

RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR MANAGING AND STORING BOXES ON SHELVES

TURTOI Mircea-Ștefan

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea Informatică Aplicată în Inginerie Industrială,
Anul de studii: IV, e-mail: mirceaturtoi1201@gmail.com

Conducător științific: Ș. I. dr. ing. **Ioan-Cristian TARBĂ**

SUMMARY: It is proposed to develop an automated system for storing and managing boxes on shelves. The boxes will be transported by an autonomous guided vehicle to a loading-unloading station, and, with the help of an electro-mechanical mechanism, the box will detach from the autonomous vehicle and will remain in the station. The transfer of the boxes from the loading-unloading station to the shelf will be performed with a mobile fork with 3 translation axes and a rotation axis, driven by a series of electric motors. The control of the electric motors will be done with the help of an algorithm that places the boxes on the shelves.

CUVINTE CHEIE: algoritm, depozit, motor, electric, automat

1. Introducere

Se propune automatizarea unui sistem de depozitare. Acest sistem consta într-o stație de încărcare-descărcare în care un vehicul autonom descarcă o cutie. După ce cutia este descărcată în stație, o furcă mobilă preia cutia și o depozitează pe raft [1].

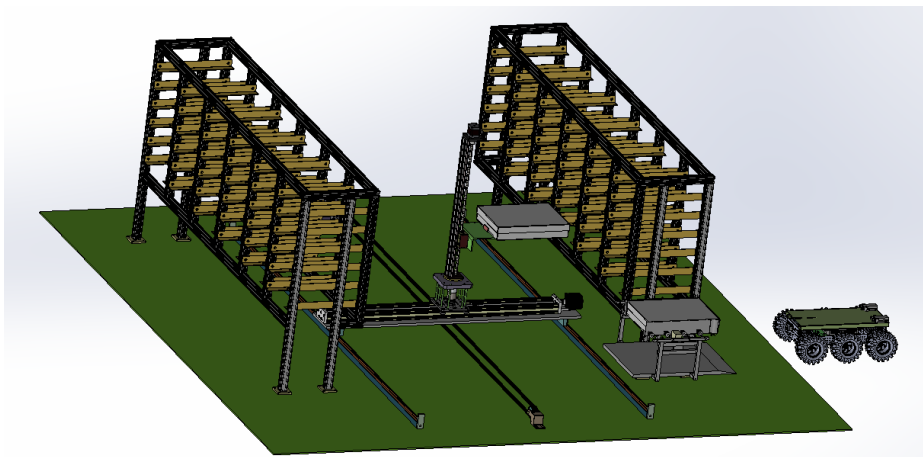


Fig. 1. Model 3D sistem depozitare [1]

1.1. Axele de mișcare

Axele sistemului:

X - lungimea raftului

Y - lățimea raftului

Z – înălțimea raftului

Furca mobilă are trei mișcări de translație, una pentru fiecare axa, X, Y, Z, și o mișcare de rotație pentru axa Z, denumită C. Pentru a asigura un control electric al axelor de mișcare se folosesc motoare electrice [1].

2. Stadiul actual

S-a realizat algoritmul pentru poziționarea motoarelor electrice de curent continuu cu perii, simularea acestui algoritm, alegerea tipurilor de motoare electrice și selectarea tipurilor de senzori și traductori.

2.1. Caracterizarea motoarelor electrice

Motoarele electrice pot fi caracterizate în funcție de tipul de alimentare [2]:

- curent continuu
- curent alternativ

În funcție de alegerea tipului de alimentare se alege structura motorului [2]:

- Cu perii
- Fără perii

În cazul motoarelor fără perii sunt 2 structuri diferite [2]:

- Motor fără perii simplu
- Motor pas cu pas

Parametrii necesari la alegerea motoarelor electrice pentru fiecare mișcare a furcii mobile:

- Cursa
- Cuplu necesar
- Moment de inerție
- Precizie

2.2. Controlul motoarelor electrice

Motorul de curent continuu cu perii are 3 parametri care pot fi controlați: turația, direcția și poziția. Pentru a controla turația motorului se folosește un semnal PWM (vezi figura 2) [3].

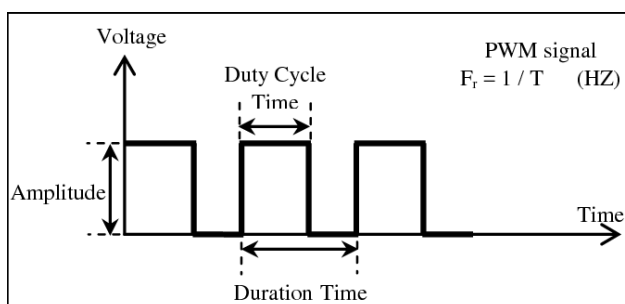


Fig. 2. Semnal PWM [4]

Pentru a controla direcția motorului se folosește o punte H (vezi figura 3) [3].

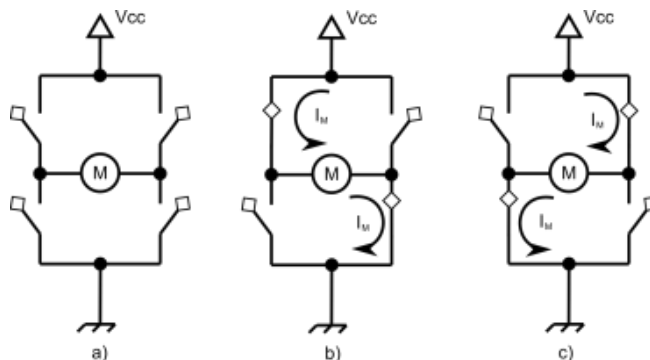


Fig. 3. Punte H [5]

Pentru a controla poziția motorului de curent continuu cu perii, se folosește controlul PID (Proportional-Integral-Derivative) [3].

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de}{dt} \quad (1)$$

Valoarea erorii $e(t)$ este diferența dintre valoarea dorită și valoarea citită.

Așadar, pentru controlul unui motor de curent continuu cu perii se utilizează un procesor pentru calculul PID și generarea semnalului PWM și o punte H. Calculul erorii necesită un feedback iar acest feedback se va realiza cu un encoder rotativ. Acest encoder poate determina poziția, turația și direcția de rotație a motorului. Se realizează schema logică în softul Visio (vezi figura 4).

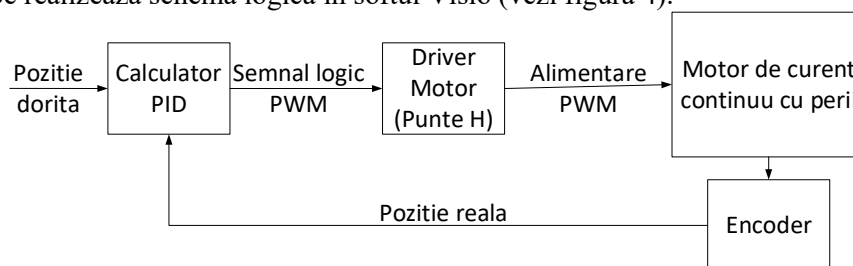


Fig. 4 Schema control motor curent continuu cu perii

2.3. Senzori și traductori

Pentru a monitoriza sistemul și a asigura funcționarea corectă a acestuia se folosesc diferiți senzori și traductori [6].

Fiecare axă de mișcare necesită un limitator de cursă la fiecare capăt al acesteia pentru a cunoaște limitele de deplasare ale fiecărei curse [6]. Acest lucru previne arderea motoarelor electrice de curent continuu cu perii sau blocarea motoarelor pas cu pas în cazul unei erori în sistem.

Evitarea suprasolicitării sistemului cu o greutate prea mare se realizează cu traductori de forță pentru a cunoaște masa cutiei care urmează a fi ridicată de către furcă [6]. Suprasolicitarea sistemului poate duce la arderea motoarelor electrice cu perii sau pierderea de pași a motoarelor pas cu pas.

Depozitarea cutiilor pe raft se verifică cu ajutorul microswitchurilor [6], în momentul așezării unei cutii într-un raft, switchul este acționat de greutatea cutiei și trimite un semnal sistemului pentru a determina care rafturi sunt libere.

2.4. Algoritm

Primul pas este așteptarea unei comenzi de la server pentru a ști dacă vehiculul autonom care se deplasează către stația de descărcare-încărcare, are scopul de a ridica sau de a depozita o cutie.

Următorul pas în cazul depozitării unei cutii este verificarea greutății cutiei și disponibilitatea locurilor libere în raft, dacă greutatea se încadrează în valorile limită și sunt disponibile locurile în raft ale sistemului, se așteaptă confirmarea depozitării cutiei în stația de încărcare-descărcare. După confirmare, se va trimite o serie de comenzi de poziționare la motoarele electrice pentru a ridica cutia din stație și depozitarea acesteia într-un loc disponibil pe raft. În tot acest timp, deplasarea axelor de mișcare este verificată de encodere de rotație, care citesc pozițiile axurilor motoarelor electrice.

În cazul ridicării unei cutii de către vehiculul autonom, se trimit comenzi la motoarele electrice pentru a ridica cutia dorită și mutarea acesteia în stația de încărcare-descărcare.

2.5. Simularea poziționării motoarelor electrice

Se creează o schemă electrică simplificată a sistemului în softul Visio (vezi figura 5).

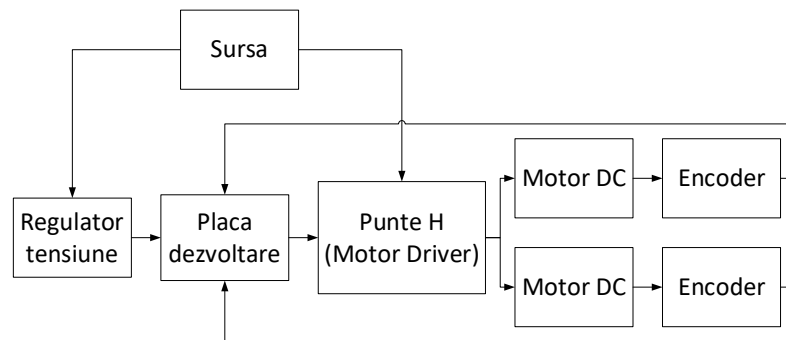


Fig. 5. Schema electrică

Pentru simularea algoritmului de poziționare se folosește aplicația web THINKERCAD [7]. Folosind schema electrica se conectează componentele. Componentele folosite sunt: Arduino uno R3, punte H L293D, Sursa, Breadboard, Motor electric de curent continuu cu perii cu encoder rotativ (vezi figura 6).

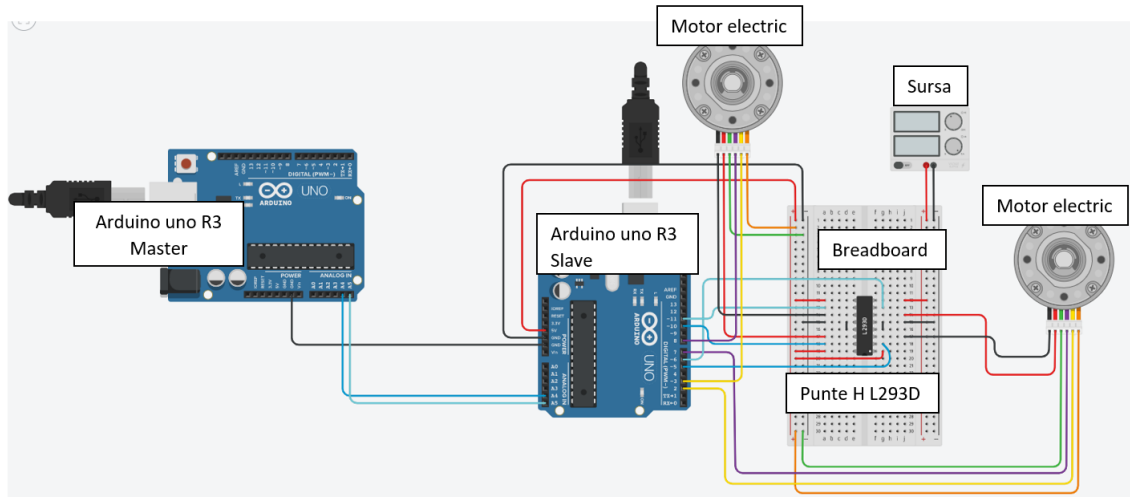


Fig. 6 Simulare pozitionare motor electric

Placa de dezvoltare Arduino Uno R3 Slave are rolul de control al motoarelor electrice prin calcul PID, aceasta trimite un semnal logic PWM (0-5V) către puntea H L293D care este conectată la o sursa de 12V care preia această tensiune și o transmite mai departe către motorul electric sub forma unui semnal PWM (0-12V) [8]. Motorul electric este echipat cu un encoder care citește turația, poziția și sensul de rotație ale acestuia, aceste date sunt trimise către placa de dezvoltare slave pentru calculul erorii dintre poziția dorită și poziția reală. Poziția reală a motorului electric este transmisă de la Arduino Slave către Arduino Master.

Codul algoritmului de pe Arduino Slave se poate accesa pe github [9]:
<https://gist.github.com/MirceaUPB/b51b94fc832a6cf438c90a49d8d8b1f6>

Codul algoritmului de pe Arduino Master se poate accesa pe github [9]:
<https://gist.github.com/MirceaUPB/057b8342200aa2db379afdc5c40d6400>

În schița de mai jos se prezintă pinii de legătură punte H L293D (vezi figura 7).

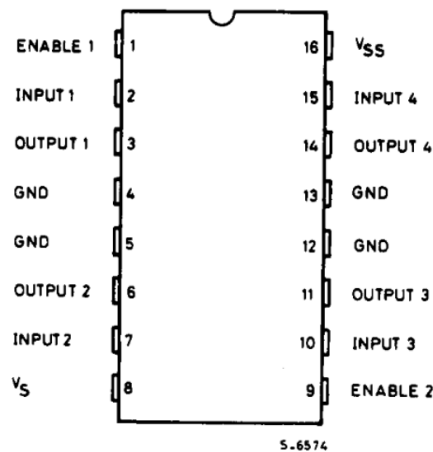


Fig. 7. Pini punte H L293D [10]

2.6. Determinarea parametrilor axelor de mișcare

Translație axa X [1]:

- Cursa = 2000mm
- Cuplu necesar = 5.3 Nm
- Moment de inerție
- Precizie necesara

Pentru aceasta mișcare se va folosi un motor electric de curent continuu cu perii.

Translație axa Y [1]:

- Cursa = 1000mm
- Cuplu necesar = 376 Nmm
- Moment de inerție
- Precizie necesara

Pentru aceasta mișcare se va folosi un motor electric de curent continuu cu perii.

Translație axa Z [1]:

- Cursa = 587mm
- Cuplu necesar = 210 Nmm
- Moment de inerție
- Precizie necesara

Pentru această mișcare se va folosi un motor de curent continuu pas cu pas deoarece fiind o axă de translație pe verticală, motorul electric trebuie sa dezvolte un cuplu de menținere spre deosebire de motorul cu perii care la 0 turații nu dezvolta nici un cuplu.

rotație axa Z [1]:

- Cursa = 180°
- Cuplu necesar = 20 Nmm
- Moment de inerție
- Precizie necesara

Pentru această mișcare se va folosi un motor de curent continuu cu perii.

Motorul de curent continuu cu perii este ales pentru toate celelalte axe deoarece este un motor simplu, cu cost redus, ușor de folosit, mai eficient decât cel pas cu pas si de turații mari.

3. Concluzii

În cadrul acestui proiect de automatizare a unui sistem de depozitare au fost alese motoarele electrice ce acționează axele de mișcare ale sistemului în funcție de nevoile acestuia. Au fost prevăzute sisteme de monitorizare și siguranță, alcătuite din senzori și traductoare pentru a asigura funcționarea continuă și corectă a sistemului fără intervenția omului. S-a dezvoltat un algoritm pentru controlul poziției, turației și a sensului motoarelor electrice de curent continuu cu perii și pentru comunicare serială prin protocolul I2C.

Pentru dezvoltări ulterioare se propune realizarea unui algoritm pentru distribuirea cutiilor pe rafturi astfel încât centrul de greutate al raftului cu tot cu cutii să fie cât mai pe mijloc și cât mai jos pentru o stabilitate sporită. Se propune trecerea de la comunicare serială la comunicare Wi-Fi și folosirea unui modul GSM pentru citirea datelor transmise de pe un server.

4. Bibliografie

- [1]. Valentin STOICA, anul II, Masterat IPFP, Adriana NEAGOE, Cosmin LICĂ, anul II, masterat IAAC, Mihai-Răzvan DRUMEA, anul II, Masterat INPN, Facultatea IIR Conducător științific: Prof.dr.ing. Tom SAVU, Departamentul TCM Autor corespondent: STOICA Valentin, “*Sistem etajat automat pentru depozitarea cutiilor de transport Studenți*”:
- [2]*** Ioan-Dragos DEACONU, disciplina Masini si Actionari Electrice, notite de curs
- [3]*** Bogdan GRAMESCU, disciplina Controlul si Comanda Sistemelor Mobile, notite de curs
- [4].***https://www.researchgate.net/figure/PWM-signal-with-its-two-basic-time-periods_fig4_271437313
- [5]. ***<https://www.circuitos-electricos.com/puente-h-tutorial-con-transistores-tip120/>
- [6]. *** Vlad-Cristian GEORGESCU Disciplina Senzori si Traductoare, notite de curs
- [7]. ***<https://www.tinkercad.com/dashboard>
- [8]. *** Norocel-Dragoș CODREANU Disciplina Proiectarea Asistata a Circuitelor Electrice, notite de curs
- [9]. *** <https://github.com/>
- [10].***<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/22432/STMICROELECTRONICS/L293D.html>

5. Notații

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

PWM = Pulse-Width Modulation;

PID = Proportional-Integral-Derivative;

$u(t)$ = Valoare PID;

$e(t)$ = Valoarea erorii;

K_p = Coeficient proportional;

K_i = Coeficient integrare;

K_d = Coeficient derivare;