

REALIZAREA PRACTICA LA SCARA REDUSA A UNUI ROBOT IN COORDONATE CARTEZIENE PENTRU APLICATII DE CULTIVARE A LEGUMELOR

STAN Laurentiu-Alexandru¹

¹Facultatea: IMST, Specializarea: Robotica, Anul de studii: III, e-mail: sla.ro@hotmail.com

Conducător științific: s.l. dr. ing. **Mario IVAN**

REZUMAT: Realizarea unui robot industrial de tip portal dublu cu arhitectura serială pentru cultivarea legumelor, în exemplu este dat castravetele. La realizarea practica se mai adaugă un software de comanda și control și un mediu virtual de simulare și programare a robotului industrial.

CUVINTE CHEIE: Robotica, Integrare, Software, Programare.

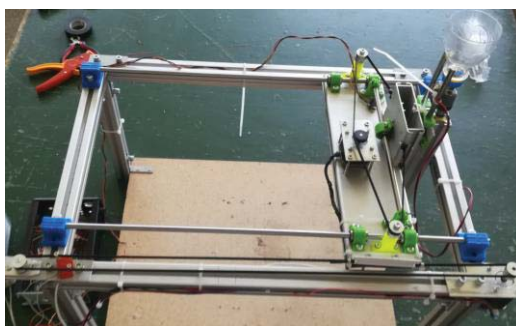
1. Introducere

Din DEX '09 (2009), CULTIVĂRE, cultivări, s. f. Acțiunea de a (se) cultiva. 1. Lucrarea pământului. 2. Fig. Educare, instruire, dezvoltare. – V. cultiva. [1] Deci, robotul industrial ales are ca scop lucrarea pământului, înlocuind munca manuală a omului. În exemplul din această aplicație a fost aleasă ca legumă castravetele.

Castravetele (*Cucumis sativus*) este o plantă legumicolă din familia Cucurbitaceae care include dovlecelul, dovleacul, pepenele galben și cel verde etc., și este cultivat pe scară largă. Castravetele cere apa mai ales în timpul înfloririi și formării fructelor. Trebuie de menționat că castravetele poate fi udat dimineața până la amiaza. [2]

Pentru cultivarea castravetilor (plantare, udat zilnic, verificare temperatura, etc) se poate utiliza un robot industrial cu arhitectura serială de tip portal dublu. Robotii industriali sunt întâlniți din ce în ce mai des în domeniul agricol deoarece crește productivitatea și nevoia de personal prezent permanent pe teren.

2. Stadiul actual



Figură 1 - Realizarea practică a robotului industrial

Realizarea practica a temei de cercetare este finalizată în proporție de 80%. În realizarea practică se regăsește un robot industrial cu arhitectura serială de tip portal dublu model machetă de realizare proprie, în stadiul actual robotul are 2 axe comandate numeric, un efector destinat udării cu apă a culturii. Urmează a se finaliza și cea de a treia axa comandată numeric, integrarea unor senzori de temperatura/umiditate, a unui sistem vacuumic de preluare și depunere.

Pe lângă realizarea practica, a fost realizat un software de comanda și control al robotului industrial denumit „GCBot” și integrarea robotului într-un mediu virtual experimental robotizat denumit „V-REP”.

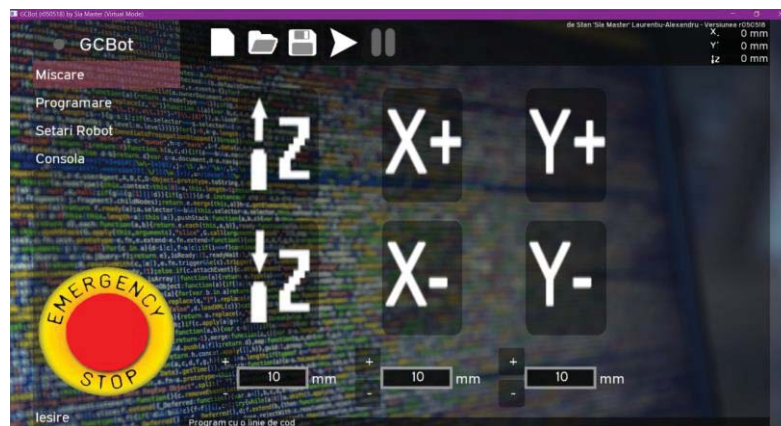
2.1. Obiectivele temei de cercetare

Obiective ce vor fi atinse în cadrul acestei teme de cercetare:

- Integrarea unui software propriu (bazat pe programul ControlJEL) pe un RI de tip portal dublu
- Utilizarea bibliotecii GRBL pentru RI de tip portal dublu
- Extinderea bibliotecii GRBL pentru suport pentru senzori și efectori specifici roboților industriali
- Utilizarea limbajului PTP (din ControlJEL) și Lua în programarea roboților industriali de tip portal dublu
- Integrarea modelului IoT (Internet Of Things) pe sistemul robotizat pentru statistică și control la distanță
- Statistică în timp real din aplicația de programare
- Simularea offline al robotului industrial pe platforma de simulare V-REP

3. Documentație

3.1. Software-ul de comandă și control „GCBot”



Figură 2 - Interfața principală a programului GCBot

„GCBot” este un software realizat propriu pentru comanda și controlul robotului industrial de tip portal dublu utilizat în aplicație, acesta a fost scris în limbajul de programare Lua, utilizează cadrul de standarde „Love2D”, suportă sistemele de operare Microsoft Windows, Linux și Android. Pentru conectarea directă la robot se utilizează portul USB și protocolul de comunicație COM.

Programul are o interfață prietenoasă, ușor de utilizat și de învățat. Scopul acesteia este de a minimaliza interacțiunea utilizatorului cu programul și de a crește productivitatea.

3.1.2 Limbajul Lua

Lua este o limbă de programare dezvoltată de Universitatea Pontificală Catolică din Rio de Janeiro din Brazilia. Lua înseamnă ‘Lună’ în portugheză. Acest limbaj de programare este inclus în multe aplicații din toate industriile în care este nevoie de programare.

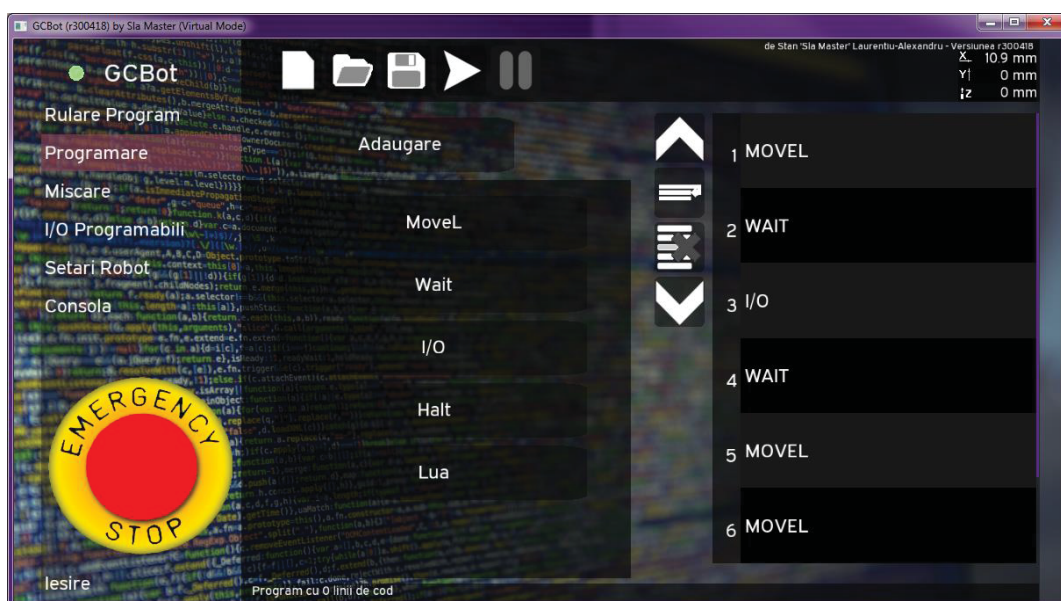
Principalele avantaje ale acestei limbi sunt portabilitatea ridicată, rapiditatea de dezvoltare a programului, nu necesită compilare, poate fi extins cu mai multe biblioteci, tot odată are un dezavantaj, fiind o limbă care nu se compilează în assembly este mai încetă decât limbajele ce se compilează în assembly, de exemplu C++.

3.1.3 Framework-ul Love2D

Love2D este un framework (cadru de standarde) pentru redare de grafica 2D, sunete și input în special pentru jocuri. Este realizat pentru arhitectura x86/x64 (Windows, Mac, Linux) și arhitectura ARM (Android și iOS). Tot odată este gratuit și cu sursă deschisă.

Un exemplu de joc realizat cu Love2D este jocul „Mari0” a celor de la „Stabyourself.com”, a reinterpretare unică a jocului „Super Mario Bros.” de la „Nintendo” împreună cu jocul „Portal” de la „Valve”.

3.1.4 Programarea robotului



Figură 3 - Exemplu de program în „GCBot”, acest program poziționează robotul în puncte prestabilite și acționează releul de la efectuator.

Programarea robotului se realizează direct în software-ul de comandă și control „GCBot”, acesta are un sistem integrat de programare denumit PTP (Point to Point), se pot adauga comenzi de bază precum MOVEL, WAIT, I/O, Halt dar și limbaj avansat de programare precum Lua.

Actual, limbajul PTP nu suportă condiții de tip IF/ELSE/GOTO/WHILE/etc, pe viitor acestea vor fi incluse în următoarea iterație al limbajului.

```
// Program PTP realizat cu GCBot by Sla Master
HOME
MOVEL A W 5 5 5
MOVEL A W 100 67 0
MOVEL A W 100 67 64
IO EF 1
WAIT 1
IO EF 0
```

Exemplu de program realizat cu GCBot, fișierul sursa „ptp” care este interpretat de către program și rulat de sus în jos linie cu linie, la linia 1, se se poziționează robotul la poziția inițială de start, urmează sa fie poziționat în spațiu la o locație, ulterior este utilizat releul efectuatorului, acesta rămâne activ timp de o secunda.

3.2. Robotul industrial cu arhitectura seriala de tip portal dublu



Figură 4 - Robot industrial cu arhitectură serială de tip portal dublu de la GUEDEL

Robotul industrial cu arhitectura seriala de tip portal dublu are 3 axe comandate numeric pentru sistemul de pozitionare al sistemului de orientare. Sistemul de coordonate este unul cartezian de tipul X, Y, Z.

Principalul producator de RI de tip portal dublu este GUEDEL.

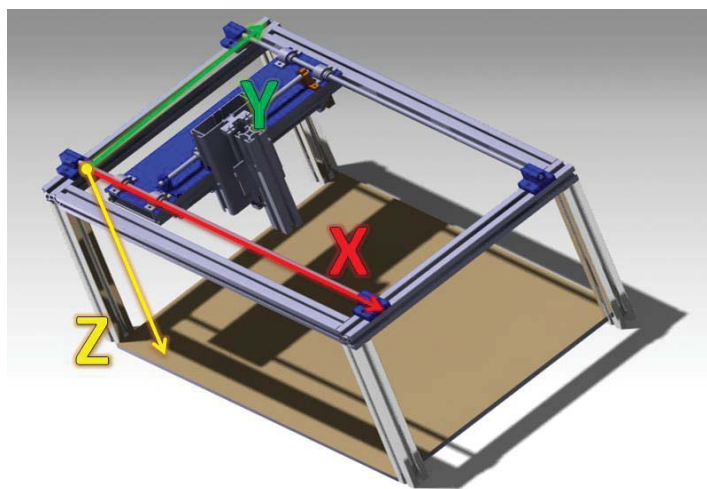
Principalul avantaj este costul redus, dimensiunile spatiului de lucru mare, nu are pozitii de singularitate. Dezavantajul acestora este neposibilitatea de realizare a unor pozitii ale sistemului de pozitionare si orientare a efectorului reducând posibilitatea de integrare în unele aplicații.

3.2.1 Tabel cu detalii tehnice

Detalii Tehnice	Robot Industrial de tip Portal dublu
Dimensiune spatiu de lucru	360x140x90 mm
Dimensiune robot	695x440x430 mm
Greutate	10 kg
Axe comandate de	Motoare de tip pas cu pas (Stepper)
Comunicare via	USB/Bluetooth
I/O Programabili	Intrare: 2 analogici si 2 digitali Iesire: 2 PWM
Controller/Microprocesor	Arduino MEGA 2560
Software de programare	GCBot (softare propriu)
Mod de lucru	Online sau Offline (V-REP)
Limbaj de programare	PTP (Point to Point) si Lua

Tabel 1 – Detalii tehnice ale robotului industrial realizat practice

3.2.2 Reprezentarea grafică a axelor comandate numeric



Figură 5 - Reprezentarea grafică a axelor comandate numeric pe robotul industrial

Robotul industrial de tip portal dublu machetă, are trei axe de translație, din care prima axă comandată numeric X în lungul robotului, fiind axa cu dimensiunea cea mai mare, urmată de axa Y în lățimea acestuia, respectiv axa Z pe înălțime.

3.2.3 Componente mecanice utilizate în construcția acestuia

Structura principală a robotului industrial este din 8 profile de aluminiu de dimensiunea 30x30mm ce formează un paraleliped pe care sunt așezate axele robotului, la baza robotului este un blat de lemn de care este fixat robotul și rigidizat.



Figură 6 -Rulment liniar LM8UU [3]

Prima axa comandată numeric are în componență 4 piese printate 3D pentru susținerea tijelor de precizie. Sania mobilă a axei este formată dintr-un profil de aluminiu lat de 30x100mm pe care sunt montați rulmenții liniari LM8UU utilizați pentru ghidarea și susținerea axei.

Următoarea axă are susținerea pe axa precedentă, ca și precedentă axa comandată numeric are în componență tije de precizie, rulmenții liniari LM8UU. Cea de a doua axă are sania din profil de aluminiu pe care este montată ultima axă.

Cea de a treia axă comandată numeric ca și precedentă cu ghidaje și rulmenți liniari de același tip.

Toate axele sunt acționate cu curea dințată de către un motor pas cu pas pe fiecare axă.

Efactorul robotului este unul destinat stropirii cu apă, are în componență o electrovalvă. Efactorul se află pe ultima axă comandată numeric.

3.2.4 Componente electronice utilizate în construcția acestuia

Sursa de energie electrică este dată de o sursă de tensiune de 12V de curent continuu (de calculator) conectată la o sursă de tensiune de rețea de 240V de curent alternativ la 50Hz.



Figură 7 - Placa de dezvoltare Arduino MEGA 2560 (ch340) [4]

Controller-ul utilizat este un placă de dezvoltare Arduino MEGA programată cu o bibliotecă compatibilă cu Gcode denumită „GRBL”, aceasta interpretează comenzile sosite de la calculator și le execută, comandând motoarele pas cu pas.



Figură 8 - Driver A4988[5]

Motoarele pas cu pas sunt comandate de către un driver de motoare pas cu pas „A4988” pe un shield”.



Figură 9 - Releu 1 canal [6]

În componența efectorului se află o electrovalvă de 12V acționată de un releu de 5V de la controller.

3.2.5 Biblioteca GRBL pentru Arduino MEGA



Figură 10 - Biblioteca GRBL utilizată de către controllerul robotului [7]

GRBL este o bibliotecă open source compatibilă cu GCode, utilizat pe mașinile cu comandă numerică industriale. Aceasta este încărcată pe controller. Rolul bibliotecii este de interpretare a comenzilor trimise prin COM/USB de la programul GCBot care rulează pe un calculator.

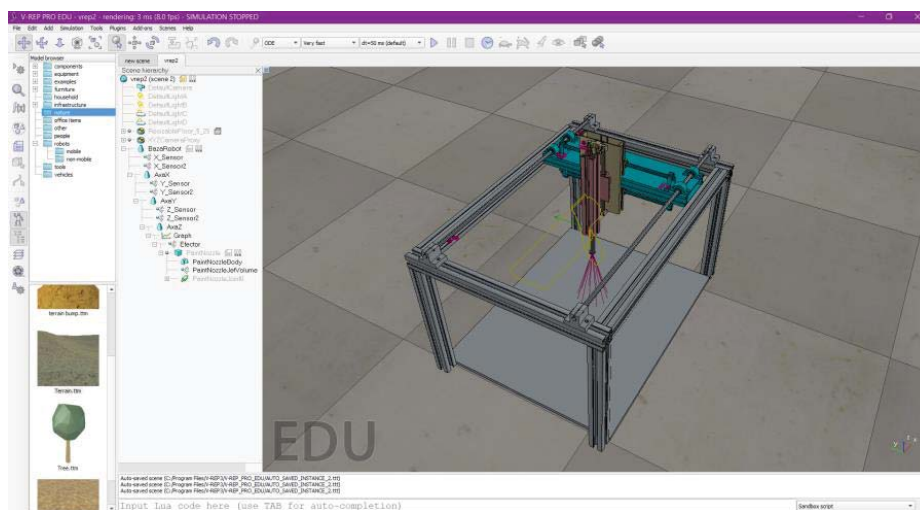
Exemplu de cod GCode este următorul

```
G01 X5.0 Y0.0 Z10.0
G02 X0
M03
G01 X1.0
M05
```

Comenzi non-modale	G4, G10L2, G10L20, G28, G30, G28.1, G30.1, G53, G92, G92.1
Moduri de mișcare	G0, G1, G2, G3, G38.2, G38.3, G38.4, G38.5, G80
Moduri de rată de alimentare	G93, G94
Moduri de unitate	G20, G21
moduri de distanță	G90, G91
Arc IJK moduri de distanță	G91.1
Modele de selectare a planului	G17, G18, G19
Modurile de offset ale lungimii uneltelor	G43.1, G49
Modurile de compensare a tăierii	G40
Moduri de sistem de coordonate	G54, G55, G56, G57, G58, G59
Moduri de control	G61
Comenzile programului	M0, M1, M2, M30 *
Controlul lichidului de răcire	M7 *, M8, M9
Controlul axului principal	M3, M4, M5
Cuvinte valabile fără comenzi	F, I, J, K, L, N, P, R, S, T, X, Y, Z

Tabel 2 - Lista de coduri G suportate în Grbl [7]

3.3. Modul offline de programare și simulare utilizând mediul virtual V-REP



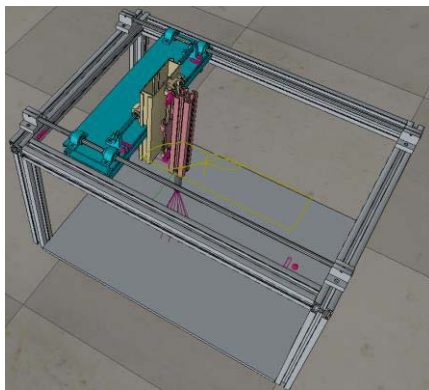
Figură 11 - Programul V-REP de simulare a aplicațiilor robotizate și robotul machetă

V-REP este un software avansat de simulare a aplicațiilor robotizate industriale, utilizează limbajul de programare Lua pentru funcționalitatea aplicațiilor, este scris în limbajul de programare C++.

Software-ul are incluse modele 3D de la principalii producători de roboți industriali, precum Kuka, ABB, Universal Robots etc.

Întreaga celulă robotizată poate fi simulată, de la cinematica roboților, sistemelor perirobotice până la mișcarea operatorilor în cadrul celei. Simularea se petrece în timp real cu precizie variabilă în funcție de setările date de utilizator. Include modelul geometric invers pentru roboți industriali, sistem de coliziune avansată, senzori de diferite tipuri, precum laser sau vision, rețelistică prin intermediul TCP sau UDP, se pot importa modele 3D de tip STEP în program.

3.3.1 Integrarea modelului robotului în software-ul de simulare



Figură 12 - Fotografie a robotului machetă

Modelul 3D al robotului industrial de tip portal dublu a fost realizat în CATIA V5r21 și exportat ca fișier STEP, ulterior importat în programul de simulare V-REP. Axele au fost exportate separat și întregite în program pentru a avea posibilitatea cinematică activă în program.

A fost scris un interpretator de GCode simplificat pentru simularea programului, acesta interpretează comenzile primite de la software-ul GCBot și le execută rând pe rând. A fost scris în limbajul de programare Lua și utilizează TCP/IP local pentru comunicarea dintre cele 2 software-uri.

Avantajele simulării este foarte mare, fiind model 3D la scară, această simulare poate fi rulată înainte de rularea pe robotul industrial real, prevenind greșeli de programare și poziționare în spațiu pentru o funcționare cât mai optimă, programatorul nu are nevoie să se conecteze la robotul real pentru a programa și testa programul aceasta ducând la un timp redus de execuție a programului, ce rezultă într-o productivitate mare fără necesitatea de oprire a procesului industrial.

3.3.2 Integrarea interpretatorului de Gcode în program

GCode este un standard de comenzi utilizate pe mașinile în coordonate cu comandă numerică industriale. Deoarece robotul industrial de tip portal dublu are o structură similară unei mașini în coordonate cu comandă numerică a fost utilizat GCode ca protocol standardizat.

Pentru a simula cât mai corect programul pe simulatorul V-REP, a fost nevoie de scrierea unui interpretator de cod GCode pentru mediul virtual.

4. Concluzii

În concluzie, a fost realizat practic o machetă a unui robot industrial de tip portal dublu, un software de comandă a acestuia, integrarea modelului 3D în software-ul de simulare V-REP.

Obiective de atins pe viitor în cadrul cercetării științifice

- Finalizarea axei comandate numeric Z a RI-ului.
- Utilizarea unui calculator dedicat de tip Raspberry Pi pe RI-ul realizat practic
- Optimizarea procesului
- Integrarea senzorilor de temperatură/umiditate în aplicație.

5. Bibliografie

- [1]. Dex Online, Cultivare – Definiție. Adresa:
<https://dexonline.ro/intrare/cultivare/64735>
- [2]. Wikipedia, Castravete. Adresa:
<https://ro.wikipedia.org/wiki/Castravete>
- [3]. UndaTech. Imagine Adresa:
<https://magazin.unda.tech/rulmenti-liniari/378-rulment-liniar-lm8uu.html>
- [4]. UndaTech. Imagine Adresa:
<https://magazin.unda.tech/arduino/387-placa-de-dezvoltare-arduino-mega-2560-ch340.html>
- [5]. UndaTech. Imagine Adresa:
<https://magazin.unda.tech/driver-motoare-pas-cu-pas/872-driver-a4988.html>
- [6]. UndaTech. Imagine Adresa:
<https://magazin.unda.tech/relee/61-releu-1-canal.html>
- [7] GRBL Github. Adresa:
<https://github.com/grbl/grbl>
- [8] GCode - Wikipedia. Adresa:
<https://en.wikipedia.org/wiki/G-code>