din punct de vedere al sistemului de acționare :
 - hidraulică (40%),
 - electrică (30%),
 - pneumatică (21%),
 - mixtă ;
- din punct de vedere al preciziei de poziționare:
 - sub 0,1 mm,
 - $(0,1 \div 0,5)$ mm,
 - $(0,5 \div 1)$ mm,
 - $(1 \div 3)$ mm,
 - peste 3mm ;
- din punctul de vedere al tipului de programare :
 - cu programare rigidă (fără posibilități de corecție);
 - cu programare flexibilă (există posibilitatea modificării programului);
 - cu programare adaptivă (există posibilitatea adaptării automate a programului în timpul funcționării);

2.5. Arhitectura roboților

Arhitectura internă a unui robot conține cinci sisteme importante, fiecare dintre acestea aparținând unui domeniu al tehnicii clasice:

- sistemul mecanic de susținere și al articulațiilor (cuprelor de rotație și de translație);
- sistemul de acționare (hidraulic, pneumatic electric sau mixt);
- sistemul de transmisie al mișcării;
- sistemul senzorial (intern și extern);
- sistemul decizional.

În continuare se va prezenta sistemul senzorial și sistemele de acționare și transmisie deoarece constituie un rol foarte important în construcția unui robot, chiar dacă este în categoria roboților industriali sau a roboților de serviciu.

2.5.1. Sistemul senzorial al roboților

Majoritatea sistemelor de procesare constau din hardware și software de calculator care conțin fenomene electrice și mecanice care se schimbă continuu. Evenimente care apar în timp și parametrii variabilelor sistemului influențează direct funcționarea corespunzătoare a sistemului respectiv.

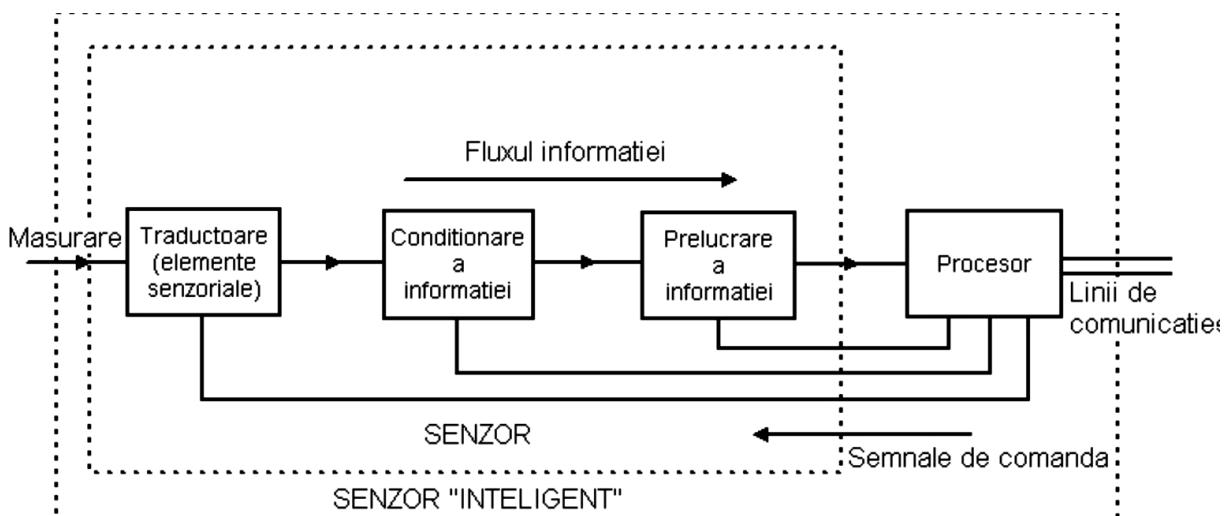
Pentru a putea percepe și procesa informațiile, variabilele sunt măsurate cu un dispozitiv care transformă fenomenele fizice (semnale analogice) în semnale electrice (semnale digitale) utilizând instrumente numite senzori sau traductoare.

Adesea, termenii traductor și senzor sunt considerați a fi asemănători, dar, în mod riguros, cele două noțiuni au semnificații distincte. Traducătorii obțin informațiile într-un anumit loc la un moment dat într-o formă care trebuie interpretată în termeni cantitativi, în timp ce senzorii acționează într-un interval de valori, fiind capabili să furnizeze informații care permit o apreciere a calității naturii. Prin urmare, senzorul poate fi considerat ca parte a traductorului numai dacă este similar cu elementul de detectare.

Un senzor este un dispozitiv care primește un stimul (de natură fizică, chimică sau biologică) și răspunde cu un semnal, de obicei electric, compatibil cu circuitele electronice pe care le transmite.

Există două tipuri de semnale:

- analogic (tensiune sau curent electric) - descrise în termeni de amplitudine, frecvență sau fază
- digital - descris printr-un cod numeric



*Fig. 2.4. Structura unui senzor intelligent
[webbut.unitbv.ro]*

Funcțiile sistemului senzorial sunt:

- realizarea reglajului de poziție, viteză, deplasare, acceleratie, efort;
- modelează o serie de funcții senzoriale umane: tactilă, vizuală, de tip releu pentru evitarea coliziunilor și securitate.

Senzorii interni (interoceptivi) sunt plasați pe buclele interne de reglare și ajută la descrierea traectoriei segmentelor mecanice componente și sunt în general de tip poziție și

deplasare. Cei mai utilizați în acest caz sunt senzorii de tip potențiometria (rezistivi) și cei de tip optic. Sistemele senzoriale de tip optic conțin un generator de flux luminos (de regulă un LED) și un element receptor (fototranzistor sau fotocelulă). Pentru poziționări precise se utilizează senzori inductivi.

Senzorii externi (exteroceptivi) se utilizează pe buclele externe pentru coordonarea traiectoriei generale a ansamblului, sunt senzori de efort (în general au la bază mărci tensometrie plasate pe concentratoare de efort), senzori de alunecare sau senzori tactili.

Senzorii de securitate – utilizați pe buclele interne sau externe de reacție pentru sesizarea pericolelor (ciocniri, creșterea temperaturii, etc.).

Sistemul senzorial de securitate are rolul de a evita coliziunile când apar regimuri deficitare de funcționare sau obstacole neprevăzute. Noii algoritmi inteligenți de recunoaștere a paternului împreună cu tehnologiile de realizare a camerelor digitale de luat vederi de înaltă rezoluție dău valențe noi acestui sistem senzorial permitând luarea deciziilor și stabilirea traiectoriilor de deplasare. Cei mai utilizați sunt senzorii optici în infraroșu și senzorii cu ultrasunete, formați dintr-un emițător de undă și un receptor comandat în fază cu emițătorul.

Funcționarea acestor senzori este puternic influențată de caracteristicile mediului (praf, fum, supafețe reflectorizante, etc.).

Ca senzori de proximitate se mai folosesc senzori fluidici (cu jet de aer), capacitive sau inductive, senzori ce comandă relee sau micro întârziatori care decuplează în situații critice alimentarea sistemului de acționare. Acești senzori au prioritate în nivelul de întârziatori a sistemului decizional.

2.5.2. Sistemul de acționare și de transmisie al robotului

Sistemul de acționare se alege în funcție de clasa de operații ce trebuie executate, în funcție de modul de lucru, de viteza de deplasare, de viteza de deplasare, de sarcină și de spațiul de mișcare precum și de precizia de poziționare.

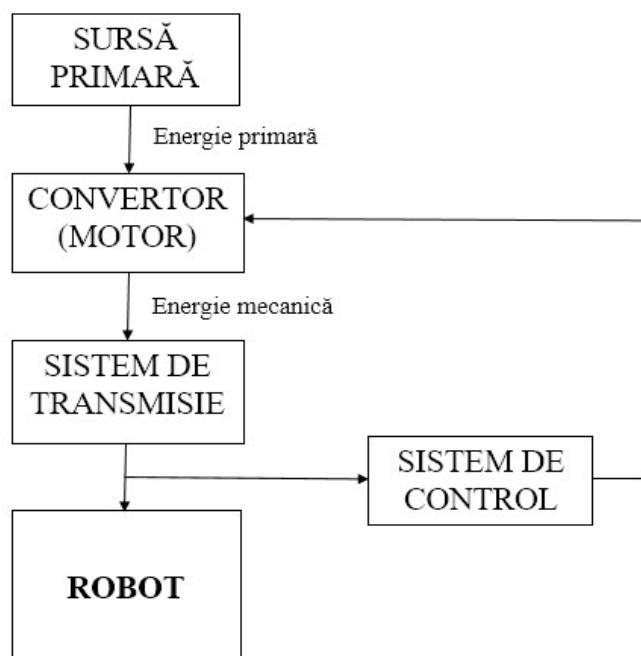


Fig. 2.5. Structura sistemului de acționare al unui robot
[[scribd.com](https://www.scribd.com)]

Astfel există:

- sisteme de acționare electrică (aproximativ 30% din numărul acestora),
- sisteme de acționare pneumatică (cam 21% din cazuri),
- sisteme de acționare hidraulice pentru sarcini mari și deplasări limitate în spațiu.
- sisteme de acționare mixte (9% din variantele constructive) – de tip electropneumatic sau electro-hidraulic.

Motoarele de acționare ale roboților trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să dezvolte cupluri ridicate;
- să aibă gabarit și masă reduse;
- să fie caracterizat printr-un moment de inerție scăzut pentru a permite poziționarea precisă;
- să fie compatibil cu sistemul de comandă și cu sistemul senzorial;
- să fie insensibil la perturbații.

Nouitatea în domeniul acționărilor o constituie fibra musculară artificială, foarte utilizată în cazul androizilor.



*Fig. 2.6. Fibră musculară artificială
[ipl.nasa.gov]*

Acești mușchi artificiali modeleză grosier funcționarea fibrei musculare umane dar pe lângă viteza de acționare scăzută, timpul mare de răspuns și limitarea posibilităților de deplasare spațială a brațului astfel acționat există și dezavantajul unei sarcini manipulate de valoare mică.

CAPITOLUL III

SISTEMUL DE INTERACȚIUNE OM – ROBOT

3.1. Introducere

Cercetările recente în interacțiunea om-robot se concentrează pe crearea de aplicații domestice, odată cu creșterea numărului de roboți personali de servicii, care au început să apară în casele sau birourile oamenilor.

Roboții inteligenți oferă suportul lor în multe activități neplăcute, plăcute și interesante pentru om. Acești roboți trebuie să fie capabili să dobândească suficientă înțelegere a mediului, să fie conștienți de anumite situații, să detecteze și să urmărească oamenii, precum și să stabilească o comunicare reușită cu aceștia pentru a fi capabili să coopereze [4].

În ultimul deceniu cercetarea în domeniul roboticii a trecut de la sisteme robotice staționare la roboți mobili și orientați pe servicii. Pe baza progresului recent în domeniul algoritmilor robotici fundamentali, cum sunt cei de mapare, navigare sau percepție, roboții mobili devin pregătiți pentru a fi lansați ca asistenți în medii dificile. O aplicație promițătoare a roboților de servicii se referă la asistenții de zi cu zi din mediile domestice [5].

3.2. Interacțiunea om-robot

Interacțiunea om-robot este un domeniu multidisciplinar și are contribuții în domeniul interacțiunii om-calculator, inteligență artificială, robotică, înțelegerea limbajului natural și științe sociale.

Roboții sunt proiectați pentru a executa sarcini diverse, de la automatizări industriale la prestări de servicii sau îngrijire medicală și divertisment. Deși roboții au fost utilizati inițial pentru sarcini repetitive, acum devin implicați în sarcini și activități din ce în ce mai complexe, inclusiv interacțiunea cu oamenii necesară pentru a finaliza aceste sarcinile dorite.

Această complexitate a determinat apariția unui domeniu de cercetare dedicat interacțiunii om - robot (HRI - Human Robot Interaction), prin care se studiază modul prin care oamenii interacționează cu roboții și cum este cel mai bine să se proiecteze și să se implementeze sistemele robotice pentru a indeplini sarcini interactive.

Scopul fundamental al HRI este de a dezvolta principiile și algoritmii pentru sisteme robotice, pentru a le face capabile de interacțiune directă, sigură și eficientă cu oamenii [6]. Multe aspecte ale cercetării HRI se referă sau se trag din perspectivele și principiile de psihologie, comunicare, antropologie, filozofie și etică, făcând din HRI un domeniu inherent interdisciplinar.

În prezent, interacțiunea om-robot se găsește în mai multe forme: activități periculoase, căutarea, salvarea sau curățarea de materiale periculoase, deplasarea pe terenuri accidentate care necesită eliminarea operatorului uman din locația fizică a robotului.

Roboții care asistă persoanele în vîrstă sau cele cu dezabilități, împart același spațiu fizic cu utilizatorii lor, de multe ori transportându-i prin mediul de lucru. Alții oferă divertisment și companie pentru oameni sau sunt folosiți în activități de supraveghere.

3.2.1. Clasificarea interacțiunii om-robot

Interacțiunea om-robot diferă de interacțiunea om-calculator în patru dimensiuni, care pot fi considerate categorii de clasificare a interacțiunii om-robot. Cele patru dimensiuni sunt:

- tipurile de interacțiune (sau rolurile în interacțiune – supervisor, operator, coleg);
- natura fizică a roboților;
- caracterul dinamic al platformelor robotice;
- mediul în care apar interacțiunile. [7]

Interacțiunea, prin definiție, necesită o comunicare între roboți și oameni. *Comunicarea între un om și un robot* poate lua mai multe forme, dar aceste forme sunt în mare măsură influențate de distanța spațială dintre om și robot. Astfel, comunicarea și interacțiunea pot fi clasificate în două categorii generale [8]:

- interacțiunea de la distanță – operatorul și robotul sunt separați spațial sau temporal;
- interacțiunea apropiată - oamenii și roboți sunt co-localizați (de exemplu, roboții pentru prestări de servicii pot fi în aceeași cameră ca oamenii).

În cadrul acestor categorii generale este util să se facă distincția între aplicații care necesită mobilitate, manipulare fizică sau interacțiune socială. Interacțiunea de la distanță cu roboți mobili este adesea menționată ca “teleoperare” sau control de supraveghere, iar interacțiunea de la distanță cu un manipulator fizic este adesea menționată ca teleanipulare. Interacțiune apropiată cu roboți mobili poate lua forma unui robot de asistență și poate include o interacțiune fizică.

Interacțiunea om-robot variază foarte mult de la robot la robot, având în vedere diversitatea, au fost propuse mai multe clasificări pentru a organiza ceea ce se cunoaște despre interacțiunea om-robot iar acestea ar putea fi clasificate în funcție de 11 dimensiuni [9]:

- sarcina robotului;
- caracterul critic al sarcinii robotului;
- morfologia robotului;
- raportarea oamenilor la roboți;
- diferite tipuri de roboți în echipe om-robot;
- structura de comandă a echipelor om-robot;
- rolul robotului;
- apropierea omului de robot;
- informații furnizate de robot pentru a sprijini luarea deciziei de către utilizator;
- locul unde au loc interacțiunile în termeni de timp și spațiu
- nivelul de autonomie al robotului.

Aplicațiile cu roboți de servicii autonomi pot fi împărțite în două grupe principale: în aer liber (de teren) și de interior. Mașinile de tuns iarba autonome, roboții de detectare a minelor și de căutare și salvare, reverele pe Marte, automatele de cărat marfă, vehicule aeriene și subacvatice fără pilot sunt unele aplicații ale roboticii de teren.

Termenul *robotică de interior* se aplică de obicei roboților mobili autonomi care se deplasează într-un mediu interior tipic populat. Aspiratoare robotizate, roboți de divertisment și de companie sau aplicații de securitate și de supraveghere sunt, de asemenea, câteva exemple pentru aplicații cu roboți de interior. Interacțiunea om-robot este un domeniu în creștere de cercetare și de aplicare.

Domeniul include multe aspecte și are potențialul de a produce soluții cu impact social pozitiv. Clasificările anterioare au rolul de a organiza informațiile despre interacțiunea om-robot la un nivel global. În capitolul următor va fi introdus conceptul de interacțiune naturală.

3.3. Interacțiunea naturală

În comunicarea interpersonală gesturile, mișcările și expresiile sunt utilizate pentru schimbul de informații. Un aspect important pentru interacțiunea om-robot este de a aplica, de asemenea, acest concept, creând căi de comunicare cu robotii într-un mod natural și eficient. Sistemele robotizate de asistare, ca instrumente care oferă sprijin utilizatorului uman, necesită tehnologii care pot fi controlate prin comunicare naturală pentru asistarea oamenilor în activitățile de zi cu zi. Pentru a facilita o *interacțiune naturală (NI)*, robotii ar trebui să fie capabili să percepă și să înțeleagă modalitățile folosite de oameni în timpul interacțiunii cu aceștia. [10].

O interacțiune naturală este definită ca o interacțiune care poate avea loc în mod inconștient, fără efort, prin care comunicarea în ambele direcții se face atât de natural, încât rezultatul este o fuziune armonioasă a persoanei și mașinii în realizare unei sarcini comune. Cu toate acestea există mai multe abordări pentru a defini acest concept, care vor fi menționate în continuare, pentru a găsi unele elemente comune.

Ideea de a dezvolta interfețe de interacțiune naturală pentru a comunica cu sisteme inteligente nu este atât de nouă [11], dar în ultima vreme există o preocupare tot mai mare pentru acest tip de interfețe, datorată în principal progreselor tehnologice, care oferă acum suport pentru interpretarea ușoară a mișcării utilizatorului sau pentru recunoașterea vocii.

În acest fel, a apărut ideea de *interfață naturală cu utilizatorul* (NUI – natural user interface). Astăzi, o astfel de interfață este înțeleasă ca o alternativă la o interfață grafică cu utilizatorul (GUI – graphical user interface), ca o tehnologie care recunoaște gesturi umane, voce și alte tipuri de ‘intrări’ ale omului, dar nu este foarte bine definită încă.

O interfață cu utilizatorul naturală (NUI) este o interfață cu utilizatorul proiectată să refolosească abilitățile existente pentru a interacționa în mod direct și plăcut cu tehnologia. [12]. În cazul în care experiența de utilizare a unui sistem se potrivește așteptărilor, astfel încât este întotdeauna clar pentru utilizator cum să procedeze, atunci această experiență poate fi numită "naturală".

Din definițiile de mai sus, se concluzionează că există anumite cerințe pentru ca o interacțiune cu robotii sau cu alte dispozitive să fie naturală, cum sunt următoarele:

- trebuie să fie ușor de utilizat, cu comenzi inspirate din lucrurile care sunt învățate în mod natural;
- trebuie să poată fi comparată cu un comportament uman obișnuit;
- trebuie să se adapteze la particularitățile și la abilitățile ființelor umane;
- trebuie să ofere utilizatorilor experiențe plăcute și interactive, cu metode mai bune de răspuns;
- trebuie să ofere utilizatorului posibilitatea de a se descurca fără nici o pregătire sau instruire preliminară complexă.

Acest concept de "interacțiune naturală" va fi exploarat prin dezvoltarea unui sistem de interacțiune cu un robot humanoid folosit pentru aplicații de asistență. Robotii umanoizi au atrăs atenția cercetătorilor din întreaga lume deoarece aceștia pot servi ca parteneri sau asistenți pentru a efectua diferite tipuri de sarcini, care sunt neplăcute sau plăcitoare pentru oameni în viața lor de zi cu zi.

Ca și o concluzie, putem zice că interacțiunea om-robot reprezintă studiul interdisciplinar al dinamicii interacțiunii dintre oameni și roboți. Cercetători specializați în HRI provin dintr-o varietate de domenii, inclusiv inginerie, informatică, științe sociale și umaniste.

În acest capitol au fost prezentate câteva aspecte ale interacțiunii om-robot, luând în considerare nivelurile de interacțiune, aplicațiile din acest domeniu și rolurile pe care le pot avea roboții într-o astfel de situație.

3.4. Gesturi folosite în interacțiunea om-robot

Înțînd cont de modul în care oamenii interacționează între ei, se urmărește ca această capacitate a lor să fie transmisă și în sfera roboticii, prin construirea de roboți care nu necesită ca oamenii să se adapteze la ei într-un mod special.

Acești roboți pot colabora ușor cu oameni, interacționează cu ei și pot fi învățați într-un mod natural, aproape ca în cazul în care ei își ar fi alți oameni.

Un robot asistent trebuie să fie capabil să interpreteze instrucțiunile verbale și non-verbale date de către om. În acest context, cercetătorii depun eforturi să găsească noi mijloace de interacțiune mai simple, mai intuitive și asemănătoare cu cele interumane, care să necesite în același timp mai puțină putere de calcul și dispozitive mai puțin sofisticate.

Alături de alte abordări mai recente, folosirea gesturilor umane rămâne încă o alternativă naturală și atractivă față de dispozitivele și interfețele împovărătoare ale interacțiunii om-calculator.

Printre alte acțiuni, gestul de indicare (pointing gesture) este natural și, probabil, cea mai intuitivă paradigmă de interacțiune, eficientă chiar și în mediile complexe și utilă pentru comanda sau pentru simpla transmitere a unui mesaj robotului [13].

3.4.1. Tipuri de gesturi

Conform Dicționarului Explicativ al Limbii Române, un gest reprezintă o mișcare a mâinii, a capului etc. care exprimă o idee, un sentiment, o intenție, înlăciind uneori cuvintele sau dând mai multă expresivitate vorbirii.

Gesturile pot fi clasificate:

- în funcție de forma lor
 - deictice – îndreaptă atenția către un anumit obiect, persoană sau localizare în mediul înconjurător;
 - convenționale – gesturi care au o anumită semnificație și formă într-o comunitate și sunt, prin urmare, simboluri împărtășite din punct de vedere cultural;
 - reprezentationale (iconice sau metaforice) – gesturi care fac referire la un obiect, o acțiune sau o relație, creând un aspect al formei sau mișcării referentului; cele iconice reprezintă obiecte fizice sau evenimente, iar cele metaforice reprezintă idei abstracte sau concepte;
 - bruște – mișcări ale mâinii sau ale capului care evidențiază sau corespund cu prozodia discursului;

- în funcție de relația acestora cu expresia vocală asociată:
 - pentru consolidarea informațiilor transmise prin vorbire;
 - pentru a evita ambiguitatea informațiilor transmise prin vorbire;
 - pentru a adăuga informații la informațiile transmise prin vorbire
- după funcția îndeplinită în relația om-mediu:
 - argotic – acționează asupra mediului;
 - epistemic – care se referă la aparatul perceptiv al omului (văz, auz, receptori tactili);
 - semiotic – produc un mesaj informational pentru mediu.



Fig. 3.1. Tipuri de gesturi ale mâinii
[\[https://www.ijrte.org\]](https://www.ijrte.org)

3.4.2. Tehnici de recunoaștere a gesturilor

Există mai multe tehnici utilizate pentru recunoașterea gesturilor. De obicei aceste tehnici se împart în două categorii principale:

- bazate pe senzori
- bazate pe imagine (Vision).

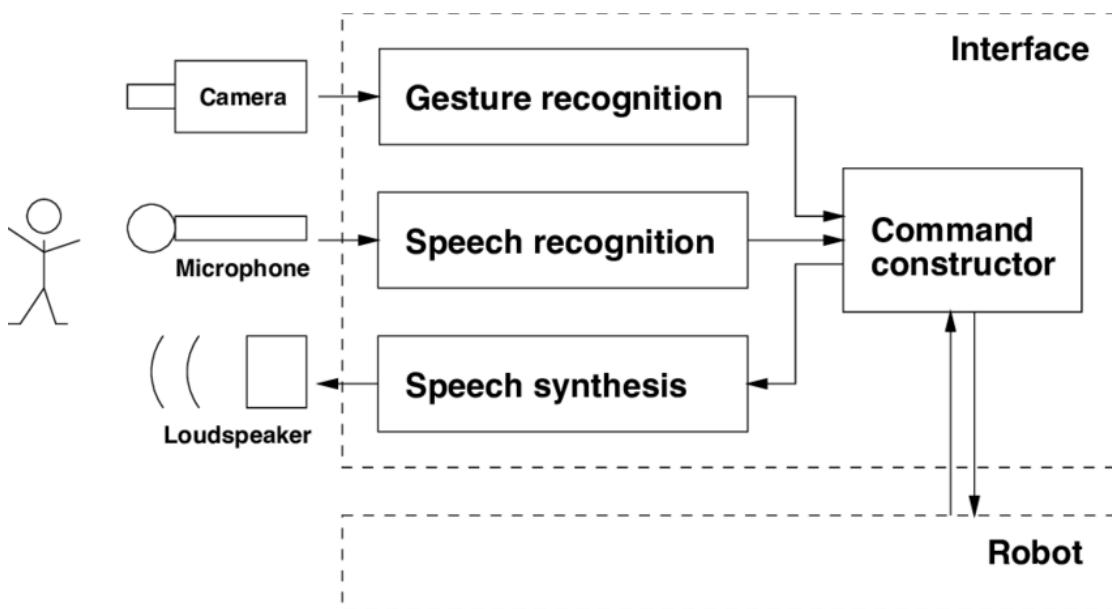
În același timp gesturile pot fi statice sau dinamice. Pentru recunoaștere gesturilor dinamice în timp real, există probleme în stabilirea punctelor de început și de sfârșit ale unui model gestual semnificativ dintr-un flux continuu [14]. În timp ce recunoașterea gestului static (postură) poate fi realizată în mod obișnuit prin tehnici precum potrivire de şablon (template matching) și recunoaștere a modelelor (pattern recognition), problema recunoașterii gesturilor dinamice implică utilizarea unor tehnici mai avansate. Unele gesturi au atât elemente statice, cât și dinamice.

În această lucrare ne vom referi doar la recunoașterea senzorială și, în special, la gesturi ale brațelor folosind un modul de tip accelerometru pe 3 axe, ce va fi prezentat alături de alte componente într-un capitol viitor.

3.5. Aplicații de interacțiune om-robot

În ultimele decenii au fost dezvoltăți mulți roboți de asistență pentru persoanele în vârstă și pentru persoanele cu handicap. Ei asistă oamenii în activitățile lor zilnice, cum ar fi igiena personală, educație sau activități de mișcare independente. Cu toate acestea, aplicațiile roboților de asistență sunt mult mai diverse decât furnizarea de ajutor sau îngrijire pentru populația vulnerabilă.

Acest tip de roboți împart o zonă de lucru și interacționează direct cu oamenii. Trăsătura lor distinctivă este capacitatea lor de a percepse mediul și persoanele din jur cu ajutorul unor senzori și algoritmii inteligenți, de a comunica cu oamenii în mod multinodal, de a se deplasa autonom și de a lua decizii în mod independent.



*Fig. 3.2. Exemplu de interacțiune om-robot
[<https://www.researchgate.net>]*

3.5.1. Aplicații bazate pe interacțiunea prin gesturi

Roboții au fost folosiți ca instrumente de cercetare într-o varietate de aplicații. Unii dintre ei s-au axat pe modul în care roboții sunt acceptați în societatea actuală, sugerând că pentru o prezență tot mai mare de roboți inteligenți în viața noastră de zi cu zi, este nevoie de oferirea de interacțiuni naturale [4]. Ultimele cercetări punctează utilizarea gesturilor ca o modalitate de interacțiune om-calculator sau om-robot, ca un mod natural și intuitiv de comunicare sau de selectare a unor opțiuni [5].

Există, de asemenea, mai multe studii care abordează problema interacțiunii prin gesturi. Gesturile sunt mișcări expresive ale corpului care implică mișcări fizice ale degetelor, mâinilor, brațelor, capului, feței, corpului sau cu intenția de a transmite informații semnificative atunci când se interacționează cu mediul înconjurător .

În special gesturile cu mâinile reprezintă o modalitate de interacțiune pentru oameni, mai ales atunci când aceștia încearcă să își exprime și să reprezinte ideile lor în spațiul 3D. Mișcările mâinilor și brațelor sunt, probabil, cele mai studiate gesturi implicate în con vorbire.

Pe baza acestei observații și presupunând că interacțiunea om-calculator și mai ales interacțiunea om-robot ar trebui să fie asemănătoare oamenilor (human-like), se poate afirma că gestul asociat cu vocea este unul dintre cele mai potrivite ‘modalități de intrare’ pentru controlul unui robot însă este destul de dificil pentru a optimiza un astfel de sistem, fiind nevoie de câțiva ani buni de dezvoltare pentru a ajunge la un astfel de sistem stabil și tocmai de aceea numărul roboților controlați prin gesturile brațelor este mai mare decât al roboților controlați prin voce.

3.5.2. Aplicații bazate pe interacțiunea prin voce

Există mai multe studii cu privire la recunoașterea vorbirii cu atenție de a comanda roboți. Scopul principal al aproape oricărei lucrări în acest domeniu este de a realiza o comunicare în limbaj natural cu asistentul robotic.

În cele mai multe studii vocea umană este folosită ca intrare în sistem, împreună cu alte semnale, într-o interfață de utilizator multinodală. De exemplu, comenziile vocale sunt cuplate cu semnale EOG pentru a comanda un robot. Diversi algoritmi sunt utilizati pentru a realiza recunoașterea vocii. Unul dintre ei este alinarea temporală dinamică, care se bazează pe comparația modelelor, destul de asemănător cu cel folosit în procesarea video [16]. Alte studii folosesc Hidden Markov Models sau rețelele neuronale artificiale (RNA) folosite ca atare sau combinate, de exemplu cu HMM pentru a obține recunoașterea vorbirii.

O altă clasificare a sistemelor de recunoaștere a vocii artificiale (ASR) este prin relația lor cu utilizatorul. Astfel, ele pot fi dependente/independente de vorbitor [15].

Sisteme dependente de vorbitor necesită instruirea utilizatorilor, dar au de obicei o acuratețe mai bună, în timp ce sisteme independente de vorbitor sunt mai flexibile, dar cu performanțe de recunoaștere mai mici. În lucrarea lui [17], s-a folosit o abordare cu vocabular, uzuală în aplicații de verificare a conceptului, bazată pe biblioteca Microsoft Kinect de recunoaștere a vocii.

Algoritmul din spatele bibliotecii este următorul: un flux audio preluat de la senzorul Kinect este analizat și apoi enunțurile vocale sunt interpretate. Dacă motorul recunoaște anumite elemente, acestea sunt trimise la unitatea de procesare. În cazul în care comanda nu este recunoscută, se elimină acea parte din fluxul audio.

În acest capitol au fost prezentate sintetic aspecte privind stadiul actual al interacțiunii om – robot și al mijloacelor de comunicare verbale sau non-verbale folosite, precum și aspecte despre roboții mobili folosiți în robotică. În toate afirmațiile anterioare, un aspect comun reprezintă dorința ca roboții să fie capabili de o interacțiune naturală ușoară cu oamenii, suportând limbajul natural și comunicarea non-verbală, eventual ajutate și de alte mijloace.

Comunicarea dintre utilizator și asistentul său robotic prin intermediul limbajului vorbit oferă multe posibilități utile. De asemenea, comunicarea non-verbală, prin intermediul gesturilor, poate seconda comunicarea verbală, îmbunătățind percepția mesajului și oferind posibilitatea de a transmite comenzi mai complexe.

CAPITOLUL IV

SISTEME ROBOTICE COMANDATE DE LA DISTANȚĂ

4.1. Generalități

În general, roboții comandați de la distanță își au rolul în medii periculoase pentru om, cum ar fi mediile toxice, mediile cu temperaturi extreme, mediile cu radiații și.a. Medii greu accesibile sunt, de asemenea, medii în care roboții comandați de la distanță sunt eficienți, ca un exemplu este Robotul spațial Opportunity menționat în Capitolul II.

Mediile industriale, spre deosebire de altele (extraterestre, subacvatice, urbane, agricole, forestiere etc.), au caracteristici specifice care au determinat folosirea unor structuri dedicate ale roboților industriali fără și, în ultimul timp, induc personalizări specifice privind dezvoltarea și implementarea roboților mobili universalii ca roboți mobili industriali. Printre caracteristicile și cerințele specifice ale mediilor industriale legate de implementarea roboților, în special, a celor mobili, se evidențiază: structurarea parțială a locațiilor de lucru, nivelul crescut de securitate, necesitatea unui sistem senzorial extern precum și necesitatea unor sistemele auxiliare.

La proiectarea, dezvoltarea și implementarea roboților industriali se urmărește, pe de-o parte, mărirea eficienței acțiunilor asupra mediilor tehnologice prin creșterea vitezei și precizia de execuție și, pe de altă parte, înlocuirea operatorilor umani care execută operații simple repetitive sau care lucrează în medii austere (căldură/frig, lumină/intuneric, vibrații/zgomote etc.) și nocive (cu radiații, poluate etc.) sau scoaterea operatorului uman din mediul respectiv, controlând robotul de la distanță.



*Fig. 4.1. Robot casnic pentru curățenie
[compari.ro]*

În perioada 2000-2003, numărul de unități de roboți pentru servicii este estimat la peste 49,400 unități, din care 40,000 sunt roboți domestici (excluzând cei de curățenie cu vacuum) și aproximativ 5,000 sunt roboți medicali. Roboții domestici destinați uzului casnic cu sistem de vacuum sunt introdusi pe piață la sfârșitul anului 2000.

De asemenea apar de la zi la zi roboți miniaturizați ce vor intra într-o mulțime de case și vor suplini o parte din activitățile umane. Mai mult de atât, tehnologia actuală poate fi folosită

în scopul complementării asistenței umane în cazuri dificile prin intermediul roboților de asistență ce suplinesc cu succes asistenții persoanelor cu handicap.

În cadrul sectorului roboți de serviciu, prețul destul de ridicat este încă un impediment, însă avantajele multiple care le oferă în timp justifică investiția.

Exact cum ne folosim acum de telefoane mobile, PC-uri aşa ne vom putea folosi de "bucătarii inteligente" sau "case inteligente", în care diverse echipamente vor fi conectate la un PC care va coordona "muncile" în casă, prin intermediul roboților de serviciu. De exemplu: robot de curățenie, robot subacvatic, robot cositoare; robot de curățat cu vacuum. În funcție de serviciile pentru care au fost creați, din totalul analizat în 1999, la un număr de 6600 de unități s-au numărat 50% roboți domestici, 14% roboți subacvatici, 12% roboți medicali, 6% roboți pentru curățenie și restul de 23% au fost în categoria "altele".

4.2. Flexibilitate

În acest caz, prin flexibilitate înțelegem simplitatea prin care, cu mici modificări aduse robotului mobil, acesta să poată îndeplini mai multe funcții.

De exemplu, o dronă militară, dotată cu armament și muniție poate deveni foarte ușor o drone pentru fotografiat / înregistrat, schimbându-i "efectorul final", mai exact, renunțând la armament, în favoarea unui aparat foto.

O echipă de ingineri de la Universitatea Harvard au creat primul „octobot”, un dispozitiv despre care specialiștii spun că reprezintă primul pas în producția unor noi tipuri de roboți avansați. Sistemul automatizat are opt „tentacule” și o înfățișare similară cu cea a unei caracatițe. Robotul este parțial autonom și a fost produs, într-o mare măsură, cu ajutorul unei imprimante 3-D. Pentru a funcționa, sistemul trebuie alimentat cu un gaz obținut din peroxid de hidrogen și un catalizator al platinei. [18]

„Una dintre principalele viziuni în domeniul roboticii este cea a producerii unor dispozitive în totalitate flexibile, însă problema a fost întotdeauna cea a înlocuirii componentelor rigide precum bateriile și sistemele electronice de control cu unele flexibile, care să poată fi mai apoi puse laolaltă. Această cercetare demonstrează faptul că putem fabrica ușor componente-cheie ale unui robot simplu și în totalitate flexibil”, a declarat coordonatorul proiectului octobotului, profesorul Robert Wood, într-un comunicat de presă dat de Universitatea Harvard. [18]

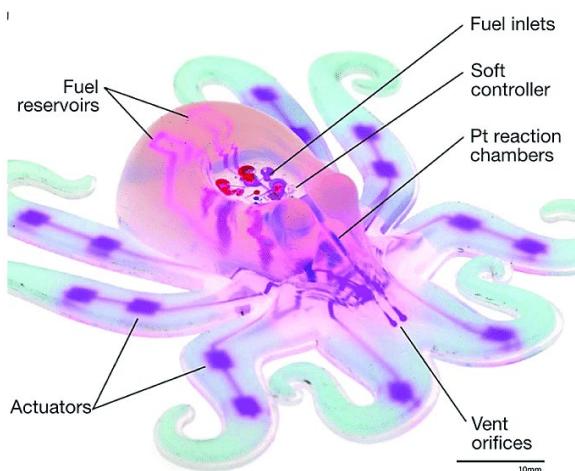


Fig. 4.2. Robotul Octobot
[researchgate.net]

4.3. Interfețe pentru comandarea de la distanță

4.3.1. Undele Radio

Undele radio sunt un tip de radiații electomagnetice cunoscute pentru utilizarea lor în tehnologiile de comunicare, precum televizorul, telefoanele mobile și aparatelor radio. Aceste dispozitive primesc unde radio și le convertează în vibrații mecanice în difuzor pentru a crea undele acustice. [19]

Spectrul frecvenței radio este o mică parte din spectrul electromagnetic. Acesta este de obicei divizat în șapte regiuni pentru a descrește lungimea de undă și a crește energia împreună cu frecvența. Categoriile sunt: undele radio, microundele, infraroșul, lumina vizibilă, ultravioletele, razele X și razele gamma. [20]

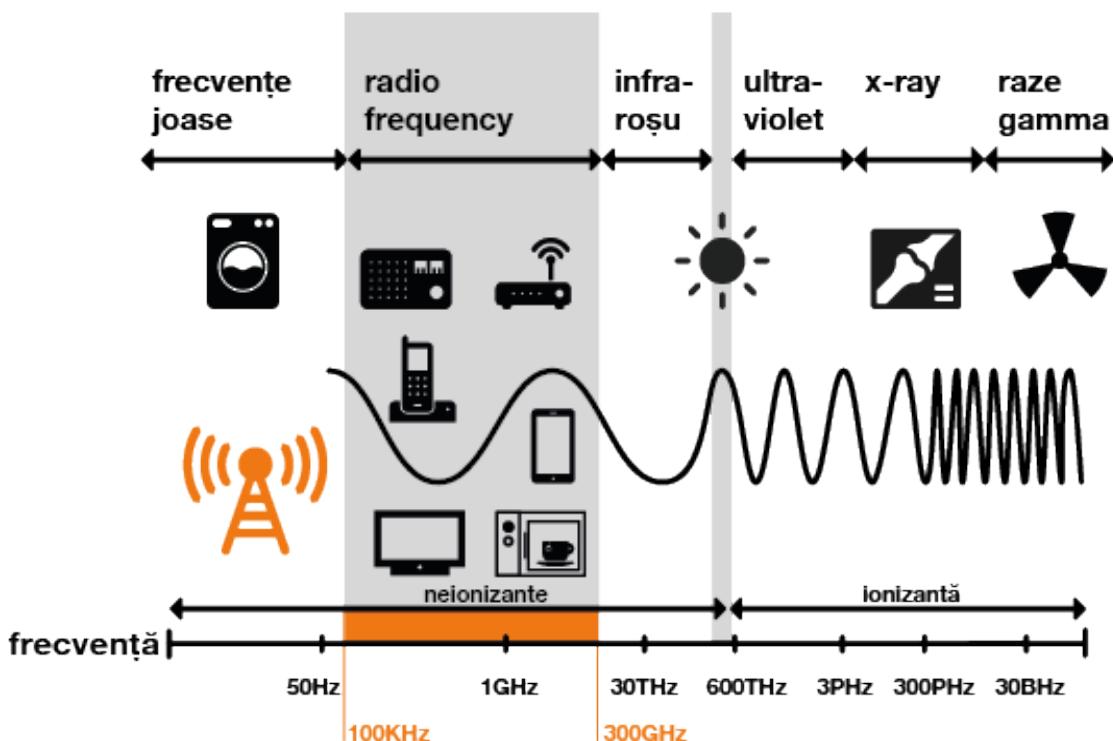


Fig. 4.4. Undele radio în funcție de frecvență
[\[https://radio-waves.orange.com/\]](https://radio-waves.orange.com/)

Undele radio au cele mai mari lungimi de undă din spectrul electromagnetic, de la un milimetru la 100 de kilometri. De asemenea, au cele mai joase frecvențe (3 kHz - 300 GHz).

Unitatea de frecvență a unei unde electomagnetice – un ciclu pe secundă – este Hertzul iar principiul de bază este simplu: Pe de o parte, un emițător „codifică” un mesaj prin varierea amplitudinii sau a frecvenței undei – asemănător codului Morse. Pe de altă parte, un receptor reglat la aceeași lungime de undă captează semnalul și îl decodifică sub forma dorită: sunete, imagini, date.

De la telecomanda obișnuită până la satelit, toate sistemele de telecomunicație fără fir se bazează pe acest principiu. Chiar dacă sunt folosite tehnologii din ce în ce mai complexe pentru codificarea acestor semnale electomagnetice, pentru creșterea calității lor, pentru creșterea cantității de informații transportate sau pentru creșterea securității transmisiilor.

Stăpânirea undelor radio a permis nașterea „telegrafiei fără fir”, apoi a radioului, a televiziunii și a formelor moderne de telecomunicație: emițătoare radio, TV, legături prin satelit, rețele mobile GSM.

4.3.2. Interfața Bluetooth

Bluetooth este un set de specificații, un standard, pentru o rețea personală PAN (Personal Area Network) fără fir bazată pe unde radio. Tehnologia Bluetooth a fost creată în 1994. Specificația Bluetooth a fost formulată pentru prima dată de Sven Mattisson și Jaap Haartsen, muncitori în orașul Lund, Suedia, la divizia de telefonie mobilă a companiei Ericsson. La 20 mai 1998 a fost fondată gruparea Bluetooth Special Interest Group (SIG), care azi, are rolul de a vinde firmelor tehnologia Bluetooth și de a urmări evoluția acestei tehnologii.

Printr-o rețea Bluetooth se poate face schimb de informații între diverse aparate precum telefoane mobile, laptop-uri, calculatoare personale, imprimante, camere foto și video digitale sau console video printr-o unde radio criptate (sigure) și de rază mică, desigur numai dacă aparatele respective sunt înzestrate și cu Bluetooth. [24]



*Fig. 4.3. Logo Bluetooth
[brandoftheworld.com]*

Aparatele care dispun de Bluetooth comunică între ele atunci când se află în aceeași rază de acțiune. Ele folosesc un sistem de comunicații radio, aşa că nu este nevoie să fie poziționate față în față pentru a transmite; dacă transmisia este suficient de puternică, ele pot fi chiar și în camere diferite.

4.3.3. Interfața Wi-Fi

Wi-Fi este numele comercial pentru tehnologiile construite pe baza standardelor de comunicație din familia IEEE 802.11 utilizate pentru realizarea de rețele locale de comunicație (LAN) fără fir (wireless, WLAN) la viteze echivalente cu cele ale rețelelor cu fir electric de tip Ethernet. [23]. Suportul pentru Wi-Fi este furnizat de diferite dispozitive hardware, și de aproape toate sistemele de operare moderne pentru calculatoarele personale (PC), router, telefoane mobile, console de jocuri și cele mai avansate televizoare.

Standardul IEEE 802.11 descrie protocoale de comunicație aflate la nivelul gazdă-rețea al Modelului TCP/IP, respectiv la nivelurile fizic și legătură de date ale Modelului OSI. Aceasta înseamnă că implementările IEEE 802.11 trebuie să primească pachete de la protocoalele de la nivelul rețea (IP) și să se ocupe cu transmiterea lor, evitând eventualele coliziuni cu alte stații care doresc să transmită.

Standardul 802.11 face parte dintr-o familie de standarde pentru comunicațiile în rețele locale, elaborate de IEEE, și din care mai fac parte standarde pentru alte feluri de rețele, inclusiv standardul 802.3, pentru Ethernet. [24]

Standardul a fost elaborat de IEEE în anii 1990, prima versiune a lui fiind definitivată în 1997. Acea versiune nu mai este folosită de implementatori, versiunile mai noi și îmbunătățite 802.11a/b/g fiind publicate între 1999 și 2001. Din 2004 se lucrează la o nouă versiune, intitulată 802.11n și care, deși nu a fost definitivată, este deja implementată de unii furnizori de echipamente.



*Fig. 4.5. Logo Wi-Fi
[brandoftheworld.com]*

Din punct de vedere al securității, IEEE și Wi-Fi Alliance recomandă utilizarea standardului de securitate 802.11i, respectiv a schemei WPA2. Alte tehnici simple de control al accesului la o rețea 802.11 sunt considerate nesigure, cum este și schema WEP, dependentă de un algoritm de criptare simetrică, RC4, nesigur. [24]

Dar, cum a fost specificat și anterior, Wi-Fi-ul este foarte "dinamic". Cu ajutorul unui router portabil atașat pe robot, limitele conexiunii devin limitele impuse de către furnizorul abonamentului, iar aceste limite sunt destul de largi.

Pentru ca robotul să funcționeze optim și să ofere un timp de răspuns cât mai mic, ideal ar fi, ca tipul conexiunii să fie minim 3G.

4.4. Diferențe între variantele de proiectare

Cea mai importantă diferență dintre variantele de proiectare definite mai sus este modul de transmitere a datelor și astfel se pot face următoarele precizări:

Interfața Bluetooth oferă o conexiune stabilă, cu un consum redus de energie, dar și limitări mari în ceea ce privește distanța.

Comunicarea prin frecvențele radio are o serie de avantaje: cost redus, simplitate, consum redus de energie; dar prezintă și o serie de dezavantaje, care, în acest caz, sunt indispensabile, mai exact, raza de acoperire foarte mică.

Comunicarea prin interfața Wi-Fi consumă, într-adevăr, mai multă energie decât celelalte variante, dar, când vine vorba de distanță de acționare, este cel mai eficient. Pe lângă asta, poate fi accesat de orice dispozitiv cu un browser modern și o conexiune la internet.

In acest proiect se va utiliza comunicarea prin unde radio având frecvența de 433 MHz cu ajutorul a două module de comunicare (transmițător și receptor)

CPITOLUL V

CONSTRUCȚIA ROBOTULUI MOBIL

CONTROLAT PRIN GESTURI

5.1. Prezentarea robotului

Robotul din cadrul proiectului nu este altceva decât o mașinuță electro-mecanică controlată cu ajutorul unui controler. Controlerul va trebui așezat pe mâna cu care dorim să controlăm robotul iar pe acesta se găsesc celelalte componente care vor ajuta la recunoașterea gesturilor iar conectarea acestuia cu robotul se face fără fir prin intermediul undelor radio.

Înainte de construcția propriu-zisă a robotului, s-a realizat un design al acestuia pe computer, pentru a stabili o așezare cât mai eficientă a elementelor componente. Pentru acest lucru s-a folosit software-ul CATIA V5 care reprezintă soluția ideală pentru dezvoltarea produselor cu ajutorul căreia se obține un model 3D complex care consolidează toate disciplinele ingineresti în aceeași interfață indiferent de zona de activitate: design, modelare 3D, proiectare repere tablă, modelare suprafețe complexe, proiectare dispozitive (SDV), dezvoltare mecatronică, layout 3D pentru circuite electronice, modelarea componentelor din materiale compozite, proiectare cablaje, simulare cu element finit (FEA), procese de fabricație (CAM), validare digitală (DMU) sau generarea desenelor 2D.

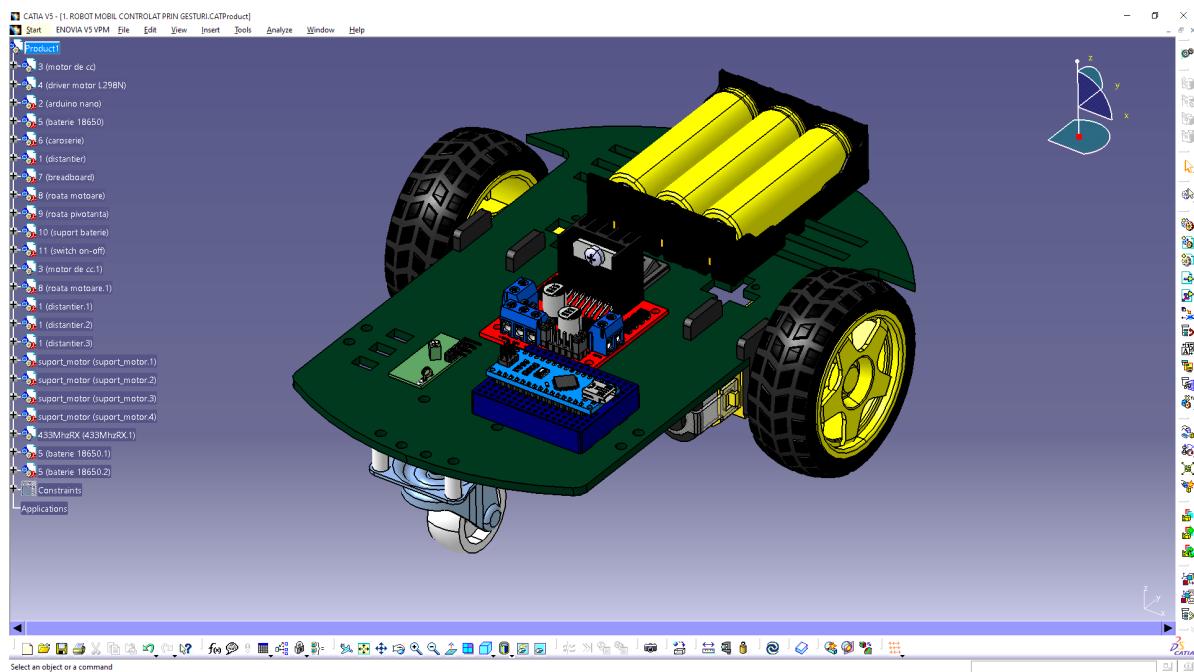


Fig. 5.1. Designul robotului mobil controlat prin gesturi în CATIA V5

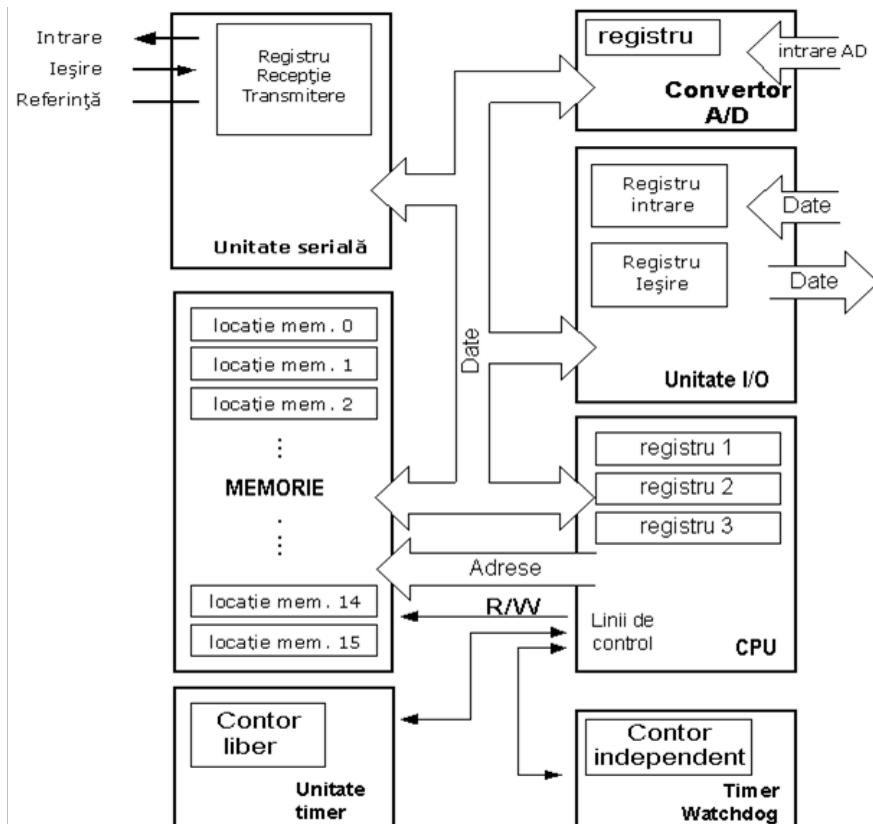
Un rol important în construcția robotului este microcontrolerul considerat creierul sistemului și se poate asocia cu creierul uman deoarece toți senzorii sunt conectați la acesta și toate semnalele (datele), primite sau trimise, vor trece prin acesta pentru a fi procesate, exact ca și simțurile umane (auzul, văzul, miroslul, tactil), ce oferă informații creierului uman pentru a ne da seama cu ce obiect avem de a face.

Microprocesorul, uneori numit și procesor, este unitatea centrală de prelucrare a informației (CPU) a unui calculator sau sistem structurat funcțional, care coordonează sistemul și care, fizic, se prezintă sub forma unui chip electronic.

Microcontrolerul este o structură electronică destinată controlului unui proces sau, mai general, este un microcircuit care încorporează o unitate centrală (CPU) și o memorie împreună cu resurse care-i permit interacțiunea cu mediul exterior.

Acesta diferă de un microprocesor prin funcționalitatea sa: pentru a fi folosit, unui microprocesor trebuie să i se atașeze alte componente ca memorie și componente pentru primirea și trimiterea de date.

Microcontrolerul este proiectat să fie toate acestea într-unul singur. Nu sunt necesare alte componente externe pentru utilizarea sa pentru că toate perifericele necesare sunt deja incluse în el.



*Fig. 5.2. Schema bloc a unui microcontroler
[Software pentru programarea microcontrolerelor – prof. univ. dr. ing. Leohchi Dumitru]*

Memoria este o parte a microcontrolerului a cărei funcție este de a înmagazina date. Cel mai ușor mod de a explica este de a-l descrie ca un dulap mare cu multe sertare. Se adaugă locații de memorie pentru un bloc specific ce va avea funcții incorporate de adunare, înmulțire, împărțire, scădere și se va numi "unitatea centrală de procesare" (CPU). Locațiile ei de memorie sunt numite registre.

Registrele sunt deci locații de memorie al căror rol este de a ajuta prin executarea a variate operații matematice sau a altor operații cu date oriunde se vor fi găsit datele. Mai simplu formulat, trebuie să avem o anumită "cale" prin care datele circulă de la un bloc la altul.

Aceasta cale este numită "BUS" - magistrală și se împarte în două categorii: bus de adresă ce constă din atâtea linii cât este adresa (în biți) de memorie ce dorim să o adresăm, iar

celălalt este atât de lat cât sunt datele și bus de date care servește la transmiterea adreselor de la CPU la memorie, iar cel de al doilea la conectarea tuturor blocurilor din interiorul microcontrolerului. [22]

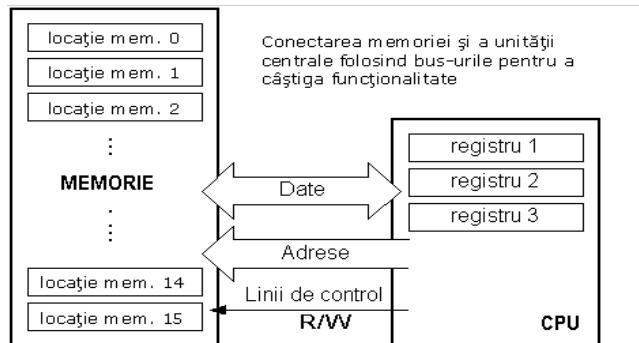


Fig. 5.3. Magistrala (BUS) a microcontrolerului
[Curs “Software pentru programarea microcontrolerelor” – prof. univ. dr. ing. Leohchi Dumitru]

Sunt diferite tipuri de porturi: intrare, ieșire sau porturi pe două-căi. Când se lucrează cu porturi, mai întâi de toate este necesar să se aleagă cu ce port urmează să se lucreze, și apoi să se trimită date la, sau să se ia date de la port.

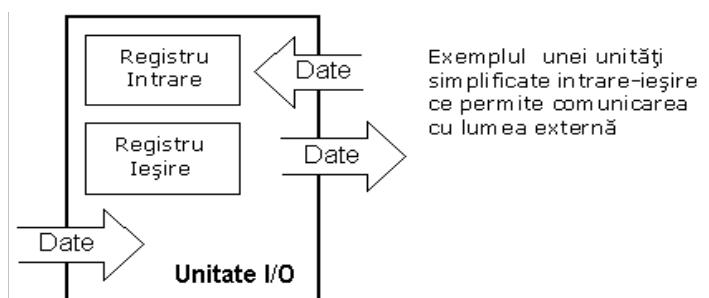


Fig. 5.4. Unitatea intrare-iesire (I/O) a microcontrolerului
[Software pentru programarea microcontrolerelor – prof. univ. dr. ing. Leohchi Dumitru]

Pentru că semnalele de la periferice sunt substanțial diferite de cele pe care le poate înțelege microcontrolerul (zero și unu), ele trebuie convertite într-un mod care să fie înțeles de microcontroler. Această sarcină este îndeplinită de un bloc numit convertor AD (analog-digital). Acesta este responsabil pentru convertirea unei informații despre o anumită valoare analogică într-un număr binar și pentru a o transmite unui bloc CPU sub forma în care blocul CPU o poate procesa.

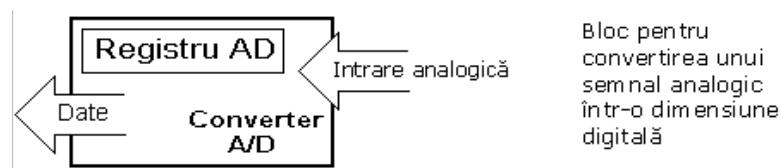


Fig.5.5. Convertorul analogic-digital al microcontrolerului
[Software pentru programarea microcontrolerelor – prof. univ. dr. ing. Leohchi Dumitru]

5.2. Elementele componente ale robotului

Având în vedere că există un număr foarte mare de magazine fizice sau online care pot pune la dispoziție o vastă gamă de produse în funcție de necesitate, componentele ce s-au folosit pentru construcția robotului dar și a controlerului au fost achiziționate de pe un astfel de magazin și sunt listate în tabelul de mai jos, iar în continuare se va face prezentarea celor mai importante componente.

Tabelul 5.1. Elementele componente ale robotului mobil controlat prin gesturi

Nr. Crt.	Denumire componentă	Număr bucăți
1	Placa de dezvoltare Arduino Nano	2
2	Modul Giroscop cu accelerometru pe 3 axe MPU6050	1
3	Modul Transmițător Radio 433MHz	1
4	Modul Receptor Radio 433MHz	1
5	Driver Motor L298N H-Bridge	1
6	Acumulator reîncărcabil 18650 3.7v Li-Ion	3
7	Suport pentru acumulatori	1
8	Baterie 9V	1
9	Conector baterie 9V	1
10	Placă de circuit Breadboard	2
11	Caroserie robot	1
12	Comutator cu două poziții (ON-OFF)	1
13	Motor de curent continuu cu reductor	2
14	Roata pivotantă	1
15	Roata motoare	2
16	Fire conectoroare, șuruburi si piulițe	-

5.2.1. Placa de dezvoltare Arduino Nano

Placa de dezvoltare este echipată cu același microcontroler performant (ATmega328p) de pe Arduino Uno și convertorul USB serial CH340.

Avantajul acesteia îl reprezintă dimensiunile reduse, astfel se poate integra în diverse proiecte unde spațiul componentelor este foarte important. Programarea dispozitivului se realizează prin intermediul unui cablu cu mufa mini USB, placa de dezvoltare venind și cu un bootloader.



*Fig. 5.6. Placa de dezvoltare Arduino Nano
[ardushop.ro]*

Există o diferență considerabilă între Arduino Nano și Arduino Mega, deoarece procesorul folosit în sine este diferit. Arduino Mega este mai puternic decât un Arduino Nano în ceea ce privește viteza și numărul de pini intrare/ieșire. După cum s-ar putea ghici, dimensiunea este, de asemenea, mai mare decât un Arduino UNO. Arduino Mega este utilizat în mod normal pentru proiecte care necesită o multime de pin intrare/ieșire și protocoale de comunicare diferite. [26]

Pentru robotul din tema proiectului s-a ales placa Arduino Nano deoarece va ocupa mai puțin spațiu în construcția robotului și nici nu va fi nevoie de multe porturi intrare/ieșire. Aceasta va fi conectată pe o placă de circuit breadboard și din aceasta vor „pleca” firele conectoare către porturile celorlalte componente.

Caracteristici tehnice:

- Microcontroler: ATmega328p
- Tensiune de funcționare: 5 V
- Tensiune de intrare (recomandat): 8-12 V
- Pini digitali I/O: 14 (din care 6 pini PWM de ieșire)
- Pinii de intrare analogici: 8
- Conexiune: mini USB
- Current DC pe pin I/O: 40 mA
- Memorie FLASH: 32 KB (ATmega328p)
- Frecvență: 16 MHz
- Dimensiuni: 0,73" x 1.70"

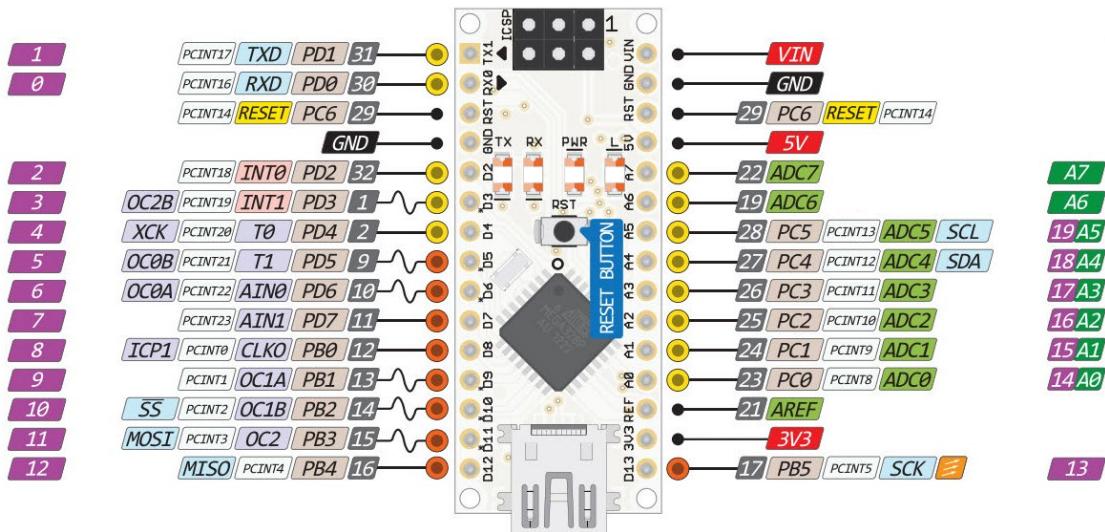


Fig. 5.7. Diagrama pinilor pentru placa Arduino Nano
[pinterest.com]

Tabelul 5.2. Configurarea pinilor de pe placa Arduino Nano

Categorie pin	Denumire pin	Descriere
Alimentare	VIN 3.3V 5V GND	VIN – alimentează plăcuța Arduino când se utilizează o sursă externă de alimentare (6-12V) 5V – alimentare reglată folosită pentru alimentarea microcontrolerului și a altor componente de pe placă. 3.3V – alimentare generată de regulatorul de tensiune de pe placă, intensitatea maximă a curentului fiind de 50mA. GND – conectarea la nul (împământare)
Resetare	Reset	Resetează microcontrolerul
Pini Analog	A0-A7	Folosiți pentru a măsura tensiunea analogica (0-5V)
Pini de intrare/ieșire	D0-D13	Pot fi utilizati ca pini de intrare sau ieșire. 0V (minim) și 5V (maxim)
Serial	RX, TX	Utilizați pentru a transmite sau primi date seriale TTL
Întreruperile externe	2, 3	Utilizați pentru a declanșa o întrerupere.
PWM	3, 5, 6, 9, 11	Oferă ieșire PWM pe 8 biți.
SPI	10 (SS) 11 (MOSI) 12 (MISO) 13 (SCK)	Utilizați pentru comunicația SPI
LED integrat	13	Utilizat pentru a alimenta un LED integrat pe placă
IIC	A4 (SDA), A5 (SCA)	Utilizați pentru comunicația TWI
AREF	AREF	Pentru a furniza tensiunea de referință pentru tensiunea de intrare

5.2.2. Modulul Giroscop cu Accelerometru pe 3 axe MPU6050

MPU6050 este un sistem micro-electro-mecanic (MEMS), construit dintr-un accelerometru cu 3 axe și giroscop cu 3 axe în interiorul său. Acest lucru ajută să se măsoare accelerația, viteza, orientarea, deplasarea și alți parametrii legați de mișcarea unui sistem sau obiect. Acest modul are la rândul său, un procesor-digital-de mișcare (DMP), care este suficient de puternic pentru a efectua calcule complexe și, astfel, eliberează munca pentru microcontroler. [27]

Deoarece adresa I2C a modulului este configuriabilă, modulul poate fi interfațat la un microcontroler cu pinul AD0. Modulul poate selecta una din două adrese disponibile, legând pinul AD0 la GND sau VCC. Aceasta conexiune este făcută de obicei pe placă modulului.

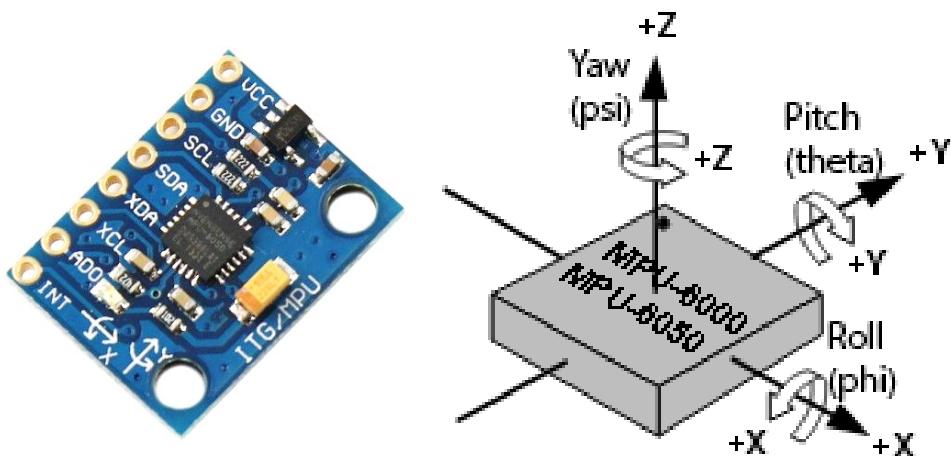


Fig. 5.8. Modul giroscop MPU6050 cu accelerometru pe 3 axe
[\[courses.ece.cornell.edu\]](http://courses.ece.cornell.edu)

Accelerometrul pe 3 axe ne poate oferi accelerația axei: X, Y și Z. Putem folosi datele pentru a calcula unghiul de rulare (roll), pasul (pitch) și unghiul euclidian (yaw), ecuațiile fiind prezentate mai jos.

$$\rho = \arctan\left(\frac{Ax}{\sqrt{Ay^2+Az^2}}\right) \quad (\text{Relația 5.1.})$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{Ay}{\sqrt{Ax^2+Az^2}}\right) \quad (\text{Relația 5.2.})$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{\sqrt{Ax^2+Ay^2}}{Az}\right) \quad (\text{Relația 5.3.})$$

Cu toate acestea, pentru a calcula unghi euclidian, avem nevoie de o busolă pentru a oferi date suplimentare. Prin urmare, în proiect, se ignora rotația de-a lungul axei Z și se vor utiliza doar rotațiile în jurul axelor X și Y pentru deplasarea robotului înainte/înapoi, respectiv spre stânga/dreapta.

Modulul MPU6050 este considerat cel mai potrivit senzor care poate să controleze mișcarea pentru mașina RC, drone, robot cu auto-echilibrare, robot Humanoid, robot Biped sau alte dispozitive de acest gen.

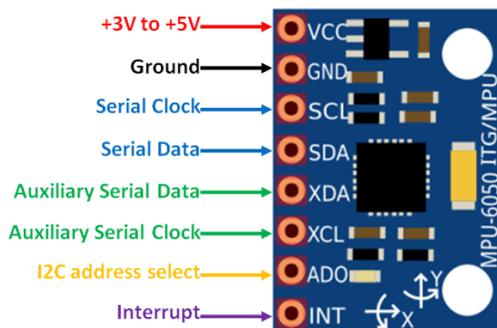


Fig. 5.9. Diagrama pinilor modulului integrat MPU6050
[\[components101.com\]](http://components101.com)

Tabelul 5.3. Configurarea pinilor pentru modulul MPU6050

Nr. pin	Denumire pin	Descriere
1	VCC	Oferă energie pentru modul, poate fi de + 3V la + 5V. De obicei se folosește + 5V
2	GND	Conecțarea la nul (împământare)
3	Serial Clock (SCL)	Folosit pentru furnizarea pulsului de ceas pentru comunicarea cu interfața I2C
4	Serial Data (SDA)	Folosit pentru transferul datelor prin comunicare cu interfața I2C
5	Auxiliary Serial Data (XDA)	Poate fi utilizat pentru a interfața alte module I2C cu modulul MPU6050 (optional)
6	Auxiliary Serial Clock (XCL)	Poate fi utilizat pentru a interfața alte module I2C cu modulul MPU6050 (optional)
7	AD0	Dacă se utilizează mai multe MPU6050 cu un singur MCU, acest pin poate fi utilizat pentru a varia adresa
8	Interrupt (INT)	Întrerupă pinul pentru a indica faptul că datele sunt disponibile pentru citirea MCU.

Caracteristici tehnice:

- Tensiune de alimentare: 3.3V - 5V
- Tensiune magistrală I2C: 3.3V (max.)
- Current: 5mA
- Rază programare giroscop: $\pm 250, \pm 500, \pm 1000$, și ± 2000 °/sec
- Rază programare accelerometru: $\pm 2g, \pm 4g, \pm 8g$, și $\pm 16g$
- Ieșire digitală: I2C
- Frecvență maximă I2C: 400 kHz.
- Interval măsurare temperatură: -40°C - 85°C;

5.2.2.1. Interfață I2C

Protocolul Inter Integrated Circuit (I2C) este un protocol creat pentru a permite mai multor circuite integrate “slave” să comunice cu unul sau mai mute chipuri “master”. Acest tip de comunicare poate fi folosit doar pe distanțe mici de comunicare și asemenea protocolului UART are nevoie doar de 2 fire de semnal pentru a trimite/primii informații.

Protocolul I2C a fost dezvoltat în 1982 de Philips pentru diferite cipuri Philips. Specificațiile originale permiteau comunicarea doar pe 100kHz și doar pe 7 biți de adresa, limitând numărul dispozitivelor conectate la bus, la 112. În 1992 spațiul de adrese a fost extins la 10 biți și comunicarea se realiza pe 500kHz. În prezent există trei moduri adiționale: fast plus (1MHz), high-speed (3.4MHz) și ultra-fast (5MHz). [28]

In plus, în 1995 Intel a introdus o nouă variantă de I2C, numita "System Management Bus" (SMBus), care este mult mai bine controlată și realizată cu intenția de a maximiza predictibilitatea comunicării dintre suporturile IC și placile de baza ale PC-urilor. Cea mai notabilă diferență dintre SMBus și I2C este că prima limitează viteza de la 10kHz la 100kHz, iar a doua poate suporta dispozitive de la 0kHz la 5MHz. [28]

Deoarece porturile seriale sunt asincrone, dispozitivele ce utilizează porturile seriale trebuie să aibă ceasuri ce au o rata apropiată de transmisie a datei și au comunicarea UART la baza, un tip de comunicare complex și dificil de implementat.

Un alt minus în acest tip de comunicare este acela că comunicarea este permisă doar între două dispozitive. Chiar dacă este posibil să conectăm mai multe dispozitive la un singur port serial, apar conflicte la bus ("bus contention") deoarece două dispozitive tind să conduceă aceeași linie în același timp și dispozitivele se pot strica.

In cele din urmă, rata datelor reprezintă o problema. Teoretic nu este nicio limită în comunicarea serială asincronă, dar practic în comunicarea UART, dispozitivele suportă o rata de transfer fixată și cea mai mare rata este de aproximativ 230400 biți/secundă.

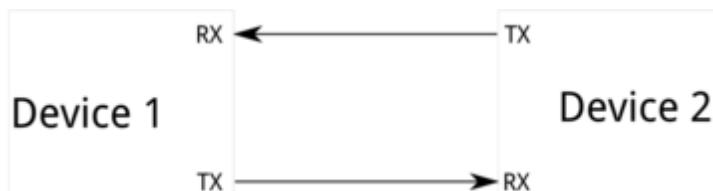


Fig. 5.10. Dispozitive conectate prin interfața I2C
[\[prof.info.uaic.ro\]](http://prof.info.uaic.ro)

Cel mai mare minus pe care îl are un SPI este numărul mare de pini de care este nevoie. Pentru conectarea unui singur "master" cu un singur "slave" la un bus SPI, este nevoie de 4 linii, iar fiecare "slave" pe care-l conectăm după, necesită un chip adițional ce selectează un pin I/O de pe dispozitivul folosit ca "master".

Prin urmare, în acest tip de comunicare este realizabilă conectarea a mai multor dispozitive "slave" la un singur dispozitiv "master", dar cu toate acestea, din cauza numărului mare de pini utilizati, transmiterea semnalelor este dificilă, înceată.

Foarte mulți senzori utilizează I2C pentru a comunica, cum ar fi: barometrele, senzorii de temperatură, sonarele. Este de precizat faptul că I2C nu sunt destinate pentru cabluri cu lungime mare, în general cablurile de peste 2 metri pot cauza probleme. I2C este un tip de comunicare complex, dar este foarte folositor.

SPI este bun din cauza implementării ușoare și a ratei de transmitere a datelor (transmitere și recepționare simultană) prin conexiunea full-duplex, suportând o rată de trimisie de 10 milioane de biți/secundă.

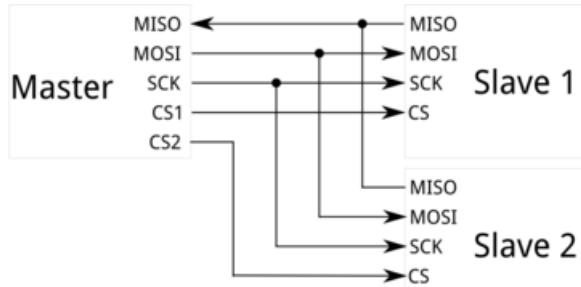


Fig. 5.11. Conectarea dispozitivelor Slave la dispozitivul Master prin SPI
[prof.info.uaic.ro]

I2C necesită două fire ca și comunicarea serială asincronă, cu diferența că acest tip de comunicare poate suporta până la 1008 dispozitive de tip "slave". Mai mult decât atât, în comunicarea de tip I2C pot exista mai multe dispozitive de tip "master" la un bus, lucru nepermis în comunicarea SPI. Rata datelor nu este foarte bună, fiind asemănătoare cu cea de la portul serial; cele mai multe dintre I2C-uri comunică cu o rată de transmisie cuprinsă între 100kHz și 400kHz. [28]

In ceea ce privește implementarea, aceasta este mai complexă decât în cazul implementării SPI, dar mult mai ușoară decât în cazul comunicării asincrone, cu UART.

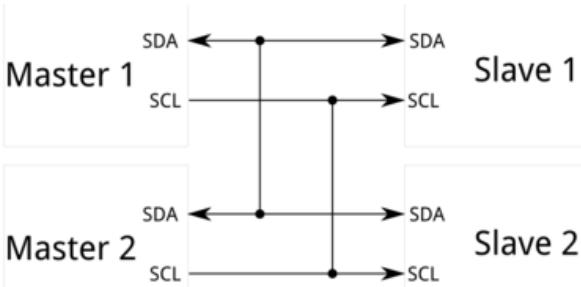


Fig. 5.12. Conectarea dispozitivelor Master la dispozitive Slave prin I2C
[prof.info.uaic.ro]

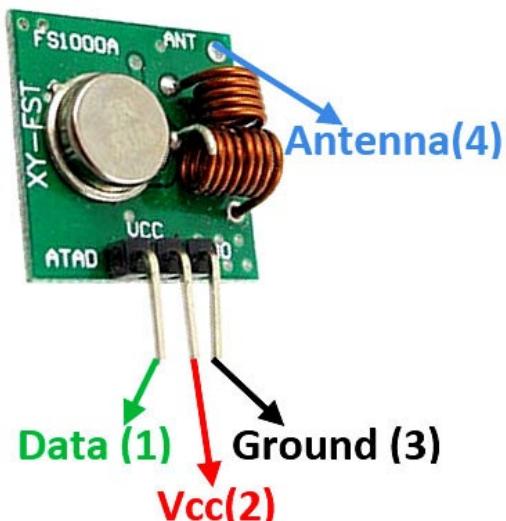
Fiecare bus I2C este compus din două semnale: SCL (semnalul de ceas) și SDA (semnalul de date). Semnalul de ceas este întotdeauna generat de bus-ul masterul curent. Fiecare bus I2C poate suporta până la 112 dispozitive, iar toate dispozitivele trebuie să distribuie GND.

Spre deosebire de alte metode de comunicare, precum UART, magistrala I2C este de tip "open drain", ceea ce înseamnă că poate trage o anumita linie de semnal în 0 logic, dar nu o poate conduce spre 1 logic. Așadar, se elimină problema de "bus contention", unde un dispozitiv încearcă să tragă una dintre linii în stare "high" în timp ce altul o aduce în "low", eliminând posibilitatea de a distrugă componente. Fiecare linie de semnal are un rezistor pull-up pe ea, pentru a putea reduce semnalul pe "high" când nici un alt dispozitiv nu cere „low” [28]

5.2.3. Modul Transmițător-Receptor Radio 433MHz

Modulul cu frecvența radio 433MHz este unul dintre modulele ieftine și ușor de utilizat pentru toate proiectele wireless. Aceste module pot fi utilizate doar în perechi și este posibilă numai comunicarea simplex (emisoriul poate transmite doar informații, iar receptorul poate să-l primească doar, deci putem trimite date numai de la punctul A la B și nu de la B la A)

Raza de acoperire a semnalului trimis este de cel puțin 3 metri iar cu o antenă adecvată și o sursă de alimentare puternică poate ajunge teoretic până la 100 de metri.



*Fig. 5.13. Transmițător Radio RF 433MHz
[101components.com]*

Tabelul 5.4. Configurarea pinilor pentru modulul Transmițător Radio 433MHz

Nr. pin	Denumire pin	Descriere
1	VCC	Alimentare (doar 5V)
2	Data	Datele care urmează să fie transmise sunt trimise la acest pin
3	GND	Conectarea la nul (împământare)
4	ANT	Antena (sarma de lipit) pentru îmbunătățirea razei de transmitere a semnalelor (nu este obligatorie)

Caracteristici tehnice:

- Transmițător și receptor Simplex fără fir (RF)
- Tensiune de funcționare a emisoriului: numai + 5V
- Transmițător Current de funcționare: 9mA la 40mA
- Frecvență de funcționare: 433 MHz
- Distanță de transmisie: 3 metri (fără antenă) până la 100 de metri (maxim)
- Modularea tehnicii: ASK (Tensiune deplasare amplitudine)
- Viteza de transmisie a datelor: 10Kbps

Acest modul nu poate funcționa singur, deoarece necesita un fel de codificare în cazul transmițătorului și decodare în cazul receptorului. Deci trebuie utilizat cu un codificator sau decodificator IC sau cu orice microcontroler la ambele capete, în cazul proiectului se va folosi cu microcontrolerul ATmega328p de pe placă Arduino împreună cu biblioteca Radiohead sau VirtualWire.

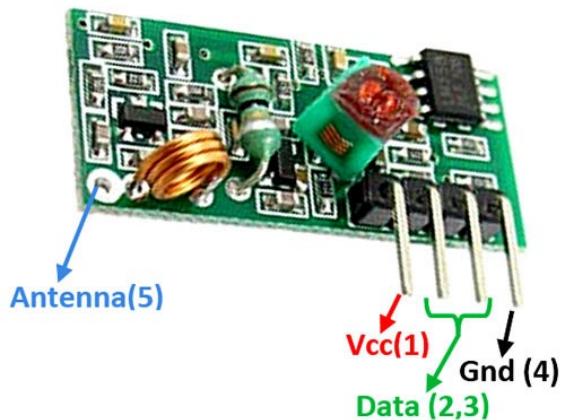


Fig. 5.14. Receptor Radio RF 433MHz
[101components.com]

Tabelul 5.5. Configurarea pinilor pentru modulul Receptor Radio 433MHz

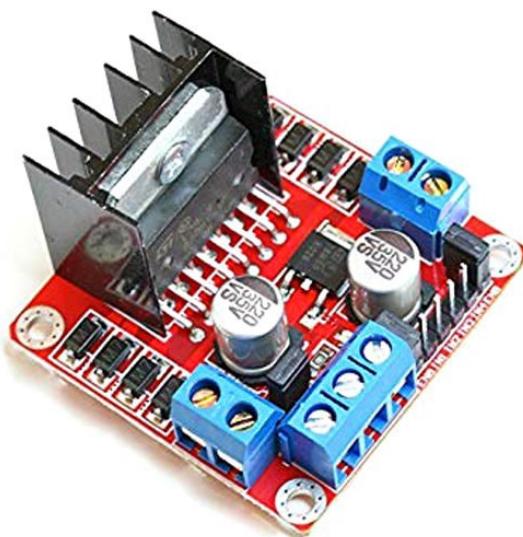
Nr. pin	Denumire pin	Descriere
1	VCC	Alimentare (3V - 12V)
2	Data	Datele primite pot fi obținute din acest pin
3	Data	Aceste este un pin tot pentru obținerea datelor.
4	GND	Conecțarea la nul (împământare)
5	ANT	Antena (sarma de lipit) pentru îmbunătățirea razei de transmitere a semnalelor (nu este obligatorie)

Caracteristici tehnice:

- Transmițător și receptor Simplex fără fir (RF)
- Tensiune de funcționare a emițătorului: 3V-12V
- Transmițător Current de funcționare: 55mA
- Frecvență de funcționare: 433 MHz
- Distanță de transmisie: 3 metri (fără antenă) până la 100 de metri (maxim)
- Modularea tehnicii: ASK (Tensiune deplasare amplitudine)
- Viteza de transmisie a datelor: 10Kbps

5.2.5. Driverul Motor L298N H-Bridge

L298N este un circuit integrat monolitic de voltaj și curent mare cu Punte-H, proiectat să accepte nivele logice standard TTL pentru control, fiind format din driverul propriu-zis, Regulator de tensiune 78M05, rezistențe, condensatoare, LED, jumper 5V într-un circuit integrat. Acesta poate fi folosit pentru a controla relee, solenoid, motoare în curent continuu sau motoare pas cu pas.



*Fig. 5.15. Driver Motor L298N H-Bridge
[components101.com]*

Regulatorul de tensiune 78M05 va fi activat numai atunci când este așezat jumperul. Atunci când sursa de alimentare este mai mică sau egală cu 12V, circuitul intern va fi alimentat de regulatorul de tensiune, iar pinul de 5V poate fi utilizat ca pin de ieșire pentru alimentarea microcontrolerului. Siguranța nu trebuie amplasată atunci când sursa de alimentare este mai mare de 12V, iar prin terminalul de 5V separat trebuie acordat pentru a alimentarea circuitul intern. [30]

Caracteristici tehnice:

- Tensiune de operare: pana la 40V
- Curent de operare: pana la 3A (25W in total)
- Curent mic de saturatie
- Protecție la supraîncingere
- Poate opera cu 2 motoare simultan
- Imunitate mare la zgomot: Nivel logic "0" input pana la 1,5V
- Incorporat regulator de tensiune 78M05. Pentru evitarea defectării acestui integrat, folosiți o sursa logica externă de 5 V, atunci când tensiunea de alimentare este mai mare decât 12V

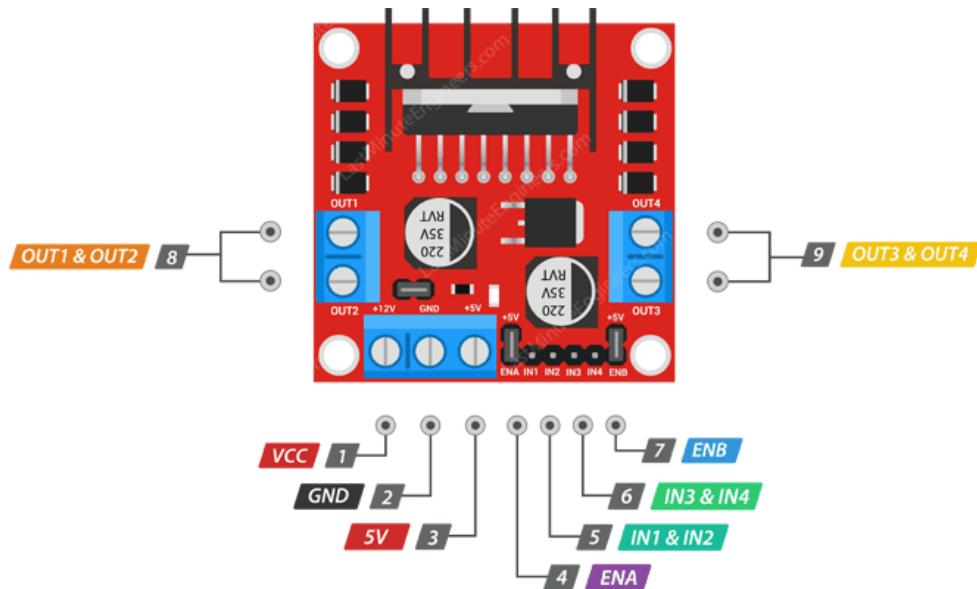


Fig. 5.16. Diagrama pinilor modulului Driver MotorL298N
[lastminuteengineers.com]

Tabelul 5.6. Configurarea pinilor pentru Driverul Motor L298N

Denumire pin	Descriere
IN1, IN2	Pini de intrare folosiți pentru a controla direcția de filare a motorului A
IN3, IN4	Pini de intrare folosiți pentru a controla direcția de filare a motorului B
ENA	Activează semnalul PWM pentru motorul A
ENB	Activează semnalul PWM pentru motorul B
OUT1, OUT2	Pinii de ieșire ai motorului A
OUT3, OUT4	Pinii de ieșire ai motorului B
VCC	Alimentare de 12V de la sursa de curent continuu
5V	Furnizează energie pentru circuitele logice de comutare în interiorul L298N IC
GND	Conectare la nul (împământare)

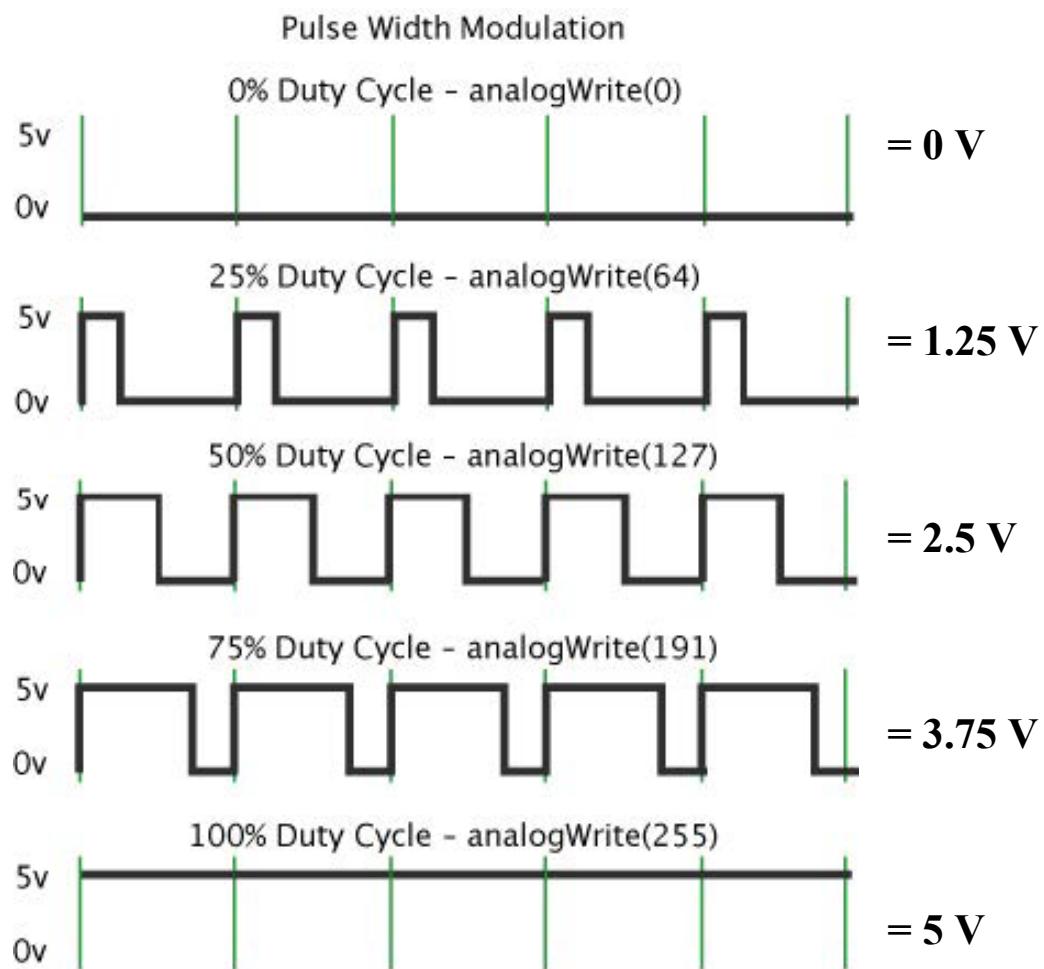
Pentru a avea un control complet asupra motorului de curent continuu, trebuie să controlăm viteza și direcția de rotație a acestuia. Acest lucru poate fi obținut prin combinarea acestor două tehnici:

- Semnale PWM (pentru controlul vitezei)
- Circuit Puntea-H (pentru controlul direcției de rotație)

5.2.5.1. Semnalele PWM pentru controlul vitezei unui motor

Viteza unui motor cu curent continuu poate fi controlată prin variația tensiunii de intrare. O tehnică obișnuită pentru a face acest lucru este utilizarea semnalelor PWM (Pulse Width Modulation).

PWM este o tehnică în care valoarea medie a tensiunii de intrare este ajustată prin trimiterea unei serii de impulsuri ON-OFF. Tensiunea medie este proporțională cu lățimea impulsurilor cunoscute sub denumirea de ciclu de funcționare (Duty Cycle). [31]



*Fig. 5.17. Cicluri de serviciu și tensiuni de siguranță pentru tehnica PWM
[<https://prof3.info.uaic.ro>]*

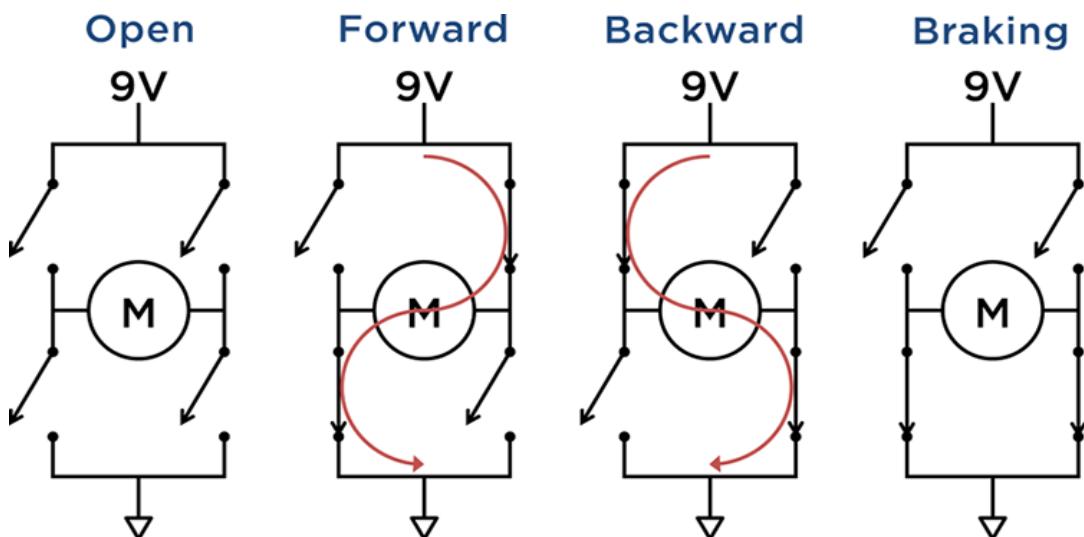
Pe pinii PWM, putem simula orice voltaj între 0 și 5V (cu o granularitate de 1/255) deci valoarea care poate fi scrisă pe un pin PWM este între 0 și 255. Dacă în fiecare cuantă în loc de 100% 5V se va da pentru 50% din timp 5V și pentru 50% din timp 0V, atunci curentul ceva fi măsurat, cu aparatul de măsură, este de 2.5V. [32]

Cu cât acest ciclu este mai mare, cu atât tensiunea medie aplicată motorului continuu este mai mare (viteză mare).

5.2.5.2. Puntea-H pentru controlul direcției de rotație a unui motor

Direcția de rotire a motorului cu curent continuu poate fi controlată prin schimbarea polarității tensiunii sale de intrare. O tehnică obișnuită pentru a face acest lucru este utilizarea unui circuit numit Punte-H.

Acest circuit conține patru întrerupătoare cu motorul din centru formând un aranjament în formă de H. Închiderea a două întrerupătoare speciale în același timp inversează polaritatea tensiunii aplicate motorului. Aceasta provoacă schimbarea direcției de rotire a motorului.



*Fig. 5.18. Funcționarea circuitului Punte-H
[prototyperobotics.com]*

Puntea-H din modulul L298N este una dublă și poate fi activată sau dezactivată independent de la pinii ENA, ENB iar pentru a controla viteza motorului, pinii Enable se conectează la un pin PWM de la Arduino.

Tabelul 5.6. Controlul unui motor prin Driverul L298N H-Bridge

ENA	IN1	IN2	Starea motorului (in curent continuu)
0	x	x	Stop
1	0	0	Frâna
1	0	1	Rotație in sensul acelor de ceasornic
1	1	0	Rotație in sensul invers acelor de ceasornic
1	1	1	Frâna

5.2.6. Motorul de curent continuu cu reductor

Motoarele de curent continuu clasice convertesc energia electrică în lucru mecanic. Viteza de rotație a unui motor este proporțională cu tensiunea de alimentare de la bornele acestuia, iar direcția de rotații depinde de polaritate (conectarea celor 2 fire de alimentare ale motorului la VCC și GND, sau invers).

Motoarele de curent continuu utilizate în proiect, cunoscute și sub denumirea de motoare „TT”, reprezintă o modalitate având costuri reduse pentru a face un sistem de deplasare pentru un robot. Reductorul acestora are un raport de viteză de 1:48 ceea ce înseamnă că pentru o rotație completă a axului extern se efectuează de fapt 48 de rotații ale motorului electric. Folosirea unui reductor are avantajul că mărește forța de acționarea, cu costul vitezei.

Alimentarea acestor motoare se face cu 3-6V în curent continuu și se rotesc mai repede mai cu cât tensiunea de alimentare este mai mare. Mai jos sunt prezentate trei repere de viteza la trei tensiuni diferite:

- la 3V măsurat fără încărcare: 150 mA cu 120 rpm
- la 4.5V măsurat fără sarcină: 155 mA cu 185 rpm
- la 6V măsurat fără sarcină: 160 mA cu 250 rpm



*Fig. 5.19. Motor de curent continuu cu reductor
[cleste.ro]*

Acestea sunt în general motoare de bază și nu au codificatoare încorporate, control de viteză sau feedback pozițional și va exista o variație de la motor la motor, deci este necesar un sistem de feedback separat dacă este nevoie de mișcare de precizie. Având în vedere că motorul nu se poate controla direct de la un microcontroler, este necesar un driver de curent cu un curent ridicat pentru separarea semnalelor de comandă.

Caracteristici tehnice:

- Tensiune nominală: 3-6 V
- Curent continuu fără încărcare: 150mA +/- 10%
- Min. Viteza de operare (3V): 90 +/- 10% rpm
- Min. Viteza de operare (6V): 200 +/- 10% rpm
- Cuplu: 0,15 Nm- 0,60 Nm
- Raport de viteză: 1:48
- Dimensiuni de gabarit: 70 x 22 x 18 mm
- Greutate: 30,6 g

5.3. Asamblarea dispozitivelor

Înainte de asamblarea propriu-zisă, s-au realizat câteva modificări cum ar fi: lipirea celor două cabluri de alimentare și de nul la fiecare dintre cele două motoare, lipirea terminalelor electrice pentru cablul de alimentare al suportului de acumulatori pentru a putea conecta întrerupătorul, legarea a două cabluri jumper la conectorul de la bateria de 9V pentru a o putea conecta pe placa de circuite mini breadboard.

Pentru lipire s-a folosit stație de lipit letcon cu cositor și apoi, pentru izolarea în zona respectivă s-a folosit tub termoizolant.



Fig. 5.20. Terminale lipite pentru conectarea la switch



Fig. 5.21. Lipirea celor două fire pentru motoare



Fig. 5.22. Lipirea conectorilor la adaptorul bateriei de 9V

5.3.1. Asamblarea robotului mobil

Din punct de vedere constructiv, robotul mobil este alcătuit din elementele enumerate în lista de mai jos:

- caroserie/cadru pe care sunt montate componentele
- două motoare
- două roți motoare
- roata pivotantă
- placă Arduino Nano
- placă Breadboard
- Driverul Motor
- Receptorul Radio
- sursă de alimentare
- switch ON-OFF
- șuruburi, piulițe, suporturi, cabluri conectoare

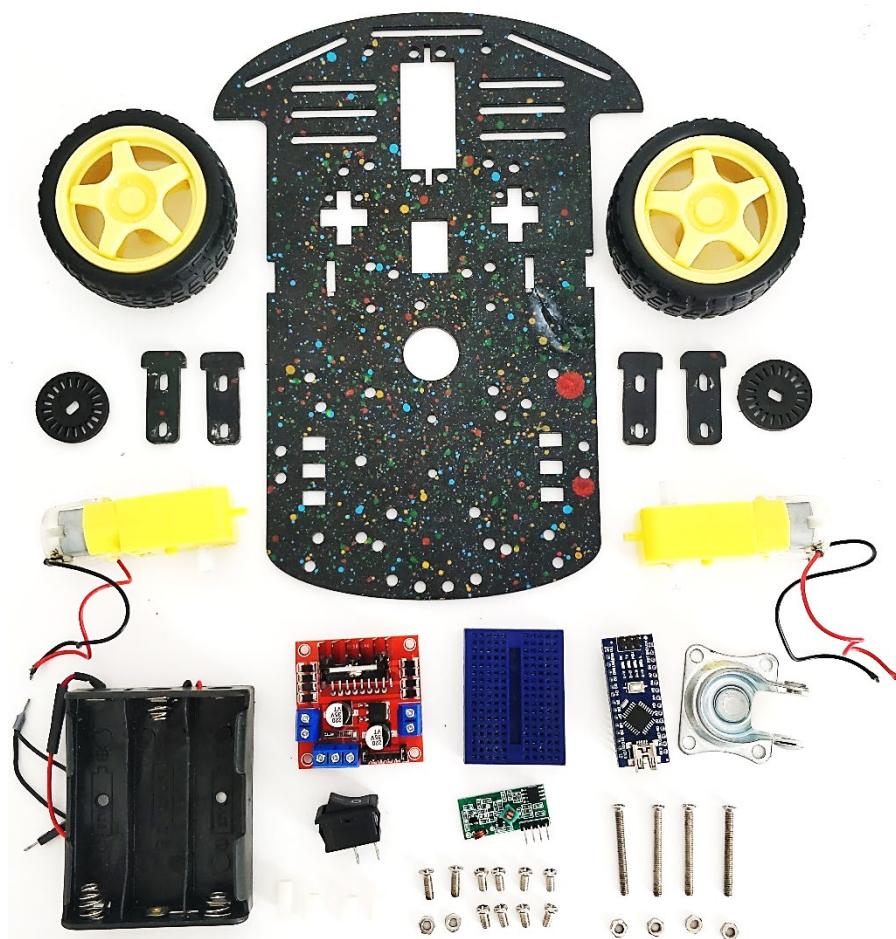


Fig. 5.23. Elementele componente ale robotului mobil

Proiectarea caroseriei sau a cadrului pe care pot fi montate actuatoarele și circuitul electronic de control trebuie să fie făcută în mod corespunzător. În prima etapă se montează motoarele pe caroserie urmând apoi conectarea celor două roți motoare la acestea iar la final

fixarea roții pivotante pe cadru. Atât motoarele cât și roata pivotantă sunt fixate pe suporturile dedicate cu ajutorul unor șuruburi cu piulițe, după cum se observă și în figurile de mai jos.



Fig. 5.24. Montarea motoarelor pe caroserie

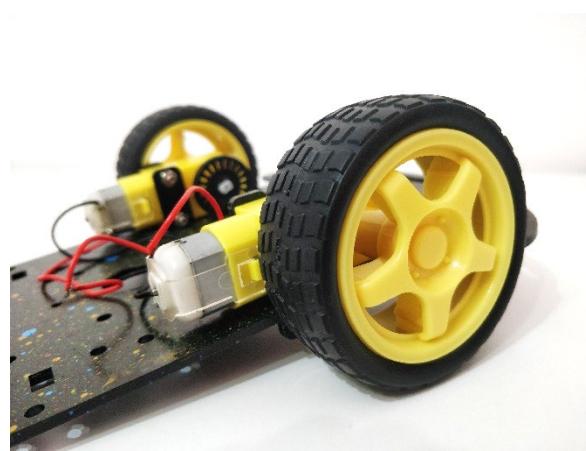


Fig. 5.24. Conectarea roților la motoare

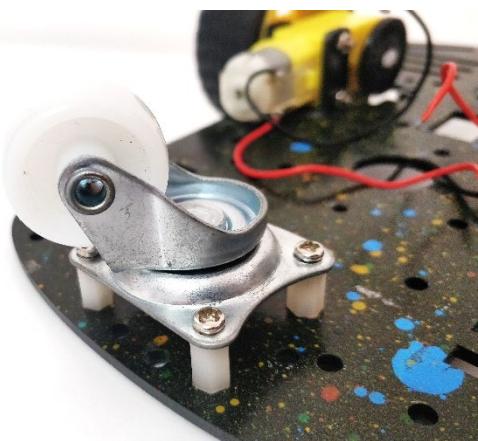


Fig. 5.25. Montarea roții auxiliare pe caroserie

După aceste operații, robotul este asamblat și se poate trece la următoarea etapa finală. Etapa ce urmează este reprezentată de așezarea componentelor electronice pe caroseria robotului după bunul plac.

Placa Arduino se va introduce pe placa breadboard și astfel putem conecta mai multe cabluri de la celelalte componente la un singur pin de pe aceasta. În cadrul proiectului, componentele s-au fixat ca în figura următoare:

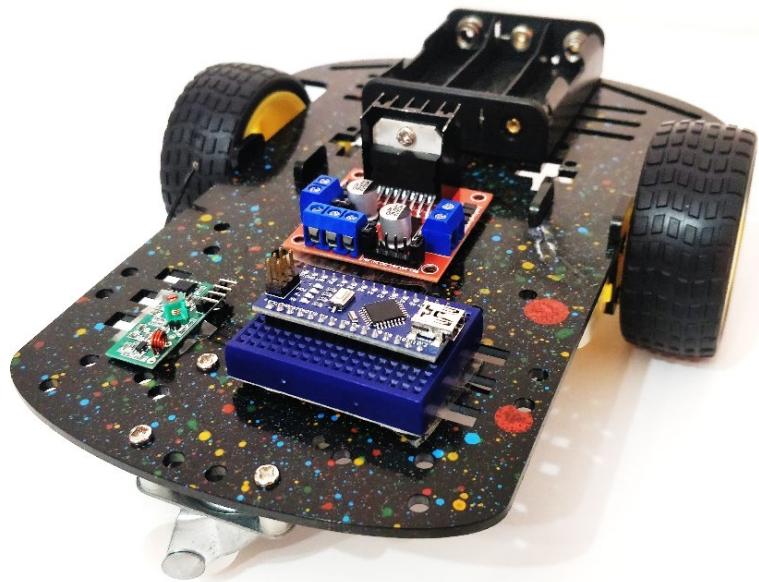


Fig. 5.26. Robotul mobil asamblat

Alimentarea robotului se va face cu trei acumulatori reîncărcabili Li-Ion 18650 de 3.7V având o durată de 3200mAh fiecare. S-a ales acest tip de acumulatori deoarece greutatea lor este foarte mică și nu vor pune mare presiune pe cadrul robotului. Aceștia se vor amplasa în suportul special amplasat și el pe caroseria robotului lângă celelalte componente electronice.



Fig. 5.26. Acumulatori Li-Ion 18650 3.7V 3200mAh

5.3.2. Asamblarea controlerului

Construcția acestui dispozitiv este dată de elementele listate mai jos:

- placă Arduino Nano
- placa Breadboard
- modulul Giroscop cu Accelerometru pe 3 axe
- Transmițător radio
- sursa de alimentare
- suport controler si cabluri conexoare

Suportul controlerului este reprezentat de o mânusă. Aceasta va fi purtată pe mâna cu care dorim să controlăm robotul.

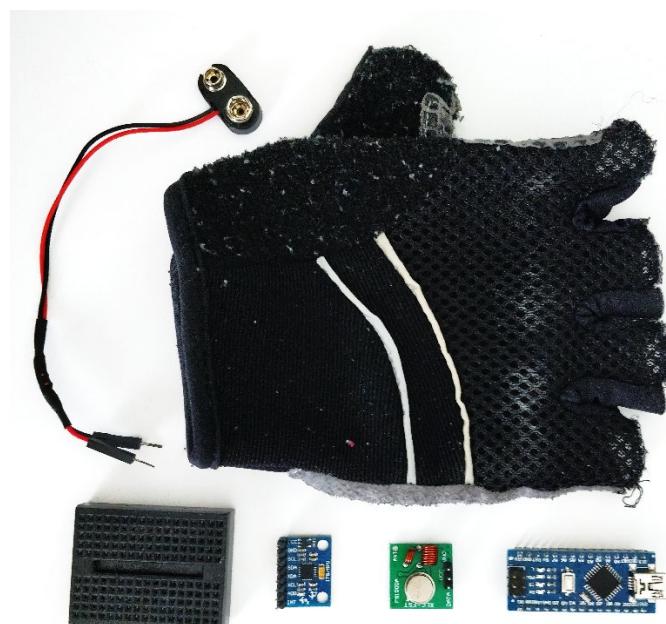


Fig. 5.26. Elementele componente ale robotului controlerului

Un rol foarte important în construcția controlerului este modulul giroscopul cu accelerometru pe 3 axe deoarece funcționează precum un organ senzorial. Acesta citește pozițiile în spațiu și prin intermediul celorlalte componente transmite semnale electrice către motoarele de pe caroseria robotului și astfel robotul se va deplasa în funcție de poziția controlerului.

5.4. Realizarea conexiunilor electrice

Schema pentru circuitul electric atât pentru robotul mobil propriu-zis cât și pentru controlerul cu ajutorul căruia realizăm gesturile a fost realizată într-un software numit Fritzing care este dedicat pentru a dezvolta software CAD pentru proiectarea hardware-ului electronic.

În continuare vor fi prezentate aceste scheme sub formă de figuri dar și specificarea conexiunilor între pinii de la componente robotului în tabelele ce urmează.

O variantă mai tehnică pentru aceste scheme electrice se găsește atașată la sfârșitul proiectului în Anexa 1.

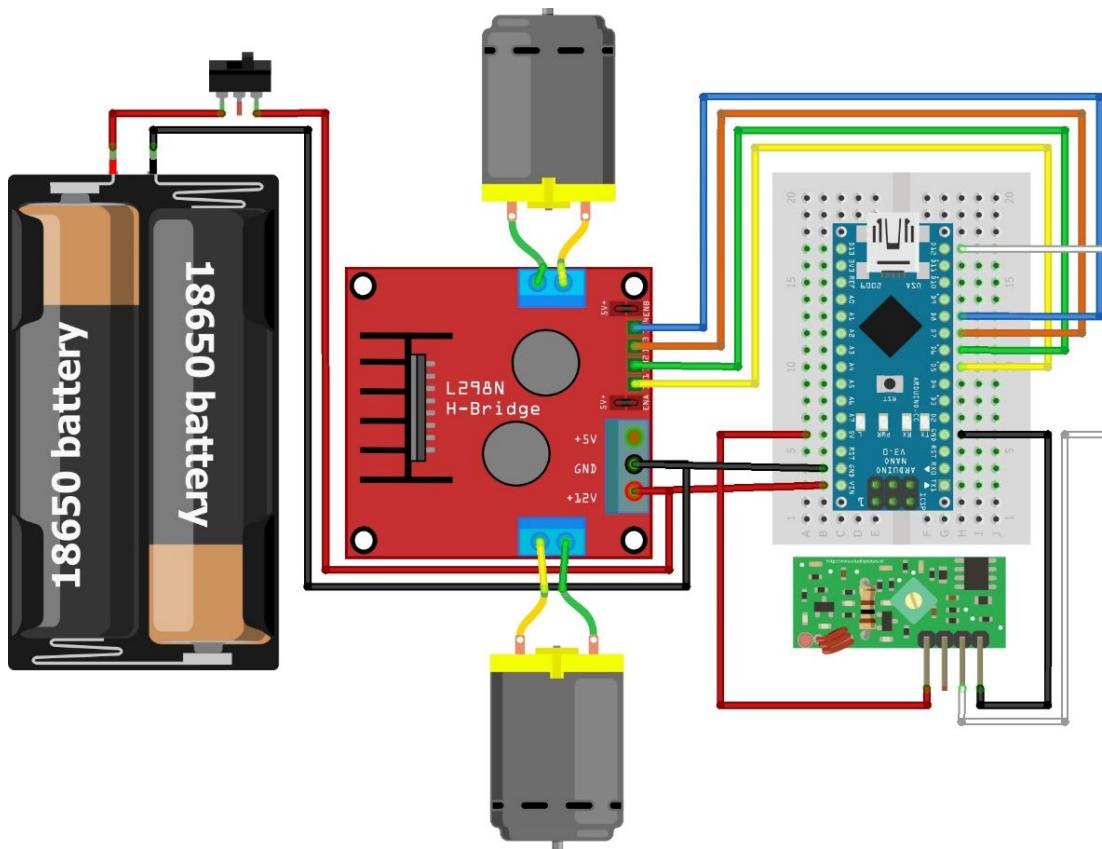


Fig. 5.27. Circuitul electric pentru robotul mobil

Tabelul 5.7. Conectarea componentelor electronice ale robotului

Nr. crt.	Componente electronice	Porturi conectate	
1	Sursa de alimentare și Driverul Motor	Sursa de alimentare Firul de alimentare Firul de împământare	Driverul Motor +12V GND
2	Motoarele de curent continuu și Driverul Motor	Motorul A / B Firul de alimentare Firul de împământare	Driverul Motor OUT 1 / OUT 3 OUT 2 / OUT 4
3	Driverului Motor și placa Arduino Nano	Driverul Motor VCC GND IN1, IN2, IN3, IN4	Arduino Nano VIN GND D5, D6, D7, D8
4	Receptorul 433MHz și placa Arduino Nano	Receptor 433MHz VCC Data GND	Arduino Nano 5V D11 GND

Alimentarea componentelor de pe controler se va face de la o sursă de curent continuu reprezentată de o baterie cu tensiunea 9V.

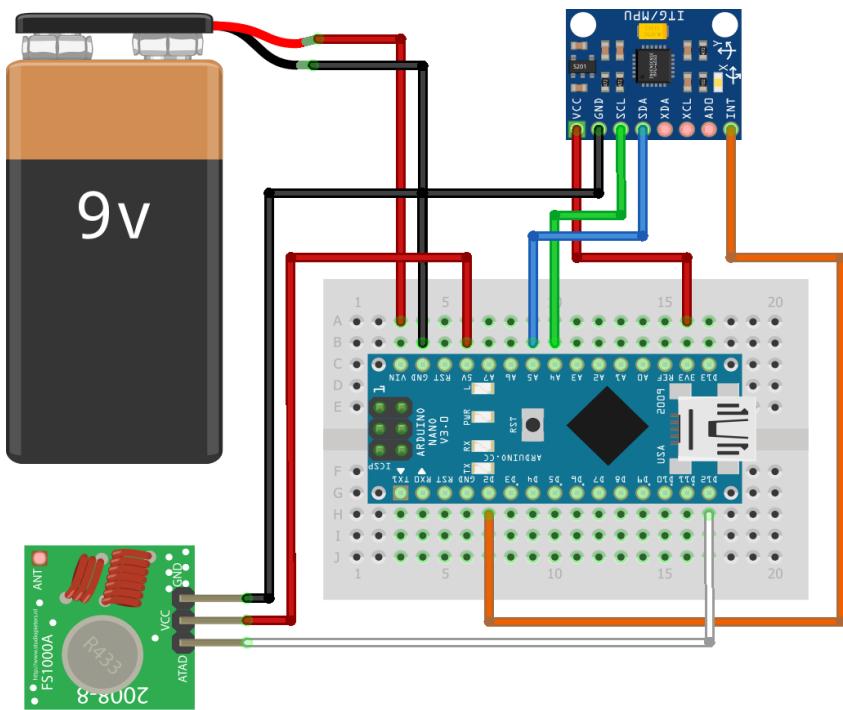


Fig. 5.28. Circuitul electric pentru controler

Tabelul 5.8. Conectarea componentelor electronice ale controlerului

Nr. crt.	Componente electronice	Porturi conectate	
1	Sursa de alimentare și placă Arduino Nano	Sursa de alimentare Firul de alimentare Firul de împământare	Arduino Nano VIN GND
2	Giroscop cu accelerometru pe 3 axe MPU6050 și placă Arduino Nano	MPU6050 VCC GND SCL SDA INT	Arduino Nano 3V3 GND A5 A4 D2
3	Transmițător 433MHz și placă Arduino Nano	Transmițător 433MHz VCC Data GND	Arduino Nano 5V D12 GND

După finalizarea asamblării hardware, robotul trebuie programat astfel încât motoarele să funcționeze simultan și să se mențină echilibrul roboților, în funcție de semnalele primite de la controler. Deci, va trebui un program atât pentru robotul mobil cât și pentru controler.

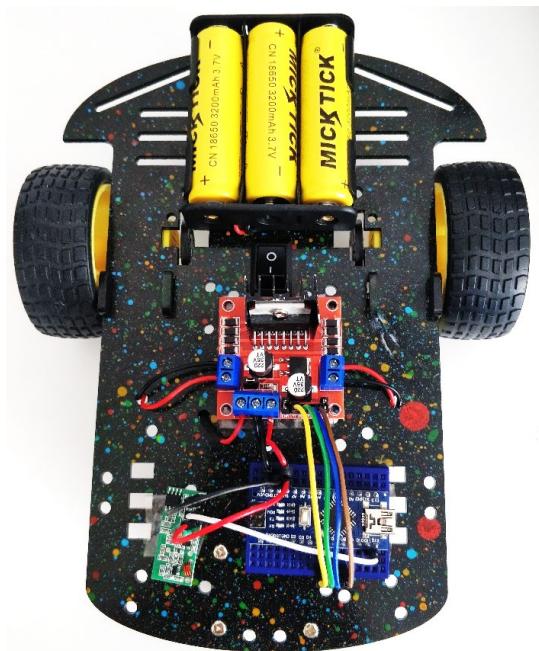


Fig. 5.29. Robotul având componentele conectate

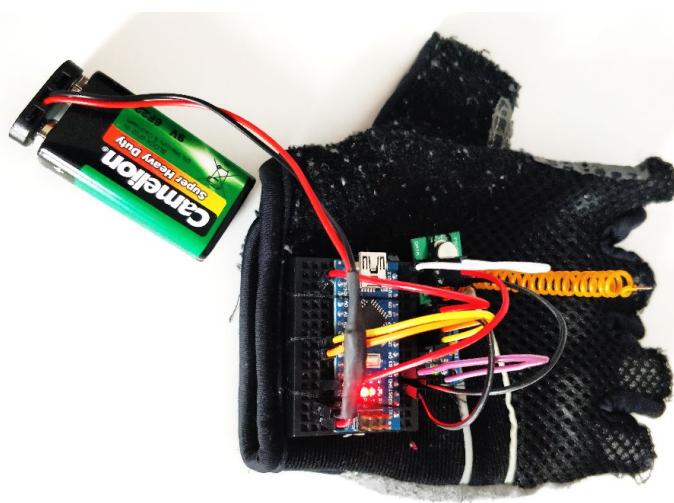


Fig. 5.30. Controlerul având componentele conectate

CPITOLUL VI

FUNCȚIONAREA ROBOTULUI MOBIL CONTROLAT PRIN GESTURI

6.1. Schema bloc a robotului mobil controlat prin gesturi

Funcționarea robotului mobil constă în preluarea datelor modului giroscop cu accelerometru de către microcontrolerul de pe placa Arduino a controlerului în funcție de orientarea acestuia, urmând ca aceste date să fie transmise mai departe robotului mobil prin intermediul modulului transmițător radio apoi sunt preluate de receptorul radio și vor fi trimise la microcontrolerul de placa Arduino a robotului, care le prelucrează astfel încât prin intermediul firelor conectoare vor fi trimise semnale electrice către Driverul Motor pentru a controla cele două motoare de curent continuu, realizând-se astfel deplasarea robotului în direcția dorită de utilizator.

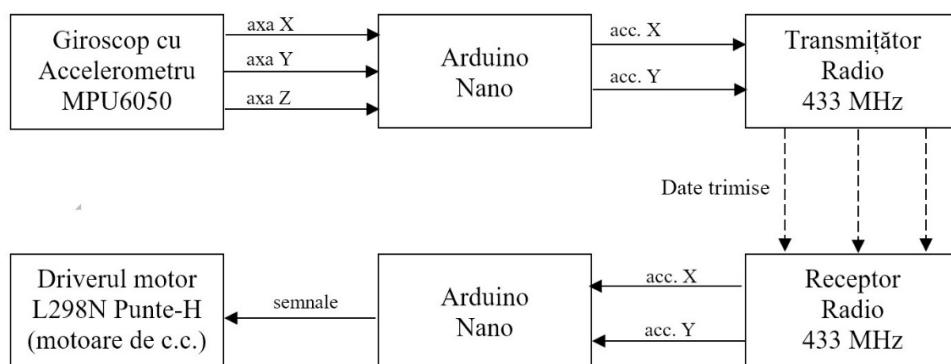


Fig. 6.1. Schema bloc a robotului mobil controlat prin gesturi

Pentru deplasarea robotului mobil se va utiliza doar accelerometrul din modulul MPU6050, mai exact, doar rotațiile din jurul axelor X și Y pentru deplasarea robotului înainte/inapoi, respectiv stânga/dreapta.

6.2. Programarea dispozitivelor

Programul pentru funcționarea controlerului cât și a robotului a fost scris în software-ul dedicat Arduino Integrated Development Environment (IDE) care suportă limbajele de programare C și C++ folosind reguli speciale de organizare a codului.

O schiță Arduino scrisă în C/C++ este compusă din două funcții care sunt compilate și legate de funcția `main()`, într-un program executabil cu o execuție ciclică:

- `setup()`: o funcție care este rulată o singură dată la începutul programului, când se initializează setările.
- `loop()`: o funcție apelată în mod repetat până la oprirea alimentării cu energie a plăcuței unde este microcontrolerul. [34]

Programele Arduino pot fi scrise în orice limbaj de programare cu un compilator capabil să producă un cod mașină binar

Înainte de a încărca programul propriu-zis trebuie să se selecteze din software tipul placii de dezvoltare. Acest lucru se face din meniu Tools, iar în cazul robotului din proiect se va selecta placa Arduino Nano din meniu secundar Board.

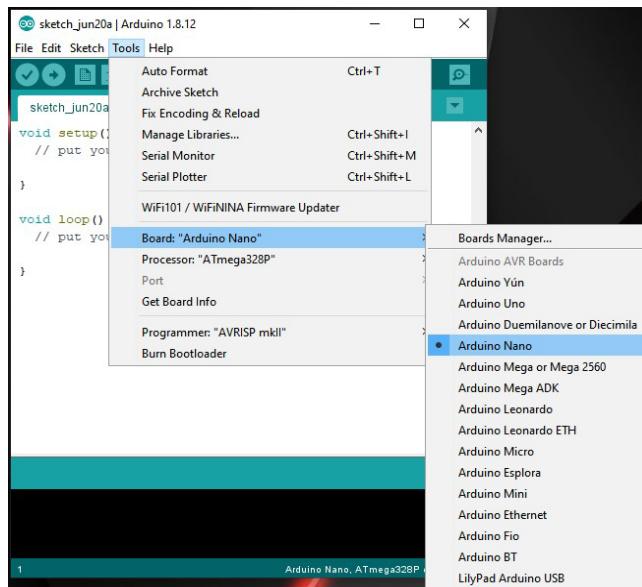


Fig. 6.2. Selectarea tipului de placă în software-ul Arduino IDE

După ce s-a ales tipul microcontrolerului, trebuie ales și portul unde este conectată placa Arduino la computer. Operația se va face tot din meniu Tools din software-ul Arduino IDE, dar se va naviga până la meniu secundar Ports. În cazul proiectului se va selecta portul COM4.

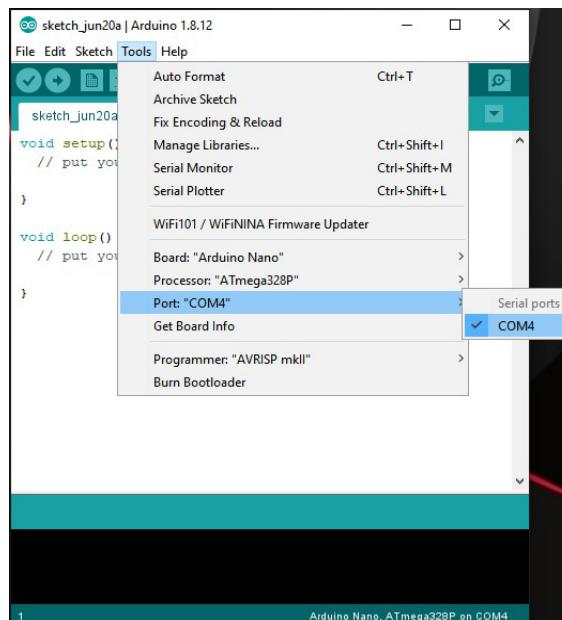


Fig. 6.3. Selectarea portului unde este conectată placa Arduino la computer

După efectuare acestor două operații se poate trece la programarea propriu-zisă a controlerului, respectiv a robotului mobil.

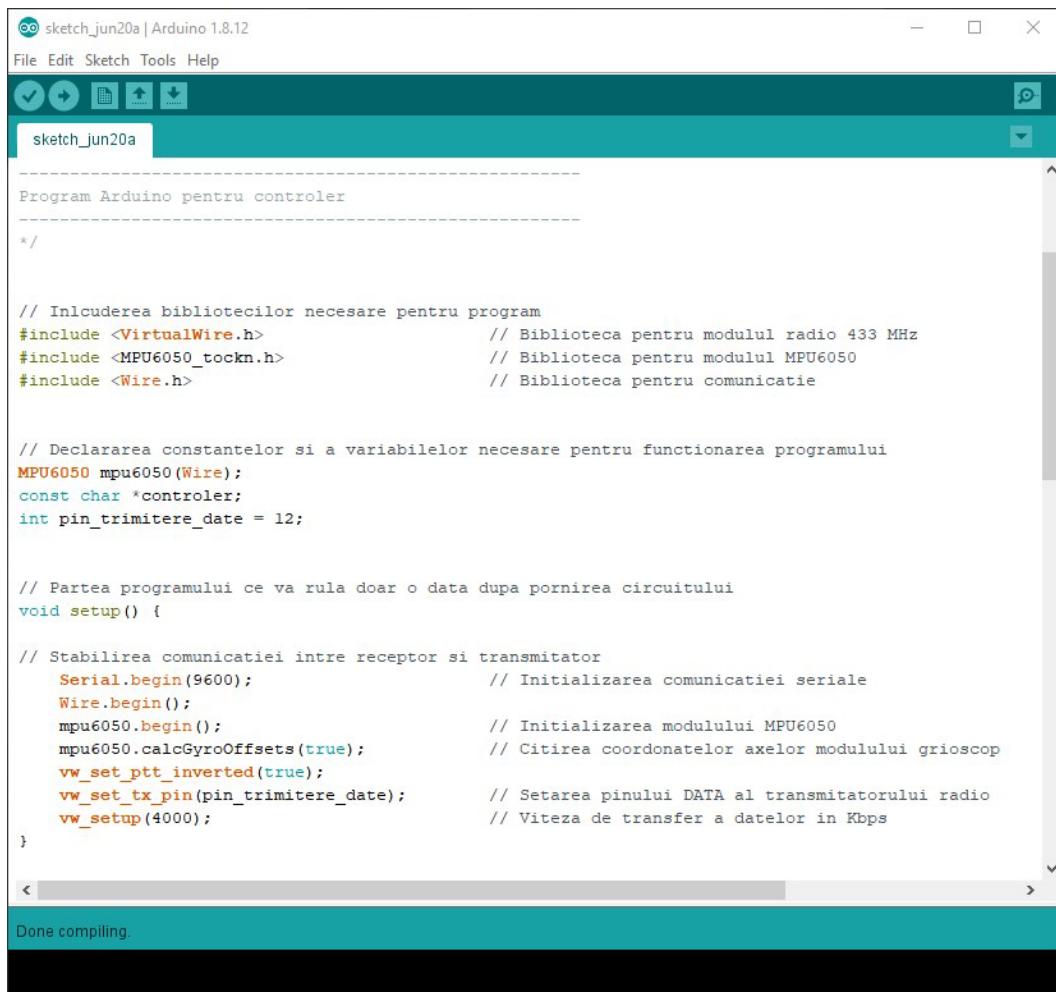
6.2.1. Programarea controlerului

Această operație constă în recunoașterea poziției mâinii de către controler și totodată condiționarea acestuia în funcție de datele prelucrate de la modulul giroscop MPU6050 pentru deplasarea robotului mobil.

Înainte de pune condițiile pentru deplasarea robotului trebuie să adăugam în programul Arduino bibliotecile necesare pentru o bună funcționarea a modulului giroscop MPU6050, modulul transmițător radio 433 MHz dar și biblioteca de interfațare pentru comunicarea componentelor între ele. Aceste biblioteci au fost descărcate de pe site-ul recomandat de dispozitiv.

După includerea bibliotecilor va trebui să declarăm două constante: pinul prin care se vor trimite datele și variabila „controler” care va lua anumite valori în funcție de anumite codiții. Bibliotecile și constantele vor fi adăugate în program înainte de funcția `setup()`.

În funcția programului care va rula o singura dată după pornirea circuitului se vor adăuga funcțiile pentru stabilirea comunicației între componente din circuit precum și comunicarea între transmițătorul de pe controler și receptorul de pe robot.



```

sketch_jun20a | Arduino 1.8.12
File Edit Sketch Tools Help
sketch_jun20a
Program Arduino pentru controler
/*
// Includerea bibliotecilor necesare pentru program
#include <VirtualWire.h> // Biblioteca pentru modulul radio 433 MHz
#include <MPU6050_tockn.h> // Biblioteca pentru modulul MPU6050
#include <Wire.h> // Biblioteca pentru comunicatie

// Declararea constantelor si a variabilelor necesare pentru functionarea programului
MPU6050 mpu6050(Wire);
const char *controler;
int pin_trimitere_date = 12;

// Partea programului ce va rula doar o data dupa pornirea circuitului
void setup() {
    // Stabilirea comunicatiei intre receptor si transmitator
    Serial.begin(9600); // Initializarea comunicatiei seriale
    Wire.begin();
    mpu6050.begin(); // Initializarea modulului MPU6050
    mpu6050.calcGyroOffsets(true); // Citirea coordonatelor axelor modulului giroscop
    vw_set_ptt_inverted(true);
    vw_set_tx_pin(pin_trimitere_date); // Setarea pinului DATA al transmitatorului radio
    vw_setup(4000); // Viteza de transfer a datelor in Kbps
}

Done compiling.

```

Fig. 6.4. Includerea bibliotecilor, declararea variabilelor și stabilirea comunicației în programul Arduino pentru controler

În continuare, în funcția `loop()` a programului, se vor scrie condițiile pentru deplasarea robotului în funcție de gestul mâinii, deci a poziției controlerului.

Pentru robotul din proiect s-au ales cinci gesturi, deci cinci condiții: înainte, înapoi, stânga, dreapta, stop. Acestea sunt prezentate în figurile jos împreună cu explicația fiecarei:

- *condiția pentru deplasarea înainte a robotului*: dacă rotația din jurul axei X a accelerometrului este mai mare decât 30 rad/s, variabila “controler” declarată în primă fază, va lua valoarea “X1” și va fi trimisă prin intermediul transmițătorului la receptor, urmând să fie prelucrată de microcontrolerul robotului.

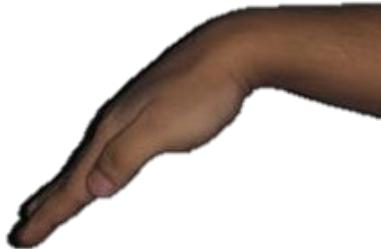


Fig. 6.5. Orientarea mâinii pentru deplasarea înainte a robotului

- *condiția pentru deplasarea înapoi a robotului*: dacă rotația din jurul axei X a accelerometrului este mai mică decât -30 rad/s, variabila “controler” declarată în primă fază, va lua valoarea “X1” și va fi trimisă prin intermediul transmițătorului la receptor, urmând să fie prelucrată de microcontrolerul robotului.



Fig. 6.6. Orientarea mâinii pentru deplasarea înapoi a robotului

- *condiția pentru deplasarea spre stânga a robotului*: dacă rotația din jurul axei Y a accelerometrului este mai mică decât -40 rad/s, variabila “controler” declarată în primă fază, va lua valoarea “Y1” și va fi trimisă prin intermediul transmițătorului la receptor, urmând să fie prelucrată de microcontrolerul robotului.



Fig. 6.6. Orientarea mâinii pentru deplasarea spre stânga a robotului

- *condiția pentru deplasarea spre dreapta a robotului:* dacă rotația din jurul axei Y a accelerometrului este mai mare decât 40 rad/s, variabila “controler” declarată în primă fază, va lua valoarea “Y2” și va fi trimisă prin intermediul transmițătorului la receptor, urmând să fie prelucrată de microcontrolerul robotului.



Fig. 6.7. Orientarea mâinii pentru deplasarea spre dreapta a robotului

- *condiția pentru oprirea robotului:* aceasta se îndeplinește în momentul în care rotațiile din jurul axelor X și Y ale accelerometrului sunt mai mici decât -10 rad/s dar mai mari decât 10 rad/s, practic mana va fi aproximativ paralelă cu planul orizontal.



Fig. 6.7. Orientarea mâinii pentru oprirea robotului

 A screenshot of the Arduino IDE showing the code for the sketch "sketch_jun20a". The code uses the mpu6050 library to read accelerometer data and send commands via a serial port. It includes logic for moving right, stopping, and moving forward based on sensor thresholds.

```

sketch_jun20a | Arduino 1.8.12
File Edit Sketch Tools Help
sketch_jun20a §
else if (mpu6050.getAccAngleX()>30) {
    controler = "X2";
    vw_send((uint8_t *)controler, strlen(controler));
    vw_wait_tx();
    Serial.print("X: ");Serial.print(mpu6050.getAngleX());Serial.print("   ");
    Serial.print("Y: ");Serial.print(mpu6050.getAngleY());Serial.print("   ");
    Serial.println("Inainte");Serial.println("\n");
}

else if (mpu6050.getAccAngleY()>40 ) {
    controler = "Y1";
    vw_send((uint8_t *)controler, strlen(controler));
    vw_wait_tx();
    Serial.print("X: ");Serial.print(mpu6050.getAngleX());Serial.print("   ");
    Serial.print("Y: ");Serial.print(mpu6050.getAngleY());Serial.print("   ");
    Serial.println("Stanga");Serial.println("\n");
}

else if (mpu6050.getAccAngleY()<-40) {
    controler = "Y2";
    vw_send((uint8_t *)controler, strlen(controler));
    vw_wait_tx(); // Wait until the whole message is gone
    Serial.print("X: ");Serial.print(mpu6050.getAngleX());Serial.print("   ");
    Serial.print("Y: ");Serial.print(mpu6050.getAngleY());Serial.print("   ");
    Serial.println("Dreapta");Serial.println("\n");
}

else if (mpu6050.getAccAngleX()<10 && mpu6050.getAccAngleX()>-10 && mpu6050.getAccAngleY()<10 && mpu6050.getAccAngleY()>-10) {
    controler = "A1";
    vw_send((uint8_t *)controler, strlen(controler));
    vw_wait_tx();
}
    
```

Fig. 6.8. Condițiile de deplasare ale robotului în funcție de orientarea controlerului în programul Arduino

La fiecare condiție s-au adăugat anumite linii de cod, care indică valoarea rotațiilor în jurul celor două axe, dar și sensul de deplasare pe care ar trebui să-l urmeze robotul. Acest lucru se poate vedea în opțiunea Serial Monitor, din meniul Tools al software-ului Arduino IDE.

Înainte de a deschide fereastra Serial Monitor trebuie să se verifice dacă s-a selectat portul în care este conectată placa Arduino la computer.

```

=====
Se calculeaza pozitia giroscopului.
Nu miscati modulul MPU6050...
X : -2.38
Y : -5.38
Z : -0.11
Programul s-a finalizat.
Puteti misca modulul MPU6050.
=====
x: 12.09 y: -32.68 Inapoi

x: 15.36 y: -23.92 Stop

x: 15.63 y: -22.69 Stop

x: 13.32 y: -22.16 Dreapta

x: 16.35 y: -27.70 Dreapta

x: 15.98 y: -32.21 Inainte
  
```

Fig. 6.9. Verificarea controlerului în Serial Monitor

În momentul deschiderii ferestrei Serial Monitor, microcontrolerul calculează poziția inițială a giroscopului, poziție ce va fi luată drept reper și se recomandă ca modulul MPU6050 să nu se miște timp de câteva secunde. După ce microcontrolerul a terminat această inițializare se poate orienta controlerul în poziția dorită pentru deplasarea robotului.

6.2.2. Programarea robotului mobil

Această etapă este reprezentată de scrierea programului Arduino astfel încât, microcontrolerul să prelucreze datele primite de la controler prin intermediul receptorului, date ce vor fi transformate mai departe în semnale și trimise la Driverul Motor care va controla motoarele de curent continuu, deci va realiza deplasarea robotului în funcție de orientarea controlerului adică în funcție de gestul mâinii. Programul va conține cete o configurare a motoarelor pentru fiecare condiție de deplasare menționată în codul controlerului.

In primă fază, se respectă pașii de la programarea controlerului, adică selectarea tipului de placă Arduino împreună cu portul în care este conectată aceasta la computer dar și includerea bibliotecii pentru funcționarea corespunzătoare a modulului receptor și declararea pinului prin care acesta primește datele de la transmițător.

Pe lângă acestea se mai declară variabilele de tip întreg pentru pinii de pe placa Arduino conectați la pinii Driverului Motor prin care se vor transmite semnale pentru controlul celor două motoare, dar și variabila prin care se setează viteza pentru acestea.

```

robot_mobil | Arduino 1.8.12
File Edit Sketch Tools Help
robot_mobil §
Program Arduino pentru robot
---

/*
// Includerea bibliotecilor necesare pentru program
#include <VirtualWire.h> // Biblioteca pentru modulul radio

// Definirea pinului pentru primirea datelor de la transmitator
int pin_primire_date = 11;

// Definirea pinilor de control a directiei de rotatie a motoarelor
int IN1 = 5; // motorul A (+)
int IN2 = 6; // motorul A (-)
int IN3 = 7; // motorul B (+)
int IN4 = 8; // motorul B (-)

// Definirea vitezei pentru motoare
int viteza = 120;

Done compiling.

```

Fig. 6.10. Includerea bibliotecilor, declararea variabilelor în programul Arduino pentru robot

Înainte de stabilirea comunicației între receptor și transmițător, trebuie ca pinii pentru controlul motoarelor să fie setați ca ieșire, deoarece din aceștia vor ieși semnalele sub formă de tensiuni către Driverul Motor.

```

robot_mobil | Arduino 1.8.12
File Edit Sketch Tools Help
robot_mobil §

// Partea programului ce va rula doar o data dupa pornirea robotului
void setup() {

    // Pinii pentru controlul motoarelor sunt setati ca iesire
    pinMode(IN1, OUTPUT);
    pinMode(IN2, OUTPUT);
    pinMode(IN3, OUTPUT);
    pinMode(IN4, OUTPUT);

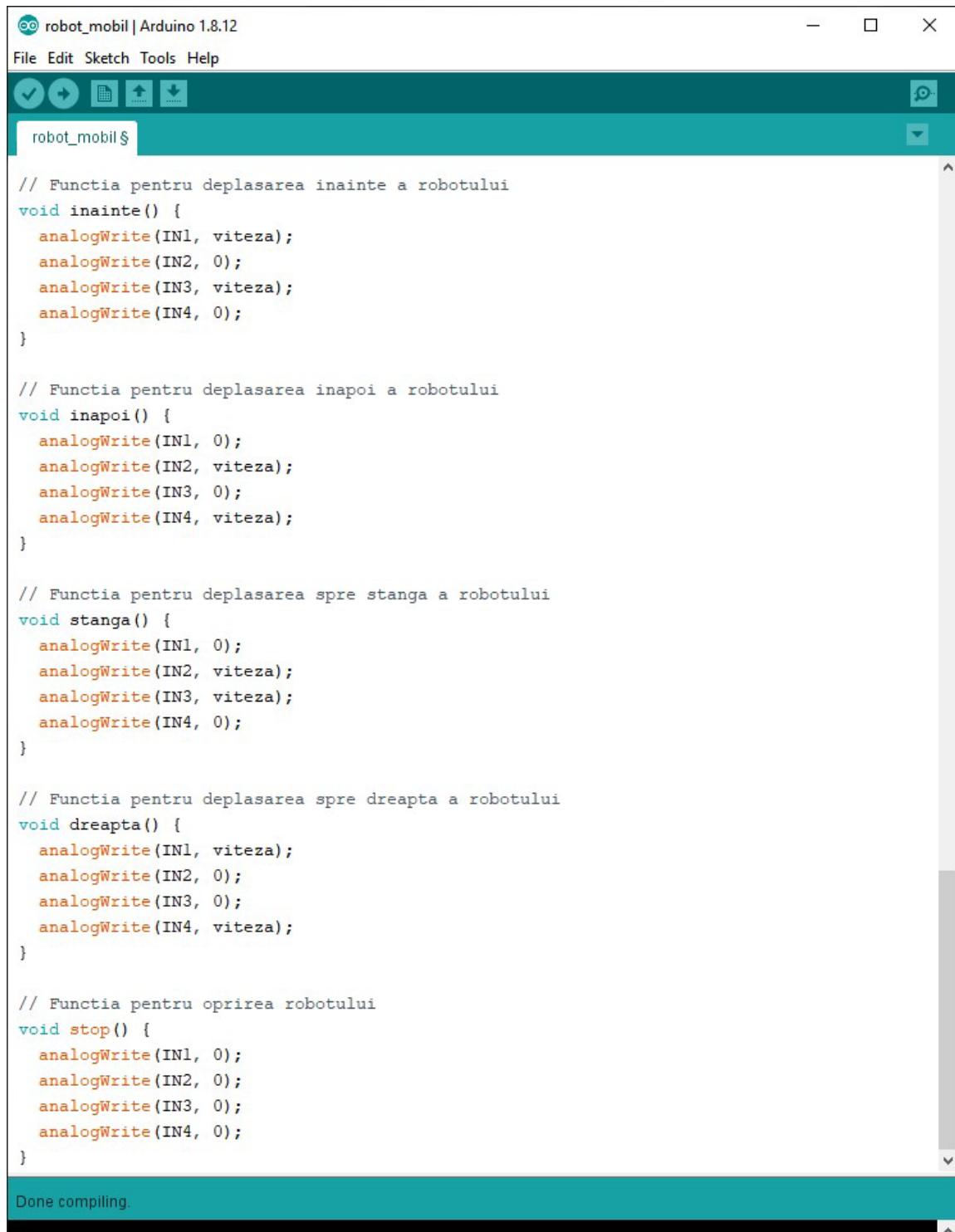
    // Stabilirea comunicatiei intre receptor si transmitator
    Serial.begin(9600); // Initializarea comunicatiei seriale
    vw_set_ptt_inverted(true);
    vw_set_rx_pin(pin_primire_date);
    vw_setup(4000); // Viteza de transfer a datelor in Kbps
    vw_rx_start(); // Receptorul incepe sa primeasca date
    Serial.println("Robotul functioneaza"); // Text afisat in Serial Monitor
}

Done compiling.

```

Fig. 6.11. Setarea pinilor pentru motoare ca ieșire și stabilirea comunicației între receptor și transmițător

Așa cum s-a precizat la începutul acestui subcapitol, motoarele trebuie să se afle în anumite stări pentru a putea deplasa robotului în funcție de orientarea mâinii. Un exemplu de acest fel a fost menționat în capitolul V la descrierea circuitului Punte-H de pe Driverul Motor.



```

robot_mobil | Arduino 1.8.12
File Edit Sketch Tools Help
robot_mobil §

// Functia pentru deplasarea inainte a robotului
void inainte() {
    digitalWrite(IN1, viteza);
    digitalWrite(IN2, 0);
    digitalWrite(IN3, viteza);
    digitalWrite(IN4, 0);
}

// Functia pentru deplasarea inapoi a robotului
void inapoi() {
    digitalWrite(IN1, 0);
    digitalWrite(IN2, viteza);
    digitalWrite(IN3, 0);
    digitalWrite(IN4, viteza);
}

// Functia pentru deplasarea spre stanga a robotului
void stanga() {
    digitalWrite(IN1, 0);
    digitalWrite(IN2, viteza);
    digitalWrite(IN3, viteza);
    digitalWrite(IN4, 0);
}

// Functia pentru deplasarea spre dreapta a robotului
void dreapta() {
    digitalWrite(IN1, viteza);
    digitalWrite(IN2, 0);
    digitalWrite(IN3, 0);
    digitalWrite(IN4, viteza);
}

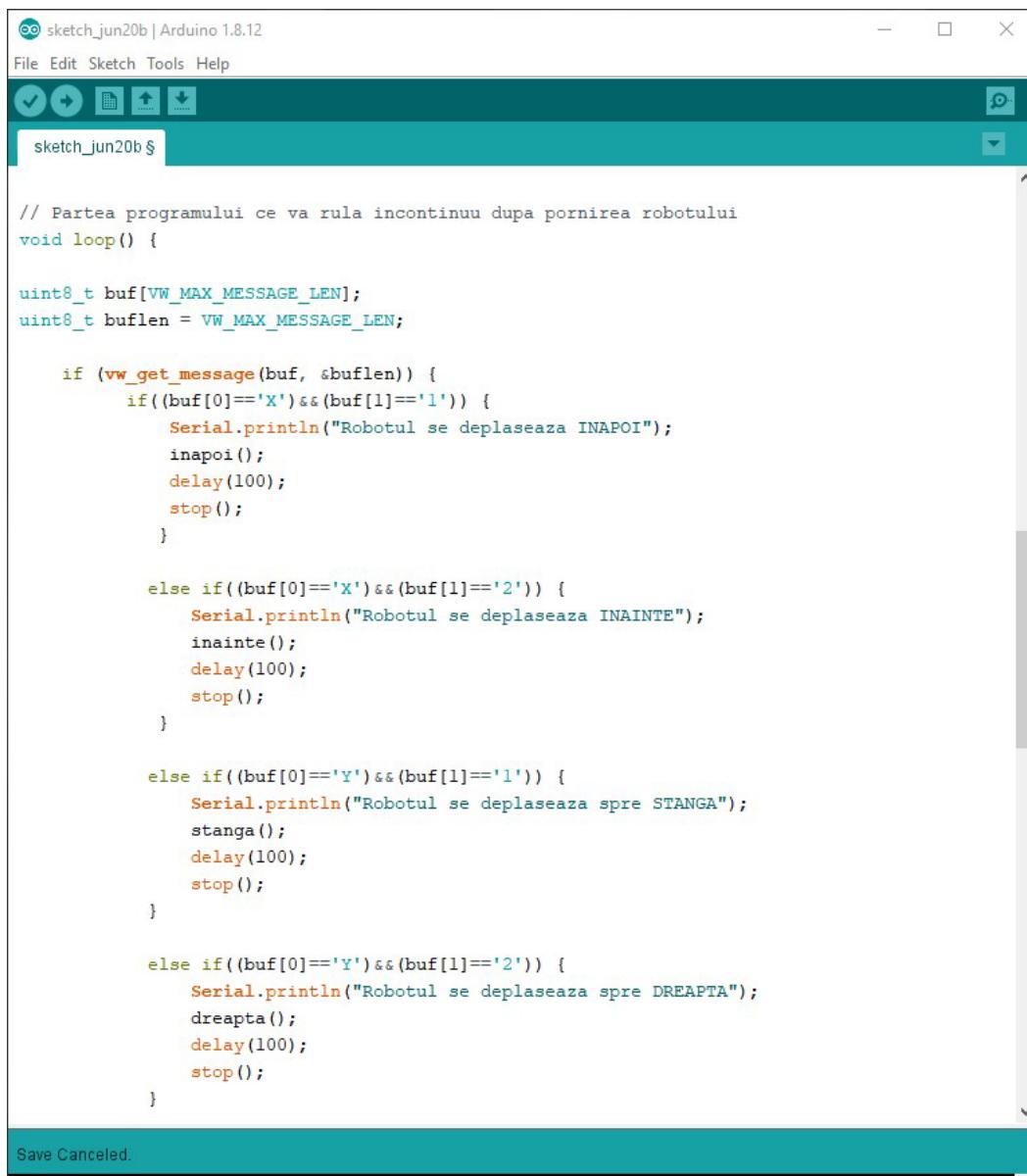
// Functia pentru oprirea robotului
void stop() {
    digitalWrite(IN1, 0);
    digitalWrite(IN2, 0);
    digitalWrite(IN3, 0);
    digitalWrite(IN4, 0);
}

Done compiling.

```

Fig. 6.12. Cele cinci stări ale motoarelor pentru deplasarea robotului (înainte, înapoi, stânga, dreapta, stop)

Aceste stări au fost numite “funcții pentru deplasare” și conțin semnalele trimise de placă Arduino către Driverul Motor fiind corespunzătoare condițiilor de deplasare de la programarea controlerului. De exemplu: dacă se va inclina mana cu controlerul spre dreapta, se va trimite data Y2 către robot, iar microcontrolerul acestuia va apela la funcția pentru deplasarea robotului spre dreapta și odată cu aceasta va trimite semnalele necesare către motoarele de curent continuu.



```

// Partea programului ce va rula incontinuu dupa pornirea robotului
void loop() {

    uint8_t buf[VW_MAX_MESSAGE_LEN];
    uint8_t buflen = VW_MAX_MESSAGE_LEN;

    if (vw_get_message(buf, &buflen)) {
        if((buf[0]=='X') && (buf[1]=='1')) {
            Serial.println("Robotul se deplaseaza INAPOI");
            inapoi();
            delay(100);
            stop();
        }

        else if((buf[0]=='X') && (buf[1]=='2')) {
            Serial.println("Robotul se deplaseaza INAINTE");
            inainte();
            delay(100);
            stop();
        }

        else if((buf[0]=='Y') && (buf[1]=='1')) {
            Serial.println("Robotul se deplaseaza spre STANGA");
            stanga();
            delay(100);
            stop();
        }

        else if((buf[0]=='Y') && (buf[1]=='2')) {
            Serial.println("Robotul se deplaseaza spre DREAPTA");
            dreapta();
            delay(100);
            stop();
        }
    }
}

Save Canceled.

```

Fig. 6.13. Condițiile de deplasare în raport cu starea motoarelor

După fiecare funcție de deplasare s-a adăugat o întârziere de 100 milisecunde urmând apoi funcția pentru oprirea motorului. Acest lucru s-a realizat deoarece motoarele aflând-se deja într-o anumită stare, deci robotul se află într-o deplasare, nu își pot schimba brusc starea și astfel se va evita o eventuală defecțiune a motoarelor.

Pentru verificarea funcționării robotului mobil va trebui să se asigure din nou ca este selectat portul pentru placă Arduino a robotului din software-ul Arduino IDE și după se va deschide fereastra Serial Monitor din meniul Tools. Pentru fiecare direcție de deplasare a

robotului se va afișa un mesaj de forma „*Robotul se va deplasa spre DREATA*” iar dacă receptorul nu primește semnal, deci robotul nu poate se deplasează în direcția dorită, se va afișa mesajul „*Nu se primește semnal*”.

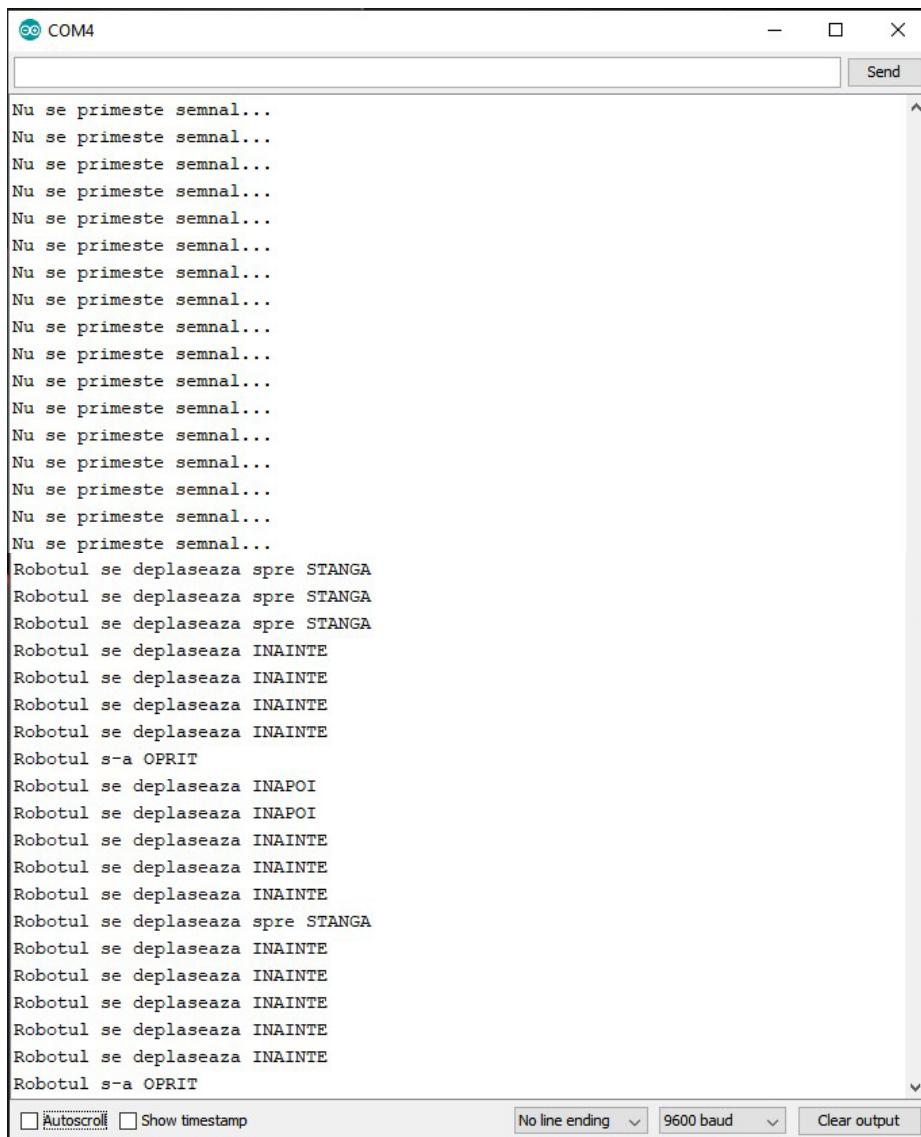


Fig. 6.9. Verificarea robotului mobil în Serial Monitor

Codul programului Arduino pentru robotul mobil cât și cel pentru controler se găsește atașat la sfârșitul proiectului în Anexa 2.

Odată terminată asamblarea și programarea robotului mobil controlat prin gesturi se poate trece la testarea acestuia și verificarea lui pentru eventuale probleme de natură mecanică sau electrică.

CPITOLUL VII

TESTAREA ROBOTULUI MOBIL ȘI REZULTATELE FINALE

7.1. Probleme întâmpinate și rezolvarea acestora

Ca orice proiect realizat, în faza de prototip, va avea câteva probleme de natură mecanică, electrică, etc. până va ajunge într-o variantă finală. Robotul din tema proiectului a cunoscut o problemă de comunicare necorespunzătoare a modulelor radio 433 MHz iar rezolvarea acesteia a fost lipirea unui cablu de cupru bobinat în portul ANT a modulelor și astfel s-a îmbunătățit comunicarea între modulele radio.

7.2. Îmbunătățiri ce pot fi aduse robotului

Din punct de vedere constructiv, robotul ar putea primi o îmbunătățire pe partea de izolare electrică pentru a nu permite contactelor să oxideze și astfel se va evita o eventuală funcționare necorespunzătoare a componentelor.

Pe partea senzorială, se poate adăuga un senzor cu ultrasunete pentru ca robotul să evite obstacolele sau să se opreasă, chiar utilizatorul îl va direcționa spre zona dorită (de exemplu dacă este un zid la o anumita distanță în fața robotului, acesta se va opri sau îl va ocoli și astfel se va evita o posibilă distrugere a sășiului unde sunt așezate toate componentele electronice. De asemenea se poate implementa și un senzor pentru recunoașterea vocii pentru a putea controla robotul prin comandă vocală.

Pentru o rază de acoperire mult mai mare a semnalului, se poate înlocui modulul transmițător-receptor cu unul mai puternic și mai stabil.

Dacă se dorește o urmărire mai exactă a robotului se poate adăuga un modul GPS și un modul Bluetooth pentru a vedea în timp real locația robotului pe un dispozitiv (telefonul mobil) sau montarea unei camere de supraveghere pentru a urmări și traseul străbătut de robotului.

7.3. Utilizarea acestui robot în viața omului

Sistemul de funcționare al acestui robot poate fi implementat în jucăriile pentru copii și cu siguranță aceștia vor fi mult mai interesați de acest roboțel decât jocurile de pe telefoanele mobile.

O altă aplicație pentru acest robot, poate fi în domeniul militar. Cu câteva îmbunătățiri pe partea mecanică și senzorială, poate fi trimis în locurile greu accesibile sau periculoase pentru om (cercetarea unei zone cu teren minat). De asemenea acest sistem poate fi optimizat și pentru controlul dronelor militare.

În domeniul construcțiilor, acesta poate fi implementat pe platformele de transportat marfă, acolo unde mașinile și muncitorii nu pot avea acces.

Acest sistem, poate fi implementat și în domeniul de asistență pentru persoanele cu probleme fizice, iar un exemplu ar putea fi un scaun cu rotile controlat prin gesturi.

BIBLIOGRAFIE

1. Scurtă introducere în istoria roboticii, <http://www.scientia.ro/stiinta-la-minut/istoria-ideilor-si-descoperirilor-stiintifice/2500-introducere-in-istoria-roboticiei.html>
2. R. M. Balan, "Calculul și Construcția Sistemelor Mecatronice", Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, Facultatea de Mecanica, 2020
3. Rădulescu C. , "Roboți Mobili ", Editura Politehnica Timișoara, 2008.
4. V. Alvarez-Santos, R. Iglesias, X. M. Pardo., "Gesturebased interaction with voice feedback for a tour-guide robot," Journal of Visual Communication and Image Representation, 2013.
5. T. Breuer, G. Giorgana Macedo, R. Hartanto, N., "Johnny: An Autonomous Service Robot for Domestic Environments," Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2012.
6. Interacțiunea naturală om-robot, <http://docplayer.net/50226020-Interactiunea-naturala-om-robot-pentru-aplicatii-de-robotica-asistiva-natural-human-robot-interaction-for-assistive-robotics-applications.html>
7. J. Scholtz, "Theory and evaluation of human robot interactions," in System Sciences, 2003.
8. M. A. Goodrich and A. C. Schultz, "Human–Robot Interaction: A Survey", 2007.
9. H. A. Yanco and J. Drury, "Classifying human-robot interaction: an updated taxonomy," in Systems, Man and Cybernetics, 2004 IEEE International Conference, 2004.
10. A. Tapus, M. J. Mataric, and B. Scassellati, "The grand challenges in socially assistive robotics," IEEE Robotics And Automation Magazine, 2007.
11. R. A. Bolt, "Put-that-there: Voice and gesture at the graphics interface", 1980.
12. Natural user interface, https://en.wikipedia.org/wiki/Natural_user_interface
13. C.-B. Park and S.-W. Lee, "Gesture recognition for mobile robots with Image and Vision Computing", 2011.
14. J. Kang, K. Zhong, S. Qin, H. Wang, "Visualization by real-time hand gesture recognition," Computers in Industry, 2013.
15. L. Rabiner and B.-H. Juang, „Fundamentals of speech recognition: Prentice-Hall”, 1993.
16. I. Starețu, "Actualități și perspective în robotica serviciilor," Buletinul AGIR, 2007.
17. T. Kollar, S. Tellex, D. Roy, and N. Roy, "Motion in Natural Language Commands to Robots," in Experimental Robotics. ed: Springer Berlin Heidelberg, 2014.

18. Primul robot flexibil, <http://www.descopera.ro/stiinta/15616273-cercetatorii-de-la-harvard-au-fabricat-primul-robot-flexibil-ce-animal-a-inspirat-crearea-lui-video>
19. What Are Radio Waves?, <http://www.livescience.com/50399-radio-waves.html>
20. Comunicarea prin unde, <https://radio-waves.orange.com/ro/comunicarea-prin-unde/>
21. How does Bluetooth work?, <https://www.scientificamerican.com/article/experts-how-does-bluetooth-work/>
22. Bluetooth, <https://ro.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
23. What Is Wi-Fi?, <https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/what-is-wifi.html>
24. Wi-Fi, <https://ro.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>
25. D. Leohchi "Software pentru Programarea Microcontrolerelor", Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, Facultatea de Mecanică, 2020
26. Arduino Nano, <https://components101.com/microcontrollers/arduino-nano>
27. MPU6050, <https://components101.com/sensors/mpu6050-module>
28. Comunicare I2C, https://profs.info.uaic.ro/~arduino/index.php/Comunicare_I2C
29. 433 MHz RF Module, <https://components101.com/433-mhz-rf-transmitter-module>
30. L298N Motor Driver Module, <https://components101.com/modules/l293n-motor-driver-module>
31. Interface L298N Driver Module with Arduino, <https://lastminuteengineers.com/l298n-dc-stepper-driver-arduino-tutorial/>
32. Semnale analogice. Compunerea semnalelor analogice, https://profs.info.uaic.ro/~vcosmin/pagini/resurse_arduino/Cursuri_2016/6/Arduino_6.pdf
33. Everything you need to know about arduino code, <https://www.circuito.io/blog/arduino-code/>
34. Arduino IDE, https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino_IDE