Szegedi Tudományegyetem

Informatikai Intézet

A képen szöveg, embléma, címerpajzs, jelvény látható

Automatikusan generált leírás

Szakdolgozat

Akvárium automatizálás és távfelügyelet megvalósítása

Implementation of aquarium automation and remote supervision

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Készítette: |  | Témavezető: |  |
|  | Takács Ábel |  | Dr. Mingesz Róbert Zoltán |  |
|  | mérnökinformatika szakos hallgató |  | egyetemi adjunktus |  |

Szeged

2024

**A feladat kiírása**

Ahhoz, hogy egy akvárium mikroklímája megfelelő legyen, számos berendezés kell összehangoltan működjön. Ilyenek pl. a vízforgató és szűrő berendezések, fényforrások, fűtőszálak, ventilátorok és CO2 adagoló rendszerek. Ezek egy jó részét egyszerű időzítőkkel szokták vezérelni, működésüknek a monitorozása pedig általában nincs megoldva. Számos műveletet (pl. halak etetése, vegyszerek adagolása) pedig csak manuálisan lehet elvégezni. A hallgató feladata egy olyan rendszer megvalósítása, mely egyrészt vezérelni tudja a különböző eszközöket, másrészről pedig monitorozza az akvárium állapotát, a mért paramétereket pedig távolról is le lehet kérdezni. A megvalósítás során figyelni kell az üzembiztonságra, vagyis a rendszer semmilyen körülmény között nem fagyhat le.

A következő funkciók jöhetnek szóba:

* Hőmérséklet és fénymennyiség monitorozása
* Világítás ki/be kapcsolása, több világítótest
* Ventillátorok ki/be kapcsolása
* Folyadékszínt monitorozása
* Folyadékszínt utántöltése
* Vegyszerek adagolása
* Haleledel adagolása
* Zajszintmérés, hibajelzés
* Szivárgásdetektálás
* Kémiai tulajdonságok monitorozása.

**Tartalmi összefoglaló**

**A téma megnevezése:**

Akvárium automatizálás- és távfelügyeletre használható rendszer tervezése és megvalósítása

**A feladat megfogalmazása:** Egy olyan rendszer megtervezése és letrehozása, mely képes egy adott akvárium jellemzőit (Hőmérséklet, Ph, Vízszint, Fénymennyiség) monitorozni, valamint a fenntartó berendezések (Levegőztető(k), Lámpatest(ek), Etetés) időzítését ellátni. Emellett megbízható, üzembiztos és sokáig képes működni. A felhasználó telefonjáról WiFi-n keresztül bárhonnan személyre szabhatja az időzítéseket, a monitorozott adatokat megtekintheti, valamint a preferált jellemzőket beállíthatja, értesítéseken keresztül tájékozódhat a beállított takarítási/karbantartási periódusokról. Figyelmeztetést kap, ha esetleg valamely jellemző elhagyja a preferált tartományt vagy az akvárium szivárog.

**A megoldás módszere:** A rendszer funkcionalitási elvárásainak felmérése, kutatás a felhasználandó eszközök után. A rendszer megtervezése, tesztelése, majd sajátcélú otthoni használat, így is feltárva az esetleges tesztek által fel nem fedett hibákat.

**A megoldáshoz használt módszerek, eszközök:**

* ESP8266 12E NodeMCU mikrovezérlő WiFi modul
* Visual Studio Code, PlatformIO
* KiCad áramkörtervező szoftver
* React Native keretrendszer, Expo platform
* Hőmérséklet, Ph, Vízszint szenzorok, fotorezisztor, analóg kétirányú multiplexer
* 4 csatornás relé modul, LCD kijelző

**Elért eredmények:** A kész rendszer üzembe helyezése és sikeres működtetése, sikeres távirányítás és monitorozás az applikáción keresztül. A rendszer lefagyás nélküli üzemeltetése több héten át. A tervezett nyomtatott áramkör és az ESP-re tervezett szoftver is bővíthető további egy szenzorral és egy időzíthető konnektorral.

**Kulcsszavak:** *Akvárium, Távfelügyelet, Mobil applikáció, Mikrovezérlő*

**Tartalomjegyzék**

1. Tartalmi összefoglaló 3
2. Bevezetés 5
3. Irodalmi áttekintés 6
4. 9

**Bevezetés**

Az intelligens eszközök egyre nagyobb részben vannak jelen a mindennapi életben, hiszen nemcsak kényelmi funkciókat látnak el, de rengeteg idő is megspórolnak nekünk. Ilyen például a napjainkban már szinte mindenhol előforduló termosztátos fűtési renszer, mely lehetővé teszi, hogy a fűtés automatikusan tartsa a beállított hőfokot a lakásban. De már sok helyen előfordulnak okos hűtők is, melyeken bevásárló listát lehet írni, vagy akár még rendelni is tud nekünk. Ezek a rendszerek sokban megkönnyíthetik a mindennapi életünket. Ez utóbbi beletartozik az ’IoT’ világába, melynek lényege, hogy a berendezéseinket interneten keresztül elérhetjük, irányíthatjuk.

Az akváriumok nagyon szép díszei lehetnek bármely lakásnak, feltéve hogy rendszeresen karban vannak tartva és az érzékeny mikroklímájuk megfelelően van beállítva és szabályozva. Napi szinten személyesen tapasztalom, mennyire szép és megnyugtató látványt tud nyújtani egy jól karbantartott akvárium, hiszen az íróasztalom, ahol napjaim nagy részét töltöm, helyet ad egy 54 literes akváriumnak. Annak érdekében, hogy egy ilyen rendszer megfelelően szolgálja lakóit (és persze minket), a berendezéseknek folyamatosan összhangban kell működniük, a vílágítást érdemes időzíteni, hogy mindig ugyanakkor kapcsoljon ki és be, valamint a halakat etetni kell, az akváriumot pedig tisztán tartani. Emellett pedig a halaknak megfelelő környezet megteremtése is kulcsfontosságú, hiszen ezek az állatok érzékenyek a hőmérséklet- és Ph-változásokra.

Ennek a dolgozatnak a célja, hogy egy olyan rendszert valósítak meg, mellyel ezek a feladatok leegyszerűsödnek, néhány pedig teljesen automatává válik. Önmagában az időzítési feldatok ellátása nem egy bonyolult dolog, viszont ezeknek a személyre szabhatósága és a beállítás valós idejű frissítése már okozhat fejtörést. A monitorozás a szenzorok kezelésén és a megfelelő mérési technika kiválasztásán alapul. A leginkább elgondolkodtató rész pedig az automata etetési funkció, melynek mechanikai háttere, valamint a különféle eledelekkel való kompatibilitás is gondos tervezést igényel.

Az elején ismertetni fogom a felhasznált eszközöket, ezek működését és használatát, majd pedig bemutatom hogyan is lehet ezen eszközök felhasználásával egy az imént említett rendszert létrehozni. A fejezetek tartalmazzák a hardveres és szoftveres megoldásokat, ideértve a használt áramkörök tervezetét, a szoftverek (Mikrovezérlő és telefonos applikáció) tervét és megvalósítási módját. Valamint a felmerült problémákat és az ezekre nyújtott megoldásokat.

**Irodalmi áttekintés**

1. **Hardver**

**1.1 ESP8266 12E NodeMCU**

Maga a rendszer egy ESP8266 12E NodeMCU [1] mikrovezérlő modul segítségével fogja ellátni a meghatározott feladatokat. Ez a modul rendelkezik WiFi antennával, így képes az otthoni hálózathoz csatlakozni, hogy a mért adatokat továbbíthassa és fogadhassa a beállításokat. Ez az egység 3.3V-on üzemel, így kisebb lesz a fogyasztása mintha egy 5V-on üzemelő mikrovezérlőt használnánk.

A circuit board with many different colored labels

Description automatically generated

* 1. ábra ESP8266 12E NodeMCU és portjai [1]

Ez egy 32 bites mikrovezérlő modul, melyben 64KB utasítás memória és 96KB adatmemória áll rendelkezésre, emellett pedig 4MB flash memória használható adatok tárolására, ez esetemben bőven elegendő a WiFi hálózat és a beállítások adatainak tárolására. Mivel ez a modul 3.3V-on üzemel viszont pár szenzor 5V-os tápfeszültésget igényel, így szükségem volt egy erre a célra megfelelő tápegységre is melynek 5V-os kimenetét lehet ennek a mikrovezérlőnek a meghajtására használni Vin-en keresztül.

**1.2 Tápegység és tápfeszültség**

A tápegység kiválasztásánál az egyik legfontosabb tényező a méret volt, hiszen egy viszonylag kis dobozban kell majd helyet foglalnia, ugyanakkor képesnek kell lennie elegendő áramot biztosítani a mikrovezérlő, a szenzorok, a kijelző és a relék számára. Így a választásom az RS-25-5 típusú tápegységre esett. Ennek fontosabb adatai az alábbi táblázatban láthatóak [2].

Az RS-25-5 tápegység fontosabb jellemzői [2]

|  |  |
| --- | --- |
| DC feszültésg | 5V |
| Max. áram | 5A |
| Kimeneti áram tartomány | 0A ~ 5A |
| Bemeneti feszültésg (VAC) | 88 ~ 264V |
| Hatékonyság | 78.5 % |
| Túlfeszültség védelem (Zener dióda) | 5.75 ~ 6.75V |
| Méretek | 78 \* 51 \* 28mm |

Ezt a tápegységet felhasználva sikeresen meg tudom hajtani az összes 5V-ot igénylő eszközt, valamint a mikrovezérlőt is. A tápegység megfelelően hatékony, valamint rendelkezik túlfeszültség elleni védelemmel is, ami hálózati feszültségforrás esetén hasznos.

A tápegység bementi feszültéségéhez egy SPST típusú csatlakozóval ellátott aljzatot választottam, mely beépített kapcsolóval és biztosítékfoglalattal rendelkezik, így extra védelmet nyújt a rendszernek akár esetleges rövidzár esetére is, ez különösen fontos, hiszen vízközelben lesz működtetve.

**1.3 Szenzorok, aktuátorok, kijelző és multiplexer**

A megoldáshoz viszonylag sok különféle szenzorral kell dolgoznom, ezek fogják biztosítani a hőmérséklet, Ph, vízszint és fénymérést. Egy szervómotor biztosítja a mechanikai behatásokat az automata etetéshez, valamint relék biztosítják a konnektorok időzítését. Mivel a mikrovezérlő csak egy ADC-vel felszerelt analóg porttal rendelkezik, így egy multiplexerrel biztosítom, hogy a szenzorok jeleit erre a portra kapcsoljuk.

**1.3.1 Szenzorok**

A hőmérséklet figyeléséhez egy DS18B20 típusú vízálló digitális hőmérőt [3]. Ennek 3 kivezetése van, VCC és GND, melyeket 3.3V-ra és földre kell kötni, valamint az adat átvitelére szolgáló DAT, ezt egy tetszőleges digitális bemenetre kössük. Utóbbi vezetéket egy 4,7kΩ-os felhúzó ellenállással együtt kell bekötni, ezt a kivitelező egy a szenzorhoz mellékelt adapterrel meg is oldotta, így csak az adapter kell megfelelően bekötni.

A close-up of a circuit board

Description automatically generated

1.3.1.1 ábra DS18B20 digitális hőmérő adapterrel [3]

A Ph mérésére egy Peukerty gyártótól származó Ph szenzort [4] választottam, mivel ezt volt a legegyszerűbb beszerezni itthon amazonon keresztül. Ez egy szenzor csövet és egy adapter modult tartalmaz, mellyel viszonylag egyszerűen lehet a mikrovezérlőhöz kapcsolni. Az adapter [5] 7 portjából csak 3-at fogok használni, mivel ennyi elegendő a Ph megállapításához.

A soldering iron and a circuit board

Description automatically generated A diagram of a device

Description automatically generated

1.3.1.2 ábra Ph szenzor adapterrel [4] és az adapter adatai [5]

**2 Hardveres megoldások**

A teljes rendszer szíve az ESP8266 12-E NodeMCU mikrovezérlő modul, ebben a fejezetben az ehhez használt kiegészítők és perifériák hardveres illesztéséről és ehhez tartozó megoldásokról lesz szó. Kezdetnek említsük meg, hogy ez a modul csak egy analóg bemenettel rendelkezik, így egy 2 \* 4 csatornás analóg dekóder (CD4052 – multiplexer/demultiplexer) segítségével tudjuk az analóg szenzorok által kiadott feszültésgszinteket erre az egy bementre kapcsolni, így az összes ilyen típusó szenzor (Fény/Vízszint/Ph) adatát ezen a bemeneten tudjuk majd fogadni, valamint mivel az ESP-nek csak korlátozott számú digitális bemenete van (9), így az egyszerűség kedvéért a relé modul vezérlését is ezen keresztül oldjuk meg, mivel analóg dekóderről van szó, nem jelent gondot a digitális jelek átvitele sem.

Ugyanakkor az ESP 3.3V-os feszültségszinten működik, így a továbbiakban a Vcc = 3.3V és GND = föld jelöléseket használjuk. Ezen felül viszont azt ezt igénylő perifériák számára biztosítjuk az 5V-os feszültséget, mivel az ESP Vin bemenetére ez a feszültség kerül, a 3.3V-ot ebből a modul belső áramkörei állítják majd elő.

**2.1 Szenzorok és aktuátorok illesztése**

A második szenzorunk legyen a vízszint mérésére szolgáló vízszintmérő szenzor, mely egy analóg szenzor 3 kivezetéssel. Ebben az esetben is van egy VCC és egy GND kivezetésünk ezen felül pedig egy S névre hallgató, ami az analóg feszültséget fogja adni mely a szenzor vízbe merítésével változik. Fontos megjegyezni, hogy a VCC bemenetet egy digitális portra érdemes kötni, hogy ezzel szabályozzuk a mintavételezést és ne legyen folyamatosan feszültség alatt a szenzor, valamint azt is, hogy a szenzor méretei miatt maximum ~4cm vízszintkülönbséget tudunk mérni, de ez tökéletesen megfelelő, hiszen egy akvárium esetén már 2cm hiányzó víz is baj lehet. Vegyük például a célakváriumot (60cm \* 30cm alapterület), ebből könnyedén kiszámítható, hogy 60 \* 30 \* 2 = 3600 cm3 = 3,6l. Belátható, hogy ez már egy ilyen kis akvárium esetében is jelentős vízveszteség. Ez a szivárgásdetektáláshoz is megfelelő mérési alapot biztosít. Meg kell említeni, hogy a modul csatlakozásainak vízállósítása szükséges, melyet ragasztóval érünk el // TODO???.

Folytassuk a fénymennyiség monitorozásával. Ehhez egy fotorezisztor lesz a segítségünkre, melyet úgyszint vízállóvá kell tennünk, ezt átlátszó ragasztóval tehetjük meg, a szenzor működsésnek befolyásolása nélkül. A fotorezisztor bekötése a következőképpen alakul, egyik lábát kössük Vcc-re, a másik lábát kössük a multiplexer választott bemenére. A mért jelet pedig egy 10kΩ-os referencia ellenálláson keresztül földeljük le.

Haladjunk is tovább a Ph szenzorunkra, ez még nincs meg de meg lesz valamikor remélhetőleg// TODO

Következzenek az áramkörben használt beavatkozó szervek, tehát a szervó motor, amely a haleledel tartó forgatásáért és ezzel az etetésért felelős mechanikai behatásokért felelős, valamint a relék melyek az akvárium hálózati feszültségen működő berendezéseit vezérlik.

A szervómotor bekötése viszonylag egyszerű, egy 3 vezetékes szervóról beszélünk, általában fekete-piros-narancs színű vezetékekkel. A motorunk is ilyen. A fekete vezeték a GND, a piros a Vcc a narancssárga pedig a motor vezérvonala, ezt egy tetszőleges digitális portra kötjük. Ezek a szervók PWM elven működnek, az ESP digitális portjai pedig képesek ellátni ezt a feladatot (tetszőleges feszültségértéket vagy akár frekvenciát jeleníthetünk meg rajtuk, természetesen a 3.3V-os kötöttség mellett), valamint szoftveresen sem ütközünk nehézségekbe, hiszen ezekhez a motorokhoz kész nyílt forráskódú függvénykönyvtárak állnak a rendelkezésünkre, melyek implementálnak minden a szervómotor vezérléséhez szükséges függvényt.

Térjünk is rá a relék koncepciójára és bekötésére. A megvalósításban egy 4 csatornás relé modult használunk, mivel 3 csatornás nem kapható (költséghatékonyabb megoldás mintha egy 2 és egy 1 csatornás relénk lenne), és a kesőbbi bővítés lehetősége mindig jobb mint ha nem lenne rá lehetőség. Ennek a modulnak 6 bemenete van, ebből 2 van fenntartva a VCC és GND vezetékeknek, a maradék 4 pedig a 4 csatorna vezérlését hivatott elvégezni, ezeket digitális jelekkel irányíthatjuk, melyeket a dekóderen keresztül kapnak meg a kiválasztott relék, így a 4 vezérvonal csak 1 portot foglal a mikrovezérlőnkön. Fontos még megemlíteni, hogy a relék által kezelt feszültséget fizikailag jól elkülönítjük a megvalósításban törpefeszültséget használó áramkörtől ezért a relé modul nem kerül integrálásra a nyomtatott áramkörön, hanem csavar-terminálokon keresztül vezetékkel köthető be.

**2.2 Felhasználói felület**

A felhasználó tájékoztatására és adatok megjelenítésére egy 4 \* 20 karakteres LCD kijelző lesz a segítségünkre. Ezt már szerencsénkre vásárlás előtt felszerelik egy I2C interfésszel, melynek köszönhetően egyszerű SPI periféria válik belőle, így mindössze 4 portja van, egy VCC egy GND melyeknek bekötése egyértelmű, fontos megemlíteni, hogy ezt a VCC portot 5V-ra kell kötni (3.3V-al is működik, de a kontrasztos megjelenítés érdekében érdemes magasabb feszültségen üzemeltetni), melynek előállítása a következő fejezetben van kifejtve. Ezeken felül pedig egy SDA (adat) és egy SCL (órajel), ezeket az ESP-n kifejezetten SPI-re kialakított portokra kötjük, melyek rendre a D1 és D2 digitális GPIO portok.

A kijelzőn felül a felhasználó kap egy // TODO? gombot mely szenzorok kalibrálására szolgál, a felhasználó felállítja a rendszert, a vízbe helyezi a szenzorokat, majd a gombot megnyomva megtörténik ezek kalibrálása (Pl.: a vízszintmérő szenzor 100%-ot jelentő vízszint beállítása, a Ph szenzor kalibrálásához viszont desztillált vízre van szükség).

**2.3 Hálózati feszültség és konvertálása (230V-ból 5V)**

Mivel a rendszer hálózati feszültséget is használ (berendezések működtetése), sőt maga a megvalósítás csak ezt a feszültséget kapja bemenetként, így ennek a helyes elkülönítése valamint transzformálása is külön feladat, ebben a fejezetben erről ejtünk szót.

Maga a megvalósítás egy 250V (10A AC) fogadóképességgel bíró, biztosítékkal és kapcsolóval ellátott tápegységet használ bemenetként, melyet egy hálózati dugaj és kábel segítségével csatlakoztathatunk bármely európai foglalattal rendelkező konnektorálláshoz. Ezt az áramot szétosztva, reléken keresztül juttatjuk el az akvárium berendezéseihez, melyek egy-egy erre szolgáló, a megvalósításon lévő konnektoron keresztül vehetik fel ezeket, így ezen konnektorok áramellátásának időzítése (és ezzel az akváriumi berendezéseké) már csak szoftveres megoldásokat igényel. Ezen aljzatok időzítését szám szerint látjuk el, így a felhasználó dönthet melyik aljzat melyik berendezésért lesz felelős. Ezekből az aljazatokból 3-at biztosítunk (Világítás/Szűrő/Levegőztető), melyek egymás mellet foglalnak helyet a megvalósítás hátlapján.

Ebből a hálózati feszültségből kell 5V-ot előállítanunk, hogy az ESP modul Vin portján keresztül meg tudjuk azt hajtani (a Vin port max 15V feszültséggel hajtható meg, de ezt érdemes minél alacsonyabban tartani, hiszen a felesleges felvett áram hőként fog távozni, így 5V teljesen megfelelő számunkra). Erre a célra egy 5V-os tápegység adaptert használunk (RS-25-5), mely célja, hogy ezt a feszültségtranszformációt elvégezze nekünk. Ez az adapter a 250V váltóáramot átalakítja 5V (max. 5A) egyenárammá. Ezt pedig használhatjuk az 5V-ot igénylő áramkörök tápfeszültségeként is.

**3 Szoftveres megoldások**

// GITHUB TOKEN:

**ghp\_tbGUSjXY1OcpXwEFzpmG2drFl0kMJl43RJhv**

4 ESP8266 (Szoftveres megoldások)

**5 Adatbázis és API**

Az adatbázis egy fontos eleme a projektnek, hiszen itt kerülnek eltárolásra az adatok és a beállítások is, valamint innen tudjuk a telefonos applikációban megjeleníteni a szenzorok adatit is. Az itt eltárolásra kerülő adatok a felhasználó adatai (email cím, név, jelszó), az akvárium (egy felhasználónak lehet több is) adatai (azonosító, név, méretek), a konfigurációs adatok az adott akváriumhoz valamint az adott akvárium szenzorai által mért adatok. Utóbbiakat a mikrovezérlő adott időközzel mintavételezi (ez külön konfigurálható, max 15 perc), és feltölti azokat az adatbázisba. Ezen felül az értesítések a mikrovezérlőről érkeznek a PhP alapú API felé, ahonnan tovább lesznek küldve a telefonos applikációba úgynevezett ’push notification’ formájában.

**5.1 Az adatbázis**

Az adatbázist belső kapcsolatait leíró egyed-kapcsolat diagramot a // TODO melléklet tartalmazza. Ennek a digramnak a relációsémákká való leképzése itt látható (az Outlet helyett az OL rövidítést használjuk):

User(email, firstName, lastName, deviceToken, authToken);

Aquarium(Id, name, length, depth, height, fishCount);

HaveAquarium(*email*, *Id*);

Config(*Id*, minTemp, maxTemp, minPh, maxPh, OL1On, OL1Off, OL2On, OL2Off, OL3On, OL3Off, waterLvlAlert, prefLight, feedingTime, foodPortions, filterClean, waterChange, sampleTime, lastModifiedDate);

SensorSample(*Id*, When, temperature, Ph, waterLvl, lightAmount);

Ezek alapján már egyértelműen felvehetjük az adatbázisunk tábláit, melyeknek SQL leírása megtalálható a // TODO számú mellékletben. Értelemszerűn összekapcsoljuk a táblákat, hogy esetleges felhasználó törlés esetén az ehez tartozó adatok is törlődjenek, valamint ha mondjuk a felhasználó kitörli egyik akváriumát akkor az ahoz tartozó konfigurációk és minták is törlődjenek.

Az akvárium azonosítója automatikusan generálódik majd, amikor a rendszer először csatlakozik az adatbázishoz, ez a WiFi hálózat megadása után meg is történik (a rendszer létrehoz egy akváriumot az adatbázisban alapértelmezett paraméterekkel, melyek később módosíthatók), ekkor a felhasználó a rendszer kijelzőjén láthatja majd a kiosztott azonsítót, ezt a telefonos applikációba való regisztrációkor meg kell adni, vagy ha már regisztrált (ez implikálja, hogy már van egy rendszere), ilyenkor az új akvárium felvételéhez kell megadni az azonosítót. Ennek megadása nélkül nem köthető össze a felhasználó és az akvárium így ez kötelező. Ezután a felhasználó már tetszőlegesen állíthatja az akvárium további adatait.

Minden konfigurációnak van egy azonosítója, amely az akvárium azonosítójával egyezik meg, külső kulcsot alkotva, így minden akváriumhoz csak egy konfiguráció tartozhat és fordítva, melyet tetszőlegesen lehet állítani az applikációban bejelentkezés és az adott akvárium kiválasztása után.

**5.2 Php API**

A screen shot of a computer

Description automatically generatedAz API (Access Point Interface) minden alkalmazás esetén létfontosságú, hiszen ezen keresztül történnek az adatok kezelése és a kérések kiszolgálása is, ez adja a kapcsolatot az alkalmazás és az adatbázis közt. Esetünkben ez az API Php alapú, és kezeli mind a mikrovezérlő, mind a telefonos applikáció által küldött és fogadott adatokat. Implementálásra kerülnek benne a használt adatszerkezetek modelljei, az ezek alapján az adatbázissal interaktáló DAO (Data Access Object) valamint a különféle kérések kiszolgálására létrehozott vezérlések (minden kérés egy-egy különböző fájlba fut be, mely kezeli azt). Az API mappaszerkezetének felépítése a 5.2.1-es ábrán látható. Természetesen a CONTROLS mappa tartalma jelentősen több, hiszen ide kerül minden funkció megvalósítását ellátó fájl is, de szemléletesség céljából itt ennyi is elegendő. 5.2.1 ábra

**5.3 Funkcionális követelmények**

* Az API-nak minden lehetséges kérést ki kell tudnia szolgálni, hibás kérés esetén pedig jelezni a hibát egy hibaüzenettel.
* A jelszavak titkosítva kerüljenek átadásra, valamint az adatbázisban is titkosítva legyen tárolva.
* Lehetőség szerint minimalizáljuk a lekérdezéseket, a már lekérdezett és használni kívánt adatokat tároljuk el a szerveroldalon.
* Lehetőség szerint minimalizáljuk a mikrovezérlő felől érkező kéréseket, beüzemelés után csak a minták feltöltése, értesítések és esetleges hibák okozzanak kéréseket.
* A frissített beállítások, melyek befolyásolhatják a mikrovezérlő működését lehetőleg azonnal kerüljenek frissítésre az eszközön is.

**Mellékletek**

A diagram of a computer program

Description automatically generated

1. Melléklet - A koncepció blokkvázlata