

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA
AUTOMATIKAREN INGENIARITZAKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

***BILTEGIRATZE IBILGAILU
AUTONOMOA***

Ikaslea: Villanueva, Amorrortu, Asier

Zuzendaria: Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Bilbo, 2019, Uztailak, 22

LABURPEN HIRUELEDUNA

Euskara

Gako Hitzak: lerro jarraitzailea, picking, biltegiratu, Arduino, oztopo detekzioa, funtzionamendu automatikoa.

Gradu Amaierako Lan honetan fabrika baten biltegian antolakuntza automatikoa egiteko erabili ahal izango litzatekeen ibilgailu bat diseinatu da. Horretarako, orga baten funtzionamendua beteko duen ibilgailu bat diseinatu eta eraiki da. Ibilgailu horren funtzionamendua Arduino mikrokontrogailu baten bidez kudeatuko da. Ibilgailua modu autonomoan lan egingo du, sentsore infragorri batzuen bidez lerro batekin definitutako bidea jarraitzeko gai izango da. Horretaz gain, biltegian dauden elementuak edo oztopoak saihesteko eta distantziak neurtzeko gaitasuna izango du, ultrasoinu sentsore baten bitartez baliatuta.

Sistemak eskaintzen duen funtzionamendu automatikoa bertan lan egiten duten pertsonen denbora beste zeregin garrantzitsuago batzuetara bideratzeko aukera ematen du eta langileen segurtasuna ere hobetzen du. Gainera, kostuak murriztu egingo ditu epe luzean eta mugimendu eta biltegiratze sistemak hobetzen lagunduko du.

Ikerketa hasi baino lehen, Unibertsitateak eskaintzen dituen praktketan egindako lana aztertu da, lantegietan beharrezkoa den materiala bilatzeko eta bertan egiten den lana aztertzeko. Beraz, lan honen ideia lantegian ikusitako jardunean oinarritzen dela esan daiteke. Hori dela eta, enpresen beharrianak betetzen direla egiaztatzen saiatu da egileak. Behin beharrianak zeintzuk diren aztertuta eta gaur egun martxan dauden enpresetako biltegiratzen sistemak zeintzuk diren aztertuta, robotaren diseinua planteatuko da. Alde batetik, ahalik eta denbora gehien aurreztu nahi da enpresa arloan picking denborak duen garrantzi handia kontutan izanda. Bestetik, langileen segurtasuna ere hobetu nahi da istripuen arriskua murriztuz.

Gaztelania

Palabras clave: seguidor de línea, picking, almacenar, Arduino, detección de obstáculos, funcionamiento automático.

En este Trabajo de Fin de Grado se ha diseñado un vehículo autónomo de transporte para facilitar la organización automática de un almacén. Para hacer esto, se ha diseñado y construido un vehículo que puede operar como una carretilla. Los distintos movimientos necesarios para el correcto funcionamiento del vehículo se controlan gracias al programa implementado en un microcontrolador Arduino. Dicho vehículo será capaz de seguir el camino marcado por unas líneas gracias a unos sensores infrarrojos. Además, la carretilla tendrá la capacidad de evitar obstáculos en el lugar de trabajo y medir las distancias a los mismos, utilizando un sensor de ultrasonido.

Gracias a ese modo de funcionamiento autónomo, la persona que debiera estar trabajado en la carretilla ahorra tiempo. Dicho tiempo podrá ser empleado para acciones más relevantes que aumenten el valor agregado del trabajador. Por otra parte, la seguridad de los empleados aumentará ya que, este nuevo sistema autónomo, contribuye a evitar accidentes en la fábrica. Para finalizar, gracias a esos dos motivos, los costes a largo plazo también se verán reducidos.

Antes de comenzar la investigación, gracias al programa de prácticas que ofrece la Universidad se ha analizado el entorno de trabajo de un almacén en el cual se observaron algunos de los problemas. Por lo tanto, se puede decir que la idea de este trabajo se basa en la actividad observada en ese almacén. Es por eso que el autor intenta verificar el cumplimiento de las necesidades de las empresas. Una vez analizadas cuáles son las necesidades y los sistemas de almacenamiento que están actualmente en uso, se diseñará el robot. Por un lado, con el fin de ahorrar el máximo tiempo posible, dada la

importancia del tiempo de picking en este ámbito, y por otro para mejorar la seguridad de los empleados.

Ingelesa

Key words: line tracker, picking, store, Arduino, obstacle detection, automatic work.

In this Final Degree project, an autonomous transport vehicle has been designed in order to automatically organize a warehouse. With this purpose, a vehicle has been designed and created that can operate as a forklift truck. A program developed in Arduino controls the different movements of this vehicle. This vehicle will be able to follow the way indicated by a line thanks to the use of infrared sensors. In addition, the trolley will be able to avoid obstacles in the workplace and measure distances, using an ultrasound sensor.

Thanks to the autonomous movement of the trolley, the person who should be working on the forklift will be able to save time. This aforementioned time can be used for more relevant tasks that increase the added value of the worker. Besides, the safety of the employees will also be improved since this autonomous system contributes to avoid accidents in the factory. Finally, thanks to these two reasons, costs will be reduced in the long term.

Before starting the research, thanks to the internship program offered by the University, the working environment of a warehouse has been analysed and some of the problems there could be observed. Therefore, it can be said that the idea of this work is based search for solutions of the problems observed during the activity in that warehouse. That is why the author tries to verify the fulfilment of the needs of the companies. Once the needs of the storage systems currently working have been analysed, the robot will be designed not only to save as much time as possible considering the relevance of the picking time on the business sector but also to improve the safety of the employees.

Aurkibide Orokorra

Irudien Aurkibidea.....	iii
Taulen aurkibidea	v
1. Sarrera	1
2. Testuingurua	3
2.1. Sistema konbentzionala vs sistema automatikoa	3
2.2. Biltegi automatizatuen adibideak.....	6
3. Lanaren helburuak eta irismena.....	9
4. Lanak dakartzan onurak	11
5. Aukeren analisia	13
5.1. Ultrasoinu Sentsorea	14
5.1.1. HC-SR04 ultrasoinu sentsorea	15
5.1.2. EV3 Lego ultrasoinu sentsorea	18
5.1.3. URM 37 V 5.0 ultrasoinu sentsorea.....	19
5.1.4. Aukeren konparaketa.....	21
5.2. Prototipoaren egitura.....	23
5.2.1. LEGO beldar-ibilgailua.....	23
5.2.2. LEGO gurpilduna	25
5.2.3. Robot rover 4x4 (12).....	27
5.2.4. Aukeren konparaketa.....	28
5.3. Higiduraren gidapen sistema.....	29
5.3.1. Lerro jarraitzailea.....	30
5.3.2. Bluetooth kontrola	32
5.3.3. Aukeren konparaketa.....	34
5.4. Mikrokontrolagailua	35
5.4.1. ARDUINO	35
5.4.2. RASPBERRY PI	36
5.4.3. Aukeren konparaketa.....	38
6. Proposatutako irtenbidearen diseinua.....	39
6.1. Serbomotorra eta ultrasoinu sentsorea	39
6.2. Izpi infragorriko sentsoreak.....	41
6.3. Gurpilen mugimenduak.....	44
6.4. Mugimendu totala.....	45
7. Deskribapena, faseak eta ekipoa.....	55

7.1.	Lan-taldea.....	55
7.2.	Lan-faseak	56
7.2.1.	Ideen bilaketa.....	56
7.2.2.	Informazioa	57
7.2.3.	Prototipoak finkatu	58
7.2.4.	Programazioa.....	59
7.2.5.	Memoria idatzi	61
8.	Gantt-en diagrama	62
9.	Kalkuluak.....	64
9.1.	Aukeren analisisen kalkuluak.....	64
10.	Aurrekontua	69
11.	Ondorioak.....	73
12.	Bibliografia.....	77

Irudien Aurkibidea

Irudia 1. Biltegiratze modu konbentzionala.....	4
Irudia 2. Biltegiratze modu automatikoa.....	5
Irudia 3. Amazon-en biltegiratze robot autonomoak.....	6
Irudia 4. Coca-Cola LGV orgak.....	8
Irudia 5. Ultrasoinu sentsorearen funtzionamendu printzipioa.....	14
Irudia 6. HC-SR04 ultrasoinu sentsorea.....	16
Irudia 7. HC-SR04 sentsorearen seinaleak.....	16
Irudia 8. HC-SR04 eskema elektrikoa.....	18
Irudia 9. EV3 ultrasoinu sentsorea.....	18
Irudia 10. URM37 V5.0 ultrasoinu sentsorea.....	20
Irudia 11. URM37 konexio-diagrama.....	21
Irudia 12. LEGO beldar-ibilgailua.....	24
Irudia 13. Beldar arteko transmisioa 1.....	24
Irudia 14. Gurpildun LEGO-a.....	25
Irudia 15. Gurpilen transmisioa.....	26
Irudia 16. Robot rover 4x4.....	28
Irudia 17. Izpi infragorriko sentsorea.....	30
Irudia 18. Lerro jarraitzailearen funtzionamendu printzipioa.....	31
Irudia 19. Bluetooth modulua.....	33
Irudia 20. Aplikazioaren pantaila.....	33
Irudia 21. Arduino MEGA.....	36
Irudia 22. Raspberry Pi.....	37
Irudia 23. Serbo motorea eta ultrasoinuaren fluxu-diagrama.....	40
Irudia 24. Serboa eta ultrasoinu sentsorea.....	40
Irudia 25. Izpi infragorriko sentsoreak.....	41
Irudia 26. Izpi infragorrien fluxu-diagrama.....	43
Irudia 27. Sentsoreak eta mugimenduak.....	44
Irudia 28. Gurpil eta motorren fluxu-diagrama.....	45
Irudia 29. Ultrasoinua eta izpi infragorriko sentsoreak kotxean muntatuta.....	47
Irudia 30. Ibilgailua.....	48
Irudia 31. Ibilgailuaren konexio fisikoak.....	49
Irudia 32. Fluxu-diagrama orokorra.....	50
Irudia 33. Eskema elektrikoa.....	52

Irudia 34. Gantt diagrama..... 63

Taulen aurkibidea

Taula 1. Sentsoreen ezaugarriak.....	22
Taula 2. Sentsoreen puntuazioak	22
Taula 3. Prototipoen ezaugarriak	29
Taula 4. Prototipoen puntuazioak.....	29
Taula 5. Egoera ezberdinetarako mugimenduak.....	31
Taula 6. Bluetooth moduluen ezaugarriak.....	32
Taula 7. Mugimenduen ezaugarriak.....	34
Taula 8. Arduino MEGA txartelaren ezaugarriak (16).....	36
Taula 9. Raspberry Pi txartelaren ezaugarriak (17).....	37
Taula 10. Arduino pinak.....	51
Taula 11. Proiektua burutzeko zereginak eta datak.....	62
Taula 12. Materialen prezioak.....	69
Taula 13. Lan-eskuaren soldatak.....	69
Taula 14. BEstelako materialen gastuak	70
Taula 15. Gastu totalak.....	70

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA
AUTOMATIKAREN INGENIARITZAKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

***BILTEGIRATZE IBILGAILU
AUTONOMOA***

1. DOKUMENTUA- MEMORIA

Ikaslea: Villanueva, Amorrortu, Asier

Zuzendaria: Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Bilbo, 2019, Uztailak, 22

1. Sarrera

Gratu Amaierako Lan (GAL) honen bitartez, ibilgailu bat diseinatu da biltegi baten antolakuntza automatikoa lortu ahal izateko. Ibilgailu hori higidura automatiko eta autonomoa du, hau da, pertsonen parte hartzerik gabe mugimenduak etengabe kontrolatu ahal izango ditu. Era honetan, ibilgailua gai izango da fabrikaz zehar mugitzeko bidean topatzen dituen elementuak antzemateko eta hauekin talka ez egiteko edo biltegiaren posizio egokian gelditzea.

Alde batetik, orga gisa jokatuko duen ibilgailu txiki bat diseinatu eta eraiki da orgaren funtzionamendua frogatzeko. Horren gainean beharrezkoak diren gailu guztiak muntatu beharko dira programaturako mugimenduak eta ekintzak burutu ahal izateko. Bestetik, Arduino programazioaren bidez orgaren funtzionamendua zehaztu eta programaturako da, funtzionamendu hori aztertu eta ikusi ahal izateko.

Lan honetan, gradu osoan zehar egindako ikasgaietan eskuratutako ezagutzak praktikan jarri behar izan dira. Elektronikaren aldetik programazioa lantzeaz gain, gailu elektronikoen arteko konexioak erabili behar direnez hauen ezagutzan ere sakondu beharra egon da. Horretaz gain, proiektua aurrera eramateko beharrezkoak izan diren hainbat baliabide erabili ahal izateko ezinbestekoa izan da informazioa bilatzea erabiltzeko eskuragarri zeuden errekurso guztiak aztertu eta erabaki egokiak hartu ahal izateko une bakoitzean.

Gratu Amaierako Lan honetan garatutako proiektu honen ideia, enpresa batean egindako praktikan sustatuta dator. Zehazki, Unibertsitateak duen “Enpresarekiko harremanak – Enpresako praktikak” programan egindako praktikan. Programa honi esker enpresa baten biltegi baten funtzionamendua eta bertan sortu daitezkeen arazoak behatzeko aukera izan zen, eta hor ikusitakoaren ondorioz proiektu honen garapenerako

ideia jaio zen. Enpresa horrek dituen baliabideak (ibilgailuak, biltegiak eta langileak) aztertuta eta zenbait arazoak ikusita, hauei irtenbide bat bilatzeko helburuarekin lan hau aurrera eramatea erabaki zen. Bertan ikusitako elementuen funtzionamendua nahiko orokorra eta oinarrizkoa zen: orgak aurrera eta atzera mugitzen ziren pertsona baten kontrolpean. Behin baino gehiagotan, izkinetan gehienbat, oztopoak agertzen ziren. Nahiz eta ispilu asko egon izkina guztietan, gidariak oso adi egon behar zen orga batekin istripu bat ez izateko. Hori dela eta, biltegiratze sisteman laguntzeko ibilgailu autonomo baten diseinuan lan egiteko ideia indarra irabaziz joan zuen.

Memoria dokumentu honetan proiektuaren garapena ulertzeko beharrezko informazioa aurkitzen da. Besteak beste, proiektuan proposatutako soluzioaren funtzionamendua aztertzeko eraikitako maketa edo prototipoa osatzen duten elementuei buruzko informazio guztia ematen da. Dokumentu honetan proiektuaren testuingurua deskribatzen da lehendabizi. Ondoren, proiektuaren helburuak eta honek ekarri ditzan onurak zehazten dira. Hurrengo atalean esandako maketa eraikitzeko aztertu diren hainbat aukerak deskribatzen dira, azkenean proposatutako diseinua lortzeko erabili diren elementuen aukeraketa justifikatuz eta zehaztuz. Azkenik, Gradu Amaierako lan honetan diseinatutako soluzioaren funtzionamendu zehatza modu argi eta ulergarri batean adierazten da.

Memoria dokumentu honekin batera beste edozein proiektuan bezala, dokumentazioa osatzeko beharrezkoak diren beste dokumentu batzuk ematen dira. Hala nola “Lanerako Erabilitako Metodologia”, non Gradu Amaierako Lan hau aurrera eramateko jarraitu den lan plana, faseak eta kronograma ikusi daitezkeen. Ondoren, “Alderdi Ekonomikoak” dokumentuan, proiektua garatzeko ezinbestekoa den aurrekontua dago. Hurrengo dokumentuan, “Ondorioak” deritzona, proiektuaren garapena eta gero idazleak atera dituen ondorioak eta konklusioak zehazten dira. Azkenik, “Bibliografia” dokumentuan lan hau garatzeko informazio bila erabili behar izan diren iturriak zerrendatzen dira.

2. Testuingurua

Aurreko atalean esan bezala, Gradu Amaierako Lan honetan garatutako proiektua enpresa batean egindako praktketan ikusitako elementuak eta arazoak bultzatuta dator. Praktketan behatutakoa ez da enpresa horren funtzionamenduaren arazoa soilik, baizik eta beste askorena ere. Izan ere, gaur egungo biltegi askotan orga asko momentu berean lanean ari dira eta horiek haien arteko mugimenduak oztopatzea gauzatu dezake. Gainera, makina bakoitzak bere mugimenduak ez ditu definituta eta horrek istripuak eta itxaronaldiak eragin ditzake. Horretaz aparte, lantegi batzuetan ere, pertsona batek bere karretillaren menpe lan egiten duela aintzat hartuta, arazo gehiago ere sortu daitezke. Ezaugarri guzti hauek kontutan izanda, biltegiratze sistema horrekin langile bakoitzak enpresari eman diezaiokeen balio agregatua ez da handitzen. Horregatik, enpresek etengabe hobekuntzak bilatzen ari dira haien irabaziak handitzeko (1). Eta testuinguru honetan, proiektu honetan garatutako sistemaren antzekoak diren diseinuetan murgiltzea komenigarria da.

2.1. Sistema konbentzionala vs sistema automatikoa

Biltegiratze modu ugari dago, baina biltegiratze sistemaren funtzionamendua aztertuz, bi multzotan sailkatu daitezke: biltegiratze sistema konbentzionala eta biltegiratze sistema automatikoa.

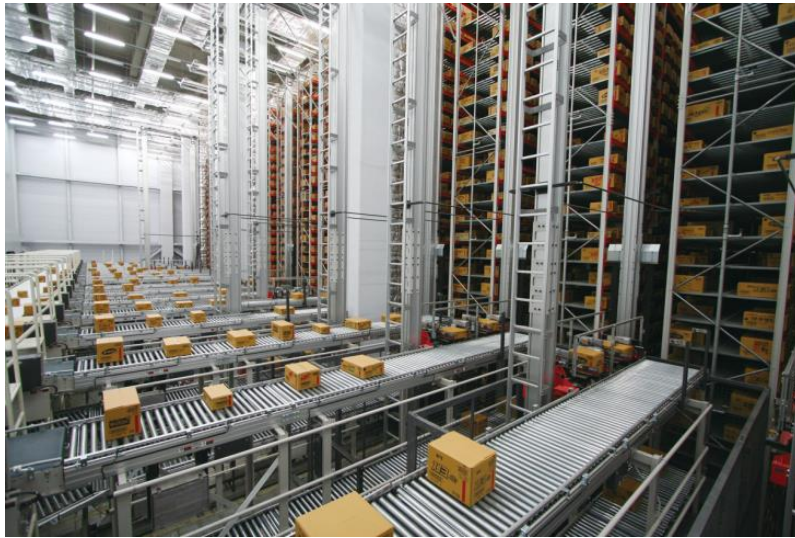
Alde batetik, biltegiratze modu konbentzionaletan, beharrezkoak diren mugimenduak era manulean egiten dira, hau da, eragiketa bakoitza egiteko pertsona baten beharra dago. Langileek materiala dagoen lekura arte mugitu behar dira. Materiala hartzeko (picking) edo produktuen bidalketa puntura arte eramateko aipatutako bide

hori egin behar dute. Operazio gehienak pertsona batek egin behar ditu, eragiketa bakoitzeko langile bat erabiliz. Askotan, hauek, orgak erabiltzen dituzte lana azkarrago eta era errazagoan egin ahal izateko.



Irudia 1. Biltegiratze modu konbentzionala.

Beste alde batetik, biltegiratze modu automatikoa dago. Modu honen funtzionamendu egokirako, sistemaren diseinuan robot-ak era librean mugitu ahal izateko beharrezko elementuak kontutan hartu behar dira. Sistema honetan, bestearekin konparatuta, materialak dira gizakiak dauden posiziora arte mugitu egiten direnak. Robot-ak eta palet-en igogailuak konektatuta daude sare batera dena kontrolatuta izateko. Gainera, materialak, era oso azkarrean mugitu egiten dira biltegien korridore ezberdinetatik. Biltegiratze hau ezarri egiten da kostuak epe luzean murrizteko, segurtasuna handitzeko eta bezeroaren itzarote denborak murrizteko, besteak beste (2).



Irudia 2. Biltegitratze modu automatikoa.

Sistema berri honek dakartzan onura nagusiak honako hauek dira (3):

- Produktibitate handia eta efizientzia: ezbeharrezko mugimenduak ekiditzen dira eta 24 orduetan zehar lan egiteko aukera ematen dute.
- Kostuen murrizpena: hainbat operazio egiten dira era automatikoan, beraz langile eta baliabide gutxiago behar dira.
- FIFO sarrera/irteera: denbora gehien daramaten materialak ateratzen lehenengoak izango dira.
- Itzarote denbora minimoa: bidai batean hainbat produktu ezberdin hartu daitezke. Gainera, bidaltze-puntura lehenago helduko dira, sistema azkarragoa delako.
- Segurtasuna: kontrol-software bat eta elementu elektronikoa eta mekanikoa bitartez sistema seguruago bat lortzen da.

2.2. Biltegi automatizatuaren adibideak

Sistema automatiko berri hau erabiltzen duten biltegien adibideak ugari dira, hauen artean Amazon-en biltegien funtzionamendu sistema nabarmentzekoa da. Bertan robot autonomo eta sinpleak erabili egiten dira, efizientzia oso altuarekin. Espainian, Amazon-ek, zentro logistiko bat du 17.000 metro karratu eta 3.500 robot eta makinez osatua. Bertan erabiltzen den sistema “Amazon Robotics” izena hartzen du (4). Sistema honen lan egiteko era azaldu egingo da hau hobeto ulertzeko, eta proiektu honetan proposatutako den soluzioaren funtzionamendua eta erabilgarritasuna ere argiago ikusteko.

Irudia 3-n ikusi daitekeenez, Amazon-ek erabiltzen dituen robot-ak txikiak dira, hala ere, izugarriko indarra dute. Gutxi gora behera 1.300 kilogramoko kargak mugitu dezakete. Robot autonomoak dira eta beti biderik laburrena bilatzen dute entregak azkartzeko. Gainera, momentu oro dakite zer dagoen bere ingurunean, istripuak ez gertatzeko. Bere ardatzaren inguruan biratzen dute eta 4-5 orduko autonomia dute. Azpimarratzekoa da bateriarik gabe geratzen ari direnean, haiek bakarrik joaten direla karga punturaino.



Irudia 3. Amazon-en biltegitratze robot autonomoak.

Biltegia eta korridoreak guztiz prestatuta daude ekipo elektronikoa hauek lan egin ahal izateko. Erabiltzen den biltegi sistema “Tetris” deritza. Hau da, espazio libre guztiak aprobetxatzen dira. Espazioaren aprobetxamendua %50 batean hazi egin da makina hauek erabiltzen hasi direnetik. Almacen espazio horretan, normalean, enpresa hauen langileak ez dira sartuko. Oso gutxitan sartuko dira, adibidez, produktu bat lurrera jaisten bada, operarioa sartu eta jaso egingo du.

Produktu berri bat sisteman sartzen den bakoitzean, hau eskaneatu egiten da eta posizio libre bat egokitzen zaio. Posizio hori sisteman sartu egiten da, orduan robot batek hartuko du eta leku horretan kokatuko du.

Salmenta agindu bat heltzen denean, robot hauek lehengaia dagoen puntura arte mugitu egiten dira. Behin bertan daudela, produktua hartu eta langileak dauden puntura eramaten dute. Sisteman helbidea sartu eta faktura prestatzen da. Hau bukatuta, bidalketa gunera arte eramaten da paketea prestatzeko. Bezero batek erositako produktua klikatzen duenetik, produktua plantatik irteten den arte 15 minutu pasatzen dira. Erantzun denbora horrekin, enpresa honekin lehiatzea ia ezinezkoa egiten da. Sekretua, haiek dioten bezala, banaketa-puntuak aireportu eta portuen ingurunean kokatzea da.

Askok pentsatuko dute lan egiteko modu honekin lanpostu gehienak desagertuko direla, baina kasua kontrakoa da. Jeff Pattje, Amazon-en burua, lanpostu berriak sortzen ari direla dio. Adibidez, Kataluniako plantan, 1500 lanpostu sortuko ditu 2018 eta 2021 urteen artean. Gainera, beste 500 pertsona gehiago kontratatu beharko ditu elektronika eta teknologian espezializatuta (4).

Hemendik gertuago, Euskal Herrian bertan, aurkitzen den beste adibide garrantzitsu bat, Basauriko Coca-Cola plantan erabiltzen dena da. Irudia 4 ikusi daiteke planta horretan 2015. urtean ezarri zuten sistema automatikoa. Biltegiatze automatiko sistema honen instalazioa 3 urteko proiektua izan zen eta 5 milioi euroko inbertsioa

suposatu zuen. Sistema honek Laser Guide Vehicle (LGV) izena duten ibilgailuak erabiltzen ditu, hauek malgutasun handiarekin lan egiteko gaitasuna ematen dute. Ibilgailu hauek laser eskanerrak eta 3D bideokamerak erabiltzen dituzte momentu oro oztopoak non dauden jakiteko. Kontrol-sistemak makinan bertan daude, eta mugimendu guztiak kontrolatzeaz arduratzen dira (5) (6).



Irudia 4. Coca-Cola LGV orgak.

3. Lanaren helburuak eta irismena

Proiektu honen helburu nagusia, biltegi batean egin behar diren garraioak era efizienteago batean kudeatzea da, besteen artean, beharrezko desplazamenduak murriztuz. Gainera, era honetan, erabiltzen den garraioa gai izan behar da mugimendu zehatzak egiteko. Biltegian zehar, lehengaiak, sortetan taldekatuta aurkituko dira eta ibilgailua hauek eskuratzeko toki batetik bestera desplazatzeko gai izan behar da. Modu honetan, apalategietan aurkitu daitezkeen produktuak era automatikoan ailegatuko dira langilea dagoen posiziora arte.

Bigarren mailako helburuen artean, entrega denbora murriztea eta langileen segurtasuna hobetzea aurkitzen dira. Horretarako segurtasun-baldintzak ezartzen dituzten araudiak (ISO 45001) kontuan hartu behar dira, garraio hau implementatuko den lekuetan istripuak ez gertatzeko. Horretaz gain, kontutan izan behar da materialen hartze denbora edo “picking” denbora deritzona garrantzia handia duela, izan ere, honen arabera produktuak lehenago edo beranduago helduko dira bezeroen eskuetara. Hortaz, picking denbora ahalik eta gehien murrizteko, biderik laburrena aukeratu behar da biltegiaren funtzionamendu optimizatzeko langileen segurtasunaz ahaztu gabe.

Lanaren beste helburuen artean, azpimarratu beharra dago gradu amaierako lan honetan ez dela bakarrik robot maketaren eraiketa egin, baizik eta robotaren diseinua eta implementazioa egiteko eskuragarri dauden aukera desberdinak aztertu egin direla inplementaziorik egokiena hautatzeko. Horrela, etorkizunean eskala handiago batean proiektua garatzeko aukera utziz.

Proiektu honen garapenean kontutan izan dira teknologiak dituen etengabeko aurrerapenak eta hauekin lotuta datozen gizartearekiko onurak. Aurrerapauso guztiak hunkipen zuzena dute sozietatean, bai epe laburrean zein luzean. Industria, gizartearen

motorea da, eta beraz aldaketa gehien jaso dituen sektorea ere da. Arlo honetan, gaur egun, hainbat prozesu automatizatu egin dira, lehen gizakiek burutu behar zituzten zereginak orain robotak burutzen dituztelarik (7).

Azkenik, proiektu honetan proposatutako soluzioaren helburua honako ezaugarriak dituen ibilgailua diseinatu eta garatzea dela esan daiteke:

- Ibilgailua autonomoa izan behar da, hau da, pertsonen beharrik gabe mugitzeko gaitasuna izan behar du.
- Ibilgailua alde zehatzetako bidea jarraitzeko gai izan behar da.
- Ibilgailua bidean topatzen dituen objektuak antzemateko gai izan behar da, gainera, hauek zein distantziatarara dauden adieraziko du.
- Ibilgailuaren egitura eta diseinua hedapenak modu erraz batean egiteko modukoak izan behar dira, biltegi batean erabiltzeko beharrezko elementuak gehitzeko aukera emanez.
- Ibilgailua abiadura kontrolatzeko gaitasuna izan behar du, objektu batera hurbiltzen denean hau murriztuz.

4. Lanak dakartzan onurak

Lan honek dakartzan onurak, ugariak dira, bai heziketa pertsonal baten ikuspuntutik bai ikuspuntu industrial batetik.

Alde batetik, industria arloan dagoen ikuspuntutik azken urteetan teknologia honen inguruko garapena landu ahal izateko hartu diren ezagutzak nabarmentzekoak dira. Orain dela urte batzuk industria oso atzeratua zegoen, inolako garapen teknologiarik gabe. Urteak aurrera pasatu diren heinean, teknika berriak ezartzen hasi egin dira. Horren ondorioz, proiektu honen garapenari esker, lan-modu berri horietan sakontzeak ahalbidetzen da.

Inguru horretan, esan beharra dago, industria guztiak ez dituztela teknologia aurrerapenak abiadura berdinarekin barneratzen, zehazki biltegien antolaketan eboluzio maila desberdinak aurkitu daitezke. Horrela, fabrika handiek sistema automatikoak sartzen joan badira ere, beste enpresa ez hain garrantzitsuak edo txikiagoak oraindik sistema konbentzionalekin lan egiten jarraitzen dute. Horregatik proiektu hau biltegi horien automatizazio prozesura bideratu egin da egondako enpresa txiki baten modukoetan teknologia berri hauen barneratzea bultzatzeko xedearekin.

Beste alde batetik, ikuspuntu pertsonal batetik, ibilgailu autonomo hau garatzeko hainbat jakintzetan sakontzea ezinbestekoa izan da. Elektronika, komunikazioak eta programazioa, besteak beste. Hauek ikasturteetan zehar barneratuak izan badira ere, lana aurrera eraman ahal izateko beste hainbat ezagutza lortu egin dira, aurretik ikasitakoez gain.

Proiektu honetan lan egin hasi zenean ikuspegia industria-eremura bideratuta egon behar zela erabaki zen. Ez bakarrik froga-errore prototipoa. Eskala handiago batera eraman daitekeen garapen bat lortu nahi izan da, nahiz eta eskala txikiago batean diseinatu izana.

Hori kontutan izanda, proiektu honek 3 onura nagusi dituela esan daiteke:

- Robotikaren arloa sakonago ulertzea, abantaila eta desabantailak aztertuz.
- Erabili diren teknologia ezberdinen azterketa eta ulermen sakonagoa.
- Etorkizunean proiektu gehiago garatzeko beharrezkoak diren ezagutzak barneratzea.

5. Aukeren analisia

Lanaren helburuak eta irismena atalean azaldutako helburua bete dezan hainbat elementu erabili behar izan dira proiektu honetan. Horien artean sentsoareak, motorrak, funtzionamendurako oinarria, etab. Hurrengo lerroetan elementu bakoitza hautatzeko erabili den irizpidea azalduko da.

Aukeraketa hori egiteko, batuketa haztatua (BH) metodoa erabili da. Metodo hori gauzatzeko elementu bakoitzerako garrantzia handieneko faktoreak kontuan hartu behar dira. Faktore horiei pisu bat esleitu behar zaie, ehunekotan. Ehuneko horien arabera pisu gehiago edo gutxiago izango dute aukeratzeko orduan. Hori kontutan izanda, alternatiba ezberdinak aztertu eta kalifikatzen dira, eta hauek lortutako ehunekoaren arabera, zehazki, balio haztatu handiena duena izango da proiektuan erabiliko dena.

Ondorengo formularen bitartez balio haztatua kalkulatzen da. Non, P_i , faktore bati emandako pisua izango da, eta x_i horri esleitutako kalifikazioa. Horrela, hauek biderkatuz balio haztatua kalkulatuko da.

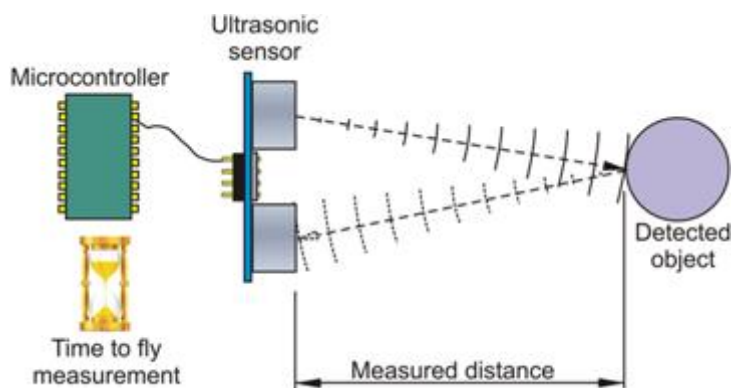
$$BH = \sum_1^i p_i \cdot x_i \quad [1]$$

5.1. Ultrasoinu Sentsorea

Aurreko ataletan azaldu den bezala, proiektu honetan diseinatutako prototipoa objektuak detektatzeko gai izan behar da. Hau da, ibilgailuaren aurrean dauden objektuak detektatu behar ditu. Detekzio hau egiteko sarritan erabiltzen den elementua ultrasoinu sentsorea da. Ultrasoinu sentsoreak objektu batera dagoen distantzia neurtzeko gaitasuna du. Hortaz, ultrasoinu sentsorea erabiliko da ibilgailua eta objektuen arteko distantziak neurtzeko.

Ibilgailua mugitzen den bitartean, uneoro jakin behar du bere inguruan oztopo bat duen edo ez. Beraz, hasieran esan bezala, lan honetan orga baten mugimendua ultrasoinu sentsore baten bidez kontrolatuko da. Orgak mugimenduak egiten dituen bitartean, erdibideko elementuak kontuan hartu behar ditu.

Sentsore hauen funtzionamendua ultrasoinu uhinen erabileran oinarritzen da. Maiztasun handiko pultsuak bidaltzen dituzte. Uhinak objektuetan errebotatzen dute eta sensorera itzultzen dira. Pultsua bidali eta itzultzearen arteko denbora neurtzen dute eta era horretan formula baten bitartez objektua zein distantziara dagoen jakin daiteke. Funtzionamendu printzipioa Irudia 5-n ikusi daiteke.



Irudia 5. Ultrasoinu sentsorearen funtzionamendu printzipioa.

Ultrasoinu sentsoreak oso egokiak dira objektu garbiak detektatzeko. Hau da, gainazal lauak, handiak eta solidoak dituzten objektuak oso ondo antzeman egingo ditu. Beste material asko ere detektatu ditzake arazorik gabe. Hala ere, zuri koloreko gainazalak ekiditea saiatu behar da.

Sentsorearen bidean dauden objektuak detektatzeko modurik egokiena hauek sentsorearen aurrealdean daudenak dira. Orduan, zenbat distantziatara dauden kalkulatu ahal izango da zehaztasun osoz.

Gailu hauek, ordea, desabantaila bat dute. Izan ere, zona itsu bat dute. Hau da, sentsorearen aurrealdean, aurpegiaren aurrean, oso distantzia txikira dauden objektuak ezin ditu detektatu. Horretaz gain, mota honetako sentsoreak denbora bat behar du uhina bota eta jasotzen duen arte. Era horretan, uhina momentu berean bota eta jasotzen du. Beraz, errorea agertuko da neurketan. Fenomeno horri sonar efektua deritzo (8).

Gaur egun, hainbat aplikazioetan erabiltzen dira sentsore hauek. Esate baterako, ur-tanke baten maila adierazteko, beso robotiko baten altuera jakiteko eta beteta dauden botilak kontatzeko erabiltzen dira, besteak beste.

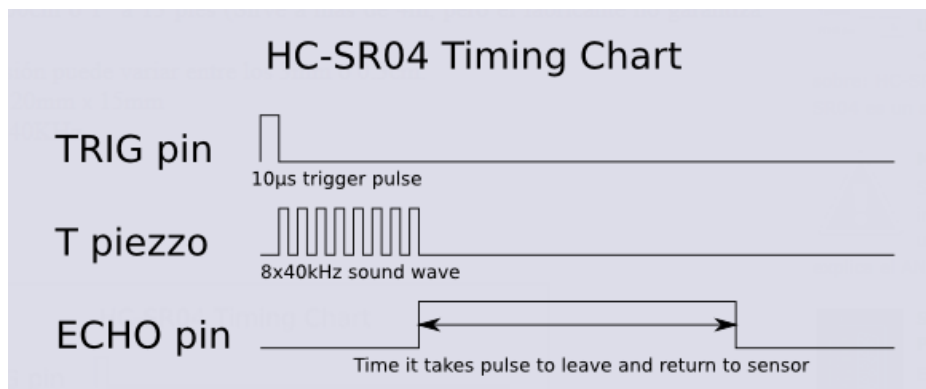
5.1.1. HC-SR04 ultrasoinu sentsorea

Aztertuko den lehenengo sentsore hau HC-SR04 ultrasoinu sentsorea izango da. Sentsore hau, 2 eta 450 cm artean dauden objektuak antzeman ditzake, 3 mm-ko bereizmenarekin. Bere tamaina txikia, kontsumo baxua eta zehaztasun altuagatik oso egokia da Arduinoarekin erabiltzeko.



Irudia 6. HC-SR04 ultrasoinu sentsorea.

Gailu hau bi transduktorez osatuta dago, bata bestearen alboan kokatuta. Batek seinaleak igortzen ditu eta besteak, berriz, jaso egiten ditu. Igorleak 40 KHz-ko 8 pultsu bidaltzen ditu TRIG pinetik seinale bat jaso ostean. Pultsuak airez bidali egiten dira eta objektuan errebotatzean sentsorera itzultzen dira ECHO pinak detektatzen dituelarik. Ondoren, pin horrek kalkulatzen du zenbat denbora igaro den seinalea bidali denetik seinalea jaso arte eta denbora hori distantziaren magnitude egokiarekin lotzen du objektua zegoen distantzia kalkulatz. ECHO eta TRIG seinale horien uhinak nola funtzionatzen duten ikusteko Irudia 7 dago.



Irudia 7. HC-SR04 sentsorearen seinaleak.

Jakinda soinuaren abiadura baldintza normaletan 343 m/s-koa dela, soinuak zenbat denbora behar duen distantzia jakin bat zeharkatzeko kalkulatu daiteke:

$$\frac{343 \text{ m}}{1 \text{ s}} \cdot \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ s}}{1000000 \text{ } \mu\text{s}} = \frac{1 \text{ cm}}{29,2 \text{ } \mu\text{s}} \quad [2]$$

Hau da, soinuak 29,2 mikrosegundo (μs) behar ditu zentimetro (cm) bat egiteko.

Sentsoretik detektatzen duen objektura zenbateko distantzia dagoen, higiduren fisikako oinarritzko formula erabiliko da, non distantzia, denbora eta abiadura erlazionatzen dira. Kontutan hartu behar da, sentsoreak neurtuko duen denbora joan-etorriaren denbora totala izango dela, baina erabiltzaileari interesatzen zaiona bakarrik objektura arte dagoena dela. Hau da, sentsoreak neurtutako denboraren erdia. Hori dela eta, kalkulaturako denbora zati bi egin behar da, ondorengo formulari adierazten den bezala.

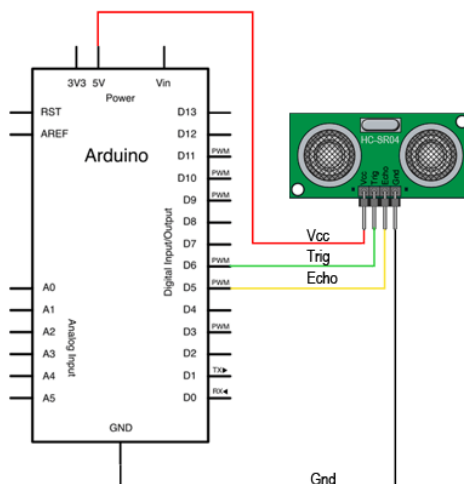
$$\text{Distantzia (m)} = \frac{\text{Denbora (s)}}{2} \cdot \text{Abiadura} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \quad [3]$$

$$\text{Distantzia (cm)} = \frac{\text{Denbora (}\mu\text{s)}}{2 \cdot 29,2} \quad [4]$$

HC-SR04 ultrasoinu sentsorea erabili ahal izateko, kontutan hartu behar da honek 4 pin dituela:

- VCC: 5 V elikatu
- TRIG: pultsuak bidali
- ECHO: pultsuak jaso
- GND: lurra 0 V

HC-SR04 ultrasoinu sentsorearen konexio diagrama Irudia 8-n ikusi daiteke. Bertan, TRIG eta ECHO pinak, Arduinoren PWM seinalea duten sarrera/irteera bati konektatu dira. Izan ere, pin horiek pultsuak bidali eta jasotzen dituztelako (9).



Irudia 8. HC-SR04 eskema elektrikoa

5.1.2. EV3 Lego ultrasoinu sentsorea

Lan honetan objektuak detektatzeko aztertzen den bigarren sentsorea LEGO etxeak diseinatutako ultrasoinu sentsore bat da. Gailu hau LEGO etxeako Mindstrom kudeatzailearekin lan egiteko pentsatuta badago ere, Arduinoarekin konektatzeko aukera ere eskaintzen du, hortaz, erabili daitezkeen aukeren artean dagoenez hemen aztertzen da.



Irudia 9. EV3 ultrasoinu sentsorea.

Dispositibo honen funtzionamenduaren oinarriak aurrekoaren berdinak dira. Uhinak bidali eta jaso egiten ditu aurrean dagoen objektu batekiko dauden distantziak detektatzeko. Baina berezitasun batzuk ditu bestearekin konparatuta.

1 cm eta 250 cm arteko distantziara dauden objektuak antzeman ditzake, +/- 1 cm-ko bereizmenarekin. Gainera, denbora osoan zehar izango du argitasuna aurrealdean; seinaleak bidali zein jasotzen dituen bitartean. 250 cm irakurtzen baldin badago, abisua ematen ari da. Hau da, detektatu nahi den objektua bere neurketa tartetik kanpo dagoela adierazten du neurtzen jarraitzen duen bitartean.

Gailu honek, bi funtzionamendu modu ditu (10):

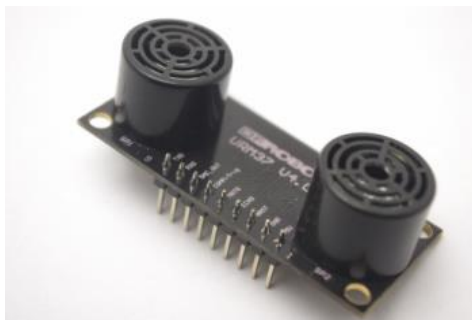
- 1- **Neurketa modua:** “begien” arteko argia piztuta mantentzen da etengabe. Esan daiteke hau funtzionamendu normala dela.
- 2- **Presentzia modua:** “begien” arteko argia parpadeatzen egongo da. Modu honetan ez ditu uhinak bidaltzen. Beste seinale bat itxaroten egongo da.

Aurrerago azalduko den bezala, LEGO egitura baten erabilera kontsideratu zen, baina hau alde batera utzi zenean, sensore honen erabilera ere baztertu egin zen.

5.1.3. URM 37 V 5.0 ultrasoinu sentsorea

Objektuen detekzioarako lan honetan aztertuko den azkeneko aukera DFROBOT etxearen ultrasoinu sentsorea izango da. Sentsore hau temperatura ezberdinetan neurtzeko aukera eskaintzen du. Izan ere, temperatura aldaketen konpentsazioaz arduratzen den modulu bat dakar integratua. Erabilitako modulu horrek neurketa

zehatzagoak lortzea ahalbidetzen du. Interfaze asko ditu eta aurreko aukerekin konparatuta gailu konplexuagoa da.

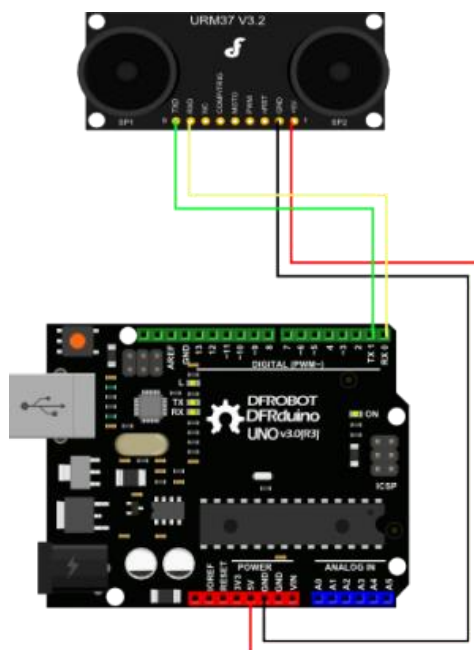


Irudia 10. URM37 V5.0 ultrasoinu sentsorea.

Aurreko ataletan aurkeztutako ultrasoinu sentsoreak bezala, uhin bidezko funtzionamendua mantentzen du baina berezitasun nabarmen bat du. Momentu berdinean distantziak neurtzen ditu eta bere buruan errotatzen du 0° eta 180° artean. Espazio oso bat aztertu ahal du bertako objektu guztiak detektatzeko.

2 cm-tik 800 cm-ra dauden distantziak neurtzeko gaitasuna du eta konparaketa moduan lan egin dezake. Hau da, aurretik definitutako distantzia bat ematen zaio eta distantzia horretara heldu arte ez du 1 balioa hartuko ECHO pinean. Horri funtzionamendu automatikoa esaten zaio.

Sentsore honek gainera memoria bat dakar integratuta. 123 byte dituen EEPROM memoria bat hain zuzen ere. Hau da, seinale elektrikoekin funtzionatzen duen memoria programagarria. Memoria horrek neurtutako balioak gorde ditzake gailua amatatuta dagoen bitartean (11).



Irudia 11. URM37 konexio-diagrama.

5.1.4. Aukeren konparaketa

Esan bezala, objektuen detekzioarako aurkeztutako ultrasoinu sentsoreen artean aukeratu egin zen. Hautatze hau egiteko, hainbat faktore hartu daitezke kontuan. Proiektu honetan egindako aukeraketa, 3 ezaugarri nagusietan oinarritu da: prezioa, detekzio-distantzia eta bereizmena. Parametro bakoitzak pisu bat izango du eta pisu bakoitzaren puntuazioaren arabera, aukeratutako sentsorea zergatik aukeratu egin den aztertuko da.

Alde batetik, prezioak %30-ko pisua izango du. Beti kontuan hartu behar den faktore bat da. Proiektua garatzeko aurrekontuaren arabera gailu bat edo beste aukeratu behar da. Bata edo bestea aukeratzeko garrantzitsua da horren salmenta-prezioa jakitea. Bestetik, detekzio-distantzia pisu gehien izango duen faktorea da. %50-ko garrantzia du.

Horren arabera sentsoreak zein tartetan neurtzen duen jakin daiteke eta orga mugitzeko beharrezkoa izango da. Bukatzeko, bereizmena dago, %20-ko pisuarekin. Bereizmena neurri aldaketa minimoa adierazten du. Era honetan, gero eta txikiagoa izan bi neurketen arteko aldea, distantzia zehatzagoa izango da.

Taula 1. Sentsoreen ezaugarriak.

Aukerak	Prezioa	Detekzio-distantzia	Bereizmena
Ultrasoinu sentsorea	4,35 €	2-450 cm	3 mm
LEGO EV3	34,99 €	1-250 cm	1 cm
URM 37	25,99 €	2-800 cm	1 cm

Taula 2. Sentsoreen puntuazioak.

	Pisua	HC-SR04 Ultrasoinu sentsorea	LEGO EV3	URM 37
Prezioa	%30	8	4	6
Detekzio- distantzia	%50	7	5	8
Bereizmena	%20	9	5	5
BH	-	7.7	4.7	6.8

Balio haztatuaren formula [1] aplikatuz, Taula 2-n ikusi daitekeen informazio laburbilduaren arabera puntuaziorik onena lortu duen ultrasoinu sentsorea, eta hortaz proiektu hau garatzeko aproposena, HC-SR04 sentsorea da. Aurretik aipatu egin den moduan, espezifikazio onenak ditu eta gainera Arduinorekin lan egiteko eta komunikatzeko egokiena da. Honen prezioa ez da altua eta detekzio-distantzia nahikoa da proiektuaren helburuak betetzeko.

5.2. Prototipoaren egitura

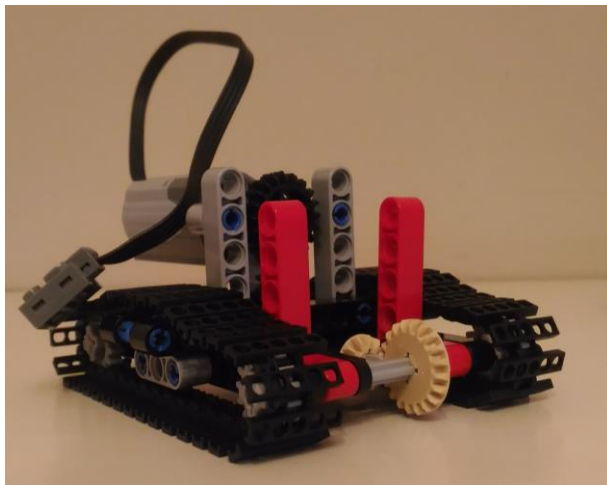
Atal honetan proiektuan erabiliko den oinarriaren prototiporako aztertu diren aukera ezberdinak azalduko dira. Hasiera batean, LEGO etxeko teknologian oinarritutako egitura bat erabiltzeko aukera aztertuko da. Erabili beharreko materialak jada eskura zeudelako eta diseinurako eskaintzen zituen aukera ugariengatik. Azterketa prozesuan zehar aurkitutako arazoan ondorioz eta hauek konpontzeko eskuragarri zeuden errekurtsoak direla eta, diseinu orokorrago bat aztertzea erabaki zen, rover 4x4 moduko ibilgailu bat hain zuzen ere. Oinarri honen garapenean ibilgailuaren higidura modua garrantzi handiko ezaugarria dela kontutan hartu behar da ondorengo ataletan ikusiko den bezala.

Hasiera batean, LEGO bitartez egitea pentsatu zen. Erabili beharreko materialak jada eskura zeudelako. LEGO-rekin diseinua egiterako orduan desabantaila gutxi zeudela zirudien. Gainera, oinarriaren diseinuak GAL honen egileak garatutakoak ziren guztiz, proiektuari balio gehigarri bat emanez. Hala ere, diseinuak burutu eta gero, eraikuntza fasean arazo mekaniko ugari agertu ziren, eta ideia hori deuseztatu egin da. Dena den, LEGO bidez egindako diseinuak azalduko dira; sortutako arazoak modu zehatzago batean ikusi ahal izateko. Desabantaila horiek ikusita, aurrerago azaltzen den bezala beste motako prototipo bat erabiltzea erabaki egin zen. Gradu Amaierako Lan honen betebeharren parte nagusia izan ezin den zati mekanikoaren garapenean hainbeste ardura jartzearen beharra ez egoteko.

5.2.1. LEGO beldar-ibilgailua

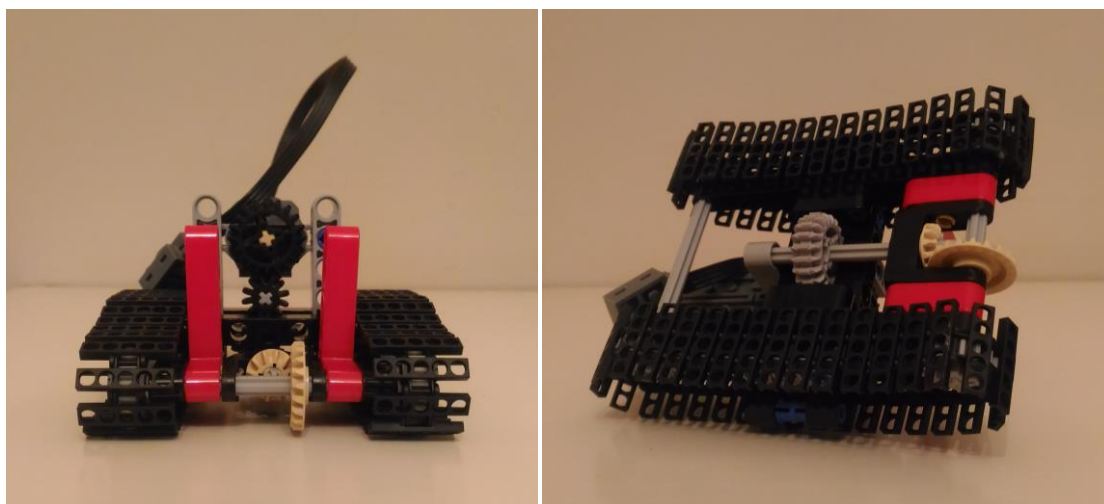
LEGO teknologia erabiliz diseinatutako lehenengo oinarria beldar gurpilak ditu. Hasierako diseinu honetan “oruga” deritzon moduko gurpilak jartzea erabaki zen. Gurpil hauek motor bakar batekin mugitzeko gaitasuna dute. Bi beldarrak zeharkako

pieza baten bitartez lotu egiten dira eta ezarritako transmisio sistema horri esker eta LEGO-k duen motorraren bidez mugimendua gauzatzen da.



Irudia 12. LEGO beldar-ibilgailua.

Diseinu honetan erabilitako motorra, LEGO etxeko motor bat zen, honek ez zuen indar handirik eta horren ondorioz, orga aurrera mugitu ahal izateko zailtasunak agertu ziren. Gainera, mugimendu sistema honekin ibilgailua erraz irristatu egiten zen gainazal askotan, desplazamendua motelduz. Proposatutako beldar diseinu honetan ere, zaila zen Arduinoa, beharrezko sentsoreak eta motorrak instalatzeko gainazal lau eta egokia eraikitzea.



Irudia 13. Beldar arteko transmisioa.

Ibilgailuaren funtzionamendu egokirako, ezinbestekoa da hau ezker-eskuin biraketak egiteko gaitasuna izatea. Mugimendu hauek modu egoki batean egitea beldar eta motor bakar batekin arazoak eta ezbeharreko konplexutasuna gehitzen zizkion sistemari. Gainera, biraketak modu egokian burutzeko bi edo lau motor jarri beharko litzakete, bat gurpil bakoitzeko edo bat beldar bakoitzeko. Izan ere, motor bat bestearekiko azkarrago edo motelago biratzeko. Era horretan, alde bateko beldarra beste aldekoa baino azkarrago edo motelago mugituko da eta lortu nahi diren biraketak lortu ahal izango dira. Hori dela eta, eta aurretik aipatutako beste arazoak direla medio, prototipo honen diseinua atzera bota egin zen.

5.2.2. LEGO gurpilduna

LEGO teknologia erabiliz bigarren diseinu bat pentsatu zen. Bigarren diseinu honetan, lehenengoarekin konparatuta, gauza asko hobetu egin ziren. Prototipo honetan mugimendua bi zatitan banatu egin zen. Alde batetik, biraketak era egokian egiteko mekanismo bat muntatu egin zen aurreko gurpiletan. Bestetik, atzeko gurpiletan, aurrera eta atzerako desplazamenduak egiteko transmisioa garatu zen.



Irudia 14. Gurpildun LEGO-a.

Lehenik eta behin, beldarrak gurpilengatik ordeztu egin ziren, mugimendu nagusiaren arazoa konponduz. Era honetan, irristaduraren problema desagerrarazi zen eta mugitzerako orduan ez zen arazorik sortu. Lehenago azaldu den moduan, aurre eta atzeko gurpilak ez dute haien arteko menpekotasunik. Hala ere, atzekoak mugitzen direnean, aurrekoak mugitzera behartzen dituzte. Diseinu honetan oinarri lau bat lortzen da bertan beharrezkoak diren gailu guztiak kokatu ahal izateko.



Irudia 15. Gurpilen transmisioa.

Irudia 15-en lehenengo argazkian ikusten den moduan, aurreko gurpilak batera mugitu egiten dira. Biak ezkerretara edo biak eskuinetara, mugimendu naturalak lortuz, aurreko diseinuan ez bezala. Munduko edozein kotxek duen biraketa-sistema inplementatzea lortu zen.

Irudia 15-en bigarren argazkian ikusten den moduan, lehen azaldutako bi transmisioak agertzen dira, atzeko aldean kokatuta. Serbo baten bidez biraketaren transmisioa kontrolatu egingo da eta motor baten bitartez mugimendu orokorra kontrolatuko da. Hala ere, bigarren diseinu hau alde batera utzi behar izan zen, lehenengoarekin gertatu zen bezala.

Biraketa naturala izateak indar asko izan du diseinu honetan lan egiten jarraitzeko baina arazoa zati mekanikoarekin agertu zen. Tamaina eta transmisio sistema arazo nagusiak izan zirelarik, bertan lan egiteko espazioa oso murriztua zegoelako. Gainera, transmisio-sistema diseinatzeke zailtasuna handia zegoen, espazioaren eta

materialen konplexutasunaren ondorioz. Merkatua arakatu zen beharrezko piezak erosteko asmoarekin, baina hain pieza txikiak topatzea ez zen erraza eta, gainera, hauen prezioa oso altua zen. Horrela, piezak 3D inprimagailu batekin egitea pentsatu egin zen baina eskura zegoen inprimagailua ez zuen hain pieza txikiak egiteko zehaztasuna. Eta arazo horien guztien ondorioz aukera hau baztertu behar izan zen.

5.2.3. Robot rover 4x4 (12)

Ikusi zenean LEGO ibilgailuen erabilpena ez zela komenigarria, aipatutako arazoak direla eta, hirugarren alternatiba bat bilatu egin zen, rover 4x4 moduko ibilgailua hain zuzen ere.

Aztertutako azken egitura honetan errobotaren zati mekanikoa zuzenean definituta dago, kotxearen txasis-a, motorrak eta bateriak guztiz bateratuta erosi ahal direlako. Era horretan, transmisioarekin agertu zitekeen arazoak desagertzen dira. Behin jasotako materialak erabilita ibilgailua fabrikatu egin da eta jasotako materialak eta beharrezko gainontzekoak erabiliz proiektua diseinatutako prototipoa eraiki egin da. Errobotaren egiturarekin batera jasotako materialak hauek dira:

- 3-6 V arteko lau motor pausuz-pausukoak
- 4 gurpil
- Txasis-a
- Bateriak

Nabarmentzekoa da erositako txasis-a guztiz aproposa dela bertan behar izango diren gailu guztiak muntatu ahal izateko. Goialdean espazio handi bat du Arduinoa kokatzek Irudia 16 ikusi daitekeen moduan. Gainera, hainbat zulo ditu kableak era txukun batean pasatzeko eta konexioak egin ahal izateko.



Irudia 16. Robot rover 4x4.

5.2.4. Aukeren konparaketa

Atal honetan deskribatu diren aukeretan zenbait arazoren ondorioz aukerak baztertu behar izan zirela azaldu da. Hala ere, azpiatal honetan, aztertutako hiru egituren ezaugarrietan oinarritutako aukeraketa adierazten da, hirurak egin daitezkeen diseinuak izango balira bezala. Hortaz, ibilgailuaren prototipoaren aukeraketa honetan espazioa, transmisioak eta mugikortasuna dira kontuan hartu diren ezaugarriak. Parametro bakoitzak pisu bat izango du eta pisu bakoitzaren puntuazioaren arabera, kotxe bat edo beste izango da aukeratutakoa.

Alde batetik, mugikortasuna %30-ko pisua izango du. Mugikortasuna ibilgailuaren tamainarekin zerikusi handia du. Kotxea gero eta txikiagoa izanda era errazago batean mugitu egingo da. Gainera, planta batean espazio txikiagoak behar izango ditu biraketak egiteko. Bestetik, espazioa oso garrantzitsua da proiektu hau garatzeko. Espazio nahiko behar da gauza guztiak kokatu ahal izateko. Parametro hau %30-ko pisua izango du. Bukatzeko, transmisioa %40-ko pisua du. Transmisioa gero eta zuzenagoa izanda mugimenduak errazagoak izango dira, mugimenduak erraztuz.

Taula 3. Prototipoen ezaugarriak.

Aukerak	Mugikortasuna	Espazioa	Transmisioak
LEGO beldar ibilgailua	Beldarrak	Txikia	-
LEGO gurpilduna	Gurpilak	Txikia	-
PROMETEC 4x4	Gurpilak	Handia	Motorrak

Taula 4. Prototipoen puntuazioak.

	Pisua	LEGO beldar ibilgailua	LEGO gurpilduna	PROMETEC 4x4
Mugikortasuna	%30	4	6	5
Espazioa	%30	3	5	8
Transmisioak	%40	4	4	8
BH	-	3.7	4.9	7.1

Aipatutako abantaila guztien arabera rover 4x4 robota izan da aukeratutako ibilgailu mota. Hainbat aukera ezberdin eskaintzen ditu eta nahi diren beste tresna implementatu daitezke kotxea gero eta funtzio gehiago izateko.

Desabantailak gutxi dira. Bereziki kotxe oso handi bat dela eta horrek mugimendu zailagoak eragiten dituela. Nahiko operazio-espazio behar du esker-eskuinera biratzeko. Mugimenduak ez dira naturalak baizik eta behartuak.

5.3. Higiduraren gidapen sistema

Prototipoaren higidura gidatzen duen sistema garrantzia handia du. Azken batean, higidura modu hori, proiektuaren oinarriko ezaugarri bat izango delako. Mugimendua nola egingo duen arabera, bai programazioa bai lan egiteko era ezberdinak egongo dira.

Proiektu honen garapenerako 2 mugimendu modu ezberdin aztertuko dira: lerro jarraitzaile autonomoa eta Bluetooth bidez gidatutako mugimendua. Kasu bakoitzean, higidura modu horren ezaugarriak, abantailak eta arazoak adieraziz. Horren arabera, mugimendua kudeatzeko sistema bat aukeratuko da proiektu honetan garatutako ibilgailuan inplementatzeko egokiena erabakiz.

5.3.1. Lerro jarraitzailea

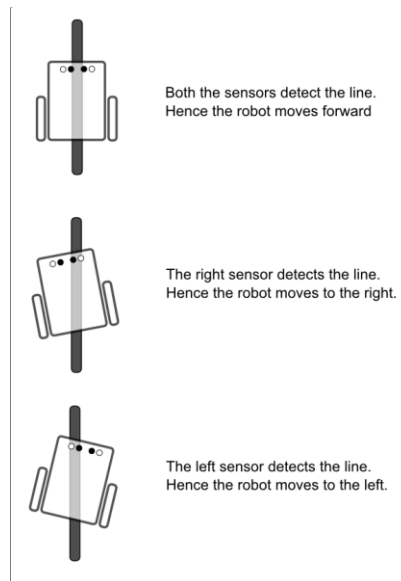
Makina jarraitzaileak lerro baten gainean mugitzeko ahalmena dute. Oinarrizko operazioak lerroaren posizioa sentsore bitartez detektatzea eta makina gidatzea dira. Lerro bat jarraitzea bereizmen handiko prozesu bat da. Era honetan, kotxe edo robot bat era autonomoan mugitzeko gaitasuna izan dezake (13).

Sistema honen funtzionamendu egokirako, ibilgailuak bi sentsore izango ditu aurrealdean. Hauek sentsore infragorriak (IR) izango dira. Sentsore hauek lurrera begira egongo dira, eta argia detektatu egingo dute. Sentsoreek jasotako argiaren arabera 1 edo 0 logikoa emango dute bere irteeran. Erabiliko den sentsorea TCRT5000 infragorri sentsorea izango da.



Irudia 17. Izpi infragorriko sentsorea.

Higikari jarraitzaile baten funtzionamenduan lerroaren zabalera eta kolorea faktore garrantzitsuak dira. Marraren zabalera beharrezko minimoa baino estuagoa bada edo kolore-aldaketa ez bada antzematen, makina ezin izango da era egokian mugituko. Lerroaren zabalera sentsoreen arteko distantziaren berdina izan behar da gutxienez.



Irudia 18. Lerro jarraitzailearen funtzionamendu printzipioa.

Sentsoreak kolore argi bat detektatu egiten badu barne-erresistentzia txikituko da. Aldiz, kolore ilunetan barne-erresistentzia hori handituko da 1 logiko bat emanaz. Hurrengo taulan sentsore bakoitzak ematen duen balioaren arabera egingo diren mugimenduak aztertuko dira.

Taula 5. Egoera ezberdinetarako mugimenduak.

Mugimendua	Egoera	IR1 (ezkerrekoa)	IR2 (eskuinekoa)
Gelditu	1	0	0
Eskuinera biratu	2	0	1
Ezkerrera biratu	3	1	0
Aurrera	4	1	1

5.3.2. Bluetooth kontrola

Kasu honetan Bluetooth bidez konektatutako dispositibo bat erabiliz kontrolatu daiteke kotxearen mugimendua. Mugikorretik deskargatzen den aplikazio batekin eta Arduino eta mugikorra konektatzeko Bluetooth moduluarekin lortuko daiteke adibidez.

Bluetooth distantzia laburreko komunikazioetarako baliogarria den teknologia da. 1994. urtean garatu egin zen Jaap Haartsen eta Mattisson Sven-ren eskutik. Bi gailuen arteko komunikazio laburra, merkea eta haririk gabekoa lortzea zuten helburu. WPAN, Wireless Personal Area Network, sare pribaturako komunikazio modua du. Gailu nagusiak 7 morroi ezberdinekin komunikatu daiteke momentu berean (14).

Mugimendu mota honetan Bluetooth modulu bat erabili behar izango da. Serie komunikazioa duen gailua da eta bi modu ditu: nagusia eta morroia. Gailu nagusia helbide bikoitia izango du eta morroiak, aldiz, bakoitia. Konexioa hau TX eta RX seinaleen baliokidea da. HC-05 edo HC-06 moduluak erabili daitezke. Bien ezaugarriak ondoko Taula 6-n ikusi daitezke.

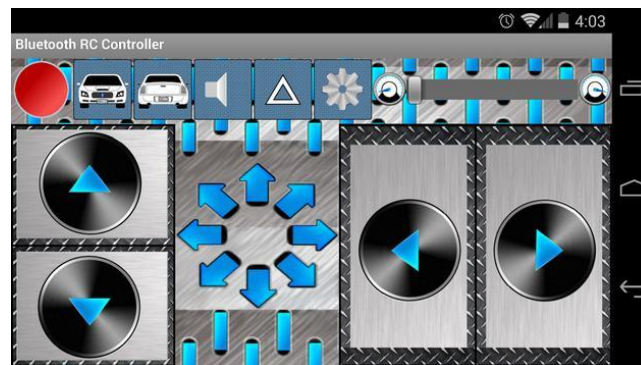
Taula 6. Bluetooth moduluen ezaugarriak.

HC-05	HC-06
Nagusi eta morroi moduak aldatu daitezke	Nagusi eta morroi moduak ezin daitezke aldatu
Pasahitza: 1234	Pasahitza: 1234



Irudia 19. Bluetooth modulua.

Esan bezala, ibilgailua mugikorrarekin kontrolatu ahal izateko aplikazio bat deskargatu eta instalatu egin behar da. Aplikazio horri esker kotxearen kontrola totala da. Aurrera-atzera mugimenduak eta biraketak egin daitezke. Gainera, aplikazio horrek gainontzeko elementuak kudeatzeko aukera ematen du, hala nola argiak eta klaxona, kotxean horrelako elementurik instalatuta egotekotan.



Irudia 20. Aplikazioaren pantaila.

5.3.3. Aukeren konparaketa

Aztertutako bi ereduak ikusita, proiektu honetan egokiena aukeratzeko ondoko zehaztasunak emango dira.

Lerro jarraitzailea oso merkea da eta inplementatzeko erraza. Aldez, programazioaren zatia konplexuagoa izango da; hainbat baldintza eman ahal daitezkeelako. Zinta beltz batekin nahikoa da zirkuitu txiki bat muntatzeko. Nahi diren beste sentzore ipintzen dira mugimendua ahalik eta hoberen jarraitu dezan ezarritako lerroa. Kasu honetan, 2 sentzore erabili dira. Hainbat ikerketa eta garapen egin dira prozesu honen inguruan.

Bluetooth bidezko kontrola garestiagoa da. Lerro jarraitzailearekin konparatuta askoz errazago inplementatzen da. Programazioa askoz errazagoa da, lau egoera baino ez direlako kontuan hartu behar. Honen funtzionamendurako bluetooth modulua eta kontrolerako mando bat erabiltzen dira. Hala ere, lehenago azaldutako mugikorraren aplikazioarekin ere kontrolatu daiteke. Honen inguruan ikerketak ere asko dira.

Taula 7. Mugimenduen ezaugarriak.

Aukerak	Materialak	Prezioa	Mugimenduak
Lerro jarraitzailea	IR sentzoreak + zinta beltza	3,71 €	Programatuak
Bluetooth kontrola	Bluetooth modulua + kontrolerako mandoa	53,78 € 3,01€ + mugikorra	Oso zehatzak

Aztertu diren helburuen arabera, proiektu honetan egokiagoa da lerro jarraitzaile eran mugimenduak egitea. Mugimenduak ez dira beste eran bezain zehatzak izango, baina horrela konplexutasuna handiagoa da.

5.4. Mikrokontrolagailua

Elektronikaren aldetik ikusita, zatirik garrantzitsuena hau izango da, sistemaren muina baita. Txartela bakar batekin, sisteman zehar dauden dispositibo guztiak kontrolatu egingo dira. Era berean, konexioak txartelean bertan gauzatuko dira. Prozesuaren muina izango denez, instrukzio guztiak gailu honek kontrolatuko ditu.

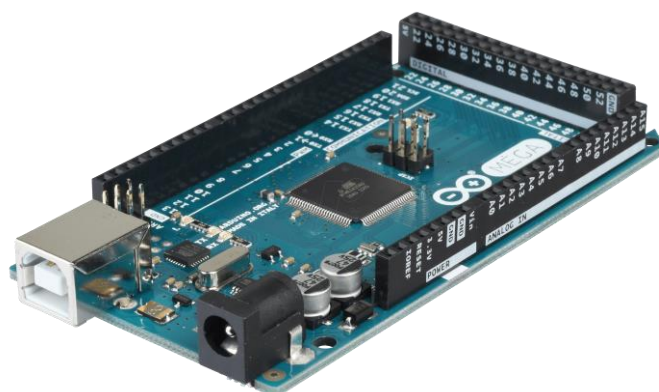
Txartel hau programatu behar da programazio-lengoaia baten bitartez. Garatutako programazioaren arabera ekintza bat edo beste burutuko ditu, hau da, ekintza bakoitzean seinale ezberdinak aktibatu edo desaktibatu beharko ditu. Mikrokontrolagailuak kudeatu behar dituen seinale hauek analogikoak edo digitalak izan daitezke konektatutako gailu elektronikoaren arabera.

5.4.1. ARDUINO

Arduino kode irekiko plataforma bat da, mikrokontrolagailu sinple batean oinarrituta dagoena eta komunikazioa-protokolo ugariekin komunikatu daitekeena. 2005. urtean ikasleentzat zuzenduta sortu zen proiektua da, Ivrea-ko institutuan.

Gaur egun, hainbat konfigurazio ezberdin onartu egiten ditu eta prozesadoreak bi motakoak izan daitezke: 8 edo 32 biteko Atmel prozesadorea (13) (15).

Txartela honek hainbat sarrera eta irteera pin ditu, bai analogiko bai digital. Pin hauek hainbat gailuekin komunikatzea ahalbidetzen du. Mikrokontrolagailu hauekin lan egiteko, Arduinoren web orrialdean Interated Development Environment (IDE) programazio ingurune askea aurkitu daiteke. Honetan erabiltzen den programazio lengoaia C eta C++ programazio lengoaiak ditu oinarri.



Irudia 21. Arduino MEGA.

Arduinok hainbat txartela mota ditu eta beharreko baliabideen arabera bat edo beste aukeratu daitekeelarik. UNO, MEGA, Mini edo Nano aurkitu daitezke, besteen artean.

Taula 8. Arduino MEGA txartelaren ezaugarriak (16).

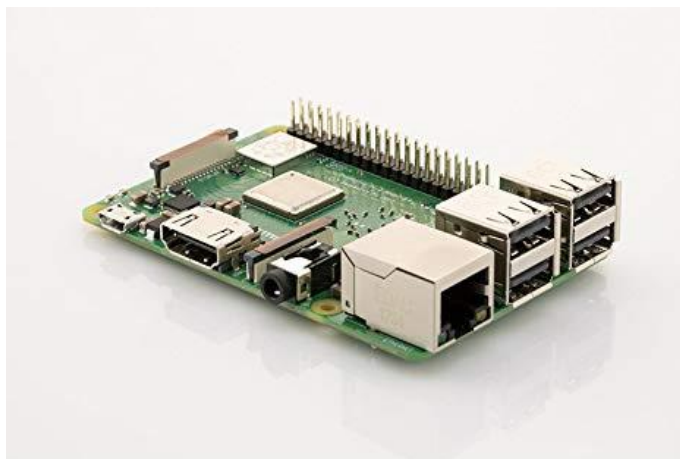
Funtzionamendu tentsioa	5 V
Sarrera tentsioa	7-12 V
I/O pin digitalak	54 (15 PWM irteera)
Sarrera analogikoak	16
I/O pinen intentsitatea	20 mA
Flash memoria	256 KB
Erloju maiztasuna	16 MHz

5.4.2. RASPBERRY PI

Raspberry Pi tamaina txikiko Broadcom System On Chip-ean oinarritutako mikrokonputagailu bat da. Erresuma Batuan garatu egin zen informatika irakaskuntzarako ikasleei zuzenduta. Gaur egun, hainbat Raspberry txartela ezberdin daude. 700 MHz-ko prozesadorea dute.

MEMORIA

Operazio sistema bat du SD txartela digital batean gordeta egon behar dena. Helburu orokorreko 8 sarrera/irteera ditu. Raspberry bat programatzeko Linux sistema operatiboa erabiltzea gomendatzen da, baina beste asko ere aurkitu daitezke. C edo Phyton programazio-lengoaiak ere erabili daitezke (13) (15).



Irudia 22. Raspberry Pi.

Proiektu honen garapenerako kontutan hartu zen txartela, Raspberry Pi 3 B+ izan zen. Honek ondorengo espezifikazioak ditu (17):

Taula 9. Raspberry Pi txartelaren ezaugarriak (17).

Funtzionamendu tentsioa	5 V
Sarrera tentsioa	5 V
I/O pin	40
SRAM memoria	1 GB
Erloju maiztasuna	1,2 GHz
HDMI portua	1
USB 2.0 portuak	4
Mikro SD txartela	1
CSI kamera portua	1
Audio eta bideo portua	1

5.4.3. Aukeren konparaketa

Atal honetan aukera egitea ez du arazo handirik eman. Urteetan zehar Arduino izan da gehien erabili den kode irekiko plataforma. Gainera, unibertsitatean zehar horren inguruko azterlanak egin dira. Hau eskuratzeko eta erosteko erraztasuna handia izan da, material kantitatea handia delako. Arduinoan jartzeko beharrezkoak diren sentsoak, txip eta bestelakoak hainbat dira. Hauek, bai Internet-en zein denda fisikoetan erosi daitezke. Adibidez, sentsoak mota baterako hainbat eredu ezberdin aurkitu daitezke.

Raspberry Pi, aldeaz, aukera konplexuagoa da. Honen inguruan gutxi landu unibertsitate urte hauetan zehar. Gainera, mikrokontrolagailu honen ezagutza ikasleak bere kabuz ikasi egin izan ditu. Beraz, ezagutza maila txikia denez, proiektuaren garapena atzeratu egingo du, nahi diren epeak bete ahal izan gabe.

Azkenik, elementu ezberdinen ezaugarriak eta hauen inguruko ezagutzak kontutan izanda Arduino erabiltzea erabaki zen proiektuaren sinpletasuna mantentzeko eta sortu ahal izango liritekeen atzerapenak murrizteko.

6. Proposatutako irtenbidearen diseinua

Proposatutako diseinuaren helburu nagusiak bi dira: lehenengoa, kotxeak lerroa jarraitzeko beharrezko mugimenduak egitea; eta bigarrena, bidean topatu ditzakeen objektuak eta oztopoak ekiditea.

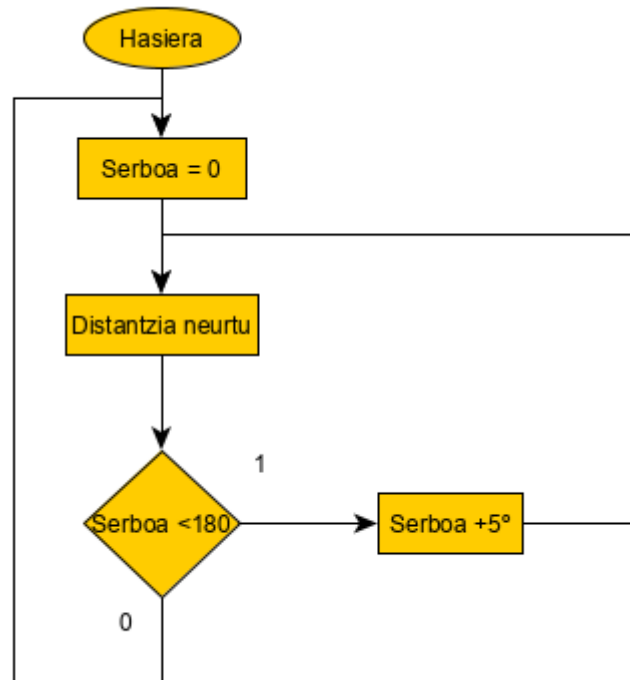
Aurreko atalean egindako aukeren analisisa eta hartutako erabakiak kontutan izanda, atal honetan, proiektu hau aurrera eraman ahal izateko aukeratu diren elementu desberdinak modu zehatzago batean azalduko da. Hau da, azkenean sistema osatzeko eta eraikitzeko aukeratu diren elementu desberdinak sakontasun handiagorekin deskribatuko dira, bakoitzaren funtzionamendua eta zereginak zehaztuz.

6.1. Serbomotorra eta ultrasoinu sentsorea

Eraikitako ibilgailua bi betebeharrak burutzeko gai izan behar da aldi berean: distantziak neurtu eta serbo motorra mugitu. Era labur batean azalduta: serboaren posizio bakoitzean, detektatzen duen objektua zenbat distantziara dagoen neurtu behar du. Irudia 23-n ikusten da fluxu-diagrama baten bitartez.

Irudia 23-ko fluxu diagramak objektuen detekzio sistemaren funtzionamendua deskribatzen du. Lehenik eta behin, 0°-tan hasieratu behar da serboaren biraketa angelua eta neurtutako distantzia ere 0-ra hasieratzen. Hau da, hasieraketa egoera honetan serboa geldirik egongo da 0 posizioan, prozesua martxan hasiko den momentura arte. Ondoren, ultrasoinu sentsorearen bitartez, pieza bat antzematen duen distantzia neurtu behar du, distantzia hori itzuliz. Behin neurketa hori eginda, serboaren egoera begiratu behar da. Serboak, jakin daitekeenez, 0° eta 180° arteko funtzionamendu esparrua dute. Beraz,

180° baino azpitik dagoen bitartean, serboa 5 graduka biratzen egongo da. 5 biraketa gradu bakoitzean distantzia neurtu behar da, lehen aipatu egin den bezala. Behin 180°-ko muga horretara heltzen denean, serboa hasieratzen da 0°-tara eta prozesua berrasiaritzen da.



Irudia 23. Serbo motorra eta ultrasoinuaren fluxu-diagrama.

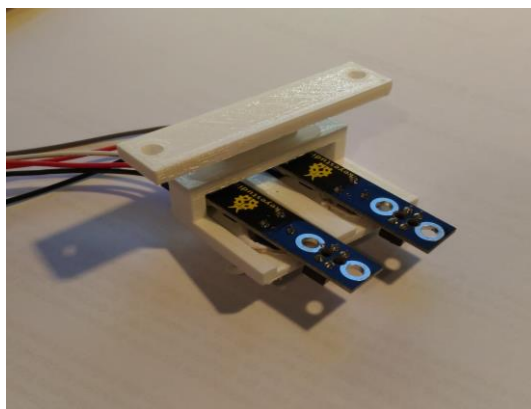


Irudia 24. Serboa eta ultrasoinu sentsorea.

Proiektu honetan sistema hau ibilgailuaren aurrealdean dauden objektuak detektatzeko erabiltzen da. Hau da, kotxearen aurrealdetik oztopora arte dagoen distantzia kalkulatu da. Objektua oso urrun dagoenean ez da arazorik egongo, baina objektua definitutako distantzia bat baino txikiagoa den batera dagoenean, ibilgailua gelditu beharko da objektua aurretik desagertzen den arte. Hori egiteko, serboaren mugimendua ere eten egingo da baina distantzia neurketa jarraitu egingo du objektua bidetik desagertzen denean berrabiaraziz.

6.2. Izpi infragorriko sentsoreak

IR sentsoreei esker ibilgailua lerro baten bidez adierazitako bidea jarraitzeko gai izango da. Hau da lehen aipatutako xedeetako bat. Prozesurako bi sentsore erabiliko dira eta biak kotxearen aurrealdean kokatuta egongo dira. Bata bestearen alboan, lerro beltz baten alboak kontrolatzeko.



Irudia 25. Izpi infragorriko sentsoreak.

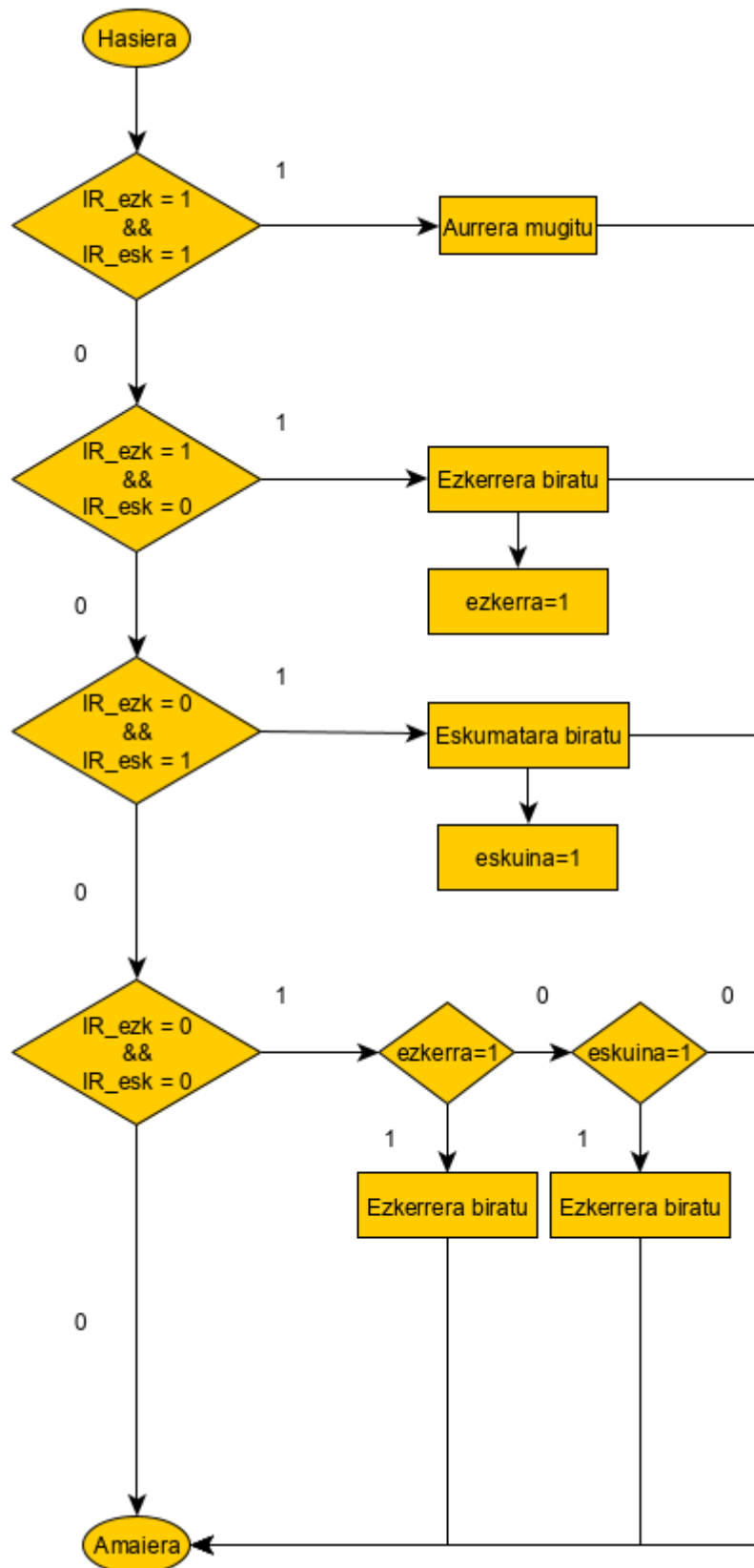
5.3.1 Lerro jarraitzailea puntuan azaldu egin den bezala, bi sentsoreak lerroaren zabaleraren arabera separatuta egon behar dira. Horretarako, 3D inprimagailuarekin beharrezko euskarria egin da Irudia 25 ikusi daitekeen bezala. Era honetan, ibilgailuak

bidea edo lerroa galtzen duen bakoitzean, antzeman ahal izango du zein aldetatik irten egin den.

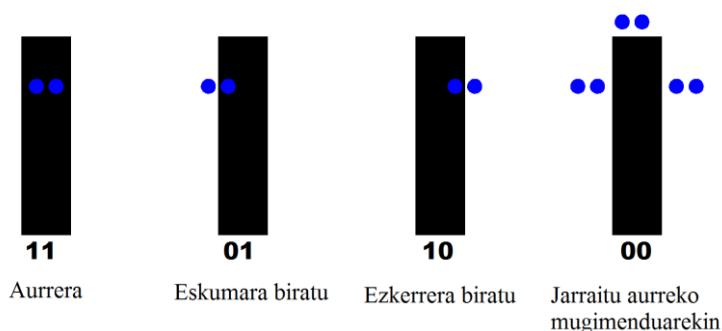
Irudia 26 atal honen programazioarekin bat datorren fluxu diagrama sinplifikatua ikusi daiteke funtzionamendua errazago ulertzen laguntzeko. Programazioan zehar baldintza gehiago ezarri behar izan ziren. Adibidez, bi sentsoreek lerroa galtzen zuten bakoitzean. Ahalik eta argitasun eta sinpletasun handienarekin azaltzeko xedearekin ez dira fluxu-diagrama honetan irudikatu. Hala ere, azaldu egingo dira.

Lerro jarraitzailearen funtzionamendua aztertzerakoan, garrantzi handiko arazoa sortu zen. Sentsoreak martxan hasten zirenean eta behin marra galtzen zutenean hauen funtzionamendua gelditzen zen eta beraz ibilgailuak ezin zuten mugimenduekin aurrera jarraitu. Hori konpondu ahal izateko, gainontzeko baldintza batzuk programatu behar izan dira. Zehazki, egoera hori konpontzeko ondokoa egin da: bi sentsoreek lerroa galtzen zutenean, aurreko egoera gorde behar du sistemak eta egiten ari zen mugimendu horrekin jarraitu.

Kasu zehatz hori argiago ulertzeko, hona hemen horren adibide bat. Ezkerretarako kurba bat ematen duenean eta bi sentsoreak kurbatik irteten baldin badira, gorde egiten da aurreko “ezkerretara biratu” agindua (ezkerrera = 1 aldagaiarekin). Beraz, berriro ere marra aurkitzeko aurreko “ezkerretara biratu” hori mantendu egingo du. Behin lerroa aurkituta, tokatzen zaion mugimendua burutu egingo du eta ezkerre aldagaia hori Ora itzuliko da.



Irudia 26. Izpi infragorrien fluxu-diagrama.



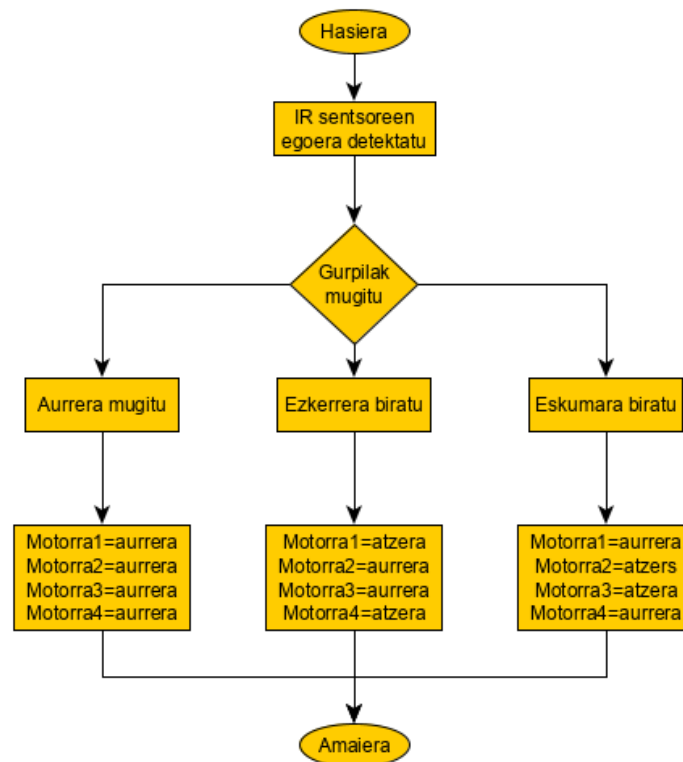
Irudia 27. Sentsoreak eta mugimenduak.

6.3. Gurpilen mugimenduak

Atal honetan, gurpilak mugitzeko sekuentzia azaldu egingo da. Lan honetan zehar azaldu egin den moduan, kotxearen mugimendua ez da mugimendu naturala izango. Mugimendu naturala lortzeko, gurpilak alboetara mugitu beharko lirateke. Eta ez bakarrik aurrera edo atzera, proiektu honetan gertatzen den moduan.

Diseinatu egin den robot-a 4 motorrez baliatuko da, bat gurpil bakoitzean, ibilgailuaren biraketa gauzatzeko. Motor bakoitza era independentean lan egiten du. Hau da, bakarrik atzera eta aurrerako mugimenduak egin dezakete, baina ezin dute alboetara biratu. Beraz, sistema honen mugimendua antinaturala deitzen dena izango da. Mugimendu mota honetan, kotxearen biraketa gauzatzeko-bi motor aurrera egingo dute eta beste biek, berriz, atzera.

Proposatzen den diseinuan, nahiz eta 4 motor ezberdin izan, 2 motor-talde bezala hartu egingo dira. Alde batetik ezkerreko gurpilak eta bestetik, eskuinekoak. Ezkerreko biraketa bat egin nahi denean, ezkerreko gurpilak atzera biratzen dute eta eskuineko aldekoak aldiz aurrera, erlojuaren noranzkoan. Kontra, eskuineko biraketa baten aurkakoa gertatuko da. Eskuinekoak atzera eta ezkerrekoak aurrera. Irudia 28 ondorengo fluxu-diagraman ikusten den moduan ematen da proiektuan.



Irudia 28. Gurpil eta motorren fluxu-diagrama.

6.4. Mugimendu totala

Azkenengo azpiatal honetan ibilgailuaren mugimendu osoa azalduko da, lehen zehaztu diren baldintza guztiak aztertuz.

Mugimenduaren deskribapena hasteko, lehenik eta behin, jakin beharra dago zeintzuk diren erabiliko diren materialak eta bakoitzaren zereginak:

- **Ultrasoinu sentsorea:** distantziak neurtzeko eta oztopoak aurkitzeko.
- **Serbo motorra:** ultrasoinu sentsorea mugitzeko eta ibilgailuaren aurrealdeko espazio osoa kontrolatua izateko.

- **Izpi infragorriko sentsoreak:** definitutako ibilbidea jarraitzeko.
- **Gurpilak eta motorrak:** kotxea mugitzeko.

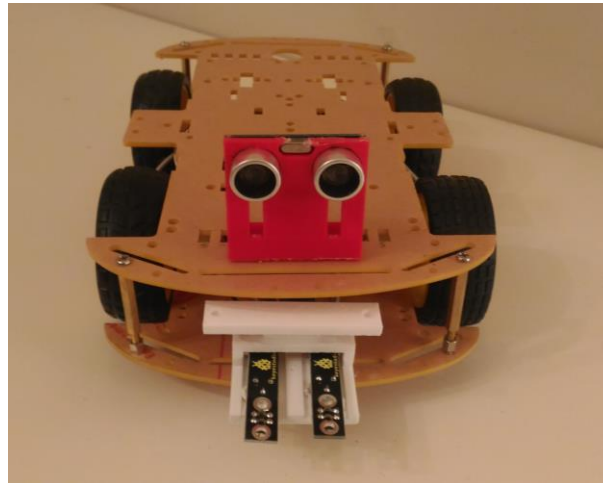
Behin materialak definituta daudenean, azalpen orokorrarekin hasi daiteke.

Ibilgailua martxan hasten denean distantzia neurtzen egongo da serboa mugitzen den bitartean eta ibilgailua aurrera egiten duen bitartean. Distantziak neurtzeko erabili egiten den ultrasoinu sentsorea serbo motorraren gainean kokatuta dagoenez, 0° eta 180° arteko esparruan dauden objektuak zenbat distantziara dauden kontrolatu daiteke. Serbo motorra 5 graduka aldatzen joango da eta biraketa egin ahala edozein angeluan dagoen distantzia neurtuko du. Loop hasieraketa bakoitzean, 5 gradu gehiago gehitu egingo ditu, 180°-ra heltzen den arte. Behin 180°-tara heltzean, serboa hasieratuko da definitutako puntura itzuliz.

Ibilgailuak egiten duen distantziaren neurketa oso garrantzitsua da. Objektu hori detektatzen duen distantziaren arabera, motorrak azkarrago, motelago edo guztiz gelditu egingo dira. Distantziaren baldintzak aurrerago azalduko dira puntu honetan zehar. Irudia 29-n ikusi daitekeen moduan, distantzien neurketan kotxearen aurrealdetik neurtu egin behar da.

Behin distantzia neurtu denean, egin beharreko ondorengo pausua izpi infragorrien egoera begiratzea da. Izpi infragorri bakoitza Arduinoren pin batera konektatuta dagoenez, bakoitzak balio bat emango du digitalki. 6.2 Izpi infragorriko sentsoreak atalean azaldu egin den moduan, sentsoreetako bat lerro beltzaren gainean dagoenen 1 logikoa itzuli egingo du. Aldez, lerrotik irteten denean, 0 logikoa emango du bere irteeran. Bi sentsoreen egoera batera ikusi egingo du eta loop-ean sartzen den bakoitzean egoera berri batean egongo dira. Zein sentsore ateratzen den arabera, honen egoera aldatuko da eta sistemak eragiketa bat edo beste egingo du. Irudia 29 ikusi daiteke bi sentsore horien kokapena. Lehen esan den bezala, sentsore hauek

ibilgailuaren aurrealdean kokatuta daude lerro bidez adierazitako bidea jarraitu ahal izateko.

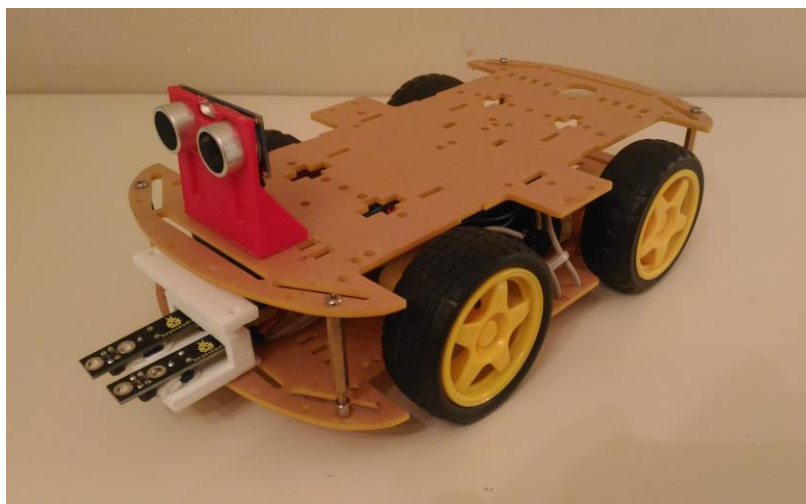


Irudia 29. Ultrasoinua eta izpi infragorriko sentsoreak kotxean muntatuta.

Funtzionamenduaren azalpenarekin jarraitzeko, aurreko paragrafoan aipatutako distantziaren baldintzak azalduko dira. Funtzionamendu normalean dagoen bitartean, hau da, konprobatu behar duen lehenengo baldintzan, objektuak 10 cm baino gehiagora egongo dira ultrasoinu sentsorearen neurketen arabera, eta ibilgailua abiadura azkarrean mugitzen egongo da. Bigarren egoera batean, objektu batera hurbiltzen denen edo oztopo bat aurkitzen duenean 5 eta 10 cm artean, abiadura moteltzen du eta serboa geldituko du. Objektu/pertsona/oztopo hori kentzen den arte, serboa posizio horretan mantenduko da. Azkenengo egoera bat dago distantziarekin zerikusia duena. Hau 5 cm baino hurbilago objektuak daudenean, motorrak guztiz gelditzen dira istripu bat gertatu ez dadin. Gainera, aurreko egoeran bezala, serboa posizio horretan mantendu beharko da objektu hori desagertzen den arte.

Azalpenarekin bukatzeko, izpi infragorrien egoeraren arabera, aurrera, ezkerrera edo eskuinerako mugimendua egin behar du ibilgailuak. Bi sentsoreak maila altuan daudenean (HIGH egoeran), hau da, biak ezarritako lerro gainean dauden bitartean, robota aurrera mugitu behar da beste egoera bat antzematen duen arte. Hurrengo egoera batean, adibidez, eskuineko sentsorea lerrotik irteten denean ematen da, eskuinekoa

HIGH eta ezkerrekoa LOW egoeran egongo dira. Kasu honetan kotxea ezkerreko biraketa egin behar du. Hau da, irteten den sentsorearen kontrako biraketa.



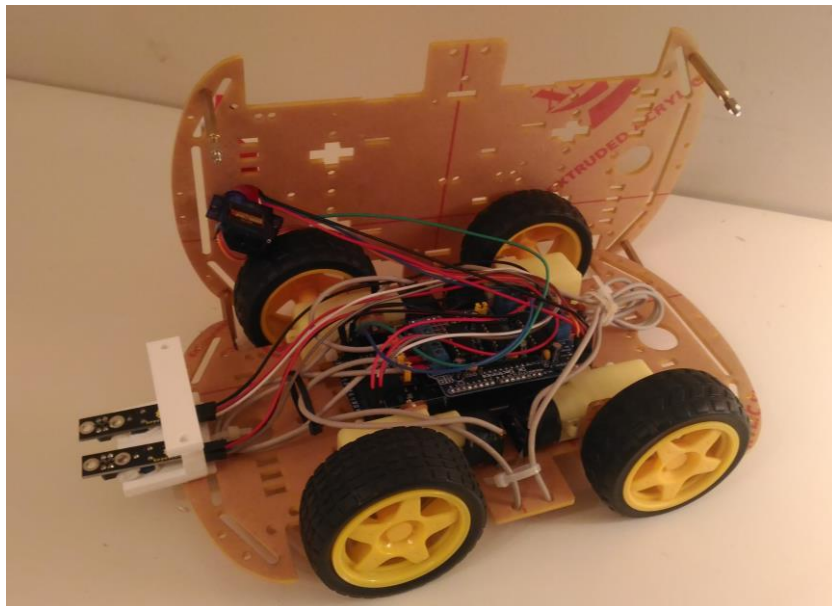
Irudia 30. Ibilgailua.

Ibilgailuaren higiduran beste bi egoera agertu daitezke. Bata aurrekoaren simetrikoa izango dena, hau da, ezkerreko sentsorea lerrotik irteten denean. Kasu honetan kotxea eskuinera biratu behar du. Bestea, azkenengo egoera, konplexuena da, honetan bi sentsoreak lerroa galdu egiten dutelako. Kasu honetan, ibilgailuak biratzeko mugimendu batean zegoen eta honekin jarraitu behar izango du sentsorearen bat berriro lerro gainera sartu arte.

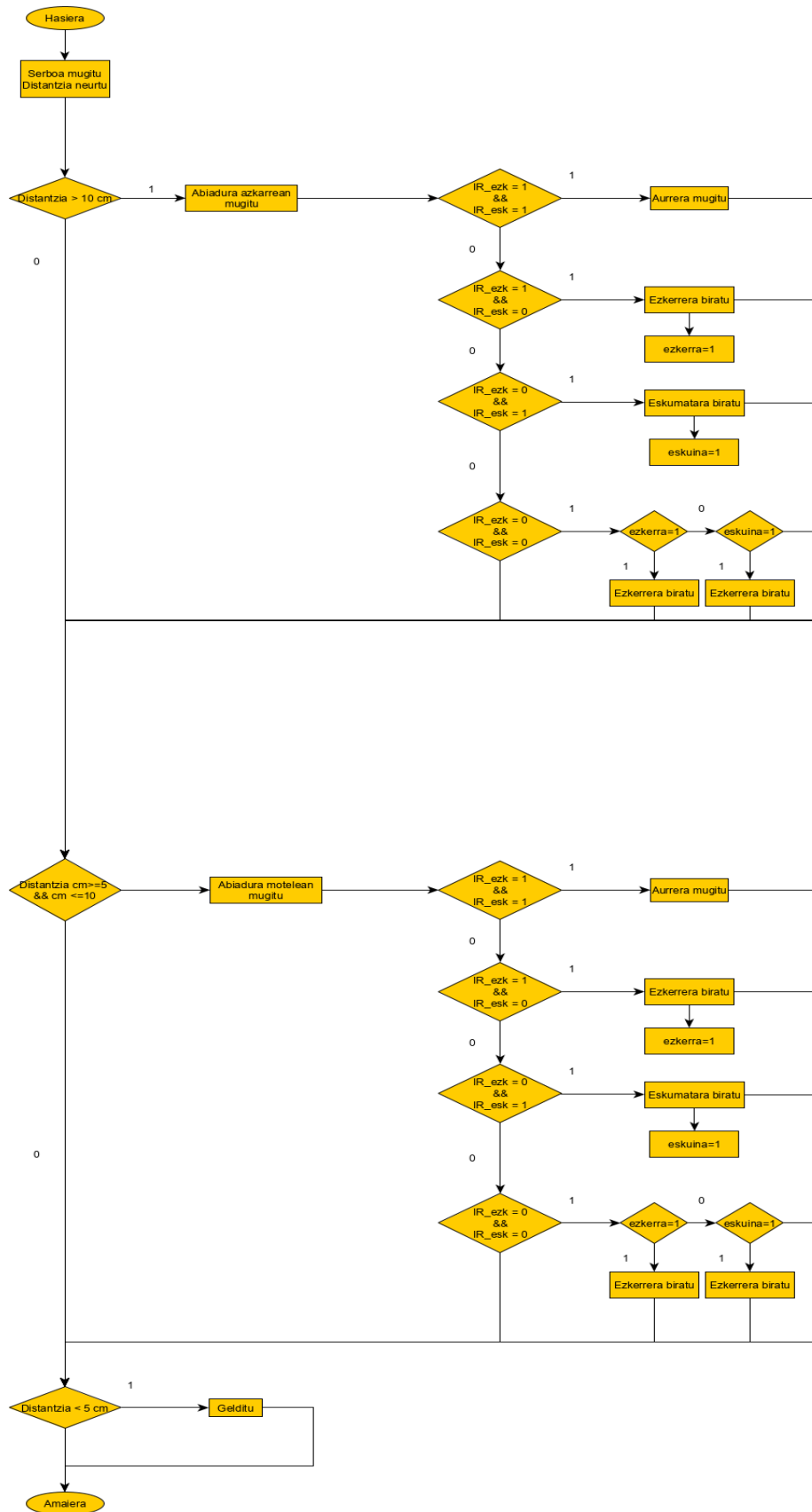
Azkeneko egoera horren funtzionamendua kudeatzeko, ezkerreko edo eskuineko biraketa egiten duenean aldagai bat gorde behar du, azkenengo biraketa zein izan den jakiteko. Ezkerreko biraketa izan bada ezker=1 gordetzen du eta alde eskuinekoa izan bada, eskuina=1. Beraz, bi sentsoreak irteten direnean, aurreko egoera hori gordeta duenez, biraketa hori mantenduko du. Birritan egingo du ezkerreko edo eskuinerako biraketa hori hurrengo egoera bat aurkituko duen arte. Loop hasieraketa bakoitzean egoera ezberdin bat begiratzen egongo da.

Laburbilduz, hauek dira eman beharreko pausuak funtzionamendua ulertu ahal izateko: Hauek Irudia 32 agertzen den fluxu diagraman ikusi daitezke.

1. Serboa mugitu.
2. Distantzia neurtu eta neurketa cm aldagaian gorde.
3. Ezker eta eskuineko sentsoreen egoerak begiratu, sensorbalioa_ezk eta sensorbalio_esk aldagaietan gordez.
4. cm distantziaren arabera motorrak azkar edo motel mugituko edota geldituko dira.
5. sensorbalioa_ezk eta sensorbalio_esk aldagaien arabera, biraketa bat edo beste burutu eta ezkerra/eskuina aldagaiak eguneratu.



Irudia 31. Ibilgailuaren konexio fisikoak.



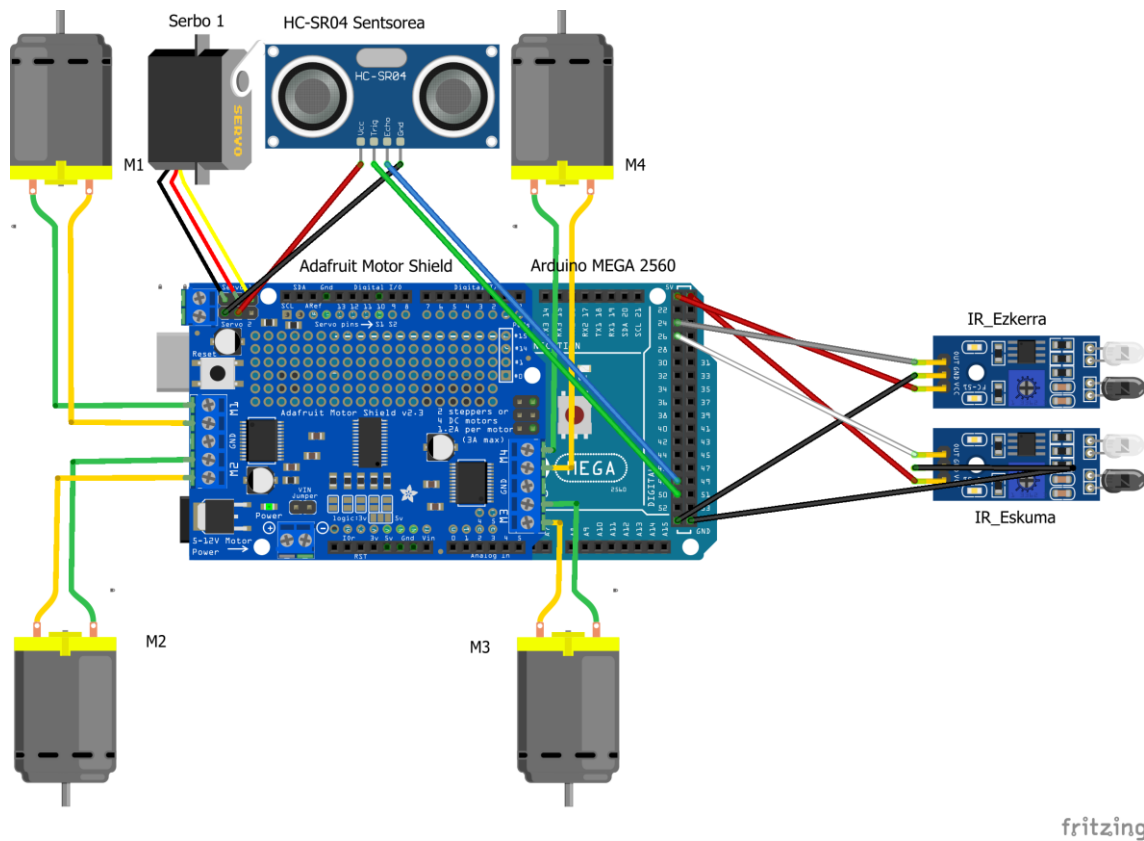
Irudia 32. Fluxu-diagrama orokorra.

Sistemaren funtzionamendua frogatu ahal izateko zirkuitu elektronikoa diseinatu eta egin behar izan da. Horretan ezarritako konexioak egiteko ezinbestekoa da Arduino-ren zein pin nora konektatuko diren erabakitzea. Hori egin ahal izateko, zirkuituan erabili den Adafruit motor shield-ak erabiltzen dituen pin-ak ere kontutan hartu behar dira. Pin horiek Taula 10-n ikusi daitezke.

Taula 10. Arduino pinak.

Pina	Funtzioa	Materiala
10	Serbo	Serbomotorea
24	Ezkerreko IR	IR sentsoreak
26	Eskumako IR	
48	Trigger	Sentsore ultrasonikoa
50	Echo	
VCC	5V	-
GND	0V	
M1+	PWM	Motorra 1
M1-	PWM	
M2+	PWM	Motorra 2
M2-	PWM	
M3+	PWM	Motorra 3
M3-	PWM	
M4+	PWM	Motorra 4
M4-	PWM	

Lehen esandako konexioak argi ikusteko, Fritzing programa erabili egin da. Horrela, argi ikusi daiteke sistema osoaren zirkuituak duen layout-a eta eskema elektrikoa. Irudia 33 ikus daiteke eskema elektriko hori.



Irudia 33. Eskema elektrikoa.

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

BILTEGIRATZE IBILGAILU AUTONOMOA

2. DOKUMENTUA- LANERAKO ERABILITAKO METODOLOGIA

Ikaslea: Villanueva, Amorrortu, Asier

Zuzendaria: Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Bilbo, 2019, Uztailak, 22

7. Deskribapena, faseak eta ekipoak

Proiektua garatzeko hainbat baliabide erabili behar izan dira. Dokumentu honetan Gradu Amaierako Lan hau burutzeko beharrezkoak izan diren atal guztiak azaldu egingo dira. Era antolatu batean lan egin ahal izateko, egin beharreko lana fase ezberdinetan zatitu egin da eta bakoitzaren deskribapena eta iraupena zehaztuta aurkitzen da hemen.

Burututako plangintza ulertu ahal izateko, zati bakoitzaren zereginak azalduko dira. Tarea bakoitzaren hasiera eta amaiera datak zehaztu egiten dira. Bukatzeko, Gantt diagrama baten bidez plangintza hori modu argi batean erakutsi egiten da.

7.1. Lan-taldea

Gradu Amaierako Lan honen zuzendaria Maria Goretti Sevillano Berasategui izan da. Eman behar izan diren pausuak zehaztu egin ditu eta bere ezagutzak proiektuaren buruarekin konpartitu ditu. Horrez gain, bere zereginen artean dokumentuak zuzentzea eta hauen idazkera argia eta ulergarria ziurtatzea izan da. Gradu Amaierako Lan honen garapenean agertu diren arazoei irtenbidea ematen ere lagundu egin du.

Proiektuaren burua Asier Villanueva Amorrortu izan da. Ikasle honek proiektu osoa exekutatu egin du. Bere zereginen artean programazioaren garapena, prototipoaren eraiketa, memoriaren idazketa eta sortutako arazoei irtenbide ezberdinak bilatu eta aztertzea zeuden. Era berean, aukera anitz analizatu ditu proiektua ahalik eta gehien aprobetxatzeko eta modu egokienean gartu ahal izateko.

Lan taldean hirugarren pertsona bat egon da, saileko teknikaria Cesar Perez Barrios. Bere zereginen artean, arazo tekniko eta oso zehatzei konponbideak bilatzen laguntzea zegoen. Horretaz aparte, proiektuan erabilitako material aukeraketan garrantzia handia izan duen pertsona izan da.

Plangintza atal honen amaieran aurkeztutako Gantt diagraman zehaztutako plangintzan, eguneko 2 orduko lana egin dela kontutan hartu behar izango da. Bereziki, proiektuaren buruak egindakoak. Dudak argitu behar izan diren guztietan bai zuzendaria bai teknikaria parte hartu izan dute.

7.2. Lan-faseak

Esan bezala, Gradu Amaierako Lan hau behar bezala burutzeko eginbeharreko zereginak bete behar txikiagoetan banatu dira. Horrela, lan hau burutzeko 5 fase ezberdinak dira. Hurrengo ataletan fase horiek azaldu egingo dira. Hauen antolakuntzari esker, proiektua burutzeko prozesua egokia eta erraz ulertzekoa izango da. Nahiz eta deskribapen hauetan modu esplizitu batean ez adierazi, egindako pausu guztiak proiektuaren zuzendariarekin batera akordatu egin dira garapenean zehar.

7.2.1. Ideien bilaketa

Lehenik eta behin, Gradu Amaierako ideia finkatu behar izan zen. Horretarako, gustuko diren gaiak aztertu egin ziren. Hasieran, ondorengo ideiak bilatu egin ziren: LEGO robot baten kontrol autonomoa, bizikleta elektrikoa, skate elektrikoa eta PLC bidezko biltegi baten kontrola.

Behin ideiak bilatu egin zirenean, proiektuaren zuzendariarekin batera ideia nagusi bat aukeratu egin zen ikaslearen gustuak eta graduaren ezaugarriak kontutan izanda, horrela, aurreko bi ideia bateratu egin ziren eta biltegi automatizatu batean lan egingo lukeen robot autonomo bat diseinatu eta garatzea erabaki zen. Azkenean garatutako ideia hau, enpresa batean egindako praktiketan ikusitako arazoak eta hauei irtenbide bat bilatzeko xedearekin jaio zen.

- **Iraupena:** 5 egun
- **Arduraduna:** proiektu burua

7.2.2. Informazioa

Bigarren fase hau 2 azpi faseetan zatitu egin da. Atal honetan, proiektuan zehar beharrezko informazioa biltzea da helburu nagusia.

- **Informazioa bildu**

Lehenengo azpiatal honetan lana garatzeko datu tekniko zein teorikoak bilatu egin dira. Hau da, bai Gradu Amaierako Lana nola idatzi behar denetik, biltegi mota ezberdinen informaziora arte.

- **Iraupena:** 15 egun
- **Arduraduna:** proiektu burua

- **Beharrezkoa finkatu**

Behin informazioa guztia bilatu egin denean, beharrezkoa bakarrik hartu egin behar izan da. Nahiz eta informazioa ugaria izan, ez da guztia proiektuan jarri behar. Bakarrik baliogarria dena eta benetan lan honi balioa erantsi egingo diona.

- **Iraupena:** 5 egun
- **Arduraduna:** proiektu burua

7.2.3. Prototipoak finkatu

3. fase honetan aztertutako prototipoen muntaketarako erabili behar izan den denbora aztertzen da. Nahiz eta hiru egitura aztertu aukeren analisisien atalean, horietako biren egiturarako elementu berdin ugari erabiltzen zirenez, zeregin hau bi ataletan bantu egin da. Hortaz, bi kasuetan hauen funtzionamenduaren azterketa hartu duen denbora aztertzen da hemen.

- **LEGO prototipoak diseinatu**

Bi LEGO prototipo egin dira. Lehenengo bi hauek diseinatu behar izan dira eta ondoren muntatu. LEGO pieza hauek beste LEGO diseinu batzuetatik atera dira, berriak erosi behar ez izateko. Behin biak muntatuta egon direnean, erabilgarritasuna aztertu egin behar izan da.

- **Iraupena:** 10 egun
- **Arduraduna:** proiektu burua

- **Robot Rover 4x4**

4x4 robot rover-a erosi egin da eta beharrezko jarraibideak jarraitu dira hau muntatu ahal izateko. Ondoko web gunean ematen diren pausuak egin dira muntaketa egokia egiteko: (18).

- **Iraupena:** 5 egun
- **Arduraduna:** proiektu burua

7.2.4. Programazioa

Plangintzaren atal honetan, sistemaren programazioari dagokion faseak aztertzen dira. Programazioa ez da guztia aldi berean garatu, baizik eta zatika. Horrela, atal bakoitzean programazioa garatzeaz gain frogak egin behar izan dira. Era horretan, pausoka programatzen denean, lortu egingo diren emaitzak hobetoagoak izango dira. Programazioaren atal guztiak Arduino bitartez egin da.

Edozein proiektuan gertatzen den bezala, egokiena sistema osatzen duten elementu ezberdinen funtzionamendua banan-banan frogatzea da, horrela atal bakoitzaren funtzionamendu egokia bermatu daiteke eta arazoak agertzekotan hauek errazago konpondu ahal izango dira.

- **Serboa eta ultrasoinuak**

Zeregin honen barne serboa eta ultrasoinu sentsorea bateratzea dago, haien arteko mugimenduak sinkronizatzeko. Bi azpi-ataletan zatitu daiteke atal hau. Alde batetik serboa frogatu egin da eta bestetik ultrasoinu sentsorea. Behin biak era egokian funtzionatu egin dutenean, bateratu egin dira. Serboaren programaziorako Servo.h liburutegia erabili da.

- **Iraupena:** 3 egun
- **Arduraduna:** proiektu burua

- **Motorrak gehitu**

Kotxea mugitu ahal izateko 4 motorrak kudeatu behar dira. Horretarako Adafruit-en liburutegi bat erabili da motorrak batera mugiarazteko. Liburutegi horrek programazioa errazten du. Erabilitako liburutegia AFmotor.h liburutegia da hain zuzen ere.

- **Iraupena:** 4 egun
- **Arduraduna:** proiektu burua

- **IR sentsoreak**

Lerro jarraitzailearen funtzioa lortzeko infragorriko sentsoreak erabili dira. Hauen programazio atala oso konplexua ez bada ere, kontutan hartu behar da IR sentsoreak logika negatiboa dutela Hau da, lerroa detektatzen duenean 1 bat itzuli egiten du eta aldeaz, lerroa ez duenean antzemango 0 logikoa itzuli egingo du.

- **Iraupena:** 3 egun
- **Arduraduna:** proiektu burua

- **Guztien mihiztaketa**

Aurretiko azpi atal guztiak programatu ondoren, atal guztiak proiektu bakar batean bateratu behar dira. Programazio nagusia eraikitzen duten liburutegiak, aldagaiak eta kondizio guztiak betetzeko. Atal hau, arazo gehien ematen duen zatia da. Puntu honetara ailegatzean, aldaketa txikiak egin behar dira programa nagusian. Aldaketa horiek egin behar dira bat-bateko ezustekoak ekiditeko. Ezusteko handiena lerro jarraitzailearen funtzioan eman da.

- **Iraupena:** 10 egun
- **Arduraduna:** proiektu burua

7.2.5. Memoria idatzi

Amaierako atal honetan memoria osoa idatzi egiten da. Proiekturako beharrezko dokumentazio osoaren idazketa eta zuzenketa egin behar da. Honen barruan ondokoa sartzen da:

- Memoria
- Lanerako erabilitako metodologia
- Alderdi ekonomikoak
- Ondorioak
- Bibliografia

Azken zeregin hau garatzea bai proiektu burua bai zuzendariaren lan ugari suposatu du.

- **Iraupena:** 84 egun
- **Arduraduna:** proiektu burua eta proiektu zuzendaria

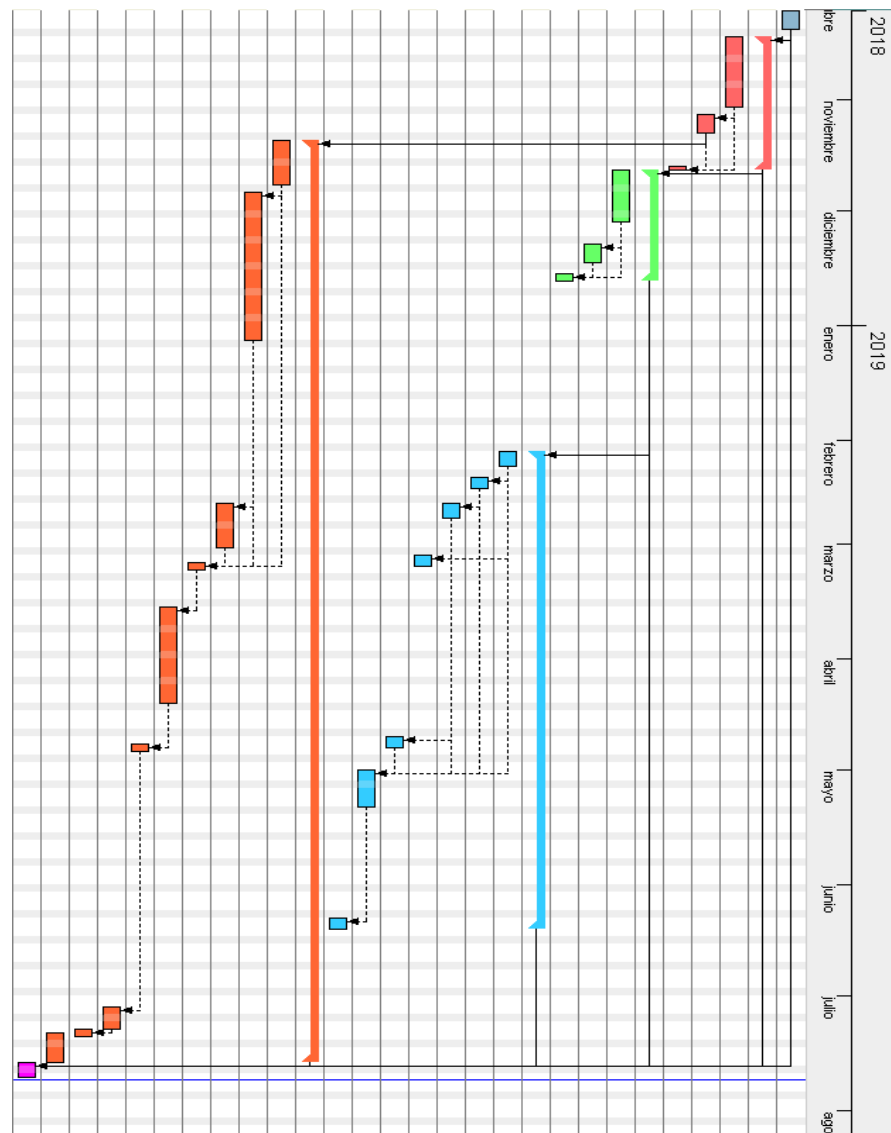
8. Gantt-en diagrama

7.2 Lan-faseak atalean deskribatu egin diren fase eta zeregin guztiak adierazi egingo dira Gantt diagrama baten bidez. Egindako prozesuak bata bestearen atzean burutu egin dira gehienbat, nahiz eta atal batzuetan paraleloan lan egin izan den.

Egin diren zereginak taldeetan multzokatu egin dira, haien eginkizun orokorraren arabera. Zeregin nagusiak azpi zereginetan banatu egin dira hauek pausuz-pausu jarraitu ahal izateko. Zeregin guztien hasiera eta amaiera datak Taula 11 ikusiko dira.

Taula 11. Proiektua burutzeko zereginak eta datak.

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
• Ideiak bilatu	8/10/18	12/10/18
☐ • Informazioa	15/10/18	19/11/18
• Infoa bildu	15/10/18	2/11/18
• Beharrezkoa finkatu	5/11/18	9/11/18
• Tutorearekin batzarra	19/11/18	19/11/18
☐ • Prototipoak finkatu	20/11/18	19/12/18
• LEGO prototipoak diseinatu	20/11/18	3/12/18
• Robot rover muntatu	10/12/18	14/12/18
• Tutorearekin batzarra	18/12/18	19/12/18
☐ • Programazioa	4/02/19	12/06/19
• Hasierako frogak	4/02/19	7/02/19
• Serboa eta ultrasoinuak	11/02/19	13/02/19
• Motorrak gehitu	18/02/19	21/02/19
• Tutorearekin batzarra	4/03/19	6/03/19
• IR sentsoreak	22/04/19	24/04/19
• Guztien mihiztaketa	1/05/19	10/05/19
• Tutorearekin batzarra	10/06/19	12/06/19
☐ • Memoria idatzi	12/11/18	18/07/19
• Sarrera, helburuak eta testuingurua	12/11/18	23/11/18
• Alternatiben analisisa	26/11/18	4/01/19
• Baldintzen deskribapena	18/02/19	1/03/19
• Tutorearekin batzarra	6/03/19	7/03/19
• Deskribapen zehatza	18/03/19	12/04/19
• Tutorearekin batzarra	24/04/19	25/04/19
• Fluxu diagramak	4/07/19	9/07/19
• Eskema elektrikoak	10/07/19	11/07/19
• Aurrekontua eta Gantt diagrama	11/07/19	18/07/19
• Berrikuspena	19/07/19	22/07/19



Irudia 34. Gantt diagrama.

9. Kalkuluak

Ondorengo lerroetan memorian zehar erabili egin diren kalkulu guztiak agertuko dira. Kalkulu hauek behar bezala azalduta daude dagokien tokian.

Lehen azaldu denez, diseinatutako ibilgailuaren gaitasunen artean objektuen detekzioa egon behar da, hori modu egokian egin ahal izateko ezinbestekoa da soinuaren abiadura kontutan izatea honek zentimetro bat egiteko behar duen denbora kalkulatz distantzia horiek zehaztu ahal izateko.

$$\frac{343 \text{ m}}{1 \text{ s}} \cdot \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ s}}{1000000 \text{ } \mu\text{s}} = \frac{1 \text{ cm}}{29,2 \text{ } \mu\text{s}} \quad [2]$$

$$Distantzia (m) = \frac{Denbora (s)}{2} \cdot Abiadura \left(\frac{m}{s}\right) \quad [3]$$

$$Distantzia (cm) = \frac{Denbora (\mu\text{s})}{2 \cdot 29,2} \quad [4]$$

9.1. Aukeren analisisien kalkuluak

Aukeren analisiaren atalean azaldu den bezala, elementu bakoitzaren aukeraketa egiteko batuketa haztatua (BH) metodoa erabili da. Azpiatal honetan elementu bakoitzaren aukeraketarako lortutako BH indizeen kalkuluak ematen dira.

$$BH = \sum_1^i p_i \cdot x_i \quad [1]$$

Alde batetik, hemen zehazten dira ultrasoinu sentsoreari dagokion Balio Haztatuak kalkulatuko dira, [1] formularen arabera.

$$BH_{HC-SR04} = 8 \cdot 0,3 + 7 \cdot 0,5 + 9 \cdot 0,2 = 2,4 + 3,5 + 1,8 = 7,7 \quad [5]$$

$$BH_{LEGO\ EV3} = 4 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,5 + 5 \cdot 0,2 = 1,2 + 2,5 + 1 = 4,7 \quad [6]$$

$$BH_{URM\ 37} = 6 \cdot 0,3 + 8 \cdot 0,5 + 5 \cdot 0,2 = 1,8 + 4 + 1 = 6,8 \quad [7]$$

Bestetik, prototipoari dagokionak ere zehazten dira [1] formularen arabera.

$$BH_{LEGO\ 1} = 4 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,4 = 1,2 + 0,9 + 1,6 = 3,7 \quad [8]$$

$$BH_{LEGO\ 2} = 6 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,4 = 1,8 + 1,5 + 1,6 = 4,9 \quad [9]$$

$$BH_{4X4} = 5 \cdot 0,3 + 8 \cdot 0,3 + 8 \cdot 0,4 = 1,5 + 2,4 + 3,2 = 7,1 \quad [10]$$

GAL BILTEGIRATZE IBILGAILU AUTONOMOA

LANERAKO ERABILITAKO METODOLOGIA

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA
AUTOMATIKAREN INGENIARITZAKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

***BILTEGIRATZE IBILGAILU
AUTONOMOA***

3. DOKUMENTUA- ALDERDI EKONOMIKOAK

Ikaslea: Villanueva, Amorrortu, Asier

Zuzendaria: Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Bilbo, 2019, Uztailak, 22

10. Aurrekontua

Atal honetan zehar proiektua garatzeko erabili diren material guztien prezioak aztertuko dira. 3 atal ezberdinetan ezberdindu egin dira.

Lehenik eta behin, dispositiboa garatzeko beharrezkoak izan diren material guztien kantitateak eta prezioak ikusi egingo dira. Honen barruan, sentsoreak, txip-ak, txasis-a, etab. egongo dira. Ondorengo taulan gastu horiek ikus daitezke.

Taula 12. Materialen prezioak.

Materiala	Kantitatea	Prezioa/unitate	Guztira
HC-SR04 ultrasoinu sentsorea	1	4,35 €	4,35 €
Serbo motorea	1	2,60 €	2,60 €
Izpi infragorriko sentsorea	2	1,24 €	2,48 €
Robot Rover 4X4	1	60,00 €	60,00 €
Arduino MEGA 2560	1	28,00 €	28,00 €
Motor Shield V1	1	11,49 €	11,49 €
Protoboard	1	2,16 €	2,16 €
Konexio-kableak	1	6,98 €	6,98 €
Zinta beltza	1	1,23 €	1,23 €
			119,29 €

Ondoren, lan-eskuari dagokion soldata aztertuko da. Soldatarako erabili egin diren taulak Bizkaiko Aldizkari Ofiziala (BAO)-tik atera dira (19).

Taula 13. Lan-eskuaren soldatak.

Lan-eskua	Orduak	Soldata /orduko	Guztira
Ingeniari juniorra	316	36,62 €	11.571,92 €
Ingeniari seniorra	32	44,79 €	1.433,28 €
			13.005,20 €

Azkenik, erabilgarriak izan diren beste material batzuen kostuak ere kontuan hartu behar dira. Kostu hauek edozein proiekturako erabilgarriak izan daitezke, gastu orokorrak direlako.

Taula 14. Bestelako materialen gastuak.

Bestelako materialak	Kantitatea	Prezioa/uni- tate	Guztira
Ordenagailua	1	600,00 €	600,00 €
Microsoft Office	1	150,00 €	150,00 €
3D inprimatutako objektuak	4	4,27 €	17,08 €
			767,08 €

Taula 15. Gastu totalak.

Kostuak	Guztira
Materialak	119,29 €
Lan-eskua	13.005,20 €
Bestelako materialak	767,08 €
GUZTIRA B.E.Z. gabe	13.891,57 €
B.E.Z %21	2.917,23 €
GUZTIRA B.E.Z. barne	16.808,80 €

Proiektu hau burutzearen prezioa **HAMASEI MILA ZORTZIEHUN ETA ZORTZI EURO ETA LAUROGEI ZENTIMOKO** kostua du.

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA
AUTOMATIKAREN INGENIARITZAKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

***BILTEGIRATZE IBILGAILU
AUTONOMOA***

4. DOKUMENTUA- ONDORIOAK

Ikaslea: Villanueva, Amorrortu, Asier

Zuzendaria: Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Bilbo, 2019, Uztailak, 22

11. Ondorioak

Gratu Amaierako Lan honetan, biltegiratze ibilgailu autonomo bat diseinatu egin da. Sistema guztia garatu ahal izateko definitu egin diren helburu guztiak bete egin direla ondorioztatu daiteke. Gainera, esan beharra dago, proiektu honek hainbat onura akademiko eta pertsonalak ekarri dituela.

Proiektuaren hasieran planteatutako helburuak guztiz bete egin dira, ibilgailua era autonomoan mugitzeko ahalmena du, oztopoak eta objektuak detektatzeko gaitasuna ere duelarik. Era berean, atal tekniko guztiak kontuan hartu behar izan dira maketa baten gainean guztia inplementatu ahal izateko.

Hasteko, ikuspuntu pertsonal batetik proiektu hau garatzea oso erabilgarria izan da. Ikasketen amaierarako aproposa izan dela aitortu beharra dago, izan ere, gradu osoan zehar eskuratutako ezagutza teorikoak eta praktikoak erabili egin dira. Proiektuan zehar eman diren arazoei irtenbidea emateko baliogarria izan da guztiz. Arazo ezberdinei etorkizunean irteera emateko erabilgarriak izango direla jakinez. Beste gauzen artean, ezagutza berriak ikasteko balio izan du, hala-nola 3D inprimagailuarekin lan egiten.

Ondorioekin jarraitzeko, gradu amaierako lanaren bitartez benetako proiektu txikiak garatzeko behar diren ezagutzak eskuratu dira. Era berean, proiektu hau eskala handiago batera eramateko aukera ematen du, adibidez, praktikak egin diren enpresaren biltegian erabiliz.

Bukatzeko, aipatu egin den bezala, proiektu hau errealitatean inplementatu daiteke. Horretarako, ikasketa sakonago bat beharrezkoa izango balitz ere, bereziki

ibilgailuaren tamainaren aldetik. Tamaina hori biltegian dagoen espazioaren arabera zehaztu behar da. Memorian zehar deskribatzen diren onura berdinak izango lituzke. Hobekuntza bezala pintza batzuk jarri daitezke ibilgailuaren gainaldean biltegian zehar dauden elementuak mugitzeko eta apalategietan gordetzeko.

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA
AUTOMATIKAREN INGENIARITZAKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

***BILTEGIRATZE IBILGAILU
AUTONOMOA***

5. DOKUMENTUA- BIBLIOGRAFIA

Ikaslea: Villanueva, Amorrortu, Asier

Zuzendaria: Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Bilbo, 2019, Uztailak, 22

12. Bibliografía

1. GEODIS. *Cuatro beneficios que conlleva tener robots en el almacén*. [Online] 2018.eko Urriak. <https://geodis.com/es/experiencia/cuatro-beneficios-que-conlleva-tener-robots-en-el-almacen>.
2. Mecalux. *Almacén automático vs. almacén convencional*. [Online] 2018.eko Abuztuak. <https://www.mecalux.es/blog/almacen-automatico-convencional>.
3. Mecalux. *Transelevadores para cajas o miniload*. [Online] 2017.eko Ekainak. <https://www.mecalux.es/almacenes-automaticos/almacenes-automaticos-cajas/transelevadores-cajas>.
4. Así funcionan los robots 'a lo Matrix' de Amazon en España. *El Mundo*. 2017.eko Apirilak.
5. Interempresas. *El robot carretilla que “revolucionará la logística en fábricas y almacenes”*. [Online] 2015.eko Urriak. <https://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/146292-El-robot-carretilla-que-revolucionara-la-logistica-en-fabricas-y-almacenes.html>.
6. Euronews. *El reto de las carretillas robot en las fábricas*. [Online] 2015.eko Urriak. <https://es.euronews.com/2015/10/12/el-reto-de-las-carretillas-robot-en-las-fabricas>.
7. Ferro Laspidea, Pablo. *Diseño e implementación de un robot para la automatización de un almacén*. Pamplona : ig, 2014.eko.
8. Expert Insights. *Sensores Ultrasónicos 101: Respuestas a las Preguntas más Frecuentes*.
9. LuisLlamas. *Medir distancia con Arduino y sensor de ultrasonidos HC-SR04*. [Online] 2015.eko Ekainak. <https://www.luisllamas.es/medir-distancia-con-arduino-y-sensor-de-ultrasonidos-hc-sr04/>.
10. Mindstorms. *Sensor Ultrasónico EV3*. [Online] 2015.eko Ekainak. <http://www.esmindstorms.com/sensor-ultrasonico-ev3/>.
11. DFRobot. *URM37 V5.0 Ultrasonic Sensor For Arduino / Raspberry Pi*. [Online] 2016.eko Abenduak. <https://www.dfrobot.com/product-53.html>.
12. Prometec. *Un robot 4x4 autónomo*. [Online] 2016.eko Martxoak. <https://www.prometec.net/robot-autonomo/>.
13. *Implementation Of Autonomous Line Followe Robot*. Kazi Mahmud, Hasan, Al-Nahid, Abdullah eta Al Mamun, Abdullah. 2012.eko, International Conference on Informatics, Electronics & Vision.
14. *Android Mobile Phone Controlled Bluetooth Robot Using 8051 Microcontroller*. Pahuja, Ritika eta Kumar, Narender. 7, 2014.eko, International Journal of Scientific Engineering and Research, 2. bol.
15. *A comparative study of Arduino, Raspberry Pi and ESP8266 as IoT development board*. Patnaik Patnaikuni, Dinkar R. 5, 2017.eko Maiatza-Ekainak, International Journal of Advanced Research in Computer Science, 8. bol.

16. Arduino. *Arduino Mega 2560*.

17. Raspberry. *Raspberry Pi 3 Model B+*.

18. PROMETEC. [Online] 2018.eko Abenduak. <https://www.prometec.net/montaje-rover-4x4/>.

19. Bizkaiko Aldizkari Ofiziala. 2018. or. 37-38. 141. bol.