

# MODELAREA, SIMULAREA ȘI PRINTAREA 3D. A UNUI MECANISM CU ROȚI DINȚATE DE TIP ANGRENAJ ȘI O APLICAȚIE A ACESTEIA

UȚĂ Mihai-Gigi<sup>1</sup>, IORGA Alexandru<sup>2</sup>, CERCHEZEANU Andrei<sup>3</sup> și PAȚILEA Alexandru Edward<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice, Specializarea: Tehnologia Construcțiilor de Masini, Anul de studii: II, e-mail: [utamihai\\_17@icloud.com](mailto:utamihai_17@icloud.com)

Conducător științific: Prof.dr.ing **Constantin OCNARESCU**, Sl.dr.ing. **Liviu-Marian UNGUREANU**

*REZUMAT: În această lucrare se prezintă modelarea și simularea unui mecanism cu roți dințate iar în final pentru corelarea modelului CAD cu realitatea s-a realizat printarea 3D a angrenajului. Am urmărit ca prin utilizarea unui reductor să amplificăm cuplul motor. Aplicația constă în realizarea unui reductor, printat la o imprimantă cu filament PLA. Au mai fost printate carcasa și încă 2 piese ce asigură cuplajul dintre motor și sistemul de ridicare respectiv coborâre a unei jaluzele. Pentru acționare s-a folosit un motor pas cu pas 28BYJ-48 de 5V ce a venit însoțit de un driver ce asigură o funcționare mai eficientă. Componentele au fost conectate la placa compatibilă cu Arduino UNO prin intermediul unor conectori de tip mama-tata. Pentru programarea plăcii de dezvoltare s-a pornit de la un script open source ce a fost adaptat pentru a fi compatibil cu motorul pas cu pas și cu driver-ul. Alimentarea acestuia se face prin usb la 5V sau printr-un alimentator de 9V.*

*CUVINTE CHEIE: modelare, simulare, mecanism cu roți dințate, reductor, angrenaj.*

## 1. Introducere

Alegerea unor jaluzele necesită documentare, pe toate planurile. Printre primele aspecte esențiale în alegerea unui sistem de strângere și desfacere a unei jaluzele este prețul apoi se analizează calitatea, eficiența și rezistența unor astfel de produse. După aceea un alt aspect foarte important de luat în calcul este siguranța sistemului pentru copii, respectiv animale de companie. Un alt aspect ce poate fi analizat este materialul din care este confecționată jaluzeaua din aluminiu, pvc, plastic sau material textil. Fiecare dintre aspectele prezentate anterior au avantaje și inconveniențe, de aceea un sistem inteligent de strângere și desfacere a unei jaluzele poate oferi opțiuni privind economii financiare întrucât sistemul ajută la un mediu controlat atât vara cât și iarna. Astfel făcând jaluzelele să acționeze în anumite zile la anumite ore ne putem bucura de lumină și căldură suficientă, vom face economii la factura de curent electric.

Obiectivul acestei lucrări este modelarea, simularea și respectiv validarea unui mecanism cu roți dințate prin realizarea fizică a acestuia folosind tehnologia de printare 3D. Implementarea acestui tip de angrenaj se face pentru o aplicație, respectiv strângerea și desfacerea unei jaluzele. S-a folosit pentru modelarea și simularea mecanismului de strângere și desfacere a jaluzelei softul Autodesk Inventor 2018.

## 2. Stadiul actual

Există diverse soluții tehnice de strângere și desfacere a unei jaluzele dar majoritatea folosesc sisteme de ridicare de tip scripete folosind fir. În figura 1 este prezentat un astfel de sistem. De asemenea un alt tip de mecanism pentru strângere și desfacere a jaluzelei este cel prezentat în figura 2 care este compus din două motoare care pot fi dimensionate în funcție de lungimea și lățimea jaluzelei și acest sistem funcționând tot pe baza de fir. Costul unor astfel de sisteme existente în România variază în funcție de dimensiunile jaluzelei, iar cel mai ieftin sistem ce deservește o suprafață de 0,5mp pornește de la 100 de euro și crește în funcție de materialul jaluzelei, de capacitatea sistemului de acționare și de modul în care sunt comandate.



Fig. 1. Sistem de strângere și desfacere a jaluzelei cu mecanism tip scripete cu fir [1]



Fig. 2. Sistem de strângere și desfacere a jaluzelei cu motoare [2]

### 3. Modelarea și simularea mecanismului cu roți dințate

Componentele mecanismului cu roți dințate au fost modelate 3D cu ajutorul softului Autodesk Inventor 2018 [3]. Sunt prezentate în figura 3 reperul carcasă inferioară respectiv superioară, în figura 4 angrenarea celor 2 roți, în figura 5 cei doi arbori iar în figura 6 sunt reperate asamblate în vederea realizării simulării mecanismului cu roți dințate.

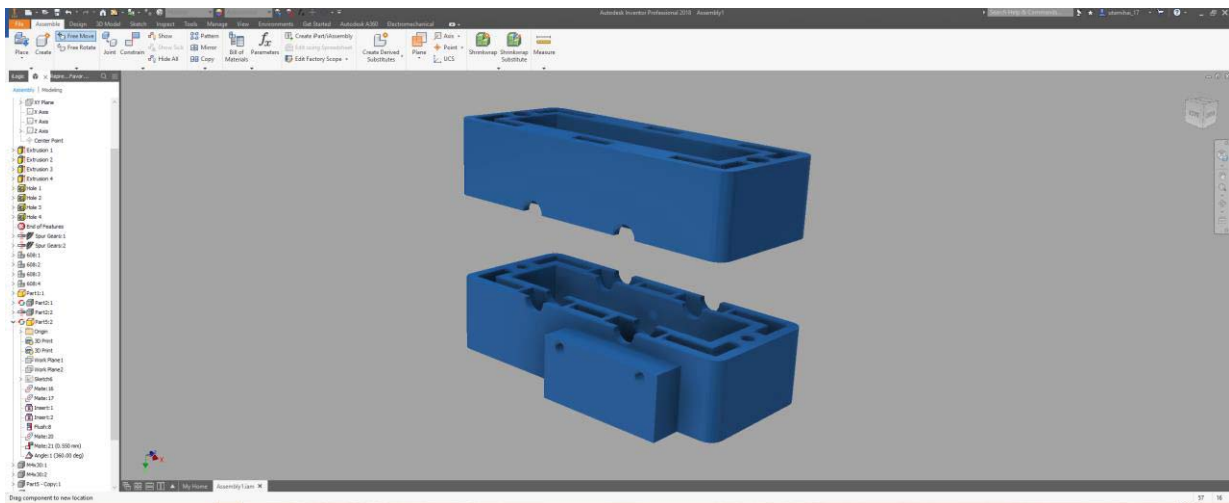


Fig. 3. Reper carcasă inferioară respectiv superioară

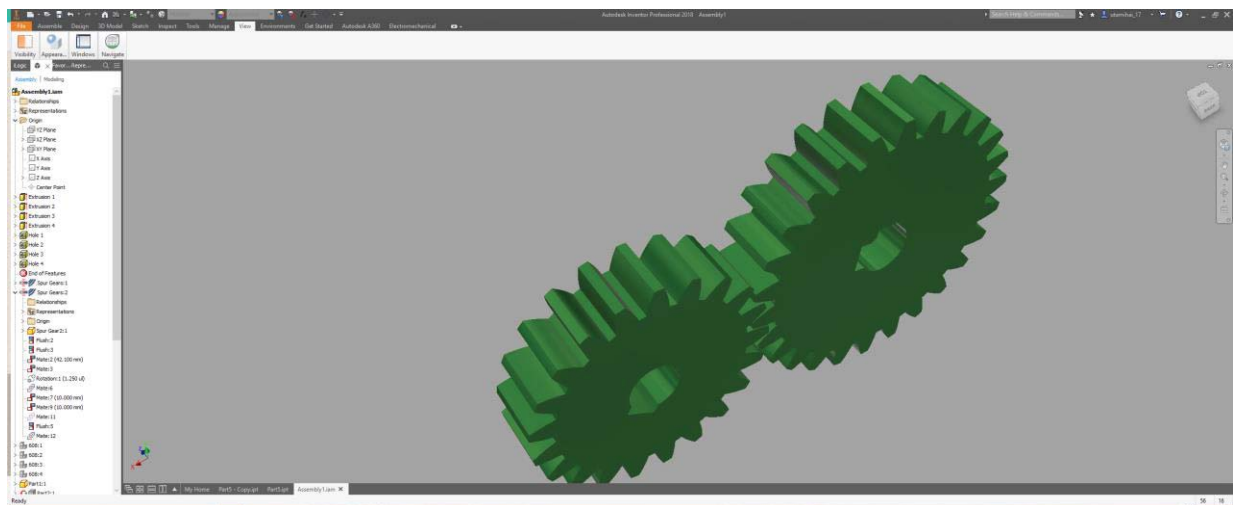


Fig. 4. Angrenarea celor 2 roți

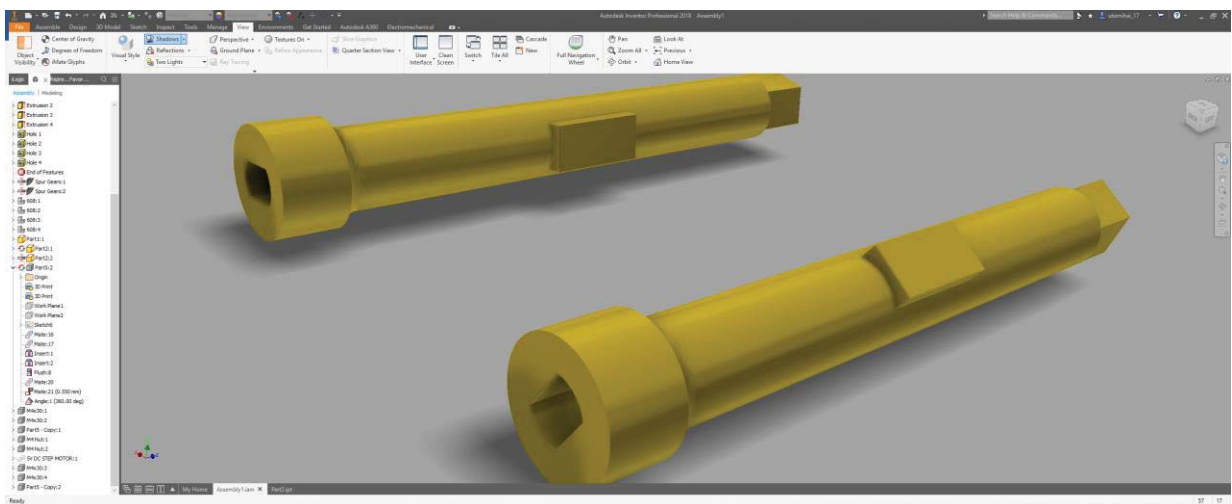


Fig. 5. Cei doi arbori

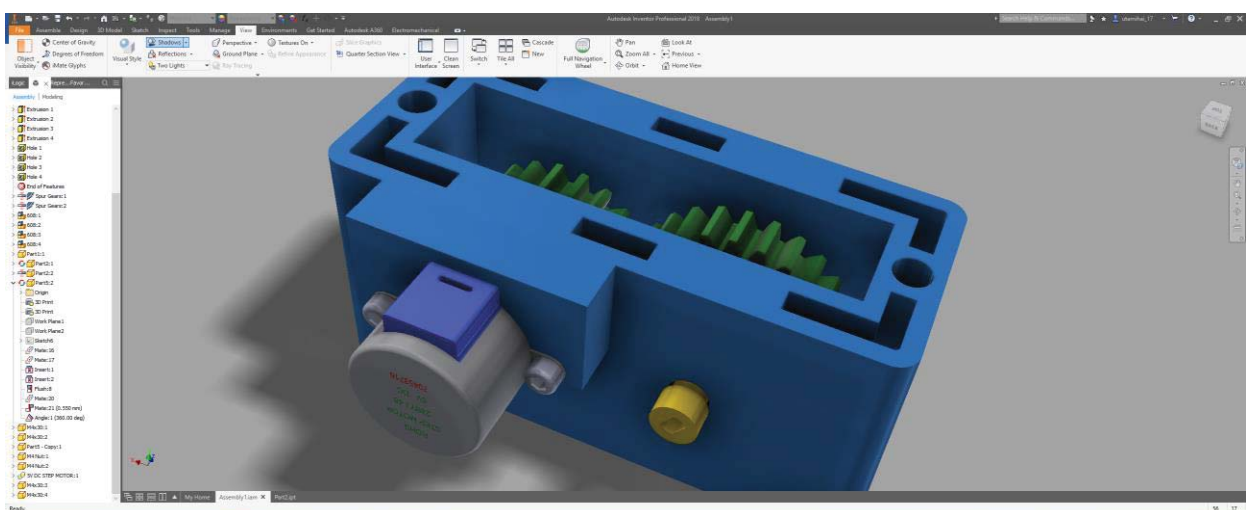


Fig. 6. Reperetele asamblate în vederea realizării simulării mecanismului cu roți dințate

În modelarea cu ajutorul softului Autodesk Inventor 2018 s-au folosit 2 roți dințate, una amplasată pe arborele de acționare al motorului pas cu pas și are numărul de dinți  $Z_1=21$  dinți iar cealaltă amplasată pe arborele 2 are  $Z_2=26$  dinți

Având numărul de dinți putem calcula raportul de transmitere.[4]

$$i_{12} = -\frac{Z_2}{Z_1} = -\frac{26}{21} = -1,238 \quad (1)$$

În Autodesk Inventor 2018 pentru roțile dințate au fost utilizat modulul FastDesigner(spur gear) și modulul FastDesigner (spur gear) deoarece folosind aceste module am economisit timp.

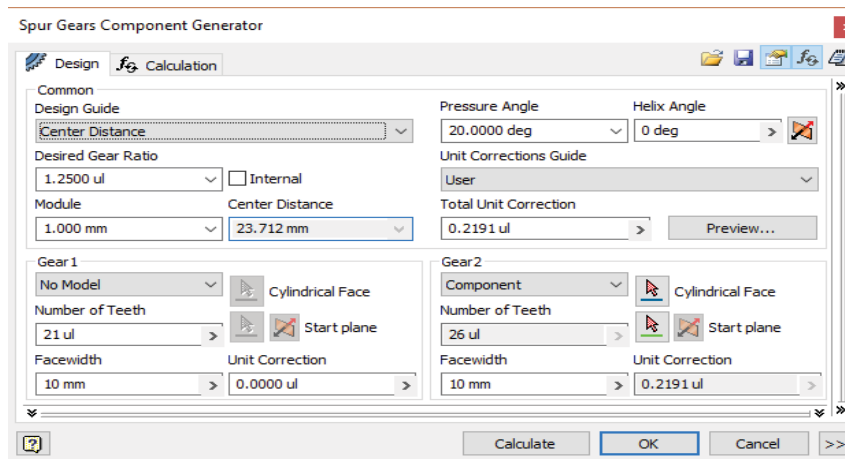


Fig. 7. Modulul FastDesigner (spur gear) al softului Autodesk

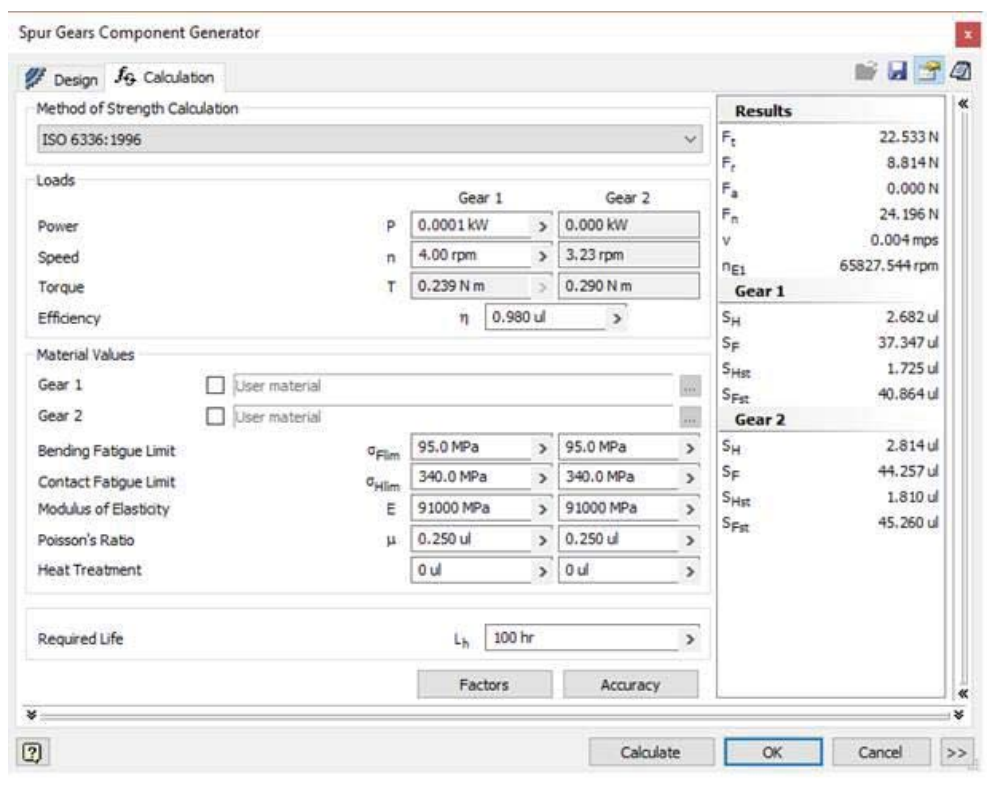


Fig. 8. Modulul FastDesigner(spur gear) al softului Autodesk

#### 4. Implementarea efectivă a mecanismului cu roți dințate

S-a urmărit implementarea efectivă a mecanismului cu roți dințate, astfel componentele modelate au fost printate 3D folosind o imprimantă 3D GEEETech I3 cu Filament. Pentru acționarea angrenajului cu roți dințate s-a folosit motorul pas cu pas 28BYJ-48 de 5V care a venit însoțit de un driver ce a fost conectat la placa compatibilă cu Arduino. De asemenea în cadrul acestei teme de cercetare s-a urmărit programarea plăcii compatibile cu Arduino pentru automatizarea mecanismului cu roți dințate. Această aplicație presupune acționarea automată a jaluzelei, adică cea de strângere sau cea de desfacere. Din punct de vedere practic, această aplicație este folositoare având ca scop simplitatea și ușurința cu care aceasta se utilizează. Firele au fost conectate astfel: Firul verde: port IN1-pin 8; Firul Albastru: port IN2 – pin 9; Firul mov: port IN3- pin 10; Firul gri: port IN4 – pin 11; Firele Alb și negru sunt conectate în placa Arduino la porturile 5V(alb) și GND(negru).

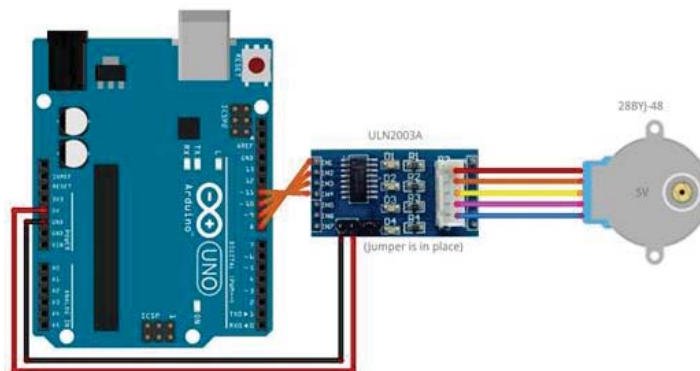


Fig. 9. Schema Conectare Placa de dezvoltare-driver-motor

Pentru programarea plăcii Arduino [5] s-a pornit de la un script open source care a fost modificat astfel încât să fie compatibil cu motorul pas cu pas. (a se vedea figura 8).

```
REDUCTOR - reductor.ino | Arduino 1.8.5 (Windows Store 1.8.10.0)
File Edit Sketch Tools Help

reductor
BYJ48 Stepper motor code
Connect :
IN1 >> D8
IN2 >> D9
IN3 >> D10
IN4 >> D11
VCC ... 5V Prefer to use external 5V Source
Gnd
written By :Mohammad Rawashdeh
https://www.instructables.com/member/MohammadRawashdeh/
28/9/2013
*/
#define IN1 8
#define IN2 9
#define IN3 10
#define IN4 11
int Steps = 0;
boolean Direction = true; // gte
unsigned long last_time;
unsigned long currentMillis ;
int steps_left=4095;
long time;
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(IN3, OUTPUT);
  pinMode(IN4, OUTPUT);
  // delay(1000);
}
void loop()
{
  while(steps_left>0){
    currentMillis = micros();
    if (currentMillis-last_time>1000){
      stepper(1);
      time=time+micros()-last_time;
      last_time=micros();
      steps_left--;
    }
    Serial.println(time);
    Serial.println("Wait...!");
  }
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  digitalWrite(IN3, HIGH);
  digitalWrite(IN4, LOW);
  break;
  case 4:
    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, HIGH);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, LOW);
    break;
  case 5:
    digitalWrite(IN1, HIGH);
    digitalWrite(IN2, HIGH);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, LOW);
    break;
  case 6:
    digitalWrite(IN1, HIGH);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, LOW);
    break;
  case 7:
    digitalWrite(IN1, HIGH);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, HIGH);
    digitalWrite(IN4, LOW);
    break;
  case 8:
    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, HIGH);
    digitalWrite(IN3, HIGH);
    digitalWrite(IN4, LOW);
    break;
  default:
    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, LOW);
    break;
}
void SetDirection()
{
}
void SetDirection() {
  if (Direction==1) { Steps++; }
  if (Direction==0) { Steps--; }
  if (Steps>7) {Steps=0;}
  if (Steps<0) {Steps=7; }
}
```

Fig. 10. Codul pentru placa Arduino



Din punct de vedere economic aceasta aplicație este una ieftină, totalul costurilor fiind de aproximativ 70 RON. (vezi tabelul 1). Pe piața actuală prețul unei astfel de jaluzele este în jurul sumei de 100-200 euro, preț fiind destul de mare. Diferența de buget este de peste 7 ori mai mare fapt ce ne face să apelăm mai degrabă la această aplicație decât să cumpărăm de pe piață același produs de 7 ori mai scump.

**Tabelul 1. Cost implementare soluție extras din [6]**

Produs	Cantitate	Pret unitar	Preț total
Placă de dezvoltare compatibilă cu Arduino UNO (ATmega328p și CH340) + Cablu 30 cm	1	22,99 lei	22,99 lei
Fire Colorate Mamă-Tată (10p) 20 cm	1	3,99 lei	3,99 lei
Alimentator Stabilizat 5 V 2000 ma Mufă 5.5 x 2.1 mm	1	19,99 lei	19,99 lei
Buton cu Capac Rotund Roșu	1	2,39 lei	2,39 lei
Buton cu Capac Rotund Alb	1	2,39 lei	2,39 lei
Set Motor Pas cu Pas 28BYJ-48 5V și Driver ULN2003 Albastru	1	16,97 lei	16,97 lei
Filament pentru Imprimanta 3D 1.75 mm PLA 1 kg - Verde Încis	1	72,99 lei	72,99 lei
141,71 lei			
0,00 lei			
141,71 lei			

Din filament am folosit 200g, costul fiind de aproximativ 14.6 lei. În continuare este prezentată aplicația.

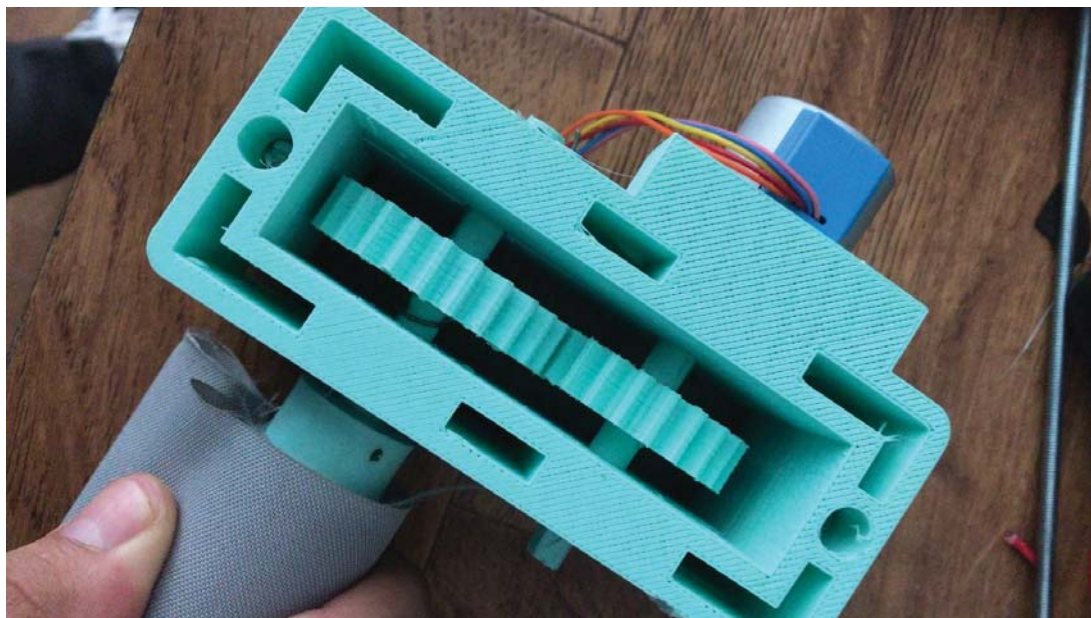


Fig. 11. Mecanism cu roți dințate model fizic

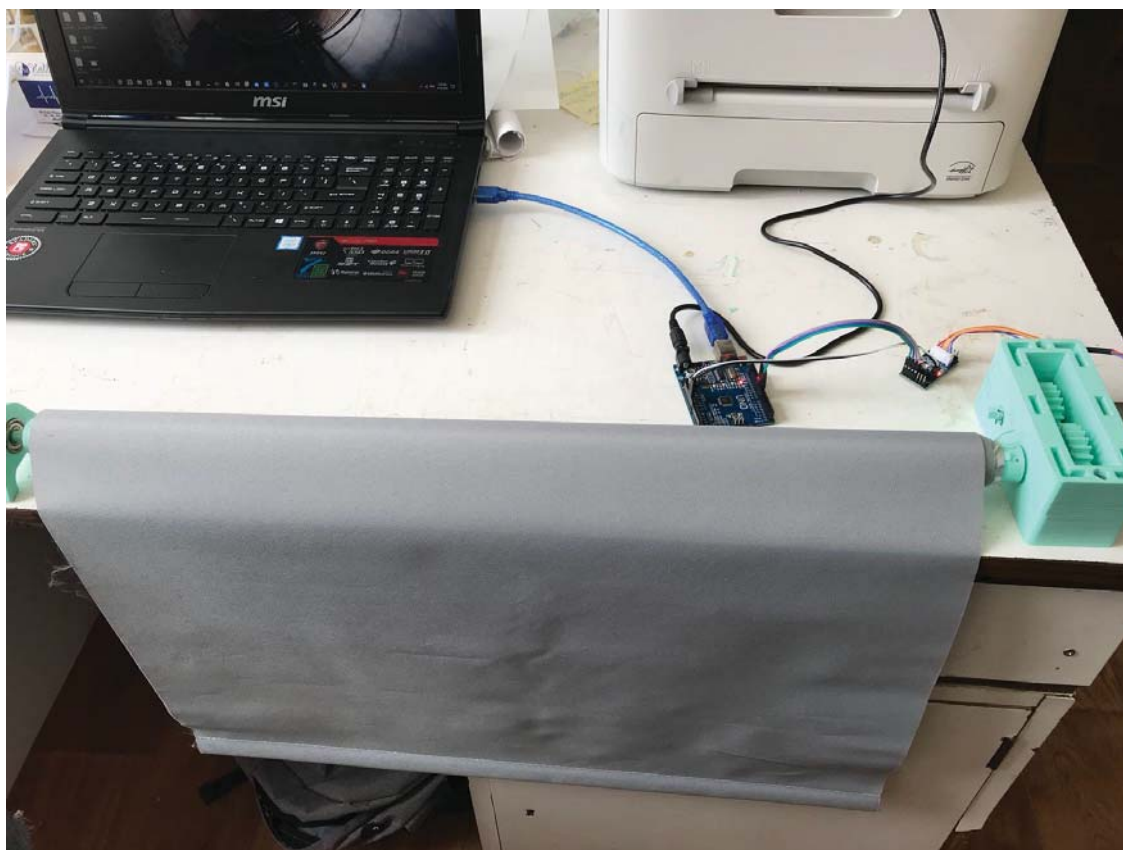


Fig. 12. Aplicație model fizic – testare

## 5. Concluzii

S-a urmărit implementarea efectivă a mecanismului cu roți dințate, astfel componentele modelate au fost printate 3D folosind o imprimantă 3D GEEETech I3 cu Filament PLA. Pentru acționarea angrenajului cu roți dințate s-a folosit motorul pas cu pas 28BYJ-48 de 5V care a venit însoțit de un driver ce a fost conectat la placa compatibilă cu Arduino. De asemenea în cadrul acestei teme de cercetare s-a urmărit programarea plăcii compatibile cu Arduino pentru automatizarea mecanismului cu roți dințate.

Am urmărit și am reușit să implementăm un mecanism cu roți dințate pentru a crește cuplul motor recodând turațiile. Prin această aplicație am încercat să realizăm ceva util astfel încât să avem costuri minime dar care să se poată apropia de rezultatul firmelor specializate.

Pe viitor sperăm să o dezvoltăm mai mult, să o putem acționa printr-o telecomandă sau poate chiar prin intermediul unui device (wireless). Ne dorim de asemenea să optimizăm sistemul astfel încât partea electrică să fie compactă pentru un design cât mai estetic.

Tema poate fi dezvoltată pe viitor prin realizarea unui sistem autonom în funcție de lumină.

## 6. Bibliografie

- [1]. \*\*\* <http://www.jaluzelealuminii.ro/PhotoAlbums/ORIZONTALE%20AUTOMATE/>
- [2]. \*\*\* [http://www.videovox-security.ro/jaluzele\\_copertine.htm](http://www.videovox-security.ro/jaluzele_copertine.htm)
- [3]. \*\*\* Autodesk Inventor 2018 <https://www.autodesk.com/products/inventor/overview>
- [4]. Ocnărescu, C. și Ocnărescu, M. (2012), *Mecanisme*, București, ISBN 973-648-383-5.
- [5]. \*\*\* Arduino <https://www.arduino.cc>
- [6]. \*\*\* <https://www.optimusdigital.ro/ro/>