

Modelarea și acționarea electrică a unei mașini de gravat/tăiat cu laser

Modeling and electric drive of a laser engraving / cutting machine

Cristina Gabriela Sărăcin¹, Mihai Sorin Dincă¹

¹Universitatea Politehnica din București, România

Splaiul Independenței Nr.313

E-mail: cristina.saracin@upb.ro, mihai.dinca98@gmail.com

Rezumat.– Această lucrare prezintă o soluție viabilă de realizare practică a unui mașini de tăiere și gravare cu laser ce poate fi acționată manual sau în regim automat. Aparatul propus este portabil și este ideal pentru gravura simplă și rapidă a diferitelor tipuri de materiale. Aparatul poate grava lemn, carton, plastic, piele, plastic dar, nu poate grava sticlă, ceramică, metal, piatră, marmură. Este un dispozitiv de mici dimensiuni, ce încapă pe orice fel de birou și poate fi transportat cu ușurință. Transmiterea informațiilor din procesul de gravare se poate face printr-un program de calculator sau gravarea se poate face manual cu ajutorul unui joystick. În aceste condiții, devine posibilă comanda manuală cât și automată a dispozitivului de tăiere sau gravare cu laser. Având în vedere acest aspect, lucrarea pune accentul atât pe managementul comandării automate a dispozitivului de gravare cât și pe realizarea unei comenzi electronice manuale cu ajutorul unui joystick. Puterea de 1000mW a laserului este suficientă pentru proiecte cum ar fi personalizarea de huse pentru telefon, personalizarea unor obiecte de mici dimensiuni, realizarea de invitații sau cărți poștale decupate, semnarea unor obiecte de design. Aparatul nu poate înlocui un aparat de gravură profesional, de putere mult mai mare, capabil să taie sau să graveze orice fel de material.

Cuvinte cheie: gravare cu laser, joystick

Abstract.– This paper presents a viable solution for the practical realization of a laser cutting and engraving device that can be operated manually or automatically. The proposed device is portable and is ideal for simple and fast engraving of different types of materials. The device can engrave wood, cardboard, plastic, leather, plastic, but it cannot engrave glass, ceramics, metal, stone, marble. It is a small device that fits on any desk and can be easily transported. The transmission of the information from the engraving process can be done through a computer program or the engraving can be done manually with the help of a joystick. Under these conditions, it becomes possible to manually and automatically control the laser cutting or engraving device. Given this aspect, the paper focuses on both the management of the automatic control of the engraving device and the realization of a manual electronic control with a joystick. The 1000mW power of the laser is sufficient for projects such as customizing phone cases, personalizing small objects, making cut invitations or postcards, signing design objects. The machine cannot replace a professional engraving machine with much higher power, capable of cutting or engraving any kind of material.

Key words: laser engraving, joystick

1. Introducere

Cea mai importantă funcție a unei mașini cu comandă și control numeric (CNC) este controlul precis și riguros al mișcării. Toate echipamentele CNC au două sau trei direcții de mișcare, numite axe. Aceste axe pot fi mișcate și poziționate precis, de-a lungul intervalului de deplasare. Cele mai cunoscute tipuri de axe sunt cele liniare și de rotație (mișcare curbilinie). Tipul de mișcare (rapid, liniar, circular), axele care se mișcă, distanțele de mișcare și vitezele de mișcare (de prelucrare) sunt programabile.

Avantajele utilizării mașinilor CNC constau în: flexibilitate, repetabilitate, reducerea costurilor pentru scule speciale și a timpilor de pregătire a mașinii, reducerea timpului de calificare pentru operatori, reducerea necesarului de forță de muncă, creșterea calității produselor, creșterea productivității, creșterea siguranței în exploatare.

Totodată gravura laser își dovedește utilitatea într-o mulțime de domenii, precum: evenimente speciale, marketing și domenii industriale.

Plecând de la cele prezentate anterior am încercat să modelăm și să acționăm electric o mașină de tăiat/gravat cu laser de mici dimensiuni.

2. Structura sistemului de acționare a mașinii de gravat

Structura metalică care stă la baza realizării dispozitivului, a fost realizată din țevă pătrată 30x30x2mm. Acest sistem de acționare are rolul de a grava/tăia în diferite forme/modele. În figura 1 se pot observa elementele componente ale sistemului de acționare.

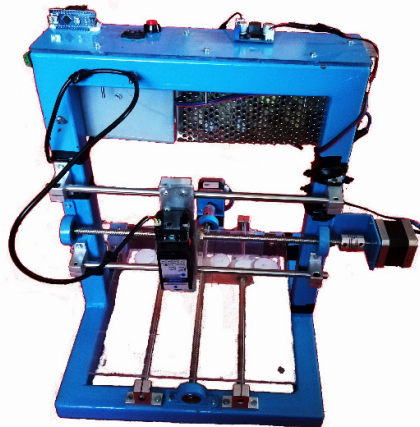


Fig. 1. Structura sistemului de acționare al mașinii de tăiat/gravat cu laser

Pentru realizarea acestuia au fost necesare următoarele elemente:

- cadru metalic;
- bare de ghidaj pentru a asigura deplasarea liniară pe axe;
- bare filetate pentru a realiza efectiv deplasarea pe barele de ghidaj;
- motoare pas cu pas;
- rulmenți liniari;

- Joystick;
- unități de comandă și control;
- sursă 12V;
- modul coborător de tensiune;
- laser pentru gravat.

Sistemul este compus din două părți principale, una orizontală și una verticală. Fiecare parte are la bază trei bare metalice din oțel dispuse paralel, bara din mijloc fiind filetată, aceasta având rolul de acționare a celor două părți mobile, suprafața suport și laserul, antrenate de două motoare pas cu pas.

Barele de ghidaj sunt prinse de cadru metalic prin intermediul unor suportți, iar tija filetată cu ajutorul unor bucși cu rulment. Legătura între bara filetată și motor este realizată printr-un cuplaj flexibil cu diametru interior de 8mm în partea tijei și 5mm în partea motorului.

Translația pe axe se face prin rotirea tijei filetate și alunecarea suportului pentru laser pe barele de ghidaj.

Alunecarea are loc prin intermediul rulmenților liniari SC8UU aflați pe cele două bare de ghidaj.

3. Software BenBOX și ABViewer

Software-urile necesare operațiilor de tăiere/gravură sunt: BenBOX și ABViewer 14.

BenBox este un software dedicat aplicațiilor de tip CNC, cu o interfață ușor de intuit, care permite comandarea procesului de gravare prin introducerea unui desen, unui text, dar și prin scrierea comenzilor în limbajul G-Code (limbaj comun mașinilor de tip CNC). Un exemplu de gravare a unui text utilizând programul BenBox este prezentat în figura 2.

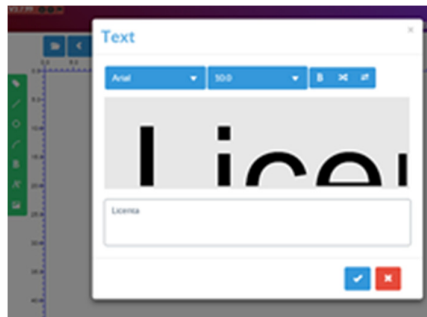


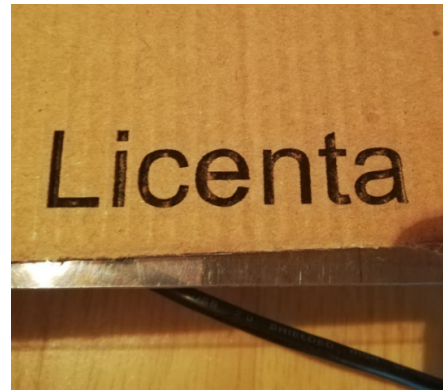
Fig. 2. Exemplu de gravare cu textul “Licență”

Două dintre metodele de gravat utilizate sunt: Outline (urmărește conturul exterior al literelor) și Scan by Z-Shapes (gravarea completă a textului).

Exemplificăm în figura 3 realizarea acestei gravări pe carton în cele două moduri.



Gravare Outline



Gravare Scan by Z-Shapes

Fig. 3. Rezultatul gravării

ABViewer 14 este un software ce permite desenarea și importarea de fișiere tip CAD și exportarea acestora în fișiere de tip G-Code.

Etapa 1 constă în realizarea unui desen și transformarea acestuia în linii de cod. Acest lucru este realizat în secțiunea Imprimare > CAD to G-Code.

Fișierul obținut prin conversie este prezentat în figura 3.

```
C:\Users\MihaiD\Desktop\G-code.nc - Notepad++
Fișier Editare Căutare Afisare Codificare Limbaj Setări Unelte Macro
Executare Module Ferestre ?
circle.nc G-code.nc
1 %
2 (Layout "Model")
3 (ABViewer 14 trial version - www.cadsofttools.com )
4 G00 G90 G17 G21
5 M03 S3000
6 (Contour 0)
7 T1 M06
8 X5. Y-2.001
9 G01 Z-2. F150
10 Y1.556 F450
11 X0.
12 Y-2.001
13 X5.
14 G00 Z5.
15 (Contour 1)
16 X0. Y1.556
17 G01 Z-2. F150
18 X2.5 Y5. F450
19 Y1.556
20 G00 Z5.
21 (Contour 2)
22 X2.5 Y5.
23 G01 Z-2. F150
24 X5. Y1.556 F450
25 G00 Z5.
26 X0. Y0.
27 M05
28 M30
29 %
Ln: 30 Col: 1 Sel: 0|0 Windows (CR LF) UTF-8 INS
```

Fig. 3. Linii de cod in limbajul G-code.

Etapa a doua constă în trecerea codului din figura 3 în secțiunea dedicată ecranului GCode a software-ului Benbox și rularea instrucțiunilor generate (figura 4).



Fig. 4. Rularea programului generat în Benbox

Etapă a treia constă în obținerea imaginii pe materialul dorit.

3. Utilizarea software-ului Arduino IDE

Utilizarea plăcilor de dezvoltare Arduino a condus la alegerea software-ului Arduino IDE. Acest soft a fost utilizat pentru scrierea programului de regim manual care presupune controlul deplasării pe cele două axe prin intermediul unui Joystick.

O secvență din acest program este prezentată în figura 5.

```
#define EN      8      pinMode(X_DIR, OUTPUT); pinMode(X_STP, OUTPUT);
#define x_pin  A0
#define y_pin  A1      pinMode(Y_DIR, OUTPUT); pinMode(Y_STP, OUTPUT);
#define LASER  4
#define SW     A2      pinMode(EN, OUTPUT);
//Direction pin      pinMode(x_pin, INPUT);
#define X_DIR  5      pinMode(y_pin, INPUT);
#define Y_DIR  6      pinMode(LASER, OUTPUT);
                    pinMode(SW, INPUT);
//Step pin
#define X_STP  2      digitalWrite(LASER, LOW);
#define Y_STP  3      digitalWrite(EN, LOW);
int valx=0;          digitalWrite(X_STP, LOW);
int valy=0;          digitalWrite(X_DIR, LOW);
int valsw=0;         digitalWrite(Y_STP, LOW);
void setup() {       digitalWrite(Y_DIR, LOW);
```

Fig. 4. Programul necesar regimului manual al Joystick-ului

În prima parte a programului s-au declarat pinii necesari intrărilor respectiv ieșirilor. Apoi în partea a doua, am setat patru intervale de valori, pentru cele patru senzori de mișcare și un interval pentru butonul joystick-ului ce întrerupe raza laser.

Diagrama procesului de gravare este prezentată în figura 6.

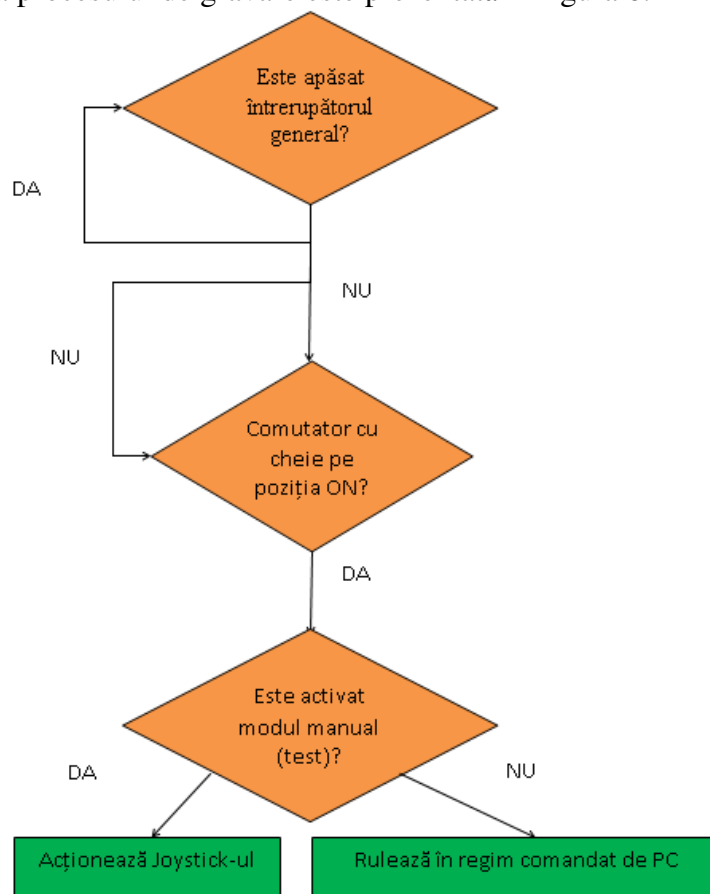


Fig. 5. Diagrama procesului manual/automat de gravare

4. Modul de funcționare al mașinii de gravat

Se realizează alimentarea la 230V CA și prin intermediul sursei de 12V se face alimentarea shield-ului CNC, modulului StepDown și a laserului.

Pentru utilizarea mașinii de gravat în mod automat se conectează placa Arduino Uno la PC, se deschide programul Benbox, se setează parametrii de gravare/taiere, se încarcă imaginea de prelucrat, se poziționează laserul în punctul zero (punct de plecare) și se inițiază procesul.

Utilizarea mașinii în modul manual, presupune întreruperea conexiunii cu calculatorul și apăsarea butonului de regim manual. În acest mod comenzile de mișcare și pornire/oprire a laserului sunt date de la Joystick.

Programul de regim manual este încărcat pe plăcuța Arduino NANO. Aceasta primește diferite valori de tensiune de la Joystick, și trimite mai departe comanda către Shield-ul CNC.

Întrucât Arduino NANO are un număr redus de pini, pentru punerea în funcțiune a Shield-ului se impune și alimentarea Arduino UNO în paralel. Alimentarea se face prin modulul coborâtor, care transformă tensiunea de 12V de la intrare, în tensiune de 5V la ieșire. Această alimentare se face cât timp mașina este în regim manual; pentru regimul automat această alimentare are loc prin USB.

Pe partea de comandă între Arduino NANO și Shield s-au folosit diode pentru a evita alimentare plăcuței Arduino atunci când comenzile sunt date de la calculator.

În cazul unor defecțiuni sau erori de comandă, alimentarea cu energie electrică poate fi întreruptă prin apăsarea butonului roșu poziționat la vedere.

În urma testelor realizate s-au efectuat următoarele operații și reglaje:

- barele de ghidaj și tija filetată să fie paralele, cu o abatere de maxim 1mm;
- valoarea tensiunii de ieșire a modului coborâtor să fie 5V;
- calibrare motoare pas cu pas.

În continuare s-au calibrat driverele A4988 ale motoarelor pas cu pas conform specificațiilor tehnice. Valoarea tensiunii a fost calculată conform relației:

$$V_{ref} = I_{max} * (8 * R_s) * 0.7$$

unde: $I_{max} = 1.7A$, $R_s = R_{100} = 0.1\Omega$ (driver A4988)

$$\text{Rezultă: } V_{ref} = 1.7 * (8 * 0.1) * 0.7 = 0.952V$$

În funcție de materialul folosit și de distanța dintre acesta și laser se reglează viteza de translație și focalizarea laserului. În modul automat acest lucru se face prin setarea unei valori mai mici în secțiunea Speed. În modul manual viteza motoarelor se micșorează prin mărirea delay-ului dintre liniile de cod. De la 5 microsecunde la 10, 20, 30 de microsecunde.

Focalizarea laserului se realizează prin ajustarea distanței dintre cele două lentile.

5. Concluzii

În această lucrare este descrisă structura sistemului de acționare al unei mașini de gravat/tăiat cu laser și programele necesare realizării fișierelor G-Code. Totodată este prezentat programul de comandă realizat pentru placa Arduino, program necesar acționării electrice a motoarelor mașinii de gravat/tăiat cu laser.

Rezultatele acestei lucrări constituie baza construcției unei mașini de gravat și evidențiază procesul de transformare a unui dispozitiv din stadiul de proiectare în stadiul de realizare practică.

Totodată, principalul aspect prin care dispozitivul realizat se diferențiază de alte variante de astfel de echipamente, îl reprezintă implementarea regimului manual. Acest lucru a fost realizat prin acționarea a două plăci Arduino în paralel comandate printr-un Joystick.

Îmbunătățirile care pot fi aduse acestui dispozitiv sunt următoarele: laser mai puternic capabil să taie sau să graveze orice tip de material, alimentare pe baterie,

modificarea sistemului electronic pentru transmisie prin Bluetooth sau pentru implementarea celei de-a treia axe. În acest mod, mașina de gravat/tăiat poate fi transformată într-un dispozitiv de gravare 3D care poate funcționa pe baterii și poate primi prin bluetooth coordonatele de gravare de la un laptop.

Referințe

- [1] C. G. Sărăcin, M. Sărăcin, V.V. Golea, „Sisteme de telemăsurare”, Editura Matrix ROM, 2004.
- [2] C. G. Sărăcin, „Instalații electrice”, Editura Matrix ROM, 2009.
- [3] <https://www.ulsinc.com/learn/history-of-lasers>
- [4] <https://www.slideshare.net/amtecincproduct/laser-engraving-machine-85906538>
- [5] <https://www.laserinventor.com/bio.html>
- [6] https://ethw.org/Theodore_H._Maiman?gclid=CjwKCAjw88v3BRBFEiwApwLevaSdlBrUxkjmVj3nXYjax4r5EPaR-VqYUhACXJwdrtJnymtvLKROiRoC6VYQAvD_BwE
- [7] https://ethw.org/Oral-History:Kumar_Patel
- [8] <https://techchannel.att.com/play-video.cfm/2012/5/25/AT&T-Archives-Invention-of-Laser>
- [9] <https://endurancelasers.com/how-to-run-benbox-mdraw-and-cncc-laseraxe/>
- [10] https://www.pololu.com/file/download/A4988.pdf?file_id=0J450
- [11] <http://www.zyltech.com/arduino-cnc-shield-instructions/>
- [12] <https://www.thefabricator.com/thefabricator/article/plasmacutting/the-life-and-times-of-plasma-cutting>
- [13] <http://ro.jiahecncrouter.com/info/classification-of-cnc-engraving-machine-20393091.html>
- [14] <https://www.woodworkweb.com/woodwork-topics/wood-turning-and-carving/580-how-to-use-benbox-software.html>
- [15] <https://diymachining.com/g-code-example/>
- [16] <https://www.epiloglaser.ro/laser-engraving/>