

Universitatea "VASILE ALECSANDRI" din Bacău
Facultatea de Inginerie
Specializarea: Tehnologia Informației
Grupa 1231

Proiectarea cu microprocesoare

Proiect

Titlu proiect:	Stand rotativ pentru scanare 3D
Student:	Grasu Robert-Nicolae
Îndrumător:	Ș.l.dr.ing. Popa Sorin Eugen

Mai 2023

Cuprins:

1. Descrierea proiectului.....	3
2. Descrierea componentelor hardware utilizate	3
2.1. Arduino Nano.....	3
2.2. Motor pas cu pas 28BYJ-48.....	4
2.3. Modulul driver pentru motorul pas cu pas ULN2003	5
2.4. Display LCD I2C 16x2	5
2.5. Modul Joystick	6
2.6. Modul bluetooth HC-05	6
2.7. Modul de alimentare multiplă	7
3. Funcționarea proiectului	7
3.1. Carcasa	10
4. Calcule matematice privind consumul/necesarul de energie/putere electrică	10
5. Costuri	11
6. Concluzii.....	11
7. Bibliografie.....	12

1 Descrierea proiectului

Tema de proiectare aleasă presupune construcția unui stand rotativ pentru scanare 3D, care utilizează placa de dezvoltare Arduino Nano [1]. La acesta, am conectat un motor pas cu pas 28BYJ-48 [2] și un driver ULN2003 [3], care asigură rotirea standului, un modul Bluetooth HC-05 [4], care permite comunicarea cu un telefon mobil pentru a efectua fotografia, un display 16x2 I2C [5] pentru a afișa informațiile necesare despre starea sistemului și un joystick [6] pentru a controla manual funcțiile standului. Pentru alimentarea motorului pas cu pas și a plăcii Arduino Nano, am inclus și un modul de alimentare multiplă [7].

Pentru a realiza acest proiect, am utilizat următoarele exemple din Arduino IDE:

- SoftwareSerial
- stepper_oneRevolution
- stepper_oneStepAtATime

2 Descrierea componentelor hardware utilizate

2.1 Arduino Nano

Descriere generală: Arduino Nano [1] este o placă de dezvoltare compactă bazată pe microcontrolerul ATmega328P. Este dotată cu 14 intrări/ieșiri digitale, dintre care 6 pot fi utilizate ca ieșiri cu modulație în lățime de impuls (PWM), 8 intrări analogice, un cristal oscilator de 16 MHz, o conexiune mini-USB pentru comunicație de date și alimentare, pinii ICSP pentru programare în serie și un buton de reset.

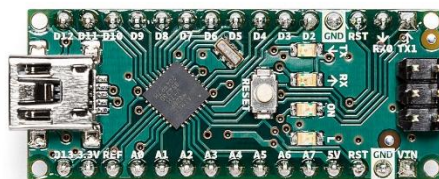


Figura 2.1: Placa de dezvoltare Arduino Nano. ¹

Principala caracteristică a plăcii Arduino Nano este dimensiunea sa compactă. Cu dimensiunile de doar 18mm x 45mm, placa se potrivește cu ușurință în proiecte unde spațiul este o considerație importantă. În ciuda dimensiunilor sale reduse, Nano menține majoritatea funcționalităților plăcilor Arduino de dimensiuni complete, făcând-o o alegere puternică și versatilă pentru o varietate de aplicații.

Datorită microcontrolerului ATmega328P, placa Arduino Nano are o capacitate de procesare impresionantă. Aceasta include 32KB de memorie Flash, 2KB de SRAM și 1KB de EEPROM, oferind suficient spațiu pentru a rula programe complexe. De asemenea, cu un ceas de 16MHz, Nano este capabilă să execute instrucțiunile rapid și eficient.

Arduino Nano poate fi programat utilizând mediul de dezvoltare Arduino IDE, compatibil cu sistemele de operare Windows, macOS și Linux. Acesta permite utilizarea unei game largi de biblioteci și scuturi (shields) compatibile cu platforma Arduino, facilitând dezvoltarea de aplicații complexe.

Placa Arduino Nano suportă o varietate de module de comunicare, cum ar fi Bluetooth sau Wi-Fi, care pot fi conectate la pinii seriali disponibili. Aceasta permite proiectarea de sisteme complexe care necesită comunicare wireless sau încorporarea în rețele IoT (Internet of Things).

Caracteristicile principale ale plăcii Arduino Nano sunt redată în tabelul 1.

Alimentarea cu energie:

¹ Imagine preluată de [aici](#).

Placa Arduino Nano oferă flexibilitate în privința surselor de alimentare. Poate fi alimentată astfel:

- de la o sursă externă de energie prin intermediul pinilor Vin și GND (7-12Vcc);
- prin cablul mini-USB, care oferă și o conexiune de date pentru programarea și comunicarea cu placa.

Tabelul nr. 1

Microcontroler	ATmega328
Tensiunea de lucru	5V
Tensiunea de alimentare recomandată	7-12V
Tensiunea de alimentare (limită)	6-20V
Pini I/O Digitali	22 (dintre care 6 oferă ieșire PWM)
Pini de intrare analogică	8
Curent DC per pin I/O	40 mA
Memoria Flash	32 KB (din care 2 KB sunt utilizați de bootloader)
Memoria SRAM	2 KB
Memoria EEPROM	1 KB
Viteza ceasului	16 MHz
Interfețe de comunicare	UART, I2C, SPI
Dimensiuni	18mm x 45mm
Greutate	5 grame

Tabelul cu specificațiile a fost preluat din referința [1].

2.2 Motor pas cu pas 28BYJ-48

Motorul pas cu pas 28BYJ-48 [2] este un dispozitiv care permite controlul precis al mișcării. Funcționează prin intermediul unui mecanism în care un rotor cu dinți interacționează cu electromagneți, care, prin alimentare secvențială, determină rotorul să se rotească în "pași".

Modelul 28BYJ-48 este un motor unipolar ce funcționează la o tensiune de 5V sau 12V. Cu un mecanism de reducere a vitezei, acesta poate realiza mulți pași pe rotație, ceea ce îl face ideal pentru poziționare exactă și control precis.



Figura 2.2: Motor pas cu pas 28BYJ-48. ²

Specificațiile tehnice ale motorului 28BYJ-48 [2] sunt următoarele:

- Tensiunea de operare: 5VDC
- Curent de operare: 240mA (tipic)
- Numărul de faze: 4
- Raport de reducere a vitezei: 64:1

² Imagine preluată de [aici](#).

- Unghiul de pas: $5.625^\circ/64$
- Frecvența: 100Hz
- Cuplu în tracțiune: $>34.3\text{mN.m}(120\text{Hz})$
- Cuplu de auto-poziționare: $>34.3\text{mN.m}$
- Cuplu de fricțiune: 600-1200 gf.cm
- Cuplu de pornire: 300 gf.cm

2.3 Modulul driver pentru motorul pas cu pas ULN2003

Modulul driver ULN2003 [3] este folosit pentru a controla motorul pas cu pas 28BYJ-48. Acesta include 7 perechi de tranzistoare Darlington, fiecare capabilă să controleze sarcini de până la 500mA și 50V. Modulul utilizează 4 dintre aceste perechi pentru a oferi controlul necesar.



Figura 2.3: Modulul driver pentru motorul pas cu pas ULN2003. ³

Dispune de un conector la bord pentru motor și de patru indicatori LED pentru monitorizarea pașilor motorului. Semnalele trimise de microcontroler la modulul driver determină numărul de pași și direcția de rotație a motorului.

Specificațiile tehnice ale modulului ULN2003A, conform referinței [3], sunt următoarele:

- Cip driver: ULN2003A
- Alimentare: 5V-12V
- Indicator de semnal: 4 căi
- Dimensiuni placă PCB: $40.5 \times 21.3\text{mm}$

2.4 Display LCD I2C 16x2

Display-ul LCD I2C 16x2 [4] este un dispozitiv alfanumeric care afișează 16 caractere pe 2 linii, utilizând o matrice de 5×8 puncte pentru reprezentarea caracterelor. Cu ajutorul unei interfețe I2C, numărul de pini necesari pentru conectarea la un microcontroler este redus la doar doi: SDA (Serial Data) și SCL (Serial Clock). Acest lucru simplifică conexiunea și economisește pini valoroși ai microcontrolerului.



Figura 2.4: Display LCD I2C 16x2. ⁴

Specificațiile tehnice ale display-ului LCD I2C 16x2, conform referinței [4], sunt următoarele:

- Nr. de caractere: 16 caractere x 2 linii
- Culoare iluminare din spate: albastru
- Alimentare: 5V

³ Imagine preluată de [aici](#).

⁴ Imagine preluată de [aici](#).

- Consum curent (total): 30mA (tipic)
- Consum curent (iluminare din spate): 20mA (tipic)
- Dimensiuni PCB: 80 x 36 mm
- Înălțime display cu PCB: 18 mm
- Dimensiuni ramă: 72 x 25 mm

2.5 Modul Joystick

Modulul Joystick [5] este un dispozitiv analogic care detectează mișcarea pe două axe (X și Y) prin intermediul a două potențiometre de 10K. În plus, acesta dispune de un buton care se activează prin apăsarea joystick-ului. Atunci când joystick-ul este manevrat, potențiometrele modifică tensiunea la ieșirile VRx și VRy, aceste valori variind de la 0V la 5V.

În poziția centrală, tensiunea citită este de aproximativ 2.5V. În momentul în care butonul este apăsat, pinul SW se conectează la GND, permițând microcontrolerului să detecteze acest lucru.



Figura 2.5: Modul Joystick. ⁵

Specificații tehnice ale modului Joystick preluate din referința [5] sunt:

- Tensiune de alimentare: 3.3V - 5V
- Ieșiri: 2 ieșiri analogice (X, Y) și o ieșire digitală (SW)
- Valoare potențiometru intern: 10k
- Temperatură de operare: 0 - 70 °C
- Greutate: 0.015 kg
- Dimensiuni: 4.0 cm x 2.6 cm x 3.2 cm

2.6 Modul bluetooth HC-05

Modulul Bluetooth HC-05 [6] este un dispozitiv de comunicare fără fir folosit în dezvoltarea proiectelor pe platforme ca Arduino. Acesta poate funcționa atât ca Master, cât și ca Slave, permițând comunicarea între microcontrolere sau între un microcontroler și un dispozitiv cu Bluetooth, precum un telefon sau un calculator.

HC-05 are două moduri de operare: Data mode, pentru transmiterea și primirea de date, și AT Command mode, pentru modificarea setărilor modului.



Figura 2.6: Modul bluetooth HC-05. ⁶

Specificații tehnice ale HC-05 preluate din referința [6] includ:

- Tensiune alimentare: 3.6 - 6V
- Tensiune logica pin RX: 3.3V DC

⁵ Imagine preluată de [aici](#).

⁶ Imagine preluată de [aici](#).

- Consum operare: 30mA
- Comunicare: Serială USART și compatibil TTL
- Standard: IEEE 802.15.1, FHSS
- Parola default: 1234 sau 0000
- Mod default: Data Mode
- Baud Rate Data Mode: 9600, 8, N, 1
- Baud Rate Command Mode: 38400, 8, N, 1
- Firmware default: LINVOR
- Baud rate suportat: 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800

2.7 Modul de alimentare multiplă

Modulul de alimentare multiplă [7] este un dispozitiv ce transformă tensiunea de intrare (6V-12V) în trei tensiuni de ieșire fixe: 3.3V, 5V și o tensiune egală cu cea de intrare. Acesta are un design compact, cu un comutator de pornire/oprire și un LED indicator.

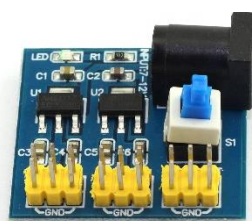


Figura 2.7: Modul de alimentare multiplă. ⁷

Specificațiile tehnice ale modului de alimentare multiplă preluate din referința [7] sunt:

- Tensiune de intrare: 6V - 12V
- Tensiune de ieșire: 3.3V, 5V sau egală cu tensiunea de intrare
- Curent maxim de ieșire: 800mA
- Indicator de alimentare: LED roșu
- Dimensiuni: 33.7mm x 30mm x 14.4mm

3 Funcționarea proiectului

Proiectul începe cu faza de inițializare, în cadrul căreia sunt definite variabilele și constantele necesare pentru o funcționare optimă.

În funcția setup(), codul inițializează pinii de intrare/ieșire, precum cei pentru motorul pas-cu-pas, joystick și modulul Bluetooth. În același timp, se inițializează și ecranul LCD și se stabilește viteza inițială a motorului pas-cu-pas.

După inițializarea pinilor și a dispozitivelor, ecranul LCD afișează un mesaj de bun venit, iar utilizatorul este invitat să selecteze modul de funcționare prin mișcarea joystick-ului.

În funcția loop(), codul monitorizează în continuu intrările de la joystick și comportamentul sistemului se adaptează în funcție de selecțiile utilizatorului:

a. Modul de Fotografiere: Dacă acest mod este selectat (`nr_menu == 0`), utilizatorul poate seta numărul de fotografii care trebuie realizate într-o rotație completă folosind joystick-ul. La apăsarea butonului de pe joystick, motorul începe să rotească obiectul cu un număr de pași calculat pentru a împărți o rotație completă în numărul dorit de fotografii. La fiecare pas, se trimite un semnal prin Bluetooth pentru a declanșa fotografierea cu telefonul Android.

b. Modul Cinematic: Dacă acest mod este selectat (`nr_menu == 1`), utilizatorul poate ajusta viteza motorului (rotiri pe minut) și numărul de rotații complete pe care motorul trebuie să le efectueze. După setarea acestor valori, apăsarea butonului de pe joystick începe rotația platoului la viteza setată.

⁷ Imagine preluată de [aici](#).

c. Modul de Control Manual: Dacă acest mod este selectat ($nr_menu == 2$), utilizatorul controlează manual rotația obiectului folosind joystick-ul. Mișcarea joystick-ului într-o anumită direcție provoacă rotirea motorului în aceeași direcție, iar viteza de rotire este proporțională cu cât de mult este înclinat joystick-ul.

În fiecare mod, informațiile relevante sunt afișate pe ecranul LCD pentru a ajuta utilizatorul să înțeleagă ce se întâmplă. De exemplu, în modul de fotografiere, se afișează numărul de fotografii care urmează să fie făcute și numărul de fotografii deja realizate. În modul cinematic, se afișează viteza și numărul de rotații setate.

În figurile 3.1 și 3.2 se prezintă două scheme electrice realizate cu ajutorul programului Fritzing.

În figura 3.1, este ilustrată o reprezentare grafică detaliată a interconectării componentelor. Această schemă colorată evidențiază modul în care componentele arată și sunt conectate în realitate, oferind o înțelegere intuitivă a aranjamentului și legăturilor dintre componentele circuitului.

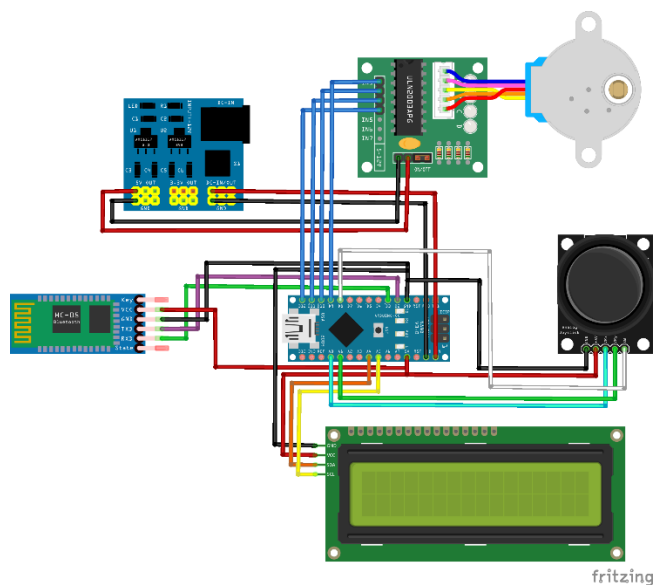


Figura 3.1: Schema detaliată a interconectării componentelor (Fritzing)

În figura 3.2, este prezentată o reprezentare schematică tradițională a circuitului electric. Aici, componentele sunt reprezentate prin simboluri generale, monocrome, iar conexiunile între ele sunt reprezentate prin linii simple.

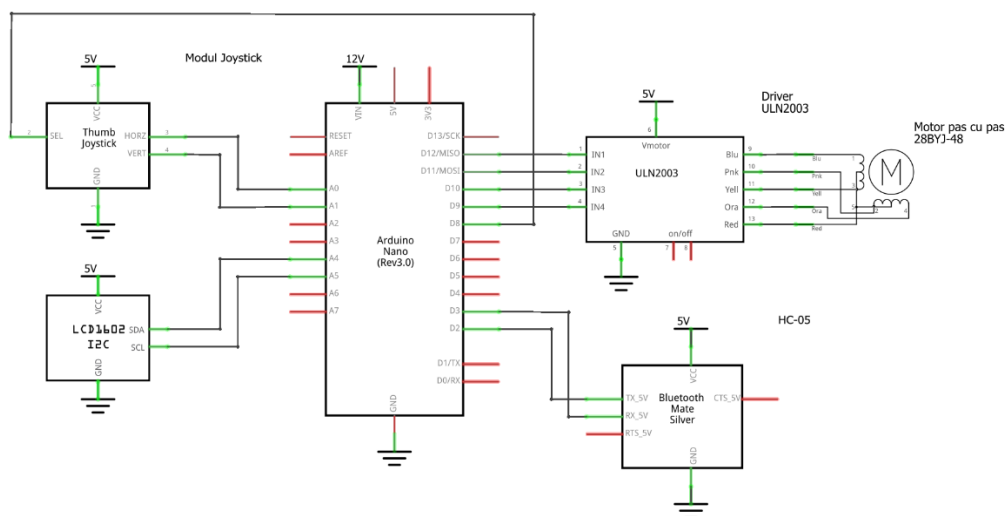


Figura 3.2: Reprezentare schematică tradițională a montajului electric (Fritzing)

În figura 3.3 se prezintă schema logică a aplicației (realizată cu draw.io).

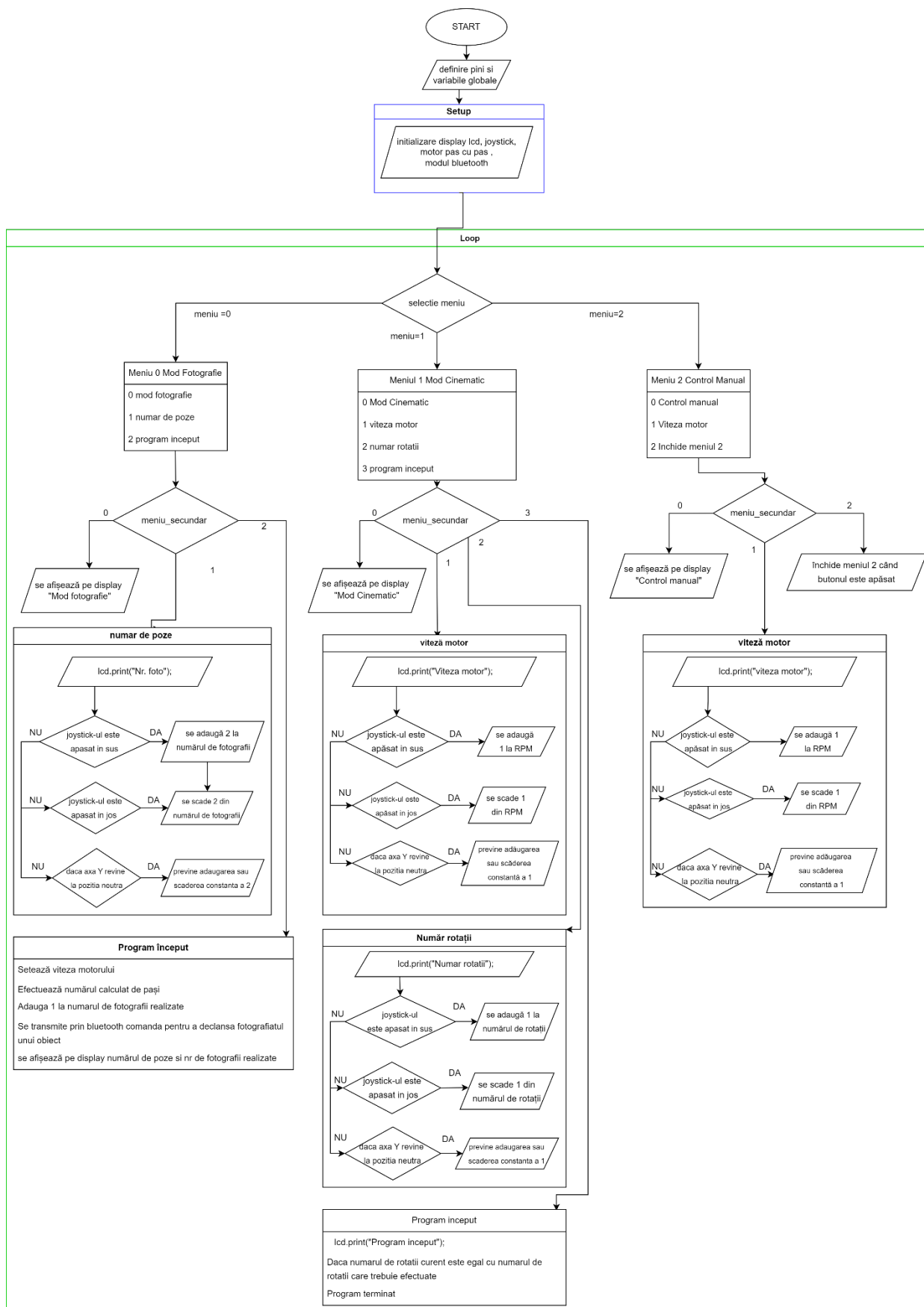


Figura 3.3: Schema logică a programului realizat (draw.io).

3.1 Carcasa

Proiectul standului rotativ pentru scanare 3D este construit în jurul unei carcase solide, proiectată în Autodesk Fusion 360. Aceasta adăpostește și coordonează toate componentele esențiale pentru funcționarea eficientă a scannerului 3D.

Piesa centrală a carcasei este platoul rotund, care servește drept platformă pentru obiectul care urmează să fie scanat. Platoul este pus în mișcare de un motor pas cu pas, esențial pentru realizarea mișcărilor controlate și precise necesare pentru scanarea 3D de înaltă calitate.

Motorul pas cu pas este echipat cu un pinion din plastic. Această mică piesă dințată intră în angrenaj cu o roată dințată mai mare, situată la marginea carcasei. Această combinație de angrenaje asigură o transmisie de putere eficientă și precisă de la motor la platou, permițând acestuia să se rotească la viteze și unghiuri specifice.

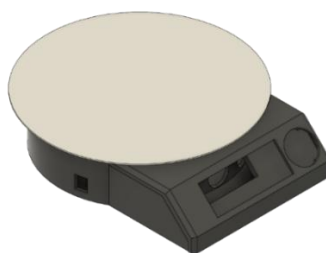


Figura nr. 3.4: Carcasa realizată în Fusion 360, asamblată - prezentând o vedere generală a designului final.



Figura nr. 3.5: Carcasa realizată în Fusion 360, desfăcută - oferind o perspectivă asupra componentelor interne.

4 Calcule matematice privind consumul/necesarul de energie/putere electrică

Evaluarea necesarului de curent pentru un proiect electronic asigură funcționarea sa optimă. În tabelul 2 este ilustrat consumul de curent al componentelor proiectului:

Tabelul nr. 2

Componentă	Consum [mA]
Motor pas cu pas 28BYJ-48 și driver ULN2003	250
Modul joystick	50
Display i2c 16x2	20
Modul Bluetooth HC-05	30
Arduino Nano	19
Total	369 mA

Acesta indică un consum total de 369 mA, crucial pentru funcționarea optimă a sistemului.

Specificațiile privind consumul individual al fiecărei componente în parte au fost preluate din referințele [1],[2],[3],[4],[5] respectiv [6].

5 Costuri

Pentru acest proiect, costul fiecărei componente este evidențiat în tabelul nr. 3:

Tabelul nr. 3

Componentă	Cost [lei]
Arduino Nano	128
Modul joystick	6,86
Motor pas cu pas 28BYJ-48	7,86
Driver ULN2003	6,58
Display i2c 16x2	27
Modul alimentare multiplă	12,88
Modul Bluetooth HC-05	31,48
Printare carcasă la imprimantă 3D	135
Total	355,66

Suma totală a costurilor individuale pentru fiecare componentă se ridică la 355,66 lei, sumă care reprezintă investiția necesară pentru implementarea acestui proiect.

6 Concluzii

În cadrul acestui proiect, am reușit să realizez un stand rotativ pentru scanare 3D, având la bază un Arduino Nano, un motor pas cu pas, un driver ULN2003, un display i2c 16x2, un modul joystick și un modul Bluetooth HC-05. Acesta permite realizarea de scanări 3D ale obiectelor așezate pe platoul său rotativ, iar setul de fotografii realizate pot fi convertite ulterior într-un model 3D cu ajutorul aplicației Autodesk Recap Photo. O reprezentare vizuală a proiectului finalizat poate fi văzută în Figura 4.1.



Figura nr. 4.1: Reprezentare vizuală a proiectului finalizat

Cu toate că proiectul a fost realizat conform obiectivelor inițiale, sunt câteva îmbunătățiri care pot fi aduse precum:

Adăugarea unui buton de pornire/oprire - în momentul de față, dispozitivul poate fi oprit doar prin întreruperea alimentării. Adăugarea unui buton de pornire/oprire ar face utilizarea dispozitivului mult mai convenabilă.

Îmbunătățirea sistemului de angrenaj - în prezent, angrenajul este realizat din plastic, ceea ce limitează greutatea pe care o poate suporta platoul. Prin utilizarea unui angrenaj de alamă, un metal mai ieftin și mai robust, se poate mări greutatea pe care o poate susține platoul, ceea ce ar permite scanarea unor obiecte mai grele.

Îmbunătățirea funcționalității prin software - de exemplu, se poate implementa o funcție care să detecteze cât timp este apăsat butonul, iar dacă acesta stă apăsat mai mult de o anumită perioadă să se poată ieși din modul curent de funcționare direct în meniul principal.

În concluzie, acest proiect de scanare 3D reprezintă un punct de plecare solid pentru dezvoltarea ulterioară. Cu câteva îmbunătățiri aduse atât la nivel de hardware, cât și de software, acesta poate deveni un instrument util și eficient pentru scanarea 3D

În ultima parte a proiectului este anexat codul sursă al programului, scris în Arduino IDE.

După compilarea programului, observăm că acesta ocupă 8672 octeți, adică 28% din memoria microcontrolerului.

7 Bibliografie

- [1] <https://docs.arduino.cc/hardware/nano>.
- [2] <https://lastminuteengineers.com/28byj48-stepper-motor-arduino-tutorial/>.
- [3] <https://techmaze.romman.store/product/99187012>.
- [4] <https://protosupplies.com/product/lcd1602-16x2-i2c-blue-lcd-display/>.
- [5] <https://udvabony.com/product/joystick-module-for-arduino/>.
- [6] <https://www.sigmanortec.ro/Modul-Bluetooth-HC-05-p141736971>.
- [7] <https://antigua.desertcart.com/products/137332494-dgzzi-2-pcs-12-v-to-3-3-v-5-v-12-v-dc-dc-voltage-converter-multi-output-step-down-power-supply-module-for-arduino>.