

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA  
AUTOMATIKAREN INGENIARITZAKO GRADUA  
**GRADU AMAIERAKO LANA**

***GAILU ELEKTRONIKOAK  
KARGATZEKO  
BILTEGIRATZE-SISTEMA  
FOTOVOLTAIKO ERAMANGARRIA:  
DISEINUA ETA PROTOTIPAKETA***

**Ikaslea:** Yañez Romo, Asier

**Zuzendaria:** Otaegi Aizpeolea, Aloña

**Ikasturtea:** 2021-2022

**Data:** Bilbo, 2021eko azaroaren 8a

## Laburpena

Gradu Amaierako Lan honetan, gailu elektronikoak kargatzeko energia biltegitratze-sistema fotovoltaiko eramangarri bat diseinatu eta prototipatu da. Sistema plaka fotovoltaiko batez osatuta dago eta eguzki energiaren baliatuz energia elektrikoa ekoizten du. Horretaz gain, energia guzti hori biltegitratzeko bateria batez hornituta dago. Azkenik, sistemak energia hori metatzeko eta geroago erabiltzeko beharrezko zirkuitu eta kontroladoreak ditu.

6 V eta 150 mA dituen Xunzel eguzki plaka erabilia, 3,7 V-eko Litio ionezko 18650 bateriaren karga erregulatuzailea diseinatu da ATmega328P mikrokontroladoreaz baliatuz. Buck erreguladore konmutatu batek plakaren tentsioa 4,2 V-era jaisten du PWM-aren duty-ciclea aldatuz. Honi esker, bateria xahututa dagoenean korrante handia xurgatuko du eta alderantziz, beteta dagoenean korrante baxua. Metatuta dagoen energia hori gailu elektronikoak kargatzeko asmoarekin, boost MT3608 zirkuitua eta USB irteera gehitu zaizkio sistemari. 0,96 hazbeteko OLED baten bitartez bateriaren egoera eta honi heltzen zaion korrantea bistaratuko dira. Etengailu bati esker, karga edo deskarga modua aukeratu ahal izango da.

Lanean zehar, sistemaren diseinua egin ezezik, honen muntaia ere burutu da. Horretarako, lehenik eta behin merkatuan dauden osagaietatik proiekturako egokienak direnak hautatu dira. Ondoren, kalkulu teorikoen bidez lortu diren emaitzak simulazioan eta prototipoan konprobatu dira, azken diseinua baino lehen azal daitezkeen erroreak hautemateko. Bukatzeko, PCB zirkuitu inprimatua gauzatu da muntaia eta honen funtzionamendu egokia egiaztatuta da. Sistema babesteko eta eramangarria izan dadin karkasa bat diseinatu eta 3D inprimagailuari esker fabrikatu da.

Lanaren garapenean hartu diren erabaki guztiak dokumentatu dira, baita emandako pausuak ere. Behin muntaia amaituta, lortutako emaitzak aztertu eta ondorioak atera dira.

Gako-hitzak: sistema fotovoltaiko, bateria-kargagailu, potentzia-bihurgailu, PCB-a, aprobetxamendu energetiko.

## Resumen

En este Trabajo de Fin de Grado, se ha diseñado y se ha prototipado un sistema fotovoltaico portátil para cargar dispositivos electrónicos. El sistema está compuesto por una placa solar y aprovechando la energía solar produce energía eléctrica. Además de eso, está equipado con una batería para almacenar toda esa energía. Finalmente, el sistema cuenta con los circuitos y los controladores para acumular y utilizar posteriormente toda esa energía.

Utilizando un panel solar Xunzel de 6 V y 150 mA, se ha diseñado un regulador de carga de batería de iones de litio 18650 de 3,7 V empleando el microcontrolador ATmega328P. Un regulador reductor conmutado reduce el voltaje de la placa a 4,2 V al cambiar el ciclo de trabajo del PWM. Esto le permite absorber mucha corriente cuando la batería está gastada y lo contrario cuando está llena. Con la intención de cargar dispositivos electrónicos con la energía almacenada, se han agregado al sistema un circuito boost MT3608 y una salida USB. Un OLED de 0,96 pulgadas mostrará el estado de la batería y la corriente que llega a esta. Un interruptor permite seleccionar el modo de carga o descarga.

Durante el trabajo, aparte de hacer el diseño del sistema se ha realizado además el montaje de este. Para ello, primero se han elegido de los componentes que hay en el mercado los más correctos para el proyecto. Después, se han comprobado en simulación y en el prototipo los resultados obtenidos mediante los cálculos teóricos para detectar los errores que pueden aparecer antes del diseño final. Para acabar, se ha realizado el montaje en un PCB circuito impreso y se ha comprobado el funcionamiento correcto de este. Para proteger el sistema y que este sea portátil, se ha diseñado y fabricado una carcasa mediante impresión 3D.

Se han documentado todas las decisiones tomadas durante el transcurso del trabajo, además de los pasos dados. Una vez finalizado el montaje, se han estudiado los resultados obtenidos y se han sacado conclusiones.

Palabras clave: sistema fotovoltaico, cargador de baterías, convertidor de potencia, PCB, aprovechamiento energético.

## Abstract

In this End of Degree Project, a portable photovoltaic system has been designed and prototyped to charge electronic devices. The system is composed of a solar panel and taking advantage of solar energy produces electrical energy. Besides that, it is equipped with a battery to store all that energy. Finally, the system has the circuits and controllers to accumulate and later use all that energy.

Using a 6 V and 150 mA Xunzel solar panel, a 3,7 V Lithium ion 18650 battery charge regulator was designed employing the ATmega328P microcontroller. A switched buck regulator lowers the panel voltage to 4,2 V by changing the duty cycle of the PWM. This allows it to absorb high current when the battery is wasted and vice versa when it is full. With the intention of charging electronic devices with the stored energy, a boost MT3608 circuit and USB output have been added to the system. A 0,96-inch OLED will display the battery status and the current reaching to it. A switch allows selecting the charging or discharging mode.

During the work, apart from designing the system, it has also been assembled. To do this, the most correct components for the project have first been chosen from the components on the market. Afterwards, the results obtained through the theoretical calculations have been verified in simulation and in the prototype to detect the errors that may appear before the final design. Finally, the assembly has been carried out on a printed circuit PCB and its correct functioning has been verified. To protect the system and make it portable, a case has been designed and manufactured using 3D printing.

All decisions made during the course of the job, as well as the steps taken, have been documented. Once the assembly is finished, the results obtained have been studied and conclusions drawn.

Key-words: photovoltaic system, battery charger, power converter, PCB, energy use.

---

# AURKIBIDEA

|   |    |
|---|----|
| 1. SARRERA.....   | 1  |
| 2. HELBURUAK.....                                       | 4  |
| 3. GOI MAILAKO DISEINUA.....                            | 5  |
| 4. OINARRI TEORIKOA.....                                | 7  |
| 4.1 Plaka fotovoltaikoak.....                           | 7  |
| 4.2 Erreguladorea.....                                  | 8  |
| 4.3 OLED pantaila.....                                  | 10 |
| 5. ALTERNATIBEN ANALISIA ETA AUKERATUTAKO OSAGAIAK..... | 12 |
| 5.1 Alternatiben analisisa.....                         | 12 |
| 5.2 Aukeratutako osagaiak.....                          | 23 |
| 6. KALKULU TEORIKOAK.....                               | 29 |
| 6.1 Buck erreduktorea.....                              | 29 |
| 6.2 Erreduktore lineala.....                            | 31 |
| 6.3 Sentsorea.....                                      | 31 |
| 7. SIMULAZIOA ETA PROGRAMAZIOA.....                     | 33 |
| 7.1 Simulazioa.....                                     | 33 |
| 7.2 Programazioa.....                                   | 39 |
| 8. PROTOTIPAKETA ETA MUNTAKETA.....                     | 41 |
| 8.1 Protoboard-eko probak.....                          | 41 |
| 8.2 Muntaketa.....                                      | 47 |
| 8.3 Karkasaren diseinua.....                            | 55 |
| 9. PLANGINTZA.....                                      | 59 |
| 9.1 Zereginen deskribapena.....                         | 59 |
| 9.2 Gantt-en diagrama.....                              | 62 |
| 10. AURREKONTUA.....                                    | 63 |
| 10.1 Baliabide materialak.....                          | 63 |
| 10.2 Giza baliabideak.....                              | 65 |
| 10.3 Guztirako kostua.....                              | 66 |
| 11. ONDORIOAK.....                                      | 67 |
| 12. BIBLIOGRAFIA.....                                   | 69 |

## IRUDIEN AURKIBIDEA

|  |    |
|--|----|
| 1. Irudia. Energiaren munduko kontsumoaren bilakaera.....    | 1  |
| 2. Irudia. Garapen Iraunkorreko Helburuak.....               | 2  |
| 3. Irudia. Goi mailako diseinua.....                         | 5  |
| 4. Irudia. Efektu fotoelektrikoa.....                        | 7  |
| 5. Irudia. Zelula fotovoltaikoaren I-V kurba.....            | 8  |
| 6. Irudia. Pultsu zabalerako modulazioa.....                 | 9  |
| 7. Irudia. Buck bihurgailua.....                             | 10 |
| 8. Irudia. OLED vs LCD konparaketa.....                      | 11 |
| 9. Irudia. Arduino Uno.....                                  | 13 |
| 10. Irudia. Arduino Mega.....                                | 14 |
| 11. Irudia. RaspBerry Pi 3.....                              | 15 |
| 12. Irudia. LCD Display-a .....                              | 19 |
| 13. Irudia. OLED Display-a .....                             | 20 |
| 14. Irudia. MS6V150.2 Eguzki panela.....                     | 24 |
| 15. Irudia. ATmega328P mikrokontroladorea.....               | 25 |
| 16. Irudia. AZDelivery 5 x 0,96ko display-a .....            | 26 |
| 17. Irudia. Li-Ioizko 18650 bateria.....                     | 27 |
| 18. Irudia. MT3608 boost komertziala.....                    | 27 |
| 19. Irudia. Buck zirkuituaren eskema.....                    | 30 |
| 20. Irudia. 7805 erreduktore lineala .....                   | 31 |
| 21. Irudia. Tentsio zatitzailearen eskema .....              | 32 |
| 22. Irudia. Buck erreduktorea pultsu sorgailuarekin .....    | 33 |
| 23. Irudia. PWM sorkuntza Arduino bidez .....                | 34 |
| 24. Irudia. PWM seinalea alderantzikatuta.....               | 34 |
| 25. Irudia. Buck erreduktorearen simulazio eskema.....       | 35 |
| 26. Irudia. ATmega328P mikrokontroladorearen simulazioa..... | 35 |
| 27. Irudia. Korrante irakurketarako simulazio eskema.....    | 36 |
| 28. Irudia. 7805 erreguladore linealaren eskema.....         | 37 |
| 29. Irudia. Deskarga zirkuituaren eskema.....                | 37 |
| 30. Irudia. Simulazio eskema osorik.....                     | 38 |
| 31. Irudia. Fluxu-diagrama.....                              | 39 |
| 32. Irudia. Bootloaderra erretzeko konexioak.....            | 41 |

---

|   |    |
|---|----|
| 33. Irudia. Programa kargatzeko konexioak .....                             | 42 |
| 34. Irudia. ATmega328P mikrokontroladorea protoboard-ean.....               | 42 |
| 35. Irudia. ATmega328P mikrokontroladorearen PWM-a osziloskopioan ikusita.. | 43 |
| 36. Irudia. Anplifikazio trantsistorea protoboard-ean .....                 | 43 |
| 37. Irudia. PWM-a alderantzikatuta osziloskopioan.....                      | 44 |
| 38. Irudia. Buck zirkuitu erreduktorea protoboard-ean .....                 | 44 |
| 39. Irudia. Buck-aren funtzionamendua osziloskopioan.....                   | 45 |
| 40. Irudia. OLED-aren konexio zirkuitua .....                               | 45 |
| 41. Irudia. Irakurketa zirkuitua protoboard-ean.....                        | 46 |
| 42. Irudia. 7805 erreguladore lineala protoboard-ean.....                   | 46 |
| 43. Irudia. Deskarga zirkuitua.....   | 47 |
| 44. Irudia. PCB-aren konexio eskema.....                                    | 48 |
| 45. Irudia. PCB-aren konexio planoak.....                                   | 49 |
| 46. Irudia. Makina intsolatzailea .....                                     | 49 |
| 47. Irudia. Errebelatze prozesua .....                                      | 50 |
| 48. Irudia. Erasotze prozesua .....   | 50 |
| 49. Irudia. PCB-a eraikita.....   | 51 |
| 50. Irudia. Plakaren prototipoa .....                                       | 51 |
| 51. Irudia. Plakaren soldadura parteak.....                                 | 52 |
| 52. Irudia. Plakak sortzen duen PWM-a osziloskopioan .....                  | 52 |
| 53. Irudia. Plakaren funtzionamendua osziloskopioan.....                    | 53 |
| 54. Irudia. OLED-aren funtzionamendua.....                                  | 53 |
| 55. Irudia. Deskarga zirkuituaren funtzionamendua.....                      | 54 |
| 56. Irudia. Zelula fotovoltaikoaren funtzionamendua .....                   | 54 |
| 57. Irudia. Masa planoak duen PCB-a.....                                    | 55 |
| 58. Irudia. Karkasaren diseinua 3D-n.....                                   | 56 |
| 59. Irudia. Karkasaren planoak akotatuak .....                              | 56 |
| 60. Irudia. Inprimatzeko aukeraturako faktoreak .....                       | 57 |
| 61. Irudia. Inprimatze prozesua.....  | 57 |
| 62. Irudia. Prototipo finala.....   | 58 |
| 63. Irudia. Gantt-en diagrama .....   | 62 |

---

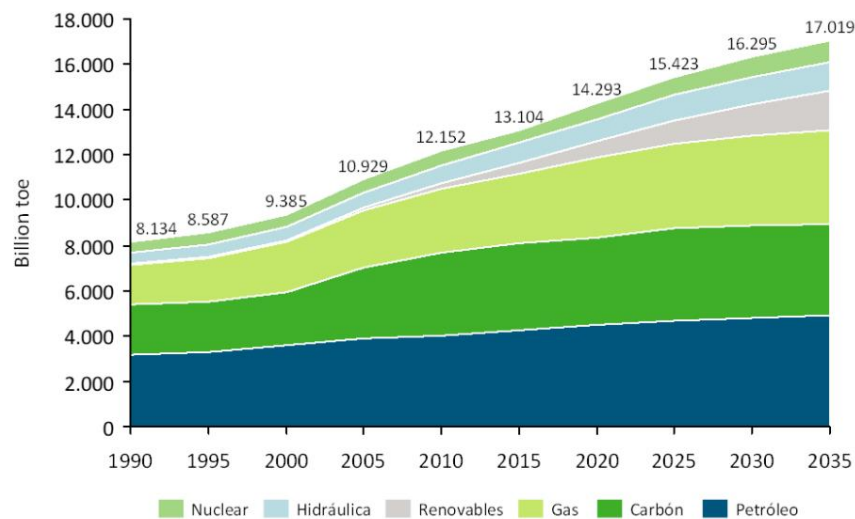
## TAULEN AURKIBIDEA

|   |    |
|---|----|
| 1. Taula. Arduino txartelaren ezaugarriak.....                        | 14 |
| 2. Taula. Arduino Mega 2560 txartelaren ezaugarriak .....             | 14 |
| 3. Taula. Raspberry Pi 3 txartelaren ezaugarriak .....                | 15 |
| 4. Taula. Mikrokontrolagailuen batuketa haztatua.....                 | 16 |
| 5. Taula. Erreguladorearen batuketa haztatua .....                    | 18 |
| 6. Taula. LCD Display-aren ezaugarriak.....                           | 19 |
| 7. Taula. OLED Display-aren ezaugarriak.....                          | 20 |
| 8. Taula. Display-aren batuketa haztatua.....                         | 21 |
| 9. Taula. Baterien batuketa haztatua.....                             | 23 |
| 10. Taula. Eguzki plakaren ezaugarri teknikoak.....                   | 24 |
| 11. Taula. ATmega328P mikrokontroladorearen ezaugarri teknikoak ..... | 25 |
| 12. Taula. AZDelivery 5 x 0,96 display-aren ezaugarri teknikoak ..... | 26 |
| 13. Taula. 18650 bateriaren ezaugarri teknikoak .....                 | 27 |
| 14. Taula. Boost converterraren ezaugarri teknikoak .....             | 28 |
| 15. Taula. Zereginen denbora banaketa .....                           | 61 |
| 16. Taula. Osagaien kostua .....                                      | 63 |
| 17. Taula. Softwarearen kostua .....                                  | 65 |
| 18. Taula. Baliabide materialen kostu totala.....                     | 65 |
| 19. Taula. Giza baliabideen kostua.....                               | 66 |
| 20. Taula. Guztirako kostua .....                                     | 66 |



# 1. SARRERA

Gizakiak betidanik izan du energiarekiko beharra. Energia hori lortzeko, lehengaiak ustiatu dira. Hala ere, erabilitako errekurtso hauek ez dira infinituak. Gaur egungo modelo energetikoa erregai fosiletan oinarritzen da batez ere. Energiaren Nazioarteko Agentziaren (ENA) aurreikuspenen arabera, munduko energia primarioaren eskaera %30 haziko da 2040. urtera arte, eta erregai fosilek pisu handia izango dute guztizko kontsumoarekiko; hala, ikatza, gas naturala eta petrolioia 2040an kontsumitutako energiaren %80 izango dira *1. Irudian* ikus daitekeenez [1].



*1. Irudia. Energiaren munduko kontsumoaren bilakaera*

Modelo energetiko hau ez da ekonomikoki, ingurumen aldetik eta sozialki jasangarria.

Ekonomikoki energia-baliabide fosil finituen (gasa, ikatza eta petrolioia) kontsumoan oinarritutako ekonomiak arriskuan jarriko du bere lehiakortasuna, energia-lehengai energetikoen prezioek izango duten hazkundearen aurrean.

Ingurumen aldetik, energia-kontsumoaren bilakaerak tenperatura globalaren igoera 2°C mugatzeko behar dena baino Berotegi Gasen Emisioak askoz gehiago handituko dira [2].

Sozialki, indarrean dagoen energia-ereduak ez die uzten 2.000 milioi pertsonari energia-forma aurreratuek (batez ere elektrizitatea) eskuratzen eta horrek ondorio

negatiboak ditu giza garapenari eta etorkizuneko hazkunde ekonomikoaren potentzialari dagokienez [3].

Eredua jasanezina denez, beharrezkoa da energia-eredua goitik behera aldatuko duten neurriak lehenbailehen abiaraztea.

Arazo honi eta beste batzuei aurre egiteko asmoarekin, Nazio Batuen Erakundeak (NBE) Agenda 2030 plana onartu zuen 2015ean. Plan horretan hamazazpi Garapen Iraunkorreko Helburu (GIH) zehazten dira. Helburu horietako zazpigarrena (energia eskuragarria, fidagarria, iraunkorra eta modernoa bermatzea) proiektu honekin lerrokatu daiteke 2. *Irudian* ikus daitekeen moduan [4].



2. Irudia. Garapen Iraunkorreko Helburuak

Ildo beretik, EHUak IKD (Ikaskuntza Kooperatibo eta Dinamikoa) i3 (ikaskuntza, ikerkuntza eta iraunkortasuna) estrategia sortu zuen. Eredu propio, kooperatibo, eleanitz eta inklusibo honek ikasleek beren ikaskuntzaren jabe izatea lehenesten du, eta prestakuntza integrala, malgua eta gizartearen beharretara egokituta izatea [5]. Beste modu batera esanda, ikaskuntza ikerkuntzarekin eta iraunkortasunarekin lotu nahi du argitaratu gabeko prozesu eta produktuak eratu daitezen.

Lan honen bidez sustatzen den energia fotovoltaikoaren erabilerak garapen iraunkorrerako eragin positiboa izango du. Izan ere, lan honek energia lorpena erraztu, prezioa merkatu eta ingurunea babestuko du. Gainera, graduan zehar jasotako ikaskuntzarekin, proiektu bat garatuko da non arazo erreal bati irtenbide

berri bat emango zaion. Gauzak horrela, GHIak eta IKDa beteko dira lan honen bitartez.

Diseinu eta muntaketa lan hau aurrera eramateko motibazio nagusia energia-energiaren aplikazio erreal bat aztertzea izan da. Etorkizunean energia lortzeko modu honek garrantzi handia izango du eta proiektu honen bitartez aplikazio bat aurreikusiko da. Halaber, klima-aldaketari aurre egiteko ekintzak ezinbestekoak izango dira gizartearen hainbat arlotan. Lan honek duen ekarpena klima-aldaketa areagotu ez dadin, proiektua burutzeko beste arrazoi bat izan da.

Energia biltegitzeko sistema fotovoltaiko bat inplementatzeak dakartzan onurak hiru ataletan bereiz daitezke: Onura teknikoak, sozialak eta ekonomikoak. Teknikoki, proiektuak asko erabiltzen ez den teknologia baten ezarpena suposatu eta berrikuntza teknologikoa bultzatuko du. Alderdi sozialaren aldetik, energia berriztagarrien erabilerak ingurune inpaktua murrizten lagunduko du. Gainera, lan honen garapenak pertsonengan eragina izango du, energia iraunkorki lortzeko moduaren ikuspuntuan. Bukatzeko, arlo ekonomikoari dagokionez, abantailak ekar ditzake proiektuak. Hasierako muntaketa gastua onartuta, gailu elektronikoak kargatzeko energia dohain lor daiteke. Horrela, argiaren kostua jaitsi hasierako inbertsioa errentagarri bihurtu dezake.

Dokumentu teknikoan jarraituko den egitura hurrengokoa da: Hasteko, lanaren helburu nagusiak finkatuko dira eta baita aurrera eramateko beharrezko prozedura ere. Ondoren, diseinu orokorraren bitartez, sistema osatzen duten elementuak adieraziko dira. Jarraian, oinarri teorikoan elementu horien funtzionamendu teknikoa garatuko da. Beharrezko elementuak topatu, analisia egin eta simulazioari emango zaio hasiera. Simulazioaren emaitzak zuzenak direnean, sistemari protoboard-ean egingo zaizkio hasierako frogak. Geroago, PCB-a diseinatu, fabrikatu eta funtzionamendu egokia duela ikusiko da. Behin sistema muntatuta izanda, proiektuaren aurrekontu orokorra eta jarraitutako plangintza deskribatuko dira; azken hori Gantt diagrama bidez adieraziko da. Bukatzeko, ondorioak atera, hobekuntza posibleak aztertu eta erabilitako erreferentziak zehaztuko dira.

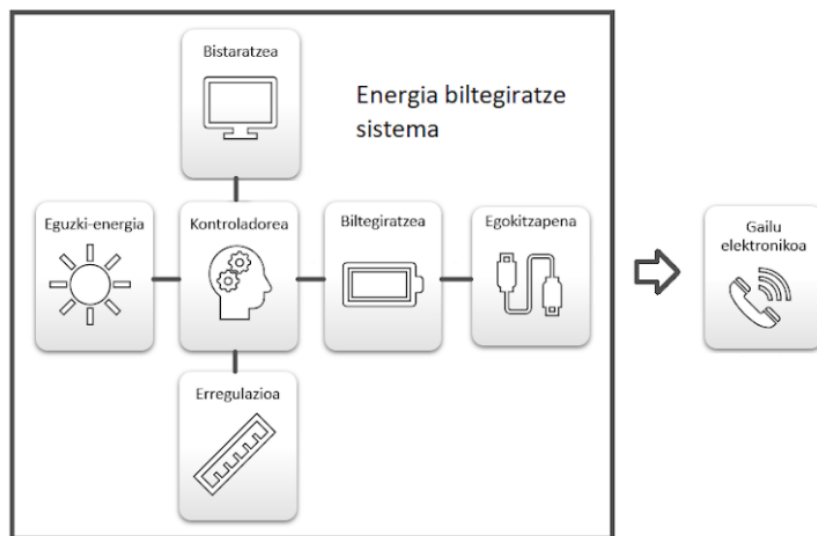
## 2. HELBURUAK

Lan honek gailu elektronikoak kargatzeko energia biltegitratze-sistema eramangarri bat diseinatzea eta eraikitzea du helburu nagusitzat. Energia hori eguzkitik jasoko da plaka fotovoltaikeen bitartez eta bateria batzuetan gordeko da. Kontroladore eta egokitzapen sistema batek lagunduko dute energia hori eraldatzen. Eraikitako sistemak Garapen Iraunkorreko 7. Helburua beteko du; hau da, energia ez kutsakorra eskuragarri izatea. Hori gutxi balitz, EHUren IKD estrategia beteko du; ikaskuntza ikerketarekin eta iraunkortasunarekin lotzea. Aurkeztutako helburu horiek ordea, azpi-helburuetan banatu daiteke hurrengokoak direlarik:

- Prozesuaren diseinua. Proiektu bideragarria diseinatzea, zehaztapen errealak eta egingarriak dituen, erraz eskura daitezkeen materialetatik abiatuta.
- Sistemaren diseinua. Osagai egokiak hautatzea, diseinu teorikoaren, kostu ekonomikoaren eta horiek ezartzeko aukeraren arabera. Horretarako, hainbat alternatiba aztertuko dira.
- Simulazioa. Bateria modu egokian kargatzeko erregulatzailerik optimoa garatu mikrokontrolatzailea programatuz. Gainkarga eta gaindeskarga tentsioetatik bateria babestuko duen diseinua planteatu da.
- Prototipaketa fisikoa. Lehenengo prototipoak protoboard-ean lantzea funtzionamendu egokia ikusteko. Ondoren, PCB-an zirkuitu horiek diseinatu espazioa optimizatzeko. Egitura global, ergonomiko eta funtzionala ezarri zaio prototipoari.
- Karkasaren diseinua. Proiektuaren arlo mekanikoa landu, karkasaren planoak software bidez eginez eta 3D inprimatzearen bidez karkasa lortuz.
- Planifikazioa. Garapen teorikoan, diseinu eta muntaketan emandako denbora kudeatzea. Lana epe jakin baterako eginda edukitzeko konpromisoa hartzea, honen garapenean agertzen diren arazoak konponduz.

### 3. GOI MAILAKO DISEINUA

Aurretik esan den moduan eta 3. Irudian ikus daitekeen bezala, proiektua 6 modulutan banatuta dago: eguzki-energia, kontroladorea, erregulazioa, bistaratzea, biltegitratzea eta egokitzapena. Lanaren atal honetan energia sistemaren parte diren elementuak zehaztuko dira. Horrela, sistemaren funtzionamenduaren ikuspegi global bat emango da.



3. Irudia. Goi mailako diseinua

Eguzki-energia aprobetxatzeko helburuarekin, panel fotovoltaiko bat erantsi zaio energia biltegitratze-sistemari. Instalaturako plaka fotovoltaikoaren xedea, eguzki-energia energia-elektriko bihurtzea izango da. Gainera, sistemak funtzionatzeko eguzki plaketatik jasotzen duen energia bakarrik behar duenez, hau autosufizientea eta eramangarria izango da.

Eguzki kargarako kontrolagailu batek eguzki paneletik datorren tentsioa eta korronea doitu, eguzki panel baten eta bateriaren artean dagoelarik. Kontroladoreak bi funtzio nagusi izango ditu. Alde batetik, erreguladore lana egingo du, baterien kargaren tentsio egokia mantenduz. Eguzki-paneleko sarrerako tentsioa igotzen denez, karga-kontrolatzaileak baterien karga doitzen du, gehiegizko karga saihesteko. Gainera, eguzki plakaren potentzia maximoko puntuaren eta baterien karga tentsioaren artean aldea egongo da. DC-DC buck bihurtzailearen bitartez tentsio jaiste hori gauzatuko da. Bestetik, bistaratze

moduluaren bitartez baterien egoera islatu nahi da. Bistaratzeko gailua OLED pantaila izango da eta kontroladorearekin egongo da konektatuta. Erakutsi nahi diren parametroak bateriari heltzen zaion korronea, bateriaren tentsioa eta bateriaren karga egoera dira.

Biltegitratze prozesuaren elementurik garrantzitsuena bateria izango da. Bateriari esker, eguzki panelak sortzen duen energia elektrikoa metatuko da. Energia elektriko hori metatzeko baldintza espezifiko batzuk bete beharko dira. Horretarako, kontroladorea erabiliko da. Gauza bera gertatzen da biltegitratutako energia elektriko hori erabili nahi denean. Kasu horretan, egokitzapen prozesu bat jasan beharko du energia elektriko horrek.

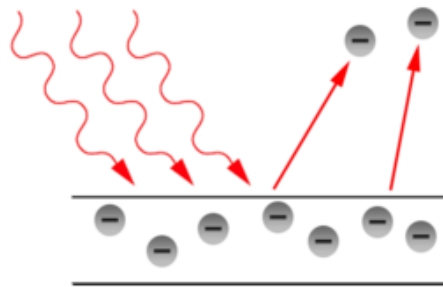
Baterian biltegitratuta dagoen energia-elektrikoa baldintza batzuetan izango da. Egokitzapen moduluaren bitartez lortu nahi dena, energia elektriko hori gailu elektronikoak kargatzeko behar diren baldintzetara moldatzea da. Horretarako boost converter bat erabiliko da.

## 4. OINARRI TEORIKOA

Behin goi mailako diseinua azalduta, atal honetan lanean zehar erabiliko diren oinarri teorikoak azalduko dira. Muntatuko den sistema ulertzeko beharrezkoak diren kontzeptuak deskribatuko dira, batik bat, haien funtzioa eta garrantzizko parametroak azpimarratuz. Proiektua aurrera eramateko eta ulertzeko jakin beharreko kontzeptu teoriko nagusiak plaka fotovoltaikoak, erreguladorea eta OLED pantaila dira.

### 4.1 Plaka fotovoltaikoak

Panel edo modulu fotovoltaikoak zelula fotovoltaiko multzo batez osatuta daude, eta zelula horiek elektrizitatea sortzen dute efektu fotoelektrikoaren (4. Irudia) bidez eragiten dien argitik abiatuta [6].



4. Irudia. Efektu fotoelektrikoa

#### 4.1.1 Funtzionamendu printzipioak

Eguzki panelak zelula fotovoltaiko izeneko unitate txikiekin eraikita daude. Zelula fotovoltaiko bakoitza bi erdieroale geruzaz osatuta daude, gehienetan siliziozkoak.

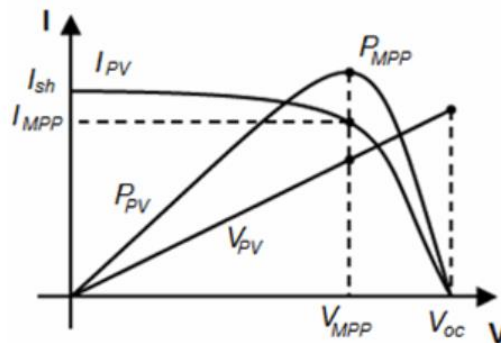
Lan egin ahal izateko, zelula fotovoltaikoek eremu elektriko bat behar dute. Horretarako fabrikatzaileek silizioa beste material batzuekin dopatzen dute, geruza bakoitzari karga elektriko positiboa edo negatiboa emanaz. Eremu elektriko hori, kontrako kargak banatzean sortzen da.

Eguzki erradiazioetik datozen fotoiek edo argi partikulek panelaren gainazalaren aurka talka egiten dute. Gainazala zeharkatu ondoren, material erdieroaleek fotoiak xurgatzen dituzte elektroiei askeak kolpatuz eta elektrizitate fluxua sortuz.

Amaitzeko, zelulen alboetako plaka metalikoek sortutako energia fluxu hori kableetara txertatzen dute [7].

#### 4.1.2 IV kurba

Modulu baten korrante versus tentsio kurbak, 5. Irudian ikus daitekeen bezala, informazio erabilgarria ematen du honen jokabide elektrikoari buruz. Fabrikazio-prozesuek desberdintasunak sortzen dituzte modulu fotovoltaikoen parametro elektrikoetan. Horregatik, I-V kurbaren neurketa esperimentalak gailu fotovoltaiko baten parametro elektrikoak zehaztasunez ezagutzea ahalbidetzen du. Neurketa horrek oso informazio garrantzitsua ematen du sistema fotovoltaikoak diseinatu, instalatu eta mantentzeko [8].



5. Irudia. Zelula fotovoltaikoaren I-V kurba

Plaka edo modulu fotovoltaiko batek tentsio eta intentsitate balio tarte zabalean lan egin dezake. Balio hauek, kargaren erresistentzia eta zelularen inpedantziaren arteko egokitzapena eginez lor daitezke. Potentzia maximoko puntua, I-rekiko V eta denbora maximizatzen duen puntua da. Beste modu batera esanda, zelulak zein kargarako eman dezakeen potentzia elektriko maximoa.

#### 4.2 Erreguladorea

Tentsio edo boltai erreguladore bat, tentsioa maila konstante edo doigarri mantentzeko gailua da. Erreguladoreek bateriak babesten dituzte fluxuaren kontrola eginez. Bi betebekar izango ditu: alde batetik, eguzkiaren arabera panel fotovoltaikoaren gorabeherak kontrolatu (PWM modulazioa) eta bestetik, tentsioen arteko egokitzapenak egin (buck eta boost bihurgailuak).



#### 4.2.1 PWM modulazioa

Seinale edo energia-iturri baten pultsu-zabaleraren bidezko modulazioan, seinale periodiko baten lan-zikloa aldatzen da, bai informazioa komunikazio-kanal baten bidez transmititzeko, bai karga batera bidaltzen den energia-kantitatea kontrolatzeko [9].

Seinale periodiko baten lan zikloa seinale digitalaren pultsuaren zabalera eta ziklo osoaren zabalera arteko erlazioa da (6. Irudia). Ehunekotan adierazten da, ikus (1), %100 balioari denbora guztian maila altua dagokiolarik:

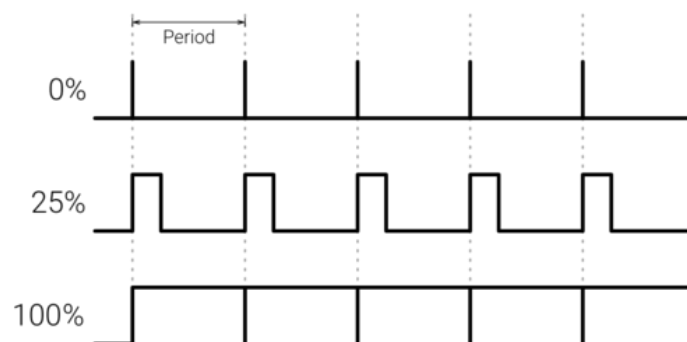
$$D = \frac{\tau}{T} \quad (1)$$

Non:

D: lan zikloa (ehunekotan).

$\tau$ : Seinalearen tarte positiboa (segundotan).

T: Seinalearen periodoa (segundotan).



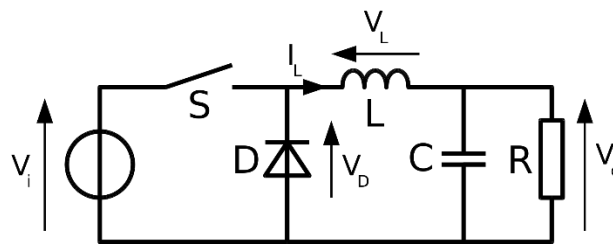
6. Irudia. Pulsu zabalera modulazioa

Pulsu-zabaleraren modulazioa (PWM) tentsio konstanteko karga lortzeko baliabiderik eraginkorrena da. PWM karga-kontrolatzailean, eguzki-paneleko korronea murriztu egiten da bateriaren kondizioaren arabera. Bateriako tentsio bat erregulazioko kontsigna-puntura iristen denean, PWM algoritmoak mantso murrizten du korronea, karga-bateriako beroa eta gasak saihesteko, baina kargak energia kantitate maximoa bateriari itzultzen jarraitzen dio denbora laburrenean [10].

#### 4.2.2 Buck bihurgailua

Bihurgailua aukeratzeko orduan biren arteko bereizketa egin behar da. Bihurgailu linealek egitura sinplea daukate baina energia kantitate handia xahutzen dute funtzionatzen dabiltzatenean. Hori dela eta, proiektu honetarako konmutazioko bihurgailuak (ez linealak) aukeratu dira. Mota honetako bihurgailuek tentsio txikiagoak edo handiagoak lortu ditzakete irteeran.

Erredukzio-bihurgailua edo Buck bihurgailua isolamendu galbanikorik gabeko DC-DC potentzia-bihurgailu bat da, irteeran sarreran baino tentsio txikiagoa lortzen duena. Diseinua 7. Irudian ikus daitekeen bezala, bihurgailu jasotzaile edo boost baten antzekoa da, bi gailu erdieroale (S transistorea eta D diodoa), L inductorea eta aukeran, irteeran C kondentsadorea dituen iturri konmutatuta [11].



7. Irudia. Buck bihurgailua

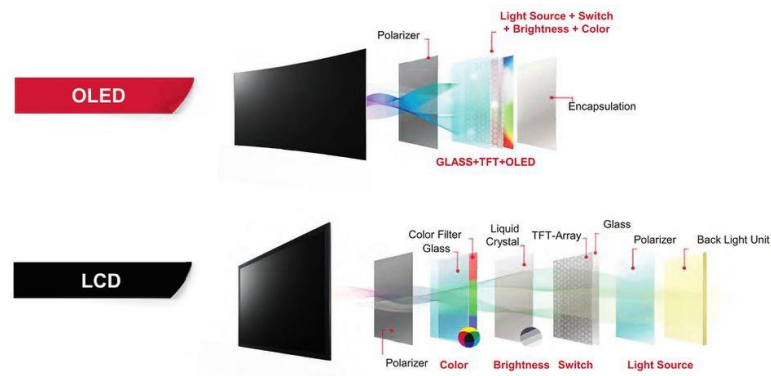
#### 4.2.3 Boost bihurgailua

Boost bihurgailua (step-up bihurgailua) korrante zuzeneko elikadura-tentsioa igotzen duen potentzia bihurgailua da. Bi etengailu erdieroale (diodoa eta transistorea) eta gutxienez energia metatzeko elementu bat duen konmutatutako elikatze-iturri mota bat da. Normalean kondentsadoreez egindako iragazkia (batzuetan harilekin konbinaturik) jartzen da bihurgailuaren irteeran tentsioaren uhindura murrizteko [12].

#### 4.3 OLED pantaila

Diodo argi-igorle organikoa edo OLED-a, elektroluminisente organiko izenez ere ezaguna, diodo argi-igorle (LED) mota bat da zeina geruza elektroluminisentea konposatu organikoen film batez osatuta dagoen. Geruza organiko hau bi elektrodoen artean kokatuta dago.

Tentsio bat aplikatzean, anodoa positiboki kargatzen da katodoarekiko. Honek, elektroien fluxua sortuko du katodotik anodora. Igorpen-geruza negatiboki kargatzen da gehiegizko elektroientatik; eroapen geruza aldiz, hutsuneekin kargatzen da elektroifaltagatik.



8. Irudia. OLED vs LCD konparaketa

LCD teknologiarekin alderatuz (8. Irudia), OLED-en polimeroen edo molekulen geruza organikoak argiagoak eta askoz malguagoak dira LED edo LCD baten kristalezko geruzak baino. Bestalde, teknologia batzuetan, OLED-en inprimatze-substratua plastikoa izan daiteke, LCD-ei edo plasma-pantailei eusten dien kristalaren zurruntasunaren aurrean malgutasuna ematen duena [13].

## 5. ALTERNATIBEN ANALISIA ETA AUKERATUTAKO OSAGIAK

Atal honetan gailu elektronikoak kargatzeko biltegiatze-sistemaren diseinuaren alternatiba desberdinen arteko konparaketa egingo da. Azterketa hori merkatuan dauden aukera guztietatik egokienak hautatzeko asmoarekin burutu da. Ondoren, aukeratutako osagaiak atalean proiektuan erabilitako osagai komertzialak zehaztu dira.

### 5.1 Alternatiben analisisia

Alternatiben analisisian kontuan hartu diren parametroak proiektuaren garapenean pisu nabarmenena dutenak izan dira. Aukera desberdinen arteko konparaketa egiteko erabiliko den metodoa batuketa haztatuarena (BH) izan da.

Batuketa haztatuaren metodoan (BH), lehenik eta behin faktoreak definituko dira. Ondoren, faktore bakoitzari pisu bat ( $p_i$ ) emango zaio, proiektuan duen garrantziaren arabera. Pisu guztien batuketak %100a osatu behar du. Jarraian, faktore bakoitzari aurretik arrazoitutako kalifikazio bat emango zaio 1etik 10era ( $x_i$ ). 2. *Formulaz* baliatuz, alternatiba desberdinen artean aproposena lortuko da. Kasu bakoitzean aukerarik egokiena batuketa haztatuaren emaitza handiena lortu duena izango da.

$$BH = \sum_i^n p_i \cdot x_i \quad (2)$$

Alternatiben analisisia burutu aurretik, atal honetan aztertuko diren elementuak mikrokontrolagailua, erregulazioa, display-a eta bateria izango dira. Kasu guztietan alternatiben deskribapena egin eta analisisia burutuko da.

#### 5.1.1 Mikrokontrolagailua

Proiektua garatzeko aukeratu beharreko lehenengo elementua baterien karga, erregulazioa eta bistaratzea ahalbidetuko dituen mikrokontrolagailua izango da. Mikrokontroladore bat automatikoki kontrolatzen diren gailuetan erabiltzen da eta oinarrizko hiru unitate ditu integratuta: prozesatzeko unitate zentrala, memoria eta periferikoetarako sarrera eta irteerak [14].

Mikrokontrolagailua aukeratzeko aztertuko diren ezaugarriak prezioa, erloju maiztasuna, memoria eta sarrera/irteera (I/O) pin kopurua dira. Erloju maiztasunak garrantzia handia dauka jasotzen zein bidaltzen diren aginduren abiadura zehazten baitu, zenbat eta handiago izan hobea. Bestetik, memoria ere garrantzi handiko ezaugarria izango da, batetik programazio kodea gordetzeko gai izan behar delako eta bestetik funtzionatzen dagoenean aldagaien balioak kudeatu behar dituelako. Sarrera/irteera pinak beharrezkoak dira mikrokontroladoreari elementuak konektatzeko.

Aزتuko diren aukerak Arduino konpainiako Arduino Uno zein Arduino Mega eta Raspberry Pi fundazioaren Raspberry 3 plakak izango dira.

Arduino hardware eta software aske, malgu eta errez batean oinarritutako kode irekiko plataforma bat da. Plakak ATMEL mikrokontrolagailuan oinarrituta daude eta hauek programatzeko Arduino IDE programazio eremua erabili daiteke. Bertan, maila altuko lengoaietan programatu daiteke, C, C++ eta Python esaterako.

Plaka hauek sarrera eta irteera pin asko dituzte bertan mota ezberdinetako periferikoak konektatzeko eta plaka proiektuaren beharrianetara egokitzeko. Gainera, *shield* izeneko osagai gehigarriak jarri ahal zaizkio txartelari horrela funtzio berriak izan ditzan. Hala ere, *shield* hauen ezarpenak zenbait I/O pinen galera dakar, bertara konektatzen direlako [15].

Arduino Uno (9. Irudia) ATmega328 mikrokontrolagailuan oinarritutako plaka da. Merkaturatu zen lehen plaka da eta gaur egun hedatuena dagoena da [16].



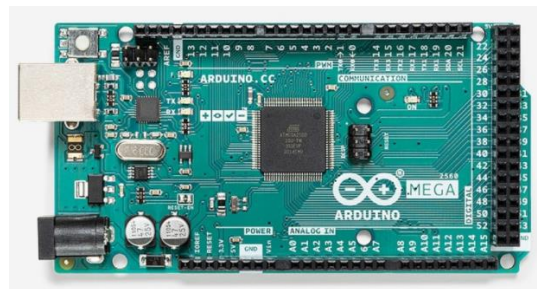
9. Irudia. Arduino Uno

Hurrengo 1. Taulan modelo honen ezaugarriak zehazten dira:

1. Taula. Arduino txartelaren ezaugarriak

| Arduino Uno               |        |
|---------------------------|--------|
| Lan tentsioa              | 5 V    |
| Sarrerako tentsioa        | 7-12 V |
| Pin digitalak I/O         | 14     |
| Sarrerako pin analogikoak | 6      |
| Flash memoria             | 32 kB  |
| Erloju maiztasuna         | 16 MHz |
| Prezioa                   | 20 €   |

Arduino Mega (10. Irudia) ATmega2560 mikrokontroladorean oinarritutako Arduino plaka da [17]. Arduino Uno baino konplexuagoa da, proiektu korapilotsuagoak burutzeko erabiltzen da.



10. Irudia. Arduino Mega

Arduino plaka honen ezaugarri nagusiak aurkezten dira 2. Taula honetan:

2. Taula. Arduino Mega 2560 txartelaren ezaugarriak

| Arduino Mega              |        |
|---------------------------|--------|
| Lan tentsioa              | 5 V    |
| Sarrerako tentsioa        | 7-12 V |
| Pin digitalak I/O         | 54     |
| Sarrerako pin analogikoak | 16     |
| Flash memoria             | 256 kB |
| Erloju maiztasuna         | 16 MHz |
| Prezioa                   | 35 €   |

Raspberry Pi RISC arkitekturako ARM prozesagailua erabiltzen duen prezio eta tamaina txikiko ordenagailua da, prototipoen garapenera eta konputagailuen bidezko ikaskuntzara bideratuta dagoena.

Raspberry Foundationek dauka txartel hauen hardware kontrola eta beraiek soilik sor ditzakete. Txartel hauek Arduinok ez dituen ezaugarriak dituzte, adibidez Interneterako konexioa [18].

Merkatuan dauden modelo guztietatik analisi honetan Raspberry Pi 3-a (11. Irudia) [19] erabiliko da. Ez da merkatuan dagoen azkena baina bai aintzat hartzeko adinakoa. Modelo honen berezitasuna, kanpo memoria behar duela da.



11. Irudia. RaspBerry Pi 3

Raspberry Pi txartelaren ezaugarriak 3. Taulan ikus daitezke:

3. Taula. Rasperry Pi 3 txartelaren ezaugarriak

| Raspberry Pi 3            |         |
|---------------------------|---------|
| Lan tentsioa              | 5 V     |
| Sarrerako tentsioa        | 5 V     |
| Pin digitalak I/O         | 24      |
| Sarrerako pin analogikoak | 0       |
| Flash memoria             | Kanpoko |
| Erloju maiztasuna         | 1.4 GHz |
| Prezioa                   | 37,44 € |

Aurretik aipatu diren eta aukeraketarako kontuan hartuko diren ezaugarri guztietatik prezioa da garrantzitsua. Proiektu honen helburuetako bat energia

ahalik eta merkeen eskuratzea da eta horretarako kostu txikia izateak garrantzi handia dauka. Hori dela eta, prezioari esleituko zaion pisua %40koa izango da.

Kontuan hartu beharreko beste ezaugarri bat plakaren erloju maiztasuna izango da. Interesatzen da gero eta balio handiagoa izatea, baterien egoera azkar transmitu dadin karga kontrolatzeko. Honengatik, erloju maiztasunari eman zaion balioa %30ekoa da.

Erabiliko diren pin kopurua ez da oso handia izango; beraz, edozein plaka aukeratuta pin nahiko izango ditu. Horregatik, parametro honi esleitu zaion balioa %15ekoa izan da.

Memoria aldetik, ez dago mugapen handirik. Erabiliko den programa ez da pisutsua izango eta ez du aldagai oso handirik edukiko. Ezaugarri honi %15eko pisua eman zaio, aurrekoaren berdina.

Mikrokontrolagailuaren ezaugarriek jasotako kalifikazioak 4. Taulan ikus daitezke:

4. Taula. Mikrokontrolagailuen batuketa haztatua

| Faktoreak         | Pisua | Arduino Uno | Arduino Mega | Raspberry Pi 3 |
|-------------------|-------|-------------|--------------|----------------|
| Prezioa           | %40   | 9           | 6            | 5              |
| Erloju maiztasuna | %30   | 7           | 7            | 9              |
| Memoria           | %15   | 4           | 6            | 8              |
| I/O pin kopurua   | %15   | 4           | 8            | 5              |
| BH                |       | 6,9         | 6,6          | 6,65           |

Lortutako emaitzak ikusita, nahiz eta elementuen ezaugarrietan antzekotasun handiak egon, proiektu hau gauzatzeko erabiliko den mikrokontrolagailua Arduino Uno txartela izango da.



### 5.1.2 Erregulazioa

Oinarri teorikoan azaldu den bezala, erreguladoreek tentsioa maila konstantean edo modu doigarrian edukitzea dute helburu. Fluxuaren kontrola eginez, bateriak babesten dituzte tentsioa egokituz gainkargarik izan ez dezaten.

Aukeraketa egiteko kontuan hartuko diren faktoreak eraginkortasuna (energia gehiegi xahutu ez dadin), funtzionaltasuna (egokia izatea), prezioa (ez garestiegia ezta merkeegia) eta diseinua (konplexutasunik gabekoa, erraza) dira.

Aztertuko diren aukerak merkatuan aurki daitezkeen bi erreguladore motak izango dira: erreguladore linealak eta erreguladore kommutatuak.

Erreguladore linealen aplikazio gehienak tentsio txikiko eta korrante ertaineko zirkuituetan gertatzen dira, eta hiru terminaleko zirkuitu integratu baten bidez betetzen dira. Erreguladorearen bidez korrante handiagoa kontrolatu behar denean, bereziki faktore hauek hartu behar dira kontuan:

- Gainkarga-tentsioa (Voltage Headroom): Erreguladorearen sarreraren eta irteeraren arteko tentsio-erorketa maximoa funtzionatzean, xahututako potentziaren %95 erorketa horretan gertatzen da.
- Tentsio-erorketa minimoa (Dropout Voltage): erregulazioa segurua izateko karga-gaintentsioaren balio minimoa, batez ere, pasoko elementu erregulatzaillearen arabera da.

Iturri linealen abantailak erregulazio, abiadura eta ezaugarri elektromagnetiko hobeak dira. Desabantaila nagusia eraginkortasun txikia da. Ohiko aplikazioetan, erreguladore linealek %30-60 bitarteko eraginkortasuna dute. Horrek esan nahi du kostua xahutzen den watt bakoitzeko handitzen dela. “*Headroom loss*” izeneko galera hori, pasoko transistorean gertatzen da eta zoritxarrez, beharrezkoa da potentzia-etapa polarizatzeko eta linea erregulatzeko zehaztapenak betetzeko.

Erreguladore kommutatuen ezaugarriek zenbait abantaila dituzte iturri linealen aldean, %90 inguruko etekinak lor ditzakete eta iturrien tamaina murriztu. Hala ere, desabantaila batzuk ere badituzte. Garrantzitsuenak interferentzian

elektromagnetikoak sortzea, diseinuaren konplexutasuna handitzea eta fabrikazio-kostua handitzea dira.

Oro har, industria iturri kommutatuak erabiltzen ari da aplikazio gehienetan. Potentzia txikian, kizkurdura-ezaugarri hobea behar den tokian, iturri kommutatua seriean duen iturri lineala erabiltzen da.

Behin alternatibak azalduta daudela, pisuen banaketa egin behar da. Kasu honetan pisu handiena (%40) efizientziari eman zaio. Proiektuaren muina batera batzuk kargatzea eta deskargatzea da. Prozesu horretan energia gehiegi xahutzen bada, ez da ekonomikoki bidegarria izango.

Kontuan hartzeko beste parametro garrantzitsu bat erreguladorearen funtzionaltasuna izango da. Nahi den helburua betetzeko eraginkorra izan behar da erreguladorea. Gauzak horrela, %30eko pisua eman zaio propietate honi.

Prezioa eta diseinua gutxien kontsideratu diren faktorek izan dira eta %20eko eta %10eko balioa eman zaie hurrenez hurren. Izan ere, erregulatzailer artean prezio desberdintasunak ez dira kontuan hartzekoak bezain handiak. Diseinu aldetik gauza bera gertatzen da, honen konplexutasuna ez da proiektuarentzat mugagarria.

Hurrengo 5. Taulan erreguladoreei balio haztatuaren metodoa aplikatu zaie:

5. Taula. Erreguladorearen batuketa haztatua

| Faktoreak        | Pisua | Lineala | Kommutatua |
|------------------|-------|---------|------------|
| Efizientzia      | %40   | 5       | 9          |
| Funtzionaltasuna | %30   | 6       | 7          |
| Prezioa          | %20   | 8       | 5          |
| Diseinua         | %10   | 8       | 6          |
| BH               |       | 6,2     | 7.3        |

Batuketa haztatuaren metodoa jarraituz eta faktore bakoitzak duen pisua kontsideratuz, erabaki da proiektua garatzeko aukera honena erregulazio kommutatua dela.

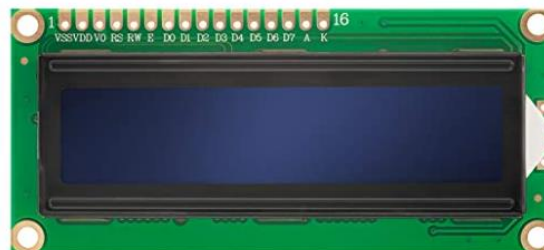
### 5.1.3 Display-a

Aurretik zehaztu den moduan, display-aren eginkizuna bateriaren egoera bistaratzea da. Karga zein deskarga prozesuan zehar bateria zein egoeran dagoen adieraziko du elementu honek.

Analisia egiteko kontuan hartuko diren ezaugarrien artean, tamaina eta prezioa izango dira nabarmenenak. Oso garrantzitsua da zati honek proiektuan espazio gutxi okupatzea eta ekonomikoki bidegarria izateko merkea izatea. Kontuan hartuko diren beste bi faktoreak eguzkiarekiko argiztapena eta karaktere bereizmen maximoa izango dira.

Merkatuan dauden aukeretatik atal honetan bi dira aztertuko diren alternatibak: LCD pantailak eta OLED pantailak.

LCDak (12. Irudia), argi-iturri edo islatzaile baten aurrean koloretako pixelez edo monokromoz osatutako pantailak dira [20].



12. Irudia. LCD Display-a

LCD display komertzial baten ezaugarriak 6. Taulan bildu dira:

6. Taula. LCD Display-aren ezaugarriak

| LCD Display-a  |                           |
|----------------|---------------------------|
| Tamaina        | 80 x 36 x 12,5 mm         |
| Bereizmena     | 16 karaktere x 2<br>lerro |
| Argiztapena    | ED, zuria                 |
| Ikuste angelua | 180 gradu                 |

|                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| Modua                      | Paraleloa (8 eta 4 bit) |
| Funtzionamendu tentsioa    | 3,3 – 5 V               |
| Funtzionamendu tenperatura | -10 – 60 °C             |
| Prezioa                    | 5,79 €                  |

OLED-ak (13. Irudia), diodo mota bat dira; argia sortzen eta igortzen duen geruza elektrolumineszente batean oinarritzen dira [21].



13. Irudia. OLED Display-a

7. Taulan OLED display komertzial baten ezaugarriak agertzen dira bilduta:

7. Taula. OLED Display-aren ezaugarriak

| OLED Display-a             |                    |
|----------------------------|--------------------|
| Tamaina                    | 27 x 27 x 4,1 mm   |
| Bereizmena                 | 128 x 64 pixel     |
| Kontrola                   | I2C / TWI          |
| Ikuste angelua             | > 160              |
| Pinen esleipena            | Vcc, Gnd, Scl, Sda |
| Funtzionamendu tentsioa    | 3,3 – 5 V          |
| Funtzionamendu tenperatura | -30 – 80 °C        |
| Prezioa                    | 6,79 €             |

Alternatiben konparaketa gauzatzeko kontuan hartu diren faktoreak tamaina, prezioa, argiztapena eta bereizmena izan dira.

Alde batetik, tamainak berebiziko garrantzia dauka, bistaratze sistema proiektuaren parte bat delako eta ahalik eta espazio gutxien hartzea komeni delako. Hori dela eta, atal honi emango zaion puntuazioa %45ekoa izango da.

Bestetik, prezioa ere faktore garrantzitsu bat da. Proiektua ahalik eta merkeena izatea interesgarria da, horrela ekonomikoki errentagarri eta bideragarria izateko. Arrazoi honengatik, prezioari emandako balioa %25ekoa izan da.

Argiztapenari gainera, %20ko pisua esleitu zaio. Kasu gehienetan osatutako sistema eguzkitara egongo denez, bistaratze sistema ondo ikustea kontuan hartzeko faktore nabarmen bat da.

Bukatzeko, bistaratze display-aren bereizmena hartu da kontuan. Bereizmenak, gailuan ager daitezkeen karaktere kopuru maximoari egiten dio erreferentzia. Kasu honetan, bistaratu nahi diren elementuen kopurua handia ez denez, %10eko balioa eman zaio faktore honi.

8. Taulan LCD zein OLED display-ei batuketa haztatuaren metodoa aplikatu zaie:

8. Taula. Display-aren batuketa haztatua

| Faktoreak   | Pisua | LCD  | OLED |
|-------------|-------|------|------|
| Tamaina     | %45   | 5    | 7    |
| Prezioa     | %25   | 8    | 6    |
| Argiztapena | %20   | 7    | 8    |
| Bereizmena  | %10   | 6    | 8    |
| BH          |       | 6,25 | 7,05 |

Batuketa haztatuaren metodoa jarraituz, ikusten da proiekturako display egokiena OLED teknologiaduna dela. Batez ere, tamaina txikiagoa eta bereizmen handiagoa izateaz nabarmentzen da LCD-arekin konparatuz.

#### 5.1.4 Bateria

Bateria elektrikoak zelula elektrokimiko batez baino gehiagoz osaturiko gailuak dira eta metaturiko energia kimikoa, korrante elektriko bihurtzen dute.

Proiektuaren xehetasunak aztertuta, bateriaren analisisan garrantzi handia izango duten parametroak energia ahalmena, karga denbora, autodeskarga portzentaia, karga kopurua eta prezioa izango dira. Bateria proiektu honen ardatzetako bat izanik, berebizikoa da parametro horietako bakoitza ondo doituta egotea.

Merkatuan dauden bateria-motak aztertuko dira bakoitzaren ezaugarri nagusiak azalduz eta baterien konparazioa egingo da. Erabiliko den aplikazioa kontuan hartuta Pb, Ni-Fe eta Li-Po bateriak errefusatu dira. Aipatutako hauek, oso pisutsuak eta kutsakorak dira. Ezaugarri horiengatik potentzia baxuko elektronikan ez dira erabiltzen. Gauzak horrela, atal honetan Ni-Cd, Ni-MH eta Li-Ion elementuez osatutako bateriak aztertuko dira.

Nikel-kadmioa, Ni-Cd eta nikel-hidruroa edo Ni-MH baterietan erabiltzen diren bi oinarri kimiko mota dira. Ni-Cd eta Ni-MH edozein tamaina edo potentzian erabili daitezke, baina errendimendua aldatu egiten da. Oso oinarri kimiko desberdinak izateaz gain, bi bateria mota horiek ere kontuz erabili eta kargatu egin behar dira. Bestalde, litio-ioizko edo Li-Ion bateriek beste oinarri kimiko bat eta hainbat ezaugarri dituzte, baita mantentze-lan bereziak ere.

Pisu gehien eman zaion faktoreari %35 eman zaio eta energia ahalmena izan da. Bateria batean oso garrantzitsua da energia ahalmen handia izatea. Horrela, pisu txikia izanda, energia dentsitate pilaketa handiagoa egin dezakete errendimendua asko handituz.

Karga denborari dagokionez, baldintza berdinetan bateria bakoitzak kargatzeko denbora bat estimatuta dauka. Zenbat eta denbora hori txikiagoa izan, eguzki energia gero eta gehiago aprobetxatuko da. Horregatik, faktore honi esleitu zaion pisua %25ekoa izan da.

Autodeskargari %20ko pisu nabarmena eman zaio. Baterietako energia momentuan bertan aprobetxatzen ez bada, bateriak energia xahutze bat jasango du. Hori dela eta, interesgarria da autodeskarga portzentaia hori ahalik eta baxuena izatea.

Karga kopuruak bateriaren bizitza erabilgarria zehazten du. Zenbat eta handiagoa izan bateria denbora gehiago erabili ahal izango da. Azalpen honengatik, parametro garrantzitsua dela kontsideratu da eta %15eko balioa eman zaio.

Bukatzeko, prezioari %5eko pisua egokitu zaio. Ez dago desberdintasun nabarmenik baterien materialaren eta prezioen artean.

Behin pisuak zehaztuta, 9. Taulan batuketa haztatuaren metodoa gauzatu da.

9. Taula. Baterien batuketa haztatu

| Faktoreak        | Pisua | Ni-Cd | Ni-MH | Li-Ion |
|------------------|-------|-------|-------|--------|
| Energia ahalmena | %35   | 5     | 6     | 8      |
| Karga denbora    | %25   | 6     | 9     | 9      |
| Autodeskarga     | %20   | 5     | 7     | 6      |
| Karga kopurua    | %15   | 6     | 6     | 8      |
| Prezioa          | %5    | 5     | 7     | 9      |
| BH               |       | 5,4   | 7     | 7,9    |

Metodoa jarraituta, ikusi da proiektuarentzako bateria egokien Li-Ion materialekoa dela. Ni-Cd elementuko bateria azkar ikusten da ez dela egokia. Nahiz eta Ni-MH eta Li-Ion baterien artean antzekotasunak egon, metodoa jarraituta azkenean bigarrena suertatzen da irabazle.

## 5.2 Aukeratutako osagaiak

Alternatibaren analisiaren bitartez, proiektuan erabiliko diren teknologia ezberdinak mugatu dira. Orain, erabaki horietan oinarrituta erabiliko diren osagai komertzialak zehaztuko dira. Buck erreduktorearen (geroago kalkulu teorikoetan garatuta) zatia izan ezik, proiektuaren parte bakoitzerako elementu bana aukeratu da. Jarraian, hautatutako osagaien betebeharrak eta espezifikazio teknikoak zehazten dira.

### 6.2.1 Panel fotovoltaikoa

Eguzki plakaren funtzioa bateria kargatzeko eguzki energia aprobetxatzea da. Proiekturako espezifikazioak betez, erabili den plaka Xuncel enpresako MS6V150.2 eguzki panela (14. Irudia) izan da.



14. Irudia. MS6V150.2 Eguzki panela

Erabilitako plakaren ezaugarri teknikoak hurrengo 10. Taulan bildu dira.

10. Taula. Eguzki plakaren ezaugarri teknikoak

| Xuncel MS6V150.2 eguzki panela |             |
|--------------------------------|-------------|
| Dim                            | 62x120x3 mm |
| Vmp                            | 6 V         |
| Imp                            | 150 mA      |
| Voc                            | 6,60 V      |
| Isc                            | 165 mA      |
| Pmax                           | 0,90 W      |

### 6.2.2 Kontroladorea

Kontroladorearen funtzioak panel fotovoltaikoaren tentsioa erregulatzea eta bateriaren tentsio eta korronteak irakurtzea dira. Berezitasun handirik gabeko lanak direnez, alternatibean analisia eginda ikusi da aukerarik egokiena Arduino interfazea erabiltzea dela.

Arduinok dakarren kit-a erabili ordez, espazio kontuengatik ATmega328P mikroa (15. Irudia) erabiltzea erabaki da. Mikrokontrolagailuak plaka ordezkatzeko zenbait konfigurazio egin behar izan dira, geroago muntaketa atalean azalduko direnak.





15. Irudia. ATmega328P mikrokontroladorea

Jarraian agertzen den 11. Taulan erabilitako ATmega328P mikrokontroladorearen ezaugarri teknikoak laburbiltzen dira.

11. Taula. ATmega328P mikrokontroladorearen ezaugarri teknikoak

| ATmega328P mikrokontroladorea |                     |
|-------------------------------|---------------------|
| Kapsulatua                    | 2x14 28 Pin         |
| Funtzionamendu tentsioa       | 2,7-5,5 V           |
| Potentzia kontsumoa           | 1 uA-1,5 mA         |
| Flash memoria                 | 32 kB               |
| Protokoloak                   | SPI, I2C, UART, PWM |
| Prezioa                       | 2,81 €              |

Erreguladorearen muntaketa eta programazioa lan honen muina direnez, hurrengo ataletan ( 6. Kalkulu teorikoak, 7. Simulazioa eta 8. Muntaketa ) zehatzago aurkeztuko dira.

### 6.2.3 OLED-a

OLED pantailaren bitartez bateriaren eguzki plakaren tentsioa zein bateriaren korronea eta tentsioa bistaratuko dira. Arduino interfazearekin duen erraztasuna eta bere tamaina txikia dela eta, aukeratutako pantaila AZDelivery 5 x 0,96ko display-a izan da (16. Irudia).



16. Irudia. AZDelivery 5 x 0,96ko display-a

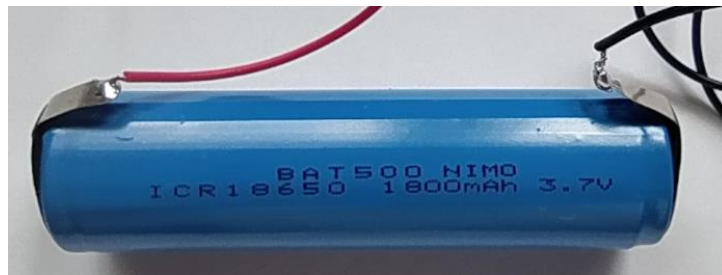
Hurrengo 12. Taulan erabilitako AZDelivery 5 x 0,96 display-aren ezaugarri teknikoak agertzen dira.

12. Taula. AZDelivery 5 x 0,96 display-aren ezaugarri teknikoak

| AZDelivery 5 x 0,96 display-a |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| Tamaina                       | 27 x 27 x 4,1 mm   |
| Bereizmena                    | 128 x 64 pixel     |
| Kontrola                      | I2C / TWI          |
| Ikuste angelua                | > 160              |
| Pinen esleipena               | Vcc, Gnd, Scl, Sda |
| Funtzionamendu tentsioa       | 3,3 – 5 V          |
| Funtzionamendu tenperatura    | -30 – 80 °C        |
| Prezioa                       | 6,79 €             |

#### 6.2.4 Bateria

Bateriak panel fotovoltaikotik lortzen den energia gordetzen du. Aukeratu den pila Li-Ioizko 18650a izan da (17. irudia); 3,7 Veko tentsioa eta 1800 mAh ahalmena dituenak. Bateria aukeratzeko orduan materiala, tamaina eta ezaugarri elektrikoak hartu dira kontuan batez ere.



17. Irudia. Li-Ioizko 18650 bateria

Jarraian bateriaren ezaugarriak biltzen dituen 13. Taula aurkezten da.

13. Taula. 18650 bateriaren ezaugarri teknikoak

| 18650 bateria           |          |
|-------------------------|----------|
| Altuera                 | 65 mm    |
| Diametroa               | 18,4 mm  |
| Ahalmena                | 1800 mAh |
| Tentsio estandarra      | 3,7 V    |
| Gutzizko karga tentsioa | 4,2 V    |
| Prezioa                 | 8,5 €    |

### 6.5 Boost convertterra

Baterietako tentsioa eraldatzeko eta energia hori gailu elektronikoak kargatzeko erabiltzeko boost convertterra erabiltzen da. Bateriako 3,7 V-ak 5 V eta 2A-era moldatzen ditu. Kasu honetan, aukeratu den boost komertziala MT3608-a (18. Irudia) da.



18. Irudia. MT3608 boost komertziala

Boost plakaren ezaugarriak hurrengo 14. Taulan bildu dira.

14. Taula. Boost converterraren ezaugarri teknikoak

| MT3608 Boost converterra |              |
|--------------------------|--------------|
| Sarrerako tentsioa       | 2 V-24 V     |
| Irteerako tentsioa       | 5 V-28 V     |
| Irteerako korronea       | 2 A (max)    |
| Efizientzia              | %96          |
| Lan tenperatura          | -45°C – 85°C |
| Prezioa                  | 2,69 €       |

## 6. KALKULU TEORIKOAK

Atal honetan proiektuaren diseinua aurrera eramateko beharrezko oinarriko kalkulu teorikoak aurkezten dira. Kalkulu horiek hiru ataletan banatzen dira: buck erreduktore konmutatuarenak, erreduktore linealarenak eta korrontea irakurtzeko sentsorearearenak.

### 6.1 Buck erreduktorea

Buck erreduktoreak panel fotovoltaikoaren tentsioa murrizten du batera era egokian kargatu dadin. Zirkuitu erreduktore hau trantsistore batek, diodo batek, haril batek eta kondentsadore batek osatzen dute.

Honen diseinua gauzatzeko beharrezko parametroak lan-zikloa ( $D$ ), harilaren induktantzia ( $L$ ) eta kondentsadorearen kapazitatea ( $C$ ) dira. Plaka fotovoltaikoaren ezaugarriak begiratuta, diseinuaren sarrerako tentsioa  $V_{IN} = 6\text{ V}$  eta sarrerako korrontea  $I_L = 150\text{ mA}$  dira. Bateriak  $3,7\text{ V}$ -koak direnez eta hauek kargatzeko tentsio handiagoa behar denez, irteerako tentsioa  $V_{OUT} = 4,5\text{ V}$  kontsideratuko da. Kontuan eduki behar da pilak nahiz eta  $3,7\text{ V}$ -ekoak izan  $4,2\text{ V}$ -etararte kargatu daitezkeela.

Irteerako tentsioa eta sarrerako tentsioa edukita, lan-zikloa (duty-cycle) lor daiteke hurrengo 3. *Formularen* bitartez:

$$D = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{4,5\text{ V}}{6\text{ V}} = \%75 \quad (3)$$

Induktorearen balioa ezagutzeko, kasurik kaltegarrienean lan modu jarraitua eskaintzen duen balio kritikoa kalkulatu behar da. Horretarako, PWM-aren frekuentzia  $31\text{ kHz}$ -ekoa dela jakinik, 4. *Formularen* bitartez induktorea kalkulatu da.

$$L = \frac{(1 - D) \cdot V_{OUT}}{2 \cdot f \cdot I_L} \quad (4)$$

$$L = \frac{(1 - 0,75) \cdot 4,5}{2 \cdot 31000 \cdot 0,150} \rightarrow L = 120,97\ \mu\text{Hr} \quad (5)$$

Harilaren balio komertzial hurbilena  $100 \mu\text{H}$  da. Horregatik, hori da erabiliko den harila eta hurrengo kalkuluetan agertuko den balioa.

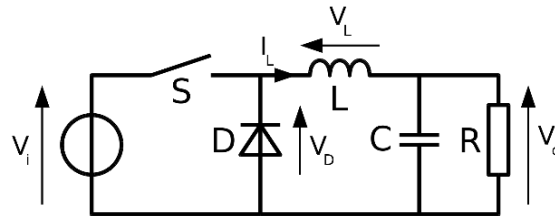
Frekuentziaren balioa ezagututa eta  $A_{Vout} = 0,02$ -era kizkurdura mugatuz, kondentsadorearen ( $C$ ) kalkulua gauzatu da (6. Formula).

$$C = \frac{(1-D) \cdot V_{OUT}}{8 \cdot L \cdot f^2 \cdot A_{Vout}} = \frac{(1-0,75) \cdot 4,5}{8 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot 31000^2 \cdot 0,02} = 73,16 \mu\text{F} \quad (6)$$

Kondentsadoreen balio komertzialak ikusita,  $47 \mu\text{F}$ -ko kondentsadorea erabiltzea erabaki da.

Kalkulu guztiak gauzatuta, buck zirkuitua (19. Irudia) [11] muntatzeko beharrezkoak diren osagaiak hurrengokoak dira:

- $100 \mu\text{H}$ -ko harila
- $47 \mu\text{F}$ -ko kondentsadorea
- 1N4007 diodoa
- BD139 transistorea



19. Irudia. Buck zirkuituaren eskema

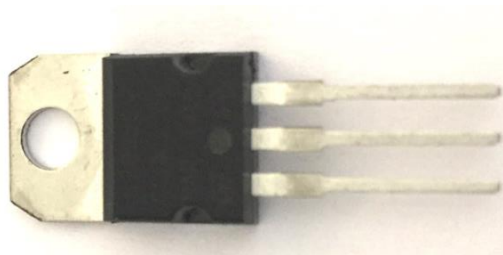
Proiekturen kasua partikularrean bi trantsistore erabiliko dira. Lehenengo trantsistorearen basea erresistentzia baten bidez mikrokontrolagailura konektatzen da eta bertatik PWM-a helduko zaio. Bigarren transistorea lehenengoa etenduran dagoenean asetuko da. Lehenengoa asetzean berriz, erresistentziatik doan korronte guztia masara bideratuko da; bigarren transistorea etenduran jarritz.

Harilaren kasuan, bigarren transistoretik korronte pasatzen denean harila kargatuz doa malda konstantearekin. Malda negatiboa denean aldiz, bigarren transistorea etenduran dago eta korronte diodotik pasatzen da, harila deskargatuz.

Kondentsadorearen korronteak transistorea asetuta dagoenean malda positiboa dauka, kargatzen ari delako. Transistorea etenduran dagoenean ordea, malda negatiboa deskarga fasean dagoelako.

## 6.2 Erreduktore lineala

Erreduktore linealak plakaren tentsioa 5 V-etara jaitea du helburu. Tentsio jaiste horretan energia handia disipatzen du 7805-ak (20. Irudia) bero moduan.



20. Irudia. 7805 erreduktore lineala

Horregatik, kalkulu teorikoetan balantze termikoa eginez bero disipadorea beharrezkoa den edo ez kalkulatu da (7. Formula).

$$T_j = T_{ing} + P_{xahu} \cdot R_{th} \quad (7)$$

$$T_{ing} = 25 \text{ }^\circ\text{C} \quad (8)$$

$$R_{th} = 19 \text{ }^\circ\text{C/W} \quad (9)$$

$$P_{xahu} = 0,2 \text{ A} \cdot 1 \text{ V} = 0,2 \text{ W} \quad (10)$$

$$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C} + 0,2 \text{ W} \cdot 19 \frac{\text{ }^\circ\text{C}}{\text{W}} = 28,8 \text{ }^\circ\text{C} \quad (11)$$

Kalkuluak egin ostean, ikusten da  $T_j$  maximoa baino txikiagoa dela. Hori dela eta, erreguladore linealak ez duela bero irradiorerik behar ondorioztatzen da.

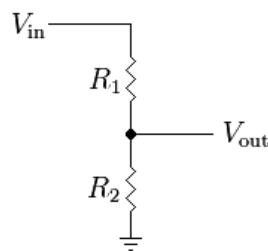
## 6.3 Sentsorea

Sentsorearen funtzionamendua AD620 anplifikadorean oinarritzen da. Bi tentsio zatitzaileetan jausten den voltaia anplifikatuz, shunt erresistentziaren bi borneen artean dagoen tentsioa kalkulatu daiteke. Erresistentzian erortzen den tentsioa jakinda, bertatik igarotzen den korrontea berdina izango da 1 ohm-eko

erresistentzia erabiltzen bada. Kalkulu guzti horientzako anplifikadorearen irabazia ezagutu behar da 12. Formularen bitartez.

$$G = 1 + \frac{100k}{R_G} = 1 + \frac{100000}{2200} = 46,45 \quad (12)$$

Hala ere, anplifikadorea aurrezteko asmoarekin, pilak xurgatzen duen korrontea ezagutzeko beste planteamendu bat proposatu da. Diseinu horrek bi tentsio zatitzaile (21. Irudia) ditu paraleloan shunt-arekin elkartuak.



21. Irudia. Tentsio zatitzailearen eskema

Tentsio zatitzaileak Arduinorekin zuzenean lotuz, bi puntu ezagunetan dagoen tentsioa jakintzat (13. Formula) hartzen da.

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in} \quad (13)$$

Shunt-ean eroriko den tentsioa beraz, bi tentsio horien kenketarekiko proportzionala izango da. Erresistentzian erortzen den tentsioa jakinda, bertatik igarotzen den korrontea berdina izango da 1 ohm-eko erresistentzia erabiltzen bada.



## 7. SIMULAZIOA ETA PROGRAMAZIOA

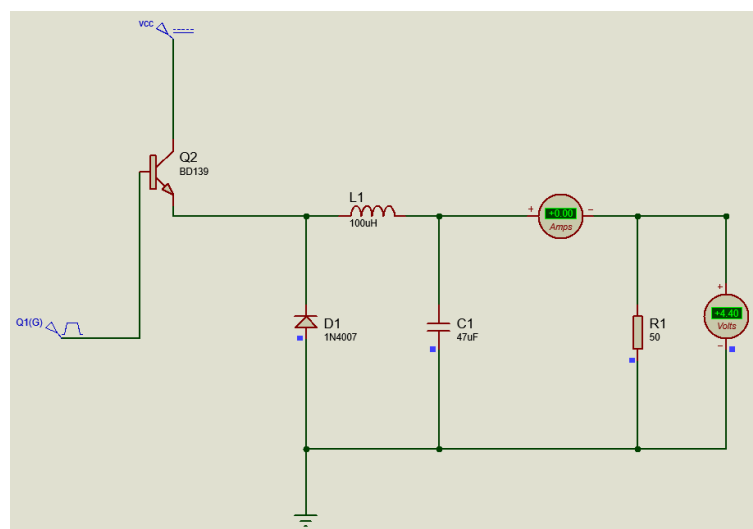
Zirkuitua muntatu aurretik egindako simulazio saiakuntzak eta horiek lortzeko beharrezkoa den programazio kodea azalduko dira lanaren zati honetan.

### 7.1 Simulazioa

Simulazioaren helburua diseinatutako zirkuituak funtzionatzen duela ziurtatzea eta muntaketan atera daitezkeen akatsak aurreikustea da. Proiektuak simulatzeko erabili den softwareak Proteus 8 du izena. Programa honek osagai errealeen liburutegiak ditu eta neurketa aparatuekin batera konexioak eta denbora errealeko simulazioak egin ditzake. Gainera, gerorako PCB baten diseinua garatzea ahalbidetzen du.

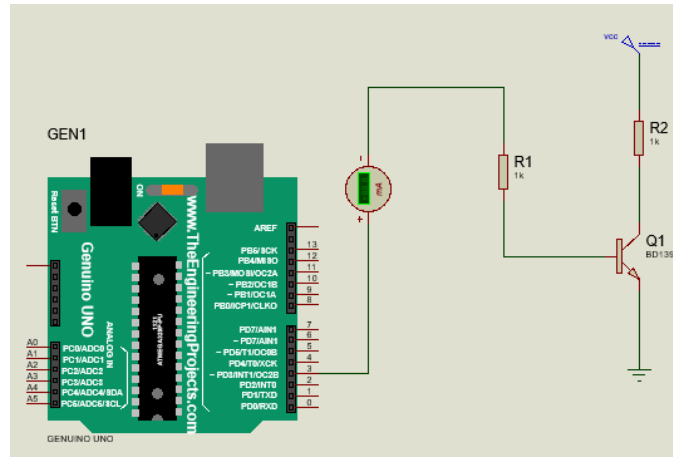
#### 7.1.1 Buck zirkuitu erreduktorea

Simulatu den lehenengoko zirkuitua trantsistore bakarreko buck zirkuitu erreduktorea (22. Irudia) izan da, PWM-a pultsu sorgailu batek elikatzen duelarik. Muntaketa honi esker ikus daiteke plakan dauden 6 V-ak murriztu egiten direla eta bateriara erortzen den tentsioa sarrerakoa baino txikiagoa dela.



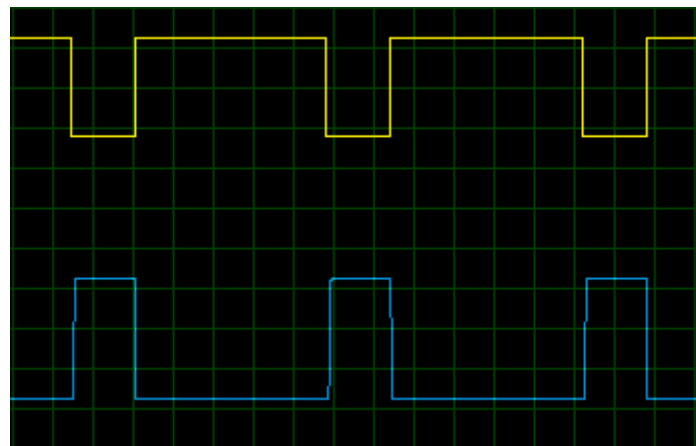
22. Irudia. Buck erreduktorea pulsu sorgailuarekin

Ondoren, PWM pulsu sorgailutik sortu ordez, Arduino bidez sortzea (23. Irudia) erabaki da. Simulazioari esker ikusi da anplifikazioa behar duela bestela ez daukala bigarren trantsistorea kitzikatzeko korrante nahikorik.



23. Irudia. PWM sorkuntza Arduino bidez

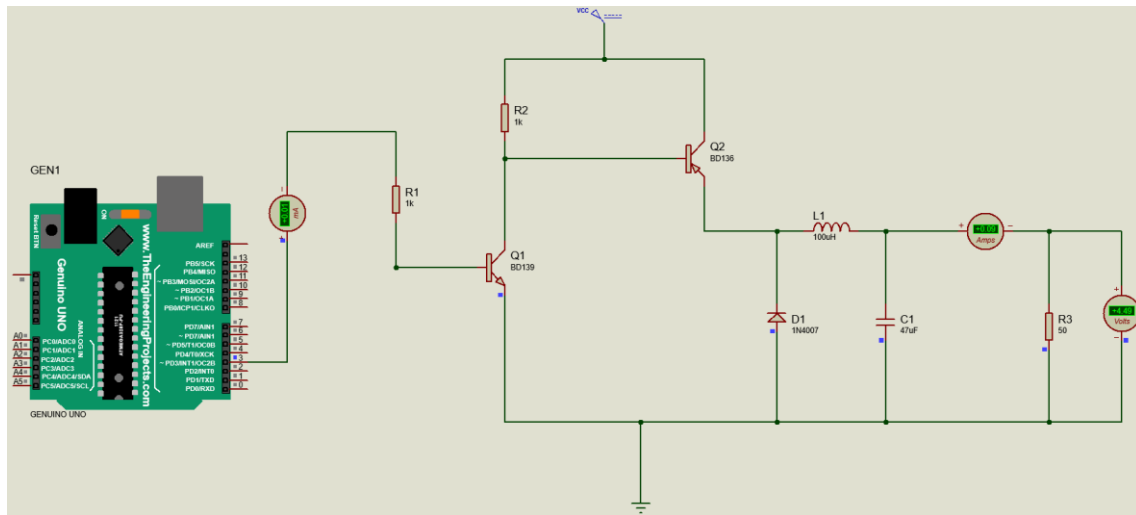
Hirugarren simulazioari esker eta 24. Irudian ikus daitekeen bezala, bigarren trantsistoreak PWM-a alderantzikatzen duela behatu da. Hasierako PWM-a %75ekoa da eta trantsistoretik igarotzean aldiz, %25ekoa. Horrek zirkuituan oztoporik ez edukitzeko konponbidea, bigarren NPN trantsistorea erabili beharrean PNP motakoa erabiltzea da.



24. Irudia. PWM seinalea alderantzikatuta

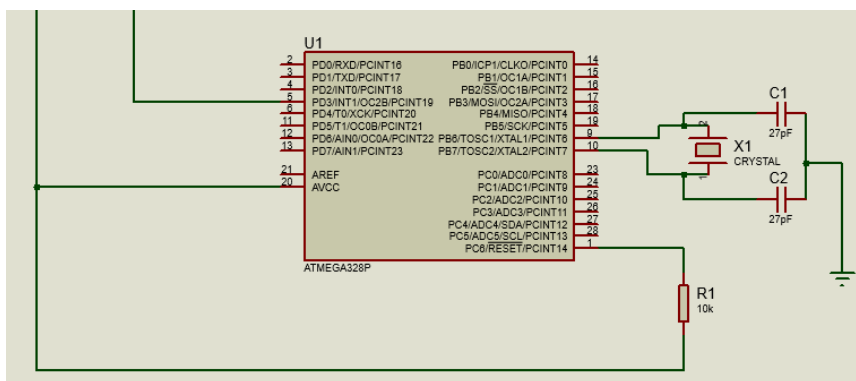
Azkenik, 25. Irudian egin den simulazioak (zirkuitua osorik konektatuta) funtzionamendu egokia bermatu du. Mikrokontroladore batek sortutako PWM-a buck erreduktore batetik igarota, eguzki panel fotovoltaikoaren tentsioa murriztea

lortzen du bateria modu egokian kargatu dadin. Simulazio honek daukan desberdintasuna Arduino kodearen garapena da. PWM-aren duty-cyclea konstantea izan beharrean irakurritako tentsioaren arabera aldatzen da bateriaren borneetan 4,2 V bermatzeko.



25. Irudia. Buck erreduktorearen simulazio eskema

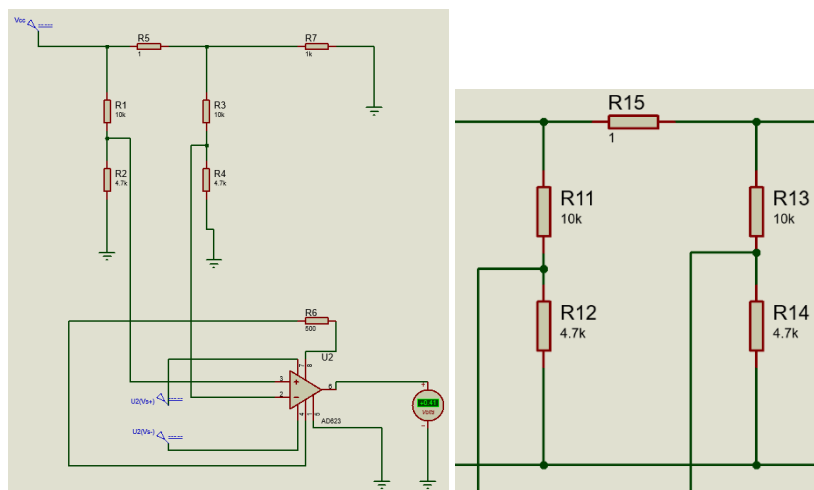
Hasiera batean Arduinon egindako simulazioak Proteus 8 programak daukan egitura batekin gauzatu dira. Hala ere Arduino plakaren ordez ATmega328P-a erabili nahi denez, hori simulatzea erabaki da. 26. Irudian ikus daitekeen moduan, mikrokontroladoreak Arduinoren funtzionamendu berdina edukitzeko, erresistentzia bat, 24 pF-ko bi kondentsadore eta 16 MHz-eko kristal bat behar ditu. Hurrengo konfigurazioak PWM-a sortzeko gai dela egiaztatu da simulazioaren bitartez.



26. Irudia. ATmega328P mikrokontroladorearen simulazioa

### 7.1.2 Irakurketa zirkuitua

Momentu guztietan bateriaren tentsio eta korronea OLED batean bistaratu nahi direnez, zirkuitu bat (27. Irudia) diseinatu da. Zirkuitua shunt erresistentzia batez, bi tentsio zatitzailez eta instrumentazio anplifikadore batez osatuta dago. Shunt erresistentzian jausten den tentsio txikia, zatitzaileetan erortzen den tentsioaren kenketa eginez eta anplifikatuz lor daiteke. Horrela, zirkuitutik igarotzen den korronea kalkulatu daiteke OLED-ean bistaratzeko.



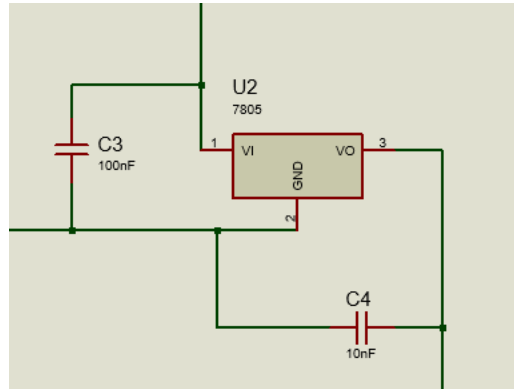
27. Irudia. Korrone irakurketarako simulazio eskema

Hala ere, korronea kalkulatzeko beste aukera bat tentsio zatitzailean dauden bi puntuak Arduinori zuzenean konektatzea da. Arduinok tentsioak anplifikatu gabe egin dezake kenketa. Hori jakinik, shunt-ean erortzen den tentsioa kenketarekiko proportzionala izango da, zehazki 3,125 aldiz handiagoa. Erresistentzian erortzen den tentsioa eta bertatik igarotzen den korroneak balio berdina izango dute erresistentzia 1 ohm-ekoa delako.

### 7.1.3 Erreguladore lineala

28. Irudian ikusten den moduan, panel fotovoltaikoaren 6 V-ak 5 V-era murrizteko 7805 erreguladore lineala erabiliko da. Murrizketa hori egitea beharrezkoa da Arduino eta anplifikadore operazionala 5 V-ekin elikatzen direlako. Simulatutako muntaiak bi kondentsadore erabiltzen ditu sar daitezkeen zaratak kentzeko. Erreguladore lineala denez, tentsio diferentzia bero moduan dissipatu egiten du.

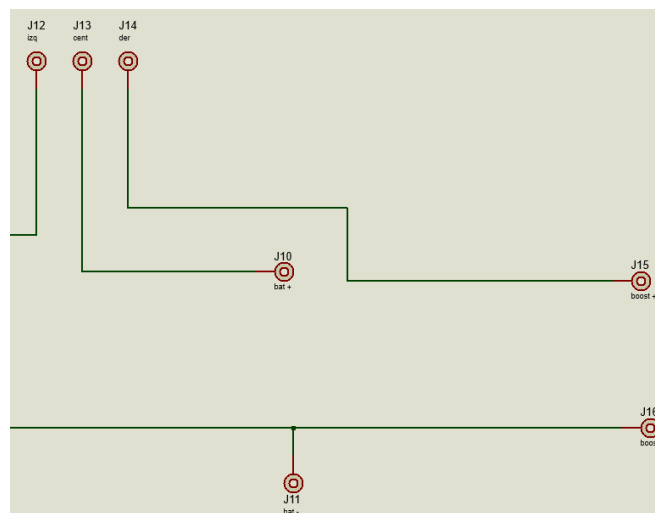
Muntatzerako orduan balantze termikoa egin da kalkulu teorikoetan hozkailu bat behar duen jakiteko.



28. Irudia. 7805 erreguladore linealaren eskema

#### 7.1.4 Deskarga zirkuitua

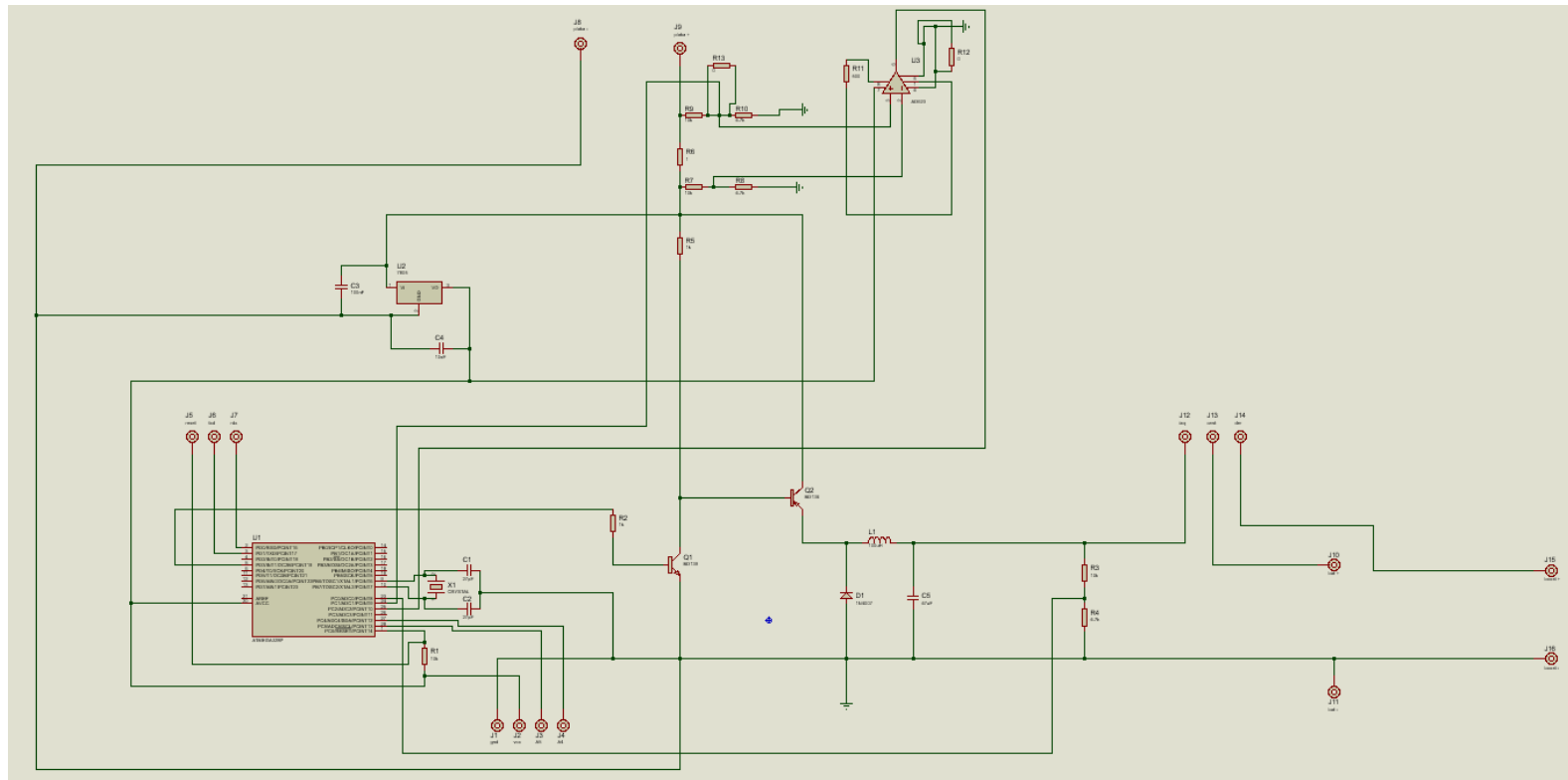
Pila kargatzeko eta deskargatzeko zirkuituak (29. Irudia) bereizteko bi faseko etengailu bat jarri da. Etengailua lehenengo posizioan dagoenean, pilaren borneak eta buck zirkuitu erreduktore elikatua konektatuta daude. Beraz, interruptorea honela dagoenean pila kargatzen ari da. Aldiz, etengailua bigarren posizioan dagoenean, pilaren borneak eta boost zirkuitua konektatuta daudelarik, pila deskarga moduan egongo da.



29. Irudia. Deskarga zirkuituaren eskema

### 7.1.5 Karga-zirkuitu osoa

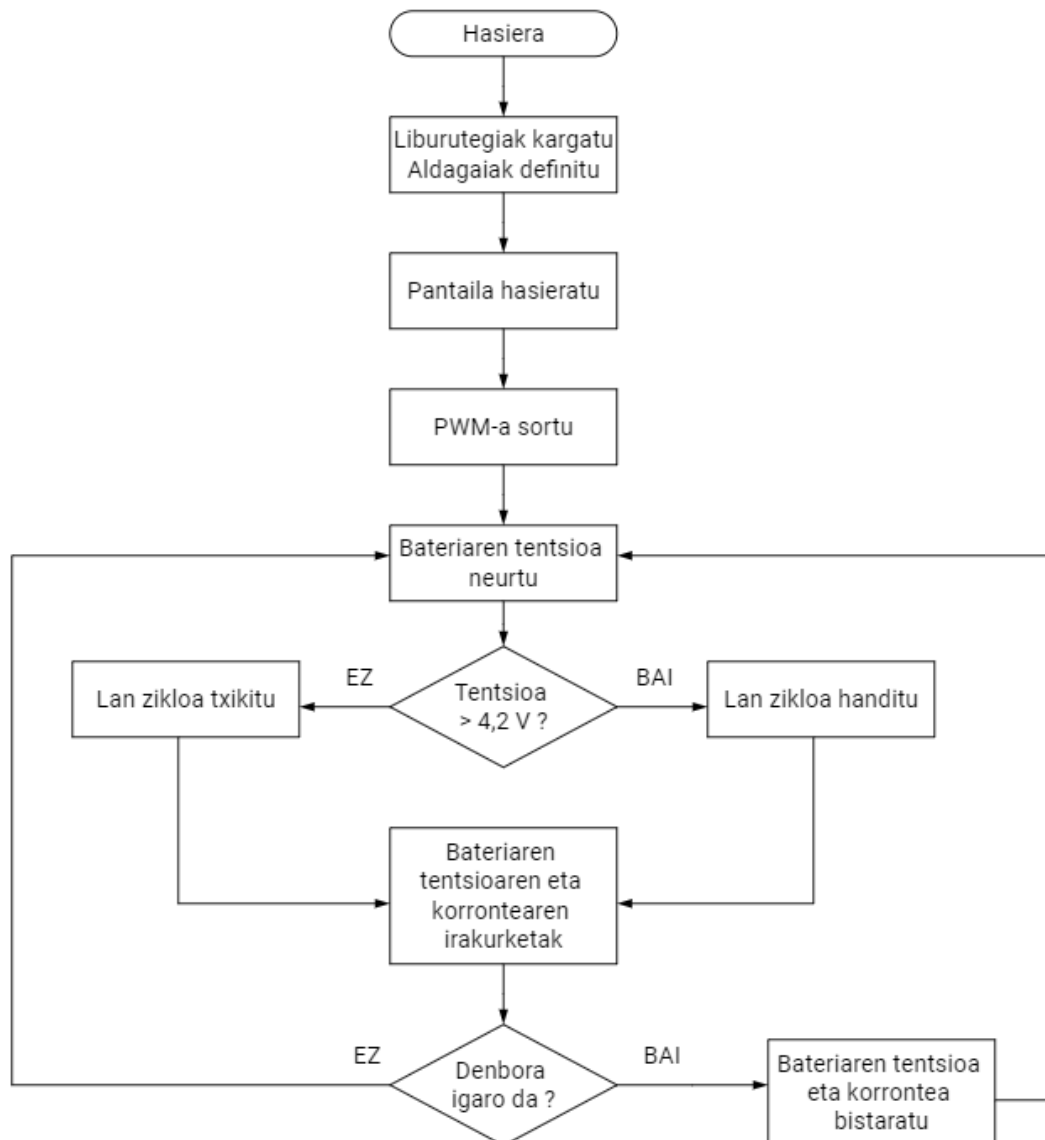
Atal guztiak independenteki osatu eta simulatu direnean, zirkuitu batean elkartu dira. Geroago plano hau PCB-a egiteko erabiliko denez, sarrera zein irteera puntu guztietan pinak jarri behar dira. Zirkuitu guztiak elkartuta, 30. Irudiko simulazio mapa lortzen da.



30. Irudia. Simulazio eskema osorik

## 7.2 Programazioa

Zati honetan simulazioan erabiltzen den Arduino kodea azalduko da fluxu diagrama (31. Irudia) baten bitartez. Arduino interfazean programatzeko C++ lengoia erabiltzen da. Kodea bere osotasunean eranskinen partean kontsultatu ahal izango da.



31. Irudia. Fluxu-diagrama

Programazio kodearekin hasteko, lehenik eta behin OLED-a erabiltzeko beharrezkoak izango diren liburutegiak kargatuko dira `#include` komandoari esker. Ondoren, programan zehar erabiliko diren aldagai desberdinak definituko dira eta OLED pantaila hasieratu eta gero, programa nagusia exekutatu da.

Programa nagusian bi zati nabarmen bereizten dira; lehengoa PWM-a programatzeko erabiltzen dena eta bigarrena OLED-arekin zerikusia daukana.

### 7.2.1 PWM-a

Programazio atal honek PWM-aren duty-cycle-a doitzea du helburu, buck erreduktorearen funtzionamendua egokia izan dadin. Horretarako, programak %75 inguruko PWM bat sortzen hasten da, analogwrite funtzioaren bitartez. Bateriara heltzen den tentsioa 4,2 V-ekoa izatea nahi denez, puntu horretan dagoen tentsioaren irakurketa egingo du Arduinok analogread funtzioaren bitartez. Puntu horretako tentsioa 4,2 V baino handiagoa bada, PWM-a murriztu beharko da. Aldiz, 4,2 V baino txikiagoa bada, handitu. Ziklo hau void loop-ean etengabe errepikatuz, bateriaren borneetan 4,2 V-eko tentsioa ziurtatzen da.

### 7.2.2 OLED-a

OLED-aren betebeharra bateriaren korrante zein tentsioa eta honen karga egoera islatzea da. Korrantea irakurtzeko zirkuitu bat diseinatu da; horregatik, Arduino kodeak egin behar duen gauza bakarra analogread funtzioaren bitartez bi tentsio irakurtzea eta moldatzea da. Baterien karga egoera aurkezteko berdina egin behar du. Puntu horretan dagoen tentsioa irakurri eta jakinda pilaren karga egoera 3,2-4,2 V tartean dagoela, tentsio hori ehunekotan adierazi.



## 8. PROTOTIPAKETA ETA MUNTAKETA

Muntaketa prozesua bi zatitan banatu da. Lehenik eta behin protoboard-a erabiliz gauzatu da eta behin zirkuituak funtzionatzen duela ikusita, PCB-an diseinatu eta plaka inprimatu batean egin da zirkuitua.

### 8.1 Protoboard-eko probak

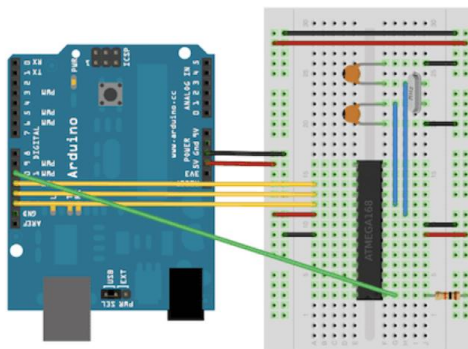
Prototipaketari esker simulazioan egin diren probek fisikoki eta osagai errealekin antzeko funtzionamendua lortzen dela ziurtatzen da. Hori lortzeko, zirkuitua hainbat zatitan banatu eta atalez-atal egoki dabilela ikuskatu da. Zati bakoitza protoboard-ean muntatu eta osziloskopioaren bitartez dagozkion neurketak egin dira.

#### 8.1.1 Buck zirkuitu erreduktorea

Buck zirkuitu erreduktorea osatzeko lehen pausua PWM egokia ziurtatzea da. Behin hori zehaztuta dagoenean, zirkuitua muntatu eta egoki funtzionatzen duela ikuskatuko da.

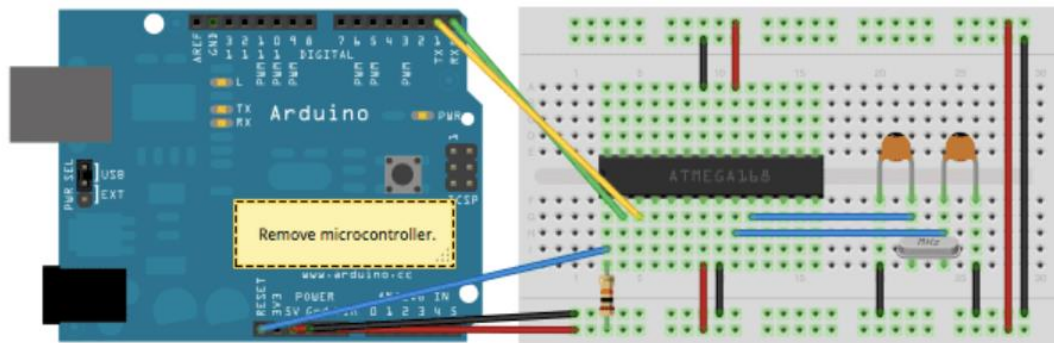
Proiektuaren tamaina murrizteko asmoarekin, Arduino Uno-a erabili ordez ATmega328 zirkuitu integratua soilik erabiliko da. Hau programatzeko, lehenik eta behin bootloaderra erre behar da.

Bootloaderra erretzeko 32. Irudiko eskema jarraitu behar da. Horretarako behar diren osagaiak 16 MHz-eko kristal bat, 10k-ko erresistentzia bat eta 22 pF-ko bi kondentsadore dira [22].



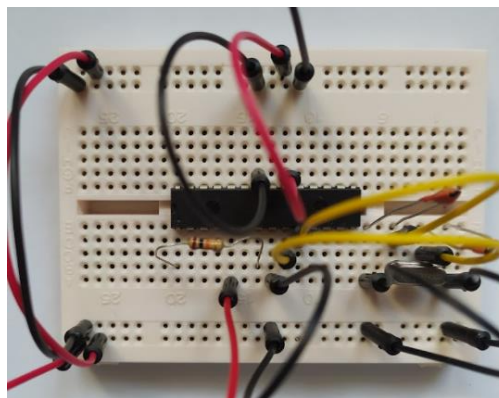
32. Irudia. Bootloaderra erretzeko konexioak

ATmega328ak bootloaderra erreta daukanean programa bertara igo daiteke Arduino plakako USB serie bihurgailua erabiliz. Hurrengo 33. Irudiak egin beharreko konexioa irudikatzen du.



### 33. Irudia. Programa kargatzeko konexioak

Hurrengo irudian protoboard batean Arduino Uno plaka ordezkaten duen muntaia (34. Irudia) aurkezten da. Bootloaderra erretzeko gauzatu behar den muntaia antza handia dauka, bi kondentsadore, erloju bat eta erresistentzia batez osatua. Kasu honetan desberdintasuna elikaduran, ground-ean eta PWM-a sortzen duen 5. pinean dago.



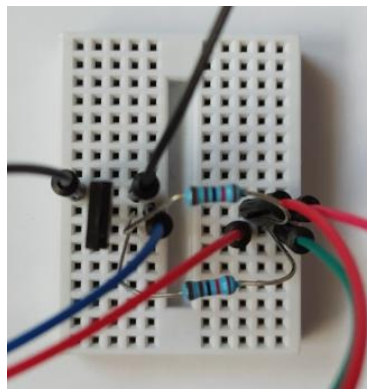
### 34. Irudia. ATmega328P mikrokontroladorea protoboard-ean

Programatutako mikroak funtzionamendu egokia duela ikuskatu da osziloskopio baten bitartez. 35. Irudian ikusten den bezala, ATmega328P-ak sortzen duen PWM-ak %75eko duty-cyclea eta 31 kHz-eko maiztasuna dauka.



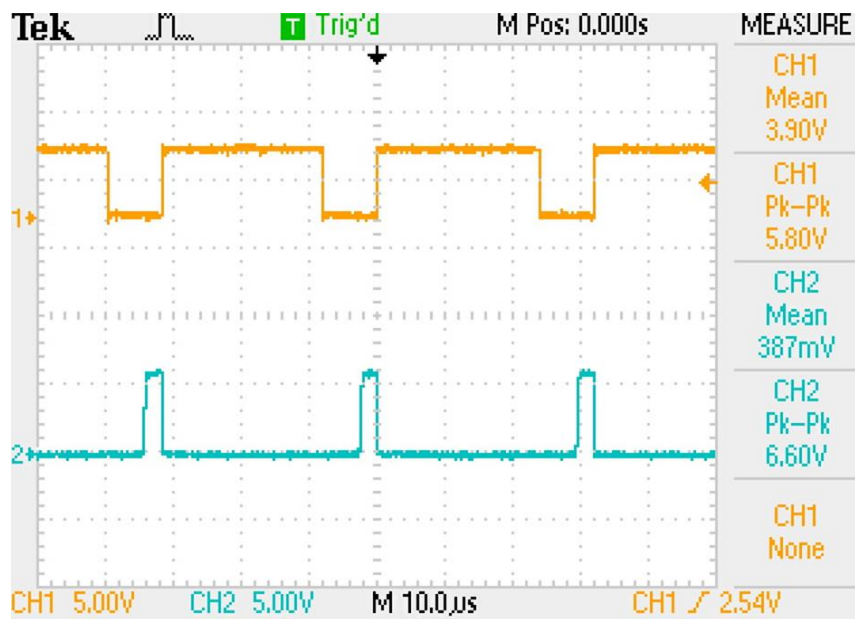
35. Irudia. ATmega328P mikrokontroladorearen PWM-a osziloskopioan ikusita

Sortutako PWM horren korronea ez da nahikoa bigarren trantsistorea kitzikatzeko eta beraz buck erreduktorea egoki funtzionatzeko. Horregatik, anplifikazio zirkuitua (36. Irudia) behar da. Anplifikazio zirkuitu hori trantsistore eta bi erresistentziekin egiten da, irudian ikus daitekeen moduan.



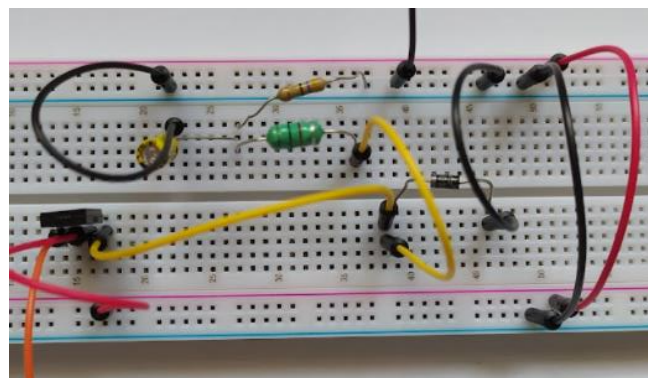
36. Irudia. Anplifikazio trantsistorea protoboard-ean

Anplifikazio zirkuitu honek dakarren arazoa ordea, PWM-aren duty-cyclea alderantzikatzen duela da, oszilosciopioko neurketan (37. Irudia) ikus daitekeen moduan. Horregatik, buck erreduktorearen muntaia egitean, erabiltzen den bigarren trantsistorean NPN izan ordez, PNP motakoa jarri daiteke.



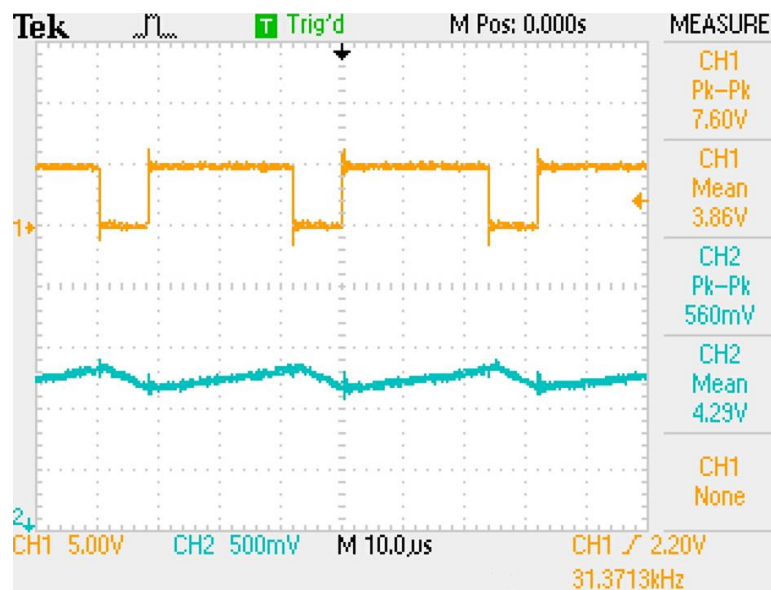
37. Irudia. PWM-a alderantzikatuta osziloskopioan

Behin PWM-aren sorkuntza finkatuta dagoela, buck zirkuitu erreduktorearen muntaketarekin hasi ahal da. Simulazioan erabilitako osagai berdinak hartzen dira eta protoboard-ean muntatu (38. Irudia) eta gero lortutako emaitzak ikusten dira.



38. Irudia. Buck zirkuitu erreduktorea protoboard-ean

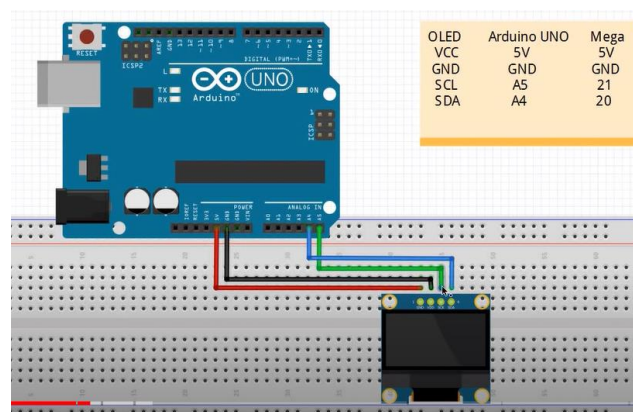
Osziloskopioan ikuskatuta, hurrengo 39. Irudian kondentsadorearen karga-deskarga faseak ikusten dira PWM-aren duty cycle-arekin batera. Kolore laranja seinala mikrotik irteten den PWM-a da eta kolore urdinekoa bateriaren bornea irudikatzen du, 4,2 V-eko batezbesteko tentsioarekin.



39. Irudia. Buck-aren funtzionamendua osziloskopioan

### 8.1.2 OLED-a

OLED-a funtzionatzen jartzeko bi liburutegi jaitsi behar dira Arduino IDE interfazean: Adafruit\_GFX eta Adafruit\_SSD1306. Behin liburutegiak instalatuta daudenean, hurrengo 40. Irudiko konexioarekin erraz sar daiteke garatutako programa [23]. OLED-aren muntaiain egiaztatzen den gauzak hau egoki pizten dela eta programa zuzen kargatzen dela dira.

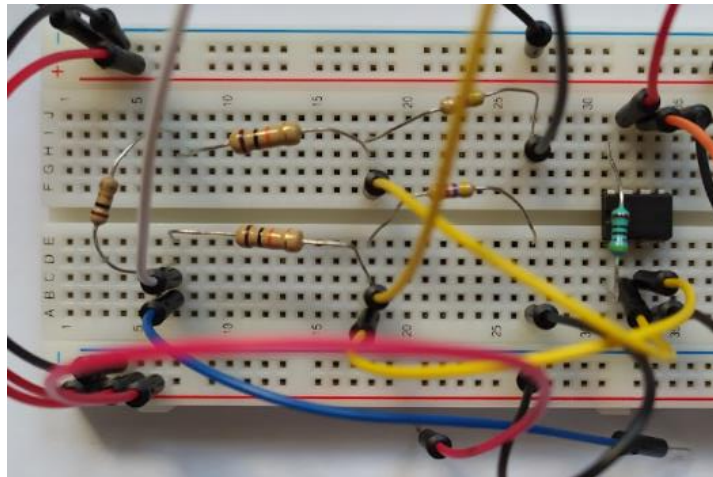


40. Irudia. OLED-aren konexio zirkuitua

### 8.1.3 Irakurketa zirkuitua

41. Irudian ikusten den irakurketa zirkuituak bi tentsio neurtzen ditu, tentsio zatitzailearen erdian dagoena eta anplifikadore operazionalak irteeran ematen duena. Simulazioarekin konparatuz, ikusi da atal honetan lortutako irakurketa

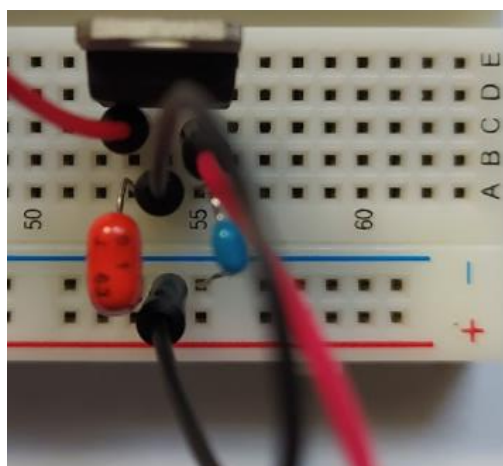
emaitzak nahiko desberdinak direla. Erresistentzien balioa nominalak zehatzak ez direnez, errore txiki bat ematen da. Errore hori anplifikatzean, asko handitu egiten da eta horrek zaildu egiten du irakurketaren zuzentasuna. Hala ere, errore hori beti proportzionala izango denez, kuantifikatu eta zuzendu daiteke.



41. Irudia. Irakurketa zirkuitua protoboard-ean

#### 8.1.4 Erreguladore lineala

Erreguladore lineala (42. Irudia) plaka fotovoltaikoan lortzen den tentsioa 5 V-era murrizteko erabiltzen da. Murrizketa hau beharrezkoa da mikrokontrolagailua zein anplifikadore operazionala 5 V-ekin elikatzen direlako. Kasu honetan egindako konprobaketa irteeran 5 V lortzen direla ikustea da.



42. Irudia. 7805 erreguladore lineala protoboard-ean

### 8.1.5 Deskarga zirkuitua

Deskarga zirkuituaren (43. Irudia) funtzionamendu egokia frogatzeko, pila boost bihurgailura konektatu da. Horrela, pilaren 3,7 V-ak 5 V-era igotzen direla egiaztatu da. Ondoren, USB eme bati lotu zaio boost-aren irteera; honek dituen lau konexioetatik elikadura eta masa erabili dira bakarrik. USB baten bidez telefono mugikorra konektatu da sistemara eta kargatzen dela egiaztatu da.



43. Irudia. Deskarga zirkuitua

## 8.2 Muntaketa

Muntaketa atal honetan, protoboard-ean egindako saiakuntzak zirkuitu inprimatu batean inplementatzea du helburu. Horretarako eman beharko diren pausoak plakaren konexioak diseinatzea, hau egitea, osagaiak jartzea eta funtzionamendu egokia egiaztatzea izango dira.

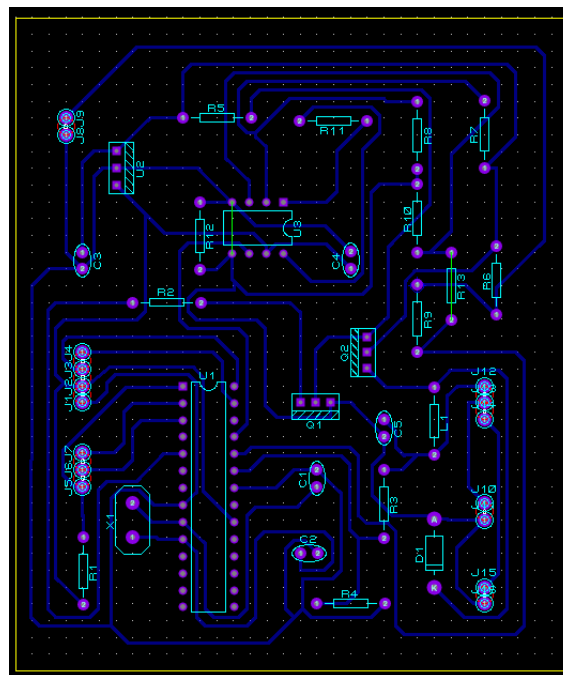
### 8.2.1 PCB-aren diseinua

PCB-aren diseinurako Proteus 8 programa erabiltzen da. Behin zirkuituaren simulazio plana edukita, PCB-a diseinatzeko aukera ematen du softwareak.

Lehenik eta behin, osatuko den PCB plakaren tamaina definitu behar da. Kolore horia duen laukizuzen baten bitartez irudikatzen da eta bere barnean egongo dira elementu guztiak erantsita.

Hurrengo pausua, zirkuitua osatzen duten elementu guztiak plakaren barruan jartzea da, ordena errespetatuz. Batera doazen zirkuituen elementuak elkarrekin jarri behar dira geroago pista sortzeko orduan trabarik egon ez dadin.

Azkenik, programak berak automatikoki adierazten ditu egin beharreko pista konexioak. Pista horiek automatikoki egin daitezke, baina gomendagarria da eskuz egitea programak egiten dituen bidegurutze eta nahasteak ekiditeko.



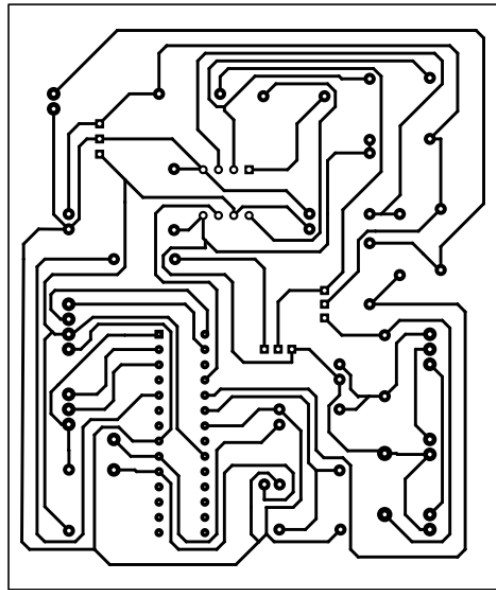
44. Irudia. PCB-aren konexio eskema

Kasu batzuetan konexioak egiteko zailtasun handiak daudenez, zubiak egitea gomendagarria da. Zubiak bi punturen arteko konexio artifizialak dira, pistetatik irteten direnak. Hauek egiteko 0 ohm-eko erresistentziak jarri dira, bestela programak ez duelako konexioa ulertzen. 44. Irudiko planoan  $R_{12}$  eta  $R_{13}$  zubi erresistentziak dira. Esan beharra dago, hasierako prototipo bat denez zubiak egitea ez dagoela txarto ikusia. Hala ere, prototipo finalean hauen erabilpena saihestu da.

### 8.2.2 PCB-aren muntaketa

PCB-aren diseinua eginda dagoenean, plano PDF moduan (45. Irudia) esportatu behar da, makinak ulertu eta fabrikatu ahal izateko.

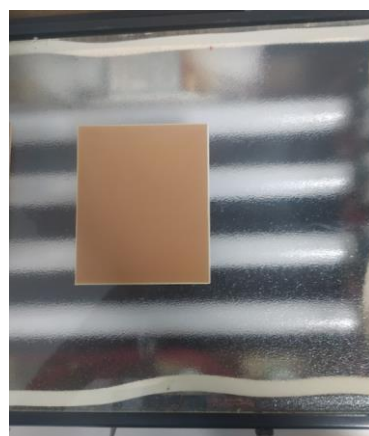




45. Irudia. PCB-aren konexio planoa

Lehenengo pausua fotolitoa lortzea da. Zirkuituaren irudia inprimatzen da funtzio horri eskainitako paper berezi baten gainean. Paper hori zirkuituaren gainean inprimatuta dago.

Ondoren, fotolitoa makina intsolatzairera (46. Irudia) sartzen da. Intsolatzeko prozesuan, funtsean, gure fotolitoaren irudia plakara eramaten da. Plakan pistak ondo erreflexatuta egoteko, intsolatzaillean egon behar den denbora 4 minutu eta erdikoa da.



46. Irudia. Makina intsolatzaillea

Hurrengo pausuan, hau da, 47. Irudiko errebelatze-prozesuan soda eta uraren nahasketa prestatu, kubeta batean isuri eta bertan uzten da plaka. Nahasketa

horrek argiak eman dion lekuan berniz fotosentikorra kentzen du. Horrela, diseinuaren pistak agertzen dira.



47. Irudia. Errebelatze prozesua

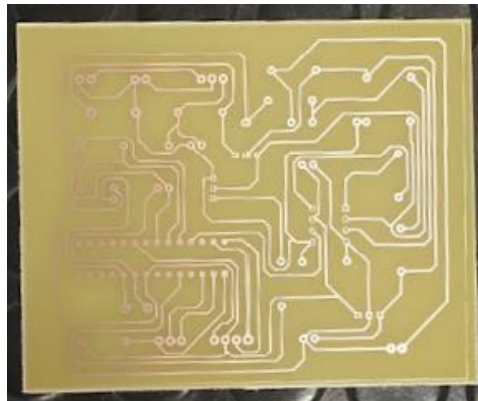
Jarraian, plaka erasotzen da (48. Irudia) nahi ez den kobrea kentzeko. Zer kobre kendu nahi den jakiteko aurreko prozesuaz baliatuko gara, babestu nahi ziren pistak salbu uzten baititu. Erasotzeko erabiltzen den azido disoluzioan oxido klorhidrikoa eta ur oxigenatua erabiltzen dira 3:1 proportzian.



48. Irudia. Erasotze prozesua

Azkeneko pausoa erasotutako plaka berriz intsolatzailera eramatea da. Argia ematen dion lekuetan erretxina babeslea mantenduko da eta errebelatzailetik igarotzean erretxina kendu eta plaka prest edukiko da.

Gauzak horrela, azkenean lortzen den plakak hurrengo 49. Irudiko itsura dauka.



49. Irudia. PCB-a eraikita

### 8.2.3 Osagaiak jartzea

PCB-a eginda dagoenean hurrengo urratsa zuloak egitea da. Lehenik eta behin, ertzetan 3 mm-ko zuloak egingo dira esparragoak jartzeko. Ondoren, osagaien zuloak egingo dira; 1,2 mm-koak trantsistore, diodo eta pinentzako eta 0,8 mm-koak gainontzeko osagaientzako.

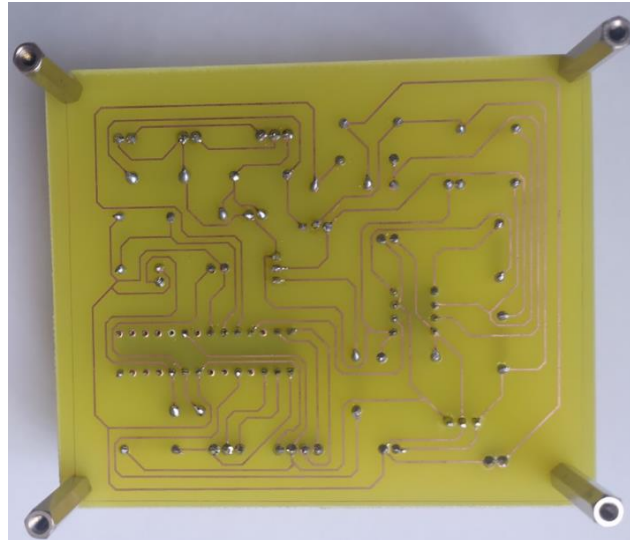
Osagaiak egoki sartzen direla egiaztatu eta banan-banan soldatuko dira plakara. Horrela lortzen den azkeneko emaitza, hurrengo 50. Irudikoa da.



50. Irudia. Plakaren prototipoa

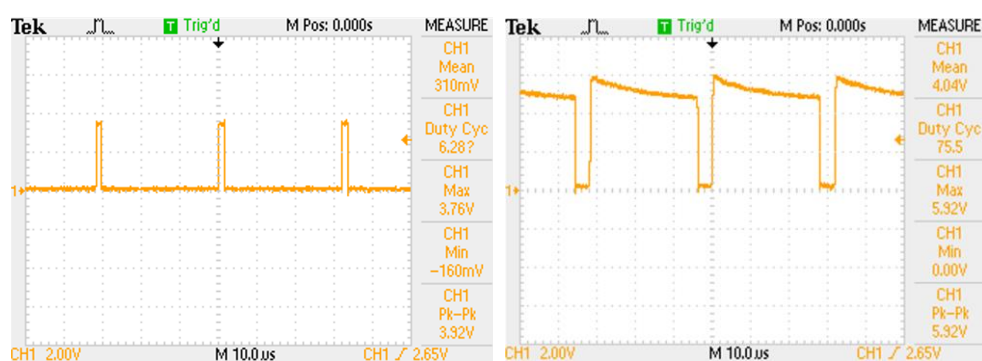
## 8.2.4 Egiaztapena

Atal honetan PCB-aren funtzionamendu egokia ziurtatzeko egingo zaizkion berrikusketak azaltzen dira. Hasteko, pisten jarraitasuna neurtu da; Vcc-ak eta Gnd-ak elkarrekin konektatuta daudela ikuskatu da. *51. Irudian* plakaren soldadura partea ikusten da.



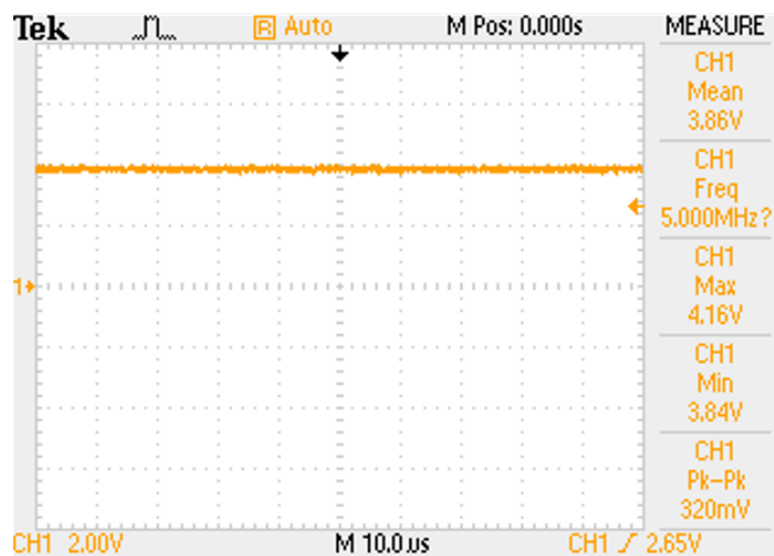
*51. Irudia. Plakaren soldadura partea*

Arduino bidez programa kargatu eta mikroak PWM-a sortzen duela ikusi da *52. Irudian*.



*52. Irudia. Plakak sortzen duen PWM-a osziloscopioan*

Ondoren, zirkuituak ondo funtzionatzen duela begiratu eta karga jarrita, tentsioa 4,2 V ingurura murrizten (*53. Irudia*) dela ikusi da.



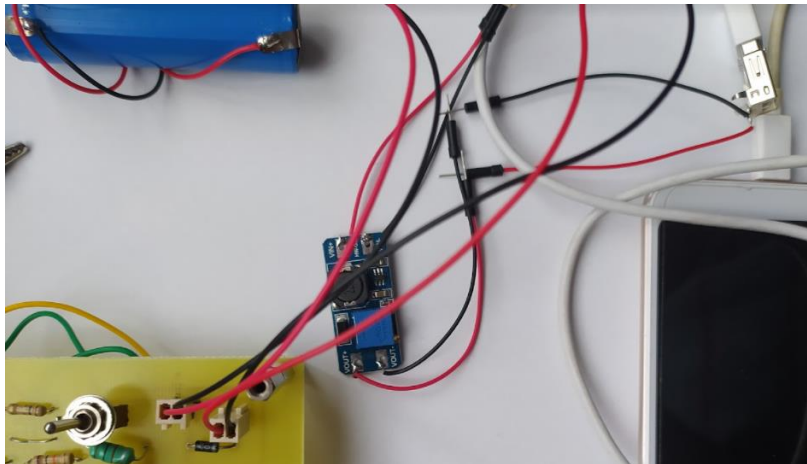
53. Irudia. Plakaren funtzionamendua osziloskopioan

Beste konprobaketa bat, OLED-a konektatu eta hau piztu egiten dela begiratzea izan da. Irakurketa batzuk egin eta arazo gabe bistaratzen direla egiaztatu da 54. Irudian ikusten den bezala.



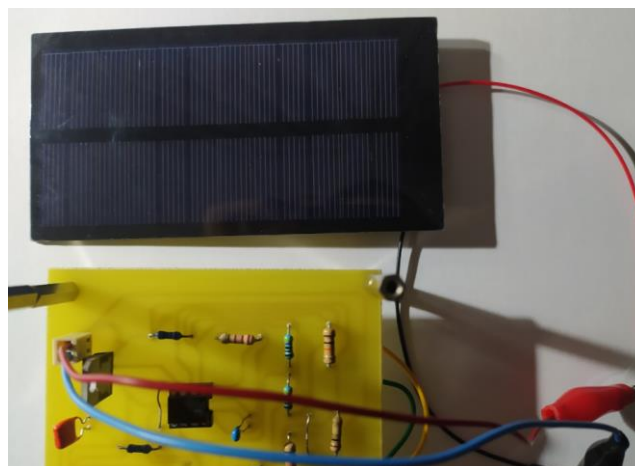
54. Irudia. OLED-aren funtzionamendua

Karga prozesuan PCB-a ondo funtzionatzen duela ikusita, deskarga prozesua (55. Irudia) ikuskatu da. Lehenago parte hau indibidualki frogatu denez, ikusi behar den gauza bakarra etengailuaren konexio egokia da. Deskarga zirkuitua konektatu, etengailuari eman eta ondorioztatu da funtzionamendua egokia dela.



55. Irudia. Deskarga zirkuituaren funtzionamendua

Zirkuitua saiakuntza guztietan elikatze iturriari konektatuta egon da. Egindako beste froga bat eguzki zelularekin egoki funtzionatzen duela ikustea da. Elikatze iturriak 6 V eta zirkuituak eskatzen duen korrontea ematen ditu. Plaka fotovoltaikoak ordea, korronte iturri moduan funtzionatzen du. Plakak funtziona dezan, eguzki argia simulatu behar da eta horretarako lanpara bat erabili da. 56. Irudian ikusten den saiakuntzaren bitartez demostratu da diseinatutako zirkuituak plaka fotovoltaiko batekin egoki funtzionatzen duela.



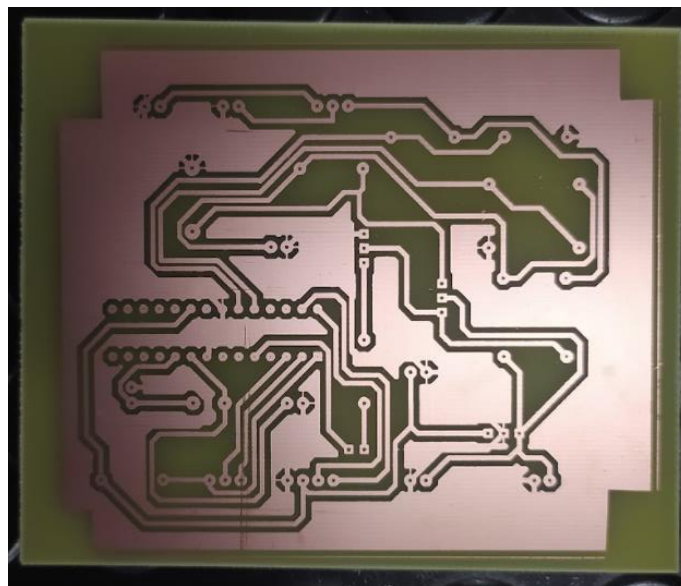
56. Irudia. Zelula fotovoltaikoaren funtzionamendua

Tx0-Rx0 serie konexioak mikroa programatzeko balio duen frogatu da. Hasieran arazoak ematen zituen programa ez zelako mikrora igotzen. Konponbidea falta

ziren zubi batzuk egitea eta kristala aldatzea izan dira; 15 MHz-eko mikroaren ordean 16 MHz-ekoa jarri da eta konexioak arazo gabe funtzionatu du.

Plakak eduki duen arazorik nabarmenena korrontearen irakurketarekin izan da. Bateria kargatuta egonik, zirkuituak behar duen korrontea oso txikia da. Shunt erresistentzian erortzen diren tentsioek zarata daukatenez, zarata hori sentsore zirkuituak anplifikatu egiten du eta OLED-ean irakurritako korronteak asko oszilatzen du.

Zarataren arazo hori konpontzeko eta korrontearen irakurketa hobetzeko prototipo berri batean masa plano bat (57. Irudia) egitea erabaki da. Gainera, tentsioen irakurketak anplifikazio sentsoretik egin ordean, mikrokontrolagailutik egin dira zuzenean. Gauzak horrela, lortutako emaitzak asko hobetu dira.

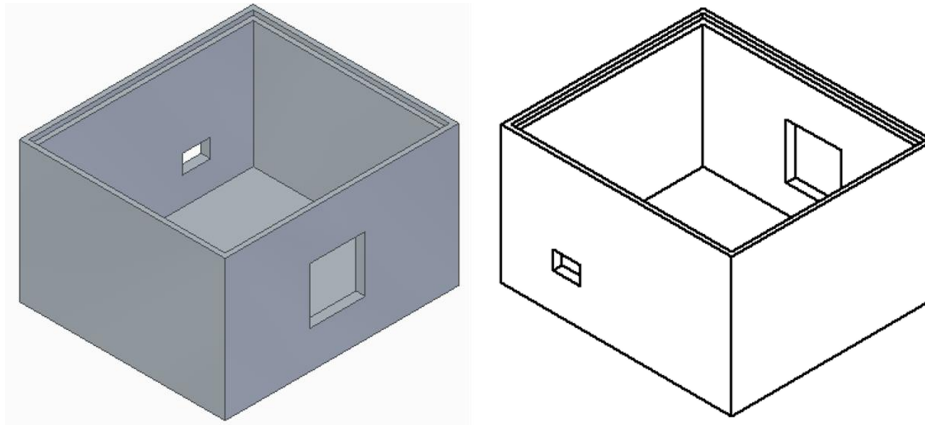


57. Irudia. Masa plano duen PCB-a

### 8.3 Karkasaren diseinua

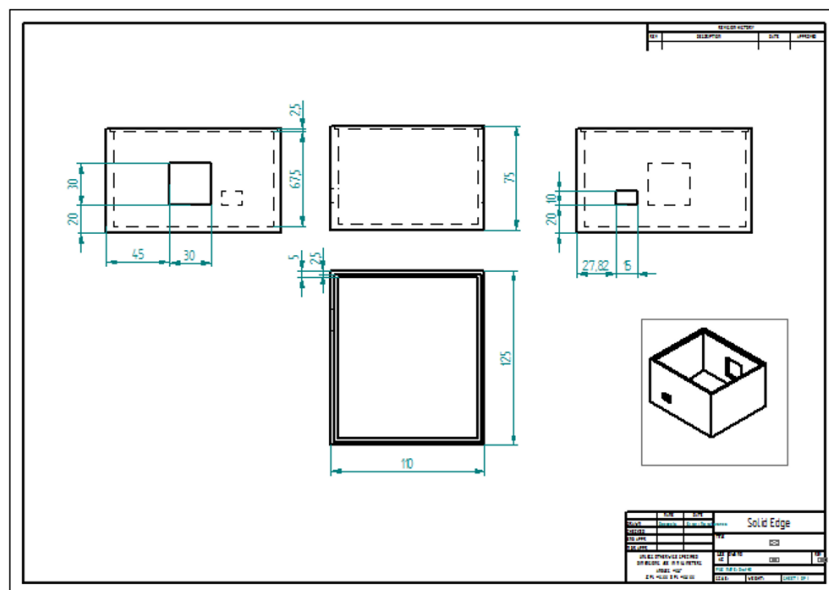
Sistemaren diseinuarekin bukatzeko, zirkuitua eta osagai guztiak estalki baten barruan sartuko dira, prototipoa eramangarria izan dadin. Karkasa diseinatzeko CAD programa erabili da, zehazki Solid Edge ST10 eta 3D inprimagailu baten bidez fabrikatu da.

Karkasa laukizuzen itxurako pieza bakarraz osatuta dago. Bi leiho izango ditu, lehenengoa eskumaldean OLED-a erakusteko eta bigarrena txikiagoa dena ezker aldean USB irteera izateko. Bestalde, goialdean eskailera moduko hozkadura izango du bertan panel fotovoltaikoa kokatu dadin. 58. Irudian karkasaren diseinua ikusi daiteke 3D-n.



58. Irudia. Karkasaren diseinua 3D-n

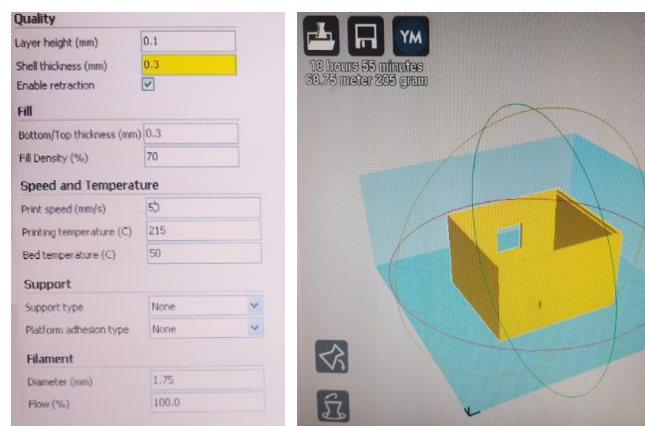
Behin hasierako diseinua eduki eta gero, adierazitako dimentsioak egokiak direla egiaztatu da. Horretarako, piezaren plano akotatuak atera dira eta inprimagailuaren tamaina espezifikazioak betetzen direla konprobatu da. 59. Irudian piezaren plano akotatuak ikus daitezke.



59. Irudia. Karkasaren plano akotatuak

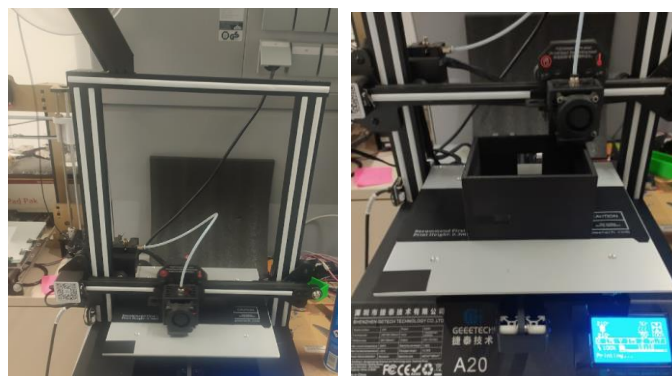


Inprimatzeko garaian zenbait faktore (60. Irudia) hartu behar dira kontuan. Erabiliko den materiala zuzen aukeratzea da faktore garrantzitsuenetariko bat. Kasu honetan, PLA (azido polilaktizko filamentua) aukeratu da material merkea delako eta erraz bigundu zein moldeatu daitekeelako. Kontuan hartu beharreko beste parametro bat piezaren barne betetzea da. Karkasa zirkuitua babesteko sendoa izatea nahi denez, %70eko barne betetzea definitu da. Azkenik, pasada bakoitzean zenbat material isurtzen duen zehaztu behar da. Emaitza ona lortzeko geruza fina gehitu behar zaio pasada bakoitzean, proiektuaren kasuan 1,75 mm.



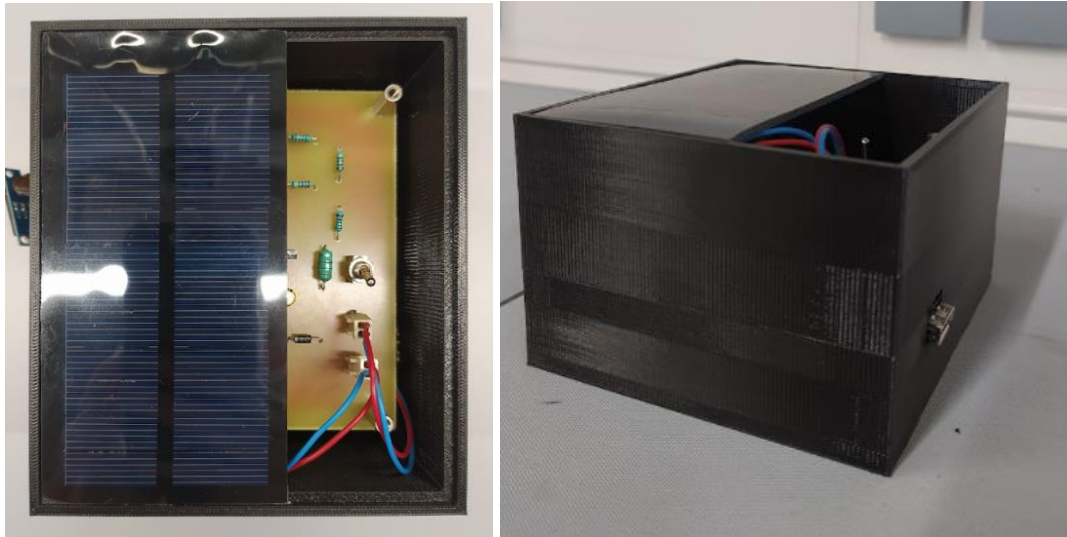
60. Irudia. Inprimatzeko aukeratutako faktoreak

Konfigurazioak eginda daudenean, inprimagailua kalibratu behar da. Filamentua eta pieza egingo den gainazala berotuta daudenean, materiala isurtzen (61. Irudia) hasten da inprimagailua. Prozesua luzea izaten da material akabera ona lortu nahi denean. Proiektuaren kasuan karkasa egiteko beharrezko denbora 18 ordukoa izan da. Behin egitura inprimatuta edukita, gainazal akabera hobetzeko asmoz, lima bat pasatu zaio.



61. Irudia. Inprimatze prozesua

Proiektua amaitutzat emateko falta den pausu bakarra karkasan osagai guztiak sartzea eta denak mihizatzea da. Behin dena muntatuta edukita (62. Irudia), diseinatutako prototipoa frogatu eta funtzionamendu egokia bermatu da.



62. Irudia. Prototipo finala

## 9. PLANGINTZA

Proiektuaren garapena ahalbidetzeko, zenbait ekintza planteatu dira. Ekintza edo zeregin horiek, proiektuaren hasieratik amaieraraino eman diren pausuak definitzen dituzte.

Gantt-en diagrama zeregin desberdinenetarako aurreikusitako dedikazio denborak azaltzea helburu duen tresna bat da. Gantt-en diagramaren bitartez, ekintza bakoitzaren iraupena irudikatu da kronologikoki. Horrela, ekintza guztiak bilduz proiektua burutzeko iraupen totala zein den estimatu da.

### 9.1 Zereginen deskribapena

Lana modu egokian gauzatzeko pausuak edo zereginak azalduko dira atal honetan. Zeregin bakoitza azpizereginetan banatuta dago eta kasu bakoitzean bete beharreko helburua eta entregatzekoa zehazten da.

#### 1. Lanaren antolamendua eta dokumentazioa

Helburua: Gaia aukeratzea eta lanean hasi baino lehen informazioa biltzea.

Entregatzekoa: Erabiliko diren osagaiak, datasheet-ak, konexioak eta prezioak.

##### 1.1. Gaia aukeratu

Helburua: Proiektua zeri buruz izango den adierazi.

Entregatzekoa: Bilera baten bidez lanaren noranzkoak zehaztu.

##### 1.2. Informazioa bildu

Helburua: Oinarri teorikoaren bilaketa eta bilketa.

Entregatzekoa: Erabiliko diren web orrien eta liburuen zerrenda.

#### 2. Diseinu eta lanaren garapena

Helburua: Behin informazioa bilduta dagoela, sistemaren diseinua garatu eta hau implementatu.

Entregatzekoa: Sistemaren kalkuluak, simulazioa, prototipoa eta balantze ekonomikoa aurkeztu.

### 2.1. Dimentsionamenduaren kalkuluak

Helburua: Kalkuluen bidez teorikoki sistemaren funtzionamendua deskribatu.

Entregatzekoa: Formulen erabilera eta kalkuluak egitea.

### 2.2. Simulazioa

Helburua: Sistema birtualki muntatu, simulazio programa bati esker.

Entregatzekoa: Simulazioa garatuta aurkeztu.

### 2.3. Sistemaren eraikuntza

Helburua: Simulaturiko sistema osagai errealekin eraiki eta egoki funtzionatzen duela egiaztatu.

Entregatzekoa: Prototipoa garatuta aurkeztu.

### 2.4. Balantze ekonomikoa

Helburua: Erosi beharreko osagaiak eta sistemaren gastuetatik abiatuz, balantze ekonomikoa egitea.

Entregatzekoa: Balantze ekonomikoaren txostena eta amortizatzeko denbora.

## 3. Ondorioak

Helburua: Lan guztiaren ondorioztapena egitea.

Entregatzekoa: Ondorioen idazketa.

## 4. Lanaren idazketa

Helburua: Orain arte egindakoaren idazketa egitea, formatu egokiarekin.

Entregatzekoa: Lan idatzia.

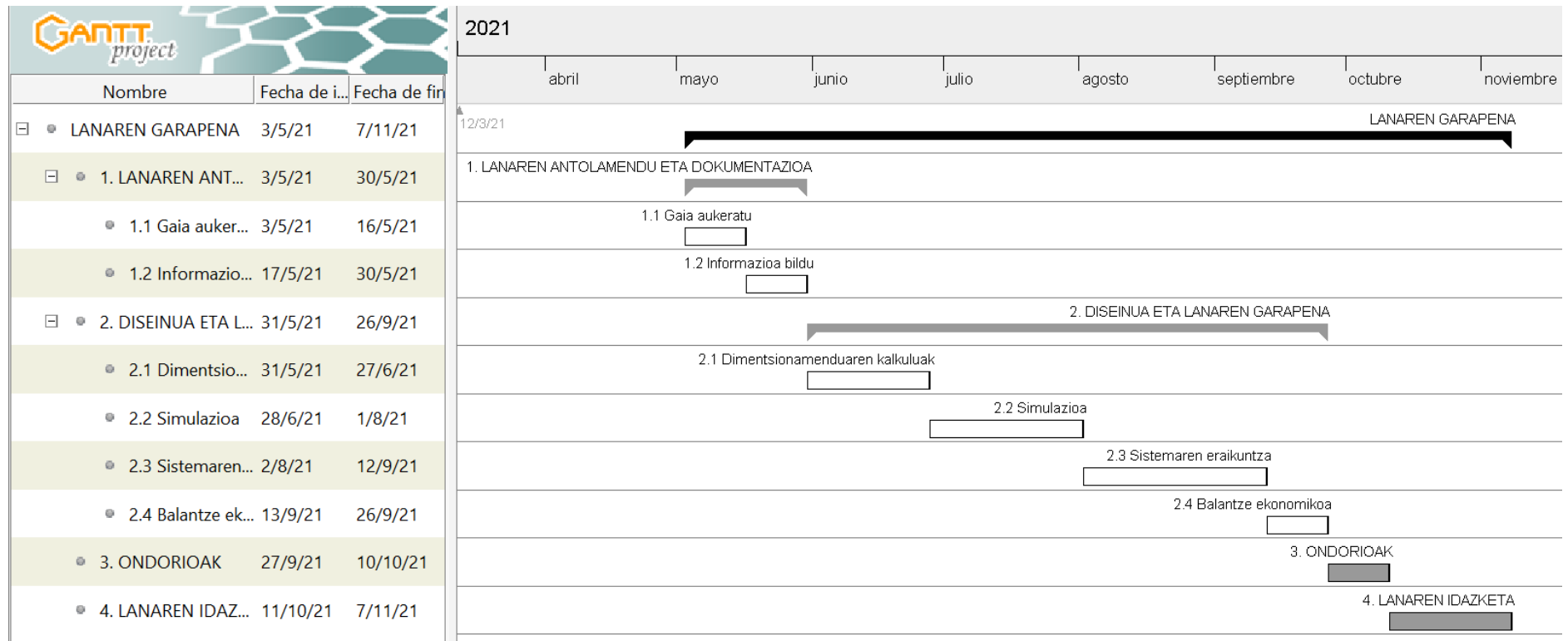
Zereginen deskribapena hobeto ulertzeko asmoarekin, hurrengo 15. *Taulan* ekintza guztiak eta haien iraupenak bildu dira.

15. *Taula. Zereginen denbora banaketa*

| Zk. | Ekintza                                | Iraupena | Hasiera    | Amaiera    |
|-----|--|----------|------------|------------|
| 1   | LANAREN ANTOLAMENDUA ETA DOKUMENTAZIOA | 4 ASTE   | 2021/05/03 | 2021/05/30 |
| 1.1 | Gaia aukeratu                          | 2 aste   | 2021/05/03 | 2021/05/16 |
| 1.2 | Informazioa bildu                      | 2 aste   | 2021/05/17 | 2021/05/30 |
| 2   | DISEINUA ETA LANAREN GARAPENA          | 17 ASTE  | 2021/05/31 | 2021/09/26 |
| 2.1 | Dimentsionamenduaren kalkuluak         | 4 aste   | 2021/05/31 | 2021/06/27 |
| 2.2 | Simulazioa                             | 5 aste   | 2021/06/28 | 2021/08/01 |
| 2.3 | Sistemaren eraikuntza                  | 6 aste   | 2021/08/02 | 2021/09/12 |
| 2.4 | Balantze ekonomikoa                    | 2 aste   | 2021/09/13 | 2021/09/26 |
| 3   | ONDORIOAK                              | 2 ASTE   | 2021/09/27 | 2021/10/10 |
| 4   | LANAREN IDAZKETA                       | 4 ASTE   | 2021/10/11 | 2021/11/07 |
|     | LANAREN GARAPENA                       | 27 ASTE  | 2021/05/03 | 2021/11/07 |

## 9.2 Gantt-en diagrama

Ekintza guztien kokapena denboran argi ikusteko Gantt-en diagrama eraiki da. *63. Irudian* ikusten denez, proiektuaren iraupen totala 27 astekoa izan da.



*63. Irudia. Gantt-en diagrama*

## 10. AURREKONTUA

Idatzizko dokumentuaren atal honetan proiektua burutzeak izan duen kostu ekonomikoa azaltzen da. Aurrekontua hiru ataletan banatuko da: baliabide materialak, giza baliabideak eta guztirako kostua.

### 10.1 Baliabide materialak

Lehenengo atal honetan, proiektua burutzeko beharrezkoa izan diren material guztien prezioa aurkeztuko da. Baliabide materialen kostua bi zatitan banatzen da; alde batetik, sistema osatzen duten osagaien aurrekontua eta bestetik, erabilitako softwarearen aurrekontua. Azkeneko taula batean bi atalen prezioen batura gauzatuko da, baliabide materialen prezio totala zehazteko.

Prezioen kalkulatzeko orduan material bakoitzari aplikatu behar zaion BEZaren balioa %21ekoa dela kontsideratu da. Kalkulu hori prezio bakoitzean barnean dago, beraz prezio bat jartzen den bakoitzean BEZa barne dauka.

#### 10.1.1 Osagaiak

Sistema muntatzeko erabiliko den osagai fisiko bakoitzaren prezioa *16. Taulan* ikus daiteke. Bertan, erabili diren unitate kopurua, prezioa unitateko eta kostu totala agertzen dira adierazita.

*16. Taula. Osagaien kostua*

| Osagaiak                | Kontzeptua         | Kopurua<br>(unitate) | Prezioa<br>(€/unitate) | Kostua<br>(€) |
|-------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|---------------|
| MS6V150.2               | Eguzki panela      | 1                    | 13,69                  | 13,69         |
| ATmega328P              | Mikrokontroladorea | 1                    | 2,81                   | 2,81          |
| AZDelivery 5 x<br>0,96  | Display-a          | 1                    | 6,79                   | 6,79          |
| Li-Io 18050             | Bateria            | 1                    | 8,50                   | 8,50          |
| MT3608                  | Boost komertziala  | 1                    | 2,69                   | 2,69          |
| TE connectivity<br>7805 | Pinak              | 13                   | 0,14                   | 1,82          |
|                         | Erreguladorea      | 1                    | 0,71                   | 0,71          |

|                |                  |   |         |              |
|----------------|------------------|---|---------|--------------|
| AD623          | Anplifikadorea   | 1 | 2,92    | 2,92         |
| BD139          | Trantsistorea    | 2 | 0,55    | 1,10         |
| R 10K          | Erresistentzia   | 4 | 0,31    | 1,24         |
| R 4K7          | Erresistentzia   | 3 | 0,27    | 0,81         |
| R 2K2          | Erresistentzia   | 1 | 0,25    | 0,25         |
| R 1K           | Erresistentzia   | 2 | 0,23    | 0,46         |
| C 47uF         | Kondentsadorea   | 1 | 0,31    | 0,31         |
| C 10nF         | Kondentsadorea   | 1 | 0,26    | 0,26         |
| C 100nF        | Kondentsadorea   | 1 | 0,24    | 0,24         |
| C 27pF         | Kondentsadorea   | 2 | 0,22    | 0,44         |
| 16 MHz         | Kristala         | 1 | 0,43    | 0,43         |
| 1N4007         | Diodoa           | 1 | 0,19    | 0,19         |
| 100uH          | Harila           | 1 | 0,34    | 0,34         |
| SPTD           | Interruptorea    | 1 | 2,24    | 2,24         |
| Dil28          | Zokaloa          | 1 | 0,37    | 0,37         |
| Dil8           | Zokaloa          | 1 | 0,25    | 0,25         |
| PWB            | PCB plaka        | 4 | 12,5    | Amortizatuta |
| JBC Estazioa   | Soldadorea       | 1 | 474,40  | Amortizatuta |
| Fixpoint       | Estainua         | 1 | 9,50    | Amortizatuta |
| Proxxon TBM    | Taladroa         | 1 | 171     | Amortizatuta |
| Altzairu 3mm   | Broka            | 1 | 0,89    | Amortizatuta |
| Altzairu 1,2mm | Broka            | 1 | 0,89    | Amortizatuta |
| Altzairu 0,8mm | Broka            | 1 | 0,89    | Amortizatuta |
| 0,5mm zurruna  | Kablea           | 1 | 3,40    | Amortizatuta |
| Geeetech A20   | 3D inprimagailua | 1 | 199,99  | Amortizatuta |
|                |                  |   | Guztira | 48,86        |

### 10.1.2 Softwarea

Erabilitako tresna informatikoak sartzen dira azpiatal (17. Taula) honetan; hala nola, ordenagailuak, simulazio lizentziak eta dokumentatze programak.



17. Taula. Softwarearen kostua

| Tresnak                | Erosketa prezioa (€) | Erabilera (hilabeteak) | Kostua (€)   |
|------------------------|----------------------|------------------------|--------------|
| Ordenagailua           | 649                  | 5                      | Amortizatuta |
| Microsoft office       | 69                   | 3                      | Amortizatuta |
| Proteus 8 professional | 200                  | 2                      | Amortizatuta |
| Arduino 1.8.13         | 0                    | 1                      | Amortizatuta |
| Solid Edge             | 75                   | 1                      | Amortizatuta |
| Gantt Project          | 0                    | 1                      | Amortizatuta |
|                        |                      | Guztira                | Amortizatuta |

10.1.3 Baliabide materialen kostu totala

18. Taulan aurretik egindako atalen guztirako prezioa gehitu egiten da material guztien kostu totala zein den jakiteko asmoz.

18. Taula. Baliabide materialen kostu totala

| Baliabide materialak | Kostua (€)   |
|----------------------|--------------|
| Osagaiak             | 48,86        |
| Softwarea            | Amortizatuta |
| GUZTIRA              | 48,86        |

10.2 Giza baliabideak

Giza baliabideek proiektua burutzeko behar diren pertsonen aurrekontua lantzen du. Aurrekontua garatzeko lan orduak eta orduko kostua kontuan hartu dira. Lan honetan, junior ingeniari batek parte hartu du ingeniari senior baten ikuskaritzapean. Inplikaturiko langileen kostuak adierazten dira 19. Taulan.

19. Taula. Giza baliabideen kostua

| Langileak         | Denbora (orduak) | Prezioa (€/ordu) | Kostua (€) |
|-------------------|------------------|------------------|------------|
| Junior ingeniaria | 365              | 12               | 4380       |
| Senior ingeniaria | 35               | 24               | 840        |
|                   |                  | GUZTIRA          | 5220       |

### 10.3 Guztirako kostua

Guztirako kostua baliabide materialen eta giza baliabideen batuketara da. Horregatik, 20. Taulan proiektu osoko kostua ikus daiteke.

20. Taula. Guztirako kostua

| Baliabideak          | Kostu totala (€) |
|----------------------|------------------|
| Baliabide materialak | 48,86            |
| Giza baliabideak     | 5220             |
| GUZTIRA              | 5268,86          |

Proiektu hau burutzearen kostu totala BOST MILA BERREHUN ETA HIRUROGEITA ZORTZI EURO ETA LAUROGEITA SEI ZENTIMOKOA da.

## 11. ONDORIOAK

Gradu amaierako proiektu honetan gailu elektronikoak kargatzeko biltegiratze-sistema fotovoltaiko eramangarriaren diseinua eta prototipaketa egin da. Hasierako helburuen arabera ondorioztatzen da proiektua modu egokian egitea lortu dela eskuragarri dauden baliabideak erabiliz.

6 V eta 150 mA dituen Xunzel eguzki plaka erabiliz, 3,7 V-eko Litio ionezko 18650 bateriaren karga erregulatzailerak diseinatzea lortu da ATmega328P mikrokontroladorea erabiliz. Buck erreguladore konmutatuari esker plakaren tentsioa 4,2 V-era jaitsi da PWM-aren duty-cyclea aldatuz. Karga prozesuan zehar bateriaren egoera 0,96 hazbeteko OLED batean bistaratzea lortu da. Bateria deskargatzeko 5 V -2 A baldintzak lortzen dituen MT3608 boost komertziala eta USB irteera erabili dira.

Egindako lanari esker proiektu bideragarri bat diseinatzea lortu da, osagai zehatzak hautatuz eta hauen balio nominalak kalkulu teorikoen bidez zehaztuz. Era berean, diseinua fisikoki implementatu ahal izan da. Horretarako, PCB bat sortu da tresna espezifikoekin diseinatuta eta fabrikatuta, funtzionamendu egokia ziurtatzeko. Sistema babesteko zein eramangarri izateko karkasa bat diseinatu eta fabrikatu da 3D inprimagailuaren bitartez.

Bestalde, proiektuan zehar egiaztatu da ezagutzen den teoria ez dela beti nahikoa sistema elektronikoa bat diseinatu eta eraiki ahal izateko. Simulazio tresnetan osagai idealak erabili direnez eta gero prototipaketan osagai errealak, arazo ugari sortu dira. Horrela, ikusi da kontzeptu teoriko elektronikoa askok arazoak dakartzatela implementatzerako garaian. Errore bakoitza konponduz agertzen diren trabak eragozten eta irtenbide bidegarria aurkitzen ikasi da.

Proiektu hau errealitatean komertzialki implementatzeko asmoa izatekotan ikerketa sakonagoa burutu beharko litzateke. Tamaina aldetik diseinua birformulatu beharko litzateke espazio gutxiago erabiltzeko. Gainera, irakurketa zirkuitua moldatu eta osagai komertzialekin ordezkatu beharko litzateke.

Egindako beste behaketa bat sistema elektronikoa hau osatzeak eta eraikitzeak dakarren kostu handia da, erabilitako tresnengatik, inbertitutako denboragatik eta

materialen prezioagatik. Hala ere, hasierako inbertsio altua errentagarria izan daiteke muntatze kostuak murriztuko balira eta sistemaren bizi iraupena luzatuko balitz.

Ikuspegi pertsonaletik lan hau gauzatzeak onura asko eman dizkit. Lan honen gaiaren aukeraketa aproposa izan dela aitortu beharra dago hau egiterakoan jakintza asko eskuratu eta barneratu baitira. Gainera, mota honetako proiektuak burutzeko antolakuntza eta lan metodoak erabiltzen zein praktikan jartzen ikasi dut.

## 12. BIBLIOGRAFIA

- [1] *Energía y sociedad*. Las claves del sector energético. 2021/05/17  
<http://www.energiaysociedad.es/manenergia/1-6-insostenibilidad-del-sistema-energetico-y-vias-de-solucion/#:~:text=El%20modelo%20energ%C3%A9tico%20actual%20se,recursos%20finitos%2C%20principalmente%20combustibles%20f%C3%B3siles.>
- [2] *Ballena Blanca*. Porque es importante el límite de 2°C contra el cambio climático. 2021/05/17  
<https://ballenablanca.es/2-grados/#:~:text=La%20temperatura%20global%20de%20su,discut%C3%ADan%20en%20los%20c%C3%ADrculos%20cient%C3%ADficos.>
- [3] *EcoInteligencia*. ¿Podemos sostener nuestro modelo energético? 2021/05/17  
<https://www.ecointeligencia.com/2015/10/modelo-energetico/>
- [4] *Naciones Unidas*. Objetivos de Desarrollo Sostenible. 2021/05/17  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- [5] *EHU*. IKD Ikaskuntza Koperatibo eta Dinamikoa. 2021/05/17  
<https://www.ehu.eus/eu/web/sae-helaz/ikd>
- [6] *Wikipedia*. Panel Fotovoltaico. 2021/05/30  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Panel\\_fotovoltaico](https://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaico)
- [7] *Efimarket*. ¿Como funcionan los paneles solares? 2021/05/30  
<https://www.efimarket.com/blog/pero-como-funcionan-los-paneles-solares/#:~:text=En%20pocas%20palabras%2C%20un%20panel,unidades%20peque%C3%B1as%20llamadas%20c%C3%A9lulas%20fotovoltaicas>
- [8] *Scielo*. Modelado y simulacion de un panel fotovoltaico. 2021/05/30  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012014000300007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012014000300007)
- [9] *Wikipedia*. Modulación por ancho de pulsos. 2021/06/13  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n\\_por\\_ancho\\_de\\_pulsos](https://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_ancho_de_pulsos)
- [10] *Askix*. Controlador de carga solar de arduino. 2021/06/13  
<https://www.askix.com/controlador-de-carga-solar-de-arduino-version-1.html>
- [11] *Wikipedia*. Convertidor reductor. 2021/06/13  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Convertidor\\_reductor#:~:text=El%20convertidor%20reductor%E2%80%8B%E2%80%8B,menor%20que%20a%20su%20entrada.](https://es.wikipedia.org/wiki/Convertidor_reductor#:~:text=El%20convertidor%20reductor%E2%80%8B%E2%80%8B,menor%20que%20a%20su%20entrada.)
- [12] *Wikipedia*. Boost bihurgailu. 2021/06/13  
[https://eu.wikipedia.org/wiki/Boost\\_bihurgailu](https://eu.wikipedia.org/wiki/Boost_bihurgailu)
- [13] *Wikipedia*. Diodo orgánico de emisión de luz. 2021/06/13  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Diodo\\_org%C3%A1nico\\_de\\_emisi%C3%B3n\\_de\\_luz](https://es.wikipedia.org/wiki/Diodo_org%C3%A1nico_de_emisi%C3%B3n_de_luz)

[14] *Wikipedia*. Mikrokontrolagailu. 2021/07/04  
<https://eu.wikipedia.org/wiki/Mikrokontrolagailu>

[15] *Xataka*. Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno. 2021/07/04  
<https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

[16] *Pollin Electronic*. Arduino uno. 2021/07/04  
<https://www.pollin.at/p/arduino-uno-rev3-a000066-811361>

[17] *Harrexco*. Industrie 4.0. Arduino Mega 2560. 2021/07/04  
[https://www.harrexco.org/de/product\\_info.php?info=p42\\_arduino-mega-2560.html](https://www.harrexco.org/de/product_info.php?info=p42_arduino-mega-2560.html)

[18] *ProgramoErgoSum*. ¿Qué es Raspberry Pi ? 2021/07/04  
<https://www.programoergosum.com/cursos-online/raspberry-pi/232-curso-de-introduccion-a-raspberry-pi/que-es-raspberry-pi>

[19] *Profilo.fr*. Domotique. Le 433 MHz sur votre Raspberry Pi. 2021/07/04  
<https://www.pofilo.fr/post/20190529-home-assistant-433mhz/>

[20] *Aliexpress*. LCD1602 Monitor LCD 5V. 2021/08/01  
<https://es.aliexpress.com/item/32527088784.html>

[21] *Amazon*. AZDelivery 0,96 pulgadas OLED Display I2C. 2021/08/01  
<https://www.amazon.es/AZDelivery-Pantalla-Display-pulgadas-Raspberry/dp/B01L9GC470>

[22] *Arduino.cc*. From Arduino to a Microcontroller on a Breadboard. 2021/08/01  
<https://www.arduino.cc/en/Tutorial/BuiltInExamples/ArduinoToBreadboard>

[23] *Youtube*. Arduino desde cero. OLED128x64 bicolor. 2021/08/01  
[https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=cnrV3xJf4po&ab\\_channel=BitwiseAr](https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=cnrV3xJf4po&ab_channel=BitwiseAr)