

▪ Gradu Amaierako Lana ▪

Konputagailuen Ingeniaritza

Arduino hezkuntzarako: azterketa, ikastaroa
eta adibide praktiko bat

Adriana Carcedo Martín

2017ko iraila

Eskertzak

Lehenik eta behin, eskerrak eman nahi dizkiot nire tutorea izan den Olatz Arbelaitzi, proiektu osoan zehar eskainitako laguntzagatik, eta baita Iñigo Lopez-Gazpiori ere behar izan dudan guztietan laguntzeko eta ideiak emateko prest egon delako.

Bestalde, Herrikide ikastetxeko Jabi Luengo irakasleari ikastarorako materiala uzteagatik eta garatu den simulazioaren ideia emateagatik.

Azkenik, eskerrak eman familiari eta lau urte hauetan nire ikaskideak izan direnei beti ondoan egoteagatik. Gainera, eskerrak eman anaiari azken momentuko arazoak konpontzen laguntzeagatik.

Laburpena

Proiektu honek konputagailuen ingeniari-tza eta irakaskuntza arloak lotzea du helburu. Alde batetik, Arduinok hezkuntza-maila desberdinetan duen erabileraren azterketa egingo da, eta bestetik, proiektu zehatz baten identifikazioa eta inplementazioa egingo da. Garatuko den proiektua eklipseak ikusteko eta ulertzeko balioko duen eguzki-sistemaren zati baten eraikuntza izango da.

Horretaz gain, proiektuan ikasitakoaz baliatuz eta hezkuntza gustuko izanik, “Domotika, sentso-re eta automatizazio-rako lehen urratsak Arduino platafor-ma erabiliz” ikastaroa prestatzen eta ematen parte hartu da UEU-n (Udako Euskal Unibertsitatean).

Gaien aurkibidea

Eskertzak.....	iii
Laburpena.....	iv
Gaien aurkibidea.....	v
Irudien aurkibidea.....	ix
Taulen aurkibidea	x
1. Aurkezpena.....	1
1.1. Sarrera	1
1.2. Motibazioa.....	1
1.3. Proiektuaren deskribapen orokorra.....	2
1.3.1. Azterketa bibliografikoa.....	2
1.3.2. Eguzki-sistema	2
1.3.3. Ikastaroa	3
2. Plangintza	5
2.1. Irismena.....	5
2.1.1. Produktua	5
2.1.2. Proiektua	5
2.2. Lanaren Deskonposaketa Egitura	6
2.3. Atazak eta Ezaugarriak.....	6
2.4. Emangarrien identifikazioa eta ezaugarriak.....	7
2.5. Denboraren plangintza	8
2.5.1. Kronograma.....	8
2.5.2. Dedikazio-estimazioa	8
2.5.3. Dedikazio erreala	9
2.5.4. Ondorioak.....	10
2.6. Kalitate plana	10
2.7. Lan-metodologia.....	11
2.8. Arriskuen plana.....	12
3. Teknologia eta programazioa hezkuntzan	13
3.1. Arduino.....	14
3.1.1. Lehen eta bigarren hezkuntzan	14
3.1.2. Unibertsitate maila	15

3.1.3.	Proiektuen adibideak	17
3.1.3.1.	Lehen eta bigarren hezkuntzan	17
3.1.3.2.	Unibertsitate maila	18
3.2.	Raspberry Pi.....	19
3.2.1.	Lehen eta bigarren hezkuntzan	19
3.2.2.	Unibertsitate mailan	20
4.	Hardwarea	21
4.1.	Arduino	21
4.1.1.	Arduino Uno	22
4.1.2.	Beste plaka batzuk.....	23
4.1.2.1.	Arduino Due.....	23
4.1.2.2.	Arduino Leonardo	24
4.2.	Raspberry Pi.....	25
4.3.	Alderaketa	26
5.	Eguzki-sisteman erabilitako teknologia eta azpiegitura	27
5.1.	Pausoz-pausokako motorra (28BYJ-48)	27
5.2.	LED-a (Light-Emitting Diode).....	29
5.3.	Argi sentsorea.....	30
5.4.	Kamera (OV7076 FIFO)	31
5.5.	Komunikazioa	31
5.5.1.	Infragorriak	31
5.5.2.	Bluetooth.....	33
5.5.2.1.	Bluetooth bee modulua eta wireless proto shield-a.....	33
5.5.2.2.	HC-05.....	35
5.5.2.3.	HC-06.....	36
5.5.3.	WiFi.....	36
5.5.3.1.	WiFi Shield	36
5.5.3.2.	WiFi ESP8266.....	37
5.5.4.	Aukeratutako komunikazio mota.....	38
6.	Eguzki-sistemaren garapena	39
6.1.	Eraikuntza	39
6.2.	Motorren kontrola.....	40
6.3.	Bluetooth bidezko komunikazioa.....	42
6.4.	Argi sentsorearen kontrola	43

6.5.	Kameraren kontrola.....	44
6.6.	Abisuaren kontrola	44
7.	Ikastaroaren garapena.....	45
7.1.	Antolaketa	45
7.2.	Erabilitako tresnak.....	46
7.2.1.	Zum box kit-a.....	46
7.2.2.	BitBloq	49
7.2.3.	Arduino IDE.....	51
7.3.	Egindako praktikak.....	51
7.3.1.	LED-ak.....	51
7.3.2.	If kontrol-egitura.....	52
7.3.3.	If... else kontrol-egitura.....	52
7.3.4.	“Kaixo mundua!” serie-portutik.....	53
7.3.5.	Mezu trukea serie-portutik.....	53
7.3.6.	Kontagailua	54
7.3.7.	Burrinbagailua	55
7.3.8.	Infragorriak	55
7.3.9.	Potentziometroa.....	56
7.3.10.	Argi sentsoarea.....	56
7.3.11.	Serbomotorra	57
7.3.12.	Errotazio jarraituko serboa	57
7.3.13.	Ultrasoinuak.....	58
7.3.14.	Bluetooth komunikazioa	59
7.3.15.	Domotikako proiektua	59
8.	Ondorioak eta etorkizuneko lana	61
8.1.	Ondorioak.....	61
8.2.	Etorkizuneko lana	62
A.	Eranskina: Arduino Uno plakaren ezaugarriak.....	64
A.1	Elikadura.....	64
A.2	Memoria.....	64
A.3	Sarrera eta irteera	65
A.4	Komunikazioa	65
A.5	Programazioa.....	66
A.6	Berrabiarazte automatikoa (software)	66

A.7 USB-aren babesa	66
A.7 Ezaugarri fisikoak.....	67
Bibliografia.....	68

Irudien aurkibidea

Irudia 2-1: Lanaren Deskonposaketa Egitura (LDE diagrama).....	6
Irudia 2-2: Kronograma.....	8
Irudia 2-3: Dedikazioaren estimazioa.....	9
Irudia 2-4: Dedikazio erreala.....	¡Error! Marcador no definido.
Irudia 4-1: Arduino Uno plaka.....	22
Irudia 4-2: Arduino Due plaka.....	24
Irudia 4-3: Arduino Leonardo plaka.....	24
Irudia 4-4: Raspberry Pi plaka.....	25
Irudia 5-1: 28BYJ-48 pausoz-pausokako motorra.....	28
Irudia 5-2: Motorraren egokitzailea.....	28
Irudia 5-3: Biratzeko lehenengo modua.....	28
Irudia 5-4: Biratzeko bigarren modua.....	29
Irudia 5-5: Biratzeko hirugarren modua.....	29
Irudia 5-6: LED-a.....	30
Irudia 5-7: Argi sentsorea.....	30
Irudia 5-8: OV7670 kamera.....	31
Irudia 5-9: Bloke baten transmisioa.....	32
Irudia 5-10: Moduluaren konexioaren eskema.....	33
Irudia 5-11: Wireless proto shield-a.....	33
Irudia 5-12: Bluetooth bee modulua.....	34
Irudia 5-13: Bluetooth bee eta wireless proto shield-a.....	35
Irudia 5-14: HC-05 modulua.....	36
Irudia 5-15: HC-06 modulua.....	36
Irudia 5-16: Arduino WiFi shield plaka.....	37
Irudia 5-17: WiFi ESP8266 modulua.....	38
Irudia 6-1: Motorrarentzat inprimatutako 3D pieza.....	39
Irudia 6-2: Eguzki-sistemaren eraikuntza.....	40
Irudia 7-1: Zum Core plaka.....	47
Irudia 7-2: Sentsore infragorria.....	47
Irudia 7-3: Pultsadorea.....	47
Irudia 7-4: Burrunbagailua.....	48
Irudia 7-5: Ultrasoinu sentsorea.....	48
Irudia 7-6: Potentziometroa.....	48
Irudia 7-7: Miniserboa.....	49
Irudia 7-8: Errotazio jarraituko serboa.....	49
Irudia 7-9: BitBloq aplikazioaren hardware atala.....	50
Irudia 7-10: BitBloq aplikazioaren software atala.....	50
Irudia 7-11: Seinalearen distantzia kalkulatzeko formularen azalpena.....	59

Taulen aurkibidea

Taula 3-1: Granadako Unibertsitatean egindako praktikak eta aplikatutako kontzeptuak	16
Taula 4-1: Arduino Uno plakaren ezaugarriak	23
Taula 4-2: Arduino Uno eta Raspberry Pi plaken alderaketa-taula	26
Taula 7-1: Ikastaroan egindako praktika eta aplikatutako kontzeptua	46

1

Aurkezpena

1.1. Sarrera

Proiektua aukeratzeko orduan, egileak gustuko dituen bi esparru batu nahi izan dira. Alde batetik, konputagailuen ingeniartzarekin lotuta dagoen hardwarea erabili da, eta bestetik, horrek irakaskuntzan zein ekarpen egin dezakeen aztertu da.

Garatu den proiektua hezkuntzara bideratuta dago, eta bertan, Arduinoren erabilera-esparrua ezagutu nahi izan da. Horretarako, lehenengo, teknologiak eta programazioak hezkuntzan duten garrantzia aztertu da. Bi atal horiek lantzeko, Arduino mikrokontrolagailua eta Raspberry Pi mikroprozesadorea alderatu eta horien abantailak eta desabantailak aztertu dira, baita hezkuntza-maila desberdinetan eduki dezaketen erabilera ere.

Bestalde, bigarren hezkuntzako irakasle batengana jo da erabilgarria izango den Arduino proiektu bat identifikatu ahal izateko. Izan ere, etorkizunean bigarren hezkuntzako ikasleei proiektu gidatu gisa planteatu lekiekeen eguzki-sistemaren parte baten simulazioa egin da, lehen hezkuntzako ikasleentzat erabilgarria izan daitekeena zenbait kontzeptu azaltzeko.

Horrekin batera, UEU-rako Arduino ikastaro bat (“Domotika, sentzore eta automatizaziorako lehen urratsak Arduino plataforma erabiliz”) antolatzen eta irakasten parte hartu da, egileak gustuko duen bigarren alor horretan, lehen esperientzia izateko baliatu dena.

1.2. Motibazioa

Konputagailuen ingeniartzako ikaslea izanik eta irakaskuntza gustuko izanik, biak uztartzeko proiektua egin nahi izan da.

Gaur egun, Arduino software eta hardware erabilerrazean oinarritzen den kode irekiko plataforma oso ezaguna da, eta gainera, hezkuntzarako erabilgarria. Beraz, plataforma hori ezagutzea eta horrekin lan egiten jakitea etorkizunerako interesgarria da.

1.3. Proiektuaren deskribapen orokorra

Proiektua hiru ataletan banatzen da. Alde batetik, Arduino eta Raspberry Pi-aren azterketa bibliografikoa eta horien arteko alderaketa egin da. Izan ere, Arduino plataformarekin lan egin den lehenengo aldia izan da, eta beraz, aurretik informazioa bilatzea beharrezkoa izan da. Bestetik, eklipseak ulertzeko balioko duen eguzki-sistemaren parte baten simulazioa egin da, eta bukatzeko, ikasitakoarekin Arduino mikrokontrolagailuarekin lotuta dagoen ikastaro bat antolatzen eta ematen parte hartu da.

1.3.1. Azterketa bibliografikoa

Lehenik eta behin, hezkuntzan teknologiaren eta programazioaren garrantzia aztertu da. Proiektua aurrera eramateko, egilearentzat oso ezaguna ez zen Arduino mikrokontrolagailua erabili da, horregatik, eraikuntzarekin hasi baino lehen mikrokontrolagailuaren ezaugarriak eta erabilera-esparrua aztertu behar izan dira.

Behin hori aztertuta, Raspberry Pi mikroprozesadorearen azterketa ere egin da eta eguzki-sistemaren simulazioa egiteko zergatik komeni den Arduino mikrokontroladorea erabiltzea eta ez Raspberry Pi mikroprozesadorea azaldu da.

Gailu horiek geroz eta ezagunagoak dira, eta beraz, horiek aztertzea eta ezagutzea etorkizunerako erabilgarria da. Horregatik, maila ertainean zein unibertsitate mailan egindako proiektuen azterketa egin da.

1.3.2. Eguzki-sistema

Eklipseak ulertzeko balioko duen eguzki-sistemaren zati baten simulazioa egingo da. Eguzki-sistemaren muntaia errazteko planeta bakarraren mugimendua simulatuko da, Lurrarena, hain zuzen ere. Beraz, eguzkiaren inguruan Lurra egongo da biraka, eta aldi berean, planetaren inguruan ilargiak biratuko du. Eguzki-sistema kontrolatzeko Arduino Uno plaka erabiliko da eta eguzkia simulatzeko erabiliko den poliespan esferaren barruan egongo da. Plakari pausoz-pausokako motor bat lotuko zaio eta motor horri burdin hari bat. Burdin hariaren beste aldean, Lurra simulatzen duen beste poliespan esfera bat egongo da eta pausoz-pausokako beste motor bat erabiliz, gauza bera egingo da Lurra eta ilargiarekin.

Motorren abiadura kontrolatzeko, hau da, Lurraren eta ilargiaren abiadura kontrolatzeko, mugikorra erabiliko da. Mugikorra bluetooth bidez konektatuko da Arduino plakarekin, eta bertatik abiadura kontrolatzeko, aurretik, aplikazio bat deskargatu beharko da.

Eguzkiaren argia simulatzeko, LED bat erabiliko da eta planetan argi sentsore bat jarriko da argi-intentsitatea neurtzeko. Horrela, eklipseak detektatu ahal izango dira.

Bestalde, Arduinorekin bateragarria den kamera bat erabiliz, mugikorretik eklipsea ikusi ahal izango da. Ilargia Lurra eta Eguzkiaren artean pasatzen denean, argi sentsoreak ez du LED-aren

argia jasoko eta eklipsea gertatu dela antzemango du. Momentu horretan, kamerak argazkia aterako du automatikoki eta mugikorrean gordeko da. Horrez gain, beste momenturen batean argazki bat atera nahi bada, mugikorreko aplikazioaren bidez agindu bat bidaliko zaio Arduinoari eta argazkia aterako du.

Proiektuan egindako muntaiak zenbait gabezi ditu, esaterako, planetaren orbita borobila da eta Lurraren translazio higidura simulatzen da soilik, ez errotazioa. Hortaz, egunero eklipse bat gertatuko da. Gainera, aurretik aipatu den bezala, muntaia errazteko planeta bakarria simulatu da.

1.3.3. Ikastaroa

Hezkuntza gustuko izanik, proiektu hau bertan trebatzeko baliatu nahi izan da eta UEU-rako Arduino ikastaro bat antolatzen parte hartu da. 10 orduko ikastaroa izan da eta ekainaren 29an eta 30ean eskaini da Eibarren. Nahiz eta eguzki-sistemaren simulazioa egiteko Arduino Uno plaka erabili den, ikastaroan, hezkuntzarako prestatuta dagoen eta Arduinorekin bateragarria den BQ markako Zum Core plaka erabili da.

Bertan, Arduinoren oinarritzko kontzeptuak landu dira BitBloq [\[1\]](#) (BQ enpresak bere webgunean bloke bidez programatzeko eskaintzen duen aplikazioa) eta Arduino garapen-inguruneak erabiliz. Oinarritzko ariketak egiteaz gain, mugikorrekin bluetooth bidezko komunikazioa ere landu da.

2

Plangintza

Atal honetan, garatu den proiektuaren plangintza azaltzen da. Bertan, proiektuaren irismena, lanaren deskonposaketa egitura, garatu beharreko atazak, emangarrien identifikazioa, denboraren plangintza, kalitate plana, lan-metodologia eta arriskuen plana azaltzen dira.

2.1. Irismena

Jarraian, produktuaren eta proiektuaren irismena azalduko dira. Alde batetik, produktuan lortu beharreko ezaugarriak azalduko dira, eta bestetik, produktu hori arrakastaz lortzeko aurrera eramango den prozesua.

2.1.1. Produktua

Proiektu honen helburua Arduinok bigarren hezkuntzarako eta unibertsitaterako ematen dituen aukerak aztertzea da. Horretarako, Arduino mikrokontrolagailuaren hardwarea aztertu beharko da. Gainera, Raspberry Pi mikroprozesadorearekin alderatuko da eta bakoitzaren alde onak eta txarrak azalduko dira.

Horretaz gain, ikastola batekin harremanetan jarri ondoren, lehen hezkuntzako ikasleentzat baliagarria izango den Arduino proiektu bat garatzea erabakiko da. Horrez gain, hezkuntzan lehen esperientzia izateko, UEU-rako Arduino ikastaro bat ere antolatuko da.

2.1.2. Proiektua

Proiektua arrakastatsua izan dadin, plangintzan idatzitakoa ahalik eta neurri handienez bete beharko da. Plangintzan azalduko kalitate mailara iristea dagokion denboran, eta denbora soberan izanez gero, kalitate maila handiagoa lortzea da xedea.

Bestalde, proiektuaren helburua Arduino plataforma ezagutzea da, horren informazioa bilatu, ezagutu eta bere ahalmena zein den ikustea.

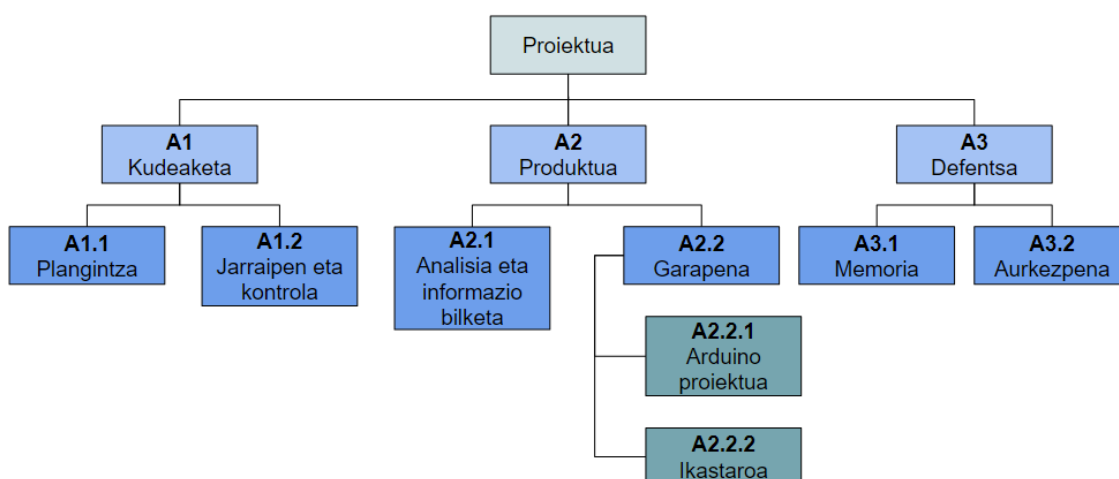
2.2. Lanaren Deskonposaketa Egitura

Proiektua aurrera eramateko, hiru atal nagusi bereizi dira. Batetik, proiektuaren kudeaketa, hau da, proiektuaren plangintza eta denbora desbiderapenak kontrolpean izateko jarraipen eta kontrola.

Bigarren atala produktua da eta horren barruan analisia eta garapena daude. Produktuaren garapenarekin hasi baino lehen, analisi bat egin beharko da. Horretarako, beharrezkoa izango da informazioa biltzea eta Arduino softwarea erabiltzen ikastea. Garapena aurrera eramateko, proiektu egoki bat aukeratuko da.

Bukatzeko, proiektuaren defentsa egingo da. Horretarako, memoria idatzi eta aurkezpena prestatuko da.

Ondorengo irudian ikus daiteke proiektuaren lanaren deskonposaketa egitura:



Irudia 2-1: Lanaren Deskonposaketa Egitura (LDE diagrama)

2.3. Atazak eta Ezaugarriak

LDE-tik (Lanaren Deskonposaketa Egituratik) abiatuz proiektua arrakastaz burutzeko garatu beharreko azpi-atazen zerrenda:

A1 Kudeaketa

A1.1 Plangintza

A1.1.1 Irismena zehaztu

A1.1.2 LDE diagrama egin

A1.1.3 Atazak zehaztu

A1.1.4 Emangarriak identifikatu

- A1.1.5 Denboraren plangintza kalkulatu
- A1.1.6 Kalitate plana burutu
- A1.1.7 Lan metodologia zehaztu
- A1.1.8 Arriskuak identifikatu
- A1.2 Jarraipen eta kontrola
 - A1.2.1 Desbideraketak kalkulatu
- A2 Produktua
 - A2.1 Analisia eta informazio bilketa
 - A2.1.1 Arduino
 - A2.1.1.1 Zer da?
 - A2.1.1.2 Hezkuntzan aztertu
 - A2.1.1.3 Proiektuak aztertu
 - A2.1.2 Raspberry Pi
 - A2.1.2.1 Zer da?
 - A2.1.2.2 Hezkuntzan aztertu
 - A2.1.3 Alderatu Arduino eta Raspberry Pi
 - A2.2 Garapena
 - A2.2.1 Arduino proiektua
 - A2.2.1.1 Proiektua aukeratu
 - A2.2.1.2 Proiektua garatu
 - A2.2.2 Ikastaroa
 - A2.2.2.1 Ikastaroa antolatu
 - A2.2.2.2 Ikastaroa eman
- A3 Defentsa
 - A3.1 Memoria idatzi
 - A3.2 Aurkezpena prestatu

2.4. Emangarrien identifikazioa eta ezaugarriak

Proiektu hau egiteko ondorengo emangarriak entregatu beharko dira:

- **Produktua**

Proiektu honek hiru produktu ditu, baina bi entrega data desberdintzen dira:

- Arduinoren eta Raspberry Pi-aren azterketa bibliografikoa eta eguzki-sistemaren simulazioa ekainaren 23rako bukatu behar dira, baina tutorearen oniritzia ekainaren 16rako behar da, hortaz, ordurako amaitzear egon behar dira.
- UEU-ko ikastaroa ekainaren 29an eta 30ean eskainiko da, beraz, ordurako beharrezkoa den material guztia prestatuta eduki beharko da.

- **Memoria**

Proiektuaren kudeaketa eta garapena nola burutu diren azaltzen duen dokumentua da. Memoria ADDI plataformara igo behar da ekainaren 23a baino lehen. Hala ere, memoria ere ekainaren 16rako amaituta egotea komeni da.

- **Defentsarako materiala**

Azkenik, defentsa egiteko materiala prestatu behar da. Proiektuaren defentsa uztailaren 10 eta 13 bitartean egingo da, beraz, ordurako aurkezpena egiteko materialak prest egon behar du.

2.5. Denboraren plangintza

2.5.1. Kronograma

Hilabetea	Otsaila	Martxoa				Apirila				Maiatza					Ekaina				Uztaila	
Astea	27	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	12	19	26	3	10
Kudeaketa																				
Plangintza																				
Jarraipen eta kontrola																				
Produktua																				
Analisia eta informazio bilketa																				
Arduino																				
Raspberry Pi																				
Garapena																				
Arduino proiektua																				
Ikastaroa																				
Defentsa																				
Memoria																				
Aurkezpena																				

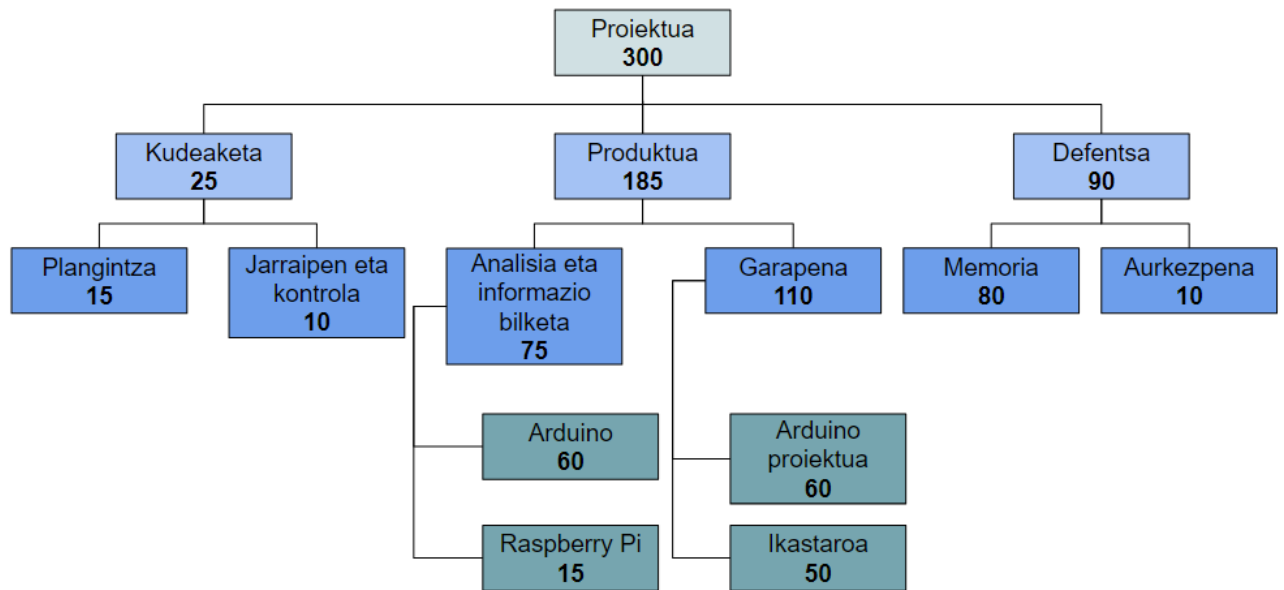
Irudia 2-2: Kronograma

Aurreko diagraman ikus daitekeen bezala, proiektuaren hasieran informazioa bilduz alde teorikoa landuko da eta ondoren, plangintza egiteari ekingo zaio. Behin teoria ulertuta, alde praktikoarekin hasiko da. Bertan, Arduino ingurunearekin lan egingo da.

Amaitzeko, memoria idatziko da eta defentsarako beharrezkoa den materiala prestatuko da.

2.5.2. Deditazio-estimazioa

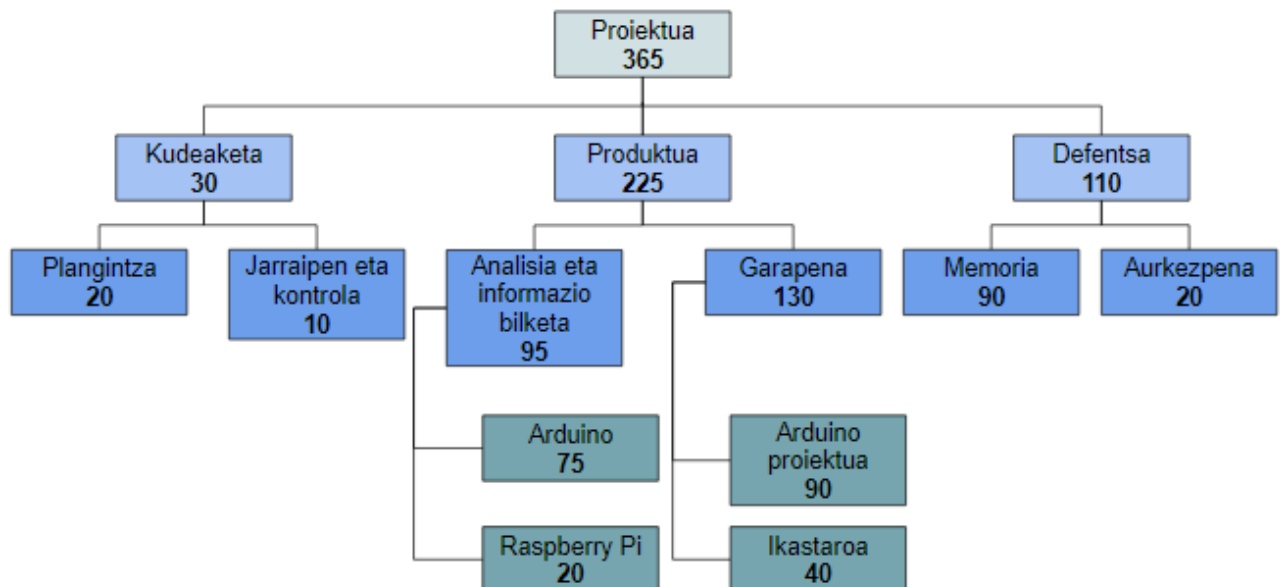
2-3 irudian proiektua amaitzeko egindako lanaren deditazio-estimazioa ikus daiteke, lan-paketeka antolatuta. Proiektua egiteko 300 ordu deditatu behar direla estimatzen da, beraz, ordu horiek lan-paketeen artean banatu dira. Argi ikusten da proiektuaren pisurik handiena produktuaren atalak hartzen duela, baina dokumentazioaren zatiak ere pisu handia du, azalpen guztiak biltzen baititu. Aldiz, kudeaketa atalak hartzen du zatirik txikiena.



Irudia 2-3: Dedikazioaren estimazioa

2.5.3. Dedikazio erreala

2-4 irudian proiektua amaitzeko egindako lanen dedikazio erreala ikus daiteke, lan paketea antolatuta. Aurreikusten zen bezala, proiektuaren pisurik handiena garapenak eta aurretik egindako analisiak hartzen dute. Dokumentazioak ere pisu handia hartzen du. Azkenik, proiektuaren kudeaketa egiten erabilitako ordu kopurua txikiena dela ikus daiteke.



Irudia 2-4: Dedikazio erreala

2.5.4. Ondorioak

Proiektuaren entrega eta defentsa ekainerako aurreikusita zeuden arren, azkenean, irailean aurkeztea erabaki da. Arriskuen planean aurreikusitako arriskua izan da eta ez du eragin handirik izan.

Ordu kopuruari dagokionez, estimatutakoa baino 65 ordu gehiago sartu dira, batez ere Arduino proiektua egiteko eta produktuaren analisia egiteko. Ikastaroa antolatzeke, berriz, ordu gutxiago sartu dira laguntza handia eduki delako.

Nahiz eta aurkezpena prestatu gabe egon, hasieran ezarritakoa baino 10 ordu gehiago sartzea aurreikusten da.

2.6. Kalitate plana

Atal honetan proiektuaren kalitate plana zehaztuko da. Proiektuaren kalitate maila finkatzeko orduan, lehenik eta behin, honek bete beharreko oinarritzko maila zein den zehaztu da. Hau da, proiektua amaitutzat emateko bete beharreko maila minimoa. Behin oinarritzko maila hori lortuta, denboraren arabera, kalitate maila handiago bat lortzeko aukera egongo da.

Oinarritzko maila lortzeko irizpideak jarraian azalduko dira. Esan beharra dago, irizpide horiek irismenean aipatutako ezaugarriekin bat datozela.

- **Arduino eta Raspberry Pi gailuen azterketa** → Arduino mikrokontrolagailuak eta Raspberry Pi mikroprozesadoreak hezkuntza-maila desberdinetan egin ditzaketen ekarpenak azaldu beharko dira, baita Arduinorekin egindako proiektuak aztertu ere.
- **Eguzki-sistemaren simulazioan lortu beharreko atazak** → Eguzki-sistemaren simulazioa arrakastatsua izan dadin, bete behar dituen oinarritzko atazak zerrendatuko dira:
 - **Lurra eta Ilargiaren mugimendua** → Motorrak erabiliz, Lurra eguzkiaren inguruan biratu behar du etengabe eta Ilargiak Lurraren inguruan. Gainera, abiadura kontrolatzeko aukera egon behar da, beraz, zein motor mota erabili behar den aztertu beharko da.
 - **Motorren abiadura mugikorraren bidez kontrolatzea** → Planetaren eta ilargiaren biraketa-abiadura mugikorraren bidez kontrolatu nahi da. Horretarako, komunikazio aukerak aztertu beharko dira, eta, kasu honetan, zein komunikazio mota erabiltzea komeni den ikusi beharko da.
 - **Eklipsea gertatu dela antzematea** → Planetarekin batera eguzkiaren argia simulatzen duen LED-ak biratuko du eta Lurrean egongo den argi sentsoreak LED-aren argia antzemango du. Ilargia Lurra eta eguzkiaren artean jartzen

denean, argi sentsoreak ez du argia jasoko eta eklipsea gertatu dela antzeman beharko du.

- **Argazkia ateratzeko aukera** → Mugikorrean botoi bat sakatuz gero, argazki bat atera beharko da eta zuzenean mugikorrean gorde. Horretarako kamera egoki bat aukeratu beharko da.
- **Argazkiak automatikoki ateratzea** → Behin aurreko atala lortuta, argazkiak automatikoki ateratzeko aukera egon beharko da. Eklipsea gertatzen denean, kamerak automatikoki argazki bat atera eta mugikorrean gorde beharko du.
- **Ikastaroa** → Ekainaren bukaeran ikastaroa eman beharko da eta ordurako materialak prestatuta eta landuta egon beharko du.

Lehenengo bi irizpideak ekainaren 16rako bukatuta egon beharko dira, ikastaroa, berriz, ekainaren 29rako. Lehenago bukatuz gero eta denbora soberan izanez gero, hobekuntzei utziko zaie tarte. Hala ere, oraindik ez dira hobekuntza horiek planifikatu.

2.7. Lan-metodologia

Proiektua aurrera eramateko, ondoren azalduko den metodologia erabili da. Metodologia hainbat fasetan banatu da.

Lehenik eta behin, Arduinoren azterketa sakona egin da. Arduino zer den aztertu da, baita bere hardwarea ere. Arduinok plaka desberdin asko ditu eta, aurrerago ikusiko den bezala, horietako hiru ezagunenak azaldu dira.

Behin hori eginda eta Arduino ingurunea ezagututa, plangintza burutu da non lortu beharreko helburuak eta horiek lortzeko jarraitu beharreko pausoak azaltzen diren.

Plangintza egin ondoren, Arduinok hezkuntza-maila desberdinetan izan ditzakeen erabilerak aztertuko dira. Hori lantzeko, Arduinoren abantailak azalduko dira eta gainera, Raspberry Pi mikroprozesadorearekin alderatuko da.

Teoria praktikara eramateko, eskola batekin lehen hezkuntzako ikasleentzat baliagarria izango den Arduino proiektu bat adostuko da eta hori izango da garatuko den proiektua. Horrez gain, irakaskuntzan murgiltzeko lehen urrats gisa, udan Arduino eta domotikarekin lotutako ikastaro bat emango da.

Aurreko atal guztiak landu ondoren, memoria idazteari ekingo zaio eta proiektuaren defentsarako materiala prestatuko da.

Proiektuan zehar tutorearekin, eta kasu honetan, Iñigo Lopez-Gazpio-rekin ere, zenbait bilera egingo dira, proiektuaren egoera azaltzeko, egon diren zalantzak eta arazoak konpontzen laguntzeko eta erabakiak hartzeko.

2.8. Arriskuen plana

Atal honetan, arrisku nagusiak identifikatuko dira:

- **Egindako lana galtzea** → Arrisku hau ekiditea oso garrantzitsua izango da, izan ere, ordurako egindako lan guztia galduko litzateke, eta horrekin batera, horri eskainitako denbora ere. Memoria berriz zerotik hastea izugarritzko lana izango litzateke, eta beraz, arriskua ekiditeko memoria bai ordenagailu pertsonalean eta bai Google Driven gordeko da. Arriskua gertatzeko probabilitatea txikia da, baina eragina oso handia izan daiteke.
- **Denbora** → Ekainaren 29rako ikastaroak antolatuta egon behar du, eta epe hori errespetatzea ezinbestekoa izango da. Arrisku hau gertatzeko probabilitatea txikia da, baina eragina izugarria izango litzateke, ikastaroa adostuta baitago.

Memoria eta proiektua entregatzeko eta aurkezteko data, aldiz, ez da oso garrantzitsua, irailean aurkezteko aukera dagoelako. Hala ere, ekainerako bukatzea komeni da.

- **Osagai baten funtzionamendua ez lortzea** → Simulazioan erabilitako sentso-re edo eragingailuren bat martxan jartzea ez lortzea. Arriskua gertatzeko probabilitatea handia da, ez baita orain arte mikrokontrolagailu horrekin lan egin eta horren eragina osagaiaren araberakoa izango da.
- **Ez lortzea muntaia egitea** → Eskulanak egiten oso trebea ez izanda, gertatzeko probabilitatea handia da eta baita eragina ere. Izan ere, muntaia ezin bada egin, proiektuaren zati handi bat egin gabe geratzen da. Beraz, arriskua gertatuz gero, konponbidea bilatu beharko da.
- **Planteatutako helburuak ez lortzea** → Hasieran adierazitako helbururen bat lortzen ez bada, arriskuaren eragina handia izango da eta arriskua gertatzeko probabilitatea helburuaren araberakoa da.

Helburuen artean, ez lortzeko probabilitate handiena duena aurretik azaldutako “osagai baten funtzionamendua ez lortzea” da eta hori gertatzen bada, irtenbide bat bilatu beharko da. Gainerako helburuak ez lortzeko probabilitatea txikia da.

Teknologia eta programazioa hezkuntzan

Atal honetan teknologiak eta programazioak hezkuntzan egin ditzaketen ekarpenak azalduko dira.

Teknologia gure egunerokotasunean gauza asko aldatzen ari da, hala nola, beste pertsonekin harremana izateko era, lan egiteko era eta baita ikasteko era ere. Orain dela urte batzuk, ikasgeletan ordenagailuak jartzen hasi ziren, eta zenbait kasutan, ikasleei *netbook* bat ere eman zitzairen, beti ere liburu eta koadernoen osagarri bezala erabiltzeko.

Ikasgeletan teknologia erabiltzea ez zaigu arraroa egiten, baina, hala ere, “tresna pasibo” gisa erabiltzen da, ikaslea aplikazio eta zerbitzuen erabiltzaile bihurtzen dituena. Ikasleek interneten informazioa bilatzen dute eta hainbat aplikazio erabiltzen ikasten dute, baina teknologiaren atzean dagoena ikusezina da beraiantzat [\[2\]](#).

Munduan geroz eta teknologia gehiago dago, eta beraz, ezin da orain dela urte batzuk ikasgeletan erakusten zena irakasten jarraitu. Gauzak berritzen doazen heinean hezkuntza ere berritu behar da. Ondorioz, teknologia lantzea geroz eta garrantzitsuagoa da. Horretaz gain, ikasleen interesekin konektatzea ere garrantzitsua da eta teknologiarekin hori lortzea errazagoa izan daiteke. Gainera, ikaslea teknologiaren erabiltzailea izatetik, teknologiaren sortzailea izatera pasatzen da [\[3\]](#).

Programazioa ikastea lagungarria da ikasleentzat gauza asko lantzen dituztelako. Esaterako, programa batek ez badu funtzionatzen, ikasleek akatsa bilatu eta ebazpen zuzena aurkitu behar dute eta horrek autozuzenketa bultzatzen du. Batzuetan, programa konplexuen ebazpena eskatzen zaie, eta horrekin batera, algoritmia lantzen da.

Teknologiarekin lan egiteak beste onura batzuk ere ekartzen ditu; metodologia hain zuzen. Teknologiak ikasgelan lan egiteko era aldatzen du ikasleek beste ikaskideen gomendioak eta laguntza eskatzen dute. Nahiz eta bakoitzak bere ordenagailuarekin lan egin, elkarlanean aritzen dira.

Gainera, eskola-adinean programatzen eta teknologiarekin lanean hasten diren ikasleak, aurreiritzi gutxiago dituzte unibertsitatean gradu tekniko bat ikasterako garaian. Beraz, inklusioa eta genero berdintasuna ere sustatzen ditu.

Gaur egun, geroz eta herrialde gehiagotan hasi dira ikastetxeetan programazioa irakasten. Esaterako, Estonia 2013. urtean hasi zen lehen hezkuntzan programazioa irakasten. 2014-2015 ikasturtean Frantzia programazio irakaskuntza eskaintzen hasi zen lehen hezkuntzan, baita Erresuma Batua ere lehen eta bigarren hezkuntzan. Izan ere, Erresuma Batuak laguntza asko eskaintzen ditu Arduino edo Raspberry Pi plakak erosterako orduan. Alemanian ere, gaur egun, hiru eskualdetan eskaintzen da eta laster Australian eskainiko da. Espainiari dagokionez, Nafarroa izan zen lehenengo autonomia erkidegoa eskoletan programazioa irakasten hasi zena matematikako irakasgaian, 2014-2015 ikasturtean.

Beste zenbait herrialdetan proiektu desberdinekin lanean ari dira. Estatu Batuetan, adibidez, Code.org proiektuak babes handia du. Proiektu horren helburua eskoletan programazioak duen abantailaz jabetzea da.

Erronka horiek aurrera eramateko, ikasleek tresna berriak behar dituzte. Hardwarearen aldetik, Raspberry Pi eta Arduino hardware librearen adierazle bihurtu dira. Programazioarekin eta robotikarekin lehenengo kontaktua egiteko egokiak dira, eta gainera, nahiko merkeak [\[2\]](#).

3.1. Arduino

Arduinoren kostu txikiari eta eskaintzen dituen funtzionalitateei esker, ordenagailu bidez kontrolatutako mekanismo mota guztietarako garapen-ingurunea bihurtu da. Ezaugarri horiek irakaskuntzarako plataforma egokia bihurtu dute. Merkatuan denbora gutxi daraman arren, lehen hezkuntzan, bigarren hezkuntzan eta unibertsitatean geroz eta gehiago erabiltzen da [\[4\]](#).

Jarraian, maila ertainean, zein unibertsitate mailan Arduino erabiltzearen abantailak eta zailtasunak azalduko dira.

3.1.1. Lehen eta bigarren hezkuntzan

Arduino erabiltzaile asko daude eta horiek egindako proiektuak eskuragarri daude. Beraz, oinarrizko proiektuak aurrera eramateko, erraz aurki daitezke horien azalpenak eta, askotan, kodea ere. Gainera, plaka asko eskaintzen ditu Arduinok, eta horrekin batera, proiektuak egiteko aukera zabala.

Hala ere, Arduinok lehen eta bigarren hezkuntzan lantzeko zenbait zailtasun ere izan ditzake. Arduino programatzaile trebeak ez direnentzat sortu zen, baina kode idatzian programatu behar da. Hori zailtasun handi bat izan daiteke lehen edo bigarren hezkuntzako ikasleentzat. Horri aurre egiteko, eskola askotan Scratch programazio-lengoaia erabiltzen da [\[3\]](#).

Scratch informatika-aplikazio bat da nagusiki haurrei zuzendua, interfaze grafiko sinple baten erabileraren bitartez ordenagailuen programazioaren kontzeptuak esploratzea eta saiakuntzak egitea baimentzen duena. Scratchen objektu guztiak, grafikoak, soinuak eta komandoen sekuentziak modu errazean inportatu daitezke programa berri batean eta hainbat

eratan konbinatu, hasiberriei emaitza azkarrak lortu eta gehiago saiatzeko eragiten diena. Oso intuitiboa da eta 7 urtetik gorakoentzat pentsatuta dago [\[5\]](#).

Eskoletan, kasu batzuetan, Scratch programaziorako ingurumen grafikoarekin lan egiten hasten dira, gero, Scratch for Arduinora pasatzen dira, Arduino mikrokontrolagailuarekin harremanean jartzeko, eta azkenik, kode idatzira pasatzen dira.

Bestalde, hardware arazoa dago. Proiektu bat egiteko, hardware konkretu bat erabiltzen da, baina beste proiektu bat landu nahi bada, askotan, hardwarea aldatu behar da eta hori nahasgarria izan daiteke ikaslearentzat. Hala ere, oztopo handiena irakasleria da. Orokorrean, irakasleak ez daude behar bezala prestatuta Arduino (edo Raspberry Pi) irakaskuntzan erabiltzeko.

Eskolan landu behar diren proiektuak ikasleentzat interesgarriak izan behar dira. Beraz, sormena, elkarreragiletasuna, aniztasuna eta gustu pertsonalak betetzen dituzten proiektuak proposatu beharko lirateke. Horrela, ikasleak motibatuz, irakasleek beraien arreta berenganatuko lukete.

Horrelako proiektuak egiterakoan teknologia-mundua hobeto ulertzen da. Metodologiari dagokionez, ikasleei arazoak konpontzen laguntzen die, batzuetan, interneten informazioa bilatuz (autoikasketa), eta beste batzuetan, ikaskideen laguntzarekin. Beraz, horrekin ere, taldean lan egiten eta rolak banatzen ikasten dute (proiektuaren zuzendaria, hardware-eko arduraduna, dokumentazioaren arduraduna...). Sormena, laguntasuna eta erantzukizuna bezalako baloreak lantzen dira. Era berean, Do-it-yourself filosofia lantzen da [\[3\]](#).

Arduino mikrokontrolagailua beste ikasgai batzuetarako material lagungarria sortzeko baliabide merkea izan daiteke. Zenbait kasutan, bigarren hezkuntzan, Arduino plataforma erabiliz, lehen hezkuntzarako irakasgaireren batean baliagarria izan daitekeen materiala sortu da. Esaterako, Tolosako Herrikide Ikastetxeko bigarren hezkuntzako ikasle talde batek Arduinon oinarritutako inkubagailu bat egin zuen lehen hezkuntzako ikasleei txiten jaiotza azaltzeko [\[6\]](#).

Izan ere, proiektu honen helburuetako bat ere, hori da. Etorkizunean, bigarren hezkuntzako ikasleei proiektu gidatu gisa eguzki-sistemaren simulazioa planteatzea, aurrerago, lehen hezkuntzako ikasleentzat erabilgarria izan daitekeena zenbait kontzeptu azaltzeko.

3.1.2. Unibertsitate maila

Azken urteotan, zientzia eta ingeniarietako graduetan, programazioaren irakaskuntza orokortu egin da. Ordenagailuak oinarritzko tresnak bihurtu dira eta beharrezkoa da horien oinarriak ezagutzea. Gradu horietako irakasleek programazioa irakasteko erronka konplexu bati egin behar diote aurre, ikasleek programazioaren oinarritzko kontzeptuak ulertzeko arazo asko dituztelako eta lortutako emaitzak ez direlako oso onak izaten. Irakaskuntza-eredu berritzaileak erabiltzeak ikasleari hasierako kontzeptu horiek ulertzen lagun diezaioke.

Arduinok hezkuntza-prozesua aberasten du, ikasle, irakasle eta ikertzaileek euren materiala, tailerrak, adibideak eta tutorialak sortzen dituztelako. Halaber, beste unibertsitateetako kideekin sortutakoa elkarbanatzeko aukera dute.

Granadako Unibertsitateko Biologia graduako irakasle batek Oinarrizko Programazioa irakasgaia eman zuen bi urtez jarraian [5]. Lehenengoan, metodologia tradizionala erabili zuen, eta bigarrenean, berriz, Arduino plataforma erabili zuen. Ikasle guztiek beren ezagutzak neurtzeko azterketa bat egin zuten, eta horretaz gain, programazioari buruzko inkesta bat egin zuten bost balioko Likert eskala erabiliz.

Arduino moduluak erabili ez zituzten eta erabili zituzten ikasleen arteko emaitzak konparatzen badira, argi ikus daiteke Arduino plataforma erabiltzea eraginkorragoa dela. Lehenengo kasuan, lortutako emaitzen batez bestekoa 5,7 izan zen, eta Arduino plataforma erabiliz 6,8. Gainera, metodologia tradizionala erabiliz, ikasleen %54-ak bakarrik lortu zuen programazio maila ona edukitzea, eta metodologia berritzailea erabiliz, aldiz, %74-ak. Ikasleek betetako inkestan ere, metodologia tradizionalan %55-ak esan zuen programazioa gustuko zuela eta Arduino bidezko metodologia berriz, ikasleen %67-ak. Beraz, nabarmena da Arduino erabiliz ikasleek gusturago eta gehiago ikasten dutela. Ikasleek ez dute soilik programazioaren ezagutzak ikasten, horiek erabiltzen disfrutatzen dute, eta ondorioz, ikasleen etekina hobetzen da.

Ondorengo taulan, irakasle horrek bere ikasleekin Arduinorekin egindako praktikak programazioaren oinarrizko kontzeptuekin lotzen dituen zenbait adibide agertzen dira [5]:

Egindako praktika	Aplikaturako kontzeptua
Distira kopurua asmatzen	Aldagaiak
Musika sortzen	Array-ak
Gelako tenperatura neurtu	Datuen irakurketa eta idazketa
Argien bidez bitarrez idatzi	Datuen irakurketa eta idazketa
Kale-argi eraginkorra	For begiztak
Faro bat gelan	For begizta beste for baten barruan
Hurbiltasun alarma	While begiztak

Taula 3-1: Granadako Unibertsitatean egindako praktikak eta aplikaturako kontzeptuak

Aplikazio-garapenaren eta eredu interaktiboen esperimentazioari esker, ikasleek trebetasun eta gaitasun handiagoa lortzen dute. Horrela, kostu handiko tresnak erosteko aurrekonturik ez dagoenean, proiektu bat aurrera eramateko aukera handitzen da. Adibidez, Hradec Kralove-ko (Txekiar Errepublikako) unibertsitatean, kimikako irakasgaian, neurketak egiteko (pH-a, tenperatura, presioa...) neurgailu bat egin zuten Arduino plaka erabiliz [7].

Bestalde, Tapachulako Unibertsitate Politeknikoko (Mexiko) irakasleen arabera, Arduino plataformarekin lan egiteak, talde lana eta arrazoiketa logiko-deduktiboa erabiliz, arazoaren konponbidearen garapena indartzen du, eta ikasleen arabera, zirkuitu elektriko, elektronika eta programazioa sendotzen laguntzen du [8].

Informatika Ingeniaritzari dagokionez, UCM-n (Universidad Complutense de Madrid) Sistema Txertatu eta Banatuen Masterrean ureztatze-sistema eta aire girotua kontrolatzeko prototipo bat egin zuten bi Arduino Uno plaka eta Raspberry Pi plaka bat erabiliz. Arduino plaka bat ureztatze-sistemaz arduratzen zen, eta bestea, aire girotuaz; Raspberry Pi-ak, berriz, beste bi plakak kontrolatzen zituen. Horrela, sentsoreen daturen bat behar zenean, Raspberry Pi-ak agindu bat bidaltzen zuen eta Arduino plakek sentsorearen informazioa emanaz erantzuten zuten. Plaken arteko komunikazioa APC220 irrati moduluen bidez gauzatzen zen. Ikasleen arabera, horrela, klase teorikoetan landutakoa praktikan jarri zuten eta horrek Sistema Txertatu eta Banatuen arloan motibazioa areagotu zien [9].

Granadako unibertsitatean ere, azken urteetan, Informatika Ingeniaritzako eta Telekomunikazioko graduetan Arduino mikrokontrolagailua erabili dute praktikak egiteko behar duten kostu txikiko materiala sortzeko [10].

Beraz, unibertsitate mailan ere, Arduino mikrokontrolagailuarekin lan egiten da, eta emaitza onak ematen dituela ikusi da.

3.1.3. Proiektuen adibideak

Atal honetan, Arduino plataforma erabiliz, maila ertainean zein unibertsitate mailan egindako proiektuen adibideak azalduko dira.

3.1.3.1. Lehen eta bigarren hezkuntzan

Ondoren azaltzen diren hiru proiektuak Tolosako Herrikide Ikastetxeko ikasleek egindako proiektuak dira [6].

- **Incubegg** → Aurretik aipatutako proiektu hau bigarren hezkuntzako ikasleek garatu zuten 2013an eta honen helburua Arduino bidez kontrolatutako inkubagailu bat diseinatzea izan zen. Aurrerago, lehen hezkuntzako ikasleei txiten jaiotza azaltzeko erabili zen.
- **Kubo** → Adineko pertsonentzat pentsatutako jolas baten proiektua izan zen. Kolore desberdinetako argiak zituen kuboak zen eta erabiltzailearen helburua argi gorria aurkitzea eta buruz gora jartzea zen. Kuboak soinu bat egiten zuen emaitza zuzena zela jakinarazteko, eta berriz ere, koloreak nahasten zituen. Kuboaren helburua adineko pertsonen zentzumenak lantzea izan zen.
- **Izar Galaktik** → Proiektuaren helburua Arduino plaka batekin datuak erregistratzen zituen zunda-globo bat egitea izan zen. 2014ko apirilean martxan jarri zen Euskalmet Estaziotik eta 28.000 metroko altuera lortu zuen. Esperientzia amaitzerakoan, Euskalmeteko zunda-globoak eta ikasleek egindako zunda-globoak hartutako datuak alderatu ziren.

3.1.3.2. Unibertsitate maila

Atal honetako lehenengo bi proiektuak Tapachulako Unibertsitate Politeknikoan garatu ziren [8], eta beste laurak, Sevillako unibertsitateko Fisika graduko ikasleek egindakoak dira [11]. Prototipoak zientzia, teknologia eta ingeniari arloetan ikasleek, irakasleek eta ikertzaileek aurrera eraman ditzaketen proiektuen adibideak dira.

Lehenengo bien eraikuntza ikasleentzat baliagarria izan zen, izan ere, zirkuitu elektrikoaren, elektronikaren eta programazioaren kontzeptuak lantzen lagundu zien. Gainera, lehenengo adibidean, Arduino plakaren eta mugikorraren arteko bluetooth bidezko komunikazioa ere landu zuten.

- **Urruneko etxearen eredia** → Proiektu honen helburua Arduino mikrokontrolagailua erabiliz, urruneko etxe bateko argien eta beste gailuen erabilera automatizatzea izan zen, mugikorraren bidez urrutitik kontrolatzeko aukera emanaz. Arduino txartelaren eta mugikorraren arteko komunikazioa bluetooth bidez egin zen. Horretarako, HC-06 bluetooth modulua erabili zen.
- **Zakarra biltzen duen robota** → Teknologiaren aurrerapausoak aprobetxatuz, eguneroko lanak erraztea zen robotaren helburua. Robotak, ausaz, norabide guztietan mugitu behar zuen, bere plataformatik eta mugatutako eskualdetik atera gabe. Hori lortzeko, ertzak detektatzeko TES (Transition Edge Sensor) sentsoreak erabili ziren. Gainera, mezuak pantailaratzeko LCD (Liquid Cristal Display) pantaila eta Arduino txartelean kalterik ez gertatzeko hozteko mekanismoa inplementatu zen tenperatura sentsore bat erabiliz.

Objektuaren tamainaren arabera, robotak erabakitzen zuen objektua hartu eta bere edukiontzian utz zezakeen edo ez.

Ondorengo lau proiektuen helburua ingeniari eta robotika arloak landuz sentsoreen eta seinaleen prozesamendua ikastea izan zen. Banakako proiektuak izanik, autonomoak izaten eta sormena lantzen lagundu zien.

- **Modu autonomoan eta oztopoak ekiditen mugitzen den robota** → Parallax enpresaren Boe-Bot [12] robotaren xasisa aukeratu zen robota egiteko. Muntaia egiteko, bi led infragorri eta infragorri hartzaileak erabili ziren. 38kHz-etako argi infragorria bidaltzen zen. Infragorri hartzaileak LED-ek bidalitako argi-keinuak antzematen zituenean, Arduinoari 0 bat bidaltzen zion, eta 1 balioa argi-keinu ez zituenean antzematen. Horrela, LED infragorria objektu batean islatzen zen edo ez jakin zitekeen. Oztopoak ekiditeko programa sinple bat kargatu zen Arduino plakara. Robotak aurrera jarraitzen zuen abiadura konstante batean (9cm/s) eta oztopoa antzematen zituenean geratzen zen. Eskuineko infragorri hartzaileak objektua detektatzen bazuen, ezkerrera biratzen zuen, eta alderantziz.

Ikasleak bi ultrasoinu sentzore eta giroskopio bat gehitu zizkion plataformari modu autonomoan maniobrak egiteko. Ultrasoinuak distantziak neurtzeko erabili ziren eta giroskopia robotaren norabidea kontrolatzeko.

- **Koloreak entzutea** → Proiektu hau ikusmen arazoak dituzten pertsoneri laguntzeko asmatu zen. Honi esker, koloreak desberdintzeko gai ziren. Proiektua aurrera eramateko, argi sentzorea eta LED-ak erabili ziren. Kolore bat detektatzen zenean (gorria, berdea edo urdina) zegokion LED-a pizten zen eta burrunbagailuaren bidez melodia bat entzuten zen. Kolore bakoitzak melodia desberdin bat zuen, eta beraz, melodiari esker, zein kolore zen jakin zezaketen.
- **Ureztatze-sistema adimentsua** → Etxeko landareak automatikoki ureztatzea zen proiektuaren xedea. Horretarako tenperatura eta hezetasun erlatiboa neurtzen ziren, baita lurraren hezetasun-maila ere. Hezetasun erlatiboa neurtzeko, sentzore analogiko bat erabili zen, eta tenperatura neurtzeko, sentzore digital bat. Lurraren hezetasuna neurtzeko, berriz, ikasleak egindako sentzore bat erabili zen.
- **Tenperatura kontroladore adimentsua** → Tenperatura kontrolatzeko sortutako sistema zen. Tenperatura sentzorearen bidez, tenperatura neurtzen zen eta lortutako balioari gelan jarri nahi zen tenperatura kentzen zitzaion errorea lortzeko. Balio hori logikan oinarritutako kontrol lausoko sistemari pasatzen zitzaion eta jasotako balioaren arabera, manta elektrikoa edo haizagailua jartzen zen martxan tenperatura egokia lortu arte. Horretaz gain, LED-en bitartez adierazten zen tenperatura altuegia (gorria) edo baxuegia (urdina) zen.

3.2. Raspberry Pi

Arduinok hezkuntzarako eskaintzen duena aztertu ondoren, Raspberry Pi mikroprozesadoreak hezkuntzarako eskaintzen duena azalduko da.

3.2.1. Lehen eta bigarren hezkuntzan

KANO OS, irakaskuntzarako Raspberry Pi-rako sortutako sistema da. Sorkuntzarako eta jolaserako sortutako software libreko sistema eragilea da, bereziki gazteentzat sortutakoa. Honen interfazea oso erakargarria da, kolore askorekin eta erabilerraza. Erabiltzaileak erregistratzeko eta bere proiektuak hodeian gordetzeko aukera du. Hodeian gordetzen denez, beste gailu batetik konektatzen denean, proiektuak eskuragarri egongo dira.

Sistema eragile hori jolasean oinarritzen da gazteak erakartzeko. KANO OS sistema eragilean, programazioa ikasteko musika sortzeko edo marrazteko aplikazioak daude instalatuta. Horien artean, ezagunena Make Minecraft da, Minecraft-en bertsio bat. Python erabiliz edo bloketan oinarritutako eta oso erraza den lengoai-grafikoa erabiliz programa daiteke [\[12\]](#).

Hori kontuan edukita, Raspberry Pi mikroprozesadorearekin lehen eta bigarren hezkuntzan lan egitea oso interesgarria eta erraza da.

3.2.2. Unibertsitate mailan

Arduino bezala, geroz eta gehiago erabiltzen da Raspberry Pi mikroprozesadorea unibertsitate mailan. Esaterako, 2013-2014 ikasturtean Manchesterreko Unibertsitatean ingeniari itza informatikoa ikasten hasi zen ikasle bakoitzari Raspberry Pi bat eman zitzaion. Horrela, ikaslearen motibazioa lortu zen eta sistema eragileen eta konputagailuen arkitekturaren oinarritzko ezagutzak landu ziren. Linux sistema eragilea ezagutzea ere izan zen mikroprozesadore hau erabiltzearen arrazoietakoa bat [\[14\]](#).

York-eko unibertsitatean ere, Raspberry Pi mikroprozesadorearekin lan egiten dute. Urtero, lehiaketa bat antolatzen da unibertsitatean ikasten hasiko diren ikasleei programazio munduan sartzeko, aurretik programazioarekin eta mikroprozesadorearekin esperientzia duten edo ez kontuan hartu gabe [\[15\]](#).

Bestalde, Sevillako Unibertsitateko liburutegian, 2015. urtetik Raspberry Pi mikroprozesadoreak eskuragarri daude aste betez etxera eramateko eta nahi diren praktikak egiteko. Gainera, gailua erabiltzen ikasteko liburuak eta dokumentuak eskuragarri daude [\[16\]](#).

Ondorioz, unibertsitate mailan ere Raspberry Pi mikroprozesadorearekin lan egitea ikasleentzat baliagarria da, besteak beste, sistema eragileen eta konputagailuen arkitekturaren zenbait kontzeptu ulertzeko.

4

Hardwarea

4.1. Arduino

Arduino kode irekiko plataforma elektronikoa da, software eta hardware erabilerrazean oinarritzen dena. Elektronikaren erabilera eta sistema txertatuen programazioa erraztea da bere helburuetako bat. Plataforma guztia, bai hardwarea eta bai softwarea, kode irekikoak dira, beraz, edonork zabaldu dezake softwarea eta edonork egin ditzake Arduino plakak. Horiek aldeaz aurretik muntatuta edo DIY (do-it-yourself) motako kitetan eros daitezke.

Arduino plaketan hainbat mikroprozesadore eta kontrolagailu daude. Arduino plakek 8 biteko Atmel AVR mikrokontrolagailuak edo 32 biteko Atmel ARM mikroprozesadoreak erabiltzen dituzte. Sistema hauek sarrera/irteerako pin digitalak eta analogikoak dituzte eta, horiei esker, beste hedapen plaketara edo zirkuitu elektronikoetara konekta daitezke. Serie-komunikazioa ahalbidetzen du eta modelo batzuetan USB (Universal Serial Bus) portua erabiltzen da konputagailutik programak kargatzeko. Mikrokontrolagailuak programatzeko, normalean, C eta C++ programazio-lengoiaren “dialekto” bat erabiltzen da.

Arduino proiektua 2005ean hasi zen, artista, hobylari, ikasle, irakasle eta profesionalentzat (erraz eta merke) sentsore eta eragingailuak erabiltzen dituen gailu interaktiboak sortzeko. Hasiberriek egindako proiektuen adibideak, robot sinpleak, termostatoak eta mugimendu detektagailuak dira.

Esan bezala, Arduino kode irekiko hardwarea da eta hainbat Arduino plaka modelo daude. Nahiz eta modelo desberdinak egon, denek dute mikrokontrolgailu bat, sarrera/irteerako pin digitalak eta sarrerako pin analogikoak.

Mikrokontralagailua kontuan hartuta, Arduino plakak bi taldetan banatu daitezke: Arduino Uno eta Arduino Leonardo. Alde batetik, Arduino Uno plakak 8 biteko ATmega328P mikrokontrolagailuan oinarrituta daude. Mikrokontrolagailuak sketchak (Arduinorentzat egindako programak) exekutatzeko dituzte, eta konputagailuarekin komunikatzeko, bigarren mailako prozesadorea du. Bestetik, Arduino Leonardo plakek 8 biteko ATmega32u4 mikrokontralagailua erabiltzen dute eta hori da sketchen exekuzioaz eta konputagailuarekin

komunikatzeaz arduratzen dena. Beraz, prozesadore bat gutxiago erabiltzen dute eta kostua gutxitzen da.

Aurreko bi taldeetaz gain, Arduino Due dago. Horrek SAM3X8E mikrokontrolagailua erabiltzen du eta programazioa desberdina da. 32 biteko mikrokontrolagailua erabiltzen duen lehen Arduinoa da.

Programa bat martxan jartzeko, lehenik eta behin, programa konputagailuan idatzi behar da, gero konpilatu, eta azkenik, mikrokontrolagailura igorri behar da. Programa exekutatzen ari denean, ez da beharrezkoa konputagailuarekin konektatuta egotea. Programa memorian gordetzen da, eta beraz, nahiz eta mikrokontrolagailua itzali, pizterakoan programak memorian jarraituko du.

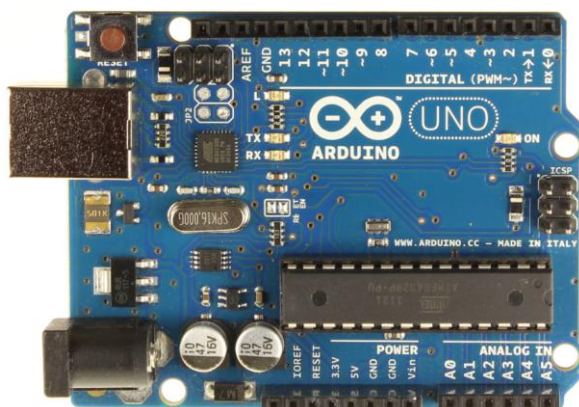
Arduino mikrokontrolagailu guztiak RS-232 serie konexioarekin programatzen dira. Gaur egun, plaka gehienak USB bidez komunikatzen dira, egokitzaile bati esker [\[17\]](#).

4.1.1. Arduino Uno

2011n aurkeztu zen eta Arduino plataformako erreferentzia modeloa da. Arduinoren lehenengo bertsioa da, eta hortik datorkio izena.

Ikastetxeetan gehien erabiltzen den mikrokontrolagailua da. Hasiberrientzat ere egokia izan daiteke merkea delako (25 euro baino gutxiago) eta prestazio onak eskaintzen dituelako.

ATmega328P mikrokontrolagailuan oinarritzen da. Sarrera/irteerako 14 pin digital ditu (horietatik 6 PWM [Pulse Width Modulation] irteera bezala erabil daitezke), 6 sarrera analogiko, USB konexioa, elikadura konektorea, mikrokontrolagailuaren abiarazlea zuzenean Arduino IDE-tik (Integrated Development Environment) programatzeko ICSP (In-Circuit Serial Programming) pinak eta berrabiarazteko botoia. Mikrokontrolagailuak behar duen guztia dauka; plaka USB kablearen bitartez konputagailura konektatu, elikadura iturrira konektatu edo bateriara konektatu behar da martxan jartzeko [\[17\]](#).



Irudia 4-1: Arduino Uno plaka

Plakaren ezaugarri nagusiak ondorengo taulan agertzen dira:

Ezaugarriak	
Mikrokontrolagailua	ATmega328P
Tentsioa	5V
Sarrerako tentsioa (gomendatutakoa)	7-12 V
Sarrerako tentsioa (muga)	6-20 V
S/I pin digitalak	14 (6k PWM irteera eskaintzen dute)
Sarrera analogikoak	6
S/I pin bakoitzaren tentsioa	20 mA
3.3V-ko pin bakoitzaren tentsioa	50 mA
Flash memoria	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Erloju-maiztasuna	16 MHz
Integratutako LED-a	13
Luzera	68.6 mm
Zabalera	53.4 mm
Pisua	25 g

Taula 4-1: Arduino Uno plakaren ezaugarriak

Ezaugarri horiei buruzko xehetasunak A eranskinean topa daitezke.

4.1.2. Beste plaka batzuk

4.1.2.1. Arduino Due

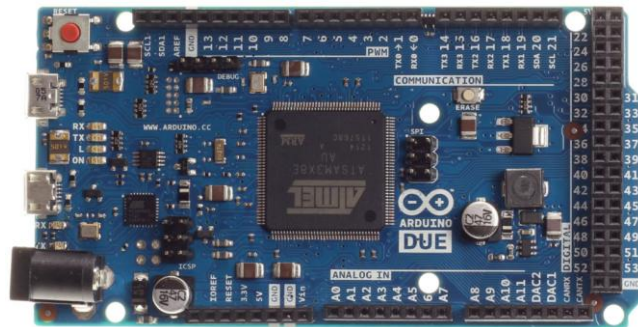
Arduino Due Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPUan oinarrituta dagoen mikrokontrolagailu plaka bat da. 32 biteko ARM core mikrokontrolagailuan oinarritutako lehenengo Arduino plaka da. Sarrera/irteerako 54 pin digital ditu (horietatik 12 PWM bezala erabili daitezke), 12 sarrera analogiko, 4 UART (Serie gailu eta portuak kontrolatzen dituen gailua), 84MHz-eko erlojua, USB konexio bat, 2 DAC (digital-analogiko) bihurtutako zirkuitu batean bi osagaien arteko komunikazioa egiteko 2 TWI (Two Wire Interface) bus, elikadura konektore bat, zirkuituen artean informazioa pasatzen duen SPI busa, PCB-ak (Printed Circuit Board-ak) testatzeko JTAG pinak, berrabiarazteko botoi bat eta beste bat berrabiarazteko.

Arduino plaka gehienek ez bezala, Arduino Due-k 3,3V-ekin funtzionatzen du. Sarrera/irteerako pinen tentsio maximoa 3,3V da. Sarrera/irteerako edozein pini tentsio handiagoa jartzen bazaio, plaka honda daiteke.

SAM3X txipetan sketchen karga AVR mikrokontrolagailuekiko desberdina da, flash memoriak birprogramatu aurretik hutsik egon behar duelako [\[17\]](#).

Arduino Uno eta Arduino Leonardo plakek baino kalkulu-potentzia askoz handiagoa du. Horregatik, prozesamendu ahalmen handia behar duten proiektuetarako egokia da. 32

biteko mikrokontrolagailua izanik, 4 byteko datuekin eragiketak egin ditzake erloju ziklo bakarrean. Gainera, SRAM memoria 96KB-ekoa da eta memoria atzitzeko DMA (memoriara atzipen zuzena) kontroladore bat du [\[18\]](#).



Irudia 4-2: Arduino Due plaka

4.1.2.2. Arduino Leonardo

ATmega32u4 mikrokontrolagailuan oinarritzen da. Sarrera/irteerako 20 pin digital ditu (horietatik 7 PWM irteera gisa erabil daitezke eta 12 sarrera analogiko gisa), 16MHz-tako kristalezko osziladorea, mini USB konexioa, elikadura konektore bat, ICSP pinak eta berrabiarazteko botoia.

ATmega32u4 mikrokontrolagailuak USB komunikazioa barneratua dauka, eta beraz, ez du bigarren mailako prozesadorerik behar. Horri esker, konputagailuarekin konektatzen denean, sagu eta teklatu baten moduan agertzen da, serie/COM portu birtualaz gain [\[17\]](#).

Arduino Uno plaka baino txikiagoa da, horregatik, erabiltzen du mini USB konexioa USB konexioa erabili beharrean. Beraz, proiektu txikiagoetan erabiltzeko egokia izan daiteke. Gainera Arduino Uno txartelak 14 pin digital ditu, eta Arduino Leonardo txartelak, berriz, 20 [\[18\]](#).



Irudia 4-3: Arduino Leonardo plaka

4.2. Raspberry Pi

Raspberry Pi zirkuitu-plaka bakarrek ordenagailu pertsonalen serie bat da. Raspberry Pi Foundation-ek garatu zuen Erresuma Batuan, eskoletan konputazio zientzien irakaskuntza sustatzeko asmoarekin. Elektronika proiektuetan erabil daiteke eta mahaigaineko ordenagailuek egiten dituzten lan gehienetarako ere balio du, hala nola, kalkulu-orriak, testu prozesua edo bideojokoak.

Raspberry Pi lehen generazioa Broadcomen BCM2835 txip bakarrek sistemaren (SoC) oinarritzen da. ARM1176JZF-S 700MHz-eko prozesadorea du eta VideoCore IV GPUa. Hasieran, 256MBeko RAM memoria zuen, baina aurrerago 512MBera handitu zen. Raspberry Pi-ak ez du disko gogorrik, baina hala ere, USB bidez konekta lekioko. Sistema abiarazteko eta memoria iraunkor bezala, SD edo microSD txartelak erabiltzen ditu.

Raspberry Pi fundazioak ARM prozesadoreentzat egokitutako Linux banaketa desberdinak jartzen ditu eskuragarri deskargatzeko. Horien artean, aipagarria Raspbian banaketa da, Debianen oinarrituta eta Raspberry Pi-arentzat optimizatua. Beste aukera bat, NOOBS (New Out of Box Software) irudia deskargatzea edo alde aurretik instalatuta duen txartela erostea da. NOOBS Linuxen hasiberrientzako egokitutako irudi bat da, Raspberry Pi-a lehenengoz abiarazterakoan menu bat aurkezten du erabiltzaileak banaketa aukeratu eta modu errazean instalatzeko. Programaziorako, Raspberry Pi fundazioak Python programazio-lengoaia gomendatzen du ikasleentzat. Hala ere, ARM prozesagailuetan konpilatu daitezkeen edozein programazio-lengoaia erabil daiteke. C, C++, Java, Perl eta Rubyrentzat euskarriak ere modu lehenetsian daude instalatuta plakan.

B modeloa 2012ko otsailean jarri zen salgai, eta A modeloa, berriz, 2013ko otsailean. 2015eko otsailean bost milioi Raspberry Pi saldu zirela adierazi zen Raspberry webgunean [\[19\]](#).



Irudia 4-4: Raspberry Pi plaka

4.3. Alderaketa

Arduino Uno eta Raspberry Pi-aren ezaugarriak alderatzen dituen 4-2 taulan oinarrituta, RAM memoria, CPU-aren maiztasuna edo biltegitratze ahalmena begiratzen bada, Raspberry Pi-a gailenduko da. Baina, ez da hori begiratu behar den gauza bakarra, gaitasun desberdinak dituzten bi plaka dira. Beraz, bakoitzaren beharretara gehien hurbiltzen dena aukeratu beharko da.

Arduino automata programagarria (mikrokontrolagailua) da eta Raspberry Pi-a, aldiz, ordenagailu (mikroprozesadore) bat. Bi plaka hauen artean bi desberdintasun nagusi daude. Alde batetik, sarrera/irteerako pin kopurua eta korrante eta tentsio ahalmena, eta bestetik, programazioa. Arduino denbora errealeko programazioan oinarritzen da eta Raspberry Pi mikroprozesadorea, berriz, datu askorekin lan egiten duen programazio trinkoan.

Ondorioz, egin nahi den proiektuaren arabera aukeratuko da zein plaka erabiliko den. Datuen biltzea egiteko, ingurunea aztertzeke, alarmak bidaltzeke etab. hau da, sentsoreekin eta eragileekin lotuta dauden proiektuak egiteko, Arduino erabiliko da; eta jasotako datuen analisia egiteko, erabiltzailearen interfaze grafikoa erabiltzeke, mezuak bidaltzeke, bideoarekin eta audioarekin lan egiteko... Raspberry Pi erabiltzea gomendatzen da [\[20\]](#).

Hortaz, proiektu honetarako Arduino Uno plaka erabiltzea komeni da, sentsoreen bidez datuak biltzen direlako eta ez delako behar datu askorekin lan egitea.

Ezaugarria	Arduino Uno	Raspberry Pi
Modeloa	R3	B modeloa
Salneurria	29.95\$	35\$
Tamaina	2.95"x2.10"	3.37"x2.125"
Prozesadorea	ATmega 328	ARM11
Erlojuaren maiztasuna	16 MHz	700 MHz
RAM	2KB	256MB
Flash	32KB	(SD txartela)
EEPROM	1KB	-
Sarrerako tentsioa	7-12V	5V
Intentsitate minimoa	42mA	700mA
S/I pinak	14	8
Sarrera analogikoa	6-10 bit	N/A
PWM	6	-
TWI/I2C	2	1
SPI	1	1
UART	1	1
Dev IDE	Arduino Tool	IDLE, Scratch, Squeak/Linux
Ethernet	N/A	10/100
USB Master	N/A	2 USB 2.0
Irteerako bideoa	N/A	HDMI, konposatua
Irteerako audioa	N/A	HDMI, analogikoa

Taula 4-2: Arduino Uno eta Raspberry Pi plaken alderaketa-taula

5

Eguzki-sisteman erabilitako teknologia eta azpiegitura

Atal honetan eguzki-sistemaren simulazioa aurrera eramateko erabili den materiala azalduko da.

5.1. Pausoz-pausokako motorra (28BYJ-48)

Lurraren mugimendua lortzeko motorra erabiltzea beharrezkoa da. Kasu honetan, biraketa-abiadura kontrolatu nahi izan da, baina horretarako, ezin da serbomotorra erabili, horrekin angelua soilik kontrola daitekeelako. Beraz, abiadura kontrolatu ahal izateko, pausoz-pausokako motorra erabili behar izan da.

Mota horretako motorretan ezin da abiadura zuzenean kontrolatu, pausuen arteko itxaron-denbora da kontrola daitekeena. Kasu honetan, tarte hori urruneko kontrol bidez (mugikorren bidez) kontrolatuko da. Mugikorrean zapaltzen den botoiaren arabera, bluetooth bidez komando bat edo beste bidaliko zaio Arduinoari, eta horren arabera, pausuen arteko itxaron-denbora aldatuko da. Geroz eta handiagoa izan itxaron-denbora, geroz eta mantsoago biratuko du motorrak.

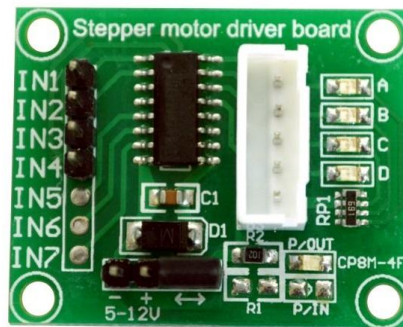
Proiektua garatzeko erabili den motorra 28BYJ-48 modeloa da, programatzeko sinplea delako. 5V-12V bitarteko tentsioarekin elikatu behar da, eta kasu honetan, 9V-ko pila bat erabili da. 50Ω-eko erresistentzia eta 55 mA-ko kontsumoa du.

Buelta bakoitzeko 4 pausu ematen ditu, baina motorrak 1/64-ko abiadura erreduktorea duenez, 256 (4*64) pausu behar ditu buelta osoa emateko.



Irudia 5-1: 28BYJ-48 pausoz-pausokako motorra

Motorrak 4 pin (IN1-IN4) dituen egokitzaille bat behar du Arduinoarekin konektatzeko. Horretarako, aurreko irudian ikusten den bezala, motorrak hari guztiak biltzen dituen konektore bat du zuzenean egokitzaillearekin konektatzeko. Gainera, egokitzailleak beste bi pin behar ditu elikatzeko. Kasu honetan, motorra ez da zuzenean Arduino plakaren bidez elikatuko, 9V-ko pila bat erabiliko da.



Irudia 5-2: Motorraren egokitzaillea

Motorrak hiru modu desberdinetan eman dezake bira osoa:

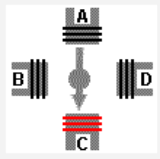
- Bi bobina batera kitzikatzen dira, eta beraz, bi bobina horien erdiko puntura mugituko da motorra.

PASO	BOBINA A	BOBINA B	BOBINA C	BOBINA D	
1	ON	ON	OFF	OFF	
2	OFF	ON	ON	OFF	
3	OFF	OFF	ON	ON	
4	ON	OFF	OFF	ON	

Irudia 5-3: Biratzeko lehenengo modua

- Bobina bakarra aktibatzen da, eta beraz motorra zuzenean bobina horretara mugituko da.

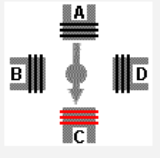
PASO	BOBINA A	BOBINA B	BOBINA C	BOBINA D
1	ON	OFF	OFF	OFF
2	OFF	ON	OFF	OFF
3	OFF	OFF	ON	OFF
4	OFF	OFF	OFF	ON



Irudia 5-4: Biratzeko bigarren modua

- Kasu honetan, 4 pausu egin beharrean, 8 erdi-pausu egiten ditu. Taulan ikusten den bezala, sekuentziaren hasieran bobina bakarra kitzikatzen da eta hurrengo pausuan, bi. Horrela, mugimendu leunagoa lortzen da [\[21\]](#).

PASO	BOBINA A	BOBINA B	BOBINA C	BOBINA D
1	ON	OFF	OFF	OFF
2	ON	ON	OFF	OFF
3	OFF	ON	OFF	OFF
4	OFF	ON	ON	OFF
5	OFF	OFF	ON	OFF
6	OFF	OFF	ON	ON
7	OFF	OFF	OFF	ON
8	ON	OFF	OFF	ON



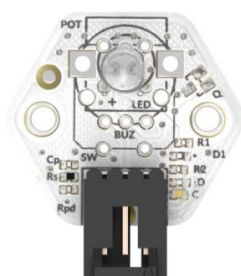
Irudia 5-5: Biratzeko hirugarren modua

5.2. LED-a (Light-Emitting Diode)

LED-ak korronea noranzko bakarrean pasatzen uzten duten diodo erdieroaleak dira eta aktibatzen direnean argia ematen dute [\[22\]](#).

Proiekturako erabili den LED-a BQ Zum Box kitekoa izan da, irismen handia zuelako. LED-ak hiru pin ditu, pin digital batekin lotu behar den seinalea (urdina), VCC (gorria) eta GND (beltza). Azkeneko bi pin horiek LED-a elikatzeko erabiltzen dira.

LED-a eguzkiaren argia simulatzeko erabili da eta burdin hariarekin batera egongo da biraka, argi sentsoreak uneoro argia antzeman dezan. LED honek irismen handia du, horrela, argi sentsoreak errazago antzemango du eklipsea gertatzen ari den edo ez.



Irudia 5-6: LED-a

5.3. Argi sentsorea

Erabili den argi sentsorea ere BQ Zum Box kitarekin datorrena izan da. Argi sentsoreak (fotoerresistentzia edo sentsore fotoelektriko bezala ere ezagututa) argia antzematzen du. Argiaren intentsitatea geroz eta handiagoa izan, geroz eta txikiagoa izango da korrontearen erresistentzia.

Sarrerako gailua da, programan datuak sartzen dituelako. Sentsore honek 0 (iluntasun osoa dagoenean) eta 800 (eguzkiaren argiak parez pare ematen dionean) bitarteko balioak itzultzen ditu. Balioak analogikoak dira, eta horregatik, pin analogikoekin lotu behar da (A0, A1, A2...). Arduino plakarekin konektatzeko hiru pin konektatu behar dira: pin analogikoarekin lotu behar den seinalea, VCC eta GND [\[23\]](#).

Argi sentsorea planetan kokatuko da, eguzkiaren argia simulatzen duen LED-aren argi-intentsitatea neurtzeko. Ilargia Lurra eta eguzkiaren artetik pasatzen denean, argi sentsoreak ez du argirik jasoko eta eklipsea gertatu dela antzemango du.



Irudia 5-7: Argi sentsorea

5.4. Kamera (OV7076 FIFO)

Proiektu honetan erabili den kamerak OV7670 irudi sentsorea du. Tentsio baxuarekin egiten du lan eta VGA (Video Graphics Array) kamera baten txip batek eta irudi prozesadore batek eskaintzen dituen funtzio berdinak eskaintzen ditu. SCCB (Serial Camera Control Bus) busaren bitartez, sentsoreak irudi guztia inprima dezake (gehienez 30 marko segundoko prozesa ditzake). Erabiltzaileak irudiaren kalitatea, datuaren formatua eta transmisio modua guztiz kontrola ditzake.

OmmiVision irudi-sentsoreak gabezi optiko edo elektronikoen murrizketa edo garbiketa egiten du irudiaren kalitatea hobetzeko eta kolore argia eta egonkorra lortzeko [\[24\]](#).

Kamera erabiltzearen arrazoia eklipsea ikustea da. Ideia ondokoa da: argi sentsoreak eklipsea gertatu dela antzematean, kamerak automatikoki argazki bat ateratzea eta bluetooth bidez mugikorrean gordetzea. Hala ere, beste edozein momentutan argazkia atera ahal izateko, mugikorreko aplikazioan botoi bat sakatzuz gero, argazkia ateratzeko aukera inplementatu nahi da.



Irudia 5-8: OV7670 kamera

5.5. Komunikazioa

Aurretik esan den bezala, Arduino plaka mugikorrarekin kontrolatu nahi da, eta horretarako, bien arteko komunikazioa beharrezkoa da. Hortaz, Arduinoarekin erabili daitezkeen haririk gabeko hiru komunikazio aukera aztertu dira: infragorriak, bluetooth-a eta WiFi-a.

5.5.1. Infragorriak

Lehenik eta behin, Arduino plaka infragorriak erabiliz nola konekta daitekeen azalduko da. Gaur egun, mugikor gehienek ez dute argi infragorriak, beraz, komunikazio mota hau erabili nahi izango balitz, urrutiko agintea erabili beharko litzateke sistema hau kontrolatzeko.

Urrutiko agintea hartzaileari seinale bat bidaltzeko LED infragorri bat erabiltzen duen gailua da. Gailu hauek argia erabiltzen dutenez, hartzailetik oso gertu egon behar dute eta parez pare. Irismena nahiko mugatua da, normalean 3 metro baino txikiagoa, hala ere, distantzia angeluaren menpe dago.

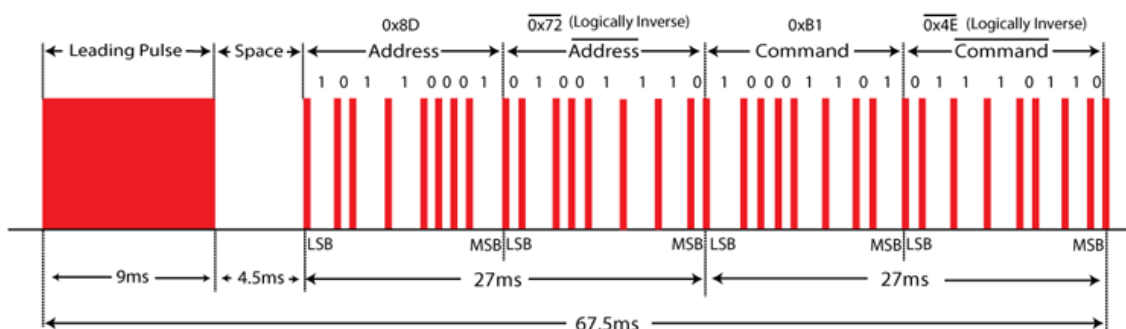
Erabiltzen duten argiaren heina 940nm-koa izaten da. Bidaltzen den uhinaren maiztasuna aldatzen da erabiltzen den protokoloaren arabera, baina normalean 36-50kHz artean egoten da, ohikoena 38kHz izanik.

Arduinorekin erabiltzen den protokoloa NEC (Nippon Electronic Company) da, 38kHz-etako maiztasuna du eta PDM (Pulse Distance Modulation) erabiltzen du.

Uhinaren periodoa $26\mu\text{s}$ -koa da eta pultsuen iraupenaren arabera 0 edo 1 balioa jaso den erabakitzen da. Pultsua $562.5\mu\text{s}$ -koa bada eta $562.5\mu\text{s}$ -ko hutsune bat badago, 0 bat da. $265.5\mu\text{s}$ -ko pultsua bada eta $1.675\mu\text{s}$ -ko hutsunea badago, aldiz, 1 izango da.

Protokolo honekin 8 biteko helbide bat bidaltzen da eta 8 biteko komandoa. Horrek esan nahi du, gehienez 256 gailu kontrola daitezkeela beste gailuetan eraginik sortu gabe eta 256 komando desberdin bidali daitezkeela.

Bloke bakoitza bi aldiz bidaltzen da, bat normal eta bestea logikoki alderantziz, erroreak saihesteko. Transmisioa 9ms-ko seinale batekin hasten da, 4.5ms-ko hutsune batez jarraituta, irudian ikus daitekeen bezala:

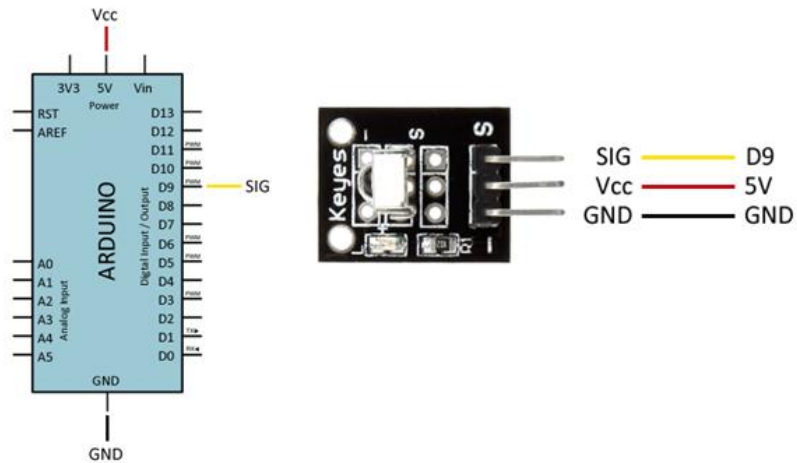


Irudia 5-9: Bloke baten transmisioa

Seinalea jasotzeko, AX-1838HS (HX1838) hartzaileak erabiltzen dira. Gailu hauek hiru borne izan ohi dituzte, sentsore infragorria, PCM (Pulse Code Modulation) eta egun-argia errefusatzeko preamplifikazioa.

Urrutiko agintea erabiltzeko liburutegi asko erabil daitezke, adibidez, Rafi Khan-en Arduino-IRremote.

Muntaiari dagokionez, modulua elikatzeko VCC eta GND pinak, Arduinoren 5V eta GND pinekin lotu behar dira, hurrenez hurren. Bestalde, moduluaren SIG Arduinoren edozein sarrera digitalera konektatu behar da, esaterako, D9. Beraz, eskema honakoa izango litzateke [25]:



Irudia 5-10: Moduluaren konexioaren eskema

5.5.2. Bluetooth

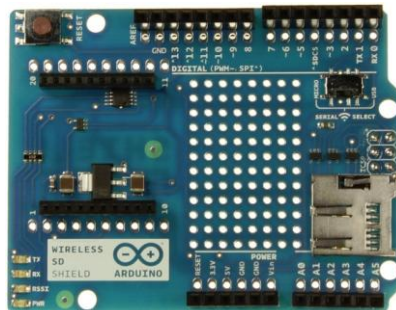
Arduino Uno plakaren eta mugikorraren arteko konexioa bluetooth bidez egiteko, bluetooth bee modulua eta wireless proto shield-a , HC-05 modulua edo HC-06 modulua erabili daitezke. Bluetooth moduluek nagusi edo morroi bezala egin dezakete lan. Morroiak direnean, beste gailu bat konektatzearen zain geratzen dira, eta nagusiak direnean, aldez, modulua gailuari konektatzen zaio.

5.5.2.1. Bluetooth bee modulua eta wireless proto shield-a

Aukera honetan bi osagai behar dira konexioa egiteko:

- **Wireless proto shield**

Arduino plaka haririk gabe ordenagailura edo mugikorrera konektatzea ahalbidetzen du. 30 metro baino gehiagotara komunikatu daiteke barnealdean eta 90 metro kanpoaldean (ikusmen lerroan).



Irudia 5-11: Wireless proto shield-a

Wireless Proto shield-ak “Serial Selection” izeneko etiketa duen etengailu bat du, *micro* eta *USB* aukerekin.

Micro aukera aktibatzen denean, moduluko DOUT pina mikrokontrolagailuaren RX pinera konektatzen da, eta DIN pina TX pinera. Mikrokontrolagailuaren RX eta TX pinak USB/Serie bihurgailuaren RX eta TX pinetara konektatuta egon beharko dira, hurrenez hurren. Mikrokontrolagailutik bidalitako datuak USB bidez bidaliko dira ordenagailura, eta, aldi berean, haririk gabeko moduluak ere bidaliko ditu. Micro aukera erabilia, mikrokontrolagailua ezingo da USB bidez programatu.

USB aukera aktibatzen bada, moduluko DOUT pina USB/Serie bihurgailuaren RX pinera konektatzen da, eta DIN pina TX pinera. Horrela, modulua zuzenean komunikatuko da ordenagailuarekin. Shield-a modu horretan erabiltzeko, mikrokontrolagailua sketch huts batekin programatu edo aurrekoa plakatik borratu beharko da [26].

- **Bluetooth Bee**

Xbee socketekin bateragarria den modulu txikia da. Puntu batetik bestera haririk gabe datuak bidaltzeko erabiltzen da. Xbee moduluen pin berdinak ditu, eta beraz, modu berean konekta daiteke. 10 metroko irismena du, 30 metro leku irekietan. Serie portu bezala funtzionatzen du eta AT komandoak erabiliz bluetooth-aren zenbait datu aldatu daitezke (izena, pasahitza, baudioak...) [27].



Irudia 5-12: Bluetooth bee modulua

Modulu honek ere etengailu bat du eta horren arabera bi funtzionamendu modu desberdintzen dira. Batetik, komunikazio modua, eta bestetik, konfigurazio modua.

- **Komunikazio modua** → Modulura bidaltzen den informazio guztia bluetooth bidez bidaltzen da eta moduluak bluetooth bidez jasotzen duen informazioa Arduino plakari bidaltzen dio.
- **Konfigurazio modua** → AT komandoak bidali daitezke modulua konfigurazio balioak ikusteko edo aldatzeko.

AT komandoa bidaltzen denean, OK bat erantzungo du konexioa ondo dagoela adierazteko. AT+NAME? komandoarekin modulua izena

bueltatuko du. AT+ROLE? komandoa erabiliz morroia edo nagusia den jakin daiteke. Erantzuna 0 bada, morroia (balio lehenetsia) izango da, eta erantzuna 1 bada, nagusia. Moduluaren pasahitza jakiteko AT+PSWD? komandoa erabiliko da. Azkenik, AT+UART? komandoak komunikazioaren konfigurazioa erakusten du (balio lehenetsia, 9600).

Komando hauekin ere moduluaren ezaugarriak aldatu daitezke. Izena aldatzeko AT+NAME=IZENA komandoa erabiliko da eta pasahitza aldatzeko AT+PSWD=1234 komandoa [\[28\]](#).

Ondorengo irudian ikusten den bezala, bi osagai horiek Arduinoarekin konektatzeko, bluetooth bee modulua Arduinoren wireless proto shield-aren gainean konektatu behar da, eta hori Arduino Uno plakaren gainean.



Irudia 5-13: Bluetooth bee eta wireless proto shield-a

Behin hori eginda, mugikorrean bluetooth-a aktibatu, Arduino plakarekin sinkronizatu (pasahitza "1234") eta Android aplikazioaren bidez konektatu behar da.

5.5.2.2 HC-05

Bigarren aukera, HC-05 modulua erabiltzea da. Modulu honek 6 pin ditu, baina komunikazioa ezartzeko 5 bakarrik erabiltzen dira. STATE pina moduluaren egoera adierazteko erabiltzen da, eta horregatik, ez da beharrezkoa pin hori erabiltzea.

Beraz, konexioa egiteko, moduluko GND pina Arduinoren GND pinarekin eta 5V-eko pina Arduinoren 5V-eko pinarekin lotu behar dira, horrela, modulua programatik piztu eta itzal daiteke. TXD pina 10. pinarekin lotu behar da eta RXD 11. pinarekin. Azkenik, KEY pina Arduinoren 4. pinarekin lotu behar da funtzionamendu modua aldatzeko. KEY pinak LOW balioa hartzen badu, komunikazio moduan egongo da, eta HIGH balioa hartzen badu, aldiz, konfigurazio modua. Ondorioz, KEY pina modulua konfiguratu nahi denean soilik konektatu daiteke, bestela, ez da beharrezkoa konektatzea.



Irudia 5-14: HC-05 modulua

Komunikazioa serie protokoloarekin gauzaten da, beraz, portu guztiak seriean funtziona dezaten, softwareSerial.h liburutegi berezia erabiliko da. Gainera, Arduinoren berezko serie portua libre utziko da programa arazteko.

Bukatzeko, HC-05 modulua eta mugikorra sinkronizatu behar dira. Horretarako, mugikorrean bluetooth-a aktibatu behar da eta moduluarekin konektatu, konfiguratutako izenarekin agertuko da mugikorraren pantailan eta pasahitza sartu beharko da [\[29\]](#).

5.5.2.3 HC-06

Azkeneko aukera, HC-06 modulua erabiltzea da. Modulu honek 6 pin eduki beharrean, 4 pin ditu. Gainera, morroi bezala bakarrik funtziona dezake eta agindu gutxiri erantzuten die.



Irudia 5-15: HC-06 modulua

GND pina Arduino plakaren GND pinera lotu behar da eta VCC pina 5V pinera. Beste bi pinak TXD eta RXD dira, eta horiek, plakaren 2. eta 4. pinari lotu behar dira, hurrenez hurren. Behin konexio horiek eginda, HC-06 modulua LED-a kliskatzen hasiko da, eta mugikorrarekin sinkronizatzen denean, LED-a piztuta mantenduko da [\[30\]](#).

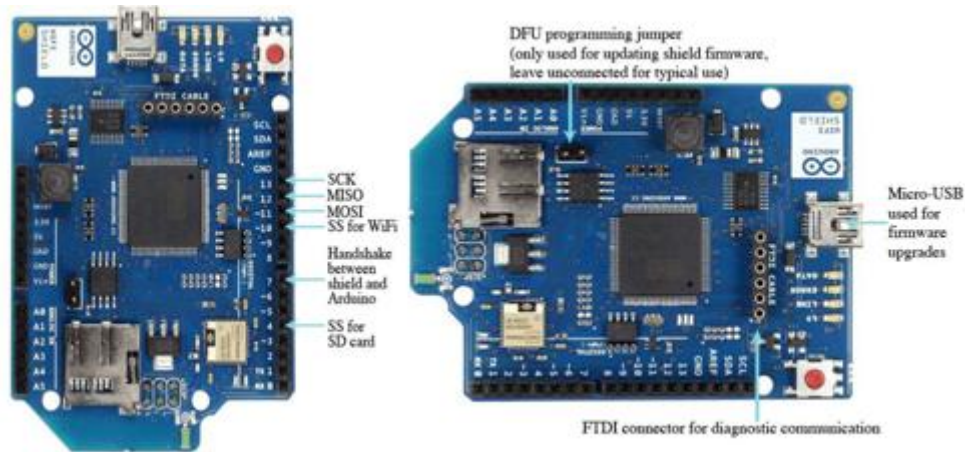
5.5.3. WiFi

Haririk gabeko konexioa da, baina aurreko biak baino irismen handiagoa du. WiFi bidezko komunikazioa egiteko ere aukera bat baino gehiago dago, Arduinoren WiFi Shield-a eta WIFI ESP8266 modulua.

5.5.3.1 WiFi Shield

Arduino WiFi Shield plakak Arduinoa haririk gabe internetera konektatzea ahalbidetzen du 802.11 estandarra erabiliz. WiFi liburutegia erabiltzen du internetera konektatuko diren sketchak idazteko. Sketchak plakara igotzeko, ordenagailuarekin konektatu behar da USB bidez.

WiFi shield-a WPA2 Personal edo WEP enkriptazioa erabiltzen duten sare enkriptatuetara konekta daiteke, baita sare irekietara ere. Plakak TCP eta UDP konexioak eskaintzen ditu eta Arduino Uno eta Arduino Megarekin bateragarria da. Pinak konektatuz Arduinoaren gainean jarri behar da, horrela, Arduinoak dituen pinak mantenduko dira. 5-16 irudian ikus daitekeen bezala, sarrera eta irteerak berdinak dira, baina batzuek funtzionamendu berezia dute.



Irudia 5-16: Arduino WiFi shield plaka

SD liburutegia erabiliz, fitxategiak gordetzeko micro-SD txartela sartzeko aukera dauka. SD txartelarentzako SS-a (Select Slave-a) 4. pina da. Plaka eta Arduino txartela konektatzeko SPI busa (11, 12 eta 13. pinak) erabiltzen da. 10. pina HDG204 (WiFi teknologia sistema txertatuetan helbideratzeko) aukeratzeko erabiltzen da. Pin hauek ezin dira sarrera/irteerako pinak bezala erabili. HDG204-ak eta SD txartelak SPI busa partekatzen dute, beraz, ezin dira biak batera erabili. 7. pina WiFi shield plakaren eta Arduinoaren bitartekari bezala funtzionatzen du.

Plakan Mini-USB konektore bat barneratuta dago eta AT32UC3 eguneratzeko erabiltzen da, Atmel DFU (Device Firmware Upgrade) protokoloa erabiliz. Jumper-a (hardware bidez bi zirkuituen arteko konexioa ixteko erabiltzen den elementua) konektatu gabe utzi behar da erabilera normalerako, bakarrik konektatu behar da DFU programazio modurako. FTDI (Future Technology Devices International) konexioa 32U-rekin seriean konektatzeko erabiltzen da, programak arazteko helburuarekin [31].

5.5.3.2 WiFi ESP8266

Bigarren aukera, WiFi ESP8266 modulua erabiltzea da. Modulu hori lehen aipatu den HC-05 modulua oso antzekoa da, AT komandoak erabiltzen dira moduluekin komunikatzeko serie-portu baten bidez. Serie-portu horren abiadura AT komandoekin aldatu daiteke. Gainera, aukera hau aurrekoa baino askoz merkeagoa da. Hala ere, Arduinoaren 3.3V pinak 50mA ematen ditu eta modulua martxan jartzeko hori baino gehiago behar da, beraz, zenbait saiakera egin behar dira martxan jartzea lortzeko. Behin

modulua konfiguratuta, moduluak esandako IP helbidera eta portura bidaliko du informazioa [\[32\]](#).



Irudia 5-17: WiFi ESP8266 modulua

5.5.4. Aukeratutako komunikazio mota

Hiru aukera horiek aztertuta, bluetooth komunikazioa erabiltzea egokiena dela erabaki da. Batetik, infragorriak oso mugatuak dira distantziari begiratuta, eta bestetik, WiFi erabilia distantzia ez litzateke arazoa izango, baina WiFi dagoen toki batean erabiltzera mugatzen du edo mugikorreko Internet konexioa erabiliz WiFi-a zabaltzera. Bluetooth bidezko komunikazioa erabilia mugikor batekin nahikoa da komunikazioa gauzatzeko.

Bluetooth aukeren artean, bluetooth bee modulua eta wireless protoboard shield-a erabiltzea erabaki zen, eskuragarri zeudelako, baina azkeneko momentuan, moduluak arazoak eman zituenez, HC-05 modulua erabiltzea erabaki zen sinplea eta merkea delako.

Eguzki-sistemaren garapena

Kapitulu honetan, lehendabizi, eguzki-sistemaren zati baten simulazioaren eraikuntza azalduko da eta ondoren, erabilitako osagai bakoitza kontrolatzeko egin behar izan diren pausuak azalduko dira, lagungarri den tokietan kode zatiak gehituz.

6.1. Eraikuntza

Eguzki-sistemaren simulazioa egiteko, oinarri gisa egur xafla bat erabili da eta erdian, eguzkia kokatu da hagaxka hariztatu bat erabiliz. Eguzkia simulatzeko, poliespan esfera bat erabili da eta erditik moztu da bertan Arduino Uno txartela, pausoz-pausokako motorra, HC-05 modulua eta gailuak elikatzeko beharrezkoak diren pilak sartzeko. Arduino Uno txartela elikatzeko pila euskailu bat erabili da 1,5 V-ko zortzi AAA motako pilekin, eta, motorra elikatzeko, aldiz, 9V-ko pila bat erabili da. Pila euskailua zuzenean Arduino Uno plakarekin lotu da egokitzaile bat duelako, 9V-ko pila, berriz, motorraren egokitzaileak dituen bi pinekin (positiboa eta negatiboa) lotu da bi hari erabiliz.

Motorrari burdin hari bat lotu zaio beste aldean planeta simulatzen duen poliespan esfera kokatzeko. Motorrak bere ardatzaren inguruan biratzen du, eta kasu honetan, burdin haria lotzeko ardatz horizontalean biratzea beharrezkoa da. Beraz, mugimendu aldaketa hori egiteko, *Thingiverse* (erabiltzaileek sortutako diseinu digitalak partekatzeko webgunea) [\[33\]](#) webgunean aurkitutako pieza bat [\[34\]](#) 3D inprimagailuan inprimatu da. Pieza hori motorraren ardatzera lotu da eta horren gainean burdin haria itsatsi da kolarekin.



Irudia 6-1: Motorrarentzat inprimatutako 3D pieza

Lehen aipatu den bezala, planeta simulatzeko ere poliespan esfera bat erabili da. Hori ere, erditik moztu da pausoz-pausokako beste motor bat, argi sentsorea, kamera eta motorra elikatzeke pila sartzeko. Motorrari beste burdin hari bat lotu zaio beste aldean ilargia kokatzeko. Beraz, berriz 3D pieza inprimatu da. Eguzkian dagoen motorrak pisu handia ez jasateko, planetari ere hagaxka hariztatu bat lotu zaio.

Eguzkiaren argia simulatzeko LED bat jarri da eguzkia eta Lurra lotzen dituen burdin harian. Horrela, argi sentsoreak uneoro antzemango du argia, eklipsea gertatzen denean izan ezik.



Irudia 6-2: Eguzki-sistemaren eraikuntza

6.2. Motorren kontrola

Eguzki-sistemak pausoz-pausokako bi motor ditu. Motor horiek, izenak dioen bezala, pausua ematen dituzte, eta beraz, abiadura kontrolatzeko pausuen arteko denbora aldatu behar da, ezin da abiadura zuzenean aldatu. Pausuen arteko denbora handitzen bada, abiadura mantsotuko da, eta txikitzen bada, berriz, abiadura azkartuko da.

Motorra kontrolatzeko, lehenik eta behin, programaren *setup* atalean motorraren lau pinak (lehen aipatutako IN1-IN4 pinak) irteera gisa erazagutu dira:

```
void setup () {  
    ...  
    pinMode (motor1Pin4, OUTPUT);  
    pinMode (motor1Pin5, OUTPUT);  
    pinMode (motor1Pin6, OUTPUT);  
    pinMode (motor1Pin7, OUTPUT);  
    ...  
}
```

Motorren abiadura mugikorraren bluetooth-aren bidez kontrolatu nahi da, beraz, mugikorreko aplikaziotik bidaltzen denaren arabera, abiadura azkartu edo mantsotuko da. Horretarako, hiru egoera sortu dira: azkarra ('A' karakterea), ertaina ('B' karakterea) eta

mantsoa ('C' karakterea). Mugikorraren bidez, hiru karaktere horietako bat bidali beharko da, beste karaktere bat bidaltzen bada, mezu bat pantailaratuko da mugikorrean, komando okerra bidali dela esanez.

```
void loop (){
    ...
    //abiadura azkarra
    if (egoera == 'A')
        {itxaronDenbora =2;}

    //abiadura erataina
    else if (egoera == 'B')
        {itxaronDenbora =18;}

    //abiadura mantsoa
    else if (egoera == 'C')
        {itxaronDenbora =50;}

    //komando okerra
    else
        {BT.println("Komando okerra bidali duzu, bidali
        A, B edo C");}
    ...
}
```

Aurreko kapituluan azaldu den bezala, motorra biratzeko hiru modu daude. Kasu honetan, motorrak lau pausutan emango du bira osoa. Horretarako, pausu bakoitzean bi pin aktibatuko dira eta aurretik esleitutako itxaron denbora egongo dira aktibatuta.

```
void loop (){
    ...
    // Lehenengo pausua
    digitalWrite(motor1Pin4, HIGH);
    digitalWrite(motor1Pin5, LOW);
    digitalWrite(motor1Pin6, LOW);
    digitalWrite(motor1Pin7, HIGH);
    delay(itxaronDenbora);

    // Bigarren pausua
    digitalWrite(motor1Pin4, HIGH);
    digitalWrite(motor1Pin5, HIGH);
    digitalWrite(motor1Pin6, LOW);
    digitalWrite(motor1Pin7, LOW);
    delay(itxaronDenbora);

    // Hirugarren pausua
    digitalWrite(motor1Pin4, LOW);
    digitalWrite(motor1Pin5, HIGH);
    digitalWrite(motor1Pin6, HIGH);
    digitalWrite(motor1Pin7, LOW);
    delay(itxaronDenbora);
}
```

```

// Laugarren pausua
digitalWrite(motor1Pin4, LOW);
digitalWrite(motor1Pin5, LOW);
digitalWrite(motor1Pin6, HIGH);
digitalWrite(motor1Pin7, HIGH);
delay(itxaronDenbora);
...
}

```

Sistema martxan jartzeko, hasieran, hiru abiaduretatik bat esleitu beharko zaio mugikorretik. Bi motorren abiadura ez da berdina izango, hau da, planetaren eta ilargiaren abiadura desberdina izango da, ilargiarena azkarragoa izango baita. Mugikorretik abiadura aldatzean bi motorren abiadurak proportzionalki aldatuko dira.

6.3. Bluetooth bidezko komunikazioa

Arduinok serie-komunikazioa gauzatzeko 0 eta 1 pinak ditu, baina SoftwareSerial.h liburutegia erabiliz beste pin batzuen bitartez komunikazioa egiteko aukera dago. Horregatik, Arduino Uno txartela mugikorrarekin bluetooth bidez konektatzeko SoftwareSerial.h liburutegia gehitu behar da sketcharen hasieran. Horretaz gain, RX eta TX pinak ere definitu behar dira, kasu honetan, 10 eta 11 pinak izango direnak, hurrenez hurren.

```

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial BT(10,11);

```

Behin erazagupena eginda, *setup* atalean bluetooth-aren abiadura ezarri behar da. Abiadura baudiotan (bit/s-tan) adierazten da eta konexioa egiteko, kasu honetan, 9600 baudiotan hasieratu da.

```

void setup() {
    ...
    BT.begin(9600);
    ...
}

```

Plakaren eta mugikorraren artean komunikazioa ezartzeko, HC-05 modulua erabili da. Honek 6 pin ditu, baina horietatik lau bakarrik erabili dira. Moduluko GND eta 5V-eko pina plakaren GND eta 5V-eko pinekin lotu dira, hurrenez hurren. RX pina 10. pinarekin lotu da, eta TX pina 11. pinarekin. Kasu honetan, STATE eta KEY pinak beharrezkoak ez direnez, ez dira erabili.

Mugikorra eta Arduino plaka komunikatzeko “Arduino bluetooth controller” aplikazioa [\[35\]](#) deskargatu da. Aplikazio horrek plakarekin komunikatzeko hainbat aukera eskaintzen ditu: mando itxura duen interfazea, balio digitalak bidaltzeko balio duen botoia, 0 eta 255 balioen artean datuak bidaltzeko barra eta terminala. Kasu honetan, terminala erabili da, Arduino Uno plakak bidaltzen dituen abisuak ikusteko egokiena delako.

HC-05

```
HC-05: eklipsea gertatu da
> a
HC-05: Komando okerra bidali duzu, bidali A, B
edo C
> A
```

type in command

Irudia 6-3: Aplikazioaren terminala

Bestalde, *loop* atalean, motorren kontrola egingo da. Motorrak mugikorraren bidez kontrolatzen dira, eta beraz, mugikorretik bidaltzen dena plakan jaso behar da. Horretarako, *available()* eta *read()* funtzioak erabili dira. Lehenengoa mugikorretik datuak bidali diren jakiteko erabiltzen da; eta bigarrena, aldiz, bidalitako datua irakurtzeko. *Egoera* aldagaian mugikorretik bidalitako datua gordeko da, pausuen arteko itxaron-denbora horren arabera izango delako.

```
void loop() {
    ...
    while (BT.available()) {
        egoera = BT.read();
    }
    ...
}
```

6.4. Argi sentsorearen kontrola

Lehendabizi, argi sentsorearen kontrola egiteko, LED-a parez pare eta simulazioan egongo den distantziara dagoenean jasotzen duen argi-intentsitatea neurtu behar da erreferentzia gisa hartzeko.

Argi sentsorea sentsore analogikoa da, eta horregatik, Arduino Uno plakaren sarrera analogiko batera konektatu behar da, kasu honetan, A0. Beraz, programaren hasieran, pin hori eta erreferentziako balioa erazagutu dira.

```
int pinLDR = A0;
int erreferentzia = 100;
```

Sentsorea uneoro egongo da argi-intentsitatea neurtzen eta datu hori aldagai batean (LDRbalioa aldagaian) gordeko da *analogRead()* funtzioa erabiliz. Jasotako datua erreferentzia

gisa hartu dena baino txikiagoa bada, ilargia LED-aren aurrean dagoela esan nahi du, eta beraz, eklipsea gertatu dela. Programaren zati hori behin eta berriz errepikatu nahi da eklipsea gertatu den edo ez ikusteko, hortaz, *loop* atalean egongo da.

```
void loop () {
    ...
    LDRbalioa= analogRead(pinLDR);
    if (LDRbalioa < erreferentzia){
        ...
    }
    ...
}
```

6.5. Kameraren kontrola

Ez da lortu erositako kamera martxan jartzea. Interneten tutorial asko jarraitu ondoren eta Arduinorekin esperientzia handiagoa duten pertsonekin hitz egin ondoren, helburu hori bete gabe uztea erabaki da. Horren ordeaz, eklipsea gertatzen denean, mugikorrean abisu bat jasotzea erabaki da.

6.6. Abisuaren kontrola

Argi sentsoreak eklipsea gertatu dela antzematen duenean, abisu bat bidaliko du mugikorrera. Horretarako, begizta nagusian, *println()* funtzioa erabili da, bertan “eklipsea gertatu da” mezua parametro gisa bidaliz.

Eklipsea gertatzen denean, mezu bakarra bidali nahi da, horregatik, *idatzita* aldagaia sortu da, behin mezua idazten duenean, ilargia berriz pasa arte ez idazteko berriz.

```
void loop () {
    ...
    if (LDRbalioa < erreferentzia && idatzita==0){
        idatzita = 1;
        BT.println("eklipsea gertatu da");
        delay(1000);
    }
    else{
        idatzita = 0;
    }
    ...
}
```

Ikastaroaren garapena

“Domotika, sentsoare eta automatizaziorako lehen urratsak Arduino plataforma erabiliz” ikastaroa UEU-n eskaini zen. Ikastaroa antolatzea Iñigo Lopez-Gazpio-ren proposamena izan zen, eta horregatik, bere laguntzarekin antolatu zen.

Ikastaroa antolatzerakoan, ekaina bukaeran egitea erabaki zen, eta beraz, Eibarreko Markeskoa Jauregian egitea egokitu zen. 10 orduko ikastaroa antolatzea erabaki zen, bi egunetan banatuta (ekainaren 29an eta 30ean).

7.1. Antolaketa

Ikastaroan Arduinorekin guztiz bateragarria den BQ enpresako Zum Core plaka erabili zen. Izan ere, Herrikide ikastetxeak BQ zum kit-ak utzi zituen ikastaroan erabiltzeko, eta horiek gabe zaila izango litzateke hainbeste plaka lortzea. Ikastaroa hiru zatitan banatu zen. Batetik, hasieran, Arduino-ren sarrera teoriko bat eman zen. Bertan, egin nahi den proiektuaren arabera, Arduinok eskaintzen duen plaken aukera zabala azaldu zen.

Zum Core plakaren ezaugarriak azaldu ziren, besteak beste, Arduino Uno plakak ez bezala, bluetooth modulua barneratuta duela eta hori komunikazioa lantzeko oso erabilgarria dela. Sarrerarekin bukatzeko, kit-ean datozen sentsoeren funtzioak aztertu eta azaldu ziren geroago egin ziren praktikan erabili ahal izateko. Ikastaroa domotikarekin lotuta zegoenez, sentsoare bakoitzak domotikan zer erabilpen eduki dezakeen azaldu zen.

Ikasleen programazio-maila oso desberdina zenez, bigarren zatian, BQ-k bere webgunean eskaintzen duen BitBloq aplikazioa erabili zen. Ikasle gehienak irakasleak izanik, nahiz eta batzuentzat bloke bidez programatzea errazegia izan, etorkizunean beraien ikasleei erakusteko oso tresna baliagarria da.

BitBloq erabiliz, sentsoeren erabilera azaltzeko BQ gidak eskaintzen dituen hainbat proiektu txiki egin ziren. Ondorengo taulan egindako praktiken adibide batzuk ageri dira, programazioaren oinarriko kontzeptuekin lotuta.

Egindako praktika	Aplikaturako kontzeptua
LED-a piztu	BitBloq aplikazioaren atalak: setup eta loop
LED-a piztu eta itzali	Delay funtzioa
Pultsadorea sakatzerakoan LED-a piztu, askatzerakoan itzali	If... else kontrol-egitura
Serie-portutik idatzi	Komunikazioa
Kontagailua	Aldagaiak
Potentiometroaren bidez LED-a kontrolatu	Sentsore analogikoak

Taula 7-1: Ikastaroan egindako praktika eta aplikaturako kontzeptua

Azkeneko zatiaren helburua kodean murgiltzea izan zen. Horretarako, lehenengo, Arduino IDE-aren egitura azaldu zen eta aurretik bloke bidez egindako programen kodea aztertu zen.

Bigarren egunean, bluetooth bidezko komunikazioa azaldu zen. Kasu honetan, BQ txartelak bluetooth-a barneratuta du eta ez du aparteko modulurik behar. Bukatzeko, ikasleei binaka egiteko domotikako proiektu baten ideia eman zitzaizen aurretik erabilitako sentsoreekin trebatzeko.

Ikastaroa prestatzeko materiala sortu zen: ikastaroaren informazio orokorra, Arduino plataformaren sarrera, BitBloq eta Arduino garapen-inguruneetan lantzeko praktikak, bluetooth konexioa erabiltzeko proiektu txikia, etab. [\[36\]](#)

7.2. Erabilitako tresnak

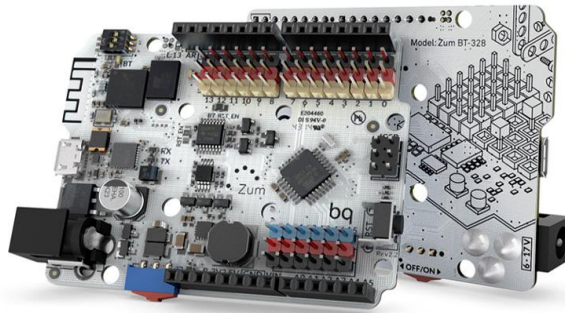
Hurrengo atalean ikastaroan erabilitako materiala eta programatzeko erabilitako garapen-inguruneak azalduko dira.

7.2.1. Zum box kit-a

Ikastaroan Zum box kit-ak erabili ziren eskuragarri zeudelako. Gainera, sentsore eta eragile desberdinak dituen bakoitzaren funtzioa azaltzeko aukera ematen du. Kit-ean dauden osagaiak honako hauek dira:

- **Zum Core**

BQ enpresak sortutako plaka da, Arduino Uno plakaren oso antzekoa dena. Arduino IDE-an plaka mota aukeratu behar da, Arduino Uno erabiltzen denean hori bera da aukeratu behar dena, baina plaka hau erabili nahi bada, Arduino BT plaka aukeratu behar da. Arduino IDE-arekin guztiz bateragarria da eta ez da beharrezkoa beste garapen-ingurunerik erabiltzea. Konexioari dagokionez, bluetooth modulua barneratuta du, eta beraz, erabiltzeko errazagoa da. Horretaz gain, hezkuntzarako pentsatuta dagoenez, sentsore eta eragileekin konektatzeko hiru pinetako konexioak eskaintzen ditu (GND, VCC eta seinalea) [\[18\]](#).



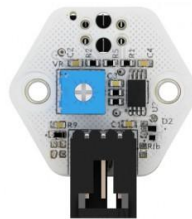
Irudia 7-1: Zum Core plaka

- **Pila euskailua**

Plaka ordenagailutik elikatu beharrean, pilen bidez elikatzeko aukera ematen du pila euskailuak. Horrela, proiektu bat egiten denean, ez da beharrezkoa izango ordenagailura konektatuta egotea. AAA motako 8 pila behar dira Zum Core plaka elikatzeko.

- **Sentsore infragorria**

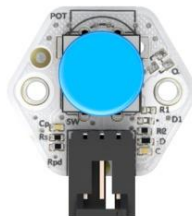
Argi infragorria igortzen duen gailua da eta islatutako argi infragorria neurtzen du. Horrela, zuria eta beltza bereizteko gai da eta zenbait kasutan distantziak neurtzeko ere. Sentsore digitala da, zuria antzematen duenean, 1 balioa bueltatzen du eta beltza antzematen duenean, 0 balioa.



Irudia 7-2: Sentsore infragorria

- **Pultsadorea**

Sentsore digitala da, sakatzen denean, aktibatzen da (1 balioa) eta askatzen denean, desaktibatzen da (0 balioa).



Irudia 7-3: Pultsadorea

- **Argi sentsorea**

Aurretik azaldu den bezala, argi sentsorea sentsore analogikoa da eta argiaren intentsitatearen neurketa bueltatzen du. 0 eta 800 balioen bitarteko balioak bueltatzen ditu, iluntasun osoa dagoenean, 0 bueltatzen du, eta argi-intentsitatea hazten den heinean balioa handitzen da [\[23\]](#).

- **Burrunbagailua**

Buzzer edo burrunbagailua maiztasun desberdineko soinuak igortzen dituen gailua da [\[37\]](#).



Irudia 7-4: Burrunbagailua

- **Ultrasoinu sentsorea**

Ultrasoinu sentsorea objektuen distantziak antzemateko maiztasun altuko uhinak erabiltzen dituen osagai elektronikoa da. Sentsoreak bi zati ditu: igorleak uhin seinalea bidaltzen du (trigger) eta hartzaileak gertu dagoen objektu batean islatutako uhin seinalea jasotzen du (echo). Hortaz, aurreko sentsoreek ez bezala, 4 pin ditu: GND, ECH, TRI eta VCC. Beraz, konexioa egiteko, ECH eta TRI pinak seinalerako prestatuta dauden pinetara lotu behar dira [\[38\]](#).



Irudia 7-5: Ultrasoinu sentsorea

- **Potentziometroa**

Potentziometroa erresistentzia aldakorra da, hau da, zirkuitu batean korrante elektrikoaren intentsitatea erregulatzeko gai den osagaia. 0 eta 1023ren arteko balioak bueltatzen ditu [\[39\]](#).



Irudia 7-6: Potentziometroa

- **LED-a**
Lehen azaldu den bezala, LED-ak korronea noranzko bakarrean pasatzen uzten duten diodo erdieroaleak dira eta aktibatzen direnean argia ematen dute [22].
- **Miniserboa**
0 eta 180 graduen artean bira dezakeen motor txikia da. Ezin da abiadura kontrolatu, zein posiziotara edo zein angelutara mugitu nahi den soilik kontrola daiteke [40].



Irudia 7-7: Miniserboa

- **Errotazio jarraituko serboa**
Errotazio jarraituko serboa bere biraketaren noranzkoa kontrolatzeko gai den zirkuitu elektronikoa duen motorra da. Serbo hauen posizioa ezin da kontrolatu, alde batera edo bestera biratzen egongo den denbora bakarrik kontrola daiteke. Errotazio jarraituko serboak, oro har, mugimendua sortzeko erabiltzen dira [41].

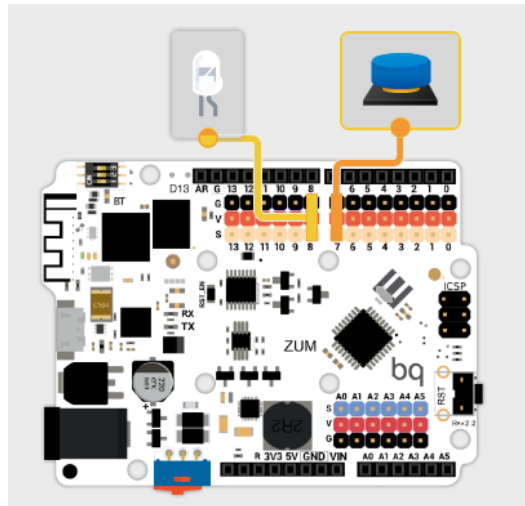


Irudia 7-8: Errotazio jarraituko serboa

7.2.2. BitBloq

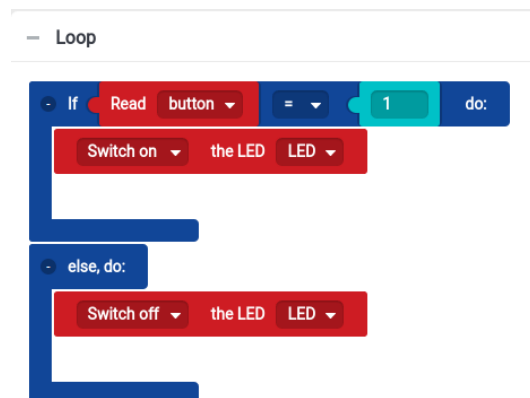
Ikastaroan, Arduinorekin lehen kontaktua egiteko BitBloq aplikazioa erabili zen. BQ enpresak sortutako tresna da, bloke bidez programatzeko erabiltzen dena. Dena den, kodea erabiliz programa daiteke eta bloke bidez programatzen denaren kodea ikusi ere. Programatzaile berrientzat erabilgarria da, sinplea eta intuitiboa delako.

Aplikazioak hiru atal nagusi ditu: hardwarea, softwarea eta proiektuaren informazioa. Hardware atalean, erabili nahi den plaka aukeratu behar da eta proiektua egiteko beharrezkoak diren sentsoak eta eragingailuekin lotu.



Irudia 7-9: BitBloq aplikazioaren hardware atala

Software atalean, Arduino IDE-an bezala, hiru atal bereizten dira. Programaren hasieran aldagai orokorrak, funtzioak eta klaseak erazagutzen dira; *setup* atalean, konfigurazioa egiteko hasierako aginduak jartzen dira eta *loop* atalean, programa nagusia sortzen da, hau da, behin eta berriz errepikatuko den begizta. Atal honetan, hardware atalean aukeratu diren sentzore eta eragingailuen arabera, bloke desberdinak egongo dira aukeratzeko.



Irudia 7-10: BitBloq aplikazioaren software atala

Azkenik, informazio atalean, egin nahi den proiektuaren informazioa gordetzen da: izenburua, laburpena, irudiak, etiketak...

BitBloq lehen hezkuntzan eta bigarren hezkuntzan erabiltzeko tresna interesgarria da. Ikasleentzat jolas baten antzekoa da eta konturatu gabe programazioaren oinarriko ezagutzak lortzen dituzte. Gainera, euskaraz erabiltzeko aukera ere badago. Unibertsitate mailan erabiltzeko, aldiz, errazegia da eta kode idatzian programatzen hastea komeni da.

7.2.3. Arduino IDE

Arduino IDE ingurunea oso sinplea da, ez ditu beste IDE batzuek dituzten funtzioak, baina programatzeko nahikoa da. Gainera, programak konpilatzeko behar diren tresna guztiak ditu eta liburutegiak eta plaka kudeatzeko sistema oso erabilgarria da.

Arduinoko programari *sketch* edo proiektu deritzo eta .ino luzapena du. Bitbloq aplikazioan bezala, sketch baten egitura sinplea da eta gutxienez bi ataletan banatzen da:

- Setup → Sketcharen hasieran deitzen zaio. Aldagaiak hasieratzeko, pinak sarrera edo irteerakoak diren adierazteko, liburutegiak erabiltzen hasteko... erabiltzen da. Setup atala behin exekututzen da, plaka pizterakoan edo berrabiarazterakoan.
- Loop → Programaren atal nagusia da eta izenak dioen bezala, begizta bat da, eta beraz, behin eta berriz exekututzen da. Arduino plaka kontrolatzeko erabiltzen da.

Bi atal horietaz gain, komentarioak erabiliz programaren sarrera bat egin daiteke, aldagaiak erazagutu daitezke eta liburutegiak gehitu.

Arduino IDE-ak erabiltzen duen programazio-lengoaia C++ lengoaiaren moldaketa da, baina Scratch programazio-lengoaiarekin bateragarria da [\[42\]](#).

7.3. Egindako praktikak

BQ Zum Box kitean dauden sentsoareak erabiliz, ikastaroan zenbait praktika proposatu eta landu ziren.

7.3.1. LED-ak

Hasteko, LED-ekin lotuta dauden hiru praktika txiki egin ziren. Lehenik eta behin, plakak LED bat integratuta du 13. irteera digitalarekin lotuta. Beraz, lehenengo pausua LED hori piztea izan zen. Horretarako, *pinMode()* eta *digitalWrite()* funtzioak azaldu ziren.

Praktika egiteko, lehenik eta behin, sketch-aren *setup* atalean, *pinMode()* funtzioa erabili zen 13. pin digitala irteera (OUTPUT) gisa konfiguratzeko.

```
void setup() {  
    pinMode(13, OUTPUT);  
}
```

Loop begiztan, aldiz, LED-a pizteko, *digitalWrite()* funtzioa erabili zen. Bertan, pin zenbakia eta LED-aren egoera adierazi behar dira. Funtzioaren lehenengo parametroa pin zenbakia da, eta bigarren parametroa, LED-aren egoera. Azken hori HIGH denean, LED-a piztuko da, eta LOW denean, berriz, itzali egingo da. Beraz, kasu honetan, LED-aren egoerak HIGH izan behar zuen.

```

void loop() {
    digitalWrite(13, HIGH);
}

```

LED-ekin trebatzeko garatu zen bigarren praktikan, LED-a bi segundoz (2000ms) piztu behar zen eta bi segundoz itzali. Hortaz, programa geratzeko erabiltzen den *delay()* funtzioa azaldu zen. Sketch-aren *setup* atala berdin mantendu zen, baina *loop* atala aldatu egin zen.

```

void loop() {
    digitalWrite(13, HIGH);
    delay(2000);
    digitalWrite(13, LOW);
    delay(2000);
}

```

Azkeneko praktika plakan barneratuta ez dagoen LED bat piztea izan zen. Horretarako, lehenengo, LED-a plakarekin konektatu behar zen eta *setup* atalean pin zenbakia aldatu (8.pina, adibidez).

7.3.2. If kontrol-egitura

If kontrol-egitura lantzeko, pultsadorea eta LED-a erabili ziren, pultsadorea sakatzean LED-a pizteko. Pultsadorea eragingailu bat da, eta beraz, sarrera (INPUT) gisa erazagutu behar zen *setup* atalean. Aurreko praktiketan bezala, LED-ak irteera izaten jarraitzen zuten.

```

void setup() {
    pinMode(7, INPUT);
    pinMode(8, OUTPUT);
}

```

Begizta nagusian, if kontrol-egitura erabili behar zen, horrela, pultsadoreak (7. pinak) 1 balioa hartzen zuenean, hau da, pultsadorea sakatzen zenean, LED-a pizten zen. Pultsadorearen balio digitala irakurtzeko, *digitalRead()* funtzioa erabili zen.

```

void loop() {
    if (digitalRead(7) == 1) {
        digitalWrite(8, HIGH);
    }
}

```

7.3.3. If... else kontrol-egitura

Aurreko praktikak arazo bat zuten, izan ere, botoia askatzean, LED-ak piztuta jarraitzen zuten, eta ez zen hori lortu nahi zena. Beraz, if... else kontrol-egitura azaldu zen, horrela, botoia askatzean, LED-a itzaltzen zen.

```

void loop() {
    if (digitalRead(button) == 1) {
        digitalWrite(LED, HIGH);
    } else {
        digitalWrite(LED, LOW);
    }
}

```

Zenbait praktika domotikarekin lotu ziren eta praktika honek gela bateko argia pizteko eta itzaltzeko botoiaren simulazioa zela azaldu zen.

7.3.4. “Kaixo mundua!” serie-portutik

Plaka kable bidez ordenagailuarekin konektatzeko, serie-portua erabiltzen da. Praktika honetan, serie-portuaren bitartez “Kaixo mundua!” idatzi behar zen Arduino garapen-ingurunearen serie-monitorean. Horretarako, lehenengo, sketch-aren hasieran, Arduino-ren `softwareSerial.h` liburutegiaren baliokidea den `BitbloqSoftwareSerial.h` liburutegia gehitu behar zen `#include` erabiliz. Konfigurazioa egiteko, komunikazio-abiadura ezarri behar zen baudiotan, kasu honetan, 9600 baudiotan. Horretaz gain, RX eta TX (0 eta 1) pinak ere erazagutu ziren.

```

#include <BitbloqSoftwareSerial.h>
BqSoftwareSerial serial_port(0, 1, 9600);

```

Behin hori eginda, `setup` atalean, serie-portua hasieratu zen aurretik esandako 9600 baudiotan.

```

void setup() {
    serial_port.begin(9600);
}

```

Azkenik, begizta nagusian bi segundoro “Kaixo mundua!” mezua pantailaratuko zela adierazi zen `println()` eta `delay()` funtzioak erabiliz. Plakak bidalitako mezuak ikusteko, Arduino IDE-aren serie-monitorea ireki behar zen.

```

void loop() {
    serial_port.println("Kaixo mundua!");
    delay(2000);
}

```

7.3.5. Mezu trukea serie-portutik

Praktika honetan, LED-a teklatu bidez kontrolatu nahi zen, hau da, “piztu” mezua teklatutik bidaltzen zenean, LED-a piztu behar zen, eta “itzali” bidaltzean, berriz, LED-a itzali. Horretarako, konfigurazio atalean, serie-portua eta LED-a hasieratu behar ziren.

```

void setup() {
    serial_port.begin(9600);
    pinMode(8, OUTPUT);
}

```

Serie-portutik bidaltzen zena irakurtzeko, *readString()* funtzioa azaldu zen. Funtzio horrek bueltatutako balioa aldagai batean (kasu honetan, token izeneko aldagaian) gordetzen zen eta horren arabera, LED-a pizten zen, itzaltzen zen edo komando okerra bidali zela pantailaratzen zen serie-portuan.

```
void loop() {
  String token = serial_port.readString();
  if (token == "piztu") {
    digitalWrite(8, HIGH);
  } else if (token == "itzali") {
    digitalWrite(8, LOW);
  } else {
    serial_port.println("Komando okerra");
  }
  delay(5000);
}
```

7.3.6. Kontagailua

Praktika honetan kontagailu bat egin behar zen, pultsadorea sakatzen zen bakoitzean unitate bat gehitu behar zen kontagailuan, eta 30-era iristean, LED-a piztu behar zen. Kontagailuaren balioa ikusteko, serie-portua erabili behar zen.

Beraz, lehenik eta behin, programaren hasieran *kontagailua* aldagaia sortu behar zen eta 0 balioarekin hasieratu. Arduinon oso garrantzitsua da aldagaiaren mota ondo aukeratzea, memoria mugatua baita.

Setup atalean, LED-a irteera gisa, pultsadorea sarrera gisa eta serie-portuaren abiadura (9600) erazagutu ziren.

```
void setup() {
  pinMode(8, OUTPUT);
  serial_port.begin(9600);
  pinMode(7, INPUT);
}
```

Programa nagusian, *digitalRead()* funtzioa erabili zen pultsadorea sakatzen zela antzemateko. Sakatzen zen bakoitzean aldagaiari bat balioa gehitzen zitzaion eta serie-portutik pantailaratzen zen horren balioa *print()* eta *println()* funtzioak erabiliz. Kontagailua 30-era iristean, *digitalWrite()* funtzioa erabiltzen zen LED-a pizteko.

```
void loop() {
  if (digitalRead(7) == 1) {
    kontagailua = kontagailua + 1;
    serial_port.print("Aldagaiaren balioa: ");
    serial_port.println(kontagailua);
  }
  if (kontagailua == 30) {
    digitalWrite(8, HIGH);
  }
}
```



```
    }  
}
```

7.3.7. Burrunbagailua

Praktika honen helburua, burrunbagailuaren funtzionamendua azaltzea zen. Burrunbagailuak balio analogikoak ditu, baina PWM pin digital batekin lotu behar da. Nota bakoitzak maiztasun desberdin bat du, eta maiztasun hori lortzeko, pulsu batean burrunbagailuak 1 balioa hartzen duen denbora aldatu behar da. Horregatik, pin digital batekin lotu behar da, 0 eta 1 balioekin lan egiten duelako. Burrunbagailua eragingailu bat da, eta beraz, irteera gisa erazagutu zen konfigurazio atalean.

```
void setup() {  
    pinMode(8, OUTPUT);  
}
```

Burrunbagailua martxan jartzeko, *tone()* funtzioa erabili zen. Funtzioaren lehenengo parametroa pin zenbakia da; bigarrena, jo nahi den notaren maiztasuna (do notarena 261Hz da) eta azkena, notaren iraupena milisegundoetan.

```
void loop() {  
    tone(8, 261, 2000);  
}
```

7.3.8. Infragorriak

Praktika honen helburua sentsore infragorriak eta burrunbagailua erabiliz alarma bat sortzea zen. Sentsore infragorriak gainazal zuria antzematen zuenean (etxeko atea irekitzen zela antzematean, adibidez) burrunbagailuak soinu bat egin behar zuen alarma bat simulatz.

Sketch-aren *setup* atalean, burrunbagailua irteera gisa eta sentsore infragorria sarrera gisa erazagutu ziren. Infragorria sarrera digital batera konektatu behar zen, 0 edo 1 balioak bueltatzen dituelako.

```
void setup() {  
    pinMode(8, OUTPUT);  
    pinMode(7, INPUT);  
}
```

Sentsore infragorriak gainazal zuria antzematen zuenean, bat balioa hartzen zuen, beraz, bat balioa hartzen zuenean, *tone()* funtzioa erabiliz, do nota jo behar zuen bi segundoz.

```
void loop() {  
    if (digitalRead(7) == 1) {  
        tone(8, 261, 500);  
    }  
}
```

7.3.9. Potentziometroa

Sentsore analogikoak lantzeko, potentziometroaren funtzionamendua azaldu zen. Kasu honetan, LED-a eta potentziometroa erabili ziren. LED-a piztuta eta itzalita zegoen denbora potentziometroaren balioaren araberakoa zen.

Beraz, konfigurazio atalean, LED-a irteera gisa eta potentziometroa sarrera gisa erazagutu behar ziren. Potentziometroa sarrera analogiko batera lotu behar zen, bi balio baino gehiago har ditzakeelako.

```
void setup() {
    pinMode(8, OUTPUT);
    pinMode(A5, INPUT);
}
```

Potentziometroaren balioa irakurtzeko, *analogRead()* funtzioa erabili behar zela azaldu zen. Balio hori aldagai batean gordetzen zen, *delay()* funtzioan parametro gisa sartzeko. Horrela, potentziometrotik irakurritako balioa zegoen LED-a piztuta eta itzalita.

```
void loop() {
    float potentziometroa = analogRead(A5);
    digitalWrite(8, HIGH);
    delay(potentziometroa);
    digitalWrite(8, LOW);
    delay(potentziometroa);
}
```

7.3.10. Argi sentsorea

Praktika honetan, argi-kontroladore automatikoa sortu nahi zen, hau da, argi sentsoreak iluntasuna antzematen zuenean, LED-a piztea; eta argia detektatzen zuenean, itzaltzea.

Lehenengo, *setup* atalean pinen konfigurazioa egin behar zen. Aurreko praktikan bezala, LED-a irteera gisa erazagutu zen eta argi sentsorea sarrera gisa. Argi sentsoreak 0 eta 800 arteko balioak har ditzake, beraz, sentsore analogikoa da eta sarrera analogiko batekin lotu zen.

```
void setup() {
    pinMode(8, OUTPUT);
    pinMode(A0, INPUT);
}
```

Loop begiztan, argi sentsorearen balioa irakurtzeko, *analogRead()* funtzioa erabili zen. Sentsoreak iluntasun osoa detektatzen zuenean, 0 balioa bueltatzen zuen, eta beraz, LED-a piztu behar zen. 1 balioa jasotzen zuenean, berriz, hau da, argia jasotzen zuenean (nahiz eta neurtutako balioa ez izan 1 beti pasako da 1 baliotik) LED-a itzali behar zen.

```

void loop() {
    if (analogRead(A0) == 0) {
        digitalWrite(8, HIGH);
    }
    if (analogRead(A0) == 1) {
        digitalWrite(8, LOW);
    }
}

```

7.3.11. Serbomotorra

Praktika hau serbomotorrekin trebatzeko proposatu zen. Hauen kontrola nahiko sinplea da. Baina serbomotorra erabiltzeko, lehenbizi, Servo.h liburutegia gehitu behar zen eta serboa erazagutu.

```

#include <Servo.h>
Servo servo;

```

Setup atalean, serbomotorraren pina adierazteko *attach()* funtzioa erabili behar zen.

```

void setup() {
    servo.attach(8);
}

```

Begizta nagusian, *write()* funtzioa erabili zen ardatzak zein angelutara mugitu behar zuen adierazteko. Adibide honetan, serbomotorraren ardatza 0 graduetan mantentzen zen bi segundoz, eta beste bi 45 graduetan.

```

void loop() {
    servo.write(0);
    delay(2000);
    servo.write(45);
    delay(2000);
}

```

7.3.12. Errotazio jarraituko serboa

Praktika honen helburua errotazio jarraituko serboen funtzionamendua azaltzea izan zen. Hauen portaera desberdina da, alde batera edo bestera mugitzen dira, baina ezin dira posizio zehatz batean geratu, denbora bakarrik kontrola daiteke.

Konfigurazio atala aurreko praktikaren berdina zen, izan ere, pin zenbakia soilik definitu behar da.

Loop atala, aldiz, aldatu zen errotazio jarraituko serboak ez duelako portaera berdina *write()* funtzioarekin. Sartutako parametroak ez du angelua adierazten, 0 parametroa sartzen bazaio, serboak erlojuen kontrako noranzkoan biratuko du; 180 parametroarekin erlojuen noranzkoan; eta 90 balioa sartzen bazaio, ez da mugituko. Beraz, adibide honetan, erlojuen

kontrako noranzkoan mugitzen zen bi segundoz, beste bi segundoz geratzen zen eta beste aldera biratzen zuen bi segundoz.

```
void loop() {
    continuous_servo.write(180);
    delay(2000);
    continuous_servo.write(90);
    delay(2000);
    continuous_servo.write(0);
    delay(2000);
}
```

7.3.13. Ultrasoniak

Praktika honetan, ultrasoinuaren funtzionamendua azaltzeaz gain, liburutegi desberdinen zehaztasuna neurtu nahi izan zen. Alde batetik, ultrasoinuak erabiltzeko BQ-k eskaintzen duen BitbloqUS.h liburutegia eta JRodrigoTech github-eko erabiltzaileak sortutako Ultrasonic.h liburutegia [\[43\]](#) probatu ziren, eta bestetik, liburutegirik erabili gabe distantziak kalkulatzeko proposatu zen. Hiru konparaketak egin ondoren, ikusi zen BitbloqUS.h liburutegia zehatzena zela.

Lehenengo bi kasuetan sketch-a sortzeko, lehenik eta behin, liburutegiak gehitu behar ziren `#include` erabiliz. Gainera, ultrasoinu sentsoreak bi seinale ditu: *echo* eta *trigger*. Beraz, bi pin erabili behar ziren ultrasoinua hasieratzeko.

```
#include <BitbloqUS.h>
US ultrasoinua(8, 7);
```

Praktika honen helburua ultrasoinuak neurtzen zituen distantziak serie-portutik pantailaratzea zen. Hortaz, *setup* atalean, serie-portua 9600 baudiotan hasieratu behar zen.

```
void setup() {
    serial_port.begin(9600);
}
```

Loop atalean, berriz, *println()* funtzioa erabiltzen zen serie-portutik datuak inprimatzeko.

```
void loop() {
    serial_port.println(ultrasoinua.read());
}
```

Ultrasoni sentsorearen bidez distantziak neurtzeko azkeneko aukera kalkulatuak formula baten bidez kalkulatu zen. Kasu honetan, konfigurazio atalean, serie-portua hasieratu behar zen eta *trigger* eta *echo* pinak definitu, 4 eta 3, hurrenez hurren.

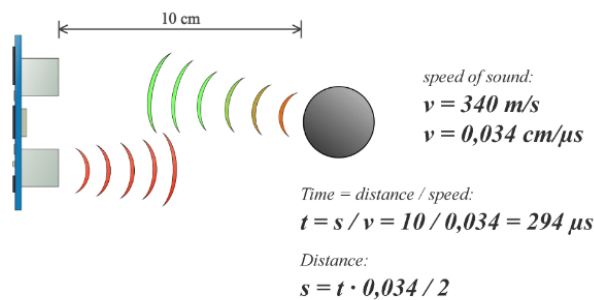
```
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(4, OUTPUT);
    pinMode(3, INPUT);
}
```

```
}
```

Loop atalean, lehenengo, milisegundo batez *trigger* pina aktibatu behar zen seinalea bidaltzeko eta ondoren desaktibatu. *PulseIn()* funtzioak, 3. pina, hau da, *echo* pina, aktibatzen zen arte pasatako denbora neurtzen zuen. Ondoren, distantzia kalkulatu behar zen eta serieportutik pantailaratu.

```
void loop() {  
    digitalWrite(4, HIGH);  
    delay(1);  
    digitalWrite(4, LOW);  
    duration = pulseIn(3, HIGH);  
    distance= duration*0.034/2;  
    Serial.println(distance);  
}
```

Distantzia kalkulatzeko, seinalearen iraupena jakitea nahikoa zen. Seinalearen iraupena soinuaren abiadurarengatik biderkatu behar zen, seinaleak egindako distantzia kalkulatzeko. Hala ere, distantzia hori zati bi egin behar zen, seinaleak joan etorria egiten zuelako.



Irdia 7-11: Seinalearen distantzia kalkulatzeko formularen azalpena

7.3.14. Bluetooth komunikazioa

Praktika honetan, mugikorraren eta plakaren artean komunikatzeko bluetooth konexioa azaldu zen. Komunikazioa egin ahal izateko, aurretik, plaka konfiguratu behar da AT komandoak erabiliz. Bluetooth komunikazioa lantzeko, AT komandoak azaldu eta probatu ziren.

Lehenago azaldu den bezala, BQ zum core plakak bluetooth-a barneratuta du, beraz ez da beste modulurik erabili behar. Plakak hiru kommutagailu ditu eta konfigurazio moduan jartzeko, lehenengo kommutagailua piztuta egon behar da, eta beste biak itzalita. Plaka honek ez du onartzen nagusia izatea, bakarrik morroia izan daiteke.

7.3.15. Domotikako proiektua

Azkeneko praktika egiteko domotikako proiektu baten ideia proposatu zitzairen, gela bateko pertsiak, argia... kontrolatzea, hain zuzen ere. Praktika binaka egin zen eta bikote bakoitzak

Arduino garapen-ingurunea erabiltzea edo BitBloq erabiltzea erabaki zuen. Zer sentsoare erabili eta bluetooth komunikazioa erabili edo ez ere bikotearen esku utzi zen.

Ondorioak eta etorkizuneko lana

Azken atal honetan, behin proiektua bukatuta atera diren ondorioak azalduko dira. Bestalde, proiektu honek izan ditzakeen hobekuntzak, edo etorkizunean egiteko interesgarriak izan daitezkeen lanak aipatuko dira.

8.1. Ondorioak

Lehenik eta behin, proiektua ekainean entregatzea aurreikusi zen, baina, azkenean, irailera atzeratzera egokiagoa zela pentsatu zen. Alde batetik, erositako materialaren entregatze datak asko atzeratu zuelako proiektua, eta bestetik, ekainean, oraindik ere, lan handia zegoelako egiteko. Beraz, ezinezkoa izan zen ekainean entregatzea.

Proiektua aukeratu zenean, Arduino plataforma ez zen asko ezagutzen. Nahiz eta Arduino hasiberrientzat prestatuta egon, zenbait kasutan, zailtasunak egon dira eta ordu asko sartu dira horren inguruan informazioa eta ebazpena bilatzen. Izan ere, arriskueta aurreikusi zen bezala, ez da lortu kameraren funtzionamendua, eta beraz, ez dira proiektuaren helburu guztiak bete. Horren ordez, eklipsea gertatzen denean, mugikorrean abisua jasoko dela erabaki da.

Nahiz eta ez lortu kamera martxan jartzea, proiektua modu arrakastatsuan amaitu dela esan daiteke gainerako helburuak bete baitira.

Proiektuaren bitartez, gaur egun, oso ezagunak diren bi plataformei buruz ikasi da eta horien erabilera-esparruak ezagutu dira. Etorkizunerako ezagutza horiek edukitzea baliagarria izango dela pentsatzen da.

Horrez gain, irudirik gordetzen ez bada ere, lehen hezkuntzan eklipseak ulertzeko erabili ahal izango den sistema eraiki da.

Ikastaroari dagokionez, esperientzia lagungarria izan da, batez ere, etorkizunean irakaskuntza munduan lan egin nahi bada. Gainera, ikastaroak arrakasta izan zuen plaza guztiak bete baitziren eta ikasleen balorazioa positiboa izan zelako.

8.2. Etorkizuneko lana

Ikasketa prozesua eta irakaskuntza-alorrean lehen esperientzia izatea arrakastaz burutu dira proiektuan. Hori horrela izanik, etorkizunerako lanak eguzki-sistema simulatzen duen prototipoaren gainean proposatzen dira. Etorkizunean egin beharreko atazen artean, garrantzitsuena, kameraren funtzionamendua lortzea izango litzateke, proiektuaren irismenean adierazitako atazen artean zegoelako.

1. Proiektua osatzeko kamera martxan jarri beharko litzateke. Horretarako, egin den azterketaren ondoren, egokiena erositako kamera alde batera utzi eta arducam shield-a erostea izango litzatekeela pentsatzen da.

Behin proiektuaren helburuak beteta, dokumentuaren hasieran aipatu direnen eguzki-sistemaren simulazioak dituen gabeziak hobetu edo denbora faltagatik burutu ez diren zenbait hobekuntza egin daitezke proiektua osatzeko:

2. Txosten honetan azaldu den adibide praktikoa etorkizunean eskola batean proposatzea interesgarria izango litzateke. Hala ere, aurretik zenbait hobekuntza egin beharko lirateke.
 - Simulazioan, bai Lurraren eta bai ilargiaren orbitak zirkularrak dira, muntaia egiterako garaian sinpleagoa delako. Baina lehen hezkuntzan eguzki-sistema azaltzeko erabili nahiko balitz, orbita eliptikoa egitea komeniko litzateke.
 - Adibide honetan, Lurraren translazio higidura bakarrik simulatu da, ez errotazioa, eta horregatik, egunero eklipse bat gertatzen da. Beraz, eklipseak azaldu nahi badira, errotazio higidura ere simulatu beharko litzateke.
 - Azkenik, eguzki-sistemaren simulazio osoa egin nahiko balitz, planeta guztiak simulatu beharko lirateke. Kasu honetan, planeta gehiago simulatzeak proiektuari ez dio zailtasunik gehitzen, soilik muntaia egiterako garaian motor gehiago erabili beharko liratekeela.
3. Planetan dagoen motorra, argi sentsorea eta LED-a eguzkian dagoen Arduino Uno plakara lotuta daude, beraz, eguzkitik Lurrera zenbait hari doaz. Lurra biraka dagoenez, hari horiek korapilatu egiten dira, eta horregatik, Lurrak ezin ditu bira asko eman. Hori konpontzeko, planetan beste Arduino plaka bat (Arduino Nano, adibidez) jarri beharko litzateke.

Hala ere, mugikorrekin bluetooth komunikazioa ezartzea zailagoa izango litzateke, lehenengo Arduino plaka batekin konektatu beharko litzatekeelako abiadura aldatzeko, eta gero, bestearekin, ezin baita bi Arduino plakekin batera konektatu.

4. Kamera martxan jartzea lortuko balitz, interesgarria izango litzateke kamerak ikusten duena zuzenean mugikorrean ikusi ahal izatea.

A. Eranskina: Arduino Uno plakaren ezaugarriak

A.1 Elikadura

Arduino Uno plaka USB konexioaren bidez edo kanpoko elikadura iturri baten bidez elika daiteke. USB konexioa erabiltzen ez bada, korrante alferno/korrante zuzeneko egokitzaile baten bidez edo pila baten bidez elika daiteke. Egokitzailea plakaren elikadura konektorerara konektatzen da, eta pila, aldiz, aurrerago azalduko diren GND eta VIN pinetan sar daiteke.

Plakak 6-20V-etan funtziona dezake, baina 7V baino gutxiagorekin elikatzen bada, 5V-eko pinak 5V baino gutxiago emango ditu eta plaka egoera ezegonkorrean geratuko da. 12V baino gehiagorekin elikatzen bada, aldiz, plaka honda daiteke. Beraz, 7 eta 12V tartean elikatzea gomendatzen da.

Arduino Uno plakak dituen elikadura pinak honako hauek dira:

- **VIN** → Kanpoko elikadura iturria erabiltzen denean, pin honetatik sartzen da tentsioa.
- **5V** → 5Veko tentsioa ematen dio pin honek plakari. Plaka elikatu daiteke elikadura konektorearen korrante zuzenaren bidez (7-12V), USB konexioaren bidez (5V) edo plakaren VIN pinaren bidez (7-12V). Plaka 5V edo 3.3V-eko pinetatik elikatzea ez da gomendatzen, plaka hondatu daitekeelako.
- **3V3** → 3.3V-eko tentsioa sortzen du eta eman dezakeen korrante maximoa 50mA da.
- **GND** → Ground pinak
- **IOREF** → Mikrokontrolagailuak funtzionatzen duen erreferentziazko tentsioa ematen du. Plakak IOREF pinaren tentsioa irakurri eta elikadura iturri egokia aukeratu behar du edo irteeretan tentsio bihurtutakoa aktibatuta 5V edo 3.3V-ekin funtzionatzeko.

A.2 Memoria

ATmega328-k 32KB-eko memoria du. Horretaz gain, 2 KB-eko SRAM-a (Static Random Access Memory) dauka eta 1 KB-eko EEPROM-a (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory).

A.3 Sarrera eta irteera

Plakak dituen 14 pin digitalak sarrera edo irteera moduan erabil daitezke, *pinMode()*, *digitalWrite()* eta *digitalRead()* funtzioak erabiliz. Pin guztiek 5V-etan funtzionatzen dute. Pin bakoitzak 40 mA eman edo jaso ditzake gehienez eta 20-50 kΩ-eko barne erresistentzia bat du (defektuz ez dago aktibatuta).

Gainera, pin batzuek funtzio bereziak dituzte:

- **Serie komunikazioa** → TTL serie datuak jasotzeko (RX) eta bidaltzeko (TX) erabiltzen dira 0 eta 1 pinak.
- **Kanpo-etengailua** → 2 eta 3 pinak. Pin hauek zenbait modutan konfiguratu daitezke *attachInterrupt()* funtzioa erabiliz.
- **PWM** → 3, 5, 6, 9, 10 eta 11 pinak. 8 biteko PWM irteera eskaintzen dute *analogWrite()* funtzioa erabiliz.
- **SPI (Serial Peripheral Interface)** → 10 (SS [Morroi bat aukeratzeko]), 11 (MOSI [Master Output Slave Input]), 12 (MISO [Master Input Slave Output]) eta 13 (SCK [Clock]) pinak. SPI liburutegia erabiliz SPI komunikazioa ahalbidetzen dute.
- **LED** → 13. pina plakan dagoen LED batera konektatuta dago. Pinak HIGH balioa duenean, LEDa pizten da, eta LOW balioa duenean itzaltzen da.
- **AREF** → Sarrera analogikoko erreferentziako tentsioa da *analogReference()* funtzioarekin moldatu daitekeena.
- **Reset** → Mikrokontrolagailua berrabiarazten du zero logiko bat bidaliz.

Arduino Uno plakak 6 sarrera analogiko ditu, A0-tik A5-era etiketatuta, horietako bakoitzak 10 biteko bereizmena (1024 balio desberdin) eskaintzen du. Defektuz, ground-etik 5V-ra neurtzen dute, nahiz eta balio altua aldatu daitekeen AREF pina eta *analogReference()* funtzioa erabiliz. Sarrera hauetatik bik funtzio berezia dute.

- **TWI** → A4 edo SDA (datuak) pina eta A5 edo SCL (erlojua) pina. TWI komunikazioa ahalbidetzen du Wire liburutegia erabiliz.

A.4 Komunikazioa

Arduino Uno-k erraztasun asko ditu konputagailuarekin, beste Arduino batekin edo beste mikrokontrolagailu batekin konektatzeko. ATmega328 mikrokontrolagailuak UART TTL (5V) serie

komunikazioa eskaintzen du, 0 (RX) eta 1 (TX) pinei esker. RX eta TX LEDak pizten dira USB/serie txipetik eta USB konexiotik konputagailura datuak bidaltzen edo jasotzen direnean.

SoftwareSerial liburutegiak Arduino Uno-ren pin digitalen arteko serie komunikazioa ahalbidetzen du.

ATmega328-k I2C (TWI) eta SPI konexioa onartzen du. Arduino softwareak Wire liburutegia du I2C busaren erabilera errazteko. SPI komunikaziorako, aldiz, SPI liburutegia erabili behar da.

A.5 Programazioa

Arduino Uno Arduino Softwarearekin programatu daiteke. Ingurunea oso sinplea da, ez ditu beste IDE batzuek dituzten funtzioak, baina programatzeko nahikoa da. Gainera, programak konpilatzeko behar diren tresna guztiak ditu. Liburutegiak eta plaka kudeatzeko sistema oso erabilgarria da.

Arduino IDE-ak erabiltzen duen programazio-lengoaia C++ lengoiaren moldaketa da. Arduinok *code* edo *api* bat eskaintzen du sarrera/irteerako pinen, portuen eta funtzio zehatzak egiten dituzten liburutegien programazioa errazteko. IDE-ak automatikoki liburutegi horiek gehituta ditu eta ez dira erazagutu behar.

ATmega328-k duen abiarazleak beste hardware-aren beharrik gabe kode berria plakara pasatzea ahalbidetzen du. STK500 protokoloa erabiliz komunikatzen da.

ATmega16U2-ko (edo 8U2 rev1 eta rev2 plaketan) firmware iturburu-kodea eskuragarri dago. Atmel's FLIP softwarea (Windows) edo DFU programatzailea (MAC OS X eta Linux) erabil daiteke firmware berria kargatzeko.

A.6 Berrabiarazte automatikoa (software)

Konputagailu batetik zuzenean berrabiarazi daiteke plaka, botoi fisiko bat sakatu gabe. Arduino Uno Mac OS X edo Linux duen konputagailu baten USB portutik konektatzen den bakoitzean, berrabiarazten da. Dena den, automatikoki ez berrabiarazteko konfiguratu daiteke.

A.7 USB-aren babes

Arduino Uno-k konputagailuaren USB portua babesten du korrante gehiegi dagoenean. Nahiz eta konputagailu gehienek babes hori eduki, plakak beste babes-geruza bat eskaintzen du. 500mA baino gehiago ematen bazaio USB portuari, konexioa eteten da.

A.7 Ezaugarri fisikoak

Arduino Uno-ren luzera maximoa 68,58 cm da eta zabalera 53,34 cm, USB konektorea eta elikadura konektorea kontuan hartuta. Torlojuentzako lau zulo ditu gainazal batera lotu nahi bada. 7. eta 8. pin digitalen arteko distantzia 160mil-ekoa da.

Bibliografia

- [1] Bitbloq aplikazioa: <http://bitbloq.bq.com/>
- [2] J. J. Velasco, “Niños programadores: para qué sirve la enseñanza de programación en las escuelas”, 2014
- [3] J. Pujol, “Arduino: Tecnología, programación y robótica en secundaria”, 2014
- [4] M. A. Rubio, C. Mañoso, R. Romero eta A. P. de Madrid “Uso de las plataformas LEGO y Arduino en la enseñanza de la programación”, 2014
- [5] Scratch programazio-lengoaia: [https://eu.wikipedia.org/wiki/Scratch_\(programazio-lengoaia\)](https://eu.wikipedia.org/wiki/Scratch_(programazio-lengoaia))
- [6] Bigarren hezkuntzan Arduino proiektuen adibideak: <http://www.educacontic.es/va/blog/robotica-educativa-con-arduino-en-el-aula-de-eso-incubegg-kubo-e-izar-galaktik-mertxe-j-badiola>
- [7] S. Kubínová eta J. Slégr, “Chemduino: Adapting Arduino for Low-Cost Chemical Measurements in Lecture and Laboratory”, 2015
- [8] C. A. Gómez, A. Castillo eta A. Gómez, “Arduino como una herramienta para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, tecnológicas e ingenierías en la Universidad Politécnica de Tapachula”, 2015
- [9] I. M. Laclaustra, J. M. Alonso, A. A. del Barrio, G. Botella, “Sistema Domótico Distribuido para Controlar el Riego y el Aire Acondicionado en el Hogar”, 2016
- [10] G. Olivares, A. González, F. Gómez, M. Damas, A. Olivares, “Desarrollo de sistemas mecatrónicos de bajo coste para equipamiento experimental de prácticas docentes”, 2016
- [11] P. Brox, G. Huertas-Sánchez, A. López-Angulo, M. Álvarez-Mora eta I. Haya “Design of sensory systems using the platform Arduino by undergraduate Physics students”, 2016
- [12] Boe-Bot robota: <https://www.parallax.com/catalog/kits/robotics>
- [13] P. Espeso, “Raspberry Pi, el ordenador perfecto para la educación”, 2016 <http://www.educacionrespuntocero.com/noticias/raspberry-pi-educacion/34377.html>
- [14] S. Pettifer, “The Pi Man”, 2013
- [15] York-eko Raspberry Pi lehiaketa: <https://www.raspberrypi.org/blog/university-york-raspberry-pi-challenge-2016/>

- [16] Raspberry Pi-a Sevillako liburutegian: <https://bib.us.es/ingenieros/noticias/raspberry-pi-para-pr%C3%A9stamo-en-la-biblioteca>
- [17] Arduinoren informazioa: <https://eu.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- [18] Arduino plaken alderaketa: <https://comohacer.eu/analisis-comparativo-placas-arduino-oficiales-compatibles/>
- [19] Raspberry Pi-aren informazioa: https://eu.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi
- [20] Arduino eta Raspberry Pi alderaketa: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/03/28/arduino-vs-raspberry-pi/>
- [21] Pausoz-pausokako motorraren informazioa: <http://www.prometec.net/motor-28byj-48/>
- [22] Led-aren informazioa: <http://diwo.bq.com/programando-un-led-en-bitblog-i/>
- [23] Argi sentsorearen informazioa: <http://diwo.bq.com/el-sensor-de-luz/>
- [24] Kameraren informazioa: <http://www.electfreaks.com/store/ov7670-camera-module-p-705.html>
- [25] Infragorrien bidezko komunikazioaren informazioa: <https://www.luisllamas.es/arduino-mando-a-distancia-infrarrojo/>
- [26] Wireless proto shield-aren informazioa: <https://store.arduino.cc/arduino-wireless-proto-shield>
- [27] Bluetooth bee moduluen informazioa: <http://tienda.bricogeek.com/modulos-bluetooth/571-bluetooth-bee.html>
- [28] Bluetooth-aren funtzionamendu moduak: <https://www.youtube.com/watch?v=Is6pJyEv8s0>
- [29] HC-05 moduluen informazioa: <http://www.prometec.net/bt-hc05/>
- [30] HC-06 moduluen informazioa: <http://www.prometec.net/bt-hc06/>
- [31] Arduino WiFi shield-aren informazioa: <https://store.arduino.cc/arduino-wifi-shield>
- [32] ESP-8266 moduluen informazioa: <http://www.prometec.net/arduino-wifi/>
- [33] Thingiverse webgunea: <https://www.thingiverse.com/>
- [34] Inprimatutako 3D pieza: <https://www.thingiverse.com/thing:438093>

[35] Mugikorraren aplikazioa:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.giumig.apps.bluetoothserialmonitor&hl=es>

[36] Ikastaroko materialaren esteka:

<https://drive.google.com/open?id=0Byo3y42UBBtLczdnRzFGNEgtaig>

[37] Burrunbagailuaren informazioa: <http://diwo.bq.com/eu/biiiip-bip-bip-burrnbagailua-programatzen/>

[38] Ultrasoinuaren informazioa: <http://diwo.bq.com/eu/ireki-begiak-ultrasoinuen-sentsorea/>

[39] Potentziometroaren informazioa: <http://diwo.bq.com/eu/potentziometroa-programatzen-bitblog-2rekin/>

[40] Miniserboaren informazioa: <http://diwo.bq.com/la-potencia-sin-control-el-miniservo/>

[41] Errotazio jarraituko serboaren informazioa: <http://diwo.bq.com/eu/mugi-zaitetz-errotazio-jarraiko-serboa/>

[42] Arduino programazioaren informazioa:

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/01/23/programacion-arduino-5/>

[43] Ultrasonic.h liburutegia: <https://github.com/JRodrigoTech/Ultrasonic-HC-SR04/blob/master/Ultrasonic/Ultrasonic.h>