

BEE CLUSTER



ELEVI :

-MEREUȚĂ ROBERT

LICEUL TEORETIC "EMIL RACOVITĂ"

VASLUI, CLASA A IX-A -

HARDWARE

-CHIRIȚESCU DENIS

LICEUL TEORETIC "MIHAIL

KOGĂLNICEANU", CLASA A X-A

SOFTWARE

ONCS

OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE
CREATIVITATE ȘTIINȚIFICĂ





APICULTURA **ÎN ROMÂNIA**

Apicultura în România are o tradiție îndelungată și este una dintre ramurile agriculturii care aduce un aport semnificativ țării noastre, situându-ne pe locul II în Europa la producția de miere de albine. Datorită diversității florale și resurselor naturale abundente, România produce miere și alte produse apicole de înaltă calitate. Cu toate acestea, apicultura se confruntă cu provocări precum schimbările climatice, utilizarea pesticidelor necontrolată și concurența cu produsele apicole importate, iar eforturile pentru promovarea practicilor durabile și protejarea intereselor apicultorilor sunt esențiale pentru viitorul acestei ramuri agricole.

În România, apicultura nu este doar o activitate agricolă, ci și o parte importantă a culturii și tradițiilor rurale încă de pe vremea dacilor. Multe familii tradiționale din mediul rural își mențin stupii de albine ca parte integrantă a modului lor de viață, păstrând astfel o conexiune strânsă cu natura și valorile tradiționale. De asemenea, România se remarcă prin varietatea de miere produsă, de la miere de salcâm și tei până la miere de floarea-soarelui și lavandă, fiecare regiune având propriile sale arome și caracteristici unice. Mai mult decât atât, în ultimii ani, apicultura ecologică și mierea netratată au câștigat popularitate în rândul consumatorilor români, reflectând o creștere a preocupării pentru sănătate și sustenabilitate în alimentație.



COLONY COLLAPSE DISORDER



Una din cele mai mari enigme pentru cercetătorii și biologii din toată lumea rămâne Colony Collapse Disorder(CCD), boala care a decimat un număr enorm de colonii de albine de pe întreg globul.

Ce este de fapt CCD?

Colony Collapse Disorder (CCD) - **Sindromul Depopulării Familiilor de Albine** este o afecțiune în care majoritatea albinelor lucrătoare dintr-o colonie dispar brusc și inexplicabil, lăsând în urmă doar puține albine tinere și puiet în fază de larve. Cauzele exacte nu sunt pe deplin cunoscute, dar se crede că factori precum pesticidele, paraziții și stresul pot contribui la această problemă. CCD are consecințe grave pentru industria apicolă și poate afecta polenizarea plantelor și producția alimentară globală. Această denumire a apărut prima dată în anul 2006 când în America de Nord s-a înregistrat o creștere drastică în dispariția roiurilor de albine.

O altă perspectivă interesantă asupra CCD este legată de contribuția factorilor umani, cum ar fi practicile agricole intensive și schimbările în peisajul rural. În timp ce albinele sunt esențiale pentru polenizarea plantelor, expansiunea agriculturii intensive a dus la pierderea habitatelor naturale și la utilizarea extensivă a pesticidelor și a altor substanțe chimice în agricultură, care pot afecta sănătatea și comportamentul albinelor. De asemenea, migrațiile extinse ale stupilor pentru polenizarea culturilor pot expune albinele la stres suplimentar și la condiții adverse.

În plus, comunitatea științifică investighează posibile soluții inovatoare pentru prevenirea și gestionarea CCD-ului. Acestea includ dezvoltarea de linii de albine rezistente la paraziți și boli, utilizarea tehnologiilor de monitorizare a sănătății stupilor prin intermediul senzorilor și a analizei datelor, precum și promovarea practicilor agricole mai sustenabile, care să protejeze mediul și să mențină sănătatea albinelor. Pe lângă impactul direct asupra industriei apicole și a polenizării plantelor, CCD reprezintă și o ilustrare convingătoare a interconectării complexe dintre ecosistemele naturale și activitățile umane. Aceasta subliniază necesitatea unei abordări integrate și a unui efort colaborativ la nivel global pentru protejarea albinelor și a mediului înconjurător. Fenomenul a fost raportat pentru prima oară de Statele Unite ale Americii în anul 2006 de către un apicultor din Pennsylvania. Un fenomen similar a fost observat în 1998 în Europa de Sud și de Vest.

Conform unui studiu publicat de către Academia Națională de Științe din SUA, motivul depopulării roiurilor de albine este de fapt o reacție a albinelor tinere la stres. În mod normal, albinele tinere îndeplinește în stup sarcini care nu le supun la stres. În momentul în care au ajuns la maturitate(culegătoare), albinele adulte părăsesc stupul pentru a aduce nectar și polen. Atunci când își începe activitatea de culegătoare, organismul albinei este supus unui stres enorm, deci este important să fie pregătită pentru această sarcină și, mai ales, să fi ajuns la maturitate.

PREZENTARE GENERALĂ

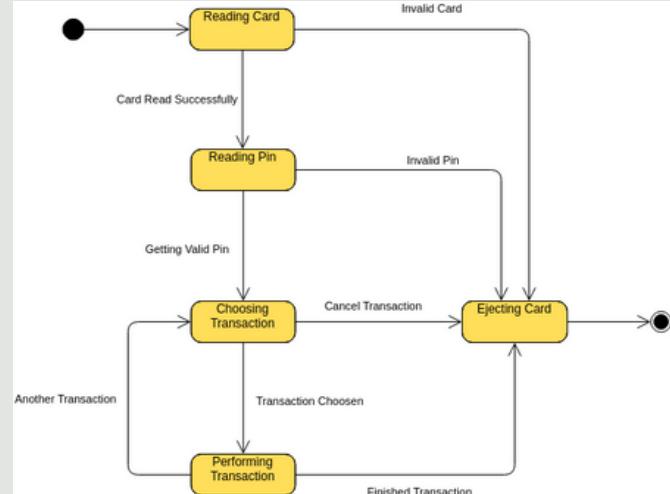
Colony Collapse Disorder(CCD) a fost întâlnit prima dată în Statele Unite ale Americii în 2006, această afecțiune a fost semnalată în diverse țări din întreaga lume, inclusiv în Europa(Germania, Franța, Spania, Italia). În România nu a fost raportat în mod oficial nici un caz de CCD, dar pentru a preveni o astfel de boală a fost conceput un sistem automat de diagnosticare care poate fi instalat în imediata vecinătate a unei colonii de albine de referință, și care poate măsura anumiți parametri a colonei în perioada activă (martie-noiembrie). Sistemul automat măsoară greutatea totală a coloniei pe toată perioada precum și temperatura și umiditatea din interiorul coloniei. Datele sunt trimise în mod regulat (zilnic) către un server MQTT de unde sunt extrase și prelucrate pentru a face evaluări și a emite alerte. Sistemul automat independent aflat în stupină este compus dintr-un cântar și o sondă care măsoară temperatura și umiditatea aerului. Sursa de energie este independentă și regenerabilă având panou solar care asigură încărcarea acumulatorilor și o bună parte din consumul sistemului, logica de funcționare a fost concepută pentru economisirea de energie. Comunicația cu sistemul se face doar în cadrul unor ferestre scurte de timp pentru a consuma cât mai puțină energie, iar fiecare modul este alimentat doar în momentul în care este folosit.

Sistemul poate fi folosit și pentru a căntări producția de miere a apicultorilor.

PROTOTIP

Proiectul este la prima versiune a sa, planul pentru următoarele versiuni este de a adăuga mai multe căntare cu rol de "slave", acesta având rol de "master", iar toate să fie conectate prin bluetooth între ele. Întregul sistem va avea o arhitectură de tip "hub-and-spoke" fiind conectate prin module bluetooth, elementul central fiind masterul. În acest mod putem mări acuratețea măsurătorilor.

În versiunea actuală a proiectului, sistemul autonom poate măsura greutatea producției de miere, temperatură, umiditatea din stup, nivelul de baterie a sistemului și frecvența cu care zboară albinele. Comunicarea cu acesta se poate realiza în anumite intervale de timp care sunt anunțate trimițând un mesaj SMS, conectarea la serverul MQTT se face prin intermediul modulului GSM, care se conectează la GPRS(Date mobile).



OBIECTIVE

1

Generează alerte în cazul unei depopulații accelerate



2

Combaterea și prevenirea Colony Collapse Disorder

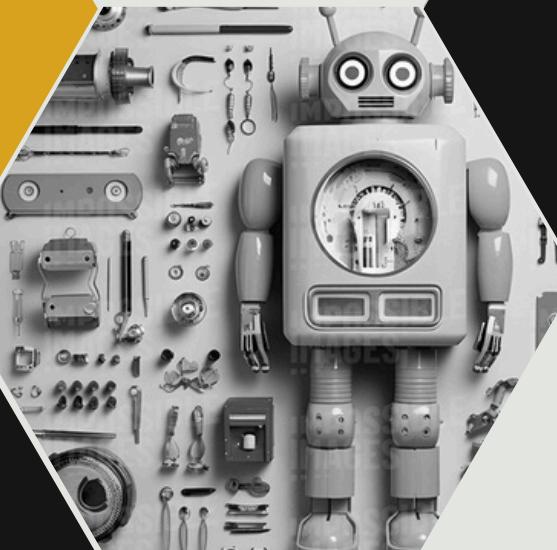
3

Măsurarea sănătății și diagnosticarea stupului

4

Analiza recoltelor în raport cu schimbările climatice (raport - greutate/temperatură/umiditate)





Componente

- SIM800L(modul GSM);
- AHT10(senzor de temperatură și umiditate);
- STM32F1C8(procesor STM 32);
- HX711(modul amplificator loadcell);
- DS1307(modul RTC-Real Time Clock);
- Modul coborâtor de tensiune;
- Convertor USB to UART;
- 4 tranzistori MOSFET canal P;
- Condensator 1000 μ F;
- Celulă de cântărire;
- Rezistor 2.7 k Ω / 10k Ω .
- Suport;
- Raspberry Pi 3;
- Arduino Mega2560;
- Senzor de sunet.



PARTEA ELECTRICĂ

• Alimentare

Modulul de alimentare conține doi acumulatori Li-ion de 3.7V conectați în paralel și cu un convertor ridicător care permite și încărcarea acumulatorilor folosind un panou solar.

Folosind modulul coborâtor de tensiune, ajungem la 4.2V pentru a putea alimenta modulul SIM800L care funcționează între 3.9V și 4.2V.

Modulul GSM SIM800L absoarbe un curent de amplitudine mare (2A) la pornire, astfel este foarte important să nu avem variații sau pierderi de tensiune.



• Reducerea pierderilor de curent și a variației de curent



Pentru a reduce căderile de tensiune și limitările de curent, s-au utilizat tranzistori de tip MOSFET în loc de diode pentru protecția în caz pe polarizare inversă a circuitelor.

Diodele pot provoca căderi de tensiune de până la 0.6V, pe când tranzistorul are pierderi neglijabile (mai puțin de 0,1V).



• Consum

În mod obișnuit, cântarul consumă 0,3A, în perioada de conectare ajunge până la 2A, însă atunci cand intră în modul sleep, poate reduce consumul până la 7mA.

• ADC

Un convertor analog-digital (ADC) către tensiune este un element esențial în arhitectura unui microcontroller. Acesta permite microcontrollerului să convertească semnalele analogice, cum ar fi tensiunea electrică provenită de la senzori sau alte surse, în valori digitale pe care le poate procesa.

Pinul analog al plăcii STM32F1C8 suportă maxim 3,3V, deci trebuie puse rezistențe astfel încât curentul care ajunge la pin atunci cand bateria dă 4,13V să fie de 3,3V. În Figura 2 este reprezentat calculul unui divizor rezistiv de tensiune cu rolul de scalare a tensiunii care provine de la baterie. Valoarea tensiunii de la acumulatori este masurată și trimisă către serverul MQTT.

$$\frac{\text{Resolution of the ADC}}{\text{System Voltage}} = \frac{\text{ADC Reading}}{\text{Analog Voltage Measured}}$$

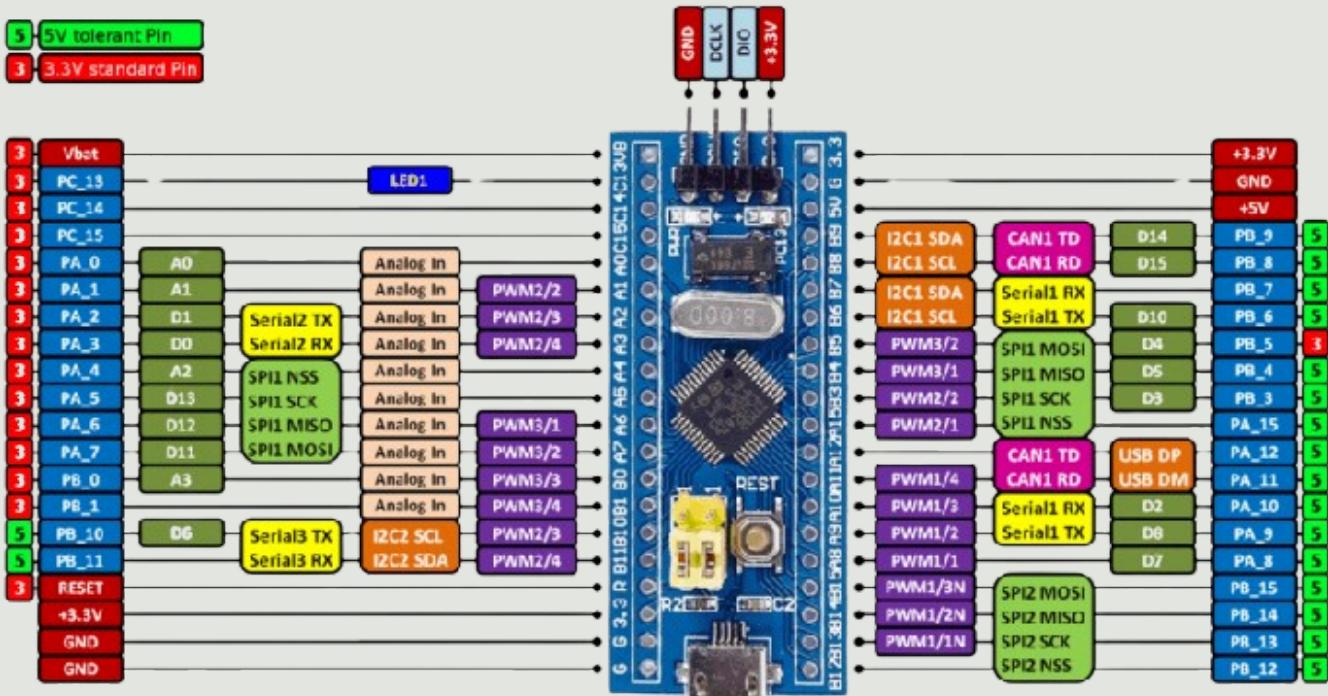
• UART

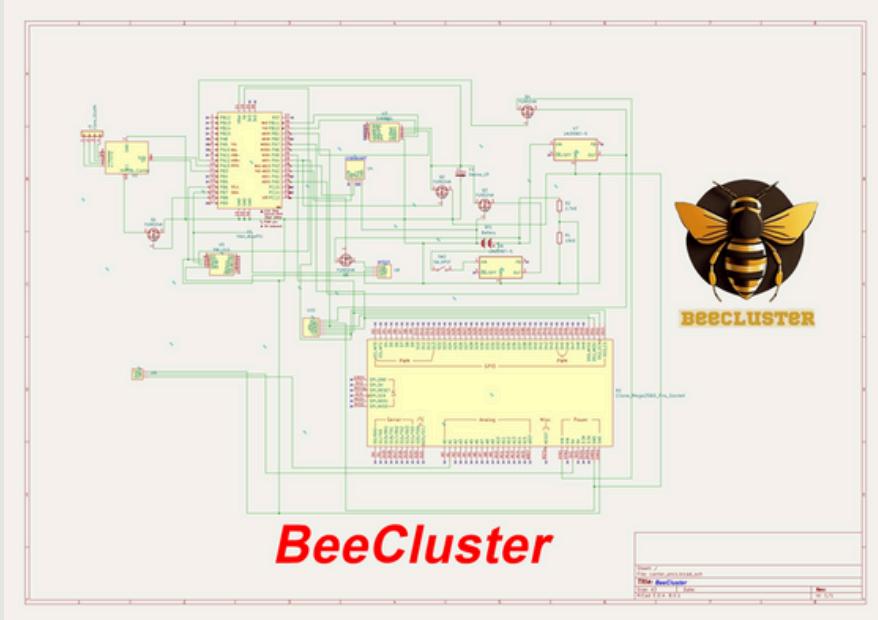
Un convertor USB la UART este un dispozitiv care permite comunicarea între un dispozitiv cu port USB și un dispozitiv cu interfață UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter). Interfața UART este folosită adesea pentru comunicarea serială între dispozitive, fiind întâlnită într-o varietate de aplicații, cum ar fi comunicațiile între microcontrolere, dispozitive periferice și calculatoare.

Convertorul USB la UART este util în situațiile în care un dispozitiv cu port USB trebuie să comunique cu un alt dispozitiv care utilizează interfața UART. De exemplu, un microcontroller fără port USB ar putea comunica cu un computer prin intermediul unui convertor USB la UART.

Acest convertor convertește datele între protocolul USB și protocolul serial UART, permitând astfel transmiterea și recepționarea datelor între cele două dispozitive. Este adesea folosit în dezvoltarea hardware și în alte aplicații care implică comunicări seriale între dispozitive.

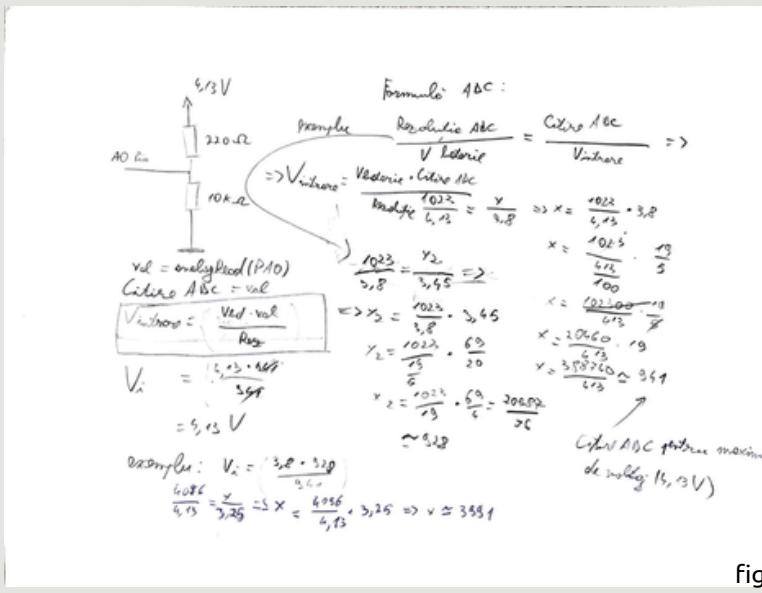
Procesorul STM32F1C8 conține trei module UART native, fiind folosite în cadrul proiectului doar două.





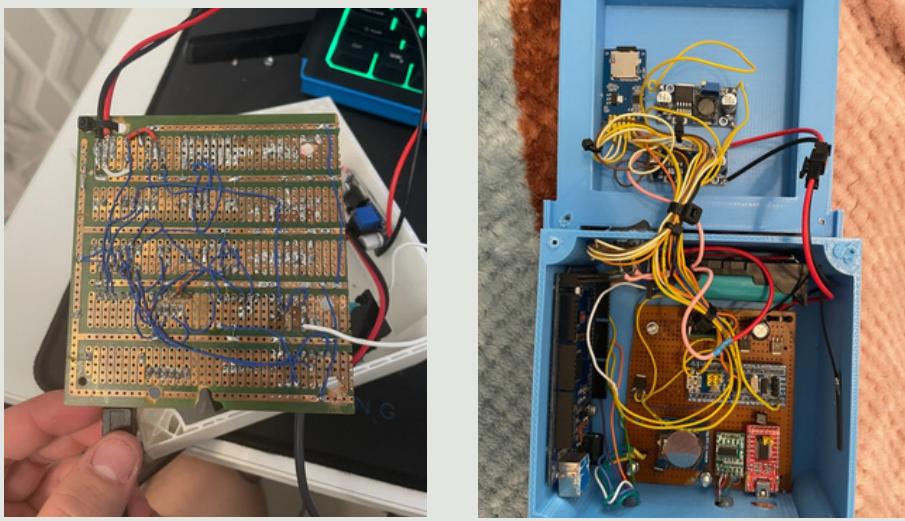
Pentru a proiecta schița circuitului a fost folosit software-ul Kicad

fig.1



În Figura 2 este ilustrat calculul valorii ADC în funcție de valoarea curentului de la intrare și calculul tensiunii de la intrare în funcție de valoarea ADC a pinului. Rezistența de 220Ω a fost înlocuită cu una de $2.7\text{ k}\Omega$.

fig.2



PARTEA ELECTRICĂ



INTELIGENȚĂ ARTIFICIALĂ

A fost folosită Inteligență Artificială pentru studiul graficul frecvenței audio, dacă este o schimbare bruscă de peste 200Hz, această schimbare poate anunța roirea. Atunci când într-un stup se află două regine, una dintre ele va pleca cu roul ei deobicei în cel mai apropiat copac. Pentru a anticipa acest eveniment a fost adăugat tipul Deep Learning de I.A. Am folosit acest tip de I.A pentru că acesta are cea mai mare acuratețe la recunoașterea de imagini și de valori(100% acuratețe). Setul de date cu care a fost antrenat conține 100.000 grafice care variază și același număr de grafice care nu variază.

Rețeaua neuronală convoluțională(CNN)

Rețeaua neuronală convoluțională folosește straturi bidimensionale pentru a recunoaște imagini.

Această rețea conține straturi de tip:

- Input - se introduc cele 15 date ale frecvenței;
- Conv2D - extrage elemente relevante din poze;
- MaxPooling2D - reduce dimensiunea pozei;
- Flatten - transformă matricea finală într-un singur vector;
- Dense - conectează toți neuronii între ei;
- Output - scoate datele prelucrate.

Rețea neuronală profundă(DNN)

Rețeaua neuronală profundă are toți neuronii conectați între ei, aceasta este unidimensională și urmărește valorile graficului. Straturile rețelei:

- Input - se introduc cele 15 date de intrare;
- Dense - conectează toți neuronii între ei;
- Output - scoate datele prelucrate.

Pentru a activa straturile a este folosită funcția ReLU(rectified linear unit), aceasta returnează 0 dacă $x < 0$ și x dacă $x > 0$. Straturile de output sunt activate folosind funcția "sigmoid" cunoscută și sub numele de funcție logistică, care normalizează toate valorile în intervalul $[0, 1]$, această funcție ajută la antrenamentul rețelei neuronale.

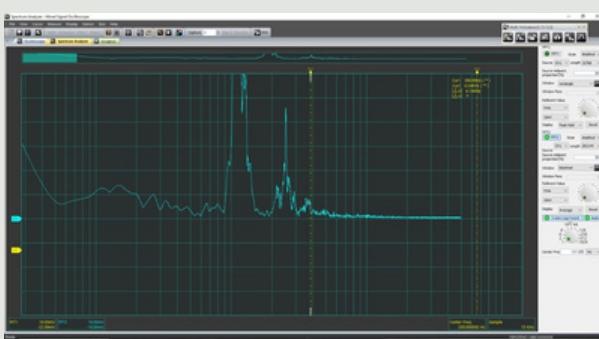
ReLU

$$f(x) = \max(0, x)$$

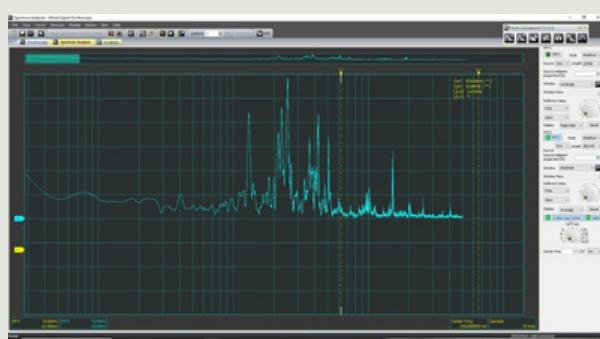
$$\phi(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

PROCESAREA SUNETULUI

Pentru a procesa sunetul de pe senzorul de sunet a fost folosită o placă Arduino Mega2560, care are alimentarea controlată de procesorul STM32, placă Arduino este pornită doar 15 secunde la fiecare raportare. Pentru a transforma datele de la senzorul de sunet în frecvență a fost folosită Transformata Fourier(FFT).



Datele de pe osciloscop când nu este roire



Datele de pe osciloscop când este roire

Pentru versiunile viitoare poate fi adăugată o placă Raspberry Pi cu I.A care să detecteze instant roirea, această îmbunătățire nu poate fi făcută pe plăci Arduino doarece acestea nu au suficientă putere de procesare, încercarea de a implementa Inteligența Artificială pe placă Arduino în versiunea actuală a proiectului fiind un eșec.

LOADCELL

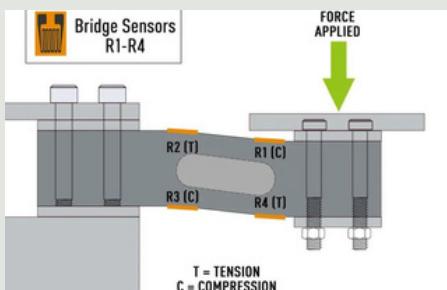
Un loadcell este un senzor piezoelectric de greutate folosit pentru a măsura greutatea sau forța de apăsare (tensionare). În crearea unui cantar pentru stupi, un loadcell este integrat în suport și determină greutatea stupilor. Aceasta funcționează prin măsurarea deformării materialelor sale în funcție de greutatea aplicată.

Când stupii sunt plasați pe platforma echipată cu un loadcell, acesta detectează mici variații în forța aplicată și le convertește în semnale electrice corespunzătoare greutății. Aceste semnale sunt apoi procesate de către un microcontroller sau altă unitate de control pentru a afișa greutatea stupilor.

Utilizarea unui loadcell într-un cântar pentru stupi oferă o modalitate precisă și eficientă de a monitoriza greutatea stupilor, fiind util în gestionarea și monitorizarea albinelor și a producției de miere.

Pentru a folosi un loadcell cu un microcontroller, celula trebuie conectată la modulul HX711 de amplificare.

Modulul HX711 funcționează prin folosirea unei tehnici numite amplificare în cascadă pentru a măsura mici variații ale tensiunii provenite de la load cell. Acest modul utilizează un convertor analog-digital (ADC) de înaltă precizie pentru a măsura și converti semnalele analogice primite de la load cell în valori digitale pe care le poate citi Arduino sau alt microcontroller.



MQTT

MQTT (MQ Telemetry Transport) este un protocol de mesagerie deschis ușor, care oferă clienților de rețea cu resurse limitate o modalitate simplă de a distribui informațiile de telemetrie în medii cu lățime de bandă redusă. Protocolul, care utilizează un model de comunicare de publicare/abonare, este utilizat pentru comunicarea de la mașină la mașină (M2M). Creat ca un protocol cu supraîncărcare redusă pentru a se adapta limitărilor de lățime de bandă și CPU, MQTT a fost proiectat să ruleze într-un mediu încorporat în care ar putea oferi o cale de comunicare fiabilă și eficientă.

Protocolul MQTT oferă o metodă ușoară de a efectua mesaje folosind un model de publicare/abonare. Acest lucru îl face potrivit pentru mesageria Internet of Things, cum ar fi cu senzori de putere redusă sau dispozitive mobile, cum ar fi telefoane, computere încorporate sau microcontrolere. În MQTT există câteva concepte de bază:

- Publicare/Abonare - Într-un sistem de publicare și abonare, un dispozitiv poate publica un mesaj pe un subiect sau poate fi abonat la un anumit subiect pentru a primi mesaje.
- Mesaje - Mesajele sunt informațiile pe care dorîți să le schimbați între dispozitivele dvs. Aceasta poate fi fie o comandă, fie date.
- Subiecte - Subiectele sunt modul în care înregistrați interesul pentru mesajele primite sau modul în care specificați unde dorîți să publicați mesajul.
- Broker - Brokerul este responsabil în primul rând pentru primirea tuturor mesajelor, filtrarea mesajelor, decide cine este interesat de ele și apoi publicarea mesajului tuturor clienților abonați.



STATE MACHINE

Funcționarea de tip State Machine este împărțită în 6 ferestre:

Starea 0: Robotul verifică dacă modulul GSM este funcțional.

Starea 1: Este verificat nivelul de semnal al modulului GSM.

Starea 2: Se afișează greutatea, temperatura și umiditatea.

Starea 3: Sistemul intră în DeepSleep și resetează greutatea.

Starea 4: Se realizează conexiunea la Date Mobile (GPRS).

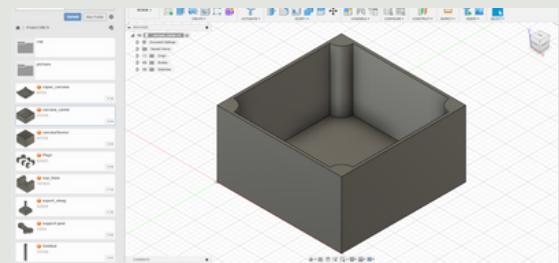
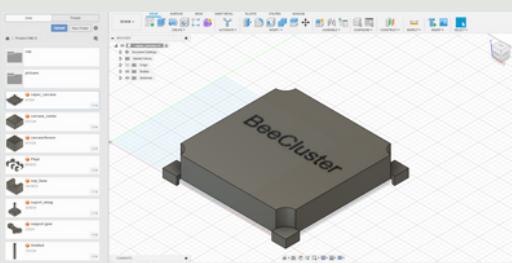
Starea 5: Se realizează conexiunea la serverul MQTT, unde se publică toate datele.

Alte evenimente din timpul stărilor:

- În fereastra 4 se trimit un SMS pentru a anunța deschiderea ferestrei de comunicare.
- În fereastra 5 putem trimite comenzi.

PROIECTARE 3D

Carcasa în care se află toate componentele a fost realizată la o imprimanta 3D folosind filament PLA+ alb. Pentru a proiecta carcasa a fost folosit software-ul Fusion360 de la Autodesk. Au fost măsurate dimensiunile placii folosind řublerul.



STOCAREA DATELOR

Pentru păstra toate datele trimise de către sistemul de diagnostică, o placă de tip Raspberry Pi 3 va rămâne pornită constant. Aceasta ascultă pe subiectele(topic-urile) unde sunt trimise mesajele, atunci când primește un mesaj aceasta îl stochează în câte o bază de date diferită pentru fiecare subiect(topic).



SOFTWARE

Arduino

Programul care stă la baza sistemului automat de diagnosticare apicolă este organizat într-o buclă principală care gestionează diferitele stări ale dispozitivului. În fiecare stare, se efectuează anumite acțiuni în funcție de condițiile stabilite. De exemplu, în starea 0 se verifică conexiunea la modemul GSM și semnalul, iar în starea 2 se măsoară greutatea și temperatura/umiditatea și se trimit datele către un broker MQTT. În plus, sunt definite mai multe funcții auxiliare pentru a gestiona hardware-ul și conexiunile MQTT.

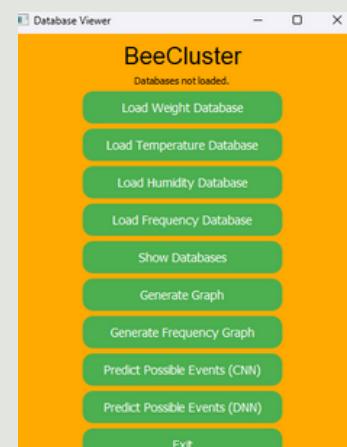
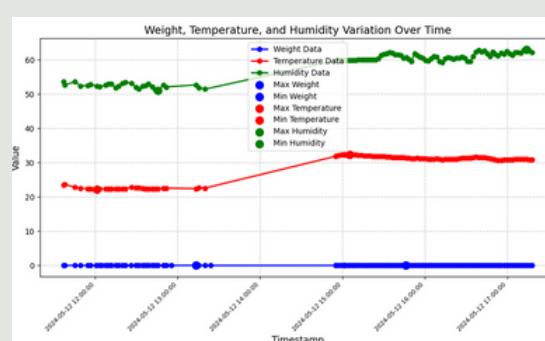
Programul care stă la baza plăcii Arduino Mega2560, placă care procesează sunetul, a fost dezvoltat în Arduino IDE, acesta include bibliotecile "SD.h" și "arduinoFFT.h". Biblioteca "arduinoFFT.h" este biblioteca pentru Transformata Fourier, care transformă din valorile analogice de pe pinul senzorului în frecvență.

Programul a fost realizat folosind software-ul Arduino IDE, în limbaj C/C++. Arduino IDE (Integrated Development Environment) este un mediu de dezvoltare integrat care este folosit pentru a programa plăcile Arduino. Este un software gratuit și open-source care oferă unele și funcționalități necesare pentru a dezvolta și încărca cod pe plăcile Arduino. Pentru a programa plăci STM folosind Arduino IDE, este necesar să se adauge suport pentru STM32 în Arduino IDE, utilizând o bibliotecă suplimentară sau un core specific pentru STM32.



Programul care stă la baza aplicației de vizualizare a bazelor de date și de generare a graficului datelor a fost scris în limbaj Python folosind software-ul PyCharm IDE. Pentru a crea imaginea grafică a codului a fost folosită biblioteca "PyQt5". Pentru a lucra cu bazele de date a fost folosită biblioteca "sqlite3", care folosește limbaj SQL, pe lângă Python. Pentru a stoca datele primite de către cânțar, placă Raspberry Pi 3 stă pornită constant, atunci când primește un mesaj pe topic-urile de masă și de temperatură le stochează în câte o bază de date diferită. Atunci când trebuie să se încarce bazele de date în aplicație se folosește software-ul WinSCP pentru a copia fișierele .db(database) de pe Raspberry Pi în calculator. Programul care stă la baza plăcii Raspberry Pi 3, pentru stocarea datelor, a fost scris în Python folosind software-ul PyCharm IDE. Pentru conectarea la server-ul MQTT a fost folosită biblioteca "paho.mqtt", iar pentru scrierea bazelor de date a fost folosită biblioteca "sqlite3" care folosește, și limbaj Python, dar și limbaj SQL.

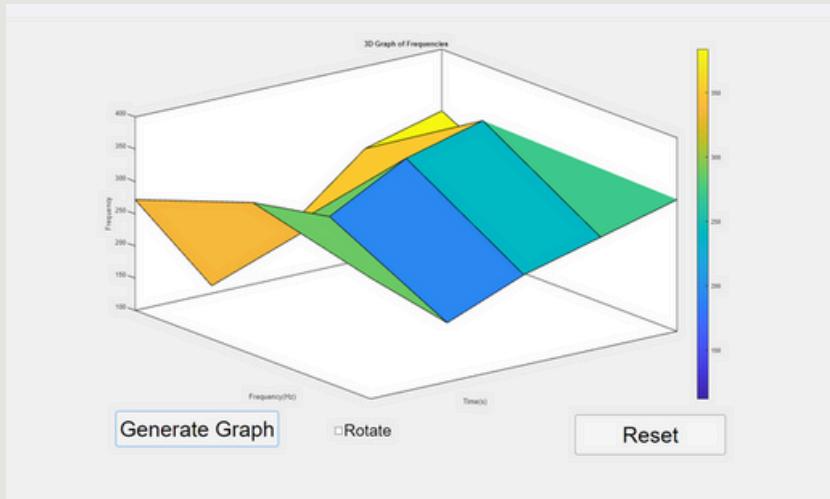
- Se încarcă în aplicație fișierele .db, butonul "Generate graph" creează un grafic pentru valorile luate din baza de date care variază în funcție de timp și detectează dacă este o creștere / scădere bruscă.
- Dacă este detectată în grafic o scădere bruscă / creștere mare, brusca este oferită o diagnoză posibilă a stupului în funcție de grafic, diagnoza este diferită pentru greutate / temperatură/umiditate și pentru creștere/scădere.



Variația greutății, temperaturii și umidității în funcție de ora la care au fost primite de server.

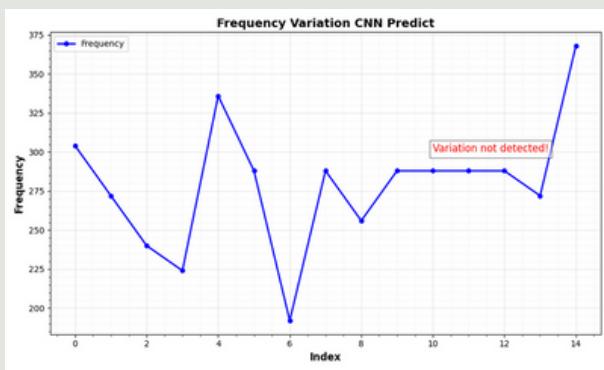
MATLAB

Pentru a vizualiza datele frecvenței am folosit software-ul MATLAB, în care am realizat o aplicație care reprezintă ultimul sir de date din fișierul "data.txt" de pe calculator într-un grafic 3D. Această aplicație are și opțiunea de a roti graficul.

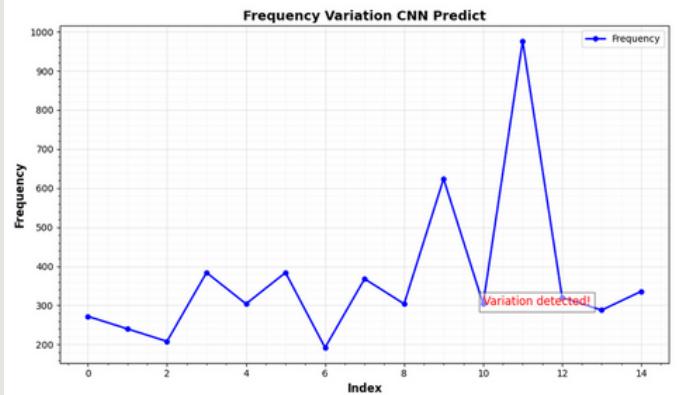


COLECTAREA DATELOR

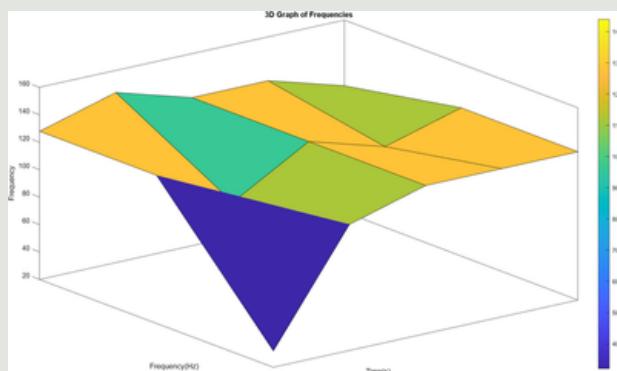
Datele sunt reale și au fost preluate dintr-un stup astfel încât să putem vedea datele reale despre stupii furnizate de stup în condiții normale de recoltare, dar și în condiții de roire. Sistemul a fost montat pe un stup și a colectat date timp de o zi, fiecare set de date fiind trimis din 5 în 5 minute.



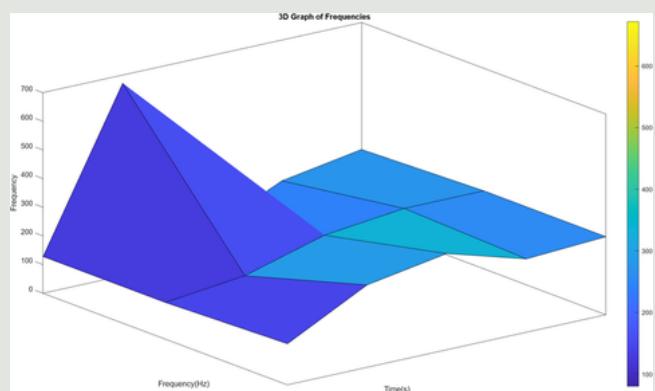
Grafic normal fără roire



Grafic cu roire

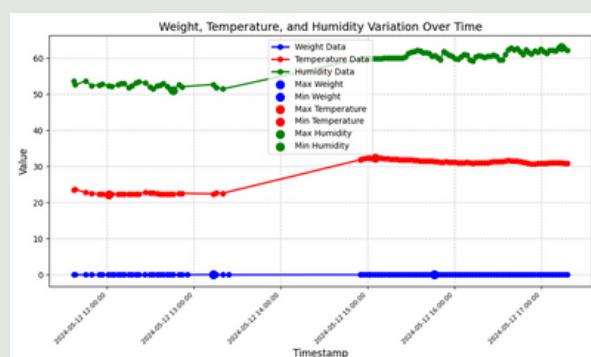


Grafic normal fără roire



Grafic cu roire

Graficul greutății, temperaturii și al umidității



BIBLIOGRAFIE

https://ro.wikipedia.org/wiki/Apicultura_%C3%AEn_Rom%C3%A2nia#:~:text=Apicultura%20%C3%AEn%20Rom%C3%A2nia%20sau%20stup%C4%83ritul,cear%C4%83%20%C8%99i%20alte%20produse%20apicole.

https://www.itemis.com/en/products/itemis-create/documentation/user-guide/overview_what_are_state_machines

https://en.wikipedia.org/wiki/Colony-collapse_disorder
<https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1422089112>
“Cum să menținem albinele sănătoase” de Wolfgang Ritter

<https://cleste.ro/>
<https://ardushop.ro/>
<https://www.aliexpress.com/>

<https://www.techtarget.com/whatis/definition/analog-to-digital-conversion-ADC>
<https://www.kicad.org/>

<https://www.omega.com/en-us/resources/load-cells>
<https://mqtt.org/>
<https://aws.amazon.com/what-is/mqtt/#:~:text=The%20MQTT%20broker%20is%20the,and%20sending%20them%20there%20messages.>

<https://www.autodesk.com/>
<https://www.raspberrypi.com/>

<https://www.arduino.cc/>
https://www.st.com/content/st_com/en.html
<https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeprog.html>
<https://www.python.org/>
<https://www.jetbrains.com/pycharm/?var=1>
<https://matlab.mathworks.com/>
<https://www.ibm.com/topics/deep-learning>
“Deep Learning” de John D. Kelleher
[https://ro.wikipedia.org/wiki/Transformata_Fourier#:~:text=%C4%83%C8%99matematic%C4%83%C2%80%C8%99transf%C4%83rmata%C2%80%C8%99Fourier%C2%80%C8%99\(num%C4%83t%C4%83,dar%C2%80%C8%99reorganizat%C4%83%C2%80%C8%99dup%C4%83%C8%99%C2%80%C8%99frecven%C4%83tele%C2%80%C8%99componente.](https://ro.wikipedia.org/wiki/Transformata_Fourier#:~:text=%C4%83%C8%99matematic%C4%83%C2%80%C8%99transf%C4%83rmata%C2%80%C8%99Fourier%C2%80%C8%99(num%C4%83t%C4%83,dar%C2%80%C8%99reorganizat%C4%83%C2%80%C8%99dup%C4%83%C8%99%C2%80%C8%99frecven%C4%83tele%C2%80%C8%99componente.)