# INTRODUCERE

* 1. **Context**

Pornind de la citatul:

„ Sănatatea este sufletul ce animă toate bucuriile vieții, ce se estompează și e lipsită de gust fără aceasta.”

Care aparține filosofului Seneca și cu scopul de a ajuta la rezolvarea unei probleme din sistemul medical, care ar putea înbunătății chiar starea de sănătate a oamenilor, am ales să mă documentez despre situația bolnavilor de Parkinson din România.

***Boala Parkinson*** este o tulburare neurodegenerativă și este principala cauză de dizabilitate. Aceasta afectează tot mai mulți oameni în zilele noastre, de exemplu în anul 2016 s-au înregistrat la nivel mondial un număr de 2,4 ori mai mare decât în anul 1990 [1]. O altă boală, ușor diferită, dar cu simptome asemănătoare este ***tremurul esențial*** (spre deosebire de Parkinson, acesta apare la ambele membre, persoana nu suferă de rigiditate, etc.)*.* Acest tremurat nu are o cauză cunoscută, are o distribuție bimodală ( la 20 respectiv 60 de ani ), este adesa transmis prin arborele genealogic și se estimează că aproximativ 0.9% din populația globului este afectată de el [1].

Conform articolului [2] și a *CNAS* în România anului 2021 erau înregistrați aproximativ 72 000 de pacienți suferinzi de Parkinson.

Majoritatea pacienților suferinzi de aceste maladii întâmpină numeroase dificultăți în activitățile de zi cu zi. Pentru acestea utilizarea tacâmurilor poate reprezenta un lucru problematic și poate conduce la anxietate și chiar depresie.

Pentru a contracara efectele tremuratului și pentru a aduce un plus de mobilitate am ales să dezvolt un dispozitiv ce își propune stabilizarea tacâmurilor și a ustensilelor asemănătoare.

**1.2 Descrierea proiectului**

După cum am descris anterior, dispozitivul dezvoltat are ca scop reducerea efect-ului tremuratului mâinii în timpul folosirii tacâmurilor. Având în vedere cele discutate în sub-capitolul anterior acest dispozitiv ar putea reduce anxietatea pacienților.

Datorită progreselor permanente ale tehnologiilor *hardware* și *software*, am reușit să creez un dispozitiv pentru stabilizarea tacâmurilor. În cadrul dispozitivului am folosit motoare de precizie și durabile fără perii ele fiind printre tehnologiile de vîrf din zilele noastre. Dar utilizarea și controlul acestor tipuri de motoare atrage după sine și adăugarea unei complexități crescute, fiind nevoie de utilizarea unor algoritmi de tip *field oriented control* și monitorizarea cu o precizie ridicată a poziției motoarelor prin diferiți senzori de tip encoder. Acești senzori folosiți în cadrul proiectului sunt de tip capacitiv, o tehnologie relativ nouă în piață, care asigură o precizie sporită motoarelor dar și o rezistență înbunătățită în condiții de praf, vibrații și șocuri.

Dispozitivul combină datele obținute de la accelerometru și giroscop, le filtrează și obține unghiul față de poziția inițială pentru axele Ox și Oy, datele privind accelerația unghiulară și unghiul de rotație prelevate cu ajutorul giroscopului, influențează în cea mai mare măsură rezultatul final. Aceste date sunt integrate și un bias mic în măsurarea lor poate conduce la o deviere severă a unghiului calculat, făcând ca aceste date să fie utile doar în cazul mișcării continue, în cazul staționar fiind mai relevante datele obținute prin accelerometru.

Astfel dispozitivul își propune să stabilizeze cu un grad cât mai mare tacâmurile.

**1.3 Structura lucrării**

Lucrarea este structurată în 6 capitole: *Introducere, Specificațiile dispozitivului, Arhitectura dispozitivului, Implementarea dispozitivului, Testarea dispozitivului și Concluzii.*

În capitolul *Introducere* s-au prezentat aspectele generale ale domeniului abordat, dar și descrierea lucrării și obiectivele propuse.

În capitolul *Specificațiile dispozitivului* s-au prezentat aspecte teoretice orientate pe necesitatea specificațiilor în dezvoltarea unui produs, analiza domeniului prin prezentarea dispozitivelor asemănătoare dar și specificațiile dispozitivului dezvoltat de mine.

În cadrul capitolului *Arhitectura dispozitivului* s-au prezentat arhitectura generală a dispozitivului .

În capitolul *Implpementarea sistemului* s-au prezentat etapele necesare realizării proiectului din punct de vedere practic. ( resurse hardware, software dar și conectarea componentelor ).

În cadrul capitolului *Testarea dispozitivului* s-au prezentat testele efectuate asupra dispozitivului.

În capitolul  *Concluzii*  s-au prezentat rezultatele obținute și posibile direcții de dezvoltare ulterioară.

**3. ARHITECTURA DISPOZITIVULUI**

A picture containing diagram, text, circle, sketch

Description automatically generatedAcest capitol propune schema arhitecturii generale a dispozitivului: prezentarea componentelor și schema interconectării acestora.

*Figura 3.1 Schema generală a dispozitivului*

Dispozitivul conține 5 elemente principale: motoarele prin care poziționează tacâmul, driverele motoarelor, microcontroler, senzorul de mișcare și senzorii de poziție pentru motoare.

Senzorul de mișcare IMU furnizează, prin intermediul interfeței seriale I2C, date legate de viteza unghiulară și accelerația pe cele trei axe microcontrolerului. Acesta din urmă, determinând poziția și orientarea tacâmului.

Senzorii de poziție ai motoarelor, înregistrează date privind poziția și viteza motoarelor și le furnizează microcontrolerului.

Microcontrolerul combină datele primite de la senzori și printr-un algoritm de stabilizare obține comenziile necesare pentru amortizare și le transmite driverelor motoarelor.

Driverele de tip FOC primesc comenziile de la microcontroler și le furnizează prin algoritmul de control de tip FOC (Field Oriented Control) motoarelor de tip brushless.

Procesul de stabilizare a tacâmului este descris în următoarea figură:

A picture containing text, diagram, font, line

Description automatically generated

*Figura 3.2 Diagrama de evenimente a sistemului de stabilizare*

Conform *Figurii 3.2,* procesul de stabilizare începe prin inițializarea motoarelor și a senzorilor pentru obținerea datelor inițiale legate de poziție și înclinare. După acest pas, se monitorizează înclinarea tacâmului și în cazul detectării unei diferențe față de poziția inițială se selectează axa pentru care se va realiza stabilizarea. În continuare se verifică dacă motorul nu este încă în mișcare (nu a ajuns încă în poziția calculată într-un pas anterior) iar în caz afirmativ se calculează poziția necesară pentru a putea aduce tacâmul în poziția inițială și se trimite comanda la motor.

*Figura 4.1: Dispozitivul EasyEat*

**4.1 Resurse hardware**

**Arduino MEGA Rev3**

Pentru a implementa dispozitivul anti-tremurat, am ales să folosesc sistemul cu microcontroler Arduino MEGA Rec3, deoarece este o placa de dezvoltare de dimensiuni mici și accesibilă. El are un preț redus și asigură perfomanța necesară realizării proiectului.

Arduino este o platformă de prototipare electronică open-source înfințată în anul 2005. Ea a fost create cu scopul de a fi o platformă accesibilă și ușor de utilizat. Datorită arhitecturii sale modulare și a numărului mare de biblioteci, a devenit populară în comunitatea DIY, permițând crearea de proiecte complexe la un cost mic.

Arduino MEGA R3 (sau REV3) este unul dintre cele mai utilizate modele de microcontrolere oferite de Arduino, el regăsindu-se pe scară largă în proiecte de robotică, IoT și automatizare. El este dispozitivul utilizat în proiectul de față. Arduino MEGA este bazat pe microcontrolerul pe 8 biți ATMega2560 din familia AVR de la Atmel și rulează la o frecvență de clock de 16MHz. Deține 54 pini de intrare/ieșire ( 15 din aceștia putând fi utilizați ca ieșiri PWM ), 16 intrări analogice, un oscillator de quartz ce rulează la 16 MHz și interfețe USB și I2C. De asemenea, el pune la dispoziție 256 KB de memorie flash ( 8 KB fiind destinați pentru bootloader), 8 KB de SRAM și 4 KB de EEPROM. Memoria flash este utlizată pentru stocarea programului ( codului sursă ) încărcat pe placă, SRAM-ul este destinat stocării variabilelor și a altor date temporare generate în timpul execuției și EEPROM-ul este utilizat cu scopul de a păstra date chiar și după ce placa a fost deconectată de la sursă sau a fost resetată. Pe lângă pinii obișnuiți de I/O, placa de dezvoltare mai pune la dispoziție și 6 pini pentru întreruperile de tip hardware.

**A close-up of a circuit board

Description automatically generated with medium confidence**

Figura 4.2: Arduino MEGA [7]

**MPU6050**

Este un circuit integrat ce combină un giroscop cu 3 axe și un accelerometru pe 3 axe formând un MPU ( Unitate de Procesare a Mișcării ). Este utlizat în diverse aplicații precum drone, senzori de mișcare și roboți.

**A picture containing circuit, electronic engineering, electronics, text

Description automatically generated**

*Figura 4.3: Senzor MPU6050 [8]*

Dispozitivul utilizează tehnologie microelectromecanică (MEMS) pentru a măsura viteza unghiulară și acelerația pe celei trei axe. Giroscopul detectează schimbările în mișcarea de rotație ( Roll – rotire în jurul axei Ox, Pitch – rotire în jurul axei Oy și Yaw –rotire în jurul axei Oz) pe când accelerometrul măsoară accelerarea liniară pe orice direcție. Combinând datele de la acești senzori, el oferă informații despre orientarea și mișcarea dispozitivului.

El este construit pentru a comunica prin interfața I2C, permițându-i conectarea cu un microcontroler. Conține un procesor de semnal digital (DSP) destinat procesării datelor primate de la giroscop și accelerometru și regulatoare și stabilizatoare de tensiune ( în mod normal el alimentându-se al 3,3V ). Pe lângă senzorii utilizați în detectarea poziției și a orientării, el mai conține și un senzor de temperatură destinat măsurării de temperaturi din intervalul -40 -> 85 °C cu o precizie de ±1°C.

Pentru lucrul cu acest senzor, am utlizat biblioteca MPU6050\_light dedicată Arduino.

**Motoare BLDC DYS GM2210**

Pentru dispozitivul dezvoltat precizia și finețea în mișcare reprezintă un factor important.



*Figura 4.4: Motor DYS GM2210 [9]*

Din cauza acestor factori, am ales să utilizez motoare fără perii ( brushless ). Acestea reprezintă o variantă modernă de motoare electrice ce oferă o serie de avantaje față de celelate tipuri de motoare convenționale (cu perii de exemplu). Conform [10] printre avantajele motoarelor BLDC se numără:

* Eficiența ridicată : datorată faptului că a fost eliminată frecarea generată de perii și că nu produc scântei electrice ce ar putea afecta motorul
* Durabilitatea ridicată: nu necesită înlocuirea periilor sau curățarea contactelor
* Performanță mai bună la viteze mari
* Control precis al poziției
* Dimensiuni și greutate redusă

Dar totodată, utilizarea acestor motoare necesită și drivere mai performante și mai complexe .

În cadrul proiectului am utilizat două motoare BLDC DYS 2210, specificațiile acestora asigurând funcționarea corectă a dispozitivului. Acestea au 14 poli, o greutate de 44,2 g și cuplu maxim de 3800 g.

Motoarele BLDC sunt tot mai folosite în zilele noastre, piața acestora valorând în zilele nostre, conform [18], aproximativ 15 miliarde de dolari.

Aceste motoare sunt alcăuite din două părți: rotor și stator. În funcție de poziția rotorului ele se diferențiază în *outrunner* (cele folosite în acest dispozitiv) și *inrunner..*

**A picture containing text

Description automatically generatedA picture containing circle, design

Description automatically generated**

Figura 4.13 Componentele unui motor BLDC [18] și principiul de funcționare [19]

Rotorul unui astfel de motor conține magneți permanenți iar statorul conține bobinele bobinele ce vor genera câmpul magnetic necesar rotirii acestor motoare. Rotorul acestui motor încearcă să se alinieze câmpului magnetic creat de bobinele statorului iar când acesta se apropie de poziția potrivită, câmpul magnetic este rotit cu un pas înainte astfel rotorul va „fugi” după câmpul magnetic aflat în cotinuă mișcare.

Pentru a stabili ce bobină și timpul la care se va energiza, un motor BLDC are nevoie de controler electronic, un sensor care să determine poziția rotorului. Cu datele obținute de la sensor controlerul decide ce bobină o să fie energizată .

Controlerul electronic poate avea diferite variante și tehnici de control bazate pe cerințele motorului. O aplicație comună în zilele noastre pentru aceste motoare sunt dronele. În acest caz controlerul electronic este unul de tip *ESC –* electronic speed controller, el fiind capabil să controleze viteza și direcția unui asemenea motor. O altă întrebuințare a acestor motoare sunt gimbal-urile și dispozitivele de control al camerelor în industria video. De obicei, în aceste tipuri de aplicații se folosește un controler special ce implementează o tehnică avansată de control denumită *control vectorial al câmpului magnetic* (Field-Oriented Control – FOC).

**SimpleFOC driver**

Pentru comanda motoarelor am folosit drivere de tip open-source SimpleFOCShield v2.0.4 și varianta miniaturizată SimpleFOCMINI v1.0. Aceste drivere împreună cu biblioteca Arduino dedicată *SimpleFOC* controlează un motor de tip BLDC după un algoritm de tip FOC ( Field Oriented Control ). Controlul motorului pe baza acestui algoritm asigurând o precizie ridicată în poziționare, operare foarte lină și un comportament foarte receptiv și dinamic.

**A picture containing electronic engineering, electronics, circuit component, electronic component

Description automatically generated**A picture containing electronic engineering, circuit, electronic component, electronics

Description automatically generated

*Figura 4.5: SimpleFOCShiled și SimpleFOCMini [10]*

Driverul SimpleFOCShield include un regulator și un stabilizator de tensiune la 8V lucru ce permite alimentarea plăcii Arduino Mega de la sursa de tensiune de 12 V.

**ENCODER CUI AMT 103**

Este un encoder incremental modular, cu ajutorul căruia se poate monitoriza mișcarea, poziția sau viteza unui obiect sau a unei părți a unui sistem. Acesta generează semnale electrice (digitale) care indică schimbările de poziție sau mișcare în timp real. Ei sunt utilizați într-o varietate largă de aplicații, cum ar fi roboții industriali, CNC (Computer Numerical Control), imprimante 3D etc. Există mai multe tipuri de encodere: *encoderele optice* ce folosesc un fascicul de lumină și un senzor pentru a converti mișcarea în semnale electrice; *encoderele magnetice* ce utilizează câmpuri magnetice pentru a detecta și a măsura mișcarea. Dar cele două tipuri prezintă o serie de dezavantaje: sensibilitatea la praf, la vibrații și șocuri (cele optice) , rezoluție și acuratețe limitată și sensibilitate la temperatură (cele magnetice).

**A picture containing electronics, connector

Description automatically generated**A close-up of a circuit board

Description automatically generated with medium confidence

*Figura 4.6: Encoder rotativ CUI AMT 103 [13]*

Acest tip de encoder folosește o tehnolgie, relativ nouă în piață industrială, codificarea capacitivă (patentată de către *CUI Devices)*. Ea combină avantajele celor două tipuri de encodere descrise anterior, asigurând și un consum de curent mai mic, acest lucru fiind benefic în special în aplicațiile în care energia este asigurată printr-o baterie [13]. Un alt beneficiu alt acestei tehnologii este faptul că rezoluția este programabilă.

Encoderul capacitiv, conform [14], este alcătuit din trei componente principale: rotorul, un transmițător staționar și un receptor staționar. Rotorul este gravat cu după un model sinusoidal și în funcție de viteza de rotire, semnalul de înaltă frecvență emis de transmițător este modulat într-un mod predictibil. Receptorul detectează schimbările în capacitivitate-reactanță și folosind un algoritm de demodulație, le transpune în incremente de rotație.

A picture containing screenshot, text, circle, diagram

Description automatically generated

*Figura 4.7: Mod de funcționare encoder capacitiv [13]*

**Led**

Pentru procesul de inițializare al senzorilor și motoarelor, am folosit un led pentru a marca finalul acestui proces.

**4.2 Conectarea componentelor**

Pentru implementarea dispozitivului de stabilizare, componenta principală este reprezentată de către microcontrolerul Arduino Mega 2560 Rev3. La acest microcontroler fiind conectate mai multe componente: senzorul IMU, două encodere, două drivere FOC de control pentru cele două motoare dar și un led.

Acest microcontroler are următoarea configurație a pinilor:

c**A picture containing text, circuit, electronic engineering, electronic component

Description automatically generated**

*Figura 4.8: Configurație pini Arduino Mega [15]*

A blue circuit board with colorful wires

Description automatically generated with low confidenceSenzorul *MPU6050* utilizează 4 pini ai microcontrolerului: alimentare 3.3V și GND, și se conectează la unul din cele 2 grupuri destinate comunicației I2C, în cazul de față pinul 20 SDA și pinul 21 SCL. Pinul SDA asigură transmiterea datelor în mod serial, iar pinul SCL sincronizează comunicația dintre cele două dispozitive.

A circuit board with wires

Description automatically generated with low confidence

*Figura 4.9: Schema de conectare a senzorului MPU6050 la Arduino Mega*

Encoderele *AMT103-V* utilizează împreună 6 pini: alimentare 5V și GND, encoderul destinat motorului corespunzător axei Oy folosește pinii digitali 2 și 3, iar cel de al doilea se folosește de pini de comunicație 18 și 19. Pini 2, 3, 18 și 19 au o caracteristică necesară lucrului cu aceste encoderele, ei sunt destinați lucrului cu întreruperi externe. Întreruperile externe asigură gestionarea evenimentelor externe în timp real dar și economisirea timpului de procesare, acesta putând executa codul principal fără să mai verifice starea unor evenimente.

**A picture containing screenshot, circle, diagram

Description automatically generated**

*Figura 4.9: Schema de conectare a encoderlor AMT la Arduino Mega*

Cele două drivere FOC ocupă 12 pini dintre care: 6 pini PWM (pulse width modulation), 4 pini digitali și 2 pini de alimentare. Primul shield, *SimpleFOCShield v2.0.4* ocupă 5 pini digitali PWM: 4, 5, 6, 8 și 9 dar capacitatea de modulare a lățimii semnalului este folosită doar de pinii 5, 6 și 9, pinul 8 fiind utilizat cu rol de enable iar pinul 4 fiind setat pe 0 (LOW). Pe lângă aceșți pini, acest driver ocupă și pinul de Vin și un pin de masă (prin care se realizează alimentarea microcontrolerului). Cel de al doilea driver, *SimpleFOCMini,* este de o dimensiune mai mică lucru ce se reflectă și în numărul scăzut de pini digitali 5: 3 dintre aceștia fiind utilizați ca PWM ( 10,11,12) iar pinul 7 având rolul de enable și pinul 13 fiind setat pe 0. Acestea sunt alimentate de la o sursă de 12V, iar legătura cu motoarele BLDC se face prin intermediul celor 3 ieșiri, L1, L2 și L3 corespunzătoare celor trei faze ale motorului.

A picture containing circuit, electronic engineering, electronic component, text

Description automatically generated**A picture containing electronic engineering, circuit, electronic component, circuit component

Description automatically generated**