

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Villamosmérnöki és Informatikai Kar

Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék

Berta Máté

Konzulens

Naszály Gábor

BUDAPEST, 2020

Tartalomjegyzék

[1 Bevezetés 8](#_Toc57576980)

[1.1 Otthon automatizálás kertkapcsolatos házakban 8](#_Toc57576981)

[1.2 Öntözőrendszer bemutatása 9](#_Toc57576982)

[2 Mérési elv 11](#_Toc57576983)

[2.1 Kapacitív talaj nedvességtartalom mérés 11](#_Toc57576984)

[2.1.1 Fizikai jelenség 11](#_Toc57576985)

[2.1.2 Kapacitív szenzor mérési elve 11](#_Toc57576986)

[2.1.3 Spektrum számítás 11](#_Toc57576987)

[2.1.4 Szenzor kalibrációs mérése 12](#_Toc57576988)

[3 Hardver tervezés 15](#_Toc57576989)

[3.1 Elvi kapcsolási rajz egységek 15](#_Toc57576990)

[3.1.1 Mágnesszelep működése elve 15](#_Toc57576991)

[3.1.2 Mágnesszelep vezérlése 17](#_Toc57576992)

[3.1.3 Kliens tápellátása 19](#_Toc57576993)

[3.1.4 Bemeneti feszültség védelmei 19](#_Toc57576994)

[3.1.5 Akkumulátor töltő áramkör 20](#_Toc57576995)

[3.1.6 Szabályozott tápfeszültség előállítása 21](#_Toc57576996)

[3.1.7 Programozó interface 22](#_Toc57576997)

[3.1.8 Méréshez szükséges csatlakozó 23](#_Toc57576998)

[3.1.9 Mérőjel előállító áramkör 23](#_Toc57576999)

[3.1.10 Hőmérséklet- és nyomásmérő áramkör 26](#_Toc57577000)

[3.1.11 ESP32 WROOM-32 periféria áramkörei 28](#_Toc57577001)

[3.1.12 Egyéb funkciókat ellátó áramkörök 29](#_Toc57577002)

[3.2 NYÁK terv 30](#_Toc57577003)

[4 Szoftver tervezés 31](#_Toc57577004)

[4.1 Kliens beágyazott szoftvere 31](#_Toc57577005)

[4.2 Központi egység szoftvere 31](#_Toc57577006)

[5 Validációs mérés 32](#_Toc57577007)

[5.1 NYÁK bemérése 32](#_Toc57577008)

[5.2 Szenzor bemérése 32](#_Toc57577009)

[6 Irodalomjegyzék 33](#_Toc57577010)

[7 Függelék 34](#_Toc57577011)

Hallgatói nyilatkozat

Alulírott Berta Máté, szigorló hallgató kijelentem, hogy ezt a szakdolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, csak a megadott forrásokat (szakirodalom, eszközök stb.) használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Hozzájárulok, hogy a jelen munkám alapadatait (szerző(k), cím, angol és magyar nyelvű tartalmi kivonat, készítés éve, konzulens(ek) neve) a BME VIK nyilvánosan hozzáférhető elektronikus formában, a munka teljes szövegét pedig az egyetem belső hálózatán keresztül (vagy hitelesített felhasználók számára) közzétegye. Kijelentem, hogy a benyújtott munka és annak elektronikus verziója megegyezik. Dékáni engedéllyel titkosított diplomatervek esetén a dolgozat szövege csak 3 év eltelte után válik hozzáférhetővé.

Kelt: Budapest, 2020. 12. 01.

...…………………………………………….

Berta Máté

**Összefoglaló**

Ide jön a ½-1 oldalas magyar nyelvű összefoglaló, melynek szövege a Diplomaterv Portálra külön is feltöltésre kerül.

**Abstract**

Ide jön a ½-1 oldalas angol nyelvű összefoglaló, amelynek szövege a Diplomaterv Portálra külön is feltöltésre kerül.

# Bevezetés

## Otthon automatizálás kertkapcsolatos házakban

Az otthonainkban egyre jobban betörő IoT eszközök megváltoztatják elvárásainkat háztartási eszközeinkkel szemben. Az „smart” jelzővel ellátott használati tárgyaink száma egyre nő, melyek gyakran, egyes kényelmi funkciókon túl, távoli elérést tesznek lehetővé. Olyan információkat gyűjthetünk otthonunkról, mint például napelem celláink teljesítménye, házunk áramfelvétele, háztartási eszközeink fogyasztása vagy akár bejárati ajtónkról élő kameraképet nézhetünk távolról.

Az otthon automatizálási feladatok ellátásával szemben állított jellemző műszaki követelmények közé tartozik az alacsony fogyasztás, integrálhatóság valamilyen IoT rendszerbe, könnyű kezelőfelület és relatív alacsony ár.

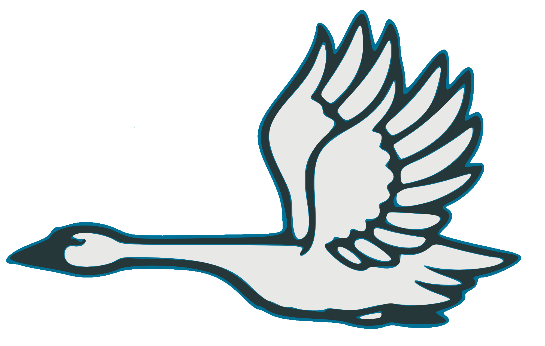
Hazánkban lakóövezet szerint a házak 62%-a családi ház, zártkerti vagy külterületi ingatlan. [[1]](#_[1]_KSH,_A) Az ilyen típusú ingatlanok gyakran rendelkeznek kertkapcsolattal, ahol konyhakert vagy gyümölcsös található vagy telepíthető. Az ilyen ingatlanok esetén az otthon automatizálást kiterjeszthető a kerti feladatok automatizálására, melyek közül az egyik legkevesebb infrastrukturális változtatást megkövetelő az öntözőrendszer „okosítása”.

Sok kert rendelkezik kiépített öntözőrendszerrel, amely egy vagy több csap megnyitásával lehetővé teszi az öntözést. Ezek a rendszerek gyakran időzítőkkel vannak ellátva, mely bizonyos szintű automatizált megoldást nyújt, de ezek a rendszerek nem tudják figyelembe venni az időjárási körülményeket, gyakran sok emberi beavatkozást is igényelnek, illetve állapotuk nem ellenőrizhető távolról.

A kiépített öntözőrendszerek viszont lehetőséget adnak a könnyű automatizálásra, hiszen egy mágnesszelepes csap segítségével villamos jelekkel irányítható az öntözés.

## Öntözőrendszer bemutatása

Jelen szakdolgozat témája egy öntözőrendszerbe építhető mérő- és beavatkozó egység. A rendszer követelményeit és a mérőegység alapelvének működőképességét önálló laboratórium feladatom definiálja és támasztja alá, az erről készült dokumentum elérhető nyilvánosan. [[2]](#_[1]_Önálló_laboratórium)



1‑1. ábra SWAN logó

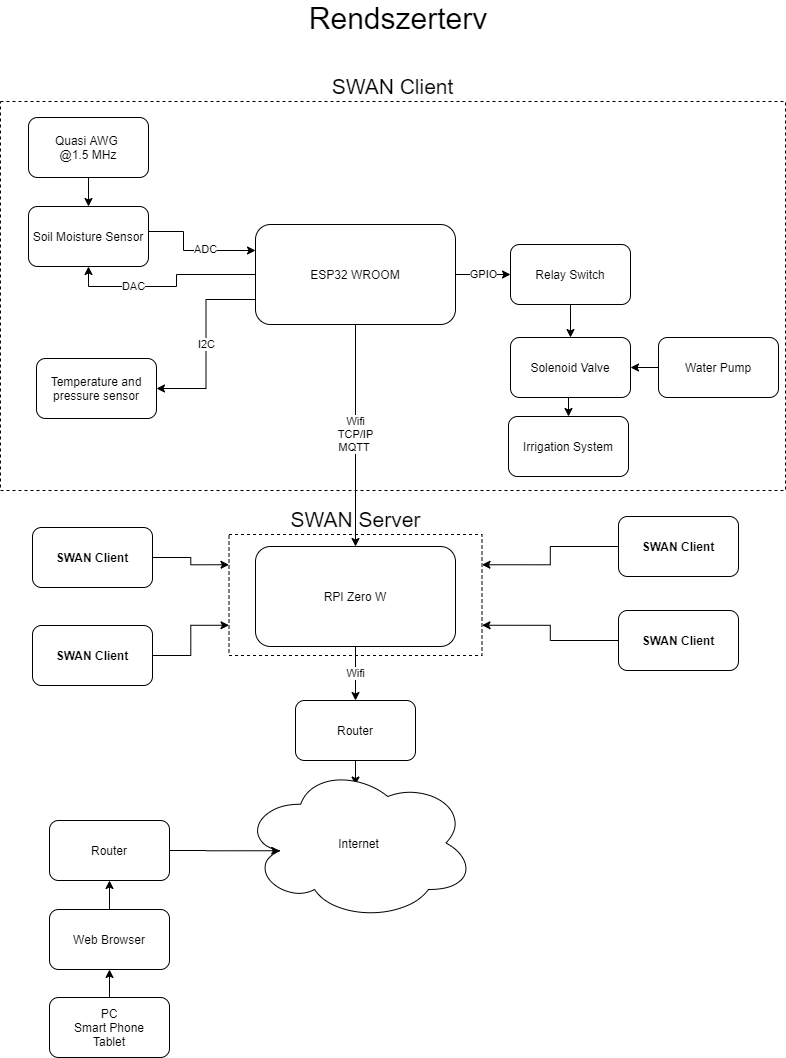
Az öntözőrendszer a Smart Watering Automation System (S.W.A.N.) nevet kapta. A mérő- és beavatkozó egységre SWAN kliensként, a rendszerhez tartozó központi egységre SWAN szerverként hivatkozok a továbbiakban.

Minden kliens a talaj nedvességtartalmát, a levegő hőmérsékletét és páratartalmát méri. A mért adatok, dátum, illetve pontos idő felhasználásával avatkozik be minden egység, amely ellátott az ehhez szükséges hardver elemekkel. Minden mért adatot batchenként közlik a kliensek a szerverrel, mely utasítást is adhat a klienseknek, amikor azok bejelentkeznek hozzá.

A szerver és a kliensek feltételezik, hogy saját rádiós perifériáiknak hatótávolságán belül vezeték nélküli kapcsolaton (WIFI) keresztül hozzáférésük van a helyi hálózathoz, melyen kommunikálnak egymással és pontos dátum-idő információt (NTP) szerezhetnek.

A kliensek akkumulátoros üzemre optimalizáltak, viszont hálózatról (3,5V-6V DC) is meghajthatóak. Az akkumulátor töltése DC tápon keresztül történik, a szükséges töltések közötti idő minél hosszabbra növelése szempontja mind a hardveres, mind a szoftveres tervezésnek.

A SWAN kliens és szerver az alábbi rendszerterv szerint épül fel és csatlakozik egymáshoz.



1‑2. ábra S.W.A.N rendszerterv

# Mérési elv

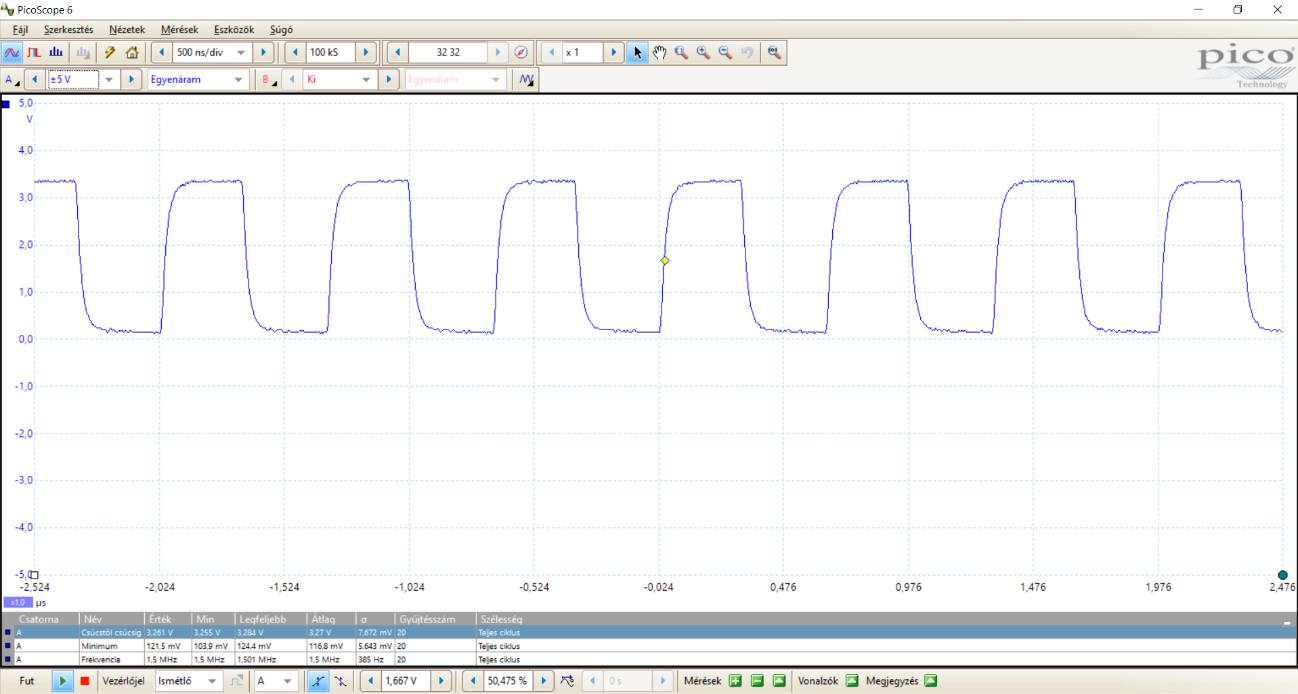
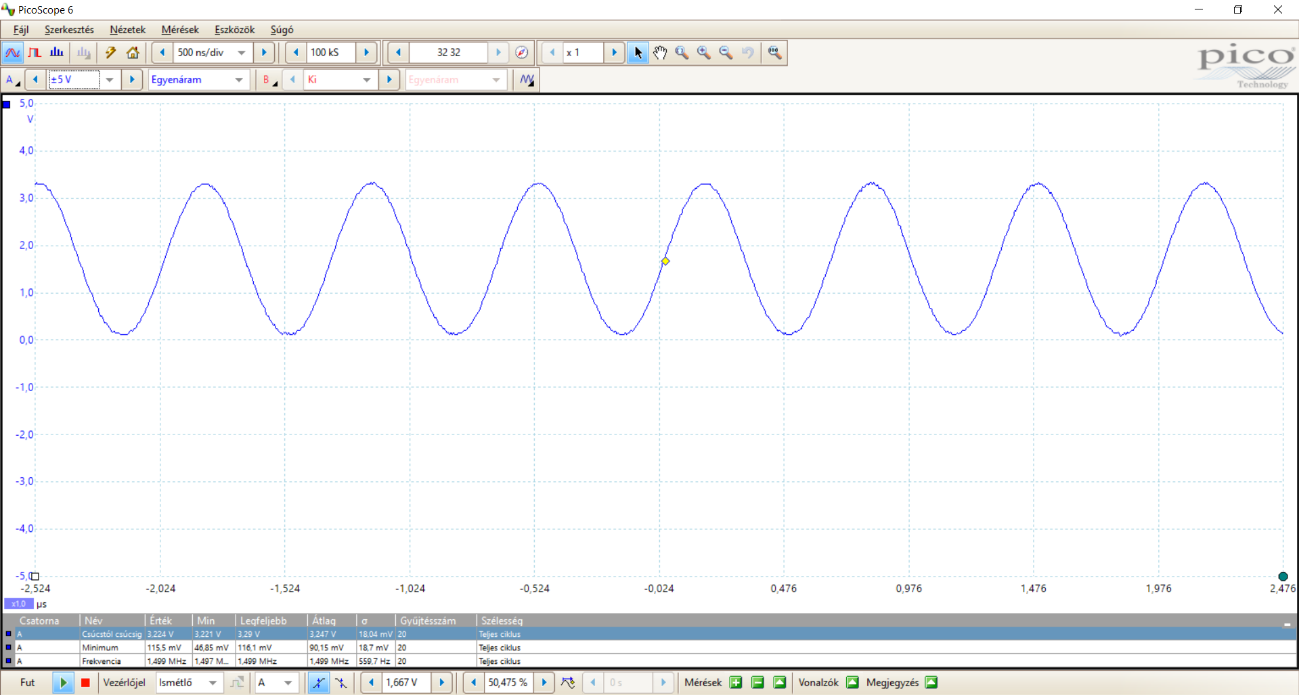
## Kapacitív talaj nedvességtartalom mérés

### Fizikai jelenség

### Kapacitív szenzor mérési elve

### Spektrum számítás

### Szenzor kalibrációs mérése



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nedvességtartalom [ml/g]** | **Feszültség szenzor1 [mV]** | **Feszültség szenzor2 [mV]** |
| 0 | 2214 | 2901 |
| 0,0125 | 1842 | 2592 |
| 0,025 | 1801 | 2556 |
| 0,0375 | 1645 | 2451 |
| 0,05 | 1474 | 2360 |
| 0,0625 | 1151 | 2121 |
| 0,075 | 1064 | 1965 |
| 0,0875 | 979 | 1755 |
| 0,1 | 961 | 1728 |
| 0,1125 | 945 | 1697 |
| 0,125 | 946 | 1678 |
| 0,1375 | 947 | 1662 |
| 0,15 | 945 | 1659 |
| 0,1625 | 939 | 1644 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nedvességtartalom [ml/g]** | **Feszültség szenzor1 [mV]** | **Feszültség szenzor2 [mV]** |
| 0 | 2563 | 2627 |
| 0,0125 | 2562 | 2626 |
| 0,025 | 2100 | 2223 |
| 0,0375 | 1893 | 2205 |
| 0,05 | 1555 | 2105 |
| 0,0625 | 1510 | 2093 |
| 0,075 | 1452 | 2015 |
| 0,0875 | 1410 | 1950 |
| 0,1 | 1375 | 1780 |
| 0,1125 | 1195 | 1643 |
| 0,125 | 1152 | 1595 |
| 0,1375 | 1144 | 1590 |
| 0,15 | 1145 | 1590 |
| 0,1625 | 1144 | 1590 |
| 0,175 | 1143 | 1589 |
| 0,1875 | 1134 | 1587 |

# Hardver tervezés

## Elvi kapcsolási rajz egységek

### Mágnesszelep működése elve

A kliensek kimenete egy az öntözőrendszerben meglévő beavatkozó szervhez kapcsolódik, mely működési elvének megértése szükséges a megfelelő vezérlőjel előállításához.

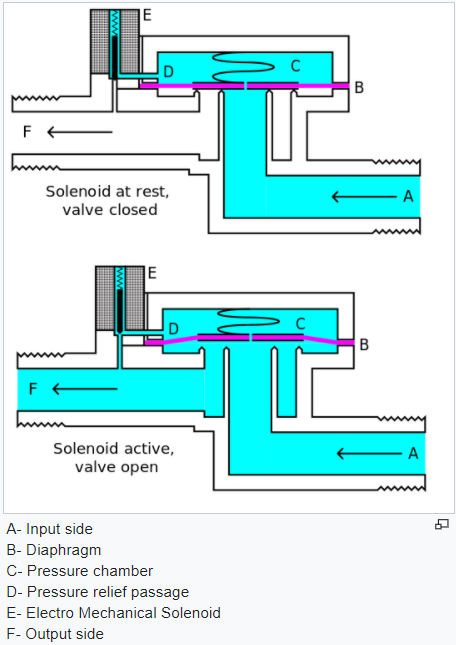
Ez a beavatkozószerv egy mágnesszelep, amely elektromechanikusan működtetett szelep. A mágnesszelepek a folyadékokat szállító rendszerekben leggyakrabban használt vezérlőelemek. Számos alkalmazási területen megtalálhatók. Feladatuk a folyadékok útjának elzárása, felszabadítása, a folyadék adagolása, elosztása vagy keverése. A mágnesszelepek gyorsak és biztonságosak, nagy megbízhatóságúak, hosszú élettartammal rendelkeznek.

A 3‑1. ábra egy általános szelep kialakítását mutatja, amely a víz áramlását szabályozza ebben a példában. A legfelső ábrán a szelep zárt állapotban van. A nyomás alatt levő víz A pontba kerül. B egy rugalmas membrán, fölötte pedig egy gyenge rugó található, amely lenyomja a membránt. A membrán középpontjában lyuk található, amely lehetővé teszi, hogy nagyon kis mennyiségű víz áramoljon rajta keresztül. Ez a víz úgy tölti ki a membrán másik oldalán lévő C üreget, hogy a nyomás a membrán mindkét oldalán egyenlő legyen, azonban az összenyomott rugó összességében lefelé irányuló erőt szolgáltat. A rugó gyenge, és csak azért képes bezárni a beömlőnyílást, mert a membrán mindkét oldalán kiegyenlítődik a víznyomás.

Amint a membrán bezárja a szelepet, az alja kimeneti oldalán lévő nyomás csökken, és a fenti nagyobb nyomás még szilárdabban zárja. Így a rugónak nincs jelentősége a szelep zárva tartása szempontjából.

Mindez azért működik, mert a kis D lefolyójáratot egy csap rögzíti, amely az E mágnesszelep armatúrája, amelyet egy rugó nyom le. Ha az áram áthalad a mágnesszelepen, a csapot mágneses erővel visszahúzza, ekkor a C kamrában lévő víz gyorsabban üríti ki a D járatot, mint amennyit a lyuk képes feltölteni. A C kamrában a nyomás csökken, a beérkező nyomás megemeli a membránt, ezáltal kinyitva a fő szelepet. A víz a mágnesszelep inaktiválódásáig közvetlenül A-ból F-be áramlik.

Amikor a mágnesszelep inaktiválódik, a D járat ismét záródik, ekkor a rugónak nagyon kevés erőre van szüksége a membrán újbóli lenyomásához, a főszelep bezárul. A gyakorlatban gyakran nincs külön rugó; a membrán úgy van kialakítva, hogy rugóként is funkcionáljon. [[3]](#_[3])



3‑1. ábra Mágnesszelep működése

Ez a kialakítás normál állapotában zárt (NC), amely ebben az alkalmazásban előnyös, hiszen energiát, csak nyitott állapot közben fogyaszt. Egy öntözőrendszer egy nap során legtöbbet zárt állapotban van, mivel nem öntözünk folyamatosan.

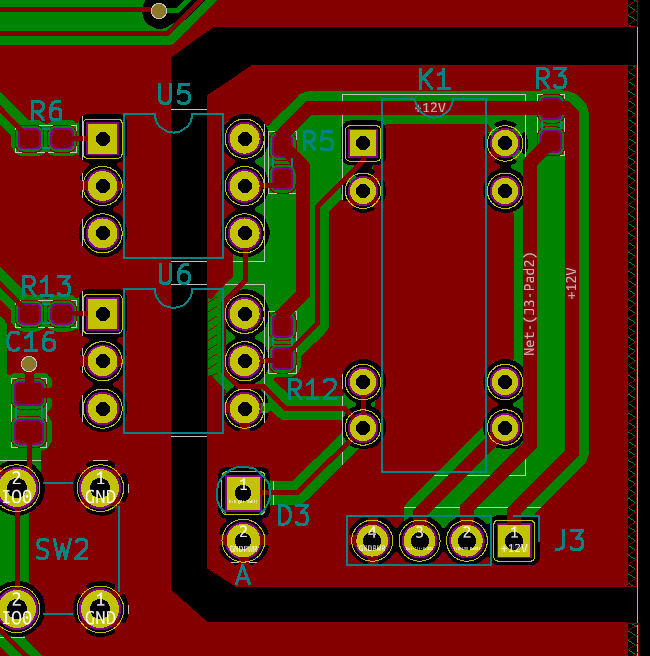
### Mágnesszelep vezérlése

A mágnesszelep működési elvéből kitalálhatjuk, hogy villamos vezérlés szempontjából egy tekercset (vagy gondolkodhatunk úgy is, hogy egy elektromágnest) kell energizált állapotba hozni, majd kikapcsolni. A rendszer olyan szelepeket tud kezelni, melyeket elegendő DC feszültséggel ellátni, így a tekercs energizálásához nem szükséges szinuszos vezérlő jelet előállítani. A méretezés ebben az esetben 12 V-ról működő és maximum 6 W-ot fogyasztó szelep alapján történt.

A kliensek alacsony fogyasztású mérőeszközök, nem rendelkeznek 12 V-os tápfeszültséggel, viszont 12 V-os táp csatlakoztatásával vezérelhető lesz a mágnesszelep.

A 12 V-os táp galvanikusan leválasztott a kliensek akkumulátorról előállított feszültségeitől. A leválasztást optikai csatoló áramkörrel és külön PWRGND rézréteg segítségével realizáltam, az IPC2221 szabvány által definiált minimumtávolság többszörös betartásával. (3‑2. ábra)

(HIVATKOZÁS)https://www.smpspowersupply.com/ipc2221pcbclearance.html



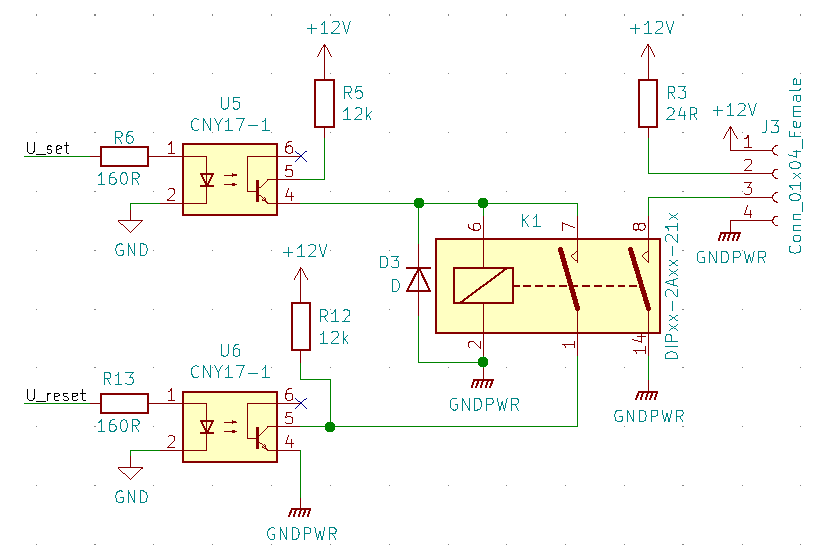
3‑2. ábra Galvanikusan leválasztott öntartó relé kapcsolás realizációja

A 3‑3. ábra tartalmazza az elvi kapcsolási rajzot. Az áramkörnek két bemenete van Uset és Ureset,melyek a be- és kikapcsolásért felelnek. A be- és kikapcsoló vezérlőjelek azonosak, legalább 6 µs széles 3.3 V feszültségű impulzusok. A R6, R13 soros ellenállások áramkorlátozó szereppel rendelkeznek, 2 mA a maximális áram.

A bekapcsoló impulzus hatására U5 kapcsolón keresztül 1 mA-es áram folyik K1 relé tekercsén, mely hatására K1 NC kontaktusai bezárnak és J3 csatlakozón keresztül maximum 500 mA áram mellett a mágnesszelep tápot kap.

A bekapcsoló impulzus után az áramkör öntartásban marad K1 relé 1-7 kontaktusán keresztül, mindaddig amíg a relé tekercsének potenciálját a kikapcsoló impulzus hatására U6 kapcsoló 0 V-ra nem húzza.

A K1 relé tekercsének kikapcsolásakor figyelembe kell venni, hogy a tekercs mágneses terében tárolt energia kontrollált módon disszipálódjon el. D3 teljesítménydióda ezt a feladatot látja el, kikapcsolás esetén a tekercs a diódán keresztül disszipálja el energiáját.



3‑3. ábra Galvanikusan leválasztott öntartó relé kapcsolás

A 12V-os külső táp J3 csatlakozón keresztül kerül a NYÁK-ra, így szükség esetén más DC feszültséget is kapcsoltathatunk a kliens eszközökkel, például 24 V-ot. Ekkor az ellenállás értékek változtatása szükséges lehet. A huzalok szélessége és egymástól való távolsága megengedi 3.3 V-tól 24 V-ig terjedő külső feszültség használatát.

### Kliens tápellátása

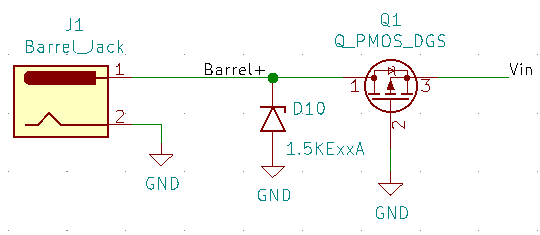
A kliensek mérési helyszíne nem teszi lehetővé a kényelmes csatlakozást a villamos hálózathoz. Mindenképpen telepes vagy akkumulátoros tápellátásra van szükség.

Alacsony fogyasztású alkalmazásoknál a telepes tápellátás nagy előnyökkel bír, hiszen technológiai előnye az akkumulátorokkal szemben, hogy elhanyagolható az önkisülési jelenség. Viszont egy tipikus CR2032 telep 100 mA-es csúcsnál nagyobb áram leadására nem képes, emiatt nagy méretű hidegítő kondenzátorokra (akár szuper kondenzátorokra) lenne szükség, hogy az ESP32 vezeték nélküli kommunikációja közben elegendő áramot tudjon szolgáltatni egy ilyen cella. Mindemellett 200-300 mAh-s tárolókapacitása, sem lenne elég a kliens ellátására.

Az viszonylag magas áramleadási szükséglet és nagy 2000-3000 mAh-s tárolókapacitás érdekében Li-ion akkumulátor alkalmazása mellett döntöttem.

A választás egy 18650-es és 3.7 V nominális feszültséggel rendelkező akkumulátorra esett, melynek a kapacitása 2600 mAh és maximális áramterhelhetősége 10A. A 18650 elnevezés az akkumulátor felépítésének dimenzióit adja meg, emiatt legalább 6,5 cm (praktikusan 8 cm) helyre van szükség a NYÁK-on az akkumulátornak. A helyigény mellett az akkumulátor beszerzési ára a legnagyobb hátránya ennek a megoldásnak, hiszen az körülbelül az alkatrészek árának ¼ része. (A hardveres költségek összegzését külön alfejezet tárgyalja.)

### Bemeneti feszültség védelmei



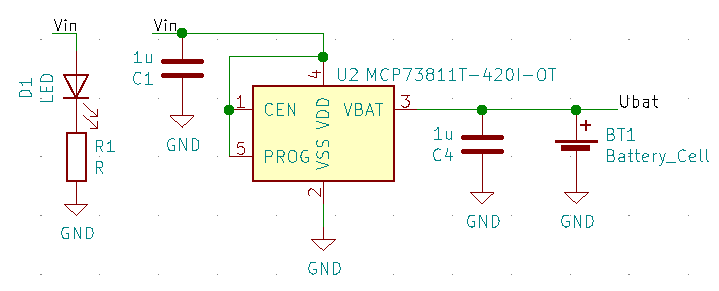
3‑4. ábra ESD és fordított polaritás védelem

A 3‑4. ábra a bemeneti feszültségre alkalmazott ESD és fordított polaritás védelem áramkörének kapcsolási rajzát tartalmazza. Az ESD védelmet TVS dióda látja el. Amennyiben J1 csatlakozón fordított polaritású feszültség jelenik meg Q1 P csatornás MOS-FET szakadásként viselkedik, ezáltal védve az áramkört.

Ennek bizonyítására végezzünk gondolatkísérletet. Tegyük fel, hogy Q1 kapcsoló zárt állapotban van, ekkor Vin GND-hez képest negatív feszültség. Egy P csatornás FET csak negatív gate-source feszültség (UGS) mellett van zárt állapotban. Viszont Vin GND-hez viszonyítva pontosan -UGS, tehát negatív Vin feszültség esetén UGS pozitív, melyből következik, hogy a tranzisztor nyitott állapotban kell legyen.

Összegezve Q1 tranzisztor csak helyes bemeneti feszültség mellett lehet nyitott állapotban, UDS maximális feszültségig védi az áramkört a fordított polaritás ellen.

### Akkumulátor töltő áramkör



3‑5. ábra ábra Li-ion akkumulátor töltő áramkör

Az akkumulátor töltését egy single-cell (egy cellás) Li-ion akkumulátor töltő integrált áramkör látja el. Az akkumulátort konstans áramú töltés mellett 4.2 V feszültségig tölti az áramkör. Az IC PROG lábának logikai magas feszültségre kötésével 500 mA-es töltőáram lett beállítva. Így az akkumulátor alatt tölthető fel. Azáltal, hogy töltésre ritkán van szükség és az akkumulátor kevesebb, mint egy éjszaka alatt feltölthető, így elfogadható a töltési idő.

C1 és C4 kondenzátorok a be- és kimeneti feszültségek hullámosságának csökkentésére és impulzusszerű áramfelvételek töltés szükségletének ellátására szolgálnak. Más szempontból nézve passzív RC szűrőként funkcionálnak a tápvonalakon.

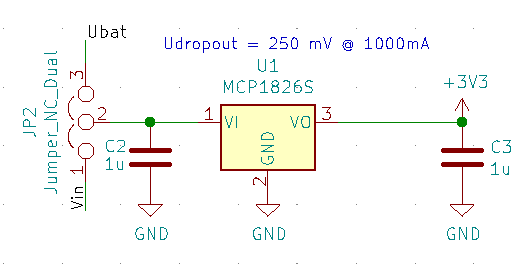
### Szabályozott tápfeszültség előállítása

Az ESP32 és egyéb a kliens részét képző IC-k számára a tápfeszültséget egy 1000 mA-t leadni képes Low Dropout Voltage lineáris ún. áteresztő tranzisztoros szabályozó látja el. LDO-ra szükség az akkumulátor feszültség nominális értékének és 3.3 V-os előállítandó feszültségnek közelsége és a felesleges hőfejlesztés elkerülése miatt volt szükség.

C2 és C3 kondenzátorok szerepe megegyezik a 3.1.5 pontban szereplő C1 és C4 kondenzátorokkal.

A feszültségszabályzó bemenetére jumper segítségével külső tápfeszültséget is lehet csatlakoztatni, de ennek szerepe szigorúan fejlesztési célú.

A lineáris feszültségszabályozókat nagyfrekvenciás zajok ellen védeni kell, ennek gyakori megoldása egy a szabályzóval sorba kötött L-C szűrő. A szűrésre, azért van szükség, mivel a szabályozóban lévő tranzisztor nem képes végtelen sávszélességgel kapcsolni és a többletfeszültséget eldisszipálni. Azonban a Li-ion akkumulátorok feszültsége kevés zajt tartalmaznak, eleve jól szűrt tápforrásnak tekinthetők. Emellett még passzív LC szűrő alkalmazásához is szükség van egy viszonylag drága áramköri elemre, a tekercsre. A felsorolt érvek miatt (kis zajtartalmú forrás, költségminimalizálás) nem került szűrő az LDO bemenetére.



3‑6. ábra LDO fix 3.3 V kimeneti feszültséggel

A kimeneten található 1µF-os kerámia kondenzátor mellett minden IC táplábaihoz közel 100 nF-os kondenzátor van párhuzamosan kötve C3 kapacitással. Ennek segítségével növelve a kondenzátorok effektív sávszélességét.

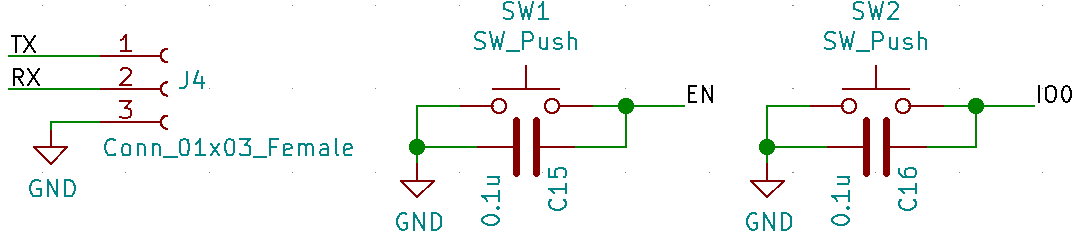
### Programozó interface

Az ESP32 programozása UART periférián keresztül történik. Ez az UART periféria nem csak a programozhatóságot teszi lehetővé, hanem debug portként is használható fejlesztés közben, vagy javítások elvégzésénél. (Hibaüzenetek küldhetők rajta.)

Az ESP32 modul programozható állapotba hozásához szükséges a processzor IO0 lábát alacsony logikai szinten tartani, erre nyomógomb segítségével van lehetőség. Programozás után hardveres reset szükséges, melyet EN jel logikai alacsony szintre húzásával érhetünk el, nyomógomb segítségével.

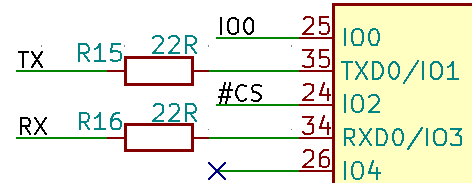
A nyomógombok pergésmentesítésére az ESP32 Dev Kit C adatlapja által javasolt megoldást alkalmaztam. (HIVATKOZÁS)

A programozó interface és a pergésmentesített nyomógombok kapcsolási rajzát a 3‑7. ábra tartalmazza.



3‑7. ábra Programozó interface

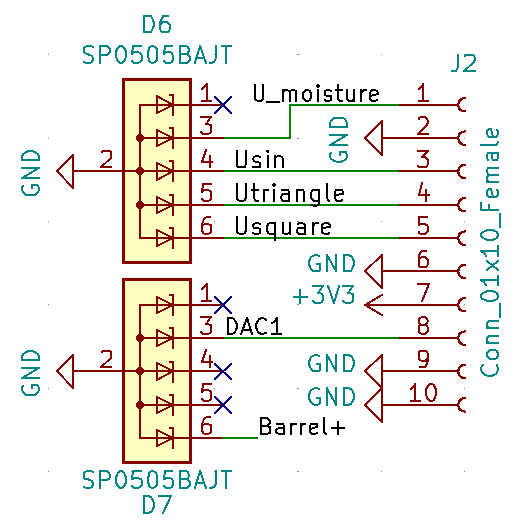
Kihasználva a NYÁK-on megjelenő parazitakapacitásokat, kis értékű 22 Ω értékű ellenállások felhasználásával TX és RX jelek meredek éleit szűröm, ezzel csökkentve az általuk a NYÁK-on keltett zajt.



3‑8. ábra Digitális jel szűrőáramköre

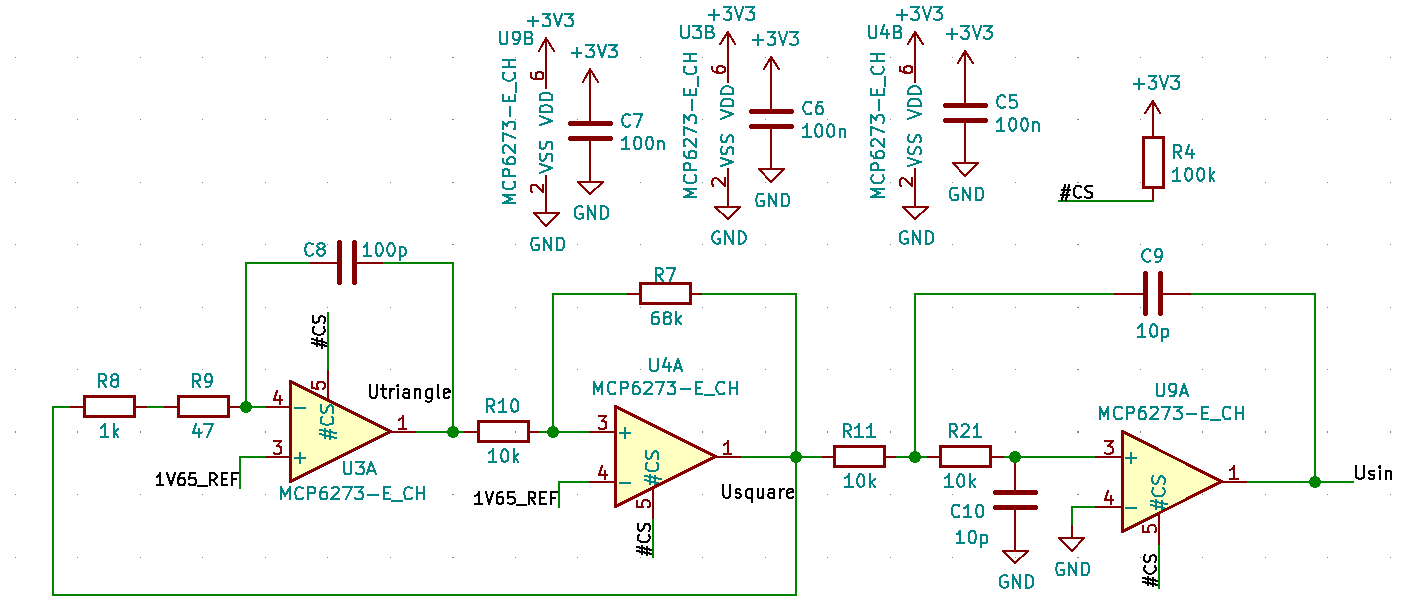
### Méréshez szükséges csatlakozó

A méréshez szükséges gerjesztőjelek és a mért jel, 3.3 V és GND jelekkel kiegészítve tüskesor csatlakozón találhatók a NYÁK-on. A mérővezetékek hossza, illetve a külvilággal való rendeltetésszerű kapcsolata miatt ESD védelemmel láttam el a tüskesor csatlakozót, TVS dióda tömb alkalmazásával.



3‑9. ábra Tüskesor csatlakozó ESD védelme

### Mérőjel előállító áramkör



3‑10. ábra Mérőjel előállító áramkör

A 3‑10. ábra tartalmazza a méréshez szükséges 1.5 MHz-es jeleket előállító áramkört. A méréshez DC komponenst is tartalmazó, háromszögjelet, négyszögjelet és szinuszjelet állítunk elő.

Az áramkör három alapkapcsolásból, egy invertáló integrátorból, egy Schmitt-triggerből és egy Sallen-Key szűrőből áll, melyek együttesen hozzák létre a kívánt jeleket.

Ha egy invertáló integrátor áramkör bemenetére konstans egyenfeszültséget kapcsolunk, akkor annak kimenetén lineárisan csökkenő feszültséget kapunk. Amennyiben ezt a lineárisan csökkenő feszültséget egy Schmitt-trigger bemenetére kapcsoljuk, majd annak kimenetét visszacsatoljuk az invertáló integrátorra, folyamatosan változó előjelű lineáris feszültségváltozást mérhetünk a kimeneten, azaz háromszögjelet állítottunk elő. Emellett a Schmitt-trigger kimenetén Vcc és GND között váltakozó egyenfeszültségeket mérhetünk, azaz négyszögjelet állítottunk elő.

A szinuszjel előállítására analóg aktív szűrőt alkalmazhatunk. Ismeretes, hogy periodikus jel leírható szinuszjelek végtelen sorának összegeként. Amennyiben, a jel periódus ideje által meghatározott alap frekvencia és az első felharmonikus frekvenciája közé helyezett törési frekvenciájú aluláteresztő szűrőt alkalmazunk a jelen, a szűrő kimenetén jó alakhűséggel rendelkező szinusz jelet kapunk.

A 3‑10. ábra által ábrázolt kapcsolásban a létrehozott négyszögjel kerül szűrésre, egy Sallen-Key kapcsolás másodfokú aluláteresztő kapcsolás alkalmazásával.

Mindhárom alapkapcsoláshoz lineáris műveleti erősítőre van szükség, mellyel szemben a következő feltételeket határoztam meg:

* legalább 1.5 MHz működési sávszélesség
* aszimmetrikus táp lehetősége
* rail-to-rail működés
* alacsony fogyasztás

A választás a MCP6273 gyártói jelű integrált áramkörre esett, mely egy 170 µA fogyasztási móddal és aszimmetrikus táppal rendelkező 2 MHz sávszélességű rail-to-rail műveleti erősítőt tartalmaz. (HIVATKOZÁS)

Az erősítő engedélyezéséhez egy aktív alacsony jelet kell a mikrovezérlőnek előállítani. A lába az IC-nek 100 kΩ ellenálláson keresztül 3.3 V feszültségre van kötve.

Az mérőjelet előállító áramkör működéséhez szükség van az erősítéseket, frekvenciát és hiszterézist meghatározó passzív R, C elemekre.

A méretezés során figyelembe vettem, hogy 0603 és 0508 méretekkel rendelkező SMD alkatrészekkel történik a megvalósítás, illetve az E24-es szabványsor szerinti értékek érhetők el.

A mérőjel frekvenciáját meghatározó RC-tag a 3‑10. ábra C8, R8 és R9 elemeiből tevődik össze.

A frekvencia a következő egyenlet szerint számítható:

A komparátor (Schmitt-trigger) billenési feszültségét a következő módon származtathatjuk:

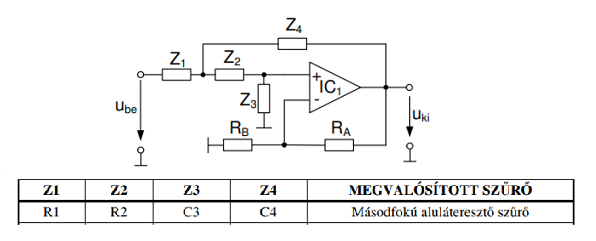
*,ahol = 1.65V, és*

Ezek alapján a billenési feszültségek:

(HIVATKOZÁS)

A bevezetett hiszterézis ugyan a háromszögjel szimmetriáján ront, viszont biztosítja, hogy nem történhet oszcillálás a komparátor kimenetén.

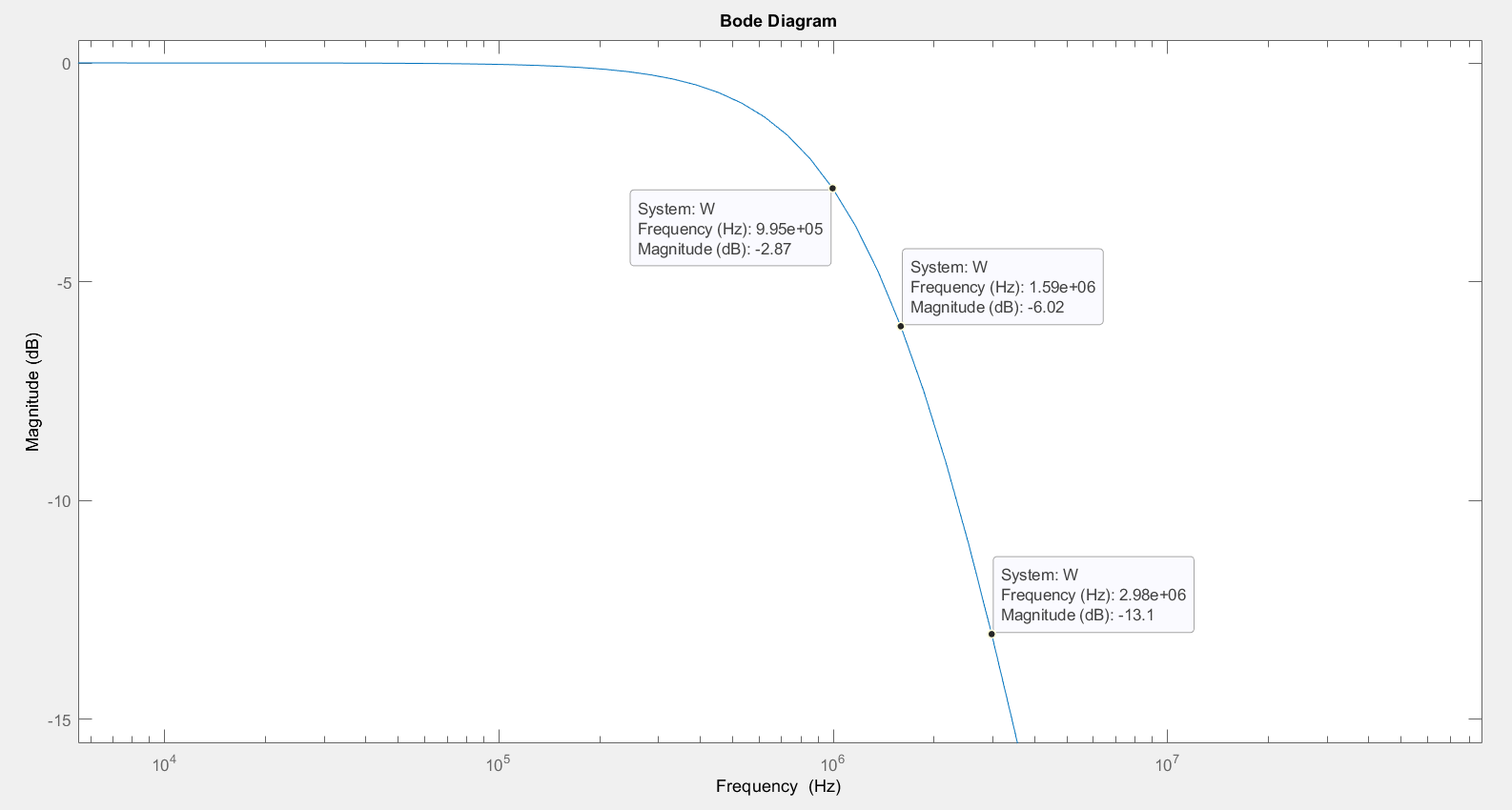
A szinuszos mérőjel ellőállításához Sallen-Key alaptagot alkalmaztam, mellyel másodfokú aluláteresztő szűrőt valósítok meg. (HIVATKOZÁS)



3‑11. ábra Sallen-Key alaptag

A 3‑10. ábra szerinti kapcsolásban R1 szerepét R11, R2-t R21, C3-t C10 és C4-t C9 veszi fel.

A kapcsolás átvitele a következő:



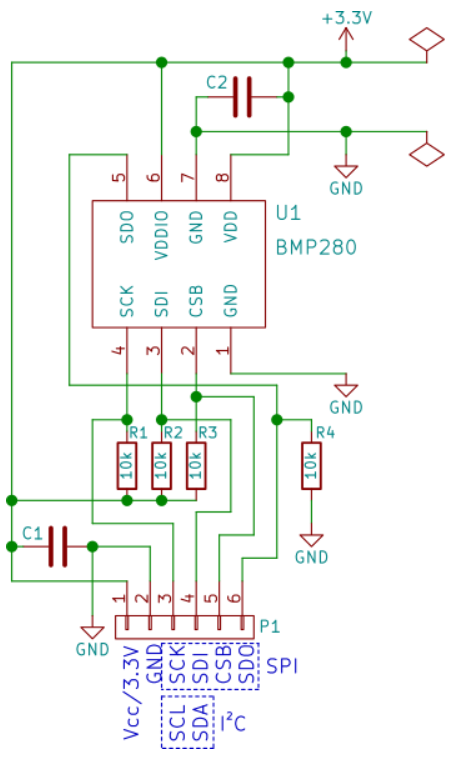
### Hőmérséklet- és nyomásmérő áramkör

Az öntözőrendszer számára fontos, hogy a környezeti hőmérsékletet (elsősorban talajközeli levegőréteg hőmérsékletét) legalább 1 ºC pontosággal mérje, annak érdekében, hogy fagy vagy fagyközeli levegőhőmérséklet esetén, ne kapcsolja be az öntözést, még a talaj nedvességtartalmának csökkenése esetén sem.

A levegő nyomásának mérésével következtethetünk az időjárás változására például a nyári záporok előtt nyomásváltozás történik. (HIVATKOZÁS)

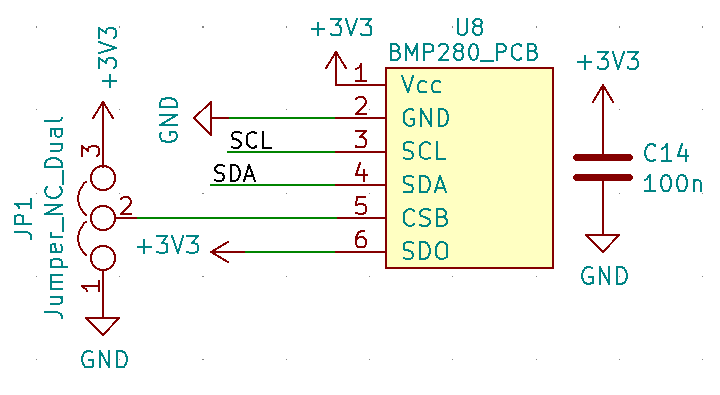
Erre a feladatra a BMP280 elnevezésű szenzort használtam. Amellett, hogy megfelelő pontosággal mér hőmérsékletet és nyomást, kapható ún. breakout boardon is, így külön kis NYÁK-ra került a szenzor és a nagyáramot is szállító NYÁK hőmérséklete kevésbé befolyásolja a hőmérséklet mérést.

A szenzort I2C (opcionálisan SPI) buszon lehet elérni 0x76 és 0x77 címen, melyen hardveresen lehet állítani, egy jumper segítségével. A kapcsolás belső felépítését a 3‑12. ábra, a kliens NYÁK-hoz csatlakozását a 3‑13. ábra mutatja.



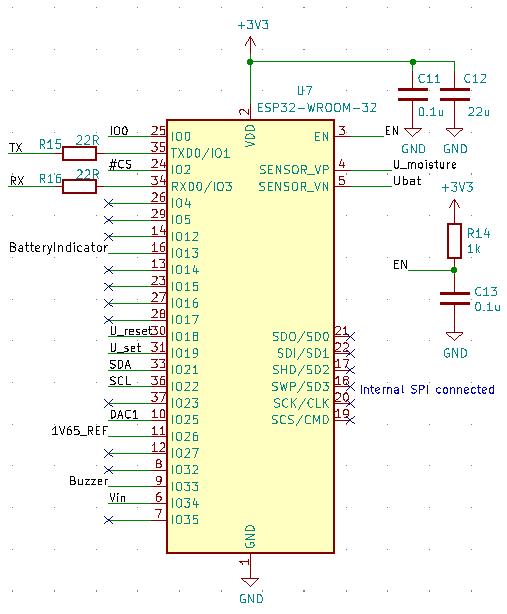
3‑12. ábra BMP280 PCB belső felépítése

<https://startingelectronics.org/pinout/GY-BMP280-pressure-sensor-module/> (HIVATKOZÁS)



3‑13. ábra BMP280 PCB külső áramköre

### ESP32 WROOM-32 periféria áramkörei



3‑14. ábra ESP32 WROOM-32

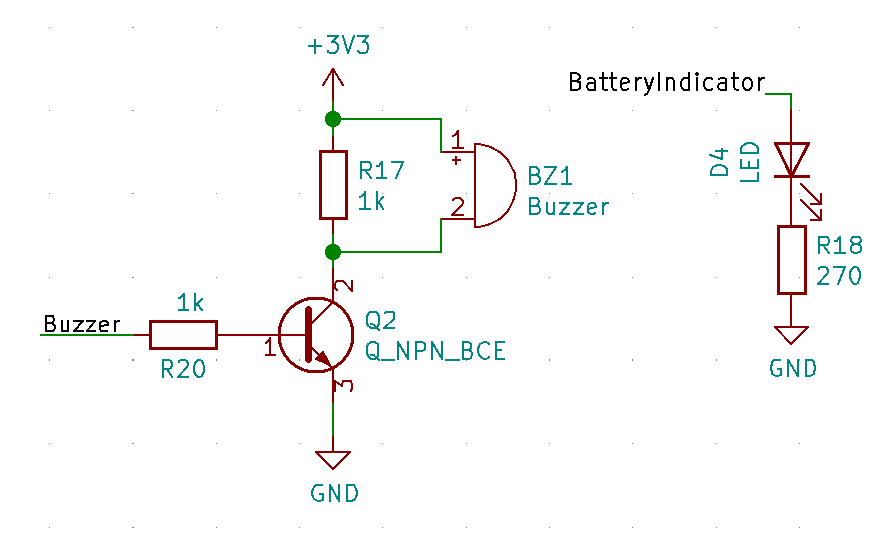
Az ESP32 modul ezen alkalmazáshoz szükséges periféria áramkörök nagy részét tartalmazza, így nem volt szükség sok külső alkatrész csatlakoztatásához.

A 3‑14. ábra C11 és C12 hidegítő kondenzátorok a gyártó által javasolt méretekkel rendelkeznek.

R14 és C13 az engedélyező jel (EN) hullámosságának csökkentésére szolgál.

Az általam használt WROOM-32 modul tartalmaz 4 MB flash memóriát, amely SPI buszon keresztül összeköttetésben áll a processzorral. Emiatt a modul 17-22 lábait nem szabad semmilyen külső egységhez kötni.

### Egyéb funkciókat ellátó áramkörök



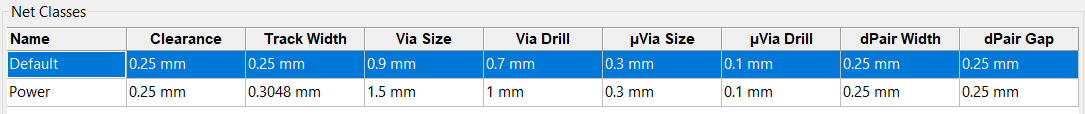
3‑15. ábra Buzzer és LED meghajtó áramkörök

A 3‑15. ábra tartalmazza a keresési funcióhoz szükséges buzzer meghajtó áramkört, illetve az akkumulátor indikátor áramkört.

A LED 5 mA-es árammal és 2 V nyitófeszültséggel lett méretezve.

A buzzer áramkört 20-20 kHz közötti négyszögjellel kell meghajtani.

## NYÁK terv



# Szoftver tervezés

## Kliens beágyazott szoftvere

## Központi egység szoftvere

### SWAN szerver szoftveres környezete

A SWAN szerver egy Raspberry Pie Zero W single board computeren fut. A RPI hivatalos operációs rendszerét DietPi szoftverre cseréltem, annak érdekében, hogy minél kevesebb erőforrást használjon el az operációs rendszer és több maradjon az MQTT broker futtatására és a webes felület kiszolgálására.

<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-zero-w/?resellerType=home>

<https://dietpi.com/dietpi-software.html>

A teljes rendszerhez való hozzáférés SSH-n keresztül vagy monitor és USB billentyűzet csatlakoztatásával lehetséges. Ezen felül az eszköznek kiosztott IP címen keresztül különböző telepített szoftverek kezelőfelületei is elérhetőek lokális hálózatról.

A teljes szoftveres felépítéshez egy publikusan elérhető SD kártya image-t használtam fel, amely több használt alkalmazás szoftverét előre telepített és „élesztett” állapotban tartalmazta.

https://www.sensorsiot.org/diet-pi-supporting-material-videos-126-and-128/

### MQTT broker

Az MQTT protokoll ideális IoT rendszerek adatainak közvetítésére, mivel kis erőforrás és kód igényű, megbízható és kétirányú kommunikációt valósít meg.

Az MQTT Publish/Subscribe architektúrát leíró protokoll, amelyben alap esetben egy broker és több kliens közötti kommunikációt tesz lehetővé.

Minden üzenet küldés akár egy kliens, akár a bróker küldi egy adott témába (topic) kerül publikálásra. A kliensek feliratkoznak egyes témákra, amelyet a bróker jegyez és abban az esetben, ha arra üzenet érkezik minden feliratkozott kliensnek közvetíti. A brókeren keresztül megy minden üzenet, nincs lehetőség kliens-kliens közvetlen kapcsolatra.

A választásom a brókert megvalósító szoftverre, a mosquitto mqtt broker, amely egy nyílt forráskódú lightweight megoldás.

<https://mosquitto.org/>

### SQLite

A kliensek felől érkezett adatokat tárolni kell a szerveren, hogy azokat feldolgozhassuk, illetve megjelenítsük a felhasználó számára. Nagy mennyiségű adat rendszerezett tárolására az egyik legelterjedtebb módszer a relációs adatbázisok alkalmazása. Az adatbázisokhoz való hozzáférés szabványosan Structured Query Language (SQL) nyelv segítségével tehetjük meg.

A SWAN szerver SQLite adatbázis motort alkalmazza, mely nyílt forráskódú lightweight megoldást nyújt. Lekérdezések mellett böngészőben megnyitott felületen is van lehetőségünk elérnünk az adatbázis kezelő motort. Ilyen módon került létrehozásra az a két tábla (SWAN,serialnumbers), amelybe adatokat szúr be a szerver működése során.

*CREATE TABLE 'SERIALNUMBERS' ('key' INTEGER PRIMARY KEY NOT NULL, 'timestamp' DATETIME DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP)*

*CREATE TABLE 'SWAN' ('primkey' INTEGER PRIMARY KEY NOT NULL, 'id' INTEGER, 'moisture' REAL, 'temperature' REAL, 'pressure' REAL, 'status' INTEGER, 'battery' REAL, 'timestamp' DATETIME DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP)*

https://www.sqlite.org/index.html

https://vik.wiki/images/f/f0/Info2\_Adatb%C3%A1zisok\_jegyzet\_%28r%C3%A9gi%29.pdf

### Node-RED

A SWAN szerver három fő feladatot lát el, felhasználói felületet biztosít a mért adatok megtekintéséhez és a kliensekhez való hozzáférésnek, MQTT brókert futtat és adatbázisban tárolja a mért adatokat.

A három fő funkció összefésülésére egy IoT rendszerekben gyakran használt programozási eszközt használtam, a Node-RED alkalmazást.

<https://nodered.org/>

Az alkalmazás lehetővé teszi, hogy úgynevezett node-k összekötésével egyszerű és átlátható módon készítsünk backend-et és frontend-et összekötő szoftvert. Lehetővé teszi, hogy adatáramlást figyelve programozzunk, magas absztrakciós „nyelven”. Node.js alapon működik, amely egy esemény vezérelt modellű lightweight szoftverrendszer.

<https://nodejs.org/en/>

Az alkalmazást, úgynevezett flow-t, böngészőben elérhető grafikus felületen érhetjük el. A következőben ismertetem a SWAN szerver elkészült szoftverében szereplő node-okat általánosan, majd külön alfejezetben a konkrét programot.

A képen szöveg látható

Automatikusan generált leírás**MQTT input node**:

Feladata a MQTT brókeren keresztül érkező üzenet fogadása egy megadott témában. Tekinthetjük úgy, hogy a node-red flow így iratkozik fel egy témára. Legfontosabb kimenete, msg.payload amely az üzenetet tartalmazó karakterlánc.

**MQTT output node**:

Kimenetként az MQTT bróker felé továbbít egy üzenetet egy megadott témával. Tekinthetjük úgy, hogy a node-red flow így publikál egy adott témában. Legfontosabb kimenetei; msg.payload és msg.topic. A node beállításakor a Quality of Service és Retain flag beállítására is ügyelnünk kell.

**JSON node:**

JSON objektumot karakterláncá vagy karakterláncot JSON objektummá alakít. msg.payload attribútumon kívül mást nem módosít.

**Function node:**

Bármilyen javascript programot tartalmazhat ez a node. Kimenetét return kulcsszóval vagy node.send() függvénnyel küldheti tovább a következő node-nak. A kimeneti üzenet a node-red konvenciónak megfelel, amennyiben a függvény blokk nem állítja a kapott msg attribútumait azokat tovább adja a következő node számára.

**Join node:**

Több node által küldött üzeneteket egyesíthetünk ezzel a node-dal. Beállítása szerint az üzenetek száma, időkorlát vagy msg.complete attribútum bebillentése okozza az addigi üzenetek összekapcsolását. Szintén beállítható az egyesítés módja (tömb, kulcs-érték objektum vagy objektum összefonás).

A képen asztal látható

Automatikusan generált leírás**SQLite node:**

Az adatbázissal kapcsolatot teremtő node. A bemenetére érkezett üzenet témáját (msg.topic) kérdezi le az adatbázistól. Az adatbázis válaszát a kimenetre üzenetként továbbítja (msg.payload).

**Debug node:**

Fejlesztéshez elengedhetetlen, hogy a debug fülön nyomonkövethető legyen az adatáramlás. Ez a node a bemenetét a debug fülre továbbítja, illetve időbélyeggel is ellátja azt. A jobb oldalán található zöld gombbal ki/be kapcsolható hatása, a könnyebb fejlesztés érdekében.

 **Inject node:**

Beállításai szerint induláskor vagy periodikusan vagy a fejlesztő felületen megnyomásakor az aktuális időbélyeget küldi ki üzenetként. Debugolásra vagy timer megvalósításra alkalmas node.

**UI template node:**

A felhasználói felületet UI node-k reprezentálják. A template node bármilyen HTML állomány fogadására képes. A HTML állományban leírt objektum a node-hoz rendelt dashboard elemen jelenik meg.

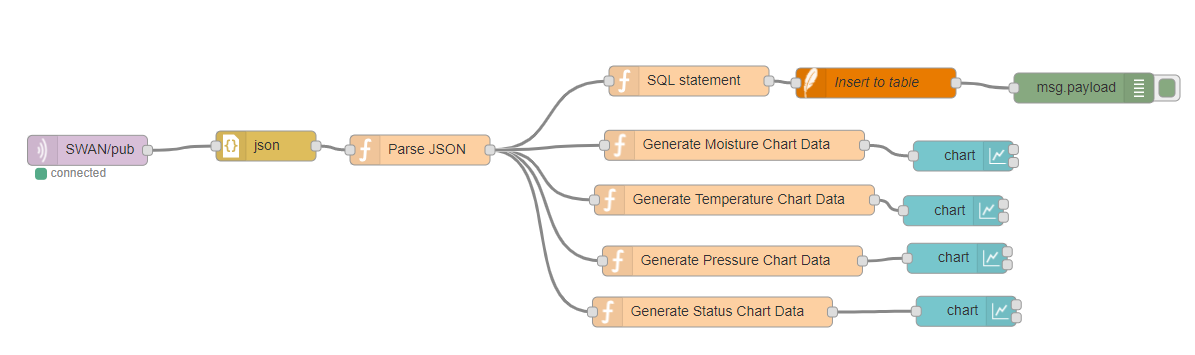
**Chart node:**

Chart node segítségével egyszerűen hozhatunk létre dinamikusan formálódó kétdimenziós ábrát. A bemenetén kapott Y értékeket automatikusan árbrázolja az aktuális időbélyeg szerint egy kétdimenziós ábrán. A bejövő üzenet témája (msg.topic) külön ábrázolja az adatokat. Állapotát nem őrzi meg, minden újraindítás után üresen indul az ábra. Lehetőség van a Chart.js könyvtár dokumentációja szerinti paraméterezésre, amellyel egyszerre több X-Y pár megadása is lehetséges (pl. régebbi adatok betöltése érdekében). Ezt a lehetőséget a SWAN szerveren futó node-red verzióval viszont nem sikerült kihasználni. <https://www.chartjs.org/>

**Dashboard Switch node:**

A felhasználói felületen egy kapcsoló jelenik a beállított dashboard elemen. A kapcsolóra való kattintás során a node előre beállított üzenetet továbbít.

### SWAN SERVER flow



|  |  |
| --- | --- |
| A képen szöveg látható  Automatikusan generált leírás | MQTT |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  | | --- | --- | |  |  | |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Parse JSON |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6  7  8    9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19 | var avgtemp;  var avgmoist;  var avgpres;  var status= msg.payload.status;  var id=msg.payload.Client;  var battery =  msg.payload.Battery\_Voltage;  avgtemp = (msg.payload.temp[0]+  msg.payload.temp[1]+  msg.payload.temp[2]+  msg.payload.temp[3]+  msg.payload.temp[4])/5;  avgpres = (msg.payload.pressure[0]+  msg.payload.pressure[1]+  msg.payload.pressure[2]+  msg.payload.pressure[3]+  msg.payload.pressure[4])/5;  avgmoist = (msg.payload.U\_moisture[0]+  msg.payload.U\_moisture[1]+  msg.payload.U\_moisture[2]+  msg.payload.U\_moisture[3]+  msg.payload.U\_moisture[4])/5;  temp = avgtemp.toFixed(2);  pres = avgpres.toFixed(2);  moist = avgmoist.toFixed(2);  var data = {payload:  [id,moist,temp,pres,status,battery]};  return data; | |

|  |  |
| --- | --- |
|  | SQL statement (insert payload) |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4 | var topic = " INSERT INTO \"SWAN\"  (\"ID\"\,\"moisture\"\,\"temperature  \"\,\"pressure\"\,\"status\"\,\"battery\")  VALUES ('"+msg.payload[0]+"\'\,\'"+msg.payload[1]  +"\'\,\'"+msg.payload[2]+"\'\,\'"+msg.payload[3]+  "\'\,\'"+msg.payload[4]+"\'\,\'"+msg.payload[5]+"\')";  var newmsg={}  newmsg.topic = topic;  return newmsg; | |

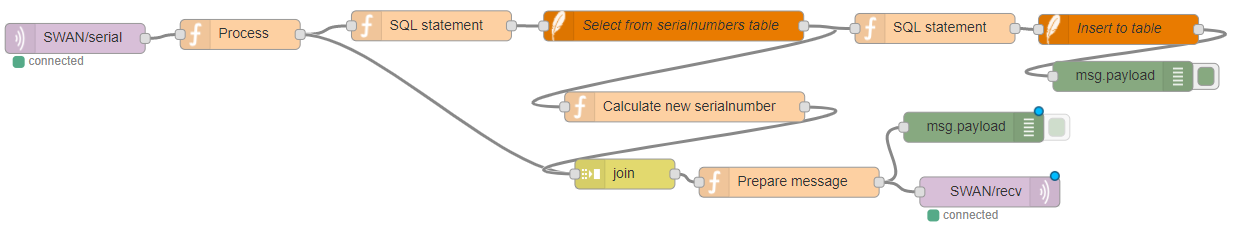
|  |  |
| --- | --- |
|  | Generate Moisture Chart Data |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  | | --- | --- | | 1  2  3 | var msg1 = { payload:msg.payload[1],  topic:msg.payload[0] };    return msg1; | |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Generate Temperature Chart Data |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | |  |  | 1  2  3 | var msg1 = { payload:msg.payload[2],  topic:msg.payload[0] };    return msg1; | |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Generate Pressure Chart Data |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | |  |  | 1  2  3 | var msg1 = { payload:msg.payload[3],  topic:msg.payload[0] };    return msg1; | |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Generate Status Chart Data |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | |  |  | 1  2  3 | var msg1 = { payload:msg.payload[4],  topic:msg.payload[0] };    return msg1; | |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Chart |
| Típus: | Function |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  | | --- | --- | |  |  | |



|  |  |
| --- | --- |
| A képen szöveg látható  Automatikusan generált leírás | MQTT |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  | | --- | --- | |  |  | |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Process |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | |  |  | 1  2  3 | msg.payload = parseInt(msg.payload);  return msg; | |

|  |  |
| --- | --- |
|  | SQL statement (Select maxkey) |
| Feladat: | A blokk feladata, hogy SQL blokk számára előállítsa a SQL lekérést.  newmsg.topic tartalmazza az érvényes SQL állítást. A serialnumbers táblából SELECT utasítással a key oszlop értékeit kérjük le. MAX() függvénnyel módosítjuk a lekérést, ezáltal csak az oszlop legnagyobb értékét kapjuk vissza.  A létrejövő MAX(key) javascript objektumot hibás szintaxisú, ezért AS kulcsszóval új nevet adunk neki, maxkey, amely már javascript kompatibilis. |
| Kód: | |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5 | var topic = "SELECT MAX(key) AS maxkey FROM serialnumbers";  var newmsg={}  newmsg.topic = topic;  return newmsg; | |

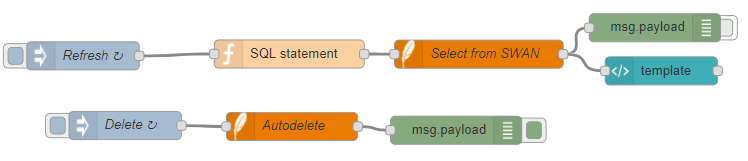
|  |  |
| --- | --- |
|  | SQL statement (inject newkey) |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | |  |  | 1  2  3  4  5  6  7  8 | var tempnum = msg.payload[0].maxkey+1;  serialnumber = tempnum.toString();  var topic = " INSERT INTO \"SERIALNUMBERS\"  (\"key\") VALUES ('"+serialnumber+"\')";  var newmsg={}  newmsg.topic = topic;  return newmsg; | |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Calculate new serialnumber |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6 | if (msg.payload[0].maxkey === null){  msg.payload = 1;}  else{  msg.payload = msg.payload[0].maxkey + 1  };  return msg; | |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Join |
| Típus: | Function |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  | | --- | --- | |  |  | |

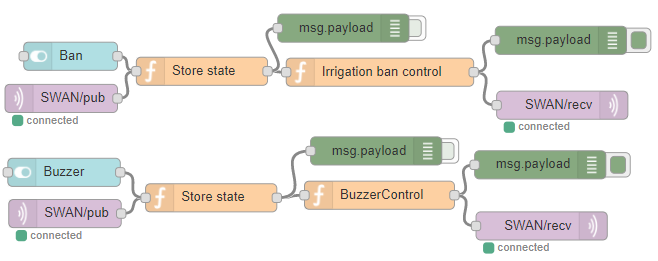
|  |  |
| --- | --- |
|  | Prepare message |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  | | --- | | 1 msg.payload = msg.payload[0].toString()  + "\," + msg.payload[1].toString();  2  3 return msg; | |

|  |  |
| --- | --- |
|  | MQTT |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  | | --- | --- | |  |  | |



|  |  |
| --- | --- |
|  | Refresh |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  | | --- | --- | |  |  | |

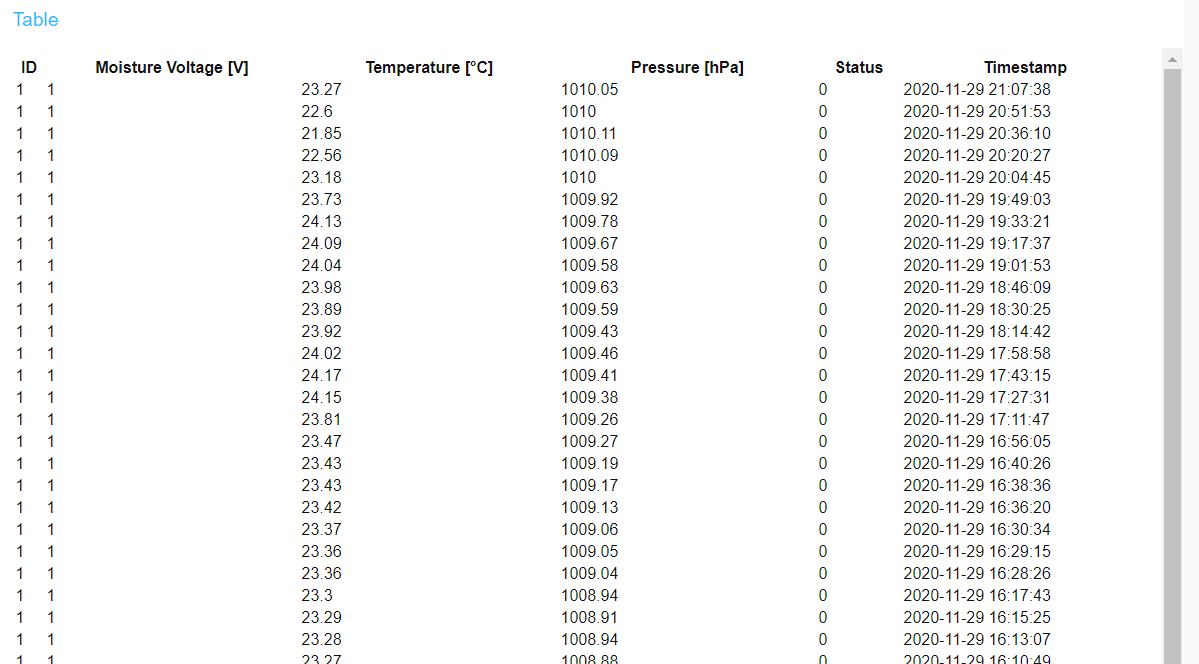
|  |  |
| --- | --- |
|  | Delete |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  | | --- | --- | |  |  | |



|  |  |
| --- | --- |
|  | Store state |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6  7  8 | var state = context.get('state') || false;  if (msg.topic == 'switch') {  state = msg.payload;  context.set('state', state);  }  return {payload: state}; | |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Irrigation ban control |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6  7  8 | if (msg.payload === true){  msg.payload = "banned";  }  else {  msg.payload = "enabled";  }  return msg; | |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Buzzer Control |
| Feladat: |  |
| Kód: | |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6  7 | if (msg.payload === true){  msg.payload = "lost";  }  else {  msg.payload = "found";  }  return msg; | |



# Validációs mérés

## NYÁK bemérése

## Szenzor bemérése

# Irodalomjegyzék

#### [1] KSH, A lakott lakások lakóövezeti jelleg szerint (2001)

http://www.ksh.hu/nepszamlalas/docs/tablak/lakasviszonyok/12\_02\_28.xls

#### [2] Önálló laboratórium projekt

<https://github.com/Zaion-BM/SWAN>

#### [3] Mágnesszelep működése

<https://en.wikipedia.org/wiki/Solenoid_valve> (2020.10.15)

#### [4]

#### [5]

#### [6]

#### [7]

#### [8]

#### [9]

#### [10]

#### [11]

#### [12]

#### [13]

#### [14]

#### [15]

# Függelék

|  |
| --- |
| Sallen\_Key\_filter.m |
| |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15 | %% Sallen-Key 2nd order Low Pass Filter transfer function  %Parameters  R10 = **1.E4**;  R21 = **1.E4**;  C10 = **1.E-11**;  C9 = **1.E-11**;    %Transfer function  W = tf((**1**/(R10\*C10\*R21\*C9)),[**1**, **1**/(R21\*C9)+**1**/(R10\*C9), ...  **1**/(R10\*C10\*R21\*C9) ]);  %Bode diagram solely with amplitude  h = bodeplot(W);  setoptions(h,'FreqUnits','Hz','PhaseVisible','off'); | |

|  |
| --- |
| buzzer.h |
| |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6 | #ifndef BUZZER\_H  #define BUZZER\_H  void buzzer\_TASK(void \*pvParameters);  #endif /\*BUZZER\_H\*/ | |

|  |
| --- |
| buzzer.ino |
| |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20 | #include "Buzzer.h"  void buzzer\_TASK(void \*pvParameters){  const byte buzzerInputGPIO = 33; //GPIO connected to buzzer  pinMode(buzzerInputGPIO, OUTPUT); //Select pinmode  vTaskDelay(1000); //yield  Serial.println("Buzzer task starts.");  while(lost){ //If lost, than generate squarewave (~400 Hz)  digitalWrite(buzzerInputGPIO, HIGH);  vTaskDelay(1);  digitalWrite(buzzerInputGPIO, LOW);  vTaskDelay(1);  }  while(1){  vTaskResume(sleep\_TaskHandle); //Resume sleepTask  Serial.println("Buzzer task ends.");  vTaskDelay(delayTime\*2);  }  } | |

|  |
| --- |
| Sleep.h |
| |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6 | #ifndef SLEEP\_H  #define SLEEP\_H  void sleep\_TASK(void \*pvParameters);  #endif /\*SLEEP\_H\*/ | |

|  |
| --- |
| Sleep.ino |
| |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13 | #include "Sleep.h"  void sleep\_TASK(void \*pvParameters){  while(1){  vTaskDelay(100);//yield  Serial.println();  Serial.println(F("SWAN Client enters deep sleep ..."));  //Enable and configure wakeup cause  esp\_sleep\_enable\_timer\_wakeup(TIME\_TO\_SLEEP \* uS\_TO\_S\_FACTOR);  //Go to deep sleep on both cores  esp\_deep\_sleep\_start();  }  } | |

|  |
| --- |
| MQTT.h |
| |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6 | #ifndef MQTT\_H  #define MQTT\_H  void MQTT\_TASK(void \*pvParameters);  #endif /\*MQTT\_H\*/ | |

|  |
| --- |
| MQTT.ino |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | |  |  | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12    13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29  30  31  32  33  34  35  36  37  38  39  40  41  42  43  44  45  46  47  48  49  50  51  52  53  54  55  56  57  58  59  60  61  62  63  64  65  66  67  68  69  70  71  72  73  74  75  76  77  78    79  80  81  82  83  84  85  86  87  88  89  90  91  92  93  94  95  96  97  98  99  100  101  102  103  104  105  106  107  108  109  110  111  112  113  114  115  116  117  118  119  120  121 | #include "MQTT.h"  #include <WiFi.h>  #include <PubSubClient.h>  #include <ArduinoJson.h>  /\*Credential for wifi and mqtt broker IP\*/  const char\* ssid = "\*\*\*\*";  const char\* password = "\*\*\*\*";  const char\* mqtt\_server = "192.168.0.202";  // Callback function called when MQTT message is received  void callback(char\* topic, byte\* message,  unsigned int length) {  Serial.print("Message arrived on topic: ");  Serial.print(topic);  Serial.print(". Message: ");  String messageTemp;  //Process and log message  for (int i = 0; i < length; i++) {  Serial.print((char)message[i]);  messageTemp += (char)message[i];  }  Serial.println();  //Set and log associated variables  if( messageTemp == "banned") {  Serial.print("I'm banned");  Serial.println();  banned = true;  }  if( messageTemp == "enabled") {  Serial.print("I'm enabled");  Serial.println();  banned = false;  }  if( messageTemp == "lost") {  Serial.print("I'm lost");  Serial.println();  lost = true;  }  if( messageTemp == "found") {  Serial.print("I'm found");  Serial.println();  lost = false;  }  }  void MQTT\_TASK(void \*pvParameters){  vTaskDelay(10); //yield  Serial.println();  Serial.print("Connecting to ");  Serial.println(ssid);  //Start wifi connection  WiFi.begin(ssid, password);  while (WiFi.status() != WL\_CONNECTED) {  //If not connected retry every 0.5s  vTaskDelay(500);  Serial.print(".");  }  /\*Log wifi information\*/  Serial.println("");  Serial.println("WiFi connected");  Serial.println("IP address: ");  Serial.println(WiFi.localIP());  /\*Set up connection with MQTT broker\*/  client.setServer(mqtt\_server, 1883);  client.setCallback(callback);  client.connect("SWAN1");  client.subscribe("SWAN/recv");  Serial.println("MQTT connected");  char payload[512]; //Buffer array  //Send messages only after mutex is taken  if(xSemaphoreTake( measurementMutex, ( TickType\_t ) 10 )  == pdTRUE){  Serial.println("Publishing...");  //"Creating JSON"  StaticJsonDocument<512> doc;    doc["Client"] = serialNumber;  doc["Battery\_Voltage"] = Ubat;  doc["status"] = irrigatonStatus;  JsonArray temperature = doc.createNestedArray("temp");  for(int i=0;i<5;i++){  temperature.add(temp[i]);  }  JsonArray pres = doc.createNestedArray("pressure");  for(int i=0;i<5;i++){  pres.add(pressure[i]);  }  JsonArray U\_mois = doc.createNestedArray("U\_moisture");  for(int i=0;i<5;i++){  U\_mois.add(U\_Moisture[i]);  }  //Generate string from JSON  serializeJson(doc, payload);  //Publish payload to /pub topic  client.publish("SWAN/pub", payload);  //UART logging  Serial.print(payload);  Serial.println();  //Give mutex  xSemaphoreGive(measurementMutex);  //yield  vTaskDelay(delayTime/2);  //Resume buzzerTask  vTaskResume(buzzer\_TaskHandle);  }  while(1){vTaskDelay(delayTime);}//yield  } | |

|  |
| --- |
| Irrigation.h |
| |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6 | #ifndef IRRIGATION\_H  #define IRRIGATION\_H  void irrigation\_TASK(void \*pvParameters);  #endif /\*IRRIGATION\_H\*/ | |

|  |
| --- |
| Irrigation.ino |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | |  |  | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29  30  31  32  33  34  35  36  37  38 | #include "Irrigation.h"  void irrigation\_TASK(void \*pvParameters){  const byte resetPulse = 18; //GPIO connected to optocoupler  const byte setPulse = 19; //GPIO connected to optocoupler  pinMode(resetPulse, OUTPUT); //Set pinmode  pinMode(setPulse, OUTPUT); //Set pinmode  float limit = 1.5;  Serial.println("Irrigation task starts.");  while(1){  if(frozen || banned) {//Turn off valve  digitalWrite(setPulse, LOW);  digitalWrite(resetPulse, HIGH);  irrigatonStatus = 0;  Serial.println("Irrigation task end(OFF).");  vTaskDelay(delayTime);  }  else{  //Turn on valve if average sensor voltage is  under limit  if(((U\_Moisture[0]+U\_Moisture[1]+U\_Moisture[2]  +U\_Moisture[3]+U\_Moisture[4])/5) > limit ){  digitalWrite(resetPulse, LOW);  digitalWrite(setPulse, HIGH);  irrigatonStatus = 1;  Serial.println("Irrigation task end(ON).");  vTaskDelay(delayTime);  }  else{//Turn off valve if average sensor voltage  is above limit  digitalWrite(setPulse, LOW);  digitalWrite(resetPulse, HIGH);  irrigatonStatus = 0;  Serial.println("Irrigation task end(OFF).");  vTaskDelay(delayTime);  }  }  }  } | |

|  |
| --- |
| BMP280\_task.h |
| |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6  7  8 | #ifndef BMP280\_TASK\_H  #define BMP280\_TASK\_H  void BMP280\_TASK(void \*pvParameters);  void printValues(int);  void BMP280\_Sleep(int device\_address);  #endif /\*BMP280\_TASK\_H\*/ | |

|  |
| --- |
| BMP280\_task.ino |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29  30  31  32  33  34  35  36  37  38  39  40  41  42  43  44  45  46  47  48  49  50  51  52  53  54  55  56  57  58  59  60  61  62  63  64  65  66  67  68  69  70  71  72  73  74  75  76  77  78  79  80  81  82  83  84  85  86  87 | #include <Adafruit\_Sensor.h>  #include <Adafruit\_BMP280.h>  #include "BMP280\_task.h"  Adafruit\_BMP280 bmp; //variable for sensor  int device\_address = 0x76; //I2C address  RTC\_DATA\_ATTR float temp[5]; //Temperature values [°C]  RTC\_DATA\_ATTR float pressure[5]; //Pressure values [hPa]  void BMP280\_TASK(void \*pvParameters){  unsigned long retryTime = 300000; //5\*6\*10\*1000\*1ms = 5min  bool status; //I2C device status  float avgTemp; //Average temperature [°C]    status = bmp.begin(device\_address); //Start I2C communication    if (!status) {  Serial.println("Could not find sensor!");  while (1){//Periodically attempt to find sensor  vTaskDelay(retryTime);  };  }  //Sleep to save power  BMP280\_Sleep(0x76);  while(1) {  Serial.println();  Serial.println("BMP280\_TASK begins");    bmp.begin(device\_address);  Serial.println("BMP280 to Normal mode...");  if(measurementCounter <5){//Read measurements in normal mode  temp[measurementCounter] = bmp.readTemperature();  pressure[measurementCounter] = bmp.readPressure() / 100.0F;  }  for(int i=0;i<5;i++){  avgTemp += temp[i]; //Calculate average temperature  }  avgTemp = avgTemp / 5;  //If temperature is under 5°C, ambient temperature can be below 0°C  if( (avgTemp - 5.0)< 0.01 ){frozen = true;}    printValues();  //Sleep to save power  BMP280\_Sleep(device\_address);  Serial.println("BME280 to Sleep mode...");  Serial.println("BMP280\_TASK ends");  vTaskDelay(delayTime);  }  }  void printValues() {//UART logging  Serial.print("Temperature: ");  for(int i=0; i<5;i++){  Serial.print(temp[i]);  Serial.print(" \*C ");  }  Serial.print(", ");  Serial.print("Pressure: ");  for(int i=0; i<5;i++){  Serial.print(pressure[i]);  Serial.print(" hPa ");  }  Serial.println();  }  void BMP280\_Sleep(int device\_address) {  // Mode[1:0] Mode  // 00 'Sleep' mode  // 01 / 10 'Forced' mode, use either '01' or '10'  // 11 'Normal' mode    Wire.beginTransmission(device\_address);  Wire.write((uint8\_t)0xF4);  Wire.write((uint8\_t)0b00000000);  Wire.endTransmission();  } | |  | |

|  |
| --- |
| ADC.h |
| |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6 | #ifndef ADC\_H  #define ADC\_H  void ADC\_TASK(void \*pvParameters);  #endif /\*ADC\_H\*/ | |

|  |
| --- |
| ADC.ino |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | |  |  | 1  2  3  4    5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29  30  31  32  33  34  35  36  37  38  39  40  41  42  43  44  45  46  47  48  49  50  51  52  53  54  55  56  57  58  59  60  61  62  63  64  65  66  67  68  69  70 | #include "ADC.h"  float Vin= 0.0; //Power supply voltage [V]  RTC\_DATA\_ATTR float U\_Moisture[5]; //Moisture sensor  voltage [V]  float Ubat = 0.0; //battery voltage [V]  int ADC1\_CH0 = 36; //GPIO36, U\_Moisture  int ADC1\_CH3 = 39; //GPIO39, Ubat  int ADC1\_CH6 = 34; //GPIO34, Vin  void ADC\_TASK(void \*pvParameters){  //Take mutex  xSemaphoreTake(measurementMutex, portMAX\_DELAY);    while(1){  if(measurementCounter==5){//Cyclic index  measurementCounter=0;  }    dacWrite(26, 127);//Set 1.65V as reference  digitalWrite(2,LOW); //Enable opamps  vTaskDelay(500); //Wait for transiants    Serial.println();  Serial.println("ADC\_TASK begins");  //Measure mmoisture sensor voltage  U\_Moisture[measurementCounter] = (float)( analogRead(  ADC1\_CH0) / 4095);  //Measure battery voltage  Ubat = (float)( analogRead(ADC1\_CH3) / 4095);  //Measure power supply voltage  Vin = (float)( analogRead(ADC1\_CH6) / 4095);  //Disable opamps  digitalWrite(2,HIGH);  /\*Serial logging\*/  Serial.print("Voltage of soil moisture sensor: ");  for(int i=0; i<5;i++){  Serial.print(U\_Moisture[i]);  Serial.print(" ");  }  Serial.print(" V, ");    Serial.print("Battery voltage: ");  Serial.print(Ubat);  Serial.print(" V, ");  Serial.print("PSU voltage: ");  Serial.print(Vin);  Serial.println(" V");  //Increment measureindex  measurementCounter++;  /\*When 5 measurements are taken,  resume irrigation, MQTT task and give mutex\*/  if(measurementCounter == 5 ){  xSemaphoreGive(measurementMutex);  vTaskResume(irrigation\_TaskHandle);  vTaskResume(MQTT\_TaskHandle);  };    Serial.println("ADC\_TASK ends");  vTaskDelay(delayTime);  }  } | |  |  |  |  | |

|  |
| --- |
| SWAN\_CLIENT.ino |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29  30  31  32  33  34  35  36  37  38  39  40  41  42  43  44  45  46  47  48  49  50  51  52  53  54  55  56  57  58  59  60    61    62  63  64  65  66  67  68  69  70  71  72  73  74  75  76  77  78  79  80  81  82  83  84  85  86  87  88  89  90  91  92  93  94  95  96  97  98  99  100  101  102  103  104  105  106  107  108  109  110  111  112  113  114  115  116  117  118  119  120  121  122  123  124  125  126  127  128  129  130  131  132  133  134  135  136  137  138  139 | #if CONFIG\_FREERTOS\_UNICORE  #define ARDUINO\_RUNNING\_CORE 0  #else  #define ARDUINO\_RUNNING\_CORE 1  #endif  #define uS\_TO\_S\_FACTOR 1000000 //us to s conversion  #define TIME\_TO\_SLEEP 900 //sleep time in s  /\*Includes\*/  #include <WiFi.h>  #include <PubSubClient.h>  #include <EEPROM.h>  #include "getSerialNumber.h"  #define EEPROM\_SIZE 1  RTC\_DATA\_ATTR int measurementCounter = 0; //index for measurements  unsigned long delayTime = 10000; //10\*1000\*1ms = 10sec  unsigned int serialNumber; //serial number of client  bool banned = false; // if true client won't actuate  bool frozen = false; // if true client won't actuate  bool lost = false; // if true client runs buzzer  int irrigatonStatus; //  /\*Wifi and MQTT client instances\*/  WiFiClient espClient;  PubSubClient client(espClient);  /\*FreeRTOS task handles\*/  TaskHandle\_t bmp280\_TaskHandle = NULL;  TaskHandle\_t adc\_TaskHandle = NULL;  TaskHandle\_t sleep\_TaskHandle = NULL;  TaskHandle\_t buzzer\_TaskHandle = NULL;  TaskHandle\_t irrigation\_TaskHandle = NULL;  TaskHandle\_t MQTT\_TaskHandle = NULL;  /\*Mutex\*/  SemaphoreHandle\_t measurementMutex;  void setup() { //Run once after every reset  setCpuFrequencyMhz(80); //Slows CPU to save power    Serial.begin(115200); //UART for debugging  //Reading non-volatile serialnumber from EEPROM  EEPROM.begin(EEPROM\_SIZE);  serialNumber = EEPROM.read(0);  //Acquire serialnumber if it is not set  if(serialNumber == 255){  getSerialNumber();  serialNumber = EEPROM.read(0);  Serial.print(" SerialNumber: ");  Serial.println(serialNumber);  delay(10);  ESP.restart();  }  //Create mutex to block MQTT task while measurements are made  measurementMutex = xSemaphoreCreateMutex();  //Create task  xTaskCreatePinnedToCore(  BMP280\_TASK  , "BMP280Task"  , 2048  , NULL  , 3  , &bmp280\_TaskHandle  , ARDUINO\_RUNNING\_CORE);  //Create task  xTaskCreatePinnedToCore(  ADC\_TASK  , "ADC\_TASK"  , 1024  , NULL  , 3  , &adc\_TaskHandle  , ARDUINO\_RUNNING\_CORE);  //Create task  xTaskCreatePinnedToCore(  sleep\_TASK  , "SleepTASK"  , 1024  , NULL  , 2  , &sleep\_TaskHandle  , ARDUINO\_RUNNING\_CORE);    //Suspend task immediately  vTaskSuspend(sleep\_TaskHandle);  //Create task  xTaskCreatePinnedToCore(  buzzer\_TASK  , "BuzzerTask"  , 1024  , NULL  , 2  , &buzzer\_TaskHandle  , ARDUINO\_RUNNING\_CORE);  //Suspend task immediately  vTaskSuspend(buzzer\_TaskHandle);  //Create task  xTaskCreatePinnedToCore(  irrigation\_TASK  , "IrrigationTask"  , 1024  , NULL  , 1  , &irrigation\_TaskHandle  , ARDUINO\_RUNNING\_CORE);  //Suspend task immediately  vTaskSuspend(irrigation\_TaskHandle);  //Create task  xTaskCreatePinnedToCore(  MQTT\_TASK  , "MQTTTask"  , 5120  , NULL  , 2  , &MQTT\_TaskHandle  , ARDUINO\_RUNNING\_CORE);  //Suspend task immediately  vTaskSuspend(MQTT\_TaskHandle);  }  void loop(){//Mapped to idle task  client.loop();  } | |  | |

|  |
| --- |
| getSerialNumber.h |
| |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 | #ifndef GETSERIALNUMBER\_H  #define GETSERIALNUMBER\_H  #include <WiFi.h>  #include <PubSubClient.h>  #include <EEPROM.h>  void getSerialNumbert(void);  #endif /\*GETSERIALNUMBER\*/ | |

|  |
| --- |
| getSerialNumber.ino |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | |  |  | | --- | --- | | 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29  30  31  32  33  34  35  36  37  38  39  40  41  42  43  44  45  46  47  48  49  50  51  52  53  54  55  56  57  58  59  60  61  62  63  64 | #include "getSerialNumber.h"  //Wait for broker sending serialnumber back  bool wait = true;  //Pseudorandom number to identify with broker without serialnumber  int rndNum;  // Callback function called when MQTT message is received  void serialcallback(char\* topic, byte\* message, unsigned int length) {  Serial.print("Message arrived on topic: ");  Serial.print(topic);  Serial.print(". Message: ");  String messageTemp;  //Process and log message  for (int i = 0; i < length; i++) {  Serial.print((char)message[i]);  messageTemp += (char)message[i];  }  //Process message string into random number and serialnumber  int numberTemp = messageTemp.toInt();  if(rndNum == numberTemp){//If sent and received random number is identical get serialnumber  int separatorIndex = messageTemp.indexOf(",");  numberTemp = messageTemp.substring(separatorIndex+1).toInt();  if(numberTemp != 0){  EEPROM.write(0, numberTemp);  EEPROM.commit();  }  wait = false;  Serial.println();  }  Serial.println();  }  void getSerialNumber(){  Serial.println();  Serial.print("Connecting to ");  Serial.println(ssid);  //Start wifi connection  WiFi.begin(ssid, password);    //If not connected wait  while (WiFi.status() != WL\_CONNECTED);  /\*Set up connection with MQTT broker\*/  client.setServer(mqtt\_server, 1883);  client.setCallback(serialcallback);  client.connect("SWAN");  client.subscribe("SWAN/recv");  Serial.println("MQTT connected");    char payload[512];  rndNum = esp\_random();//generate random number  sprintf(payload, "%d", rndNum); //convert int to string  //Publish random number  client.publish("SWAN/serial", payload);  while(wait){client.loop();}  return;  } | |  | |