

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN
INGENIARITZAKO GRADUA

GRADU AMAIERAKO LANA

***HODEIRA KONEKTATUTAKO EGURALDI
BEHATOKI BATEN PROTOTIPOAREN
EZAUGARRIEN HOBETZEA ETA BERE
ATALENTZAKO PCB-AREN DISEINUA***

I DOKUMENTUA - MEMORIA

Ikaslea: Abadia Vicente, Ander

Zuzendaria: Casquero Oyarzabal, Oscar

Zuzendarikidea: Eguiraun Martinez, Harkaitz

Ikasturtea: 2017-2018

Data: 2018/07/24

LABURPENA

Gaur egun, IoT (Gauzen Internet-a) kontzeptuak geroz eta indar handiagoa hartzen hari den teknologia bat da, non, objektuak Internet-era konektatzea ahalbidetzen duen. Gai hau hain zabala izan arren, Gradu Amaierako Lan (GrAL) honetan garatuko den proiektua, datu meteorologikoen prozesaketan jarduten duen behatoki batean oinarrituko da.

Zehatzagoak izanda, proiektu honen helburua, aurretik garatutako hodeira konektatutako eguraldi behatoki baten prototipoaren PCB-en diseinuak egitea izango da. Non, helburu hauen betetzearen helmuga, prototipoari ikerkuntza proiektu batean erabili ahal izateko egitura egokia bat ematea izango den, beti hasieratik ezarritako hardware askearen kontzeptua errespetatuz.

Gainera, elikaduraren aldetik, guztiz autonomoa den behatoki bat izatean, bateriaren kargaren eta sistema osoaren kontsumoaren monitorizazioa ahalbidetuko duen modulu bat inplementatuko da. Honela, bateriaren maila ezagutzeaz gain, deskarga edo karga prozesuan dagoen jakinaraziz.

Gako-hitzak:

IoT, Gauzen Internet-a, PCB, Bateria neurgailua, Hardware askea, Eguraldi behatokia.

RESUMEN

Actualmente, el concepto IoT (Internet de las cosas), es una de las tecnologías que más fuerza está adquiriendo, ya que posibilita la conexión a Internet de cualquier objeto cotidiano. Pese a estar ante un tema tan amplio, el proyecto que se desarrollará en este Trabajo de Fin de Grado (TFG), se basará en un observatorio que únicamente se dedica al procesamiento de datos meteorológicos.

Siendo más concretos, el objetivo de este proyecto tratará del diseño de las PCB del prototipo de un observatorio meteorológico conectado a la nube ya desarrollado. Donde, la meta de este objetivo, será proporcionar al prototipo una estructura adecuada para habilitar su uso en un proyecto de investigación.

Además, desde el punto de vista de la alimentación, al encontrarnos con un observatorio totalmente autónomo, se implementará un módulo que facilite la monitorización de la carga de la batería, al igual que el consumo del sistema completo. De este modo, además de conocer el nivel de batería, podrá conocerse si este está en proceso de carga o descarga.

Palabras clave:

IoT, Internet de las cosas, PCB, Medidor de batería, Hardware libre, Observatorio meteorológico.

ABSTRACT

Currently, the IoT (Internet of Things) concept is one of the technologies that is gaining most strength, since it makes possible the connection to the Internet of any everyday object. Despite being such a broad subject, the project that will be developed in this Final Degree Project (FDP), will be based on an observatory that is solely dedicated to the processing of meteorological data.

Being more specific, the objective of this project will be the design of the PCBs of an already developed prototype of a meteorological observatory connected to the cloud. Where the goal of this objective will be to provide the prototype with an adequate structure to enable its use in a research project.

In addition, from the point of view of the supply, being a fully autonomous observatory, a module will be implemented to facilitate the monitoring of the battery charge, as well as the consumption of the complete system. This way, in addition to knowing the battery level, the process of loading or unloading can be known.

Keywords:

IoT, Internet of things, PCB, Battery meter, Open Hardware, Meteorological Observatory.

AURKIBIDEA

1. SARRERA	1
2. TESTUINGURUA	2
3. HELBURUAK	4
4. BALDINTZEN DESKRIBAPENA	5
5. GAIAREN EGOERAREN AZTERKETA.....	6
6. AUKEREN ANALISIA	9
6.1. FABRIKAZIO METODOA.....	9
6.2. OSAGAIK	11
6.2.1. FTDI ZIRKUITU INTEGRATUA.....	12
6.2.2. BATERIA MAILARENTZAKO SENTSOREA.....	13
6.2.3. OSAGAI PASIBOAK	15
6.3. BARNE BEHATOKIAREN EGITURA	17
7. GOI MAILAKO DISEINUA	22
7.1. KANPO ETA BARNE BEHATOKIAK.....	22
7.1.1. KANPO BEHATOKIA.....	22
7.1.2. BARNE BEHATOKIA	24
7.2. BATERIA MAILA ETA KONTSUMOAREN NEURKETA.....	25
8. BEHE MAILAKO DISEINUA.....	26
8.1. KANPO BEHATOKIA.....	26
8.2. BARNE BEHATOKIA	37
8.3. BATERIA MAILA ETA KONTSUMOAREN NEURKETA.....	42
9. PROIEKTU PLANA ETA PLANIFIKAZIOA	54
10. AURREKONTUA	60
11. EMAITZEN DESKRIBAPENA.....	63
12. ONDORIOAK.....	68
13. ETORKIZUNERAKO LANA.....	69
14. EZKERTZEAK	70
15. BIBLIOGRAFIA.....	71

IRUDIEN AURKIBIDEA

Irudia 1 Kanpo behatokiaren protoboard modeloa	3
Irudia 2 Barne behatokiaren protoboard modeloa	3
Irudia 3 ClimaStick V2	7
Irudia 4 Nanoenvi Met	7
Irudia 5 Nanoenvi Met sentsoreentzako konektoreak.....	8
Irudia 6 Errebelaketa eta eraso metodoa erabiliz fabrikatutako PCB-a.....	10
Irudia 7 Produkzio kate batean fabrikatutako PCB-ak.....	10
Irudia 8 FT232R 28-LD SSOP Zirkuitu integratua	12
Irudia 9 FT232R QFN-32 Zirkuitu integratua.....	13
Irudia 10 BQ274421-G1 Zirkuitu integratua	14
Irudia 11 DS2745+ Zirkuitu integratua	15
Irudia 12 TH Teknologiako erresistentzia	16
Irudia 13 SM Teknologiako erresistentzia	16
Irudia 14 Arduino Yun-a goiko aurpegian kokatuz lortutako emaitza.....	18
Irudia 15 HCF4050B Zirkuitu integratuko konexioen gurutza pena	19
Irudia 16 Arduinorako "Shield" baten adibidea.....	19
Irudia 17 Barne behatokiaren osagaien kokapena "Shield" egitura aplikatuz	20
Irudia 18 Arduino Pro Mini-aren eredu eskematikoa	26
Irudia 19 Bateria konektorearen PCB eredu.....	27
Irudia 20 SparkFun Lipo USB Charger modulua	28
Irudia 21 Kanpo behatokiaren elikadura kudeatzailearen zirkuitu eskematikoa.....	29
Irudia 22 SparkFun FTDI Basic Breakout programagailuaren zirkuitu eskematikoa	29
Irudia 23 Kanpo behatokiaren kanpo programagailuaren zirkuitu eskematikoa	30
Irudia 24 9 Pin emeen tira	31
Irudia 25 Kanpo behatokiaren zirkuitu eskematikoa.....	34
Irudia 26 Kanpo behatokiaren osagaien kokapena PCB-an.....	35
Irudia 27 Kanpo behatokiaren PCB-a bateria neurgailua implementatu barik	36
Irudia 28 DOGM128 pantailaren muntaiaren zirkuitu eskematikoa	39
Irudia 29 Barne behatokiaren zirkuitu eskematikoa	40

Irudia 30 Barne behatokiaren osagaien kokapena PCB-an.....	41
Irudia 31 Barne behatokiaren PCB-aren diseinua	42
Irudia 32 DS2745 sentsorearen datasheet-ak gomendatutako aplikazioa	43
Irudia 33 DS2745 sentsorearen tentsio neurketarako erregistroa	45
Irudia 34 DS2745 sentsorearen neurketen datuen lorpenerako Software-aren fluxu diagrama	46
Irudia 35 DS2745 sentsorearen korrontearen neurketarako erregistroa	47
Irudia 36 Bateria maila eta kontsumoaren neurketarako protoboard muntaia	49
Irudia 37 Bateria maila eta kontsumoaren neurketarako sistemaren PCB muntaia.....	50
Irudia 38 Analizagailu logikoarekin lortutako emaitza	50
Irudia 39 Kanpo behatokiaren eskematikoa baterian neurgailuaren inplementazioarekin	52
Irudia 40 Kanpo behatokiaren PCB diseinua bateria neurgailua inplementatua	53
Irudia 41 Gantt diagrama	59
Irudia 42 Kanpo behatokiaren PCB-a.....	63
Irudia 43 Barne behatokiaren PCB-a	64
Irudia 44 Kanpo behatokia.....	65
Irudia 45 Barne behatokia	65
Irudia 46 Barne behatokiaren goiko bista	66
Irudia 47 Datuak ThingSpeak-era igota	67

TAULEN AURKIBIDEA

Taula 1 Fabrikazioaren alternatibak	11
Taula 2 FT232R-ren alternatibak	13
Taula 3 Bateria neurgailuen alternatibak	15
Taula 4 Osagai pasiboen alternatibak.....	16
Taula 5 Kanpo behatokiaren egituraen alternatibak	20
Taula 6 XBee modulua eta Arduinoaren arteko konexioak	33
Taula 7 BMP180 sentsoaren eta Arduinoaren arteko konexioak	33
Taula 8 GPS, Arduino eta 2032 pilaren arteko konexioak	33
Taula 9 DHT22 sentsoaren eta Arduinoaren arteko konexioak	34
Taula 10 FT232RL eta Arduinoaren arteko konexioak.....	34
Taula 11 MCP73831, Arduino eta bateriaren arteko konekzioak	34
Taula 12 Tentsio bihurtzaile, Arduino eta XBee modulua arteko konexioak	38
Taula 13 HCF4050B, Arduino Yun eta pantailaren arteko konexioak	38
Taula 14 Norainokoen definitzea.....	54
Taula 15 Oinarri proiektuaren azterketa	55
Taula 16 Prozesuaren planifikazioa.....	55
Taula 17 Kanpo behatokiaren garapena	55
Taula 18 Barne behatokiaren garapena	56
Taula 19 Bateria maila eta kontsumoaren neurketen garapena.....	56
Taula 20 Fabrikazioa	57
Taula 21 Emaitzaren probak	57
Taula 22 Arazoen konponketak	58
Taula 23 Dokumentazioaren idaztea	58
Taula 24 Aurrekontua	60

1. SARRERA

IoT kontzeptuan parte hartzeko asmoarekin, eguraldi behatoki baten prototipoa garatu zen, non temperatura, hezetasun, presio sentsoare eta GPS baten bidez, datu meteorologikoak lortzen ziren behatokiaren kokalekuarekin batera.

Etengabe garatzen hari den teknologia honi esker, mugikorrari begirada bat emanez, kokaleku zehatz bateko datu meteorologikoak ezagutzea lortu da, behatoki hau urrunetik kudeatu daitekeen plataforma bat baita, eguzki plaka eta beteria baten bidez, erabateko autonomia lortuz.

Sistema honen benetako erabilpen bat lortu ahal izateko, hasiera batetik jarraitutako open hardware kontzeptua errespetatuz, eguraldi behatokia osatzen duten osagaienezako PCB-en diseinua egitea proposatzen da, non, hardware aldetik emaitza egoki bat lortzeaz gain, ezaugarrien hobekuntzak egingo diren, funtzionalitate berriak lortuz.

2. TESTUINGURUA

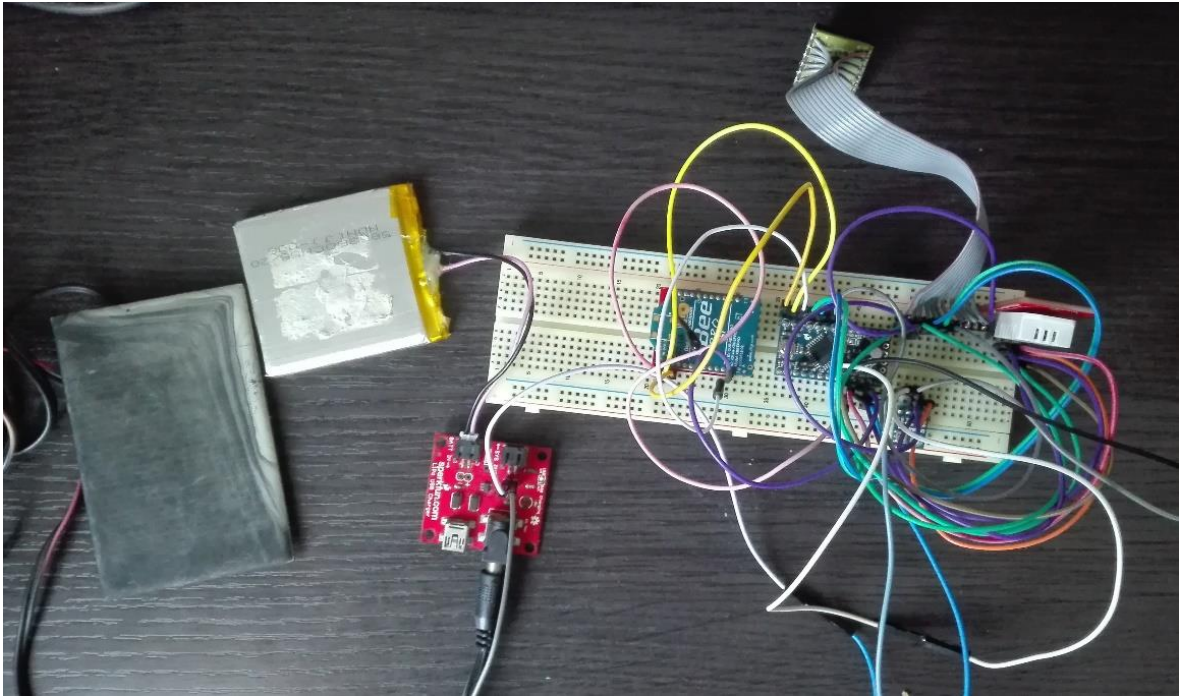
Teknologia berriak esploratzeko nahiaren ondorioz, hodeira konektatutako eguraldi behatoki baten prototipo bat garatzen hasi zen. Prototipo honen helburu nagusia, sentsore meteorologikoek eskuratutako datuen prozesaketa, gordeketa eta bistaratzea egitea zen IoT kontzeptuaren pean.

Helburu hauek lortu ahal izateko, bi behatokiz osatutako plataforma bat diseinatzea erabaki zen. Non, urruneko estazioak (kanpo behatokia), datuak eskuratu eta bidali, eta base estazioak (barne behatokia), bidalitako datuak jasotzeko, bistaratzeko eta hodeira igotzeko ardura izango duen.

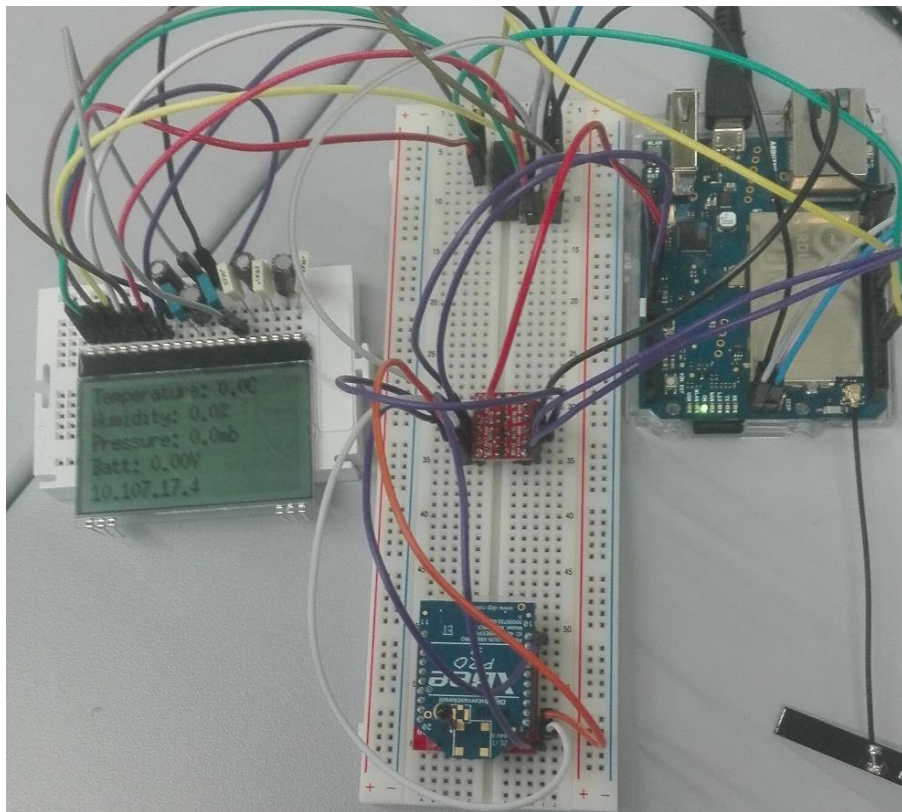
Gaur egun, aurreko proiektu horretan garatzen hasi zen sistema burutzea lortu da. Hala ere, aipatutako garapen hori, “protoboard” batean egindako muntaia fasean geratu da.

IoT sentsore plataforma hau ikerketan erabiliko den gailu baten zati bat izango denez, aplikazio erreal honetan erabilia izateko egitura sendo bat eman beharko zaio.

Arazo honi irtenbide bat emateko, GrAL honetan, ezaugarrien aldetik hobekuntzak egiteaz gain, bi behatokiak osatzen duten atalenzako PCB-ak diseinatzea proposatzen da.



Irudia 1 Kanpo behatokiaren protoboard modeloa



Irudia 2 Barne behatokiaren protoboard modeloa

3. HELBURUAK

Bigarren atalean aipatu denez, Gradu Amaierako Lan hau beste ikasle eta irakasle batzuegatik hasitako proiektu baten jarraipena izango da. Eguraldiari buruzko IoT sentore plataforma baten jarraipena hain zuzen ere. Dokumentuaren izenburuak deskribatzen duen moduan, GrLA honen helburu nagusia, behatokiaren prototipoaren ezaugarriak hobetzea eta bere atalantzako PCB-en diseinua egitea izango da. Eta honekin, etorkizunean izango duen aplikaziorako egitura solido bat lortzea.

Helburu nagusi hau lortu ahal izateko, bigarren mailako hurrengo helburuak definituko dira:

- Barne eta kanpo behatokiaren PCB-en diseinu eta fabrikazioa.
- Bateria neurgailu baten inplementazioa.
- Bateria mailaren irakurketarako software-aren garapena.
- Sistemaren kontsumoaren irakurketarako software-aren garapena.
- GPS-ko datuen lorpenaren denbora murriztea.

4. BALDINTZEN DESKRIBAPENA

Gradu amaierako lan honetan garatuko den proiektua, ikerketan erabiliko den gailu baten zati bat izango denez, baldintzarik garrantzitsuena emaitza on bat lortzea izango da.

Honetaz gain, IoT sensore plataforma honek, beste hainbat baldintza bete beharko ditu.

- **Kutxa babesgarriaren neurriekin bat etortzea:** Urruneko estazioa (kanpo behatokia) kanpoaldean kokatuta egongo denez, kutxa babesgarri baten beharra izango du, hortaz, honi lotuta joan ahal izateko, PCB-aren neurriak kontuan izan beharko dira.
- **Elikadura kudeatzailearen zirkuituaren integrazioa:** Elikaduraren ikuspuntutik sistema erabat autonomoa izan behar denez, eguzki plakaren eta bateriaren arteko kudeaketaz arduratuko den zirkuitu bat integratu beharko da.
- **Kanpo programagailuaren integrazioa:** Kanpo behatokiaren μ K-a Arduino Pro Mini bat denez, kanpo programagailu baten beharra egongo da. Hortaz, funtzio hau beteko duen zirkuitua integratu beharko da.
- **Sentsoreen kokapena:** Sentsoreak PCB-tik kanpo kokatu beharko dira, konektore batzuen bidez konexioak ahalbidetuz.

5. GAIAREN EGOERAREN AZTERKETA

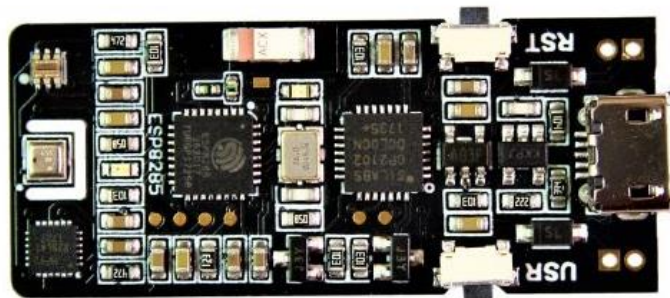
IoT-a, kontzeptu hain zabal bat denez, milaka proiektu eta produktu ezberdinez osatuta egon daitekeen mundu bat da. GrAL honetan garatuko den prototipoa, datu meteorologikoen eskuratzean espezializatuta egon arren, proiektu honekin zerikusia duten gama ezberdineko hainbat produktu aurki daitezke merkatuan zehar. Amateur batek garatutako proiektu simple batetik, industrian diseinatu eta fabrikatutako produktu bateraino hain zuzen ere.

Gaiaren egoera definitzen duten hainbeste emaitza daudenez, bi muturretan kokatutako soluzioak aztertuko dira, biak merkatuan salgai dauden produktuak izanik.

- **CLIMASTICK V2:** Modulu hau, hainbat sentsore meteorologiko inplementatuta dituen eta Wi-Fi konektagarritasuna integratuta duen Internet of Things (IoT) kontzeptua garatzeko kit oso bat da. Datu meteorologikoen lorpenerako, hurrengo sentsoreak erabiltzen ditu, non liburutegi bakarrean integratu diren, programazioaren ikuspuntutik erraztasun handia lortuz.
 - BMP280: Temperatura, hezetasun eta presio barometrikoa neurtzen duen sentsorea.
 - TSL2561: Argitasuna neurtzen duen sentsorea.
 - MPU9250: Azelerometro, giroskopio eta magnetometro bat duen zirkuitu integratua.

Gainera, plaka honek, CP2102 portu seriea integratuta dauka USB interfazera, non, Arduino IDE software-aren laguntzaz, programazioa ahalbidetzen duen.

Elikadurari dagokionez, bateria kudeatzaile bat integratuta dauka, non eguzki-plaka baten laguntzaz, energiaren ikuspuntutik sistema autonomo bat izatea lortzen duen.



Irudia 3 Climastick V2

Irudi hau <https://thinger.io/product/climastick-v2/> helbidetik eskuratu da

- **NANOENVI MET:** Produktu hau ENVIRA IOT erakundeak garatutako estazio meteorologikoentzako datuen eskuratzeko sistema profesional bat da, non IP65 inguratzailerak mardul batean muntatzen den, urte asko irauteko helburuarekin. Atal elektronikoari dagokionez, ATMEL SAM4 prozesagailu batez ekipatuta dago, non, eskuratzeko datuen prozesaketa, gehikuntza eta balioztatze eragiketak denbora errealean exekutatzeko ahalbidetze duen. Komunikazioei dagokienez, IoT sareetan integrazteko pentsatuta dagoenez, zerbitzarietara konektatzeko hainbat metodoz ekipatuta dago, hauen artean, 3G, LoRa, ZigBee, WiFi, ólowpan, etb.



Irudia 4 Nanoenvi Met

Produktu honen diseinu modularrak edozein motatako sentsore meteorologikoren konexioa onartzen du, bai analogiko bai digitalak. Barne firmware-ak driver-en hainbat liburutegi ezberdinez prestatuta dago, sentsoreen integrazio azkar bat ahalbidetuz maila logikoan.



Irudia 5 Nanoenvi Met sentsoreentzako konektoreak

Irudi hauek <https://enviraiot.es/nanoenvi-met/> helbidetik eskuratu dira

Aztertutako bi produktu hauek, GrAL honetan garatuko den proiektuaren bertsio industrialak direla esan daiteke.

ClimaStick V2 moduluari dagokionez, lan honen proiektuarekin konparatuz, sentsorizazio, elikadura eta konektagarritasun aldetik, baliabide oso antzekoak erabiltzen dituen produktu bat da. Kasu honetan, funtzionalitate guztiak zirkuitu inprimatu berdinean implementatuz.

NanoEnvi Met-en kasuan, aldiz, proiektu honen etorkizuneko bertsio bat irudikatzen duela esan daiteke. Azken batean, sentsoreen ikuspuntutik, momentu konkretuetan behar direnak soilik inplementatu daitezke eta edozein momentutan aldaketak egitea ahalbidetzen du. Kontzeptu hau, GrAL honetarako bilatzen saiatu den emaitza bat izan da. Tamalez, etorkizunerako lanetan garatu beharko da.

6. AUKEREN ANALISIA

Gai honi buruzko produktu ezberdinak aztertu ondoren, eta 4. atalean definitutako baldintzak kontuan hartuz, produktu hau sortzeko aukeren azterketa sakon bat egingo da. Azterketa prozesu hau burutu ahal izateko, nahitaezkoa da PCB-en fabrikazio metodoa zein izango den erabakitzea, honek, produktuaren beste faktoreen aukeraketan eragina izango baitu. Hortaz, hau izango da aukeraketa prozesu honetan erabakiko den lehenengo ezaugarria.

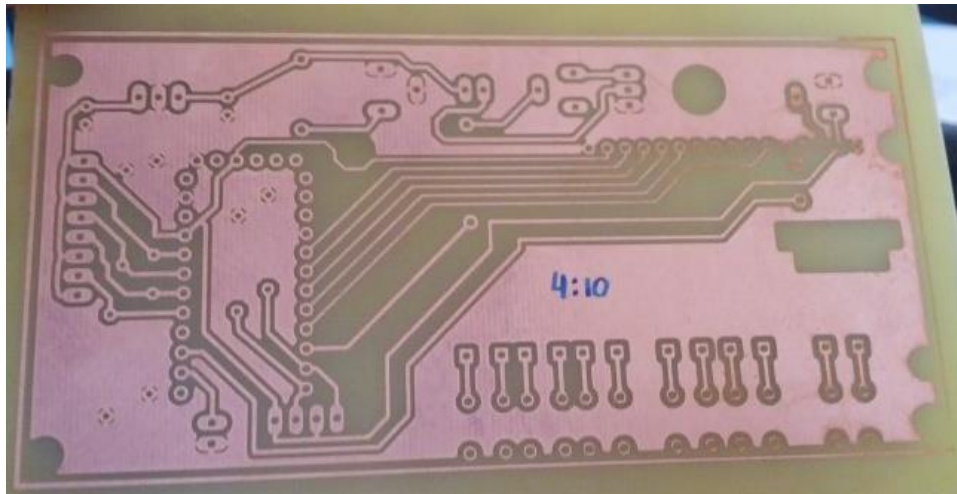
Gainera, beste alternatiba ezberdin batzuk aztertu beharko dira:

- Osagaiak.
- Barne behatokiaren egitura .

6.1. FABRIKAZIO METODOA

PCB-ak fabrikatzeko bi aukera ezberdin proposatuko dira: unibertsitatean ekoiztu edo kanpoko erakunde berezitu bati eskaera egin.

- **Unibertsitatean ekoiztu:** Metodo kimiko bat erabiltzen da, non, kobrezko xafla, errebelaketa prozesu bat jasaten duen (Sodio hidroxido disoluzio batean murgilduz), eta ondoren, azido klorhidrikoari ezker, kobre soberakina kentzen den. PCB-aren diseinu prozesuan, eroalezko bideen neurriak zaindu behar dira, hauek oso finak badira, azidoak ezabatzeko arriskua baitago. Arrazoi honegatik, oso zaila da akabera on bat lortzea eta osagai txikiak txertatzeko ez dira batere aproposak. Hala ere, ikaslearen ikuspuntutik, fabrikazio prozesu hau ezagutzeak balio erantzia ekartzen dio.



Irdia 6 Errebelaketa eta eraso metodoa erabiliz fabrikatutako PCB-a

- **Erakunde berezituak ekoiztu:** Kasu honetan, zirkuitu inprimatuak makinaria espezifiko batzuekin fabrikatzen dira, produkzio kate batean. Sistema honi esker, akabera ezin hobeak lortzen dira eta SMD-ko osagaien erabilera errazten dute. Gainera, produkzioa kate batean ekoizten direnez, prezio merkeetan eros daitezke.



Irdia 7 Produkzio kate batean fabrikatutako PCB-ak

Taula 1 Fabrikazioaren alternatibak

Fabrikazioa	Balio erantzia	Akabera	Prezioa	Guztira
Haztapena(%)	80	10	10	100
Unib. ekoiztu	8	6	6	7,6
Erak. Ber. ekoiztu	1	10	8	2,6

Garrantzia ikasketari ematen zaionez, alderdi honetako balio erantziari %80-eko pisua emango zaio. Prezioa plaka bakoitzeko nahiko antzekoa da, eta akaberari dagokionez, ez da industrian fabrikatutako PCB batek eskainitako emaitza hain onen beharrik. Hortaz, zirkuitu inprimatua unibertsitatean fabrikatuko da errebelaketa eta eraso metodoa erabiliz.

6.2. OSAGIAIK

Bir gogoratu behar da, GrAL honetan garatzen hari den proiektua, aurretik diseinatutako eta muntatutako protoboard modelo baten jarraipen bat dela. Ondorioz, hardware-a osatzen duten osagai gehienek zeintzuk izango diren erabakita daude. Hala ere, protoboard-eko modelo horretan erabilitako hainbat modulu PCB-an bertan muntatuko dira, hau da, modulua osatzen duten osagai eta konexio guztiak PCB-an diseinatu eta txertatuko dira. Modulu hauek, elikadura kudeatzailea eta Arduinorako kanpo-programatzailea izango dira.

Lehenengoari dagokionez, "SparkFun USB LiPoly Charger"-a erabiltzen hari da, non, eguzki plakak sortutako energia sistema elektronikoa elikatzeko erabiltzen duen, eta soberakina, bateria kargatzeko erabiltzen duen. Alderantziz, eguzki plakak sortutako energia nahikoa ez denean, gainontzekoa bateriak hornitzen du. Beraz, GrAL honetan garatuko den kanpo behatokiko PCB-a diseinatzeko, modulu honen egitura hartuko da erreferentzia moduan. Diseinu hau egin ahal izateko, erabili beharreko osagai pasiboen azterketa bat egingo da.

Gainera, kanpo behatokian erabilitako mikrokontrolagailua Arduino pro mini-a denez, kanpo-programatzaile baten beharra egongo da. Beraz, hau izango da PCB

honetan txertatuko den bigarren modulua. Honen diseinurako, osagai pasiboen eta FTDI zirkuitu integratuaren aukera ezberdinen azterketa egingo da.

Azkenik, 3. Atalean azaltzen denez, GrAL honen helburuetariko bat bateriaren tentsioaren neurketarako sistema bat inplementatzea da, beraz, neurgailu hauen aukera ezberdinen azterketa bat egingo da.

6.2.1. FTDI ZIRKUITU INTEGRATUA

Bi aukera ezberdin proposatuko dira FTDI-aren hautaketarako. Integratua bi kasuetan berdina izango da. Ezberdintasun bakarra kapsulatua izango da. Hortaz, hauek izango dira proposatutako aukerak:

- **28-LD SSOP:** Kapsulatu honek 7,80 x 10,20 x 2,00 mm-ko dimentsioak ditu eta 28 pin-ek osatuta dago. Prezioa unitateko 3,63€-takoa da.



Irudia 8 FT232R 28-LD SSOP Zirkuitu integratua

Irudi hau <https://zaplati.me/> helbidetik eskuratu da

- **QFN-32:** Kapsulatu honek 5,00 x 5,00 x 0,90 mm-ko dimentsioak ditu eta 32 pin-ek osatuta dago. Prezioa unitateko 4,23€-takoa da.



Irudia 9 FT232R QFN-32 Zirkuitu integratua

Irudi hau <http://www.futureelectronics.com/en/technologies/semiconductors/signal-interface/usb/Pages/7380777-FT232RQ-REEL.aspx> helbidetik eskuratu da

PCB-ak unibertsitatean fabrikatuko direnez, garrantzi handia eman behar zaio osagaia soldatzeko erraztasun mailari. Beraz, zirkuitu integratua geroz eta handiagoa izanik, orduan eta erraztasun handiagoa ekarriko du.

Taula 2 FT232R-ren alternatibak

FR232RL Kapsulatua	Erraztasuna	Tamaina	Prezioa	Guztira
Haztapena(%)	50	30	20	100
28-LD SSOP	5	6	8	5,9
QFN-32	3	4	7	4,1

PCB-ak fabrikatzeko, 6.1 atalean azaldutako metodoa erabiltzeak, osagai txiki hauek soldatzerako orduan zailtasunak agertzea eragiten du. Honegatik, garrantzi handiagoa eman zaio atal honi erraztasun handiagoa eskaintzen duen kapsulatuari. Hortaz, osagai aukeratua FT232RL 28-LD SSOP-a izango da.

6.2.2. BATERIA MAILARENTZAKO SENTSOREA

Bateria maila eta sistemaren kontsumoa neurtu ahal izateko, sensore espezifiko bat erabili beharko da.

Idea hau, SparkFun-eko Battery Babysitter modulutik atera zenez, sentsorearen aukeraketarako lehenengo aukera modulu honetan erabiltzen den neurgailua izango da, BQ27441-G1 zirkuitu integratua hain zuzen ere.

Honetaz gain, merkatuak eskainitako produktuetan bilatuz, “RS Components”-eko DS2745U+ sentsorea aurkitu da bigarren proposamen gisa.

- **BQ27441-G1:** Integratu honek, 2,60 x 4,15 x 1 mm-ko dimentsioak aurkezten ditu eta 12 pin-ek osatuta dago. Pin hauek gailuaren beheko aldean eskuragarri daude, hau da, ez ditu inolako hankarik. Ondorioz, PCB-ra soldatu ahal izateko, tresneria berezia beharko da. Software aldetik, programazioa errazten duen liburutegi bat dauka, non sentsore honen funtzio guztiak definitzen dituen. Prezio 2,03€-takoa da.



Irudia 10 BQ274421-G1 Zirkuitu integratua

Irudi hau <http://www.ti.com/product/BQ27441-G1> helbidetik eskuratu da

- **DS2745U+:** 5,00 x 4,00 x 1,50 mm dimentsioak aurkezten ditu eta 8 pin-ek osatuta dago. Konexioak burutu ahal izateko hanka bat dauka pin bakoitzeko, beraz, eskuz soldatzeko arazorik ez da agertuko. Software-ari dagokionez, ez dago inolako liburutegirik eskuragarri, hortaz, programazioa zailteak eragiten du. Prezioa unitateko 4,35€-takoa da.



Irudia 11 DS2745+ Zirkuitu integratua

Irudi hau <https://uk.rs-online.com/web/p/battery-fuel-gauge-ics/7327567/> helbidetik eskuratu da

Taula 3 Bateria neurgailuen alternatibak

Bateria neurgailua	HW Erraztasuna	Tamaina	SW Erraztasuna	Prezioa	Guztira
Haztapena(%)	50	20	20	10	100
BQ27441-G1	2	3	8	8	4
DS2745U+	6	5	2	6	5

3. taulan ikusi daitekeen moduan, bi aukerak nahiko eskasak geratzen dira, tamainaren ikuspuntutik, osagai oso txikiak baitira. Sentsore hautatua DS2745-a izango da, gutxienez, hankeztu hornituta baitago. Maniobragarritasuna errazteko, zokalo batean txertatuko da.

6.2.3. OSAGAI PASIBOAK

Elikadura kudeatzailearen eta kanpo programatzailearen zirkuituak osatu ahal izateko, hainbat erresistentzia eta kondentsadoreen beharra agertuko da. Osagai hauen kapsulatuari dagokionez, bi aukera posible aurki daitezke merkatuan.

- **THD:** Osagai hauek, inprimatutako zirkuituetan eginiko zuloak erabiltzen dituzte aurpegi batetik bestera igarotzeko. Aurpegi bakarreko PCB-etan, zirkuitu gabeko aurpegi kokatzen dira, zati eroalea zuloetatik pasaraziz. Tamaina aldetik nahiko handiak dira eta erraztasun handia eskaintzen dute soldaketa prozesuan.



Irudia 12 TH Teknologiako erresistentzia

- **SMD:** Osagai hauek, inprimatutako zirkuituaren gainazalean kokatzen dira, hau da, zirkuituaren aurpegian kokatutako kobrezko gainazaletan soldatzen dira. Gailu hauek, oso tamaina txikikoak izan ohi dira, eta honek, soldaketa prozesua asko zaildu dezake.



Irudia 13 SM Teknologiako erresistentzia

Taula 4 Osagai pasiboen alternatibak

Osagai pasiboak	Erraztasuna	Tamaina	Prezioa	Guztira
Haztapena(%)	50	30	20	100
THD	9	9	6	8,4
SMD	4	2	9	4,4

Osagaiak maneiatzeko erraztasunagatik, THD-koak erabiltzea erabaki da.

6.3. BARNE BEHATOKIAREN EGITURA

Barne behatokiaren osagaiak erreparatu behar diren badiugu, Arduino Yun baten beharra egongo dela ikus daiteke. Eta honek, arazo bat suposatuko du PCB-en diseinua egiterakoan, osagaiaren tamaina handiagatik. Beraz, kasu honetan bi aukera desberdin proposatuko dira: Arduinoa goiko aurpegian kokatzea (beste osagai guztiekin batera) edo Arduinorako “Shield” bat diseinatzea.

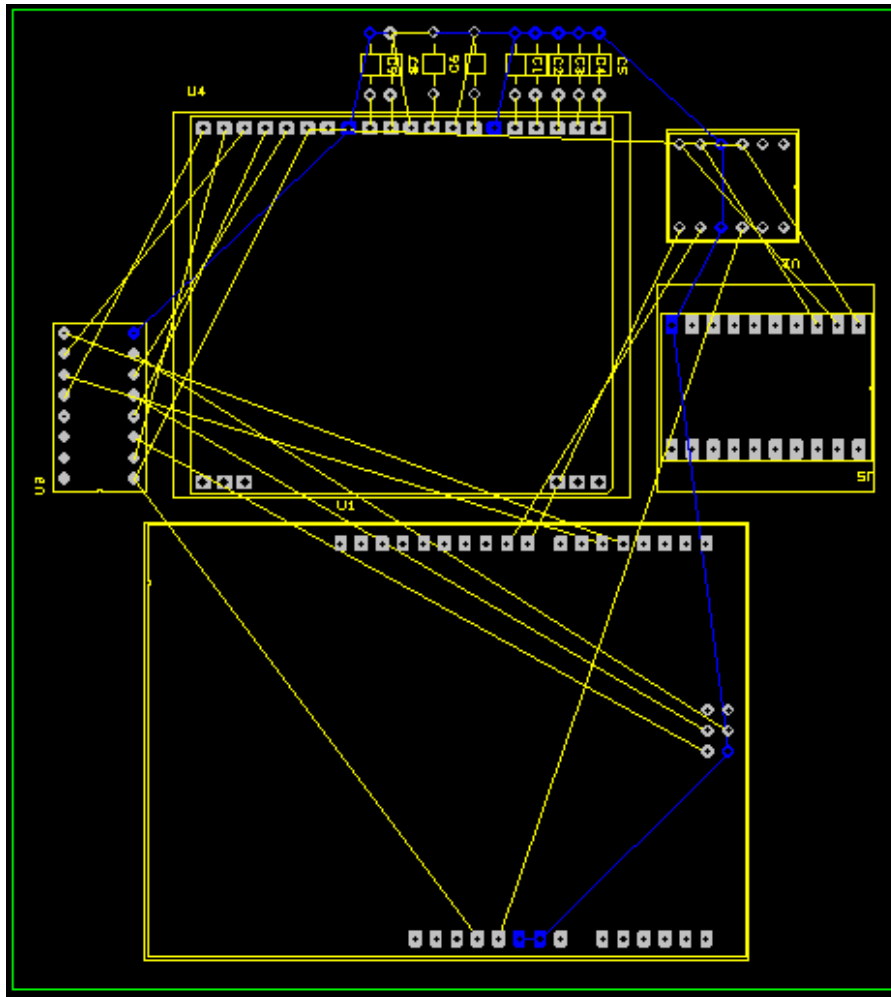
- **Arduino Yun-a goiko aurpegian kokatu**

PCB diseinu honen ideia, μK -a goiko aurpegian kokatzea izango litzateke, beste osagai guztiekin batera. Honek, nagusiki bi arazo sortuko ditu. Alde batetik, zirkuitu inprimatuaren tamaina askoz ere handiagoa izatea, eta honekin batera, kutxa babesgarriaren tamaina handitu beharra. Eta bestetik, estetika aldetik itxura txarragoa izatea.

Tamainaren arazoak, proiektuaren aurrekontuan izango du eraginik nagusiena. Lehen aipatu denez, kutxa babesgarriaren tamaina handitzeko beharra agertuko baita eta fabrikazioaren ikuspuntutik, material gehiago erabili beharko da. Beraz, aurrekontuaren igoera bat eragingo du. Honetaz gain, sistema txertatua maneiatzeko erosotasuna galduko da.

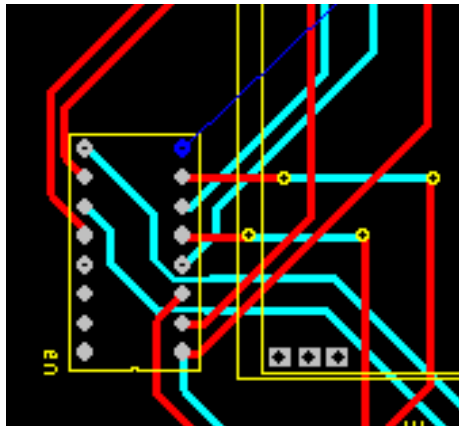
Gainera, itxurara berriro bueltatuz, GrAL honen helburuetan ez da akabera on bat bilatzen. Hala ere, estetika, beti zaindu behar den ezaugarri garrantzitsu bat da, horregatik, egitura honek ez du baldintza hori beteko.

Hala ere, PCB-a era honetara diseinatzeak, osagaiak plakara soldatzeko momentuan erraztasunak eskainiko ditu. Kontuan eduki behar da osagaiak eskuz soldatuko direla, beraz, hauen artean tarte handiagoak egongo direnez, leku handiago bat egongo da, prozesu honen erosotasuna handituz.



Irudia 14 Arduino Yun-a goiko aurpegian kokatuz lortutako emaitza

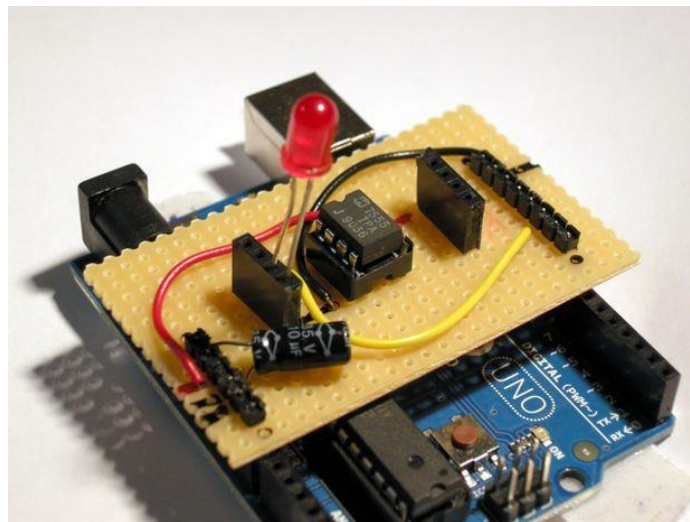
14. irudian ikusi daitekeenez , diseinu honek beste bi arazo sortuko ditu. Alde batetik, Arduinoa (osagai pisutsuena delarik) PCB-aren izkina batean kokatzen denez, grabitate zentroa izkina baterantz desbideratuko du xafla osoa ezegonkortuz. Honek, erosotasunean, eragin handia izango du. Eta bestetik, 4050 zirkuitu integratuko konexio gehienek elkar gurutzatzea eragingo duenez, PCB-a geruza bikoitzekoa izan beharko litzateke, fabrikazio prozesua zailduz.



Irudia 15 HCF4050B Zirkuitu integratuko konexioen gurutzapena

- **Arduinorako "Shield"-a**

Kasu honetan, izenak adierazten duen bezala, ideia μ K-rako ezkutu bat diseinatzea izango litzateke, hau da, Arduinoa PCB-aren beheko aurpegian kokatuko litzateke eta beste osagai guztiak, aldiz, goiko aurpegian. Hona emen "shield" egitura baten adibidea.

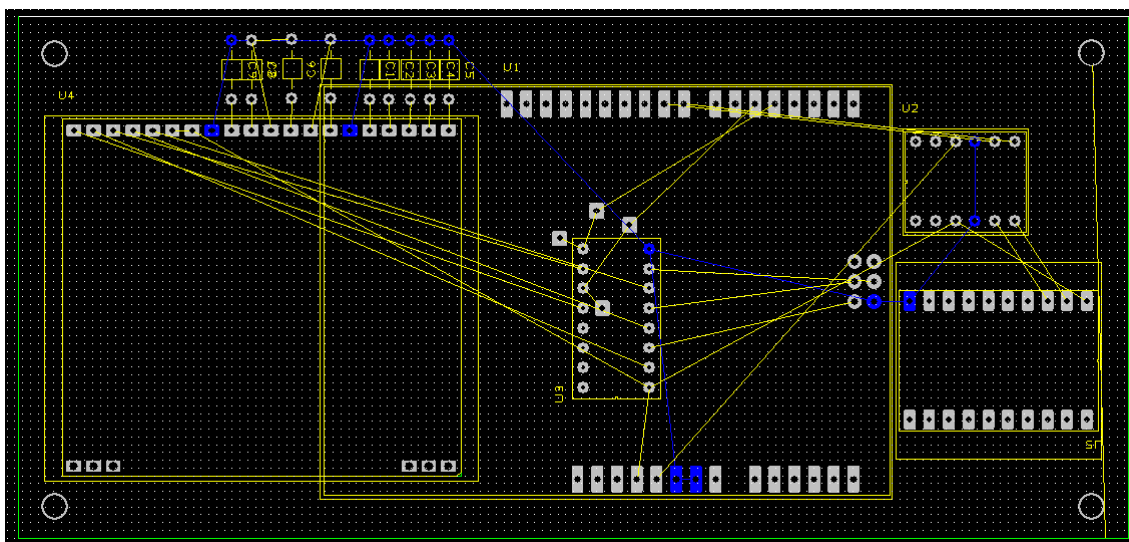


Irudia 16 Arduinorako "Shield" baten adibidea

Irudi hau <https://www.askix.com/stripboard-arduino-shield-para-programacion-attiny45-y-attiny85.html> helbidetik eskuratu da.

Egitura honi esker, sistema txertatua konpaktuagoa izatea lortzen da, honela, pisua txikituz eta kutxa babesgarriak txikiagoak izatea ahalbidetuz. Gainera,

mikrokontrolagailua erdialdean kokatzen denez, grabitate zentroa hor mantentzen da oreka egoki bat lortuz.



Irudia 17 Barne behatokairen osagaien kokapena "Shield" egitura aplikatuz

17. irudian ikusi daitekeenez, Arduinoa aurkako aurpegian kokatzeak, gainerako osagai batzuk honen eremuaren barnean sartzea ahalbidetzen du, fabrikazio prozesuan akatsik sortu barik.

Gainera, 4050 integratua erdialdean kokatzeak, konexio gurutzatze gutxiago sortzea eragingo du, eta honek, PCB-a aurpegi bakarrekoa izatea ahalbidetuko du. Ezaugarri hau, fabrikazioaren ikuspuntutik, erraztasuna sortzen du. Honetaz gain, estetika aldetik, emaitza egoki bat lortzen da.

Taula 5 Kanpo behatokiaren egituraren alternatibak

Barne behat. egitura	Egonkortasuna	Estetika	Tamaina	Guztira
Haztapena(%)	60	10	30	100
Goiko aurpegian	4	4	5	4,3
Shield	8	7	8	7,9

“Shield” egiturak izugarriko abantailak ditu beste aukerarekiko. Guztiz gomendagarria da egitura mota hau erabiltzea hain tamaina handiko osagaiak erabili behar direnean. Gainera, Arduinoa, zuzenean PCB-ra soldatzen ez denez, edozein momentuan desmuntatzeko aukera dago.

7. GOI MAILAKO DISEINUA

3. Atalean aipatutako helburuak lortu ahal izateko, Gradu Amaierako Lan honetan garatuko den proiektua bi zatitan banatuko da. Alde batetik, kanpo eta barne behatokiak PCB-ak diseinatuko dira aipatutako baldintzak betez, eta bestetik, batera maila eta sistema osoaren kontsumoa ezagutzeko Hardware eta Software-a garatu eta inplementatuko da.

7.1. KANPO ETA BARNE BEHATOKIAK

Helburu nagusia Hardware-a hobetzea denez, bi PCB diseinatu eta fabrikatuko dira. Lehengoa kanpo behatokiak osatuko du, urruneko estazioa izango dena, eta bigarrena, barne behatokia izango da. Diseinuak DesignSpark PCB 8.1 programarekin garatuko dira, dohaineko softwarea baita, eta behatokiak elkarrekiko independenteak direnez, hauen garapena bi azpiataletan banatuko dira.

7.1.1. KANPO BEHATOKIA

Diseinu prozesuarekin hasi baino lehen, emaitza onargarri bat lortu ahal izateko, proiektu honen jatorria ondo ezagutu beharko da. Beraz, egin beharreko lehenengo gauza, aurreko proiektuan garatutako kanpo behatokia aztertzea izango da.

1. irudian ikusi daitekeen moduan, sistema elektronikoa 4 zati edo funtziotan banatzen da:

- **Elikadura:** Behatoki hau kanpoaldean egongo denez, ezingo da saretik elikatu. Horregatik, aurreko proiektuan hartu zen erabakia, eguzki plaka eta batera bat erabiltzea izan zen. Bi energia iturri hauek, "SparkFun USB LiPoly Charger" moduluaren bidez kudeatzen dira, honela, erabateko autonomia lortuz.

- **Mikrokontrolagailua:** Sistema txertatu konpaktu bat bilatzen zenez, Arduino Pro Mini-a erabiltzea erabaki zen. Sentsoreekin komunikatzeko, I2C busa eta Serie komunikazioa erabiltzen da. Azkeneko hau, Software-aren bidez emulatzen da Arduinoaren irteerako pinetan.
- **Sentsoreak:** 3 sentsorez osatuta dago: DHT22 (tenperatura hezetasun sentsorea), BMP180 (presio sentsorea) eta GPS bat.
- **Datuen transmisioa:** Bi behatokiaren arteko datu transmisioak ahalbidetzeko XBee modulua erabiltzen da.

Elikadurari dagokionez, eguzki plaka eta bateria PCB-tik kanpo kokatuko dira. Lehengo hau, kutxa babesgarritik kanpo tokitu beharko da eguzki izpiak ondo jaso ditzan. Bateria, aldiz, kutxaren barnealdean lotuko da, matxura posible baten kasuan, aldaketa erraz eta azkar bat ahalbidetuz.

Bi elikadura iturri hauek kudeatu ahal izateko, orain arte erabiltzen hari den moduluaren beharra egongo da. Hortaz, irtenbide bakarra, elikadura kudeatzailea PCB-an muntatzea izango da. Hala bada, "SparkFun USB LiPoly Charger"-arekin lortutako emaitzak egokiak direnez, erreplika bat egingo da. Hala ere, beharrezkoak ez diren osagai eta konexioak kenduko dira.

Lehen aipatu denez, Arduino Pro Mini-a izango da behatoki honetan erabiliko den μK -a. Konexio gehienak puntu honetan hasten edo bukatzen direnez, egokiena zirkuitu inprimatuaren erdialdean kokatzea izango da. Gainera, Arduino honek, programagailua integraturik ez daukanez, kanpo programagailu bat diseinatu beharko da. Honetarako, "SparkFun FTDI Basic Breakout" modulua hartuko da erreferentzia moduan.

Azkenik, sentsoreei dagokienez, PCB-tik kanpo kokatuko dira. Zirkuitu inprimatua ondo babestuta egongo denez, sentsoreen neurketetan eragina izan bait dezake.

Horregatik, ondo pentsatu beharko da osagai hauen kokapen zehatza. Hala ere, konexioak burutu ahal izateko, sentsore bakoitzarentzako konektore espezifiko bat fabrikatuko da, bakoitzak, pin zenbaki ezberdin bat baitu.

7.1.2. BARNE BEHATOKIA

Kanpo behatokiarekin egin den moduan, produktu on bat lortu ahal izateko, aurretik garatutako prototipoa aztertu beharko da.

2. irudian ikusi daitekeenez, barne behatoki hau 4 zati edo funtzioetan banatzen da:

- **Mikrokontrolagailua:** Oraingo honetan, Arduino Yun-a izango da. IoT plataforma bat denez, datuak hodeira igotzea ezinbestekoa baita.
- **Datuen hartzea:** Kanpo behatokiak bidalitako datuak jaso ahal izateko, beste XBee baten beharra dago.
- **Datuen bistaratzea:** Datuak Internet-era igotzeaz gain, interesgarria da pantaila batean inprimatzea.
- **Tentsioen bihurketa:** Arduino honen irteera digitaleko maila altua 5V-tan dagoenez, eta XBee eta pantaila 3,3V-tara elikatzen direnez, tentsio bihurgailuen beharra egongo da. XBee-aren konexioetarako “SparkFun Logic Level Converter” modulua erabiltzen da, komunikazioa bi sentsuetan doanez, tentsioa bi norabideetan bihurtu behar baita. Pantailaren kasuan, aldiz, 4050 zirkuitu integratua erabiltzen da, komunikazioa norabide bakarrekoa delako.

6.3 Atalean aukeratu denez, barne behatoki hau Arduinoarentzako “Shield” bat izango da. Oreka on bat lortzeko asmoarekin, Arduinoa, osagai pisutsuena izanik, erdialdean kokatuko da, gainera, simetria errespetatzen denez, estetikoki emaitza on bat lortzen da.

Kanpo behatokian ez bezala, PCB honetan moduluak zuzenean muntatuko dira.

7.2. BATERIA MAILA ETA KONTSUMOAREN NEURKETA

Neurketa hau, GrAL honetan gehituko den funtzio berri bat izango da. Helburua, bateria maila eta kontsumoa neurtzea izango da. Honi esker, bateria maila ezagutzeaz gain, karga edo deskarga prozesuan dagoen jakin ahalko da. Funtzio berri honen gehitzearen helburua, bateria ondo dabilen jakitea da, matxura baten kasuan, akatsaren jatorria azkarrago aurkitzeko.

Alternatibean analisisian aukeratu den bezala, neurketa hauek, DS2745 zirkuitu integratuarekin egingo dira. Atal horretan aipatu denez, integratu honek ez dauka inolako liburutegirik eskuragarri. Honengatik, sentsore honen Datasheet-az baliatuz, maila baxuko programazio bat garatu beharko da.

Sentsore honi dagokionez, hainbat erregistroko memoria batez osaturik dago, non, egindako neurketak, erregistro horietan gordetzen dituen. Aipatutako erregistro hauen irakurketa ahalbidetzeko, I2C komunikazio protokoloa erabiltzen du. Beraz, hau jakinda eta erregistro hauen helbideak ezagutuz, “Wire.h” liburutegiari esker Software-a arazorik gabe garatu ahal izango da.

Aurretik garatutako programaren luzapena ekiditeko, neurgailu honentzako liburutegi bat sortuko da. Liburutegi hau, bi fitxategiz osatuta egongo da. Alde batetik, .cpp fitxategia, non, funtzioen kodeak gordeko diren, eta bestetik, .h fitxategia, non, liburutegia osatuko duten metodoak definituko diren. Kasu honetan, ez dira inolako daturik definituko, neurketen lorpenak ez baitaude inolako daturen menpe. Horregatik, liburutegi hau, metodoz bakarrik osatuta egongo da.

Gainera, beste erabiltzaile batzuk erabili ahal izateko, metodoak publikoak izateaz gain, 3 adibide ezberdin sortuko dira. Liburutegi honen eraketa Notepad++ softwarearen bidez garatuko da.

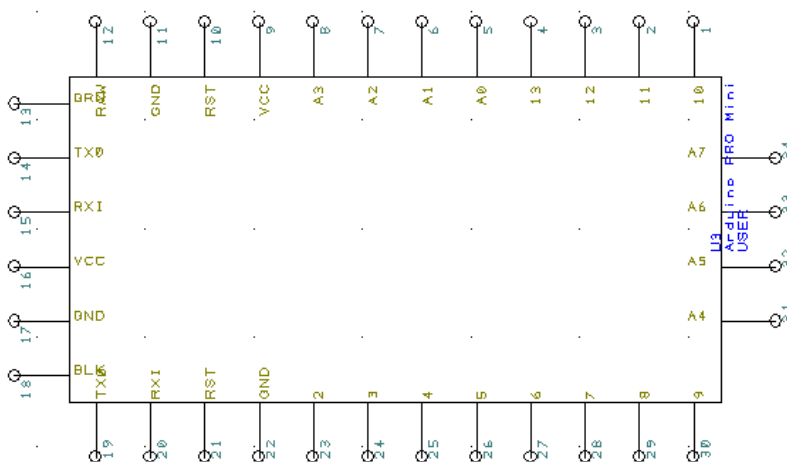
8. BEHE MAILAKO DISEINUA

7. atalean aipatu den moduan, proiektu honen garapena 2 zatitan banatuko da. Lehenik eta behin, kanpo eta barne behatokia osatuko duten PCB-ak diseinatuko dira, eta ondoren, bateria maila eta kontsumoaren neurketen garapena egingo da, lortutako emaitza kanpo behatokian inplementatuz.

8.1. KANPO BEHATOKIA

Behin kanpo behatokia osatzen duten osagai guztiak ezagututa, hauen eredu birtuala sortu beharko da DesignSpark programan. Osagaien modelaketa bi eredu ezberdinetan banatzen dira.

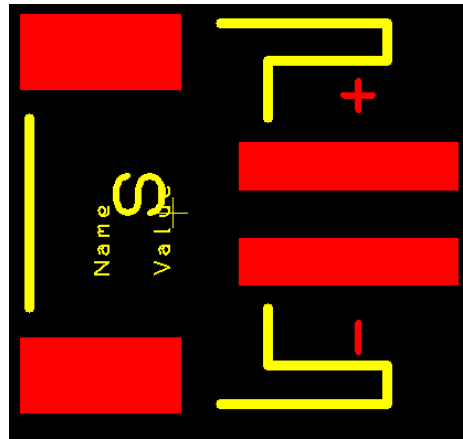
- Eredu eskematikoa:** Osagaiaren pinak irudikatu behar ditu soilik. Sinboloaren tamainak ez du eraginik izango PCB-aren diseinuan. Eredu honen helburua osagai ezberdinen arteko konexioak burutzea da, horregatik, garrantzitsuena, pin guztiak ondo kokatuta eta izendatuta egotea da.



Irudia 18 Arduino Pro Mini-aren eredu eskematikoa

- PCB eredu:** Zirkuitu inprimatuan irudikatuta joango den sinboloa izango da. Behin eskematikoa eginda, eredu honen helburua osagaiaren benetako itxura

modelatzea izango da. Eta, hemendik aurrera, eroalezko bideak marrazten hasia.

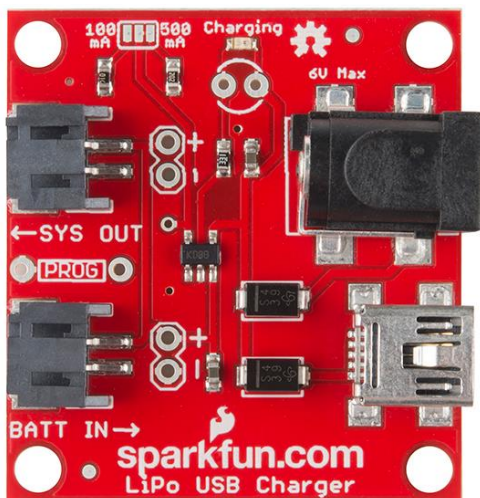


Irudia 19 Bateriaren konektorearen PCB ereduaren irudia

Hortaz, osagai bakoitzak eredu eskematiko bat eta PCB eredu bat izan behar du, bakoitza era independentean sortuz. Behin bi ereduak izanda, batu egingo dira osagaiaren modeloa lortuz. Honek esan nahi du, osagaien modelaketan, 3 liburutegi ezberdin sortu behar direla: Eredu eskematikoak, PCB ereduak eta osagaiak (bien arteko batura izango dena).

Hala ere, osagai guztien ereduak egin ahal izateko, lehenik eta behin, elikadura kudeatzailea eta kanpo programagailua diseinatu behar dira.

Lehenengo honi buruz, aurreko ataletan aipatu denez, erabiltzen hari den modulua "SparkFun USB LiPoly Charger"-a da.



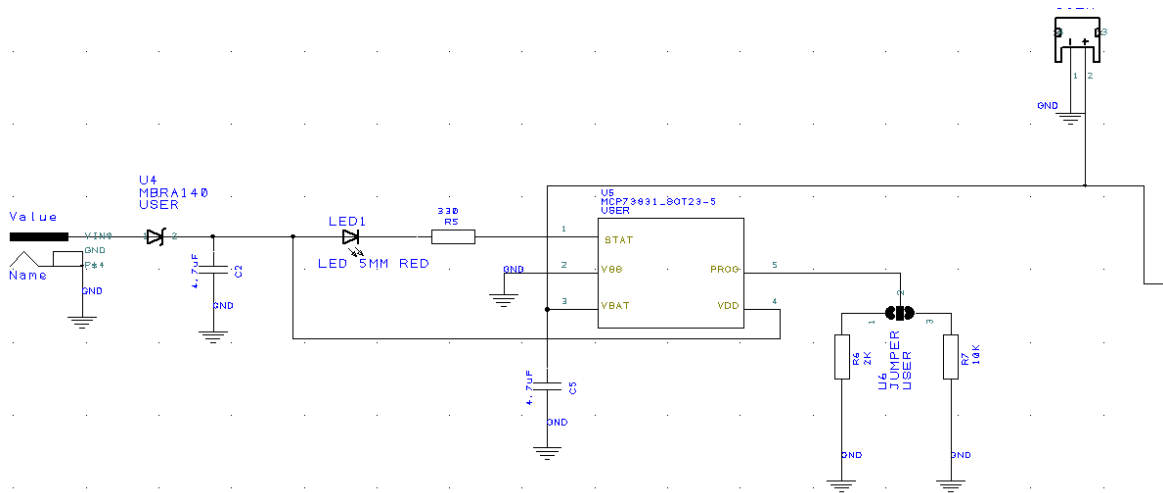
Irudia 20 SparkFun Lipo USB Charger modulua

Irudi hau <https://www.sparkfun.com/products/12711> helbidetik eskuratu da

Modulu hau erreferentzia moduan hartuko denez, funtzionamendua aztertu beharko da. Hasteko, 20. irudian ikusi daitekeenez, 4 konektorez osatutako dago. Elikadurarentzako sarrera moduan USB Mini-a, Jack-a eta bateriarentzako konektorea aurki daitezke. Kanpo behatokiaren kasuan, eguzki plaka eta bateria soilik erabiltzen direnez, USB Mini-a ez da PCB-an integratuko. Eta, honekin batera, konektoreari lotutako schottky diodoa baztertuko da ere.

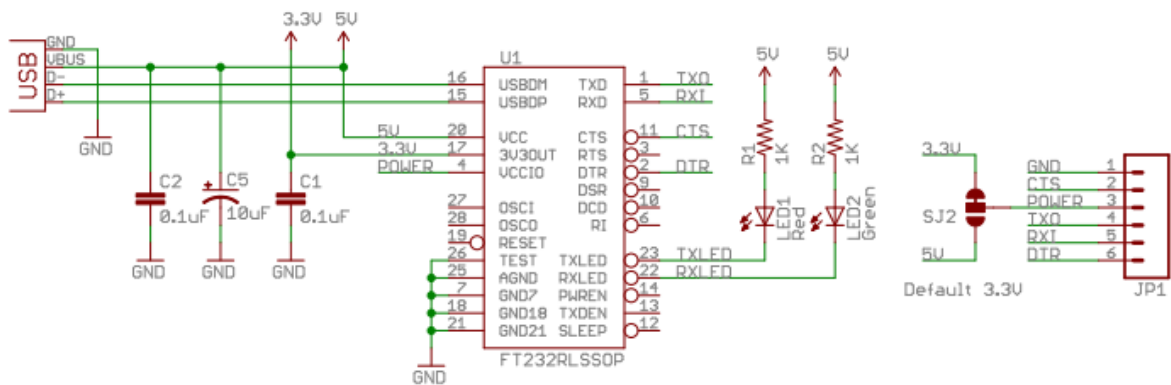
Eguzki plakarentzako konektorea, tentsio uhindura ekiditeko kondentsadore batetik pasatu ondoren, tentsio bihurgailu batera konektatuta dago. Behin tentsioa bihurtuta, sistema elektronikoa eta bateria elikatzen dira, non, “jumper” baten bitartez, 100 mA edo 500 mA-ko kargako korrontera konfiguratu daitekeen.

Beraz, modulu honen funtzionamendua ezagututa eta honen eskematikoan erreferentzia hartuz, kanpo behatokian integratuko den elikadura kudeatzailearen eskematikoa diseinatuko da. Tentsio bihurgailuari dagokionez, osagai berdina erabiliko da (MCP73931_SOT23).



Irudia 21 Kanpo behatokiaren elikadura kudeatzailearen zirkuitu eskematikoa

Honetaz gain, behatoki honetan txertatuko den bigarren eta azkeneko modula Arduinoarentzako kanpo programagailua izango da. Alternatibean analisisian aukeratu den moduan, FTDI 28-LD SSOP zirkuitu integratua izango da datu transferentzien arduraduna. Zirkuituaren eskematikoa osatu ahal izareko, hurrengo zirkuituan hartuko da erreferentzia.

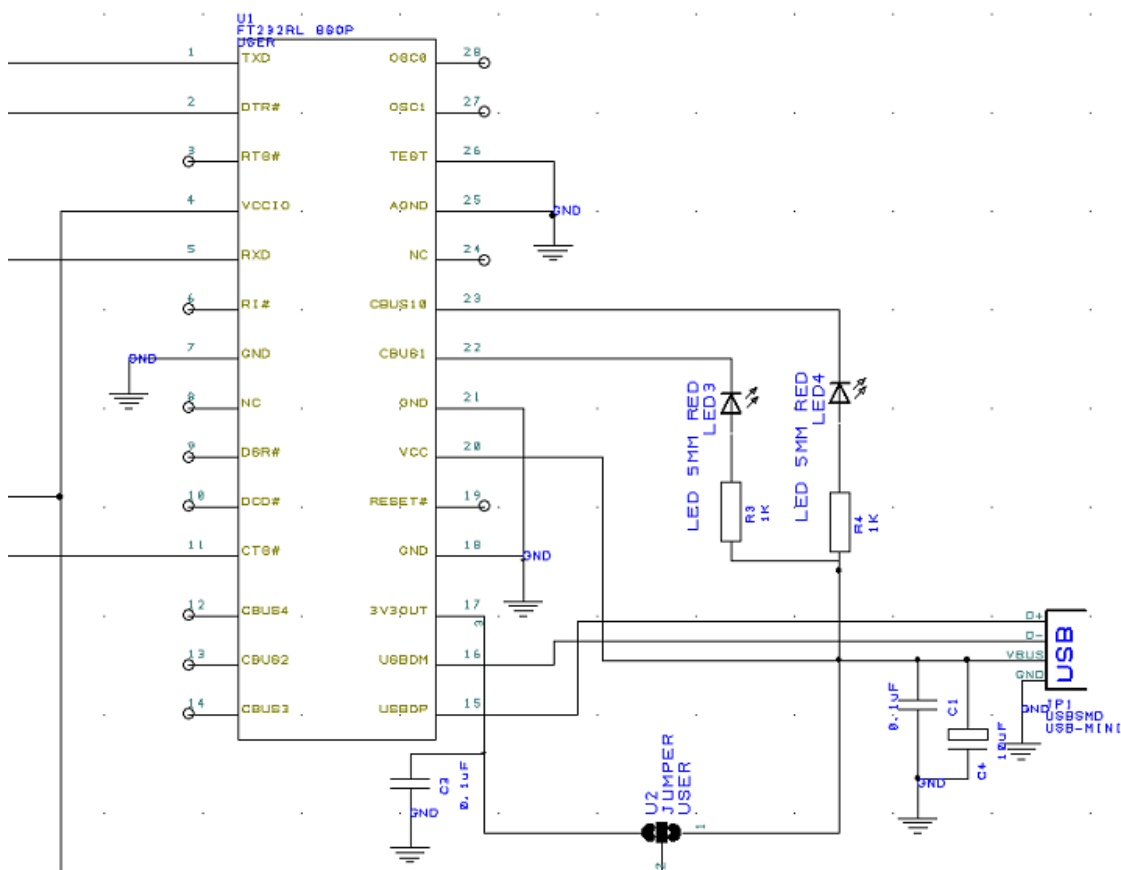


Irudia 22 SparkFun FTDI Basic Breakout programagailuaren zirkuitu eskematikoa

Datuak bidali ahal izateko, USB Mini konektorea erabiliko da, non, VBUS lerrotik FTDI-a elikatuko den eta D- eta D+ lerroetatik programatu nahi den kodea bidaliko den. Aldi berean, LED gorri eta berde bat erabiliko dira RX eta TX pinetan, honi esker, programaren transferentzia bistaratzea lortuz. LED-en aplikazio honek balio erantsirik

ez duela iruditu dezake, hala ere, programa ondo bidaltzen hari dela ziurtatzeak, asko lagundu dezake arazoren bat egotekotan.

Gainera, elikadura kudeatzailean aplikatu den era berean, oraingo honetan ere “Jumper” bat erabiliko da, non, mikrokontrolagailura helduko den elikadura tentsioa aldatu ahalko den. Arduino hau 3,3 V-tan funtzionatzen duenez, hau izango da elikadura lehenetsi hautatua, hala ere, beste aukera 5V-ko tentsioa izango da. Honek ez du garrantzia handirik izango, elikadura nagusia eguzki-plaka eta bateria izango baitira. Hortaz, kanpo behatokian txertatuko den programagailuaren zirkuitu eskematikoa hurrengoa izango da:



Irudia 23 Kanpo behatokiaren kanpo programagailuaren zirkuitu eskematikoa

Behin bi moduluen zirkuitu eskematikoa bukatuta, kanpo behatokia osatzen duten osagai guztien modelaketa egin beharko da. Osagai hauek, hurrengoak izango dira:

- Arduino Pro Mini
- FT232RL (SSOP-28 Kapsulaketa)
- MCP73831 (SOT23-5 Kapsulaketa)
- USB Mini Konektorea
- XBee egokitzailea
- Schottky diodoa
- Eguzki-plakarentzako konektora
- Bateriaentzako konektorea

Erarik egokiena akatsak ekiditeko, osagai hauen datasheet-etan agertzen diren neurriak erabiltzea da. Normalean, fabrikatzaileak eskainitako orri hauetan, osagaia birtualki irudikatu ahal izateko beharrezko neurriak agertzen dira. Hauen artean: zirkuitu integratuaren altuera eta zabalera, pinen arteko distantzia, pinen lodiera,...

Sentsoreei dagokienez, goi mailako diseinuan azaldu den moduan, PCB-tik kanpo kokatuko dira. Hala ere, neurgailu hauek haririk gabekoak ez direnez, PCB-ra konektatu beharko dira. Hasiera batean, GrAL honen helburuetariko bat, sentsoreentzako konektoreak fabrikatzea eta PCB-an inplementatzea zen. Zoritxarrez, teknologia faltagatik, ezin izan da helburu hau bete. Beraz, konexioak burutu ahal izateko, pin emeen tirak erabiliko dira. Ikusi 24. irudia.



Irudia 24 9 Pin emeen tira

Irudi hau <https://www.axis.com.ar/zocalos/274-tira-de-pines-hembra.html> helbidetik eskuratu da.

Bestalde, osagai pasiboiei dagokienez, DesignSpark Softwareak eskainitako “discrete” liburutegian eskuragarri daude.

Behin hau planteatuta izanda, behatokiaren zirkuitu eskematikoarekin hasi baino lehen, egin daitezkeen hobekuntza posibleen azterketa egiteko momentua da. 3. atalean definitu denez, GrAL honen helburuetariko bat GPS-aren datuen lorpenaren denbora murriztea da. Urruneko estazio hau, datu meteorologikoen eta kokapenaren neurketak egin ostean, 5 minutuz lotara joaten denez (kontsumoa murrizteko helburuarekin), GPS-ak lortutako koordenatuak galdu egiten dira, horregatik, 5 minutuak igaro ondoren berriro itzartzean, denbora gehiago beharko du sateliteen kokapena bilatzeko eta hauekiko triangulazioa burutzeko. Hau ekiditeko, 2032 pila bat erabiliko da GPS-aren VBACKUP pinera konektatuta. Honela, mikrokontrolagailua lotara doanean, kokapen sentzore hau elikatuta mantenduko da aurkitutako sateliteen koordenatuak gordez. Honi esker, kanpo behatokiaren koordenatuen lorpena denbora aldetik asko murriztuko da.

Pila txiki hau PCB-an gehitu ahal izateko, euskarri bat erabili beharko da. Mota askotakoak daude merkatuan salgai eta edozein balio dezake, beraz, osagai honen aukeraketa erabiltzaileak aukeratu ahalko du. Atal honen desabantaila nagusia, tamaina handikoak direla da, eta honek, PCB-aren tamainaren handitzea eragingo du.

Hobekuntza hauek bukatu ondoren, PCB-ak izango duen zirkuitu eskematikoa garatuko da. Honetarako, osagai guztien konexioak aztertu beharko dira.

Hurrengo tauletan, osagaien arteko konexioak agertuko dira. Zutabe bakoitza osagai bakoitzak konektatuta izan behar dituen pinak agertuko dira, eta helmuga puntua errenkada berdinean dagoen pina izango da.

- ***XBee modulua eta Arduinoaren arteko konexioak***

Taula 6 XBee modulua eta Arduinoaren arteko konexioak

XBEE MODULUA	ARDUINO PRO MINI
1-VCC	VCC
2-DOUT	8 DO (Digital output)
3-DIN	9 DO
9-SLEEP_RQ	7 DO
10-GND	GND

- ***BMP180 sentsorearen eta Arduinoaren arteko konexioak***

Taula 7 BMP180 sentsorearen eta Arduinoaren arteko konexioak

BMP180 KONEKTOREA	ARDUINO PRO MINI
1-VIN	VCC
2-GND	GND
3-SCL	A5 (Analog Input)
4-SDA	A4

- ***GPS, Arduino eta 2032 pilaren arteko konexioak***

Taula 8 GPS, Arduino eta 2032 pilaren arteko konexioak

GPS KONEKTOREA	ARDUINO PRO MINI	2032 PILA
1-VCC	VCC	
2-GND	GND	
3-VBACKUP		Borne positiboa
4-TX0	5DO	
5-RX0	6 DO	
6-ENABLE	4 DO	
12-GND	GND	

- **DHT22 sensorearen eta Arduinoaren arteko konexioak**

Taula 9 DHT22 sensorearen eta Arduinoaren arteko konexioak

DHT22 KONEKTOREA	ARDUINO PRO MINI
1-GND	GND
2-VCC	VCC
3-DAT	3 DO

- **FT232RL eta Arduinoaren arteko konexioak**

Taula 10 FT232RL eta Arduinoaren arteko konexioak

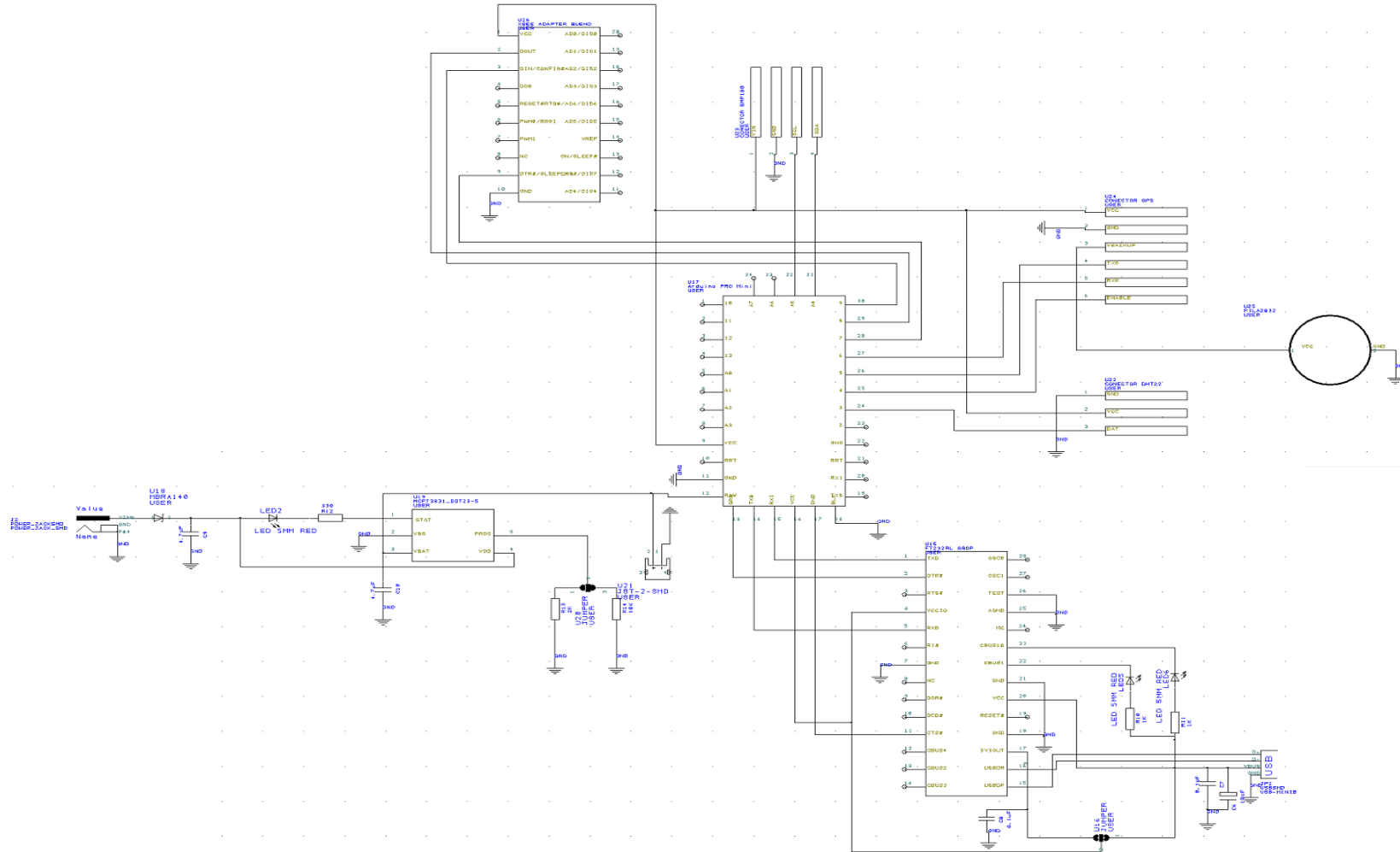
FT232RL	ARDUINO PRO MINI
1-TXD	RXI
2-DTR#	GRN
4-VCCIO	VCC
5-RXD	TX0
11-CTS#	GND

- **MCP73831, Arduino eta bateriaren arteko konexioak**

Taula 11 MCP73831, Arduino eta bateriaren arteko konexioak

MCP73831	ARDUINO PRO MINI	BATERIA KONEKTOREA
3-VBAT	RAW	Borne positiboa

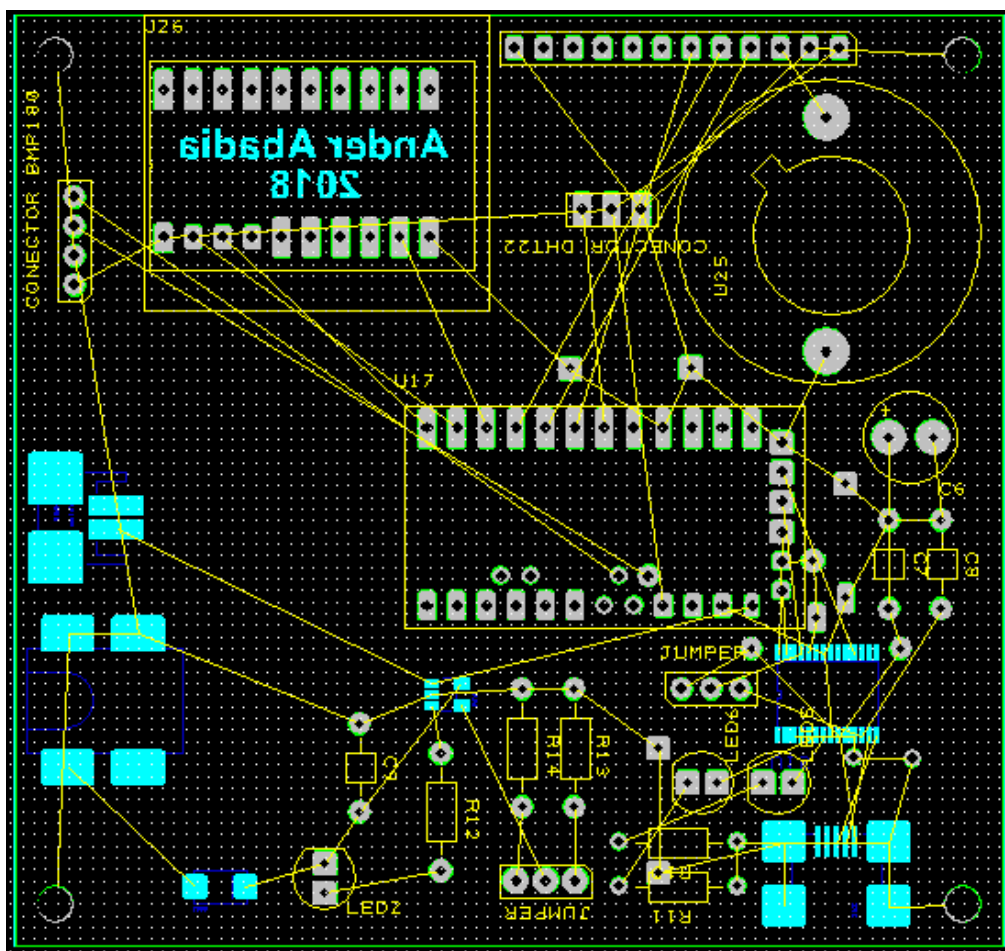
Behin egin beharreko konexio guztiak jakinda, kanpo behatokiaren zirkuitu eskematikoa garatuko da "DesignSpark"-en.



Irudia 25 Kanpo behatokiaren zirkuitu eskematikoa

Zirkuitu eskematikoa eginda eta konexio guztiak egiaztatu ondoren, zirkuitu inprimatuaren diseinua garatuko da. Atal hau burutu ahal izateko, PCB fitxategi berri bat zabaldu beharko da, non, automatikoki, osagaien PCB ereduak agertuko diren konexio guztiak adieraziz. 7.1.1 atalean aipatu denez, konexio gehienen hasiera edo bukaera Mμ-a denez, logikoena erdian kokatzea izango da.

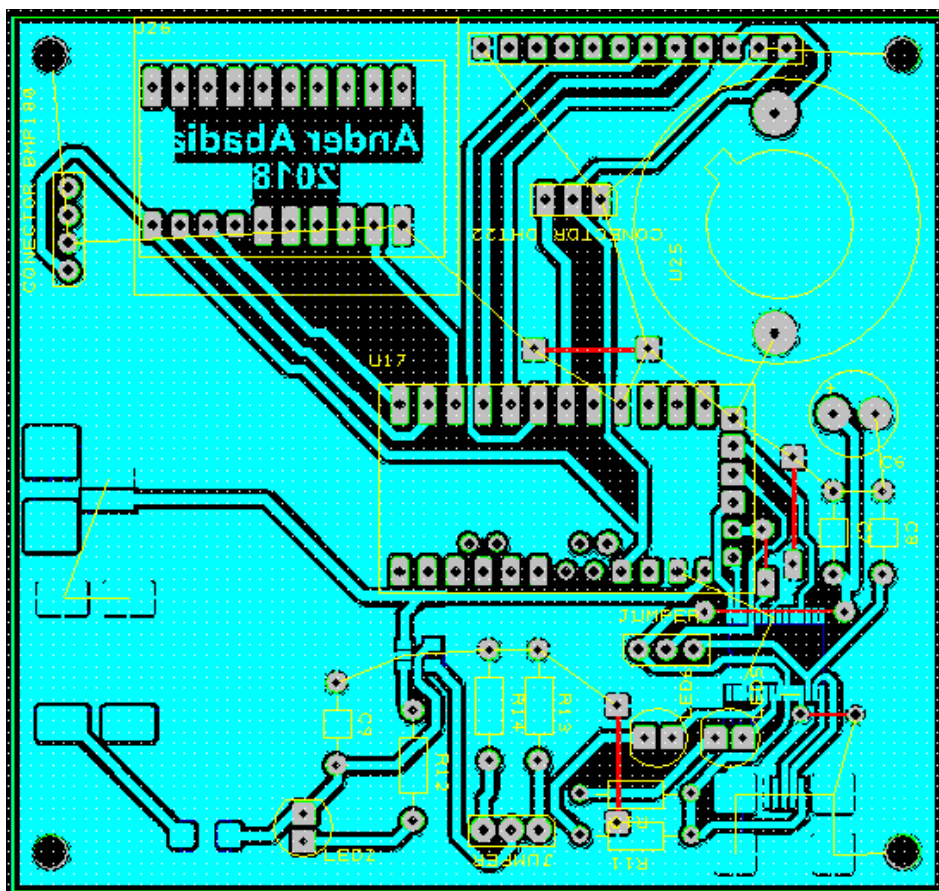
Beste osagaiei dagokienez, elikadura kudeatzailea eta kanpo programagailua osatzen duten atal guztiak hurbil kokatu beharko dira, eroalezko bideak ahalik eta laburrenak izateko. Beraz, hau jakinda, osagaien kokapenen proposamen bat hurrengoa izango litzateke:



Irudia 26 Kanpo behatokiaren osagaien kokapena PCB-an

26. irudian ikusi daitekeen moduan, osagaien inguruan bi teknologia ezberdin erabiliko dira. Alde batetik, TH (Through-Hole) teknologia erabiliko da, non osagaiak, PCB-an egindako zuloak erabiltzen duten xaflaren alde batetik bestera igarotzeko. Bestetik, SM (surface-mount) teknologia erabiliko da, non, osagaiak zirkuitu inprimatuaren aurpegian kokatzen diren. Beraz, oso garrantzitsua da SM teknologia erabiltzen duten osagai guztiak PCB-aren beste aldean kokatzea, hau da, ispilu moduko efektua lortzea, diseinuak 2D-n egiten direnez, ahaztu egiten den xehetasuna baita .

Behatoki honen diseinuarekin bukatzeko azkeneko urratsa, eroalezko bideak kokatzea izango da. Hau burutzeko egin beharko den gauza bakarra, “DesignSpark” -ek erraztutako konexioak jarraitzea izango da. Ezin izango dira eroalezko biderik elkarren artean gurutzatu, sare berdinerara konektatuta ez badaude. Gainera, soinuarekiko immunitate handiago bat lortzeko, GND plano bat ezarriko da.



Irudia 27 Kanpo behatokiaren PCB-a bateria neurgailua implementatu barik

27. irudiko eskumako aldean ikusi daitekeen moduan, 3 lerro gorri agertzen dira. Konexio asko gurutzatzen direnez, zubiak erabiltzea erabaki da. 3 konexio hauek eroalezko hari batekin konektatuko dira PCB-aren beste aldetik. Honela, 2 aurpegiko zirkuitu inprimatua fabrikatu beharra ekiditen da, fabrikazio aldetik, zailtasun handia suposatuko lukeelako.

Irudi honetan erakutsitako PCB-a soluzio posible bat izan arren, ez da GrAL honen azkeneko emaitza izango. Kasu honetan, bateria maila eta kontsumoaren neurketaren hardwarea inplementatuko baita.

8.2. BARNE BEHATOKIA

Kanpo behatokiarekin egin den moduan, barne behatoki hau osatzen duten osagai guztien eredu birtual bat egin beharko da. Kasu honetan errazagoa izango da, ez delako beharrezkoa izango inolako modulurik integratzea. Gainera, behatoki honi egingo zaion hobekuntza bakarra, LCD-arentzako atzeko argiztapena gehitzea izango da, argitasun handiko egunetan, pantailan bistaratutako datuak arazorik gabe ikusi ahal izateko. Hortaz, modelatu beharreko osagaiak hurrengoak izango dira:

- Arduino Yun
- XBee egokitzailea
- DOGM128 pantaila
- HCF4050B zirkuitu integratua
- SparkFun Logic Level Converter modulua

Behin osagai guztien ereduak sortuta, kanpo behatokian egindako pausu berdinak jarraitu behar direnez, osagai guztien arteko konexioak adieraziko dira.

- **Tentsio bihurtailu, Arduino eta XBee moduluaren arteko konexioak**

Taula 12 Tentsio bihurtailu, Arduino eta XBee moduluaren arteko konexioak

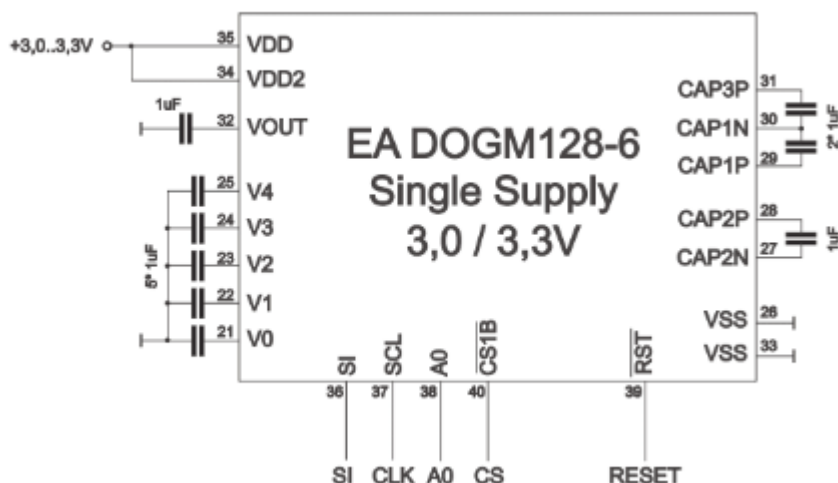
LOGIC LEVEL CONVERTER	ARDUINO YUN	XBEE
3-LV	3,3V	1-VCC
4-GND	GND	10-GND
5-LV3		3-DIN
6-LV4		2-DOUT
7-HV4	8 DO	
8-HV3	9 DO	
9-GND	GND	10-GND
10-HV	5V	

- **HCF4050B, Arduino Yun eta pantailaren arteko konexioak**

Taula 13 HCF4050B, Arduino Yun eta pantailaren arteko konexioak

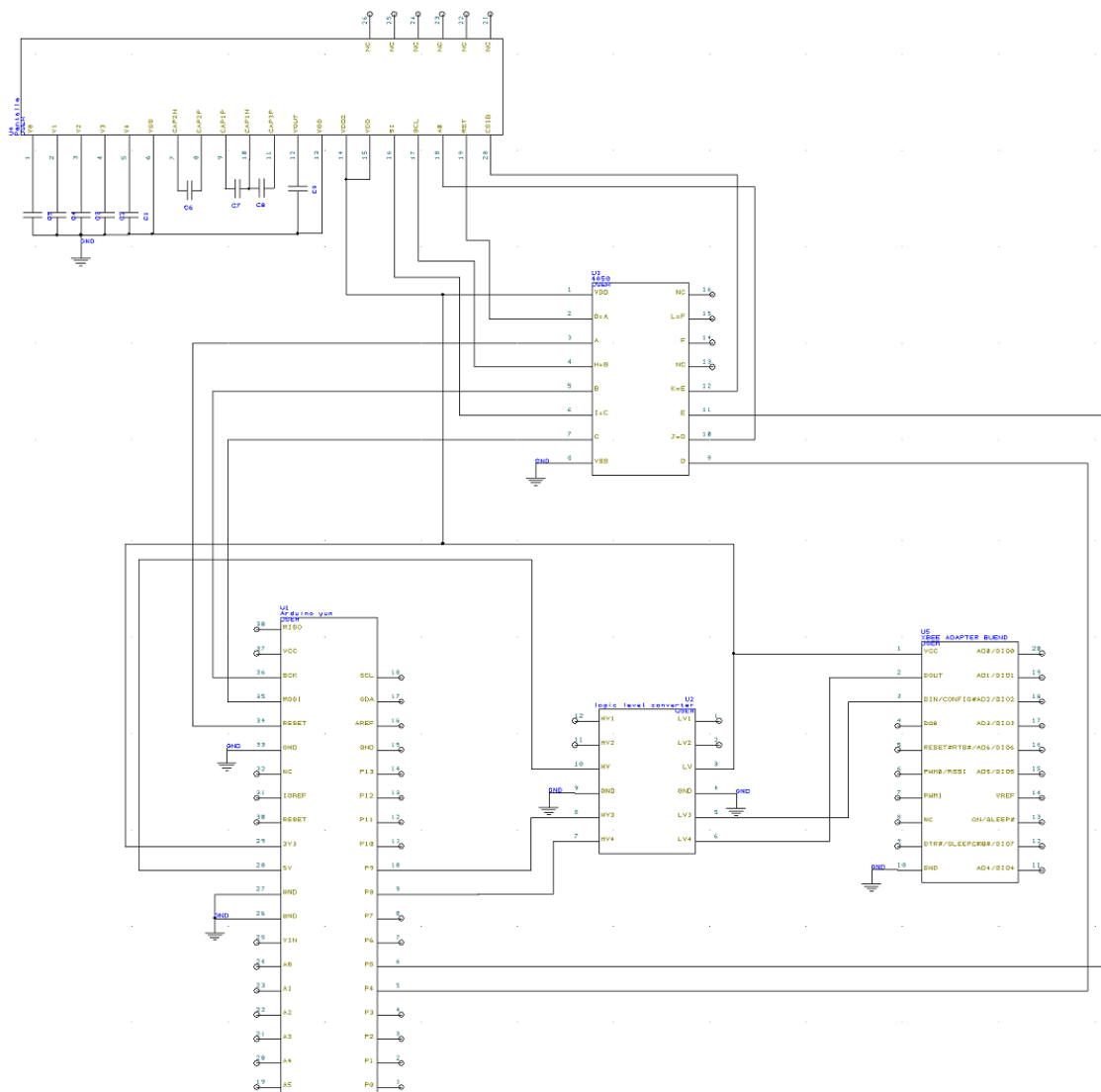
(DOMG128, 2018)	ARDUINO YUN	DOGM128 PANTAILA
1-VDD	3.3V	14-VDD2 eta 15-VDD
2-G=A		19-RST
3-A	RESET	
4-H=B		17-SCL
5-B	SCK	
6-I=C		16-SI
7-C	MOSI	
8-VSS	GND	
9=D	4 DO	
10-J=D		18-A0
11-E	5 DO	
12-K=E		20-CS1B

Gainera, pantailaren funtzionamendu egokia bat lortzeko, 9 kondentsadore konektatu beharko zaizkio. Konexio hauek zeintzuk izan behar diren jakiteko, datasheet-ean eskuragarri dagoen zirkuitu eskematikoa erabiliko da.



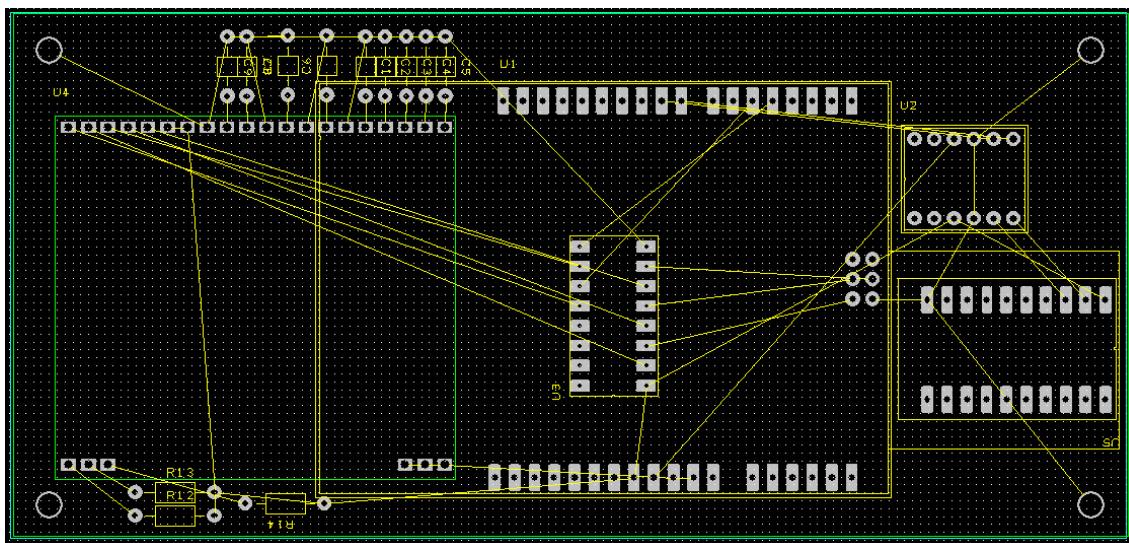
Irudia 28 DOGM128 pantailaren muntaiaren zirkuitu eskematikoa

LCD-aren atzeko argiztapenari dagokionez, pantailaren atzealdean kokatzen diren 3 LED-ek osatuta dago. Osagaiaren modelaketaren aldetik, ez da inolako aldaketarik egin beharko, argi hauek monitoreak dituen pinetara egokitzen baitira. LED hauen anodo eta katodoak pantailaren behealdeko pinetan agertuko dira, 1-2-3 (anodoak) eta 18-19-20 (katodoak) pinetan hain zuzen ere. Hortaz, funtzionamendu egoki bat lortzeko, anodoak 3,3V-ko elikadurara konektatuko dira 330 Ω -ko erresistentzia batzuetatik pasaraziz, LED-etatik igaroko den korronea mugatuz. Katodoak aldiz, GND planora konektatuko dira.



Irudia 29 Barne behatokiaren zirkuitu eskematikoa

Behin konexio guztiak berrikusita, PCB-aren diseinuarekin hasiko da. Prozesu hau burutzeko, 8.1 atalean egindako urrats berdinak jarraitu beharko dira. Alabaina, kasu honetan, "Shield" egitura bat erabiliko da, non, Arduinoa, zirkuitu inprimatuko aurpegian kokatuko den orientazioan aldaketarik jasan gabe.

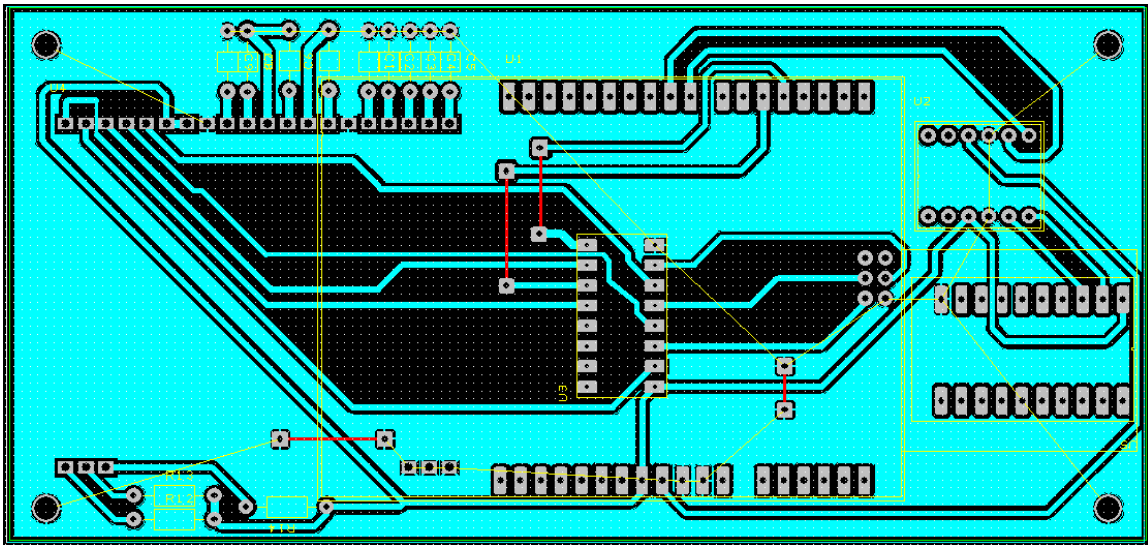


Irudia 30 Barne behatokiaren osagaien kokapena PCB-an

30. irudian ikusi daitekeen moduan, μK -a aurkako aurpegiaren kokatzeak, 4050 integratua PCB-aren erdian tokitzea ahalbidetzen du. Txip honen pinen egituragatik, konexio askoren gurutzaketak sortzen dira, eta, xaflaren erdian kokatu ahal izanak, arazo hau ekidin dezake, PCB-a aurpegi bakarrekoa izatea ahalbidetuz.

Azken pausua eroalezko bideak diseinatzea izango da. Kontuan izan beharko dira bide hauek izango duten lodiera, fabrikazio prozesuan, geroz eta bide lodiagoak izanda, orduan eta akabera hobeagoa lortuko baita. Gainera, arrazoi berdinagatik, osagaien eta eroalezko konexioen distantzia masa planoarekiko nabarmena izan beharko da.

Horrenbestez, barne behatokiaren PCB-aren azkeneko diseinua hurrengoa izango da. 4 eroalezko zubi erabiliko dira. Hauetako bi 4050 integratuko konexioen arteko gurutzaketa ekiditeko, eta beste biak, isolatuta geratuta 2 masa plano konektatzeko.

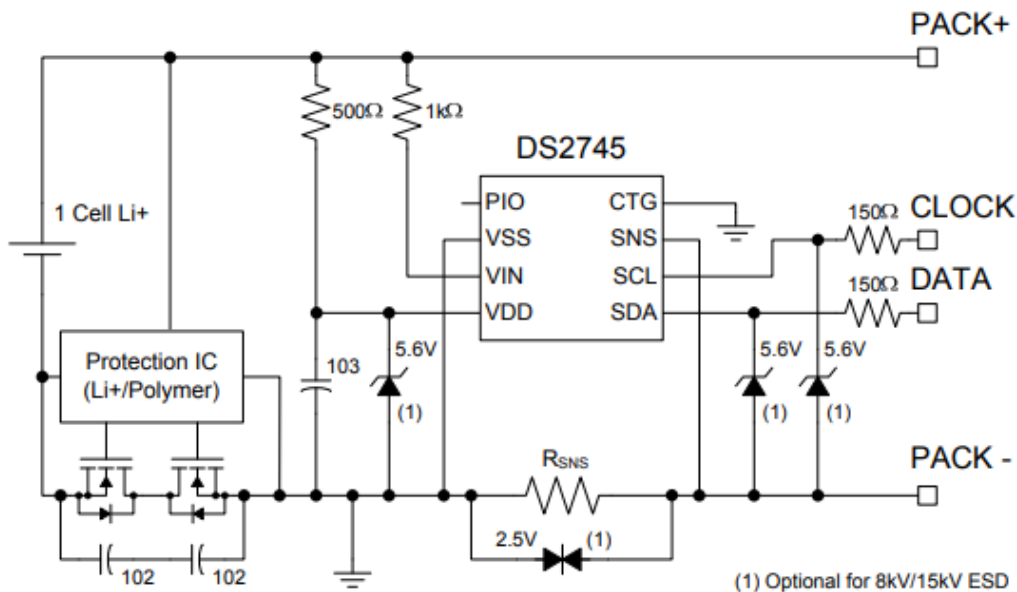


Irudia 31 Barne behatokiaren PCB-aren diseinua

8.3. BATERIA MAILA ETA KONTSUMOAREN NEURKETA

Kanpo behatokia, elikaduraren ikuspuntutik, sistema autonomo bat izango denez, bateria mailaren eta kontsumoaren monitorizazioa inplementatzea erabaki da. Honi esker, erabiltzailek, bateriaren tentsioa ezagutzeaz gain, karga edo deskarga prozesuan dagoen jakin ahalko du. Honetarako, DS2745 sentsorea erabiliko da.

PCB-ko azkeneko bertsioan inplementatu baino lehen, “protoboard”-ean egindako muntaia batean probatuko da. Beraz, kodearen garapenarekin hasi baino lehen, neurketak egin ahal izateko erabiliko den Hardware muntaia egingo da. Honetarako, fabrikatzaileak eskainitako datasheet-aren adibidea aztertuko da.



Irudia 32 DS2745 sentsorearen datasheet-ak gomendatutako aplikazioa

Aplikaziorik egokiena, sentsorea baterian bertan txertatzea izango litzateke, babes zirkuituarekin batera, 32. irudian adierazten den moduan, non 4 konexio eskainiko lirartekeen irteera moduan: Elikaduraren borne positibo eta negatiboa eta SDA eta SCL busak, neurgailu honek I2C protokoloa erabiltzen baitu datuen transferentzia burutzeko. Teknologia faltagatik, sistema elektronikoa hau kanpo behatokiaren PCB-an txertatuko da, bateria konektorearen alboan, emaitza berdina lortuz.

Datasheet-ak eskainitako zirkuitu eskematikoa aztertuz, DS2745-ak 8 pin dituela ikusi daiteke:

- **SCL:** I2C protokoloak erabilitako busa erlojuaren seinalea bidaltzeko, osagaien arteko sinkronizazioa ahalbidetuz.
- **SDA:** I2C protokoloak erabilitako busa datuen irakurketa edo idazketa burutzeko.
- **PIO:** Bi noranzkoko datuen transmisioa ahalbidetzen duen pina. Proiektu honetan norantza bakarrekoa izangoenez ez da inora konektatuko.
- **SNS:** Shunt-aren konexiorako bornea.
- **VDD:** Zirkuitu integratuaren elikadurarako bornea.

- **VIN:** Tentsioaren neurketarako sarrera. Pin honetan bateria mailaren neurketa egiten da.
- **CTG:** GND konexio-bornea.
- **VSS:** GND konexio-bornea. SNS eta pin honen artean kontsumoaren neurketa egiten da.

Behin borne guztien definizioak jakinda, gauzatuko diren konexioen azterketa bat egiten da.

Elikadurari dagokionez, VDD hanka, bateriaren borne positibora konektatuko da 500 Ω -ko erresistentzia batetik pasaraziz. Halere, 10 nF-ko kondentsadore bat erabiliko da 32. irudian adierazten den moduan konektatuta. Gainera, borne positibo hau VIN hankara konektatuko da, 1000 Ω -ko erresistentzia batetik pasarazi aurretik, emen egingo baita bateriaren tentsioaren neurketa.

I2C protokoloarekin harremana duten borneei dagokienez, zuzenean konektatuko dira Arduinoaren SCL (A5) eta SDA (A4) pinetara. Kasu honetan, ez dira beharrezkoak izango fabrikatzailearen adibidean agertzen diren erresistentziak erabiltzea.

Azkenik, kontsumoaren neurketari dagokionez, VSS eta SNS pinen artean egingo da. Hala bada, 0.025 Ω -ko Shunt bat kokatuko da borne hauen artean. Gainera, korrontearen neurketa seriean egiten denez, bateriaren borne negatiboa VSS-ra konektatuko da, eta kargara (Arduinoaren GND bornea) joango de konexioa SNS bornetik irtengo da. Honela, neurketa egiteko erabiliko den shunt-a borne negatiboan seriean kokatuz. Bukatzeko, CTG hanka bateriaren borne negatibora konektatuko da ere, GND-ra erreferentziatuta egon behar baita.

Garrantzitsua da gogoratzea muntaia honen karga, kanpo behatokiaren Arduinoa izango dela, beraz, neurketa egoki bat lortzeko, bateriaren borne positiboa Arduino-aren RAW hankara konektatu beharko da, eta SNS hanka, borne negatiboa izango dena, Arduino-aren GND hankara. Behin konexio hauek protoboard batean eginda, Software-a garatzeko momentua izango da.

7.2 atalean azaldu den moduan, sentsore honek hainbat erregistroz osatutako memoria bat dauka, non I2C komunikazio protokoloa erabiltzen duen erregistro hauetan gordetako datuen transferentzia burutzeko. Hortaz, horretarako “Wire.h” liburutegia erabili beharko da, aukeren analisisian aipatu denez, sentsore honek ez baitu liburutegirik eskuragarri. Horrenbestez, datuen irakurketa lortu ahal izateko, tentsio eta kontsumoaren erregistroen helbideak eta bit-en egitura ezagutu beharko dira. Horretarako, ezaugarri orriek eskainitako informazioa aztertu beharko da.

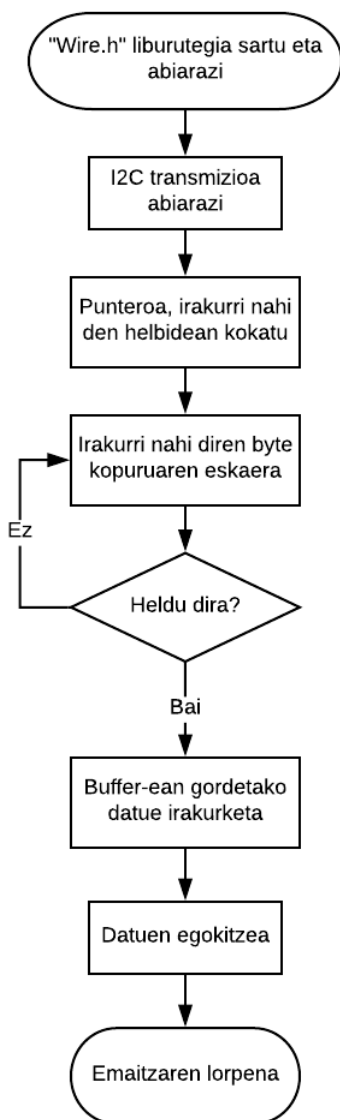
Tentsioaren erregistroari dagokionez, DS2745-aren datasheet-ean hurrengo irudia aurki daiteke.



Irudia 33 DS2745 sentsorearen tentsio neurketarako erregistroa

Erregistroa bi helbide ezberdinetan banatzen da: 0x0C eta 0x0D. Non, helbide bakoitzean, neurketaren emaitzaren byte bat gordetzen den. Hortaz, neurketa osoa lortu ahal izateko, bi byte hauek busetik bidali beharko dira eta datua egokitu beharko da 16 biteko aldagai berdinean gorde ahal izateko. Gainera, 33. irudian ikusi daitekeenez, pisu gutxienerako lehenengo bost bit-ak erreserbatuta daude. Hortaz, 5 posiziozko bit desplazamendua egin beharko da datu egokia lortu ahal izateko. Halere, kontuan izan beharko da pisu gehieneko lehenengo bit-a datuaren seinua adierazten duela.

Horrenbestez, datuaren lorpena definitzen duen fluxu diagrama hurrengoa izango da.



Irudia 34 DS2745 sentorearen neurketen datuen lorpenerako Software-aren fluxu diagrama

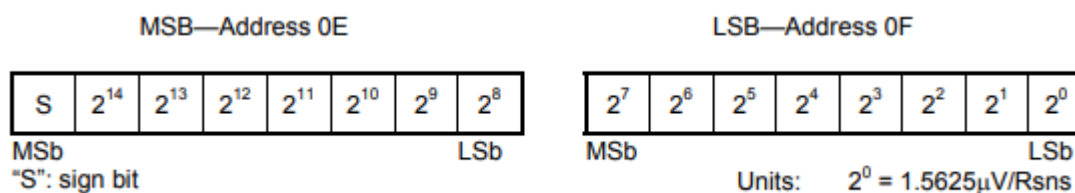
Atalik garrantzitsuena datuen egokitzapenean dago, hemen egiten baita datuaren bihurketa erabiltzailearentzako irakurgarria izateko. Tentsioaren kasuan, datua bi byte-tan banatzen da. Beraz, transmisioa burutzerakoan, Arduinoaren buffer-ean gordetako byte-ak irakurri beharko dira. Memoria txiki hau FIFO (First-In-First-Out) bat denez, irakurriko den lehengo byte-a MSB-a izango da, hau izango baita busetik bidaliko den lehengo zatia.

Behin datu hau lortuta, pisu gehien duen bit-a bakandu beharko da, boolear honek datuaren seinua adierazten baitu. Hortaz, hau lortzeko, 7 posizioiko bit desplazamendu bat egin beharko da eskumako norantzan eta seinura adieraziko duen aldagai batean gordeko da..

Behin datuaren seinua lortuta, MSB-ari AND eragiketa logiko bat egin beharko zaio 0x7F zenbakiarekin, seinu gabeko byte bat lortuz. Neurketaren egokitzapenarekin bukatzeko, LSB-aren irakurketa burutuko da, eta MSB-arekin batu beharko da, seinu gabeko aldagai berdinean gordez. Horretarako, pisu gehieneko byte-a “int” aldagai batean gordeko da eta 8 posiziozko bit desplazamendu bat egin beharko da ezkerreko norantzan. Aldagai berri honi, LSB-arekin OR eragiketa logiko bat aplikatzean eta “unsigned int” aldagai batean gordetzean, datuaren elkarketa burutzea lortuko da. Azkenik, pisu gutxienerako 5 bitak erreserbatuta daudenez, 5 posiziozko bit desplazamendu bat egin beharko da eskumako norantzan.

Jakinik datu honen bereizmena 4,88 mV-takoa dela, lortutako neurketa zenbaki honegatik biderkatu beharko da, honela, erabiltzaileak irakurri ahalko duen datua lortuz.

Kontsumoaren erregistroari dagokionez, fabrikatzaileak eskainitako ezaugarri orrietan hurrengo informazioa aurki daiteke.



Irudia 35 DS2745 sentsorearen korrontearen neurketarako erregistroa

Kasu honetan ere, erregistroa bi helbide ezberdinetan banatzen da: 0x0E eta 0x0F. Datuaren egokitzea lortzeko, tentsioaren datuaren egokitzean jarraitutako pausu berdinak eman beharko dira. Hala ere, oraingo honetan, LSB-aren bit guztiak neurketa zehazteko erabiltzen direnez, ez dira ezabatu beharko.

Bereizmenari dagokionez, erabilitako Shunt-aren balioaren menpe egongo da, sentsoreak, erresistentzia txiki honen borneetan jausitako tentsioa neurtzen baitu. 35. irudian agertzen den moduan, jakinik tentsio jauskeraren neurketaren bereizmena $1,5625\mu V$ -koa dela eta erabilitako Shunt-aren balioa $0,25\ \Omega$ -koa dela, Ohm-en legea aplikatuz kontsumoa adierazten duen datuaren pisu gutxieneko bit-aren balioa ezagutu daiteke.

$$\text{Kontsumoaren bereizmena} = \frac{1,5625\ \mu V}{0,025\ \Omega} = 62,5\ \mu A$$

Kasu honetan, neurketaren bereizmena $62,5\ \mu A$ izango da. Beraz, jakinik AD bihurketa 15 bitekoa dela (pisu handieneko bita ez da kontuan hartuko seinua bakarrik adierazten baitu), neurketaren tartea kalkulatu daiteke.

$$n = 15\ \text{bit} \rightarrow 2^n - 1 = 2^{15} - 1 = 32767$$

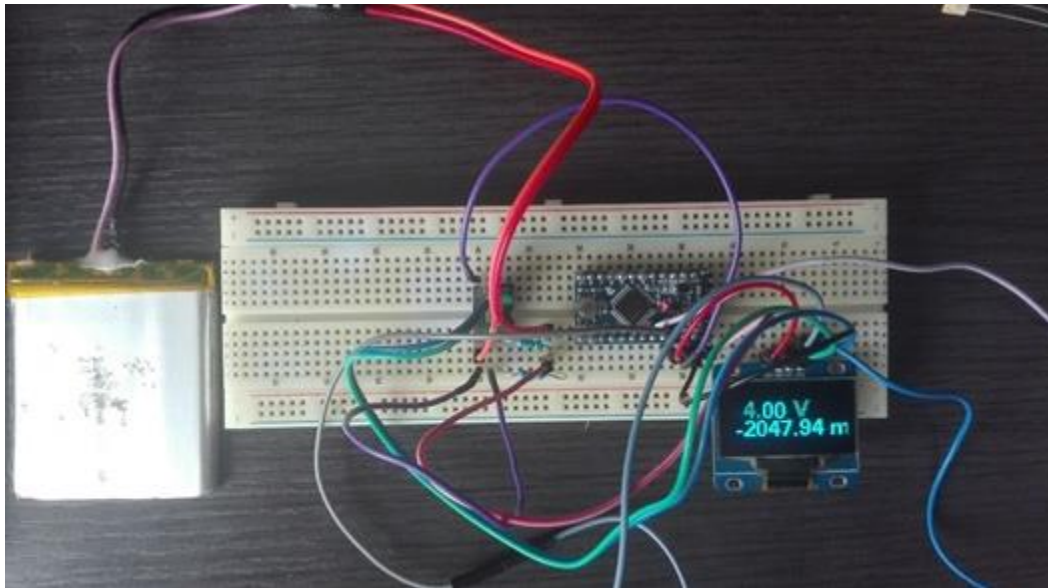
$$\text{Kontsumoaren neurketaren tartea} = 32767 * 62,5\ \mu A = \pm 2,048\ A$$

Hortaz, Shunt honek eskainitako bereizmena eta tartea nahikoa izango da neurketa zehatz bat lortu ahal izateko.

Datu honen lorpenerako jarraitu behar den kodearen egitura, 34. irudiko fluxu diagramaren berdina izan beharko da, datuaren egokitzean, lehen aipatutako aldaketa aplikatuz, bit guztiak neurketaren emaitza definitzeko erabiltzen baitira.

Neurketa denborei dagokienez, kontuan hartu beharko da tentsioaren kalkulurako 440 ms-ren beharra egongo dela, eta kontsumoaren kasuan berriz, 3500 ms-koa.

Behin zirkuitu eskematikoa eta softwarea garatuta, protoboard batean muntatutako prototipo batean frogatuko da. Froga hauetan datuak bistaratu ahal izateko, I2C protokoloa erabiltzen duen LCD txiki bat erabiliko da, ordenagailuarekin serie komunikazioa ezartzen bada, neurketetan eragina izan ahal dezakelako.



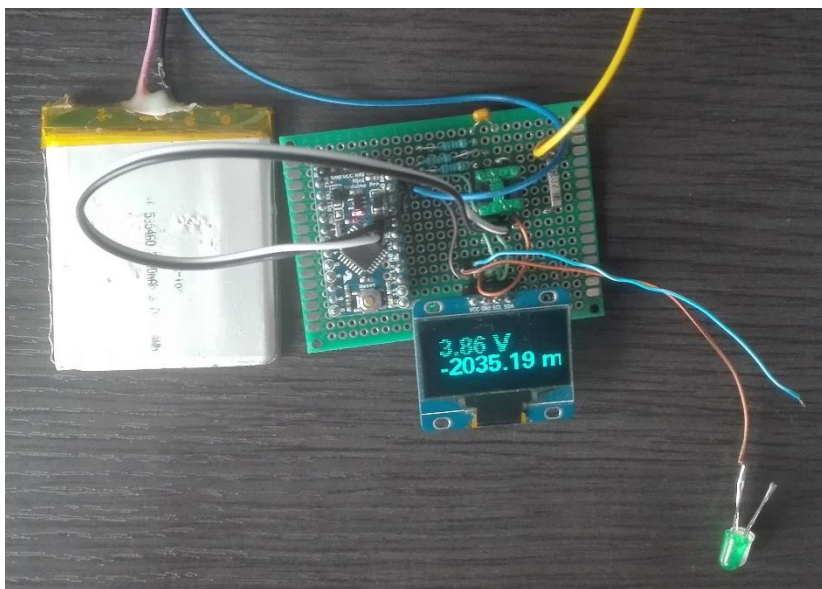
Irudia 36 Bateria maila eta kontsumoaren neurkatarako protoboard muntaia

Emaitzei dagokienez, sentsoreak neurtutako balioak multmetro batekin neurtutakoekin konparatuz, kontsumoaren kasuan bat ez datozela ikusi daiteke. 12 mA-ko korrante bat lortu ordez (multmetro bidezko neurketaren emaitza), -2 A inguruko erantzuna lortzen da. Bistakoa da diseinu arazo bat izan dela, neurketa ezberdinen arteko errorea oso handia baita. Zorionez, tentsioaren neurketari dagokionez, 36. irudian agertzen den moduan, emaitza egoki bat lortzen da. Datu honen ulermenerako, jakin beharra dago 3,7 V-eko bateria bat denez, 4,2 V-tan beteria guztiz kargatuta dagoela eta 3,3 V-tan aldiz, guztiz deskargatuta.

Kontsumora bueltatuz, sortutako arazoa konpontzeko asmoarekin, hainbat aldaketa probatu dira, hardware eta software ikuspuntutik:

- Aldaketak zirkuitu eskematikoan
- Balio ezberdineko Shunt-ak probatu
- Status erregistroko biten konfigurazioa aldatu
- Bigarren sentsore batekin frogak egin

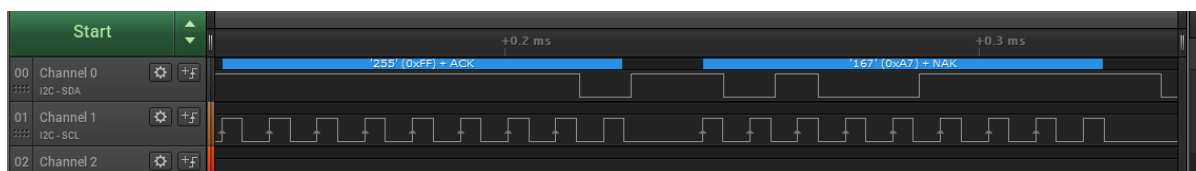
Eta kasu guztietan, akastun emaitza berdina lortu da. Hortaz, bururatutako azkeneko aukera, muntaia, zulodun PCB batean soldatzea izan da, protoboard-ean egindako konexio kaxkarren errua den frogatzeko.



Irudia 37 Bateria maila eta kontsumoaren neurkatarako sistemaren PCB muntaia

37. irudian ikusi daitekeenez, aurreko frogen moduan, emaitza akastun bat lortzen da. Hortaz, arazoa topatzeko azkeneko irtenbidea, I2C busetik bidaltzen diren datuak ikusaraztea izango da. Honetarako, Saleae analizagailu logikoa erabiliko da.

Datu konkretu hori bilatu ahal izateko, 0x0E helbideari dagokion bidalketa bilatu beharko da.



Irudia 38 Analizagailu logikoarekin lortutako emaitza

Analizagailu logikoak deskodetu duen moduan, neurketaren MSB-aren erantzuna 0xFF da, non, 12 mA-ko korrante maximo batekin 0x00 izan beharko litzatekeen. Hortaz, emaitza honetatik bi arrazoi posible deduzitu ahalko dira.

Lehengoa arrazoia, sentsoreak egindako neurketa, MSB-an ez gordetzea izan daiteke, eta honen ondorioz, busetik bidalitako datua balio lehenetsia izatea, 0xFF hain zuzen ere.

Ahalbide hau aztertzeko, froga bat egin da. Multimetro baten laguntzaz, sistema osoak 12 mA kontsumitzen dueneko I2C busaren deskodifikazioa egin da eta hemendik bidalitako datua 0xFF39 izan da. 0,025 Ω-ko shunt-a erabiliz, pisu gutxienerako 8 bitak soilik erabiliz, kontsumo hori irakurtzeko nahiko izan beharko litzateke.

$$n = 8 \rightarrow 2^8 - 1 = 255 \rightarrow \text{Kontsumo maximoa} = 255 * 0.0625 \text{ mA} = 15,93 \text{ mA}$$

Beraz, 0x39 datua soilik erabiliz kontsumoaren kalkulua egiten bada.

$$0x39 = 57 \rightarrow \text{Kontsumoa} = 57 * 0.0625 \text{ mA} = 3,5625 \text{ mA}$$

Hortaz, suposizio hau guztiz okerra da.

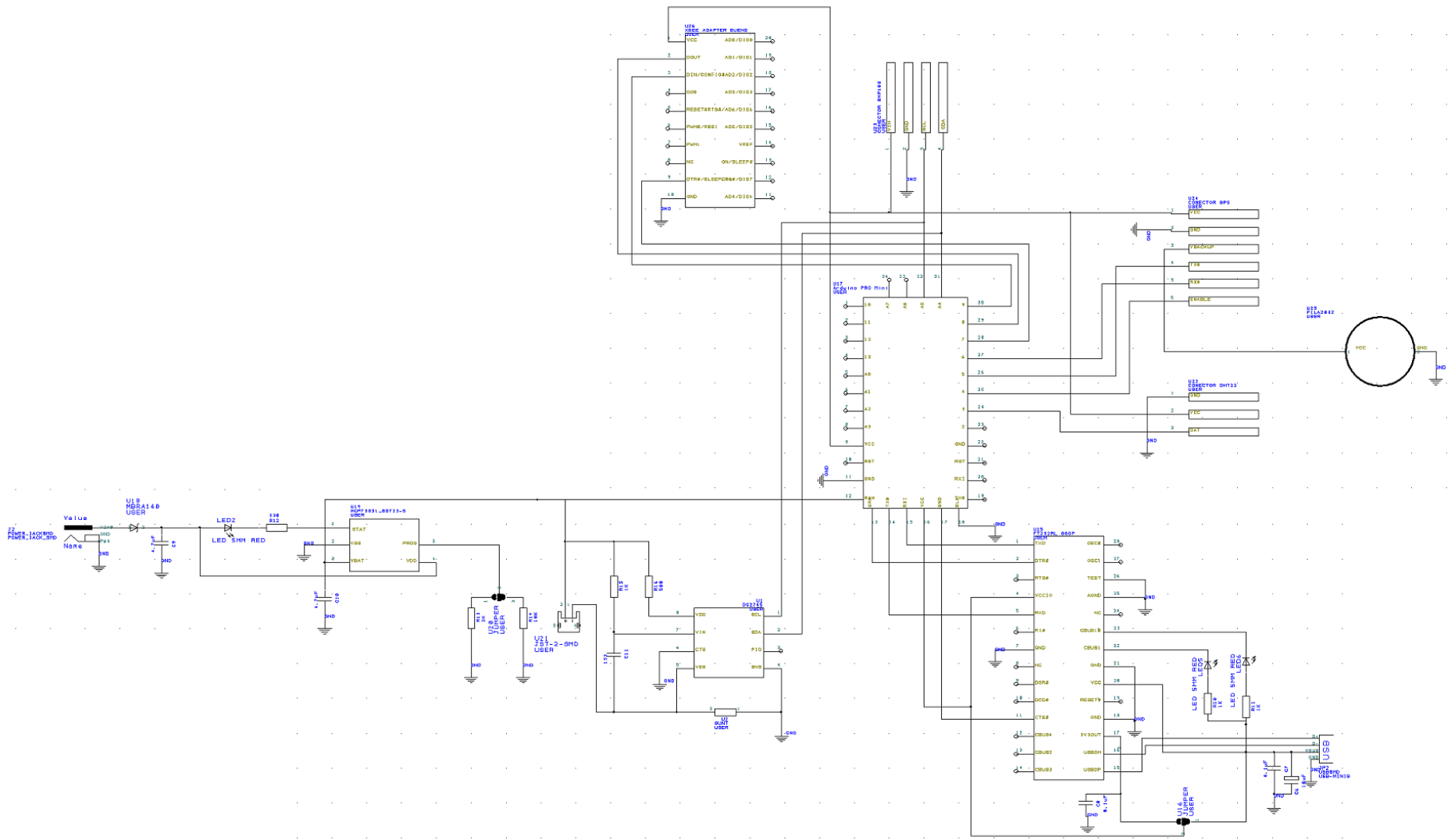
Beste arrazoia, datuen adierazpena 0x0000-tik hasi ordez, 0x7FFF-tik hasia izango litzateke (beti kontuan hartuta pisu gehieneko bita seinua adierazten duela), eta kontsumoa handitzen den heinean bitak gehitu ordez, hauen kenketa egitea. Hau zuzena dela frogatzeko hurrengo eragiketak egin beharko dira.

$$0x7FFF - 0x7F39 = 198 \rightarrow \text{Kontsumoa} = 198 * 0.0625 \text{ mA} = 12.375 \text{ mA}$$

Hala bada, suposizio hau zuzena da. Beraz, kontsumoaren neurketaren emaitza egokia lortzeko, aurreko eragiketa, programatutako kodean inplementatu beharko da.

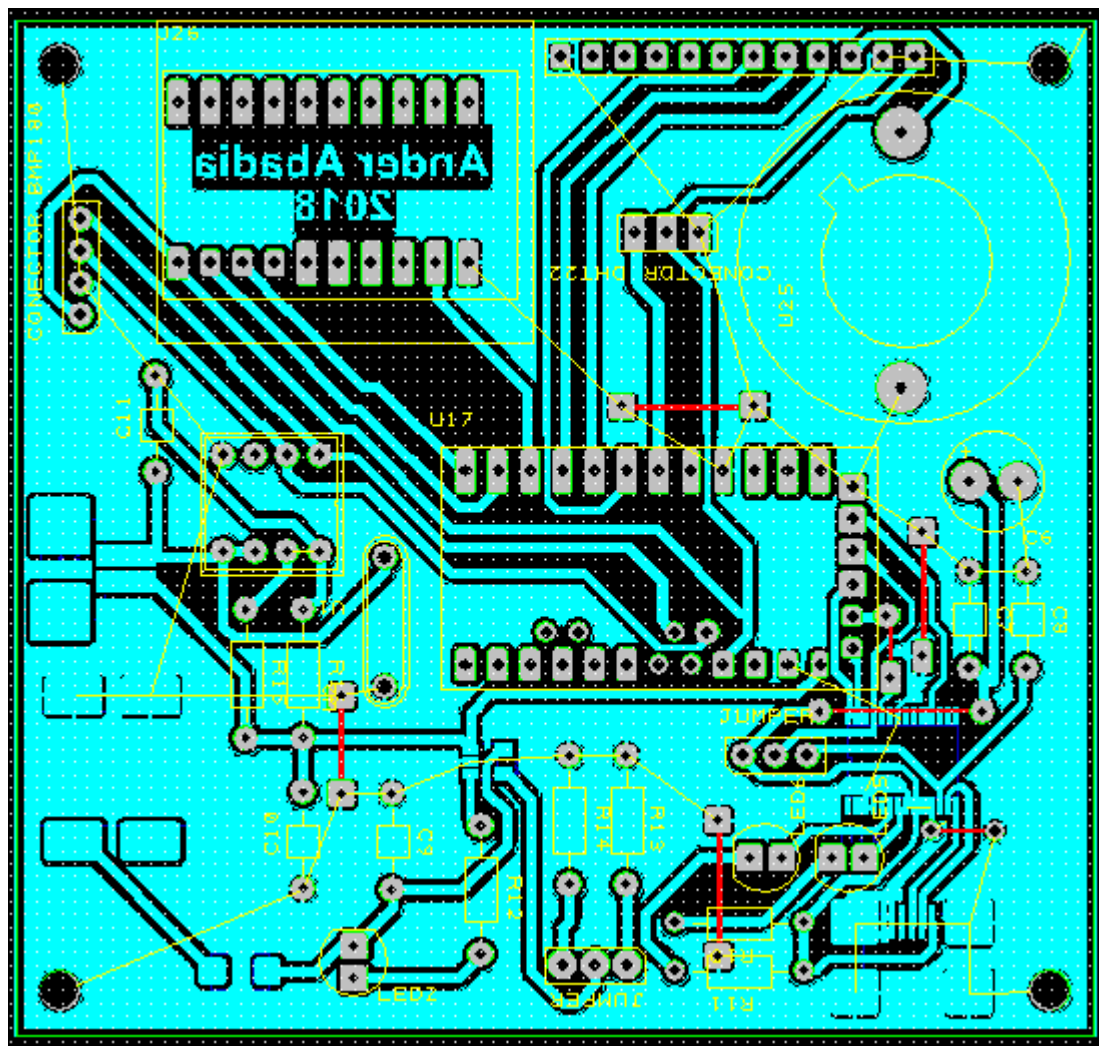
Behin arazo hau konponduta eta erantzun egokiak lortzen diren frogatu ondoren, kanpo behatokiaren PCB-an inplementatuko da. Honetarako, gainerako osagaiekin egin den era berean, DS2745 sentsorearen PCB eta eredu eskematikoa sortu beharko dira.

Atal honen hasieran adierazitako konexioak errespetatuz, kanpo behatokiaren zirkuitu eskematiko berria hurrengo izango da:



Irudia 39 Kanpo behatokiaren eskematikoa baterian neurgailuaren implementazioarekin

Zentuzkoa denez, neurgailu hau bateriara konektatuta egon behar denez, honen konektoretik hurbil kokatu beharko da, eroalezko bideak ahalik eta laburrenak izanik, horrela, konexioen arteko gurutzamenak eragotziz.



Irudia 40 Kanpo behatokiaren PCB diseinua bateria neurgailua inplementatua

9. PROIEKTU PLANA ETA PLANIFIKAZIOA

Proiektu honen plana bost fase ezberdinetan banandu da. Fase bakoitzaren barruan, lan unitate ezberdinak burutzen joan dira azkeneko emaitzara heldu arte.

Jarraian, fase eta lan pakete guztiak definituko dira.

- **1. Fasea: Hasiera.** Fase honetan, proiektuaren bizi-zikloari hasiera emango zaio eta honen norainokoak definituko dira.
- **2. Fasea: Planifikazioa:** Proiektuaren baldintzak kontuan hartuz, jarraituko diren prozesuen azterketa eta planifikazioa egingo da.
- **3. Fasea: Betearazpena:** Definitutako helburuak burutu ahal izateko jarraituko diren prozesuen betearazpena egingo da.
- **4. Fasea: Probak:** Lortutako emaitzen probak eta sortutako arazoen konponbidea bilatuko da.
- **5. Fasea: Itxiera:** Proiektuaren fase guztien formalizazioarako dokumentazioa egingo da.

1. LAN PAKETEA: HASIERA

- **1. Lan unitatea:** Norainokoen definitzea

Taula 14 Norainokoen definitzea

Iraupena	2 egun
Arduraduna	Ander Abadia, Oskar Casquero
Deskribapena	Proiektuaren norainokoak definitzea
Sarrerak	Proiektu honen oinarri proiektua
Beharrezko baliabideak	Word
Irteerak	Proiektuaren norainokoak

2. FASEA: PLANIFIKAZIOA

- **1. Lan unitatea:** Oinarri proiektuaren azterketa

Taula 15 Oinarri proiektuaren azterketa

Iraupena	15 egun
Arduraduna	Ander Abadia
Deskribapena	Oinarri proiektuaren azterketa eta informazioaren bilaketa
Sarrerak	Proiektu honen oinarri proiektua
Beharrezko baliabideak	Oinarri proiektuaren prototipoa
Irteerak	Proiektu honen garapenerako ezagutza

- **2. Lan unitatea:** Prozesuen planifikazioa

Taula 16 Prozesuen planifikazioa

Iraupena	10 egun
Arduraduna	Ander Abadia
Deskribapena	Proiektua garatzeko jarraituko diren prozesuen planifikazioa
Sarrerak	Proiektuaren helburuak
Beharrezko baliabideak	-
Irteerak	Prozesuen planifikazioa

3.FASEA: BETEARAZPENA

- **1. Lan unitatea:** Kanpo behatokiaren garapena

Taula 17 Kanpo behatokiaren garapena

Iraupena	45 egun
Arduraduna	Ander Abadia
Deskribapena	Kanpo behatokiaren diseinatzea
Sarrerak	Kanpo behat. protoboard modelo
Beharrezko baliabideak	DesignSpark PCB
Irteerak	Kanpo behatokiaren diseinua

- **2. Lan unitatea: Barne behatokiaren garapena**

Taula 18 Barne behatokiaren garapena

Iraupena	15 egun
Arduraduna	Ander Abadia
Deskribapena	Barne behatokiaren diseinuaren garapena
Sarrerak	Barne behatokiaren protoboard modeloa
Beharrezko baliabideak	DesignSpark PCB
Irteerak	Barne behatokiaren diseinua

- **3. Lan unitatea: Bateria maila eta kontsumo neurketen garapena**

Taula 19 Bateria maila eta kontsumoaren neurketen garapena

Iraupena	20 egun
Arduraduna	Ander Abadia, Oskar Casquero
Deskribapena	Bateria maila eta kontsumoaren neurketarako sistemaren garapena eta inplementazioa
Sarrerak	-
Beharrezko baliabideak	Arduino IDE, DS2745-ren datasheet-a, notepad++ eta I2C protokolo eta Arduinorako liburutegie buruzko ezagutza
Irteerak	Bateria maila eta kontsumoaren datuak

- **4. Lan unitatea: Fabrikazioa**

Taula 20 Fabrikazioa

Iraupena	5 egun
Arduraduna	Ander Abadia, Cesar Perez
Deskribapena	Bi behatoki fabrikazioa
Sarrerak	Bi behatoki diseinuak
Beharrezko baliabideak	Argi izpien makina, produktu kimikoak, soldagailua
Irteerak	Bi behatoki PCB-ak

4.FASEA: PROBAK

- **1. Lan unitatea: Emaizaren probak**

Taula 21 Emaizaren probak

Iraupena	3 egun
Arduraduna	Ander Abadia
Deskribapena	Prototipoen probak egitea
Sarrerak	Kanpo eta barne behatoki PCB-ak
Beharrezko baliabideak	-
Irteerak	Kontsumoaren irakurketan arazoak

- **2. Lan unitatea:** Arazoen konponketak

Taula 22 Arazoen konponketak

Iraupena	25 egun
Arduraduna	Ander Abadia, Oskar Casquero, Cesar Perez
Deskribapena	Irakurketaren arazoaren konpontzea
Sarrerak	Probetan sortutako arazoak
Beharrezko baliabideak	Analizagailu logikoa
Irteerak	Arazoen konponeta

5.FASEA: ITXIERA

- **1. Lan unitatea:** Dokumentazioaren idaztea

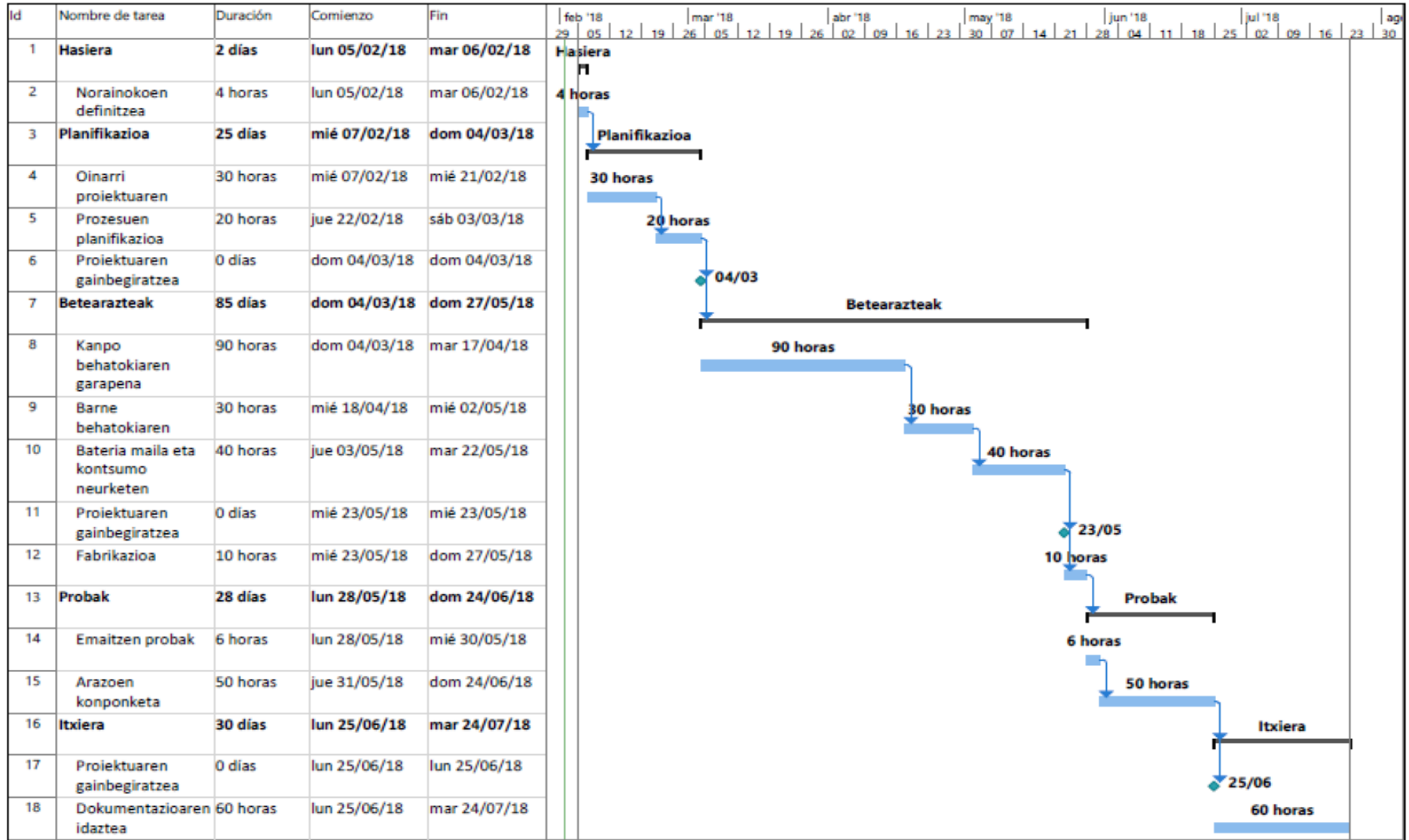
Taula 23 Dokumentazioaren idaztea

Iraupena	30 egun
Arduraduna	Ander Abadia
Deskribapena	Memoriaren idaztea
Sarrerak	Proiektuaren fase guztiak
Beharrezko baliabideak	Word, Excel, Project profesional
Irteerak	GrAL-aren memoria

Proiektuaren planifikazioaren egutegirako, hurrengo baldintzak izan dira kontuan:

- Egunero 2 orduz lan egingo da.
- Asteko egun guztietan lan egingo da, larunbat, igandea eta jaiegunak barne.
- Proiektuaren gainbegiraketarako 3 mugarri ezberdin definituko dira

Beraz, hau jakinda Gantt diagrama garatuko da.



Irudia 41 Gantt diagrama

10. AURREKONTUA

Jarraian, GrAL honetan garatuko den proiektuaren kostuak kalkulatu dira, bai diseinu, bai fabrikazio etapak kontuan hartuz. Hortaz, kalkuluak burutu ahal izateko, hurrengo faktoreak sartuko dira:

- **Barne orduak:** Langileek proiektuan lan egiten duten denbora. Ordu kostuak, langilearen esperientziaren eta erantzukizunaren menpe egongo da.
- **Amortizazioak:** Erabilitako makinaria eta tresneriaren zati proportzionalaren kostuak.
- **Gastuak:** Behatokiak ekoizteko beharrezko osagaien erosketa.
- **Fabrikazio prozesurako materiala:** PCB-en fabrikazio prozesurako erabilitako materialak.

Taula 24 Aurrekontua

BARNE ORDUAK				
		ORDUAK	ORDU-KOSTUA	GUZTIRA
INGENIARIA JUNIORRA		340 h	7 €/h	2.380,00 €
LABORATEGIKO TEKNIKARIA		10 h	35 €/h	350,00 €
ZUZENDARIA		15 h	70 €/h	1.050,00 €
			GUZTIRA	3.780,00 €
AMORTIZAZIOAK				
	EROSKETA-BALIOA	BIZITZA ERABILGARRIA	ERABILITAKO DENBORA	GUZTIRA
SOLDATZAILEA	150,00 €	5 URTE	5 h	0,02 €
ORDENAGAILUA	700,00 €	4 URTE	320 h	6,40 €
ANALIZATZAILE LOGIKOA	350,00 €	2 URTE	2 h	0,04 €
			GUZTIRA	6,46 €
GASTUAK				

OSAGAIAK

	PREZIOA		
	UNITATEAK	UNITATEKO	GUZTIRA
FT232RL	1	3,63 €	3,63 €
MCP73831	1	0,56 €	0,56 €
USB MINI KONEKTORA	1	1,36 €	1,36 €
2032 PILA	1	0,92 €	0,92 €
2032 PILARENTZAKO EUSKARRIA	1	0,88 €	0,88 €
ELIKADURA KONEKTOREA	1	3,32 €	3,32 €
BATERIA KONEKTOREA	1	0,44 €	0,44 €
DS2745 SENTSOREA	1	6,17 €	6,17 €
SCHOTTKY DIODOA	1	0,16 €	0,16 €
4,7 µF KONDETSADOREAK			
POLARIZATUA	2	0,13 €	0,26 €
10 µF KONDETSADOREAK			
POLARIZATUA	1	0,20 €	0,20 €
0,1 µF KONDETSADOREAK			
ZERAMIKOA	3	0,20 €	0,60 €
LED GORRIA	2	0,23 €	0,45 €
LED BERDEA	1	0,20 €	0,20 €
ERRESISTENTZIAK	10	0,10 €	1,00 €
SHUNT	1	0,48 €	0,48 €
		GUZTIRA	20,63 €
FABRIKAZIO PROZESURAKO MATERIALA			
	KANTITATEA	PREZIOA	GUZTIRA
PCB XAFLA	2	5,00 €	10,00 €
AZIDO KLOORHIDRIKOA	0,375 L	10 €/L	3,75 €
SODIO HIDROXIDOA	0,375 L	6,1 €/L	2,28 €
KATALIZATZAILEA	60g	40,27 €/Kg	2,41 €
EZTAINUA	10g	68,86 €/Kg	0,69 €
		GUZTIRA	19,13 €
		GUZTIRA	3.826,22 €
		EZUSTEKOAK (%5)	191,31 €
		GUZTIRA	4.017,54 €
		BEZ (%21)	843,68 €

GUZTIZKOA	4.861,22 €

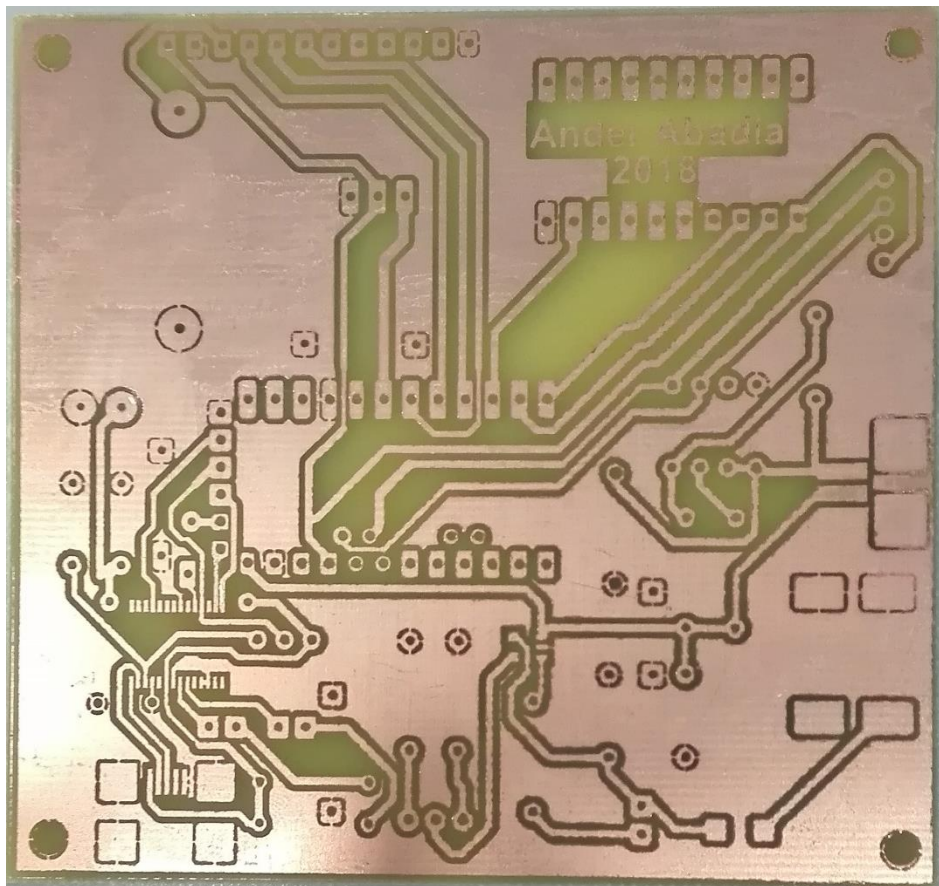
Hortaz, 24. taulan ikusi daitekeenez, eguraldi plataformako behatokiak eta ezaugarrien hobekuntzen diseinatze eta fabrikatzea 4861,22 €-ko kostua izango du. Garestiena diseinua fasea izango da, hemen igarotzen baita proiektuaren denborarik gehiena. Kasu honetan, produktu bakarra fabrikatuko denez, gastu guztiak unitate bakarrean esleituko dira, hala ere, etorkizun batean unitate gehiago fabrikatu nahi izatekotan, kostuak azko murriztuko lirateke.

11. EMAITZEN DESKRIBAPENA

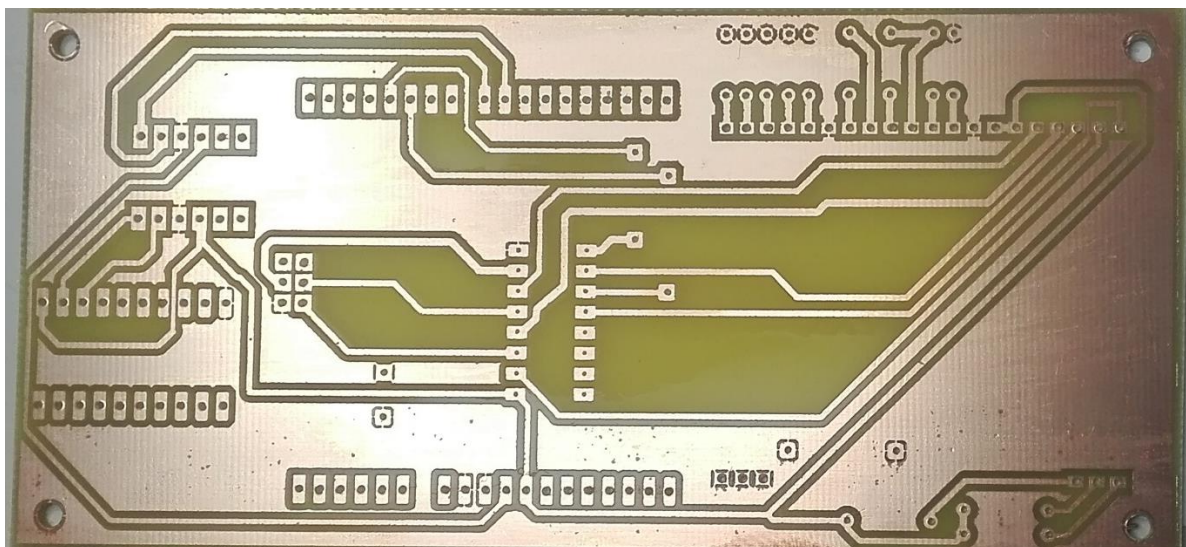
Diseinu prozesu guztia eginda, garatu den produktua fabrikatzeko ordua da. Honetarako, 6.1 atalean aukeratutako metodoa jarraituz, bi behatokiak PCB-ak ekoiztuko dira.

Kanpo behatokiari dagokionez, bateria neurgailua inplementatuta duen diseinua izango da ekoiztuko dena, hala ere, atal hau beste edozein erabiltzailerentzako interesgarria ez izatekotan, hobekuntza hau gabeko PCB-aren diseinua eskuragarri egongo da ere.

Beraz, prozesu kimikoa jasan ondoren, lortutako bi behatokiak emaitzak hurrengoak izango dira.



Irudia 42 Kanpo behatokiaren PCB-a



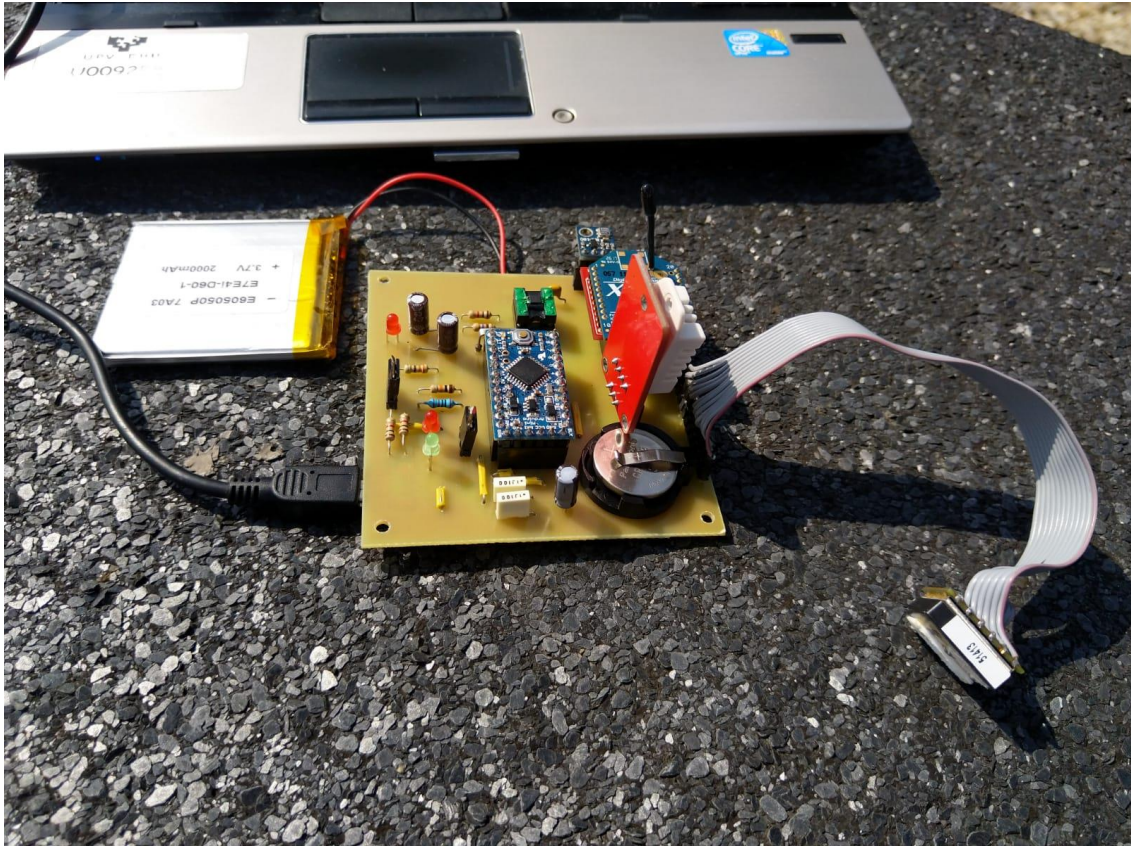
Irudia 43 Barne behatokiaren PCB-a

Behin PCB-ak fabrikatuta eta zirkuitu laburrak ez izatearen egiaztapenak egin ondoren, geratzen den bakarra osagaiak soldatzea izango da.

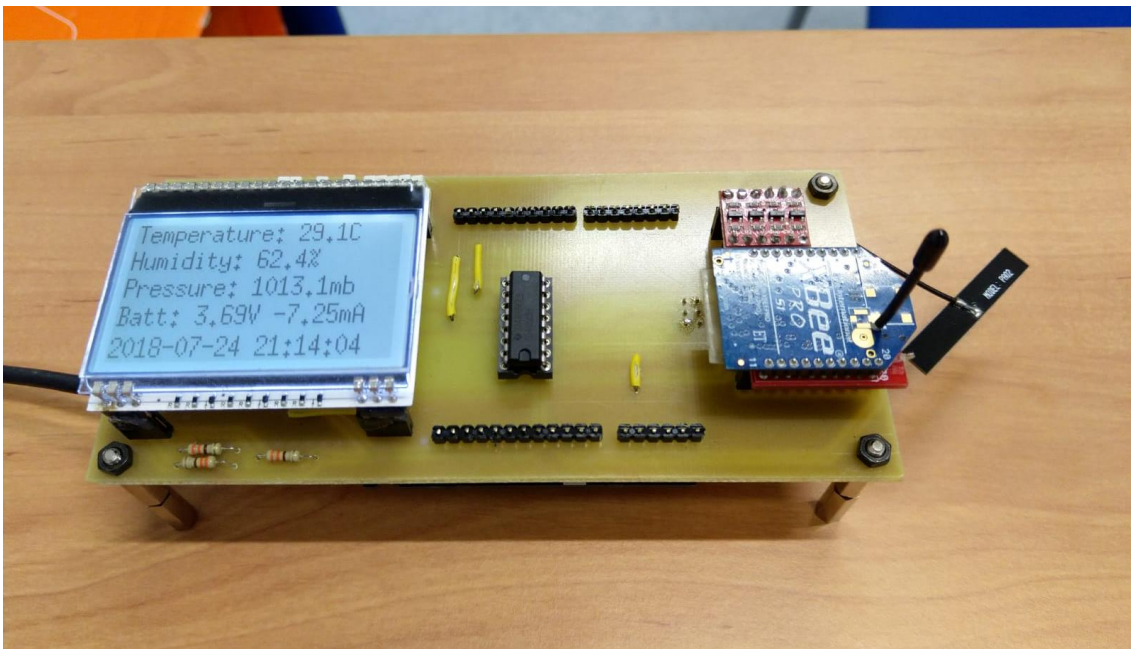
Emaitzen aldetik, produktu hon bat lortu dela esan daiteke, non, ikerkuntza proiektu batean erabiltzeko kapaza izango den. Tamainei dagokienez, kanpo behatokiak 86 x 81 mm-ko neurriak izango ditu, eta barne behatokiak, aldiz, 144 x 69 mm-ko dimentsioak aurkeztuko ditu. Hortaz, kutxa babesgarriak diseinatzerako orduan, neurri hauek kontuan izan beharko dira.

46. irudian ikus daitekeen moduan, PCB-ak modu egokian funtzionatzea lortu da, non datuak ondo neurtu, bidali eta jasotzen diren. Gainera, 47. irudian ikusi daitekeenez, datuak hodeira arazorik gabe igotzen dira, beraz, GrAL honen helburu guztiak betetzea lortu da.

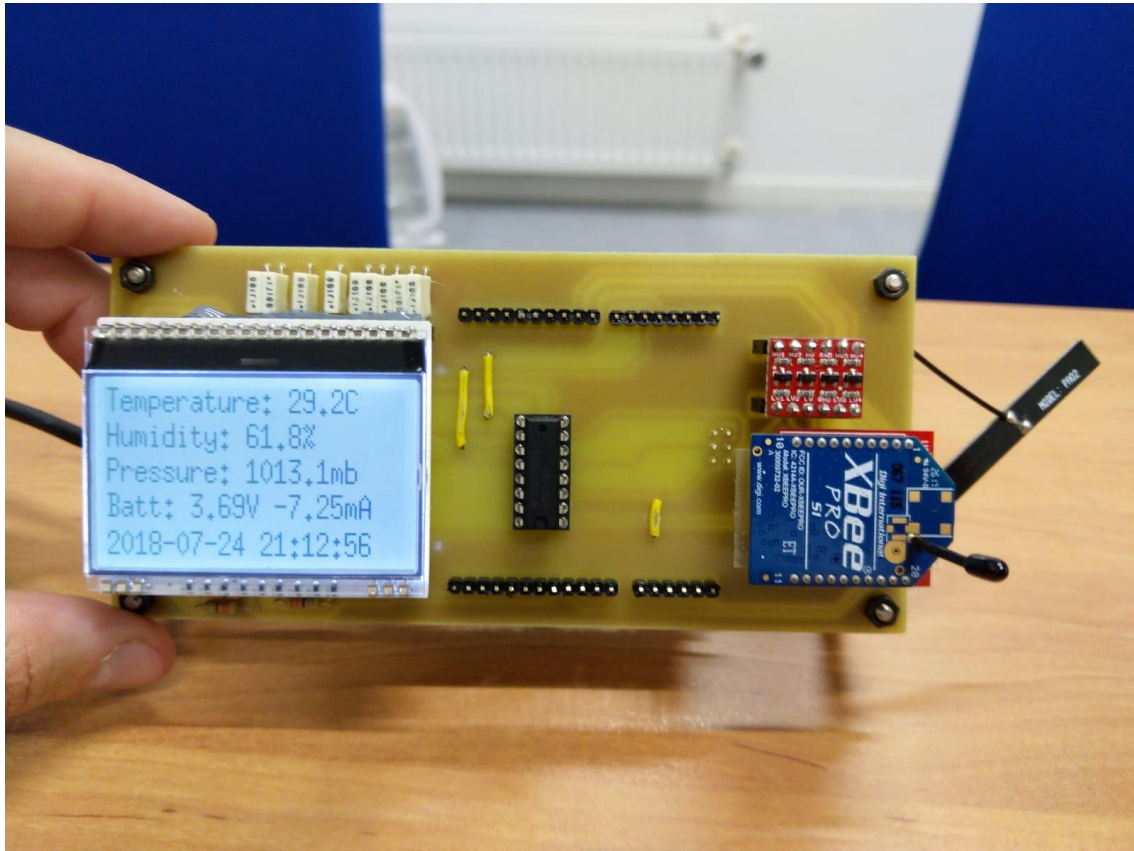
Garatutako emaitzei dagokienez, bi behatokiaren kodeak, PCB eta eskematikoen fitxategiak eta bateria neurgailuaren liburutegia hurrengo helbidean eskuragarri egongo dira: <https://github.com/kaskero/Cloud-connected-Weather-Station>



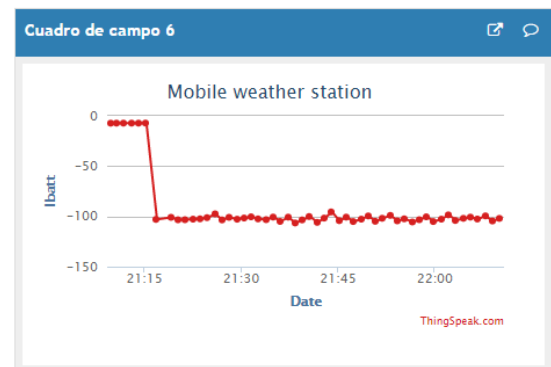
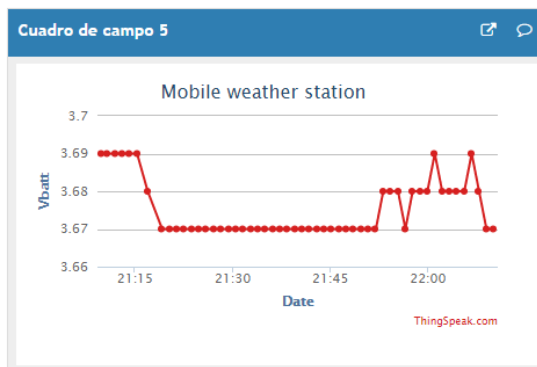
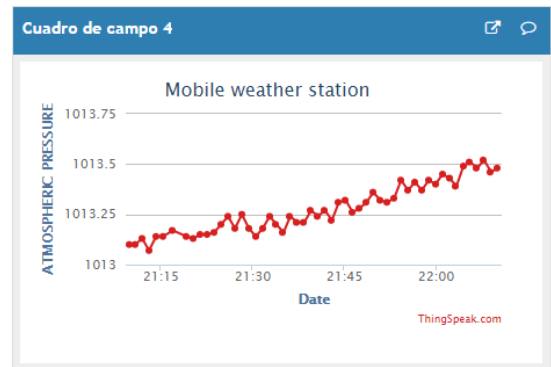
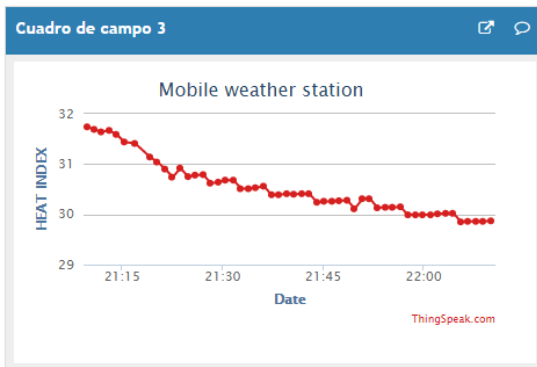
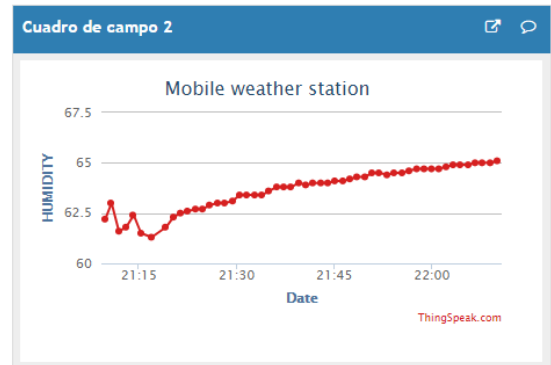
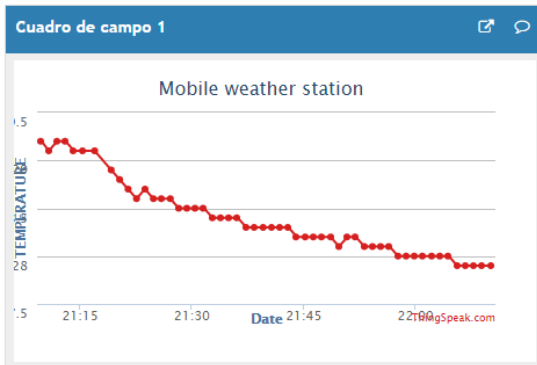
Irudia 44 Kanpo behatokia



Irudia 45 Barne behatokia



Irudia 46 Barne behatokiaren goiko bista



Irudia 47 Datuak ThingSpeak-era igota

12. ONDORIOAK

Behatoki hauentzako PCB-en garapenekin, proben fasean zegoen eguraldi plataformari, benetako aplikazio batean erabili ahal izateko egitura ematea lortu zaio. Oraindik asko hobetu daitekeen produktu bat izan harren, proposatutako helburuak betetzea lortu dira, jatorrizko funtzio berdinak mantentzeaz gain, GPS-aren datuen lorpenen denbora azkartuz eta bateria maila eta kontsumoaren datuak lortuz.

Sentsoreei dagokienez, teknologia faltagatik ezin izan dira PCB-ra konektatzeko konektoreak fabrikatu. Hala ere, pin tirak erabiliz, itxuraren aldetik emaitza bera lortu ez arren, sentsoreak PCB-ra konektatzea lortu da.

Esperientzia pertsonalaren ikuspuntutik, GrAL honen garapenari esker, PCB-en diseinu eta fabrikazio mundua ezagutzen hasiz gain, beste hainbat jakintza barneratu ditut. Hauen artean, I2C protokoloaren funtzionamendu zehatza eta honen programazioaren gauzatzea, liburutegien funtzionamendu eta eraketa, GPS-en datuen lorpena,...

Hortaz, benetako aplikazio batean erabiltzeko produktu bat sortzeaz gain, GrAL hau, hainbat ezagutza ezberdin barneratzeko balio izan zait.

13. ETORKIZUNERAKO LANA

Sistema elektronikoa bat beti hobetu daitekeen gailua da, bai hardware bai software aldetik. Beraz, GrAL honetan garatutako proiektuak hasieran definitutako helburuetara heldu arren, hainbat hobekuntza egin daitezke. Jarraian, etorkizun batean egin beharko liratekeen hobekuntzarik garrantzitsuenak definituko dira.

- **Sentsoreentzako konektoreak:** Dokumentazioan zehar aipatzen joan denez, teknologia faltagatik ezin izan dira sentsoreentzako konexioentzako konektoreak fabrikatu. Beraz, etorkizunerako lehenengo lana, konexioak hainbeste errazten duten osagai hauek inplementatzea izango litzateke.
- **MPPT-a lortzea:** Proiektu honetan integratu den elikadura kudeatzaileak ondo funtzionatu harren, ez du eguzki plakak eman ahal dezakeen potentzia maximoa lortzen. Beraz, etorkizun batean, elikaduraren ikuspuntutik etekin handiago bat lortu nahi bada, MPPT-a (Maximun Power Point Tracker) lortzen duen modulu bat integratu beharko litzateke, eguzki plakaren tentsioaren eta korrontearen arteko oreka lortuz, eta honela, potentzia maximoaren puntua kontrolatuz.
- **Atmega2540 mikroprozesadorea integratu:** Arduino pro miniak erabilitako Atmega328 μ P-a ondo funtzionatu harren, Atmega2450-arekin errendimendu handiago bat lortuko da. Hobekuntza hau bi arrazoiengatik gomendatzen da nagusiki. Hasteko, lehenengo arrazoa prozesadore honen serie komunikaziorako pinetan dago. Atmega328-ak serie komunikaziorako portu bakarra duenez (normalean programagailurako erabiltzen dena), GPS eta XBee-arekin komunikazioa ahalbidetzeko, software bidez emulatzeko beharra dago, eta honek, errendimendu handia suposatzen du Atmega328-rako. Atmega2540-ak komunikazio honetarako portu gehiago dituenez, ez da arazo hau agertuko. Eta bigarren arrazoi, float aldagaietan dago. Laburbilduz, GPS-aren kokapena arinago lortu ahal izateko, sateliteen koordenatuak gordetzen dira. Atmega2540-ak prozesamendu ahalmen handiagoa duenez, koordenatu hauen zehaztasun handiago bat gordetzea lortzen du, datuen lorpenaren prozesua arinduz.

14. EZKERTZEAK

Lehenik eta behin, eskerrak ematea Cesar Perez Barrio-ri, garapen teorikoetan esku bat emateaz gain, bere laguntzarik gabe, proiektu honen fabrikazioa ez litzatekelako posible izango.

Gainera, eskerrak ematea Oscar Casquero-ri, proiektu honen garapenean parte hartzeko aukera emateagatik eta hainbat ezagutza ezberdin barneratu ahal izateko laguntzagatik.

15. BIBLIOGRAFIA

- Arduino Pro Mini*. (2018.eko Apirilak). <https://learn.sparkfun.com/tutorials/using-the-arduino-pro-mini-33v> helbidetik eskuratua
- BMP 180*. (2018.eko Martxoak). <http://randomnerdtutorials.com/guide-for-bmp180-barometric-sensor-with-arduino/> helbidetik eskuratua
- ClimaStick V2*. (2018.eko Ekainak). <https://thinger.io/product/climastick-v2/> helbidetik eskuratua
- Design Spark*. (2018.eko Otsailak). <https://designspark.zendesk.com/hc/en-us/categories/201145765-DesignSpark-PCB> helbidetik eskuratua
- DHT22*. (2018.eko Martxoak). <https://www.banggood.com/AM2302-DHT22-Temperature-And-Humidity-Sensor-Module-For-Arduino-SCM-p-937403.html> helbidetik eskuratua
- Dilution of precision (navigation)*. (2018.eko Apirilak). [https://en.wikipedia.org/wiki/Dilution_of_precision_\(navigation\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Dilution_of_precision_(navigation)) helbidetik eskuratua
- DOMG128*. (2018.eko Maiatzak). <https://www.lcd-module.com/eng/pdf/grafik/dogm128e.pdf> helbidetik eskuratua
- DS2745 Datasheet-a*. (2018.eko apirilak). <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS2745.pdf> helbidetik eskuratua
- FTDI Eskematikoa*. (2018.eko ekainak). <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/BreakoutBoards/FTDI%20Basic-v22-3.3V.pdf> helbidetik eskuratua
- GPS Basics*. (2018.eko Apirilak). <https://learn.sparkfun.com/tutorials/gps-basics#gps-accuracy-> helbidetik eskuratua
- GPS SBAS*. (2018.eko Apirilak). <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/what-gnss/what-sbas> helbidetik eskuratua
- NanoEnvi Met*. (2018.eko ekainak). <https://enviraiot.es/nanoenvi-met/> helbidetik eskuratua
- PCB Diseinuak*. (2018.eko Otsailak). <http://www.convertronic.net/Diseno/2013-10-31-09-58-46.html> helbidetik eskuratua
- SparkFun Battery Babysitter*. (2018.eko apirilak). <https://learn.sparkfun.com/tutorials/battery-babysitter-hookup-guide> helbidetik eskuratua

SparkFun USB Lipo Charger. (2018.eko Martxoak).
<https://learn.sparkfun.com/tutorials/battery-babysitter-hookup-guide>
helbidetik eskuratua

ThingSpeak. (2018.eko Ekainak). <https://thingspeak.com/channels/546370> helbidetik eskuratua

Wikipedia I2C. (2018.eko Maiatzak). <https://es.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C> helbidetik eskuratua

Wikipedia IoT. (2018.eko Otsailak).
https://es.wikipedia.org/wiki/Internet_de_las_cosas helbidetik eskuratua