



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Elektronikai és kommunikációs intézet
Műszertechnikai és Automatizálási Tanszék

SZAKDOLGOZAT

ÓE-KVK
2023

Csomor Tamás
T003674/F112904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Műszertechnikai és Automatizálási Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Csomor Tamás

Szakdolgozat száma: SZD21050414236223

Törzskönyvi száma: T003674/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven) (Budapest)

Specializáció: Felügyeleti informatika és elektronikus vagyonvédelem modul
Műszer-automatikai

A dolgozat címe: Kültéri és beltéri időjárás állomás megvalósítása vezeték nélküli kommunikációval

A dolgozat címe angolul: Realization of a weather station with wireless communication

A feladat részletezése: Valósítson meg és mutassa be a tervezési és eszközválasztási folyamatát egy kültéri és beltéri időjárást figyelő állomás létrehozásának folyamatát mikrokontroller felhasználásával. A két eszköz között hozzon létre vezeték nélküli kommunikációt, a felhasználó számára egy visszajelző felületet amelyen a várható időjárást is jelzi.

Intézményi konzulens neve: Papp József Péter

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 06. 30.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2023. 12. 04.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

.....
belső konzulens

.....
külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSMÉRNÖKI KAR
ELEKTRONIKAI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS RENDSZEREK INTÉZETI
MŰSZERTÉCHIKAI ÉS AUTOMATIZÁLÁSI TANSZÉK



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Csomor Tamás hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára terítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2023.12.15.


hallgató aláírása

1. Tartalomjegyzék

1.	Tartalomjegyzék.....	4
1.	Bevezetés.....	1
1.1.	Motiváció.....	1
1.2.	Tervezett Specifikáció	1
2.	Kutatás.....	3
2.1.	Időjárás állomások ismertetése	3
2.2.	Időjárás előrejelzés elve.....	4
2.3.	Komfort funkciók / időjárás infók szolgáltatása.....	5
3.	Használandó Technológiák ismertetése	6
3.1.	Mérési technológiák	6
3.1.1.	hőmérséklet:	6
3.1.2.	Páratartalom:	6
3.1.3.	Légnyomás	7
3.2.	Vezetékes kommunikációs protokollok.....	8
3.2.1.	I2C	8
3.2.2.	Az SPI kommunikáció	10
3.2.3.	Analóg kommunikáció	10
3.3.	Vezeték nélküli kommunikáció	11
3.3.1.	Bluetooth	11
3.3.2.	Bluetooth Low Energy	13

3.3.3.	Rádiófrekvenciás kommunikáció	13
3.4.	Kijelzés	14
3.4.1.	Folyadék kristályos kijelzők.....	14
3.4.2.	OLED kijelző	15
3.5.	RTC ismertetése.....	16
4.	Rendszer tervezése és eszköz választás	17
4.1.	Kommunikáció	17
4.2.	Kombinált hőmérséklet-relatív páratartalom és légnyomás érzékelő.....	18
4.3.	Mikrokontroller választás	19
4.3.1.	Belső memória:	20
4.3.2.	I/O portok:	20
4.3.3.	Működési feszültség:.....	21
4.3.4.	Szabályozott kimeneti feszültség:	21
4.4.	Arduino UNO felépítése:.....	21
4.4.1.	Belső memória:	21
4.4.2.	I/O portok:	22
4.4.3.	Működési feszültség:.....	22
4.5.	RTC (real time clock)	22
4.6.	Kijelző	23
4.7.	Energia ellátás.....	23
4.7.1.	Beltéri egység tápellátása	23
4.7.2.	Kültéri egység tápellátása.....	24

4.8.	Kültéri egység fizikai védelme	25
5.	Megvalósítás.....	26
5.1.	Rendszerfelépítés.....	26
5.2.	az Időjárás előre jelző algoritmus készítése	27
5.3.	NYÁK TERVEZÉS.....	27
6.	Kültéri egység fizikai megvalósítása.....	28
6.1.	Energia ellátás.....	29
6.1.1.	A boost konverter megvalósítása	29
6.1.2.	Töltő áramkör	31
6.1.3.	Töltöttség figyelő	31
6.1.4.	Várható fogyasztás	32
6.2.	Kapcsolási rajz és elrendezés	33
6.2.1.	FS1000A transzmitter:	33
6.2.2.	BMP280:	34
6.3.	Program felépülése	35
6.4.	Egység burkolata	36
7.	Beltéri egység fizikai megvalósítása	37
7.1.	Energia ellátás.....	38
7.2.	Kapcsolási rajz és elrendezés	39
7.2.1.	FS1000A vevő:.....	39
7.2.2.	BMP280:	39
7.2.3.	DS3231:.....	39

7.2.4.	SSD1306 – OLED kijelző	39
7.3.	Beltéri egység programjának felépülése.....	41
8.	További fejlesztési lehetőségek.....	43
9.	Összefoglalás.....	43
10.	Summary	44
2.	Irodalomjegyzék.....	1
3.	ÁBRAJEGYZÉK	3

1. Bevezetés

1.1. Motiváció

A szakdolgozatom témájának egy mikrovezérlővel működtetett időjárás állomást tervezek megvalósítani. Az egyik fontos paraméter, amit mérni akarok az a beltéri levegőminőség, mivel edzések során észrevettem, hogy erős légszomjam kezd kialakulni az edzőteremben és mérni szeretném ennek okát, hogy csak a megemelkedett páratartalom miatt vagy a magas CO₂ arány miatt alakul ki ez az állapot. Valamint tanulmányaim során érintettem ezeket az eszközöket, de szeretném elmélyíteni tudásomat ezen a területen, valamint a különböző vezeték nélküli kommunikációkban is.

1.2. Tervezett Specifikáció

Célom egy otthoni időjárás állomás létrehozása, ami a felhasználó számára könnyedén információt nyújt a beltéri, szobai és a kültéri időjárási viszonyokról, valamint a beltéri levegőminőség figyelése is. A beltéri levegőminőség figyelésének azért van fontos szerepe mert, ha egy zárt helyiségben vagyunk, idővel felgyülemplő a széndioxid fáradtság érzést és álmodást okozhat, ami rontja a koncentrációs képességet és ezzel a produktivitást.

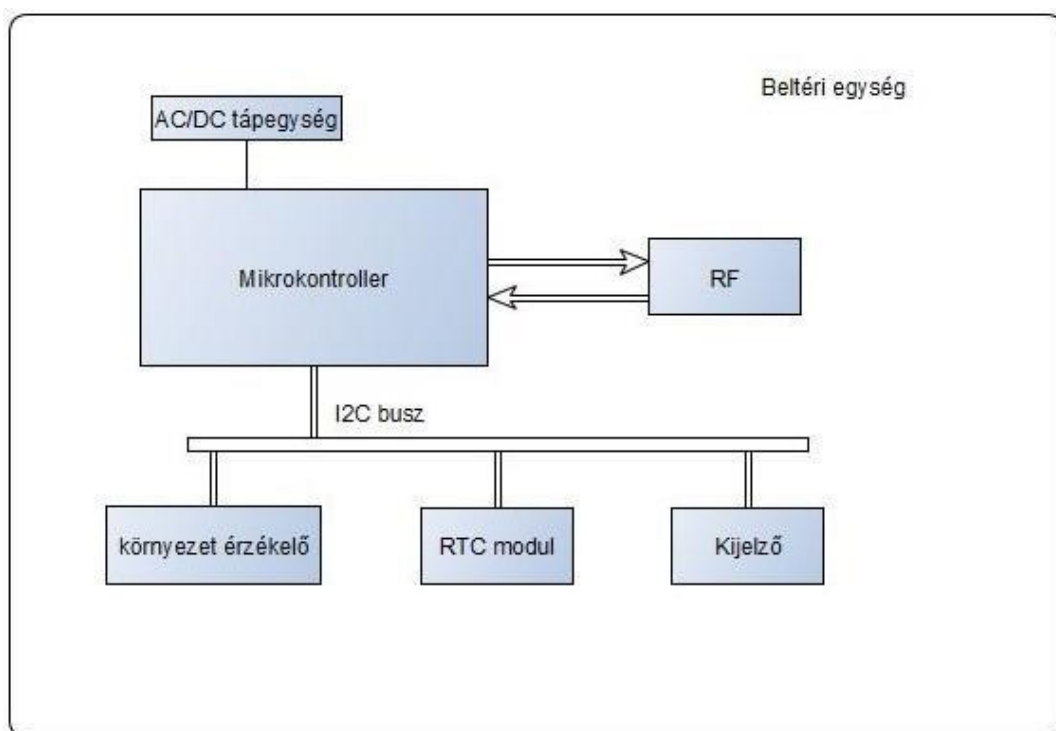
A továbbiakban az általam elképzelt eszközt és felé támasztott elvárásokat részletezem.

A tervezett eszköznek kompakt mérettel kell rendelkeznie, hogy könnyedén kis helyen is elférjen, továbbá a megjelenítés kialakításakor fontos szempont, hogy könnyen leolvashatóak legyenek a mért értékek, ezzel felhasználóbarát legyen. Az egyik legfontosabb információ számomra a szobai és a kinti hőmérséklet, a beltéri és kültéri páratartalom értéke, illetve az ezen információk közötti különbségek. A beltérben pedig légminőség figyelést is meg szeretném valósítani. Ezeken felül tervezem a várható időjárást is megbecsülni, ehhez további kültéri adatok begyűjtése is szükséges lesz.

Ezen feladatok teljesítéséhez szükséges egy kültéri és egy beltéri eszköz létrehozására, amelyek kommunikálni képesek egymással. A két eszköz közötti kommunikációt vezeték nélküli kapcsolattal valósítom meg, a kényelmesebb telepítés és felhasználás érdekében,

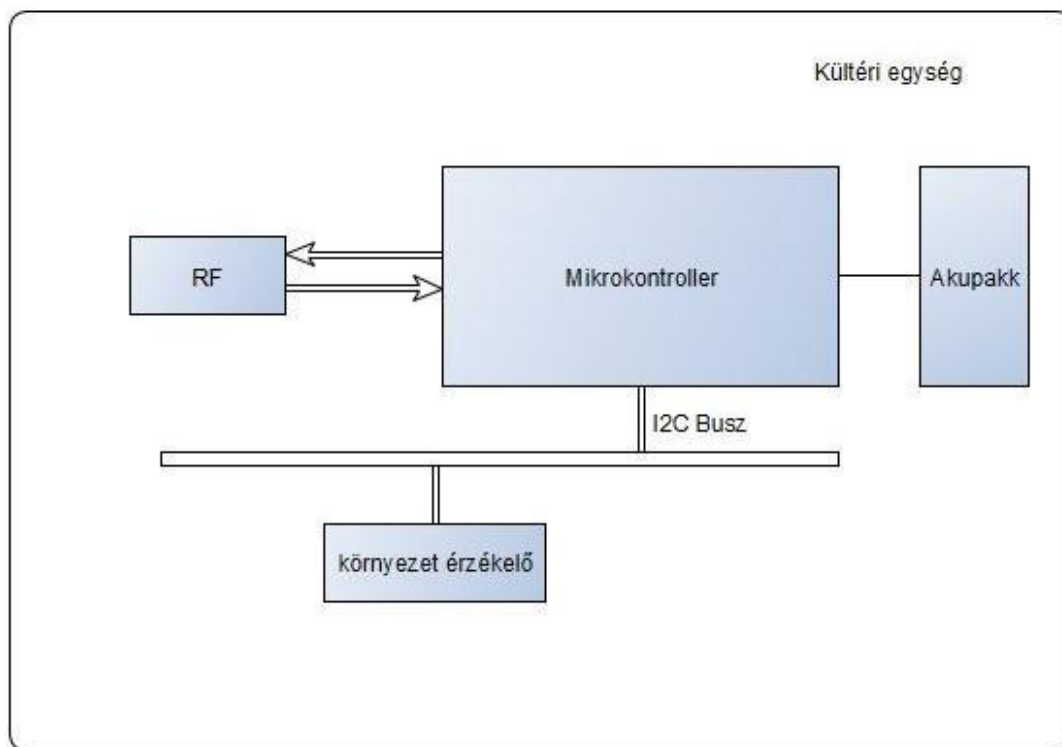
mivel így nem szükséges a vezetékes kommunikáció hátrányaival bajlódni, mint például: nyomvonal kialakítása, újra telepíthetősége, változó méretű terekben való telepítése.

A beltéri eszköznek rendelkezni kell egy hőmérséklet, egy légminőség és egy páratartalom érzékelővel. A két eszköz közötti kommunikáció megvalósításához szükséges egy vezeték nélküli kommunikációt létrehozó modulra. A beltéri eszköz szükséges tápellátását a hálózati feszültségről tervezem megoldani, mivel az könnyedén rendelkezésre áll, továbbá a beltéri eszköz fogyasztása is magasabb lesz a kültérihez képest. Mivel az időjárás előrejelzéshez a számításokat ez az eszköz fogja elvégezni, valamint a kijelző folyamatos aktív állapotából fakadóan az is többlet fogyasztással jár.



1. Ábra Beltéri egység

Egy egyszerű időjárás előrejelzéshez szükségünk van a légköri nyomáson történő időarányosan fellépő változás mérésére, így a kültéri eszköznek tartalmaznia kell egy légköri nyomásmérő szenzort. A kültéri egység tápellátását akkumulátorral tervezem megoldani, hogy könnyen mozgatható, bárhova elhelyezhető legyen. Az alacsony fogyasztást úgy akarom elérni, hogy a kültéri eszköz feladata csak a szenzor adatok összegyűjtése és továbbítása a beltéri központ számára.



2. Ábra Kültéri egység

2. Kutatás

2.1. Időjárás állomások ismertetése

Szakedolgozatom kezdetekor piackutatást végeztem, hogy milyen otthoni időjárás állomások és fagyvédelmi riasztó rendszerek érhetőek el. A legelterjedtebb ilyen eszközök a szobai időjárás állomások, amik csak a beltéri hőmérsékletet és páratartalmat mutatják kiegészítve egy órával és ébresztőóra funkcióval. Szintúgy elterjedtek még az olyan időjárás állomások, amelyek már rendelkeznek kültéri egységgel is. A kültéri egységek általában hőmérsékletet és relatív páratartalmat tudnak mérni, de találtam olyan eszközöket is, amelyeket kiegészítettek légnyomásmérővel vagy akár szélsébség és -irány mérővel is. A kültéri és a beltéri egység között vezeték nélküli a kommunikáció. Ezt a kommunikációt többségében a 433Mhz-es rádió frekvencián valósítják meg. Azért szeretik a különböző gyártók ezt a frekvenciát használni, mivel Európában ez szabadon használható bárki számára. Pontosabban 433,050-434,790 MHz az a sáv melyet szabadon lehet használni kis hatótávolságú eszközöknél 1mW-os teljesítménnyel vagy 10mW abban az esetben, ha csak 10%-os a kitöltési tényező. Az ehhez hasonló eszközökhöz

általában egy darab kültéri eszköz tartozik, de vannak olyanok is, ahol a központi eszközhöz több kültéri egységet is lehet csatlakoztatni. Találtam olyan eszközöket is, amelyeknek mindezen funkciója ki van egészítve egy fagy eseti riasztással is, de ezt csak lokálisan egy hangjelzéssel tudja jelezni számunkra. Ezt a fagy jelzést alapvetően lehetne írásos vagy fényjelzéses módon is kialakítani. Ezzel a hallássérült felhasználók is előnyösebben használhatják az eszközünket a többi gyártóval ellentétben.

2.2. Időjárás előrejelzés elve

Az időjárás állomásnál a mért időarányos légnyomás változásból tudom megbecsülni a várható időjárást. Ennek elve egyszerű és rég óta használt alapokra épül. Már rég óta használják a barométert és még a mai napig is fontos szerepe van a meteorológiában.

Általánosságban elmondható, hogy a légnyomás érték és annak változása megmutatja a közeljövőben várható égbolt derűtségét vagy éppen borultságát és az esőzést vagy éppen vihar közeledtét.

Az alapelvek:

- A légnyomás emelkedés száraz derűs időt jelent,
- A légnyomás érték lassú csökkenése borús esős időt jelent,
- A légnyomás hirtelen, gyors csökkenése vihar közeledtét jelzi,
- A légnyomás stabil értéke pedig változatlan időjárást jelent.

Kutatásom során az alábbi irányszámokat találtam melyeket a későbbiek során tesztelni, ellenőrizni tervezek, hiszen a légnyomás mértéke nem csak az időjárás változástól, hanem természetesen a tengerszint feletti magasságtól is függ.

- 1022 HPa felett:
 - o állandó vagy emelkedő nyomás esetén derült idő várható
 - o a lassan eső nyomás is még derült időt jelent
 - o a gyorsan eső nyomás felhős és melegebb időt jelez
- 1022-1009 HPa közötti érték:
 - o Az emelkedő vagy állandó nyomás változatlan időt jelent
 - o A lassan eső nyomás kevés változást jelent

- A gyorsan csökkenő nyomás esetén eső valószínű vagy elég hideg időben havazást jelenthet
- 1009 hPa alatt:
 - Az emelkedő vagy állandó nyomás az idő változatlanságát jelzi
 - A lassan eső nyomás eső érkezést jelzi
 - A gyorsan csökkenő nyomás vihar érkezését jelzi

2.3. Komfort funkciók / időjárás infók szolgáltatása

Mivel kijelzővel szerelt eszköz elkészítését tervezem így az azon feltüntetett adatokat én helyezem el rajta. Evégett bármilyen komfortot szolgáló információ is feltüntethető. Mivel időjárás állomást készítek, így a legkézenfekvőbb funkció a csapadékhullás esélyének meghatározása. Persze ez esteként nem, vagy csak nehezen meghatározható adat. Így pontos és teljesen megbízható információ kiírására nem lesz alkalmas. De, százalékosan képes lesz meghatározni az esélyeit a csapadék hullásnak.

Komfort célzattal egy belső órát is kialakítok, amit a kijelző egyik sarkában fogok kiírni. Ehhez két nyomógombot alakítok ki, amellyel az óra állítható. Továbbá ugyanezen gombok segítségével dátum is látható és állítható lesz az eszközön.

3. Használandó Technológiák ismertetése

3.1. Mérési technológiák

3.1.1. hőmérséklet:

A hőmérséklet mérésére számos technikai megoldás létezik, jelen fejezetben ismertetem ezen módszerek közül a legelterjedtebbeket.

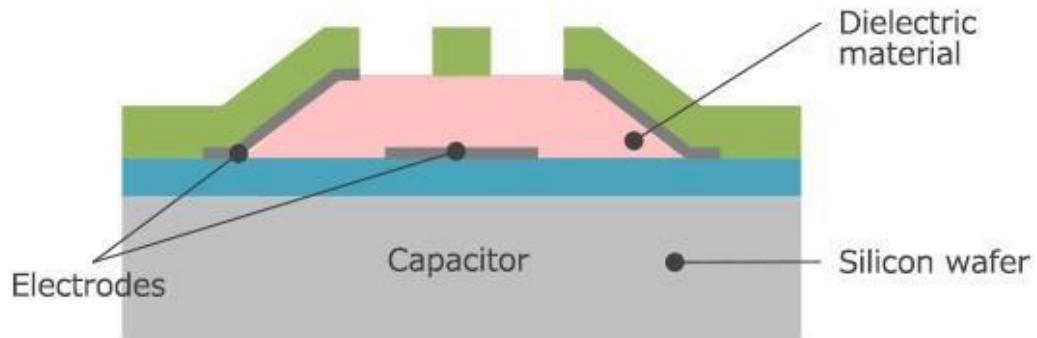
Ellenállás változás alapú hőmérséklet mérés – ezeket az eszközöket szokták termisztoroknak nevezni. A két leggyakrabban használt fém a nikkel, illetve a platina, ezeket Ni és Pt-vel szokták jelölni. Széles hőmérséklet tartományon lehet velük mérni a Nikkelek méréstartománya általában $-60...+180^{\circ}\text{C}$, amíg a Platinás mérők $-200...+700^{\circ}\text{C}$ -ig is tudnak mérni akár. Ezeket a fajta mérőket előszeretettel használják az épületautomatizálásban és sok ipari technológiában is, például élelmiszeripari vagy vegyipari tartályokban ugyanis nagyon kevés vegyi anyaggal lépnek reakcióba.

3.1.2. Páratartalom:

A páratartalom érzékelőknek kategorizálható szenzorok a levegőben lévő vízpára mennyiségét tudják mérni. Kettő fajta mérési módszer a legelterjedtebb a kapacitív, illetve az ellenállás változás alapú mérési elvek. Ennek a kettő mérési elvnek a működési elvét mutatom be a továbbiakban.

A kapacitív páratartalom mérés: A kapacitív páratartalom mérők felépítése eléggé egyszerű, két elektródából állnak, ami között egy nedvességet jól megkötő anyag helyezkedik el. Tehát ahogy változik a levegő nedvesség tartalma úgy változik az anyag dielektromos állandója is, így a kapacitásunk megváltozik a két elektróda között, ezáltal létrejön egy elektromos jelünk, amely közel lineáris kapcsolatban áll a levegő nedvesség tartalmával. Karakterisztikája relatív lineáris, mérési tartománya 0-100% RH

között is megbízható értéket ad.



3. Ábra Kapacitív páratartalom érzékelő elvi felépítése

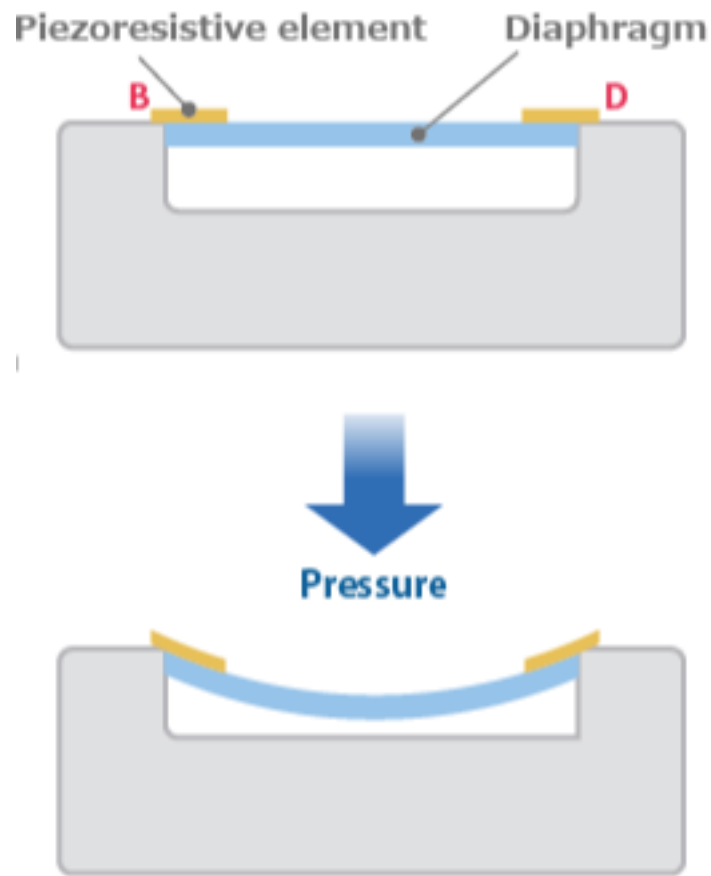
Az ellenállás változás alapú páratartalom mérő szenzorok az alábbiak szerint épülnek fel, hogy vannak bizonyos anyagok, amelyeknek megváltozik az ellenállásuk a bennük lévő nedvesség tartalomra. Általában ezek a szenzorok egy a nedvesség változásra érzékeny polimert tartalmaznak, amelynek megváltozik az ellenállása. Az ilyen szenzorok ellenállása, érzékenysége nagymértékben függ a hőmérséklettől is így erre kompenzálni kell, ezek a kiegészítő kompenzáló áramkörök általában része a szenzor csomagnak, így a kimeneti értékünk feszültség változás lesz.

3.1.3. Légnyomás

A légnyomást és légnyomás változást sok féle képen lehet mérni. Az alapvető működési elv, hogy az atmoszférikus nyomásváltozás hatására a szenzorban valamilyen fajta deformálódás keletkezik és ennek eredményeképpen valamilyen elektromos paraméter változik például az ellenállás vagy a kapacitás. Ezeket a szenzorokat gyűjtőnéven MEMS-eknek nevezzük.

Például (4.ábra) egy kis nyomásra érzékeny membránra egy Wheatstone híd kapcsolásba elhelyeznek piezorezisztív ellenállásokat. A membrán alatt vákuum

helyezkedik el így tökéletesen mérhető az abszolút nyomás. Ilyen esetben a mért érték feszültségváltozás lesz.



4. Ábra Légnomásérzékelő elve

3.2. Vezetékes kommunikációs protokollok

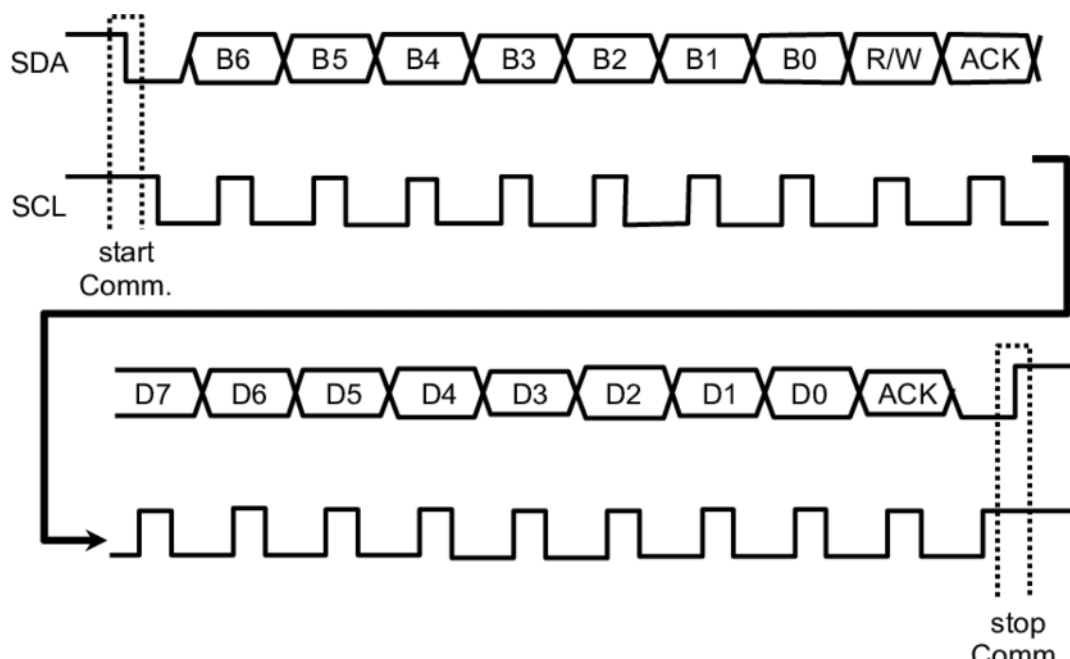
3.2.1. I²C

Az I²C [10] az az Inter Integrated Circuit, egy fél-duplex soros, szinkron kommunikációs protokoll. Ezen protokoll két vezetéken valósul meg: az egyik a SCL¹, amely a szinkron

¹ SCL - Serial Clock Line

óra jelet vezeti, a másik pedig az SDA², amelyen az adatokat továbbítjuk. Ezen interfész esetében a nyugalmi állapotot a vezetők magas logikai állapota jelenti, melyet úgy valósítanak meg, hogy egy 4,7 Kohm-os ellenállással +5V-ra kötik.

[11],[12],[13] Az interfésznek a legnagyobb előnye, hogy könnyen bővíthető, mivel a mesterhez több szolgát is lehet csatlakoztatni. A kommunikáció megkezdésekor a mester először logikai nulla állapotot hoz létre, mind a clock, mind a data vonalon, majd ezután egy 8 bites adatot küld a mester melynek első 7 bitje a szolga címe, míg az utolsó bit azt mondja meg a szolgának, hogy írás vagy olvasás fog történni. A szolga kijelölése és a kívánt adatolvasás vagy írás kiválasztása után a mester várja a megcímzett szolga reakcióját. Amennyiben nem kap választ egy másik eszközzel folytatja tovább az adatcserét, ez az ellenőrzés ismét megtörténik az adatok forgalmazása után is. Válasz esetén az adatkeret küldésével folytatja tovább az adatforgalmazást a mester, az adat hossza bármennyi lehet. A kommunikáció befejezését a mester jelzi az SCL SDA vonalak magas jelszintre állításával.



5. Ábra I2C kommunikációs protokoll felépítése

² SDA – Serial Data Line

3.2.2. Az SPI kommunikáció

Az SPI³ egy szinkron soros kommunikációs interfész főként rövid távú adatküldésre.

Az SPI kommunikáció nagy előnye, hogy képes full duplex módon kommunikálni. Ebből adódóan a kommunikációt leginkább a kijelzőknél és a memória kártyáknál szokták alkalmazni, mivel lehetővé teszi az egyidejű írást és olvasást. A kommunikáció csupán egy mestert támogat, de akár több szolga eszköz is csatlakoztatható a mesterhez. Minden egyes slave eszközhöz külön szolga kijelölő csatlakozás szükséges.

Az SPI interfészen egy adott szolgálhoz a kommunikáció 4 vezetéken valósul meg.

- SCLK - Soros órajel, amelyet a master szolgáltat a szolgák felé ezzel valósítva meg, hogy a kommunikáció szinkron módon történjen.
- MOSI/MISO – Mester kimenet és szolga bemenet/ Mester bemenet és szolga kimenet. Ezen keresztül történik a számunkra releváns adatok továbbítása.

(ábra)

3.2.3. Analóg kommunikáció

Nem szükséges kommunikációs protokollokat használnunk pl egy hőmérséklet méréshez. Akár közvetlenül a szenzort is használhatjuk, így a szenzort mi hajtjuk meg és az abból visszakapott az analóg jelszinteket mi alakíthatjuk át a kívánt digitális jelé.

Ennek a legnagyobb előnye, hogy egy szenzor jóval olcsóbb önmagában, mint egy kész modul, továbbá többféle szenzor közt választhatunk.

³ Sereial Peripheral Interface

Azonban rengeteg hátránya is van. Az analóg jelet a mikrokontroller nem tudja értelmezni, így ezt át kell alakítani, ehhez ADC⁴-t kell használnunk, aminek a bemenete nem olyan jeltartományt fogad, mint amilyen jeltartományt kapunk a szenzorokból, így egy jel illesztőt is kell terveznünk a szenzor után. Az Analóg jel érzékenyebb a zajokra, mint egy digitális jel, a torzítás csillapításához pedig további áramköröket kell a digitális alakítás és a szenzorunk közé tervezni.

Legvégén a kapott diszkrét jelet folyamatosan digitálisan fel kell dolgozni, hogy a kívánt dimenzióhelyes eredményt kapjuk. Például egy PT100-as szenzor Ohm-Celsius karakterisztikát felhasználva a belőle kapott Ohm értéket a hozzá tartozó Celsiusra alakítani.

3.3. Vezeték nélküli kommunikáció

Az alábbi fejezetben megvizsgálom a kettő széles körűen használt vezeték nélküli kommunikációs technológiát, amelyek alkalmasak lehetnek projektem megvalósításához. Az egyik a Bluetooth és azon belüli alacsony fogyasztású verziója a második pedig az egyszerű rádiófrekvenciás sugárzás.

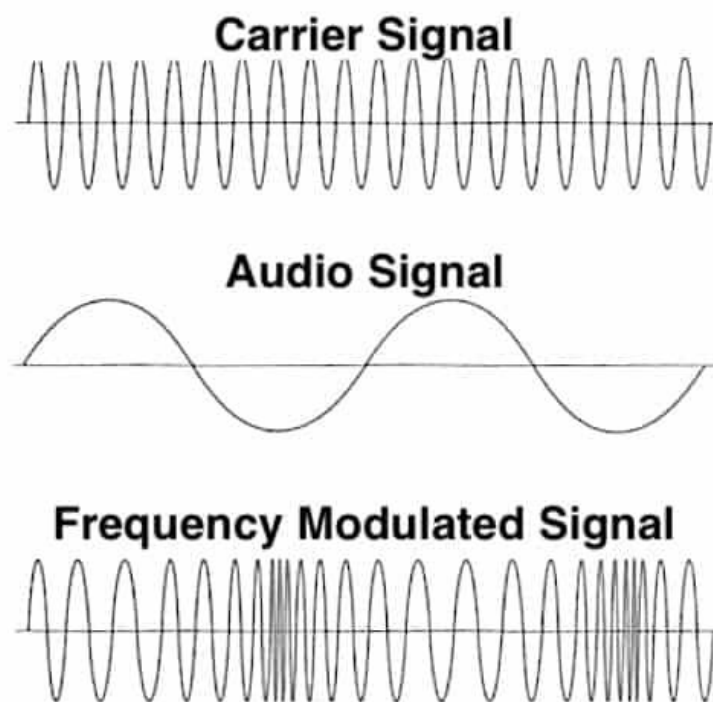
3.3.1. Bluetooth

A Bluetooth egy rövid hatótávú nyílt vezeték nélküli kommunikációs protokoll kettő vagy több eszköz között. Használatuk széles körűen elterjedt a számítógépekhez csatlakoztatható periféria eszközök, mobiltelefonok és még sok minden más, szinte minden modern más eszközzel kommunikálni képes eszköz tartalmazza ezt a technológiát is. A kommunikációs architektúra master és slave alapú, amelyben egy mester eszközhöz egyszerre több szolga eszköz is csatlakozhat. Biztonsági szempontból megbízhatónak tekinthető ez a kommunikáció mivel a kapcsolat létrejöttéhez mindkét félnek bele kell egyeznie a kapcsolatba, ehhez a két eszköz elküldi egymásnak a Bluetooth MAC címét, ezt párosításnak nevezzük melynek csak az első kapcsolat kialakításakor szükséges.

⁴ ADC (Analog Digital Converter) segítségével egy folytonos analóg jelből kvantálással diszkrét digitális jelet kapunk.

A Bluetooth 2,4 GHz-es frekvencia sávban működik, ami a szabadon használható ipari, tudományos és orvostechikai sávnak kategorizálnak. Az adatátvitelhez szórt spektrumú frekvenciaugrást használ másodpercenként 1600 db frekvencia váltással a 2,402 GHz és a 2,480 GHz között ez 79 különböző frekvencián ez által stabilabbá téve a kapcsolatot és adatküldést az interferenciáktól. Ennek köszönhetően kis területen sok különböző eszköz képes egymással kommunikálni bármiféle interferencia fellépése nélkül, ezt szerencsésen tapasztalhatjuk is, ha bármi forgalmas helyen közlekedünk és saját eszközeink közötti kapcsolatot nem zavarja meg a sok egyéb azonos protokollt használó készülék.

Egy egyközhöz egyszerre több egység is csatlakozhat ez által kialakítva egy kis terjedelmű lokális hálózatot, avagy personal area network-öt. A magas frekvenciának köszönhetően vékony falakon könnyen átmegy és azok nem árnyékolják le a kommunikációt. Viszont a hullámhossz és alacsony energia igényének hatására hatótávolsága igen rövid átlagosan 10m de sok minden befolyásolhatja ezt.



6. Ábra Frekvencia modulált jel

3.3.2. Bluetooth Low Energy

A Bluetooth technológián belül egy újabb generációs fejlesztés az alacsony energiájú 4.x verzió. Ez a protokoll kifejezetten energia hatékony és ezért tökéletes kevés adatot küldő IoT rendszerek kialakítására, például különböző szenzorcsoportok, alkalmanként egyszerű üzenetet küldő eszközök, okosórák.

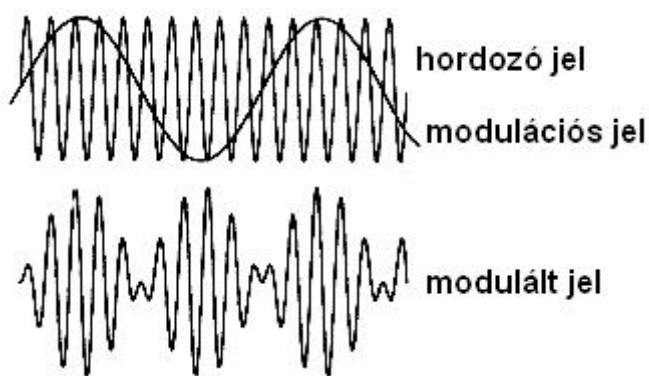
Főbb tulajdonságai:

- 0,27Mbit/s-os kommunikáció
- Kifejezetten alacsony fogyasztás 10mW-50mW
- Kis méretű
- Alacsony fogyasztásának köszönhetően egy kis elemmel is képes hosszú távon üzemelni
- Rövid hatótáv **~10m**

3.3.3. Rádiófrekvenciás kommunikáció

A mikroelektronikában elterjedt és széles körűen használt kommunikációs technológia a 433MHz-es rádiófrekvenciás jeladók és vevők. Ezen a frekvencián nyíltan lehet sugározni maximális 10mW-os teljesítménnyel. Pontosabban 433.075-434.75 MHz között lehet sugározni és ez a tartomány 70 csatornára van felosztva 250KHz-es léptékekkel.

Ennél a jelközlésnél amplitúdómodulációval tevődik össze az alapjel és küldeni kívánt adat. Ennél a jelmodulációnál egy állandó váltakozó jelre, ami jelen esetben 433 MHz tevődik rá a küldeni kívánt digitális adat. Ebből fakadóan ez a jel nem lesz titkosított és egy antennával bárki által fogható és dekódolható az üzenet. Az eszköz hatótávolságát nagy mértékben befolyásolja az antenna mérete is.



7. Ábra Amplitúdó modulált jel

Tulajdonságai:

- Hatótávolság: 0-100m az antenna méretétől függően
- Fogyasztása adatküldés közben: ~20-40mA
- Kis méret, az antenna befolyásoló tényező lehet

3.4. Kijelzés

A megvalósítandó projekt fontos része az is, hogy az összegyűjtött adatok könnyen értelmezhető formában láthatóak legyenek és ne kelljen számítógéphez csatlakoztatni a központi egység ahhoz, hogy látható legyen a mért érték vagy akár az időjárás előrejelzés. Ezért kettő mikrokontrollerekhez könnyen csatlakoztató kijelző típust vizsgálok meg. Mindkettő kijelzővel szemben fontos kritérium a sokoldalú használhatóság és egyszerre több adat jól olvasható kiírása.

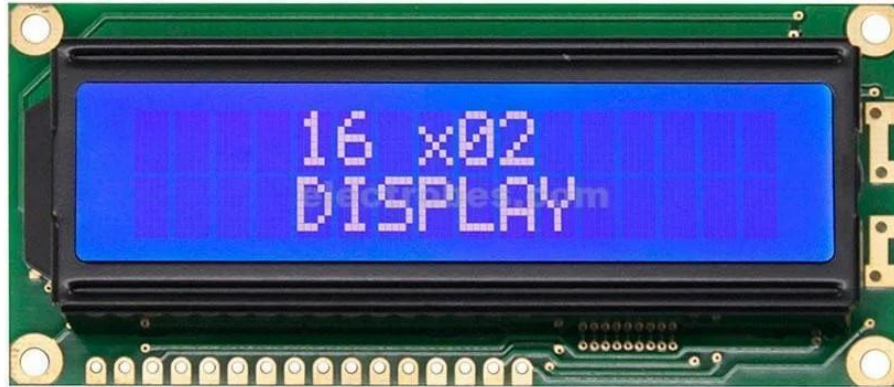
3.4.1. Folyadék kristályos kijelzők

Az LCD⁵ A folyadék kristályos kijelzőknél kettő polarizált üveglap között helyezkedik el egy réteg folyadék kristály, amely egy olyan organikus anyag, ami feszültség hatására a kristályok elcsavarodnak, rendeződnek, ez által létre jönnek a kívánt képek.

Jelen esetben a háttérvilágítással is rendelkező 16x2 karakter vagy 20x4 karakterű kijelzők lehetnek alkalmasak a projekt megvalósításához. Mikrokontrollerekhez való illesztéséhez sok kivezetés szükséges, de ezekhez a kijelzőkhöz beszerezhető egy

⁵ LCD (Liquid crystal display) Folyadék kristályos kijelző

illesztő áramkör is, amellyel busz kommunikáció is megvalósítható így egyszerűsítve az összeköttetést. Működéséhez 5V-os feszültségforrásra van szükség 220 Ohmos előtétellenállással.



8. Ábra 16x2 LCD

3.4.2. OLED kijelző

Ennek a kijelző típusnak számos előnye van, az egyéb piacon lévő mikroelektronikában használt folyadékkristályos megjelenítőkhöz képest:

- Nagyobb felbontással rendelkeznek: 128x64 pixel
- Könnyebben leolvasható, kisebb rajta a káprázás az erős háttérvilágításnak köszönhetően és az OLED technológia miatti magas kontrasztaránynak.
- Az OLED technológia további előnye, hogy a relatíve kis fogyasztás mellett is magas fényerő érhető el.
- A mátrix kijelzés lehetővé teszi, hogy bármilyen alakzatot kirajzoljunk, így ábrákkal, vagy akár animációkkal tudjuk figyelemfelkeltőbbé tenni a megjelenítést.
- A karakterek fényerősségét 8biten lehet állítani, így a megjelenítést a környezet fényérééhez lehet igazítani.

- A szenzorhoz hasonlóan I²C kommunikációval rendelkezik, így a kijelző a meglévő buszra felfűzhető, nem szükséges egy újabb kommunikáció protokoll használata.



9. Ábra OLED kijelző

3.5. RTC ismertetése

Az RTC⁶, avagy (Real Time Clock) egy integrált áramkör, aminek a segítségével pontosan lehet mérni az idő múlását. A pontosság eléréséhez kristályoscillátort használnak. Manapság a legtöbb informatikai eszközben: az otthoni számítógépekben, szerverekben, beágyazott rendszerekben van RTC.

Mivel az aktuális időpillanat állandóan változik, és ezt folyamatosan frissíteni kell, így ezt egy RTC-hez csatolt különálló CMOS memóriában tárolják, aminek az előnye, hogy az írási műveletek során adattároló nem használódik el, így nincs degradáció. A CMOS memória (SRAM) használata viszont felvet egy új problémát: a tápfeszültség elvesztése esetén az adatok elvesznek. Ennek a kiküszöbölésére és azért, hogy az RTC akkor is számoljon, ha a vezérlő nem fut, legtöbbször egy különálló biztonsági energiatárolót használnak, ami a 9 ábrán látható segéd elemmel, vagy szuper kondenzátorral

⁶ RTC: Real Time Clock – Valós Idejű Óra

biztosítanak. Ezért jegyzik meg számítógépek az időt egy esetleges áramkimaradás esetén is.



10. Ábra RTC modul

Az RTC áramkör lehet egy tokon belül integrálva a mikrokontrollerrel, vagy különálló modulként valamilyen szabványos interfésszel csatolva a rendszerhez, általánosságban I²C használnak.

Az RTC lehetővé teszi

4. Rendszer tervezése és eszköz választás

4.1. Kommunikáció

A piacon történő alapos körbetekintés után megtaláltam az eszközöket különböző kommunikációs kivitelekben is megvásárolhatóak. Az érzékelők lehetnek egyszerű analóg érzékelők például egy egyszerű termorezisztor, de vannak kombinált érzékelők is melyek busz kommunikációs protokollal rendelkeznek. A kijelzőkhöz, illetve a különböző rádiófrekvenciás kommunikációs modulokhoz viszont szükség van valamilyen fajta busz protollokra.

Ezért arra a döntésre jutottam, hogy a legegyszerűbb megoldás jelen esetben, ha minden eszközt úgy választok ki, hogy azonos kommunikációs protokollt használjak. A megvizsgált protokollok alapján az I²C mellett döntöttem mivel minden számomra szükséges eszköz beszerezhető ilyen kivitelben. Ennek következtében az egyik legnagyobb előny, hogy egyszerűbb mikrokontrollert választhatunk, mivel kevesebb csatlakozási pont szükséges, továbbá a végleges kód is kevesebb helyet fog foglalni és kevesebb memória elegendő is elegendő.

4.2. Kombinált hőmérséklet-relatív páratartalom és légnyomás érzékelő

Alapos kutatás után a Bosch BME280-M [7] kombinált digitális páratartalom hőmérséklet- és nyomás érzékelő szenzorját választottam.



11. Ábra BME280-M

Ez a szenzor tökéletes az időjárás állomáshoz, mivel minden számomra szükséges paramétert képes mérni, ráadásul nagy a megbízhatósága és alacsony a fogyasztása is. Rendelkezik három különböző mérési állapottal. Alvó üzemmód, amikor a legkisebb a fogyasztása. Normál üzemmód, amikor periodikusan mér az eszköz és a kényszerített üzemmód, amikor csak egyszeri mérést hajtunk végre vele.

A hőmérséklet mérési tartomány -40...+85 C így a téli hónapokba is működőképes lesz az eszköz.

A relatív páratartalmat 0...100% között, a légnyomást pedig 300-1100hPa között tudja mérni az szenzor. Ezen értékek a tengerszinthez képest -500m és +9000m közti

magasságnak felelnek meg. A várható légnyomás 1050 körüli érték lesz Magyarországon így várhatóan a nyomás értékek a méréstartományon belül maradnak.

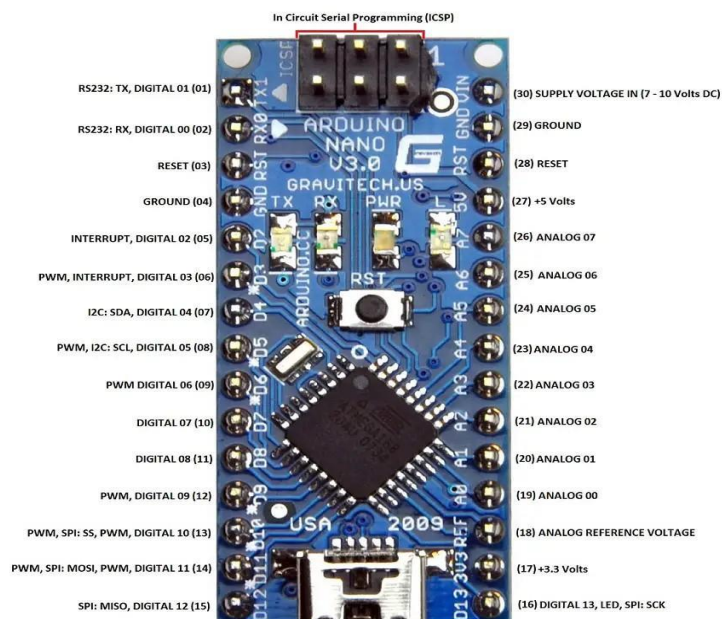
Villamos paramétereit tekintve alacsony a fogyasztása 1Hz-es mérési gyakoriság esetén, ha mind a három paramamétert mérni akarjuk csak 3.6 μ A a fogyasztása. Alvó állapot esetén a legkisebb a fogyasztás csak 1 μ A. A szenzorok megtáplálásához 1.7...3,6 V szükséges a kommunikációs interfészhez pedig 1,2...3,6V. Így az Arduino NANO 3,3 V-os kimenete tökéletes a szenzor megtáplálására.

Az eszköz rendelkezik I2C és SPI kommunikációs protokollal, amelyből én az I2C protokoll mellett döntöttem mivel a többi eszköz is ezt a protokollt használja így egy busz vonalon megoldható a kommunikáció az eszközök között ezzel egyszerűsödik, mint a fizikai kialakítás és a hozzá szükséges programozás is.

4.3. Mikrokontroller választás

ARDUINO Nano felépítésének bemutatása:

Az időjárásállomás vezérléséhez az ATmega328 mikrovezérlőre esett a választásom. Azon belül is az ARDUINO család NANO [1] elnevezésű fejlesztői paneljára. Habár vannak a piacon kisebb fogyasztású vagy éppen erősebb eszközök is, azért választottam ezt a termékcsaládot, mivel már korábban használtam ilyen eszközt így rendelkezem ismerettel mind a panel fizikai felépítéséről, mind a fejlesztő által támogatott fejlesztőkörnyezetéről. Jelenlegi projektem megvalósításához.



Arduino Nano V3 - Pin Description

12. Ábra Arduino NANO

4.3.1. Belső memória:

Az Arduinon Nano 32Kb flash memóriával rendelkezik, amelynek bőven elegendőnek kell lennie a működéshez szükséges programkód tárolására, akár még átmentei adat rögzítés is elfér ekkora memória területen.

4.3.2. I/O portok:

8 darab analóg porttal és 14 darab digitális ki/bementi porttal rendelkezik. Ezek a protok felhúzó ellenállásokkal rendelkeznek, amelyek értéke 20-50 Komh között változik, az ajánlott maximális áramfelvétel lábánként 20mA. Néhány láb dedikált funkciókkal van ellátva ezek közül csak néhány a projektem számára releváns kivezetést ismertetnék.

Az I²C kommunikáció megvalósításához a legalkalmasabb a 4-es (SDA) valamint az 5-ös (SCL) erre a funkcióra dedikált lábakat érdemes használni. Ezen portokat használják a legtöbb ezen kommunikációs protokollra megírt program könyvtárak.

Az SPI kommunikáció megvalósításához a 13 (SS), 14(MOSI), 15(MOSO), 16(SCK), lábakat lehet felhasználni. Ezzel kialakítható a négy vezetékes kommunikációs protokoll.

A processzorral való soros kommunikációhoz két féle képen is lehet csatlakozni, az első egy leg kézen fekvőbb módszer a mini-B USB csatlakozó vagy a 01-es (RX) és a 02-es (TX) lábakon keresztül.

4.3.3. Működési feszültség:

Kettő féle képen lehet megtáplálni az eszköz. A panelen van egy mikor USB bemeneti, ami 5V-os és ezen keresztül lehet programozni is az eszközt, valamint a 30-as lábon keresztül 7-12V közötti egyenárammal is megtáplálható az eszköz. Bemeneti feszültségnek az ajánlott érték 7-12V vagy 7-15V között van, különböző források mások is lehetnek.

4.3.4. Szabályozott kimeneti feszültség:

Az eszköz rendelkezik kettő darab diszkrét feszültségű kimeneti ponttal. A 17-es PIN 3,3V, a 27-es PIN 5V-os feszültséget biztosít. A 3,3V egy a panelen lévő feszültség szabályzó biztosítja, az 5V-os kimenet közvetlenül össze van kötve az USB oldali bemenettel egy schottky diódán keresztül.

4.4. Arduino UNO felépítése:

Az UNO sok mindenben megegyezik felépítésben a NANO-hoz képest, mindkettő eszközben ugyanazt a processzor tartalmazza, az ATmega328P van amelynek 16 MHz-es órajele van.

4.4.1. Belső memória:

- 32 KB flash ram
- 2 KB SRAM

4.4.2. I/O portok:

- 20 db digitális I/O
- 6 db analóg bemenet

4.4.3. Működési feszültség:

Kettő féle képen lehet meg táplálni az eszközt, egy USB type B típusú bennetl melyen 5V-os feszültséggel lehet megtáplálni, ennél a bemenetnél nincsen feszültség szabályzó áramkör. A másik meg táplálási mód egy DC jack csatlakozón keresztül lehet, itt egy 6-20V közötti feszültség elegendő a működtetéshez. Ennél a bemenetnél egy feszültség szabályzó áramkör védi a lapot.

4.5. RTC (real time clock)

A beltéri egységnél szeretném a pontos időt is megjeleníteni, ehhez egy RTC [3] modult fogok beépíteni a rendszerbe. A választásom a DS3231 [4],[5] nevű valós idejű memória modulra esett. Nagy az eszköz megbízhatósága és pontossága, havonta csak 1-2 másodpercet tévedhet. A projektemhez nem létfontosságú az ekkora pontosság, de negatívan sem befolyásolja a megvalósítást. A nagy pontosságot egy hőmérséklet kompenzált kristály oszcillátorral éri el. Nagy pozitívum még, hogy ez az eszköz I2C kommunikációval rendelkezik, a többi eszközhöz hasonlóan, amely az időjárásállomás perifériáin lenne. A modul 6db PIN-nel rendelkezik, 1. a VCC, amelyen a táp feszültséggel lehet ellátni, ez az érték 3,3 - 5,5 V-ig terjed. 2. a GND, avagy a nulla potenciálú pont.[8] Továbbá az SDA és SCL pinek az I2C kommunikációs protokollhoz használandók. Az eszköz tervezett felhasználásához ez a 4 darab felsorolt periféria használata elegendő. A modulba be van építve egy gombelem is melynek feladata, hogy a tápfeszültség kimaradása esetén is az eszköz tovább tudja tárolni és számolni az idő múlását. Az eszközt I2C [9] kommunikáción keresztül először be kell állítani, mint az időt és az időmérési formát, hogy 12 vagy 24 órás legyen.



13. Ábra RTC DS3231

4.6. Kijelző

A kijelzéshez az OLED kijelzőt választottam annak sokoldalúsága miatt, valamint, hogy bármilyen karakter vagy forma kiirattatható rajta.

4.7. Energia ellátás

4.7.1. Beltéri egység tápellátása

A beltéri egység működéséhez szükséges energia mennyisége jelentősebb a kültéri egységhez képest, mivel a számítások túlnyomó részét ez az eszköz végzi, valamint a kijelző állandó működése többletfogyasztást jelent. Ezért a beltéri egység működéséhez szükséges energia ellátására egy kapcsoló üzemű tápegységet választottam. (6. Ábra) Mivel a beltérben a hálózati feszültség könnyen rendelkezésre áll.



14. Ábra Kapcsoló üzemű táp

4.7.2. Kültéri egység tápellátása

A kültéri egységnél fontos szempont a mobilitás, tehát így csak is a hálózattól független energia ellátási mód kerülhetett szóba. Mint korábban bemutattam az arduino Nano és a kültéri egység táp ellátásához legalább 5V szükséges, így arra döntésre jutottam, hogy egy Li-ion cella lesz az akkumulátor, amelyhez egy boost konverter áramkör lesz szükséges. Ez az áramkör fogja biztosítani a stabil 5 V-ot a kontroller és a periféria eszközök számára is.

Energia tárolónak az elterjedt
18650-es Lítium ionos
akkumulátort választottam. Ezen
cella teljesen feltöltött állapotban
4,2V tud leadni míg kisüléshez
közel ez az érték 3V. Ebből
fakadóan az elemeket ezen két pont
között meghatározott
feszültségtartományban



15. Ábra Li-ion cella

akarom használni, ez által elkerülve az elem élettartamának rövidülését. A tényleges mély merülési pont, amely alatt már károsodik a cella az 2,4V. Névleges feszültsége 3,7V. Kapacitását tekintve 3500mAh, amely bőven elegendő az eszköz autonóm hosszú távú működéséhez. A későbbiekben taglalom az összeállított eszköz várható fogyasztását és várható töltési gyakoriságát.

4.8. Kültéri egység fizikai védelme

Az időjárás állomás kültéri adatgyűjtő egységét megfelelő védelemmel kell ellátni a várható időjárási viszontagságokkal szemben. A tokozottnak egyszerre kell védeni az elektromos eszközöket úgy ahogy, ez a védelem ne befolyásolja és torzítsa a mérés pontosságát és megbízhatóságát. Az elektromos eszközöknél a legnagyobb veszélyforrás a víz általi rövidzárlat keletkezése, ezért olyan fizikai kialakításra van szükség, mely adott körülmények között a legnagyobb mértékben véd a beázás ellen. Viszont egy hermetikusan zárt doboz használata nem megfelelő a feladatomhoz, mivel így nem lenne közvetlen kapcsolatban a környező levegő hőmérsékletével, páratartalmával, illetve légnyomásával.

A legfontosabb tényezők a kültéri egység elhelyezkedése, színe és anyagminősége. A kint elhelyezett időjárás mérő állomásnál az alábbi problémák léphetnek fel:

- A dobozt direkt napfény éri ez által nagyobb hőmérsékletet mérne a valósánál
- Oldal irányú csapadék, illetve vízbe merítés
- A doboz hermetikus zártsága megakadályozza a páratartalom és légnyomás mérését
- Nem megfelelő légrések esetén pangás alakulhat ki így a páratartalom is eltérő értéket mutathat
- Pókok és rovarok befészkelése általi meghibásodások

Ezen elvek alapján úgy döntöttem, hogy 3D tervezek egy dobozt erre a funkcióra. Anyag választásnál fontos kritérium az UV sugárzásnak való ellenállás, illetve a minél jobban

verje vissza fényt, erre a legalkalmasabb, ha fehér színű anyagból nyomtatom hiszen a fehér szín veri vissza a legtöbb infravörös sugarat.

5. Megvalósítás

5.1. Rendszerfelépítés

Szakdolgozatom célja egy kültéri és beltéri időjárás állomás tervezése és megépítése. Alapos kutatás után kiválasztottam a megfelelő fej és periféria eszközöket. A rendszerem kettő részből fog összeállni egy kültéri és egy beltéri egységből melyek egymás között vezeték nélkül fognak kommunikálni. A kommunikáció megvalósításához a rádiófrekvenciás technológia mellett döntöttem mivel ahogy korábban is bemutattam annál nagyobb a hatótávolság. Az küldeni kívánt adat biztonsági szempontból egyáltalán nem minősül érzékenynek így bármi féle titkosításra nincsen szükségem. Illetve további rendszer bővítés esetén is alkalmas ez a technológia.

A beltéri egységem tartalmaz egy kombinált hőmérséklet, páratartalom és légnyomás érzékelő szenzort, rádiófrekvenciás antenna modult, RTC modult az idő méréséhez, és az adatok megjelenítéséhez egy 0,96 inches kijelzőt, a rögzített adatok kijelzéséhez. Energia ellátás szempontjából egy AC/DC átalakító tápegységet választottam megoldásnak mivel rendelkezésemre állt az eszköz.

A kültéri egység fő feladata az adatgyűjtés és azok feldolgozása, valamint továbbítása a beltéri eszköznek. A mérést egy kombinált hőmérséklet, páratartalom és légnyomás érzékelő szenzorral oldom meg amely I²C busz kommunikációs protokollon kommunikál a mikrokontrollerrel. A légnyomás mérés célja az időjárás előrejelzése a 2.2 pontban említett elv alapján. Az adatok továbbításáról egy rádiófrekvenciás transzmitterrel gondoskodom.

5.2. az Időjárás előre jelző algoritmus készítése

Úgy döntöttem, hogy az időjárás előrejelzéshez saját algoritmust fejleszték, hogy az általam felhasznált szenzorokkal minél optimálisabb eredményt kapjak.

Ehhez szenzorok által mért nyers adatokat rögzítem melyhez hozzápárosítom az aktuális időjárást, és ez fogja alkotni az adatbázisom törzsét.

Az adatok felvételéhez, egy Raspberry Pi eszközt használok, mivel rendelkezik sd kártyával, ami megfelelő számomra, hogy felvegyem és tároljam az adatokat. Habár a projekt végleges megvalósításához Arduino Nanot és Megát fogok használni, az adatok rögzítése során egyszerűbb és költséghatékonyabb számomra egy Raspberry Pi használata, mert rendelkezem ilyen eszközzel, míg az Arduinohoz be kellene szereznem egy SD kártya bővítőt. Valamint a Raspberry Pi-n a Python nyelven történő fejlesztés gyorsabb. De hiába ezek az előnyök, a végleges eszközben kültéri egységként egy Arduino Nano fog beépítésre kerülni, mivel egy mikroszámítógép drágább és fogyasztása is magasabb, mint egy mikrokontrollernek. A Raspberry Pi rendelkezik I2C interfésszel és 5 voltos kimeneti táp feszültséggel is így könnyen csatlakoztatni tudom a BMP280-as szenzoromat hozzá. A Raspberry Pi tovább előnye, hogy támogatja a Pythont mely lehetővé teszi, hogy előre megírt könyvtárak használják a szenzorhoz és az adatok tárolásához.

Az adatgyűjtés folyamán számos problémába futottam és a mért eredmények gyakran nagy mértékben változtak, ez adódhat a szenzoron nem megfelelő szűrési módszer alkalmazásából. A továbbiakban ennek javításán dolgozom és remélem szakdolgozatom befejezésig sikerül megbízható eredményeket mérnem. Valamint megpróbálok egy hosszabb mérési periódust alkalmazni a már véglegesen összeállított rendszerrel, mivel a jelenleg használt összeállítás csak ideiglenesen készült a tesztelés folyamatára.

5.3. NYÁK TERVEZÉS

A kapcsolási rajzot és NYÁK-tervet a Kicad nevű ingyenes tervezőprogrammal készítettem. Emellett előnye a szintén elterjedt Eagle-lel szemben a szimbólumok és a tokozás tetszőleges összerendelése. A szükséges alkatrészeket a megfelelő

összeköttetésekkel elhelyeztem a munkalapon. Az ellenállásoknak, kondenzátoroknak, induktivitásnak megadtam az értékeit, habár a NYÁK-tervet nem befolyásolja és a program nem támogat szimulációt. Így viszont könnyebb beazonosítani a későbbi beültetés során. Az áramkör elemeinek számozása után lefuttattam az összeköttetések ellenőrzését, majd a beépített segédeszközzel hozzájuk rendeltem a megfelelő tokozást, típust. Ezután a NYÁK tervező alprogramban elrendeztem az alkatrészeket, figyelembe véve az adatlapi ajánlásokat, pl. szűrő- és pufferkondenzátorokat a lehető legközelebb kell az IC-khez elhelyezni. Mivel a prototípus 1 oldalas, 1 rétegű lesz, így ezeknek csak bizonyos mértékben tudtam eleget tenni. A program nem támogat automatikus összeköttetést, ezt kézzel kellett elvégezni, kerültem az éles töréseket. Lehetőség van a terv 3D tervét is megnézni.

6. Kültéri egység fizikai megvalósítása

A kültéri egység kettő fontos funkciót lát el, az első a pillanatnyi időjárás állapotának mérése és a mért adatának továbbítása, valamint a légnyomás változásának mérése és az ebből kapott eredmény alapján a várható időjárás, esőzés hozzávetőleges megbecsülése. A mért értékeim a hőmérséklet, relatív páratartalom és a légnyomás. Mindezeket az adatokat továbbítani is kell. Ehhez az FS1000A rádiófrekvenciás transzmittert választottam a Bluetooth-os megoldással szemben mivel a rádiófrekvenciás kommunikációnak nagyobb a hatótávolsága és ezt tartottam a fontosabb kritériumnak az energia fogyasztással szemben, mivel így szélesebb körben alkalmazhatónak tartom az eszközt. A légköri adatok méréséhez a Bosch BMP280-M szenzor-át választottam annak sok oldalú használati lehetősége, pontossága és alacsony fogyasztása miatt. Az energiaellátást egy Li-ion cellával oldom meg amihez egy boost konverter és töltő áramkört tervezek és építek.

Felhasznált eszközök:

- Arduino NANO
- BMP280-M szenzor
- Li-ion cella, LMR62014 IC és TP4506 IC
- RF kommunikációs modul

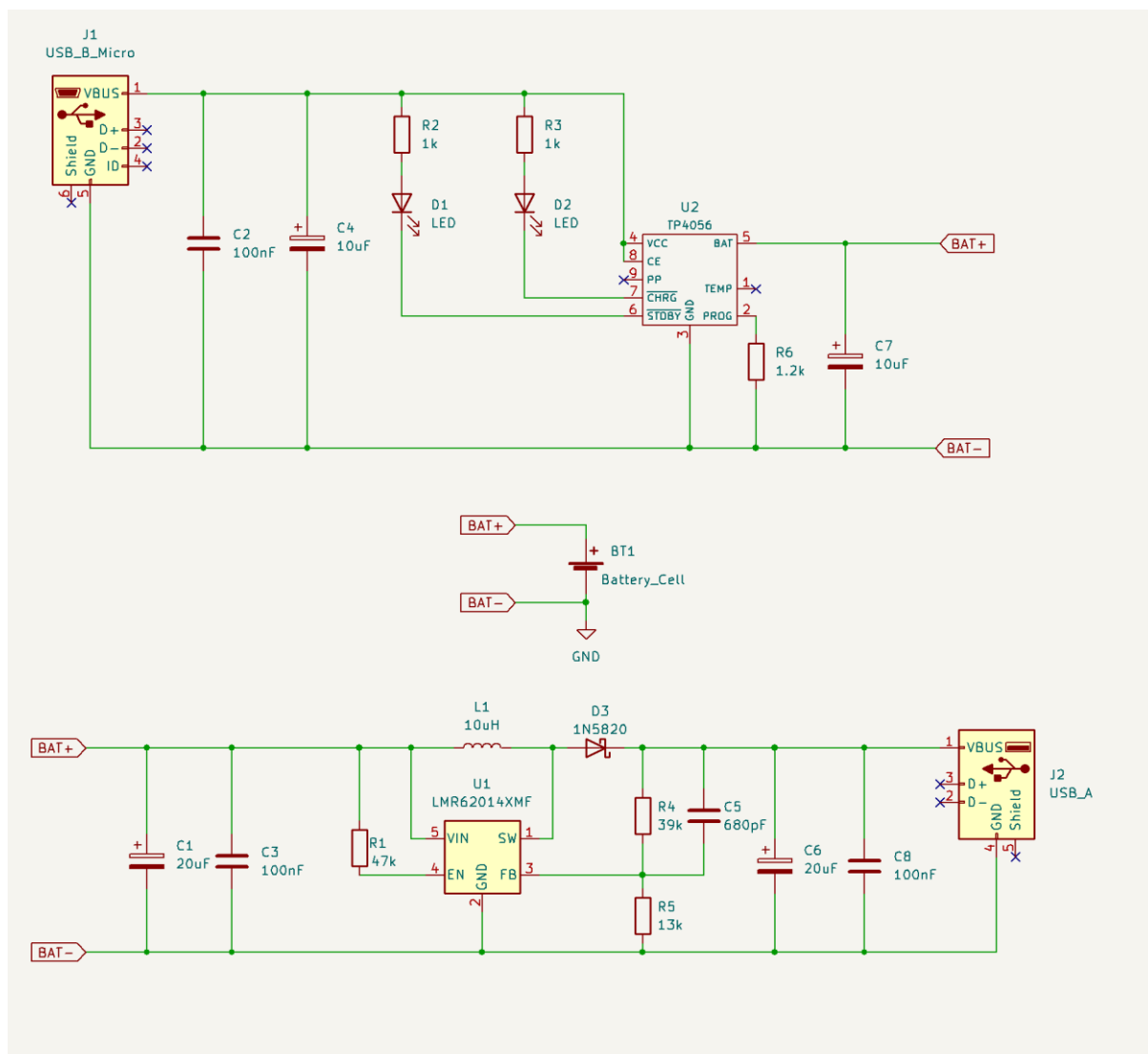
6.1. Energia ellátás

A kültéri eszköz energia ellátásához eszközválasztásnál már említett Li-ion cellával oldom meg amihez egy boost konverter áramkört építék. Valamint ellátom egy töltő elektronikával és töltöttség figyeléssel is a rendszert. A boost konverter áramkör célja, hogy a 3,7V-os cellánkból 5V-ot állítson elő ezzel biztosítva a stabil működést az eszközöknek.

6.1.1. A boost konverter megvalósítása

A boost konverter megépítéshez az LMR62014-es IC-t választottam, ennek elektronikai paramérei az alábbiak:

- Bemeneti feszültség tartomány: 2,7-14V
- Kimeneti feszültség tartomány: 20V-ig
- Maximális kapcsolt áram: 1.4A



16. Ábra Táp egység áramkör

A DC-DC konverter kapcsolása az adatlapban található példakapcsoláson alapul, a mellette található képletek segítettek a szükséges alkatrészek méretezésében. Főbb elemek:

L1 induktivitás: energiatároló szerepe van, az U1 IC 1.6MHz frekvenciával kapcsolgatja a feszültségét, a benne indukálódó feszültség és átfolyó áram a kapcsolás kitöltési tényezőjétől függ.

R1 ellenállás: felhúzó ellenállás, biztosítja a magas jelszintet az engedélyező lábnak.

C5 kondenzátor: a szabályzás stabilitását biztosítja, kiszámítása: $C5 = 1 / (2 \cdot \pi \cdot R4 \cdot f_z)$, ahol $f_z = 6\text{kHz}$.

C1, C3, C6 és C8 kondenzátorok: a magas frekvenciájú kapcsolás zavaró hatását csökkentik a tápfeszültség vonalakon.

R4 és R5 ellenállások: egy feszültségosztót alkotnak, a feszültség szabályozó visszacsatoló ágát alkotják, az IC visszacsatoló "Feedback" bemenetére juttatják a kimenet arányos feszültségét. Az 5 voltos kimeneti feszültség beállításához az R4 ellenállást méretezni kellett, az R5 ellenállásnak a katalógus szerint ajánlott 13Kohm-ot használtam

$$R4 = R5 \cdot \left(\frac{V_{out}}{1.23} - 1 \right) \quad R4 = 13 \cdot (5/1.23 - 1) \quad R4 = 39,84$$

6.1.2. Töltő áramkör

Az akkumulátor töltése az USB mikro csatlakozón keresztül lehetséges. Ehhez a TP4056-os IC-t választottam. Azért erre az IC-re a választásom mert elterjedt a használata könnyen alkalmazható és megbízható a működése. A kapcsolásomnak a gyártó által is ajánlott minta áramkört használtam, mely tartalmaz kettő visszajelző ledet és egy programozó ellenállást. A töltő áramkörnél fontos paraméter a töltési áram hiszen túl nagy áram esetén kárt tehet a cellában. A programozó ellenállás (R6) méretét a katalógus táblázatából kiválasztva 1.2Kohm-nak választottam, Ezzel 1000mA-es lesz a töltési áram. A visszajelzés úgy működik, hogy amikor töltési üzemmódban van akkor a VCC és a CHRg lábak között elhelyezett led világít, töltésen kívüli üzemmódban pedig a másik led világít. Későbbiekben egy másik módszerrel történő töltöttség figyelő módszer megvalósítása esetén csak a töltési állapotot jelző led szükséges a másik pedig kivehető az áramkörből.

6.1.3. Töltöttség figyelő

A mély merülés elkerülése végett implementálok egy akkumulátor feszültség figyelő összeállítást. Ezt úgy valósítom meg hogy az Li-ion celláról egy 1Kohmos ellenálláson

keresztül összekötöm a panel analóg-digitális konverterére. Ha az itt mért érték 3,2V alá esik akkor hibaüzenetet küldök a beltéri egység számára, hogy töltés szükséges.

6.1.4. Várható fogyasztás

A kültéri egységnél törekedtem az alacsony fogyasztásra a minél hosszabb működés eléréséhez. Ehhez alacsony fogyasztású szenzort és kommunikációs technológiát választottam. Valamint a legtöbb energiát a mikrokontroller alvó állapotba való küldésével, valamint a mérési és adat küldés gyakoriságával lehet megtakarítani. Ezért a mérési és adat küldési gyakoriságot úgy választottam meg, hogy 5 percenként végzek méréseket. A várható maximális fogyasztás 4 összetevőből épül fel. Ebből a boost konverteren keletkező veszteséget viszont elhanyagolhatónak tekintem.

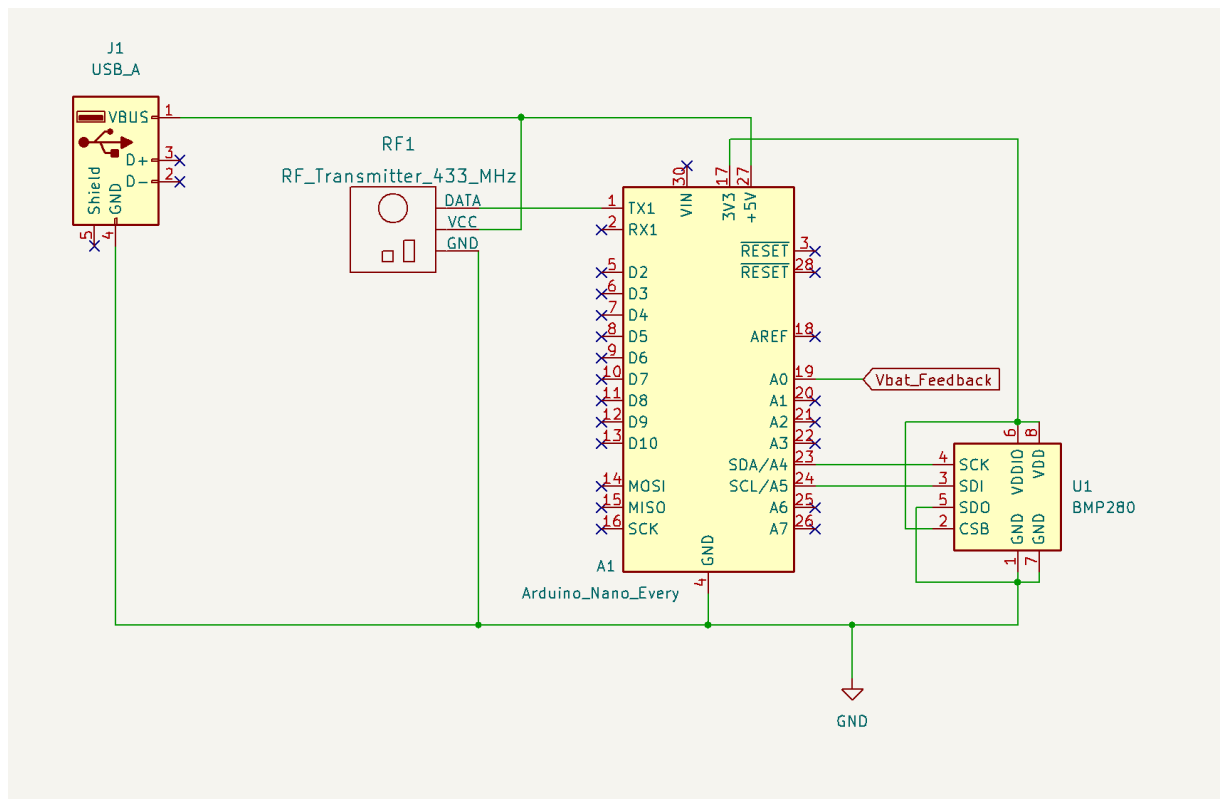
- A mikrokontroller fogyasztása
- A szenzor fogyasztása
- A rádió frekvenciás transzmitter fogyasztása
- A boost konverter áramkör

A maximális fogyasztás az alábbiak szerint épül fel:

- I_{nano} : 20mA
- I_{BME280} : 3.6 μA
- I_{RF} : 40mA

$$I_{\text{max}} = I_{\text{nano}} + I_{\text{BMP280}} + I_{\text{RF modul}} \quad I_{\text{max}} = \sim 60\text{mA}$$

6.2. Kapcsolási rajz és elrendezés



17. Ábra Kültéri egység kapcsolási. rajz

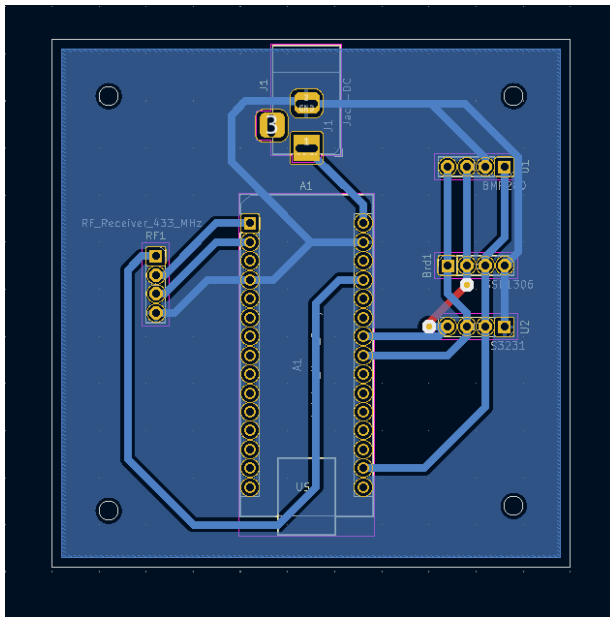
A választott eszközök illesztése kifejezetten egyszerű volt. Az akkupakk a mikrokontrollerre az USB mini porton keresztül csatlakozik és látja el a működési feszültséggel.

6.2.1. FS1000A transzmitter:

- VCC lábát az Nano 27-es lábával kötöm össze ezzel biztosítva az **5V** működési feszültséget.
- A GND lábát a kapcsoláson belüli közös 0 potenciálú pontra kötöm ez a Nano egységnek a 4-es lábával van összekötve
- A DATA lábát a Nanon is dedikáltan adatküldésre használható 1-es lábbal kötöm össze

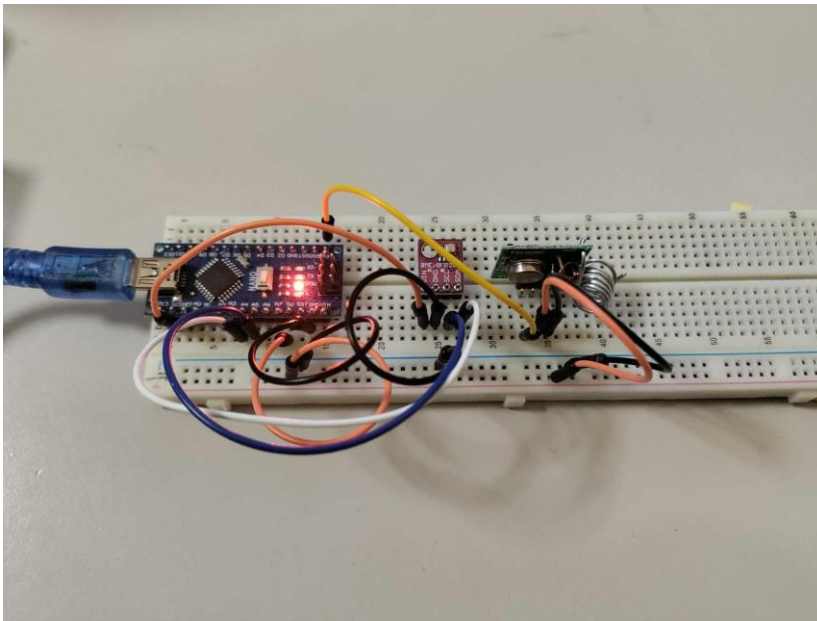
6.2.2. BMP280:

- A szenzor működéséhez **3,3V**-os tápfeszültség szükséges. A szenzor VCC lábát a Nano 17-es lábával kötöm össze.
- A GND pinjét a kapcsolás GND pontjához bekötöm
- Az SCK/SDA lábát a Nano 23-es SDA nevű lábához
- Az SDI/SCL lábát a Nano 24-es SCL nevű lábához kötöm.



18. Ábra Kültéri e. NYÁK terv

Sajnos szakdolgozatom beadásig a nyáklapon történő megvalósítás nem készült el, annak bemutatását az államvizsgán történő prezentáció folyamatában lesz alkalmam megtenni.

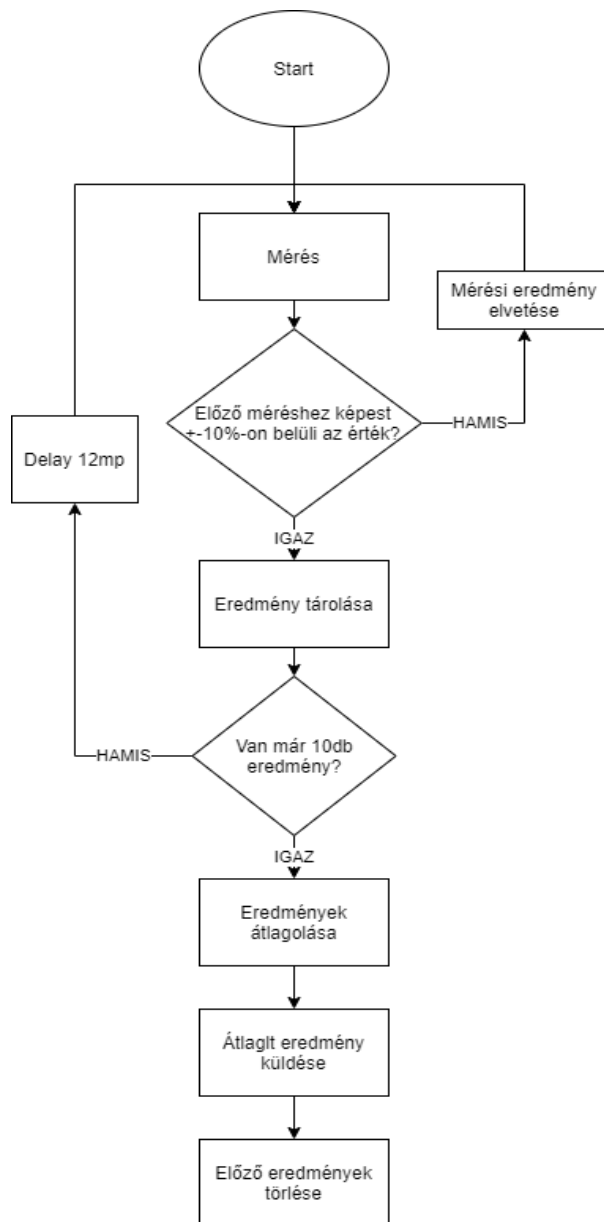


19. Ábra kültéri egység áramkör teszt

6.3. Program felépülése

A program készítéséhez az Arduino IDE fejlesztőkörnyezetet használtam, melyben C és C++ programozási nyelven lehet programkódot írni. Legnagyobb előnye, hogy tartalmaz minden eszközt, ami a programfejlesztéshez szükséges: Fordítóprogram, ami képes az általam választott AVR chipre előállítani a bináris fileokat. Képes soros porton keresztül kommunikálni. És támogatja a program feltöltését.

További előnye, hogy sok előre megírt könyvtárral rendelkezik, és támogatja más forrásból történő könyvtárak könnyed hozzáadását. Az RF modul beállításához és az adatok küldéséhez a radiohead könyvtárat használtam. A BME280-as szenzorhoz pedig a BMx280 I2C könyvtárat.



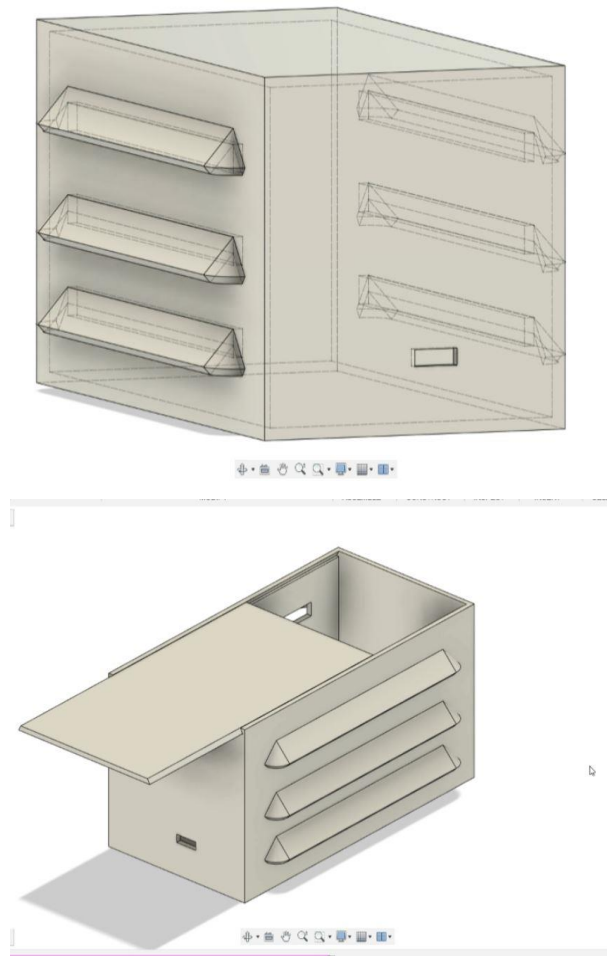
20. Ábra Kültéri mérés folyamata

A program indításakor inicializálom az I2C buszt, ezen keresztül megszólítva a BME280-as szenzort. Ennek a szenzornak a címe a busz hálózaton 0x76, ez a címzés gyárilag beállított, amin, ha a szenzor SDO pinjét a VDDIO pinre átkötjük akkor ezt a címet 0x77-re lehet változtatni. Normál üzemmódban indítva folyamatosan mér az eszköz amíg 10 darab mérési összegyűlik, és a mért eseményeket eltárolom. Ezekben megvizsgálom, hogy van-e kiugró eredmény, amit mérési hibának tekintek és ebben az esetben újra kezdem az elejétől a mérést. Ha sikeresen megtörtént a 10 darab mérés abból egy átlag értéket számítok. Ezt az értéket továbbítom a beltéri eszköznek.

6.4. Egység burkolata

A kültéri egység burkolatának a legjobb megoldásnak úgy látom, hogy egyedileg 3D tervezek és nyomtatok egy dobozt, amiben kettő csavarral lenne rögzítve a nyák lap amire beültetésre kerülnek a felhasznált eszközeim. A tervezéshez az Autodesk Fusion 360-at használtam. A doboz dimenzió: 120x60x60mm. Hossz irányú oldalára 5mm széles

légreszeket rakok, hogy jól szellőzőn, ez által pontos értéket tudjak mérni. Az eső védettség érdekében a légreszek felé lamella-szerűen dőlt takaró paneleket rakok. A rövidebbik oldalon egy 9x5mm-es nyílást hagyok az USB-mikro port kivezetésének. A nyomtatás anyagának UV álló fehér ABS anyagot választok. A tetejét csúsztatóan levehetőre terveztem. Ez által könnyen hozzáférhető lesz a nyák, ha bármi módosítást kellene végezni rajta.



21. Ábra Kültéri doboz

7. Beltéri egység fizikai megvalósítása

A beltéri egység számos funkciót lát el. Elsődlegese méri a bent levegőhőmérsékletet és a relatív páratartalmat, erre egy BMP280-as szenzort használtam, aminek a legnyomás mérése nem releváns. Ez a szenzor helyett használhattam volna egy DTH22-es szenzort is de egyszerűbbnek láttam a már korábban megismert és bemutatott szenzort alkalmazni itt is, ezzel sokat könnyítve a programozáson. A 433MHz-es rádiójel fogadásához az

FS1000A receiver modult használtam. A fogadott adatot tárolom és kiíratom amíg nem érkezik új érték, ami azt felülírná. A kijelzéshez egy 0,96 inches kijelzőt használtam, amin váltakozva jelenítem meg a mért értékeket. A pontos idő kijelzéséhez egy RTC modult alkalmaztam.

Az eszközök választásánál fontos tényezőnek tartottam, hogy minden eszköz képes legyen az általam választott I²C kommunikációs protokollra. Ennek pedig az RF vevőn kívül minden modul eleget tesz.

Felhasznált eszközök:

- Arduino UNO
- BMP280-M szenzor
- DS3231 – RTC modul
- SSD1306 – OLED kijelző
- FS1000A - RF vevő
- Hálózati adapter



22. Ábra Beltéri kijelzés teszt

7.1. Energia ellátás

A beltéri egység energia ellátásához egy egyszerű megoldást választottam mivel ehhez az eszközhöz nem támasztottam olyan elvárást, hogy mozgathatónak kell lennie. Itt a már 4.6.1 fejezetben tárgyalt módszert alkalmaztam és egy 12V-os DC tápegységet

használtam. Ennek egyik fő indoka a nagyobb energia igény, mivel egy állandóan aktív OLED kijelzőt tartalmaz.

7.2. Kapcsolási rajz és elrendezés

7.2.1. FS1000A vevő:

- VCC lábát az UNO 27-es lábával kötöm össze ezzel biztosítva az **5V** működési feszültséget.
- A GND lábát a kapcsoláson belüli közös 0 potenciálú pontra kötöm ez a Nano egységnek a 4-es lábával van összekötve
- A DATA lábát a Nano is dedikáltan adatküldésre használható 1-es lábbal kötöm össze

7.2.2. BMP280:

- A szenzor működéséhez **3,3V**-os tápfeszültség szükséges. A szenzor VCC lábát a Nano 17-es lábával kötöm össze.
- A GND pinjét a kapcsolat GND pontjához bekötöm
- Az SCK/SDA lábát a Nano 23-es SDA nevű lábához

Az SDI/SCL lábát a Nano 24-es SCL nevű lábához kötöm

7.2.3. DS3231:

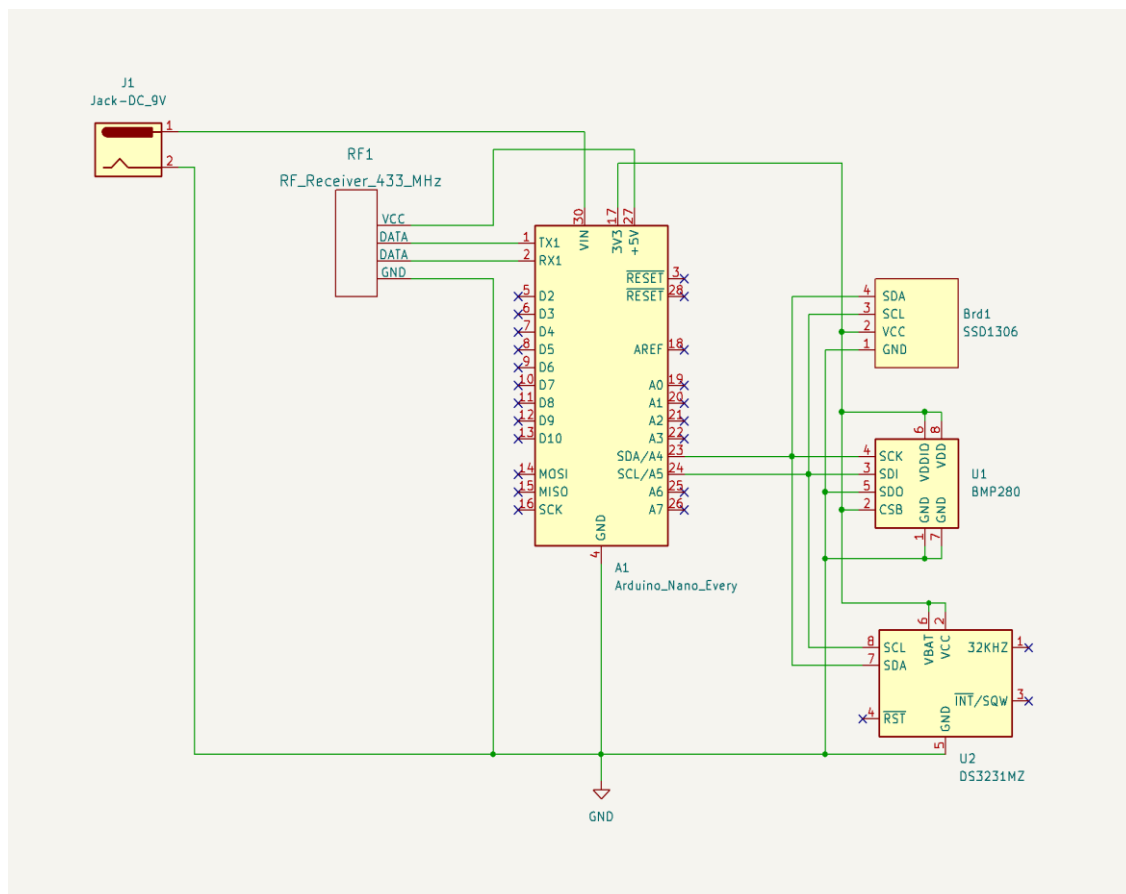
- VCC lábát rákötöm a nyák lapon kialakított 3,3V-os táp vonalra
- A GND pinjét a kapcsolat GND pontjához bekötöm
- Az SCL láb rácsatlakozik a nyákon kialakított SCL vonalra
- Az SDA láb rácsatlakozik a nyákon kialakított SDA vonalra

7.2.4. SSD1306 – OLED kijelző

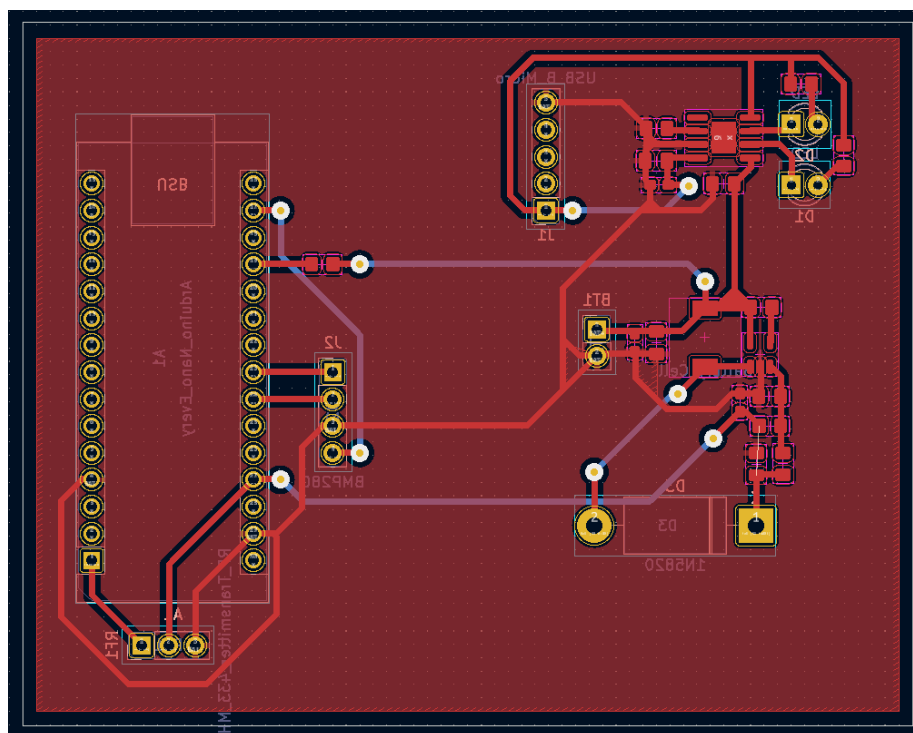
- VCC lábát rákötöm a nyák lapon kialakított 3,3V-os táp vonalra
- A GND pinjét a kapcsolat GND pontjához bekötöm

- Az SCL láb rácsatlakozik a nyákon kialakított SCL vonalra
- Az SDA láb rácsatlakozik a nyákon kialakított SDA vonalra

Sajnos szakdolgozatom beadásig a nyáklapon történő megvalósítás nem készült el, annak bemutatását az államvizsgán történő prezentáció folyamatában lesz alkalmam megtenni.



23. Ábra Beltéri egység. kapcsolási rajza



24. Ábra Beltéri e. NYÁK terv

7.3. Beltéri egység programjának felépülése

A 23-as ábrán látható program struktúra mutatja be a legegyszerűbben, vizuálisan a program felépülését.

A kültéri egységtől érkező adatokat az első körben fogadni kell. Ezt egy egyszerű összehasonlítással csinálom. Magyarán adtam egy sávtartományt, ami közötti adatok érkezését várom. Minden mérési eredmény átlag X_n és N időpillanatban érkezik. A következő $N+1$ mérés során az X_2 érték nem térhet el az előző értéktől $\pm 15\%$ maximum különbséggel. Evégett a mérési hibákból származó pontatlanságot tudom kiküszöbölni. Ha ez az eset fennállna akkor az $N+1$ időpillanatban az N időpillanat során érkezett értéket iratom ki.

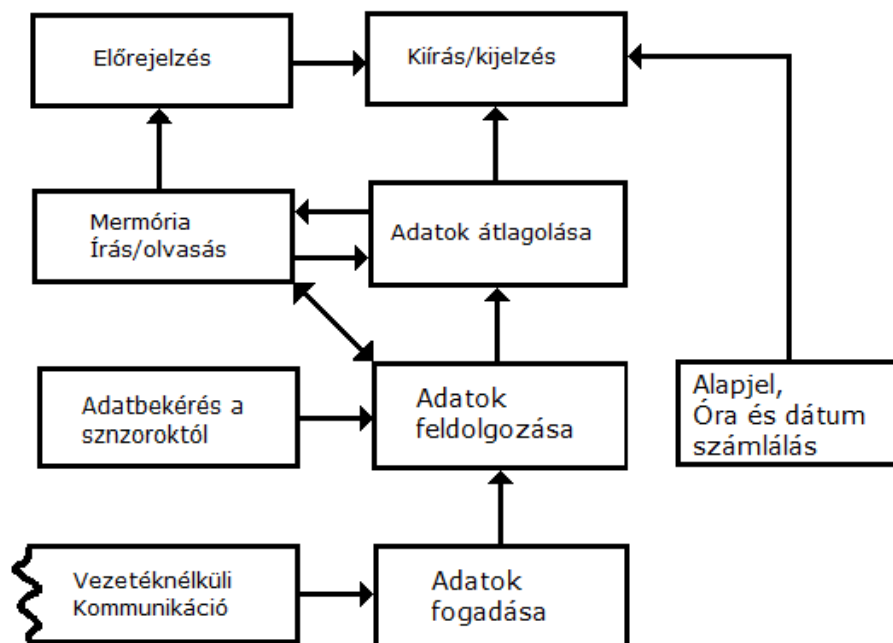
A memóriában kb. 300-500 mérési eredményt tudunk tárolni, ami nagyjából fél napnyi adat tárolására is alkalmas. Ezem memória tartalmazza a programot és a mérési eredményeket is egyaránt.

A program minden mérés során átlagolja a mérési eredményeket. Ha az összehasonlítás sikeres volt akkor írja a memóriába (Memória túlsordulása esetén a legrégebbi mérési eredményt írja felül) és az I/O portokon keresztül kiírásra kerül a kijelzőn.

Ezzel párhuzamosan a beltéri egység tartalmaz további szenzorokat is, amikből a mért értékeket szintén átlagolás és összehasonlítás után a memóriában tárolom és kiíratom a kijelzőn az összes adattal egyidőben.

Az időjárás előrejelzést az adatok átlagolása és feljegyzése után tudom elvégezni.

A megépítés után és a tesztelés során többször végeztem méréseket napos, száraz, esős, párás időszakokban. Evégett egy újabb összehasonlító programrészt készítettem. Ami a tesztelés során kapott eredményekhez hasonlítja a jelenleg mért adatokat. Sajnos ez az adatfeldolgozási metódus sem hozta meg a kívánt eredményt, nem megbízható az előrejelzés. Jelenleg ez a program ebből a szempontból hiányos. De nem befejezhetetlen. Csupán több idő kell a projekt esetében tesztelésre. A szakdolgozatom prezentálásig még megpróbálom ezt korrigálni.



25. Ábra Beltéri egység program folyamata

8. További fejlesztési lehetőségek

Számos további fejlesztési lehetőséget látok ebben a rendszerben, például az elején taglalt légminőség figyelést, amit a BME680-as szenzorral szerettem volna megvalósítani, de szakdolgozatom készítése közben nem sikerült implementálnom a rendszerbe, így a beltéri eszközben is csak egy BME280-as szenzort használtam. A légminőség érzékelés előnye lenne a helyiség szellőztetésére való figyelmeztetés, ezt számos helyen lehetne alkalmazni például edzőtermek. Egy egyszerűbb fejlesztési lehetőség lenne nyomógom illesztése a beltéri egységhez és egy menü rendszer implementálása az oldalak közötti váltáshoz és esetleg több fajta beállítás módot is létrehozni. További fejlesztésnek gondolom még a rendszer kommunikációjának bővítését melyben egy Master eszköznek több külön helyen lévő szenzor is küldené az adatot. Egyéb nagyobb méretű fejlesztési lehetőségnek az eszköz wifi kompatibilitását gondolom, amihez egy applikációt fejlesztve távolról is elérhető, látható lenne a mérési eredmény.

9. Összefoglalás

Szakdolgozatomban egy időjárás állomást terveztem meg amely kettő mikrokontrollerből, hozzájuk illesztett szenzorokból és kijelzőből épül fel. Dolgozatom elején alapos kutatást végeztem a használandó technológiákról, mérési és egyéb fizikai elvekről. Sok tapasztalatot szereztem a mérés technikában a korábban tapasztalt labor körülményekhez képest. A mért adatok megbízhatóságában, azok érzékenysége a legkisebb fizikai változásra is. Miközben az időjárás előrejelzés elvével foglalkoztam kis mértékben megismerkedtem a meteorológiával is és annak összetettségével. Ez a projekt egy jó mérnöki kihívás volt számomra mivel egy összetett problémával tudtam foglalkozni, a fizikai védelemtől kezdve a az elektronikai tervezés és méretezéseken át a programozásig.

10. Summary

During my thesies I designed a weather station using two microcontrollers, sensors and a display for an easy interface. In the begining of my project I did a lot of research and relearning of technologies which can be used for my project. This includes different measurements sensors and measuring methods for non electrical units like temperature and air pressure. I dusted of my old notes regarding this topic. I got a lot of new experience in measurement technology and just how hard it is to measure something accurately. I deepend my knowledge in different wireless communication methods and protocolls. While I tried to implement a weather forecast system I learned a lot about meteorology and just how complex that subject.

2. Irodalomjegyzék

[1] “Arduino Nano”

[Nano | Arduino Documentation](#)

Megtekintés: 2023.11.15

[2]” Arduino Sensor Kit”

[Sensor Kit \(arduino.cc\)](#)

Megtekintés: 2023.11.10

[3]” Arduino: Using a DS3231 RTC with TimeAlarms”

[Using a DS3231 RTC with TimeAlarms](#)

Megtekintés: 2023.12.01

[4] “Using a DS3231 RTC with TimeAlarms”

[Using a DS3231 RTC with TimeAlarms - Using Arduino / Programming Questions - Arduino Forum](#)

Megtekintés: 2023.10.11

[5] “Frank Häfele: DS3231-RTC”

[DS3231-RTC - Arduino Reference](#)

Megtekintés: 2023.11.10

[6][GitHub - hasenradball/DS3231-RTC: C++ Library for the DS3231 RTC module](#)

[7] Bosch: BME280 Combined humidity and pressure (2018) [BME280 Datasheet \(mouser.com\)](#)

Megtekintés: 2023.11.10

[8] Sensors & Modules: “DS3231 RTC Module”

[DS3231 RTC Module - Pinout, Real Time Clock Module | Datasheet \(techzeero.com\)](#)

Megtekintés: 2023.12.01

[9] “Manjunath CV: RTC”

RTC - Arduino Reference

Megtekintés: 2023.11.13

[10]“I²C kommunikáció”

[I2C kommunikáció - Minden, ami elektronika \(blog.hu\)](#)

Megtekintés: 2023.11.11

[11] “I²C kommunikáció működése”

[I2C kommunikáció működése - STARduino](#)

Megtekintés: 2023.11.07.

[12] “I²C protokoll”

[I²C – Wikipédia \(wikipedia.org\)](#)

Megtekintés: 2023.11.07

[13] “I2C soros protokoll”

[Az I2C egy soros, 8 bit-es, kétirányú kommunikációs protokoll, amelynek sebessége normál üzemmódban 100kbit/s, gyors üzemmódban 400kbit/s. - PDF Ingyenes letöltés \(docplayer.hu\)](#)

[14] LMR62014 Katalógus

<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lmr62014.pdf>

[15] TP4056 IC Katalógus

<https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf>

3. ÁBRAJEGYZÉK

1. Ábra Beltéri egység	2
2. Ábra Kültéri egység	3
3. Ábra Kapacitív páratartalom érzékelő elvi felépítése	7
4. Ábra Légnyomásérzékelő elve.....	8
5. Ábra I2C kommunikációs protokoll felépítése	9
6. Ábra Frekvencia modulált jel	12
7. Ábra Amplitúdó modulált jel.....	14
8. Ábra 16x2 LCD	15
9. Ábra OLED kijelző.....	16
10. Ábra RTC modul	17
11. Ábra BME280-M.....	18
12. Ábra Arduino NANO.....	20
13. Ábra RTC DS3231.....	23
14. Ábra Kapcsoló üzemi táp.....	24
15. Ábra Li-ion cella.....	24
16. Ábra Tápegység áramkör.....	30
17. Ábra Kültéri egység kapcsolási rajz	33
18. Ábra Kültéri e. NYÁK terv.....	34
19. Ábra kültéri egység áramkör teszt	35
20. Ábra Kültéri mérés folyamata.....	36

21. Ábra Kültéri doboz	37
22. Ábra Beltéri kijelzés teszt.....	38
23. Ábra Beltéri egység. kapcsolási rajza	40
24. Ábra Beltéri e. NYÁK terv	41
25. Ábra Beltéri egység program folyamata	42