

Óbudai Egyetem

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

Automatika Tanszék



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

**MÉHÉSZETI ADATGYŰJTŐ,
RAJZÁS ELŐREJELZÉSÉHEZ**

Szerző: **Somogyvári József**
villamosmérnök MSc. szak, II. évf.

Konzulens: **Dr. Molnár Zsolt**
adjunktus

Budapest, 2024.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. A kutatás hipotéziseiről.....	4
2.1. A méhek kommunikációjáról	4
2.2. A legmodernebb rajzás előrejelzésről	6
2.2.1. Hipotézisem előzményei.....	6
2.2.2. A hipotézisem.....	7
2.3. A rajzás előrejelző fejlesztéséről	8
2.3.1. A hipotézis bemenetei	8
2.3.2. A hipotézisek.....	8
3. Mérőrendszer követelményei.....	9
3.1. Méhészeti követelmények	9
3.2. Környezeti követelmények.....	10
3.3. Funkcionális követelmények.....	10
4. A mérőberendezés elemei	11
4.1. Szenzorok	11
4.1.1. A mikrofonról.....	12
4.1.2. A hőmérséklet érzékelőről	12
4.2. Feldolgozó egység.....	13
4.3. Kommunikációs vonalak.....	15
4.3.1. Terminálos adat lekérdezés	15
4.3.2. FTP-s adat lekérdezés	15
4.4. Tápellátás	16
4.5. Kapcsolási rajzok	19
5. A szoftver.....	21
5.1. Setup() függvény	21
5.2. Loop() függvény.....	22

5.3.	Adat lekérdezés	23
5.3.1.	Terminálon keresztül.....	23
5.3.2.	FTP-n keresztül	23
6.	Jövőbe tekintés.....	24
6.1.	Adat feldolgozás.....	24
6.2.	Végtermék megfogalmazása	25
7.	Összefoglalás	25
8.	Irodalomjegyzék	26

1. Bevezetés

Az emberiség régóta együtt él és profitál a méhekből, emiatt nem csoda, hogy a legtöbb méhészt és az ezen területen kutatókat is szorgosan próbálkoznak megérteni kommunikációjukat és a jövőbeli viselkedésükre utaló jeleiket. Ugyanakkor sajnos kis társaink sokkal nagyobb fejtörést okoznak, mint azt elsőre hinnénk. A kommunikációjuk sokszínű, változatos és sok rejtély övezi.

A jelenkor méhészeinek a legnagyobb fejtörést a rajzás gátlás, és előjeleinek felismerése okozza, hiszen a megrajzott család meggyengül és a legtöbb esetben az adott évben ki kell vonni a termelés alól. A termelő családokon kívül a rajzás megelőzése a méhanya nevelés esetén is szerves része a méhészt feladatainak. [1]

A méhanya nevelés egy mesterségesen rájoztatási forma, ebben az esetben egy mesterségesen nevelt, bölcsős vagy kikelt méhanyát adunk egy elanyátlanodott családnak, amit sokszor szintén mesterségesen hoz létre a méhészt. A folyamat végeredményeképpen pedig egy bepárazott anyával rendelkező raj méretű családra számíthatunk vagy egy párazott anyára. Utóbbit részesítik előnybe, hiszen a termelést serkenti az új, „idei” anya és mérsékli a rajzási ösztönt is egy termelő családnál.[2]

A folyamat egyszerű, ugyanakkor a kivitelezést sok apróság bonyolulttá és hibázásra érzékenyvé teszi. A „nagyüzemi” méhanya nevelésben a kezdő rajcsaládot a lehető legszűkebb pároztató kaptárban kell tartani a minél hamarabbi párazás érdekében (általában 1-2 nappal hamarabb, mint a nagyobb kaptárakban) és a legjobb fogadási esély miatt (olykor

az idegen illat miatt megtámadják az anyát, kis népeség esetén jobban érvényesül az anya). Ez a kezdeti feltétel hamar hátránnyá alakul át, mikor a sikeres párzást és fiasítást követően a család helyszűke hiányában megrajzik vagy noszémásodni kezd (betegség). Gondolhatnánk, hogy a folyamatos ellenőrzés megoldást jelenthet, ugyanakkor sajnos tévedünk. Minden kaptárbontással megzavarjuk a párzatlan anyát és családját. A megzavarás jobb esetben párzás kitolódást, család gyengülést, rosszabb esetben a méhanya felrepülésével/elvesztésével, károsodásával, halálával is járhat, emiatt szükséges a minél zavartalanabb vizsgálat. A folyamatot tovább bonyolítja, hogy általában 1 hét alatt, máskor akár időjárás, vagy más tényezők miatt 4-6 hét múltán párzik, majd petézik pár napra rá a méhanya. (A szakirodalom 3 hétnél tovább nem javasolja a várakozást, mivel ez idő alatt jelentősen legyengülhet a rajcsalád.) Megközelíthetjük tehát úgy is, hogy 3 hétig nem nyitunk kaptárt, ugyanakkor olykor előfordul, hogy ez alatt a 3 hét alatt is kialakul a család rajzóhajlama, amit szinte lehetetlen elcsitítani. Illetve a méhanyanevelő telepek a minél több méhanya neveléséből élnek, tehát nem profitábilis olykor 3 hétig várni. [1][2]

Tehát itt találkozunk a termelő család és a nevelt család problémája. Nevelt családnál könnyebb és gazdaságosabb előidézni a rajzóhajlamot, így velük fogom végezni kutatásom a rajzás felismerésben. E mellett a jövőbeli felügyeleti rendszer kitérhet a párzás igazolására és az esetleges anya vesztes detektálására is. Sajnos olykor 1-1 madár elkapja párzás közben a szüzanyát. Mind ezt megpróbálva a lehető leggazdaságosabb módon kivitelezni egy beágyazott rendszer formájában.

Természetesen, mint minden egyes ismeretlen terület esetén az első és legfontosabb a megfigyelés és annak eredményei feldolgozása. Fontos ugyanakkor megjegyezni, hogy a folyamatos „méh nézegetésnek” ára van, mégpedig a család legyengülése. Ebből kifolyólag a megfigyelésnek olyan formája jöhetett csak szóba, ami nem invazív a méhcsalád számára. A mérőberendezés története itt kezdődött...

2. A kutatás hipotéziseiről

2.1. A méhek kommunikációjáról

Hipotézisem szerint a méhek kommunikációjának gyökeréhez az illatokon és ízeken keresztül vezet az út. A család, ahogy már mások is hivatkoztak a méhek családjára előttem, szerintem is úgy viselkedik, mint egy szervezet. Szerintem a különböző vegyületek, ízek, feromonok hatására változik a család egészének viselkedése. 1-1 méhecske megfeleltethető 1-1 sejtnek, aminek fejlettségétől függően egyes feromonokra

egyre intenzívebb reakciót fejtenek ki, majd az idő előrehaladtával biokémiai változások miatt más feromonokra lesznek érzékenyebbek az egyén méhecske. Végeredményképpen pedig a sok-sok „sejt” egyéni elégedettsége önmagában végződik miközben a teljes család elégedettségét támogatja. Egy példán keresztül talán érthetőbb: minden egy feromon, egy illat egy ízzel kezdődik a példánkban egy „méhpuszi”-val, ahol az egyik méh a másiknak átadja az ő által hordozott összes információt. Ugyanakkor a fogadó az összesből a számára legfontosabbat, legnagyobb ingert kiváltót értelmezi és az alapján formálja következő döntését. Miközben a döntését végrehajtja ő elégedett lesz és ezt az elégedettség információt fogja továbbítani a környező méheknek. Megfigyeléseim alapján a látszólag csak bolyongó méh útja közben sok társát megérinti, megpusztilja információt cserélve vele még nem eldönti végleges célját. Összegezve tehát az íz- és illatalpú kommunikáció elméletem szerint mind lokálisan és kaptáron belül globálisan kifejti hatását, előbbit az egyénre gyorsan, utóbbit az egész családra lassacskán. Alapvetően egyéni és szervezeti célmeghatározó egyszerű információk továbbítására alkalmas.

A számunkra vizuális kommunikáció hipotézisem alapján lokálisan összetett információt továbbít, vagy egy helyi jólszituált egyszerű információt. Az érintés, a mozgás közbeni információ átadásnak (pl. tánc) kialakulásának fő indoka szerintem a gyorsaságában és egyértelműségében rejlik. Gondoljunk csak bele a kaptár többnyire sötét, zajos és illatok sokasága lengi be, tehát egy összetett információnak sok zavaró tényezője lenne, ha csak hang és illat és/vagy íz alapján történne az információ közlés. Szükséges a tánc és az illat is, mivel a tánc összetett információt az íz és illat pedig egyszerűt továbbít. (Utóbbi mondat a méhészetben kutató társadalmat megossza. Vannak, akik szerint az íz és illatanyag nem szükséges.) A kirepült méhek száma pedig függ az egyének állapotától, hogy éppen milyen illatra érzékenyek és az íz/illat intenzitásától, mely beállít a kaptáron belül egy terjedési sugarat, mint egy internetes üzenet TTL értéke.

Érezzük, hogy kell még valami, valami, ami azonnali és a kaptár egészére kiterjedhet, nos szerintem erre megoldás a hang és vibráción alapuló kommunikáció. Mikor egy méhanya születik hangos tüteléssel jelzi mindenkinek megérkezését, mikor a méhek veszélyt éreznek szárnycsapásaikkal hangosan felzendülnek, mely zendülés hullámként terjed és hangosodik, mikor a felfedező méh visszaér tánca előtt ütemes zümmögéssel hallgatóságot toboroz, mindegyik egy különböző, de fontos esemény a család életében. Elméletem szerint a méhek a hangalapú kommunikációt a gyors és fontos, egyszerű,

jelzésértékű információkra használják. A vibrációk pedig hozzájárulnak az alap családhangulat feltérképezésében és/vagy a helyi események feltérképezésébe. Azt se tartom kizártnak, hogy bizonyos rezgések és hangok esetén a méhekben különböző „hormonok” szabadulnak fel (nem lenne egyedi eset az állatvilágban). Végző sorban gondoljunk bele mennyire lenne hatékony egy kizárólag zümmögésen alapuló kommunikáció egy több tízezres zsúfolt családban. Katastrófa lenne, pont ezért csak a fontos dolgoknak van hangja.

2.2. A legmodernebb rajzás előrejelzésről

2.2.1. Hipotézisem előzményei

A rajzás előrejelzésben jelenleg legmodernebb és legpontosabb módszere a 3DFT-os, amit Dr. Bencsik Márton és társai eredménye. Vibráción alapul és gyorsulásmérővel mérik, amit a kaptárkeret viaszába olvasztanak bele. Két stratégiával is vizsgáldtak, az egyik pillanatnyi spektrumot, a másik spektrális evolúción alapszik. Mind a kettő esetben korrelációt keresnek a 2014-ben Franciaországban gyűjtött nem rajzó és rajzó családok spektrumaival. A kutatás eredményéből kiderül, hogy a pillanatnyi spektrumon alapuló módszer pontosabb a spektrális evolúción alapulóhoz képest. Ugyanakkor megjegyzendő, hogy mindkét módszer 90%-nál pontosabb adatokat szolgáltatott. Ezen felül más akár mikrofon alapú rendszerek is léteznek, melyek pontossága ingadozó, de van olyan mely már közelíti a 80%-os pontosságot. [3][4][5][6][7][8][9]

A méhek egész pontosan előre érzik a környezetük jövőbeli változásait és alaposan felkészülnek rá. Egy átlagos méhészt is saját bőrén is képes érezni kis barátaink remek előrejelző képességét. Példaként, ha borús az idő, de a méhek kaptárbontáskor nyugodtak, akkor várhatóan nem lesz nagy felhőszakadás rövidesen, de ha ingerültek, akkor bizonyára a méhésznek sietnie kell.

Előbbieken tehát azt állítom, hogy a méhek képesek órákkal előre gondolkodni együttesen, családként és a megfelelő döntést hozni. Ugyanakkor állíthatom, hogy együttesen, családként akár hetekkel előre is tudnak tervezni, ezt például a rajzással és a tél előtti fészekrendezéssel tudom indokolni. A kérdés természetesen, hogy hogyan és milyen adatok alapján döntenek?

Ezen kérdések megválaszolásait könnyedén át tudjuk hidalni, amennyiben célzottan egy folyamatot vizsgálunk, aminek tudjuk a várható eredményeit és az összefüggését egy közbenső jellemzőjével. Bencsik Márton és társai is így dolgoztak, a gyűjtött adatok átlagával állították fel az összefüggést. Az így kapott összefüggés kétségkívül működik, ugyanakkor mégsem 100%-os. A miértjére kerestem/keresem a választ.

2.2.2. A hipotézisem

Hipotézisem alapján a hibát térben és időben kell keresni. Az adatgyűjtés helyén és időben más környezeti ingerek érték a méhcsaládokat és más állapotban voltak a méhcsaládok. Nagy számú mintavételezés történt ugyan, ami célzottan az ilyen eltéréseket hivatott korrigálni, de sajnos nincs két ugyanolyan év és két ugyanolyan méhcsalád sem. Ebből adódik, hogy két azonos rajzási folyamat sincs.

Feltevődik a kérdés melyik esemény biztosabb: előfordul két azonos fejlettségi szint vagy két azonos folyamat lefutás? Erre a logikus válaszem, hogy a fejlettségi szint, hisz a folyamat lefutásában sokkal több a bizonytalanság. Amennyiben az idő, hely, a környezet és a méhcsaládok állapota nem azonos, akkor a válasz máris a zsebünkben van. A spektrális evolúciós stratégiájára nagyobb hatással vannak a külső tényezők, ezért nagyobb a pontatlansága. A pillanatnyi spektrumon alapuló módszerre ugyan úgy hatnak, de csekélyebb mértékben a külső tényezők és ezenkívül negatívan hat még az átlagolás bizonytalansága is (mindkét esetre). Példa: könnyebb megmérni a talaj-lépcsők magasságait pontosan, mint lépcsőzésekor a magasság nyeresének a függvényét. Avagy fejlődési pontokat könnyebb keresni.

2.3. A rajzás előrejelző fejlesztéséről

2.3.1. A hipotézis bemenetei

Amennyiben a 2.1 fejezetben tett hipotéziseim helyesek, a legpontosabb rajzás előre jelzést a rajzási folyamat közben termelődő feromonok koncentrációjának figyelésével tudnánk elérni. A tudomány jelenlegi állása szerint ezen feromont a méhanya termeli, tehát ismert a forrás, ugyanakkor ennek mérése kifejezetten komplikált, nem utolsó sorban bizonytalan a kivitelezhetősége, költséges és méhészeti szempontból bonyolult is lehet. Ugyanakkor Bencsik Márton és társai munkásai bizonyították, hogy a rajzás előkészítésének folyamata közvetetten, vibrációk mérésével is nagy pontossággal megállapíthatóak. [10]

2.3.2. A hipotézisek

Amennyiben a 2.2.2 fejezetben tett megállapításaim igazak és a rajzási folyamatok minden esetben azonos mérföldkövekkel rendelkeznek, akkor léteznie kell egy közvetett méréssel kapott zaj nélküli Fourier spektrumnak, amely egyértelműen utal a rajzási folyamat megkezdésére, illetve annak állapotára. Tehát a problémát a zaj, a párhuzamosan futó folyamatok okozzák, amik lehetnek bármik, ami a kaptáron belül (vagy kívül) történik.

A fentiek alapján lehetséges meghatározni a rajzási folyamat meglétét két Fourier spektrum korrelációjának vizsgálatával, amennyiben a kaptáron belüli zajok kiszűrhetőek vagy a spektrumra gyakorolt hatásuk jól közelítve definiálható. A kaptáron belüli zajok spektrumát ugyanakkor teljes pontossággal nem lehet meghatározni, mivel a kaptár népessége mind más-más folyamaton dolgozik. Ebből kifolyólag a szenzor helye jelentősen befolyásolja az eredményt.

A külső körülmények Fourier spektrumra gyakorolt hatását közelíteni lehet a külső hatás előtti és a hatás közbeni Fourier spektrum változásával. Ennek alapfeltétele, hogy ismerjük a méhek által le reagált külső hatásokat és ismerjük az éppen zajló folyamatokat. Ha előbbiek ismertek, akkor jó közelítéssel megállapítható a külső hatás zajai a Fourier spektrumra. Megérzéseim szerint a Nap állása, a napsütötte órák száma, a napszél intenzitásának változásai, a hőmérséklet, a csapadék, a méhlegelő hozama, a föld mágneses tere stb... mind hatással lehet a család állapotára, így a közvetetten a mért Fourier spektrumára is.

A megfigyelés ideje szintén jelentős, súlyozást kíván. A napközbeni hordás és az esti munkálatok elméletem szerint két különböző állapot. Sikerült egy alkalommal megfigyelnem, hogy napnyugta után kicsivel, mikor már közel minden sötétbe burkolózott a kaptárból egy különös „uohm” hang zendült fel egy forrásból, aminek hatására a család egy pillanatra elhallgatott, majd monoton egységes zümmögésbe kezd. Erre a megfigyelésre alapozva hipotézisem, hogy a méhek világ érzékelésének szerves része a napkelte és napnyugta és tudatosan e két időpillanathoz ütemezik a család munkáit. Sejtéseim alapján napközben a munka kap hangsúlyt, még napnyugta után, mikor a méhek már mind a kaptárban tartózkodnak elkezdődik az információ csere időszaka, ami megalapozza a család másnapi tevékenységének egy részét, így a rajzás esetleges beindulása is este dőlhet el.

3. Mérőrendszer követelményei

3.1. Méhészeti követelmények

Következőkben vessünk pár pillantást a legfontosabb követelményekre, ami nem más, mint a méhészeti követelmények, hisz a végtermék célcsoportjánál fontosabb nincs.

A mérőberendezés ugyan nem végtermék, de a megközelítés módja jelentősen kihat a végtermékre, így már a mérőberendezés tervezésénél is figyelembe vettem a végtermék követelményeit.

A végtermék követelményei:

- Nem zavarhatja a méhek fejlődését
- A méhek tisztogató hajlamának ellen kell állnia
- Beüzemelést követően a méhészt egyszerűen (akár távolról) tudja követni a fejlődést
- Beüzemelést követően a méhésznek ne legyen teendője a berendezéssel
- A lehető legalacsonyabb beruházási költség

3.2. Környezeti követelmények

A felhasználási terület egy a méhlegelő közelében lévő fasor vagy éppen maga a napsütötte rét, de tulajdonképpen bárhol is lehet, ahová az ember a méheket rakja. Ebből az okból kifolyólag jelentős környezeti terhelést is kaphat a berendezés, az eső, a magas páratartalom vagy éppen a napfény által. Ugyanakkor a fejlesztő szerencséjére a méhek is szeretik a kiszámítható körülményeket és a kaptáron belüli egyensúlyt. Így amennyiben a végtermék a kaptáron belül, vagy annak tetején a rostaszöveten / takaráson található máris kedvezőbbek a körülmények. A két lehetőséget külön tárgyalom.

Kaptáron belüli követelmények:

- Környezeti hőmérséklet: 20 – 40 °C
- Páratartalom: 50 – 70 %
- Vízálóság: cseppenő esetleg fröccsenő vízre

Kaptáron kívüli követelmények:

- Környezeti hőmérséklet: -20 – 65 °C
- Páratartalom: 0 – 100%
- Vízálóság: a heves esőzésre, de akár a slaggal való lelocsolásra is

3.3. Funkcionális követelmények

A méhészet sokszor a méhésztől távol helyezkedik el, így nem életszerű a rendszeres berendezés ellenőrzése és az adatok kábelen vagy fizikai adathordozón való mozgatása, ha tömegesen szeretnénk adatot gyűjteni. Fontos volt tehát pár elvi és kényelmi követelményt meghatározni a hatékony adatgyűjtés érdekében. Ebben az esetben is támaszkodom arra, hogy a végtermékkel közel egyenértékű követelményeket támasszak.

- Berendezés egyszeri konfigurálása után önműködő
- Táp megszakadás önálló lekezelése, adatvesztés nélkül
- Hálózati hiba önálló felismerése és kezelése
- Adatok elő feldolgozása, tömörítése és tárolása
- Elektromos hiba önálló megszüntetése

4. A mérőberendezés elemei

Sajnos jelenleg, mikor e dolgozatot írom még csak a berendezés elemiet tudom külön-külön tárgyalni. A kész bemutatásra előkészített, kiskaptra felszerelt berendezés remélhetőleg a prezentáció alkalmával tudom majd bemutatni. Ugyanakkor a részegységek már adottak azokat részletesen ismerttettem a továbbiakban.

4.1. Szenzorok

Egy alapvető és egy kiegészítő szenzor kapott helyett a jelenlegi adatgyűjtőben.

Az alapvető szenzor egy mikrofon, mely a kaptár vibrációját, zöngéseit fogja érzékelni. A kiegészítő szenzor egy egyszerű hőmérséklet érzékelő, melynek feladata a későbbi adatfeldolgozásnál válhat fontossá, hisz melegben a méhek szárnycsapásaikkal a levegőt a kijáró felé mozgatva hűtik a kaptárt. A hűtési folyamat pedig ezáltal többlet zajjal jár, amely zaj nagysága aránylik a kívánt belső hőmérséklet és a külső hőmérséklet különbségéhez. Illetve a hőmérséklet érzékelő a fiasítás megkezdésének detektálásában is fontos szerepet játszhat a későbbiekben, mely információ a teletetés időszaka végén és a méhkirálynő pároztatásánál is egyaránt fontos.



1. kép – A szenzor kaptárfelőli oldala



2. kép – A szenzor bekötési pontja

4.1.1. A mikrofonról

Gazdaságosság szempontjából az előzőekben ismertettet vibráció, avagy gyorsulás érzékelővel való mérés igen drága megoldást jelent, ugyanakkor kisebb-nagyobb megkötésekkel a rezgéseket mikrofonnal is tudjuk érzékelni, amely jóval kedvezőbb áron elérhető. Ugyanakkor mérete és minősége a felhasználás szempontjából jelentős.

A mikrofon főbb jellemzői:

- Apró méret, MEMS mikrofon
- Nagy érzékenység
- Nagy jel-zaj viszony
- Alacsony frekvenciákon is jó dinamika (<100Hz)
- Digitális kimenet (PDM, I2C)
- Ellenálljon nagy páratartalomnak
- Megfizethető ár

4.1.2. A hőmérséklet érzékelőről

Ahogy a 1. képen is látszik közel sem vagyok biztos, hogy árban és pontosságban milyen fajta hőmérséklet érzékelő fog beválni. Majd a gyakorlat eldönti, bővebben:

- SMD NTC: olcsó, de alapvetően a PCB hőmérsékletét méri, ami nagy baj is lehet, hisz felszerelési módtól függően lehetséges, hogy a PCB hidegebb, melegebb közeggel érintkezik így, ha a belső hőmérséklet érdekel minket akkor nem igazán jó. Ugyanakkor minket a kinti-benti hőmérséklet különbsége érdekel, amire így már talán jó is lehet, egy próbát megér.
- SMD Félvezető: ugyan az igaz rá, mint az SMD NTC-re, de drágább is és nem feltétlenül pontosabb, a gyártási szórások és leginkább az ofszet szórása miatt.
- THT NTC: talán a legjobb megoldás, hisz korlátozottan érintkezik a PCB-hez, ugyanakkor a kiálló alkatrész mindig sérülékenyebb.

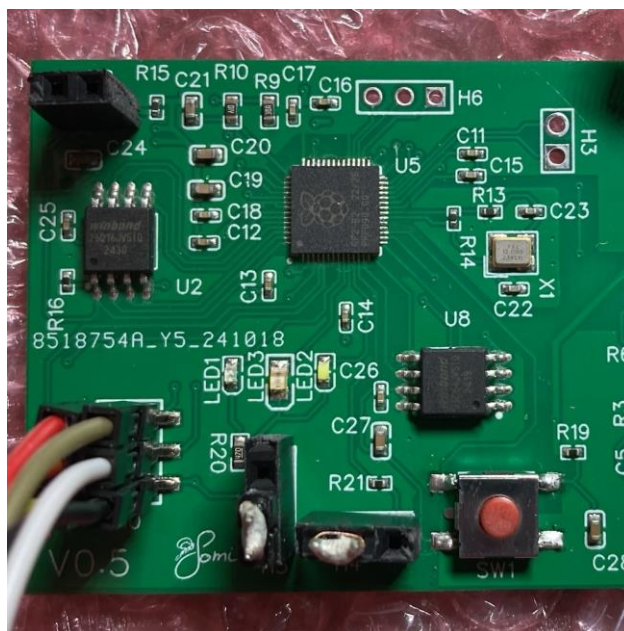
4.2. Feldolgozó egység

Természetesen, mint Óbudai egyetemi diák legtöbbször én is az STM mikrokontrollerekkel találkoztam legtöbbször, ugyanakkor ár érzékeny végtermék miatt kénytelen voltam más vizekre evezni. Végeredményében a Raspberry Pi RP2040 -es chipje nyerte a versenyt ennek több oka is van. A konkurens gyártók konkrét termékeinek összehasonlítását mellőzve az alábbi tulajdonságok emelték ki a mikrokontrollerek tengeréből:

- Ár - ~1\$
- Ár/érték arány kiemelkedősége
- STM – nél szerényebb, de minden más gyártóhoz képest kiemelkedő támogatottság, könyvtárkészlet.
- PDM kommunikáció támogatottsága
- Erős hardver, mely komplex műveletek végzésére is képes
- Felhasználásnak megfelelő mennyiségű periféria, egy kevés tartalékkal, ami akár későbbiekben szükséges is lehet.

Összeségében tehát mintha pont erre a felhasználásra gyártaná ezt a termékét a Raspberry Pi, bátran merem ajánlani kipróbálásra.

A fejlesztés előző szakaszait a Raspberry Pi Pico fejlesztőpanelen végeztem, ettől ahogy a 3. képen is látszik a V0.5 (jelenlegi) hardver már szakít és az alaplaphoz van integrálva.



3. kép – Alaplaphoz szerelt feldolgozó egység

A környezetét vizsgálva látható a 3. képen, hogy a Pico fejlesztőpanelhez képest számos más alkatrész is helyett kapott, a tápellátást egy későbbi pontban ismertetem.

A feldolgozó egység részei:

- Bal felső jumper [H2] – kiváltja a Pico panelen lévő gombot, mely a program NOR flash [U2] chip select vonalát húzza földre, ezzel lehetővé írva az új program felírását a panelre.
- U2 – A program memória tárolására szolgáló NOR Flash, kapacitása 2MB.
- 6 pines csatlakozó [U10] – A szenzor panel és az alaplap közötti kapcsolat teremtésére szolgál. Bekötést lásd 8. és 9. képen.
- 3 db LED - a panel működését lehet nyomon követni, ellenőrizni.
- Vertikális jumper [H5]– a LED-ek ki-be kapcsolására szolgál
- U5 – Mikrokontroller
- Horizontális jumper [H4]– az első indításkor szükséges aktiválni, hogy a program belépjen a beállítások menüpontba. A képen a passzív állapot látható.
- U8 – Az adat memória szerepét tölti be. NOR Flash, kapacitása 8MB.
- X1 – kvarc
- SW1 – Amennyiben bármi baj adódna a hálózattal, akkor USB-n, terminálon keresztül pl.: Putty, vagy CoolTerm (adat lekérdezéshez ajánlott) lekérhetőek az adatok az adat memóriából gombnyomásra.
- H3 – Nincs beültetve a 2 pinen keresztül Debug lehetséges.
- H6 – Nincs beültetve, tartalék kivezetések.

Megjegyzések a feldolgozó egység PCBA-jához:

- A passzív elemek kiválasztásánál ügyelve volt a munkapontokra és az alkatrész árakra is. Ennek megfelelően első látásra tán nagyobbacska alkatrészeket a JLC PCB árai és alkatrész elérhetősége indokolja.
- A végtermék esetén elképzelhető egy tesztponthoz tűs írásra kialakított programozási megoldás.
- Jumperok, gombok, csatlakozó mérete és felhasználása átgondolandó még a végtermékre nézve.

4.3. Kommunikációs vonalak

Az eszköz két fajta képen is tud adatot küldeni. Első sorban a már említett USB, terminálos megoldáson keresztül. Ezenkívül egy SIM800L GSM modul is támogatja a kényelmes, távoli adat lekérdezést, ahogy azt lentebb a 4. képen látható.

4.3.1. Terminálos adat lekérdezés

A micro USB csatlakoztatását és a terminál elindítását követően máris láthatóvá válik a termék jelenlegi státusza. (3s időközönként aktuális állapotot küld) Státusztól függetlenül bármikor megnyomható a gomb és máris (3s-en belül) el is indul az adat továbbítás. Az adatküldés végén a konzol megkérdezi a küldés sikerességét, amennyiben bármilyen adatvesztés történt újra indítható az adatküldés.

4.3.2. FTP-s adat lekérdezés

A szoftverbe integrált címre (később az első indításkor a beállítás menüpontban beállított címre) a telefonszám megcsörgetésével elküldi az adat memória tartalmát.

Fontos megjegyezni, hogy a SIM800L-as modul UART-on való kommunikációja 9600 baud rate-e miatt ez igen lassú, de ez a jövőben változhat.

További fontos megkötést jelent jelenleg, hogy még csak a lakossági hálózatok vannak integrálva szoftveresen (Telekom, Telenor, Vodafone). Digi és más szolgáltatók, amelyek nem támogatják a 2G-s hálózatot nem használhatóak. Hosszútávon jelenlegi tudásom szerint a Vodafone fogja támogatni országszerte a 2G-s hozzáférést.

A hardver nem kapott külső antennát (még) a gyárin kívül és költség oldalról remélhetőleg nem lesz szükséges. (Többnyire alföldi körülményekre kell számítani.) A szoftver minden esetre folyamatosan figyeli a jelerősséget és a kapcsolat meglétét. Bármilyen probléma esetén megpróbál újra kapcsolódni. Ugyanakkor sajnos, ha sokadik alkalomra nem sikerül csatlakoznia vagy sikerül, de hamar többször le is csatlakozik, akkor a szolgáltató biztonsági okokból ideiglenesen ignorálja a kapcsolódási próbálkozásokat (forrás: Telekom ügyfélszolgálat). Az ignorálás bizonytalan idejű, így akár órákra is kieshet ez a funkció. A sikertelen próbálkozások, melytől ignorál a hálózat szintúgy titkos, így ezt is valamelyest bizonytalanul tudja kezelni a szoftver.

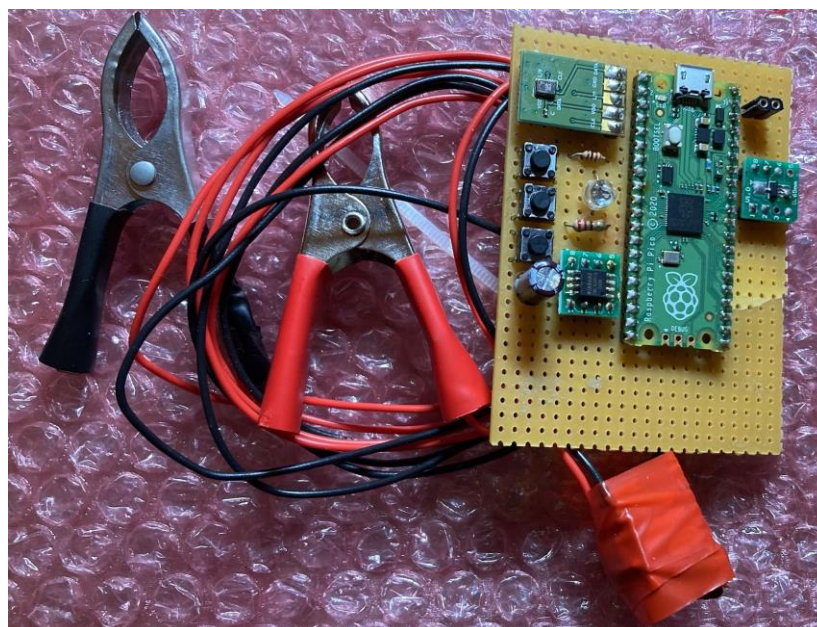
Amennyiben hosszútávúan problémát okoz, szükséges lesz egy külső antenna.



4. kép – A kommunikációs vonalak és a tápellátás

4.4. Tápellátás

Jelenleg a hardver még gyerek cipőben jár és sajnos a szoftver sem túl energiahatékony, ezt le kell szögezni a legelején. Az 5. képen látható V0.4 -es hardver alapjait hozza magával, amely még 12V- ról autó akkumulátorról teljesítette sikeresen a teszt üzemet.



5. kép – A V0.4-es hardver



6. kép – Az V0.5 akkumulátora

A V0.5-ös hardver maradt a 12V-os tápfeszültségnél, azonban a kompaktság tekintetében fejlődött. A 6. képen látható kis zselés akkumulátor fogja biztosítani a tápfeszültséget, amely mérete lehetővé teszi, hogy egy kis 100x100x50mm-es kültéri szerelvény dobozba kerüljön a kapcsolás. (7.kép) Itt jegyezném meg, hogy a PCB mérete az akkumulátor felszínéhez lett tervezve. Mindenki jogosan teheti fel a kérdést: miért nem lítium-ion akkumulátor? A válasz az árban keresendő. Egy a 6. képen látható akkumulátor töredék áron kínált megoldást.



7. kép – Kültéri szerelvény doboz

A 4. képen látható 5.5mm -es tápcsatlakozón keresztül kerül megátplálásra a panel. A csatlakozó későbbiekben le fog kerülni az alaplapról és fix csúszó sarus végű vezetékeztést kap. Jelenleg a könnyebb fali adatterről működést segíti.

A 12V-os tápcsatlakozó után a feszültség egy diódára kerül, mely a fordított polaritás védelmet vaslósít meg. Alternatív módon a micro USB-n keresztül is meg lehet táplálni a berendezést, ahol szintén biztosított a fordított polaritás védelem, illetve ezen kívül az 5V-os számítógép hálózat védelméül is szolgál a dióda, ha párhuzamos táplálásról lenne szó. Fontos azonban, hogy nem mindegyik számítógépes USB kimenet tudja fedezni a termék áramfelvételét teljeskörűen, amiből fakadóan esetleges kapcsolati problémák lehetséges a GSM modul részéről.

Első lépcsőben a tápfeszültség egy buck converteren keresztül 4V-ra csökkentjük, mely a SIM800L működéséhez szükséges feszültség. A modul pillanatnyilag akár 2A-t is felvehet ennek megfelelően lett kiválasztva a Texas Instruments TPS564257 IC-je. Az ajánlott kapcsoláson nem változtattam.

A H1 pinjeinek rövidre zárásával letiltható ez a fajta táplálás. Későbbi fejlesztésre hagytam elérhetővé. Ezen kívül az IC Power Good kimenetét egyelőre nem kezeli a szoftver szintén későbbi fejlesztésre azonban bekötöttem a RP2040-hez.

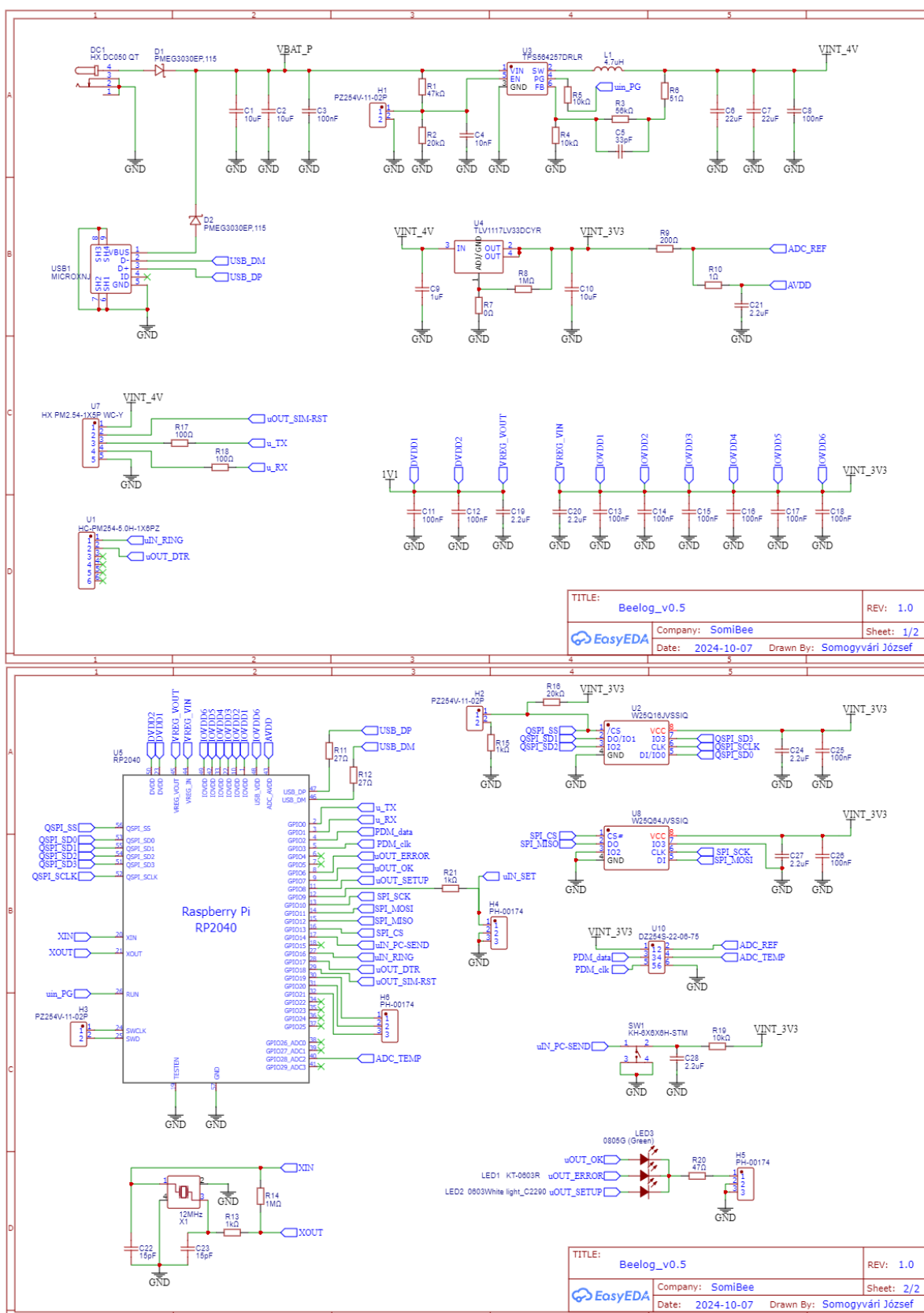
A buck converter IC és a tekercs között a szemfüles olvasó észreveheti a 4. képen a vékony vezetősávot, amely 0.2mm széles. Rövid töltő áramokat kibír és a pillanatnyi 2-3A és SIM800L áramfelvételébe sem akadály. Ugyanakkor amennyiben hardver hiba lépne fel rövidzárlat formájában, akkor rövid időn belül megszakad a vezetősáv ezzel megóva a terméket az esetleges tüzesetektől. Nem túl elegáns, de olcsó megoldás.

A 4V másra nincs használva, a továbbiakban a 3.3V-ot egy TLV1117LV LDO hozza létre a mikrokontroller és a többi 3.3V-os alkatrész számára. A PCB-n látható, hogy a beültetési pozíció fix és változtatható LDO fogadására is képes illetve, hogy a LDO kapott egy kis hűtő felületet is. Nem szükséges, egyik sem, de volt hely a PCB-n, így kitöltöttem az űrt. (Bár igaz, ha már van hűtő felület, akkor szebb lett volna, ha termál VIA is lenne.)

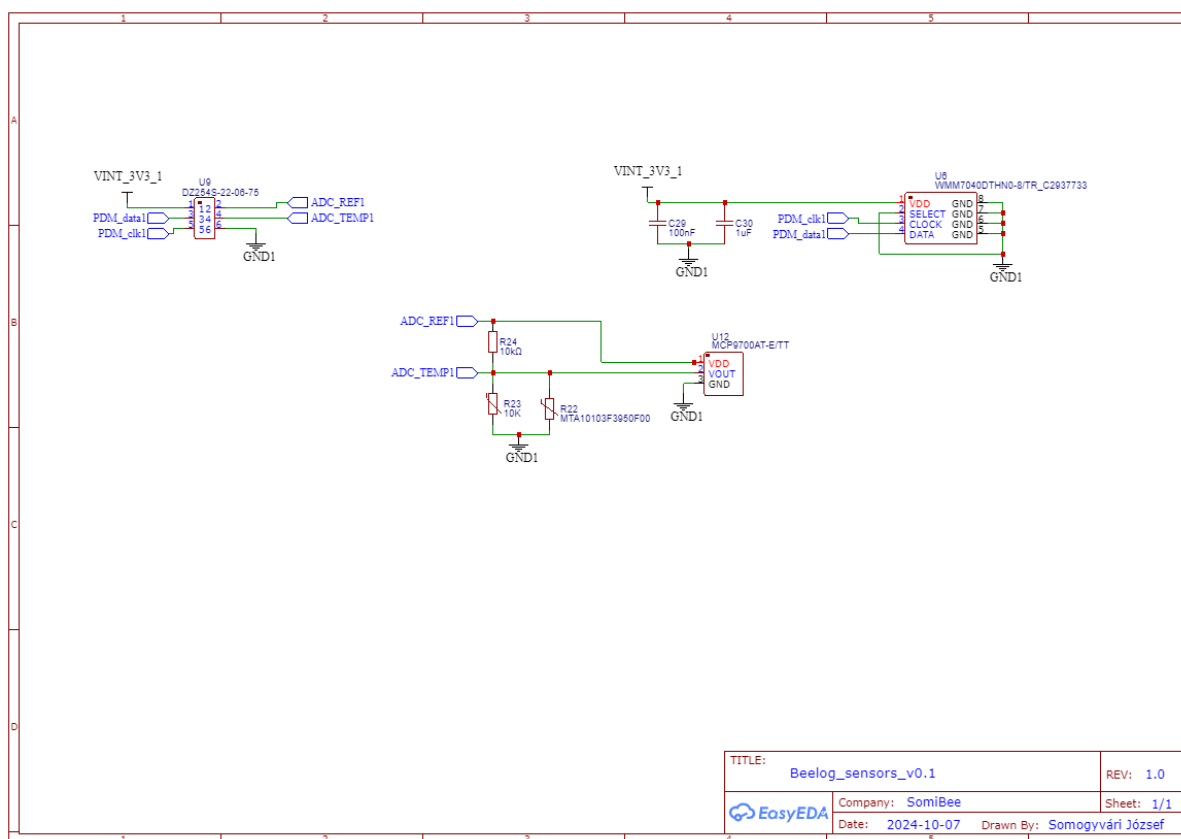
A jelenlegi V0.5-ös hardver és V0.43-as szoftver esetén a következő a mért fogyasztás adatok 12V-os tápfeszültség esetén, sajnos további fejlesztésekre mutatnak:

- Hálózati aktivitás esetén (kapcsolódás):
Csúcsáram: 67mA Átlag áram: 31mA
- Normál működés közben:
Csúcsáram: 21mA Átlag áram: 7mA

4.5. Kapcsolási rajzok



8. kép- Alaplap kapcsolási rajza



9. kép – Szenzorok kapcsolási rajza

5. A szoftver

5.1. Setup() függvény

```
UART OK
Kérem, adja meg az évet:
Kérem, adja meg a hónapot:
Kérem, adja meg a napot:
Kérem, adja meg a vasárnaptól számítva a napot (0-6):
Kérem, adja meg az órát:
Kérem, adja meg a percet:
Kérem, adja meg a másodpercet: Az idő sikeresen módosítva!
New time: 2024-11-06 20:00:00

Jó az idő? (yes:0 , no:1) Idő megerősítve!mkfs successfully(only run once)

Mobile provider?(1-Telekom, 2-Vodafone, 3-Yettel, 4-Digi): Vodafone

PIN code?:
pin=
AT+CPIN="1234"
Failed to write to file: 0

Milyen gyakori legyen a mintavétel? 3sec * n
Adja meg n értékét:
n=50 Turn off the setup switch!Turn off the setup switch!Turn off the setup switch!
ADC INIT OK
PDM init OK
PDM ready OK

FTP-Wait the data's... [max 1min]...
Wait SIM800L boot...
```

10. kép – Terminál beüzemeléskor

Főbb lépésekben a setup() függvény működését szépen végig lehet követni a 10. képen, ugyanakkor a kép csak segítség, részleteiben:

- 1) Ki-Bemenetek inicializálása
- 2) UART kommunikáció inicializálás
- 3) A beállítás menü (első indítás menü) engedélyező jumper értékének beolvasása
- 4) Ha jumper engedélyező állásban van:

Idő, szolgáltató, PIN, mintavételezési idő megadása a beüzemelő által, majd az adatok mentése az adat memóriába.

Ellenkező esetben:

A fentebb részletezett adatok memóriából való kiolvasása.

- 5) ADC inicializálás
- 6) PDM inicializálás
- 7) Kapcsolódás a szolgáltatóhoz, SIM800L boot...
- 8) Megszakítások engedélyezése

A „FTP-Wait...” egy apró szépséghiba, amit kiír a konzol a SIM800L reset jelének lehúzása után (RING jel is 0-ba megy). Megszakítás ugyanakkor nem történik.

5.2. Loop() függvény

```
Wait 27 sec...
Wait 24 sec...
Wait 21 sec...
Wait 18 sec...
Wait 15 sec...
AT+CREG?
+CREG: 0,1

OK

SIM800L Response: OK

Wait 12 sec...
Wait 9 sec...
Wait 6 sec...
Wait 3 sec...
Record...
Done.
Frequency: 20 Hz, Amplitude: 18
Frequency: 22 Hz, Amplitude: 12
Frequency: 24 Hz, Amplitude: 46
Frequency: 26 Hz, Amplitude: 60
Frequency: 28 Hz, Amplitude: 108
Frequency: 30 Hz, Amplitude: 77
```

11. kép

Terminál loop() függvény közben

```
Frequency: 994 Hz, Amplitude: 0
Frequency: 996 Hz, Amplitude: 1
Frequency: 998 Hz, Amplitude: 3
Frequency: 1000 Hz, Amplitude: 83
Hive temperature: 105.934616
New time: 2002-10-12 09:06:19
save_time ok
Wait 150 sec...
AT+CREG?
+CREG: 0,1

OK

SIM800L Response: OK

Wait 147 sec...
Wait 144 sec...
Wait 141 sec...
Wait 138 sec...
Wait 135 sec...
AT+CREG?
+CREG: 0,1

OK

SIM800L Response: OK

Wait 132 sec...
```

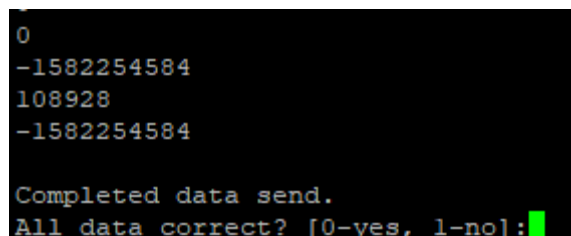
12. kép

Főbb lépésekben a loop() függvény működését szépen végig lehet követni a 11. és 12. képeken, ugyanakkor a kép csak segítség, részleteiben:

- 1) Megszakítás eseményének vizsgálata
- 2) Folytonos működést jelző kék LED rövid felvillanása
- 3) Mintavételezési idő lejártának vizsgálata (Ha hamis ugrik 9-es pontra)
- 4) Hang mintavételezése (1000ms)
- 5) Minta FFT spektrumának számolása (20-1000Hz, df = 2Hz [V0.5 -ben 1Hz])
- 6) ADC értékének beolvasása (SW V0.43-as s még félvezetős hőmérőre lett megírva, ezért hibás)
- 7) ADC, FFT eredmények a hozzá tartozó idő mentése.
- 8) Jelenlegi idő mentése
- 9) Kapcsolat ellenőrzése

5.3. Adat lekérdezés

5.3.1. Terminálon keresztül



```
0
-1582254584
108928
-1582254584

Completed data send.
All data correct? [0=yes, 1=no]:
```

13. kép – Terminál adatküldés végén

Minden 3s eltelte után megvizsgálja a loop() függvény, hogy történt-e megszakítás, ebben az esetben gombnyomás. Ha igen meghívja a data_to_pc() függvényt, melynek lépései:

- 1) Adat memória olvasása a buffer[] tömbbe.
- 2) Buffer[] tömb kiírása
- 3) Adatsor végének vizsgálata
- 4) Ha 3-as hamis: 1) -ra ugrik
Ha 3-as igaz: Megkérdezi, hogy minden OK-e.
- 5) Ha 4-es hamis: 1) -ra ugrik a memória elejére
Ha 4-es igaz: bezárja a függvényt

5.3.2. FTP-n keresztül

Nagyon hasonlít az előző ponthoz, annyi a különbség, hogy a memória olvasást megelőzi a SIM800L internethez, majd FTP szerverre csatlakozása. További különbség, hogy nem USB-n, hanem UART-on küldi az adatot.

Ennél a pontnál sajnos nem tudok képet szolgáltatni. A FTP szervere való adatküldés igen friss funkció és még buggos. A SW V0.41-nél debütált (1hónapja) és sajnos az UART és az USB többnyire összeakad, amitől a terminál lefagy, ugyanakkor a parancsvégrehajtás megy tovább gondtalanul. Végeredmény percekben belül látható az FTP serveren.

6. Jövőbe tekintés

6.1. Adat feldolgozás

A jelenlegi adatok mind egy .txt-be folytonosan kerülnek eltárolásra, ahogy azt a 14. képen is látható.

Az adatok mentésének szintaktikája:

-127721

Mintavételezés ideje

-127721

FFT spektrum értékei

-721127

Hőmérséklet 3 tizedesig

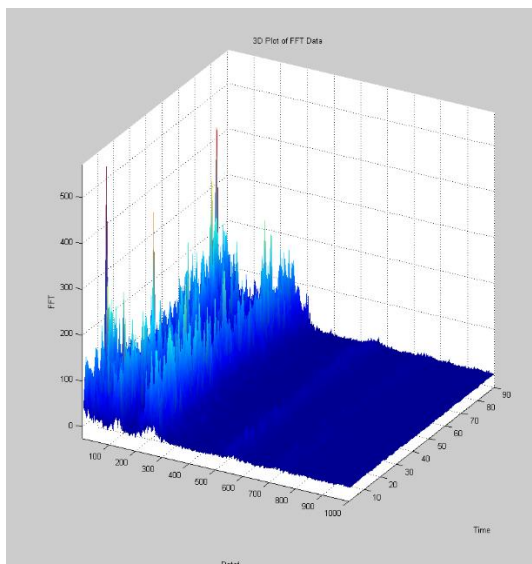
-721127

```
2
2
2
0
-721127
21460
-721127
-127721
2024
10
4
20
22
-127721
28
23
11
17
43
28
~
```

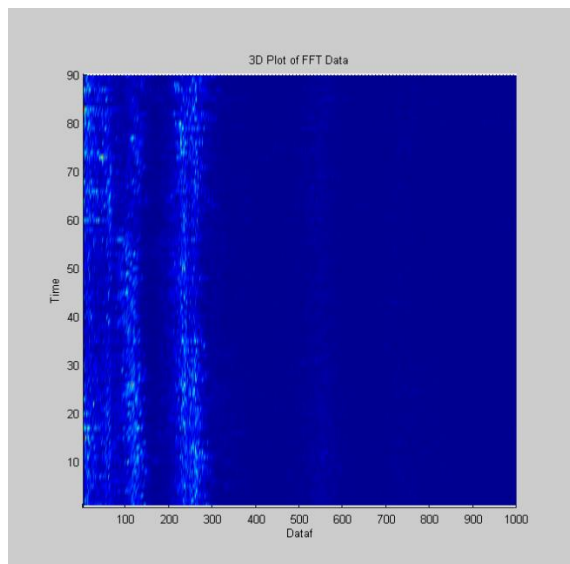
14. kép – Régebbi felvétel adatai

Ez a szintaktika lehetővé teszi az egyes programok számára, mint például a Matlab az egyszerű adat szétválasztást és ezzel együtt egyes értékek mátrixba helyezését. Fontos szabály: kizárólag pozitív érték lehet hasznos adat, a negatív értékek elválasztásként szolgálnak.

A példa kedvért két kedvindító kép a V0.4-es hardver felvételeiből:



15. kép - Napi spektrum alakulása Matlabban megjelenítve -



16. kép

A jövőbeli adatfeldolgozásról sajnos jelenleg semmi biztosat nem tudok még most mondani, ugyanakkor nagy eséllyel Sliding Windows RNN -nek köze lesz a projecthez.

6.2. Végtermék megfogalmazása

Jelen pillanatban merek nagyot álmodni tudván, hogy mások már értek el hasonló módszerekkel kétségkívül méhészeti szempontból is figyelemre méltó eredményt, de termék még egyikből sem lett, ami rajzást előre jelezné (tudtommal).

Ugyanakkor sok esetben ragaszkodnak a kutatók, fejlesztők nagy része valamilyen IoT alkalmazás létrehozásában, pedig sok méhésznek nincs ilyen vágya. A hobby vagy szerelem méhészkedők akkor is kint lesznek a méheknél és meg fogják nézni hogyan repülnek, ha minden zöld a telefonon ez szerintem kétség kívüli.

Ezenfelül az IoT alkalmazások egyszerűen drágák és olykor bonyolultak is.

Szóval a nagy álmom egy egyszerű integrált áramkör vagy egyenértékű mikrokontrolleres környezet létrehozása, ami gombnyomásra jelzi, mondjuk 2-3 LED segítségével, hogy mi újság a kaptáron belül. Mindezt olcsón és tartósan.

Természetesen ennek sok buktatója lehet még, hisz az adatfeldolgozáson még nagyon sok múlik, sőt az is lehet, hogy az IoT megoldás olcsóbb lesz egy kaptárok közötti kiterjesztett architektúrával. Sok kérdés nyitott még.

7. Összefoglalás

Körülbelül egy éve kezdtem el a projectet, tapasztalatlan programozó és méhészként. Sok könyv és publikáció olvasása után láttam meg az ötletben a potenciált. Céлом a kutatás megkezdéséhez elengedhetetlen adatgyűjtő megalkotása volt. A mérőeszköz fizikailag megvalósult, tartós üzemre képes, így az adatgyűjtés a rendszer összeépítése után akár már télen is elkezdődhet, úgynevezett „eseménytelen” felvételek készítését.

A fejlesztésnek ugyanakkor közel sincs vége. Több apróbb és nagyobbacska hibát rejt még a jelenlegi adatgyűjtő. Fő javítási szempontok között szerepel az energia igény csökkentése a hosszabb üzemidő érdekében, a hálózati hibák megelőzése, hiba esetén kezelés, illetve pár hardver hiba is (gyenge vonali felhúzás, sugárzott immunitási problémák terméken belül „régi tévés recsegés” hálózati aktivitáskor).

A következő mérföldkő az adatfeldolgozás módjának kitalálása, rögzítése és programozása. Esetleg egy architektúra váltás, hogy 1 GSM modul elegendő legyen az adatgyűjtéshez, ezzel elősegítve a szélesebb körben való adatgyűjtést.

Végcél a méhészeti ágazat fejlesztése, a felesleges kaptárnyitások megszüntetésével.

8. Irodalomjegyzék

- [1] Ö. Pál Zoltán, Méhek között, Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 1968.
- [2] Z. Barnabás, Méhanya-nevelés, Budapest: Akadémiai Kiadó, 1987.
- [3] S. C. S. S. Alessandro Terenzi, „PubMed,” 7 12 2020. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7711573/#B61-vetsci-07-00168>. [Hozzáférés dátuma: 07. 11. 2024].
- [4] A. Zgank, „PubMed,” 19. 12. 2019. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6982799/>. [Hozzáférés dátuma: 07. 11. 2024].
- [5] M. B. M. I. N. M. R. M. P. D. C. N. S. D. Y. L. C. Michael-Thomas Ramsey, „PubMed,” 16. 6. 2020. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7298004/>. [Hozzáférés dátuma: 07. 11. 2024].
- [6] M. B. M. I. N. Michael Ramsey, „PubMed,” 1. 10. 2018. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6167329/>. [Hozzáférés dátuma: 07. 11. 2024].
- [7] M. B. M. I. N. Michael Ramsey, „PubMed,” 8. 2. 2017. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5298260/>. [Hozzáférés dátuma: 07. 11. 2024].
- [8] Y. L. C. M. R. M. P. D. W. D. C. N. S. D. M. I. N. Martin Bencsik, „PubMed,” 18. 11. 2015. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4651543/>. [Hozzáférés dátuma: 07. 11. 2024].
- [9] J. B. M. B. A. L. J. R. M. M. Martin Bencsik, 5. 2. 2011. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169911000068?via%3Dihub>. [Hozzáférés dátuma: 07. 11. 2024].
- [10] M. L. I. A. M. O. P. Dieu My T. Nguyen, „PNAS,” 3. 2. 2021. [Online]. Available: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2011916118>. [Hozzáférés dátuma: 07. 11. 2024].