

INDUSTRIA ELEKTRONIKOAREN ETA AUTOMATIKAREN  
INGENIARITZA GRADUA

# GRADU AMAIERAKO LANA

**ENERGIA FOTOVOLTAIKOA ERABILIZ INGURUNeko  
TENPERATURA ETA HEZETASUNA ANTZEMATEKO EKIPO  
ERAMANGARRI BATEN DISEINUA, SIMULAZIOA ETA  
PROTOTIPAKETA**



**Ikaslea:** Martinez Garcia, Ruben

---

**Zuzendaria:** Otaegi Aizpeolea, Aloña

---

**Ikasturtea:** 2023-2024

---

**Data:** Bilbo, 2023ko irailaren 22a

# Laburpena

Energia fotovoltaikoa erabiliz inguruneko tenperatura eta hezetasuna antzemateko ekipo eramangarri baten diseinua, simulazioa eta prototipaketa izeneko gradu amaierako lanaren berri ematen du dokumentu tekniko honek.

Eguzki energia hartu eta plaka fotovoltaiko baten bitartez elektriko bihurtzen da, bateria batetan bilduko dena. Horretarako buck erreguladore konmutatu bat diseinatu da: plakaren tentsioa 6 V-etik 4,2 V-era jaitsi egiten da, ATmega328 U mikrokontroladoreak sortzen duen PWM seinale baten duty cycle-a aldatuz.

Bateriak zirkuitua elikatzen du. DHT22 sentsoarek tenperatura eta hezetasun datuak biltzen ditu eta datu horiek bi modutara bistaratzen dira: alde batetik prototipoan bertan OLED pantaila bat erabiliz eta bestetik, HC-05 bluetooth gailuaren bitartez mugikorreko aplikazio batetan.

Diseinua egin eta gero, simulazioak garatu dira Proteus programaren bitartez eta funtzionamendu egokia bermatu ostean, protoboard batetan egin dira muntaketak. Gero, Proteusen bitartez baita ere, layout bat diseinatu da eta PCB batetan fabrikatu da prototipoa.

Amaitzeko, prototipoa babesteko eta eramangarria izateko, Solid Edge bitartez diseinatu da karkasa eta 3D inprimagailu bat erabiliz fabrikatu da.

**Hitz-gakoak:** energia fotovoltaiko, mikrokontroladore, buck bihurgailu, PWM, layout, ekipo eramangarri.

# Resumen

Este documento técnico da cuenta del trabajo de fin de grado titulado Diseño, simulación y prototipado de un equipo portátil para detectar la temperatura y humedad del medio utilizando energía fotovoltaica.

La energía solar se capta y se convierte en eléctrica mediante una placa fotovoltaica que se almacenará en una batería. Para ello se ha diseñado un regulador buck conmutado, la tensión de la placa varía de 6 V a 4,2 V cambiando el duty cycle de una señal PWM que produce el microcontrolador ATmega328 U.

La batería alimenta el circuito. El sensor DHT22 recoge datos de temperatura y humedad que se visualizan de dos maneras: por un lado utilizando una pantalla OLED en el propio prototipo y por otro, a través del dispositivo HC-05 bluetooth en una aplicación de móvil.

Una vez realizado el diseño, se han desarrollado simulacros a través del programa Proteus y tras garantizar su correcto funcionamiento, se han realizado montajes en un protoboard. Posteriormente, también a través de Proteus, se ha diseñado un layout y se ha fabricado el prototipo en un PCB.

Finalmente, para proteger el prototipo y ser portátil, la carcasa se ha diseñado con Solid Edge y se ha fabricado utilizando una impresora 3D.

**Palabras clave:** energía fotovoltaica, microcontrolador, convertidor buck, PWM, layout, equipos portátiles.

# Abstract

This technical document reports on the final degree work called design, simulation and prototyping of portable equipment to detect environmental temperature and humidity using photovoltaic energy.

It takes solar energy and becomes electric by means of a photovoltaic plate, which will be stored in a battery. A switched buck regulator has been designed for this purpose. The voltage of the plate varies from 6 V to 4.2 V by modifying the duty cycle of a PWM signal produced by the ATmega328 U microcontroller.

The battery feeds the circuit. the DHT22 sensor collects temperature and humidity data that are visualized in two ways: on the one hand in the prototype itself using an OLED screen and on the other through the HC-05 bluetooth device in a mobile app.

After the design, simulations have been developed through the Proteus program and, after ensuring proper operation, assemblies have been conducted on a protoboard. Then, also through Proteus, a layout has been designed and the prototype has been manufactured on a PCB.

Finally, to protect the prototype and make it portable, the housing has been designed through Solid Edge and manufactured using a 3D printer.

**Keywords:** photovoltaic power, microcontroller, buck converter, PWM, layout, portable equipment.

## Aurkibidea

1.	Sarrera .....	1
1.1	Proiektuaren motibazioa.....	1
1.2	Proiektuaren onura .....	2
1.3	Dokumentazioaren egituraketa.....	2
2.	Helburuak.....	4
3.	Goi mailako diseinua.....	5
4.	Alternatiben analisia.....	6
4.1	Bateria .....	6
4.2	Mikrokontroladorea.....	9
4.3	Hezetasuna eta tenperatura sentsorea .....	12
5.	Oinarri teorikoak.....	15
5.1	Mikrokontroladorea.....	15
5.2	Elikadura iturria.....	16
5.3	DHT22 Sentsorea.....	17
5.4	Bistaraketa.....	18
6.	Kalkulu teorikoak.....	21
6.1	Buck bihurgailua.....	21
6.2	Erreduktore lineala (L53B).....	22
6.3	Tentsio zatitzailea .....	23
7.	Behe mailako diseinua eta simulazioa .....	24
7.1	Simulazioa.....	25
7.2	Programazioa .....	29
8.	Prototipaketa eta muntaketa .....	31
8.1	Protoboard-eko probak .....	31
8.2	PCB diseinua .....	38
8.3	Karkasaren diseinua.....	41
9.	Ekipo eramangarriaren egiaztapena .....	44
10.	Planifikazioa .....	47
11.	Kostu ekonomikoak.....	51
11.1	Giza baliabideen kostua .....	51
11.2	Beharrezko materialen kostua.....	51
11.3	Kostu totala .....	54

12. Ondorioak.....	55
13. Bibliografia.....	56
I. Eranskina. Programazioa.....	58
II. Eranskina. Ezaugarri orriak.....	61

## Irudien aurkibidea

1. Irudia. Goi mailako diseinua.....	5
2. Irudia. Buck bihurgailua.....	17
3. Irudia. APP Inventor-en interfaze grafikoa.....	19
4. Irudia. App Inventor-en programatzeko interfazea.....	19
5. Irudia. L53B erreguladore lineala.....	22
6. Irudia. Tentsio zatitzailearen eskema.....	23
7. Simulazio eskema osorik.....	24
8. Irudia. Buck bihurgailua pultsu sorgailuarekin.....	26
9. Irudia. PWMa Arduinoaren bidez.....	26
10. Irudia. PWM seinalea alderantzikatuta.....	27
11. Irudia. Buck bihurgailua Arduinoarekin.....	27
12. Irudia. ATmega328U mikrokontroladorearen simuazioa.....	28
13. Irudia. Erreguladore linealaren eskema.....	28
14. Irudia. Fluxu-diagrama.....	29
15. Irudia. Bootloaderra erretzeko konexioak.....	31
16. Irudia. Programa kargatzeko konexioak.....	32
17. Irudia. ATmega328U mikrokontroladorea.....	32
18. Irudia. ATmega328U sortzen duen PWMa.....	33
19. Irudia. Anplifikazio zirkuitua.....	33
20. Irudia. PWMa alderantzikatuta osziloskopioan.....	34
21. Irudia. Bigarren MOSFETa P-Channel motakoa.....	34
22. Irudia. Buck bihurgailua protoboard-ean.....	35
23. Irudia. OLEDaren konexio zirkuitua.....	36
24. Irudia. DHT22 sentsoarearen konexio zirkuitua.....	36
25. Irudia. HC-05 Bluetooth-aren konexio zirkuitua.....	37
26. Irudia. PCBaren konexio eskema.....	38

27. Irudia. Insoladorea erabiliz pistak plakan grabatu.....	39
28. Irudia. Errebelatze prozesua.....	39
29. Irudia. Erasotze prozesua.....	40
30. Irudia. Plakaren soldadura eta prototipoa.....	41
31. Irudia. Karkasaren diseinua 3D-n.....	42
32. Karkasaren plano akotatuak.....	43
33. OLED-aren funtzionamendua.....	44
34. HC-05 bluetooth-aren funtzionamendua.....	45
35. Bateriarekin bakarrik funtzionatzen.....	45
36. Irudia. Gantt-en diagrama.....	50



## Taulen aurkibidea

1. Taula. Baterien arteko konparaketa.....	9
2. Taula. Mikrokontroladoreen arteko konparaketa .....	12
3. Taula. Hezetasun eta tenperatura sentsoarearen arteko konparaketa.....	14
4. Taula. Giza baliabideen kostua .....	51
5. Taula. Osagaien kostua .....	52
6. Taula. Laborategiko ekipamenduaren kostua .....	53
7. Taula. Software lizentzien kostua .....	54
8. Taula. Beharrezko materialen kostua.....	54
9. Taula. Kostu totala .....	54

# 1. Sarrera

---

Proiektu honetan, aplikazio bat garatuko da non kaleko tenperatura eta hezetasuna bistaratuko diren. Dakigunez, hainbat aplikazio daude datu hauek bistaratzen dutenak baina gehienak ez dira hain fidagarriak, hau da, bere zehaztasuna ez da hain zehatza errealarekin konparatuz. Horregatik proiektuaren diseinua burutzeko beharrezko diren argibideak aurkezten dira, horrelako prototipo baten funtzionamendu aztertuz.

Munduko kutsaduraren kontzentrazioa jaisteko hainbat herrialdek legeak ezarri dituzte, haien artean Agenda 2030ko plana, Nazio Batuen Erakundearen eskutik. Plan hau 2015ean NBEk onartu zuen eta 17 helburu definitu zituen [1]. Helburu hauen artean, aldaketa klimatikoa, pertsonen arteko berdintasuna, probeziarekin eta gosearekin amaitu eta lan txukuna eta hazkunde ekonomikoa sustatzea daude. Agenda 2030ko helburuak ikusita, xede batzuk gradu amaierako lan honekin lotura dute: prototipoa funtzionatzeko sare elektrikora konektatu beharrean eguzki energia erabiliko da, hau da, energia fotovoltaikoa erabiliz funtzionatuko du, beraz, 7. helburuarekin lotu daiteke. Honi esker, energia kontsumoa aurrezten da ekonomikoki eta kutsaduraren aldetik.

## 1.1 Proiektuaren motibazioa

Diseinu eta muntaketa lan hau garatzeko motibazio nagusia eguzki-energiaren aplikazio erreal bat aztertzea izan da. Izan ere, iturri mota hau gero eta gehiago erabiltzen da, beraz, garrantzitsua izan daiteke energia fotovoltaikoak batera batean metatzeko zer nolako funtzionamendua duen eta zer zirkuitu mota behar dituen jakitea.

Bestalde, gailu bat garatzea eta ikasi dudan guztia aplikatzea gailu bat diseinatzeko beste motibazio handi bat izan da proiektua aurrera eramateko. Ikasi duzun bitartean ez zenekien gauza batzuk zertarako erabiltzen ziren edota non aplikatu ahal ziren. Baina orain, gailu bat garatzeko aurrean zaudenean, konturatzen zara ikasitako guztia oso erabilgarria dela.

## 1.2 Proiektuaren onura

Proiektu honen onurak azaltzeko hurrengo hiru arlotan sailkatuko dira: Onura teknikoak, sozialak eta ekonomikoak.

Onura teknikoei dagokionez, tenperatura eta hezetasuna jakiteko gailu eramangarri hauek ez dira erabiltzen. Badaude hainbat aplikazio datu hauek bistaratzen dutenak baina gehienak ez dira oso zehatzak. Beraz, gailu honekin zehaztasun ahalik eta altuena izatea sailtuko da. Eta gainera, eguzki energia erabiltzeari esker, edonora eraman daiteke.

Alderdi sozialaren aldetik, herrialde azpigaratuenetan erabili dezakete, hauek sare elektrikorik ez dute baina ez da beharrezkoa eguzki energiarekin funtzionatzen duelako. Horrez gain, energia berriztagarria erabiltzen denez ingurune inpaktua murriztea lagunduko du.

Bukatzeko, arlo ekonomikoari dagokionez, tenperatura eta hezetasuna jakiteko bakarrik aplikazioetik eskuratu daiteke, eta aplikazio horiek mugikorretan edo ordenagailuetan daude, hauek garestiak direnak. Hortaz, proiektu honen bitartez, prototipo merke eta eskuragarri bat egitea posiblea dela demostratu nahi da. Horretarako, beharrezko osagai merkeenak eskuratu dira, horrela, lehen esan den bezala, herrialde azpigaratuenetan prototipo hau ere eskuratu dezakete.

## 1.3 Dokumentazioaren egituraketa

Dokumentu honetarako proiektuaren diseinua burutzeko beharrezkoak diren argibideak aurkezten dira. Lehenik eta behin, proiektuaren helburuak zehaztuko dira, hau da, lana burutzerakoan lortu nahi diren xede desberdinak. Jarraian, diseinu orokorraren bitartez, sistema osatzen duten elementuak adieraziko dira.

Laugarren puntuan, alternatiben analisisa egongo da. Bertan, osagai bakoitzaren soluzio posibleak aztertu eta egokiena aukeratuko da. Bestetik, oinarri teorikoan proiektuarentzat beharrezko elementu horien funtzionamendu teknikoa garatuko da.

Gero, diseinua egiteko beharrezko kalkulu teorikoak egiten dira. Kalkuluak egin eta gero, proiektuaren atalik garrantzitsuena azalduko da, diseinatutako prototipoaren behe mailako diseinua eta simulazioa eta beharrezko programazioa hain zuzen.

Bestetik, zortzigarren puntuan prototipoaren fabrikazioa egongo da. PCBarekin hasi baino lehen, protoboard-ean simulazioan egindako probak egin dira emaitzak egokiak direla ziurtatzeko. Behin emaitzak zuzenak direnean, PCBa diseinatu, fabrikatu eta funtzionamendua egokia duela ikusiko da.

Horren ostean, proiektuaren plangintza azalduko da, Gantt-en diagrama aurkeztuz. Gero, hamargarren puntuan, proiektuaren aurrekontua azalduko da. Amaitzeko, ondorioetan, proiektuak eragindako arazoak eta hobekuntza posibleak aztertu dira.

## 2. Helburuak

---

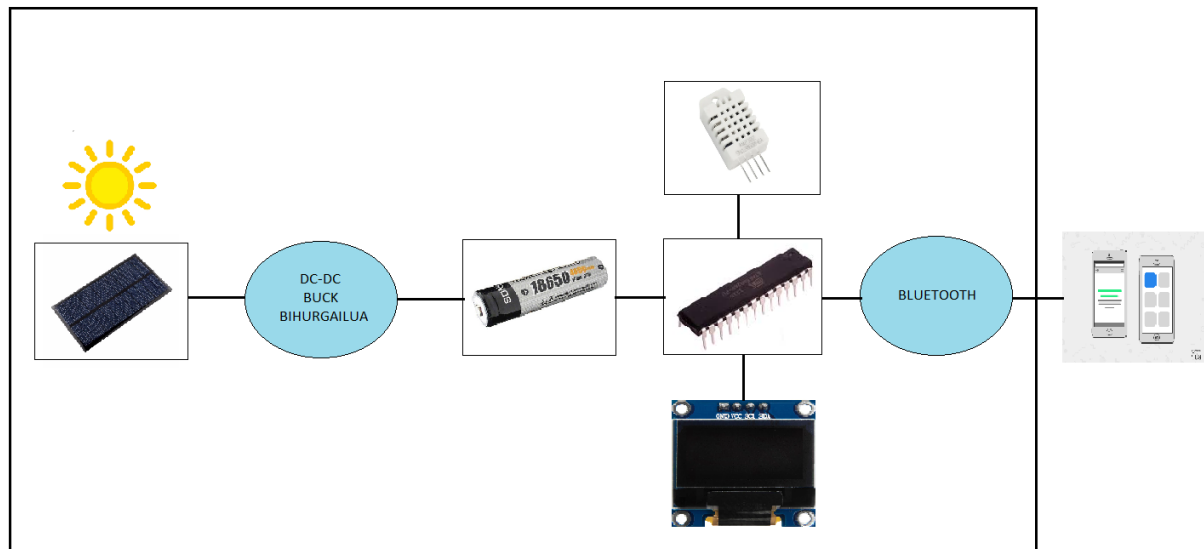
Proiektu honen helburu nagusia energia fotovoltaikoa erabiliz inguruneko tenperatura eta hezetasuna antzemateko gailu eramangarri bat diseinatzea eta lortutako emaitzak mugikorreko aplikazio batean erakustea da. Energia hori eguzkitik jasoko da plaka fotovoltaikoen bitartez eta bateria batean gordeko da mikrokontroladorea eta behar diren osagaiak elikatzen. Aurkeztutako helburua, hainbat azpi-helburutan banatu daiteke, jarraian aurkezten direnak:

- **Sistemaren diseinua.** Osagai egokiak aukeratzeko diseinu teorikoaren eta kostu ekonomikoaren arabera izango da. Horretarako, hainbat alternatiba analizatuko dira.
- **Simulazioa eta programazioa.** Energia fotovoltaikoarekin kargatzen den bateriaren zirkuitu elektronikoa diseinatzea simulazioaren bidez. Eta mikrokontroladorea programatu, honi konektatuta dauden osagaiak era optimoan funtzionatzeko.
- **Inplementazio fisikoa egiten ikasi.** Proteus programa erabiliko da egindako zirkuitu elektronikoa PCB batera pasatzeko.
- **Mugikorreko aplikazioak egiten ikasi.** Sentsoretik lortuko diren emaitzak mugikorrean erakustea. Horretarako, aplikazio bat sortzea eta prototipo fisikoarekin bluetooth komunikazioa ezartzea beharrezkoa da.

Azkenik, proiektu hau egiteko bete nahi dudana helburu pertsonala hardware mikroprozesadoreen teknologiarik buruzko ezagutza hobea izatea da, kasu honetan Arduino programari buruz eta sistema mota hau nola egokitu gailu mugikorrekin erabiltzeko.

### 3. Goi mailako diseinua

Proiektu hau ulertzeko aurrerago garatuko diren moduluak zeintzuk diren ulertu beharra dago. Hurrengo irudian, proiektuaren bloke nagusien berri ematen da:



#### 1. Irudia. Goi mailako diseinua

Eguzki-energia aprobetxatzeko eguzki-panelak erabiliko dira energia biltegitzeko. Honen helburua, eguzki-energia energia-elektroa bihurtzea da.

Emandako energia elektriko hori bateria batek jasoko du. Horretarako, DC/DC buck bihurgailu bat diseinatuko da, plaka fotovoltaikoak ematen duen tentsioa bateriak behar duen tentsioa baino handiagoa denez tentsioa hau baxuagoa bihurtzeko. Horrela, irteeran nahi den tentsioa lortuko da sistema osoa elikatzeko.

Azkenik, Oled pantaila, tenperatura eta hezetasun sentsorea eta bluetooth-a kontroladorearekin konektatuta egongo dira. Alde batetik, Oled pantailak tenperatura eta hezetasun sentsoretik jasotako datuak bistaratuko ditu eta bateriaren egoera zein den ere. Bestetik, bluetooth-a diseinatutako aplikazioarekin konexioa egiteko erabiliko da.

## 4. Alternatiben analisia

---

Tenperatura eta hezetasuna hartzen duen prototipoa diseinatzerako orduan garrantzitsua izango da hainbat ezaugarri aztertzea alternatiba guztietatik osagairik egokienak aukeratzeko. Horretarako, beharrezkoa izango da elementu nagusien alternatiba desberdinen arteko konparaketa egitea.

Hau kontuan izanik, atal honetan aztertuko diren elementuak bateria, mikrokontroladorea eta hezetasun sentsorea izango dira. Kasu guztietan alternatiben deskribapena eta analisia burutuko da.

Alternatiba ezberdinen analisia egiteko, batura haztatua (BH) deituriko prozedura erabiliko da. Lehenik eta behin, faktore batzuk zehaztuko dira eta bakoitzari pisu bat esleituko zaio alternatibaren barruan duten garrantziaren arabera. Ondoren, aztertutako faktore bakoitzaren barruan alternatiba bakoitzari nota bat esleituko zaio. Azkenik, hurrengo formula erabiliz aukera egokiena zein den zehaztuko da. BH handiena duen alternatiba aukeratuko da.

$$BH = \sum_i^n p_i \cdot x_i \quad (1)$$

Non, p faktorearen pisua den, x emandako kalifikazioa eta BH batuketa haztatuaren emaitza.

### 4.1 Bateria

Bateria elektrikoak gelaxka elektronikoz osaturiko gailuak dira eta pilaturiko energia kimikoa energia elektriko bihurtzen dute. Kasu honetan, eguzki panelak sortzen duten energia elektrikoak metatzen dute.

Modu honetan, hiru metagailu mota desberdinen aukeraketa aztertuko da, bakoitzak dituen abantailak eta desabantailak aztertuz.

#### 4.1.1 Alternatiben deskribapena

Hurrengo hiru bateria mota ezberdinak baloratuko dira, bakoitzen ezaugarriak aztertuz: Eneloop AA, Powerex PRECHARGED AA eta 18659 Li-Ion bateria.

- **Eneloop AA:**

Bateria hauek nikel-hidruro (Ni-MH) metagailuak dira. 1900 mAh-ko ahalmena duen bateria aukeratu egin da. Gainera, autodeskarga oso baxua du: %90eko hondar-edukiera urtebeteren ondoren eta %70ekoa 5 urte eta gero. Kasu honetan 1,2 V-eko tentsio nominala du, forma zilindrikoa duena [2]. Prezio aldetik, unitateko kostua 4,65 €-koa da.

- **Powerex PRECHARGED AA:**

Mota honetako bateriak aurrekoak bezalakoak dira, nikel-hidrurokoak (Ni-MH). Kasu honetan, 2600 mAh kapazitatea daukate eta haien autodeskarga baxua da ere. Berriz ere, 1,2 V-eko tentsiodun metagailuak dira, forma zilindrikoa dutenak [3]. Faktore ekonomikoari dagokionez, 3,2 €-ko prezioa daukate.

- **18650 Li-Ion bateria:**

Bateria mota hau litio ionezko metagailuak dira. Ahalmena dagokionez, aurrekoa bezalako da, 2600 mAh-koa. Kasu honetan, autodeskarga nulua da, hau da, kargaren %100 erabil daiteke denbora pasa eta gero. Honek aurreko bateriak baino tentsio nominala handiagoa du, 3,7 V-koa dena [4]. Prezioaren aldetik, 3,28 €-ko balioa du.

#### 4.1.2 Alternatiben azterketa

Hiru baterien artean egokiena aukeratzeko, hurrengo faktoreak kontuan izango dira: energia ahalmena, autodeskarga, arriskua eta faktore ekonomikoa.

- Energia ahalmena: Bateria batean oso garrantzi handia du kapazitate handia izateak.
- Autodeskarga: Garrantzitsua da autodeskarga baxua izatea. Horrela, energia aprobetxatzen ez den momentuan xahutzen den energia txikia izango delako. Hau da, gero eta denbora pasa ahala xahutzen den energia handiagoa izango da.
- Arriskua: Arriskuari begira, baterian gainkarga edo beroketa bat gertatzerakoan, zein den probabilitatea pila erretzeko.
- Faktore ekonomikoa: Bateriaren prezioak egin beharreko inbertsioa zehaztuko du.



Faktore hauei balio desberdineko pisuak esleituko zaizkie eta honela geratuko da banaketa: energia ahalmena %35, autodeskarga %30, arriskua %25 eta faktore ekonomikoa %10.

- Energia ahalmenari %35eko pisua eman zaio. Faktorerik garrantzitsuena da; lehen apaitu den bezala kapazitate handia izanda hobeto.
- Autodeskargari %30eko pisu nabarmena eman zaio. Hau garrantzitsua izango da autodeskarga baxua izaten badu. Horrela, xahutzen den energia txikia izango da bateriako energia aprobetxatzen ez den momentuan.
- Arriskuari %25eko pisua egokitu zaio. Prototipoa segurua ez bada, edo akats batengatik bateria lehertzen bada arriskutsua izan daiteke erabiltzailearentzat.
- Faktore ekonomikoiari %10eko pisua aitortu zaio. Prezioari begira alternatiba bat edo bestea aukeratuko da.

Behin faktoreak azalduta eta pisua esleituta alternatiba bakoitza kalifikatuko da. Lehenik eta behin, Eneloop AA bateria aztertuko da. Energia ahalmenari 6 bat eman zaio, ez da oso altua baina nahi den zirkuitua kargatzeko aukera ematen du. Autodeskargari 7 puntuko nota egokitu zaio, lehenengo urtean oso baxua da baina denbora pasa ahala autodeskarga handitzen da. Bestalde, arriskuari 9 bat eman zaio, likido sukoiarik erabiltzen ez denez, ezin da erre gainkarga edo beroketa bat gertatzen denean. Azkenik, prezioari 7 puntuko kalifikazioa eman zaio, merkea delako.

Bigarren alternatiba Powerex PRECHARGED AA bateria izango da aztertuko dena. Energia ahalmenari 8 puntuko kalifikazioa eman zaio, nahiko altua da, beraz, kargatzeko aukera ona ematen du. Bestetik, autodeskargari, 6,5 puntu egokitu zaizkio, autodeskarga baxua da baina haren portzentaia zehazki ez dakigunez puntuazio hori eman zaio. Arriskuari, 9 puntuko nota eman zaio Eneloop AA bateriari bezala, hauek ere likido sukoiarik ez dutelako. Azkenik, faktore ekonomikoiari 8 puntu eman zaizkio, nahiko merkea delako.

Hirugarren alternatiba Li-Ion 18650 izango da. Energia ahalmenari 8 bat eman zaio, Powerex PRECHARGED AAk bezala ahalmen nahiko altua du zirkuitua kargatzeko. Autodeskargari 10 puntuko nota egokitu zaio, kasu honetan autodeskarga nulua da, beraz, denbora pasa ahala energia ez da xahutuko. Bestetik, arriskuari, 6 puntu egokitu zaizkio,

bateria honek likido zitala erabiltzen duenez askoz errazago erre daitekeelako. Azkenik, prezioari begira nahiko merkeak izaten dira, beraz, faktore ekonomikoari 8 bat eman zaio.

Taula honetan, batuketa haztatuaren metodoa aplikatuz, alternatiba bakoitzari emandako kalifikazioak ikus daitezke.

1. Taula. Baterien arteko konparaketa

<b>FAKTOREAK</b>	<b>PISUAK</b>	<b>Eneloop AA</b>	<b>Powerex PRECHARGED AA</b>	<b>Li-Ion 18650</b>
<b>Energia ahalmena</b>	<b>%35</b>	6	8	8
<b>Autodeskarga</b>	<b>%30</b>	7	6,5	10
<b>Arriskua</b>	<b>%25</b>	9	9	6
<b>Faktore ekonomikoa</b>	<b>%10</b>	7	8	8
<b>BH</b>		7,15	7,8	8,1

Behin faktore ezberdinen pisuak eta alternatiba bakoitzari esleitutako kalifikazioa ikusita, Li-Ion 18650 bateria aukeratuko da. Energia ahalmen altuagoak eta autodeskarga txikiagoak garrantzi handiagoa dute arriskua izan daitekeena baino. Nahiz eta arriskua faktorea garrantzia handia izan, kasu honetan ez du pisu handirik aukeratutako bateriek arrisku gutxi dutelako. Horregatik pisu hori esleitu zaio. Gainera, prezio aldetik, nahiko merkea da.

## 4.2 Mikrokontroladorea

Mikrokontroladorea zirkuitu integratu bat da. Honen funtzio nagusiak, Buck bihurgailuaren PWM seinaleak sortzea eta hezetasun eta tenperatura sentsoarea, bluetooth-a eta pantaila kontrolatzea dira.

Jarraian, bi mikrokontroladore mota desberdinen aukeraketa aztertuko da, bakoitzak dituen ezaugarriak analizatuz.

### 4.2.1 Alternatiben deskribapena

Kasu honetan bi mikrokontroladorearen ezaugarriak azalduko dira, lehenengoa ATMEGA328 U, eta bigarrena Microchip enpresako PIC18F43.

- **ATMEGA328 U**

Mikrokontroladore mota hau 8 biteko kontrolagailua da 32 kB-ko flash programa memoria duena eta 2 kB RAM memoria [5]. Lan maiztasun maximoa 20 MHz-koa da eta PWM seinaleak sortzeko 6 kanal ditu. Hiru tenporizadore ditu, bi 8 bitekoak eta bat 16 bitekoa. Haren elikadura tentsioa 2 V eta 5,5V artean dauka. Azkenik, bere prezioa 2,18 €-koa da.

- **PIC18F43**

Microchip enpresako mikrokontroladore hau 8 bitekoa da. Bere programa memoria flash motakoa da 8 kB espazioa duena eta 512 B RAM memoria [6]. 2 kanal ditu PWM seinaleak sortzeko eta bere lan maiztasun maximoa 40 MHz-koa da. Lau tenporizadore ditu, bat 8 bitekoa eta hiru 16 bitekoak. Bere elikadura tentsioa 2 V eta 5,5 V artean dauka. Azkenik, bere prezioa 5,946 €-koa da.

### 4.2.2 Alternatiben azterketa

Mikrokontroladorea aukeratzeko hurrengo faktoreak aztertuko dira: programa memoria, elikadura tentsio tartea, erloju maiztasuna eta faktore ekonomikoa.

- Programa memoria: faktore hau garrantzia handikoa izango da. Programazio kodea sartzeko gai izan behar da, hau da, memoriaren espazioa nahiko handia izan behar da horrela espazio arriskurik ez izateko.
- Elikadura tentsio tartea: Mikrokontroladorea funtzionatzeko elikatu beharra dago. Plaka fotovoltaihora konektatuta egongo da, hortaz, hau ez da beti tentsio finko batera egongo, hau da, tentsio aldaketak egongo dira. Beraz, tentsio tartea zabala izatea komenigarria da funtzionamendua ziurtatzeko.
- Erloju maiztasuna: Garrantzi handiko faktorea izango da. Honek jasotzen zein bidaltzen diren aginduren abiadura zehazten duelako.

- Faktore ekonomikoa: Mikrokontroladorearen prezioak egin beharreko inbertsioa zehaztuko du.

Faktore bakoitzari hurrengo pisuak egokitu zaizkie: programa memoria %25, elikadura tentsio tartea %30, erloju maiztasuna %25 eta faktore ekonomikoa %20.

- Programa memoria: %25 pisua eman zaio, mikrokontroladorean programatuko den kodea garrantzitsua izango da zirkuitua funtzionatzeko, hala ere, gure programa ez da pisutsua izango.
- Elikadura tentsio tartea: Pisu gehiena eman zaio, %30; mikrokontroladoreak funtzionatu behar du nahiz eta plaka fotovoltaikoaren tentsio txikia izan, beraz, elikadura tartea zabala izatea komenigarria da.
- Erloju maiztasuna: Kasu honetan %25 balioa esleitu zaio, garrantzitsua da balio handia izatea, sentsoreen egoera azkar transmititzeko.
- Faktore ekonomikoa: Honi %20 balioa eman zaio, prezioari begira merkea izatea interesatzen zaigu.

Faktore bakoitza aztertu eta pisua egokitu eta gero, alternatiba bakoitza kalifikatuko da. Lehenengo alternatiba ATMEGA328 U izango da, programa memoriari 8 puntuko nota eman zaio, 32 kB memoria nahiko handia delako nahi dugun programa sortzeko. Elikadura tentsio tartearen aldetik, 8 puntu ere eman zaio, honek tentsio tarte zabala duelako, hain zuzen, 2 - 5,5 V-ekoa hain zuzen. Bestetik, erloju maiztasuna begira, 6 balioa aitortu zaio nahiko handia delako. Azkenik, prezioari dagokionez, 9 puntuko balioa eman zaio nahiko merkea delako.

Bestalde, bigarren alternatiba aztertuko da, PIC18F43. Programa memoriari 6 puntuko nota eman zaio, aurrekoarekin konparatuz askoz txikiagoa da, 8 kB hain zuzen, horregatik puntuazio baxua izango du. Hala ere, gure programa sortzeko nahikoa izan beharko litzateke. Gero, elikadura tartea dagokionez, aurreko alternatiba duen balio berdina du, beraz, 8 puntu emango zaio ere. Bestetik, erloju maiztasuna nahiko handia da, hortaz, 7 balioa aitortuko zaio. Azkenik, prezioa aztertuz gero, 7 puntuko nota esleituko zaio.

Hurrengo taulan, alternatiba bakoitzaren kalifikazioa ikus daiteke faktore bakoitzaren arabera eta batuketa haztatuaren metodoa aplikatuta.

2. Taula. Mikrokontroladoreen arteko konparaketa

FAKTOREAK	PISUAK	ATMEGA328 U	PIC18F43
Programa memoria	%25	8	6
Elikadura tentsio tarte	%30	8	8
Erloju maiztasuna	%25	6	7
Faktore ekonomikoa	%20	9	7
<b>BH</b>		7,7	7,05

Emaitzak ikusita, lan honetarako egokiena den mikrokontroladorea ATMEGA328 U modeloa da. Elikadura tentsio tarte handia eta programa memoria handia edukitzeak abantaila ematen du. Gainera, faktore ekonomikoaren aldetik, askoz merkeagoa da beste mikrokontroladorea baino.

### 4.3 Hezetasuna eta tenperatura sentsorea

Hezetasun-sentsorea barneko espazioetan erabiltzen den gailu bat da, airearen tenperatura eta hezetasuna kontrolatzeko. Sentsoreak neurtutako magnitudeak seinale elektriko bihurtzen dira [7].

Gauzak horrela, bi sentsore mota desberdinen aukeraketa analizatuko da, bakoitzak dituen ezaugarriak aztertuz.

#### 4.3.1 Alternatiben deskribapena

Bi motako hezetasun eta tenperatura sentsoreak aztertuko dira, lehenengoa DHT11 sentsoreea, eta bigarrena DHT22 sentsorea.

- **DHT11**

DHT11 sentsorea %20 eta %90 hezetasun tartean funtzionatzen du. Honen zehaztasuna %5 RH-koa izaten da eta haren erantzun denbora segundo batekoa da [8]. Sentsore honen prezioa 4,38€-koa da.

- **DHT22**

DHT22 sentsorea 0 eta 100% hezetasun tartean funtzionatzen du. Honen zehaztasuna  $\pm\%2-5$  RH tartean izaten da eta honek izaten duen erantzun denbora bi segundokoa da [9]. Honen prezioa 8,71€-koa da.

### 4.3.2 Alternatiben azterketa

Hezetasun sentsoreen artean egokiena aukeratzeko asmoz hurrengo ezaugarriak hartuko dira kontua: hezetasun-tartea, zehaztasuna, erantzun denbora eta prezioa.

- Hezetasun-tartea: Arazorik gabe lan egiteko sentsoreak behar duen hezetasun tartea zehazten du.
- Zehaztasuna: Sentsoreak hartzen dituen datuak errealitateari begira zehatzak diren ala ez zehazten du.
- Erantzun denbora: Sentsoreak hezetasuna detektatzen duenetik, gure aplikazioari agindua bidaltzeko behar duen denbora zehazten du.
- Prezioa: Egin beharreko inbertsioa zehazten du.

BH prozedura egingo da hobeto datorren hezetasunezko sentsorea hautatzeko. Aurreko faktoreei balio desberdineko pisuak esleituko zaizkie eta honela gertauko da banaketa: hezetasun-tartea %30, zehaztasuna %35, erantzun denbora %25 eta prezioa %10.

- Hezetasun-tarteari %25eko pisua eman zaio. Tarteak gero eta handiagoak izaten badira datu gehiago biltegitatu dezake, eta horrela edozein hezetasun kalkulatu dezake. Beraz, hezetasun-tartea gero eta handiagoa izan, BH analisisian puntuazioa handiagoa izango da.
- Zehaztasuna beste faktore garrantzitsua da eta %30 pisua eman zaio. Gero eta zehaztasun gehiago lortutako datuak errealagoak izango dira. Horregatik, puntuazioa hobea izango da zehaztasun handia badu.
- Erantzun denborari %25ko pisua izango du. Erantzun denbora azkarrak badira, datuak lehenago bistaratuko dira. Beraz, gero eta azkarrago izan, puntuazio hobea eramango du sentsoreak.

- Prezioa garrantzia gutxieneko faktorea da sentsoreak ez direlako oso garestiak. Horregatik %20ko pisua du eta gero eta balio txikiagoa izan gero eta puntuazio handiagoa izango du.

Behin faktoreak definituta eta pisuak egokitu direnean alternatiba bakoitza kalifikatu behar da. DHT11 sentsorea aztertuko da lehenengo. Hezetasun-tarteari 7 balioa eman zaio, bere tartea nahiko handia delako. Zehaztasun faktoreari dagokionez 6ko nota egokitu zaio lortuko dugun balioak errealarekin konparatuz nahiko antzekoak izango direlako. Erantzun denborari dagokionez, 8 balioa eman zaio, nahiko azkarra delako. Azkenik, prezioa aztertuz, 7ko puntuazioa eman zaio, osagaia nahiko merkea delako.

Jarraian, bigarren sentsorea aztertuko da, DHT22a hain zuzen. Hezetasun-tarteari 10 balioa eman zaio tarterik zabalena duelako. Aurrekoarekin konparatuz zehaztasun handiagoa du, hortaz, 9ko nota eman zaio. Erantzun denborari dagokionez, hau pixka bat motela da, beraz, 6 bat eman zaio. Azkenik prezioari dagokionez, 5eko puntuazioa eman zaio.

Hurrengo taulan, batuketa haztatuaren metodoa aplikatuz, alternatiba bakoitzari emandako kalifikazioa ikus daiteke.

### 3. Taula. Hezetasun eta tenperatura sentsorearen arteko konparaketa

<b>FAKTOREAK</b>	<b>PISUAK</b>	<b>DHT11</b>	<b>DHT22</b>
<b>Hezetasun-tartea</b>	<b>%25</b>	7	10
<b>Zehaztasuna</b>	<b>%30</b>	6	9
<b>Erantzun denbora</b>	<b>%25</b>	8	6
<b>Prezioa</b>	<b>%20</b>	7	5
<b>BH</b>		6,95	7,7

Faktore desberdinen pisuak eta alternatiba bakoitzari esleitutako kalifikazioa aztertu eta gero, DHT22 sentsorea aukeratuko da. Bere hezetasun-tartea eta zehaztasuna garrantzitsuak izango dira, nahiz eta prezio aldetik garestiagoa izan eta erantzun denbora aldetik motelagoa izan.

## 5. Oinarri teorikoak

---

Behin goi mailako diseinua azalduta, puntu honetan lanean zehar erabiliko diren oinarri teorikoak azalduko dira. Horrela, diseinua egiterakoan prototipoa osatzen duten osagai ezberdinen funtzionamendua eta ezaugarriak zeintzuk diren ezagutzea lortuko da.

### 5.1 Mikrokontroladorea

Mikrokontroladorea zirkuitu integratu digital bat da, hainbat helburutarako erabil daitekeena programagarria delako. Mikrokontroladore batek, ordenagailu baten hiru unitate funtzional nagusiak ditu: prozesu-unitate zentrala (CPU), memorika (ROM eta RAM) eta sarrera/irteerako periferikoak.

Zeregin jakin baten funtzionamendua kontrolatzeko erabiltzen da, eta, bere tamaina txikia denez, gobernatzen duen gailuan bertan txertatu daiteke. Memorian aplikazio jakin bat gobernatzeko programa bakarra dago [10].

FOSC1 eta FOSC0 bidez, PIC-ak funtzionatzeko erabiliko duen oszilazio-modua kontrolatzen da. Osziladorea lau modu desberdinetan konfiguratu daiteke, abiaduraren eta erabilitako osziladore zirkuituaren arabera. Kasu honetan, XT modura konfiguratuko da, horretarako kristalezko osziladorea eta bi kondentsadore behar dira. Honi esker, mikrokontroladorerako beharrezko pultsuak sortuko dira maiztasun jakin batekin. Zehaztasuna oso handia denez, aplikazio guztietarako gomendatzen da.

Mikrokontroladore honek 28 pin desberdin ditu, bakoitza funtzio zehatz batekin. Prototipo honetarako hainbat pin erabili dira eta pin horiek zein diren eta zertarako erabiltzen diren azalduko dira:

- Lehenengo bi pin hauek RXD eta TXD gailuak serie-protokoloaren bidez komunikazioa egiteko erabiltzen dituen bi pinak dira.
  - RXD pin-a (2): Datuak jasotzen dira.
  - TXD pin-a (3): Datuak transmititzen dira.
- Vcc pin-a (20): Mikrokontroladorea elikatzeko.
- GND pin-a (22): Mikrokontroladorea GND erreferentziara konektatzeko.
- SDA pin-a (27): SDA gailuen artean datuak mugitzeko erabiltzen den lerroa da.
- SCL pin-a (28): SCL sistema sinkronizatzeko duten erloju-pultsuen lerroa da.



## 5.2 Elikadura iturria

Prototipo honen elikadura iturria hiru zatitan banatuta dago: plaka fotovoltaikoak, Buck bihurgailua eta bateria.

### 5.2.1 Plaka fotovoltaikoak

Plaka fotovoltaikoak, hau da, eguzki-plakak edo panel fotovoltaikoak, eguzkiaren energia energia elektrikoa bihurtzeko aukera ematen duten gailuak dira. Plaka fotovoltaiko bat hainbat gelaxkek osatzen dute, eguzki-zelula deiturikoak, eta horietan eguzkiaren argiak eragiten du elektrizitatea sortzeko [11].

Eguzki-panelen funtzionamendua eguzki-zelula fotovoltaikoan oinarritzen da nagusiki, eguzki-energia zuzenean energia elektrikoa bihurtzen du energia fotoelektrikoa erabiliz. Sorkuntza fotovoltaikoa, hain zuzen ere, eguzki-erradiazioaren eranginpean daudenean korrante elektrikoa sortzeko zenbait materialek (adibidez, silizioa) duten propietatea da. Eguzki-argiaren energiak (fotoiak) elektroiak askatzen dituzenean gertatzen da, energia elektrikoaren fluxua sortuz.

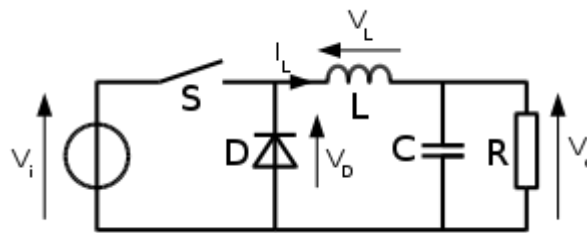
Eguzki-zelulek emandako tentsioa beti nahiko erregularra eta lineala dela kontuan izan behar da, baina emandako korrantea argiaren intentsitatearen araberkoa da. Beraz, eguzki-panel batek ematen duen errendimendua jasotako argiaren potentziaren araberkoa izango da [12].

### 5.2.2 Buck bihurgailua

Erredukzio-bihurgailua edo Buck bihurgailua isolamendu galbanikorik gabeko DC-DC potentzia-bihurgailua da, irteeran sarreran baino tentsio txikiagoa lortzen duena. Diseinua bihurgailu jasotzaile edo boost baten antzekoa da, bi gailu erdieroale (S transistorea eta D diodoa), L inдукtorea eta aukeran, irteeran C kondentsadorea dituen iturri kommutatuta [13].

Erregulatzailerentzako oinarritzko bi diseinu daude: erreguladore lineala eta erreguladore kommutatua. Lehenengoaren funtzionamendua karga-tentsioa kargatik datorren berrelikadurari esker konstante mantentzen duen erresistentzia aldakorraren antzekoa da. Erreguladore kommutatu batean, batez ere kommutazio-elementuak eta induktoreak erabiltzen dira, nahi den karga-tentsioa lortzeko. Buck motatako bihurgailuak, linealak ez bezala, interferentzia elektromagnetikoa sortzeko arazoak dituzte, baina

eraginkortasun handia eskaintzen dute kasu gehienetan [14]. Proiektu honetarako bi diseinuak aukeratu dira. Alde batetik, erreguladore linealak plaka fotovoltaiotik irteten den tentsioa murrizten du, mikrokontroladorea elikatzeko. Eta bestetik, erreguladore konmutatuak plaka fotovoltaiotik irteten den tentsioa bateriara sartzen den tentsioa murriztu egiten du. Hurrengo irudian Buck zirkuituaren eskema ikus daiteke [15].



2. Irudia. Buck bihurgailua

### 5.2.3 Bateria

Bateriak edo metagailu elektrikoak, bi gelaxka elektrokimiko edo gehiago dituzten gailuak dira, metatutako energia kimikoa energia elektriko bihurtzeko gai direnak hain zuzen ere [16].

Bateriak diseinu eta tamaina desberdinetan datoz. Tamaina handiko bateriak korrante altuko intentsitateak jasan ditzaketen arren, hornitutako tentsioa diseinuaren arabera da, hau da, erabilitako materialen arabera.

Bere diseinu simple, fidagarria eta ekonomikoari esker, berunezko eta nikel metal hidruro bateriak asko erabiltzen ziren, baina energia-dentsitatea baxua dutenez eta berunezkoa bereziki oso kutsatzailea denez bateria berriekin alderatuz, gaur egun ez dira asko erabiltzen.

Horregatik, gaur egun gehien erabiltzen diren bateriak litio-ion bateriak dira. Energia-dentsitate handia sortzen dute, memoria-efekturik gabe kargatu daitezke eta beraien bizi zikloa handiagoa da [17].

## 5.3 DHT22 Sentsorea

DHT22 (AM2302) tenperatura eta hezetasun erlatiboaren sentsore digitala da, errendimendu onekoa eta kostu txikikoa. Hezetasun-sentsore kapazitibo bat eta inguruko airea

neurtzeko termistore bat integratzen ditu, eta datuak datu-pinean seinale digital baten bidez erakusten ditu (ez du irteera analogikorik).

Arduino/Raspberry Pi/Nodemcu plataformekin DHT22 sentsorea erabiltzea oso erraza da, bai softwarean, bai hardwarean. Software-mailan, Arduinorako liburutegiak daude, "Single bus" protokolorako euskarriarekin. Hardwareari dagokionez, elikaduraren VCC pina 3-5 Vra, GND pina lurrera (0V) eta datuen pin bat pin digital batera konektatu behar dira Arduinon [18]. Hori dela eta, proiektu honetarako konmutazioko bihurgailuak (ez linealak) aukeratu dira.

Konexioa:

- DHT22 Vcc pin-a ATmega328U Vcc(20) pin-arekin konektatu behar da.
- DHT22 Gnd pin-a ATmega328U Gnd(22) pin-arekin konektatu behar da.
- DHT22 DAT pin-a ATmega328U (digital pin 8) CLK0(14) pin-arekin konektatu behar da.

## 5.4 Bistaraketa

Proiektu honetan bi motatako bistareketa egongo dira: OLED pantaila eta mugikorrerako aplikazioa.

### 5.4.1 OLED pantaila

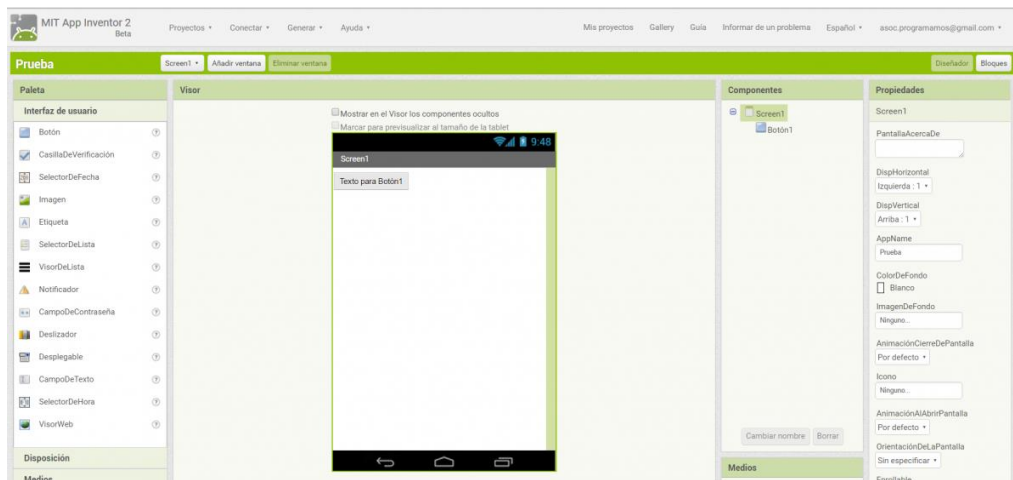
OLED-a diodo argi-igorle organikoa esan nahi du, elektroluminiszente organiko izenez ere ezaguna dena. Bistaratzeko teknologia honek korrante bat igortzen denean argia igortzen duten konposatu organikoak (karbonoa dutenak) erabiltzen ditu [19].

### 5.4.2 Mugikorrerako aplikazioa

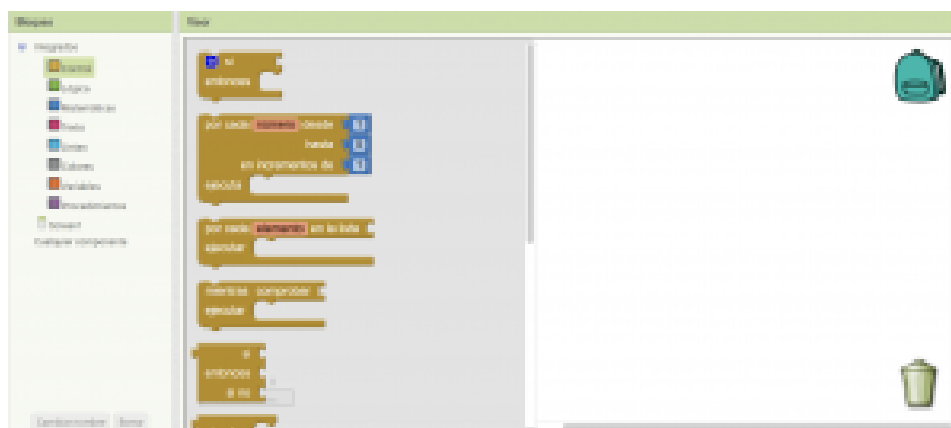
Mugikorrerako sortuko den aplikazioak OLED pantaila izaten duen funtzio berdina izango du. Aplikazio hori sortzeko App Inventor programa erabiliko da. Hala ere, prototipoaren eta aplikazioaren arteko komunikazioa egiteko bluetooth-a behar izango da. Horretarako, HC-05 modulua erabiliko da.

Aplikazioa egiteko App Inventor programa erabili da. App Inventor-en helburua aplikazioak programatzeko modua sinplifikatzea da. Horretarako, testuan oinarritutako hizkuntza konplexua erabili beharrean, blokeetan oinarritutako hizkuntza erabili da. Horrela, programazio-lana bisuala izango da, eta proiektua denbora laburragoan egitea lortuko da.

Interfazea bi zatitan banatzen da, lehenengo zatiak aplikazioaren diseinu grafikoa egiten du eta bigarren zatiak blokeetan oinarritutako programazioa gauzatzen du [20].



### 3. Irudia. APP Inventor-en interfaze grafikoa



### 4. Irudia. App Inventor-en programatzeko interfazea

Lehen esan den moduan, prototipoaren eta aplikazioaren arteko komunikazioa egiteko HC-05 buetooth-a erabiliko da. HC-05 moduluak serieko ataka (RFCOMM) zerbitzua eskaintzen du, PC, zelularra, tablet-a edo Bluetooth duen edozein gailuren eta mikorkontroladorearen arteko datu lotura gardena sortuz. Moduluaren irteera seinale serial asinkronoa da edozein mikorkontroladorek erraz jaso eta interpreta dezakeena.

Bluetooth HC-05 gailuak android sistema eragilea duten telefono mugikor gehienekin behar bezala funtzionatzen du, baina ez iOS sistemekin [21].

Bluetooth komunikazioa bi gailu motaren artean ematen da: maisu eta morroi baten artean. Gure helburua proiektu bat smartphone android batekin konektatzea bada, morroi

moduan konfiguratutako HC-06 edo HC-05 modulu bat erabil daiteke. Bluetooth HC-05 modulua fabrikatik morroi moduan lan egiteko dator, hau da, konexio eskaerak entzuteko prest, baina AT komandoak erabiliz konfiguratuta daiteke maisu moduan lan egiteko. Bestalde, helburua bi proiektu konektatzea bada, maisu bezala konfiguratutako HC-05 modulu bat eta morroi gisa konfiguratutako HC-06 edo HC-05 modulu bat erabili beharko dira.

Komunikazioa:

ATMega328U HC-05-arekin konektatzeko hurrengo konexioak kontuan hartu behar dira:

- HC-05 Vcc pin-a ATMega328U Vcc(20) pin-arekin konektatu behar da.
- HC-05 Gnd pin-a ATMega328U Gnd(22) pin-arekin konektatu behar da.
- HC-05 Rx pin-a ATMega328U (digital pin 1) Tx(3) pin-arekin konektatu behar da.
- HC-05 Tx pin-a ATMega328U (digital pin 0) Rx(2) pin-arekin konektatu behar da.

Arduinoren TX eta RX gailuak serie-protokoloaren bidez komunikazioa egiteko erabiltzen dituen bi pinak dira. Datuak, beraz, TX pin-ean transmititzen dira eta RX pin-ak jasotzen ditu.

## 6. Kalkulu teorikoak

Atal honetan aurrera eramateko elikadura zirkuituaren beharretara egokitze egin behar izan diren kalkulu berri ematen da. Hala nola, buck bihurgailua diseinatzeko, erreduktore lineala eta tentsioa zatitzailea.

### 6.1 Buck bihurgailua

Buck erreduktoreak plaka fotovoltaikotik irteten den tentsioa murrizten du bateria kargatzeko beharrezko tentsioa egokia izateko. Gainera, nahi den tentsiora murrizteko PWM bat beharko da eta hau mikrokontroladoreak sortuko du; beraz, mikrokontrolagailuko 17. pinera konektatuta egon behar da buck bihurgailua. Zirkuitua eraikitze hurrengo osagaiak behar dira: transistore bat, diodo bat, harila bat eta kondentsadore bat.

Diseinua gauzatzeko hurrengo datuak kontuan hartu behar dira: plaka fotovoltaikoaren ezaugarri izendatuak begiratuta sarrerako tentsioa  $V_{IN} = 6\text{ V}$  eta sarrerako korronea  $I_L = 200\text{ mA}$  dira. Bateria kargatzeko irteerako tentsioa  $V_{OUT} = 4,2\text{ V}$  eta lan maiztasuna  $f = 31\text{ kHz}$  izango dira. Datu hauei esker lan-zikloaren, kondentsadorearen eta harilaren balioak zehaztu daitezke zirkuitua guztiz eraikitze.

Irteerako eta sarrerako tentsioa edukita, lan-zikloa ( $D$ ) kalkulatu daiteke hurrengo formularen bitartez:

$$D = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{4,2\text{ V}}{6\text{ V}} = \%70 \quad (2)$$

Harilaren ( $L$ ) balioa ezagutzeko hurrengo formularen bidez kalkulatu da:

$$L = \frac{(1 - D) * V_{OUT}}{2 * f * I_L} = \frac{(1 - 0,7) * 4,2}{2 * 31000 * 0,2} = 101,6\ \mu\text{H} \quad (3)$$

Kontuan izanda harilaren balioa balio komertzialan ez dagoenik, balio egokiena hartuko da, hau da,  $10\ \mu\text{H}$ -koa. Beraz, hurrengo kalkuluetan  $10\ \mu\text{H}$  balioa erabiliko da.

Kondentsadorea  $\Delta V_{OUT} = \%2$ -era kizkuradura mugatuz gero, kondentsadorearen balioa kalkulatu daiteke hurrengo formula erabiliz:

$$C = \frac{(1 - D) * V_{OUT}}{8 * L * f^2 * \Delta V_{OUT}} = \frac{(1 - 0,7) * 4,2}{8 * (10 * 10^{-6}) * 31000^2 * 0,02} = 819,4 \mu F \quad (4)$$

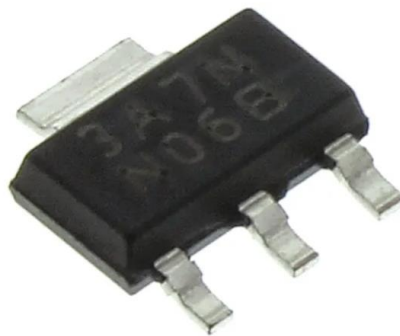
Kasu honetan, harilarekin gertatu den bezala, lortutako balioa balio komertzialan ez dago, beraz, balio komertziala ikusita 1 mF-ko kondentsadorea erabiltzea erabaki da.

Kalkulu guztiak amaituta, Buck zirkuitua muntatzeko beharrezko osagaiak ondorengoak dira:

- 10  $\mu$ H-ko induktorea
- 1 mF-ko kondentsadorea
- 1N4148 diodoa
- IRF9Z24N transistorea

## 6.2 Erreduktore lineala (L53B)

Erreduktore linealak plaka fotovoltaikotik ateratzen den 6 V-eko tentsioa 5 V-etara jaistera du helburu, mikrokontroladorea 5 V-era elikatzen delako. Tentsio diferentzia hori bero moduan disipatu egiten du. Hurrengo irudian L53B erregulatzaila lineala ikusten da [22].



5. Irudia. L53B erreguladore lineala

Erreguladorea tenperaturak maximo bat jasaten du, beraz, balantze termikoa eginez maximo hori gainditzen duen edo ez ikusiko da.

$$T_j = T_{ing} + P_{xahu} \cdot R_{th} \quad (5)$$

$$T_{ing} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (6)$$

$$P_{xahu} = 2 \text{ V} \cdot 0,3 \text{ A} = 0,6 \text{ W} \quad (7)$$

$$R_{th} = 59,3 \text{ }^{\circ}\text{C/W} \quad (8)$$

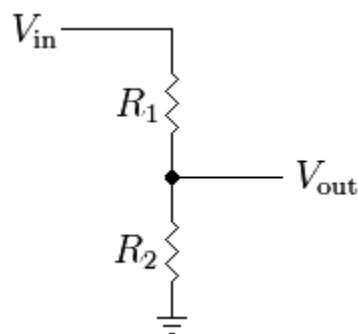
$$T_j = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} + 0,6 \text{ W} \cdot 59,3 \frac{\text{ }^{\circ}\text{C}}{\text{W}} = 60,58 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (9)$$

$$T_{jmax} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (10)$$

Kalkuluak egin eta gero, lan-tenperatura,  $T_j$ , maximoa baino txikiagoa dela ikusten da. Hori dela eta, erreguladore linealak ez duela bero-xahutzailerik behar eta ondo aukeratuta dagoela ondorioztatzen da.

### 6.3 Tentsio zatitzailea

Tentsio handiago batetik abiatuta tentsio txikiagoa lortzea du helburu. Kasu honetan, baterian dagoen tentsioa jakiteko erabiliko da. Hau bateriarekin paraleloan konektatuko da, eta tentsio zatitzailearen irteerako tentsioa mikrokontrolagailura konektatuko da haren balioa antzemateko. Hurrengo irudian tentsio zatitzailearen eskema aurkeztuko da [23].



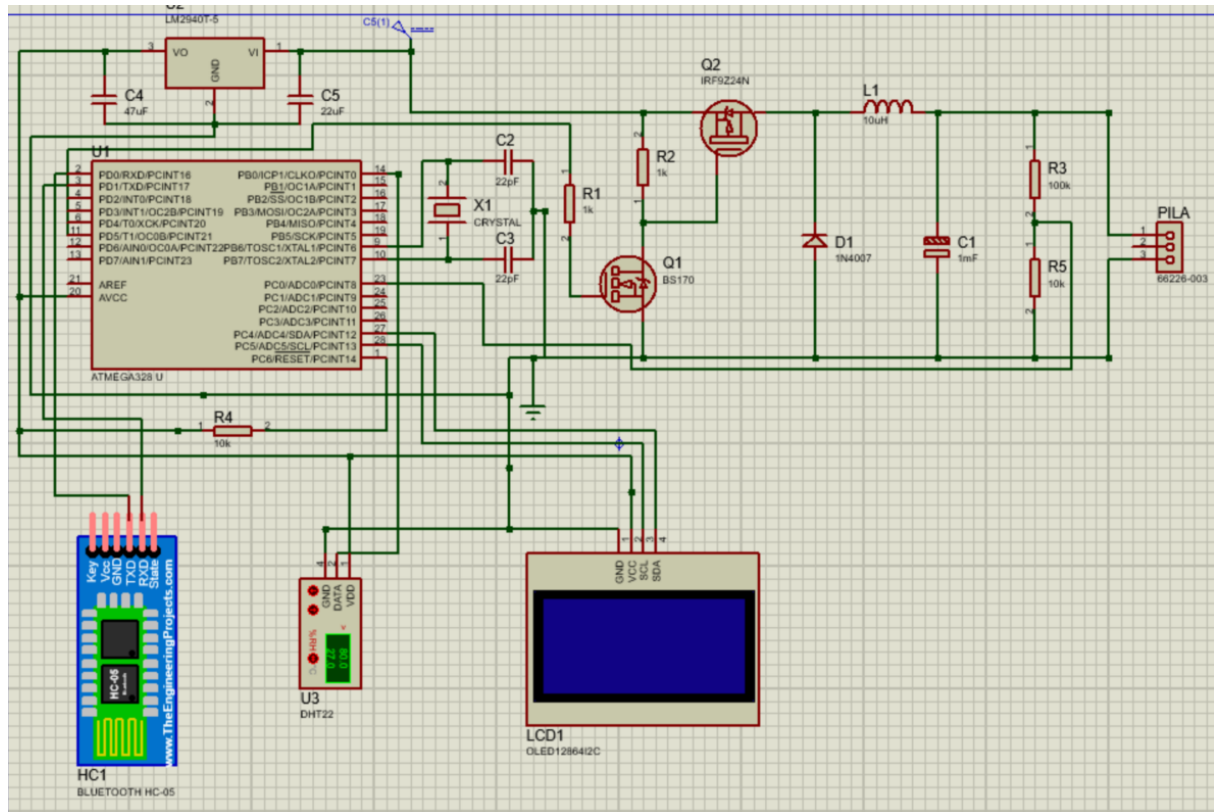
6. Irudia. Tentsio zatitzailearen eskema

Tentsio zatitzailetik igaroko den korrontea txikia izatea nahi da, horrela, korronte gehiena bateriara helduko da. Horretarako, erresistentzien balioak nahiko handiak hartu dira.



## 7. Behe mailako diseinua eta simulazioa

Aurreko atalean ateratako ondorioekin, honako behe mailako diseinu hau proposatzen da:



### 7. Simulazio eskema osorik

Behe mailako diseinua lau atal nagusitan banatuta dago: mikrokontroladorea, elikadura eta tentsio-egokitzapena, sentsorea eta bistaraketa.

#### 1) Mikrokontroladorea

Edozein mikrokontroladorek funtzionatzeko erloju seinale zehatza behar du. 16 MHz-eko seinalea lortzen da 16 MHz-eko kristalarekin eta 22 pF-ko bi kondentsadoreekin. Gainera, mikrokontroladoreari bootloaderra erre zaio. Erreketa honekin lortzen da arduinoko funtzionamendua izatea. Horrez gain, erreduttore lineal bat edukiko du eguzki paneletik irteten den tentsioa 5 V-era murrizteko. Mikrokontroladoreari esker, PWM-a sortuko da buck bihurgailua elikatuko duena. Eta azkenik, prototipaketaren programazio osoa ahalbidetuko du, hala nola, sentsoreak lortutako balioak jaso eta hauek bistaratu.

## 2) Elikadura eta tentsio-egokitzapena

Prototipaketa bi modutara elikatu daiteke: alde batetik plaka fotovoltaikoaren bitartez; honek eguzkitik jasoko du energia eta bateria energiaz metatuz gain, mikrokontroladorea eat beste osagaiak ere elikatu ditzake bateria deskonektatuta egon ezker. Bestetik, bateriari esker elikatu daiteke; hau kargatuta dagoenean osagai guztiak elikatuko ditu plaka fotovoltaikoaren beharrik gabe.

## 3) Sentsorea

Sentsorearen eginkizuna oso sinplea da. Inguruneko temperatura eta hezetasun balioak antzematen ditu.

## 4) Bistaraketa

Sentsoretik lortutako balioak bi modutara bistaratuko dira: alde batetik prototipo bertan dagoen OLED pantailan, eta bestetik, HC-05 bluetooth gailuaren bitartez mugikorrean sortutako aplikazioan.

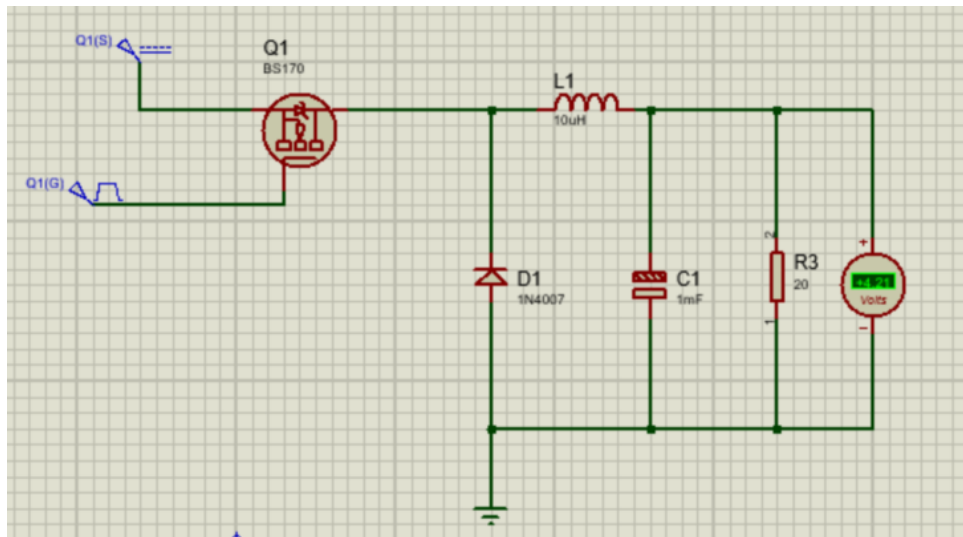
Simulazioan, diseinua egokia dela ziurtatzen da. Prototipaketaren muntaketa egin baino lehen sortu daitezkeen akatsak aurreikusteko simulazioak egin eta hauek behar dituzten programazio kodeak sortuko dira.

## 7.1 Simulazioa

Simulazioaren helburua egindako zirkuituak zuzenak direla ziurtatzea eta akatsik egotekotan aurreikustea eta zuzentzea prototipaketaren muntaketa egin baino lehen da. Horretarako proiektu honetan erabili den softwarea Proteus 8 programa izan da. Honek simulazioa egiteko aukera ematez gain, geroago PCB diseinua garatzeko aukera ematen du.

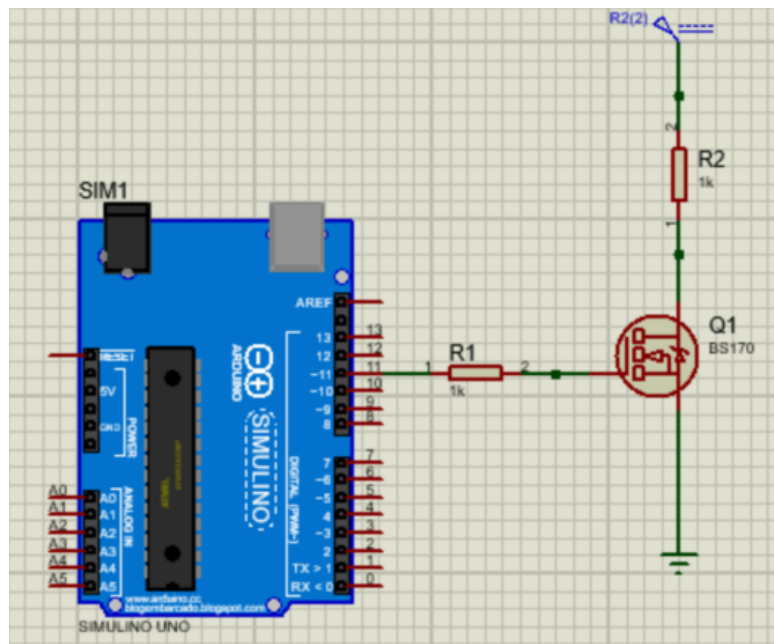
### 7.1.1 Buck bihurgailua

Lehenik eta behin Buck bihurgailu zirkuitua simulatuko da, non PWM-a pultsu sorgailuarekin sortuko da. Muntaketa honetan (8. *Irudia*) ikusten da plaka fotovoltaikotik irten den 6 V-eko tentsioa murrizten dela eta bateriara heltzen den tentsioa sarrerakoa baino txikiagoa dela. Hau egiteko aurretik kalkulaturako osagaien balioak erabili dira.



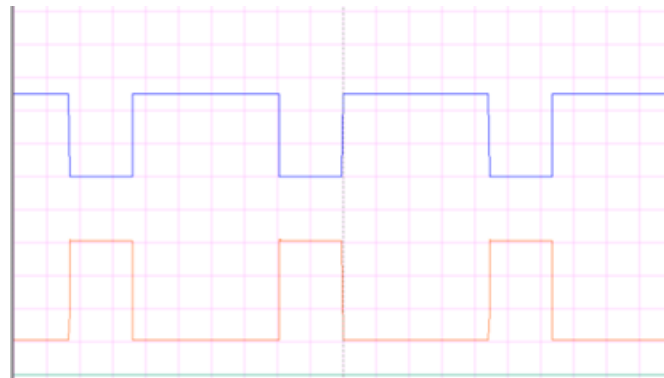
8. Irudia. Buck bihurtzaile pulsu sorgailuarekin

Ondoren, PWMa pulsu sorgailuarekin sortu beharrean, Arduinoa plaka erabiliz sortuko da. 9. Irudian ikusten den bezala, amplifikazio zirkuitua gehitzea beharrezkoa izan da bestela sortutako PWM horren korronea ez da nahikoa IRF9Z24N MOSFET-a kitzikatzeko. Amplifikazio zirkuitu hori BS170 MOSFET-arekin eta bi erresistentziarekin egin da.



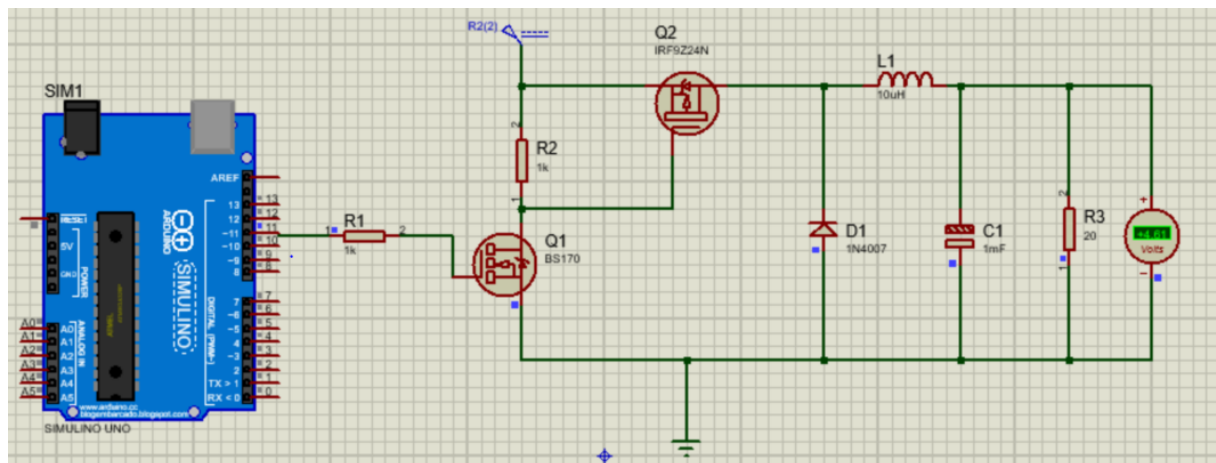
9. Irudia. PWMa Arduinoaren bidez

10. Irudian ikusten den bezala, Arduinok sortzen duen PWM-a (seinale horia) %70ekoa da eta MOSFET-tik igarotzen denean (seinale urdina) PWM-a alderantzikatzen dela behatu daiteke, %30ekoa izanik. Horrek zirkuituan arazorik ez sortzeko, bigarren MOSFET-a N-Channel erabili ordez, P-Channel motakoa erabiliko da.



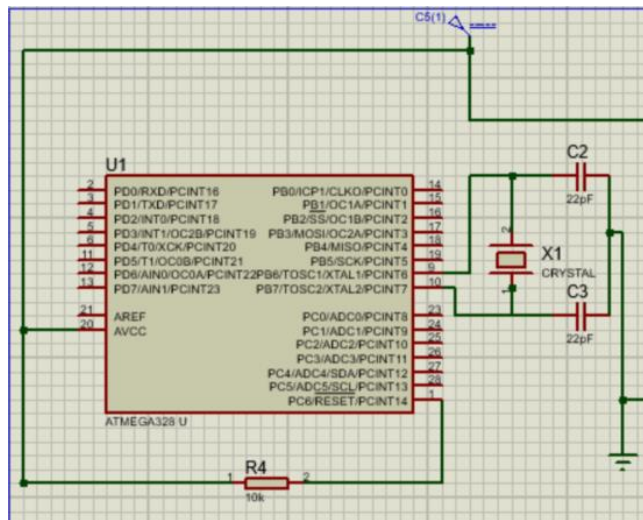
10. Irudia. PWM seinalea alderantzikatuta

11. Irudian agertzen den simulazioa zirkuitu osokoa da baina PWMa pulsu sorgailuak sortu beharrean, Arduino plaka sortuz funtzionatuko du. Kasu honetan, PWMaren duty-cycle-a finkoa izan beharrean aldakorra izango da, hau da, irakurritako tentsioaren arabera aldatzen da.



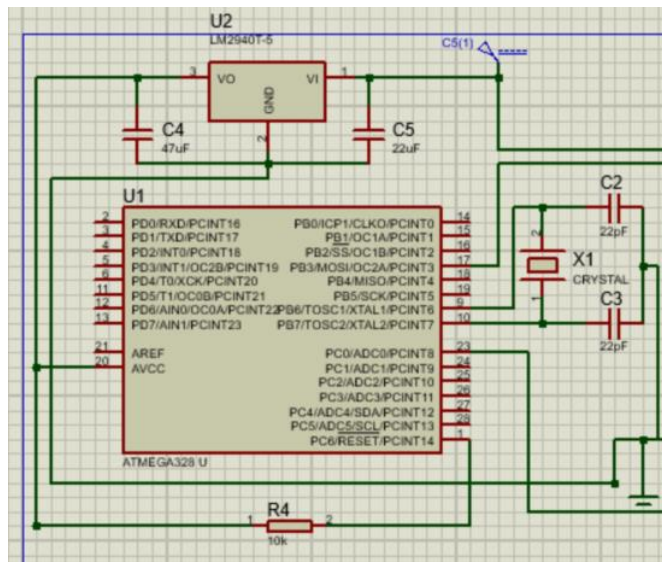
11. Irudia. Buck bihurgailua Arduinoarekin

Arduino plaka erabili ordez ATmega328 U mikrokontroladorea erabili nahi da. Beraz, 12. Irudian ikusten den bezala, mikrokontroladoreak Arduinoaren funtzionamendu berdina izateko 10kΩ-ko erresistentzia bat, 22 pF-ko bi kondentsadore eta 16 MHz-eko kristal bat behar ditu.



12. Irudia. ATmega328U mikrokontroladorearen simuazioa

Panel fotovoltaikoak 6 V irteerako tentsioa du baina mikrokontroladorea 5 V-ekin elikatzen da, beraz, murrizketa hori egiteko erreguladore lineala erabiliko da. Erreguladore lineala denez, tentsio diferentzia bero moduan disipatu egiten du, baina aurreko atalean balantze-termikoa eginez konprobatu den bezala, xahutzen den potentzia onargarria da eta ez du osagaia gehiegi berotzen. Gainera, egindako muntaian bi kondentsadore erabiltzen dira sar daitezkeen zaratak sahisteko. 13. Irudian ikus daiteke erreguladore linealaren eskema.

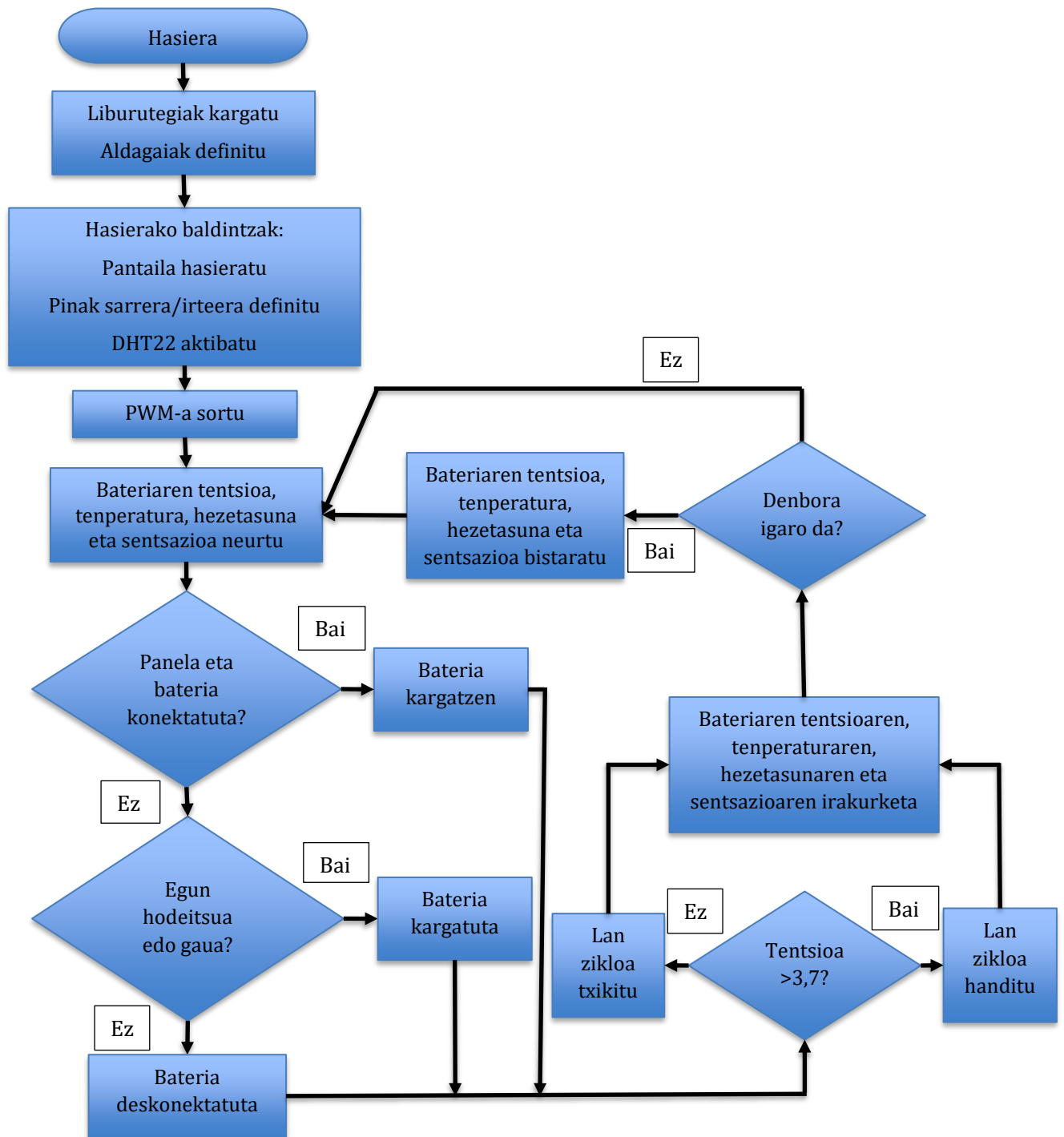


13. Irudia. Erreguladore linealaren eskema

Azkenik, dena independenteki simulatu eta ondo funtzionatzen duela ikusiz gero, protoboard batera pasatuko da muntatzera.

## 7.2 Programazioa

Atal honetan Arduinon erabiltzen den kodea azalduko da fluxu diagrama (14. Irudia) baten bitartez.



14. Irudia. Fluxu-diagrama

Programatutako kodearekin hasteko, lehenik eta behin, OLEDa DHT22 sentsorea erabiltzeko beharrezko liburutegiak kargatuko dira `#include` komandoari esker. Jarraian, programan zehar erabiliko diren aldagai desberdinak definituko dira. OLED pantaila eta DHT22 sentsorea hasieratu eta gero, programa nagusia exekutatu da.

Programa nagusiaren lehenengo zatia bateriaren tentsioa neurtzeko erabiltzen da. Atal honetan hiru egoera ezberdin eman daitezke: lehenengo egoeran plaka fotovoltaikoa eta bateria konektatuta egongo dira, honek bateria kargatzen ari dela adieraziko du. Bigarren egoeran bateria bakarrik egongo da konektatuta, hau da, egun hodeitsua edo gaua denez plakak ez du funtzionatuko, beraz, prototipoa funtzionatzen ari da bateria kargatuta dagoelako. Azkenik, hirugarren egoeran bateria deskargaturik egon eta eguzki panelari esker prototipoak funtzionatu dezake. Gero, programa nagusiaren bigarren zatian PWMa programatzeko erabiltzen da. Atal honek PWMaren lan-zikloa doitzea du helburu. Horretarako, programak %70eko PWMa sortuko du, analogwrite funtzioaren bitartez. Gero, analogread funtzioa erabiliz, puntu horretan dagoen balioak neurtuko dira. Hortik irakurtzen den tentsioa 3,7 V-ekoa izatea nahi da, beraz, puntu horretako tentsioa 3,7 V baino handiagoa bada, PWMa handituko da. Aldiz, 3,7 V baino txikiagoa bada, PWMa murriztu beharko da.

Hirugarren zatian, inguruko tenperatura, hezetasuna eta sentsazioa neurtzea du helburu programak. Hori, `dht.readHumidity`, `dht.readTemperature` eta `dht.computeHeatIndex` komandoak erabiliz lortuko da.

Azkenik, OLEDaren betebeharra bateriaren tentsioa, tenperatura, hezetasuna eta sentsazioa bistaratzea da. Aurretik definitutako liburutegiek dituzten funtzioei esker balioak zein posizioetan irudikatu eta letren kolorea eta tamaina aukeratu daiteke.

## 8. Prototipaketa eta muntaketa

Muntaketa bi zatitan banatu da. Lehenik eta behin zirkuitua Protoboard-a batean egin da ondo funtzionatzen duela egiaztatzeko. Hau egiaztatuz gero, PCBa diseinatu eta plaka inprimatu batean egin da zirkuitua.

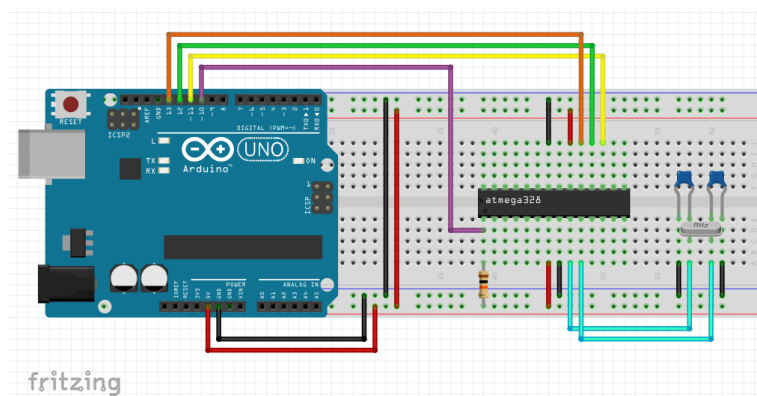
### 8.1 Protoboard-eko probak

Atal honetan simulazio probetan lortutako funtzionamendua prototipaketa fisiko eta osagai errealekin lortu nahi da. Horretarako, zirkuitua hainbat zatitan banatuko da, horrela bakoitzak ondo funtzionatzen duela egiaztatuko da.

#### 8.1.1 Bootloaderra erre

Lehenik eta behin proiektuaren tamaina murriztu nahi da, horretarako Arduino plaka erabili beharrean ATmega328U zirkuitu integratua erabiliko da. Hau programatzeko bootloaderra erre behar da.

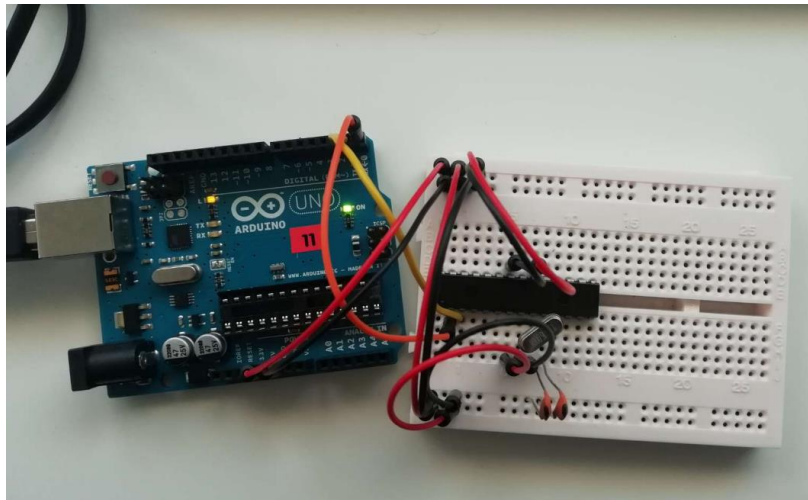
Bootloaderra erretzeko 15. Irudiko eskema egin behar da. Horretarako hurrengo osagaiak erabili behar dira: 10k $\Omega$ -eko erresistentzia bat, 22 pF-ko bi kondentsadore eta 16 MHz-eko kristal bat.



15. Irudia. Bootloaderra erretzeko konexioak

ATmega328U-ak bootloaderra erreta daukanean programa bertara igo daiteke Arduino plakako USB serie bihurgailua erabiliz. 16. Irudian egin beharreko konexioa irudikatzen da.

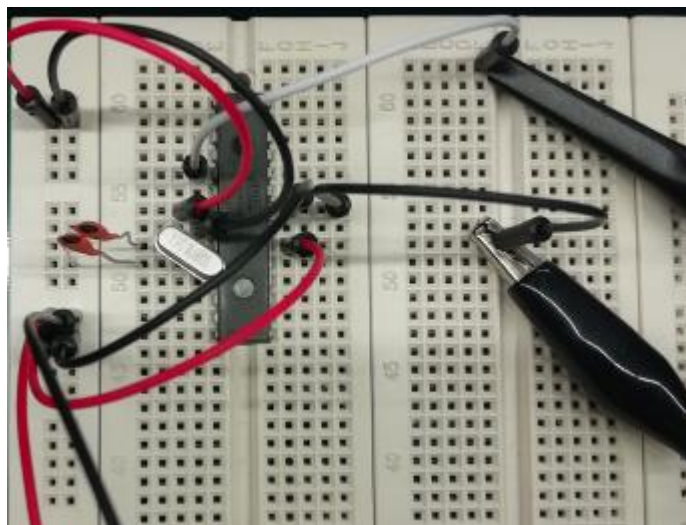




16. Irudia. Programa kargatzeko konexioak

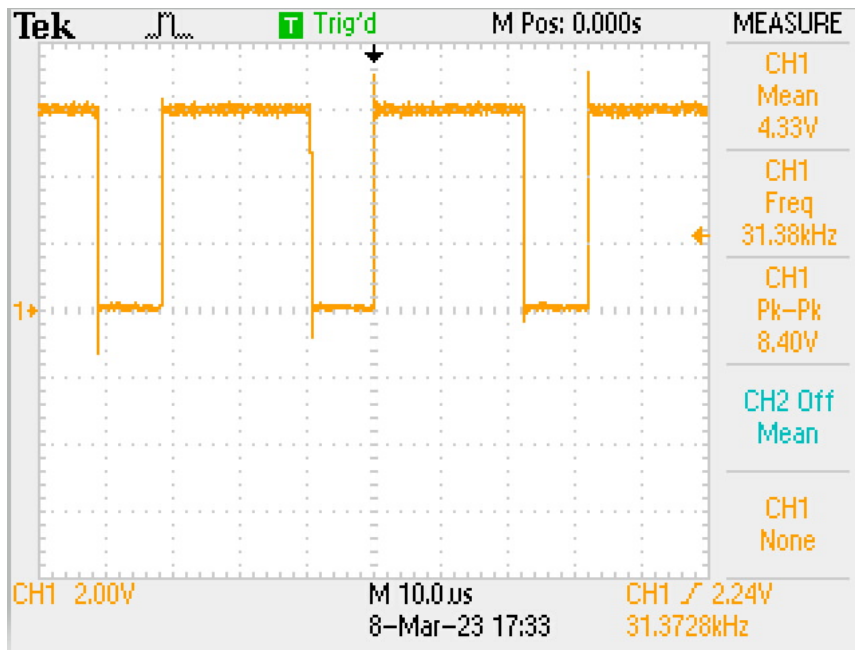
### 8.1.2 Buck bihurgailua

Behin ATmega328Uak bootloaderra erreta daukanean eta behar duen programa igota, 17. Irudian Arduino plaka ordezkaten duen muntaketa aurkezten da. Lehen esan den moduan, erresistentzia bat, bi kondentsadore eta kristal bat modu egokian funtzionatzeko. Horrez gain, PWMa mikrokontroladorearen 5. pinetik sortuko da.



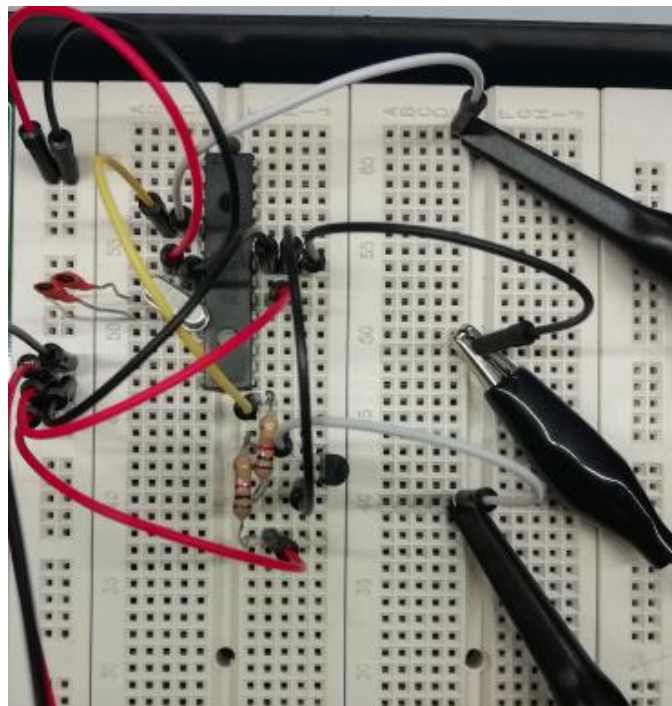
17. Irudia. ATmega328U mikrokontroladorea

Mikrokontroladoreak sortzen duen PWMa ikusteko osziloscopia erabii da, beraz, osziloscopiaaren zunda 5. pinera konektatu izan behar da. 18. Irudian ikusten den bezala, ATmega328Uk sortzen duen PWMa %75eko duty-cycle eta 31kHz-eko maiztasuna dauka.



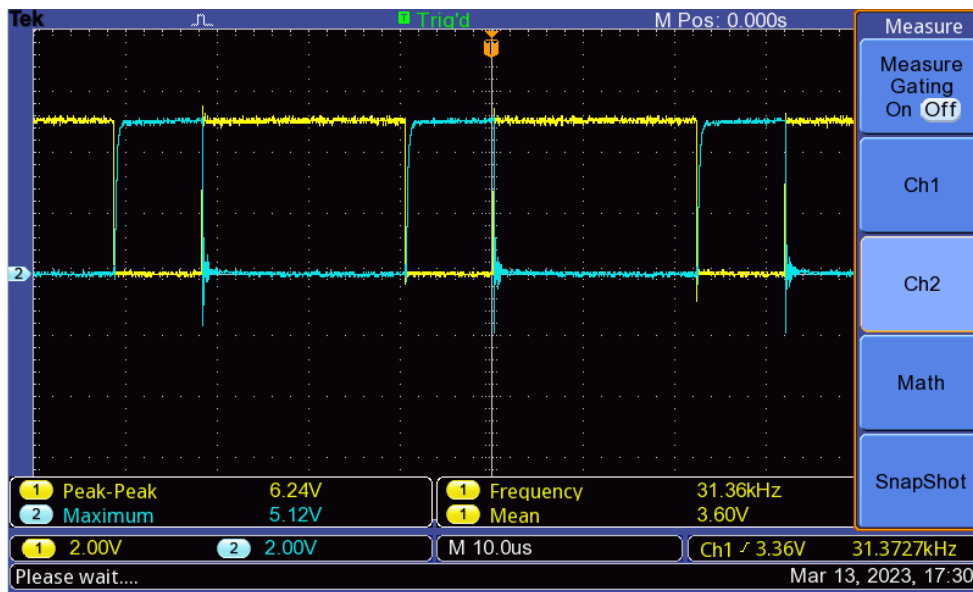
18. Irudia. ATmega328U sortzen duen PWMa

Mikrokontroladoreak sortzen duen PWM horren korronea MOSFET-a kitzikatzeko ez da nahikoa, beraz, anplifikazio zirkuitu bat gehitzen zaio arazo hori saihesteko. Anplifikazio zirkuitua MOSFET eta bi erresistentziekin egiten da, hurrengo irudian ikusten den bezala.



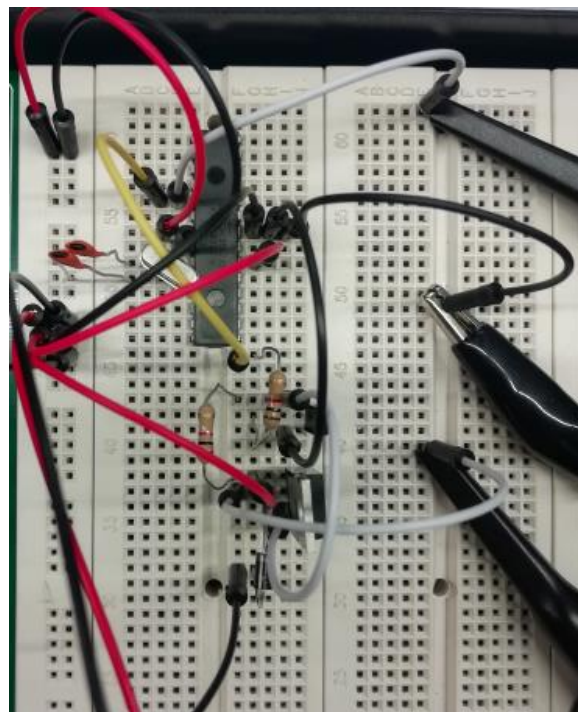
19. Irudia. Anplifikazio zirkuitua

Hala ere, osziloskopioan (20. Irudian) ikus daitekeen moduan seinalea MOSFET-tik igarotzen denean PWM-aren duty-cycle-a alderantzikatzen da.



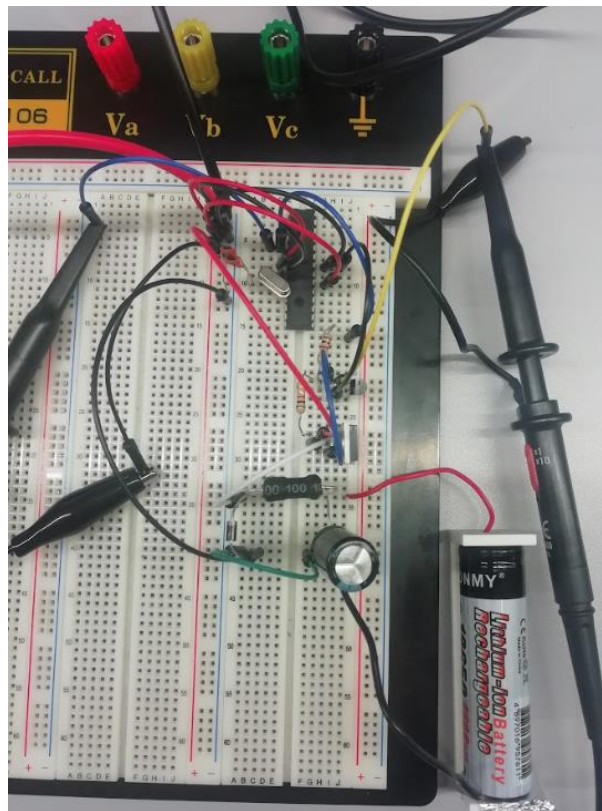
20. Irudia. PWMa alderantzikatuta osziloskopioan

Beraz, 21. Irudian ikusten den bezala zirkuituan oztopo hori ez edukitzeko bigarren MOSFET-a N-Channel izan beharrean, P-Channel motakoa erabiliko da.



21. Irudia. Bigarren MOSFETa P-Channel motakoa

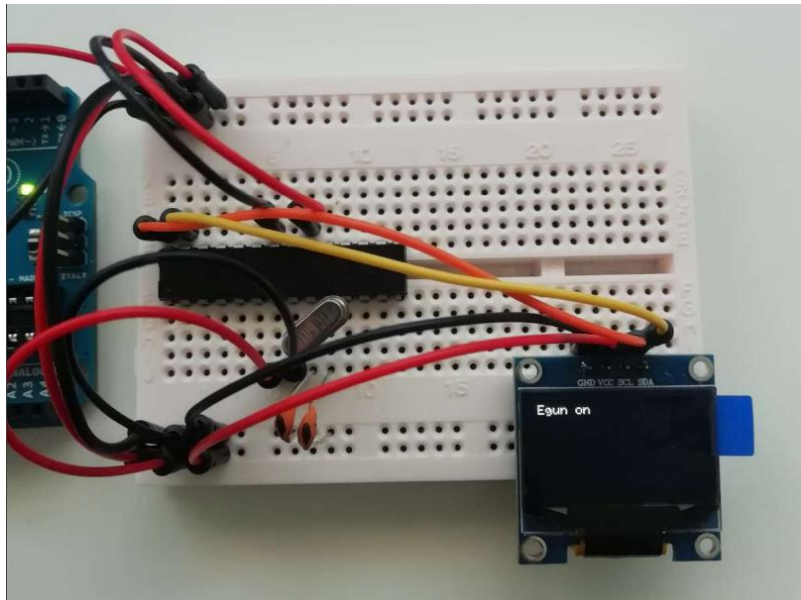
PWMaren sorkuntza finkatuz gero, buck bihurgailuaren muntaketarekin hasten da. Simulazioan erabilitako osagai berdinak hartzen dira eta protoboard-ean muntatu (22. Irudia) egiten dira.



22. Irudia. Buck bihurgailua protoboard-ean

### 8.1.3 OLEDa

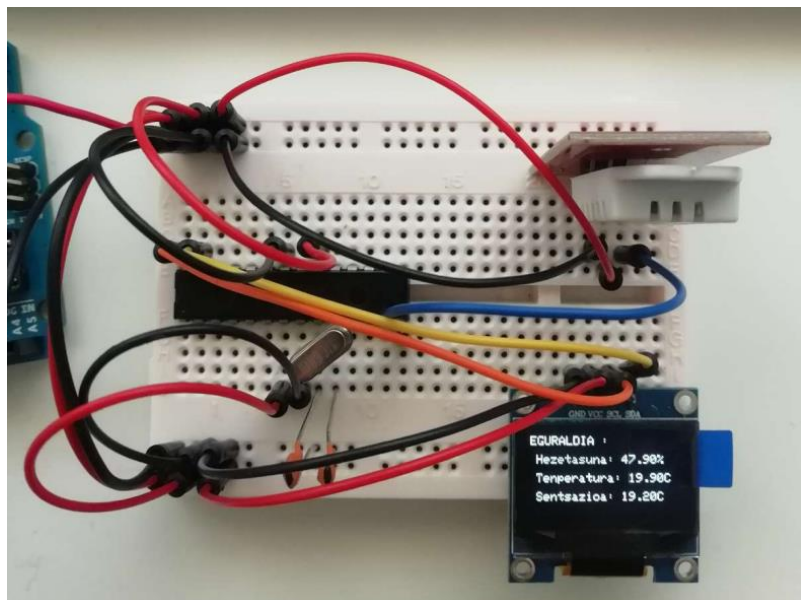
OLEDa funtzionatzeko bi liburutegi jaitsi behar dira Arduino IDE interfazean: Adafruit\_GFX eta Adafruit\_SSD1306. Behin liburutegiak instalatuta daudenean, pantailan agertu nahi dena programatu eta, 23. Irudiaren konexioa eginez, programa kargatu egiten da zirkuitu integratuan. Hori egin eta gero, egoki pizten dela eta programa zuzen kargatzen dela egiaztatzen da.



23. Irudia. OLEDaren konexio zirkuitua

#### 8.1.4 DHT22 sentsorea

DHT22 sentsorea funtzionatzen jartzeko liburutegi bat jaitsi behar da Arduino IDE interfazeaz: DHT. Liburutegia instalatuta, programa gauzatuta eta mikrokontroladorean kargatuta izanez gero, funtzionamendua egokia dela eta zuzen kargartzen dela egiaztatzeko 24. Irudian aurkezten den konexioa egiten da.



24. Irudia. DHT22 sentsorearen konexio zirkuitua

### 8.1.5 HC-05 Bluetooth

Kasu honetan ez da beharrezkoa liburutegirik jaitea baina SoftwareSerial liburutegia gehitu behar zaio komunikazio pin-ak aukeratzeko. Gero, DHT22 sentsorean erabilitako programa erabiltzen da baina komandoak gehitzen zaizkio komunikazioa gauzatzeko, eta hau mikrokontroladorean kargatzen da. Azkenik, bere funtzionamendua egokia dela konprobatzen da 25. Irudian aurkezten den konexioa eginez. Konexioaz gain, mobilean aplikazio bat sortzen da, horrela bluetooth-aren eginkizuna ondo dabilela egiaztatu daiteke.



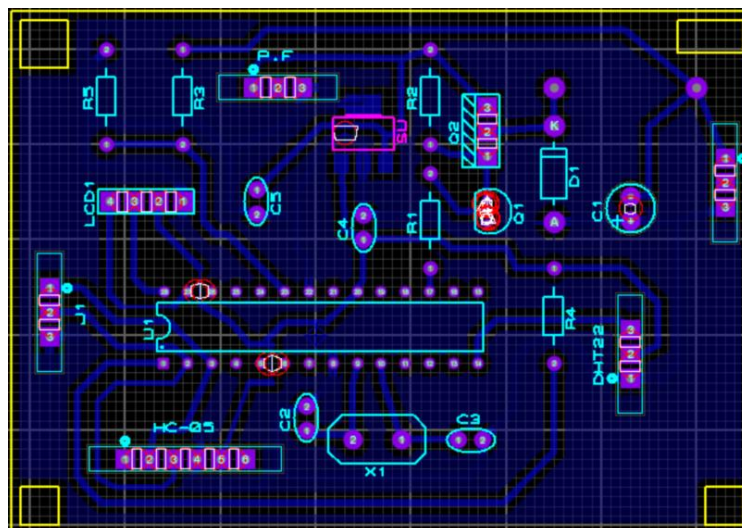
25. Irudia. HC-05 Bluetooth-aren konexio zirkuitua

## 8.2 PCB diseinua

Simulazioak egiteko erabili den Proteus 8 programak diseinatutako zirkuituak PCB batera pasatzeko aukera ematen du, PCB Layout erraminta erabiliz.

Lehenik eta behin, PCB plakaren limiteak zehaztu behar dira. Gero, definitutako limiteen barnean osagaiak jarriko dira orden bat errespetatuz. PCBa eraikitzeke lehenengo elementua mikorkontroladorea izan da eta erdialdean kokatu da, bertatik konexio asko pasatzen direlako eta pistak eraikitzea errazago delako. Horren ostean, elkarren arteko konexioa egiten duten elementuak batera jarri dira pistak sortzerakoan trabarik ez egoteko.

Azkenik, osagaiak konektatzeko erabiltzen diren pistak lodiak izan behar dira korronte gehiago pasatu ahal izateko, beraz, erabilitako lodiera handia izan da arazorik ez izateko. Hurrengo irudian, garatutako PCB plakaren pisten eta osagaien Layout-a ikus daiteke.



26. Irudia. PCBaren konexio eskema

Proteus 8 programan egindako PCBa plaka fisiko batean inplementatu behar da. Horretarako, sei pauso jarraitu behar dira, amaieran PCB on eta erabilgarri bat izateko.

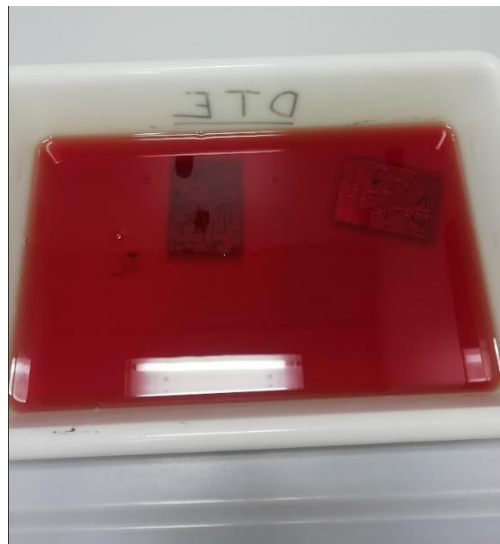
Lehenengo pausoa, diseinatutako pistak A4 orri tamainako plastiko garden batean inprimatu behar dira, fotolitoa deitzen dena. Behin fotolitoa izanda, pistak plakan markatu behar dira. Erabiltzen diren plakak fotosentikorrek dira, hau da, plakaren gainazalean daukan erretxina argiarekin disolbagarri egiten da. Beraz, maskara bezala jokatzeko, plakaren gainean fotolitoa jarriko da erretxina argitik babesteko, eta hortaz, plakan soilik pistak geratuko dira

grabatuta. Prozesu hau egiteko insoladora (27. *Irudia*) erabiltzen da, makina honen funtzioa argia ematea da erretxina disolbagarria bihurtzeko, eta honek behar duen denbora lau minutukoa da.



27. *Irudia*. Insoladorea erabiliz pistak plakan grabatu

Bigarren pausoa, insolatutako erretxina plakatik kendu beharko da, horretarako kubeta batean dagoen likido errebeladorean sartu beharko da. Pixkanaka-pixkanaka erretxina kendu eta diseinatutako pistak agertuko dira 28. *Irudian* ikusten den bezala.

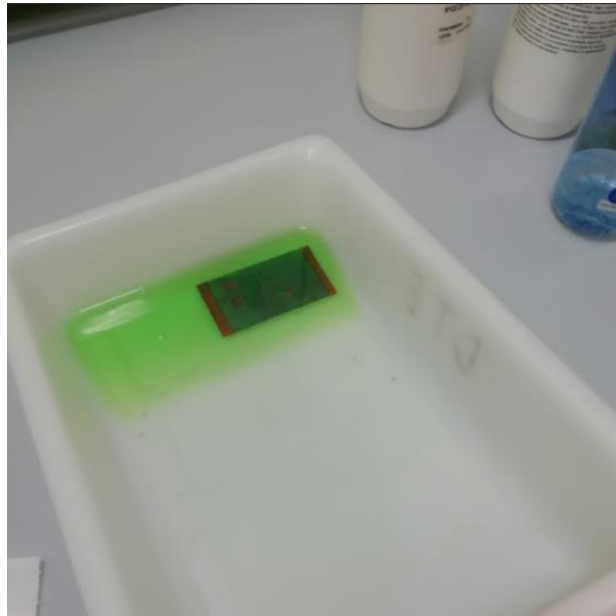


28. *Irudia*. Errebelatze prozesua

Hirugarren pausoa (29. *Irudia*), erretxina kenduta izanda kobre geruza agertuko da. Kobre hau kentzeko azido klorhidriko eta ur oxigenatu disoluzio bat erabiliko da, erlazioa 2:1



izango dena, hau da, bi parte azido klorhidriko ur oxigenatu parte bakoitzeko. Plaka disoluzio honetan sartuz gero, kobredun pistak agertuko dira baina hauek erretxina daukate oraindik lehen babestu direlako.

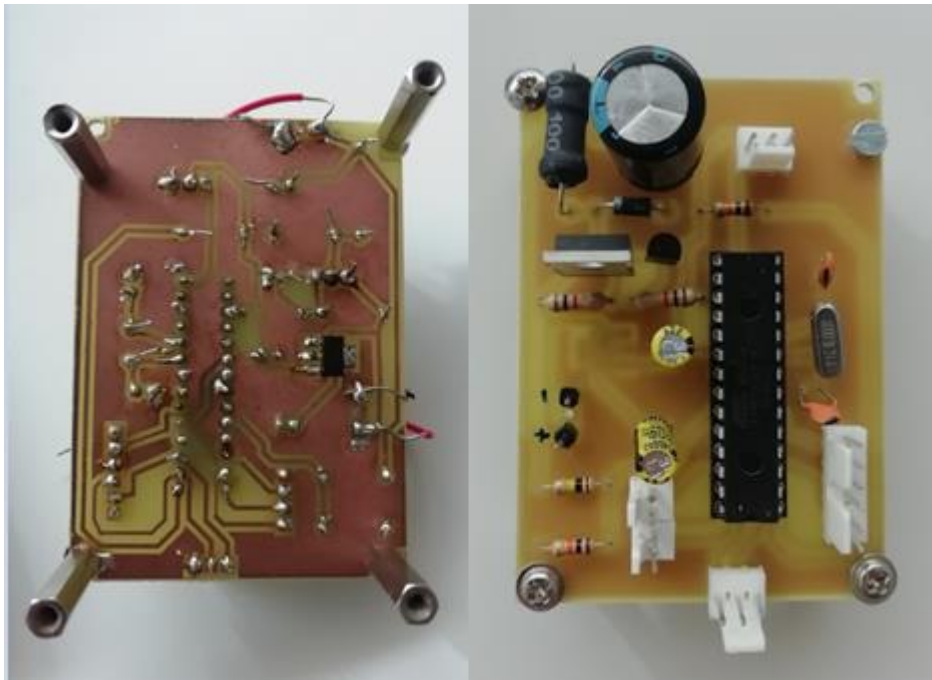


### *29. Irudia. Erasotze prozesua*

Laugarren pausoa, pista horiei erretxina kendu beharko zaie, horretarako, aurreko prozesu batzuk errepikatuko dira. Berriz ere 7-8 minutu artean insoladorean ipiniko da, eta gero, errebelatze prozesua egingo da geratzen den erretxina kentzeko. Lau pauso hauek egin da PCB plaka prest egongo da.

Bostgarren pausoa, osagaiak PCBan sartzeko zuloak egin beharko dira. Horretarako, mahaiko taladro daratulu bat erabiliko da, eta zulo bakoitza egiteko diametro ezberdineko brokak erabiliko dira. Lehenik eta behin, plakaren ertzetan jarriko diren esparragoak 3 mm-ko zuloak egingo dira. Ondoren, konektoreak eta transistoreak sartzeko 1 mm-ko zuloak egingo dira, eta azkenik, gainontzeko osagaietarako 0,8 mm-ko zuloak egingo dira.

Amaitzeko, seigarren pausoa, osagaiak egoki sartzen direla egiaztatu eta banan-banan plakara soldatuko dira.

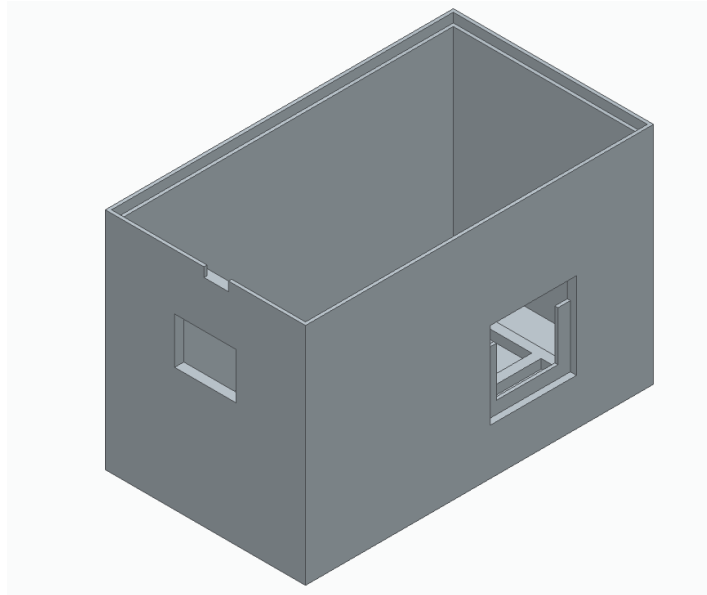


30. Irudia. Plakaren soldadura eta prototipoa

### 8.3 Karkasaren diseinua

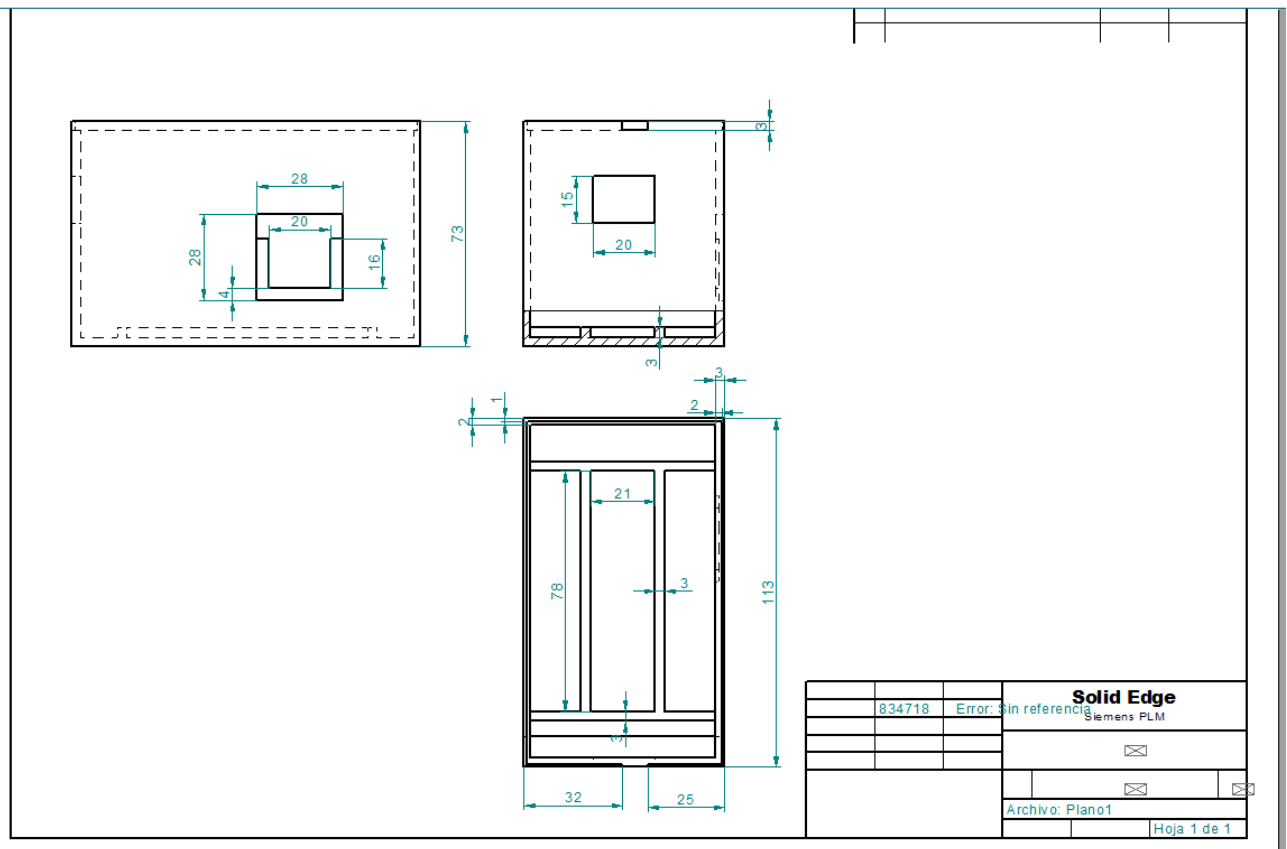
Diseinuarekin amaitzeko, inplementatutako zirkuitua, bateria eta eguzki plaka estalki baten barruan sartuko dira, prototipo eramangarria izateko. Horretarako, karkasaren diseinua egiteko Solid Edge programa erabili da eta 3D-ko inprimagailu baten bidez fabrikatu da.

Karkasa laukizuzen itxurazko pieza bakarraz osatuta dago. Alde batetik, karkasaren barruan bi laukizuzen ditu, lehenengo laukizuzenean, handiena dena, PCB plaka jarriko da eta bigarren laukizuzenean, txikagoa dena, bateria jarriko da. Bestetik, bi lehia izango ditu, lehenengoa OLEDa erakusteko eta bigarrena DHT22 sentsoarea jartzeko. Azkenik, goiko partean eskailera moduko hozkadura izango du bertan plaka fotovoltaikoa kokatzeko. Hurrengo irudian diseinatutako karkasa ikus daiteke.



*31. Irudia. Karkasaren diseinua 3D-n*

Behin karkasaren diseinua egin eta gero, 3D inprimagailu batean sortuko da. Horretarako, Inventor programa erabiliko da pieza sortzeko. Inprimatzeko momentuan zenbait parametro kontuan hartu dira. Alde batetik, faktore garrantzisuena materiala aukeratzea izango da. Kasu honetan, PLA (azido polilaktizko filamentua) aukeratu da materiala merkea delako eta oso erraz bigundu eta moldeatu daitekeelako. Bestetik, kapa bakoitzean zenbat material kantitate gaineratu behar den zehaztu behar da. Kasu honetarako, hoberena pasada bakoitzean geruza fina gehitzea da, emaitza fin bat lortzeko. Azkenik, piezaren barne betetzea kontuan hartu behar da.



### 32. Karkasaren plano akotatuak

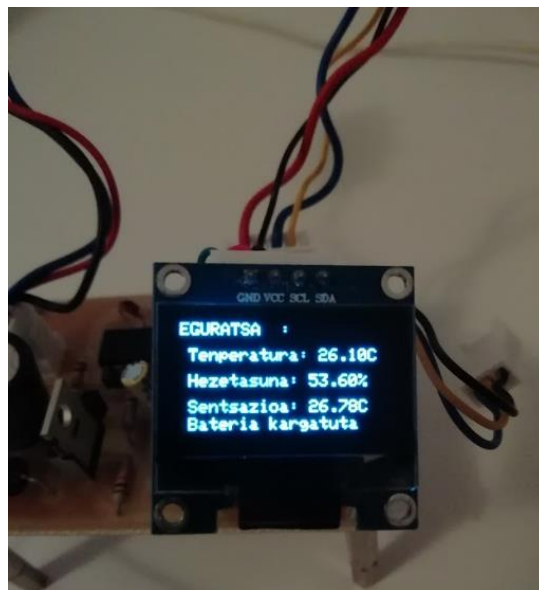
Konfigurazioa eginda dagoenean, beharrezko artxiiboak sortu eta 3D inprimagailura eramaten da. Piezarekin hasi baino lehen, 3D inprimagailua kalibratu eta filamentua eta pieza egingo den gainazala berotu beharko dira. Behin prestakuntza amaituta, inprimagailua materiala isurtzen hasten da.

Lehenengo diseinuan hainbat akats egon dira. Hasteko, karkasaren altuera handiegia izan da, hortaz, hori murriztu egin da diseinua txikitzeko. Gero, plaka jartzen den lekua txikia izan da, beraz, honen dimentsioak aldatu egin dira hau sartzeko. Eta azkenik, karkasaren pareta lodiegiak egin dira eta horrek denbora handitzen zuen 3D inprimatzako. Ondorioz, aldaketa hauek egin eta gero, bigarren diseinua egiteko denbora gutxiago behar izan du, guztira, 13 ordu.

## 9. Ekipo eramangarriaren egiaztapena

Atal honetan PCBaren funtzionamendua egokia dela ziurtatuko da. Horretarako, lehenik eta behin pisten jarraitasuna neurtu da; Vcc-ak eta Gnd-ak elkarrekin konektatuta daudela ikuskatu da.

Gero, osagaiek ondo funtzionatzen dutela konprobatu egin da. Horretarako OLEDa konektatu eta hau piztu egiten dela konprobatu da. OLEDa piztuta egonda, DHT22 sentsorea ondo konektatuta dagoela konprobatu egin da pantailan eskuratzen diren balioak bistaritzen direlako.



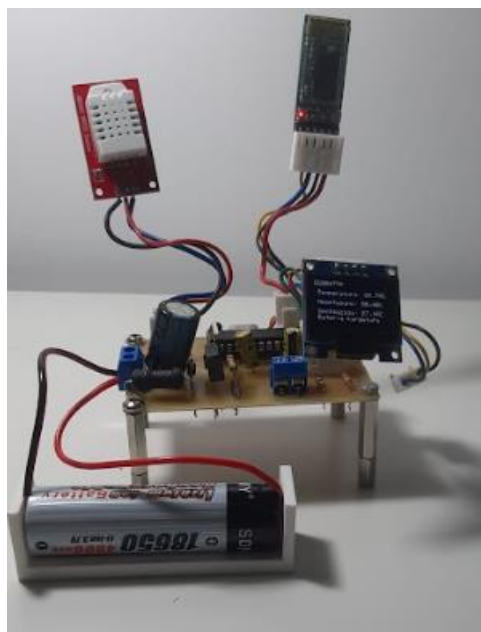
33. OLED-aren funtzionamendua

Beste konprobaketa bat, HC-05 bluetooth gailuak modu egokian funtzionatzen duela begiratzea da. Kasu honetan, gailuak daukan led-ak dir-dir eginez egiaztatzen du bere funtzionamendua egokia dela. Gainera, mugikorreko aplikazioan sentsoretik lortutako balioak ere bistaritzen dira konexioa ona dela erakutsiz.



*34. HC-05 bluetooth-aren funtzionamendua*

Behin osagaiak ondo konektatuta daudela eta bere funtzionamendua egokia dela ikusita, bateriaren konprobaketa egiten da. Bateriaren hiru egoera desberdinak egiaztatuko dira. Hasteko bateria kargatuta egonez gero, prototipo osoa era egokian funtzionatzen duela frogatu egin da. Kasu honetan, *35. irudian* ikusten den bezala demostratu egiten da bateriaren energiarekin zirkuituak era egokian funtzionatzen duela.



*35. Bateriarekin bakarrik funtzionatzen*

Ondoren, bateria deskonektatu egin eta prototipoa plakarekin bakarrik funtzionatu izan behar du. Beraz, plakak funtzionatzeko eguzki argia beharko du, eta horretarako kalean

ipini egin da eguzki argia jasotzeko. Honen saiakuntzaren bitartez demostratu da diseinatutako zirkuituak plaka fotovoltaiko batekin egoki funtzionatzen duela.

Azkenengo egoeran, bateria deskargaturik dago eta plaka fotovoltaikoaren bitartez bateria kargatu egin behar da. Beraz, bezala plaka fotovoltaikoak eguzki energia jaso eta baterian biltzen dela egiaztatzen da.

## 10. Planifikazioa

---

Prototipo eramangarria fabrikatzeko burutu den planifikazioaren berri ematen da atal honetan. Planifikazio hau zeregin edo ekintza ezberdinetan banatu dira, eta proiektuan eman diren pausoak definitzen dituzte. Azkenik, Gantt-en diagrama aurkeztuko da, honek ekintza bakoitza gauzatzeko beharrezko denbora irudikatuko du kronologikoki.

### 1. Zeregina

**Helburua:** Proiektuaren gaia finkatu eta lanean hasi baino lehen informazioa biltzea.

**Aurkeztekoa:** Lana egiteko beharrezko informazioa.

#### 1.1 Azpizeregina

**Helburua:** Gaia aukeratu.

**Aurkeztekoa:** Bilera baten bitartez lanaren noranzkoa zehaztu.

#### 1.2 Azpizeregina

**Helburua:** Proiektuari buruzko informazioa aztertu.

**Aurkeztutakoa:** Diseinua egiteko beharrezko osagaiak zehaztu.

### 2. Zeregina

**Helburua:** Diseinua egiteko behar diren osagaiak zehaztuz gero, osagai hoberenak aukeratu eta alternatiben analisia egitea.

**Aurkeztutakoa:** Alternatiben analisia.

### 3. Zeregina

**Helburua:** Buck zirkuitua diseinatu, simulatu eta muntatu.

**Aztertutakoa:** Buck zirkuituaren kalkuluak, simulazioa eta prototipaketa aurkeztu.

#### 3.1 Azpizeregina



**Helburua:** Buck zirkuitua diseinatzeko beharrezko osagaiak eta kalkulu teorikoak.

**Aztertutakoa:** Buck zirkuitua diseinatuta.

### 3.2 Azpizeregina

**Helburua:** Buck zirkuitua birtualki muntatu, simulazio programa bati esker.

**Aztertutakoa:** Simulazioa garatuta aurkeztu.

### 3.3 Azpizeregina

**Helburua:** Buck zirkuitua protoboard-ean muntatu.

**Aztertutakoa:** Egindako muntaketa aurkeztu.

## 4. Zeregina

**Helburua:** ATmega328U mikrokontroladorea programatu eta bere funtzionamendua egokia dela egiaztatu.

**Aztertutakoa:** ATmeg328U-an egin den programazioa.

## 5. Zeregina

**Helburua:** OLED pantaila, HC-05 bluetooth eta DHT22 sentsoarearen muntaketa eta bere funtzionamendua egokiak direla egiaztatu.

**Aztertutakoa:** Osagai bakoitzaren muntaketa aurkeztu.

### 5.1 Azpizeregina

**Helburua:** OLED pantaila behar duen zirkuitua muntatu eta mikrokontroladorean programatutakoa pantailan bistaratzen dela egiaztatu.

**Aurkeztutakoa:** Zirkuituaren muntaketa eta mikrokontroladorean programatutakoa bistaratzen duela erakutsi.

### 5.2 Azpizeregina

**Helburua:** HC-05 bluetooth-a behar duen zirkuitua muntatu eta mugikorrarekin konexioa egiten duela egiaztatu.

**Aurkeztutakoa:** Zirkuituaren muntaketa eta konexioa egokia dela erakutsi.

### 5.3 Azpizeregina

**Helburua:** DHT22 sentsorea behar duen zirkuitua muntatu eta tenperatura eta hezetasun balioak hartzen dituela egiaztatu.

**Aurkeztutakoa:** Zirkuituaren muntaketa eta funtzionamendu egokia erakutsi.

## 6. Zeregina

**Helburua:** PCB-aren software bidezko diseinua egin, PCB plaka fisikoa eraiki eta osagaiak soldatu.

**Aurkeztutakoa:** PCBaren pisten eta osagaien layouta eta prototipoaren funtzionamendua.

### 6.1 Azpizeregina

**Helburua:** Proteus 8 programaren bidez PCBa egin osagaiak kokatuz.

**Aurkeztutakoa:** PCB layouta.

### 6.2 Azpizeregina

**Helburua:** PCBa egiteko dagozkion pausoak eta prozesuak jarraitu.

**Aurkeztutakoa:** PCB plaka eraikita.

### 6.3 Azpizeregina

**Helburua:** Osagaiak soldatu eta funtzionamendua ziurtatu.

**Aurkeztutakoa:** Osagaiak PCBan soldatuta eta funtzionamendu egokia erakutsi.

## 7. Zeregina

**Helburua:** Karkasa Solid Edge programan diseinatu eta 3D inprimagailu batekin eraiki.

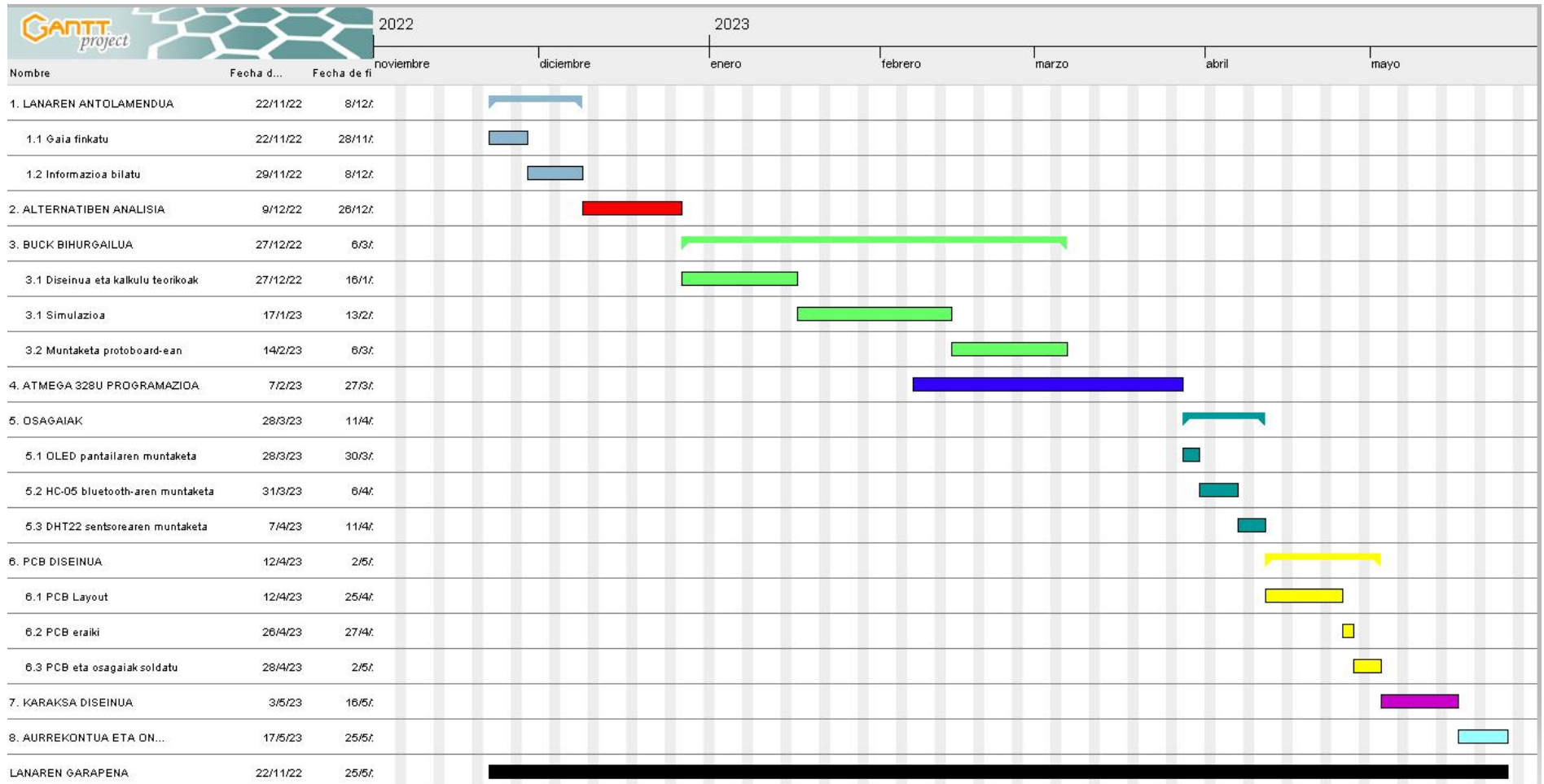
**Aurkeztutakoa:** 3D-ko karkasa.

## 8. Zeregina

**Helburua:** Proiektua aurrera eramateko balantze ekonomikoa egin eta lortutako emaitzetik ondorioak atera.

**Aurkeztutakoa:** Kostu ekonomikoak eta Ondorioak atalak burutu.

Hurrengo irudian proiektuaren garapenaren Gantt-en diagrama ikus daiteke.



36. Irudia. Gantt-en diagrama

## 11. Kostu ekonomikoak

Atal honetan, proiektua egiteko izan duen kostu ekonomikoa azaltzen da. Kostuak hiru ataletan banatuko dira: giza baliabideen kostua, beharrezko materialen kostua eta kostu totala.

### 11.1 Giza baliabideen kostua

Azpiatal honetan, proiektua gauzatzeko behar diren pertsonen aurrekontua deskribatzen da. Giza baliabideak bi alderdietan banatu dira: alde batetik, ingeniari juniorra proiektua burutzeaz, diseinatzeaz eta memoria idazteaz arduratzen dena, eta bestetik, ingeniari seniorra lanaren gainbegiratzeaz eta zuzenketaz arduratzen dena. Aurrekontua garatzeko lan orduak eta orduko kostua kontuan hartu dira.

4. Taula. Giza baliabideen kostua

<b>GIZA BALIABIDEEN KOSTUA</b>				
<b>GIZA BALIABIDE MOTA</b>	<b>KONTZEPTUA</b>	<b>ORDUAK</b>	<b>PREZIOA (€/ORDU)</b>	<b>KOSTUA (€)</b>
Ingeniari juniorra	Burutzea, diseinua eta memoria idaztea	425	12	5100
Ingeniari seniorra	Gainbegiratzea eta zuzenketa	30	25	750
<b>TOTALA</b>				<b>5850€</b>

### 11.2 Beharrezko materialen kostua

Azpipuntu honetan, proiektua egin ahal izateko beharrezko materialen guztien kostua aurkeztuko da. Baliabide materialen kostua hiru zatitan banatuko da: lehenengo zatian prototipoa osatzen duten osagaien kostua, bigarren zatian erabili den laborategiko ekipamenduaren kostua eta hirugarren zatian erabili den software lizentzien kostua.

### 11.2.1 Osagaien kostua

Hurrengo taulan prototipoa muntatzeko erabiliko den osagai fisiko bakoitzaren kopurua, prezio unitateko eta kostu totala agertuko da.

5. Taula. Osagaien kostua

<b>OSAGAIEN KOSTUA</b>				
<b>OSAGAIA</b>	<b>KONTZEPTUA</b>	<b>KOPURUA (UNITATE)</b>	<b>PREZIOA (€/UNITATE)</b>	<b>KOSTUA (€)</b>
MS6V150.2	Eguzki panela	1	1,76	1,76
ATmega328U	Mikrokontroladorea	1	1,96	1,96
AZDelivery 0,96	Display-a	1	6,49	6,49
HC-05	Bluetooth	1	5,99	5,99
DHT22	Tenperatura eta hezetasun sentsorea	1	5,99	5,99
Li-Ion 18650	Bateria	1	14,64	14,64
L35B	Erreguladore lineala	1	2,576	2,576
BS170	N-Channel Transistorea	1	0,395	0,395
IRF9Z24N	P-Channel Transistorea	1	0,884	0,884
R 10 K	Erresistentzia	2	0,12	0,24
R 1 K	Erresistentzia	2	0,12	0,24
R 100 K	Erresistentzia	1	0,12	0,12
Cap 47 uF	Kondentsadorea	2	0,31	0,31
Cap 22pF	Kondentsadorea	2	0,26	0,26
Cap 1 mF	Kondentsadorea	1	0,36	0,36
10 uH	Harila	1	0,35	0,35
XT49S16M VISHAY	16 MHz kristala	1	0,65	0,65
1N4007	Diodoa	1	0,19	0,19
Dil28	Zokaloa	1	0,37	0,37
TE Connectivity	Pinak	4	0,105	0,42
Konektoreen karkasa	Pinak	12	0,221	2,652
Pinen erregelatxoa	Pinak	6	0,203	1,218

<b>TOTALA</b>	48,10 €
---------------	---------

### 11.2.2 Laborategiko ekipamenduaren kostua

Atal honetan, laborategiko tresna eta material bakoitzaren unitatea, prezio unitateko eta kostu totala agertuko dira. Hala ere, material gehienak amortizatuta daude proiektua aurrera eraman baino lehen.

#### 6. Taula. Laborategiko ekipamenduaren kostua

<b>LABORATEGIKO EKIPAMENDUAREN KOSTUA</b>				
<b>MATERIALA</b>	<b>KONTZEPTUA</b>	<b>UNITATEA</b>	<b>PREZIOA (€/UNITATE)</b>	<b>KOSTUA (€)</b>
DC power supply HY3003-3	Elikadura iturria	1	139,99	Amortizatua
Tektronix TDS2002C	Osziloskopioa	1	1750	Amortizatua
Lenovo X380 Yoga	Ordenagailua	1		Amortizatua
DS0 Insoladora	Insoladora	1	1221,59	Amortizatua
JBC CD-2BQE	Soldadura estazioa	1	375	Amortizatua
Ultimaker S3	3D Inprimagailua	1	4174,50	Amortizatua
Altzairuzko broka 0,8 mm	Broka	1	0,77	Amortizatua
Altzairuzko broka 1 mm	Broka	1	0,77	Amortizatua
Altzairuzko broka 3 mm	Broka	1	0,89	Amortizatua
<b>TOTALA</b>				Amortizatua

### 11.2.3 Software lizentzien kostua

Simulazioak egin ahal izateko eta lana idazteko software lizentzien prezio unitateko eta kostu totala aurkezten dira.

7. Taula. Software lizentzien kostua

<b>SOFTWARE LIZENTZIEN kostua</b>			
<b>SOFTWARE LIZENTZIA</b>	<b>LIZENTZIA MOTA</b>	<b>PREZIOA (€/UNITATE)</b>	<b>KOSTUA (€)</b>
Proteus 8.10	Profesional	Dohain	0
Arduino IDE	Orokorra	Dohain	0
Microsoft Office	Ikaslea	Dohain	0
Solid Edge ST10	Ikaslea	Dohain	0
<b>TOTALA</b>			0€

Amaitzeko, beharrezko materialen kostua hurrengo taulan bateratuta ikus daiteke:

8. Taula. Beharrezko materialen kostua

<b>BEHARREZKO MATERIALEN kostua</b>	
Osagaiak	48,10 €
Laborategiko ekipamendua	0 €
Software lizentziak	0 €
<b>TOTALA</b>	48,10 €

### 11.3 Kostu totala

Azkenik, giza baliabideen eta beharrezko materialen gastu guztiak ondorengo taulan bateratuko dira. Kontuan hartu behar da, aurreko kostuetan BEZarekin (Balio Erantsiaren Zerga) kalkulatu egin direla, hau da, kostu bakoitzean BEZa barne daukala.

9. Taula. Kostu totala

<b>KOSTU TOTALA</b>	
Giza baliabideak	5.850 €
Beharrezko materialak	48,10 €
<b>TOTALA</b>	5898,10 €

Proiektu hau burutzeko kostu totala **bost mila zortziehun eta laurogeita hamazortzi euro eta hamar zentimokoa** da.

## 12. Ondorioak

---

Proiektu honek energia fotovoltaikoa erabiliz inguruneko tenperatura eta hezetasuna antzemateko gailu eramangarri bat diseinatzea eta lortutako parametroak mugikorreko aplikazio batean erakustea du helburu. Hasieran aipatutako helburuen arabera guztiak bete direla ondorioztatu daiteke.

Lana egiteko graduan zehar landu diren hainbat software eta teknika erabili dira. Alde batetik, eguzki plakatik irten den tentsioa jaisteko buck bihurgailuak erabili dira. Bestetik, sistema babesteko zein eramangarria izateko karkasa diseinatu egin da Solid Edge softwarea erabiliz.

Hala ere, badaude zenbait software eta teknika graduan ez direnak ikasi baina lana burutzerakoan landu eta ikasi egin direnak. Proteus programa erabiliz, proiektuan zehar diseinatutako zirkuitu guztiak simulatu dira, horrela inplementazio fisikoa egin baino lehen edozein akats ekiditeko eta konpontzeko. Gainera, PCBak egiteko aukera ematen zuenez, PCB baten fabrikatze prozesua nolakoa den ikasi da. Bestalde, 3D inprimagailu baten bidez karkasa nola fabrikatzen den ikusi da.

Lehen esan den bezala, helburu guztiak bete izan arren hainbat oztopo egon dira. Hasteko, simulazio tresnetan osagai idealak erabili direnez eta gero prototipaketan osagai errealak, arazo ugari sortu dira. Gainera, PWMa sortzerakoan lehen BJT transistoreak erabili egin dira baina funtzio honetarako MOSFET transistoreak erabiltzea hobetoak direla kontuan hartu egin da azkarragoak direlako. Horrez gain, protoboardean muntaketa egiterakoan batera kargatzeko hainbat arazo egon dira eta horretarako lehen erabili diren osagaien balioak aldatzea beharrezkoa izan da. Azkenik, karkasa diseinatzeko momentuan tamainaren aldetik handiegia zen, beraz, birformulatu behar izan zen espazio gutxiago erabiltzeko. Hala ere, agertu diren arazo guztiei irtenbide bideragarria aurkitzen ikasi da.

Bukatzeko, aspektu ekonomikoari dagokionez, prototipaketa hau eraikitzea kostu handikoa da, giza baliabideen kostuengatik. Hala ere, beharrezko materialen kostua ikusita prototipo fisikoaren inplementazioa ez da oso garestia, eta ondorioz, edozein pertsonentzat eskuragarria izatea ahalbidetzen du.



## 13. Bibliografia

---

- [1] Exteriores. *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. 2022/11/29  
<https://www.exteriores.gob.es/RepresentacionesPermanentes/unesco/es/Comunicacion/Noticias/Paginas/Articulos/Agenda-2030-.aspx>
- [2] RS-Online. *Pilas recargables*. 2022/12/09  
<https://es.rs-online.com/web/p/pilas-recargables-aa/8124393>
- [3] Powerex. *Pilas recargables*. 2022/12/09  
<https://www.powerex.es/pilas-recargables/powerex-precharged-aa-nimh-lsd/>
- [4] RS-Online. *Baterías recargables de tamaños especiales*. 2022/12/09  
<https://es.rs-online.com/web/p/baterias-recargables-de-tamanos-especiales/7887261>
- [5] Compic. *Microcontrolador del ATmega328-U*. 2022/12/11  
<https://www.compic.es/atmega/675-microcontrolador-atmega328-u.html>
- [6] RS-Online. *Microcontrolador Microchip PIC18F4321-I/P*. 2022/12/11  
<https://es.rs-online.com/web/p/microcontroladores/8767001>
- [7] Securitasdirect. *¿Qué es un sensor de humedad?* 2022/12/13  
<https://www.securitasdirect.es/blog/sensor-de-humedad-como-funciona/#:~:text=El%20sensor%20de%20humedad%20es,entre%204%20y%2020%20mA>
- [8] Descubrearduino. *¿Qué es un sensor DHT11?* 2022/12/13  
<https://descubrearduino.com/dht11/>
- [9] Sparkfun. *Sensor o modulo DHT22 de humedad relativa y temperatura de salida digital*. 2022/12/13  
<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>
- [10] Sherlin.xbot, *Electrónica teórica y práctica. ¿Qué es un microcontrolador?* 2022/12/15  
<http://sherlin.xbot.es/microcontroladores/introduccion-a-los-microcontroladores/que-es-un-microcontrolador>
- [11] Euroinnova. *¿Qué son las placas fotovoltaicas?* 2022/12/20  
<https://www.euroinnova.edu.es/blog/que-son-las-placas-fotovoltaicas>
- [12] Otovo. *¿Cómo funcionan las placas solares fotovoltaicas?* 2022/12/20  
<https://www.otovo.es/blog/placas-solares/como-funcionan-placas-solares-fotovoltaicas/>
- [13] Wikipedia. *Convertidor reductor*. 2022/12/25  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Convertidor\\_reductor](https://es.wikipedia.org/wiki/Convertidor_reductor)

[14] Monografias. *Convertidor Buck*. 2022/12/25

<https://www.monografias.com/trabajos48/convertidor-buck/convertidor-buck>

[15] Wikipedia. *Convertidor reductor*. 2022/12/25

[https://es.wikipedia.org/wiki/Convertidor\\_reductor](https://es.wikipedia.org/wiki/Convertidor_reductor)

[16] Wikipedia. *Batería (electricidad)*. 2023/01/05

[https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa\\_\(electricidad\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_(electricidad))

[17] Item. *Batería recargable*. 2023/01/05

<https://glossar.item24.com/es/indice-de-glosario/articulo/item//bateria-recargable-1.html>

[18] Naylamp Mechatronics. *Sensor de temperatura y humedad relativa DHT22*. 2023/01/10

<https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/58-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht22-am2302.html>

[19] Orient Display. *¿Cómo funciona OLED?* 2023/01/10

<https://www.orientdisplay.com/es/knowledge-base/oled-basics/how-does-oled-work/>

[20] Programamos. *La interfaz de App Inventor a fondo*. 2023/01/11

<https://programamos.es/la-interfaz-de-app-inventor-a-fondo/>

[21] Geek Factory. *HC-05 Módulo Bluetooth maestro esclavo*. 2023/01/14

[https://www.geekfactory.mx/tienda/modulos/radiofrecuencia/hc-05-modulo-bluetooth-](https://www.geekfactory.mx/tienda/modulos/radiofrecuencia/hc-05-modulo-bluetooth-maestro-)

[esclavo/#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20de%20HC%2D05%20M%C3%B3dulo%20Bluetooth%20maestro%20esclavo%3A&text=0%2BEDR,%3A%20%3C%3D4dBm%2C%20Class%20](https://www.geekfactory.mx/tienda/modulos/radiofrecuencia/hc-05-modulo-bluetooth-maestro-esclavo/#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20de%20HC%2D05%20M%C3%B3dulo%20Bluetooth%20maestro%20esclavo%3A&text=0%2BEDR,%3A%20%3C%3D4dBm%2C%20Class%20)

[22] RS-Online. *Reguladores de tensión*. 2023/01/16

<https://es.rs-online.com/web/p/reguladores-de-tension/5358641?gb=s>

[23] Wikipedia. *Divisor de tensión*. 2023/01/16

[https://es.wikipedia.org/wiki/Divisor\\_de\\_tensi%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Divisor_de_tensi%C3%B3n)

# I. Eranskina. Programazioa

---

```

#include <Wire.h> // I2C busarentzako liburutegia.
#include <Adafruit_GFX.h> // Display grafikoetarako liburutegia.
#include <Adafruit_SSD1306.h> //Display oled driver-erako Adafruit liburudenda izaten du.
#include "DHT.h"
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial BTSerial(2,3);

#define DHTPIN 8 // Sentsorea 8. pin digitalean konektatzen da.
#define DHTTYPE DHT22 // Zein sentsore erabiliko den zehazten du.
#define ANCHO 128 // OLED pantaila 128ko zabalera definitzen du.
#define ALTO 64 // OLED pantaila 64ko altuera definitzen du.
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
#define OLED_RESET 4
#define MOSFET 11
Adafruit_SSD1306 oled(ANCHO, ALTO, &Wire, OLED_RESET); // OLED aldagaia sortzen du liburutegia erbiliz.

volatile byte pwm=178.5;
float irakurketa;
float irakurketa1;
float tentsioaD;
float tentsioaD1;
float tentsioa;
float R1=100; // 100kohm
float R2=10; // 10kohm

void setup() {

  Wire.begin();
  oled.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C); // I2C komunikazioa hasten da 0x3C helbideak duen display-arekin.
  dht.begin(); // Sentsorea hasten da.
  BTSerial.begin(9600);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(MOSFET, OUTPUT);
  TCCR2B= 0b00000001;
  TCCR2A= 0b00000001;

}

void loop() {

  delay(1000);

  float h = dht.readHumidity(); //Hezetasuna irakurtzen du.
  float t = dht.readTemperature(); //Tenperatura irakurtzen du.
  float ht = dht.computeHeatIndex(t,h,false); // Hotzaren sentsazioa kalkulatzeko eta irakurtzen du.

  analogWrite(PD5, pwm); // PD5 pinetik PWM sientalea sortzen du.
  irakurketa=analogRead(A0); // A0 pinaren balioa neurtu.
  tentsioaD=irakurketa*(5/1024.0); // Irakurketa aldagaiaren balio digitala tentsioa bihurtu du.
  tentsioa=tentsioaD*((100+10)/10); // Tentsioa zatitzailearen konbertsioa aplikatu.

```

```

if(tentsioa>=4.5)
{
  tentsioaD=irakurketa*(3.3/1024.0);
  tentsioa=irakurketa*(3.3/1024.0)*((100+10)/10); // Irakurketa aldagaiaren balio digitala tentsioa bihurtu du.
}
else if(tentsioa<=4.5)
{
  tentsioaD=irakurketa*(5/1024.0);
  tentsioa=irakurketa*(5/1024.0)*((100+10)/10); // Irakurketa aldagaiaren balio digitala tentsioa bihurtu du.
}

Serial.print(t); // Mugikorreko aplikazioan tenperaturaren balioa bistaratu.
Serial.print(";");
Serial.print(h); // Mugikorreko aplikazioan hezetasunaren balioa bistaratu.
Serial.print(";");

oled.clearDisplay(); //Display-a garbitzen du.
oled.setTextColor(WHITE); // Letrak kolore zuriz konfiguratu.

oled.setCursor(0,0); // Kurtsorea 0,0 koordenatuan jarri.
oled.setTextSize(1); // Letraren tamaina lan jarri.
oled.print("EGURATSA : "); // EGURATSA hitza bistaratzen du.

oled.setCursor(5, 15); // Kurtsorea 5,30 koordenatuan jarri.
oled.setTextSize(1); // Letraren tamaina lan jarri.
oled.print("Tenperatura: "); // Tenperatura hitza bistaratzen du.
oled.print(t); //Tenperatura idazten du.
oled.print("C");

oled.setCursor(5, 30); // Kurtsorea 5,15 koordenatuan jarri.
oled.setTextSize(1); // Letraren tamaina lan jarri.
oled.print("Hezetasuna: "); // Hezetasuna hitza bistaratzen du.
oled.print(h); // Hezetasuna idazten du.
oled.print("%");

oled.setCursor(5, 45); // Kurtsorea 5,30 koordenatuan jarri.
oled.setTextSize(1); // Letraren tamaina lan jarri.
oled.print("Sentsazioa: "); // Sentsazioa hitza bistaratzen du.
oled.print(ht); //Hotzaren sentsazioa idazten du.
oled.print("C");

if(tentsioa>=3.6) // Tentsioa 4,2 baino handiagoa edo berdina den begiratu.
{
  pwm=pwm+1; // PWM seinalearen duty-cycle handitu.
  pwm=constrain(pwm,1,254); // PWM-a mugatu.
  oled.setCursor(5, 55); // Kurtsorea 5,60 koordenatuan jarri.
  oled.setTextSize(1); // Letraren tamaina lan jarri.
  oled.print("Bateria kargatuta "); // Ehunekoa hitza bistaratzen du.
}
}

```

```
else if(2<tentsioa<3.6) // Tentsioa 4,2 baino txikiagoa den begiratu.
{
    pwm=pwm-1; // PWM seinalearen duty-cycle txikitu.
    pwm=constrain(pwm,1,254); // PWM-a mugatu.
    oled.setCursor(5, 55); // Kurtsorea 5,60 koordenatuan jarri.
    oled.setTextSize(1); // Letraren tamaina lan jarri.
    oled.print("Bateria kargatzen "); // Ehunekoa hitza bistaratzen du.
}

else if(tentsioa<2) // Tentsioa 4,2 baino txikiagoa den begiratu.
{
    pwm=pwm-1; // PWM seinalearen duty-cycle txikitu.
    pwm=constrain(pwm,1,254); // PWM-a mugatu.
    oled.setCursor(5, 55); // Kurtsorea 5,60 koordenatuan jarri.
    oled.setTextSize(1); // Letraren tamaina lan jarri.
    oled.print("Bateria deskonektatuta "); // Ehunekoa hitza bistaratzen du.
}
oled.display(); // Pantailan aurretik zahaztutakoa bistaratzen du.
}
```

## II. Eranskina. Ezaugarri orriak

### Li-Ion 18650

#### 1. Scope

This product specification has been prepared to specify the rechargeable lithium-ion cell ('cell') to be supplied to the customer by Samsung SDI Co., Ltd.

#### 2. Description and Model

- 2.1 Description            Cell (lithium-ion rechargeable cell)
- 2.2 Model                    ICR18650-26F

#### 3. Nominal Specifications

Item	Specification
3.1 Nominal Capacity	2600mAh (0.2C, 2.75V discharge)
3.2 Charging Voltage	4.2 ±0.05 V
3.3 Nominal Voltage	3.7V
3.4 Charging Method	CC-CV (constant voltage with limited current)
3.5 Charging Current	Standard charge: 1300mA Rapid charge : 2600mA
3.6 Charging Time	Standard charge : 3hours Rapid charge : 2.5hours
3.7 Max. Charge Current	2600mA
3.8 Max. Discharge Current	5200mA
3.9 Discharge Cut-off Voltage	2.75V
3.10 Cell Weight	47.0g max
3.11 Cell Dimension	Diameter(max.) : Φ 18.40 mm Height(max.) : 65.00 mm
3.12 Operating Temperature	Charge: 0 to 45℃ Discharge: -20 to 60℃
3.13 Storage Temperature	1 year: -20~25℃ (1*) 3 months: -20~45℃ (1*) 1 month: -20~60℃ (1*)

Note (1): If the cell is kept as ex-factory status (50% of charge),  
the capacity recovery rate is more than 80%.

**4. Outline Dimensions**

See the attachment (Fig. 1)



**Fig.1. Outline Dimensions of ICR18650-26F**

**5. Appearance**

There shall be no such defects as scratch, rust, discoloration, leakage which may adversely affect commercial value of the cell.

**6. Standard Test Conditions**

6.1 Environmental Conditions

Unless otherwise specified, all tests stated in this specification are conducted at temperature  $25 \pm 5^\circ\text{C}$  and humidity  $65 \pm 20\%$ .

6.2 Measuring Equipment

(1) Ammeter and Voltmeter

The ammeter and voltmeter should have an accuracy of the grade 0.5 or higher.

(2) Slide caliper

The slide caliper should have 0.01 mm scale.

(3) Impedance meter

The impedance meter with AC 1kHz should be used.

**7. Characteristics**

7.1 Standard Charge

This "Standard Charge" means charging the cell with charge current 1300mA and constant voltage 4.2V at  $25^\circ\text{C}$  for 3hours.

7.2 Standard Discharge Capacity

The standard discharge capacity is the initial discharge capacity of the cell, which is measured with discharge current of 520mA with 2.75V cut-off at  $25^\circ\text{C}$  within 1hour after the standard charge.

$$\text{Standard Discharge Capacity} \geq 2550\text{mAh}$$

7.3 Initial internal impedance

Initial internal impedance measured at AC 1kHz after rated charge.

$$\text{Initial internal impedance} \leq 100\text{m}\Omega$$

7.4 Temperature Dependence of Discharge Capacity

Capacity comparison at each temperature, measured with discharge constant current 520mA and 2.75V cut-off with follow temperature after the standard charging at  $25^\circ\text{C}$ .

Charge Temperature	Discharge temperature			
	$-10^\circ\text{C}$	$0^\circ\text{C}$	$25^\circ\text{C}$	$45^\circ\text{C}$
Relative Capacity	50%	70%	100%	95%



Note: If charge temperature and discharge temperature is not the same, the interval for temperature change is 3 hours.  
 Percentage as an index of the Standard discharge capacity(=2550mAh) is 100%.

**7.5 Temperature Dependence of Charge Capacity**

Capacity comparison at each temperature, measured with discharge constant current 520mA and 2.75V cut-off at 25 °C after the standard charge is as follow temperature.

	Charge temperature			Discharge temperature 25 °C
	0 °C	25 °C	45 °C	
Relative Capacity	80%	100%	100%	

Note: If charge temperature and discharge temperature is not the same, the interval for temperature change is 3 hours.  
 Percentage as an index of the Standard discharge capacity(=2550mAh) is 100%.

**7.6 Charge Rate Capabilities**

Discharge capacity is measured with constant current 520mA and 2.75V cut-off after the cell is charged with 4.2V as follows.

	Charge Condition		
	0.2C (520mA)	0.5C (1300mA)	1.0C (2600mA)
Current			
Cut-off	7h or 0.05C	3h or 0.05C	2.5h or 0.05C
Relative Capacity	100%	95%	90%

Note: Percentage as an index of the capacity at 25 °C(=2550mAh) is 100%.

**7.7 Discharge Rate Capabilities**

Discharge capacity is measured with the various currents in under table and 2.75V cut-off after the standard charge.

	Discharge Condition			
	0.2C (520mA)	0.5C (1300mA)	1.0C (2600mA)	2.0C (5200mA)
Current				
Relative Capacity	100%	95%	90%	80%

Note: Percentage as an index of the capacity at 25 °C(=2550mAh) is 100%.

### 7.8 Cycle Life

Each cycle is an interval between the charge (charge current 1300mA) with 0.05C cut-off and the discharge (discharge current 1300mA) with 2.75V cut-off. Capacity after 299cycles and plus 1 day, measured under the same condition in 7.2

$$\text{Capacity} \geq 1785\text{mAh}$$

### 7.9 Storage Characteristics

Capacity after storage for 30days at 25°C from the standard charge, measured with discharge current 1300mA with 2.75V cut-off at 25°C.

$$\text{Capacity retention(after the storage)} \geq 2040\text{mAh}$$

### 7.10 Status of the cell as of ex-factory

The cell should be shipped in 50% charged state. In this case, OCV is from 3.65V to 3.85V.

## 8. Mechanical Characteristics

### 8.1 Drop Test

Test method: Cell(as of shipment or full charged) drop onto the oak-board (thickness:  $\geq 30\text{mm}$ ) from 4 feet height at a random direction 6 times.

Criteria: No leakage

### 8.2 Vibration Test

Test method: Cell(as of shipment) is vibrated along 2 mutually perpendicular axes with total excursion of 1.6mm and with frequency cycling between 10Hz and 55Hz by 1Hz/min.

Criteria: No leakage

## 9. Safety

### 9.1 Overcharge Test

Test method: To charge the standard charged cell with 12V and 2600mA at 25°C for 2.5 hours.

Criteria: No fire, and no explosion.

### 9.2 External Short-circuit Test

Test method: To short-circuit the standard charged cell by connecting positive and negative terminal by less than 50mΩ wire for 3hours.

Criteria: No fire, and no explosion.

**9.3 Reverse Charge Test**

Test method: To charge reversely the standard charged cell with charge current 2600mA for 2.5 hours.

Criteria: No fire, and no explosion.

**9.4 Heating Test**

Test method: To heat up the standard charged cell at heating rate 5°C per minute up to 130°C and keep the cell in oven for 60 minutes.

Criteria: No fire, and no explosion.

**10. Warranty**

Samsung SDI will be responsible for replacing the cell against defects or poor workmanship for 15months from the date of shipping. Any other problem caused by malfunction of the equipment or mix-use of the cell is not under this warranty.

The warranty set forth in proper using and handling conditions described above and excludes in the case of a defect which is not related to manufacturing of the cell.

**11. Others**

**11.1 Storage for a long time**

If the cell is kept for a long time(3months or more), It is strongly recommended that the cell is preserved at dry and low-temperature.

**11.2 Other**

Any matters that specifications does not have, should be conferred with between the both parties.

**11.3 PTC Specification**

	PTC Specification (in the Cell)			
Item	Hold Current	Resistance	Power Dissipation	Resistance After Trip
Spec.	2.9A	7~16m Ω	Max. 2.5W	Max. 28m Ω

## ATMega328U



8-bit AVR Microcontrollers

ATmega328/P

DATASHEET COMPLETE

## Introduction

The Atmel<sup>®</sup> picoPower<sup>®</sup> ATmega328/P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR<sup>®</sup> enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega328/P achieves throughputs close to 1MIPS per MHz. This empowers system designer to optimize the device for power consumption versus processing speed.

## Feature

High Performance, Low Power Atmel<sup>®</sup>AVR<sup>®</sup> 8-Bit Microcontroller Family

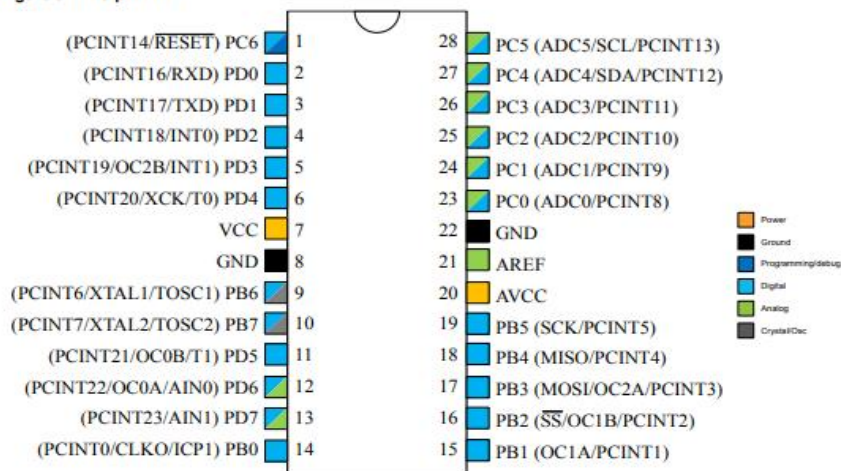
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions
  - Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 20 MIPS Throughput at 20MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
  - 32KBytes of In-System Self-Programmable Flash program Memory
  - 1KBytes EEPROM
  - 2KBytes Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data Retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- Atmel<sup>®</sup> QTouch<sup>®</sup> Library Support
  - Capacitive Touch Buttons, Sliders and Wheels
  - QTouch and QMatrix<sup>®</sup> Acquisition
  - Up to 64 sense channels

- **Peripheral Features**
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Six PWM Channels
  - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
    - Temperature Measurement
  - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
    - Temperature Measurement
  - Two Master/Slave SPI Serial Interface
  - One Programmable Serial USART
  - One Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I<sup>2</sup>C compatible)
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - One On-chip Analog Comparator
  - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- **Special Microcontroller Features**
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- **I/O and Packages**
  - 23 Programmable I/O Lines
  - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- **Operating Voltage:**
  - 1.8 - 5.5V
- **Temperature Range:**
  - -40°C to 105°C
- **Speed Grade:**
  - 0 - 4MHz @ 1.8 - 5.5V
  - 0 - 10MHz @ 2.7 - 5.5V
  - 0 - 20MHz @ 4.5 - 5.5V
- **Power Consumption at 1MHz, 1.8V, 25°C**
  - Active Mode: 0.2mA
  - Power-down Mode: 0.1µA
  - Power-save Mode: 0.75µA (Including 32kHz RTC)

## 5. Pin Configurations

### 5.1. Pin-out

Figure 5-1. 28-pin PDIP



## 5.2. Pin Descriptions

### 5.2.1. VCC

Digital supply voltage.

### 5.2.2. GND

Ground.

### 5.2.3. Port B (PB[7:0]) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.

If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB[7:6] is used as TOSC[2:1] input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.

#### 5.2.4. Port C (PC[5:0])

Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC[5:0] output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

#### 5.2.5. PC6/RESET

If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.

If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated in the *Alternate Functions of Port C* section.

#### 5.2.6. Port D (PD[7:0])

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

#### 5.2.7. AV<sub>CC</sub>

AV<sub>CC</sub> is the supply voltage pin for the A/D Converter, PC[3:0], and PE[3:2]. It should be externally connected to V<sub>CC</sub>, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V<sub>CC</sub> through a low-pass filter. Note that PC[6:4] use digital supply voltage, V<sub>CC</sub>.

#### 5.2.8. AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

#### 5.2.9. ADC[7:6] (TQFP and VFQFN Package Only)

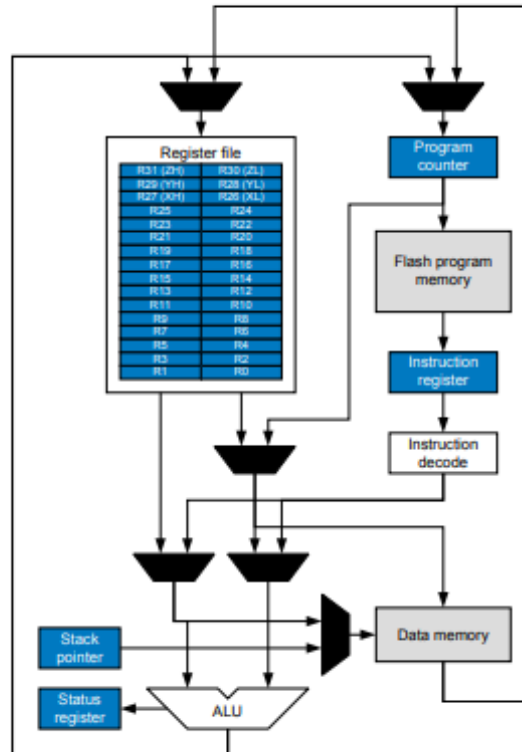
In the TQFP and VFQFN package, ADC[7:6] serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.

## 11. AVR CPU Core

### 11.1. Overview

This section discusses the AVR core architecture in general. The main function of the CPU core is to ensure correct program execution. The CPU must therefore be able to access memories, perform calculations, control peripherals, and handle interrupts.

Figure 11-1. Block Diagram of the AVR Architecture



In order to maximize performance and parallelism, the AVR uses a Harvard architecture – with separate memories and buses for program and data. Instructions in the program memory are executed with a single level pipelining. While one instruction is being executed, the next instruction is pre-fetched from the program memory. This concept enables instructions to be executed in every clock cycle. The program memory is In-System Reprogrammable Flash memory.

The fast-access Register File contains 32 x 8-bit general purpose working registers with a single clock cycle access time. This allows single-cycle Arithmetic Logic Unit (ALU) operation. In a typical ALU operation, two operands are output from the Register File, the operation is executed, and the result is stored back in the Register File – in one clock cycle.

Six of the 32 registers can be used as three 16-bit indirect address register pointers for Data Space addressing – enabling efficient address calculations. One of these address pointers can also be used as an address pointer for look up tables in Flash program memory. These added function registers are the 16-bit X-, Y-, and Z-register, described later in this section.



---

The ALU supports arithmetic and logic operations between registers or between a constant and a register. Single register operations can also be executed in the ALU. After an arithmetic operation, the Status Register is updated to reflect information about the result of the operation.

Program flow is provided by conditional and unconditional jump and call instructions, able to directly address the whole address space. Most AVR instructions have a single 16-bit word format. Every program memory address contains a 16- or 32-bit instruction.

Program Flash memory space is divided in two sections, the Boot Program section and the Application Program section. Both sections have dedicated Lock bits for write and read/write protection. The SPM instruction that writes into the Application Flash memory section must reside in the Boot Program section.

During interrupts and subroutine calls, the return address Program Counter (PC) is stored on the Stack. The Stack is effectively allocated in the general data SRAM, and consequently the Stack size is only limited by the total SRAM size and the usage of the SRAM. All user programs must initialize the SP in the Reset routine (before subroutines or interrupts are executed). The Stack Pointer (SP) is read/write accessible in the I/O space. The data SRAM can easily be accessed through the five different addressing modes supported in the AVR architecture.

The memory spaces in the AVR architecture are all linear and regular memory maps.

A flexible interrupt module has its control registers in the I/O space with an additional Global Interrupt Enable bit in the Status Register. All interrupts have a separate Interrupt Vector in the Interrupt Vector table. The interrupts have priority in accordance with their Interrupt Vector position. The lower the Interrupt Vector address, the higher the priority.

The I/O memory space contains 64 addresses for CPU peripheral functions as Control Registers, SPI, and other I/O functions. The I/O Memory can be accessed directly, or as the Data Space locations following those of the Register File, 0x20 - 0x5F. In addition, this device has Extended I/O space from 0x60 - 0xFF in SRAM where only the ST/STS/STD and LD/LDS/LDD instructions can be used.

DHT22

## Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

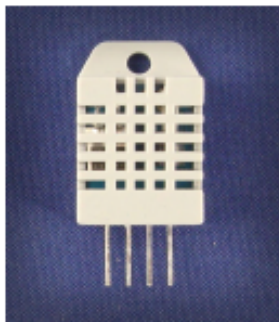
<http://www.aosong.com>

Email: [thomasliu198518@yahoo.com.cn](mailto:thomasliu198518@yahoo.com.cn) [sales@aosong.com](mailto:sales@aosong.com)

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

### Digital-output relative humidity & temperature sensor/module

#### AM2303



Capacitive-type humidity and temperature module/sensor

#### 1. Feature & Application:

- \* Full range temperature compensated                      \* Relative humidity and temperature measurement
- \* Calibrated digital signal                      \*Outstanding long-term stability                      \*Extra components not needed
- \* Long transmission distance                      \* Low power consumption                      \*4 pins packaged and fully interchangeable

#### 2. Description:

AM2303 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable AM2303 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

#### 3. Technical Specification:

Model	AM2303
Power supply	3.3-6V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer humidity capacitor & DS18B20 for detecting temperature
Measuring range	humidity 0-100%RH;                      temperature -40~125Celsius

# Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

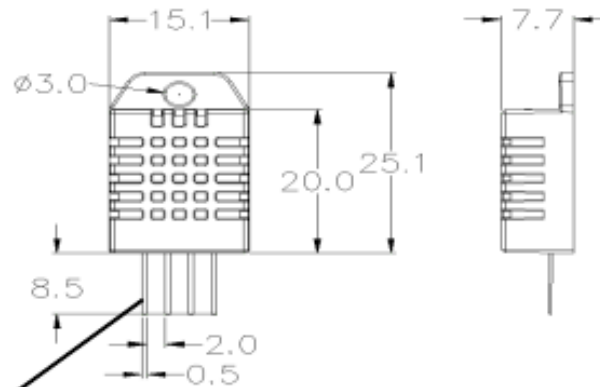
http://www.aosong.com

Email: [thomasliu198518@yahoo.com.cn](mailto:thomasliu198518@yahoo.com.cn) [sales@aosong.com](mailto:sales@aosong.com)

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

Accuracy	humidity +-2%RH(Max +-5%RH);	temperature +-0.2Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH;	temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH;	temperature +-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+-0.3%RH	
Long-term Stability	+-0.5%RH/year	
Sensing period	Average: 2s	
Interchangeability	fully interchangeable	

## 4. Dimensions: (unit---mm)



**Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).**

Pin	Function
1	VDD—power supply
2	DATA—signal
3	NULL
4	GND

## 5. Operating specifications:

### (1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-6V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

### (2) Communication and signal

Single-bus data is used for communication between MCU and AM2303, it costs 5mS for single time communication.

## HC-05 Bluetooth

### Descripción

Incluye la tecnología inalámbrica bluetooth en tus proyectos electrónicos con el módulo HC-05 maestro-esclavo, todo de forma sumamente sencilla y sin requerir ser un experto en electrónica.

En este módulo todas las señales necesarias para establecer un enlace serial se encuentran disponibles en cómodos headers estándar que pueden usarse en protoboard o tarjetas perforadas para armar tus proyectos.

El módulo HC-05 ofrece el servicio de puerto serie (RFCOMM), creando un enlace de datos transparente entre una PC, celular, tablet o cualquier dispositivo con Bluetooth y el microcontrolador. La salida del módulo es una señal serial asíncrona que puede ser recibida e interpretada fácilmente por cualquier microcontrolador.

El bluetooth HC-05 funciona correctamente con la mayoría de los teléfonos móviles con sistema operativo android, pero no así con sistemas iOS.

### Características de HC-05 Módulo Bluetooth maestro esclavo:

- Funciona como dispositivo maestro y esclavo bluetooth
- Configurable mediante comandos AT
- Bluetooth V2.0+EDR
- Frecuencia de operación: 2.4 GHz Banda ISM
- Modulación: GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
- Potencia de transmisión:  $\leq 4$ dBm, Class 2
- Sensibilidad:  $\leq -84$ dBm @ 0.1% BER
- Seguridad: Autenticación y encriptación
- Perfiles Bluetooth: Puerto serie bluetooth.
- Distancia de hasta 10 metros en condiciones óptimas
- Voltaje de Operación: 3.6 VDC a 6 VDC
- Consumo Corriente: 30 mA a 50mA
- Chip: BC417143
- Versión o firmware: 3.0-20170609
- Baudios por defecto: 38400
- Baudios soportados: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200.
- Interfaz: Serial TTL
- Antena: Integrada en el PCB
- Seguridad: Autenticación y encriptación (Contraseña por defecto: 0000 o 1234)
- Temperatura de trabajo (Max): 75°C
- Temperatura de trabajo (Min): -20°C

### Dimensiones y peso

- Peso del producto: 3.26 gramos
- Tamaño del producto:
  - Largo: 4.3 cm
  - Ancho: 1.8 cm
  - Alto: 0.9 cm
- Peso del paquete: 3.27 gramos
- Tamaño de paquete:
  - Largo: 5.3 cm
  - Ancho: 2.8 cm
  - Alto: 0.9 cm

BS170

**BS170G**

**Small Signal MOSFET  
500 mA, 60 Volts  
N-Channel TO-92 (TO-226)**

**Features**

- This is a Pb-Free Device\*

**MAXIMUM RATINGS**

Rating	Symbol	Value	Unit
Drain-Source Voltage	$V_{DS}$	60	Vdc
Gate-Source Voltage	$V_{GS}$	$\pm 20$	Vdc
- Continuous	$V_{GSM}$	$\pm 40$	Vpk
- Non-repetitive ( $t_p \leq 50 \mu s$ )			
Drain Current (Note)	$I_D$	0.5	Adc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ C$	$P_D$	350	mW
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-55 to +150	$^\circ C$

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

NOTE: The Power Dissipation of the package may result in a lower continuous drain current.



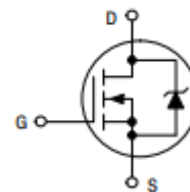
**ON Semiconductor®**

<http://onsemi.com>

**500 mA, 60 Volts**

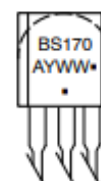
**$R_{DS(on)} = 5.0 \Omega$**

**N-Channel**



**TO-92 (TO-226)  
CASE 29  
STYLE 30**

**MARKING DIAGRAM & PIN ASSIGNMENT**



1 2 3  
Drain Gate Source

- A = Assembly Location
- Y = Year
- WW = Work Week
- = Pb-Free Package

(Note: Microdot may be in either location)

**ORDERING INFORMATION**

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 2 of this data sheet.

\*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

**BS170G**

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
<b>OFF CHARACTERISTICS</b>					
Gate Reverse Current ( $V_{GS} = 15\text{ Vdc}$ , $V_{DS} = 0$ )	$I_{GSS}$	-	0.01	10	nAdc
Drain-Source Breakdown Voltage ( $V_{GS} = 0$ , $I_D = 100\ \mu\text{Adc}$ )	$V_{(BR)DSS}$	60	90	-	Vdc
<b>ON CHARACTERISTICS</b> (Note 1)					
Gate Threshold Voltage ( $V_{DS} = V_{GS}$ , $I_D = 1.0\ \text{mAdc}$ )	$V_{GS(Th)}$	0.8	2.0	3.0	Vdc
Static Drain-Source On Resistance ( $V_{GS} = 10\ \text{Vdc}$ , $I_D = 200\ \text{mAdc}$ )	$r_{DS(on)}$	-	1.8	5.0	$\Omega$
Drain Cutoff Current ( $V_{DS} = 25\ \text{Vdc}$ , $V_{GS} = 0\ \text{Vdc}$ )	$I_{D(off)}$	-	-	0.5	$\mu\text{A}$
Forward Transconductance ( $V_{DS} = 10\ \text{Vdc}$ , $I_D = 250\ \text{mAdc}$ )	$g_{fs}$	-	200	-	mmhos
<b>SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS</b>					
Input Capacitance ( $V_{DS} = 10\ \text{Vdc}$ , $V_{GS} = 0$ , $f = 1.0\ \text{MHz}$ )	$C_{iss}$	-	-	60	pF
<b>SWITCHING CHARACTERISTICS</b>					
Turn-On Time ( $I_D = 0.2\ \text{Adc}$ ) See Figure 1	$t_{on}$	-	4.0	10	ns
Turn-Off Time ( $I_D = 0.2\ \text{Adc}$ ) See Figure 1	$t_{off}$	-	4.0	10	ns

1. Pulse Test: Pulse Width  $\leq 300\ \mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2.0\%$ .

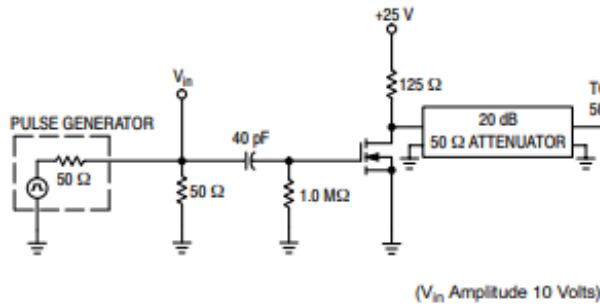
**ORDERING INFORMATION**

Device	Package	Shipping <sup>†</sup>
BS170G	TO-92 (TO-226) (Pb-Free)	1000 Unit/Tube
BS170RLRAG	TO-92 (TO-226) (Pb-Free)	2000 Tape & Reel

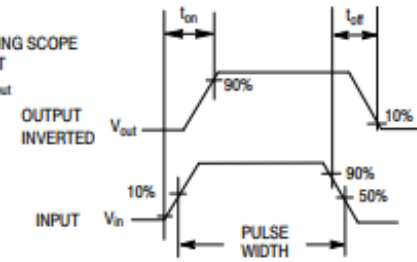
<sup>†</sup>For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specifications Brochure, BRD8011/D.

**BS170G**

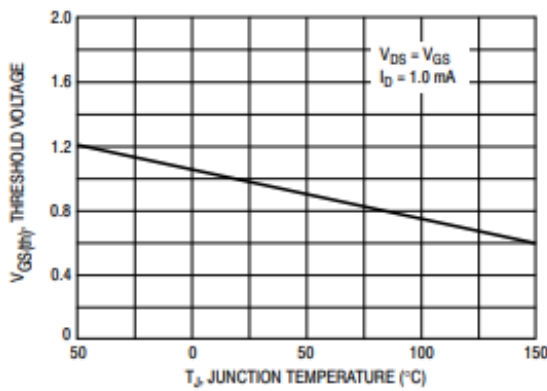
**RESISTIVE SWITCHING**



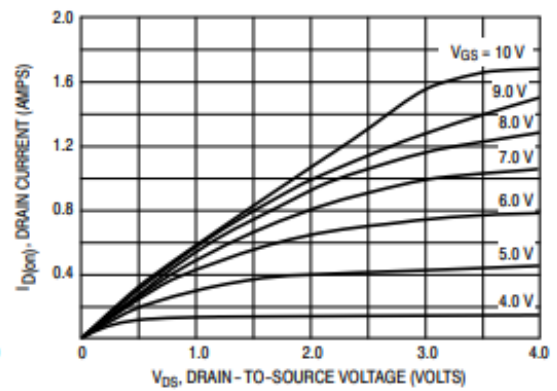
**Figure 1. Switching Test Circuit**



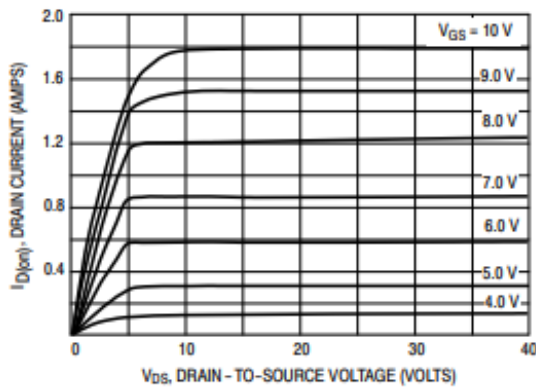
**Figure 2. Switching Waveforms**



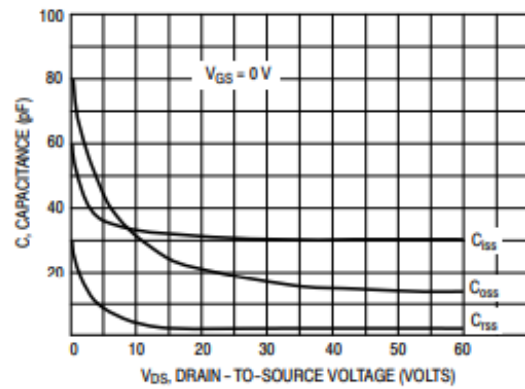
**Figure 3.  $V_{GS(th)}$  Normalized versus Temperature**



**Figure 4. On-Region Characteristics**



**Figure 5. Output Characteristics**

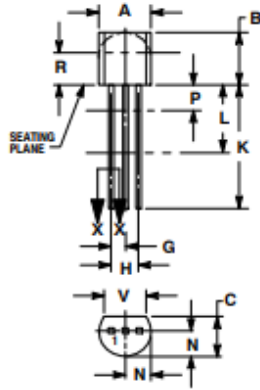


**Figure 6. Capacitance versus Drain-To-Source Voltage**

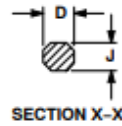
**BS170G**

**PACKAGE DIMENSIONS**

**TO-92 (TO-226)  
CASE 29-11  
ISSUE AM**

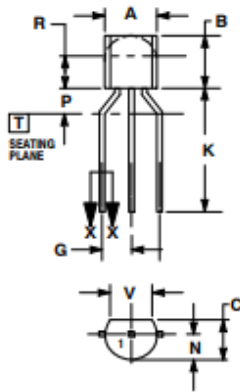


**STRAIGHT LEAD  
BULK PACK**

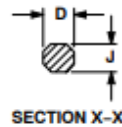


- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
  2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
  3. CONTOUR OF PACKAGE BEYOND DIMENSION R IS UNCONTROLLED.
  4. LEAD DIMENSION IS UNCONTROLLED IN P AND BEYOND DIMENSION K MINIMUM.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.175	0.205	4.45	5.20
B	0.170	0.210	4.30	5.30
C	0.125	0.165	3.18	4.19
D	0.018	0.021	0.407	0.533
G	0.045	0.055	1.15	1.39
H	0.095	0.105	2.42	2.66
J	0.015	0.020	0.39	0.50
K	0.500	---	12.70	---
L	0.250	---	6.35	---
N	0.080	0.105	2.04	2.66
P	---	0.160	---	2.54
R	0.115	---	2.93	---
V	0.135	---	3.43	---



**BENT LEAD  
TAPE & REEL  
AMMO PACK**



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M, 1994.
  2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETERS.
  3. CONTOUR OF PACKAGE BEYOND DIMENSION R IS UNCONTROLLED.
  4. LEAD DIMENSION IS UNCONTROLLED IN P AND BEYOND DIMENSION K MINIMUM.

DIM	MILLIMETERS	
	MIN	MAX
A	4.45	5.20
B	4.32	5.33
C	3.18	4.19
D	0.40	0.54
G	2.40	2.80
J	0.39	0.50
K	12.70	---
N	2.04	2.66
P	1.50	4.00
R	2.93	---
V	3.43	---

- STYLE 30:  
PN 1. DRAIN  
2. GATE  
3. SOURCE

ON Semiconductor and are registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

**PUBLICATION ORDERING INFORMATION**

**LITERATURE FULFILLMENT:**  
Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA  
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
Email: orderlit@onsemi.com

**N. American Technical Support:** 800-282-9855 Toll Free USA/Canada  
**Europe, Middle East and Africa Technical Support:** Phone: 421 33 790 2910  
**Japan Customer Focus Center** Phone: 81-3-5773-3850

**ON Semiconductor Website:** [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)  
**Order Literature:** <http://www.onsemi.com/orderlit>  
For additional information, please contact your local Sales Representative

**BS170/D**



IRF9Z24N

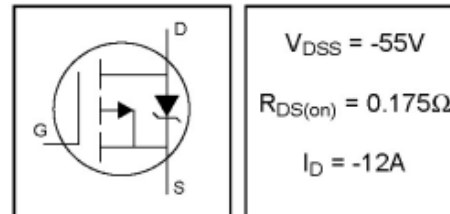


PD - 94982

IRF9Z24NPbF

HEXFET® Power MOSFET

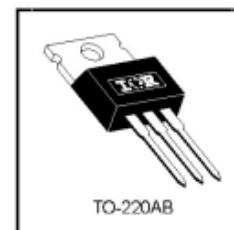
- Lead-Free
- Advanced Process Technology
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- P-Channel
- Fully Avalanche Rated



Description

Fifth Generation HEXFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET Power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ -10\text{V}$	-12	A
$I_D @ T_C = 100^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ -10\text{V}$	-8.5	
$I_{DM}$	Pulsed Drain Current ①	-48	
$P_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Power Dissipation	45	W
	Linear Derating Factor	0.30	W/°C
$V_{GS}$	Gate-to-Source Voltage	$\pm 20$	V
$E_{AS}$	Single Pulse Avalanche Energy ②	96	mJ
$I_{AR}$	Avalanche Current ①	-7.2	A
$E_{AR}$	Repetitive Avalanche Energy ①	4.5	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	-5.0	V/ns
$T_J$	Operating Junction and	-55 to + 175	°C
$T_{STG}$	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case )	
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf-in (1.1N-m)	

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	3.3	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	62	

www.irf.com


1

02/05/04

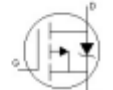
# IRF9Z24NPbF



## Electrical Characteristics @ T<sub>J</sub> = 25°C (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
V <sub>(BR)DSS</sub>	Drain-to-Source Breakdown Voltage	-55	—	—	V	V <sub>GS</sub> = 0V, I <sub>D</sub> = -250μA
ΔV <sub>(BR)DSS/ΔT<sub>J</sub></sub>	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	-0.05	—	V/°C	Reference to 25°C, I <sub>D</sub> = -1mA
R <sub>DS(on)</sub>	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	0.175	Ω	V <sub>GS</sub> = -10V, I <sub>D</sub> = -7.2A ④
V <sub>GS(th)</sub>	Gate Threshold Voltage	-2.0	—	-4.0	V	V <sub>DS</sub> = V <sub>GS</sub> , I <sub>D</sub> = -250μA
g <sub>fs</sub>	Forward Transconductance	2.5	—	—	S	V <sub>DS</sub> = -25V, I <sub>D</sub> = -7.2A
I <sub>DSS</sub>	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	-25	μA	V <sub>DS</sub> = -55V, V <sub>GS</sub> = 0V V <sub>DS</sub> = -44V, V <sub>GS</sub> = 0V, T <sub>J</sub> = 150°C
I <sub>GSS</sub>	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	V <sub>GS</sub> = 20V
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100	nA	V <sub>GS</sub> = -20V
Q <sub>g</sub>	Total Gate Charge	—	—	19	nC	I <sub>D</sub> = -7.2A
Q <sub>gs</sub>	Gate-to-Source Charge	—	—	5.1	nC	V <sub>DS</sub> = -44V
Q <sub>gd</sub>	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	10	nC	V <sub>GS</sub> = -10V, See Fig. 6 and 13 ④
t <sub>d(on)</sub>	Turn-On Delay Time	—	13	—	ns	V <sub>DD</sub> = -28V I <sub>D</sub> = -7.2A R <sub>G</sub> = 24Ω R <sub>D</sub> = 3.7Ω, See Fig. 10 ④
t <sub>r</sub>	Rise Time	—	55	—		
t <sub>d(off)</sub>	Turn-Off Delay Time	—	23	—		
t <sub>f</sub>	Fall Time	—	37	—		
L <sub>D</sub>	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead, 6mm (0.25in.) from package and center of die contact 
L <sub>S</sub>	Internal Source Inductance	—	7.5	—		
C <sub>iss</sub>	Input Capacitance	—	350	—	pF	V <sub>GS</sub> = 0V V <sub>DS</sub> = -25V f = 1.0MHz, See Fig. 5
C <sub>oss</sub>	Output Capacitance	—	170	—		
C <sub>rss</sub>	Reverse Transfer Capacitance	—	92	—		

## Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I <sub>S</sub>	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	-12	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode. 
I <sub>SM</sub>	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	-48		
V <sub>SD</sub>	Diode Forward Voltage	—	—	-1.6	V	T <sub>J</sub> = 25°C, I <sub>S</sub> = -7.2A, V <sub>GS</sub> = 0V ④
t <sub>rr</sub>	Reverse Recovery Time	—	47	71	ns	T <sub>J</sub> = 25°C, I <sub>F</sub> = -7.2A
Q <sub>rr</sub>	Reverse Recovery Charge	—	84	130	μC	di/dt = -100A/μs ④
t <sub>on</sub>	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L <sub>S</sub> +L <sub>D</sub> )				

### Notes:

① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. ( See fig. 11 )

② Starting T<sub>J</sub> = 25°C, L = 3.7mH  
R<sub>G</sub> = 25Ω, I<sub>AS</sub> = -7.2A. (See Figure 12)

③ I<sub>SD</sub> ≤ -7.2A, di/dt ≤ -280A/μs, V<sub>DD</sub> ≤ V<sub>(BR)DSS</sub>, T<sub>J</sub> ≤ 175°C

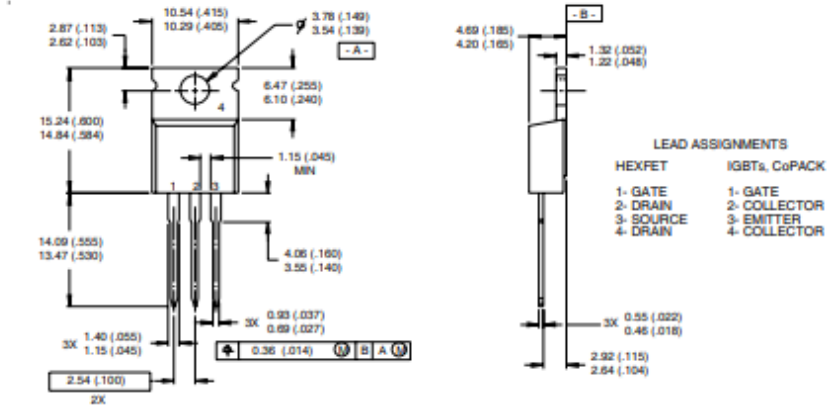
④ Pulse width ≤ 300μs; duty cycle ≤ 2%.

# IRF9Z24NPbF



## TO-220AB Package Outline

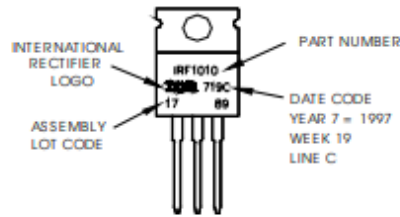
Dimensions are shown in millimeters (inches)



- NOTES:
- 1 DIMENSIONING & TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
  - 2 CONTROLLING DIMENSION : INCH
  - 3 OUTLINE CONFORMS TO JEDEC OUTLINE TO-220AB.
  - 4 HEATSINK & LEAD MEASUREMENTS DO NOT INCLUDE BURRS.

## TO-220AB Part Marking Information

EXAMPLE: THIS IS AN IRF1010  
 LOT CODE 1789  
 ASSEMBLED ON WW 19, 1997  
 IN THE ASSEMBLY LINE "C"  
**Note:** "P" in assembly line  
 position indicates "Lead-Free"



Data and specifications subject to change without notice.



IR WORLD HEADQUARTERS: 233 Kansas St., El Segundo, California 90245, USA Tel: (310) 252-7105  
 TAC Fax: (310) 252-7903

Visit us at [www.irf.com](http://www.irf.com) for sales contact information.02/04

[www.irf.com](http://www.irf.com)