



Universitat
Oberta
de Catalunya

Sistema integral de seguretat i control de vehicles

Memòria de Projecte Final de Grau
Grau Multimèdia
Àrea Usabilitat i Interfícies

Autor: José Ángel Bravo Montañez

Consultor: Judit Casacuberta Bagó

Professor: Ferran Gimenez Prado

Gener de 2018



Aquesta obra està subjecta a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 3.0 Espanya de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

Dedicatòria

A la meva dona **Laura**, que primer em va ficar al cap la idea de cursar aquest grau, i després sempre m'ha fet costat, ajudant-me amb lectures i correccions dels treballs, per molt pesats i avorrits que aquests poguessin arribar a ser.

Al meu fill **Xavi**, que quan vaig començar amb el primer semestre era al ventre de la seva mare, i avui té ja tres anys, patint durant aquest temps l'”absència” del seu pare, que per estudiar, no ha pogut dedicar-li tot el temps merescut.

Abstract

En aquest projecte es desenvolupa el prototip d'un sistema de control remot i de seguretat per a vehicles. S'integren els diferents comandaments en una consola, interfície aquesta que utilitzant reconeixement visual (mitjançant càmera) de veu (mitjançant micròfon) i dispositius d'entrada clàssics (teclat, ratolí, joystick), ofereix control sobre els moviments d'un prototip de vehicle, permetent-lo simular les accions d'avançar, retrocedir, així com parar i girar.

Mitjançant la implementació de Targetes de proximitat (RFID), s'ofereix un sistema de seguretat d'accessos, que juntament amb la introducció de contrasenya, per teclat o keypad, configura un sistema d'accés amb doble factor de seguretat, amb el que s'eviten intrusions de personal no autoritzat.

Gràcies al reconeixement visual, mitjançant una càmera Kinect, proporciona un sistema de seguretat amb control de presència, per evitar possibles accidents (per exemple per desmai o falta d'atenció de qui està als comandaments). També implementa seguretat passiva, amb detenció automàtica en cas d'obstacles pròxims.

El sistema, ofereix en tot moment informació de l'estat del sistema, tant per la pantalla de la consola, al PC de control, com a la pantalla del mateix prototip. A més proporciona informació visual addicional, mitjançant LED, i sonora, mitjançant bronzidors.

Per al desenvolupament d'aquest sistema, s'ha utilitzat la plataforma Arduino, mitjançant tres plaques Arduino diferents: Uno, Mega i Nano. Amb diferents funcions cadascuna d'elles. Amb diferents sensors i actuadors proporcionen comunicacions sense fils (ràdio), donen resposta a les comandes de consola, activant motors i servos (avançar, parar, bloquejar...), envien dades dels sensors de distàncies i NFC. Oferint informació, tant visual com auditiva in-situ al vehicle, mitjançant pantalles TFT, llums i bronzidors.

Per a la programació de la consola s'ha utilitzat Processing, mostrant per la pantalla de l'ordinador la interfície visual, així com manegant les comunicacions amb els Arduino. La interfície consta de diferents botons i controls en pantalla, que poden ser activats amb el ratolí, el teclat, joystick o bé visualment, gràcies a la imatge de l'usuari captada i integrada a la interfície mitjançant una càmera amb controls de profunditat (Kinect). Ofereix també la possibilitat d'executar accions mitjançant comandes de veu, captades mitjançant un micròfon, i processades mitjançant una aplicació web.

Paraules clau: Arduino, Processing, Interfície, Interacció, Seguretat, Comunicacions, Sense fils, ràdio, Interfície visual, Reconeixement visual, Reconeixement de veu, pantalla, control de presència, control d'accés, RFID.

Abstract (english version)

This project develops the prototype of a system of safety and remote control for vehicles. Some controls are integrated in a console, using visual recognition (camera), voice (microphone) and classic input devices (keyboard, mouse and joystick). It offers control for the movements of a prototype of vehicle, allowing to simulate the actions to go forward and backwards, as well as to stop and to turn.

Implementing proximity cards (RFID), an access security system is offered, which in addition of a password, configures an access system with double security factor, which prevents unauthorized intruders.

Thanks to visual recognition, it provides a presence control security system, with a Kinect camera, to avoid possible accidents (for example due to lack of attention of whoever is in the controls). It also implements an automated detention in case of nearby obstacles.

That system offers status information, both on the console screen, on the control PC, and on the prototype's screen. It also provides additional visual information, using LED bulbs, and sounds, using buzzers.

For the development of this system, the Arduino platform has been used, three different boards, Uno, Mega and Nano with different functions each. With different sensors and actuators provides wireless communications (radio), responds to console commands, activating engines and servos (advance, stop, block ...), sends data of the distance sensors and NFC, and offers information, both visual and sound on the vehicle, through TFT screens, lights and buzzers.

For the console programming, Processing has been used, showing a visual interface on the computer screen, as well as managing communications with the Arduino. The interface contains different buttons and controls, which can be activated with mouse, keyboard or visually, thanks to the image of the user captured and integrated into the interface through a camera with depth controls (Kinect). It also offers the ability to execute actions using voice commands, captured by a microphone, and processed through a web application.

Keywords: Arduino, Processing, Interface, Interaction, Security, Communications, Wireless, Radio, Visual Interface, Visual Recognition, Voice Recognition, Screen, presence control, access control, RFID.

Índex

1. Introducció.....	1
1.1. Context.....	1
1.2. Justificació	1
2. Descripció	2
3. Objectius.....	3
3.1. Principals	3
3.2. Secundaris.....	3
4. Antecedents.....	4
4.1. Descripció conceptual.....	4
4.2. Diagrama de flux de la interacció.....	5
4.3. Elements utilitzats.....	6
4.4. Protoboards/Esquemàtiques Arduino.....	7
4.5. Imatges dels prototips amb Arduino.....	9
4.6. Pantalles de la consola de control al PC.....	10
4.7. Pantalles de la LCD del prototip de consola	10
5. Metodologia (DCU)	11
5.1. Planificació	11
5.1.1. Recerca.....	11
5.1.2. Disseny prototip.....	11
5.1.3. Proves	11
5.2. Implementació	12
5.2.1. Disseny	12
5.2.2. Prototip.....	12
5.2.3. Tests amb usuaris.....	12
5.3. Documentació	12
6. Continguts	13
6.1. Millores de components existents.....	13
6.2. Noves funcionalitats.....	13
6.3. Diagrama de flux de la interacció del sistema	14
6.4. Funcionament del sistema.....	15
6.4.1. Seguretat.....	15
6.4.2. Control.....	15
6.4.3. Informació	16
6.4.4. Comunicació.....	16
6.4.5. Vehicle	16
7. Arquitectura del sistema.....	17
7.1. Elements utilitzats	17
7.2. Hardware Prototip de vehicle	18
7.2.1. Protoboards/Esquemàtiques Arduino	18
7.2.2. Imatges dels prototips amb Arduino	19

7.3. Hardware Consola de control	21
7.3.1. Protoboards/Esquemàtiques Arduino	21
7.3.2. Imatges dels prototips amb Arduino	23
7.4. Funcionalitat Prototip de vehicle	24
7.4.1. Funcions de moviment	24
7.4.2. Funcions de seguretat	24
7.5. Funcionalitat Consola de control	24
7.5.1. Pantalla de la consola de control al PC	24
7.5.2. Pantalla de la TFT 3.5" del prototip de consola	25
7.5.3 Pantalla chrome - reconeixement de veu	25
7.6. Seguretat.....	25
7.6.1. Prototip de vehicle	25
7.6.2. Consola de control	25
7.6.3. Pantalles de seguretat a la consola del PC	26
7.6.4. Pantalles de seguretat a la TFT 3.5" del prototip de consola ..	26
7.7. Interacció entre elements	27
8. Planificació.....	28
8.1. Planificació.....	28
8.2. Diagrama de Gantt	29
9. Procés de treball/desenvolupament.....	30
9.1. Recerca	30
9.2. Implementació	35
9.3. Proves	40
10. Tecnologies	42
10.1. Arduino	42
10.2. Visió artificial	43
10.3. Càmera Microsoft Kinect	43
10.4. Reconeixement de veu	44
10.5. Servidor Web Xampp	45
10.6. RFID	46
10.7. Comunicació per Ràdio Freqüència	47
10.8. Lego	47
11. APIs i llibreries utilitzades	49
11.1. Reconeixement de veu.....	49
11.2. Càmera Kinect.....	49
11.3. Llibreries Processing.....	49
11.4. Llibreries Arduino.....	50
12. Plataformes de desenvolupament.....	51
12.1. Processing 3.....	51
12.2. Arduino	51
12.3. Altres entorns de treball secundaris	52
12.3.1. Fritzing BETA	52

12.3.2. Photoshop	52
12.3.3. Indesign	52
13. Requisites d'implantació	53
14. Instruccions d'ús.....	54
14.1. Instruccions de l'ús del sistema	54
14.2. Breu explicació del elements d'interacció disponibles	58
15. Usabilitat/UX.....	60
16. Tests amb usuaris	62
16.1. Disseny de test d'usabilitat amb usuaris	62
16.1.1 Identificació i descripció d'objectius	62
16.1.2 Identificació del perfil sociodemogràfic dels usuaris	63
16.1.3 Document Screening i qüestionari pre-test	63
16.1.4. Definicions dels escenaris i tasques	64
16.1.5. Guió del test d'usabilitat	65
16.1.6. Realització de test d'usabilitat amb usuaris	65
16.1.7 Qüestionari post-test	66
16.1.8. Aprovació de l'usuari per a ser gravat en vídeo	66
16.2. Realització del test	66
16.3. Resultats del test	67
16.3.1. Punts positius	68
16.3.2. Punts negatius	68
16.3.3. Millores implementades	69
16.3.4. Altres millores proposades.....	69
16.4. Documentació del test.....	70
16.4.1. Qüestionaris Pre-test	70
16.4.2. Formularis de Recollida de dades	75
16.4.3. Qüestionaris Post-test	85
16.4.4. Autoritzacions	90
17. Bugs	95
18. Projecció a futur.....	96
19. Viabilitat	97
20. Pressupost	98
21. Conclusió/-ns.....	99
Annexos	101
Annex 1. Lliurables del projecte.....	102
Annex 2. Codi font (extractes).....	105
Annex 3. Llibreries/Codi extern utilitzat	113
Annex 4. Modificació càmera Kinect V2	115
Annex 5. Codificació comunicacions	118
Annex 6. Plantilles de documents de tests d'usabilitat	120
Annex 7. Bibliografia/webgrafia/referències	123
Annex 8. Vita	126

Figures i taules

Índex de figures

Figura 1: Prototip presentat a la pràctica de disseny d'interacció	1
Figura 2: Diagrama de flux de la interacció del projecte anterior.....	5
Figura 3: Protoboard Arduino de la consola del projecte anterior.....	7
Figura 4: Esquemàtica Arduino de la consola del projecte anterior.....	7
Figura 5: Protoboard Arduino del prototip de vehicle del projecte anterior.....	8
Figura 6: Esquemàtica Arduino del prototip de vehicle del projecte anterior.....	8
Figura 7: Imatge de l'Arduino de la consola del projecte anterior.....	9
Figura 8: Imatges del prototip de vehicle del projecte anterior.....	9
Figura 9: Pantalles de consola (PC) del projecte anterior.....	10
Figura 10: Pantalles de consola (LCD) del projecte anterior.....	10
Figura 11: Diagrama de flux de la interacció.....	14
Figura 12: Protoboard Arduino del prototip de vehicle	18
Figura 13: Esquemàtica Arduino del prototip de vehicle	18
Figura 14: Imatge del prototip del vehicle (desmuntat)	19
Figura 15: Imatge del prototip del vehicle (muntat)	19
Figura 16: Imatge del prototip del vehicle (muntat vista superior)	19
Figura 17: Detalls del prototip del vehicle	20
Figura 18: Protoboard Arduino del prototip de consola (sense pantalla)	21
Figura 19: Esquemàtica Arduino del prototip de consola (sense pantalla)	21
Figura 20: Protoboard Arduino del prototip de consola (pantalla)	22
Figura 21: Protoboard Arduino del prototip de control d'accés	22
Figura 22: Esquemàtica Arduino del prototip de control d'accés	22
Figura 23: Imatge del prototip de consola	23
Figura 24: Imatge del prototip de control d'accés	23
Figura 25: Esquema de la funcionalitat per pantalla	24
Figura 26: Esquema indicadors per pantalla del prototip	25
Figura 27: Pantalla de google chrome de reconeixement de veu	25
Figura 28: Pantalla de consola, identificació RFID	26
Figura 29: Pantalla de consola, identificació per clau d'accés.....	26
Figura 30: Detall de control de presència a la pantalla de consola.....	26
Figura 31: Pantalla espera de consola.....	26
Figura 32: Pantalla identificació RFID.....	26
Figura 33: Pantalla identificació clau.....	26
Figura 34: Esquema de comunicacions	27
Figura 35: Diagrama de Gantt del projecte	29
Figura 36: Detall sketch detecció persones	32
Figura 37: Detall sketch detecció d'esquelets	32
Figura 38: Detall sketch detecció de vídeo combinats	32
Figura 39: Detall de desplaçament en canviar la mida de pantalla	32

Figura 40: Detall “tocant” botó.	32
Figura 41: Detall proves keypad	33
Figura 42: Codi d’assignació i configuració dels pins amb la malla del teclat	33
Figura 43: Detall proves joystick	34
Figura 44: Codi d’assignació i configuració dels pins per al joystick.....	34
Figura 45: Detall: tots els pins digitals ocupats	34
Figura 46: Detall proves amb pins analògics	34
Figura 47: codi d’assignació de pin analògic com a sortida digital	35
Figura 48: LED RGB en entorn de proves	35
Figura 49: Codi d’assignació de pins analògics per LED RGB	35
Figura 50: Detall del prototip de la pantalla TFT	36
Figura 51: IDE de Processing	50
Figura 52: IDE d’Arduino	50
Figura 53: Espai de treball Fritzing	51
Figura 54: Espai de treball Photoshop	51
Figura 55: Espai de treball Indesign	51
Figura 56: Esquema de la funcionalitat per pantalla	54
Figura 57: Pantalla prototip de consola en espera	54
Figura 58: Pantalles de consola, identificació RFID	54
Figura 59: Pantalles de consola, identificació per clau d’accés	54
Figura 60: Pantalla de consola, esperant detectar presència	55
Figura 61: Pantalla de consola, esperant engegar	55
Figura 62: Pantalla de consola, engegada	55
Figura 63: ombra i mans de control visual	55
Figura 64: Acció de pitjar botó amb control visual	55
Figura 65: Botons de direcció i marxa	55
Figura 66: Botons sortir i engegar	56
Figura 67: Disparadors d'accions	56
Figura 68: Detall d'informació de marxa per pantalla de consola	56
Figura 69: Detalls d'informació de direcció per pantalla de consola.....	56
Figura 70: Detall d'informacions de reconeixement de veu	56
Figura 71: Detall d'informacions per pantalla del prototip	56
Figura 72: Detall de control de presència	56
Figura 73: Control de presència a la pantalla del prototip	56
Figura 74: Control si engegat a consola.....	57
Figura 75: Control si engegat a la pantalla del prototip.....	57
Figura 76: Detalls de canvis visuals efectuats a rel del test.....	69
Figura 77: Desmuntatge de la carcassa de la Kinect	115
Figura 78: Identificació dels punts a soldar de la Kinect	115
Figura 79: Detall dels cables de la font d’alimentació de la Kinect	116
Figura 80: Detall dels cables soldats de la Kinect	116
Figura 81: Soldatge dels cables de la Kinect	116

Figura 82: Muntatge de la carcassa de la Kinect	116
Figura 83: Detall del cable USB 3.0 de la Kinect	117
Figura 84: Inserció del cable USB a la Kinect	117
Figura 85: Detall de l'acabat del cable de la Kinect	117
Figura 86: Detall de la Kinect modificada	117

Índex de taules

Taula 1: Comandaments de la consola	58
Taula 2: Comandaments de veu	59
Taula 3: Interactuadors dels prototips	59

1. Introducció

1.1. Context

Sembla clar que el futur ens porta al domini dels vehicles autònoms: cotxes, trens, avions i d'altres, que circularan pel seu compte, sense necessitat d'interacció humana per tal d'arribar de manera segura, eficient i ràpida al seu destí. Però això és un futur que encara sembla una mica llunyà, tot i les proves amb cotxes autònoms (amb bastant bons resultats, tot i algun problema puntual) que estan fent diferents empreses com Google, Uber o Tesla entre d'altres.

Mentre aquest futur arriba, interessa explorar noves maneres d'interacció amb vehicles de tota mena, per tal de poder controlar-los, segons interressi en cada cas, de manera presencial i/o remota. Exemples d'aquestes interaccions poden ser, entre d'altres, reconeixement de veu, control mitjançant gestos i vídeo.

També s'ha de tenir en compte la seguretat, com evitar intrusions als sistemes de control i comandaments dels vehicles. Per exemple control d'accessos, control de presència o altres mesures de seguretat com pot ser el control "d'home mort"^[2] entre d'altres.

1.2. Justificació

La idea per aquest treball de final de grau (TFG) neix a la pràctica de l'assignatura de Disseny d'interacció, on vaig presentar un prototip d'un sistema de control i seguretat en remot per a vehicles, amb Arduino i interacció per veu i vídeo com a trets diferencials. Ja en aquell moment vaig enfocar la pràctica a poder utilitzar-la i ampliar-la, pensant en aquest TFG.

El que pretenia aquella pràctica va ser la creació del prototip d'un sistema que mitjançant una consola, permetés controlar tot tipus de vehicles, sigui de manera presencial o remota, integrant-hi a més diversos sistemes de seguretat. Tot això utilitzant interacció amb dispositius d'entrada clàssics, teclat, ratolí, així com comandes de veu, i reconeixement facial.

En aquest T.F.G. l'objectiu és ampliar i millorar aquella primera versió de la consola, anar un pas més enllà quant a interacció es refereix, millorant els elements ja existents alhora que s'apliquen de nous.

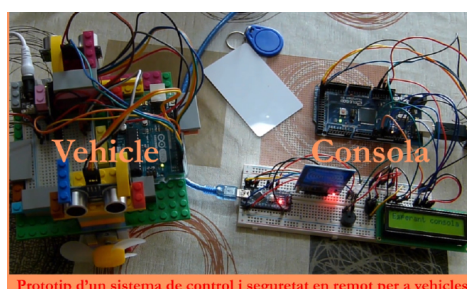


Figura 1: Prototip presentat a la pràctica de disseny d'interacció

2. Descripció

El sistema integra programari (Processing, html) i maquinari (diferents plaques Arduino amb els seus sensors i actuadors) que donen forma a una **interfície** que permet a un usuari (conductor/controlador) manegar el prototip d'un vehicle mitjançant diferents mètodes, com són **reconeixement de veu, reconeixement visual, teclats, ratolí i joystick**. En addició, està dotat de diferents graus de seguretat, tant en l'àmbit d'accés a la consola, i per tant accés al control del vehicle, mitjançant factor doble de seguretat, com pel que fa a seguretat en la conducció, tant amb sensors que evitin col·lisions amb obstacles com reconeixement visual per evitar que la consola quedi en cap moment sense supervisió, per qualsevol problema del conductor/controlador, sigui desmai o s'absenti de davant els controls (anomenat dispositiu d'home mort o de presència^[1]).

Per la impossibilitat (tant tècnica com de pressupost) d'implementar aquest projecte amb vehicles reals, Es realitza amb un prototip de vehicle construït amb Arduino i Lego, que farà de succedani dels vehicles reals als quals es podria aplicar el sistema, podent-se així mostrar el funcionament. (avançar, retrocedir, accelerar, desaccelerar, girar, parar-se...). El prototip està dotat de motors i d'un sistema de seguretat per ultrasons, mitjançant el qual pot detectar la proximitat d'obstacles, detenint-se en cas necessari.

La consola, ubicada en un ordinador, és el nexa entre el conductor/controlador i el prototip del vehicle. Es tracta d'un programari realitzat amb Processing,^[2] juntament amb HTML que proporciona la funcionalitat pel reconeixement de veu, a més d'una càmera Kinect, per a la detecció per vídeo. També consta de diferents plaques Arduino que ofereixen funcionalitats com comunicacions, control de targetes RFID... La consola, a més, dóna en tot moment informació visual del seu funcionament així com de l'estat del vehicle. Mitjançant la detecció de vídeo, i gràcies als sensors de profunditat de la càmera Kinect, la consola ofereix una interfície en la qual l'usuari pot pitjar botons mitjançant la seva imatge a la pantalla.

La comunicació entre la consola i el vehicle es realitza sense fils, via ràdio, estant així preparada per utilitzar-la tan in situ, en cas d'implementació dintre la cabina d'un vehicle real, com a distància, com és el cas del prototip, podent, també, ser implementat amb vehicles reals.

La seguretat d'accés és proporcionada a la consola mitjançant contrasenya i introducció per teclat, juntament amb un sistema de control de targetes RFID. És un sistema de seguretat redundat, per tal d'obtenir una millor i més robusta seguretat quant a control d'accessos. Per poder accedir a la consola, és necessari habilitar-la mitjançant una targeta de proximitat (RFID) per a després introduir la contrasenya per teclat.

3. Objectius

3.1. Principals

- Programar una nova **consola**, basada en la de la pràctica de disseny d'interacció, que des d'un ordinador proporcioni la **interfície** amb el vehicle per tal que un conductor/controlador pugui manegar-lo.
- El conductor/controlador pot donar ordres al vehicle mitjançant els dispositius **teclat i ratolí**, diferents sensors d'**Arduino**, així com mitjançant **comandaments de veu**, i amb les imatges captades per una **càmera Kinect 2.0**.^{[3] [4]}
- El sistema ha de proporcionar diferents mètodes de seguretat, tant d'accés als controls de la consola (amb **contrasenyes** i targetes **RFID**^[5]), com de la mateixa circulació, mitjançant **sensors** de distàncies amb **ultrasons**, per evitar xocs o detecció mitjançant captura de vídeo que algú està controlant el sistema en tot moment.

3.2. Secundaris

- Millorar el **prototip de vehicle** utilitzat a la pràctica de disseny d'interacció per tal de poder mostrar les funcions que ofereix el sistema de control i seguretat.
- La consola ha de **comunicar-se sense fils** amb el prototip de vehicle mitjançant ràdio per tal de poder ser operada tan in situ (en un hipotètic vehicle real) com a distància.
- Implementar **nous mitjans d'interacció** amb actuadors d'Arduino, no utilitzats en la versió anterior, com joysticks, teclats, servos...
- Reduïr el número d'Arduinos utilitzats a la consola, utilitzant només un (Mega) prescindint del segon (Nano).

4. Antecedents

El projecte presentat per a la pràctica final de l'assignatura Disseny D'interacció va ser germen del treball actual, en aquest apartat presento diagrames, imatges i codi del treball realitzat, en l'enllaç següent es pot veure un vídeo del funcionament:

[Enllaç al vídeo del projecte de disseny d'interacció](#)

4.1. Descripció conceptual

Es tracta del prototip d'un sistema de control i de seguretat en remot per a vehicles, el qual es controla mitjançant una consola remota. Aquesta està protegida mitjançant una contrasenya o bé es pot accedir amb la utilització d'una **targeta RFID** amb l'accés autoritzat. A més, la consola té la funció de seguretat d'"home mort", controla en tot moment la presència d'una persona davant la pantalla, mitjançant el reconeixement facial. En cas de no haver-hi algú davant la pantalla per un temps concret, deshabilita els controls, fa una alarma sonora, i es para el vehicle.

La consola consta de **dos sketches amb Processing** (control facial + entrada de dades), que es comuniquen mitjançant un fitxer, una pàgina web amb navegador Chrome per al reconeixement de veu, que envia dades a l'sketch principal mitjançant un connector. Un **Arduino Mega** (un clònic marca Elegoo) que fa d'intermediari entre l'sketch principal i el vehicle, un **Arduino Uno**, mitjançant senyal de ràdio, i un **Arduino Nano** (clònic) que s'utilitza per controlar l'accés per RFID.

La consola serveix per **enviar ordres al vehicle**, bàsicament de moviment endavant, endarrere i parar. Hi ha la possibilitat d'executar aquestes ordres mitjançant els botons que hi ha a la pantalla de la consola (botons +, - i 0], mitjançant el teclat, amb les tecles +, - i A, o mitjançant **reconeixement de veu**, amb comandaments pre-definits, com són 'Endavant', 'Endarrere' i 'Parar'. Aquests comandaments el que fan és augmentar o disminuir la velocitat del vehicle. Per tal de tancar la consola, també es pot fer mitjançant un botó en pantalla, amb la tecla S, o amb el comandament de veu 'Sortir'. Quan els comandaments de moviment són executats, per qualsevol de les seves variants, hi ha una representació en pantalla de la palanca de canvis, que es va movent segons la velocitat que hi hagi en cada moment.

La consola és l'encarregada de processar la seguretat (entrada i control de presència) i d'interpretar i enviar els comandaments al vehicle. Per fer-ho, té connectat al port USB un **Arduino Mega**, que mitjançant uns dispositius de ràdio es comunica amb el vehicle, que controlat per un **Arduino Uno**, que dóna les ordres rebudes a un motor (en aquest cas amb una hèlix) i uns sensors d'ultrasons, que paren el moviment en cas de proximitat d'obstacles.

La consola també incorpora un **Arduino Nano** que controla una lectora de **RFID**, per tal de donar accés alternatiu a la contrasenya de pantalla. Es comunica amb l'sketch principal de Processing mitjançant el port USB.

Hi ha un **LED RGB**, que en cas de passar una targeta sense permisos, s'encén en color vermell, i en verd quan si és correcte. També hi ha un bronzidor, que fa diferents tons sonors informatius de diferents situacions (accés erroni, comandament de veu rebut, sortida del sistema...)

Una **pantalla LCD** (amb el contrast controlat amb un potenciòmetre) dóna informació de l'estat de la consola, textos dels comandaments rebuts, de quina marxa es troba el vehicle, i la situació de la consola, i icones que indiquen si el sistema està engegat, i si s'està detectant o no algú davant la consola.

4.2. Diagrama de Flux de la interacció

En el següent esquema es presenta el flux de la interacció entre els diferents elements que componen el sistema, Arduinos, sketches de Processing, pàgines web, així com els sensors, actuadors i dispositius d'entrada sortida que intervenen.

Podem veure com hi ha un sketch de Processing central al qual comuniquen dos dels muntatges Arduino que componen la part física de la consola. Amb aquest sketch també interactuen l'sketch encarregat del control de presència mitjançant vídeo, i la pàgina web executada en Google Chrome per al reconeixement de veu. Per l'altre costat, tenim un altre prototip Arduino, el vehicle, que rep les ordres de la consola sense fils mitjançant ràdio, actuant en conseqüència.

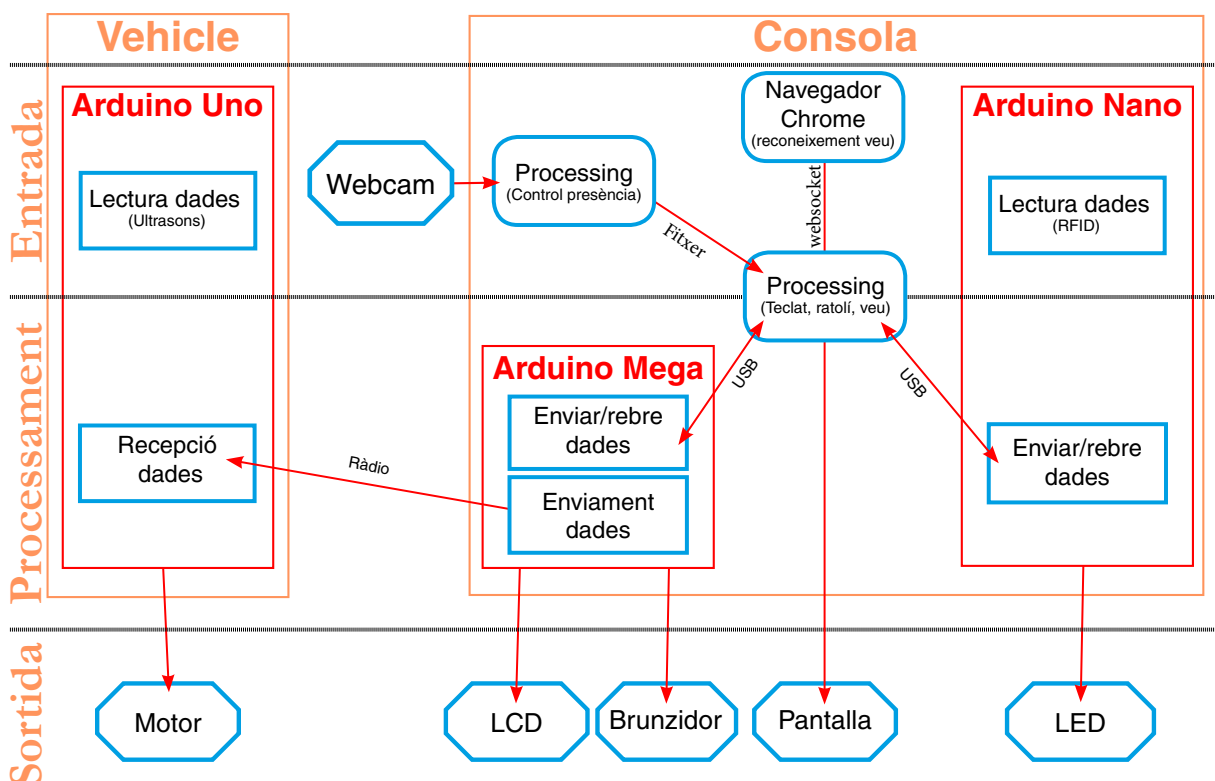


Figura 2: Diagrama de flux de la interacció del projecte anterior

4.3. Elements utilitzats

Relació dels diferents components tant de hardware com de software que integren el projecte:

- PC amb webcam i micròfon integrats
- Programació Processing
 - Sketch principal de consola
 - Sketch de reconeixement visual de cares
- Programació HTML/Javascript
 - Pàgina web per reconeixement de veu
- Servidor Web local (Xampp)
- Programació Arduino
 - Sketch consola
 - Sketch control RFID
 - Sketch vehicle
- Arduino Uno
- Arduino Mega
- Arduino Nano
- Breadboards Arduino
- Cablejats
- Resistències
- Mòdul RFID
- Targetes RFID
- Emissors/Receptors Ràdio NRF24L01+
- Led RGB
- Potenciòmetre
- Brunzidor
- Pantalla LCD 16x2
- Sensors Ultrasons HC-SR04
- Motor DC
- Xip L293D (controlador motors)
- Alimentador extern
- Cables USB
- Peces Lego

4.4. Protoboards/Esquemàtiques Arduino

Esquemes realitzats amb Fritzing dels circuits i components dels dos prototips Arduino utilitzats

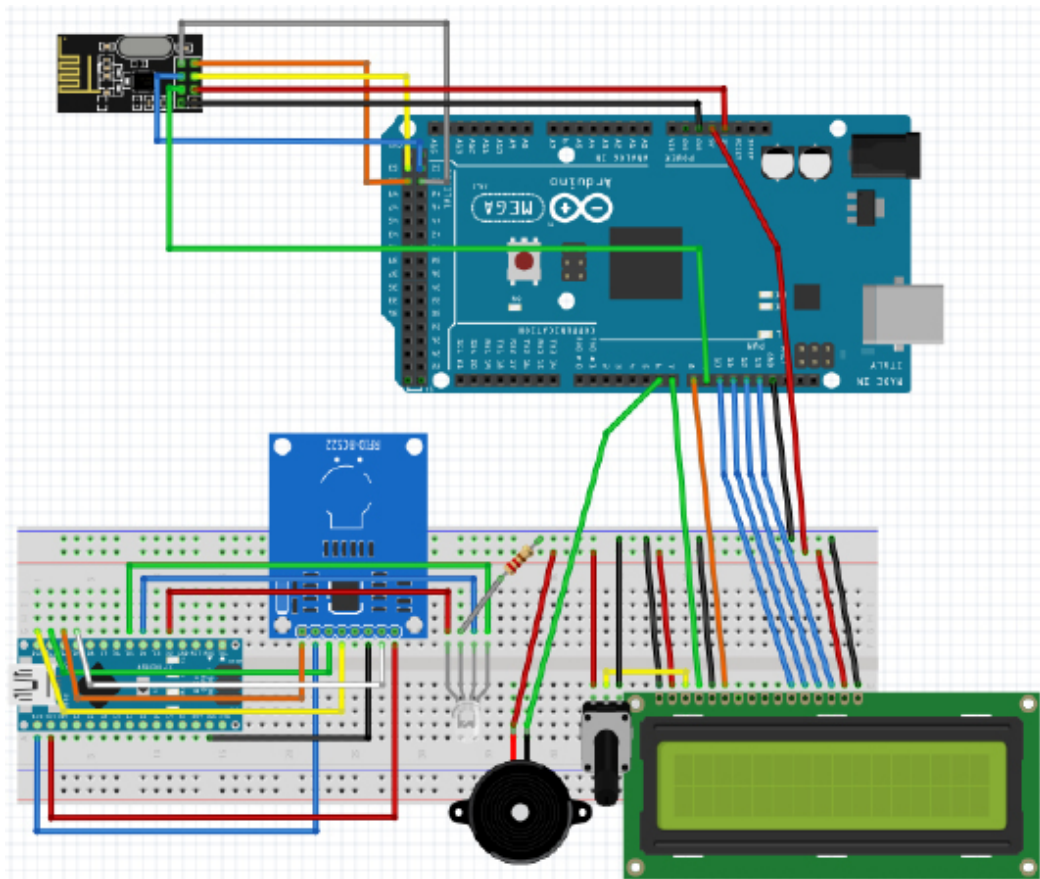


Figura 3: Protoboard Arduino de la consola del projecte anterior

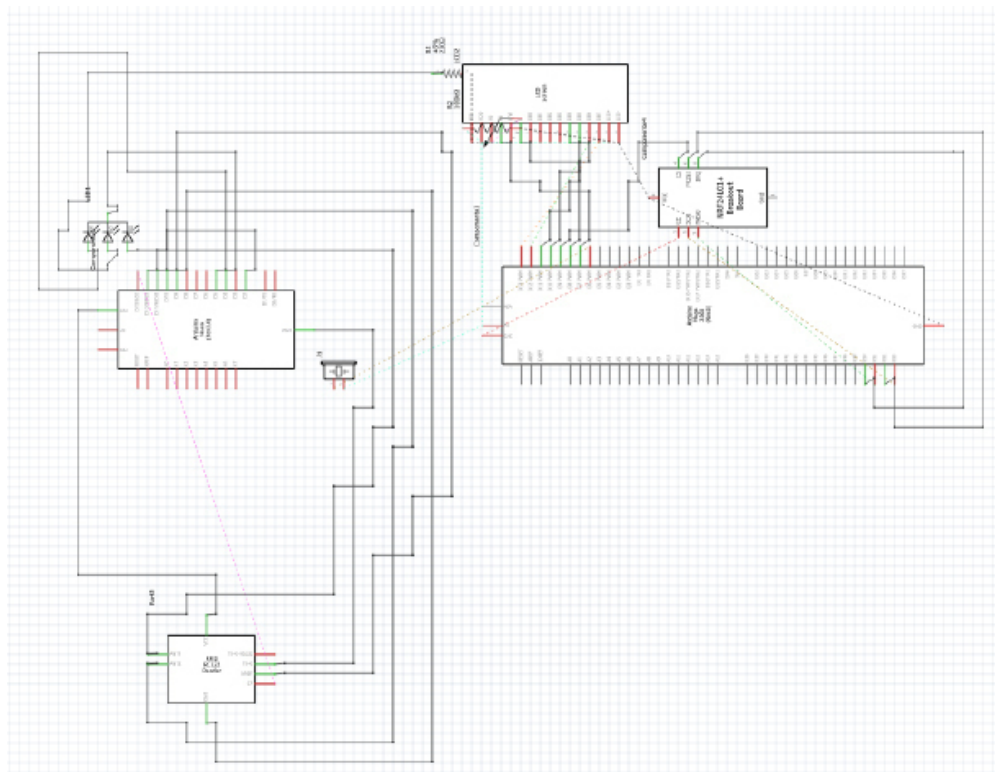


Figura 4: Esquemàtica Arduino de la consola del projecte anterior

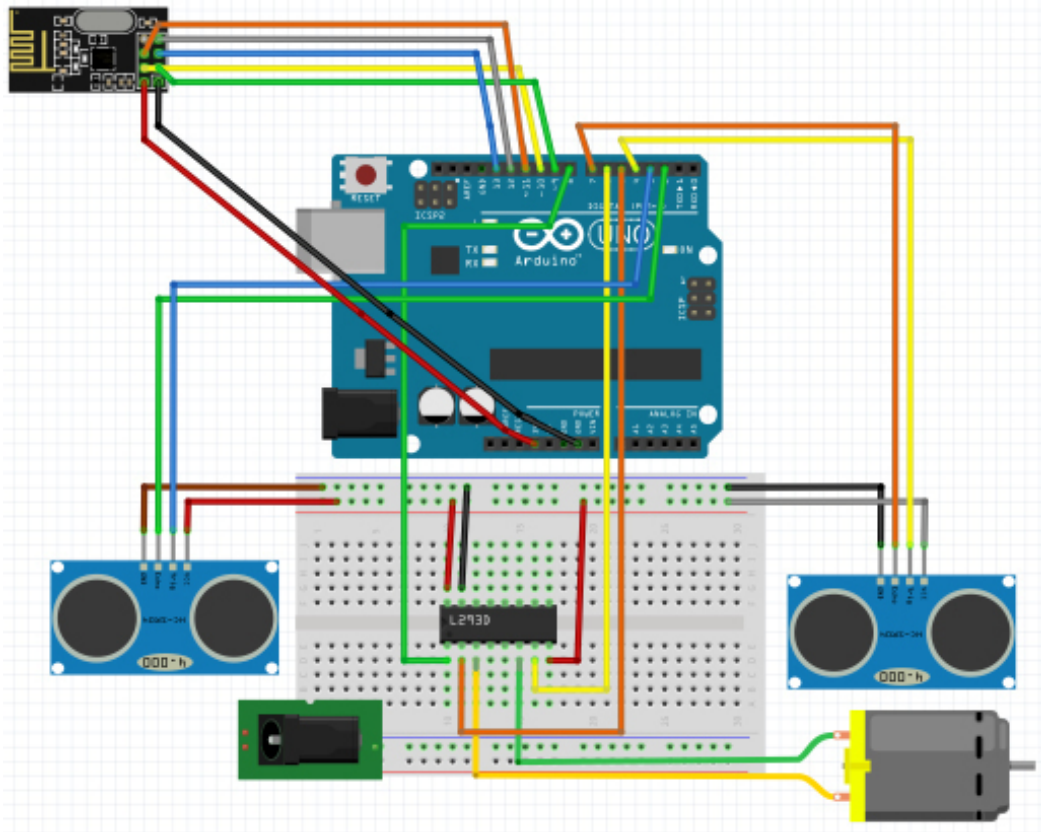


Figura 5: Protoboard Arduino del prototip de vehicle del projecte anterior

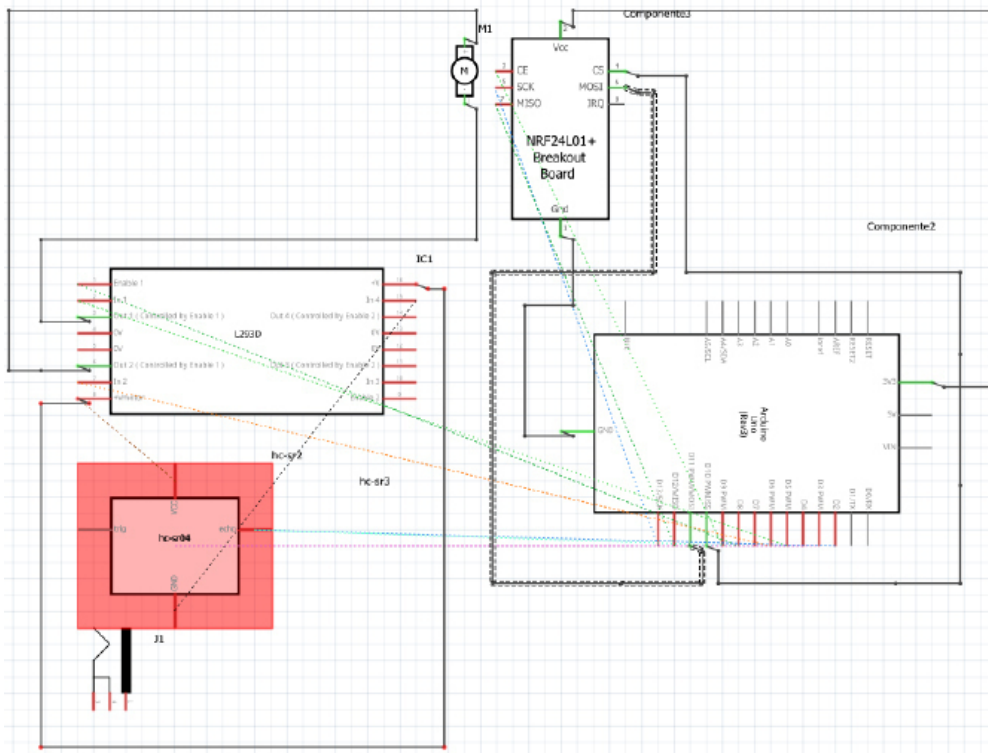


Figura 6: Esquemàtica Arduino del prototip de vehicle del projecte anterior

4.5. Imatges dels prototips amb Arduino

Prototips en Arduino del projecte, la consola, amb dos Arduino (Mega i nano), i el vehicle, amb un Arduino Uno.

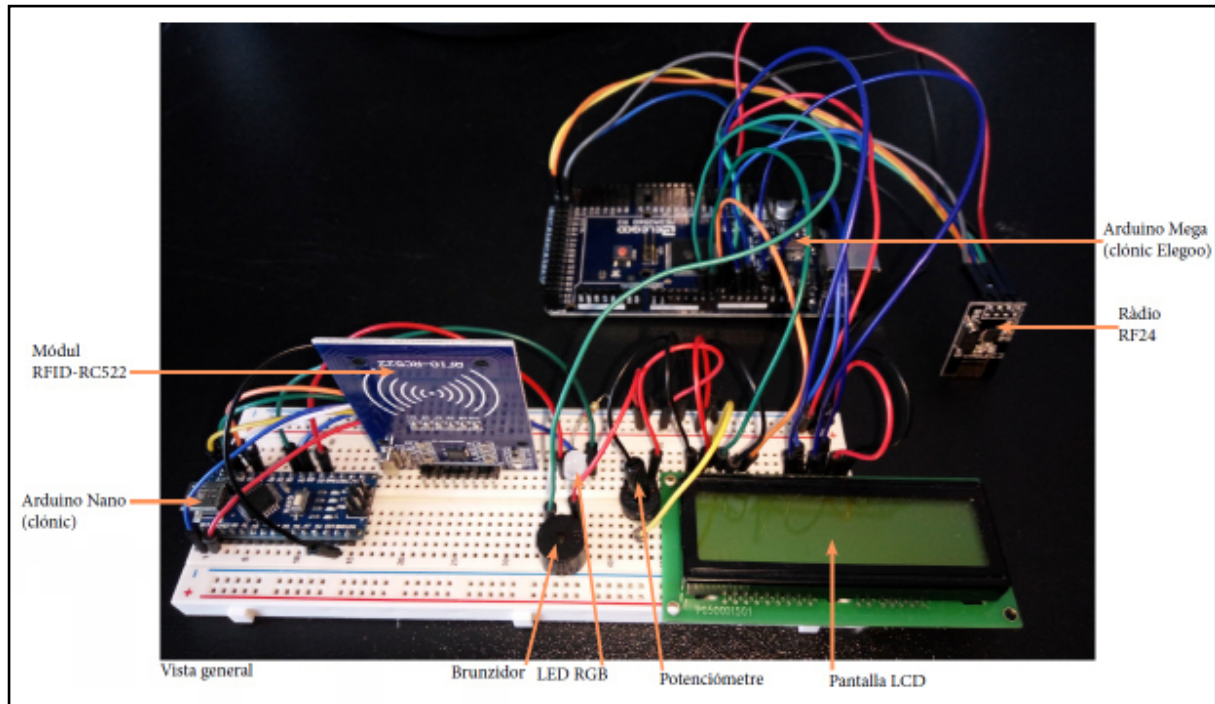


Figura 7: Imatge de l'Arduino de la consola del projecte anterior

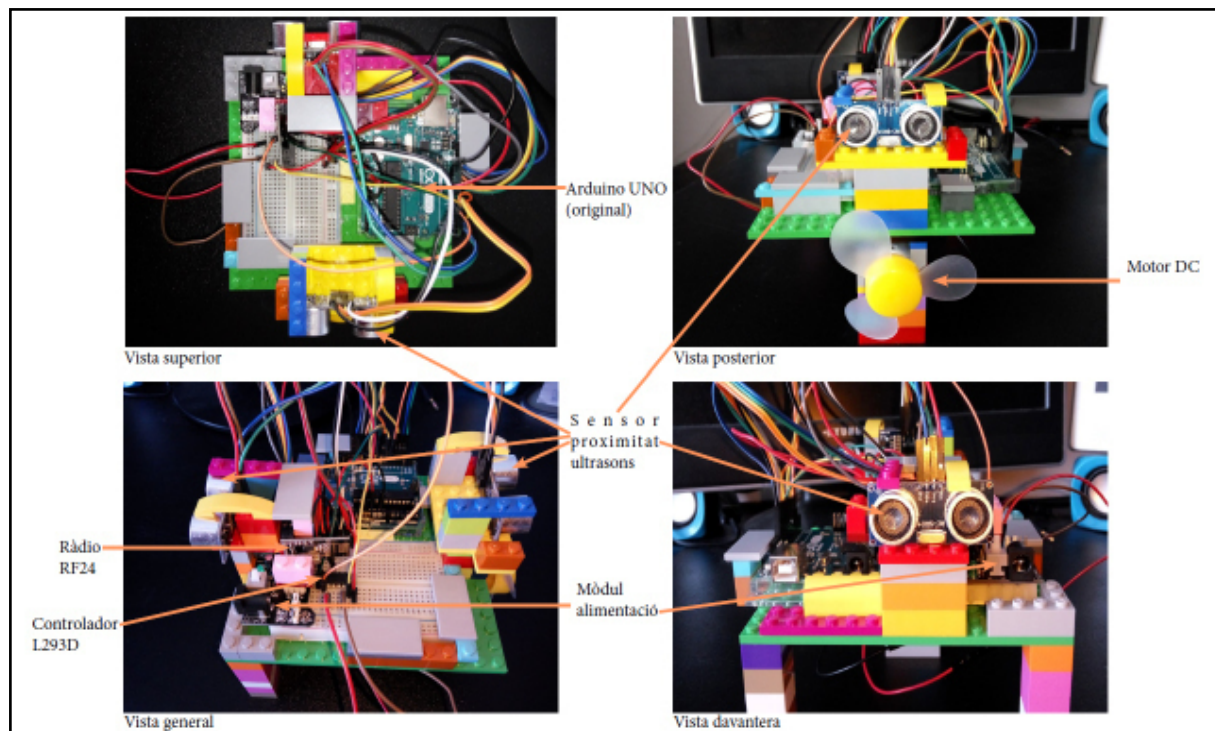


Figura 8: Imatge del prototip de vehicle del projecte anterior

4.6. Pantalles de la consola de control al PC

Consta de tres programes que es comuniquen i interactuen, la consola principal, un programa web executat amb Chrome, que proporciona el reconeixement de veu, i un últim que controla la presència d'un controlador mitjançant vídeo.

La pantalla principal no pot ser accedida si no és proporcionant una contrasenya correcta mitjançant teclat, o bé amb l'ús d'una tarjeta NFC validada correctament.

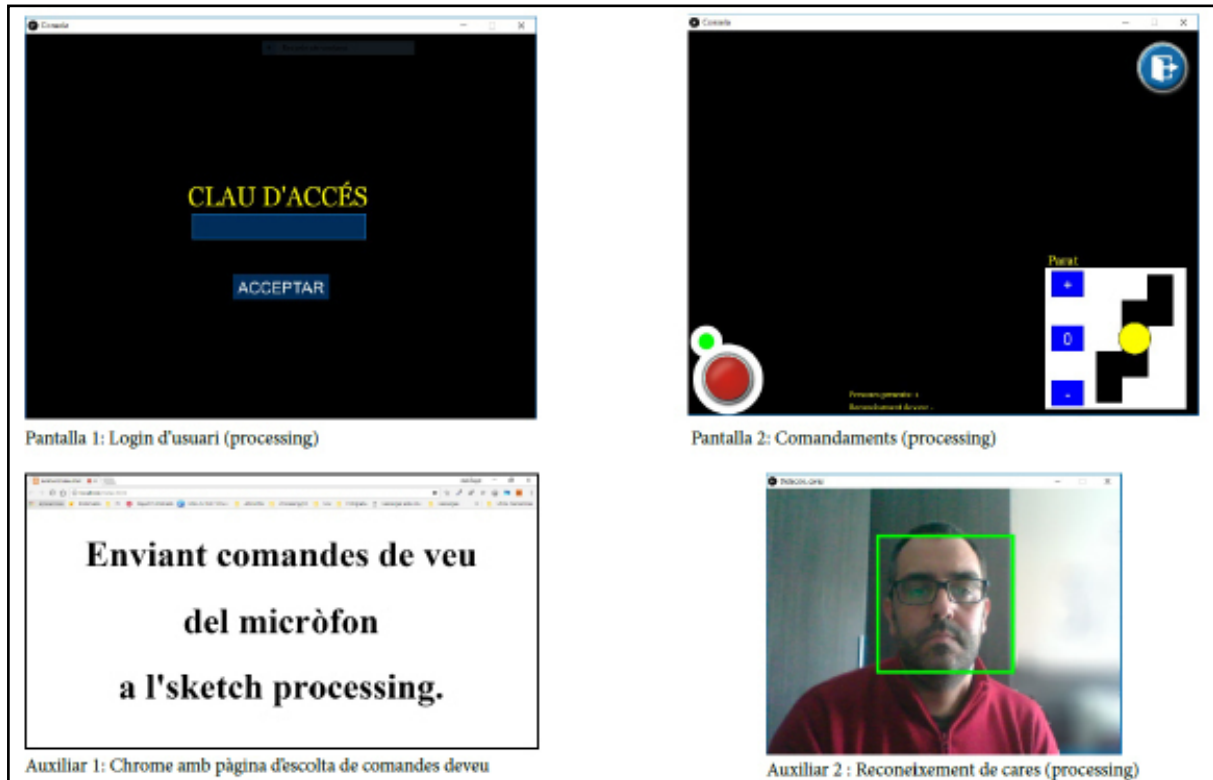


Figura 9: Pantalles de consola (PC) del projecte anterior

4.7. Pantalles de la LCD del prototip de consola

A la part d'Arduino també es mostra informació de l'estat de la consola, mitjançant una pantalla LCD.

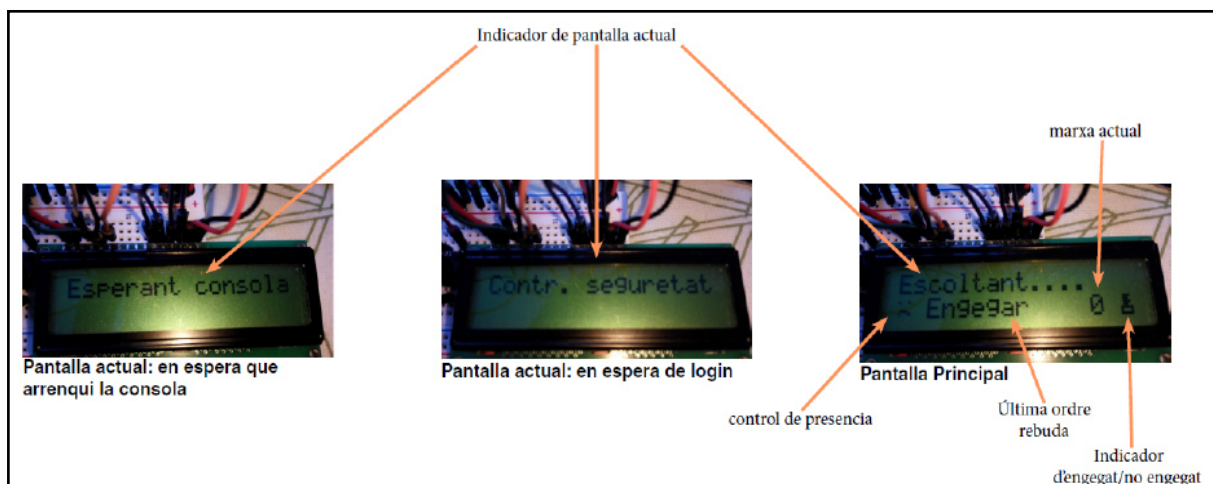


Figura 10: Pantalles de consola (LCD) del projecte anterior

5. Metodologia

Per tal de portar a bon terme el projecte s'utilitza la metodologia de **disseny centrat en l'usuari (D.C.U.)** El disseny es fa pensant en l'usuari i la seva interacció amb el sistema, resultant un prototip que és posat a prova mitjançant tests amb usuaris. Si aquests tests no són del tot satisfactoris, es redissenya i prototipa de nou en conseqüència, per a fer nous tests, de manera cíclica fins que el resultat sigui òptim.

Aquest cicle de disseny-prototip-avaluació també s'implementa per cada una les noves funcionalitats i millores respecte a la pràctica de disseny d'interacció ja existent. Per cada una d'aquestes noves funcionalitats es fa una investigació del funcionament i estudi d'exemples, que primer s'implementa en un petit projecte separat del principal, i es fan les proves pertinents per copsar el funcionament i que s'adeqüi a les necessitats del projecte. Una vegada superades aquestes proves, s'implementa al projecte principal i es fan les proves d'avaluació generals del prototip final.

5.1. Planificació

Estudi, recerca i investigació dels components necessaris per a implementar les noves funcionalitats, així com les millores de les ja existents, mitjançant un cicle redundant d'investigació-proves-implementació. Els components a implementar són càmera Kinect, nova pantalla LCD, joystick, teclats, servomotors. Els que cal millorar són l'estructura del Lego del vehicle i els comandaments de reconeixement de veu. Aquesta fase es desenvolupa a l'entrega corresponent a la PAC2.

5.1.1. Recerca

Per cada una de les necessitats detectades se cerquen exemples de possibles implementacions, fent una investigació exhaustiva del seu funcionament i les seves possibilitats, tant a nivell hardware com software.

5.1.2. Disseny prototip

Es creen prototips, autònoms del projecte principal, dels exemples investigats, realitzant un disseny enfocat a la implementació definitiva al projecte, però que funcioni de manera totalment independent.

5.1.3. Proves

Es fan proves amb aquests prototips, es poden realitzar tant amb l'ajut de potencials usuaris, com sense, segons convingui per cada cas. Per exemple, per a la implementació d'un servomotor no cal la intervenció d'usuaris, però per a la interacció mitjançant vídeo si és convenient. Si el resultat d'aquestes proves és satisfactori, es pot passar a la implementació definitiva al prototip final, en cas contrari, s'ha de tornar a la fase de recerca i investigació.

5.2. Implementació

S'implementen al projecte final les millores resultants de la investigació anterior. Aquesta fase es desenvolupa a l'entrega corresponent a la PAC3 i PAC final.

5.2.1. Disseny

Una vegada realitzades les proves, i comprovat el bon funcionament i la possibilitat d'acoblament en el projecte final, es procedeix al disseny del prototip final amb cada un dels nous elements estudiats.

5.2.2. Prototip

Amb el disseny del punt anterior es procedeix a la programació del codi i l'assemblatge del maquinari de cada un dels nous elements a la resta del projecte.

5.2.3. Tests amb usuaris

Amb l'ajut d'usuaris es realitzen una sèrie de proves, a diferents fases del projecte, per copsar el bon funcionament i la facilitat d'ús del prototip final, en definitiva, per comprovar que l'experiència d'usuari sigui l'esperada. En cas de no complir-se els requisits o el funcionament esperats, s'ha de tornar de nou al principi del procés, tornant a investigar, si cal, nous elements, o redissenyar els ja implementats.

5.3. Documentació

Al llarg de tot el procés, i de manera paral·lela, es documenta el treball realitzat, mitjançant aquesta memòria i els seus annexos. La realització d'aquesta documentació es fa incrementalment, realitzant entregues parcials abans de la finalització (PACS).

6. Continguts

Partint de la base del projecte presentat per a la pràctica final de l'assignatura Disseny D'interacció, es realitzen una sèrie de millores a diferents nivells, tant de programació, com de funcionalitat i usabilitat. A més s'implementen noves funcions i elements, com són joysticks, teclats i pantalles (actuadors d'Arduino) i noves funcions de reconeixement de veu o d'imatge.

6.1. Millores de components existents

- **Reconeixement de veu:** inclusió de noves comandes i millora de la fluïdesa. Sobre la base de la implementació del websocket de reconeixement de veu de Florian Schulz_[6] realitzada a la pràctica anterior, es canvia la programació per tal que atengui les comandes de veu de manera més efectiva, a més de la inclusió de noves per manegar els nous actuadors.
- **Reconeixement per vídeo:** Modificació d'una càmera Microsoft Kinect per tal d'adaptar-la al seu ús en PC (Annex 3. Modificació càmera Kinect V2] i ser així utilitzada en substitució de càmera web integrada. El reconeixement de vídeo proporciona reconeixement de presència i interacció amb els botons de pantalla. Re-codificació de l'sketch realitzant en Processing, programat per la detecció de cares, per integrar el codi juntament amb l'sketch principal implementant codi per interacció visual.
- **Substitució de pantalla** LCD de 16x2 per una de 3.5" TFT. Reprogramació del firmware d'Arduino per tal de mostrar informació, de manera més completa, per la pantalla LCD implementada a la consola. De poder donar missatges en només dues línies de 16 caràcters, es passa a una resolució de 480x320px.

6.2. Noves funcionalitats

- Implementar **servomotor** per dotar de girs al vehicle. Donar la possibilitat que el vehicle giri a dreta i esquerra, opció que no existia en el projecte anterior.
- Implementar **reconeixement de gestos** amb la càmera Kinect per tal d'interactuar amb els botons de la pantalla de consola, mitjançant la imatge captada. Es reconeixen les mans del controlador/conductor, que col·locant la seva imatge sobre els botons de pantalla, els podrà accionar.
- Implementar **teclat numèric** Arduino per la introducció del password d'entrada, complementari al teclat de l'ordinador i la targeta NFC quant al control de seguretat d'accés a la consola.
- Implementar **joystick** per enviar comandes de control al vehicle. Alternativa i complement als comandaments de veu i els botons de pantalla.
- Impelementar **LED RGB** al vehicle per mostrar senyals de llum en rebre comandes via ràdio.

6.3. Diagrama de flux de la interacció del sistema

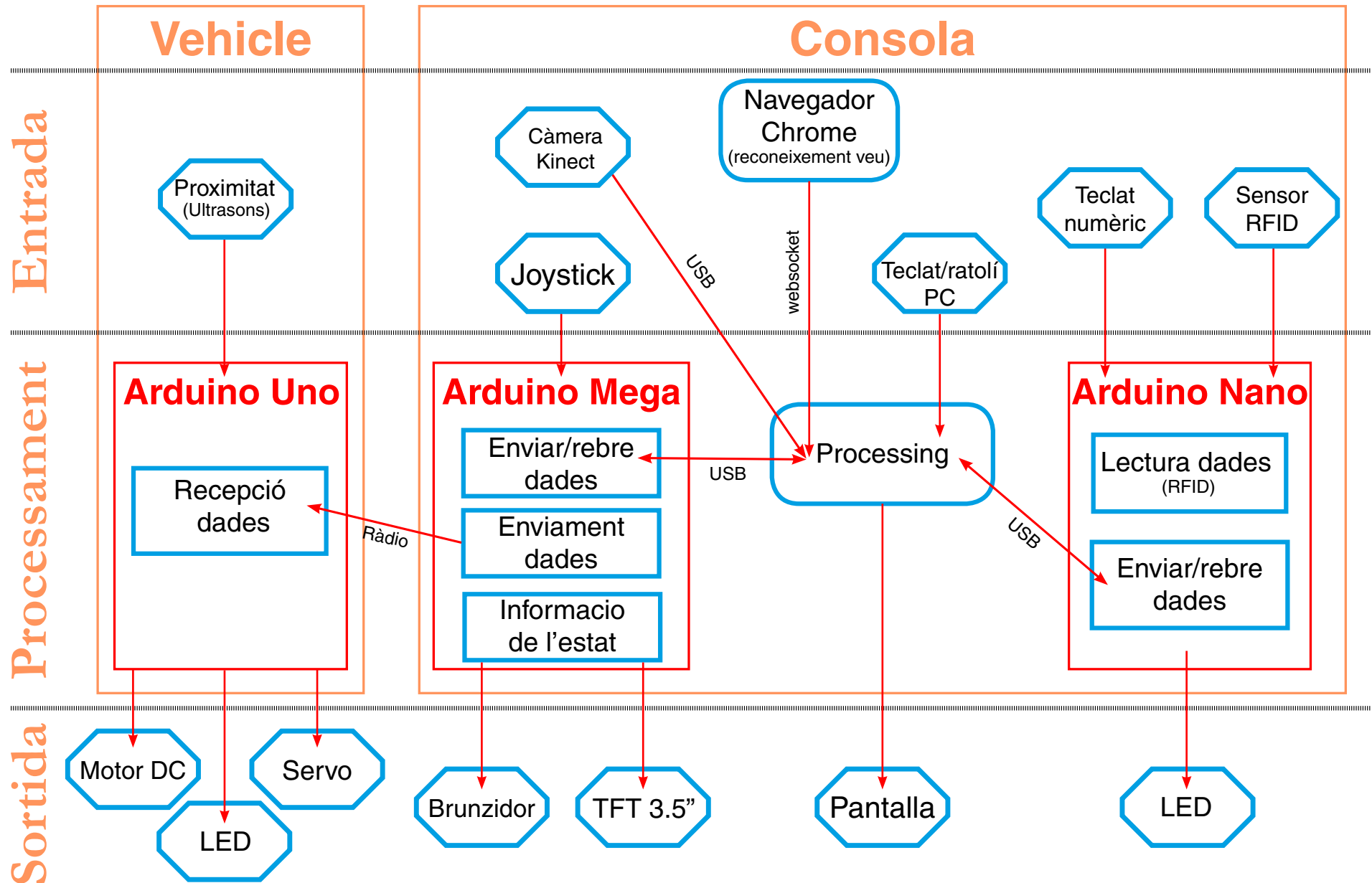


Figura 11: Diagrama de flux de la interacció

6.4. Funcionament del sistema

El sistema es basa en una consola, ubicada en un PC, des de la qual es controlen remotament les funcions bàsiques del prototip d'un vehicle.

La consola està composta per diferents elements, com són:

- Programa Processing (PC)
- Càmera Kinect
- Teclat i ratolí
- Programa de reconeixement de veu
- Prototip Arduino de consola
- Prototip Arduino de control d'accés

Tots aquests elements componen el conjunt de la consola de control, i proporcionen la interfície amb la qual l'usuari pot "conduir" el prototip del vehicle. Des del programa central de la consola, realitzat amb processing, s'ofereix la interfície visual per a la visualització de l'estat del sistema (engegat/parat, marxa actual, direcció actual...) seguretat d'accés, juntament amb el prototip Arduino dissenyat a tal efecte, així com els comandaments bàsics per al control (ratolí, teclat). A més també ofereix controls avançats, gràcies a la captura de vídeo mitjançant la càmera Kinect, amb els quals l'usuari pot tocar els botons de pantalla mitjançant la seva imatge captada per la càmera i mostrada dins la interfície. Aquesta imatge captada també proporciona seguretat pel que fa a presència constant d'un usuari, sense la qual el vehicle es para. Per últim, administra el reconeixement de veu que és realitzat mitjançant una pàgina HTML corrents sota Chrome.

6.4.1. Seguretat

Per proporcionar seguretat d'accés de doble factor. La consola fa ús d'un prototip d'Arduino que conté un lector de targetes RFID. Per poder accedir als controls, l'usuari haurà d'activar l'accés apropant al lector una targeta vàlida (primer factor de seguretat) per a després introduir una contrasenya (segon factor de seguretat) ja sigui mitjançant el keypad integrat al prototip, o bé amb el teclat de l'ordinador.

Una vegada l'usuari s'ha logat, accedeix a la pantalla amb els controls, però aquests no funcionen fins que la càmera no detecti que hi ha presència d'almenys una persona davant la consola, en cas contrari, els controls resten deshabilitats (seguretat per presència o d'"home mort").

6.4.2. Control

Per al control del vehicle, la consola disposa de diferents botons, per engegar/parar el vehicle, per controlar els girs, i per controlar la velocitat i marxés. Per activar aquests

botons, l'usuari ho pot fer mitjançant el ratolí, fent-hi clic, utilitzant les seves tecles associades al teclat, mitjançant el joystick, o bé amb la imatge captada per la càmera, tancant la mà sobre el botó que es vulgui activar. Els comandaments també poden ser activats amb la veu, pronunciant determinats comandaments com “avançar” o “endavant”, “parar”, “engegar”...

6.4.3. Informació

A la consola es proporciona informació visual de l'estat sistema, tant per la pantalla del PC com per la pantalla de 3,5” del prototip, així com mitjançant els diferents leds dels prototips. L'usuari pot apreciar, en qualsevol de les dues pantalles, en tot moment l'estat, la marxa, velocitat, direcció, etc. Mitjançant els leds, i les seves diferents llums, es comuniquen si les accions realitzades han sigut correctes o pel contrari hi ha hagut algun error o problema, aquestes informacions visuals dels leds van acompanyades dels sons d'un brunzidor per tal de reforçar el missatge.

6.4.4. Comunicació

La consola es comunica sense fils amb el vehicle gràcies a un xip de ràdio emissor, instal·lat al prototip Arduino de consola, que envia els senyals corresponents al receptor, implementat al vehicle.

Els diferents elements de la consola es comuniquen mitjançant del port serie (USB), fent el programa processing d'intermediari entre els dos prototips Arduino.

El programa processing de consola envia al prototip de consola la codificació del missatge corresponent a l'acció requerida, mitjançant el port USB, i el prototip s'encarrega de mostrar les accions per pantalla i de reenviar aquest missatge, novament codificat, mitjançant ràdio al prototip del vehicle, que executa l'acció.

El prototip de control d'accés es comunica bidireccionalment amb el programa de consola, envia i rep missatges codificats mitjançant l'USB, per tal de comunicar si els logatges (tant RFID com contrasenya) són correctes.

6.4.5. Vehicle

El prototip del vehicle rep els missatges codificats, provinents de consola mitjançant ràdio, fa una indicació visual mitjançant el LED i executa les accions corresponents:

- Avançar (2 velocitats)
- Retrocedir (2 velocitats)
- Parar
- Girs (dreta, esquerra, centrar)

7. Arquitectura del sistema

Detall dels diferents elements, hardware i software, del sistema.

7.1. Elements utilitzats

Relació dels diferents components tant de hardware com de software que integren el sistema:

- PC
- Càmera Kinect (adaptada per a PC)
- Auriculars amb micròfon
- Programació Processing
 - Sketch principal de consola amb reconeixement visual
- Programació HTML/Javascript
 - Pàgina web per reconeixement de veu
- Servidor Web local
- Programació Arduino
 - Sketch consola
 - Sketch control RFID
 - Sketch vehicle
- Arduino Uno
- Arduino Uno (proves)
- Arduino Mega
- Arduino Nano
- Breadboards Arduino
- Cablejats
- Resistències
- Mòdul RFID
- Targetes RFID
- Teclat numèric (Keypad)
- Emissors/Receptors Ràdio NRF24L01+
- Leds RGB
- Brunzidor
- Pantalla TFT 3.5"
- Sensors Ultrasons HC-SR04
- Servomotor
- Motor DC
- Xip L293D (controlador motors)
- Alimentador extern
- Cables USB
- Peces Lego

7.2. Hardware Prototip de vehicle

7.2.1. Protoboards/Esquemàtiques Arduino

Esquememes realitzats amb Fritzing del circuit i components del prototip Arduino del vehicle.

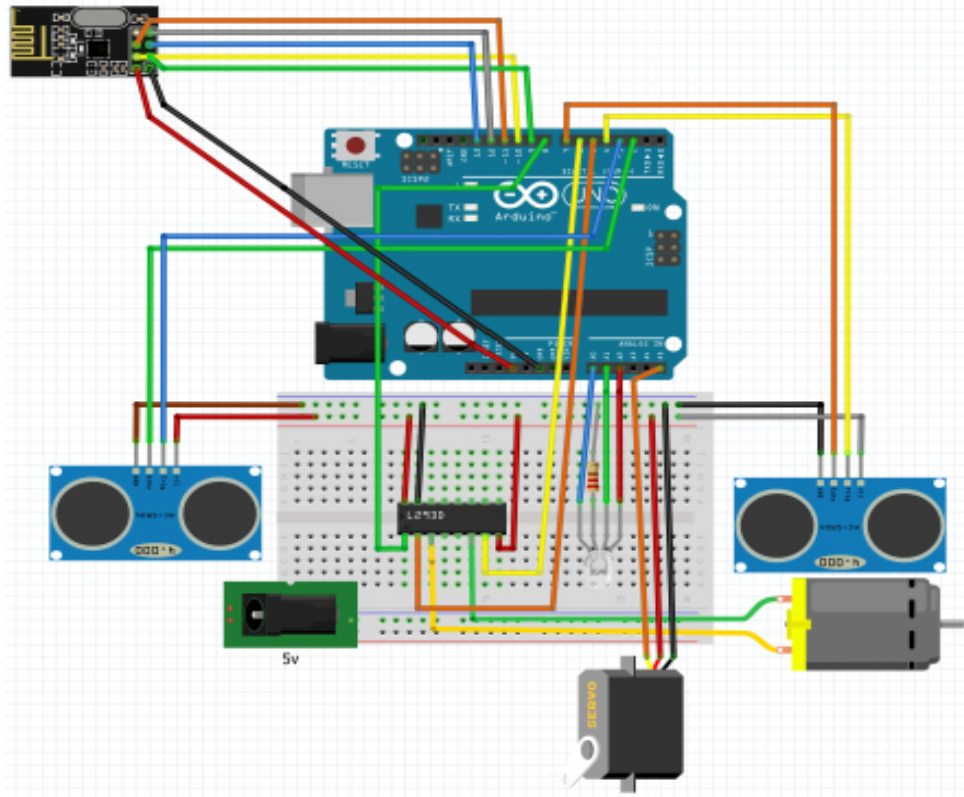


Figura 12: Protoboard Arduino del prototip de vehicle

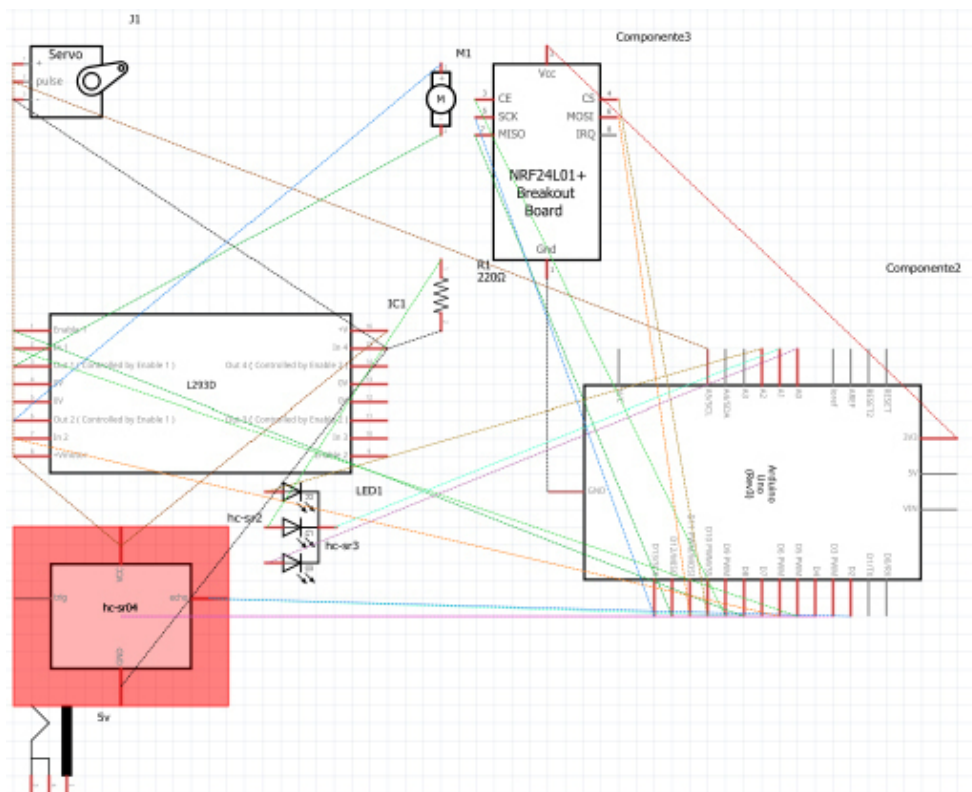


Figura 13: Esquemàtica Arduino del prototip de vehicle

7.2.2. Imatges dels prototips amb Arduino

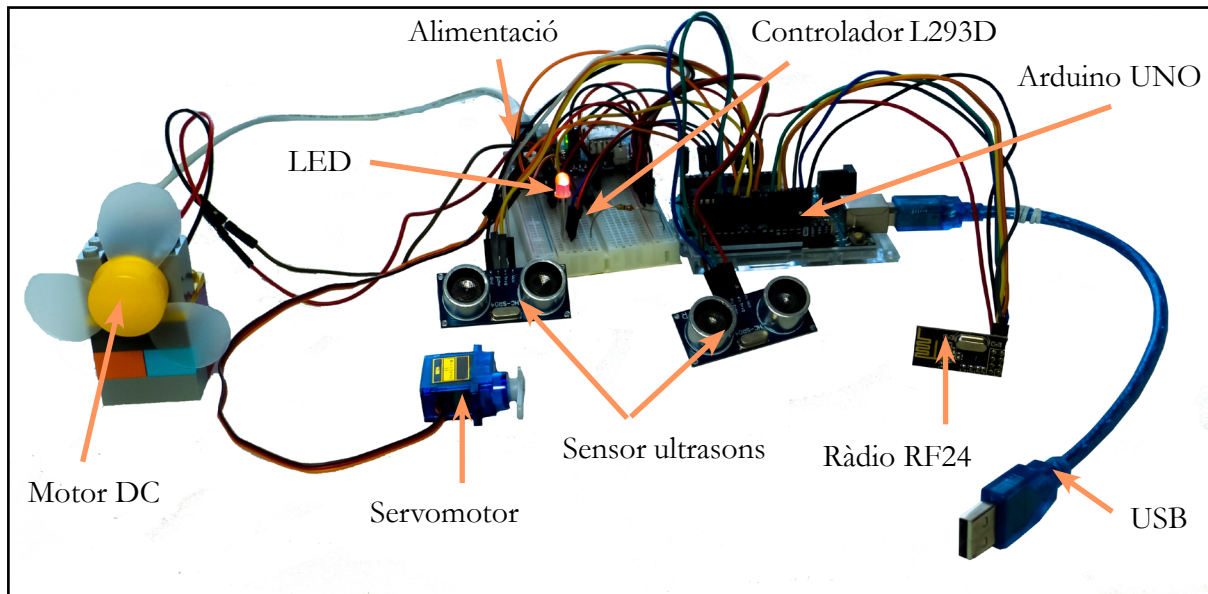


Figura 14: Imatge del prototip del vehicle (desmuntat)

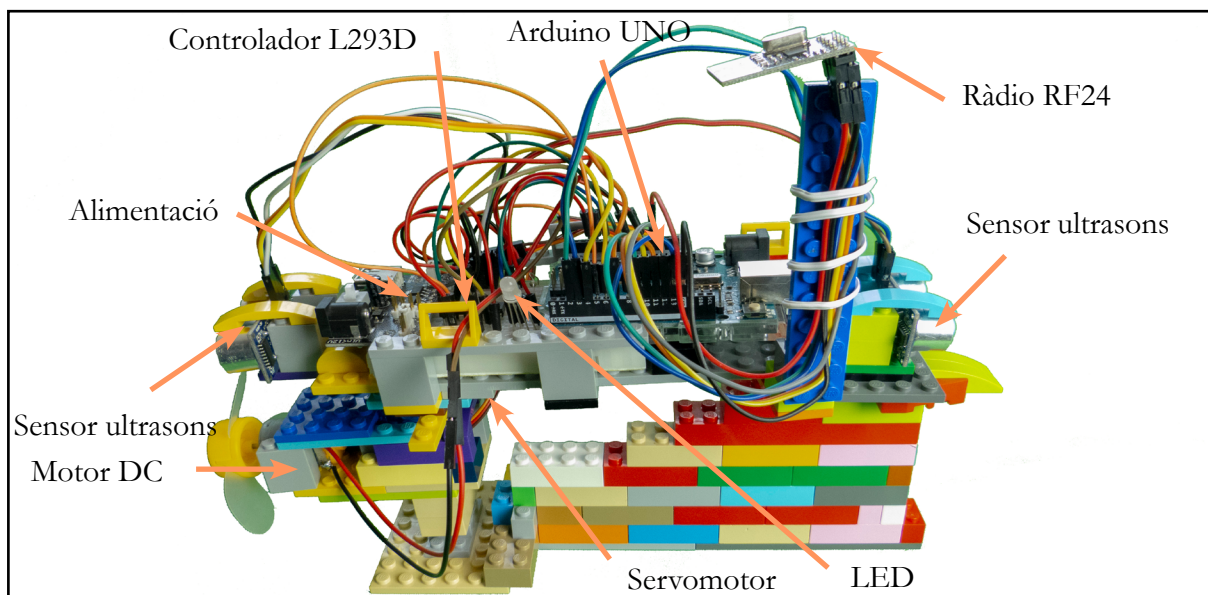


Figura 15: Imatge del prototip del vehicle (muntat)

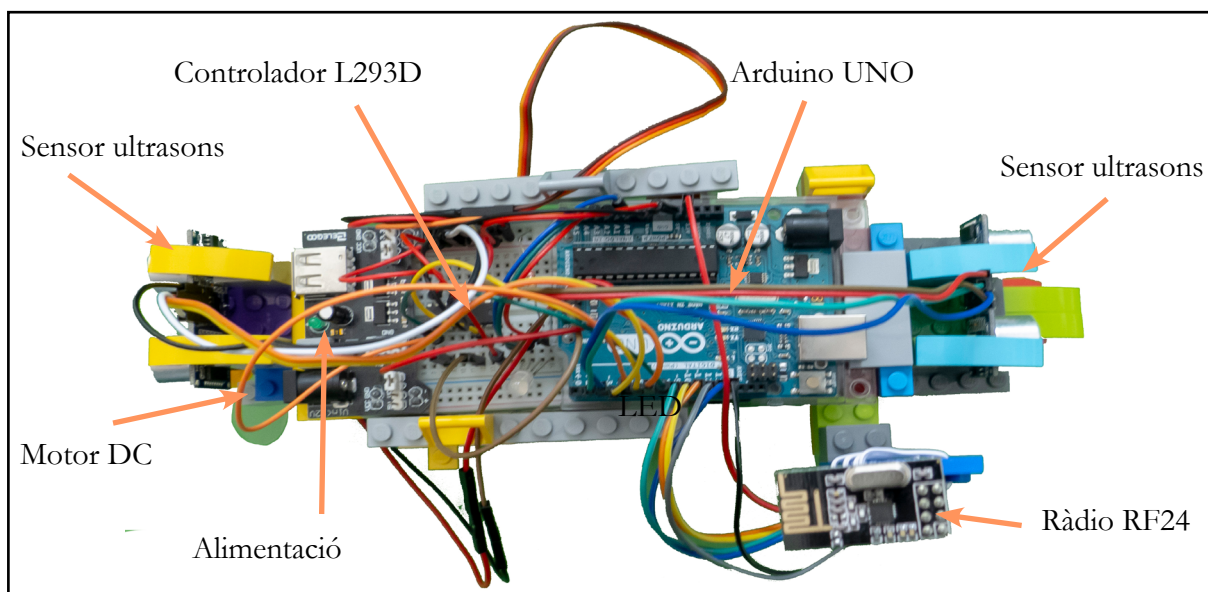
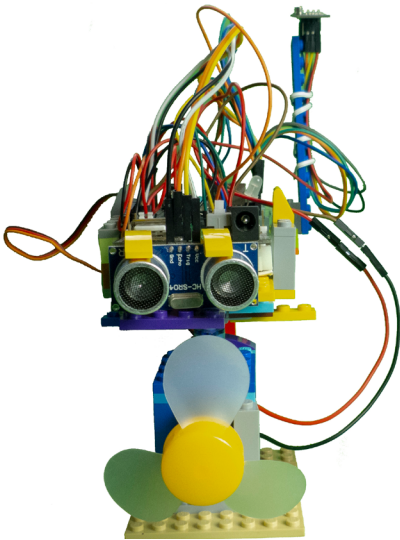
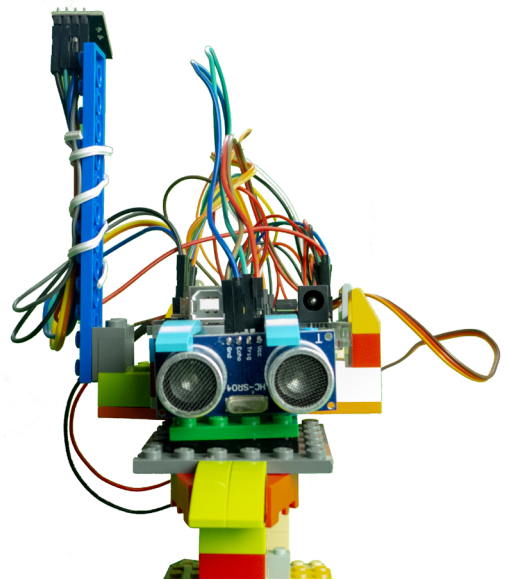


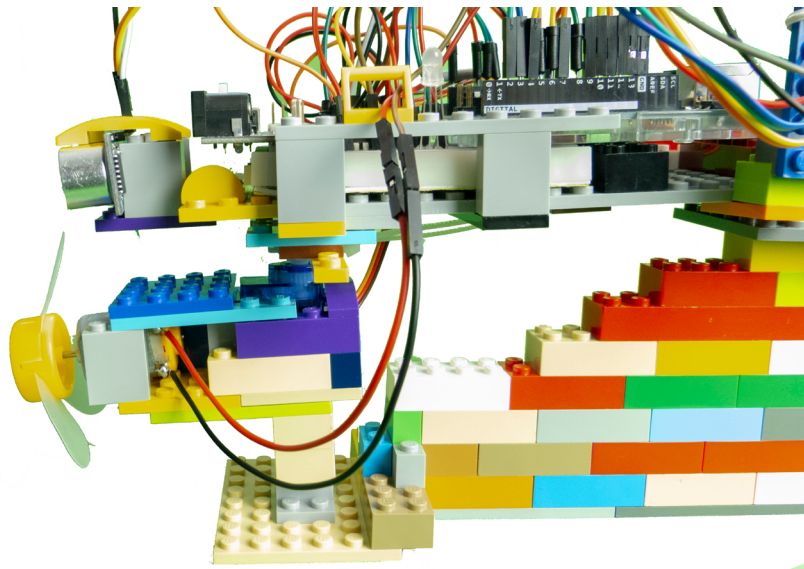
Figura 16: Imatge del prototip del vehicle (muntat vista superior)



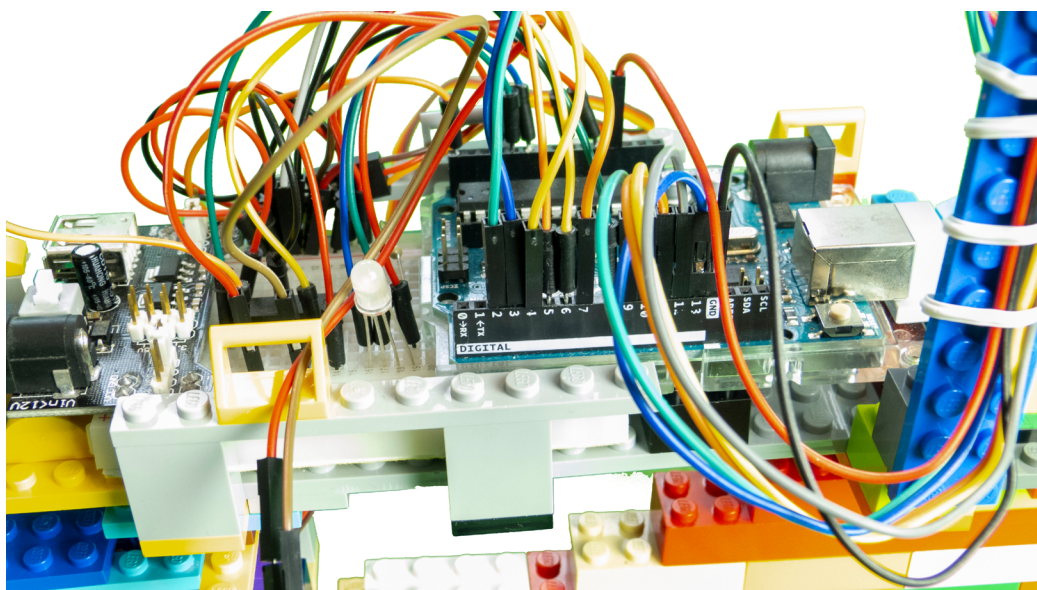
frontal



Posterior



Motors



Circuits

Figura 17: Detalls del prototip del vehicle

7.3. Hardware Consola de control

7.3.1. Protoboards/Esquemàtiques Arduino

Esquemes realitzats amb Fritzing del circuit i components dels prototips Arduino de la consola.

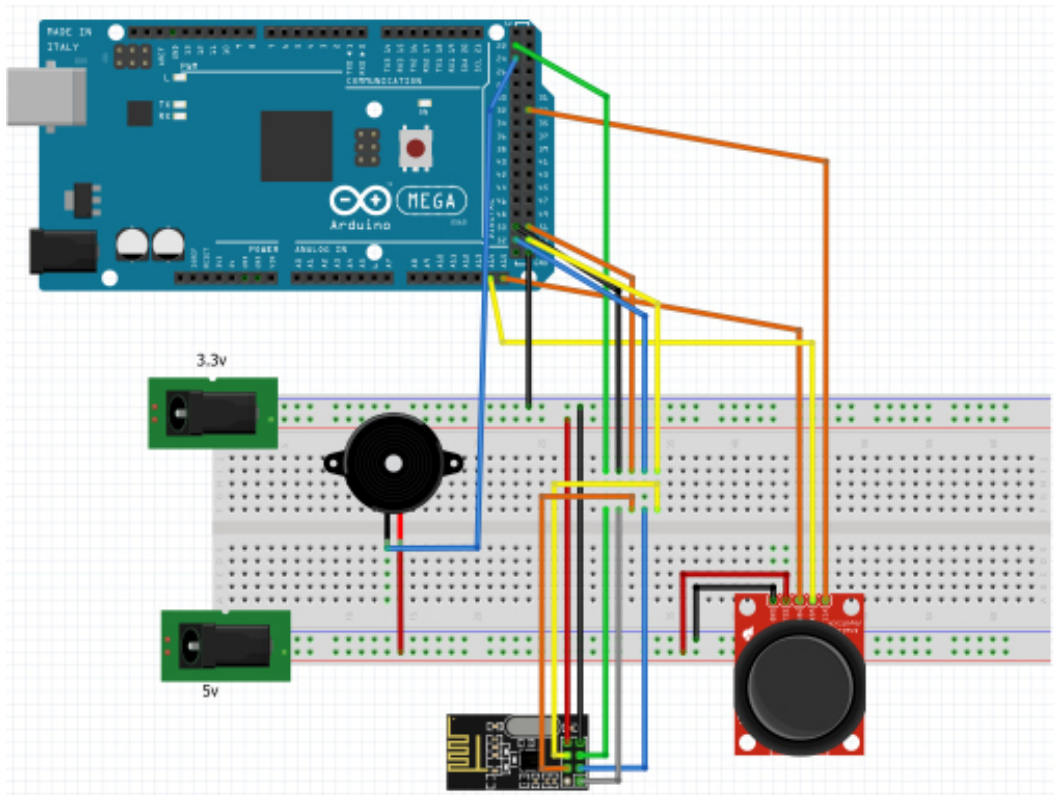


Figura 18: Protoboard Arduino del prototip de consola (sense pantalla)

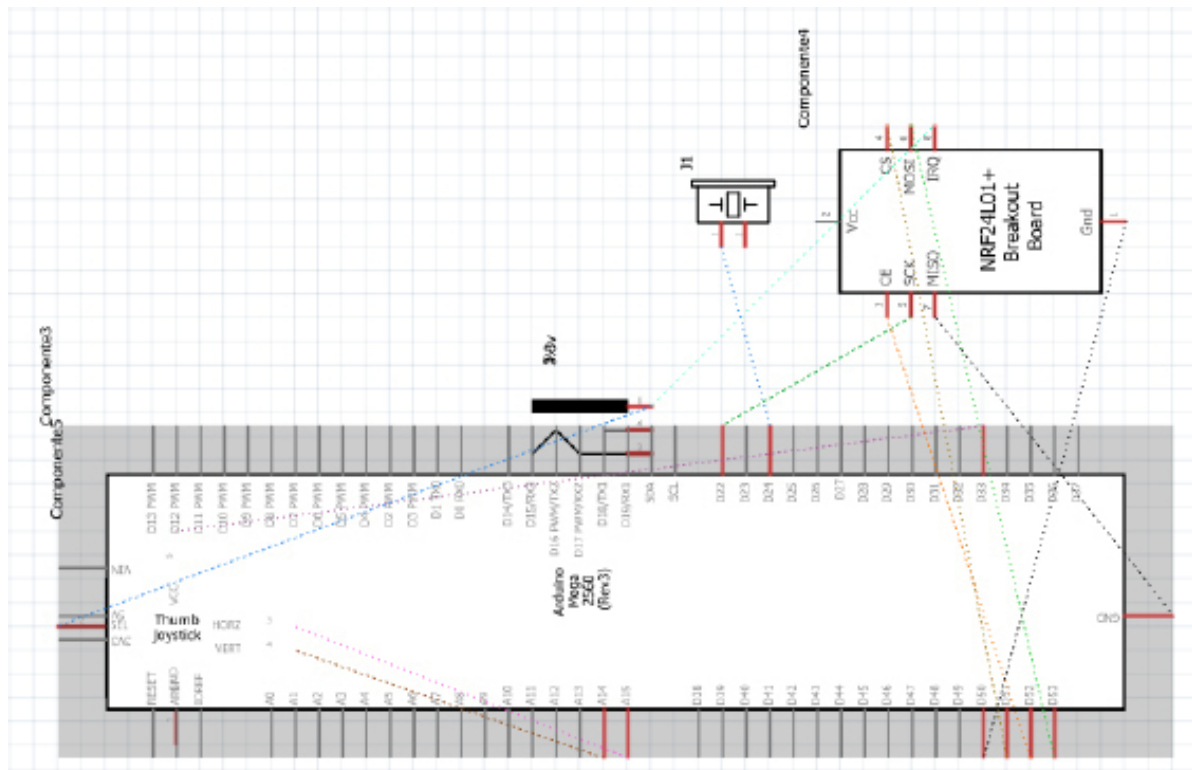


Figura 19: Esquemàtica Arduino del prototip de consola (sense pantalla)

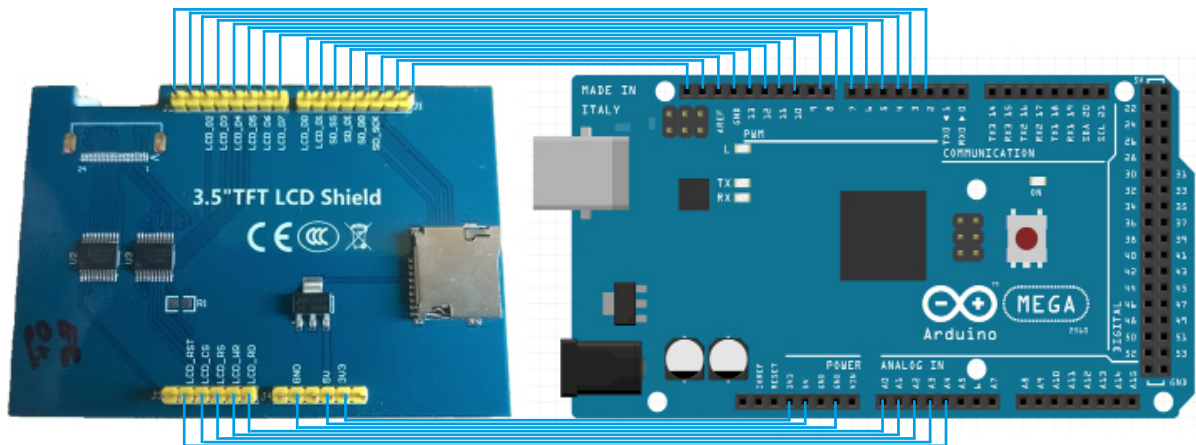


Figura 20: Protoboard Arduino del prototip de consola (pantalla)

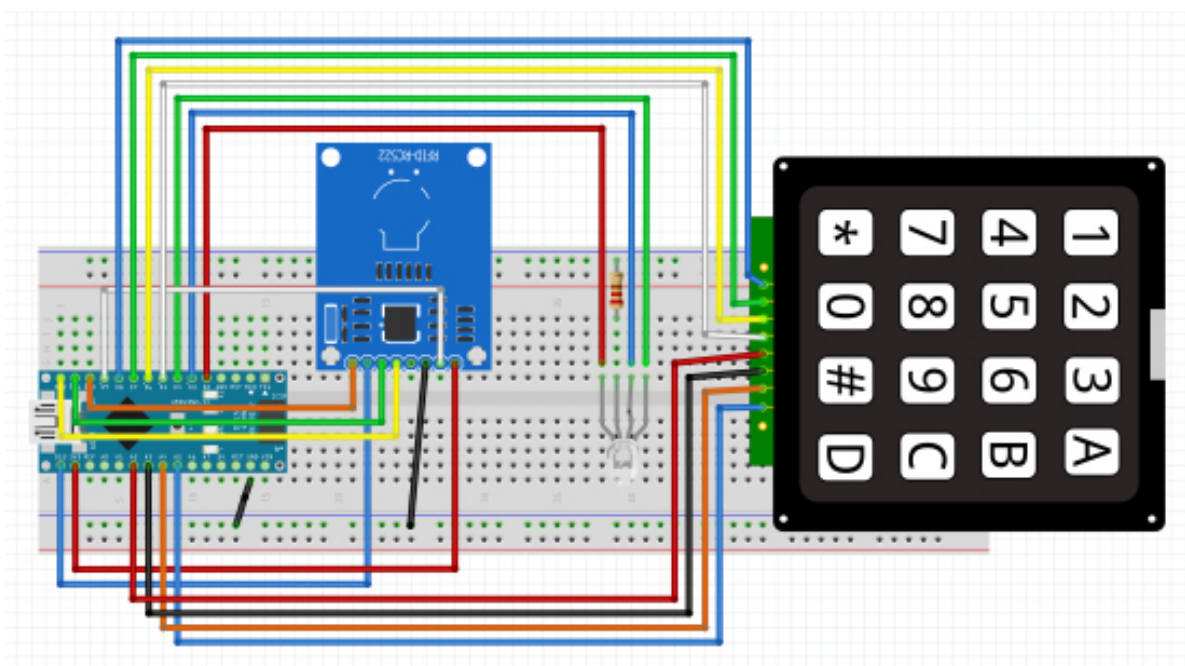


Figura 21: Protoboard Arduino del prototip de control d'accés

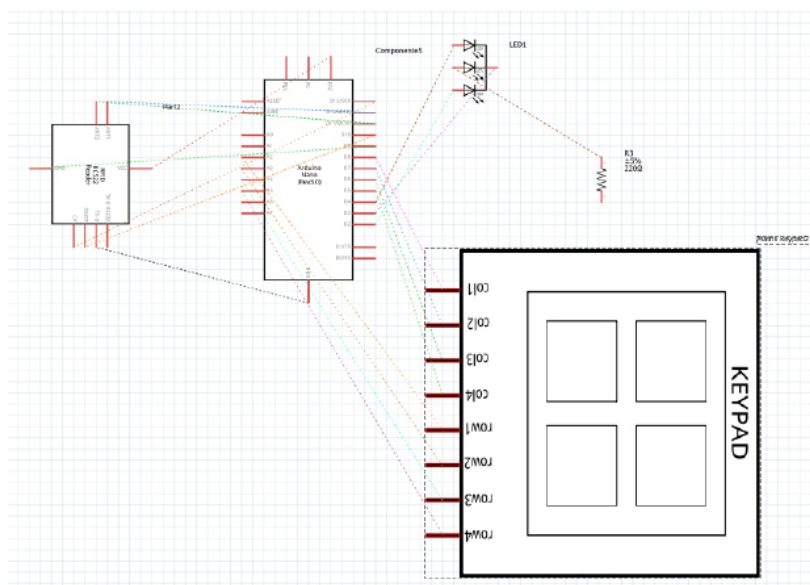


Figura 22: Esquemàtica Arduino del prototip de control d'accés

7.3.2. Imatges dels prototips amb Arduino

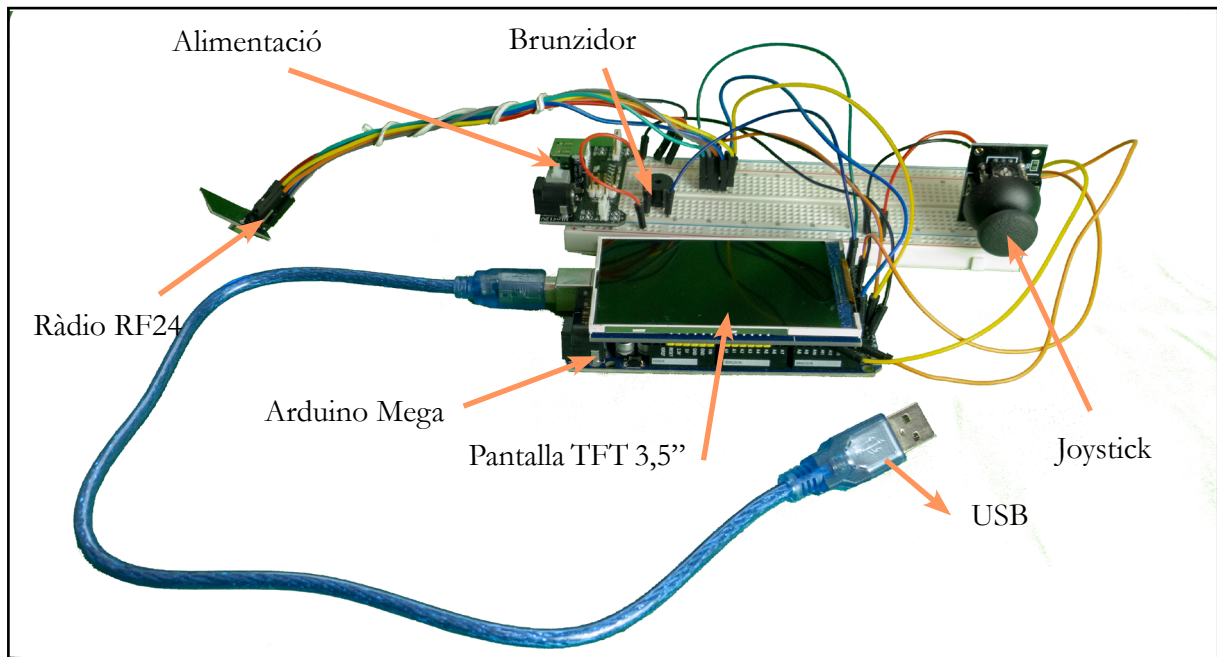


Figura 23: Imatge del prototip de consola

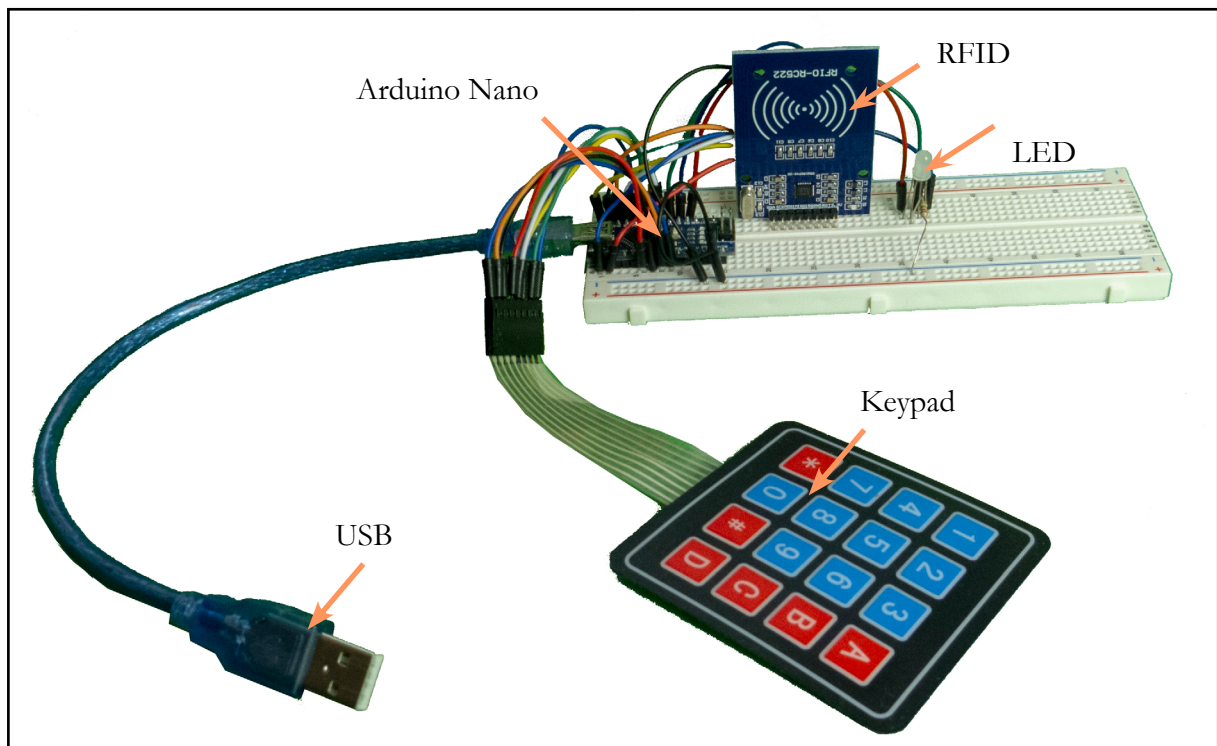


Figura 24: Imatge del prototip de control d'accés

7.4. Funcionalitat Prototip de vehicle

El vehicle té implementats dos tipus de funcions bàsiques, de moviment, que vénen donades per comandes actives provinents per ràdio des de consola i passives, implementades al mateix vehicle.

7.4.1. Funcions de moviment

El vehicle té funcions bàsiques de moviment, en una hipotètica implementació del projecte a la realitat, aquestes funcions es traduirien en moviment en l'espai (per carretera, raïls, aire, mar...), per les lògiques limitacions, en el prototip presentat en aquest treball, aquest moviment està limitat als girs d'un motor DC i un servomotor, aquestes possibles accions sobre el moviment són:

- Avançar (dues velocitats)
- Retrocedir (dues velocitats)
- Parar
- Girar a l'esquerre
- Girar a la dreta
- Centrar la direcció

7.4.2. Funcions de seguretat

Funció passiva de **parada automàtica** anticol·lisions. S'explica amb més detall més endavant.

7.5. Funcionalitat Consola de control

Mitjançant la consola és possible el control a distància del prototip del vehicle, podent activar les seves funcions, mitjançant diferents mètodes, com són

- comandes de veu
- teclat
- captura de vídeo

A la consola també estan implementades les funcions de seguretat de control d'accés, que s'expliquen més endavant.

7.5.1. Pantalla de la consola de control al PC

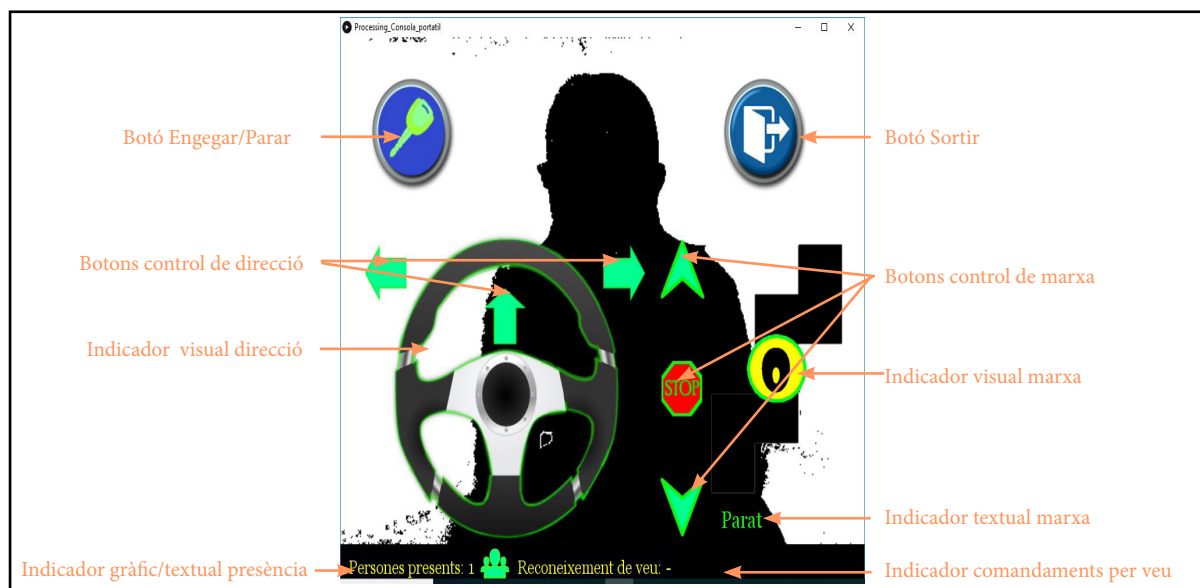


Figura 25: Esquema de la funcionalitat per pantalla

7.5.2. Pantalla de la TFT 3.5" del prototip de consola

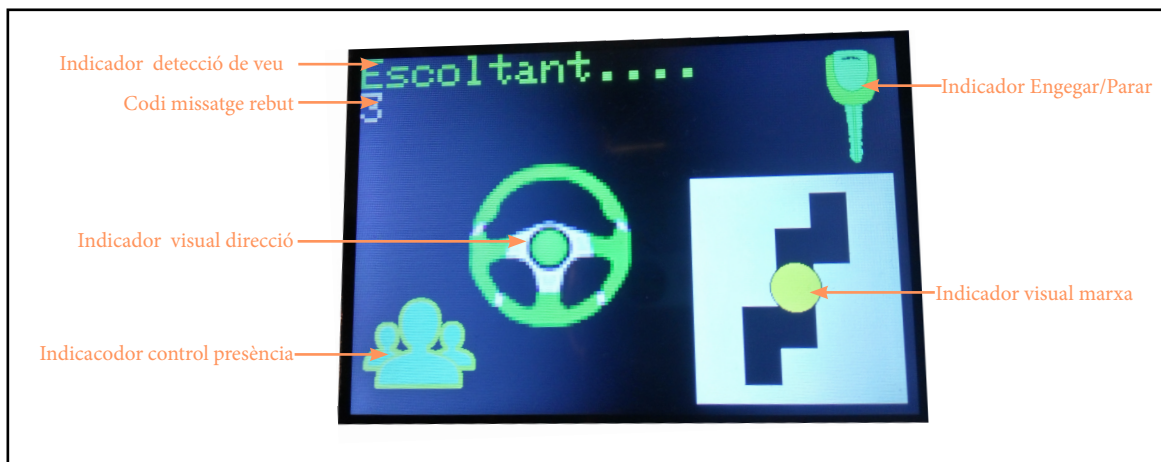


Figura 26: Esquema indicadors per pantalla del prototip

7.5.3. Pantalla Chrome - reconeixement de veu

Pàgina HTML corrents sota Google Chrome, encarregada de recollir el so del micròfon detectant les paraules pronunciades i enviar-les a l'sketch de consola mitjançant un websocket, sent aquest l'encarregat de diferenciar els comandaments correctes.

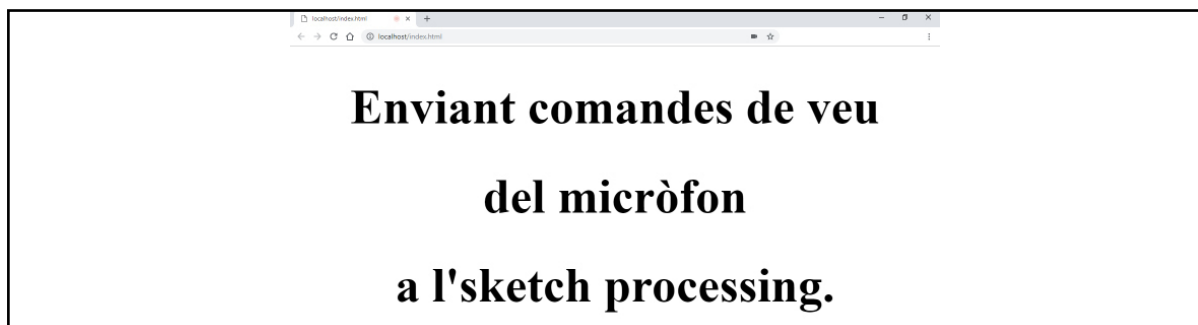


Figura 27: Pantalla de google chrome de reconeixement de veu

7.6. Seguretat

El sistema té implementats elements de seguretat a diferents nivells, tant per a control d'accessos, com de seguretat en la circulació.

7.6.1. Prototip de vehicle

Al prototip del vehicle s'ha implementat un sistema de seguretat per evitar col·lisions. Mitjançant dos sensors d'ultrasons, que mesuren les distàncies a la que es troben en tot moment objectes propers, col·locats a la part davantera i de darrere, és capaç de detectar obstacles que podrien ocasionar col·lisions. En detectar obstacles a una distància massa propera, el sistema deté el motor de manera automàtica, sense necessitat d'intervenció del conductor, evitant així accidents per distracció.

7.6.2. Consola de control

A la consola s'implementa un control d'accés basat en un doble factor d'identificació. Per poder accedir als controls de la consola, primer s'ha d'identificar mitjançant una targeta RFID verificada, i després mitjançant la introducció d'una clau de pas, bé sigui mitjançant el keypad del prototip de

control d'accés, o bé mitjançant el teclat de l'ordinador.

També, s'encarrega de proporcionar seguretat en l'àmbit de control de presència continu del conductor. Mitjançant la càmera es detecta la presència del conductor davant els comandaments, i en cas de no trobar-se ningú, sigui per absència, desmai o diferents causes, el sistema deté automàticament el motor del vehicle, a més deshabilitant els controls de pantalla, evitant que aquest es mogui sense estar sent controlat.

7.6.3. Pantalles de seguretat a la consola de control al PC

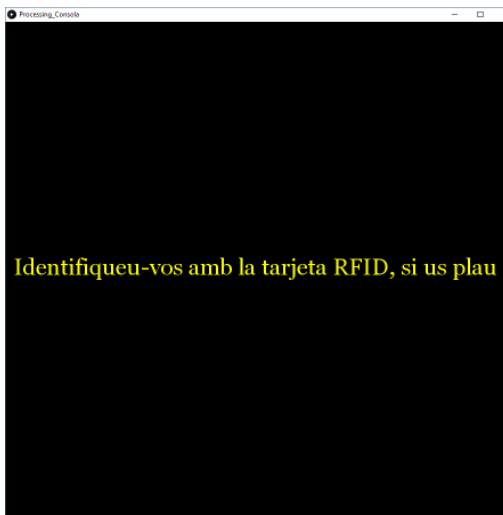


Figura 28: Pantalla de consola, identificació RFID

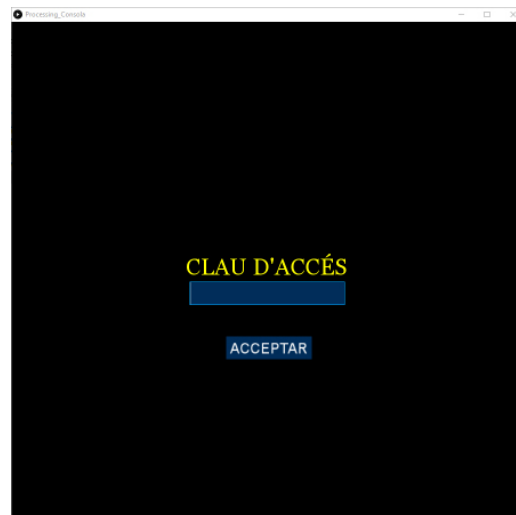


Figura 29: Pantalla de consola, identificació per clau d'accés

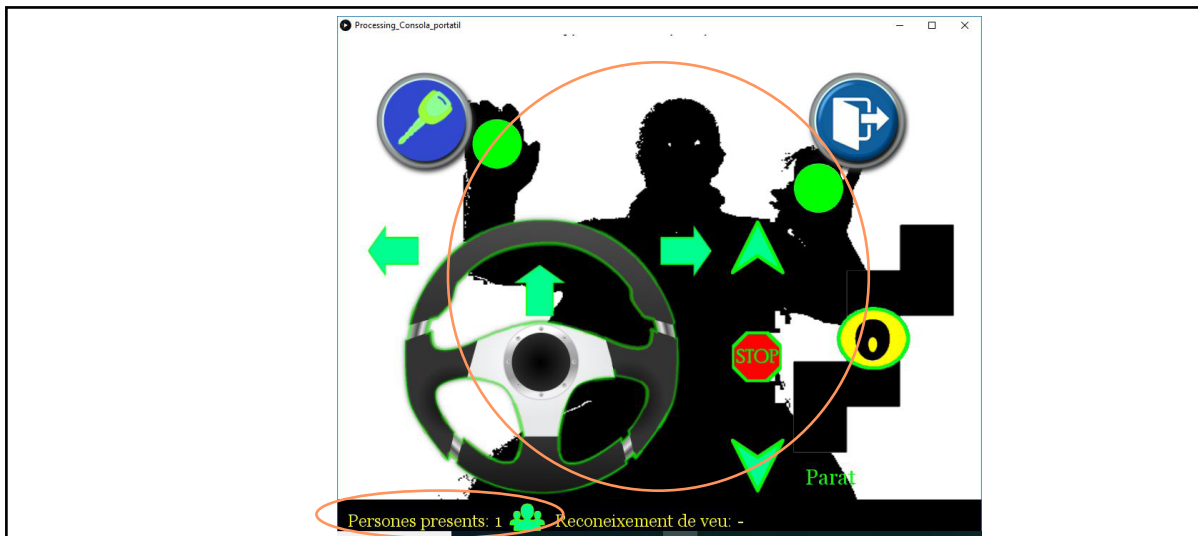


Figura 30: Detall de control de presència a la pantalla de consola.

7.6.4. Pantalles de seguretat a la TFT 3.5" del prototip de consola

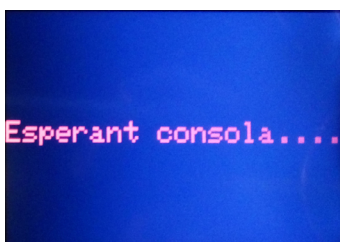


Figura 31: Pantalla espera de consola

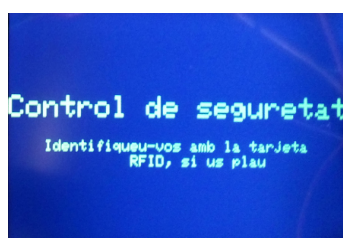


Figura 32: Pantalla identificació RFID

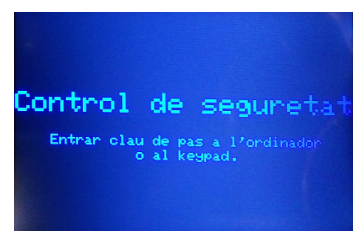


Figura 33: Pantalla identificació clau

7.7. Interacció entre elements

Per la comunicació entre els elements individuals que conformen el sistema s'han utilitzat diferents mètodes, segons la conveniència i/o disponibilitat.

L'element central, l'sketch de consola programat amb processing, es comunica mitjançant USB amb el prototip de consola, al qual envia dades, sense rebre'n. En canvi, amb el prototip d'accés, també es comunica per USB, però en aquest cas si hi ha comunicació bidireccional, enviant, el prototip, dades del sensor RFID i del keypad, i rebent si feedback de l'entrada és correcta o no, o si aquesta s'ha fet directament a consola.

L'sketch de consola també rep per USB el senyal captat per la càmera Kinect, el qual processa per les funcions de control de presència i per la interfície per interactuar amb els botons de pantalla. Per al reconeixement de veu, que es fa mitjançant un arxiu HTML corrents sota un servidor web local (Xampp), aquesta pàgina envia dades a l'sketch mitjançant un websocket, les dades del qual processa el mateix sketch.

Per últim, per al funcionament sense fils del vehicle, el prototip de consola envia senyals de ràdio codificades, segons ordres processades per l'sketch de consola. El vehicle rep aquest senyal sense fils i actua en conseqüència, traduint-se en moviment.

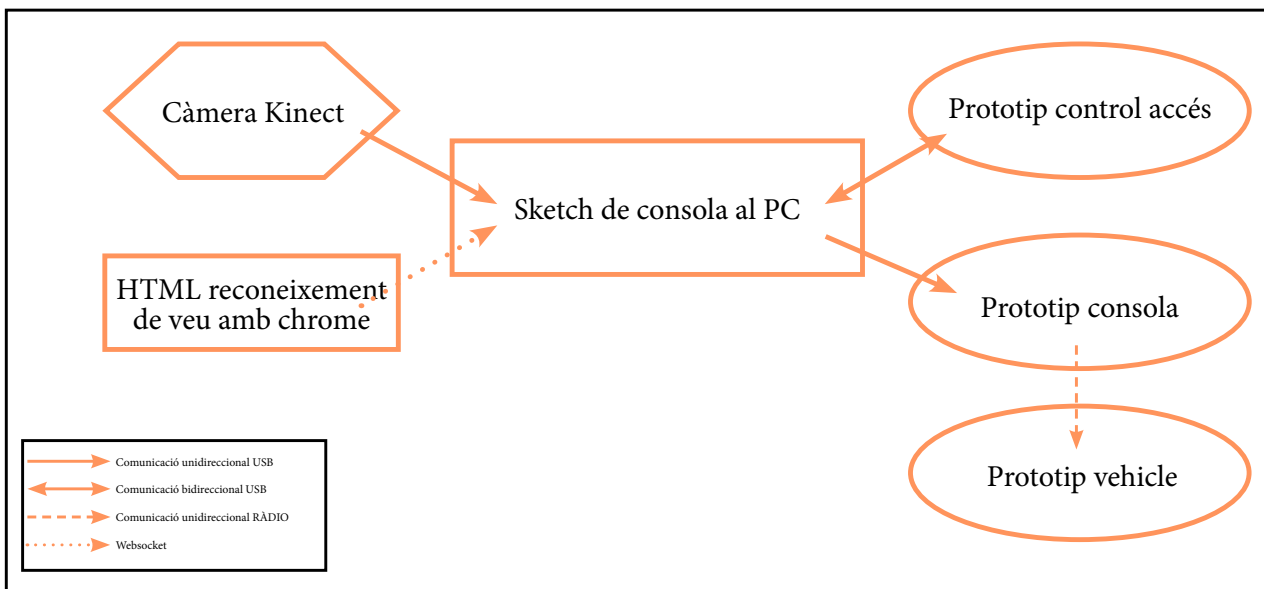


Figura 34: Esquema de comunicacions

8. Planificació

8.1. Planificació

El treball es divideix en tres fases, una primera d'investigació, en la que se cerca informació de les diferents millores implementades, com són reconeixement per vídeo amb càmera Kinect, reconeixement de veu, per a la consola al PC i pantalla LCD, Joystick i teclats per la part de consola d'Arduino. També, quant al prototip de vehicle, que es millora, i per tant té la seva cerca d'informació, per implementar servomotors, així com redisseny de l'estructura del vehicle, tant del prototip Arduino, com l'estructura Lego que la sosté. El desenvolupament d'aquesta primera fase es realitza coincidint amb la segona PAC, i els lliurables es lliuren a la data límit d'aquesta.

A la segona fase, que coincideix amb la tercera PAC, s'implementen els resultats de les investigacions realitzades a la fase anterior. Es modifiquen el prototip i programes per tal d'aplicar les millores, creant una primera versió del sistema, tant de la pantalla com dels circuits d'Arduino, amb les noves interaccions implementades. Amb aquestes modificacions del sistema en marxa, es realitza un joc de proves, tant de funcionament com d'usabilitat, amb, o sense l'ajut d'usuaris. En cas de trobar possibles errors o possibles millores, aquests s'han de solucionar i implementar per tal de tornar a fer un joc de tests, que determinaran si s'han de tornar a fer millores i arranjaments o es dóna definitivament per bo.

A la tercera fase, es realitza la implementació de les millores resultants a la fase anterior, obtenint una versió beta del producte final, amb la qual es tornen a fer proves més exhaustives amb usuaris, obtenint uns resultats que s'hauran d'implementar per tal de tornar a realitzar uns nous tests que validaran els resultats. L'entrega de documentació, així com del sistema ja finalitzat, es realitza mitjançant la PAC4.

Al llarg de totes les fases es va documentant el procés del treball realitzat, mitjançant aquesta memòria, entregant al final de cada una de les fases la versió actualitzada de la memòria, i la versió final en acabar la tercera fase, en l'entrega de la PAC4. Abans de l'entrega de les diferents PACS al seu termini, es realitzen lliuraments parcials de control, per tal de detectar possibles desviacions, assegurant així que tot sigui correcte a l'hora de l'entrega final.

Dates clau:

Final fase d'investigació, recerca i entrega PAC2: 31 d'octubre de 2018.

Final fase d'implementació i proves i entrega PAC3: 2 de desembre de 2018.

Lliurament final: 14 de gener de 2018.

8.2. Diagrama de Gantt

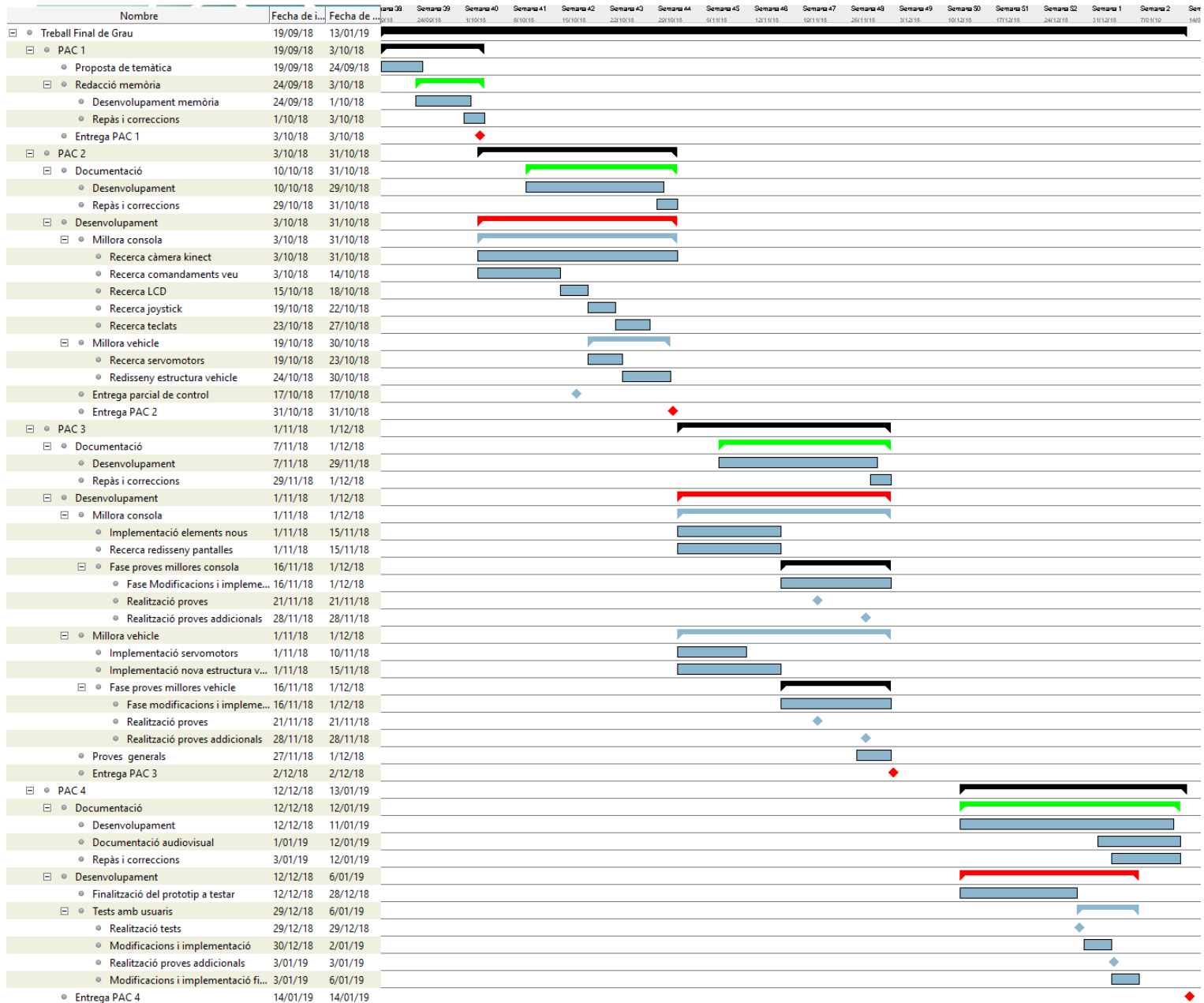


Figura 35: Diagrama de Gantt del projecte

9. Procés de treball/desenvolupament

El procés de treball, tal com s'especifica a l'apartat de planificació, es realitza en tres fases, una primera de recerca, en la que es posen sobre la taula diferents solucions als problemes que es volen resoldre, així com les millores que es volen efectuar, decidint al final d'aquesta fase quines de les solucions investigades són viables o més favorables per tal d'incloure-les al prototip final.

Durant tot el procés han anat apareixent noves idees que podien ser implementades, algunes això ha estat possible, i d'altres no. Aquestes idees s'han incorporat a l'apartat 18 d'aquesta memòria "Projecció a futur" per tal de treballar-los, en cas de ser factible, o deixar-ho per a futures actualitzacions.

9.1. Recerca

En aquesta fase es fa la recerca de recursos i exemples que s'implementen en un entorn de proves, configurat per un Arduino UNO i un protoboard. En cas que aquestes investigacions siguin satisfactòries, es passa a la implementació a l'sketch final, a la fase següent.

En primera instància es fan cerques per internet de possibles solucions, tant de hardware, com sobretot el seu software, es busquen exemples d'sketches que puguin ser utilitzables i integrables en el sistema actual, s'estudien i proven aquests exemples en el petit entorn de proves format per la placa Arduino i el seu protoboard, i es confirma que pugui ser finalment implementat al prototip final.

En alguns casos, com els d'alguns components d'Arduino, la investigació ve facilitada perquè en adquirir-los en un pack, marca Elegoo, d'actuadors/sensors, juntament amb la placa Arduino Nano, venia acompanyat de tot d'exemples de codi, així com explicacions de muntatge dels circuits.

Les diferents recerques s'han efectuat en els àmbits:

- **Reducció de plaques Arduino**

En un principi es pretenia eliminar una de les plaques Arduino utilitzades, en concret l'Arduino Nano, l'encarregada de manegar l'accés mitjançant RFID.

Per fer-ho hi havia l'inconvenient que el sensor RFID utilitza el mateix bus, l'SPI, per tant els mateixos pins, que l'emissor de ràdio. Això, en teoria és factible, posar més d'un sensor en aquest bus, utilitzant els mateixos pins i que funcionin simultàniament.

Per aconseguir-ho, he fet el muntatge del prototip amb només l'emissor de ràdio, però posant els cables ponteats mitjançant un breadboard, en comptes d'anar directes a

la placa, per poder així aprofitar aquest ponteiig per connectar també els cables del sensor RFID.

Les proves amb aquest nou muntatge per a l'emissor de ràdio han sigut satisfactòries, en canvi, a l'hora d'implementar RFID no ha funcionat tot i les diferents proves. Degut a aquestes complicacions, l'objectiu de reduir el número d'Arduinos necessaris **es deixa en StandBy**, no podent aplicar-se en l'àmbit d'aquest projecte

- **Modificació càmera Kinect per fer-la compatible amb PC**

Per la realització d'aquest projecte vaig obtenir en el mercat de segona mà una càmera Microsoft Kinect V2. Com que la càmera és concebuda per a consoles Xbox, hi ha una incompatibilitat amb la connexió a PC, en concret el cable que utilitza és un USB 3.0 modificat, que fa que no es pugui connectar directament. És necessari obrir la càmera per soldar els cables de la font d'alimentació, a més de canviar el cable de dades existent a la càmera, per un d'estàndard USB 3.0 que sigui possible utilitzar amb els ports USB del PC.

Per tal de poder realitzar aquesta petita modificació, m'he basat en tutorials online de youtube ^[7] en els que s'explica com obrir de manera segura la carcassa de càmera i on soldar els cables necessaris perquè pugui ser alimentada independentment i canviar el cable de connexió USB.

- **Millores de pantalla, Pantalla TFT de 3,5"**

Es fa recerca d'informació respecte a les pantalles TFT de 3,5", que donen molta més superfície de pantalla i resolució que l'actual LCD 16x2, que òbviament està molt limitada amb només dues files de setze caràcters.

Aquesta recerca d'informació porta a decidir utilitzar la llibreria ADAFRUIT ^[8] que proporciona tot el necessari per utilitzar aquest tipus de pantalles.

Es fan proves de programació de la placa, ajustant les necessitats de cablejat a l'estructura actual del projecte, alhora que es fan provatures de les noves possibilitats que donen aquest tipus de pantalla, com són gràfiques, diferents tipus i mides de lletres, més espai disponible, etc.

Per les necessitats de fer les proves en una placa igual que la definitiva, una Arduino Mega, per comprovar l'ajust total al sistema, s'ha d'utilitzar l'sketch i placa originals, quedant ja implementat a l'entorn definitiu, però encara no programat l'sketch proces-sing per adequar-ho, que serà realitzat a la fase següent, implantació.

Per a la inclusió d'imatges, es fa necessari convertir aquestes en arrays, per tal que es puguin contenir a la memòria de l'Arduino, per tal de fer-ho, existeixen programes con-

versos, com per exemple http://www.rinkydinkelectronics.com/t_imageconverter565.php. Aquest programa proporciona la definició de la imatge en format array, per ta de poder incloure-la a les definicions de l'sketch, podent així utilitzar-la al programa.

Millores reconeixement visual^{[9] [10]}

La intenció és millorar el reconeixement de cares, per tal de poder integrar el control de presència i l'sketch principal en un sol sketch, poden prescindir així d'arxius intermedis, a més de poder utilitzar només un sketch en comptes de dos. A més, es vol utilitzar la càmera per, mitjançant la imatge adquirida i mostrada per pantalla, poder interactuar amb els objectes que s'hi mostren, com poden ser els botons, polsant-los.

El primer pas és la instal·lació de la llibreria KinectPV2, i fer proves amb els sketches d'exemple que proporciona. Interessa algun exemple de detecció de persones, per substituir el sistema actual, i altres exemples de detecció de moviment de mans.

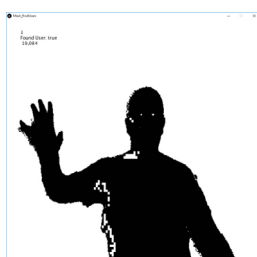


Figura 36: Detall sketch detecció de persones

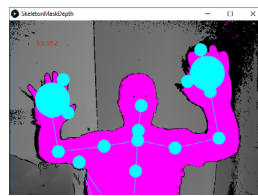


Figura 37: Detall sketch detecció d'esquelets

Amb la base d'aquests dos sketches, interessa, primer combinar els codis, perquè funcionin en un de sol, i després provar integrar-ho a l'sketch principal del sistema. El procés per integrar els dos sketches en només un proporciona resultats satisfactoris, funcionant correctament.

El següent pas és trobar la manera d'eliminar dades que no es necessiten, com per exemple l'esquelet complet, ja que només cal mostrar les mans, les altres parts del cos, no tenen interès en aquest cas. El resultat és correcte, però apareix un problema a l'hora de canviar la mida de la pantalla, ja que la detecció de mans es descol·loca, seguint correctament el moviment, però no ubicades exactament on han d'estar respecte a les dues mans.

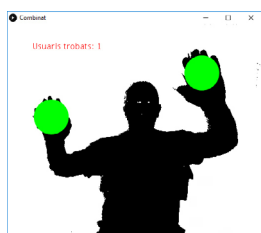


Figura 38: Detall sketch detecció de vídeo combinats

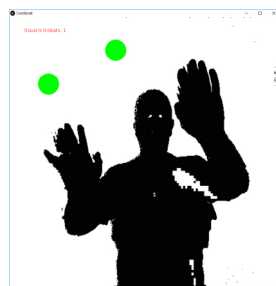


Figura 39: Detall de desplaçament en canviar la mida de pantalla

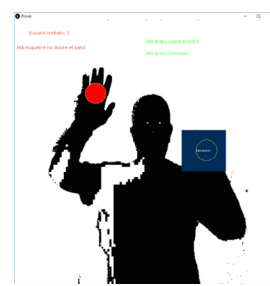


Figura 40: Detall "tocant" botó.

Per tal de solucionar-ho, observo que pot tractar-se d'un problema de proporcions,

ja que observo que com més a prop de la cantonada superior esquerra, menys és la distància entre la mà i la seva marca. Amb això, el que faig és aplicar una regla de tres, on multiplico la posició de la mà per la proporció en la qual ha crescut la pantalla. Com que l'sketch original d'exemple, tenia una mida de 512x424px i es vol col·locar en una pantalla de 900x900, calculo la proporció, que és 1.7578125 per l'amplada i 2.12264151 per l'alçada. Comprovo que en aplicar aquest nou mapatge a la part de codi que dibuixa les mans, el problema queda solucionat, i les mans segueixen la imatge de fons de manera totalment correcta i coordinada. Aquest càlcul de les proporcions s'haurà d'aplicar després també per ajustar a diferents resolucions.

El següent pas una vegada aconseguides les fites anteriors, és programar la interacció entre les marques de les mans, i els diferents elements de pantalla, com poden ser botons, tocant-los i polsant-los. Es programa comparar la posició de les mans amb la posició del botó, i si coincideixen, mentre la mà està tancada, interpreta que hi ha una pulsació, executant el codi corresponent.

- **Millores reconeixement de veu**

Partint del codi ja implementat, es fan proves, que resulten satisfactòries, de canvis en les paraules que desencadenen les diferents accions, i en la manera en què l'sketch espera les ordres i després les executa.

- **Millores de dispositius d'E/S**
Teclat numèric (keypad)

Es vol incorporar un teclat numèric a la part de la consola del reconeixement per RFID, per tal de poder introduir directament la contrasenya, afegint així un nou mitjà d'interacció que completa als ja existents anteriorment, fent el sistema més ric i complet.

El fabricant del pack on vaig adquirir aquest dispositiu (Elegoo) proporciona exemples de codi per tal de fer-lo funcionar, així que resulta relativament senzill trobar la manera d'implementar-ho, només s'ha de canviar els números de pin utilitzats, i adaptar-los a l'Arduino nano, ja que els exemples són per Arduino Mega, utilitzant pins analògics com a entrada, ja que no hi queden suficients digitals.

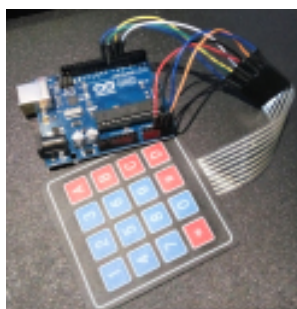


Figura 41: Detall proves keypad

```
const byte ROWS = 4; //four rows
const byte COLS = 4; //four columns
//define the cymbols on the buttons of the keypads
char hexaKeys[ROWS][COLS] = {
  {'1','2','3','A'},
  {'4','5','6','B'},
  {'7','8','9','C'},
  {'*','0','#','D'}
};
byte rowPins[ROWS] = { 8, 7, 6,5}; //connect to the row pinouts of the keypad
byte colPins[COLS] = {A2,A3,A4,A5}; //connect to the column pinouts of the keypad
```

Figura 42: Codi d'assignació i configuració dels pins amb la malla del teclat

Joystick

Per donar una nova opció de control del vehicle, es vol incorporar un joystick analògic, que permet donar ordres d'avançar, retrocedir, i els girs, a més d'actuar com a polsador. Es tornen a fer proves amb els codis proporcionats pel distribuïdor del pack d'Arduino, obtenint resultats satisfactoris.

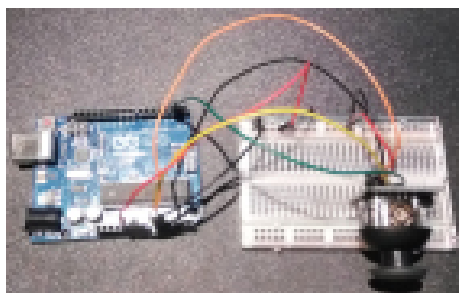


Figura 43: Detall proves joystick

```
// Arduino pin numbers
const int SW_pin = 33; // digital pin connected to switch output
const int X_pin = 12; // analog pin connected to X output
const int Y_pin = 15; // analog pin connected to Y output

void setup() {
  pinMode(SW_pin, INPUT);
  digitalWrite(SW_pin, HIGH);
  Serial.begin(9600);
}
```

Figura 44: Codi d'assignació i configuració dels pins per al joystick

Es presenta un problema en haver d'utilitzar pins analògics, tot i que en aquest cas no és necessària la funcionalitat, ja que no cal saber la quantitat de moviment (dada que proporciona el joystick, en ser analògic), sinó que amb la direcció hi ha prou. En concret, el problema és que tot i no estar sent utilitzats, la majoria dels pins analògics de l'Arduino Mega del prototip final de la consola estan tapats per la pantalla, amb el que és complicat fer-los servir. La solució implica inserir els cables, i doblegar-los, per tal que no molestin i encaixar la pantalla a sobre.

A tenir en compte abans de fer la implantació a l'sketch definitiu, és el fet que en ser analògic, el joystick, comporta el problema que envia constantment el valor de la posició en la qual es troba. El que és interessant per al projecte en qüestió és que només comuniqui els canvis, en comptes de la posició en cada moment. Això comporta programar l'sketch d'Arduino per tal que detecti quan hi ha un canvi en la posició del joystick, i sigui llavors quan ho comuniqui, disminuint significativament, d'aquesta manera, la quantitat de comunicacions pel port sèrie.

- **Millores vehicle**

Servomotor

El principal problema a l'hora d'implementar un servomotor al vehicle, és que l'Arduino Uno que el manega té tots els Pins digitals ocupats amb el motor, sensors d'ultrasons i ràdio. En principi és un problema, però se soluciona aprofitant els pins analògics, que en principi són d'entrada, com a sortida digital. ^[11]

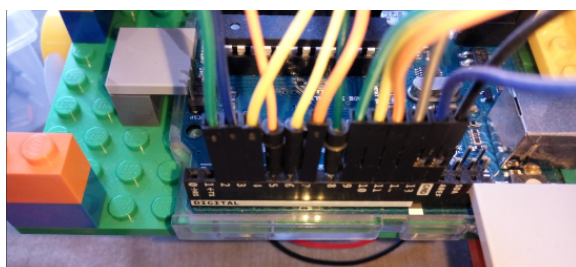


Figura 45: Detall: tots els pins digitals ocupats.

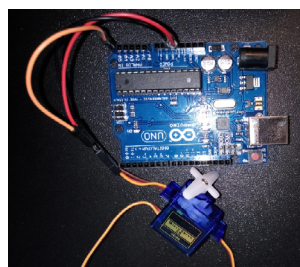


Figura 46: Detall proves amb pins analògics

```

void setup() {
  // Iniciamos el monitor serie para mostrar el resultado
  Serial.begin(9600);
  pinMode(A5, OUTPUT);
  // Iniciem el servo per a que treballi amb el pin Analògic A5
  // funcionant com a sortida
  servoMotor.attach(A5);
}

```

Figura 47: codi d'assignació de pin analògic com a sortida digital

LED

A l'hora d'implementar un LED RGB que assenyali visualment l'entrada d'ordres via ràdio, apareix el mateix inconvenient, s'ha d'implementar en els pins analògics. Finalment no suposa un problema, ja que es necessiten 3 sortides per a un LED RGB, i tan sols s'ha utilitzat una de les 6 entrades analògiques que té l'Arduino UNO.

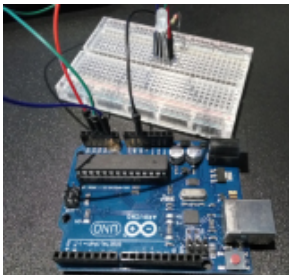


Figura 48: LED RGB en entorn de proves

```

void setup()
{
  pinMode(A1, OUTPUT);
  pinMode(A2, OUTPUT);
  pinMode(A3, OUTPUT);
}

void Color(int R, int G, int B)
{
  analogWrite(A1, R); // Red - Rojo
  analogWrite(A2, G); // Green - Verde
  analogWrite(A3, B); // Blue - Azul
}

```

Figura 49: Codi d'assignació de pins analògics per LED RGB

Estructura Lego

En aquesta fase, només es fa una petita investigació de projectes ja aplicats en els que Lego s'utilitzi com a base per a prototips Arduino, recavant informació d'exemples, que es posaran en pràctica a la part final del projecte, quan tots els prototips estiguin finalitzats, i es puguin muntar sobre l'estructura de maons de Lego.^{[12][13]}

9.2. Implementació

• Modificació càmera Kinect per fer-la compatible amb PC

A l'Annex 4 d'aquest treball s'explica el procés de modificació de la càmera per tal de poder-la utilitzar amb una font d'alimentació externa i fil USB 3.0 estàndards.

Elements afegits

Càmera Kinect modificada

• Millores de pantalla, Pantalla TFT de 3,5"

En resultar satisfactòries els tests realitzats en l'entorn de proves, es procedeix a la implementació al prototip final. Per fer-ho, en aquest cas, ha calgut la total reconstrucció del circuit de consola, ja que aquest tipus de pantalles estan dissenyats per poder encaixar directament sobre l'Arduino (en aquest cas Mega), necessitant els pins que estan sent utilitzats per altres sensors-actuadors.

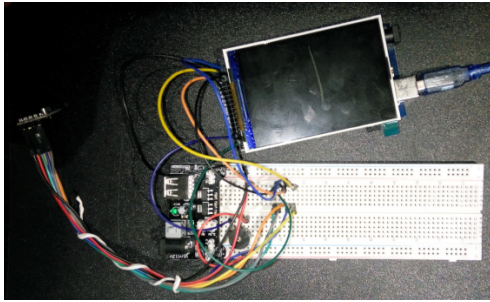


Figura 50: Detall del prototip de la pantalla TFT

És necessària la implementació d'un adaptador d'alimentació extern, que proveirà d'energia el circuit, ja que en posar la pantalla sobre l'Arduino, els pins necessaris per passar els voltatges de 5v i 3.3v queden ocupats. Per aquest motiu, també, s'han de moure els cables que utilitzen pins per sota del 22, als pins amb un codi superior, ja que aquests són els que queden lliures en col·locar la pantalla sobre l'Arduino, quedant tapats la resta.

Una vegada modificat el circuit, es recodifica el programa Arduino de la consola, per tal d'adaptar la nova pantalla, tenint en compte totes les variables, i les noves possibilitats (més espai, tipus de lletres, imatges...). Com que la pantalla dona moltes més possibilitats gràfiques, que l'anterior, s'han de crear tot de noves imatges, tant mitjançant fitxers d'imatge pròpiament dits (png, jpg), com són les imatges del control de presència, o la clau que indica si està engegat o no el sistema, com d'altres elements gràfics creats directament per programació, com la caixa de canvis.

Elements modificats:

- Sketch Processing consola.
- Sketch Arduino consola (mega).
- Prototip Arduino consola (mega).

Elements afegits:

- Pantalla TFT 3.5" al Prototip Arduino consola (mega).

• **Milliores reconeixement visual**

Després de les proves realitzades a la fase anterior, en les que es va aconseguir utilitzar la càmera Kinect per al control de presència, detectant el nombre de persones davant la càmera, així com per la detecció de mans i les accions que es fan amb elles, en aquesta fase es procedeix a implementar el codi a l'sketch principal. Per donar més claredat al codi, es crea una nova pestanya a l'sketch (i per tant un nou fitxer) anomenada Kinect, a la que es desenvolupa el codi del tractament d'imatge, evitant així, en la mesura del possible mesclar amb la resta de codi, tot i que alguna línia si s'ha de ficar en altres ubicacions, per aconseguir que les imatges de captura de pantalla quedin per sobre o sota els altres elements segons convingui.

El primer pas és anul·lar la part de codi en la que l'sketch principal es comunica mitjançant un fitxer amb l'sketch de detecció de cares, així com l'eliminació d'aquest segon sketch, ja que tot aquest procés ja no serà necessari, realitzant-se la detecció de presència directament al programa principal.

En segon terme, cal una reorganització de la mida i ubicació dels diferents botons i altres objectes en pantalla, ja que en mostrar-se la silueta de l'usuari, i fer el seguiment de les mans, és convenient fer la pantalla, i els seus elements, més grans, per tal de facilitar la interacció amb la imatge de les mans de l'usuari i els objectes de pantalla.

Per aquest motiu, i per evitar la pèrdua de sensibilitat de la càmera quan les mans estan a prop dels extrems de la pantalla, els elements d'interacció, a més de més grans, s'ha modificat la seva posició, deixant-los a més distància dels límits de pantalla, ja que als límits de la imatge capturada, la sensibilitat de la càmera és menor, i pot donar errors de detecció de les mans. A més s'ha tingut en compte d'utilitzar el menys possible la part central de la pantalla, ja que allà, la càmera pot perdre de "vista" les mans, a causa de la inclinació d'aquestes, pels extrems, la mà queda més plana envers la càmera, i no es dona aquest problema.

Una vegada amb tots els elements de pantalla ajustats, es procedeix a donar funcionalitat a la captura de vídeo, mitjançant actualitzar les variables de control de presència, que abans canviaven segons el contingut d'un fitxer extern, amb els valors que proporciona la càmera Kinect. També s'ha de programar nou codi per tal de controlar quan les mans estan sobre algun dels botons, de manera que si estant sobre algun d'ells i l'usuari tanca la mà, s'executa el codi corresponent, de la mateixa manera que ho faria si es fa clic amb el ratolí.

Elements modificats:

Sketch Processing consola.

Elements eliminats:

Sketch Processing control de presència.

Fitxer intermedi de control de presència.

• **Millores reconeixement de veu**

S'implementen les noves paraules, necessàries per a les noves funcions, com són els girs a dreta i esquerra. També es controlen noves paraules semblants que poden ser confoses pel sistema a l'hora del reconeixement (per exemple dir *Parar* i que detecti *Pera*, que funcioni indistintament en detectar *esquerre* o *esquerra*, etc.)

Elements modificats:

Sketch Processing consola.

• **Millores de dispositius d'E/S**

Teclat numèric (keypad)

S'implementa el teclat numèric en el prototip de l'Arduino nano, de manera que aquest envia pulsacions del teclat a l'sketch processing de consola, mitjançant el port serie, per tal que l'sketch processi la correcta introducció del password.

Elements modificats:

Sketch Processing consola.

Sketch Arduino control seguretat (nano).

Prototip Arduino control seguretat (nano).

Elements afegits:

Keypad al Prototip Arduino control seguretat (nano).

Joystick

S'implementa un joystick analògic al prototip de consola, amb el que es poden donar ordres, de la mateixa manera que es faria per pantalla.

En ser el joystick un actuator analògic, envia contínuament el seu estat, encara que no hagi canviat. Per aquest motiu s'ha de controlar, mitjançant codi a l'sketch Arduino, quan hi ha canvis en la posició del joystick, per tal d'enviar comandaments a l'sketch de processing només quan s'ha produït un canvi de posició. D'altra manera, en notificar en tot moment el valor de la seva posició, el joystick podria saturar el sistema. Per aconseguir-ho, s'ha programat un sistema de comparar l'estat actual amb l'anterior, per als quatre possibles estats (dalt, baix, esquerra o dreta) a part del neutre (centre) o la pulsació del botó.

Elements modificats:

Sketch Arduino consola (Mega)

Sketch Processing consola

Elements afegits

joystick al Prototip Arduino de consola (Mega).

Lector RFID

Mitjançant la programació a l'sketch processing de consola, i de l'Arduino nano, s'ha millorat el comportament de l'entorn del lector RFID, de manera que ara quan es realitza un login correcte, queda bloquejat i en espera, no fent cas a nous intents de lectura o pulsacions del teclat, restant el led de color blau. Quan a la pantalla de consola l'usuari es desconnecti, el sistema d'identificació torna a estar actiu i a l'espera de targetes RFID o ús del teclat, apagant-se, per indicar-ho, el led.

S'implementa retorn quan s'entren les contrasenyes des de la pantalla de l'ordinador, abans inexistent, il·luminant-se el led en color vermell quan hi ha un error, i en verd si el login és correcte.

En addició, quan la consola s'apaga des de la pantalla de l'ordinador, el led queda en vermell, i el sistema d'identificació bloquejat, fins que es torna a engegar l'sketch, apagant-se el led, i desbloquejant-se el sistema d'identificació.

Elements modificats:

Sketch Processing consola.
Sketch Arduino control seguretat (nano).
Prototip Arduino control seguretat (nano).
Sketch Arduino consola (Mega).

• Millores vehicle**Servomotor**

Per dotar al vehicle de la possibilitat d'efectuar girs, s'afegeix un servomotor, que pot girar a dreta o a esquerra.

Es programen les comunicacions entre la consola i el seu prototip, i via ràdio cap al vehicle. Quan el vehicle rep una comanda, via ràdio, el servo respon en conseqüència, girant a la dreta, a l'esquerra o bé centrant-se.

A causa de diversos problemes amb els girs, com són que deixant el servomotor a 0° pateix vibracions, així com dificultats a l'hora de fer girs en direcció contrària al rellotge, s'ha definit la posició neutra (sense gir) als 90°, sent gir a l'esquerra els 0° i a la dreta els 180°. D'aquesta manera se solucionen els dos problemes esmentats.

Elements modificats:

Prototip Arduino vehicle (UNO)
Sketch Arduino vehicle (UNO)
Sketch Arduino consola (Mega)
Sketch Processing consola
Elements afegits
Servomotor al Prototip Arduino del vehicle (UNO).

LED

S'implementa un nou LED RGB al prototip del vehicle, que es mostra de color vermell quan no s'ha engegat, bé sigui que la consola no està activa, o bé perquè estant activa, no s'ha polsat el botó engegar, Quan aquest botó és activat, el led es mostra en color blau, indicant que el vehicle està operatiu.

Es programen les comunicacions entre la consola i el seu prototip, i via ràdio cap al vehicle. Quan el vehicle rep una ordre via ràdio d'anar endavant o endarrere, s'encén breument en verd, per tornar al color blau, quan l'ordre és parar, s'encén en vermell, tornant igualment a blau.

Elements modificats:

Prototip Arduino vehicle (UNO)

Sketch Arduino vehicle (UNO)
Sketch Arduino consola (Mega)
Sketch Processing consola

Elements afegits

LED RGB al prototip Arduino del vehicle.

Estructura Lego

Es crea una nova estructura per al vehicle, fent-la més compacta i petita, i adaptada als nous elements, principalment al servomotor de la direcció. Es reposicionen el breadboard i l'Arduino nano, i es modifica l'estructura per tal d'encabir-los millor, es recol·loquen els sensors d'ultrasons, de manera més simple, així com l'antena. Es crea un suport mòbil per posar el motor i possibilitar els girs amb el servomotor.

Es fan necessaris petits ajustos a l'sketch del vehicle per tal d'ajustar els girs, inicialment eren de 90° per costat, passant a només 45 per tal d'evitar que l'estructura es toqui amb el motor en moviment.

Elements modificats:

Prototip Arduino vehicle (UNO)
Estructura Lego del vehicle

9.3. Proves

Per cada una de les noves millores implementades es fan diferents jocs de proves per comprovar el funcionament i eliminació de bugs i possibles mals comportaments del codi i/o hardware. En aquesta fase s'evoluciona tot el projecte tant pel que fa a programació com, en menor mesura, en l'àmbit de hardware, principalment la reubicació d'elements per millorar diferents aspectes.

A l'hora de fer les proves són bastants els canvis, normalment petits, que s'han implementat, des de reposicionament d'objectes en pantalla per millorar la sensibilitat de la càmera en polsar-los, fins a d'altres més grans, com pot ser el canvi de com es gestionen els girs, ja que en un principi, en rebre l'ordre, el prototip girava el servo, que immediatament tornava al centre. Això s'ha canviat, per millorar la funcionalitat, però també per millorar a l'hora de mostrar-ho en pantalla, ja que pràcticament no s'apreciava.

Un problema detectat i que s'ha hagut d'implementar després de les proves, és que instal·lant el sistema en un ordinador portàtil, per tal d'efectuar els test d'usabilitat, en tenir aquest menys resolució de pantalla, hi havia objectes que sortien descol·locats, fora de pantalla. El resultat ha sigut la reprogramació de l'sketch per tal d'adaptar-lo a

la nova resolució. Com ha sigut un arreglo final d'emergència, el procediment ha sigut modificant una còpia de l'sketch, però per a futures actualitzacions és convenient controlar la resolució de pantalla en un mateix sketch i que els objectes es reposicionin/dimensionin en conseqüència.

Aquests jocs de proves, com s'ha dit, així com les indicacions de la consultora, han permès polir el projecte, millorant-lo en molts petits detalls que fan que resulti un millor projecte final.

Els tests d'usuari van sofrir un endarreriment quant a la planificació del temps, estant programats inicialment per al dia 12 de desembre de 2018, però per problemes d'agenda amb els voluntaris, es va haver de posposar fins al dia 29 del mateix més, endarrerint-se, en conseqüència, la resta de planificació posterior.

Arran del test amb usuaris, es van descobrir certs aspectes, tant visuals com de procés, que podien ser millorats per tal de perfeccionar el resultat i fer-lo el més usable possible. Amb les conclusions tretes dels tests, es va procedir a canviar un parell de detalls visuals, com són les icones utilitzades per als botons de les direccions, i al botó d'engegada, que portaven a confusió, i amb el nou disseny s'espera això no passi. Els problemes detectats quant a procés intern, a causa de la falta de temps s'han traslladat a l'apartat de futurs, per a implementar en possibles noves versions.

Els canvis produïts arran del test amb usuaris van provocar que s'hagués de modificar part de la documentació, com aquesta memòria, i també el vídeo que documenta el treball. En canviar la visual de la interfície, es va fer necessari canviar els materials on apareixia la interfície prèvia, per tal de mostrar el resultat final.

Una vegada finalitzades totes les fases, i acabada la programació dels canvis i posteriors proves, l'últim pas ha sigut el de documentar el codi, posant-hi comentaris, millorant les tabulacions, en definitiva, fent el codi més comprensible, facilitant així futures modificacions..

10. Tecnologies

Breu introducció de les diferents tecnologies utilitzades i implementades en la construcció i programació del sistema objecte d'aquest treball.

10.1. Arduino ^{[14][15]}

Per a la part del hardware del sistema s'han utilitzat diferents plaques Arduino. Es tracta d'una plataforma de plaques electròniques open-source que es basen en un hardware i software que intenten ser fàcils d'utilitzar. Està molt estès en el món Maker i DIY, comptant amb diferents models amb diferents característiques.

Es tracta d'una plataforma de creació electrònica de codi obert. Es basa en hardware i software lliure. Permet crear diferents tipus de microordinadors d'una sola placa als que la comunitat pot donar diferents usos. Arduino ofereix les bases, especificacions i diagrames d'accés públic, perquè qualsevol persona o empresa pugui crear les seves plaques, a partir de la mateixa base..

Quant al software, el codi és accessible per qualsevol, perquè pugui reutilitzar-lo i crear aplicacions per a les plaques Arduino. Per fer-ho ofereix l'entorn de desenvolupament integrat "Arduino IDE".

Les plaques Arduino tenen tots els elements necessaris per connectar perifèrics (senyors i actuadors) a les seves entrades i sortides, podent ser programades en diversos sistemes operatius (windows, mac, linux) amb la filosofia 'learning by doing'.

Les plaques Arduino es basen en el microcontrolador AMTEL (circuit integrats als quals es poden gravar instruccions). Es poden programar mitjançant la interfase pròpia d'Arduino, amb el seu IDE, amb instruccions que permeten interactuar amb la placa.

Compten amb una interfase d'entrada (pins) a les quals es poden connectar diferents perifèrics o sensors. També disposa d'interfase de sortida (pins) mitjançant els quals es connecten diferents perifèrics, anomenats actuadors.

Existeix gran varietat de plaques Arduino, que es diferencien en mida, nombre de pins, a què estan orientats... També existeixen els escuts o shields, que són plaques que es connecten a la principal, afegint així infinitat de funcions.

La plataforma Arduino ofereix tot una sèrie d'avantatges:

- **Econòmic:** molt més barato que altres plataformes de microcontroladors, podent comprar plaques per menys de 45€.
- **Multiplataforma:** L'IDE d'Arduino funciona en diferents sistemes operatius, com

Windows, Macintosh OS i linux, mentre altres microcontroladors només funcionen amb Windows.

- **Entorn de desenvolupament senzill:** l'entorn de desenvolupament resulta molt clar per a principiants i suficientment flexible per a usuaris avançats. Es basa en l'entorn de programació Processing, pel que és ideal per a entorns d'ensenyament.

-**Software Open Source i extensible:** El software Arduino es publica com a open source, amb el que pot ser millorat per programadors experts. El llenguatge es pot estendre amb llibreries C++.

-**Hardware Open Source i extensible:** Els plànols de les plaques es publiquen sota Creative Commons, de manera que dissenyadors experts poden fer les seves versions, estenent i millorant el sistema.

10.2. Visió artificial ^{[16][17]}

La visió artificial o visió per computadora és una disciplina científica que compon un conjunt d'eines i mètodes per obtenir, processar i analitzar imatges del món real per a ser tractades mitjançant ordinadors per tal de produir informació numèrica que pugui ser analitzada per aquests, arribant a comprendre imatges o seqüències podent així prendre decisions a les feines que se'ls assignen.

Mitjançant patrons, i aprenentatge automàtic, un sistema amb visió artificial aconseguix distingir aquests patrons fent ús d'algorismes matemàtics. Aquest aprenentatge pot ser supervisat, o no supervisat, sent aquest últim requeridor d'un major esforç, però permet identificar patrons de manera autònoma, sense ajudes externes.

Les seves principals funcions són:

-**Detecció d'objectes:** Quan l'ordinador rep informació visual, la pot relacionar amb els patrons apresos anteriorment, identificant així els objectes i diferenciant-los.

-**Anàlisi de vídeo:** En poder identificar objectes, es pot transportar aquesta capacitat a aplicar-la a imatges en moviment. Molt útil per a controls de seguretat.

-**Visió 3D:** permet emular la visió humana en ordinadors. Pot generar models tridimensionals d'una escena o objecte. Per fer-ho és necessari captar la profunditat, fent-ho mitjançant sistemes estereoscòpics, múltiples càmeres o amb sistemes d'escàner de llum estructurada, també es pot arribar a reconstruir una imatge 3D a partir d'una 2D.

La visió artificial té diverses utilitats, en diferents àmbits com són l'automoció, alimentació, electrònica i logística, entre d'altres.

10.3. Càmera Microsoft Kinect ^{[18][19]}

Per tal de posar en funcionament la visió artificial, en aquest projecte s'ha implementat l'ús de la càmera Microsoft Kinect, en concret en la seva segona versió (Kinect V2).

La càmera Microsoft Kinect és un perifèric de la consola Xbox, que va aparèixer per

primera vegada el 2010, fent-ho la seva segona versió el 2013. Aquesta càmera permet als usuaris controlar i interaccionar amb la consola (o el PC i les aplicacions creades a tal efecte) sense necessitat de contacte físic amb cap perifèric. Permet el reconeixement de gestos, i també comandes de veu.

Compta amb una càmera RGB, d'infrarojos, sensor de profunditat i micròfon, tot manegat pel seu propi processador, proporcionant una captura del moviment de cos sencer en tres dimensions, així com reconeixement facial i de la parla.

Realitza detecció de profunditat mitjançant un projector d'infrarojos que es combina amb un sensor CMOS monocrom, captant així l'espai en 3D, inclús en condicions de poca llum ambiental.

Com que la càmera va ser dissenyada per a ser utilitzada amb consoles Microsoft Xbox, cal adaptar-la per tal de poder utilitzar-la amb un ordinador personal. Aquesta adaptació és relativament senzilla, només s'ha de desmuntar la carcassa, i connectar un adaptador de corrent, fent el soldatge dels seus dos cables als punts 13 i massa, a més de la substitució del cable de connexió per un d'estàndard USB 3.0.

10.4. Reconeixement de veu ^{[20][21][22][23]}

Formant part de la intel·ligència artificial, té com a objectiu la comunicació parlada entre persones i ordinadors. És capaç de processar un senyal sonor, de veu, i reconèixer la informació. Mitjançant processos de quantificació, fa comparacions de dades que porten al reconeixement de les paraules pronunciades i captades per la computadora, normalment a través d'un micròfon.

Es tracta d'una tecnologia amb un gran creixement en els últims temps, passant de només poder reconèixer unes quantes paraules d'un sol individu, fins a poder fer-ho amb qualsevol persona que parli, i d'acord amb milers de paraules. Tot i el creixement que ha sofert últimament, no és una tecnologia nova, porta existint prop 50 anys, i encara falta bastant per arribar a la perfecció.

Aquesta tecnologia es pot ajustar a diferents necessitats, com són per executar comandaments i control, per a la realització de dictats o per usos de text a veu (o veu a text).

Els sistemes de reconeixement de veu estan definits per tres paràmetres bàsics:

- Tipus d'enunciat: reconeixement de paraules aïllades, paraules connectades, paraules clau o parla contínua o espontània.
- Nombre de locutors: Depenen del nombre de locutors, cada persona que vulgui fer servir el sistema l'ha d'entrenar prèviament.
- Vocabulari: segons la dimensió del vocabulari emprat, hi ha tres tipus: vocabulari

restringit, en el que només es pot utilitzar un lèxic prèviament definit. Vocabulari sense restriccions o vocabulari especialitzat.

Existeixen diferents tècniques pel reconeixement de veu:

- de programació dinàmica (DTW) fa comparació entre patrons prèviament gravats i el senyal acústic d'entrada.

- De reconeixement de patrons. Comparació directa de l'entrada amb unes plantilles sonores prèviament enregistrades, sense cap anàlisi acústic del senyal. Decideix la semblança del senyal d'entrada i la plantilla.
- D'intel·ligència artificial: híbrid dels sistemes anteriors, busca la mecanització del procés d'integració i comprensió del so rebut. Es basa en l'anàlisi acústic del senyal. Cal d'un entrenament perquè el sistema pugui aprendre a relacionar el so amb les unitats fonètiques, lèxiques, etc.

- Model ocult de Markov (HMM): Es pot considerar com un tipus d'autòmats finit, està format per una sèrie d'estats amb connexió directa amb transicions, cada estat indica els sons amb més probabilitats de correspondre amb el so captat.

Aplicacions del reconeixement de veu:

S'utilitza en casos en què la introducció d'informació a les computadores es realitza a través de la veu, necessitant només paraules aïllades o parla contínua.

De reconeixement de paraules aïllades trobem, Aplicació en entorns industrials, amb diferents usos. Aplicació en l'entorn domèstic, per control d'electrodomèstics, marcatge de telèfon per veu... o navegació aèria, per realitzar certes operacions en què es manipulen diversos controls i cal tenir les mans lliures.

De reconeixement de parla contínua, tenim l'exemple de tasques de dictat, com la redacció d'informes mèdics, documents jurídics, etc. També en entorn domèstic podem considerar la funció dels teclats de mòbil, que escriuen mitjançant la parla de l'usuari.

10.5. Servidor Web Xampp (HTTP Apache) ^{[24][25]}

Es tracta d'una distribució gratuïta i fàcil d'instal·lar d'Apache que a més inclou MariaDB, PHP i Perl. Constitueix un paquet de software lliure, distribuït sota llicència GNU.

La part d'aquest paquet que ens és interessant per aquest projecte és el servidor web, en aquest cas Apache, un servidor web HTTP de codi obert per a diferents plataformes que implementa el protocol HTTP/1.1.

Suporta moltes funcionalitats, moltes implementades com a mòduls compilats que estenen les funcionalitats del nucli. Ofereix, entre altres interfícies de llenguatge, mòduls d'autenticació, suport de SSL i TLS, proxy, reescriptor d'URL (rewrite engine), fitxers log personalitzats i suport al filtratge. També pot incorporar mètodes de compressió, com Gzip, per agilitzar el transit de dades de les pàgines carregades.

És utilitzat per servir continguts estàtics i dinàmics al WWW, i també en local, utilitzat per a proves així com intranets.

10.6. RFID

[26][27][28][29][30]

Per oferir una capa de seguretat, quant a l'accés a la consola, s'ha implementat l'ús de targetes RFID per tal que els usuaris s'identifiquin de manera única.

Es tracta d'un sistema per a comunicació sense fils entre dos o més objectes, un emissor i la resta responen al senyal. També se l'anomena Radiofreqüència. Aquesta tecnologia, permet mitjançant xips, identificar remotament els objectes mitjançant senyals de ràdio.

No es tracta d'una tecnologia nova, ja que allà els anys 20 del segle passat ja va ser desenvolupada al MIT, tenint diferents aplicacions des de llavors. Tot i això, és bastant recent que es comenci a aplicar a tota classe d'objectes.

De les sigles en anglès Radio Frequency IDentification (identificació per ràdio freqüència) aquesta tecnologia permet la comunicació a distància entre un terminal lector RFID i petits xips amb antena (etiquetes, targetes, tags...) Aquests xips proporcionen un identificador únic, de la mateixa manera que ho faria un codi de barres o un de QR.

Els dispositius RFID estan formats per un petit xip i una antena que contenen una informació determinada en forma d'energia electromagnètica. L'emissor emet unes ones de radiofreqüència al xip, que les capta mitjançant l'antena, transmetent la informació. L'emissor demana la informació d'identificació, i el receptor respon amb l'ID.

Existeixen tres tipus de targetes RFID

-Passives: depenen d'una font d'energia externa. Són més petites i barates, però tenen menys distància de lectura.

-Actives: Estan alimentades per una font d'energia pròpia, més cares però amb més distància de lectura i més capacitat d'emmagatzemament.

-Semipassives: també tenen bateria interna, però només alimenta el microxip. Permet la mateixa comunicació que les passives, però a més velocitat.

Les targetes passives tenen un abast limitat, d'uns 5 m, pujant a 500 m en cas de les actives. La mida també influeix en el rang de la comunicació..

El propòsit fonamental de l'RFID és transmetre la identitat d'un objecte o producte quan aquest és activat per una antena d'aquesta tecnologia. Hi ha diferents freqüències, per a diferents utilitats: UHF Passiu (860-960 Mhz), NFC i HF Passiu [13,56 Mhz). És una tecnologia amb moltes utilitats, ja que permet emmagatzemar i transmetre molts detalls del producte a la que estan associades les etiquetes amb el xip. És molt

utilitzada per a dispositius contra el robament, per exemple a peces de roba o altres articles, es troba a supermercats, biblioteques, etc. i també com a sistema de desbloqueig d'antirobatoris a panys. També els xips de les mascotes són d'aquesta tecnologia, existint ja xips també implantables en humans, tot i que encara sense massa repercussió..

A part de les utilitats actuals, té molt de potencial quant a possibles usos futurs, substituint codis de barres impresos, utilitzats per la senyalització intel·ligent de carreteres mitjançant balises que indiquessin els límits de velocitat, entre altres molts exemples.

10.7. Comunicació per Ràdio Freqüència ^{[31][32][33]}

Radiofreqüència (RF) és la part de l'espectre electromagnètic en què les seves ones es poden generar mitjançant corrent altern aplicat a una antena. És la porció menys energètica de l'espectre, entre els 3 Hz i els 300 GHz.

Les transmissions de televisió, ràdio, radar i telefonia mòbil entren dintre la classe d'emissions de RF, així com la transmissió de dades, que és la que ens ocupa.

Per tal de permetre la comunicació, cal un emissor i un receptor, que mitjançant la modulació de les ones electromagnètiques amb freqüències per sota la llum visible, permeten l'enviament de dades. La informació és transportada modulant alguna de les propietats de les ones, sigui amplitud, freqüència, fase o amplada del pols.

Quan les ones de ràdio que envia un emissor, arriben fins a un conductor elèctric al receptor, els camps electromagnètics oscil·lants indueixen un corrent altern en aquest conductor. Això pot ser detectat i transformat en senyals de so o en altres senyals que portin informació.

En aquest projecte s'utilitzen dos mòduls NRF24L01+ per fer la comunicació sense fils entre la consola i el vehicle. Aquests mòduls són de codi lliure Arduino. Es tracta d'un transceptor altament integrat, que ofereix un molt baix consum, treballant a 2 Mbps amb freqüències de 2.4 GHz

10.8. Lego ^{[34][35]}

Tot i no ser una tecnologia en la més estricta de les seves definicions, i ser considerat més una joguina que un producte tecnològic crec que mereix un lloc en aquest apartat, ja que amb els seus maons de colors és com es connecta i manté junt tot el hardware del sistema, fent les funcions d'estructura de tot plegat.

La paraula Lego prové de les paraules daneses abreviades "leg godt" que signifiquen "jugar bé", una declaració d'intencions convertida en ideal de l'empresa. L'empresa va ser fundada el 1932, passant de pares a fills, sent ara propietat del nét del fundador.

El format de l'actual "brick" de Lego va néixer el 1958. El principi d'unió per mitjà de tubs el fa un element únic amb il·limitades possibilitats.

A causa de la seva versatilitat, i les grans opcions de construcció, els maons de Lego són utilitzats sovint per construir estructures que serveixen de base per a diferents experiments i tecnologies, estant el seu ús està molt estès en la robòtica educativa.

En l'actualitat existeixen moltes col·leccions de Lego, per fer construccions de mons de superherois, star wars, harry potter, jurassic parc, entre molts altres. Existeix un tema Lego per gairebé tots els gustos, com es pot veure a <https://www.lego.com/es-es/products/themes>. Existint des de pensats pels nens més petits, com el LEGO DUPLO, fins a nivells més elevats com LEGO Creator i LEGO Technic, passant com no, pel de tota la vida (tot que evolucionat des dels seus inicis) Lego Classic.

11. APIs i llibreries utilitzades

Relació i breu explicació de les llibreries, APIs i complements necessaris pel funcionament dels diferents elements del sistema.

11.1. Reconeixement de veu

Speech to Text Library for Processing (STT) de Florian Schulz

Aquesta biblioteca proporciona reconeixement de veu als sketches programades amb Processing. Degut a les limitacions de l'API de pala-a-text, en comptes d'una biblioteca a l'ús, utilitza una solució alternativa (Websocket) que implica Google Chrome, fent aquest d'intermediari entre el micròfon i l'sketch de Processing.

Permet reconeixement de veu il·limitat als procediments de Processing. Només cal córrer una instància de Google Chrome amb JavaScript que manegarà el reconeixement de veu, enviant cada transcripció a l'sketch mitjançant un websocket.

Per al seu funcionament s'ha d'instal·lar el websocket, en un servidor web, bé en local be en línia, i executar aquesta pàgina o websocket. En aquest cas concret es va instal·lar un servidor web en local mitjançant Xampp ^[36] que proporciona les eines necessàries, amb suport per a HTML i JavaScript.

https://github.com/alexandrinst/processing_websockets

11.2. Càmera Kinect

SDK Microsoft

Per al seu correcte funcionament cal la instal·lació dels divers, i per a poder programar-la cal la instal·lació del SDK ^[37], en cas de la instal·lació en un entorn definitiu, no de desenvolupament, només caldrà instal·lar els binaris del runtime ^[38], tots ells programes publicats a la pàgina web de Microsoft.

<https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=44561>

<https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=44559>

11.3. Llibreries Processing

Llibreries per a Kinect (KinectPV2] de Thomas Sanchez Lengeling

Aquesta Llibreria proporciona els procediments i les funcions necessàries per a la implementació de la càmera Kinect, proporcionant diferents funcionalitats, com detecció de profunditat, infrarojos, detecció de cares, d'esquelets, etc. podent així controlar quan una persona està davant la consola, els moviments que fa i si "toca" els botons.

<https://github.com/ThomasLengeling/KinectPV2>

Llibreries Processing.Serial

Proporcionen els procediments i les funcions necessàries per a la comunicació mitjançant el port sèrie (USB) entre els sketches Processing i els prototips Arduino.

<https://processing.org/reference/libraries/serial/index.html>

Llibreria controlP5

Llibreria amb controladors per la construcció de la interfase gràfica d'usuari, incloent-hi diferents objectes, com botons, desplaçadors, radibuttons, etc.

<http://www.sojamo.de/libraries/controlP5/>

Llibreria Processing Websockets

Proporciona la connexió amb Chrome pel procés del reconeixement de veu.

https://github.com/alexandrinst/processing_websockets

11.4. Llibreries Arduino

Llibreries Arduino nRF24

Proporcionen funcionalitat per als mòduls de comunicació sense fils per ràdio.

<https://github.com/maniacbug/RF24>

Llibreria SPI

Proporciona funcionalitat per poder connectar sensors a Arduino mitjançant SPI (Serial Peripheral Interface), com poden ser el lector RFID i els mòduls de ràdio.

<https://www.arduino.cc/en/Reference/SPI>

Llibreria MCUFRIEND, TFTLCD, ADAFRUIT GFX

Controlen les funcions gràfiques de la pantalla TFT.

https://github.com/prenticedavid/MCUFRIEND_kbv

<https://www.arduino.cc/en/Reference/TFTLibrary>

<https://github.com/adafruit/Adafruit-GFX-Library>

Llibreria KEYPAD

Ofereix funcionalitat per al teclat numèric.

<http://playground.arduino.cc/Code/Keypad>

Llibreria MFRC522

Per la utilització de la tarjeta RFID

<https://www.arduinolibraries.info/libraries/mfrc522>

Llibreria SR05

Proporciona funcionalitat per als sensors ultrasònics de proximitat.

<https://www.arduinolibraries.info/libraries/mfrc522>

Llibreria Servo

Proporciona funcionalitat per a la utilització de servomotors

<https://www.arduino.cc/en/Reference/Servo>

12. Plataformes de desenvolupament

12.1. Processing 3

El gruix de l'aplicació està programat en Processing, un llenguatge de programació d'esbossos flexible i fàcil d'aprendre per a la codificació en el context d'arts visuals. Per la seva senzillesa és molt utilitzat en l'ensenyament, i en projectes multimèdia i interactius de disseny digital.

Es tracta d'un entorn de desenvolupament integrat de codi obert, basat en Java, però amb una sintaxi simplificada i fent ús d'un model de programació de gràfics, buscant ser fàcil d'utilitzar per programadors poc experimentats. [1]

La versió utilitzada per a la realització aquest projecte ha estat la 3.3.7

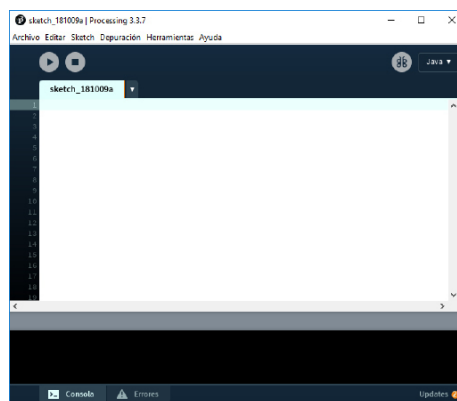


Figura 51: IDE de Processing

12.2. Arduino

Per la programació de les plaques Arduino s'utilitza el seu propi IDE i llenguatge de programació, molt semblant al Processing, també basat en Java. La versió utilitzada per la programació en aquest projecte ha estat la 1.8.7

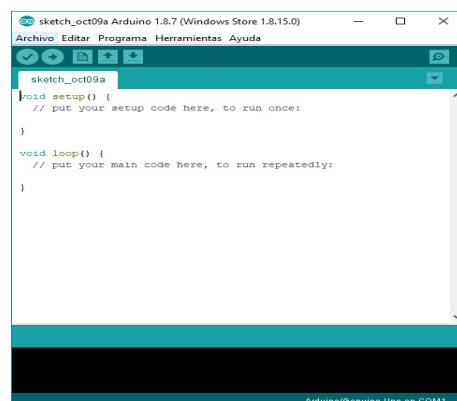


Figura 52: IDE d'Arduino

La part de hardware també ha estat desenvolupada amb aquesta plataforma, amb la utilització de diferents plaques controladores (Uno, Mega, Nano) així com actuadors i sensors compatibles.

12.3. Altres entorns de treball secundaris

Fritzing BETA

Utilitzat com a suport del disseny dels prototips, molt útil també per la documentació gràfica d'aquests.

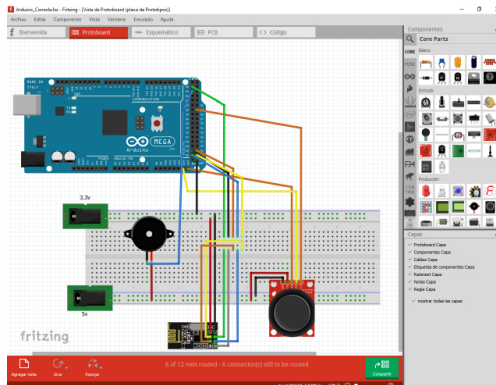


Figura 53: Espai de treball Fritzing

12.3.2. Photoshop

Programa utilitzat per al disseny i modificacions dels elements gràfics utilitzats, tant per als programes, com als sketches i la documentació.

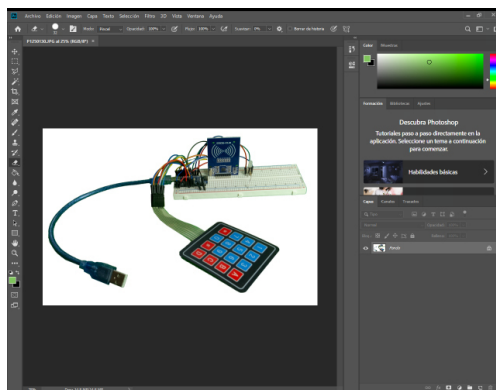


Figura 54: Espai de treball Photoshop

12.3.3. Indesign

Programa de maquetació utilitzat per la confecció de tota la documentació d'aquest projecte.

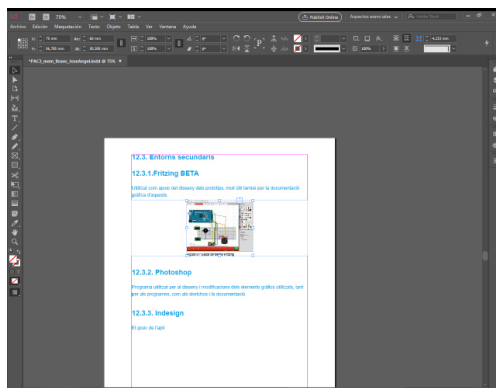


Figura 55: Espai de treball Indesign

13. Requisits d'implantació

Per tal que el sistema funcioni, i apart dels prototips realitzats amb arduino, existeixen una sèrie de requisits per tal que el sistema funcioni correctament, que són els següents:

- **Software**
 - Sketches compilats en processing
 - Drivers-SDK o runtime de la càmera Kinect
 - Direct X 11
 - Drivers plaques Arduino
 - Servidor web (Xampp) en local, o implantació de la pàgina de reconeixement de veu en un servidor web remot.
 - Navegador Google Chrome
- **Hardware**
 - Pc amb un mínim de tres ports USB (un tipus USB 3.0)
 - Micròfon
 - Càmera Kinect (adaptada per a PC)
 - Cable usb A/B
 - Cable Mini USB 5pin
 - Cables USB extensió mascle-femella
 - Arduinos amb sketches carregats
- **Formació/Coneixements**

Gràcies a l'intuïtiu i senzill que resulta l'ús del sistema, no cal formació específica ni cap mena de coneixements previs per tal de poder utilitzar el sistema.

14. Instruccions d'ús

Guia d'ús, explicatiu del funcionament del sistema, d'utilitat per l'usuari envers la utilització correcta i eficient del sistema.

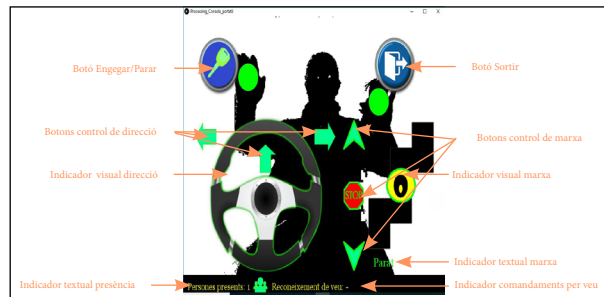


Figura 56: Esquema de la funcionalitat per pantalla

14.1. Instruccions de l'ús del sistema

Abans d'obrir la consola a l'ordinador, els prototips Arduino resten a l'espera, en mode stand by, mostrant els prototips de vehicle i de control d'accés el LED en vermell, mentre que a la pantalla del prototip de consola es mostra igual que a la imatge:

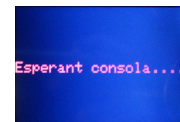


Figura 57: Pantalla prototip de consola en espera

- **Login**

Per accedir a la consola cal logar-se en el sistema. Aquest login es fa mitjançant **dobles factor de seguretat**: Tarjeta RFID+clau de pas.

Una vegada s'ha arrencat la consola a l'ordinador, primer és necessari utilitzar la targeta RFID per identificar-se, mentre el sistema espera mostra les pantalles (Pc i prototip):

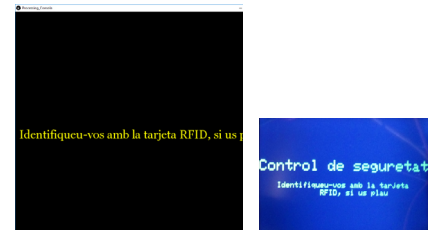


Figura 58: Pantalles de consola, identificació RFID

Quan l'usuari s'ha identificat correctament amb la seva targeta, el prototip de control d'accés ho fa saber mitjançant el LED, que resta fent pampallugues, alhora que el brunzidor fa un so de confirmació. El sistema resta a l'espera que s'introdueixi la clau de pas o contrasenya. Per fer-ho, es poden utilitzar tant el teclat de l'ordinador com el keypad del prototip de control d'accés.

A la pantalla de la consola a l'ordinador es troba el camp on s'ha d'introduir la clau de pas, a la del prototip mostra un missatge, com es veu a la imatge. Quan la clau s'introdueix correctament, i es confirma bé amb el botó de pantalla fent-hi clic, o bé amb l'asterisc al keypad, el prototip de consola ho confirma mitjançant el brunzidor.

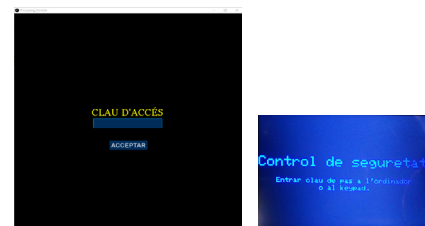


Figura 59: Pantalles de consola, identificació per clau d'accés

Una vegada superat el doble factor de seguretat, s'accedeix a la consola, amb els seus controls i informacions visibles, però deshabilitats. La consola pot trigar uns segons fins que detecta la presència mitjançant vídeo, mentrestant, els comandaments restaran inactius i no es podran utilitzar.

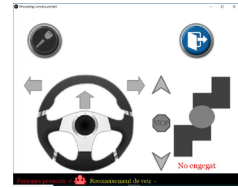


Figura 60: Pantalla de consola, esperant detectar presència.

En aquest estat, només és possible utilitzar el botó "Sortir" per qualsevol de les alternatives, excepte per la visual, encara no activa.

• Controls

Quan la presència humana és detectada, els controls s'habiliten, estant disponibles per la seva execució, tot i que desactivats, ja que el vehicle encara no s'ha engegat mitjançant el botó corresponent.

En aquest estat, ja és possible utilitzar el botó "Engegar" a més de "Sortir" i ja estan actives totes les alternatives: veu, teclat, joystick, visual i ratolí. La resta de botons queden desactivats, en vermell, fins que s'arrenqui el vehicle.

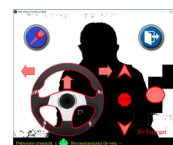


Figura 61: Pantalla de consola, esperant engegar.



Figura 62: Pantalla de consola engegada

Per poder operar, és necessari engegar el vehicle (i els controls), per fer-ho, s'ha d'activar (per qualsevol de les alternatives) el botó "Engegar", amb el que la resta de botons s'activaran, quedant preparats per al seu ús, diferenciant-se perquè ara són de color verd, i en passar el ratolí per sobre, s'il·luminen lleument.

En aquest estat, s'activen les diferents alternatives per fer anar els comandaments. Menció especial té el control visual, en ser el menys habitual, tot i que no per això complicat. Per fer-lo anar, la càmera reflecteix la nostra imatge mitjançant una ombra dintre la interfície, només cal moure les mans d'aquest reflex per la pantalla. Per fer-les més evidents, les mans seran assenyalades mitjançant cercles verds, fent patent la ubicació. Per activar els botons, només cal tancar la mà sobre ells, com si es fes clic amb el ratolí. L'acció quedarà palesa perquè els cercles verds es tornen vermells en tancar les mans, i en fer-ho sobre un botó, aquest s'activa.



Figura 63: ombra i mans de control visual

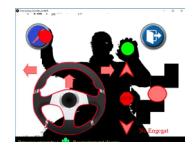


Figura 64: Acció de pitjar botó amb control visual

Existeixen dos tipus d'acció que pot efectuar el prototip del vehicle, desplaçaments i gir. Les accions de desplaçament es poden fer servir mitjançant els botons en forma de fletxa, juntament amb l'stop que hi ha al costat de l'indicador de marxa. Per als gir es fan servir els botons amb forma de fletxa del costat del volant indicador de direcció. Aquestes

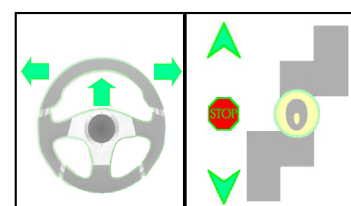


Figura 65: Botons de direcció i marxa

accions poden ser activades per tots els sistemes d'interacció ja descrits (teclat, ratolí, veu, joystick i visual).

Els altres botons disponibles, i utilitzables de la mateixa manera són el d'engegar i el de sortir. Utilitzats per engegar/parar el vehicle i sistema, i per sortir a la pantalla de sortir, respectivament.



Figura 66: Botons sortir i engegar

Com s'ha comentat amb anterioritat, existeixen diferents maneres d'activar els comandaments: ratolí, teclat, veu i visual al PC, i joystick al prototip.



Figura 67: Disparadors d'accions

• Informacions

Accions

La informació de l'estat, tant de les marxes, com de la direcció es mostren per les dues pantalles, la de consola al PC i la del prototip, com es pot veure en les imatges:

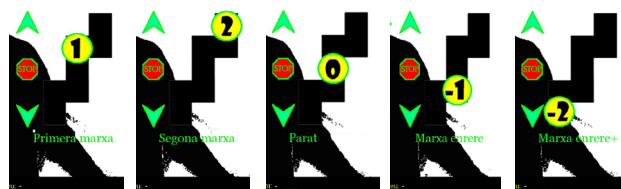


Figura 68: Detalls d'informació de marxa per pantalla de consola



Figura 69: Detalls d'informació de direcció per pantalla de consola

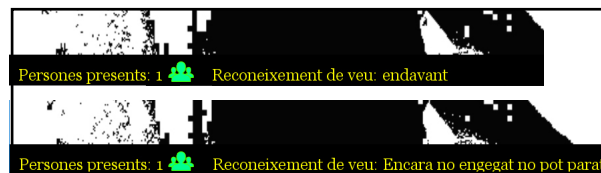


Figura 70: Detall d'informacions de reconeixement de veu

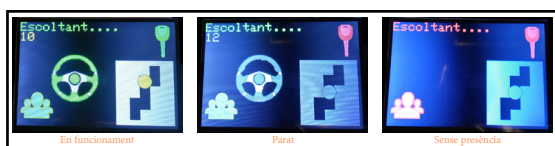


Figura 71: Detall d'informacions per pantalla del prototip

Presència

A la pantalla del PC quan es troba identificat un usuari mitjançant la càmera, es pot veure l'ombra d'aquest, que juntament amb informació textual a la part baixa és la indicació del control de presència. A la pantalla del prototip, l'indicador de presència es fa mitjançant una icona, que serà vermella o verda segons hi hagi o no presència detectada per la càmera.



Figura 72: Detall de control de presència

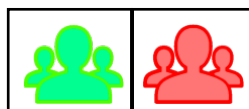


Figura 73: Control de presència a la pantalla del prototip

Vehicle engegat

En activar el botó d'engegada del vehicle dintre els controls de la consola, aquest indicarà l'estat mitjançant colors, sent vermell quan està parat, i verd en engegar-se. A la pantalla del prototip l'estat d'engegat o no s'indica amb la icona d'una clau de color verd o vermella.



Figura 74: Control si engegat a la pantalla de consola

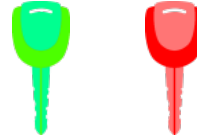













Figura 75: Control si engegat a la pantalla del prototip

Informacions lluminoses/acústiques

Quan s'activa algun dels botons, o es realitza alguna acció, un beep es fa sonar al bronzidor del prototip de consola, confirmant acústicament que el comandament s'ha enviat sense fils al vehicle. En addició, existeixen leds als tres prototips, que s'encenen indicant diferents accions, com rebuda de dades, acció correcta, incorrecte, etc.

14.2. Breu explicació dels elements d'interacció disponibles

Per l'execució dels diferents comandaments existents de cara al control del vehicle, la consola suporta **CINC** vies diferents. Aquestes són mitjançant **comandaments de veu**, amb **reconeixement visual** mitjançant la càmera Kinect i els botons de pantalla, fent **clic amb el ratolí** als botons de pantalla, o mitjançant el **joystick analògic** integrat en el prototip de consola.

Comandaments				
ACCIÓ	Comandament de veu (principal)	Dreccera de teclat	Botó en pantalla (Ratolí o visual)	Joystick
Engegar vehicle	“Engegar”	A,a		
Apagar vehicle	“Apagar”			
Sortir de la consola	“Sortir”	S,s		
Pujar marxa	“Endavant”	+		
Baixar marxa	“Endarrere”	-		
Parar marxa	“Parar”	0		
Girar dreta	“Dreta”	D,d		
Girar esquerre	“Esquerre”	E,e		
Centrar gir	“Centre”	C,c		

Taula 1: Comandaments de la consola

Els comandaments de veu estan codificats, de manera que el sistema entén les paraules pronunciades en català, sent només algunes paraules en concret les que tenen comandaments associats. Com que el sistema pot confondre algunes paraules amb d'altres de similars (engegar i engega, endavant i davant... p. ex.) hi ha una sèrie de paraules secundàries que són assimilades com les principals, tenint el mateix efecte i resultat.

Comandaments de veu	
Principal	secundaris i assimilats
Engegar	engega, arrencar, arrenca
Apagar	apaga, paga
Sortir	
Endavant	davant
Endarrere	darrere
Parar	arar, para
Dreta	eta
Esquerre	esquerra
Centre	entre

Taula 2: Comandaments de veu

A part de la interfície visual per pantalla de l'ordinador, juntament amb el teclat i ratolí, que és la via principal per l'ús del sistema, també hi ha una sèrie de sensors/perifèrics, connectats als diferents prototips d'Arduino, que també proporcionen interactivitat:

Interactuadors dels prototips			
Interactuador	Tipus E/S	Prototip	Interacció
LED	Sortida	Vehicle Control Accés	Indica visualment canvis d'estat, errors, rebuda de missatges...
Brunzidor	Sortida	Principal	Indica acústicament canvis d'estat, errors, rebuda de missatges...
Pantalla TFT 3.5"	Entrada	Principal	Mostra informació gràfica de l'estat de la consola/vehicle.
Joystick	Entrada	Principal	Permet l'usuari enviar comandament de canvi de marxes i direcció.
Sensors ultrasons	Entrada	Vehicle	Permet al vehicle parar-se en cas de possible col·lisió per proximitat d'obstacles (de manera passiva).
Lectora RFID	Entrada	Control Accés	Per a la identificació de l'usuari mitjançant targetes RFID.
Keypad	Entrada	Control Accés	Per a la identificació de l'usuari mitjançant contrasenya.

Taula 3: Interactuadors dels prototips

15. Usabilitat/UX

L'objectiu del sistema és oferir una interfície fàcil d'utilitzar, sense pràcticament corba d'aprenentatge. És per això que a part de les interaccions clàssiques, teclat i ratolí, que ja estan assumides i interioritzades per tota classe d'usuaris, tinguin el nivell tecnològic que tinguin, ofereix noves maneres d'interactuar, més intuïtives i transparents. Per exemple, la utilització de la parla per a donar ordres, només cal aprendre uns pocs comandaments, totalment intuïtius i corresponents amb la parla natural, com són endavant, endarrere, parar, arrencar, dreta i esquerra. Un altre exemple és la utilització de vídeo per tal d'interactuar amb la pantalla i els elements que conté, tampoc no cal aprendre complicades interaccions, només veure's a la pantalla juntament amb els elements (botons, polsadors...) que són "tocables" mitjançant la imatge. L'última manera d'interacció, també és totalment intuïtiva, un joystick, amb el que es poden donar les quatre comandes bàsiques de manera fàcil i coneguda per tothom, oferint inclús d'aquesta manera, possibilitat d'interacció per a persones amb dificultat, sigui per paràlisi o altres, ja que els és més fàcil utilitzar el joystick que altres mètodes com pot ser un ratolí (Així i tot, no és el públic al qual s'enfoca el sistema).

Quant a la informació de tornada que ofereix el sistema, utilitza pantalles, tant la de l'ordinador, com una petita integrada a la consola, per mostrar l'estat del sistema en cada moment. A més existeixen avisos sonors i visuals que fan saber a l'usuari quan es produeixen canvis de qualsevol classe (ordre rebuda, contrasenya mal entrada...)

En resum, es tracta d'una interfase amb la qual fàcilment es pot controlar, de diverses maneres alternatives i complementaries, l'objectiu de la interacció, en aquest cas el prototip d'un vehicle, a més de rebre informació del seu estat i les interaccions establertes en cada moment.

Quant a l'experiència d'usuari és en general positiva, ja que funciona amb fluïdesa a l'hora de reaccionar a les comandes, tot i que a causa de la comunicació per ràdio pot haver-hi cert retard entre la comunicació de la comanda, i l'execució d'aquesta al vehicle, sent això totalment normal en les comunicacions a distància, i com que són pauses de molt curta durada, no són determinants a l'hora de perjudicar greument l'experiència de l'usuari. També pot haver-hi l'anomenat "lag" a l'hora de fer comandaments mitjançant la veu, pel fet que el sistema ha d'esperar la interpretació que fa externament Chrome de les paraules que recull del micròfon, i que li comuniqui el resultat, però de nou, no són uns retards excessius. ^[40]

Quant al disseny de les pantalles, busquen ser el més clar i simples possible, tenint només els elements d'interacció, com botons, imprescindibles, així com la informació

textual estrictament necessària, perquè la interfase visual sigui clara i no s'empasti amb les imatges de fons captats per la càmera.

Com s'ha comentat anteriorment, ofereix diferents nivells d'ajut a l'accessibilitat, ja que mitjançant la veu pot ser utilitzat per persones amb dificultats de mobilitat que l'impedeixin la utilització d'altres mitjans d'interacció. A la vegada la utilització de joystick pot facilitar la feina a persones amb mobilitat disminuïda a les mans. Finalment, poder interactuar amb els elements de pantalla mitjançant la nostra imatge, "tocant-los" virtualment també pot facilitar l'ús a persones amb altres dificultats. La possibilitat d'interactuar de diferents maneres per tal d'efectuar la mateixa feina obre un gran ventall de possibilitats quant a accessibilitat.^[40]

16. Tests amb usuaris

L'avaluació de la usabilitat és un aspecte clau en el disseny dels productes interactius, permet conèixer i avaluar la capacitat d'aquests productes de ser útils per als usuaris, complint les seves expectatives o inclús superant-les.

El mètode per excel·lència d'avaluació de la usabilitat és el test d'usuaris. Es tracta de triar una sèrie d'usuaris que compleixin amb els paràmetres del target triat, i fer-los realitzar una sèrie de tasques amb l'aplicació interactiva a avaluar. A partir de l'observació i l'avaluació de les actuacions d'aquests usuaris envers l'aplicació, preferiblement sota condicions el més real possibles, s'obtenen conclusions per tal de millorar el disseny, identificant els punts forts i febles quant a usabilitat.

Per la realització dels tests amb usuaris, a part dels mencionats usuaris, que realitzaran les proves preestablertes, cal que hi hagin facilitadors, també anomenats moderadors, que s'encarreguen de fer de guia als usuaris en la realització de les proves.

Finalment, els observadors, enregistren les dades que proporciona l'observació de la realització de les proves, recopilant-les per tal del seu futur anàlisi i aplicació.

Els tests poden realitzar-se de manera presencial, escenari ideal, o si no és possible, també es poden fer de manera remota. Poden ser formals, amb tot l'equipament i equip necessari, o "de guerrilla", amb el mínim indispensable (ordinador, software i webcam). A més els tests es poden realitzar amb diferents versions del producte, segons el nivell de finalització d'aquest, amb prototips d'alta o baixa fidelitat.

16.1. Disseny de test d'usabilitat amb usuaris

16.1.1. Identificació i descripció d'objectius

1- Eficàcia i eficiència en l'ús

Comprovació que l'usuari és capaç de trobar i fer servir fàcilment la manera de manejar la interfície de consola, en qualsevol de les possibilitats que aquesta proporciona.

- **Els usuaris troben i fan servir les opcions de control de manera intuïtiva, fàcil i ràpida?**

2- Contingut útil i pràctic

Comprovació que les opcions i la informació que s'ofereix és la que l'usuari necessita, i està clarament organitzada, facilitant el seu ús.

- **Les opcions de control estan organitzades clarament perquè siguin utilitzades eficientment?**

3- Presentació clara

Comprovació que el disseny de les diferents opcions és clar, sense distraccions.

- **El disseny, els colors, la font... ajuden l'usuari o el distreuen de l'objectiu?**

4- Proporcions de les tasques

Creació de tasques de comprovació que han de poder ser realitzades de forma satisfactòria.

- **Els usuaris poden efectuar les tasques?, com s'han sentit en fer-ho?**

16.1.2. Identificació del perfil sociodemogràfic dels usuaris

En ser un test per a un sistema experimental, el perfil demogràfic no és un punt crític, tot i que és convenient que es compleixin alguns requisits, per tal que aquests usuaris tinguin la capacitat de comparar la interfície en estudi amb d'altres i diferents tipus d'interfícies existents i conegudes.

- Persones adultes, amb edats entre els 20 i 65 anys.

- Nivell de coneixement tecnològic baix-mitjà, amb ús esporàdic/freqüent d'ordinadors.

16.1.3. Document Screening i qüestionari pre-test

L'Screening és un document que, solent ser utilitzat a les primeres entrevistes, ajuda a reclutar participants per al test d'usabilitat, i que s'utilitza a la fase de selecció. Serveix per discriminar quins són els millors usuaris per tal d'acabar realitzant el test, i quins no són els idonis.

Es compon de preguntes que ajuden als reclutadors a descartar usuaris. Poden ser molt simples, com només l'edat i el sexe, o poden ser molt més complexos, depèn del públic objectiu que s'hagi fixat al perfil demogràfic.

El qüestionari pre-test s'utilitza per a recopilar especialment dades sociodemogràfiques. Aquestes dades ajuden en el procés d'anàlisi dels resultats.

Una vegada triats els usuaris, mitjançant l'screening, que més s'ajusten al perfil desitjat, el qüestionari pre test serveix per recopilar les dades necessàries i ja definitives per a l'execució del test.

Sempre ha de tenir consideracions sociodemogràfiques (nom, edat, sexe, empresa, càrrec, etc.), si no s'han demanat al screening, aquestes es poden enfocar a esbrinar si l'usuari és o no integrant del target triat per al test. També hi ha altres preguntes, aquestes depenent de l'aplicació a avaluar, en aquest cas, referents a l'ús d'interfícies. El documents d'screening **no serà imprescindible** per a la realització d'aquest test d'usabilitat en concret, i per tant serà obviat. A causa dels pocs requisits necessaris, no cal una gran selecció de personal apte per a la realització de les proves.

16.1.4. Definició dels escenaris i tasques

A causa de la senzillesa del sistema, es proposa un sol escenari, el qual englobi i pugui avaluar totes les funcions disponibles a la interfície del sistema.

Escenari:

Ets un treballador de l'empresa de transports X, que t'ha proporcionat la teva targeta d'identificació i la teva contrasenya, et porten cap al teu terminal de treball per començar la teva jornada laboral. T'expliquen que el sistema pot ser utilitzat amb ratolí, teclat, veu i imatge, i et donen una llista de comandaments disponibles.

Tasca 1:

Has d'entrar al sistema i accedir als comandaments. Sortir, i tornar a entrar mitjançant una entrada de password diferent.

Tasca 2:

Amb el **ratolí**, has d'engegar el sistema i fer que el vehicle avanci a marxa lenta.

Tasca 3:

Mitjançant **dreceres de teclat**, has de parar el vehicle, i apagar-lo.

Tasca 4:

Has de tornar a logar-te, i utilitzant **comandaments de veu**, has de tornar a engegar i fer marxa lenta enrere al vehicle, girant-lo a l'esquerra.

Tasca 5:

Utilitzant **el joystick**, posar marxa ràpida, girar als dos costats i apagar el vehicle.

Tasca 6:

Utilitzant **la teva imatge en pantalla**, has de posar marxa ràpida enrere i girar per centrar el vehicle.

Tasca 7:

Pots utilitzar lliurement el sistema durant uns minuts, amb la condició d'emprar almenys una vegada cada un dels quatre sistemes de control: **ratolí, teclat, veu i imatge**.

16.1.5 Guió del test d'usabilitat

Per seguir de manera ordenada l'execució del test per cada un dels usuaris, es crea el següent guió.

- **PRIMER I SEGON PAS**

"Bon dia, sigues benvingut a aquest test d'usabilitat del meu projecte per al treball de final del grau multimèdia. Es tracta de provar la usabilitat d'un sistema de control i els

seus diferents mètodes d'interacció.

Primer de tot, tingues clar que aquí no és a tu a qui s'està fent el test, sinó al prototip del sistema, la seva qualitat, si té errors que el puguin fer difícil d'utilitzar. També m'agradaria molt que comentis tot el que et vagi passant pel cap mentre fem el test.

No hi ha respostes correctes o incorrectes, tu en cap cas no faràs les coses malament, si alguna cosa no funciona, serà culpa exclusivament del dissenyador del sistema.

Primer omplirem un senzill formulari, i després, simplement hauràs d'anar realitzant, en l'ordinador i el prototip, les tasques que t'aniré proposant, i insisteixo, m'agradaria que m'expliquessis les sensacions que vas tenint a mesura que vas complint aquestes tasques.

Quan vulguis, comencem"

- **TERCER PAS** (omplir jo el pre test llegint-li a l'usuari)
- **QUART PAS** (Comença el test, presentació)

"Aquí tens el sistema, que es compon de l'ordinador, dels prototips de control i seguretat, i el prototip del vehicle. A més, aquí tens un petit manual d'usuari, en el que et pots fixar si cal durant el test. Et deixo uns minuts perquè t'ho miris i et familiaritzis"

Respostes a utilitzar preferentment:

"comprenc" "ja ho entenc" "d'acord"

- **QUART PAS** (Omplir post-test)

"Bé, ara que hem finalitzat el test, procedim a omplir un qüestionari que ens ajudarà a avaluar la usabilitat del producte."

- **Cinquè PAS** (Omplir autorització)

"Ja per finalitzar, necessito que signis l'autorització per utilitzar el contingut que hem gravat en el meu treball de final de grau, només amb finalitat d'avaluar la usabilitat."

16.1.6. Realització de test d'usabilitat amb usuaris

Se li ha d'explicar a l'usuari el producte a analitzar, en aquest cas s'ha d'explicar que consta de diferents parts, com són els diferents elements de la consola, i el vehicle, i que té diferents maneres de donar ordres, se li entrega el manual d'usuari on són especificats els diferents comandaments i com executar-los. Durant la realització del test s'ha d'ajudar a l'usuari en tot moment, però mai influenciant en les accions de les diferents tasques sinó que animant-lo que expliqui les seves impressions i els seus sentiments envers el sistema.

Mentre l'usuari realitza les tasques, s'han de recollir les dades, ajudant i guiant els usuaris i remarcant en veu alta els resultats de les diferents tasques i reaccions que

aquestes produeixen en els usuaris. S'ha de prendre nota de totes les dades, que després del test seran avaluades, tant les quantitatives (temps, nombre d'intents, si s'ha completat amb èxit o no...) com les qualitatives (sensacions de l'usuari, impressions personals de colors, mides, tipografies, comentaris...)

16.1.7. Qüestionari post-test

Després de la realització del test, ja realitzades les diferents tasques dintre l'escenari, i deixant un temps prudencial d'uns minuts, es realitza aquest test per tal que l'usuari pugui exposar la seva opinió sobre el sistema, per tal de copsar el seu grau de satisfacció i la seva opinió global, així com les sensacions que ha tingut durant el test.

Se centra en l'avaluació de la usabilitat subjectiva, la percepció de l'usuari envers el sistema i les tasques realitzades al test.

Consta d'una sèrie de preguntes tancades o obertes, i se sol deixar sempre un espai perquè l'usuari pugui fer observacions o comentaris de manera lliure.

16.1.8. Aprovació de l'usuari per a ser gravat en vídeo

Per últim, l'usuari ha de signar l'autorització. Es tracta d'una carta amb la qual es demana autorització, protegeix als responsables del test d'usabilitat en matèria de protecció de dades i garanteix privacitat de l'usuari. Requereix l'autorització de l'usuari per a la recollida i l'emmagatzemament de les dades tractades en el test, tot deixant clar la finalitat del tractament d'aquestes dades i l'ús que se li donarà.

Aquesta carta l'ha de signar cada un dels usuaris, autoritzant la recollida de les dades del test (notes, àudio, vídeo, etc.) confirmant que es respectarà la confidencialitat.

16.2. Realització del test

Per la realització del test, a causa de la falta de recursos, s'ha utilitzat un model informal o "de guerrilla", ja que és el més econòmic i ajustat a instal·lacions i materials. Jo mateix he realitzat els rols tant de facilitador com d'avaluador, explicant i ajudant als participants, alhora que prenia les dades. És per això que el vídeo pren gran importància, per poder analitzar més en profunditat a posteriori, ja que en el moment del test és complicat captar els matisos alhora que s'està organitzant la realització.

S'han muntat els prototips de consola i vehicle juntament amb un ordinador portàtil al qual es va connectar la càmera kinect, tenint d'aquesta manera tot el sistema preparat per fer les proves. La gravació de la sessió es va realitzar amb l'ajut d'una càmera de vídeo per als plànols generals, així com un programa de gravació de pantalla per tal de capturar els moviments per la interfície, alhora que a l'usuari per webcam.

S'han triat cinc persones del meu entorn més pròxim, que tot i no ser l'ideal en aquests casos, ha sigut la millor opció tenint en compte diferents condicionants, com és la impossibilitat de trobar voluntaris externs, la falta de temps i l'impossibilitat d'oferir compensacions, com sol ser habitual en la realització de tests d'usabilitat amb usuaris.

Com s'ha dit, per a possibilitar l'anàlisi dels resultats, els tests van ser gravats en vídeo, tant l'entorn general, com la pantalla, per així poder revisar, a posteriori, els moviments i accions, tant com comentaris i expressions realitzades pels usuaris. Podent d'aquesta manera analitzar-los, juntament amb els apunts presos durant l'execució dels tests.

Video resum de la sessió del test d'usabilitat

16.3. Resultats dels tests

A continuació es descriuen les conclusions extretes després de l'anàlisi dels resultats dels tests amb usuaris.

A l'afirmació *"M'ha costat molt trobar les opcions que necessitava"* les respostes han sigut majoritàriament que no els ha costat, no responent en cap cas amb valors que indiquen dificultat o un mal disseny de la interfície.

A *"He trobat les opcions molt fàcils d'utilitzar"*, les respostes han sigut unànimement positives, sent la majoria del més alt grau proposat.

La frase: *"Crec que necessitaria ajuda per a utilitzar-lo habitualment"* s'ha repartit pels dos valors que indiquen desacord, es veuen capaços de fer servir el sistema sols.

Amb *"Les funcions estan ben integrades"* els valors es reparteixen pels tres que indiquen estar d'acord.

L'afirmació *"Sovint m'he perdut i he hagut de tornar a començar"* és resposta amb quasi unanimitat en desacord, només un ha contestat de manera neutra.

"Es pot comandar el vehicle molt fàcilment" ha estat respost amb els dos graus més alts d'acord.

A *"No he entès alguna de les funcions"* només hi ha una resposta repetida, i aquesta és que han entès totes les funcions.

Amb *"Alguna de les feines m'ha sigut impossible de realitzar"* trobem més ambigüitat, n'hi ha de molt en desacord, així com de bastant d'acord.

A l'afirmació *"M'he trobat a gust utilitzant el sistema"* tornen a repetir-se els dos valors més positius.

La frase *"Cal aprenentatge addicional per utilitzar el sistema"* suscita opinions encontrades, presentant-se valors als dos extrems, d'acord i desacord.

La conclusió que es pot extreure d'aquest qüestionari és que resulta una interfície fàcil d'utilitzar, amb funcions clares i intuïtives, que no calen de gaire aprenentatge per tal de ser utilitzades amb correcció.

Amb la resta de respostes lliures, s'arriba a les conclusions exposades a continuació:

16.3.1. Punts positius

La realització del test mostra que la interacció que més ha interessat a tots els usuaris és la realitzada mitjançant captura de vídeo, demostrant-se amb què tots l'han triat principalment a la part lliure de la prova. La utilització de comandaments de veu també han suscitat molt interès, però a causa dels problemes que s'han presentat, ha acabat per no agradar del tot, encara que aprecien el potencial. Una altra funció que ha agradat bastant és l'ús del joystick, del que aprecien la senzillesa, alhora que la versatilitat. La interacció mitjançant teclat, així com amb ratolí no han despertat gaire interès, alhora que han sigut les que menys han costat d'utilitzar, es nota que els usuaris estan molt acostumats i tenen el seu ús molt interioritzat.

16.3.2. Punts negatius

Amb la totalitat dels tests han aparegut problemes a l'hora d'utilitzar les interaccions per veu i per imatge. En aquest cas concret s'ha demostrat l'eficàcia dels test amb usuaris, ja que les proves realitzades amb anterioritat no havien detectat aquests problemes. Si bé és cert que amb gairebé tots els usuaris, tant amb vídeo com amb veu, tan sols han necessitat una mica de pràctica perquè les respostes de la interfície millorin de manera notable.

En el cas de la interacció mitjançant vídeo, s'ha observat que al principi pot costar una mica que comenci a detectar als usuaris, així com que faci un seguiment acurat de les mans, i les accions de tancar-les per activar els botons. La conclusió és que per al bon funcionament de la detecció de vídeo, cal que el subjecte estigui a certa distància, així com a un angle també determinat. La solució implica determinar concretament quins són aquestes distàncies i angle, i respectar-ho a l'hora de l'ús del sistema. També s'ha detectat, en aquest àmbit de detecció de vídeo, que en deixar la mà tancada sobre un botó, les accions d'aquest es van executant una vegada darrera l'altre.

En el cas de la interacció per veu, s'observa que costa bastant que les comandes siguin executades, trigant molt a fer-ho, o directament no funcionant. La conclusió és que en estar contínuament escoltant, la pàgina de detecció de veu espera que hi hagi pauses, i és llavors quan processa tota la frase, resultant contraproduent, ja que no funciona correctament quan hi ha conversa contínua. Per al bon funcionament, les comandes s'han de pronunciar totalment aïllades unes d'altres, així com de la resta de conversa, si és que n'hi ha. La solució pot passar per modificar el sistema perquè només escolti en moments puntuals, sigui pitjant un botó, una tecla... de manera que

no es veuria afectat el procés per la resta de paraules o soroll ambientals.

16.3.3. Millores implementades

- Millorar alguns elements gràfics, com són el **botó d'engegada**, que pot ser confós amb la imatge de la clau, que només indica mitjançant una clau si està engegat o no. També utilitzar diferents tipus de **fletxes per als girs**, respecte a les de les marxes, ja que porten a confusió, sobretot la de centrar els girs amb la de marxa endavant. Per fer-ho, s'han implementat els canvis gràfics que s'indiquen a la figura 76.

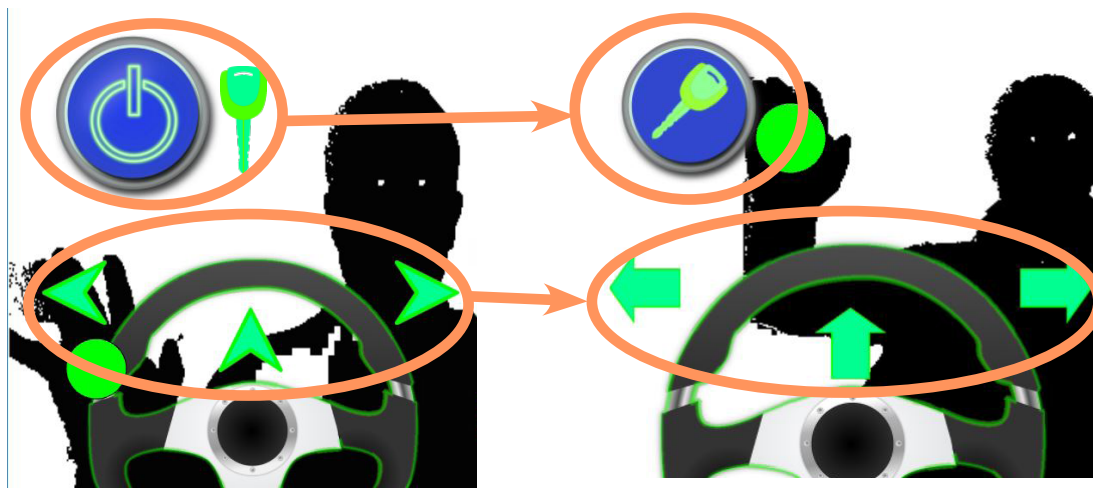


Figura 76: Detalls de canvis visuals efectuats a rel del test.

16.3.4. Altres millores proposades

- Que el botó d'acceptar password es pugui executar amb l'enter al text de password, sense necessitat d'utilitzar el ratolí.

- Canviar el sistema de processament de veu, de manera que només s'executi l'escolta quan l'usuari pitji un botó.

- Controlar que la mà s'ha tancat sobre un botó, no deixant executar les accions d'aquest fins que no es torni a obrir i tancar la mà.

- Millorar els prototips de consola, poder amb una carcassa, de manera que el resultat sigui més elegant, alhora que s'eviti, com en el cas del joystick, peces amb cert moviment..

16.4. Documentació del test

16.4.1 Qüestionaris Pre-test

Documents pre-test omplerts durant la realització del test amb usuaris.

Nom complet: Manolo [redacted]	Edat: 37
Sexe: Home <input checked="" type="checkbox"/> Dona <input type="checkbox"/>	E. civil: Solter/a <input type="checkbox"/> Casat/da <input checked="" type="checkbox"/> En parella <input type="checkbox"/>
Fills: 0 <input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> més <input type="checkbox"/>	Edats dels fills: 4
Treballa: Compte Propi <input checked="" type="checkbox"/> Compte aliè <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Nivell Ingressos: Alt <input type="checkbox"/> Mitjà <input checked="" type="checkbox"/> Baix <input type="checkbox"/>
Quantes hores d'internet et connectes a la setmana? Menys de 5 <input type="checkbox"/> Entre 5 i 10 <input checked="" type="checkbox"/> Entre 10 i 15 <input type="checkbox"/> Més de 15 <input type="checkbox"/>	
En general t'agrada l'ús d'internet i noves tecnologies? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Condueixes el cotxe habitualment? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
En navegar per internet utilitzes: PC <input type="checkbox"/> Smartphone <input checked="" type="checkbox"/> Tablet <input type="checkbox"/> Altres <input type="checkbox"/>	
Condueixes algun altre tipus de vehicle? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Quins? Freqüència?	
T'agraden els videojocs? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Quins dispositius utilitzes per jugar? Telèfon	

Nom complet: M ^a Jesús [redacted]	Edat: 36
Sexe: Home <input type="checkbox"/> Dona <input checked="" type="checkbox"/>	E. civil: Solter/a <input type="checkbox"/> Casat/da <input checked="" type="checkbox"/> En parella <input type="checkbox"/>
Fills: 0 <input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> més <input type="checkbox"/>	Edats dels fills: 4
Treballa: Compte Propi <input type="checkbox"/> Compte aliè <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Nivell Ingressos: Alt <input type="checkbox"/> Mitjà <input checked="" type="checkbox"/> Baix <input type="checkbox"/>
Quantes hores d'internet et connectes a la setmana? Menys de 5 <input type="checkbox"/> Entre 5 i 10 <input checked="" type="checkbox"/> Entre 10 i 15 <input type="checkbox"/> Més de 15 <input type="checkbox"/>	
En general t'agrada l'ús d'internet i noves tecnologies? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Condueixes el cotxe habitualment? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
En navegar per internet utilitzes: PC <input checked="" type="checkbox"/> Smartphone <input checked="" type="checkbox"/> Tablet <input type="checkbox"/> Altres <input type="checkbox"/>	
Condueixes algun altre tipus de vehicle? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Quins? _____ Freqüència? _____	
T'agraden els videojocs? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Quins dispositius utilitzes per jugar? Smartphone	

Nom complet: Antonio XXXXXXXXXX	Edat: 42
Sexe: Home <input checked="" type="checkbox"/> Dona <input type="checkbox"/>	E. civil: Solter/a <input type="checkbox"/> Casat/da <input type="checkbox"/> En parella <input checked="" type="checkbox"/>
Fills: 0 <input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> més <input type="checkbox"/>	Edats dels fills: 5
Treballa: Compte Propi <input checked="" type="checkbox"/> Compte aliè <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Nivell Ingressos: Alt <input type="checkbox"/> Mitjà <input checked="" type="checkbox"/> Baix <input type="checkbox"/>
Quantes hores d'internet et connectes a la setmana? Menys de 5 <input type="checkbox"/> Entre 5 i 10 <input type="checkbox"/> Entre 10 i 15 <input type="checkbox"/> Més de 15 <input checked="" type="checkbox"/>	
En general t'agrada l'ús d'internet i noves tecnologies? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Condueixes el cotxe habitualment? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
En navegar per internet utilitzes: PC <input checked="" type="checkbox"/> Smartphone <input checked="" type="checkbox"/> Tablet <input type="checkbox"/> Altres <input type="checkbox"/>	
Condueixes algun altre tipus de vehicle? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Quins? _____ Freqüència? _____	
T'agraden els videojocs? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Quins dispositius utilitzes per jugar? _____	

Nom complet: Cristina [REDACTED]	Edat: 40
Sexe: Home <input type="checkbox"/> Dona <input checked="" type="checkbox"/>	E. civil: Solter/a <input type="checkbox"/> Casat/da <input checked="" type="checkbox"/> En parella <input type="checkbox"/>
Fills: 0 <input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> més <input type="checkbox"/>	Edats dels fills: 5
Treballa: Compte Propi <input checked="" type="checkbox"/> Compte aliè <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Nivell Ingressos: Alt <input type="checkbox"/> Mitjà <input type="checkbox"/> Baix <input checked="" type="checkbox"/>
Quantes hores d'internet et connectes a la setmana? Menys de 5 <input type="checkbox"/> Entre 5 i 10 <input checked="" type="checkbox"/> Entre 10 i 15 <input type="checkbox"/> Més de 15 <input type="checkbox"/>	
En general t'agrada l'ús d'internet i noves tecnologies? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Condueixes el cotxe habitualment? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
En navegar per internet utilitzes: PC <input checked="" type="checkbox"/> Smartphone <input checked="" type="checkbox"/> Tablet <input type="checkbox"/> Altres <input type="checkbox"/>	
Condueixes algun altre tipus de vehicle? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Quins? _____ Freqüència? _____	
T'agraden els videojocs? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Quins dispositius utilitzes per jugar? _____	

Nom complet: Laura XXXXXXXXXX	Edat: 34
Sexe: Home <input type="checkbox"/> Dona <input checked="" type="checkbox"/>	E. civil: Solter/a <input type="checkbox"/> Casat/da <input checked="" type="checkbox"/> En parella <input type="checkbox"/>
Fills: 0 <input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> més <input type="checkbox"/>	Edats dels fills: 3
Treballa: Compte Propi <input type="checkbox"/> Compte aliè <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	Nivell Ingressos: Alt <input type="checkbox"/> Mitjà <input type="checkbox"/> Baix <input checked="" type="checkbox"/>
Quantes hores d'internet et connectes a la setmana? Menys de 5 <input type="checkbox"/> Entre 5 i 10 <input type="checkbox"/> Entre 10 i 15 <input checked="" type="checkbox"/> Més de 15 <input type="checkbox"/>	
En general t'agrada l'ús d'internet i noves tecnologies? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Condueixes el cotxe habitualment? Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
En navegar per internet utilitzes: PC <input type="checkbox"/> Smartphone <input checked="" type="checkbox"/> Tablet <input checked="" type="checkbox"/> Altres <input type="checkbox"/>	
Condueixes algun altre tipus de vehicle? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Quins? _____ Freqüència? _____	
T'agraden els videojocs? Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Quins dispositius utilitzes per jugar? _____	

16.4.2. Formularis de recollida de dades

Documents utilitzats en la realització del test per registrar les accions, comentaris i reaccions, entre altres dades útils, dels usuaris.

Test D'usabilitat - Recollida de dades			Usuari: Manolo [REDACTED]		
Tasca 1					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1:15 min	1	Si	-		Es mostra curios.
Tasca 2					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
0:15 min	1	Si	-	-	-
Tasca 3					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1:00 min	1	No	-	-	dubta amb apagar/sortir
Tasca 4					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1:40 min	1	Si	-	-	-

pàgina 1/2

Tasca 5					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
0:40 min	1	Si	-	Comenta que el joystick fa contacte flux en el circuit.	-

Tasca 6					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1:00 min	1	Si	-	-	-

Tasca 7					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
3:50 min	1	Si	-	-	Somriu

Altres comentaris i anotacions:

Confon sortir amb apagar.

Li costa que funcioni amb comandaments de veu. Utilitza "enrere"

Li costa que li detecti les interaccions d'imatge.

Tria principalment imatge en la tasca lliure.

Test D'usabilitat - Recollida de dades

Usuari: M^aJesús [REDACTED]

Tasca 1					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1:15 min	2	Si	-		-
Tasca 2					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1:00 min	1	Si	-	-	-
Tasca 3					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
0:15 min	1	No	-	-	El para, però no l'apaga.
Tasca 4					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
3:30 min	1	Si	Impaciència és massa lent per ús real	-	Impaciència

Tasca 5					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1:00 min	1	Si	-	es "chulo"	-

Tasca 6					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
3:00 min	1	No	-	Intenta tocar amb el dit en comptes de tancar la ma	-

Tasca 7					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
2.30 min	1	Si	-	-	-

Altres comentaris i anotacions:

Confon la imatge indicativa de la clau amb el botó apagar.

Confon les imatges d'avançar i centrar el volant.

No queden clars els conceptes parar/apagar.

Li costa que funcioni amb comandaments de veu.

Li costa que li detecti les interaccions d'imatge.

Tria principalment imatge en la tasca lliure.

Test D'usabilitat - Recollida de dades

Usuari: Antonio [REDACTED]

Tasca 1					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
2:00 min	1	Si	-	-	Es mostra molt curiós, vol provar-ho tot

Tasca 2					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1:50	2	Si	Es mostra confós.	Confon centrar amb marxa+, li costa trobar botó d'avançar. Comenta que les icones es confonen.	-

Tasca 3					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
0:15 min	1	Si	-	-	-

Tasca 4					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1:30 min	2	Si	-	-	Impaciència

Tasca 5					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
2:00 min	1	No	Fa proves diferents de les demanades	Li costa trobar la ubicació del joystick	Dubte

Tasca 6					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1:00 min	1	Si	Fa proves pel seu compte, com canviar la posició	-	-

Tasca 7					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
2:00 min	1	Si	Comenta que en agafar "el truco" la detecció d'imatge va bastant bé.	Prova tocar la imatge de les marxes i comenta que podria utilitzar-se com a botons	-

Altres comentaris i anotacions:

Al principi intenta utilitzar els botons tot i estar deshabilitats (vermell)
 Confon la clau d'indicació amb el botó engegar, que li costa una mica trobar.
 Confon botons avançar amb centrar.
 Problemes perquè li detecti correctament els comandaments de veu.
 En comptes de parar amb el joystick, el que fa és deixar-lo en punt mort.
 Té problemes perquè li detecti els gestos amb les mans, ell mateix prova allunyant-se, sent millor detectat.
 A la part lliure ha triat principalment l'ús dels gestos.
 En deixar la mà tancada sobre un botó, en detecció d'imatge, s'executa diverses vegades.

Test D'usabilitat - Recollida de dades

Usuari: Cristina [REDACTED]

Tasca 1					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1 min.	1	Si	-	-	Gestos de dubte

Tasca 2					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1:10 min	2	Si	-	Confon centrar amb marxa+, li costa trobar botó d'avançar.	-

Tasca 3					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
0:30 min	1	Si	-	-	-

Tasca 4					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1:00 min	1	No	-	-	impaciència

Tasca 5					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
0:30 min	1	Si	Expressa dubtes en l'ús del joystick	-	Dubte

Tasca 6					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1:30 min	1	Si	Expressa disgust per que li costa que li capturi correctament.	-	Lleus gestos de disgust

Tasca 7					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
2:50 min	1	Si	-	-	-Gestos de diversió en utilitzar la captura d'imatge -disgust quan no li reconeix la veu

Altres comentaris i anotacions:

Ha dubtat a l'hora de trobar botó de sortir, el Confon amb arrencar.

Problemes quan li detecti la càmera la primera vegada.

Problemes al principi amb el reconeixement de veu, se li enllacen paraules i li costa reconèixer-les, després, amb pauses millora.

Problemes a l'hora del moviment amb les mans, li costa detectar les mans, principalment als botons dels extrems.

A la part lliure ha triat principalment l'ús dels gestos.

Test D'usabilitat - Recollida de dades

Usuari: Laura XXXXXXXXXX

Tasca 1					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1:30 min	1	Si	-	-	Somriu

Tasca 2					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
0:15 min	1	Si	-	-	-

Tasca 3					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
0:30 min	1	Si	-	-	Consulta el manual

Tasca 4					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
2:00 min	1	Si	-	-	impaciència

Tasca 5					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1:00 min	1	Si	-	-	Fa més accions de les necessàries

Tasca 6					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
1:15 min	1	Si	En notar que no li detectava bé els moviments es reposiciona.	-	-

Tasca 7					
Temps	Nº intents	Exit?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
3:00 min	1	Si	-	-	Millor domini amb els gestos de vídeo.

Altres comentaris i anotacions:

Li costa que li funcioni mitjançant veu, també utilitza paraules no contemplades com "enrere"
 Es reposiciona perquè li capturi millor la imatge de les mans.
 A la part lliure ha triat principalment l'ús dels gestos.

16.4.3. Qüestionari Post-test

Qüestionari omplert darrere la realització del test, es recullen dades addicionals.

Usuari: **Manolo** [redacted]

Molt ni d'acord Molt
en desacord ni desacord d'acord

		1	2	3	4	5
1	M'ha costat molt trobar les opcions que necessitava	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	He trobat les opcions molt fàcils d'utilitzar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
3	Crec que necessitaria ajuda per a utilitzar-lo habitualment	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Les funcions estan ben integrades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
5	Sovint m'he perdut i he hagut de tornar a començar	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Es pot comandar el vehicle molt fàcilment	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
7	No he entés alguna de les funcions	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Alguna de les feines m'ha sigut impossible de realitzar	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	M'he trobat a gust utilitzant el sistema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	Cal aprenentatge addicional per utilitzar el sistema	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Digues les dues coses que MÉS t'han agradat del sistema:

1. Joystick

2. Control visual

Digues les dues coses que MENYS t'han agradat del sistema:

1. Control per veu

2. -

Altres comentaris que consideris interessants

Reitera que el joystick pot fallar per estar lleugerament fluix.

Usuari: M^aJesús [REDACTED]

Molt en desacord ni d'acord ni desacord Molt d'acord

		1	2	3	4	5
1	M'ha costat molt trobar les opcions que necessitava	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	He trobat les opcions molt fàcils d'utilitzar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
3	Crec que necessitaria ajuda per a utilitzar-lo habitualment	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Les funcions estan ben integrades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	Sovint m'he perdut i he hagut de tornar a començar	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Es pot comandar el vehicle molt fàcilment	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
7	No he entés alguna de les funcions	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Alguna de les feines m'ha sigut impossible de realitzar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	M'he trobat a gust utilitzant el sistema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
10	Cal aprenentatge addicional per utilitzar el sistema	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Digues les dues coses que MÉS t'han agradat del sistema:

1. [Reconeixement visual](#)
2. [Reconeixement de veu](#)

Digues les dues coses que MENYS t'han agradat del sistema:

1. [Lentitud en el reconeixement de veu](#)
2. -

Altres comentaris que consideris interessants

-

Usuari: Antonio [redacted]

Molt ni d'acord Molt
en desacord ni desacord d'acord

		1	2	3	4	5
1	M'ha costat molt trobar les opcions que necessitava	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	He trobat les opcions molt fàcils d'utilitzar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
3	Crec que necessitaria ajuda per a utilitzar-lo habitualment	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Les funcions estan ben integrades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	Sovint m'he perdut i he hagut de tornar a començar	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Es pot comandar el vehicle molt fàcilment	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	No he entés alguna de les funcions	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Alguna de les feines m'ha sigut impossible de realitzar	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	M'he trobat a gust utilitzant el sistema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
10	Cal aprenentatge addicional per utilitzar el sistema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Digues les dues coses que MÉS t'han agradat del sistema:

1. Captura de imatge,

2. Joystick

Digues les dues coses que MENYS t'han agradat del sistema:

1. Fallos captura imatge

2. -

Altres comentaris que consideris interessants

Comenta que pot millorar la sensibilitat a l'hora de la detecció d'imatge.

Comenta poder utilitzar clau d'accés per veu.

Usuari: Cristina [REDACTED]

Molt en desacord ni d'acord ni desacord Molt d'acord

		1	2	3	4	5
1	M'ha costat molt trobar les opcions que necessitava	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	He trobat les opcions molt fàcils d'utilitzar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
3	Crec que necessitaria ajuda per a utilitzar-lo habitualment	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Les funcions estan ben integrades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	Sovint m'he perdut i he hagut de tornar a començar	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Es pot comandar el vehicle molt fàcilment	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	No he entés alguna de les funcions	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Alguna de les feines m'ha sigut impossible de realitzar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	M'he trobat a gust utilitzant el sistema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	Cal aprenentatge addicional per utilitzar el sistema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Digues les dues coses que MÉS t'han agradat del sistema:

1. Visual

2. Veu

Digues les dues coses que MENYS t'han agradat del sistema:

1. Joystick

2. -

Altres comentaris que consideris interessants

-

Usuari: Laura [REDACTED]

Molt en desacord ni d'acord ni desacord Molt d'acord

		1	2	3	4	5
1	M'ha costat molt trobar les opcions que necessitava	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	He trobat les opcions molt fàcils d'utilitzar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	Crec que necessitaria ajuda per a utilitzar-lo habitualment	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Les funcions estan ben integrades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
5	Sovint m'he perdut i he hagut de tornar a començar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Es pot comandar el vehicle molt fàcilment	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
7	No he entés alguna de les funcions	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Alguna de les feines m'ha sigut impossible de realitzar	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	M'he trobat a gust utilitzant el sistema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
10	Cal aprenentatge addicional per utilitzar el sistema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Digues les dues coses que MÉS t'han agradat del sistema:

1. Control per veu.

2.-

Digues les dues coses que MENYS t'han agradat del sistema:

1. Li costa reaccionar amb la veu.

2. -

Altres comentaris que consideris interessants

-

16.4.4. Autoritzacions

Documents d'autorització per ser gravats en vídeo signat pels usuaris. Per raons de privacitat, els números de D.N.I. han estat ratllats.

Consentiment

Jo, MAJOLLO [redacted]
_, amb DNI número [redacted], autoritzo la captació de la imatge, veu i testimoni a José Ángel Bravo, amb domicili a Terrassa i NIF XX.XXX.XXX-X, les quals es podran utilitzar amb l'única i exclusiva finalitat d'anàlisi de l'estudi de l'usabilitat del sistema de control, i del qual he estat informat/da.

En cas de revocació del consentiment s'ha d'avisar per escrit a l'adreça electrònica:

josea_bravo@uoc.edu

També accepto que tota la informació intercanviada és propietat exclusiva de

José ángel Bravo.

Signat:



Consentiment

Jo, M. DEJUS [REDACTED]
_, amb DNI número [REDACTED], autoritzo la captació de la imatge, veu i testimoni a José Ángel Bravo, amb domicili a Terrassa i NIF XX.XXX.XXX-X, les quals es podran utilitzar amb l'única i exclusiva finalitat d'anàlisi de l'estudi de l'usabilitat del sistema de control, i del qual he estat informat/da.

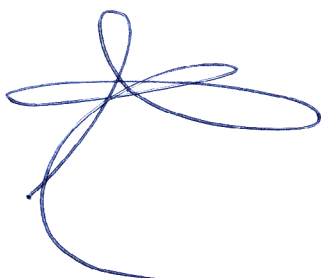
En cas de revocació del consentiment s'ha d'avisar per escrit a l'adreça electrònica:

josea_bravo@uoc.edu

També accepto que tota la informació intercanviada és propietat exclusiva de

José ángel Bravo.

Signat:



Consentiment

Jo, Antonio

_, amb DNI número 43168795D, autoritzo la captació de la imatge, veu i testimoni a José Ángel Bravo, amb domicili a Terrassa i NIF XX.XXX.XXX-X, les quals es podran utilitzar amb l'única i exclusiva finalitat d'anàlisi de l'estudi de l'usabilitat del sistema de control, i del qual he estat informat/da.

En cas de revocació del consentiment s'ha d'avisar per escrit a l'adreça electrònica:

josea_bravo@uoc.edu

També accepto que tota la informació intercanviada és propietat exclusiva de

José ángel Bravo.

Signat:

Consentiment

Jo, CRISTINA [REDACTED]
[REDACTED], amb DNI número [REDACTED], autoritzo la captació de la imatge, veu i testimoni a José Ángel Bravo, amb domicili a Terrassa i NIF XX.XXX.XXX-X, les quals es podran utilitzar amb l'única i exclusiva finalitat d'anàlisi de l'estudi de l'usabilitat del sistema de control, i del qual he estat informat/da.

En cas de revocació del consentiment s'ha d'avisar per escrit a l'adreça electrònica:

josea_bravo@uoc.edu

També accepto que tota la informació intercanviada és propietat exclusiva de

José ángel Bravo.

Signat:



Consentiment

Jo, Laura [redacted]
_, amb DNI número [redacted], autoritzo la captació de la imatge, veu i testimoni a José Ángel Bravo, amb domicili a Terrassa i NIF XX.XXX.XXX-X, les quals es podran utilitzar amb l'única i exclusiva finalitat d'anàlisi de l'estudi de l'usabilitat del sistema de control, i del qual he estat informat/da.

En cas de revocació del consentiment s'ha d'avisar per escrit a l'adreça electrònica:

josea_bravo@uoc.edu

També accepto que tota la informació intercanviada és propietat exclusiva de

José ángel Bravo.

Signat:



17. Bugs

Mitjançant les diferents proves, tant als tests d'usuari com els tests ordinaris, s'han detectat alguns errors, principalment de poca importància, que no afecten el bon funcionament del sistema, però no han pogut ser corregits, aquests són:

- Eventualment dona error en tancar amb l'aspa de la finestra de l'sketch de consola, no executant-se el codi que controla aquesta acció, i per tant no envia missatge a les plaques d'Arduino per tal que canviïn el seu estat en conseqüència.

És un error provocat per Kinect, el programa no aconsegueix parar els serveis de la càmera i retorna aquest error. Encara no trobada solució.

- Apareix un error quan el sensor RFID detecta com a errònia una targeta correcta, donant el missatge "Your tag is not of type MIFARE Classic", saltant un **error ArrayIndexOutOfBoundsException:1**. Sembla que aquest error es dispara arran que la targeta es col·loqui mal alineada amb el lector, provocant-se una mala lectura. Amb això, és fàcil evitar que l'error es produeixi, tenint cura a l'hora d'alinejar la targeta amb el lector.

- No es tracta exactament d'un bug, però sí una consideració a tenir en compte. S'ha de cuidar l'angle i distància de la càmera kinect, ja que es pot donar el cas que segons a quines distàncies i angles, la càmera no detecti bé les siluetes, ni les posicions de les mans, i per tant no funcioni el sistema d'interacció.

- Igual que el punt anterior, també s'ha de tenir en compte que a l'hora de treballar amb comandes per veu, si es parla molt seguit, no respon correctament, no és capaç de detectar les comandes dintre de frases. Perquè funcioni s'han d'aïllar les paraules clau, deixant temps entre elles.

- El motor del prototip, en les velocitats més baixes (voltatges més baixos) li costa arrencar-se a girar, segons quin voltatge, no té força suficient per girar, tot i que fa soroll, i pot arribar a moure's. Una vegada s'arrenca, la inèrcia fa que continuï girant.

18. Projectió a futur

Aquest és un projecte amb moltes possibilitats d'expansió, són factibles gran quantitat de millores, tant en l'àmbit de funcionalitat com de la interacció. Algunes idees de possibles millores a implementar, i que, per un motiu o altre, no han pogut estar encabides en aquest projecte, són per exemple:

- Aplicar feedback del vehicle cap a la consola, per exemple, quan es pari per obstacle, que envii un missatge via ràdio per poder advertir-ho per pantalla.

- Reducció de plaques Arduino, passant de dues plaques per a la consola, a utilitzar tan sols una.

- APP per a telèfons intel·ligents, amb la qual poder controlar el vehicle a distància via Bluetooth, podent substituir les funcions de l'actual consola.

- Millora dels elements gràfics i els seus efectes

- Aplicar "Hover" quan es passi les mans sobre els botons, il·luminant-se. També és necessari controlar quan entra una mà i quan aquesta mateixa mà surt, de sobre el botó o bé es podria fer contant uns tres segons en què la mà roman tancada sobre un botó per computar l'acció com a petició d'execució.

- Millorar les funcionalitats passives del vehicle, com implementar detecció per vídeo de senyals de trànsit.

- Fer els elements de la interfície adaptables a totes les resolucions de pantalla.

- Millorar el sistema d'escolta de comandes de veu, evitar que el soroll perjudiqui la distinció de comandes, així com idear un sistema millor per tal d'aïllar individualment d'aquestes. Per exemple, haver de pitjar una tecla perquè comenci a escoltar, fent així que només escolti en moments concrets, evitant la saturació produïda en conversacions no relacionades amb les comandes. En una següent fase es podria aplicar la detecció de parla natural, trobant les comandes dintre conversacions normals.

- Millorar el sistema de detecció per vídeo, de manera que sigui més precís a l'hora de la detecció de les mans. Perquè funcioni a la perfecció cal trobar la distància i angle òptims, s'hauria de millorar la captació d'imatge, per tal d'ampliar els rangs de control ideals. Si no pot ser, s'hauria de definir de manera precisa quins paràmetres de distància i angle són els correctes.

19. Viabilitat

El resultat d'aquest projecte és un **prototip totalment funcional**, que **integra seguretat i control** d'un vehicle que pot ser manegat, de manera remota, per una interfície amb múltiples mètodes d'interacció.

Aquesta interfície, així com el seu sistema de comunicació sense fils amb el vehicle i les respostes en forma de moviment d'aquest, són perfectament exportables a casos reals, en els que un conductor pogués controlar remotament un vehicle de qualsevol mena, donant ordres mitjançant diferents mètodes (veu, imatge, teclat...), això si, caldria millorar alguns aspectes que dotessin de més agilitat a l'hora d'executar les comandes, tal com s'ha detectat al test d'usabilitat.

La diversitat de controls, juntament amb la seguretat passiva implementada en el vehicle (parada d'emergència amb detecció de proximitat), seguretat "home mort" implementada a la consola (que garanteix que sempre hi hagi algú als comandaments) com també el control d'accés mitjançant doble factor de seguretat (password i targeta RFID, que eviten intrusions no autoritzades), proporcionen un sistema de control segur, fàcil, eficient i versàtil, gràcies a la diversitat de possibilitats de control que ofereix.

Tot i ser un sistema perfectament usable en un entorn controlat com és el del prototip, a l'hora d'aplicar-lo a un sistema real "en producció" s'ha de millorar l'agilitat de resposta, sobretot en les interaccions per veu, així com alguns retocs en el control per vídeo.

20. Pressupost

Cost dels elements utilitzats en les proves prèvies i en la realització d'aquest projecte. Algun dels elements són part d'un kit amb elements que no s'han utilitzat en la realització del projecte, però que sí que han estat utilitzats en provatures prèvies, tant del projecte actual com del seu predecessor, sent finalment descartats per la seva inclusió als prototips finals.

• Kit Arduino bàsic. (entregat amb la matrícula de disseny d'interacció)	
Arduino Uno	
Protoboard petita	
Cablejats resistències	
potenciometre	
pantalla LCD 16x2	
servomotor	
Cable USB.....	0.00€
• Kit Arduino avançat (Elegoo)	
Arduino Mega	
Protoboard gran	
Cablejat mascle-femella	
Adaptador alimentació externa	
Font d'alimentació externa	
Cable USB	
Keypad	
RFID i tarjetes	
Sensor ultrasons HC-SR04	
Pantalla LCD	
Potenciometres	
Cable USB	
Joystick	
Xip L293D (controlador de motors)	
Altres elements	50.99€
• Kit components Arduino (Elegoo)	
Adaptador alimentació externa	
Protoboard gran	
Buzzer	
Cables mascle-femella	
Altres elements	12.69€
• Càmera Kinect (2ª mà)	20.00€
• Cable USB 3.0	7.29€
• Arduino Uno	8.50€
• Arduino Nano	5.00€
• Protoboard petit	2.00€
• Emissors/receptors Ràdio NRF24L01+	4.00€
• 2 Bluetooth	10.00€
• Sensor ultrasons HC-SR04	2.00€
• LCD TFT 3.5"	10.00€
• Joc de construccions Lego	0.00€
TOTAL	132.47€

21. Conclusions

Realitzar aquest treball ha estat una feina molt interessant, he pogut aprofundir en la creació d'interfícies, posant èmfasi en la seva usabilitat, alhora que m'he endinsat una mica més en la realització de prototips amb Arduino, resultant un treball, alhora, molt entretingut i gratificant.

Com a projecte en si mateix aquest treball neix un semestre abans de la realització d'aquest Treball de Final de Grau. Concretament durant la realització de la pràctica de **Disseny d'interacció** ja es va començar a gestar amb la idea de ser part del projecte final, sent primer pas, que s'ha amplificat, millorat i finalitzat amb aquest treball final.

L'assignatura de disseny d'interacció, així com Usabilitat, han proporcionat la base per la realització d'aquest treball, però hi ha hagut moltes altres que han aportat les competències necessàries per realitzar un treball multimèdia complet. Amb **Integració digital de continguts** vaig obtenir la base per la programació en Processing, bàsica per la realització de les interfícies utilitzades en el projecte, així com pels prototips d'Arduino, que utilitzen un llenguatge de programació molt similar. A **Tractament i publicació d'imatge i vídeo** aquests coneixements de programació van ampliar-se, de manera que les competències en programació, obtingudes en aquest grau, arriben a un nivell de profunditat important, podent arribar a fer coses molt interessants programant amb Processing.

Amb **Disseny d'interfícies multimèdia** juntament amb **Arquitectura de la informació** se'm va donar la base per començar a entendre com dissenyar interfícies usables i accessibles, que fossin fàcils d'aprendre i d'utilitzar per part dels usuaris, ampliant-se aquests coneixements amb l'assignatura d'**Usabilitat**, part important també d'aquest projecte, en el que es fa un petit estudi de la usabilitat mitjançant test amb usuaris, sempre molt útil a l'hora millorar tota mena d'interfícies i interaccions.

Per l'obtenció d'un bon producte final, a part de les competències que ja he comentat, les més obvies i visibles, són necessàries d'altres, que no per no veure's tan clarament a simple vista, deixen de ser importants, ja que la suma del tot és el que proporciona el resultat final. Per exemple, els coneixements de **matemàtiques per a multimèdia** i de **física per a multimèdia** em van ser molt útils per la creació de les interfícies, podent realitzar els càlculs necessaris per a la distribució dels diferents objectes a la pantalla, i les seves proporcions. Aquests objectes, gràfics que en gran part han sigut confeccionats o modificats gràcies als coneixements obtinguts tant en **Fotografia digital** com en **Disseny gràfic**. A més, aquesta última, juntament amb **Imatge i Llenguatge Visual** m'han proporcionat les tècniques necessàries per a la confecció de la documentació presentada.

Idioma modern: Angles Em va ajudar per poder consultar, per internet, documents tècnics i altres documentacions publicades en aquest idioma, sent la investigació prèvia una part molt important per als resultats obtinguts. També, amb **competència comunicativa** vaig obtenir coneixements bàsics per tal de redactar correctament, sent molt útil en aquest treball i la confecció de la seva documentació. Per finalitzar, la documentació necessària per al projecte inclou material audiovisual, que he pogut realitzar amb els coneixements de les assignatures de **vídeo** i de **composició digital**, també, en menor mesura, **Tractament i publicació d'àudio**, així com l'anteriorment esmentada **Tractament i publicació d'imatge i vídeo**.

Quant a organització, han sigut de molta ajuda els coneixements obtinguts a **Gestió de projectes** i a **Metodologia i desenvolupament de projectes en xarxa** que m'han permès l'ús de diferents tècniques així com eines per tal de portar a terme el projecte de manera ordenada i eficient.

En conclusió, aquest ha estat un projecte en el qual s'han utilitzat les competències i coneixements obtinguts durant el recorregut de tot el grau. En major o menor mesura s'han emprat coneixements apresos en la majoria de les assignatures cursades, tenint el pes més gran Disseny d'interacció, per la importància que té l'Arduino i la programació amb Processing dintre aquest treball, juntament amb totes les relacionades amb interfícies (usabilitat, Disseny d'interfícies multimèdia, Arquitectura de la informació...) que han proporcionat les bases per a l'obtenció final d'una interfície amb un disseny usable, mitjançant la conjunció de les diferents tecnologies utilitzades: reconeixement de veu i d'imatge, així com les clàssiques: per teclat i ratolí o joystick.

ANNEXOS

Annex 1. Lliurables del projecte

Arxius de codi del projecte

- Codi Sketch Arduino de la consola
 - Codi projecte\Arduino_Consola\Arduino_Consola.ino
 - Codi projecte\Arduino_Consola\claus.h
 - Codi projecte\Arduino_Consola\presencia.h
 - Codi projecte\Arduino_Consola\volant.h
- Codi Sketch Arduino del control accés
 - Codi projecte\Arduino_Control_Acces\ Arduino_Control_Acces.ino
- Codi Sketch Arduino del vehicle
 - Codi projecte\Arduino_Vehicle\ Arduino_Vehicle.ino
- Codi Sketch Processing de la consola
 - Codi projecte\Processing_Consola\ Seguretat.pde
 - Codi projecte\Processing_Consola\Reconeixement_veu.pde
 - Codi projecte\Processing_Consola\Quadre_Comandament.pde
 - Codi projecte\Processing_Consola\Processing_Consola.pde
 - Codi projecte\Processing_Consola\Kinect.pde
 - Codi projecte\Processing_Consola\Botons.pde
- Imatges auxiliars
 - Codi projecte\Processing_Consola\data\boto.png
 - Codi projecte\Processing_Consola\data\Exit-2.png
 - Codi projecte\Processing_Consola\data\fletxa.png
 - Codi projecte\Processing_Consola\data\fletxa_A.png
 - Codi projecte\Processing_Consola\data\fletxa_D.png
 - Codi projecte\Processing_Consola\data\fletxa_E.png
 - Codi projecte\Processing_Consola\data\marxes_1.png
 - Codi projecte\Processing_Consola\data\marxes_2.png
 - Codi projecte\Processing_Consola\data\marxes_deshabilitat.png
 - Codi projecte\Processing_Consola\data\marxes_parat.png
 - Codi projecte\Processing_Consola\data\marxes0.png
 - Codi projecte\Processing_Consola\data\marxes1.png
 - Codi projecte\Processing_Consola\data\marxes2.png
 - Codi projecte\Processing_Consola\data\stop.png
 - Codi projecte\Processing_Consola\data\volante.png
 - Codi projecte\Processing_Consola\data\volante2.png

Codi projecte\Processing_Consola\data\volante2D.png
Codi projecte\Processing_Consola\data\volante2l.png
Codi projecte\Processing_Consola\data\volante3 .png
Codi projecte\Processing_Consola\data\Presencia_Si.png
Codi projecte\Processing_Consola\data\Presencia_No.png
Codi projecte\Processing_Consola\data\Claus_Si.png
Codi projecte\Processing_Consola\data\Claus_No.png

- Codi auxiliar websocket reconeixement de veu

Codi projecte\Processing_Consola\code\javax.servlet-api-3.1.0.jar
Codi projecte\Processing_Consola\code\jetty-http-9.3.6.v20151106.jar
Codi projecte\Processing_Consola\code\jetty-io-9.3.6.v20151106.jar
Codi projecte\Processing_Consola\code\jetty-security-9.3.6.v20151106.jar
Codi projecte\Processing_Consola\code\jetty-server-9.3.6.v20151106.jar
Codi projecte\Processing_Consola\code\jetty-servlet-9.3.6.v20151106.jar
Codi projecte\Processing_Consola\code\jetty-util-9.3.6.v20151106.jar
Codi projecte\Processing_Consola\code\slf4j-api-1.7.13.jar
Codi projecte\Processing_Consola\code\slf4j-simple-1.7.13.jar
Codi projecte\Processing_Consola\code\websocket-api-9.3.6.v20151106.jar
Codi projecte\Processing_Consola\code\websocket-client-9.3.6.v20151106.jar
Codi projecte\Processing_Consola\code\websocket-common-9.3.6.v20151106.jar
Codi projecte\Processing_Consola\code\websocket-server-9.3.6.v20151106.jar
Codi projecte\Processing_Consola\code\websocket-servlet-9.3.6.v20151106.jar
Codi projecte\Processing_Consola\code\webSockets.jar

- Codi Html de reconeixement de veu

Codi projecte\Web_Reconeixement_Veu\index.html

- Còpia del codi, duplicat i adaptat a la resolució de pantalla d'un portatil

Processing_Consola_portatil.rar

Arxius exemple de codi utilitzats a la fase de recerca

- Exemple Joystick

Codis exemple recerca\Analog_Joystick\Analog_Joystick.ino

- Exemple teclat numéric

Codis exemple recerca\Keypad\Keypad.ino

- Exemple LED RGB

Codis exemple recerca\RGB\RGB.ino

- Exemple Servomotor
Codis exemple recerca\servo\servo.ino
- Exemples detecció de vídeo
Codis exemple recerca\Detecció vídeo\SkeletonMaskDepth\SkeletonMaskDepth.pde
Codis exemple recerca\Detecció vídeo\Skeleton3D\Skeleton3D.pde
Codis exemple recerca\Detecció vídeo\Mask_findUsers\Mask_findUsers.pde
Codis exemple recerca\Detecció vídeo\Combinat\Combinat.pde
Codis exemple recerca\Detecció vídeo\Proves\proves.pde

Arxius d'esquema dels prototips

- Esquemata Fritzing de la consola
Documentació\Arduino_Consola.fzz
- Esquemata Fritzing del control d'accés
Documentació\Arduino_Vehicle.fzz
- Esquemata Fritzing del control d'accés
Documentació\Arduino_Control_Acces.fzz

Documentació del TFG

- Memòria del projecte
Documentació\ PAC_FINAL_mem_Bravo_JoseAngel.pdf
- Presentació del projecte
Documentació\ PAC_FINAL_prs_Bravo_JoseAngel.pdf
- Autoinforme
Documentació\ PAC_FINAL_aut_Bravo_JoseAngel.pdf

Annex 2. Codi font (extractes)

- Control de comunicació de l'sketch de consola amb arduinos

Funció que espera i rep els paràmetres:

```
//funció que rep els paràmetres per el port serie
void serialEvent(Serial p){
  Parametres=p.readStringUntil('\n');
}
```

Codi dintre Draw(), tractament dels paràmetres:

```
background(0);
//si es reben paràmetres, els tracta. Quan rep missatge de l'arduino de control RFID,
//envia codi a Arduino Mega per que el mostri per pantalla
if( (Parametres!=null)){
  //llegeix els paràmetres i els fica en un array, a la primera posició arriba el
  //tipus de control a la segona el valor per aquest paràmetre, i a la tercera dades addicionals
  String[] values=split(Parametres,",");
  print(values[0]); //mostra parametre rebut per consola
  if ((logat_psw==false)){
    if(trim(values[0]).equals("codi")){ //controla que tingui format correcte per a control d'accés
      if (trim(values[1]).equals("1")){ //si el valor del parametre indica login correcte
        logat_rfid=true; //canvia estat a logat
        enviar_arduino(2); //informa a l'arduino de login correcte
      }else{
        enviar_arduino(0); //informa a l'arduino de login incorrecte
      }
    }
  }

  if(trim(values[0]).equals("tecla")){ //controla que tingui format correcte per a al keypad
    if (trim(values[1]).equals("+")){ //si rep un asterisc, executa codi de botó acceptar
      BtPfnAcceptar(0);
    }else{
      //si rep una tecla numérica, posa el valor al camp de text
      txtPassword.setText(txtPassword.getText() + trim(values[1]));
      print(values[1]); //mostra per consola el valor de la tecla pitjada al keypad
    }
  }
}

//controla que tingui format correcte per a les accions del joystick
if(trim(values[0]).equals("joystick")){
  println (values[0]); //mostra per consola el valor de la posició del joystick
  //si rep un 1, a la tercera posició del paràmetre que indica que el valor ha canviat
  if(trim(values[2]).equals("1")){
    //segons el valor de la segona posició del paràmetre, realitza una acció o una altra
    switch(trim(values[1])){
      case "P":
        MarxaMes();
        break;
      case "B":
        MarxaMenys();
        break;
      case "D":
        MarxaDreta();
        break;
      case "E":
        MarxaEsquerre();
        break;
      case "0":
        if (present==true){Arrencar();}
        break;
    }
  }
}
Parametres=null;
}
```

Enviament de paràmetres als dos arduino:

```
//envia el codi a l'arduino per el port serie, sense el delay no arriben correctament els missatges
void enviar_arduino (int codi){
    delay(750);
    port.write(codi);
    println(codi);
}
}

//envia el codi a l'arduino per el port serie, sense el delay no arriben correctament els missatges
void enviar_arduino_nano (int codi){
    delay(750);
    port_nano.write(codi);
    println(codi);
}
}
```

- **Control d'interacció amb els botons (consola)**

Control de moviment del **ratolí** sobre els botons, mitjançant les coordenades x,y:

```
//control de si el ratolí esta sobre els botons o no
if(mouseX > 50 && mouseX < 250 && //Si el mouse es troba sobre el botó
    mouseY > 100 && mouseY < 300)
{
    if (OverBotoArrencar==false){
        OverBotoArrencar=true; //S'indica que SI que està sobre el botó
        if (present==true){ img = loadImage("boto_hover.png");}
    }
}
else
{
    if (OverBotoArrencar==true){
        OverBotoArrencar=false; //S'indica que NO que està sobre el botó
        img = loadImage("boto.png");
    }
}

if(mouseX > 650 && mouseX < 850 && //Si el mouse es troba sobre el botó
    mouseY > 100 && mouseY < 300)
{
    if (OverBotoSortir==false){
        OverBotoSortir=true; //S'indica que SI que està sobre el botó
        img_exit = loadImage("Exit-2_hover.png");
    }
}
else
{
    if (OverBotoSortir==true){
        OverBotoSortir=false; //S'indica que NO que està sobre el botó
        img_exit = loadImage("Exit-2.png");
    }
}
}
```

Accions a realitzar segons el botó sobre el qual estigui el ratolí en fer clic.

```
//controla si es polsa el ratolí, per arrencar-parar el sistema mitjançant el botó
//canvia textos, alarmes i esquema
void mousePressed() { //Si el mouse está sobre el botó i es detecta presència
if (present==true) {
    if (OverBotoArrencar==true) {
        Arrencar();
    }
    if (Engelat==true){
        if (OverBotoMes==true) {
            MarxaMes();
        }
        if (OverBotoMenys==true){
            MarxaMenys();
        }
    }
    if (OverBotoStop==true){
        MarxaStop();
    }
}
}
```

```

    if (OverBotoDreta==true){
        MarxaDreta();
    }
    if (OverBotoEsquerre==true){
        MarxaEsquerre();
    }
    if (OverBotoCentre==true){
        MarxaCentre();
    }
}
}

if (OverBotoSortir==true && logat_psw==true){ //si el ratolí està sobre el botó de sortir
    sortir();
}
}
}

```

Control de moviment de **les mans** sobre els botons, mitjançant les coordenades x,y:

```

if ((pos_x>50 && pos_x<250) &&
    (pos_y>100 && pos_y<300))
{
    MaOverBotoArrencar=true;
}else{
    MaOverBotoArrencar=false;
}

if ((pos_x>550 && pos_x<625) &&
    (pos_y>360 && pos_y<435)){
    MaOverBotoMes=true;
}else{
    MaOverBotoMes=false;
}

if ((pos_x>550 && pos_x<625) &&
    (pos_y>665 && pos_y<740)){
    MaOverBotoMenys=true;
}else{
    MaOverBotoMenys=false;
}

if ((pos_x>550 && pos_x<625) &&
    (pos_y>513 && pos_y<588)){
    MaOverBotoStop=true;
}else{
    MaOverBotoStop=false;
}

if ((pos_x>450 && pos_x<525) &&
    (pos_y>365 && pos_y<440)){
    MaOverBotoDreta=true;
}else{
    MaOverBotoDreta=false;
}

if ((pos_x>245 && pos_x<320) &&
    (pos_y>420 && pos_y<495)){
    MaOverBotoCentre=true;
}else{
    MaOverBotoCentre=false;
}

if ((pos_x>50 && pos_x<125) &&
    (pos_y>365 && pos_y<440)){
    MaOverBotoEsquerre=true;
}else{
    MaOverBotoEsquerre=false;
}
}

```

Accions a realitzar segons el botó sobre el qual estigui la mà

```
if (MaOverBotoArrencar==true){
    if(handState==KinectPV2.HandState_Closed){
        Arrencar();
    }
}
if (MaOverBotoMes==true){
    if(handState==KinectPV2.HandState_Closed){
        MarxaMes();
    }
}

if (MaOverBotoMenys==true){
    if(handState==KinectPV2.HandState_Closed){
        MarxaMenys();
    }
}

if (MaOverBotoStop==true){
    if(handState==KinectPV2.HandState_Closed){
        MarxaStop();
    }
}

if (MaOverBotoDreta==true){
    if(handState==KinectPV2.HandState_Closed){
        MarxaDreta();
    }
}

if (MaOverBotoCentre==true){
    if(handState==KinectPV2.HandState_Closed){
        MarxaCentre();
    }
}

if (MaOverBotoEsquerre==true){
    if(handState==KinectPV2.HandState_Closed){
        MarxaEsquerre();
    }
}
}
```

- **Funcions de control del reconeixement de veu (consola)**

```
import websockets.*;
WebSocketServer socket;

void websocketServerEvent(String msg){

    String msg_ = msg.replaceAll("\\s","");
    Boolean comandament_correcte=false;

    println(msg_);

    //si la paraula és engegar (o similars)
    if ((msg_.equals("engegar")==true)|| (msg_.equals("engega")==true)|| (msg_.equals("apagar")==true)||
        (msg_.equals("apaga")==true)|| (msg_.equals("arrencar")==true)|| (msg_.equals("arrencar")==true)){
        if ((
            (Engelat==false) &&
                (
                    (msg_.equals("engegar")==true)|| (msg_.equals("engega")==true||
                    (msg_.equals("arrencar")==true)|| (msg_.equals("arrencar")==true))
                )
            )
            || (Engelat==true) &&
                (
                    (msg_.equals("apagar")==true)|| (msg_.equals("apaga")==true)
                )
            )
        ){
            if (present==true){
                Arrencar();
                comandament_correcte=true;
            }
        }
    }
}
```



```

    }
}

if (Engegat==true){ //si està engegat, permet comandaments de marques

    if ((msg_.equals("endavant")==true) || (msg_.equals("davant")==true)){
        MarxaMes();
        comandament_correcte=true;
    }
    if ((msg_.equals("endarrere")==true) || (msg_.equals("darrere")==true)){
        MarxaMenys();
        comandament_correcte=true;
    }
    if ((msg_.equals("parar")==true) || (msg_.equals("arar")==true) || (msg_.equals("para")==true) ||
    (msg_.equals("stop")==true)){
        MarxaStop();
        comandament_correcte=true;
    }
}

if ((msg_.equals("esquerre")==true) || (msg_.equals("esquerra")==true)){
    MarxaEsquerre();
    comandament_correcte=true;
}
if ((msg_.equals("centre")==true) || (msg_.equals("entre")==true)){
    MarxaCentre();
    comandament_correcte=true;
}
if (comandament_correcte==true){
    lblVeu.setText("Reconeixement de veu: " +msg_);
}else {
    lblVeu.setText("Reconeixement de veu: Comandament no reconegut (" +msg_+"");
}
}
]else[ // si no esta engegat
    if (Engegat==false){ //si no esta engegat, permet apagar
        if ((msg_.equals("apagar")==false) || (msg_.equals("apaga")!=false) || (msg_.equals("paga")!=false)){
            lblVeu.setText("Reconeixement de veu: Encara no engegat no pot " +msg_);
        }else{
            lblVeu.setText("Reconeixement de veu: apagat ");
        }
    }
}
if (present!=true){
    lblVeu.setText("Reconeixement de veu: No valid sense presència!");
}
if(msg_.equals("sortir")){ //si el comandament per veu es sortir.
    sortir();
}
}
}

```

- **Funcions de control de la càmera Kinect (consola)**

Captura i tractament de les imatges captades per la càmera

```

void captura_video(){
//Mostrar les mans captades per vídeo
//Captura els objectes detectats dintre un array
ArrayList<KSkeleton> skeletonArray = kinect.getSkeletonDepthMap();
for (int i = 0; i < skeletonArray.size(); i++) { //Recorre els objectes detectats per comprovar-los
    KSkeleton skeleton = (KSkeleton) skeletonArray.get(i);
    if (skeleton.isTracked()) { //si es troba l'esquelet computa les connexions
        KJoint[] joints = skeleton.getJoints();
        //crida funcio que pinta la mà, passant com a paràmetre si es dreta o esquerra
        drawHandState(joints[KinectPV2.JointType_HandLeft], "E");
        drawHandState(joints[KinectPV2.JointType_HandRight], "D");
    }
}
//contar persones presents, captades per vídeo
int [] rawData = kinect.getRawBodyTrack();//conta persones detectades, agafa les dades de la càmera
present = false; //inicialitza a que no s'ha trobat ningú
for(int j = 0; j < rawData.length; j+=5){ //itera fins a 6 vegades, per cercar persones detectades
    if(rawData[j] != 255){ //255 significa que no hi ha persona detectada
        present = true; //S'ha trobat algú, s'indica amb la variable
        break;
    }
}
}
//pinta en pantalla el número de persones trobades
lblPresencia.setText("Persones presents: "+kinect.getNumOfUsers());
}
}

```


Pinta les marques de les mans, en la posició de la imatge

```
//Pinta un cercle segons l'estat de la mà corresponent, rebuda per paràmetre
void drawHandState(KJoint joint, String ma) {

    pushMatrix();

    float pos_x=joint.getX()*1.7578125; //multiplica per valor segons tamany de pantalla original
    float pos_y=joint.getY()*2.12264151;
    handState(joint.getState(), pos_x,pos_y,ma); //pinta la mà en la posició calculada

    translate(pos_x, pos_y, joint.getZ()); //aplica translacions necessaries
    ellipse(0, 0, 70, 70); //pinta el cercle sobre la mà
    popMatrix(); //consolida els canvis
}
}
```

- **Funcions de l'sketch Arduino de consola**

Llegeix la posició del joystick

```
switch (digitalRead(SW_pin)){ //comprova si s'ha polsat el joystick
    case 0:
        joystick_0=1;
        break;
    case 1:
        joystick_0=0;
        break;
}

//llegeix valors analògics, segons els quals, se sap la posició del joystick
//valor horitzontal del joystick (girs dreta o esquerre)
if ((analogRead(X_pin)>250 && analogRead(X_pin)<750)){ //està al centre
    joystick_E=0;//indica que no està ni a l'esquerra,
    joystick_D=0;//ni a la dreta
}
if (analogRead(X_pin)<250){ //està a l'esquerre
    joystick_E=1;//indica que està a l'esquerre
    joystick_D=0;// i no a la dreta
}
if (analogRead(X_pin)>750){ //està a la dreta
    joystick_D=1;//indica que està a la dreta
    joystick_E=0;//i no a l'esquerre
}

//valor vertical del joystick (augmentar o disminuir velocitat)
if ((analogRead(Y_pin)>250 && analogRead(Y_pin)<750)){ //està al centre
    joystick_P=0;//indica que no està a dalt
    joystick_B=0;//indica que no està a baix
}
if (analogRead(Y_pin)<250){ //està a baix
    joystick_P=0;//indica que no està a dalt
    joystick_B=1;//indica que SI està a baix
}
if (analogRead(Y_pin)>750){ //està a dalt
    joystick_P=1;//indica que SI està a dalt
    joystick_B=0;//indica que no està a baix
}
```

Control de canvis de l'estat del joystick, i enviament de paràmetres per USB

```
//comprova estats anteriors amb estat actual, i si ha canviat,
//envia paràmetre per port serie
if (joystick_P_ant!=joystick_P){ //comprova estat vertical, pujar
  Serial.print("joystick,"); //genera primera part del paràmetre a enviar
  Serial.print("P,"); //genera segona part del paràmetre a enviar
  Serial.println(joystick_P); //completa i envia paràmetre
}

if (joystick_B_ant!=joystick_B){ //comprova estat vertical, baixar
  Serial.print("joystick,"); //genera primera part del paràmetre a enviar
  Serial.print("B,"); //genera segona part del paràmetre a enviar
  Serial.println(joystick_B); //completa i envia paràmetre
}

if (joystick_D_ant!=joystick_D){ //comprova estat horitzontal, dreta
  Serial.print("joystick,"); //genera primera part del paràmetre a enviar
  Serial.print("D,"); //genera segona part del paràmetre a enviar
  Serial.println(joystick_D); //completa i envia paràmetre
}

if (joystick_E_ant!=joystick_E){ //comprova estat horitzontal, esquerra
  Serial.print("joystick,"); //genera primera part del paràmetre a enviar
  Serial.print("E,"); //genera segona part del paràmetre a enviar
  Serial.println(joystick_E); //completa i envia paràmetre
}

if (joystick_0_ant!=joystick_0){ //comprova valor de pulsació del joystick
  Serial.print("joystick,"); //genera primera part del paràmetre a enviar
  Serial.print("0,"); //genera segona part del paràmetre a enviar
  Serial.println(joystick_0); //completa i envia paràmetre
}
}
```

Recepció i tractament de dades arribades per port USB

```
if (Serial.available()) { //Si Arduino rep dades a través del port serie
  byte dato = Serial.read(); // llegeix la dada que arriba
  String myString = String(dato); //l'emmagatzema en una variable
  myGLCD.print(myString,470,0); //pinta per pantalla la dada rebuda

  if (dato==10){ //si el codi rebut és: no gir
    msg[0]=5; //munta dades per enviar per radio
    radio.write(msg, 1); //envia les dades per radio
    beep_rebut(); //fa senyal acústic
    myGLCD.drawBitmap(100, 100,40,40,volant,4); //pinta el volant recte a pantalla
  }
  if (dato==11){ //si el codi rebut és: Gir dreta
    msg[0]=6; //munta dades per enviar per radio
    radio.write(msg, 1); //envia les dades per radio
    beep_rebut(); //fa senyal acústic
    myGLCD.drawBitmap(100, 100,40,40,volantD,4); //pinta el volant girat a pantalla
  }
  if (dato==12){ //si el codi rebut és: Gir esquerra
    msg[0]=7; //munta dades per enviar per radio
    radio.write(msg, 1); //envia les dades per radio
    beep_rebut(); //fa senyal acústic
    myGLCD.drawBitmap(100, 100,40,40,volantE,4); //pinta el volant girat a pantalla
  }
}
```

• Funcions de l'sketch Arduino de control de presència

Recepció de dades port serie

```
if (Serial.available()) { //Si Arduino rep dades a través del port serie
  byte dato = Serial.read(); // llegeix la dada que arriba
  if (dato==0){
    no_connectat();
  }
  if (dato==1){
    connectat();
  }
  if (dato==3){
    no_engegat();
  }
  if (dato==2){
    engegat();
    logat=false;
  }
}
```

Lectura de targeta mitjançant sensor RFID

```
void readRFID()
{
  //comença la lectura de la targeta
  rfid.PICC_ReadCardSerial();
  MFRC522::PICC_Type piccType = rfid.PICC_GetType(rfid.uid.sak);

  // comprova que sigui del tipus correcte
  if (piccType != MFRC522::PICC_TYPE_MIFARE_MINI &&
      piccType != MFRC522::PICC_TYPE_MIFARE_1K &&
      piccType != MFRC522::PICC_TYPE_MIFARE_4K) {
    Serial.println(F("Your tag is not of type MIFARE Classic."));
    return;
  }

  //munta el codi amb la lectura rebuda
  uidString = String(rfid.uid.uidByte[0])+ " "+String(rfid.uid.uidByte[1])+ " "+String(rfid.uid.uidByte[2])+ " "+String(rfid.uid.uidByte[3]);
  //comproba que la targeta llegida estigui entre les correctes
  int i = 0;
  boolean match = true;
  while(i<rfid.uid.size) {
    if(! (rfid.uid.uidByte[i] == code[i] && (rfid.uid.uidByte[i] == code2[i]) ) ) {
      match = false;
    }
    i++;
  }

  if(match) { //si la targeta es correcta, envia codi 1 a processing
    Serial.println("codi,1");
    rfid_ok=true;
  } else { //si no es correcta, envia el codi 0 a processing i pinta el led en vermell
    Serial.println("codi,0");
    no_connectat();
  }

  // finalitza lectura de targeta
  rfid.PICC_HaltA();
  rfid.PCD_StopCryptol();
}
```

Definició de tecles polsades al keypad

```
//include, definicions i inicialitzacions per al keypad
#include <Keypad.h>

const byte ROWS = 4; //four rows
const byte COLS = 4; //four columns
//Definició del keypad
char hexaKeys[ROWS][COLS] = {
  {'1','2','3','A'},
  {'4','5','6','B'},
  {'7','8','9','C'},
  {'*','0','#','D'}
};
byte rowPins[ROWS] = { 8, 7, 6,5}; //connect to the row pinouts of the keypad
byte colPins[COLS] = {A2,A3,A4,A5}; //connect to the column pinouts of the keypad

//initialize an instance of class NewKeypad
Keypad customKeypad = Keypad( makeKeymap(hexaKeys), rowPins, colPins, ROWS, COLS);
```

Control de tecles polsades al keypad

```
char customKey = customKeypad.getKey(); //lectura de la tecla polsada
if (customKey){ //si hi ha una tecla polsada
  Serial.print("tecla,"); //envia primera part del paràmetre
  Serial.println(customKey); //envia segona part del paràmetre
}
```

Annex 3. Codi extern utilitzat

- **Speech to Text (STT) Library for Processing de Florian Schulz**

Pàgina HTML:

```
<!DOCTYPE HTML>
<html>
<head>
  <script type="text/javascript">

    // We need to check if the browser supports WebSockets

    if ("WebSocket" in window) {

      // Before we can connect to the WebSocket, we need to start it in Processing.

      var ws = new WebSocket("ws://localhost:1337/pWebSocket");
    } else {

      // The browser doesn't support WebSocket

      alert("WebSocket NOT supported by your Browser!");
    }

    // Now we can start the speech recognition
    // Supported only in Chrome
    // Once started, you need to allow Chrome to use the microphone

    var recognition = new webkitSpeechRecognition();

    // By default, Chrome will only return a single result.
    // By enabling "continuous", Chrome will keep the microphone active.

    recognition.continuous = true;

    recognition.onresult = function(event) {

      // Get the current result from the results object
      var transcript = event.results[event.results.length-1][0].transcript;

      // Send the result string via WebSocket to the running Processing Sketch
      ws.send(transcript);
    }

    // Start the recognition
    recognition.start();

    // Restart the recognition on timeout
    recognition.onend = function(){
      recognition.start();
    }

  </script>
</head>
<body>
</body>
</html>
```

Processing:

```
/*
  Simple WebSocketServer example that can receive voice transcripts from Chrome
  Requires WebSockets Library: https://github.com/alexandrainst/processing\_websockets
  */

import websockets.*;

WebSocketServer socket;

void setup() {
  socket = new WebSocketServer(this, 1337, "/p5websocket");
}

void draw() {
  background(0);
}

void websocketServerEvent(String msg){
  println(msg);
}
```

Annex 4. Modificació càmera Kinect V2^[7]

Procés de modificació de la càmera Kinect V2 per tal que pugui ser adaptada i funcional connectada a un ordinador personal.

Materials necessaris:

- Kinect V2
- Font d'alimentació
- Cable USB 3.0
- Cable elèctric
- Soldador elèctric i estany
- Tornavís de precisió
- Cutter

El principal problema que ens trobem a l'hora que una càmera Kinect v2 funcioni amb un PC és que el cable de connexió d'aquesta és un USB 3.0 però amb unes modificacions que fan que no encaixi amb les entrades del PC. Per solucionar-ho, s'ha d'extreure aquest cable i posar un d'USB 3.0 estàndards, a més d'adaptar-hi una font d'alimentació externa.

1- Desmuntatge de la carcassa



Figura 77: Desmuntatge de la carcassa de la Kinect

2- Identificació dels punts on fer les soldadures (massa i 10]

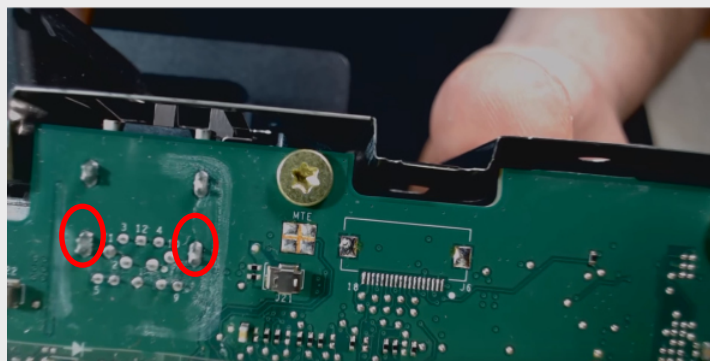


Figura 78: Identificació dels punts a soldar de la Kinect

Imatges pròpies i captures de pantalla de youtube propietat de Daley Tech

3- Preparació dels cables de la font d'alimentació

Si els cables de la font d'alimentació tenen terminal, aquest s'haurà de tallar, pelant i deixant fora el coure, per tal de poder fer després la soldadura.

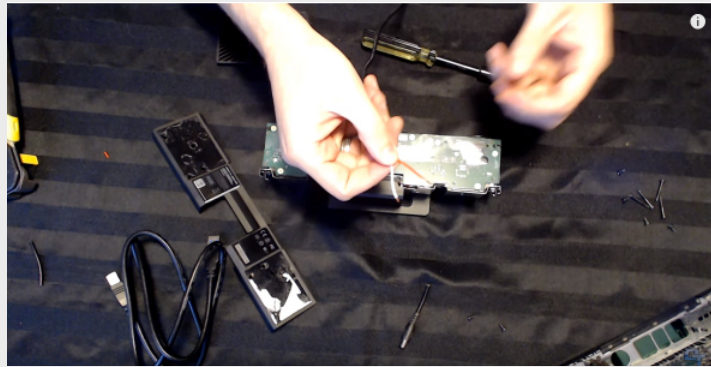


Figura 79: Detall dels cables de la font d'alimentació de la Kinect

4- Inserció i soldadura dels cables

S'introdueixen els cables pel forat de la carcassa on hem tret el cable original, i es col·loquen sobre el seu respectiu pin de la placa (negre= massa, color=10]

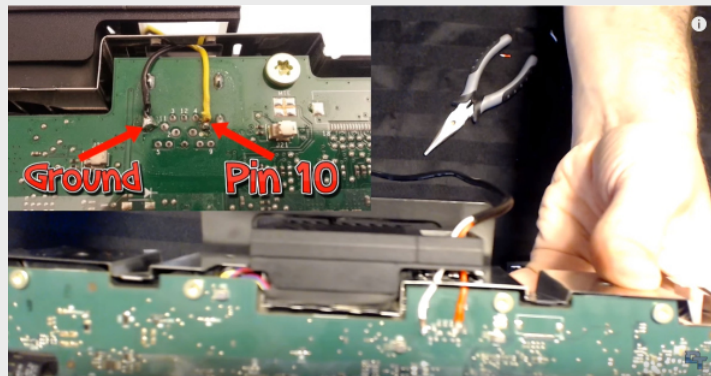


Figura 80: Detall dels cables soldats de la Kinect



Figura 81: Soldatge dels cables de la Kinect

5- Muntatge de la carcassa



Figura 82: Muntatge de la carcassa de la Kinect

6- Inserció del cable USB 3.0 a la seva connexió

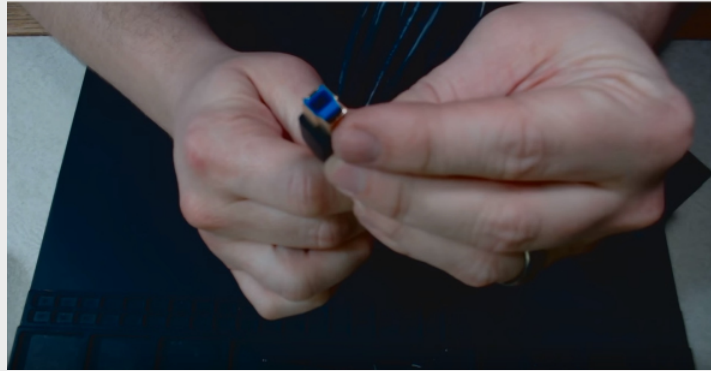


Figura 83: Detall del cable USB 3.0 de la Kinect



Figura 84: Inserció del cable USB a la Kinect

7- Per últim, és convenient assegurar les connexions i els cables per tal que no es puguin dessoldar en cas de tibada accidental.



Figura 85: Detall de l'acabat del cable de la Kinect

8 - Resultat final

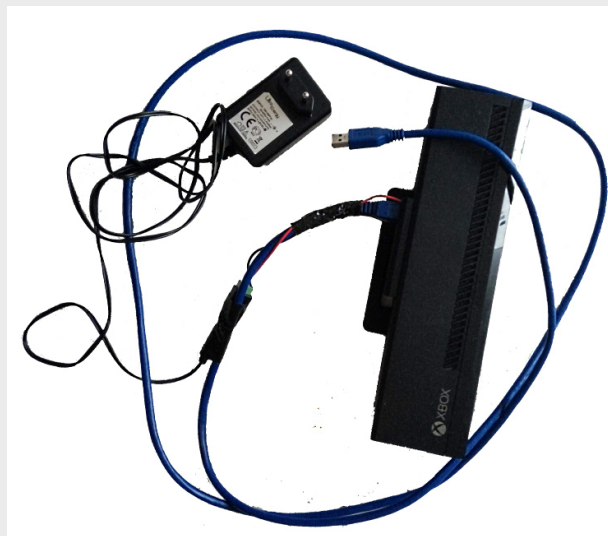


Figura 86: Detall de la Kinect modificada

Annex 5. Codificació comunicacions

- **Codis de l'sketch de consola a l'Arduino (Mega) principal de consola**
Missatge enviat mitjançant un sol byte a través del port USB.

- 0 - Entrada incorrecta de la identificació.
- 1 - Entrada a la pantalla de login, o primera execució de consola.
- 2 - Entrada correcta de la identificació.
- 3 - Arrencar/parar el vehicle
- 4 - Pujar marxa al vehicle.
- 5 - Baixar marxa al vehicle.
- 6 - Parar el vehicle.
- 7 - Detecció afirmativa de presència.
- 8 - Detecció negativa de presència.
- 9 - Tancament de l'sketch.
- 10 - Centrar gir.
- 11 - Girar a la dreta.
- 12 - Girar a l'esquerra.

- **Codis de l'Arduino (Mega) de consola a l'sketch de consola (USB).**

Missatge codificat amb paraula clau (joystick), un caràcter per determinar l'acció, i un 0 o 1 per indicar si l'acció comença o acaba. Aquests codis són enviats, separats per comes, a través del port USB.

joystick,0,[0 o 1] - pulsació de joystick per parar el vehicle.

joystick,P,[0 o 1] - pulsació de joystick per pujar marxa al vehicle.

joystick,B,[0 o 1] - pulsació de joystick per baixar marxa al vehicle.

joystick,D,[0 o 1] - pulsació de joystick per girar a la dreta.

joystick,E,[0 o 1] - pulsació de joystick per girar a l'esquerra.

- **Codis de l'Arduino (Mega) de consola al vehicle (Ràdio).**

Missatge enviat mitjançant un sol byte mitjançant ràdio.

- 0 - Consola no funcional per al vehicle
- 1 - Engegar el sistema
- 2 - Pujar marxa del motor.
- 3 - Baixar marxa del motor.
- 4 - Parar el motor.
- 5 - Centrar gir servo
- 6 - Girar a la dreta servo.
- 7 - Girar a l'esquerra servo.

- **Codis de l'sketch de consola a l'Arduino(Nano) controlador d'accés (USB).**

Missatge enviat mitjançant un sol byte a través del port USB.

0 - Entrada correcta de la identificació.

1 - Entrada incorrecta de la identificació

2 - Entrada a la pantalla de login, o primera execució de consola.

3 - Senyal de tancament de l'sketch.

- **Codis de l'Arduino (Nano) controlador d'accés a l'sketch de consola. (USB).**

Missatge enviat mitjançant paraula identificativa de l'acció, i un codi d'un sol byte, separats per coma i enviats a través del port USB. Els missatges poden ser codificats com a 'tecla' o com a 'codi', en el primer cas, el codi serà la tecla polsada al keypad, al segon, un 1 o 0 segons sigui correcta o no la identificació mitjançant RFID.

Tecla,[tecla polsada] - envia la tecla polsada al keypad.

codi,1 - Detecció de tarjeta RFID correcta.

codi,2 - Detecció de tarjeta RFID incorrecta.

Annex 6. Plantilles de documents de tests d'usabilitat

Screening

Screeener - Test d'usabilitat

Hola, El meu nom és XXXXXXX. de l'empresa XXXXXXXX que està buscant gent per a prendre part en un test d'usabilitat per a l'evaluació d'un sistema de control de vehicles

Aquest estudi vol comprovar que la consola de control sigui fàcil d'utilitzar, per a millorar-la si s'escau. El test s'efectuarà el pròxim més de xxxxx, a les nostres oficines de xxxxx. En cas de ser triat per a l'estudi, considerem que podrà ajudar a gent com vostè, i a vostè mateix a aprofitar-se de les millores d'aquesta interfície.

Si pensa que pot estar interessat, abans de concretar una sessió d'aquestes proves, ens agradaria que contestés unes senzilles preguntes:

- Ets home o dona? [**H**, **D**]
- Quina és la teva edat? [**-18, 18-25, 26-39, 40-60, +60**]
- Estat civil? [**solter/a, en parella, casat/da, divorciat/da, vidu/a**]
- Tens fills? [**Si, No**] Quants? [**1-3, +3**]
- Treballes? [**jubilat, parat, compte propi, compte aliè**]
- Quin rang defineix els teus ingressos anuals? [**-12.000, 12.000-28.000, 28.000-36.000, +36.000**]
- Condueixes habitualment? [**Si, No**]
- T'agrada utilitzar tecnologia? (ordinadors, telèfons, ús d'internet, etc.) [**Si, No**]
- Utilitzes internet habitualment? [**molt, bastant, poc o mai**]

Dades de contacte

Nom:

Direcció:

Telèfon:

Població:

C.P.:

Correu electrònic:

Aquestes són totes les preguntes que tenim per a tu en aquest moment. Si encaixes en el perfil, podries participar el dia 15 de gener? **XX** Quina hora és millor per a tu? **XX:XX**

Abans de començar se't demanarà firmar un consentiment de gravació en vídeo. Aquesta gravació només s'utilitzarà per a la realització de l'estudi. Ho acceptaries? **XX**

L'estudi es realitzarà al nostre laboratori de Barcelona, confirmarem la cita en un parell de dies i t'informarem de la direcció de la nostra oficina i l'horari en què es portarà a terme l'estudi.

Moltes gràcies per participar en aquesta preselecció.

Qüestionari Pre-Test

Nom complet:	Edat:
Sexe: Home <input type="checkbox"/> Dona <input type="checkbox"/>	E. civil: Solter/a <input type="checkbox"/> Casat/da <input type="checkbox"/> En parella <input type="checkbox"/>
Fills: 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> més <input type="checkbox"/>	Edats dels fills:
Treballa: Compte Propi <input type="checkbox"/> Compte aliè <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Nivell Ingressos: Alt <input type="checkbox"/> Mitjà <input type="checkbox"/> Baix <input type="checkbox"/>
Quantes hores d'internet et connectes a la setmana? Menys de 5 <input type="checkbox"/> Entre 5 i 10 <input type="checkbox"/> Entre 10 i 15 <input type="checkbox"/> Més de 15 <input type="checkbox"/>	
En general t'agrada l'ús d'internet i noves tecnologies? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Condueixes el cotxe habitualment? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
En navegar per internet utilitzes: PC <input type="checkbox"/> Smartphone <input type="checkbox"/> Tablet <input type="checkbox"/> Altres <input type="checkbox"/>	
Condueixes algun altre tipus de vehicle? Quins? Freqüència? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
T'agraden els videojocs? Quins dispositius utilitzes per jugar? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	

Fitxa de recollida de dades

Test D'usabilitat - Recollida de dades

Usuari:

Tasca 1							
	Temps	Nº intents	Exit?	Li ha semblat fàcil?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
Usuari 1							

Tasca 2							
	Temps	Nº intents	Exit?	Li ha semblat fàcil?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
Usuari 1							

Tasca 3							
	Temps	Nº intents	Exit?	Li ha semblat fàcil?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
Usuari 1							

Tasca 4							
	Temps	Nº intents	Exit?	Li ha semblat fàcil?	Sensacions expressades	Comentaris disseny	Gestos
Usuari 1							

Anotacions finals:

Qüestionari Post-Test

Usuari: _____

Molt ni d'acord Molt

en desacord ni desacord d'acord

		1	2	3	4	5
1	M'ha costat molt trobar les opcions que necessitava	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	He trobat les opcions molt fàcils d'utilitzar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	Crec que necessitaria ajuda per a utilitzar-lo habitualment	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Les funcions estan ben integrades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	Sovint m'he perdut i he hagut de tornar a començar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Es pot comandar el vehicle molt fàcilment	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	No he entès alguna de les funcions	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Alguna de les feines m'ha sigut impossible de realitzar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	M'he trobat a gust utilitzant el sistema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	Cal aprenentatge addicional per utilitzar el sistema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Digues les dues coses que **MÉS** t'han agradat del sistema:

1. _____

2. _____

Digues les dues coses que **MENYS** t'han agradat del sistema:

1. _____

2. _____

Altres comentaris que consideris interessants

Consentiment per ser gravat en video

Jo, _____
, amb DNI número _____, autoritzo la captació de la imatge, veu i testimoni a José Ángel Bravo, amb domicili a Terrassa i NIF XX.XXX.XXX-X, les quals es podran utilitzar amb l'única i exclusiva finalitat d'anàlisi de l'estudi de l'usabilitat del sistema de control, i del qual he estat informat/da.

En cas de revocació del consentiment s'ha d'avisar per escrit a l'adreça electrònica:

josea_bravo@uoc.edu

També accepto que tota la informació intercanviada és propietat exclusiva de

José ángel Bravo.

Signat:

Annex 7. Bibliografia/Webgrafia/referències

Bravo Montañez, José Ángel. [Maig de 2018] [Pràctica de Disseny d'interacció \[arxiu de vídeo\] disponible a: <https://vimeo.com/271858766>](https://vimeo.com/271858766)

[Bravo Montañez, José Ángel. Pràctica de Disseny d'interacció](#)

[Bravo Montañez, José Ángel. Pràctica 1 d'Usabilitat. Disseny test d'usabilitat amb usuaris.](#)

[Vilanova Àngeles, Santiago. Teclats. PID_00184734. FUOC](#)

[Vilanova Àngeles, Santiago. Dispositius apuntadors. PID_00184735. FUOC](#)

[Vilanova Àngeles, Santiago. Dispositius electrònics. PID_00184737. FUOC](#)

[Manau Galtés, Oriol, Processing. PID_00216125. FUOC](#)

[1] Col·laboradors de la Viquipèdia. Dead man's switch. [en línia] [Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure, 2018. \[data de consulta: setembre de 2018\]](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Dead_man%27s_switch&oldid=860584679) , disponible a <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Dead_man%27s_switch&oldid=860584679>

[2] [Processing.org. Processing \[en línia\] \[data de consulta Octubre de 2018\] disponible a: < https://Processing.org/>](https://Processing.org/)

[3] col.laboradors de Wikipedia. Kinect [en línia] . [Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure, 2018. \[data de consulta: setembre de 2018\]](https://es.wikipedia.org/wiki/Kinect#Kinect_2.0) , Disponible a <https://es.wikipedia.org/wiki/Kinect#Kinect_2.0>.

[4] Shiffman, Daniel. Getting Started with Kinect and Processing [en línia] . [Shiffman.net. \[data de consulta: setembre de 2018\]](https://shiffman.net/p5/Kinect/) , Disponible a <<https://shiffman.net/p5/Kinect/>>

[5] ¿Que es RFID? [en línia] . Nüo, 2010. [data de consulta: octubre de 2018] , Disponible a <<https://www.by.com.es/blog/que-es-rfid/>>

[6] Florian Schulz. Speech recognition for java/Processing. [Juny de 2017] [florianschulz.info \[en línia\] \[data de consulta Abril de 2018\] disponible a: <http://florianschulz.info/stt/>](http://florianschulz.info)

[7] Daley Tehc [2017, Maig 26] How to Hack Xbox One Kinect to Work on Windows 10 PC disponible a:<<https://www.youtube.com/watch?v=I0rWWT24TNE>>

[8] Pantalla TFT LCD táctil con Arduino. [juny de 2017] [Arduino para todos \[en línia\] \[data de consulta Octubre de 2018\] disponible a: < http://arduparatodos.blogspot.com/2017/06/pantalla-tft-lcd-tactil-con-arduino.html>](http://arduparatodos.blogspot.com/2017/06/pantalla-tft-lcd-tactil-con-arduino.html)

[9] Thomas Sanchez Lengeling.[2014] Works and Portfolio of Thomas Sanchez Lengeling [en línia] [data de consulta Octubre de 2018] disponible a: <<http://codigogenerativo.com/>>

[10] The coding train. Daniel Shiffman. [2015, novembre 25] . 12.4: Average Point Hand Tracking - Kinect and Processing Tutorial. disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=Kr4s5sLoROY>>

[11] mmsouto. Dudas con pines 0.1 y 13 de Arduino Uno. [forum.arduino.cc \[en línia\] \[Febrer de 2012\] Arduino.CC \[data de consulta Octubre de 2018\] disponible a: < https://forum.arduino.cc/index.php?topic=93491.0](https://forum.arduino.cc/index.php?topic=93491.0)

[12] 5 proyectos divertidos para hacer con Arduino y LEGO. [https://descubrearduino.com/ \[en línia\] \[data de consulta Octubre de 2018\] disponible a: < https://descubrearduino.com/5-proyectos-divertidos-para-hacer-con-arduino-y-lego/>](https://descubrearduino.com/)

[13] 15 lego projects. [Arduino Project Hub \[en línia\] \[data de consulta Octubre de 2018\] disponible a: < https://create.arduino.cc/projecthub/projects/tags/lego>](https://create.arduino.cc/projecthub/projects/tags/lego)

[14] [Arduino. \[en línia\] \[data de consulta Octubre de 2018\] disponible a: <https://www.Arduino.cc/>](https://www.Arduino.cc/)

[15] Yúbal FM. [julio 2018] Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno. [Xataka \[en línia\] \[data de consulta Octubre de 2018\] disponible a: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>](https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno)

[16] Infoimon [gener 2018]Visión por computador: qué es y cuáles son sus usos más comunes. [R]evolución artificial[en línia] [data de consulta Octubre de 2018] disponible a: < <https://blog.infaimon.com/vision-computador-soluciones-permite/>

[17] Col·laboradors de la Viquipèdia. Visió artificial [en línia]. [Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure, 2017 \[data de consulta: Octubre de 2018\]. Disponible en <ca.wikipedia.org/w/index.php?title=Visi%C3%B3_artificial&oldid=19335810>](https://ca.wikipedia.org/w/index.php?title=Visi%C3%B3_artificial&oldid=19335810)

[18] Joan Soler-Adillon. Dossier — Kinect y Processing. [Laboratorio de programacion creativa \[en línia\] \[data de consulta Octu-](#)

- bre de 2018] disponible a: <<http://multimedia.uoc.edu/blogs/labpc/es/2017/07/07/dossier-Kinect-i-processing/>>
- [19] Col·laboradors de la Viquipèdia. Kinect [en línia] . Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure, 2018 [data de consulta: 21 de setembre del 2018] . Disponible en <ca.wikipedia.org/w/index.php?title=Kinect&oldid=20319368>.
- [20] Col·laboradors de la Viquipèdia. Reconeixement de la parla [en línia] . Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure, 2018 [data de consulta: 6 de setembre del 2018] . Disponible en <ca.wikipedia.org/w/index.php?title=Reconeixement_de_la_parla&oldid=20279351>.
- [21] Usos para la Tecnología de Reconocimiento de Voz. Lumenvox [en línia] [data de consulta Octubre de 2018] disponible a: <<https://www.lumenvox.com/espanol/resources/tips/uses-of-speech-recognition.aspx>>
- [22] Tecnología de reconocimiento de voz. Ordenadores y portátiles. [en línia] [data de consulta Octubre de 2018] disponible a: <<http://www.ordenadores-y-portatiles.com/reconocimiento-de-voz.html>>
- [23] Clark Boyd. The past, present and future of speech recognition technology. The startup [en línia] [data de consulta Octubre de 2018] disponible a: <<https://medium.com/swlh/the-past-present-and-future-of-speech-recognition-technology-cf13c179aaf>>
- [24] ¿Qué es XAMPP?. Apachefriends.org [en línia] [data de consulta Octubre de 2018] disponible a: <<https://www.apachefriends.org/es/index.html>>
- [25] Col·laboradors de la Viquipèdia. Servidor HTTP Apache [en línia] . Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure, 2017 [data de consulta: 19 de novembre del 2017] . Disponible en <ca.wikipedia.org/w/index.php?title=Servidor_HTTP_Apache&oldid=19203841>.
- [26] Logiscenter. Si quieres saber qué es la tecnología RFID y cómo funciona esta es tu guía [en línia] [data de consulta Octubre de 2018] disponible a: <https://www.logiscenter.com/que-es-rfid?gclid=CjwKCAjwu5veBRBBEiwAFTqDwUJbctXRg-GEBKM5B-P1IyyuOp-zkM2cElreg3bSyqkEBDoyOi1-N1RoCGgAQAvD_BwE>
- [27] Tecnología RFID. DipoleRFID. [en línia] [data de consulta Octubre de 2018] disponible a: <<http://www.dipolerfid.es/es/tecnologia-RFID>>
- [28] Rfid: qué es y cómo funciona. Universidad internacional de Valencia. [en línia] [data de consulta Octubre de 2018] disponible a: <<https://www.universidadviu.es/rfid-que-es/>>
- [29] ¿Para qué sirve la tecnología RFID?. Grupo Fractalía. [en línia] [data de consulta Octubre de 2018] disponible a: <<https://www.fractaliasystems.com/para-que-sirve-la-tecnologia-rfid/>>
- [30] Mark H. [2018, Març 5] . DIY Kinect Adapter with Disassembly for Xbox One S, X and PC. disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=7lQ93qzggos>>
- [31] Col·laboradors de la Viquipèdia. Ràdio [en línia] . Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure, 2018 [data de consulta: 9 d' octubre del 2018] . Disponible en <ca.wikipedia.org/w/index.php?title=R%C3%A0dio&oldid=20382044>.
- [32] MODULO TRANSECTOR NRF24L01+ (TRANSCIEVER). Electrónica embajadores. [en línia] [data de consulta Octubre de 2018] disponible a: <<https://www.electronicaembajadores.com/es/Productos/Detalle/LCNRL01/modulos-electronicos/modulos-nrf24l01-/modulo-transceptor-nrf24l01-transceiver->>>
- [33] Col·laboradors de la Viquipèdia. Ràdio-freqüència [en línia] . Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure, 2018 [data de consulta: 25 de setembre del 2018] . Disponible en <ca.wikipedia.org/w/index.php?title=R%C3%A0dio-freq%C3%BC%C3%A8ncia&oldid=20353043>.
- [34] Col·laboradors de la Viquipèdia. Lego [en línia]. Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure, 2018 [data de consulta: 21 de setembre del 2018]. Disponible en <ca.wikipedia.org/w/index.php?title=Lego&oldid=20326170>.
- [35] The Lego History. LEGO. [en línia] [data de consulta Octubre de 2018] disponible a: <https://www.lego.com/es-es/aboutus/lego-group/the_lego_history>
- [36] Apachefriends. Xampp. www.apachefriends.org [en línia] [data de consulta [Abril de 2018] disponible a: <<https://www.apachefriends.org/es/index.html>>
- [37] Kinect for Windows SDK 2.0. Microsoft. [en línia] [data de consulta [Abril de 2018] disponible a: <<https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=44561>>
- [38] Kinect for Windows Runtime 2.0. Microsoft. [en línia] [data de consulta [Abril de 2018] disponible a: <<https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=44559>>

[39] Processing. [2018, 3 de març]. Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure. Data de consulta: 19:16, març 3, 2018 de //ca.wikipedia.org/w/index.php?title=Processing&oldid=19712267.

[40] ¿SABES QUÉ ES LA USABILIDAD? ¿Y LA EXPERIENCIA DE USUARIO?. Kschool [en línia] [data de consulta [Abril de 2018] disponible a: <<https://kschool.com/blog/usabilidad-ux/sabes-la-usabilidad-la-experiencia-usuario/>

Imatges utilitzades

<https://pixabay.com/en/button-press-push-red-activate-155539/>

CC0 Creative Commons Free for commercial use No attribution required

<https://pngimg.com/download/53003>

Creative Commons 4.0 BY-NC

<https://pixabay.com/en/car-driving-wheel-steering-wheel-160115/>

<https://pixabay.com/en/group-user-icon-person-personal-2935521/>

<https://pixabay.com/es/el-poder-de-equipo-tecnolog%C3%ADa-1762980/>

<https://pixabay.com/es/flecha-abajo-tri%C3%A1ngulo-se%C3%B1alando-40168/>

CC0 Creative Commons

<https://www.goodfreephotos.com/public-domain-images/black-key-vector-art.png.php>

<https://www.publicdomainpictures.net/es/view-image.php?image=37722&picture=stop-sign-illustration>

CC0 / Public Domain

Annex 8. Vita

L'autor, José Ángel Bravo Montañez, és programador a Aigües de Terrassa. La seva carrera s'ha desenvolupat principalment en el sector informàtic, realitzant tasques de programació i suport tècnic a usuaris, a les empreses:

Continente/Carrefour [2000-2001] Operador d'informàtica/suport a usuari.

Logic Control [2001-2002] Tècnic de Software.

Aigües de terrassa [2002-Actualitat] Programador/suport a l'usuari.

El primer contacte amb la informàtica fora cursant 6è d'EGB el 1988, amb 11 anys, fent els primers cursets amb un Sinclair ZX spectrum. Ja Llavors va decidir que seguiria la seva educació per aquest camí, fent formació professional, un Cicle formatiu de grau superior i, anys més tard, el grau al qual pertany aquest treball final.