



# OptiClean

Elevi :

Fineas OPINCĂ-BĂNUȚ  
Bogdan-Luca RADU

PROFESOR COORDONATOR:

Marius-Florin CRAINIC

---

# Cuprins

Motivația din spatele proiectului.....	3
Mecanică .....	4
Brațul robotic .....	4
Suportul de lemn .....	4
Electronică .....	5
Software .....	11
Raspberry Pi Pico .....	11
Raspberry Pi 5.....	12
Funcționalitatea brațului robotic .....	13
Funcționare și traseu.....	13
Componențe principale.....	13
Control electronic .....	13
Avantaje .....	14
Sistemul de pulverizare .....	14
Sistemul de spalat cu ultrasunete .....	15
Sistemul de uscare .....	15
Barcode Scanner .....	16
Cum am creat cablajul.....	18
Piese printate 3D.....	20
Manualul utilizatorului .....	21
1. Autentificare și conturi.....	21
2. Control manual .....	22
3. Control automat.....	23
4. Creare rețetă personalizată .....	23
5. Scanare cod de bare .....	24
6. Camera Live .....	24
7.     Temperatura apei.....	25
Bibliografie .....	26

---

# Motivația din spatele proiectului

Ideea acestui proiect a pornit dintr-o nevoie comună și adesea ignorată: curățarea eficientă a ochelarilor fără riscul de a-i zgâria sau deteriora. Mulți purtători de ochelari se confruntă zilnic cu dificultăți în menținerea lentilelor curate, mai ales în zonele greu accesibile, unde murdăria se acumulează și este dificil de îndepărtat prin metode tradiționale.

Astfel, ne-am propus să dezvoltăm un dispozitiv automatizat care să curețe ochelarii în profunzime, fără contact direct cu suprafața lentilelor. Soluția noastră integrează un braț robotic care manipulează ochelarii între trei zone de proces: spălarea cu ultrasunete, pulverizarea controlată a soluției de curățare și uscarea cu ajutorul unui sistem de tip "föhn". Întregul proces durează aproximativ 6–7 minute, iar utilizatorul nu trebuie decât să introducă ochelarii în aparat și să se asigure periodic că rezervorul cu soluție de curățare este reumplut. Rezultatul final: ochelari perfect curați, uscați și fără urme.

Pentru a înțelege cât de util ar fi un astfel de dispozitiv în viața de zi cu zi, am realizat un studiu sub forma unui chestionar online. Acesta a conținut întrebări despre problemele întâmpinate în curățarea ochelarilor și despre interesul față de o soluție automată. Formularul a fost distribuit către mai multe clase pentru a obține un eșantion variat de răspunsuri. Scopul nostru a fost să evaluăm dacă un astfel de aparat ar fi cu adevărat dorit de public și dacă poate reprezenta o inovație practică și necesară

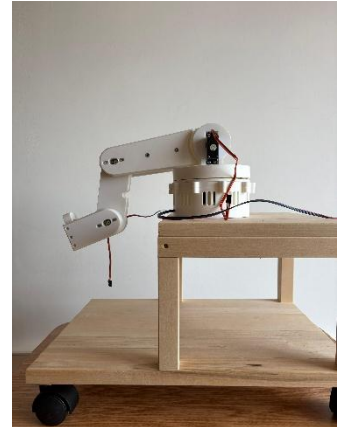
---

# Mecanică

## Brațul robotic

Brațul robotic este realizat prin imprimare 3D și este alcătuit din următoarele componente:

- 3 sub-brațe articulate, care permit mișcarea și extinderea brațului;
- 1 suport special pentru fixarea și susținerea ochelarilor în timpul procesului de curățare;
- 1 bază rotativă, care permite rotirea întregului braț la 360°;
- 5 rulmenți integrați, care facilitează rotirea și mișcarea fluidă a componentelor;
- toate aceste elemente împreună formează brațul principal al aparatului.



---

## Suportul de lemn

Suportul de lemn are rolul de a susține toate componentele mecanice și electronice ale aparatului. Este alcătuit din:

- o structură de bază din lemn, solidă și stabilă;
- 4 roți atașate la bază, pentru o deplasare ușoară a întregului sistem;
- 2 niveluri (etaje):
  - nivelul superior, dedicat montării brațului robotic;
  - nivelul inferior, destinat componentelor electronice (plăci de control, fire, senzori etc.).

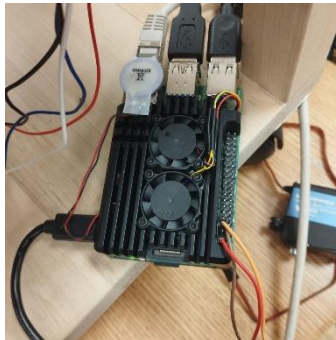


---

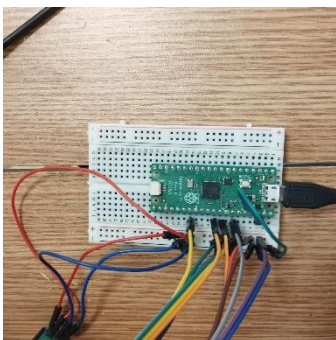
# Electronică

Sistemul include următoarele componente electronice, care lucrează împreună pentru a asigura funcționarea automatizată, sigură și precisă a aparatului:

- **Raspberry Pi 5** – Un minicalculator care gestionează interfața cu utilizatorul și comunicarea generală a sistemului.



- **Raspberry Pi Pico** – Microcontrolerul principal care coordonează funcționarea componentelor electronice (motoare, senzori, relee etc.).



- **2 motoare pas cu pas (stepper motors)** – Utilizate pentru pulverizare și rotațiile brațului robotic.

- **Driver A4988** – Controlează motoarele pas cu pas, oferind control precis al poziției și al vitezei.



- **5 servomotoare MG996R** – Folosite pentru diverse mișcări mecanice de precizie (ex: ridicare, rotire fină a suportului de ochelari etc.).

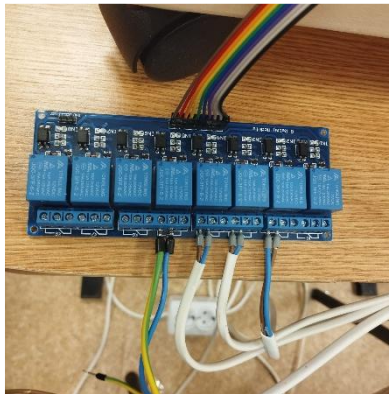


- **Senzori reed (cu magnet)** – Înlocuiesc senzorii optici pentru a detecta pozițiile limită (de sus/jos sau stânga/dreapta).





- **Relee** – Comandă componentele alimentate la tensiune de rețea (220V), cum ar fi foehnul și baia cu ultrasunete.



- **Foehn** – Uscător de aer cald, activat automat prin releu pentru uscarea lentilelor.



- **Aparat de spălat cu ultrasunete** – Curăță lentilele prin vibrații de înaltă frecvență, fără contact direct.



- **2 pompe de apă** – Una pentru evacuarea apei murdare și cealaltă pentru alimentarea cu apă curată.



- **Sursă de alimentare 12V** – Alimentează componentele de putere (pompe, motoare, servomotoare etc.).



- **Sursă de alimentare 5V** – Alimentează componentele sensibile (Raspberry Pi Pico, senzori, logică etc.).

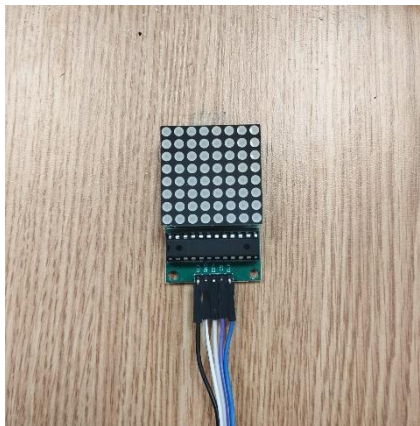




- **Camera video** – Transmite în timp real pe site procesul de curățare, oferind utilizatorului vizibilitate completă.



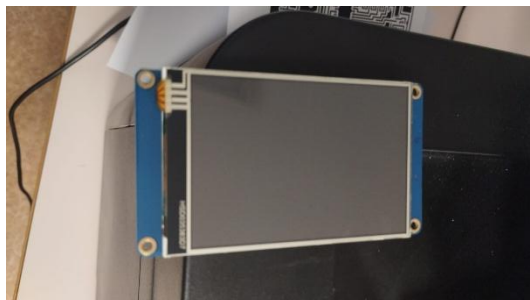
- **Matrice LED** – Afișează starea sistemului (ex: "în funcțiune", "terminat", "eroare").



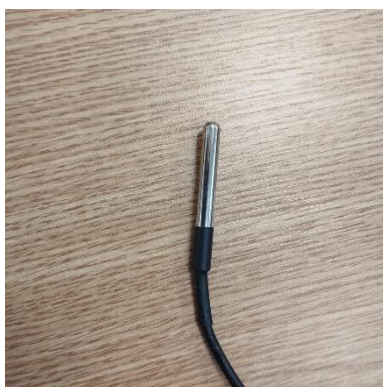
- **Scanner de coduri de bare (barcode scanner)** – Permite identificarea utilizatorului sau a tipului de ochelari pentru o curățare personalizată.



- **Ecran cu touch screen** – Interfață intuitivă pentru utilizator, permite selectarea modurilor și afișarea statusului.



- **Senzor de temperatură** – Monitorizează temperatura internă pentru a preveni supraincalzirea.



- **Rezistențe de 10k $\Omega$**  – Folosite pentru stabilizarea semnalelor de intrare (ex: pull-up/pull-down).
- **Condensatori** – Asigură filtrarea zgomotelor electrice și stabilizarea tensiunii.
- **Reglatoare de tensiune (IRF540N)** – Tranzistoare MOSFET utilizate pentru comanda sarcinilor de putere și reglarea tensiunii către diverse componente.

---

# Software

Pentru dezvoltarea software a proiectului am folosit Visual Studio Code ca editor principal. Website-ul este construit cu ajutorul limbajelor PHP, MySQL, JavaScript și CSS, oferind o interfață ușor de folosit, atât pentru control manual, cât și automat.

Comunicarea dintre interfața web și partea hardware se face prin Raspberry Pi 5, care trimite comenzi către Raspberry Pi Pico prin conexiune serială (UART). Fiecare componentă are roluri specifice în sistem.

---

## Raspberry Pi Pico

Raspberry Pi Pico este responsabil de controlul părții mecanice a aparatului. Codul este scris în Python, folosind mediul Thonny.

Pe Pico sunt conectate:

- 2 motoare pas cu pas (stepper) – folosit pentru a roti întreg brațul robotic și altul pentru pulverizare .
- 5 servomotoare – atașate de braț, permit mișcări precise ale articulațiilor pentru diferitele etape ale procesului.
- Drive pentru motorul stepper – controlează pașii de rotație ai motorului.
- Matrice LED – afișează vizual starea sistemului (de exemplu, când procesul este în desfășurare).
- Senzor reed (magnetic) – folosit pentru a detecta o poziție de referință sau un punct de oprire, oferind feedback asupra poziției curente a brațului.

Pico primește comenzile prin UART de la Raspberry Pi 5 și execută acțiunile fizice necesare.

---

## Raspberry Pi 5

Raspberry Pi 5 acționează ca unitate principală de control. Pe el rulează scripturi în Python care:

- Primesc comenzile de la website.
- Trimit instrucțiuni către Raspberry Pi Pico prin conexiune serială.
- Controlează componentele externe și colectează datele de la senzori.

La Raspberry Pi 5 sunt conectate următoarele componente:

- Senzor de temperatură – măsoară temperatura apei și trimite valoarea în interfața site-ului.
- Ecran tactil Nextion – afișează stadiul actual al procesului (ex: spălare, uscare etc.) și permite comenzi de Start/Stop direct de pe aparat.
- Relee – folosite pentru a porni și opri echipamentele:
  - Foehn (uscare)
  - Aparat cu ultrasunete (spălare)
  - Pompe (pentru soluția de curățare)
- Barcode scanner – conectat prin USB, permite scanarea codurilor de bare de pe cutiile ochelarilor, pentru încărcarea automată a unei rețete personalizate, oferite de optica de unde au fost achiziționați.
- Cameră video – tot prin USB, transmite imaginea live din interiorul aparatului, afișată pe site, astfel încât utilizatorul să poată vedea în timp real întregul proces.

Biblioteci și tehnologii folosite

- AccelStepper.h – utilizată pe Raspberry Pi Pico pentru controlul precis al motorului pas cu pas.
- 1-Wire – activat pe Raspberry Pi 5 pentru a citi datele de la senzorul de temperatură.
- mjpg-streamer – folosit pentru a transmite live imaginea de la camera video pe interfața web.
- Johnson.js – utilizată în partea de JavaScript pentru arhivarea sau gestionarea datelor în fundal (ex: stocarea temporară a stadiului procesului sau a rețetelor).

---

# Funcționalitatea brațului robotic

Brațul robotic a fost conceput pentru a manipula ochelarii automat, ghidându-i prin toate etapele procesului de curățare. Acesta este compus din **trei sub-brațe articulate**, un **suport dedicat pentru ochelari** și o **bază rotativă**.

## Funcționare și traseu

Totul începe în momentul în care clientul așază ochelarii în suportul special, apoi apasă butonul de **Start** de pe platforma online. În acel moment, baza rotativă a brațului — antrenată de un **motor pas cu pas** — se rotește până ajunge în **punctul 0**, poziția de referință, detectată cu ajutorul unui **senzor optic (endstop)**. Această etapă de calibrare garantează precizia mișcărilor următoare.

De acolo, brațul rotește suportul cu ochelari către prima stație – **pulverizatorul**, unde lentilele sunt tratate cu o soluție specială. După pulverizare, brațul coboară ochelarii în **baia cu ultrasunete**, unde aceștia sunt curățați în profunzime timp de **2–3 minute**.

La finalul curățării, brațul urcă din nou și rotește suportul spre ultima etapă: **sistemul de uscare cu aer cald (feohn)**. După uscare, ochelarii sunt aduși înapoi în poziția inițială, gata pentru a fi ridicați de client.

## Componente principale

- **Bază rotativă:** controlată de un motor pas cu pas, permite rotirea la 360°; include și un senzor reed pentru detecția poziției inițiale.
- **Sub-brațul 1:** acționat de două servomotoare în oglindă, pentru o mișcare stabilă.
- **Sub-brațul 2:** acționat de un servomotor, controlează înălțimea.
- **Sub-brațul 3:** reglează unghiul suportului cu ajutorul unui servomotor.
- **Suportul pentru ochelari:** permite fixarea sigură și transportul acestora între stații.

## Control electronic

Toate servomotoarele sunt conectate la un **Raspberry Pi Pico**, care primește comenzi prin **comunicare serială** de la un **Raspberry Pi principal**. Acest sistem asigură o coordonare eficientă și precisă a tuturor mișcărilor.



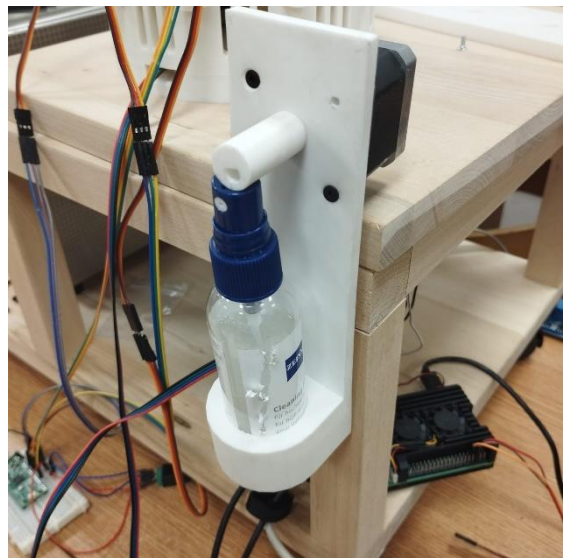
## Avantaje

- Poziționare precisă și mișcare controlată între stații.
- Calibrare automată cu senzor reed.
- Design modular, ușor de extins.
- Proces complet automatizat, fără intervenție manuală.

## Sistemul de pulverizare

Acest sistem folosește un **motor pas cu pas**, pe care am montat un **cilindru realizat la imprimanta 3D**. Motorul este prins pe o plăcuță, iar chiar sub el se află o **sticlă cu soluție specială pentru curățarea lentilelor**. Cilindrul este așezat exact deasupra pulverizatorului din sticlă și apasă pe el atunci când se rotește.

**Brațul robotic duce ochelarii în fața pulverizatorului**, iar în acel moment motorul pornește. Pentru că cilindrul este puțin mai mare, atunci când se învâрте, apasă pe pulverizator, iar **soluția este pulverizată direct pe lentilele ochelarilor**.



Motorul de la pulverizator face un număr prestabilit de pași (adică se rotește de un anumit număr de ori), apoi se oprește automat. După pulverizare, **brațul continuă traseul și duce ochelarii mai departe la următoarea etapă din procesul de curățare**.

# Sistemul de spalat cu ultrasunete

Acest sistem folosește, de fapt, un **aparat de spălat cu ultrasunete marca Vevor**, cu o capacitate de **3 litri**. După ce **brațul robotic coboară ochelarii în interiorul aparatului**, începe procesul de curățare, care durează aproximativ **2-3 minute**.

În acest timp, **apa din aparat se încălzește**, iar **ultrasunetele desprind murdăria** de pe lentile. Soluția pulverizată anterior își face și ea efectul, ajutând la o curățare cât mai completă.

Aparatul funcționează la **220V**, iar butonul de start este conectat la un **releu controlat de Raspberry Pi**, ca să poată fi pornit direct de pe site.



La finalul spălării, **brațul scutură ușor ochelarii**, mișcându-se stânga-dreapta, pentru a elimina excesul de apă. Apoi, îi **ridică spre următorul pas: uscarea**.

# Sistemul de uscare

Acest sistem are la bază, desigur, un **uscător (tip feohn)**, care pornește automat după ce **brațul robotic poziționează ochelarii în dreptul său**. Uscătorul funcționează timp de aproximativ **1-2 minute**. În acest interval, **brațul robotic se mișcă ușor stânga-dreapta**, pentru a asigura o uscare uniformă a ochelarilor pe toată suprafața.

Deoarece **feohnul funcționează la 220V**, am folosit **relee conectate la Raspberry Pi**, alimentate la 12V, pentru a putea porni și opri uscătorul în siguranță, direct din microcontroler.



După ce uscarea este completă, **brațul robotic revine în poziția inițială (poziția 0)**, iar ochelarii sunt gata pentru a fi preluați de client.

---

# Barcode Scanner

Am adăugat o funcționalitate interesantă în cadrul proiectului: integrarea unui scanner de coduri de bare. Ideea este următoarea: atunci când un client își cumpără o pereche de ochelari de la o optică, pe cutia ochelarilor va fi aplicat un cod de bare unic. Acest cod este asociat cu o rețetă de curățare prestabilită, recomandată de optică, special concepută pentru acel model de ochelari.

Clientul poate veni ulterior la aparatul de spălat ochelari, scanează codul de bare de pe cutie, iar în interfața site-ului, la secțiunea de rețete, va apărea automat rețeta asociată acelui cod. Astfel, utilizatorul poate selecta rapid și ușor programul de curățare potrivit pentru ochelarii săi, fără a mai fi nevoit să caute manual setările.

Această funcționalitate oferă o experiență mai personalizată și eficientă, reducând timpul de configurare și crescând precizia în alegerea rețetei potrivite.

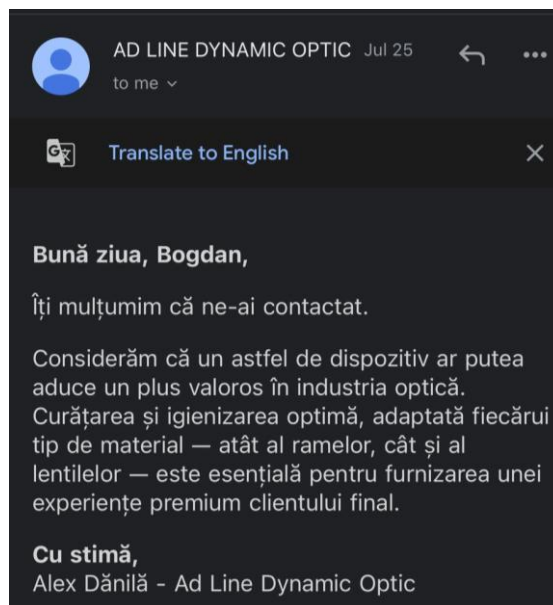


## Validarea ideii de scanare a codului de bare:

În cadrul dezvoltării acestei funcționalități, am dorit să verificăm aplicabilitatea ei în viața reală. Astfel, am mers la o **clinică de optică din orașul nostru** pentru a le prezenta ideea și a cere un feedback din partea specialiștilor din domeniu.

Am primit **părerii foarte bune**, ideea fiind considerată practică, modernă și utilă pentru clienți. Ne-au încurajat să continuăm dezvoltarea ei și, la recomandarea personalului din clinică, am trimis și un **e-mail către managerul opticii**, pentru a-i prezenta viziunea noastră și modul în care această funcție ar putea îmbunătăți experiența clienților lor.

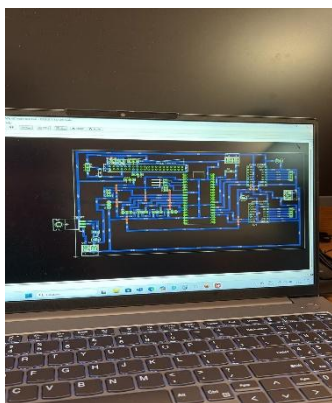
Am primit un **răspuns pozitiv**, în care ni s-a spus că inițiativa este bine gândită și are potențial real de implementare în cadrul opticii, mai ales datorită caracterului personalizat al rețetelor asociate codurilor de bare.



# Cum am creat cablajul

Pentru a realiza plăcuța destinată conectării modulului Raspberry Pi Pico, am folosit o metodă clasică de fototransfer, utilizată frecvent și în dezvoltarea fotografiilor.

Mai întâi, am pornit de la o plăcuță specială pentru cablaj imprimat (PCB) fotosensibilă. Am realizat designul cablajului în software-ul Eagle, adaptat cerințelor proiectului nostru. După finalizarea traseelor, am printat schema cablajului pe o foaie transparentă (folie de tip OHP) folosind o imprimantă.



Apoi, am așezat folia imprimată pe plăcuța fotosensibilă și le-am introdus împreună în aparatul cu raze UV, unde au stat timp de 180 de secunde. În acest timp, modelul cablajului se transferă de pe folie pe stratul fotosensibil al plăcuței, în urma expunerii la lumină ultravioletă.



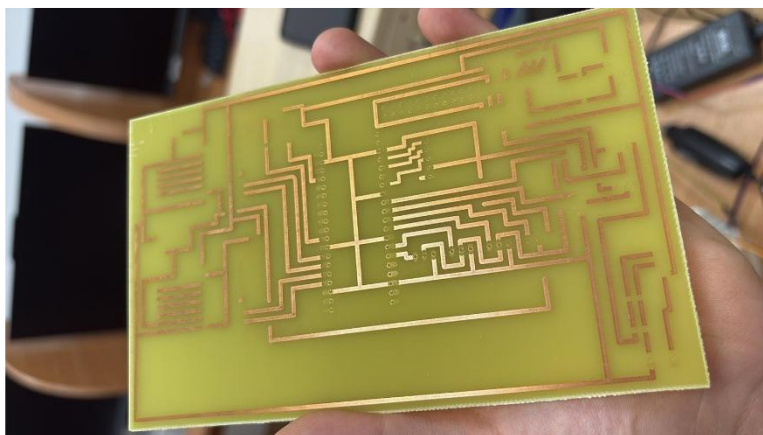


După expunerea la UV, am introdus plăcuța în soluție de metasilicat de sodiu ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), pentru developare. În această etapă, zonele expuse la UV se dizolvă și iese la iveală desenul cablajului.



După developare, am clătit plăcuța cu apă și am trecut la etapa de corodare. Placa a fost introdusă într-o soluție de clorură ferică ( $\text{FeCl}_3$ ). Această substanță dizolvă cuprul neprotejat (adică zonele care nu au fost acoperite cu imaginea cablajului), iar în final rămâne doar traseul dorit, exact ca în schema inițială.

La final, pentru a curăța complet plăcuța, am șters-o ușor cu benzină, îndepărtând astfel tonerul rămas și orice urme de substanțe chimice. Placa a fost apoi pregătită pentru găurire și lipirea componentelor.

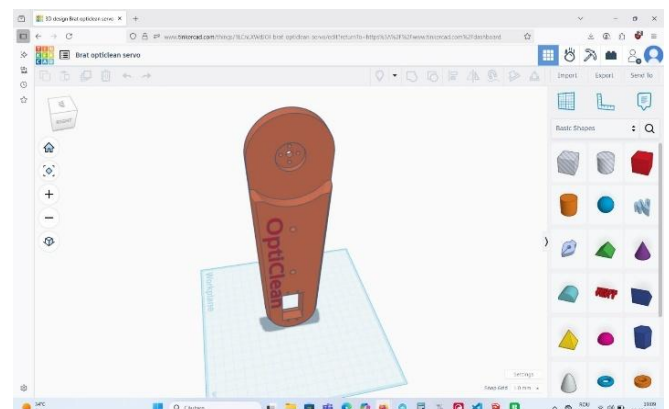
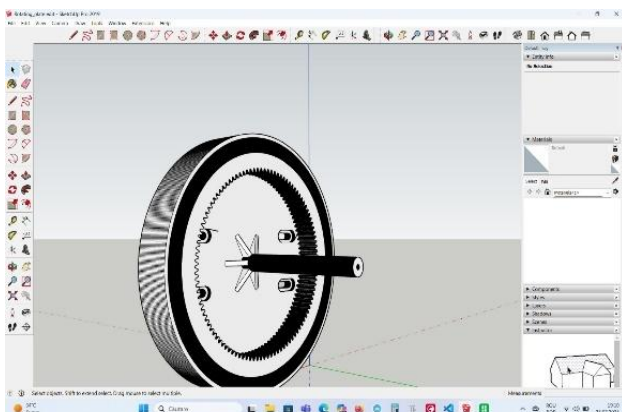
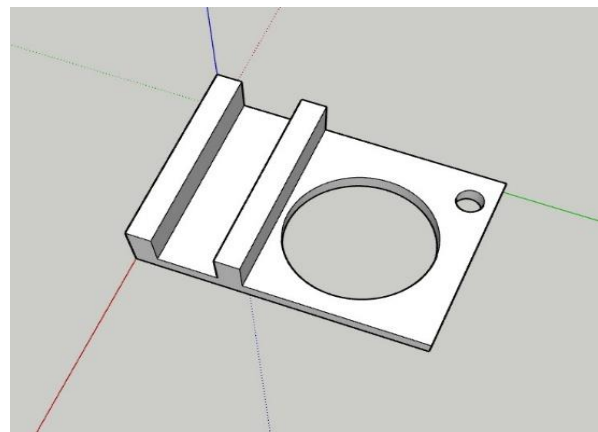
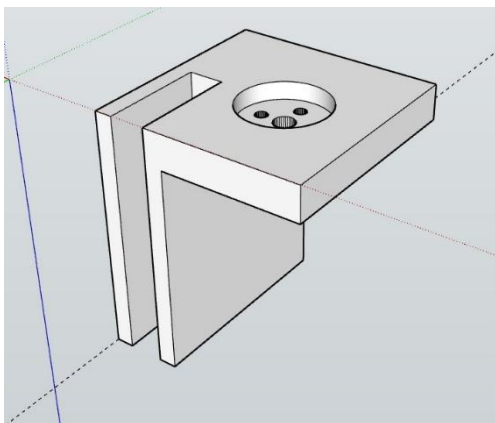


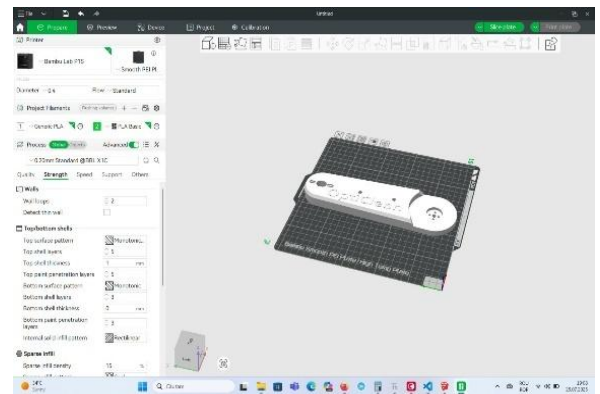
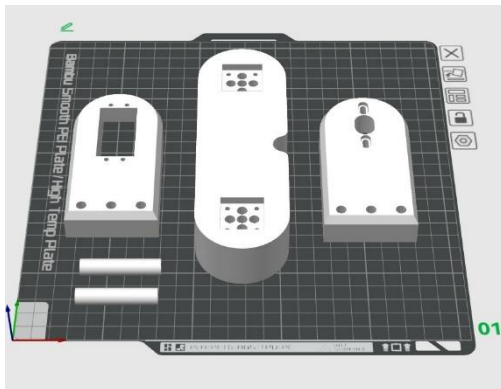
# Piese printate 3D

Pentru acest proiect am folosit mai multe piese realizate cu ajutorul imprimantei 3D. Modelele au fost proiectate de noi în programul SketchUp, în funcție de cerințele și dimensiunile necesare. Imprimarea s-a făcut pe imprimanta Bambu Lab P1S, aflată în dotarea școlii.

Una dintre componentele principale este brațul robotic. Modelul de bază a fost preluat de pe internet, însă l-am modificat astfel încât să se potrivească perfect cu nevoile proiectului nostru – am ajustat dimensiunile, punctele de fixare și alte detalii constructive.

Celelalte piese – cum ar fi suporturi, carcase sau elemente de prindere – au fost proiectate integral de noi, astfel încât să se integreze corect cu restul componentelor electronice și mecanice.



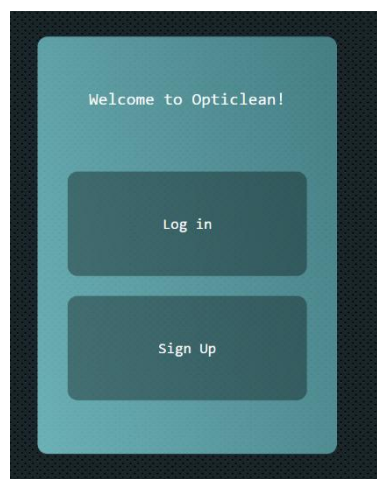


# Manualul utilizatorului

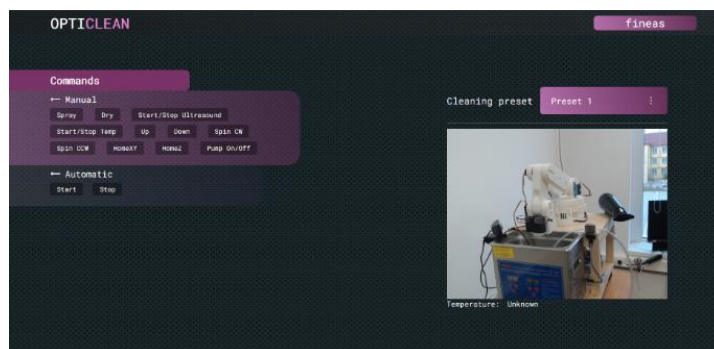
## Ghid de utilizare a site-ului

### 1. Autentificare și conturi

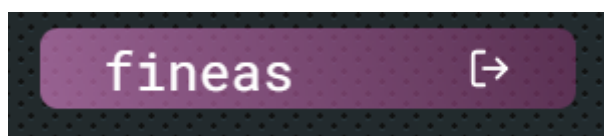
- Te poți conecta cu un cont existent (nume de utilizator și parolă) sau îți poți crea un cont nou direct din site.



- După logare, intri pe pagina principală, de unde ai acces la toate funcțiile disponibile.



- Există și un buton de Logout, care îți permite să te deconectezi în orice moment.



## 2. Control manual

În această secțiune poți controla manual fiecare componentă a aparatului:

1. **Sus / Jos** – Deplasează vertical suportul pentru ochelari (200 de pași per comandă).
2. **Spray** – Activează motorul care pornește pulverizatorul cu soluție de curățare.
3. **Uscare** – Pornește foehnul pentru uscarea ochelarilor.
4. **Start / Stop ultrasunete** – Controlează aparatul de spălat cu ultrasunete.
5. **Spin** – Rotește suportul pentru ochelari cu 40 de pași per apăsare, în sensul acelor de ceasornic sau invers.
6. **HomeXY și HomeZ** – Trimit sistemul în poziția inițială (0), folosind senzorii endstop pentru resetarea poziției.

---

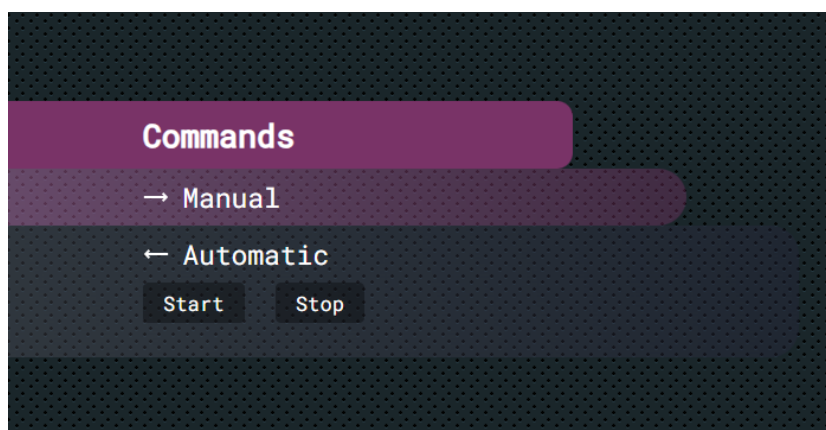
Această secțiune îți permite să controlezi liber mișcările și funcțiile, pentru testare sau reglaje.



### 3. Control automat

În această secțiune poți porni întreg procesul de spălare automat:

- **Start** – Inițiază procesul automat de spălare, pe baza unei rețete standard, prestabilite de noi.
- **Stop** – Oprește imediat întregul proces, în caz de eroare sau situații neprevăzute.



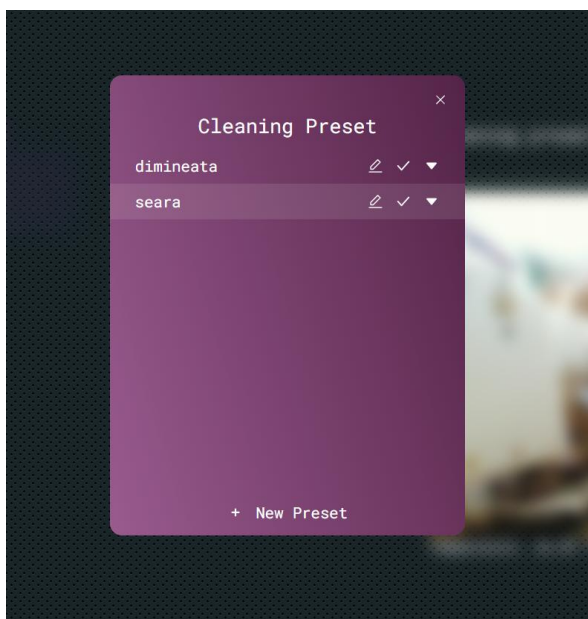
### 4. Creare rețetă personalizată

În această secțiune poți crea propria rețetă de spălare:

- Poți seta durata fiecărei etape: spălare cu ultrasunete, pulverizare, uscare etc.
- Poți schimba ordinea operațiunilor în funcție de preferințe.



- Rețetele personalizate pot fi salvate și utilizate ulterior.

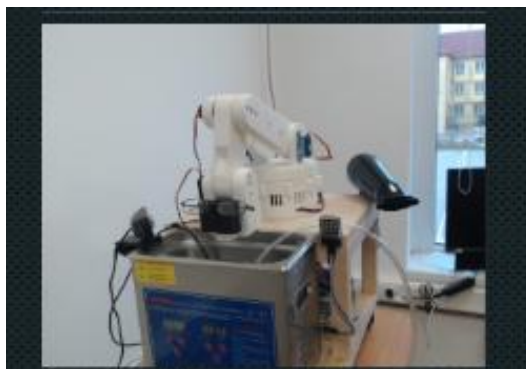


## 5. Scanare cod de bare

Dacă ochelarii cumpărați au un cod de bare de la o optică parteneră, îl poți scana în această secțiune. În urma scanării, se va încărca automat o rețetă prestabilită, creată special pentru acel model de ochelari, direct de către optică.

## 6. Camera Live

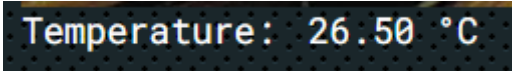
Site-ul are o zonă dedicată pentru transmiterea live a procesului de spălare. Poți vedea în timp real cum decurge fiecare etapă, printr-o cameră montată în interiorul aparatului.



---

## 7. Temperatura apei

Pe pagina principală este afișată și temperatura actuală a apei din cuvă, pentru a verifica dacă aparatul funcționează în parametri optimi.

A close-up photograph of a digital display screen. The screen is black with a grid of small, light-colored dots. The text "Temperature: 26.50 °C" is displayed in a white, sans-serif font. The number "26.50" is slightly larger and more prominent than the text "Temperature:" and "°C".

Temperature: 26.50 °C

---

# Bibliografie

1. <https://www.vevor.com/ro/diy-ideas/vevor-ultrasonic-cleaner-manual/?srsltid=AfmBOop2ONKUIFRzhuwUoDljgFruu8lXXtZoKLWG9WbD4PH4jKSY43W8>
2. Path planning and image classification algorithms for glass cleaning robots based on hybrid path planning and convolutional neural networks  
Zegun Li; Xiao Han; Xiao Wang; Yu Li; Xingyu Zhu  
Published in: 2023 International Conference on Computers, Information Processing and Advanced Education
3. <https://www.zyltech.com/arduino-cnc-shield-instructions/>
4. <https://raspberrypi.stackexchange.com/questions/143727/8-relay-board-wiring-to-rpi-using-gpio>
5. <https://github.com/gnea/grbl/issues/806>
6. [https://www.zeiss.com/vision-care/en/newsroom/news/2021/hygienic-cleaning-of-eyeglass-lenses-and-frames.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.zeiss.com/vision-care/en/newsroom/news/2021/hygienic-cleaning-of-eyeglass-lenses-and-frames.html?utm_source=chatgpt.com)
7. Robotic arm: gripper (part 1/3) by LimpSquid - Thingiverse
8. Robotic arm: arm (part 3/3) by LimpSquid - Thingiverse
9. Robotic arm: turntable (part 2/3) by LimpSquid - Thingiverse
10. NX4832T035 – Nextion