



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica**

**DESENVOLUPAMENT D'UNA UNITAT D'ADQUISICIÓ I  
MONITORITZACIÓ DE DADES PER A UNA BICICLETA**



**Memòria Tècnica**

**Autor:** Irina Selin Lorenzo  
**Director:** Manuel Andrés Manzanares Brotons  
**Convocatòria:** Juny 2020



## **Resum**

L'objectiu del present projecte és la posada en pràctica dels coneixements adquirits durant el grau, que s'hauran de materialitzar en el present treball.

L'usuari d'una bicicleta i l'entorn que l'envolta, generen unes dades que és possible monitoritzar.

En el present projecte s'ha dissenyat un enginy específic per a bicicletes que monitoritza i comparteix amb l'usuari, tan les dades que genera el propi usuari de la bicicleta en utilitzar-la, com ara la velocitat o la freqüència cardíaca, com les dades generades per l'entorn, com pot ser la contaminació o la lluminositat, entre d'altres.

Aquest enginy s'ha dissenyat per donar resposta a una demanda no coberta per cap altre producte del mercat, que permetria tan la millora en el rendiment de l'usuari com conèixer els factors ambientals que afecten l'usuari durant la realització de l'activitat. Es mostraria com una eina eficaç en l'apartat de seguretat vial, ja que permet avisar amb diferents alarmes de problemes a l'entorn, com un accident de circulació o falta de lluminositat, i en l'apartat d'emergències mèdiques és capaç de detectar signes d'insuficiència cardíaca en l'usuari i excés de contaminació ambiental, alhora que permet indicar quin és el moment més òptim per a dur a terme l'activitat.

Aquest dispositiu s'ha dissenyat per funcionar amb dispositius mòbils o autònomament.

## Resumen

El objetivo del presente proyecto es la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos durante el grado, que se deberán materializar en el presente trabajo.

El usuario de una bicicleta, juntamente con el entorno en el que está, genera unos datos que es posible monitorizar.

En el presente proyecto se ha diseñado un ingenio específico para bicicletas que monitoriza y comparte con el usuario tanto los datos generados por el propio usuario de la bicicleta al utilizar-la, como la velocidad o la frecuencia cardíaca, como los datos generado por el entorno, como pueden ser la contaminación o la luminosidad ambiental, entre otros.

Este ingenio se ha diseñado para dar respuesta a una demanda no cubierta por ningún otro producto en el mercado, que permitiría la mejora en el rendimiento del usuario, así como conocer los factores ambientales que afectan al usuario durante la realización de la actividad. Se muestra como una herramienta eficaz en el apartado de seguridad vial, ya que permite avisar con diferentes alarmas de problemas ambientales tales como un accidente de circulación o falta de luminosidad, y en el apartado de emergencias médicas es capaz de detectar signos de insuficiencia cardíaca en el usuario y exceso de contaminación ambiental, a la vez que permite indicar cuál es el momento idóneo para llevar a cabo la actividad.

Este dispositivo está diseñado para funcionar juntamente con dispositivos móviles o bien autónomamente.

## **Abstract**

The aim of this project is to apply all the knowledge acquired on the Bachelor degree in the design of a bicycle device.

A cyclist and his/her surrounded environment generate data that, by using the device designed in this project, can be recorded and shared with the user as, for example, the speed or the heart rate. Furthermore, this device can also provide information about the surroundings like the air pollution or road's brightness.

In this project it's reported the design and the production of a device which allow the user (cyclist) to obtain information about possible issues presented during the route. Moreover, this gadget which responds to a demand not covered by any other product in the market.

The information given include two different categories: road safety and medical emergencies. In the first category, issues as traffic accident or dark roads would be reported by the device to warn the user by different alarms. In the second category, information about environmental pollution or heartbeat disturbances would be provided to the user.

This device is designed to work by itself or with mobile device.

## Agraïments

En primer lloc, vull agrair al meu tutor del treball de fi de grau, Manuel Andrés Manzanares Brotos, la confiança dipositada en la meva persona, necessària per permetre'm la realització d'aquest projecte sota la seva supervisió, així com la comprensió i ajuda prestada en tot moment i especialment davant les dificultats que han anat sorgint en la realització del projecte. Atès la importància del projecte i la singularitat del mateix per mi, ha estat un veritable plaer rebre els coneixements, consells i ànim de persona tan qualificada i ben disposada.

També vull agrair a la meva família el recolzament, comprensió i paciència que m'han mostrat, no tan sols durant la realització del projecte, sinó al llarg de tot el grau. El temps dedicat a aquest projecte i als estudis ha reduït la dedicació que hagués pogut dirigir envers la família, però ho han entès, i la meva menor participació ja sigui en taques domèstiques com en esdeveniments familiars no ha estat motiu de tensions familiars.

Finalment, vull agrair a la família Sisquella Navarro la seva gran ajuda durant la realització del projecte. A la família al complet per acollir-me durant el confinament degut a la pandèmia de la COVID-19 i recolzar-me en els moments d'estrès. A Carles Sisquella el coneixement evocat en moments d'estancament, que ha ajudat a superar els diferents murs, així com les segones opinions i els nous plantejament, que m'han dut a millorar el projecte des del seu estat inicial.

## Índex de Figures

Figura 2.1 – Pins del microcontrolador PIC18F2525. (Font: <a href="http://www.microchip.com">www.microchip.com</a> )	5
Figura 2.2 – Pins del microcontrolador PIC18F2550. (Font: <a href="http://www.microchip.com">www.microchip.com</a> )	6
Figura 2.3 - Pins del microcontrolador PIC18F4525. (Font: <a href="http://www.microchip.com">www.microchip.com</a> )	7
Figura 2.4 - Pins del microcontrolador PIC18F4550. (Font: <a href="http://www.microchip.com">www.microchip.com</a> )	8
Figura 2.5 – Sensor d'efecte Hall VMA313. (Font: <a href="https://www.velleman.eu">https://www.velleman.eu</a> )	10
Figura 2.6 – Sensor d'efecte Hall SS461C. (Font: <a href="http://www.diotronic.com">www.diotronic.com</a> )	10
Figura 2.7 – Sensor d'efecte Hall A1229LUA-T. (Font: <a href="http://www.diotronic.com">www.diotronic.com</a> )	11
Figura 2.8 – Mòdul d'efecte Hall de la casa Tinkerkit. (Font: <a href="http://www.diotronic.com">www.diotronic.com</a> )	12
Figura 2.9 – Sensor de la freqüència cardíaca SEN-11574. (Font: <a href="http://www.diotronic.com">www.diotronic.com</a> )	12
Figura 2.10 – Sensor de humitat i temperatura DHT11. (Font: <a href="http://www.diotronic.com">www.diotronic.com</a> )	13
Figura 2.11 - Sensor d'humitat, pressió i temperatura BME280. (Font: <a href="http://www.mouser.com">www.mouser.com</a> )	13
Figura 2.12 – Sensor d'humitat, temperatura i pressió BME/BMP280. (Font: <a href="http://www.patagoniatec.com">www.patagoniatec.com</a> )	14
Figura 2.13 – Mòdul sensor de rajos UVA VMA328. (Font: <a href="http://www.diotronic.com">www.diotronic.com</a> )	15
Figura 2.14 – Fotorresistor LDR. (Font: <a href="http://www.diotronic.com">www.diotronic.com</a> )	15
Figura 2.15 – Mòdul VMA407. (Font: <a href="http://www.diotronic.com">www.diotronic.com</a> )	16
Figura 2.16 – Sensor de vibracions OBVD01. (Font: <a href="http://www.diotronic.com">www.diotronic.com</a> )	16
Figura 2.17 – Mòdul de vibració VMA312. (Font: <a href="http://www.velleman.eu">www.velleman.eu</a> )	17

Figura 2.18 – Sensor de gas MQ-2. (Font: <a href="http://www.diotronic.com">www.diotronic.com</a> ) _____	17
Figura 2.19 – Mòdul de sensat de gas MQ-2. (Font: <a href="http://es.rs-online.com">es.rs-online.com</a> ) _____	18
Figura 2.20 – Display LCD DEM 16216 SYH-LY. (Font: <a href="http://www.diotronic.com">www.diotronic.com</a> ) _____	19
Figura 2.21 – Display LCD FDCC1602B. (Font: <a href="http://es.rs-online.com">es.rs-online.com</a> ) _____	20
Figura 2.22 – Teclat matricial. (Font: <a href="http://www.diotronic.com">www.diotronic.com</a> ) _____	20
Figura 2.23 – Polsador. (Font: <a href="http://www.diotronic.com">www.diotronic.com</a> ) _____	21
Figura 2.24 – Rellotge de temps real DS1307. (Font: <a href="http://es.rs-online.com">es.rs-online.com</a> ) _____	22
Figura 2.25 – Mòdul de rellotge de temps real DS3231. (Font: <a href="https://es.rs-online.com">https://es.rs-online.com</a> ) _____	22
Figura 2.26 – Memòria EEPROM 24LC256. (Font: <a href="http://es.rs-online.com">es.rs-online.com</a> ) _____	23
Figura 2.27 – Mòdul bluetooth HC-05. (Font: <a href="http://www.diotronic.com">www.diotronic.com</a> ) _____	23
Figura 2.28 – Mòdul bluetooth HC-06. (Font: <a href="http://www.diotronic.com">www.diotronic.com</a> ) _____	24
Figura 3.1 – Senyal de les pulsacions del SEN11574. (Font: <a href="http://media.digikey.com">media.digikey.com</a> ) _____	26
Figura 3.2 – Sensor de vibració. (Font: <a href="https://www.luisllamas.es">https://www.luisllamas.es</a> ) _____	28
Figura 3.3 – Esquema de comunicació I <sup>2</sup> C. (Font: <a href="https://hetpro-store.com/TUTORIALES/i2c/">https://hetpro-store.com/TUTORIALES/i2c/</a> ) _	30
Figura 3.4 – Mòdul MAX232 (a) i connexions internes del mòdul (b). (Font: <a href="http://es.rs-online.com">es.rs-online.com</a> ) __	31
Figura 3.5 – Bateria “18650 26H Li-ion Battery Pack”. (Font: <a href="http://es.rs-online.com">es.rs-online.com</a> ) _____	32
Figura 3.6 – Programador PICkit 3. (Font: <a href="https://www.microchip.com">https://www.microchip.com</a> ) _____	33
Figura 4.1 – Sensor d’efecte Hall IC3 (velocitat) i IC5 (cadència de pedaleig). (Font: Plànol 1) ___	35



Figura 4.2 – Diagrama de blocs del sensor d'efecte Hall SS461C. (Font: Datasheet del sensor SS461C)	35
Figura 4.3 – Sensor LDR (PH1). (Font: Plànol 1)	35
Figura 4.4 – Sensor MQ-2 (U\$5). (Font: Plànol 1)	36
Figura 4.5 – Taula de sensibilitat del sensor MQ-2. (Font: Datasheet del sensor MQ-2)	36
Figura 4.6 – Connexió dels polsadors. (Font: Plànol 1)	37
Figura 4.7 – Connexió del RTC. (Font: Plànol 1)	37
Figura 4.8 – Resistències de <i>pull-up</i> del canal I <sub>2</sub> C. (Font: Plànol 1)	38
Figura 4.9 – Connexió de la memòria externa EEPROM. (Font: Plànol 1)	38
Figura 4.10 – Connexió del mòdul bluetooth HC-06. (Font: Plànol 1)	39
Figura 4.11 – Connexió de la bateria. (Font: Plànol 1)	39
Figura 4.12 – Dissipador ML7G. (Font: es.rs-online.com)	43
Figura 4.13 – Diagrama de flux.	44
Figura 4.14 - Aparència de l'aplicació pel mòbil.	49
Figura 4.15 – Simulació del fotoresistor.	52
Figura 4.16 – Simulació del sensor de contaminació.	52
Figura 4.17 – Simulació del sensor de vibració.	53
Figura 4.18 – Simulació del sensor de la freqüència cardíaca.	54
Figura 4.19 - Simulació del sensor de velocitat.	54

Figura 4.20 – Simulació de l’adquisició de la distancia.	55
Figura 4.21 – Simulació del sensor de la cadència de pedaleig.	55
Figura 4.22 – Simulació del sensor de rajos UVA.	56
Figura 4.23 - Simulació del rellotge de temps real (RTC).	56
Figura 4.24 – Simulació dels sensors.	57
Figura 5.1 – Capsa del producte final. (Font: <a href="https://www.amazon.es">https://www.amazon.es</a> )	58
Figura 5.2 – Circuit de càrrega inductiva de 12 V. (Font: <a href="https://tienda.bricogeeek.com">tienda.bricogeeek.com</a> )	59
Figura 5.3 – Polsadors Series 59 – Pushbutton, ITW Switches. (Font: <a href="https://es.rs-online.com">https://es.rs-online.com</a> )	59
Figura 5.4 – Abraçadora multidiàmetre 20-25 mm CELO 925ABT. (Font: <a href="https://www.amazon.es">https://www.amazon.es</a> )	60
Figura 5.5 – Connector base 8STA Sèrie 3, mida 01. (Font: <a href="https://ipaper.ipapercms.dk">https://ipaper.ipapercms.dk</a> )	61
Figura 5.6 – Connector aeri 8STA Sèrie 3, mida 01. (Font: <a href="https://ipaper.ipapercms.dk">https://ipaper.ipapercms.dk</a> )	61
Figura 5.7 – Connectors 8STA Sèrie 3, mida 01. Color identificatiu. (Font: <a href="https://ipaper.ipapercms.dk">https://ipaper.ipapercms.dk</a> )	61
Figura 5.8 – Resina epoxi EP17HT, MasterBond. (Font: <a href="https://www.directindustry.es">https://www.directindustry.es</a> )	62
Figura 5.9 – Didal de silicona. (Font: <a href="https://www.amazon.es">www.amazon.es</a> )	62
Figura 5.10 – Cable blindat i trenat de 0,75 mm. (Font: <a href="https://www.planafabrega.cat">www.planafabrega.cat</a> )	63
Figura 7.1 - Logotip de la directiva comunitària RoHS. (Font: <a href="https://www.asiap.org">www.asiap.org</a> )	72

## Índex de Taules

Taula 1 – Especificacions del microcontrolador PIC18F2525.	6
Taula 2 – Especificacions del microcontrolador PIC18F2550.	7
Taula 3 – Especificacions del microcontrolador PIC18F4525.	8
Taula 4 – Especificacions del microcontrolador PIC18F4550.	9
Taula 5 – Especificacions del mòdul del sensor d'efecte Hall VMA313.	10
Taula 6 – Especificacions del sensor d'efecte Hall SS461C.	11
Taula 7 – Especificacions del sensor d'efecte Hall A1229LUA-T.	11
Taula 8 – Especificacions del mòdul d'efecte Hall de la casa Tinkerkit.	12
Taula 9 – Especificacions del sensor SEN-11574.	12
Taula 10 – Especificacions del sensor d'humitat i temperatura DHT11.	13
Taula 11 – Especificacions del sensor BME280.	14
Taula 12 – Especificacions del sensor BME/BMP280.	14
Taula 13 – Especificacions del mòdul VMA328.	15
Taula 14 – Especificacions del fotoresistor LDR.	15
Taula 15 – Especificacions del mòdul VMA407.	16
Taula 16 - Especificacions del sensor de vibracions OBVD01.	16
Taula 17 – Especificacions del mòdul de vibració VMA312.	17

Taula 18 – Especificacions del sensor MQ-2.	18
Taula 19 – Especificacions del mòdul de sensat de gas MQ-2.	19
Taula 20 – Especificacions del display LCD DEM 16216 SYH-LY.	20
Taula 21 – Especificacions del display LCD FDCC1602B.	20
Taula 22 – Especificacions del teclat matricial.	21
Taula 23 – Especificacions del polsador.	21
Taula 24 – Especificacions del rellotge de temps real DS1307.	22
Taula 25 – Especificacions del mòdul de rellotge de temps real DS3231.	22
Taula 26 – Especificacions de la memòria EEPROM 24LC256.	23
Taula 27 – Especificacions de mòdul bluetooth HC-05.	24
Taula 28 – Especificacions del mòdul bluetooth HC-06.	24
Taula 29 – Components usats en el prototip.	25
Taula 30 – Relació entre els rajos UVA, la sortida de tensió i el valor analògic.	27
Taula 31 – Característiques de la bateria 18650 26H Li-ion Battery Pack.	32
Taula 32 – Coeficient tèrmic de les pastes tèrmiques comuns.	42
Taula 33 – Directives de marcat CE.	65
Taula 34 – Primer dígit de la protecció IP, protecció contra la pols.	69
Taula 35 – Segon dígit de la protecció IP, protecció contra l'aigua.	70

# Índex

<b>RESUM</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>III</b>
<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDIX DE FIGURES</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDIX DE TAULES</b>	<b>IX</b>
<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	<b>1</b>
1.1. Objecte del projecte .....	1
1.2. Motivació i justificació .....	1
1.3. Especificacions bàsiques .....	2
1.4. Marc general de treball.....	3
<b>2. POSSIBLES SOLUCIONS</b>	<b>5</b>
2.1. Microcontrolador .....	5
2.1.1. PIC18F2525 .....	5
2.1.2. PIC18F2550 .....	6
2.1.3. PIC18F4525 .....	7
2.1.4. PIC18F4550 .....	8
2.2. Perifèrics.....	9
2.2.1. Sensors.....	9
2.2.2. Altres components .....	19
<b>3. SOLUCIÓ ESCOLLIDA</b>	<b>25</b>
3.1. Microcontrolador .....	26
3.2. Sensors .....	26
3.2.1. Velocitat i cadència de pedaleig.....	26
3.2.2. Freqüència cardíaca.....	26
3.2.3. Temperatura, humitat i altitud.....	27
3.2.4. Rajos UVA .....	27
3.2.5. Lluminositat .....	28
3.2.6. Vibració .....	28
3.2.7. Contaminació.....	28

3.3.	Altres components.....	29
3.3.1.	Pantalla LCD .....	29
3.3.2.	Teclat .....	29
3.3.3.	Relotge de temps real (RTC) .....	29
3.4.	Comunicació .....	29
3.4.2.	Memòria externa .....	31
3.4.3.	Bluetooth .....	31
3.4.4.	Pic – PC.....	31
3.5.	Bateria.....	32
3.6.	Software.....	32
3.6.1.	Eagle .....	32
3.6.2.	CCS C Compiler.....	33
3.6.3.	Proteus .....	33
3.6.4.	MIT App Invento .....	33
3.6.5.	PICkit 3.....	33
<b>4.</b>	<b>PROTOTIP</b> .....	<b>34</b>
4.1.	Disseny .....	34
4.1.1.	Prototip de proves .....	34
4.1.2.	Prototip final .....	43
4.2.	Programació.....	44
4.2.1.	Diagrama de flux .....	44
4.2.2.	Codi.....	45
4.3.	Aplicació pel mòbil.....	49
4.4.	Simulació.....	51
4.4.1.	Lluminositat.....	51
4.4.2.	Contaminació .....	52
4.4.3.	Vibració .....	53
4.4.4.	Freqüència cardíaca .....	53
4.4.5.	Velocitat i distància .....	54
4.4.6.	Cadència de pedaleig .....	55
4.4.7.	Rajos UVA.....	55
4.4.8.	RTC .....	56
4.4.9.	Tots els sensors .....	57
<b>5.</b>	<b>PRODUCTE FINAL</b> .....	<b>58</b>
5.1.	Unitat central.....	58

5.2. Sensors i cablejat extern .....	62
<b>6. NORMATIVA</b> .....	<b>65</b>
6.1. Bicycleta .....	65
6.2. Dispositiu .....	65
6.2.1. Grau de protecció IP .....	68
<b>7. ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL</b> .....	<b>72</b>
<b>8. POSSIBLES MILLORES</b> .....	<b>73</b>
8.1. Comunicació.....	73
8.2. Dades a monitoritzar .....	73
8.3. Alimentació .....	74
<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>75</b>
Aprofundiment del coneixements adquirits al grau .....	75
Coneixements adquirits durant el desenvolupament del TFG .....	75
Conclusions referides als punts de major dificultat .....	76
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>77</b>
Llibres .....	77
Enllaços web .....	77
Vídeos.....	83





# 1. Introducció

La professionalització d'àmbits els quals no li era pròpia, com l'esport, ha donat peu a la necessitat de captar infinitat de dades a fi de millorar el rendiment específic dels esportistes en funció de l'esport que practiquen. I la tecnologia existent ha permès l'evolució paral·lela tan dels esportistes com dels aparells que s'hi apliquen. Sembla difícil imaginar com es preparaven els esportistes de principis del segle XX, quan veiem el monitoratge al que estan sotmesos els futbolistes actuals.

Aquesta professionalització de l'esport, reconeguda a Catalunya amb la Llei de l'esport de l'any 1988, així com la tecnificació de l'esport, a la que s'ha fet esment, i el seguiment dels diversos esports que fa la població, han atiat el desig d'emular els ídols esportistes. I com que és pública i notòria la utilització de tecnologia per millorar el rendiment dels esportistes, els seguidors han fet seus un seguit d'enginyers que controlen el rendiment de l'individu, i així, s'han fet comuns els rellotges de control del ritme cardíac i fins i tot la pressió sanguínia, aplicacions mòbils per controlar recorreguts i temps emprats, i diferents aplicacions específiques desenvolupades ja sigui des de federacions esportives, centres d'alt rendiment o nuclis de tecnificació.

Tota aquesta massificació de la demanda ha fet possible una àmplia oferta de diferents dispositius i fabricants, fet que ha contribuït a que els preus d'adquisició siguin més baixos. I alhora, tota aquesta massificació d'ús fa més senzill evolucionar cap a noves tecnologies que inicialment s'utilitzaran en el sector professional i posteriorment es desenvoluparan amb menys funcionalitats i es posaran a l'abast del públic comú.

## 1.1. Objecte del projecte

L'objecte del projecte és aconseguir desenvolupar un sistema d'adquisició i monitorització de dades físiques de l'usuari i ambientals mentre es fa ús d'una bicicleta, ja sigui de forma lúdica, com a transport habitual o com a eina de millora del rendiment esportiu professional.

## 1.2. Motivació i justificació

Atès que l'autora d'aquest projecte és usuària de la bicicleta com a vehicle de transport habitual, esportista federada, practicant regular i amb permanent cerca de la millora del rendiment, la

possibilitat de captar dades físiques de l'usuari i ambientals durant l'ús de la bicicleta s'entén com una millora que no sols permetrà la superació constant en l'àmbit esportiu, sinó que ajudarà en l'adquisició d'un estat físic més saludable, sempre tenint present que no es tracta d'una esportista d'elit, amb les característiques específiques que això implica.

Amb aquesta finalitat es trobava a faltar un sistema que permeti monitoritzar diferents dades referent al rendiment, l'estat del medi i les pròpies constants vitals de l'usuari durant la realització de l'activitat amb la bicicleta.

Donat que no existeix en el mercat un fabricant que ofereixi un producte que doni resposta a les necessitats mencionades, s'ha considerat oportú desenvolupar un enginy que cobreixi aquesta demanda.

### 1.3. Especificacions bàsiques

El dispositiu el disseny del qual es presenta en aquest projecte està dirigit específicament a bicicletes, tan mecàniques com elèctriques, i consta de diferents sensors que monitoritzaran les següent dades:

- Freqüència cardíaca.
- Temperatura.
- Humitat.
- Altitud.
- Rajos UVA.
- Lluminositat ambiental.
- Vibracions.
- Contaminació ambiental.
- Velocitat.
- Distància recorreguda.
- Cadència de pedaleig.
- Temps de durada del trajecte.

En finalitzar el trajecte l'aplicació realitza els càlculs per mostrar:

- Distància total recorreguda
- Velocitat mitja.
- Freqüència cardíaca mitja.
- Cadència de pedaleig mitja.

- Altitud màxima.
- Altitud mínima.
- Temps de durada del recorregut.

L'aplicació disposa de:

- Comunicació bluetooth per comunicar-se amb el mòbil i poder controlar el dispositiu des d'ell.
- Memòria EEPROM per guardar les dades d'un trajecte de fins a tres hores de durada.
- Pantalla LCD i dos botons per controlar l'aplicació si fallés la connexió bluetooth.
- Sistema de comunicació RS-232 per traspasar dades des del dispositiu a l'ordinador.

Es tracta d'un dispositiu portable i de fàcil instal·lació a la bicicleta, que s'ha de carregar a una tensió de 12 V i amb una autonomia de 5 hores i 39 minuts.

## 1.4. Marc general de treball

La limitació en aquest projecte ha vingut establerta, bàsicament, per la despesa econòmica i per les capacitats de l'equip informàtic disponible.

En quant a despesa econòmica, ha limitat la manera de dur a terme el projecte, ja que, existint altres fórmules millors, el seu ús suposava encarir el cost molt sensiblement. Si el pressupost no fos un problema, s'hagués dut a terme de la següent manera:

- S'hagessin encarregat plaques de baquelita amb circuit a dos cares.
- S'haguessin encarregat components de màxima qualitat.
- S'hagués dissenyat i encarregat la caixa que contindria el dispositiu.
- S'hagés encarregat la millora estètica del disseny a un professional.

Si bé l'equip informàtic disponible ha estat suficient per desenvolupar el disseny de la programació del prototip, en l'apartat de simulació s'han trobat mancances, ja que no ha estat possible simular el funcionament complet de l'aplicació en temps real.

També s'ha de tenir en compte que les versions dels programes utilitzats en aquest projecte han estat les gratuïtes dirigides a estudiants, i no pas professionals.



## 2. Possibles solucions

Per poder realitzar aquest projecte s'han valorat diferents opcions. En aquest apartat se'n fa un recull de les més importants.

### 2.1. Microcontrolador

Per escollir un microcontrolador s'ha optat pels fabricats per la casa *Microchip Technology Inc.*, degut a la seva disponibilitat en les tendes, les prestacions dels microcontroladors i l'idioma de programació.

A l'hora d'escollir un microcontrolador d'aquest fabricant s'ha de tenir en compte quines funcions tindrà l'aplicació que es vol dissenyar, per tal d'evitar que aquest no limiti el projecte que es desitja realitzar, ja que les diferències entre la gamma mitja i la gamma alta de microcontroladors són molt patents en els productes d'aquesta empresa.

Per aquest projecte s'ha optat per la família de gama alta PIC18F, degut a les característiques que mostren.

A continuació s'exposen alguns microcontroladors d'aquesta família.

#### 2.1.1. PIC18F2525

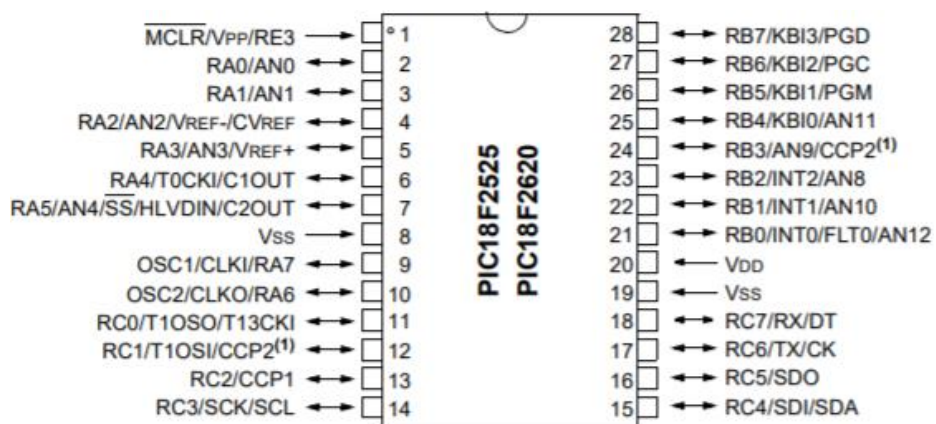


Figura 2.1 – Pins del microcontrolador PIC18F2525. (Font: www.microchip.com)

Taula 1 – Especificacions del microcontrolador PIC18F2525.

ESPECIFICACIONS	
Rang de voltatge	2,0 V – 5,5 V
Intensitat màxima	25 mA
Freqüència en què opera	40 MHz
Memòria RAM	3.968 B
Memòria EEPROM	1.024 B
Ports	A, B, C, (E)
Timers	4
CCP	2
Comunicació en sèrie	MSSP, USART
ADC	10 canals
Número de pins	28
USB	No

### 2.1.2. PIC18F2550

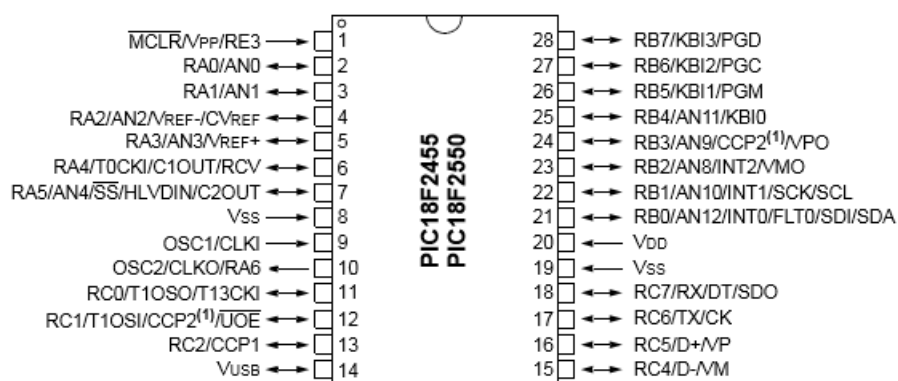


Figura 2.2 – Pins del microcontrolador PIC18F2550. (Font: www.microchip.com)

Taula 2 – Especificacions del microcontrolador PIC18F2550.

ESPECIFICACIONS	
Rang de voltatge	2,0 V – 5,5 V
Intensitat màxima	25 mA
Freqüència en què opera	48 MHz
Memòria RAM	2.048 B
Memòria EEPROM	256 B
Ports	A, B, C, (E)
Timers	4
CCP	2
Comunicació en sèrie	MSSP, USART
ADC	10 canals
Número de pins	28
USB	Sí

### 2.1.3. PIC18F4525

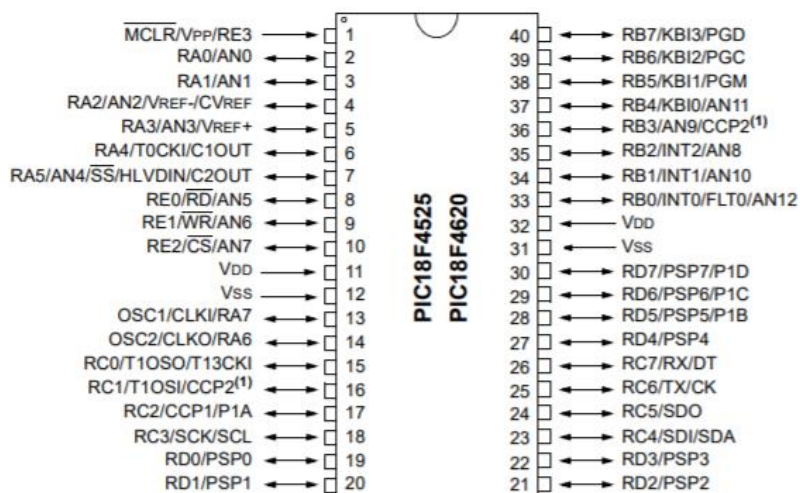


Figura 2.3 - Pins del microcontrolador PIC18F4525. (Font: www.microchip.com)

Taula 3 – Especificacions del microcontrolador PIC18F4525.

ESPECIFICACIONS	
Rang de voltatge	2,0 V – 5,5 V
Intensitat màxima	25 mA
Freqüència en què opera	40 MHz
Memòria RAM	3.968 B
Memòria EEPROM	1.024 B
Ports	A, B, C, D, E
Timers	4
CCP	1
Comunicació en sèrie	MSSP, USART
ADC	13 canals
Número de pins	40
USB	No

### 2.1.4. PIC18F4550

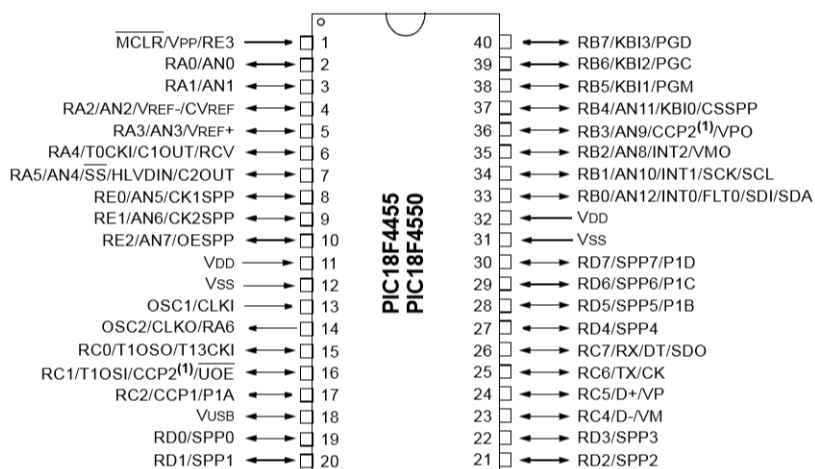


Figura 2.4 - Pins del microcontrolador PIC18F4550. (Font: www.microchip.com)



**Taula 4** – Especificacions del microcontrolador PIC18F4550.

<b>ESPECIFICACIONS</b>	
<b>Rang de voltatge</b>	2,0 V – 5,5 V
<b>Intensitat màxima</b>	25 mA
<b>Freqüència en què opera</b>	48 MHz
<b>Memòria RAM</b>	2.048 B
<b>Memòria EEPROM</b>	256 B
<b>Ports</b>	A, B, C, D, E
<b>Timers</b>	4
<b>CCP</b>	2
<b>Comunicació en sèrie</b>	MSSP, USART
<b>ADC</b>	13 canals
<b>Número de pins</b>	28
<b>USB</b>	Sí

## 2.2. Perifèrics

Per a la realització del projecte s'han tingut en compte diferents components perifèrics per sensar, guardar i visualitzar les dades desitjades. A continuació se'n recullen alguns dels valorats.

### 2.2.1. Sensors

Seguint les especificacions que s'han concretat per realitzar aquest projecte, algunes de les diferents opcions que s'han valorat s'expliquen a continuació.

### 2.2.1.1. Velocitat i cadència de pedaleig

Per monitoritzar aquestes variables s'ha optat per utilitzar dos sensor d'efecte Hall.

Un sensor d'efecte Hall respon als camps magnètics. Si fem circular un corrent elèctric a través del sensor i apropem el sensor a un camp magnètic transversal al corrent, aquest ens tornarà una tensió pel terminal de sortida.

#### 2.2.1.1.1 VMA313

Una de les opcions són mòduls de la casa *Velleman*, compatibles amb *Arduino* i de fàcil connexió. En aquest cas no cal connectar components passius per al correcte funcionament juntament amb el PIC, però aquests mòduls són l'opció més cara.



**Figura 2.5** – Sensor d'efecte Hall VMA313. (Font: <https://www.velleman.eu>)

**Taula 5** – Especificacions del mòdul del sensor d'efecte Hall VMA313.

#### ESPECIFICACIONS

<b>Voltatge</b>	5 V
<b>Activació</b>	30 Gauss
<b>Desactivació</b>	10 Gauss
<b>LED indicador</b>	Sí

#### 2.2.1.1.2 SS461C

Per triar aquesta solució és necessari l'ús de components passius per a la correcta connexió entre el microcontrolador i el sensor d'efecte Hall.



**Figura 2.6** – Sensor d'efecte Hall SS461C. (Font: [www.diotronic.com](http://www.diotronic.com))

**Taula 6** – Especificacions del sensor d'efecte Hall SS461C.

ESPECIFICACIONS	
<b>Voltatge</b>	4 V – 24 V
<b>Intensitat</b>	20 mA
<b>Activació</b>	80 Gauss
<b>Desactivació</b>	5 Gauss

#### 2.2.1.1.3 A1229LUA-T

Per triar aquesta opció és necessària la utilització de components passius per connectar el sensor al PIC.



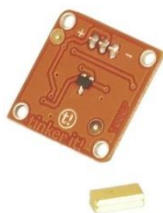
**Figura 2.7** – Sensor d'efecte Hall A1229LUA-T. (Font: [www.diotronic.com](http://www.diotronic.com))

**Taula 7** – Especificacions del sensor d'efecte Hall A1229LUA-T.

ESPECIFICACIONS	
<b>Voltatge</b>	3,8 V – 24 V
<b>Intensitat</b>	25 mA
<b>Activació</b>	180 Gauss
<b>Desactivació</b>	100 Gauss

#### 2.2.1.1.4 Tinkerkit Hall sensor module

Aquest és un model d'efecte Hall de la casa Tinkerkit, compatible amb *Arduino*. Igual que el mòdul de la casa Velleman, està preparat per ser connectat directament al PIC, per la qual cosa no necessita de components passius addicionals.



**Figura 2.8** – Mòdul d'efecte Hall de la casa Tinkerkit. (Font: [www.diotronic.com](http://www.diotronic.com))

**Taula 8** – Especificacions del mòdul d'efecte Hall de la casa Tinkerkit.

#### EPECIFICACIONS

<b>Voltatge</b>	5 V
-----------------	-----

<b>LED de funcionament</b>	No
----------------------------	----

#### 2.2.1.2. Freqüència cardíaca

2.2.1.2.1 SEN-11574

Sensor de la freqüència cardíaca de l'empresa *SparkFun Electronics* basat en un sensor de llum.



**Figura 2.9** – Sensor de la freqüència cardíaca SEN-11574. (Font: [www.diotronic.com](http://www.diotronic.com))

**Taula 9** – Especificacions del sensor SEN-11574.

#### ESPECIFICACIONS

<b>Voltatge d'alimentació (<math>V_{dd}</math>)</b>	3 V – 5,5 V
---	-------------

<b>Voltatge de sortida (típic)</b>	$V_{dd}/2$
------------------------------------	------------

<b>Intensitat</b>	3 mA – 4 mA
-------------------	-------------

<b>Temperatura</b>	-40 °C – 85 °C
--------------------	----------------

### 2.2.1.3. Humitat i temperatura

#### 2.2.1.3.1 DHT11

Aquest sensor d'humitat i temperatura de la casa *Aosong Electronics* és compatible amb *Arduino*.



**Figura 2.10** – Sensor de humitat i temperatura DHT11. (Font: [www.diotronic.com](http://www.diotronic.com))

**Taula 10** – Especificacions del sensor d'humitat i temperatura DHT11.

---

#### ESPECIFICACIONS

<b>Voltatge</b>	3,3 V – 5,5 V
<b>Resolució</b>	16 bits
<b>Intensitat</b>	0,3 mA

### 2.2.1.4. Humitat, temperatura i altitud

#### 2.2.1.4.1 BME280

Aquest sensor de la casa *AdruFait Learning Systems* mesura la humitat, la temperatura i la pressió atmosfèrica. A més, a partir de la pressió atmosfèrica es pot obtenir l'altitud.

Pot estar connectat a 3V i a 5V, té un pin d'enable i necessita de connexió al rellotge.



**Figura 2.11** - Sensor d'humitat, pressió i temperatura BME280. (Font: [www.mouser.com](http://www.mouser.com))

Taula 11 – Especificacions del sensor BME280.

---

**ESPECIFICACIONS**

<b>Voltatge</b>	3 V – 5 V
-----------------	-----------

<b>Intensitat</b>	100 mA
-------------------	--------

---

## 2.2.1.4.2 BME/BMP 280

Aquest sensor de la marca *Tecnoiot*, compatible amb *Arduino*, permet mesurar la humitat, la temperatura i la pressió, i a partir de la pressió, l'altitud. Consta de quatre pins de connexió: el pin d'alimentació (VIN), el pin de terra (GND), i dos pins de comunicació amb el microcontrolador (SCL i SDA).



Figura 2.12 – Sensor d'humitat, temperatura i pressió BME/BMP280. (Font: www.patagoniatec.com)

Taula 12 – Especificacions del sensor BME/BMP280.

---

**ESPECIFICACIONS**

<b>Voltatge</b>	1,8 V – 5 V
-----------------	-------------

<b>Rang de temperatura</b>	-40 °C – 85 °C
----------------------------	----------------

<b>Rang d'humitat</b>	0% – 100%
-----------------------	-----------

<b>Rang de pressió</b>	300 hPa – 1100 hPa
------------------------	--------------------

---

## 2.2.1.5. Rajos UVA

## 2.2.1.5.1 VMA328

Aquest mòdul de la casa *Velleman* ens permet monitoritzar els rajos ultraviolats i és també compatible amb *Arduino*.



Figura 2.13 – Mòdul sensor de rajos UVA VMA328. (Font: www.diotronic.com)

Taula 13 – Especificacions del mòdul VMA328.

#### ESPECIFICACIONS

Voltatge	3,3 V – 5 V
Voltatge de sortida	0 V – 1 V
Longitud d'ona que mesura	200 nm – 370 nm
Intensitat de sortida	5 mA

#### 2.2.1.6. Lluminositat

##### 2.2.1.6.1 LDR

Un LDR és un fotoresistor i en aquesta aplicació s'utilitza com a detector de quantitat de lluminositat.



Figura 2.14 – Fotoresistor LDR. (Font: www.diotronic.com)

Taula 14 – Especificacions del fotoresistor LDR.

#### ESPECIFICACIONS

Voltatge màxim	150 V
Longitud d'ona màxima	540 nm
Potència	100 mW

### 2.2.1.6.2 VMA407

El mòdul VMA407 de la casa *Velleman* consta d'un LDR i els perifèrics necessaris per connectar-lo al microcontrolador, i en aquesta aplicació s'usaria com sensor de lluminositat. És compatible amb *Arduino*.



Figura 2.15 – Mòdul VMA407. (Font: [www.diotronic.com](http://www.diotronic.com))

Taula 15 – Especificacions del mòdul VMA407.

#### ESPECIFICACIONS

<b>Voltatge</b>	3,3 V – 5 V
-----------------	-------------

<b>Resistència de <i>pull-up</i></b>	10 K $\Omega$
--------------------------------------	---------------

### 2.2.1.7. Vibració

#### 2.2.1.7.1 Octopus detector de vibració (OBVD01)

Aquest mòdul de vibració de la casa *Elecfrunks*, també compatible amb *Arduino*, consta dels components passius necessaris per a la correcta connexió al microcontrolador.



Figura 2.16 – Sensor de vibracions OBVD01. (Font: [www.diotronic.com](http://www.diotronic.com))

Taula 16 - Especificacions del sensor de vibracions OBVD01.

#### ESPECIFICACIONS

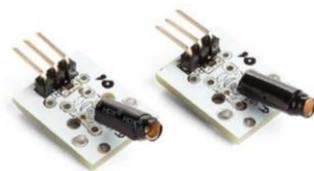
<b>Voltatge</b>	5 V
-----------------	-----

<b>Tipus</b>	Digital
--------------	---------



### 2.2.1.7.2 VMA312

El mòdul VMA312 de la casa *Velleman* consta d'un sensor de vibracions i els perifèrics necessaris per connectar-lo al microcontrolador sense la necessitat d'afegir més components passius.



**Figura 2.17** – Mòdul de vibració VMA312. (Font: [www.velleman.eu](http://www.velleman.eu))

**Taula 17** – Especificacions del mòdul de vibració VMA312.

---

#### ESPECIFICACIONS

<b>Voltatge</b>	5 V
<b>Tipus</b>	Digital

---

### 2.2.1.8. Contaminació

#### 2.2.1.8.1 MQ-2

Amb aquest sensor són necessaris components passius per a la correcta connexió amb el PIC.



**Figura 2.18** – Sensor de gas MQ-2. (Font: [www.diotronic.com](http://www.diotronic.com))

Taula 18 – Especificacions del sensor MQ-2.

---

**ESPECIFICACIONS**

<b>Voltatge</b>	5 V
<b>Gasos que detecta</b>	Propà Butà Metà H <sub>2</sub> Alcohol GLP (gas líquid del petroli)
<b>Rang de detecció</b>	300 ppm – 10.000 ppm

## 2.2.1.8.2 Mòdul MQ-2

Amb aquest mòdul de la casa *Flying-Fish* no cal l'ús de components passius per connectar-lo al microcontrolador, i és compatible amb *Arduino*.



**Figura 2.19** – Mòdul de sensat de gas MQ-2. (Font: es.rs-online.com)

**Taula 19** – Especificacions del mòdul de sensat de gas MQ-2.

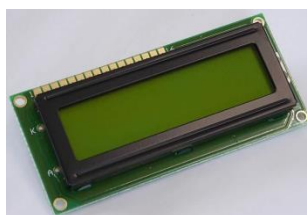
<b>ESPECIFICACIONS</b>	
<b>Voltatge</b>	5 V
<b>Gasos que detecta</b>	Propà
	Butà
	Metà
	H <sub>2</sub>
	Alcohol
	GLP (gas líquat del petroli)
<b>Rang de detecció</b>	300 ppm – 10.000 ppm

## 2.2.2. Altres components

A continuació s'exposen algunes de les opcions que es poden triar dels altres components perifèrics que són necessaris per al correcte funcionament de l'aplicació que s'exposa en aquest treball.

### 2.2.2.1. Display LCD

#### 2.2.2.1.1 DEM 16216 SYH-LY



**Figura 2.20** – Display LCD DEM 16216 SYH-LY. (Font: [www.diotronic.com](http://www.diotronic.com))

Taula 20 – Especificacions del display LCD DEM 16216 SYH-LY.

**ESPECIFICACIONS**

<b>Voltatge</b>	4,7 V – 5,3 V
<b>Caràcters</b>	16x2
<b>Temperatura</b>	–20 °C – 70 °C

## 2.2.2.1.2 FDCC1602B



Figura 2.21 – Display LCD FDCC1602B. (Font: es.rs-online.com)

Taula 21 – Especificacions del display LCD FDCC1602B.

**ESPECIFICACIONS**

<b>Voltatge</b>	4,7 V – 5,5 V
<b>Intensitat</b>	1,5 mA – 4 mA
<b>Caràcters</b>	16x2

## 2.2.2.2. Teclat

## 2.2.2.2.1 Teclat matricial



Figura 2.22 – Teclat matricial. (Font: www.diotronic.com)

**Taula 22** – Especificacions del teclat matricial.

<b>ESPECIFICACIONS</b>	
<b>Tecles</b>	12
<b>Voltatge màxim</b>	24 V
<b>Intensitat màxima</b>	20 mA
<b>Temperatura</b>	-20 °C – 60 °C

#### 2.2.2.2.2 Polsador



**Figura 2.23** – Polsador. (Font: [www.diotronic.com](http://www.diotronic.com))

**Taula 23** – Especificacions del polsador.

<b>ESPECIFICACIONS</b>	
<b>Posicions estables</b>	1
<b>Voltatge màxim</b>	24 V
<b>Intensitat màxima</b>	50 mA
<b>Temperatura</b>	-25 °C – 70 °C

#### 2.2.2.3. Relloige de temps real (RTC)

##### 2.2.2.3.1 DS1307

Amb el rellotge de temps real, és necessari connectar components passius per a la correcta connexió amb el PIC.



Figura 2.24 – Rellotge de temps real DS1307. (Font: es.rs-online.com)

Taula 24 – Especificacions del rellotge de temps real DS1307.

#### ESPECIFICACIONS

<b>Voltatge</b>	4,5 V – 5,5 V
<b>Temperatura</b>	0 °C – 70 °C
<b>Intensitat</b>	1,5 mA

#### 2.2.2.3.2 Mòdul DS3231

Amb el mòdul de rellotge de temps real DS3231, no és necessari connectar cap component passiu en connectar-lo al microcontrolador.



Figura 2.25 – Mòdul de rellotge de temps real DS3231. (Font: <https://es.rs-online.com>)

Taula 25 – Especificacions del mòdul de rellotge de temps real DS3231.

#### ESPECIFICACIONS

<b>Voltatge</b>	2,3 V – 5,5 V
<b>Intensitat</b>	300 $\mu$ A
<b>Temperatura</b>	-40 °C – 85 °C

## 2.2.2.4. Memòria externa

### 2.2.2.4.1 24LC256

Amb la memòria externa de 256 KB són necessaris components passius per connectar-la al PIC.



Figura 2.26 – Memòria EEPROM 24LC256. (Font: es.rs-online.com)

Taula 26 – Especificacions de la memòria EEPROM 24LC256.

---

### ESPECIFICACIONS

<b>Voltatge</b>	2,5 V – 5,5 V
<b>Intensitat</b>	3 mA
<b>Màxima freqüència de rellotge</b>	400 kHz
<b>Temperatura</b>	–40 °C – 85 °C
<b>Memòria</b>	256 KB

## 2.2.2.5. Mòdul bluetooth

### 2.2.2.5.1 HC-05

Aquest mòdul bluetooth permet connectar-se amb més d'un dispositiu alhora.

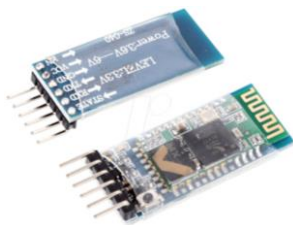


Figura 2.27 – Mòdul bluetooth HC-05. (Font: www.diotronic.com)

Taula 27 – Especificacions de mòdul bluetooth HC-05.

**ESPECIFICACIONS**

<b>Voltatge</b>	3,6 V – 6 V
<b>Intensitat</b>	50 mA
<b>Temperatura</b>	–20 °C – 75 °C
<b>Abast</b>	5 m – 10 m

## 2.2.2.5.2 HC-06

Aquest mòdul bluetooth permet connectar-se amb un únic dispositiu alhora.



Figura 2.28 – Mòdul bluetooth HC-06. (Font: www.diotronic.com)

Taula 28 – Especificacions del mòdul bluetooth HC-06.

**ESPECIFICACIONS**

<b>Voltatge</b>	3,6 V – 6 V
<b>Intensitat</b>	30 mA – 40 mA
<b>Abast</b>	5 m – 10 m



### 3. Solució escollida

De les opcions estudiades i exposades en l'apartat anterior, s'ha optat per usar els components que es mostren a la taula 29 per realitzar el prototip.

Taula 29 – Components usats en el prototip.

---

<b>MICROCONTROLADOR</b>	<b>PIC18F4550</b>
<b>SENSORS</b>	
Velocitat	SS461C
Cadència de pedaleig	SS461C
Freqüència cardíaca	SEN-11574
Temperatura, humitat i altitud	BME/BMP280
Rajos UVA	VMA328
Lluminositat	LDR
Vibració	VMA312
Contaminació	Mòdul MQ-2
<b>ALTRES COMPONENTS</b>	
Display LCD	FDCC1602B
Teclat	2 polsadors
RTC	DS1307
Memòria EEPROM	24LC256
Mòdul bluetooth	HC-06
<b>BATERIA</b>	<b>18650 26H Li-ion Battery Pack</b>

---

## 3.1. Microcontrolador

S'ha escollit el PIC18F4550 per les seves característiques i la disponibilitat en les botigues.

En primer lloc, el fet que funcioni a 5 V facilita la selecció de sensor, ja que es poden usar alguns sensors compatibles amb *Arduino*. Altres característiques que s'han tingut en compte per seleccionar aquest microcontrolador han estat el fet que disposa de comunicació I<sup>2</sup>C, de 34 entrades i sortides, entrada de USB, 19 interrupcions diferents, 4 *timers* i 13 canals del convertidor analògic-digital, la qual cosa amplia les possibilitats si en un futur es volen afegir dades per monitoritzar.

## 3.2. Sensors

### 3.2.1. Velocitat i cadència de pedaleig

S'ha decidit usar el sensor d'efecte hall SS461C degut al voltatge d'alimentació que admet (de 4 V a 24 V) i al corrent de sortida que subministra (20 mA). També s'ha tingut en compte la disponibilitat en les botigues i el preu.

### 3.2.2. Freqüència cardíaca

El sensor SEN-11574 porta un sensor de llum ambiental o LDR i un LED de color verd de muntatge superficial, i conté un díode per protegir-lo en cas de connectar l'alimentació a la inversa, un filtre actiu per fer obtenir un senyal de sortida més definit, i un amplificador per donar major guany al voltatge.

Segons el fabricant, el senyal de sortida d'aquest sensor és analògic, que representa les pulsacions de la persona, i la forma d'ona esperada es presenta a la figura 3.1.

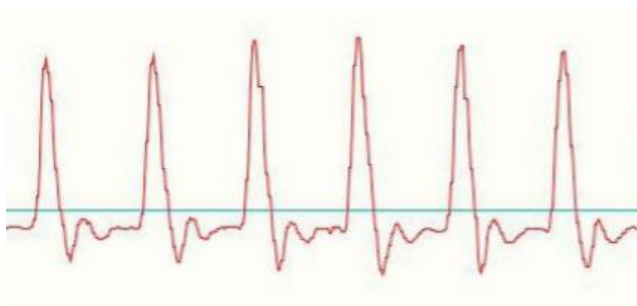


Figura 3.1 – Senyal de les pulsacions del SEN11574. (Font: media.digikey.com)

### 3.2.3. Temperatura, humitat i altitud

El sensor BME/BMP280 és un sensor BME280 basat en el sensor BMP280.

EL sensor BME280 és un sensor ambiental del fabricant *Bosch Sensortech*, que combina termòmetre, baròmetre i higròmetre, mentre que el sensor BMP280 combina termòmetre i baròmetre, de manera que, en combinar els dos sensor en un (BME/BMP280), s’obté un sensor que mesura la temperatura, la humitat i la pressió. I gràcies a la pressió, es pot mesurar l’altitud sobre el nivell del mar, una dada que interessa per a la realització del projecte.

S’ha optat per aquest model de mòdul pel menor número de connexions que necessita.

### 3.2.4. Rajos UVA

EL mòdul VMA328 de la casa *Velleman* està basat en el sensor de rajos UVA GUYA-S12SD. Empra el sensor GUYA-S12SD i connecta els components passius necessaris per després connectar el mòdul al PIC directament.

Segons el fabricant, el voltatge de sortida segueix la relació de la taula 30, on “UV-A Index” és el grau de perillositat dels rajos UVA, “ $V_{out}$ ” és la tensió a la sortida del mòdul (en mV) i “Valor analògic” és l’equivalència en decimals en convertir els milivolts mitjançant l’ADC (convertidor d’anàlogic a digital) del microcontrolador.

**Taula 30** – Relació entre els rajos UVA, la sortida de tensió i el valor analògic.

UV-A Index	0	1	2	3	4	5
$V_{out}$ (mV)	< 50	227	318	408	503	606
Valor analògic	< 10	47	65	83	103	124
UV-A Index	6	7	8	9	10	11
$V_{out}$ (mV)	696	795	881	986	1079	1170+
Valor analògic	142	162	180	200	221	240

### 3.2.5. Luminositat

S'ha optat per utilitzar un LDR degut al seu baix cost.

Un LDR, també conegut com fotoresistor, és un dispositiu electrònic semiconductor que produeix, respecte un senyal d'entrada, un senyal de sortida que té la propietat de variar el seu valor en funció de la intensitat de llum que incideixi en el fotoresistor. En presència de molta llum, la seva resistència és baixa, i quan va disminuint la quantitat de llum incident en el dispositiu, augmenta la seva resistència.

### 3.2.6. Vibració

El mòdul VMA312 consta d'un sensor de vibració i resistències de *pull-up* i funciona com un interruptor. Reacciona davant de moviments bruscos, cops o vibracions, però no a moviments constants o progressius. En cas de detectar una vibració genera un senyal digital, que finalitza quan es deté la vibració.

El dispositiu porta un cilindre amb dos contactes. Un dels contactes està unit a una vareta metàl·lica ubicada en el centre del cilindre, i l'altre contacte s'enrotlla al voltant de la vareta formant un motlle. En cas de vibració, el motlle es deforma i estableix un contacte entre el motlle i la vareta, el que fa que aparegui una connexió elèctrica que és llegida pel microcontrolador.



Figura 3.2 – Sensor de vibració. (Font: <https://www.luisllamas.es>)

### 3.2.7. Contaminació

El mòdul MQ-2 és capaç de detectar propà, butà, metà, H<sub>2</sub>, alcohol i GLP (gas líquid del petroli), cosa que permetrà la detecció de contaminants perillosos per al ser humà.

En fer esport, la freqüència cardíaca augmenta per fer arribar l'oxigen a tot el cos, el que fa que la necessitat d'oxigen augmenti i, en conseqüència, hi hagi una major demanda de la capacitat pulmonar. Si l'esportista es troba en un ambient amb altes concentracions de contaminants, la quantitat de contaminants que aspirarà serà major.

### 3.3. Altres components

#### 3.3.1. Pantalla LCD

S'ha optat pel model FDCC1602B de *display* LCD principalment degut al seu baix cost.

Es tracta d'un *display* amb regulador de lluminositat que permet mostrar 32 caràcters alhora, repartits en dues línies, és a dir, un *display* de 16x2.

#### 3.3.2. Teclat

Finalment, en comptes d'un teclat s'ha decidit usar només dos pulsadors per controlar l'aplicació, en considerar que l'ús de més tecles seria contraproduent.

S'ha optat per aquest model de pulsador per la fàcil connexió i pel seu baix cost.

#### 3.3.3. Rellotge de temps real (RTC)

Finalment, s'ha optat pel DS1703, per la seva disponibilitat en les botigues. El DS3231 seria millor component en quant a característiques, però no s'ha trobat en els proveïdors consultats.

### 3.4. Comunicació

En aquesta aplicació s'usen tres tipus diferents de comunicació, que es descriuen a continuació.

#### 3.4.1.1.1 I<sup>2</sup>C

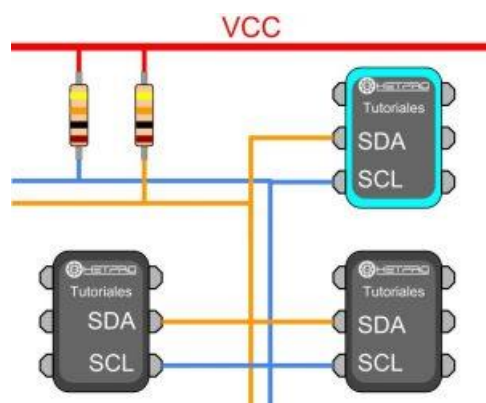
L'I<sup>2</sup>C és un port i protocol de comunicació sèrie i serveix per transferir bits entre dos dispositius digitals. També és conegut com IIC o TWI (*Two Wire Interface*).

El port inclou dos connexions de comunicació:

- SDA (*Serial Data*, connexió de transferència de dades).
- SCL (*Serial Clock*, connexió de rellotge).

Mostra alguns avantatges respecte d'altres comunicacions, permet connectar fins a 127 dispositius esclaus, i la seva arquitectura permet obtenir la confirmació de les dades rebudes. Els missatges que s'envien inclouen, a més del byte d'informació, una direcció tan del registre com del sensor, i per a la

informació que s'envia sempre es produeix una confirmació de recepció per part del dispositiu receptor.



**Figura 3.3** – Esquema de comunicació I<sup>2</sup>C. (Font: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/i2c/>)

En la comunicació I<sup>2</sup>C es diferencien dos elements bàsics: el Mestre i l'Esclau. El Mestre s'encarrega de controlar la connexió del rellotge i d'iniciar i finalitzar la comunicació. Dos mestres no poden fer ús del mateix port I<sup>2</sup>C. L'Esclau s'encarrega de subministrar la informació d'interès al Mestre, no pot generar senyal de rellotge, i sempre envia confirmació de recepció.

Hi ha dos modes de comunicació:

- Mestre-Transmissor i Esclau-Receptor: s'empra quan es desitja configurar un registre de l'Esclau.
- Mestre-Receptor i Esclau-Transmissor: s'empra quan es desitja llegir informació del dispositiu esclau.

#### 3.4.1.1.2 RS-232

El protocol RS-232 és un estàndard mundial que regeix els paràmetres d'un mode de comunicació en sèrie. Estandarditza les velocitats de transferència de dades, la forma de control de la transferència, els nivells de voltatge usats, etc.

A nivell de software la configuració necessària per establir una comunicació RS-232 és la selecció de la velocitat en badis, la verificació de dades o paritat, la quantitat de bits de parada després de cada dada, i la quantitat de bits per dada.

#### 3.4.1.1.3 Bluetooth 2.0

La comunicació *bluetooth* és un tipus de connexió sense fil utilitzada per transferir dades entre dos dispositius, amb una amplada de banda de 2,4 GHz.

### 3.4.2. Memòria externa

S'ha optat pel 24LC26 principalment degut al protocol de comunicació amb el microcontrolador, que en el cas d'aquesta memòria és el I<sup>2</sup>C. Aquest és un protocol àmpliament usat per la seva seguretat i simplicitat. El SPI s'utilitza quan és necessària una gran capacitat de memòria i altes velocitats de transmissió, que per l'aplicació que es tracta en aquest projecte, no s'han considerat prioritàries.

L'altra característica que s'ha tingut en compte en seleccionar la memòria EEPROM ha estat la seva capacitat, amb una memòria de 256 KB, que si s'emmagatzemen les dades cada 2 segons permet retenir els valors de les diferents dades que es monitoritzen de trajectes de fins a 3 hores.

### 3.4.3. Bluetooth

S'ha optat pel mòdul HC-06 tot i oferir menys prestacions que amb el mòdul HC-05, perquè compleix els requeriments necessaris per al projecte que volem dur a terme.

La major diferència entre el mòdul HC-05 i el mòdul HC-06 és que el mòdul HC-05 pot ser configurat com a Mestre o com a Esclau, mentre que el mòdul HC-06 només pot ser configurat com a Esclau.

### 3.4.4. Pic – PC

S'ha decidit usar un mòdul MAX232 en comptes del component MAX232 i els perifèrics necessaris perquè sortia més econòmic.

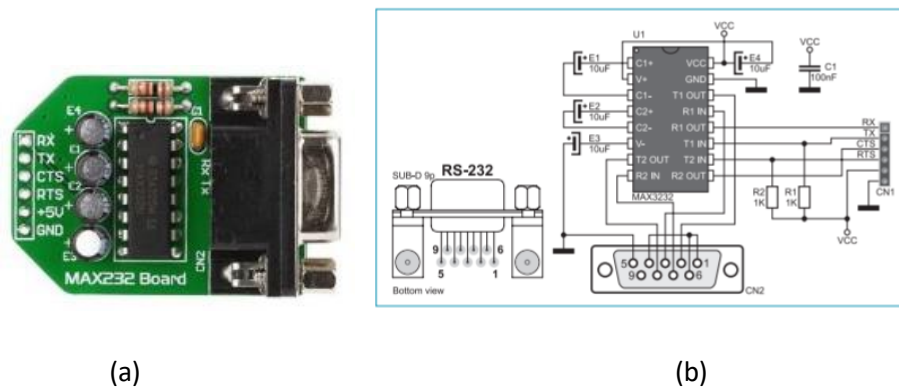


Figura 3.4 – Mòdul MAX232 (a) i connexions internes del mòdul (b). (Font: es.rs-online.com)

### 3.5. Bateria

S'ha seleccionat la bateria "18650 26H Li-ion Battery Pack", de RS Pro.

S'ha optat per aquest *pack* de bateries recarregables degut al seu preu i les seves característiques. Algunes d'aquestes característiques es mostren a la taula 31.

**Taula 31** – Característiques de la bateria 18650 26H Li-ion Battery Pack.

<b>Voltatge nominal</b>	11,1 V
<b>Capacitat</b>	2,6 A·h
<b>Voltatge de càrrega</b>	12,60 ± 0,05 V
<b>Pes</b>	144 g
<b>Dimensions</b>	55 x 69 x 23 mm



**Figura 3.5** – Bateria "18650 26H Li-ion Battery Pack". (Font: es.rs-online.com)

### 3.6. Software

Per poder realitzar l'aplicació que s'exposa en aquest projecte, s'ha fet ús dels diferents softwares que s'expliquen en aquest apartat.

#### 3.6.1. Eagle

Es tracta d'un programa especialitzat en el disseny electrònic creat per *Autodesk Inc.*

Disposa d'una versió lliure per estudiants i aficionats i permet el disseny d'esquemàtics i places de circuit imprès (PCB).

En aquest projecte s'ha usat per al disseny de l'esquemàtic i de la placa de circuit imprès (PCB).



### 3.6.2. CCS C Compiler

És un compilador del llenguatge de programació *C* per *Microchip*, especialitzat en PIC, desenvolupat per la companyia *CCS Costum Computer Services, Inc.*

És un compilador molt complet, amb moltes funcions que permeten realitzar programes en *C* de forma més senzilla.

En aquest projecte s'ha usat per programar el microcontrolador, el PIC18F4550.

### 3.6.3. Proteus

Aquest és un programa per realitzar projectes molt complet, creat per l'empresa *Labcenter Electronics*.

Permet realitzar totes les fases de creació d'un projecte: el disseny de l'esquemàtic, programació del software, disseny de la placa de circuit imprès (PCB), simulació del circuit i depuració d'errors. A més, és compatible amb *CCS C Compiler*.

En la realització d'aquest projecte només s'ha emprat per a la simulació i depuració d'errors.

### 3.6.4. MIT App Invento

És un entorn creat per *Google Labs*, especialitzat en realitzar aplicacions per a mòbils i tablets per al sistema operatiu *Android*. Es tracta d'un entorn simple de manejar, dissenyat per ser utilitzat per persones sense grans coneixements de programació. És un programa de programació en blocs.

En aquest projecte s'usa per dissenyar l'aplicació mòbil.

### 3.6.5. PICKit 3

Aquest depurador creat per *Microchip Technology* s'utilitza juntament amb el hardware PICKit 3 per programar microcontroladors PIC.

En aquest projecte s'utilitzarà per programar el microcontrolador PIC18F4550.



Figura 3.6 – Programador PICKit 3. (Font: <https://www.microchip.com>)

## 4. Prototip

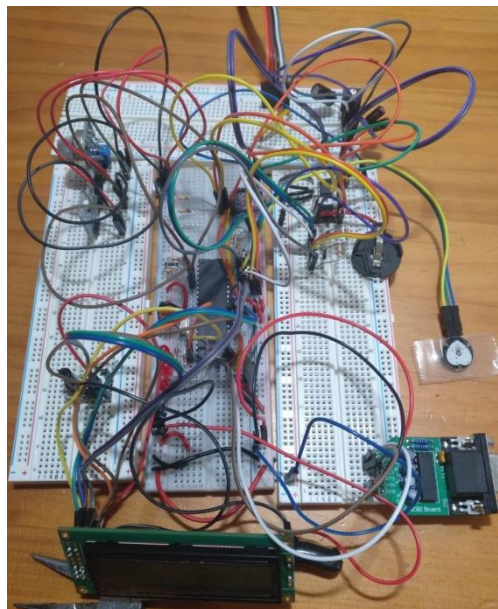
### 4.1. Disseny

En aquest apartat es comentaran els aspectes més importants del hardware.

#### 4.1.1. Prototip de proves

Abans de realitzar el prototip s'ha dissenyat un prototip de proves per fer els tests necessaris per assegurar el correcte funcionament del projecte.

El prototip de proves s'ha realitzat sobre una *protoboard*.

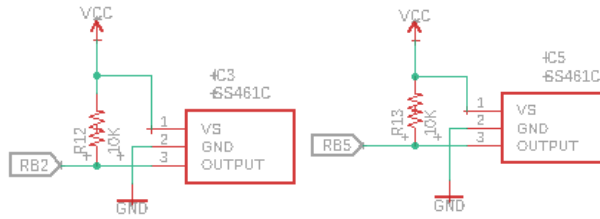


**Figura 4.1** – Prototip de proves.

Per realitzar aquest prototip de proves s'han usat els components seleccionats per al prototip final, i en aquest apartat es descriuran alguns aspectes importants que s'han de tenir en compte sobre el hardware.

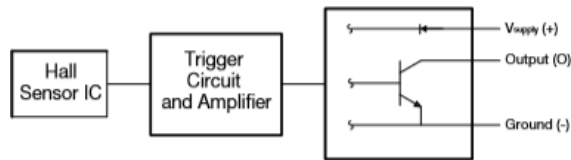
##### 4.1.1.1. Sensor d'efecte Hall

S'utilitza per mesurar la velocitat, la distància i la cadència de pedaleig.



**Figura 4.2** – Sensor d’efecte Hall IC3 (velocitat) i IC5 (cadència de pedaleig). (Font: Plànol 1)

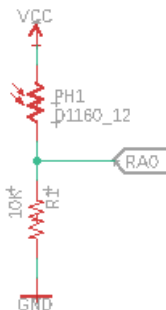
És important col·locar la resistència de 10 KΩ, degut a que la sortida “Output” és de col·lector obert, el que implica que la resistència, anomenada resistència de *pull-up* en aquests casos, ha de ser lo suficientment gran com per limitar el corrent entre l’alimentació i la sortida per evitar que s’espalli, en el cas que s’està estudiant, el microcontrolador.



**Figura 4.3** – Diagrama de blocs del sensor d’efecte Hall SS461C. (Font: Datasheet del sensor SS461C)

#### 4.1.1.2. Fotoresistor

S’utilitza per monitoritzar la quantitat de llum ambiental.



**Figura 4.4** – Sensor LDR (PH1). (Font: Plànol 1)

La sortida del fotoresistor està connectada al pin RA0 del microcontrolador, en mode analògic (AN0), ja que interessa una lectura analògica del sensor.

La tensió a la sortida del fotoresistor ve donada per l’equació Eq. 4.1.

$$V_{RA0} = V_{CC} \cdot \frac{R_1}{R_1 + PH1} \quad (\text{Eq. 4.1})$$

### 4.1.1.3. MQ-2

En aquest projecte és emprat per monitoritzar la quantitat de contaminació.

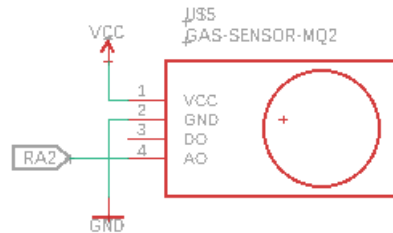


Figura 4.5 – Sensor MQ-2 (U\$5). (Font: Plànol 1)

És important fixar-se en quina sortida del sensor MQ-2 es connecta al microcontrolador. En cas de voler un senyal digital de 1 i 0 s’ha de connectar la sortida D0 del sensor al microcontrolador. En aquesta aplicació interessa una sortida analògica per saber la quantitat de contaminació, no només el moment en què la quantitat de contaminació es torna crítica. Per això es connecta la sortida A0 al microcontrolador, donat que és la sortida analògica del sensor.

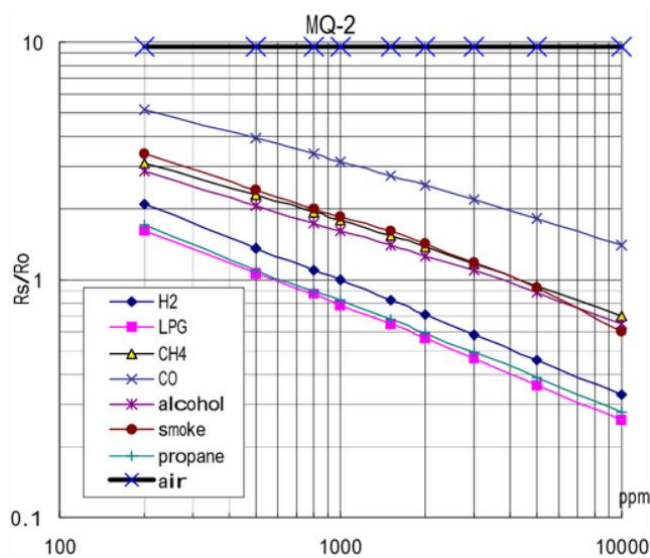


Figura 4.6 – Taula de sensibilitat del sensor MQ-2. (Font: Datasheet del sensor MQ-2)

La gràfica de la figura 4.6 que indica la sensibilitat del sensor MQ-2 és en escala logarítmica en els dos eixos, i com es pot observar, les mostres són aproximadament rectes. En conseqüència, la concentració es pot calcular mitjançant l’equació Eq. 4.2:

$$\text{Concentració} = 10^{(A \cdot \log(R_s/R) + B)} \quad (\text{Eq. 4.2})$$

On *A* i *B* venen donades per la recta que aproxima la concentració dels diferents gasos.

$$Y = A \cdot x + B \quad (\text{Eq. 4.3})$$

Essent:

$$A = \frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0} \quad (\text{Eq. 4.4})$$

$$B = Y_0 - A \cdot X_0 \quad (\text{Eq. 4.5})$$

#### 4.1.1.4. Polsadors

S'utilitzen per controlar el funcionament de l'aplicació.

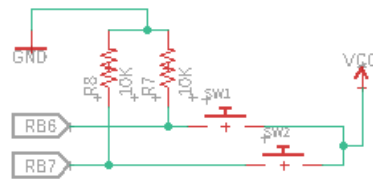


Figura 4.7 – Connexió dels pulsadors. (Font: Plànol 1)

És important posar les resistències de *pull-down*, per tal d'obtenir un zero quan el pulsador no és pulsat i per evitar donar un corrent excessiu, que malmetria el microcontrolador, quan el pulsador és pulsat.

#### 4.1.1.5. Relotge de temps real (RTC)

S'empra com a rellotge.

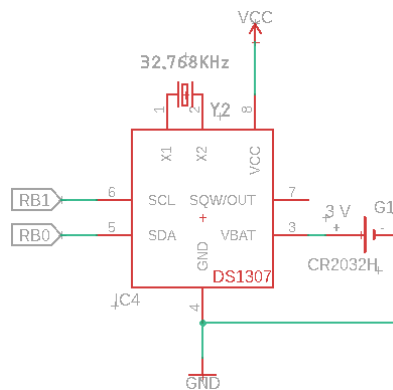


Figura 4.8 – Connexió del RTC. (Font: Plànol 1)

La bateria de 3 V és necessària per alimentar el rellotge de temps real, evitant així que consumeixi la bateria que alimenta el prototip.

El cristall de 32,768 KHz dóna la senyal de rellotge que utilitza el component DS1307 per funcionar correctament.

És important posar resistències de *pull-up* als pins de comunicació I<sup>2</sup>C per al correcte funcionament de la comunicació, ja que és necessari disposar d'un senyal alt quan no es produeix cap comunicació.

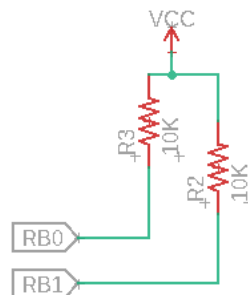


Figura 4.9 – Resistències de *pull-up* del canal I<sup>2</sup>C. (Font: Plànol 1)

#### 4.1.1.6. Memòria EEPROM

S'utilitza com a memòria externa per guardar les dades desitjades recollides pels sensors.

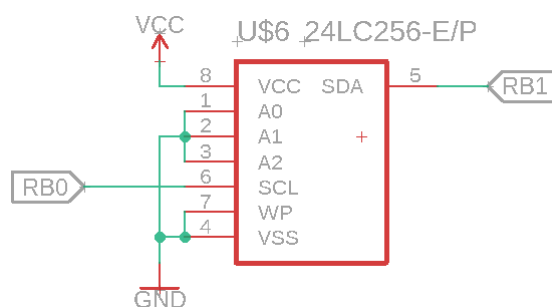


Figura 4.10 – Connexió de la memòria externa EEPROM. (Font: Plànol 1)

Els pins A0, A1, i A2 marquen la direcció com esclau de la memòria EEPROM. En aquest projecte s'ha decidit marcar la direcció 000 portant els tres pins a terra (GND), però es podria marcar qualsevol combinació portant els pins a terra (GND) o a V<sub>CC</sub>.

Com en el cas anterior, és necessari posar resistències de *pull-up* al canal de comunicació I<sup>2</sup>C, però amb una vegada és suficient, per la qual cosa no se n'afegiran més en aquest prototip.

#### 4.1.1.7. Mòdul bluetooth

S'utilitza per comunicar-se amb el mòbil.

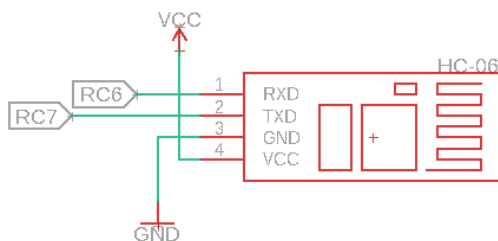


Figura 4.11 – Connexió del mòdul bluetooth HC-06. (Font: Plànol 1)

És important fixar-se en la connexió dels pins Tx i Rx, ja que no estan connectats directament als pins Tx i Rx del microcontrolador, sinó connectats a la inversa. El pin Rx del mòdul HC-06 és connectat al pin Tx del microcontrolador, i el pin Tx del mòdul HC-06 és connectat al pin Rx del microcontrolador.

Això és necessari perquè quan el microcontrolador llegeix la informació, el mòdul escriu, i quan el microcontrolador escriu la informació, el mòdul llegeix.

#### 4.1.1.8. Bateria

S'utilitza per alimentar tota l'aplicació.

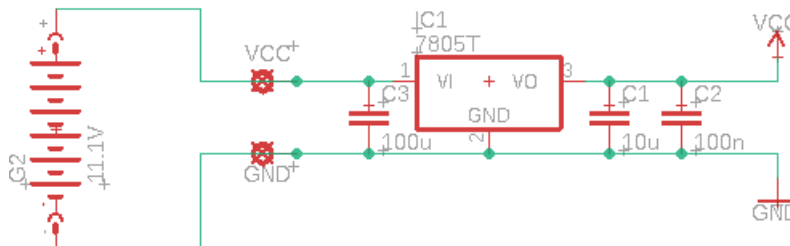


Figura 4.12 – Connexió de la bateria. (Font: Plànol 1)

En tractar-se d'una bateria de 11,1 V, s'ha d'utilitzar un regulador per aconseguir una sortida de 5 V estable i sense variacions, ja que molts dels components usats en aquest projecte són sensibles a variacions en la tensió d'alimentació. En aquesta aplicació s'ha optat pel regulador LM7805.

Els condensadors afegits després del regulador són usats per estabilitzar encara més la senyal, i el condensador situat abans del regulador serveix per filtrar la rissada provinent de la font d'alimentació, en el cas d'aquest projecte, la bateria de 11,1 V.

I coneixent el consum del circuit es poden calcular les hores d'autonomia que tindrà l'aplicació.

Si el circuit consumeix 460 mA i la capacitat de la bateria és de 2.600 mA·h, mitjançant els següents càlculs es poden obtenir les hores d'autonomia.

En primer lloc, la potència de la bateria es pot calcular amb la següent fórmula:

$$V_b \cdot I_b = W_b \quad (\text{Eq. 4.6})$$

On:

$V_b$  és el voltatge de la bateria.

$I_b$  és la intensitat subministrada per la bateria.

$W_b$  és la potència consumida per la bateria.

Per la qual cosa:

$$W_b = 11,1 (V) \cdot 2.6 (A) \quad (\text{Eq. 4.7})$$

$$W_b = 28,86 W \quad (\text{Eq. 4.8})$$

Després, la potència consumida per la bateria ve donada per:

$$V_b \cdot I_c = W_c \quad (\text{Eq. 4.9})$$

On:

$I_c$  és la intensitat consumida pel circuit.

$W_c$  és la potència consumida pel circuit.

Com a conseqüència,

$$W_c = 11,1 (V) \cdot 0,46 (A) \quad (\text{Eq. 4.10})$$

$$W_c = 5,106 W \quad (\text{Eq. 4.11})$$

Finalment, el temps d'autonomia del projecte ve donat per:

$$H_{\text{autonomia}} = \frac{W_b}{W_c} \quad (\text{Eq. 4.12})$$

On,

$H_{\text{autonomia}}$  és el temps d'autonomia de l'aplicació.

I substituint els valors aconseguits,

$$H_{\text{autonomia}} = \frac{28,86}{5,106} \quad (\text{Eq. 4.13})$$



$$H_{autonomia} = 5,65 h \quad (\text{Eq. 4.14})$$

Així doncs, l'aplicació tindrà una autonomia de 5:39 h.

#### 4.1.1.9. Dissipadors

Després de calcular la potència consumida pel circuit s'ha valorat la necessitat d'emprar dissipadors en els components que consumeixen una major potència, com és el cas del regulador de tensió.

Per saber si és necessari utilitzar un dissipador en el regulador de tensió, s'han fet els càlculs següents:

$$T_{jmàx} - T_A = P \cdot R_{th_{J-A}} \quad (\text{Eq. 4.15})$$

On:

$T_{jmàx}$  és la temperatura màxima que aguanta el regulador.

$T_A$  és la temperatura ambiental.

$P$  és la potència màxima que pot consumir el regulador.

$R_{th_{J-A}}$  és la resistència tèrmica entre la unió i l'ambient.

Així doncs, en aquesta aplicació, observant el *datasheet* del regulador se sap que la temperatura màxima de junció que permet és de 150 °C, i la resistència de junció-ambient de l'encapsulat del regulador (TO-220) és de 50 °C/W. I sobredimensionant la temperatura ambient, tenint en compte que l'aplicació anirà tancada en una capsa i que la temperatura a l'estiu pot augmentar, es suposa una temperatura de funcionament de 60 °C.

$$150 \text{ °C} - 60 \text{ °C} = P \cdot 50 \text{ °C/W} \quad (\text{Eq. 4.16})$$

On:

$$P = \frac{150-60}{50} = 1,8 \text{ W} \quad (\text{Eq. 4.17})$$

Un cop obtinguda la potència màxima, es calcula el corrent màxim que pot circular per l'aplicació.

$$I_{màx} = \frac{P}{V_{IN} - V_{OUT}} = \frac{1,8}{11,1-5} = 0,295 \text{ A} \quad (\text{Eq. 4.18})$$

Com es pot observar, supera amb esqueix el corrent que circula per l'aplicació que s'està dissenyant; així doncs, serà necessari l'ús d'un dissipador.

Per calcular quin dissipador utilitzar, s'han realitzat els següent càlculs:

Primer s'ha calculat la potència que dissipar,

$$P = I \cdot V = 0,46 \cdot (11,1 - 5) = 2,806 \text{ W} \quad (\text{Eq. 4.19})$$

Per calcular la resistència del dissipador que es necessita es seguirà la següent equació:

$$R_{da} = \left( \frac{T_{jm\grave{a}x} - T_a}{P} \right) - R_{jc} - R_{cd} \quad (\text{Eq. 4.20})$$

On:

$R_{da}$  és la resistència tèrmica del dissipador.

$R_{jc}$  és la resistència tèrmica entre la unió i la càpsula.

$R_{cd}$  és la resistència tèrmica entre la càpsula i el dissipador.

Per calcular el dissipador que es necessita també cal tenir en compte les pastes tèrmiques, i algunes d'elles apareixen en la següent taula.

**Taula 32** – Coeficient tèrmic de les pastes tèrmiques comuns.

	Mica 60 $\mu\text{m}$ espessor	Contacte directe	Contacte directe + mica	Contacte directa + silicona	Contacte directa + mica + silicona
TO3	0,5 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$	0,25 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$	0,8 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$	0,12 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$	0,4 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$

Del *datasheet* del regulador se sap que la resistència tèrmica entre la unió i la càpsula és de 3  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ , i per economia s'ha optat per no comprar una pasta tèrmica, i en conseqüència, la resistència tèrmica entre la càpsula i el dissipador és de 0,25  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ . Així doncs, la resistència tèrmica del dissipador serà:

$$R_{da} = \left( \frac{150 - 60}{2,806} \right) - 3 - 0,25 = 28,82 \text{ } ^{\circ}\text{C}/\text{W} \quad (\text{Eq. 21})$$

El dissipador que es necessita ha de tenir una resistència tèrmica inferior a 28,82  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ .

Tenint en compte aquesta dada s'ha seleccionat el dissipador ML7G, que dissipa 24  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ .



**Figura 4.13** – Dissipador ML7G. (Font: es.rs-online.com)

#### 4.1.2. Prototip final

L'única diferència entre el prototip i el prototip final és l'acabat.

EL bon resultat del desenvolupament del projecte s'ha demostrat en aquest apartat, ja que no ha estat necessari introduir cap canvi, per petit que sigui, en el prototip final.

Mentre que el prototip s'ha dissenyat sobre una *protoboard* per poder realitzar canvis i testejar l'aplicació, el prototip final estaria dissenyat sobre una PCB, una placa de circuit imprès.

Per realitzar aquest placa de circuit imprès s'han de seguir diferents passos.

En primer lloc, cal dissenyar el circuit en l'*Eagle*, es a dir, l'esquemàtic. Al moment de triar els components durant la realització de l'esquemàtic cal assegurar-se de triar els encapsulats correctes, per tal que en acabar la placa de circuit imprès hi encaixin tots correctament. En cas d'escollir un encapsulat erròniament, hi ha la possibilitat de què, quan es faci el muntatge de la placa de circuit imprès (PCB), el component no encaixi. Si es donés aquest cas, caldria buscar un altre component que hi encaixés o tornar a muntar la placa de circuit imprès altra vegada.

En aquest projecte s'ha creat una placa de circuit imprès a doble cara, el que implica que hi ha circuit per les dues cares de la placa, i d'aquesta manera s'economitza espai.

Un cop realitzat el circuit imprès en l'*Eagle*, anomenat *layout*, aquest s'imprimeix en un fotolit transparent, que posteriorment serà utilitzat durant la insolació de la placa.

## 4.2. Programació

### 4.2.1. Diagrama de flux

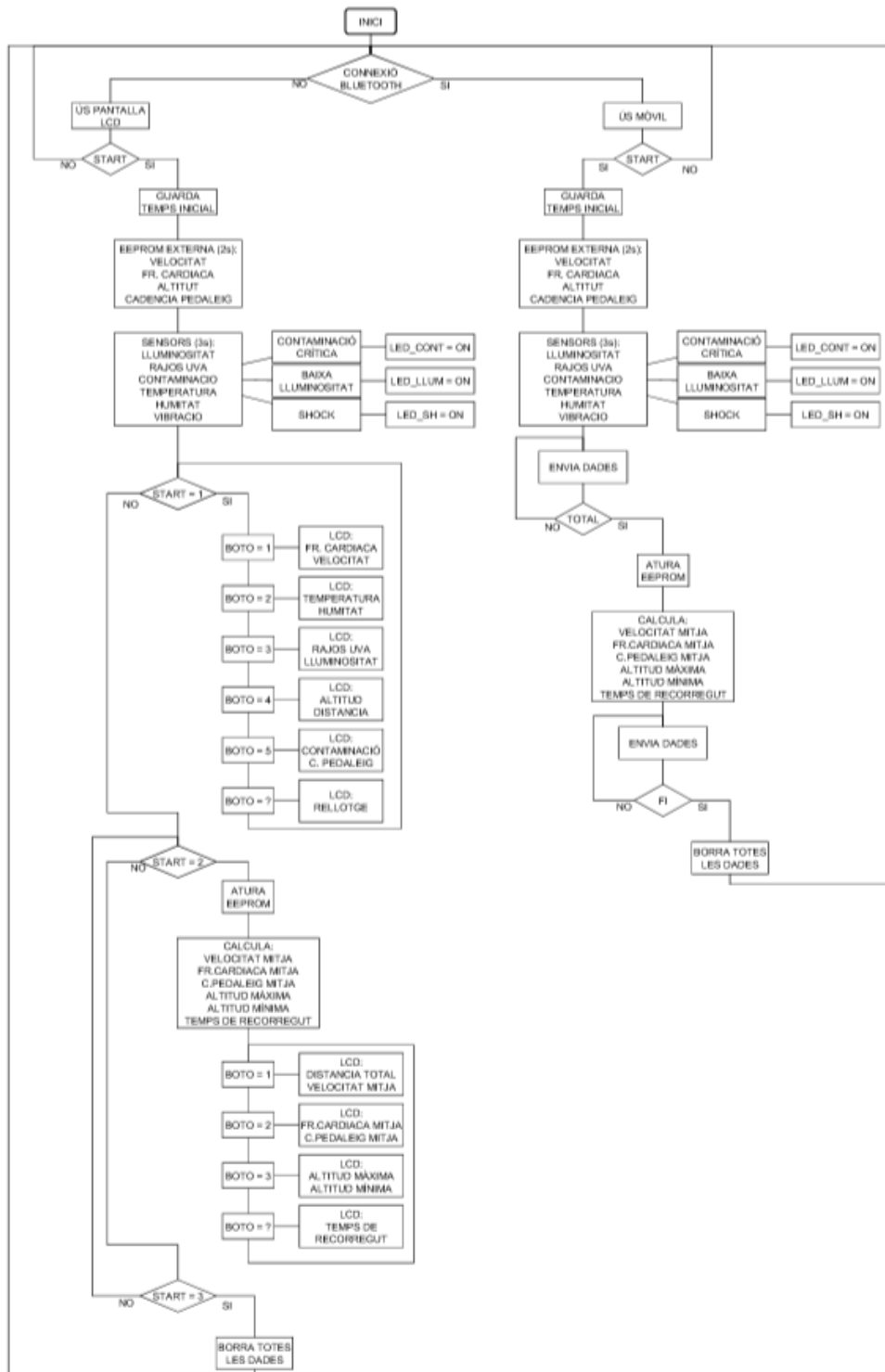


Figura 4.14 – Diagrama de flux.

## 4.2.2. Codi

### 4.2.2.1. Luminositat

Per calcular el percentatge de lluminositat s'han utilitzat les següents línies de codi:

```
v_ana = read_adc();
v_dig = 5.0*v_ana/1024.0;
lum = (100*v_dig)/5; //lumens
if (lum > 41)
{
  output_low(PIN_CO);
}
else
{
  output_high(PIN_CO);
}
```

On a més d'aconseguir la lluminositat en percentatge, l'aplicació encén un led en cas que hi hagi poca llum, per tal d'avisar el ciclista sobre la necessitat d'encendre els llums.

### 4.2.2.2. Velocitat, distància i cadència de pedaleig

Mitjançant interrupcions s'han aconseguit pulsos cada vegada que els sensors d'efecte Hall passaven per l'imant.

```
puls = c_vel*30;
dist = (puls*3.511)+ dist;
vel = puls*3.511*0.06;
pedal = c_peda * 30;
```

Un cop aconseguits els pulsos, mitjançant una interrupció que es produeix cada 2 segons es multipliquen els pulsos per 30, per tenir una quantitat aproximada de pulsos per minut.

La constant 3,511 ve donada pel perímetre de la roda de la bicicleta, considerant un radi estàndard de 559 mm.

$$Cnt = 2 \cdot \pi \cdot r \quad (\text{Eq. 4.22})$$

$$Cnt = 2 \cdot \pi \cdot 0,559 \quad (\text{Eq. 4.23})$$

$$Cnt = 3,511 m \quad (\text{Eq. 4.24})$$

La constant de 0,06 passa de minuts a hores i de metres a kilòmetres el càlcul de la velocitat.

$$Cnt1 = \frac{1 Km}{1000 m} \cdot \frac{60 min}{1 h} \quad (\text{Eq. 4.25})$$

$$Cnt1 = 0,06 \quad (\text{Eq. 4.26})$$

Amb la qual cosa, queda una distància mesurada en metres (m), una velocitat en quilòmetres per hora (Km/h) i una cadència de pedaleig en pedalejades per minut (ped/min).

#### 4.2.2.3. Freqüència cardíaca

Com amb la velocitat i la cadència de pedaleig, s'ha utilitzat una interrupció per aconseguir els pulsos detectats pel sensor. I després de consultar en diferents webs de salut i forma física, s'ha arribat a la conclusió que el temps mínim per poder calcular una freqüència cardíaca aproximada són 15 segons.

```
if (time_cor >= 15000) //15s
{
  fr_cor = c_cor*4;
  time_cor = 0;
  c_cor = 0;
}
}
```

#### 4.2.2.4. Altitud

Coneixent la pressió i la temperatura es pot calcular l'altitud respecte al nivell del mar a la que s'està, seguit la següent fórmula:

$$P = P_0 \cdot e^{\frac{-\mu \cdot g \cdot h}{R \cdot T}} \quad (\text{Eq. 4.27})$$

On:

$P_0$  és la pressió a nivell del mar, una constant,  $P_0 = 1013,25$  hPa.

$P$  és la pressió a la que s'està.

$\mu$  és la massa molar de l'aire terrestre, una constant,  $\mu = 0,0289644$  Kg/mol.

$G$  és la gravetat, una constant,  $g = 9,980665$  m/s<sup>2</sup>.

H és la diferència d'altura.

R és la constant universal per l'aire.  $R = 8,31432 \text{ N}\cdot\text{m}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ .

T és la temperatura en Kelvins.

L'altura s'ha calculat amb les línies de codi següents:

```
void altitud()
{
  int tempK; //temperatura en Kelvins
  BME280_readPressure(&pressure);
  BME280_readTemperature(&temperature);
  tempK = (temperature/100) + 273.15;
  alt = ((R*tempK)/(u*g))*log((pressure/100)/po);
}
```

#### 4.2.2.5. Temps de recorregut

Per calcular el temps de recorregut, al principi s'emmagatzema, en la memòria del microcontrolador, el moment en què es comença el trajecte, mitjançant les següents línies de codi:

```
ds1307_get_time(hrs,min,sec);
temps_ini = (hrs*3600) + (min*60) + sec;
```

El temps final s'emmagatzema en finalitzar el trajecte mitjançant les línies de codi:

```
ds1307_get_time(hrs,min,sec);
temps_fi = (hrs*3600) + (min*60) + sec;
```

I per calcular el temps que ha durat el recorregut s'ha utilitzat la següent funció:

```
void time_rec()
{
  int32 temps_rec;
  temps_rec = temps_fi - temps_ini;
  hrs_rec = temps_rec/3600;
  min_rec = (temps_rec - (temps_rec/3600))/60;
  sec_rec = temps_rec - (hrs_rec*3600) - (min_rec*60);
}
```

#### 4.2.2.6. Memòria

Per poder programar la memòria més fàcilment s'ha fet ús d'una llibreria del programa *CCS C Compiler*.

```
#include <24256.c> //memoria
```

La memòria amb la que s'està treballant té una capacitat de 32767 *bytes*, i després de sospesar les dades importants s'ha decidit que només es guardarà en la memòria la velocitat, la freqüència cardíaca, l'altitud i la cadència de pedaleig. Això permet memoritzar, si es guarda la informació cada 2 segons, una durada de trajecte de fins a 3 hores.

Però, en programar, s'ha de tenir en compte que només es pot guardar en la memòria 1 byte d'informació cada vegada, i en el cas d'aquesta aplicació tan la velocitat com l'altitud estan compostes per 2 bytes d'informació, per la qual cosa s'ha creat una funció per separar aquestes variables en dues variables de 1 byte.

```
void guar_int16(long int adress, int16 valor)
{
  int LOW;
  int HIGH;
  LOW=make8(valor, 0);
  HIGH=make8(valor, 1);
  //guardar el valor a la eeprom
  write_ext_eeprom(adress, HIGH);
  write_ext_eeprom(adress+1, LOW);
}
```

Per llegir la informació emmagatzemada al final de cada recorregut s'ha trobat el mateix problema, per la qual cosa s'ha utilitzat la següent línia de codi per unir els 2 bytes.

```
v_vel = make16(HIGH_leer,LOW_leer);
```

On s'utilitza "v\_vel" quan es vol llegir la velocitat, i "v\_alt" quan es vol llegir l'altura.

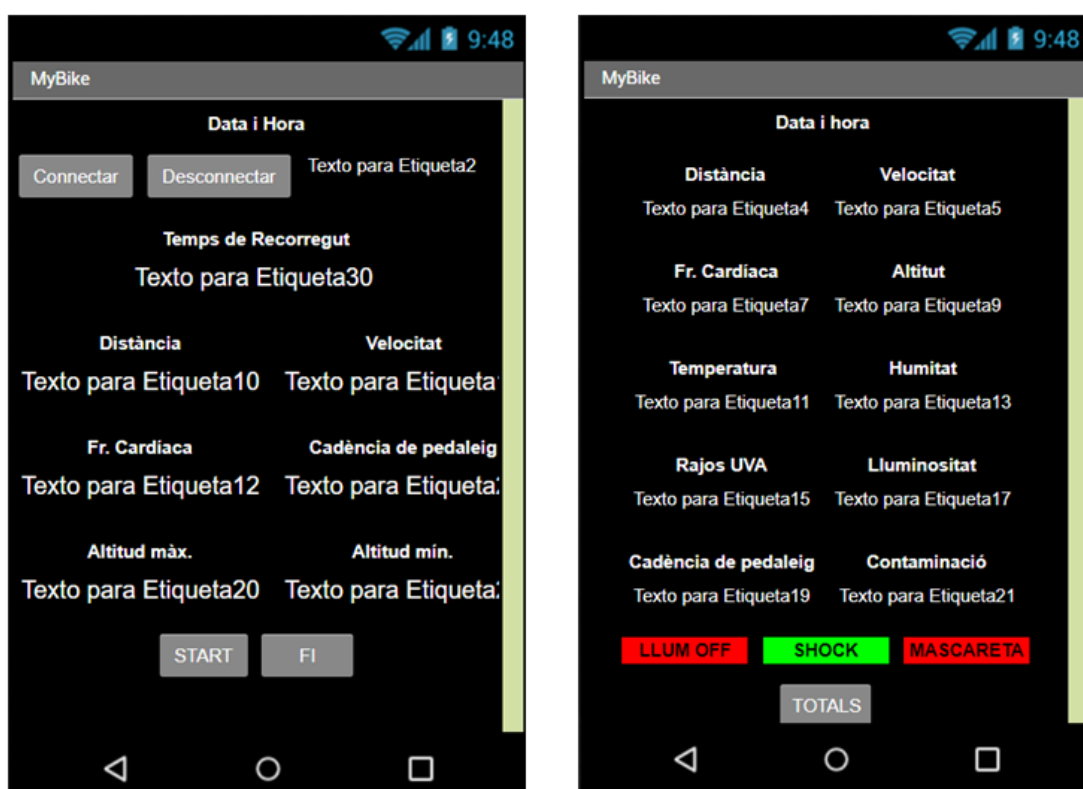


### 4.3. Aplicació pel mòbil

Per desenvolupar l'aplicació pel mòbil s'ha usat el programa MIT App Inventor.

L'aplicació és composta per dues pantalles: la pantalla (a) es mostrarà en accedir a l'aplicació i en finalitzar el trajecte, i la pantalla (b) es mostrarà durant la realització de l'activitat.

A la pantalla (b) es mostraran els valors que es sense en temps real, mentre que la pantalla (a) mostrarà els valors finals del trajecte. A les següents imatges s'aprecia l'aspecte de les pantalles (a) i (b).



(a)

(b)

Figura 4.15 - Aparença de l'aplicació pel mòbil.

EL llenguatge de programació d'aquest web està basat en el JavaScript. Es tracta d'una programació feta en blocs predefinits que s'interconnecten per a formar les sentències i funcions que formaran el codi de programació.

Durant la programació d'aquesta aplicació pel mòbil, que es pot trobar completa a l'annex, hi ha alguns blocs importants que tenir en compte.

Un dels punts importants del codi són els blocs referits a la connexió bluetooth amb el dispositiu, definit pel codi de la figura 4.16.

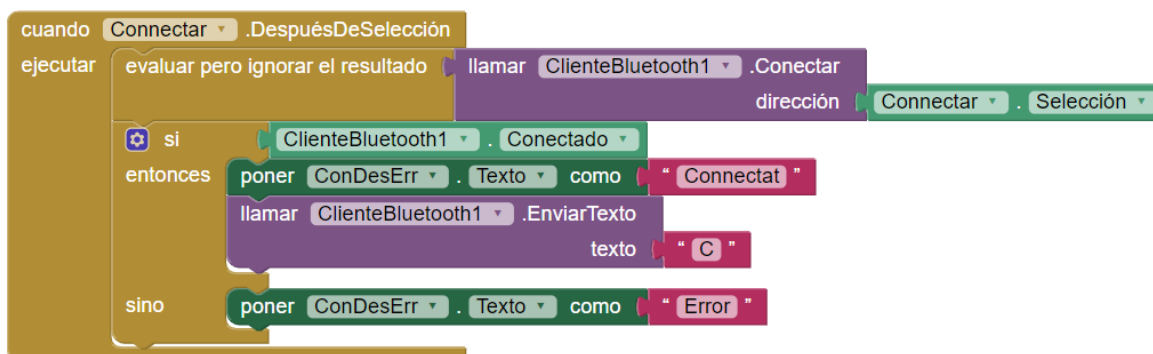


Figura 4.16 – Codi de connexió via bluetooth amb el dispositiu.

Com es pot observar en la figura 4.16, si s’aconsegueix establir connexió amb el dispositiu, el mòbil li enviarà una senyal i mostrarà a l’etiqueta corresponent la paraula “Connectat”; en cas contrari, no enviarà cap senyal al dispositiu i es mostrarà a l’etiqueta la paraula “Error”.

Una altra part molt important sobre el codi, és la part del programa corresponent al canvi de pantalla.



Figura 4.17 – Codi de canvi de pantalla.

Com es pot observar a la figura 4.17, en pulsar el botó “START” s’envia una senyal al dispositiu, conforme el botó “START” ha estat pressionat, i l’aplicació obra una altre finestra, la pantalla (b), on es mostraran els valors monitoritzats pels sensors durant el trajecte.

A la programació de pantalla (b) es troba el mateix codi de programació per tornar a la pantalla (a) un cop finalitzat el trajecte, i poder veure els valors mitjos assolits durant la realització de l’activitat.

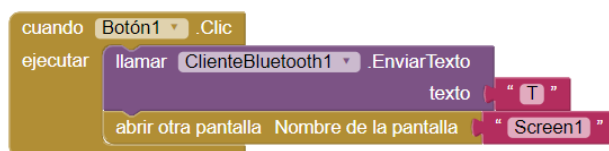


Figura 4.18 – Codi per tornar a la pantalla (a).

Per finalitzar el trajecte, es pressionarà el botó “F” i es tancarà l’aplicació. Per realitzar aquesta acció s’utilitzaran els blocs de la figura 4.18.



Figura 4.19 – Tancament de l’aplicació.

## 4.4. Simulació

Abans de construir el prototip, un pas important que s’ha de tenir en compte és la simulació.

Simular el circuit que es vol crear abans de construir-lo ofereix molts avantatges. Amb la simulació es poden detectar connexions errònies i components incompatibles, i un cop creat el codi de programació, es pot simular i trobar errors sense necessitat de reprogramar el microcontrolador cada vegada que es fa un canvi en el codi.

Per simular el projecte que s’exposa en aquest treball s’ha usat el programa *Proteus*, com s’explica en l’apartat 3.6.3.

Per simular el prototip, en tractar-se d’un circuit amb molts sensors i un codi de programació molt extens, s’ha hagut de simular per parts, i hi ha hagut parts que ha estat impossible simular, degut a la falta de capacitat del processador.

### 4.4.1. Lluminositat

En les següents imatges es pot veure el resultat de simular el funcionament del sensor de lluminositat (LDR) i el LED indicador de falta de lluminositat.

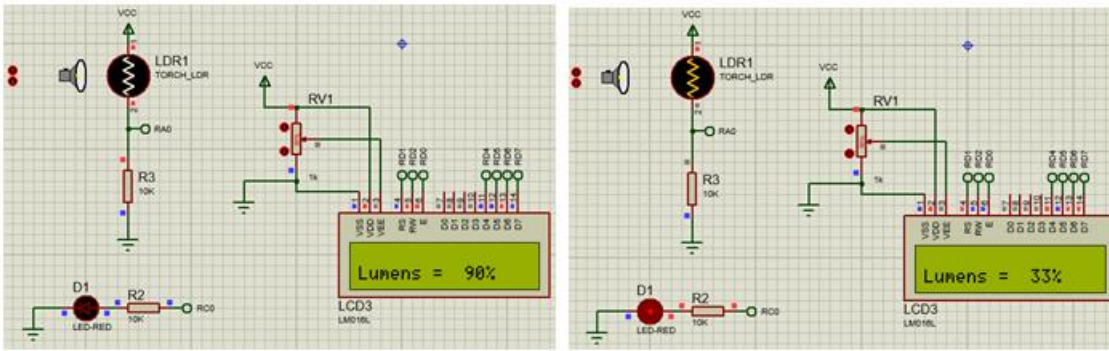


Figura 4.20 – Simulació del fotoresistor.

Quan el fotoresistor detecta una lluminositat superior al 41%, el LED indicador de llum està apagat, ja que és innecessari l'ús de llums, i al *display* es mostra el percentatge de lluminositat. Però quan el fotoresistor detecta un percentatge de llum ambiental inferior 41%, el LED indicador de falta de llum s'encén, i el *display* mostra el percentatge de llum ambiental.

#### 4.4.2. Contaminació

A la figura 4.21 s'observa el resultat de simular el sensor de contaminació MQ-2 i el LED indicador de contaminació crítica.

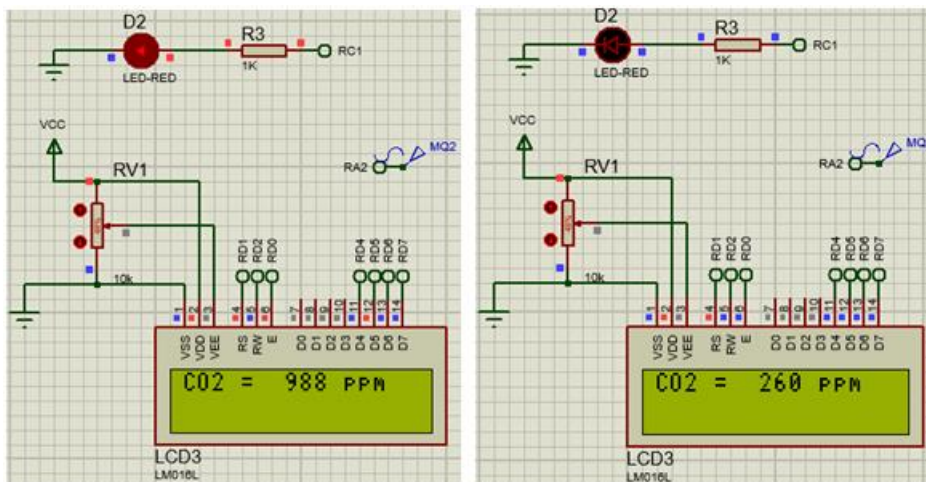


Figura 4.21 – Simulació del sensor de contaminació.

Com es pot veure a la figura 4.21, per simular el sensor MQ-2 s'ha utilitzat un senyal sinusoidal, donat que la sortida del sensor real dóna un senyal analògic que varia en funció de la contaminació, i aquest senyal analògic és equiparable a un senyal sinusoidal amb un *offset* de 2,5 V i una amplitud de 2,5 V. Mitjançant aquest mètode es redueix la càrrega pel processador i la simulació és òptima.

Com es pot observar a les imatges de la figura 4.21, quan el sensor detecta una contaminació superior a la contaminació crítica, de 400 ppm, el LED indicador de contaminació crítica s'encén, mentre que si la contaminació és inferior a 400 ppm, el LED indicador de contaminació romandrà apagat. Tot això, mentre el *display* mostra la quantitat de contaminació ambiental en parts per milió (ppm).

#### 4.4.3. Vibració

En aquesta simulació es mostra el funcionament del sensor de vibració. I de la mateixa manera que amb el sensor de contaminació, s'ha substituït la sortida del sensor per un senyal de pulsos irregular.

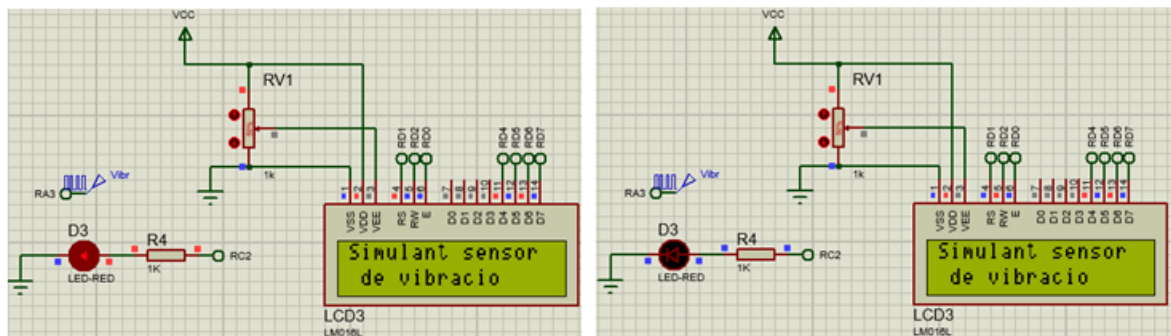


Figura 4.22 – Simulació del sensor de vibració.

El sensor de vibració només dóna una sortida digital de 1 o 0, segons s'hagi produït un xoc o no; així doncs, en el programa no s'utilitza el *display* per mostrar la informació que detecta el sensor.

Quan es produeix un xoc el sensor dóna una sortida digital de 0, fent que el LED indicador de xoc s'engegui, mentre que en cas contrari, el sensor donarà un senyal digital alt i el LED romandrà apagat.

#### 4.4.4. Freqüència cardíaca

En aquest apartat es simula el funcionament del sensor de freqüència cardíaca, que com en els casos anteriors, s'ha substituït per un senyal de pulsos regular.

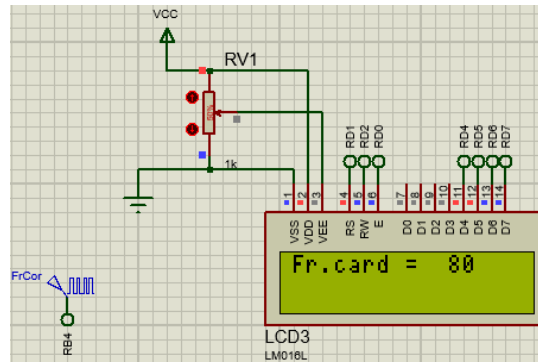


Figura 4.23 – Simulació del sensor de la freqüència cardíaca.

La sortida del sensor és contada pel microcontrolador, que cada 15 segons fa que s’actualitzi la freqüència cardíaca, i aquesta és mostrada al display.

#### 4.4.5. Velocitat i distància

Tan la distància com la velocitat són mesurades pel mateix sensor, un sensor d’efecte Hall. En aquest apartat es simula el càlcul d’aquests valors a partir del sensor de velocitat, que com als apartats anteriors ha estat substituït per un generador de pulsos regular, perquè el microcontrolador està programat per detectar el canvi de baixa a alta tensió que es produeix al sensor d’efecte Hall cada vegada que l’imant s’apropa al sensor.

A partir del conteig de pulsos del sensor es calcula tan la velocitat com la distància mitjançant les equacions exposades en l’apartat 4.2.2.2, relatiu a programació.

Al final del trajecte es mostra la distància total recorreguda i la velocitat mitja a la que es desplaçava el ciclista. Malauradament, ha estat impossible simular la velocitat mitja degut a la insuficient capacitat de processament de l’ordinador.

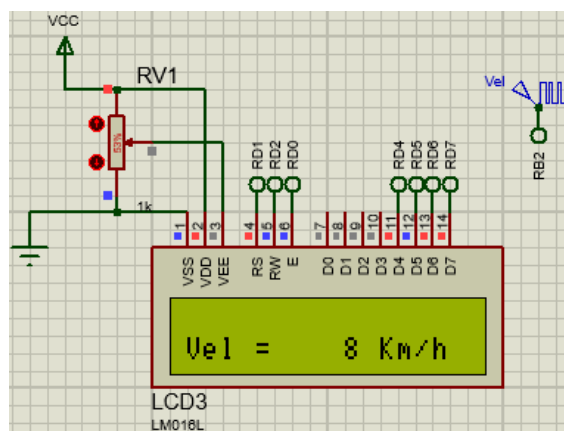


Figura 4.24 - Simulació del sensor de velocitat.

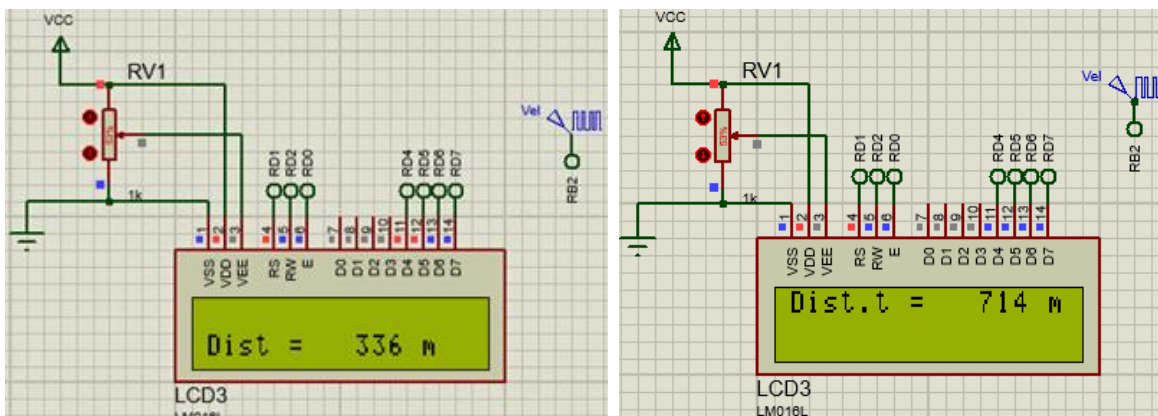


Figura 4.25 – Simulació de l'adquisició de la distància.

#### 4.4.6. Cadència de pedaleig

A la figura 4.26 s'observa el resultat de simular la cadència de pedaleig.

El sensor d'efecte Hall emprat per captar la cadència de pedaleig envia un senyal alt al microcontrolador cada vegada que l'ímant passa a prop del sensor d'efecte Hall. El microcontrolador conta el número de vegades que s'ha produït un canvi de senyal al pin del sensor d'efecte Hall que sensa la cadència de pedaleig, i cada 2 segons calcula la cadència de pedaleig mitjançant les línies de programa exposades a l'apartat 4.2.2.2.

A la figura següent es mostra el resultat d'aquesta simulació, on es pot observar que el *display* mostra la cadència de pedaleig i que el sensor d'efecte Hall ha estat simulat mitjançant un senyal de pulsos irregular.

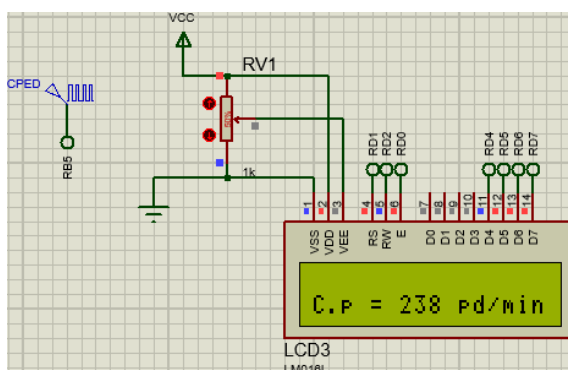


Figura 4.26 – Simulació del sensor de la cadència de pedaleig.

#### 4.4.7. Rajos UVA

Per simular el sensor de rajos UVA s'ha utilitzat, com amb els sensors anteriors, un senyal sinusoidal amb *offset* 2,5 V i una amplitud de 2,5 V en comptes del sensor.



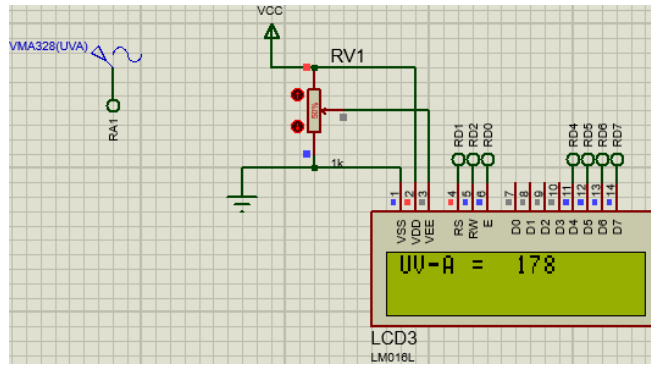


Figura 4.27 – Simulació del sensor de rajos UVA.

Com es pot observar a la imatge anterior, el *display* mostra el valor sensat pel sensor de rajos UVA, que s actualitza cada 3 segons.

#### 4.4.8. RTC

A la figura 4.28 s’aprecia la simulació del rellotge de temps real. Aquest marca el temps i s’encarrega de calcular el temps de recorregut del trajecte.

Aquest temps de recorregut es calcula mitjançant les línies de codi exposades a l’apartat 4.2.2.5 i es mostra al finalitzar el trajecte juntament amb la resta de valors totals, mitjos, màxims i mínims.

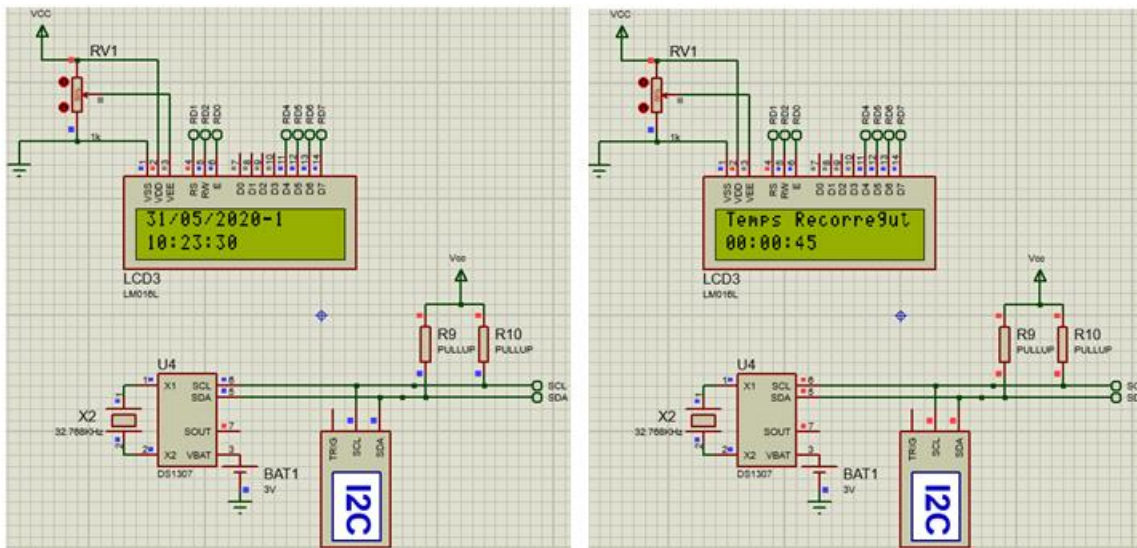


Figura 4.28 - Simulació del rellotge de temps real (RTC).



#### 4.4.9. Tots els sensors

Finalment s'ha simulat el funcionament de tots els sensors en conjunt sense la memòria i la comunicació per bluetooth, ja que en afegir aquests components el programa era incapaç de simular degut a la demanda excessiva de processador.

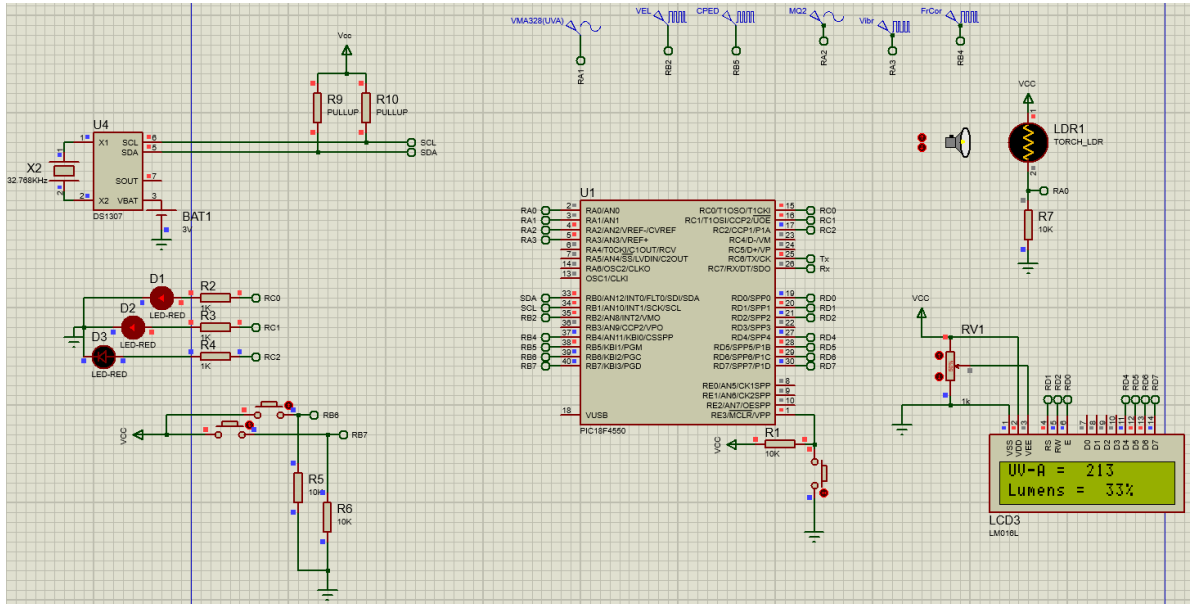


Figura 4.29 – Simulació dels sensors.

## 5. Producte final

En aquest apartat del projecte es descriuen les especificacions necessàries per dur a terme la producció en sèrie del producte.

### 5.1. Unitat central

El producte final anirà dins d'una capsa de base de polímer, com l'ABS, amb una protecció IP mínima de IP54, i unes dimensions de 150x150x90 mm, semblant a la que es mostra a la figura 5.1.

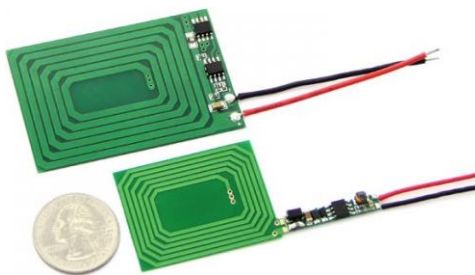


**Figura 5.1** – Capsa del producte final. (Font: [www.amazon.es](http://www.amazon.es))

El muntatge òptim situaria el projecte a la tija del manillar de la bicicleta mitjançant dues abraçadores de tub de PVC de 20-25 mm de diàmetre. Si no fos possible el muntatge a la tija del manillar per falta d'alçada, aquest projecte contempla la possibilitat de muntar-lo al travesser superior del quadre o directament sobre el manillar.

Es desaconsella el muntatge sobre el manillar directament, ja que l'aplicació està dissenyada per ser muntada en posició vertical.

Per tal de garantir l'eficiència del subministre s'ha previst un sistema de càrrega per carregador inductiu.



**Figura 5.2** – Circuit de càrrega inductiva de 12 V. (Font: tienda.bricogeek.com)

Si no es té a l'abast un dispositiu mòbil per a la connexió bluetooth, es podran consultar les dades monitoritzades directament sobre la pantalla monocromàtica. (Es desaconsella fer consultes durant la circulació per prevenir accidents.)

Els pulsadors serien substituïts per pulsadors amb estanqueïtat IP67, preparats per a la intempèrie, per tal de garantir les característiques de segellat i estanqueïtat de la caixa.

Aquest projecte proposa els pulsadors Series 59 – Pushbutton, de la marca ITW Switches, amb dos colors diferenciats, com per exemple vermell per “start” i “fi”, i negre per “següent”.



**Figura 5.3** – Pulsadors Series 59 – Pushbutton, ITW Switches. (Font: <https://es.rs-online.com>)

Per altra banda, el sensor de temperatura, humitat i pressió BME/BMP280 passarà a funcionar com un sensor de condicions del dispositiu, que indicarà la temperatura i la humitat interior a les que està sotmès el dispositiu, de manera que l'usuari sabrà en tot moment si el dispositiu funciona dintre de les especificacions.

A la caixa se li faran diferents actuacions per situar correctament els components:

1. La fixació a la bicicleta requerirà, a la part posterior de la caixa, dos orificis centrats per a cargols M6, que subjectaran les abraçadores CELO 925ABT.
2. Per tal de disposar de visió sobre la pantalla es crearà una finestra de 70x26 mm, a la qual es muntarà una peça de idèntiques dimensions de polipropilè transparent (PP). Aquesta finestra serà posicionada a la part superior de la caixa.
3. Per instal·lar els pulsadors es realitzaran dos orificis de 17,5 mm de diàmetre a ambdós costats de la pantalla.

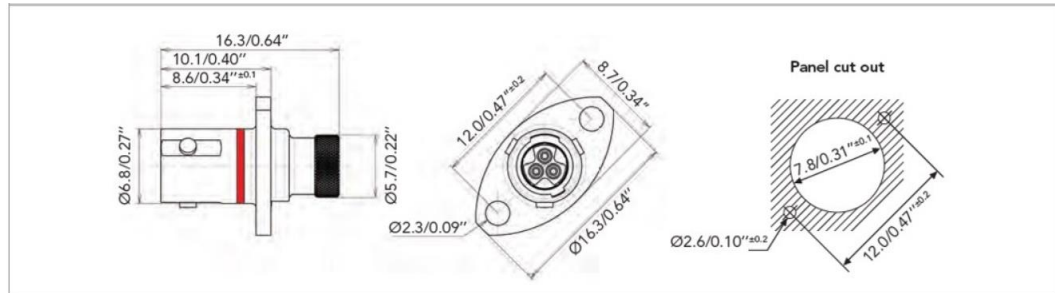
4. Es practicaran tres petits orificis de 5 mm de diàmetre, coberts per peces de les mateixes dimensions de polipropilè (PP), per als LEDs indicadors. Aquests orificis seran posicionats a l'esquerra de la finestra realitzada per al *display* LCD.
5. Es farà una petita finestra quadrada de 10x10 mm, que serà coberta per una peça de les mateixes dimensions de polipropilè transparent (PP). Aquesta finestra serà posicionada envers la capsa de tal manera que un cop fixada a la bicicleta el fotoresistor disposi d'una recepció òptima de la lluminositat ambiental, i a la dreta de la finestra realitzada per al *display* LCD, el fotoresistor anirà ancorat a 3 mm de la finestra.
6. Per monitoritzar la contaminació ambiental, el sensor requereix estar a l'exterior de la caixa, i caldrà un orifici del diàmetre del sensor. Aquest orifici tindrà un radi de 10 mm i anirà posicionat al lateral dret de la caixa.
7. Per als cablejats dels sensors externs s'usaran 3 connectors 8STA Serie 3, de mida 01. Així doncs, es realitzaran 3 orificis de 7,8 mm per tal d'encabir els connectors, més 6 forats de fixació de 2,5 mm per cargols M2. Aquests connectors garanteixen immunitat a vibracions i cops, al temps que estanqueïtat, i fàcil i fiable connexió via una connexió de baioneta de quart de volta. Aquests connectors estaran situats en contraposició a la pantalla i els pulsadors, per tal de minimitzar possibles entrades d'aigua. S'usarà un color de connector per a cada component per evitar un connexionat erroni que posaria en perill la naturalitat de l'aplicació.
  - a. El connector numero 1, situat a la part inferior esquerra, serà de color vermell, tan el connector base com l'aeri, i connectarà el sensor de freqüència cardíaca.
  - b. El connector numero 2, situat a la part inferior central, serà de color verd, tan el connector base com l'aeri, i connectarà el sensor d'efecte Hall per monitoritzar la velocitat.
  - c. El connector numero 3, situat a la part inferior dreta, serà de color groc, tan el connector base com l'aeri, i connectarà el sensor d'efecte Hall per monitoritzar la cadència de pedaleig.

Aquest projecte proposa les abraçadores CELO 925ABT.

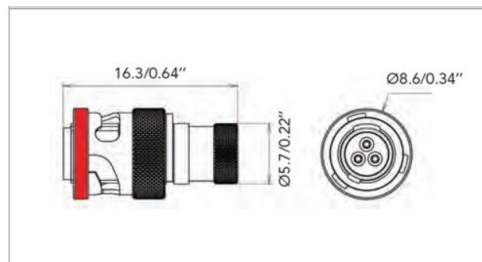


**Figura 5.4** – Abraçadora multidiaemtre 20-25 mm CELO 925ABT. (Font: <https://www.amazon.es>)

Les imatges següents proporcionen informació sobre els connectors proposats en aquest projecte, els connectors 8STA Serie 3, mida 01.



**Figura 5.5** – Connector base 8STA Sèrie 3, mida 01. (Font: <https://ipaper.ipapercms.dk>)



**Figura 5.6** – Connector aeri 8STA Sèrie 3, mida 01. (Font: <https://ipaper.ipapercms.dk>)



**Figura 5.7** – Connectors 8STA Sèrie 3, mida 01. Color identificatiu. (Font: <https://ipaper.ipapercms.dk>)

Per tal de mantenir les característiques específiques de protecció IP, d'estanqueïtat i segellat, s'utilitzarà en cada orifici practicat una resina epoxi específica d'encapsulat i segellat.

La mecànica que seguir en cada cas, es dirigirà a garantir una bona acció de resina en el perímetre de cada orifici practicat, i sempre mantenint les proporcions que recomana el fabricant, que garantiran un bon resultat del producte aplicat.

Aquest projecte proposa la resina epoxi EP17HT de la marca MasterBond, específica per encapsulat i segellat.



**Figura 5.8** – Resina epoxi EP17HT, MasterBond. (Font: <https://www.directindustry.es>)

## 5.2. Sensors i cablejat extern

Els sensors externs necessaris pel bon funcionament del producte són tres:

- Sensor d'efecte Hall per monitoritzar la velocitat.
- Sensor d'efecte Hall per monitoritzar la cadència de pedaleig.
- Sensor de la freqüència cardíaca.

Els sensors d'efecte Hall per monitoritzar la velocitat estaran situats a la roda davantera, a l'alçada de la forquilla, subjectats amb velcro de dos cares, de manera que l'imant quedarà situat a la llanta de la roda davantera, i l'altre sensor d'efecte Hall emprat per a monitoritzar la cadència de pedaleig quedarà subjectat al quadre mitjançant velcro de dues cares, a l'alçada de la biela del pedalier, de manera que l'imant quedi situat a la biela del pedalier.

El sensor de monitoratge de la freqüència cardíaca quedarà situat al dit índex de la mà esquerra per al correcte funcionament del sensor. La subjecció del sensor al dit s'aconseguirà mitjançant un didal de silicona ajustable semblant al que es mostra a la figura 5.8.



**Figura 5.9** – Didal de silicona. (Font: [www.amazon.es](http://www.amazon.es))

Per cablejar els elements externs del producte s'ha estimat necessari un cablejat blindat i trenat de 0,75 mm, amb una resistència màxima de 176  $\Omega$  i amb aïllament de polietilè, el tipus de cable estàndard per a telecomunicacions.



**Figura 5.10** – Cable blindat i trenat de 0,75 mm. (Font: [www.planafabrega.cat](http://www.planafabrega.cat))

El blindatge del cablejat no ha estat triat tan per evitar interferències externes, com per garantir una resistència afegida a manipulacions incorrectes del cablejat i els components.





## 6. Normativa

Com component que anirà instal·lat en una bicicleta, ha de seguir una normativa de fabricació que s'analitzarà particularment.

En quant al producte en sí, es comprovarà la normativa existent en l'àmbit del Mercat Europeu per tal de donar-hi compliment en tots els seus extrems.

### 6.1. Bicicleta

El fabricant de bicicletes com a producte comercialitzat a l'àmbit de la Unió Europea ha de quedar emparat per la directiva comunitària D.C. 2009/48/CEE.

- *“Directiva de mercado CE (D.C.2009/48/CEE): Se consideran juguetes, a efectos de aplicación de la norma: los productos diseñados o previstos, exclusivamente o no, para ser utilizados con fines de juego por niños menores de catorce años”*.

Analitzant aquesta normativa, la implantació d'aquest sistema no es veu alterada en cap dels seus extrems; en conseqüència, no es fa necessària cap homologació posterior a la instal·lació del dispositiu.

### 6.2. Dispositiu

En relació a la normativa que s'ha de seguir per a la producció del dispositiu, cal tenir en compte totes les directives de marcat CE, exposades a la taula 33.

**Taula 33** – Directives de marcat CE.

---

Aparatos a gas	D.C. 2009/142/CE
	2016/426
Aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente	D.C. 2014/34/UE

---

explosivas	
Artículos pirotécnicos	2013/29/UE
Ascensores	D.C. 2014/33/UE
Baja tensión (LVD)	D.C. 2014/35/UE
Calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos	D.C. 92/42/CEE
Compatibilidad electromagnética (EMC)	D.C. 2014/30/UE
Diagnóstico <i>in vitro</i>	D.C. 98/79/CE
Embarcaciones de recreo y motos acuáticas	D.C. 2013/53/UE
Comercialización de equipos a presión	D.C. 2014/68/UE
Comercialización de equipos radioeléctricos	D.C. 2014/53/EU
	D.C. 89/686/CEE
Equipos de protección individual (EPI)	2016/425
Comercialización y control de explosivos con fines civiles	D.C. 2014/28/UE
	D.C. 2000/9/CE
Instalaciones de transporte por cable destinadas a personas	2016/424
Instrumentos de medición	D.C. 2014/32/UE
Comercialización de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático	D.C. 2014/31/UE
Juguetes	D.C. 2009/48/CEE
Máquinas	D.C. 2006/42/CEE
	89/106/EEC
Productos de construcción	305/2011

Productos sanitarios	D.C. 93/42/CEE
Productos sanitarios implantables activos	D.C. 90/385/CEE
Comercialización de recipientes a presión simples	D.C. 2014/29/UE
Registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH)	1907/2006
Requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía (ErP)	D.C. 2009/125/CE + D.C. 2010/30/CE
Motores eléctricos (ErP)	4/2014
Productos relacionados con la energía (ErP)	2016/2281
Ventiladores (ErP)	327/2011
Fuente de alimentación (ErP)	278/2009
Descodificadores (ErP)	107/2009
Modo de espera y apagado (ErP)	801/2013
Transformadores (ErP)	548/2014
Bombas de agua (ErP)	547/2012
Etiquetado energético (ErP)	2010/30/EU
Aires acondicionados y ventiladores (ErP)	206/2012
Circuladores (ErP)	622/2012
Lámparas direccionales y LED (ErP)	2015/1428
Lavavajillas (ErP)	1016/2010
Lámparas fluorescentes (ErP)	2015/1428
Lámparas de hogar (ErP)	2015/1428

Aparatos de refrigeración (ErP)	1060/2010
Televisión (ErP)	1062/2010
Secadoras (ErP)	932/2012
Aspiradoras (ErP)	666/2013
Lavadoras (ErP)	1015/2010
Hornos domésticos, hornillos y campanas de cocina (ErP)	66/2014
Restricción de uso de sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrodomésticos (ROHS)	D.C. 2011/65/EU
Seguridad general de productos (No pertenece a Mercado CE)	D.C. 2001/95/CE

Analitzades les directives vigents, mostrades a la taula 33, estimem que és d'aplicació en aquest projecte la normativa referent a:

- *“Comercialización de equipos radioeléctricos (D.C. 2014/53/EU)”*
- *“Instrumentos de medición (D.C. 2014/32/UE)”*

I voluntàriament, es pretén assolir la certificació de la normativa referent als requisits del disseny ecològic:

- *“Requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía (ErP) (D.C. 2009/125/CE + D.C. 2010/30/CE)”*

Però, aquesta directiva comunitària no és d'aplicació en aquest projecte.

### 6.2.1. Grau de protecció IP

El grau de protecció IP fa referència a una normativa internacional que fa referència al nivell de protecció d'equips elèctrics o electrònics davant l'entrada d'agents externs, en concret:

- Pols.
- Aigua.

La Comissió Electrotècnica Internacional (CEI) estableix una normativa per classificar els diferents graus de protecció dels equips elèctrics o electrònics davant d'agents externs, especialment davant del factor humà i agents mediambientals.

IP fa referència a "Ingress Protections", on:

- El primer dígit fa referència a la protecció de l'equip davant l'entrada d'elements sòlids, i pot oscil·lar entre els valors 0 i 6.
- El segon dígit fa referència a la protecció de l'equip davant l'entrada d'aigua, i pot oscil·lar entre els valors 0 i 8.

Com a regla general es pot dir que, quan més alt és el grau IP, més protegit i aïllat està l'equip davant d'agents externs. En les següents taules es mostren els graus de protecció IP.

**Taula 34** – Primer dígit de la protecció IP, protecció contra la pols.

NIVELL	MIDA DE L'OBJECTE ENTRANT	EFFECTIU CONTRA
0	--	Sense protecció
1	< 50 mm	L'element que ha d'utilitzar-se per a la prova (esfera de 50 mm de diàmetre) no ha d'arribar a entrar per complet.
2	< 12,5 mm	L'element que ha d'utilitzar-se per a la prova (esfera de 12,5 mm de diàmetre) no ha d'arribar a entrar per complet.
3	< 2,5 mm	L'element que ha d'utilitzar-se per a la prova (esfera de 2,5 mm de diàmetre) no ha d'entrar sota cap concepte.
4	< 1 mm	L'element que ha d'utilitzar-se per a la prova (esfera de 1 mm de diàmetre) no ha d'entrar sota cap concepte.
5	Protecció contra la pols	L'entrada de pols no pot evitar-se, però aquesta no ha d'entrar en una quantitat tal que interfereixi amb el correcte funcionament de l'equip.
6	Protecció completa contra la pols	La pols no entra sota cap concepte.

Taula 35 – Segon dígit de la protecció IP, protecció contra l'aigua.

NIVELL	PROTECCIÓ CONTRA	MÈTODE DE PROBA	DETALLS
0	Sense protecció	-	L'aigua entrarà en l'equip en poc temps
1	Gotes d'aigua	Gotes d'aigua en caiguda vertical durant 10 min	Simula pluja de 1 mm <sup>3</sup>
2	Gotes d'aigua amb angles de 15°	Gotes d'aigua en caiguda vertical a 15° durant 2,5 min	Simula pluja de 3 mm <sup>3</sup>
3	Aigua en polvoritzador	Aigua nebulosa caiguda en vertical a 60° durant 10 min	Aigua a una pressió d'entre 50 i 150 KPa
4	Aigua esquitxada	Aigua esquitxada caiguda en qualsevol direcció durant 10 min	Aigua a una pressió d'entre 50 i 150 KPa
5	Aigua a doll	Aigua projectada en qualsevol direcció durant 3 min	Aigua a una pressió de 30 KPa a una distància de 3 m
6	Aigua a doll fort	Aigua projectada en qualsevol direcció durant 3 min	Aigua a una pressió de 100 KPa a una distància de 3 m
7	Immersió en aigua fins a 1 m	Immersió fins a 1 m	Durada de 30 min
8	Immersió en aigua a 1 m o més	Immersió a partir d'1 m fins a una profunditat especificar pel fabricant	Durada especificada pel fabricant

En aquest projecte s'han estimat necessaris diferents component que compliran per la seva part la respectiva normativa IP necessària mínima de 54, que garanteix:

- Protecció contra la pols: L'entrada de pols no pot evitar-se, però no ha d'entrar en una quantitat que interfereixi el correcte funcionament de l'equipament.
- Dolls d'aigua: No pot entrar aigua llançada des de qualsevol angle amb una mitja de 10 L/min i a una pressió entre 80 i 100 KN/m durant un temps no inferior a 5 minuts.

## 7. Anàlisi de l'impacte ambiental

En el moment d'adquirir els components, a més de les pròpies característiques necessàries del component, s'ha prioritzat que complissin la normativa RoHS.

La directiva comunitària de restricció d'ús de substàncies perilloses en aparells electrònics i electrodomèstics (ROHS) (D.C. 2011/65/EU) estableix, com diu el seu nom, restriccions a la utilització de substàncies perilloses en aparells elèctrics i electrònics (AEE) per tal de contribuir a la protecció de la salut humana i de l'entorn, mitjançant la valorització i eliminació correctes, des del punt de vista mediambiental, dels residus d'AEE.

En concret, estableix restriccions a:

- Plom (Pb) <1.000 ppm
- Mercuri (Hg): <100 ppm
- Cadmi (Cd): <100 ppm
- Crom hexavalent (Cr VI): <1.000 ppm
- Bifenils polibromats (PBB): <1.000 ppm
- Éters difenil polibromats (PBDE): <1.000 ppm

Aquesta directiva comunitària és molt coneguda gràcies al logotip:



**Figura 7.1** - Logotip de la directiva comunitària RoHS. (Font: [www.asiap.org](http://www.asiap.org))

Seguint aquesta prioritat s'ha assolit l'objectiu d'usar components amb impacte ambiental zero.

L'empresa productora i comercialitzadora del producte vetllarà sempre per garantir que els components suposin el mínim impacte en l'entorn.

A més, l'empresa productora i comercialitzadora del producte es comprometrà a establir punts de reciclatge i recollida dels dispositius, un cop aquests hagin deixat de realitzar la funció per la qual estan dissenyats, per tal de minimitzar l'impacte ambiental dels residus dels diversos components. I voluntàriament s'acollirà a les diferents oficines de certificació mediambiental.



## 8. Possibles millores

### 8.1. Comunicació

Una possible millora en quant a visualització de les dades motoritzades pel dispositiu consistiria en poder connectar per via bluetooth amb un rellotge intel·ligent per visualitzar les dades.

En cas que l'aplicació detectés la possibilitat d'un accident, seria interessant que enviés un senyal als serveis d'emergència, emulant els vehicles que per normativa porten un servei de trucada d'emergència.

Una millora en quant a emmagatzematge inclouria la possibilitat de crear un espai a internet per emmagatzemar les dades directament des del dispositiu a través del mòbil en finalitzar cada trajecte.

### 8.2. Dades a monitoritzar

A més, tenint en compte les característiques del microcontrolador, es podrien afegir altre sensors i actuadors, com:

- Una unitat gps, com la NEO-6M, que podria substituir el rellotge de temps real (RTC) i el sensor d'efecte Hall que monitoritza la velocitat, donat que aquesta unitat gps mesura:
  - o Velocitat
  - o Temps real
  - o Orientació
  - o Latitud
  - o Longitud
  - o Acceleració.
- Un relé i dues bombetes led de baix consum, per il·luminar el trajecte en funció de la lluminositat ambiental.
- Programar una alerta que avisi al ciclista cada 2 hores per a què realitzi una aturada per veure aigua.
- Connectar més memòries externes iguals a les connectades en la realització d'aquest projecte o memòries externes amb més capacitat per poder guardar més dades i realitzar recorreguts més llargs.

- Canviar les memòries externes com component electrònic i substituir-les per targetes SD o microSD. Això permetria l'emmagatzematge de més dades i la possibilitat de extreure-les del dispositiu i guardar-les en un ordinador per fer un seguiment més exhaustiu de l'exercici realitzat.
- Canviar la pantalla de *display* LCD per una pantalla més gran i tàctil, aconseguint així una millor estètica del producte i relegant la necessitat de connectar el mòbil a un segon terme.
- També es podrien canviar tots els components possibles per SMD, per tal de reduir les dimensions del dispositiu.
- Recordar trajectes realitzats quan el dispositiu detecti que s'està circulant per un trajecte ja seguit anteriorment, que hi hagi la possibilitat de marcar el millor temps realitzat i si es desitja temps intermedis per tal de millorar la marca.
- Desenvolupar l'aplicació mòbil compatible amb els sistemes Apple.

### 8.3. Alimentació

Com que ara és obligatòria l'armilla reflectant, seria interessant aprofitar aquesta armilla reflectant per instal·lar-hi cèl·lules fotovoltaïques que alimentin la il·luminació de la bicicleta.

També es pot instal·lar un alterador per a què alimenti el dispositiu, evitant així la necessitat de desinstal·lar-lo de la bicicleta per carregar-lo i fent el dispositiu més sostenible.

## Conclusions

### Aprofundiment del coneixements adquirits al grau

Els amplis coneixements adquirits durant el procés d'aprenentatge han fet possible la realització del projecte.

Els coneixements adquirits sobre els components electrònics han permès conèixer i entendre el seu funcionament, i comprendre les especificacions de cadascun, aspecte que ha facilitat enormement el procés de triatge dels diferents components equivalents en funció dels requeriments del projecte. El coneixement específic dels diversos components electrònics ha permès dissenyar el circuit electrònic.

Ha estat imprescindible el coneixement general sobre els senyals per poder comprendre el funcionament dels diferents sensors i el tractament d'aquells.

El coneixement previ, adquirit durant el grau, sobre programació ha facilitat la comprensió de programes desconeguts i l'aprenentatge de nous idiomes i formes de programar.

### Coneixements adquirits durant el desenvolupament del TFG

La posada en pràctica del disseny i programació del dispositiu ha dut a una millor comprensió dels programes ja coneguts, com l'*Eagle*, i al descobriment i aprenentatge de nous programes, com el *Proteus*, el *CCS C Compiler*, el *MIT AppInventor* i el *PICkit3*.

Tot i haver utilitzat durant el grau el programa *Eagle* per realitzar esquemàtics, durant aquest projecte s'ha aprofundit en el coneixement del mateix i s'ha pogut realitzar un esquemàtic més eficient i sense components innecessaris. També s'ha adquirit més coneixement sobre com realitzar plaques de circuit imprès a dues cares.

S'ha adquirit el coneixement per fer funcionar del programa de simulacions *Proteus*, usat durant el projecte per simular els apartats de connexions i programació del prototip.

Tenint coneixements de programació en l'idioma de programació *C*, s'ha triat el programa *CCS C Compiler*, amb un llenguatge específic per al microcontrolador triat, en el cas d'aquest projecte el

PIC18F4550, amb un llenguatge i biblioteques específiques que ha facilitat aprofitar millor el seu potencial.

Per a la programació de l'aplicació mòbil s'ha usat l'entorn de programació *MIT AppInventor*, compatible amb *Andriod*, ja que s'ha estimat el sistema més generalitzat d'ús. L'autora del projecte s'ha trobat molt còmoda amb la programació del sistema, donat que és tracta d'un entorn de programació molt intuïtiu i eficaç.

El hardware i el programa *PICkit3* han estat la solució òptima per fer compatibles els dos entorns, el sistema operatiu *Windows* utilitzat en la realització d'aquest projecte i el microcontrolador PIC18F4550.

També s'ha establert el primer contacte amb la normativa de producció i comercialització, imprescindible per a què qualsevol producte pugui ser comercialitzat a l'Àmbit de la Unió Europea, que s'ha posat en pràctica per a realitzar el projecte.

## Conclusions referides als punts de major dificultat

En no tenir contacte previ amb els programes *Proteus*, *CCS C Compiler*, *MIT AppInventor* i *PICkit3*, s'ha hagut de realitzar un aprenentatge exprès de les particularitats dels mateixos.

Els coneixements adquirits en programació, no ha estat possible traslladar-los a la pràctica, degut a què els components emprats no han estat treballats en cap moment amb anterioritat. En conseqüència, el Treball de Fi de Grau ha donat l'oportunitat de treballar amb un sistema que utilitza l'última tecnologia a l'abast de l'enginyer.

Atès que les simulacions, durant el grau, han sigut poques i amb sistemes que no s'han estimat òptims per al projecte, treballar amb un sistema nou ha implicat partir de zero, amb el temps i la dedicació que això implica.

I finalment, durant el procés de tria de components, davant la gran oferta existent ha estat una feina feixuga esbrinar el component òptim en cada cas. I un cop triat el component, enfrontar la dificultat de l'adquisició del component desitjat, augmentada no només per les limitacions econòmiques, sinó pels problemes sobrevinguts de manera inesperada per les prohibicions de desplaçament decretades durant el confinament per la pandèmia del COVID-19.

## Bibliografia

### Llibres

- [1] García, E., 2008. *Compilador C CCS y simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC*. Barcelona: MARCOMBO, S.A, ISBN 9789701513972
- [2] Carles Sisquella, 2009. *Expediente técnico CE de fabricación "Master Uchi-Komi"*. Barcelona: Heretat Castellnou, S.L.
- [3] Pedro Enrique Velázquez Elizondo i Luis Javier Villadrán Valencia, 2016. *Monitor de ritmo cardiaco para dispositivos Android mediante un enlace Bluetooth*. Ciutat de Mèxic: Institut Politècnic Nacional.
- [4] Alfonso Méndez, 2016. *Disipadores térmicos para dispositivos Electrónicos*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- [5] M.C. Jesús Medina Cervantes, 2012. *Introducción al microcontrolador PIC18F4550*. Ciutat Mendoza, Veracruz, Mèxic: Universidad Veracruz.
- [6] Custom Computer Services, Inc., 2019. *CCS C Compiler Manual*.
- [7] Sixto Reinoso V., Luis Mena, Marco Pilatasig i Jorge Sánchez, 2018. *Programación de microcontroladores PIC con lenguaje C, Tomo 1 Gestión de puertos e interrupciones externas*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ISBN 9789942765369.
- [8] Irvin Castelan Carreto i José Juan Cisneros Ortiz, 2015. *Diseño de un medidiro de radiación ultravioleta utilizando el fotodiodo EPD-440-0-1.4*. Mèxic: Instituto Politécnico Nacional, Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica, Unidad Zacatenco.

### Enllaços web

- [9] INFOOTEC.NET. *Sensor de campos magnéticos, sensor Hall* [en línia]. 2018. Disponible a: <<https://www.infootec.net/sensor-campos-magneticos-sensor-hall/>>

- [10] Ingeniería Mecafenix, La enciclopèdia de la ingenieria. *Dinamo tacométrica ¿que es y como funciona?* [en línia]. 20 d'Abril de 2017. Disponible a: <<https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-dinamo-tacometrica/>>
- [11] Centros tic. *Sensores* [en línia]. Setembre de 2016. Disponible a: <<http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700290/helvia/aula/archivos/repositorio/0/46/html/sensores.html>>
- [12] EcuRed. *Sensor hall* [en línia]. 21 de Juny de 2013. Disponible a: <[https://www.ecured.cu/Sensor\\_hall](https://www.ecured.cu/Sensor_hall)>
- [13] Wikipedia, La enciclopèdia libre. *Sensor de efecto Hall* [en línia]. 12 de Desembre de 2017. Disponible a: <[https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_de\\_efecto\\_Hall](https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_de_efecto_Hall)>
- [14] Mouser Electronics. *SS461C* [en línia]. 1964. Disponible a: <<https://eu.mouser.com/ProductDetail/Honeywell/SS461C?qs=%2Fha2pyFaduJyLE5u9LLO9j7g0or4lDCdvwC%252Bllg%252B9B4GtXDz4%2FpqGUJE9WdrWyGuMnhQ8zGIak%3D>>
- [15] Need for bits. *Control de un LCD, PIC18F4550 ASM* [en línia]. 18 d'Agost de 2012. Disponible a: <[https://need4bits.wordpress.com/2012/08/18/asmp04\\_control-de-un-lcd-pic18f4550-asm/](https://need4bits.wordpress.com/2012/08/18/asmp04_control-de-un-lcd-pic18f4550-asm/)>
- [16] Ladelec. *Como aprender a usar el puerto USB con PIC18F4550 y Visual Basic 6.0* [en línia]. Disponible a: <<http://ladelec.com/97-practicas/circuitos-de-arossini/172-como-aprender-a-usar-el-puerto-usb-con-pic-18f4550-y-visual-basic-60>>
- [17] Mikroe. *Conexión Básica* [en línia]. 1995. Disponible a: <<https://www.mikroe.com/ebooks/microcontroladores-pic-programacion-en-basic/conexion-basica>>
- [18] ElectronicWings. *Real Time Clock RTC DS1307 interfacing with PIC18F4550* [en línia]. 2017. Disponible a: <<https://www.electronicwings.com/pic/real-time-clock-rtc-ds1307-interfacing-with-pic18f4550>>
- [19] ElectronicWings. *PIC18F4550 USART* [en línia]. 2017. Disponible a: <<https://www.electronicwings.com/pic/pic18f4550-usart>>
- [20] ElectronicWings. *Interfacing LCD 16x2 in 4-bit mode with PIC18F4550* [en línia]. 2017. Disponible a: <<https://www.electronicwings.com/pic/interfacing-lcd-16x2-in-4-bit-mode-with-pic18f4550>>
- [21] ElectronicWings. *DHT11 Sensor Interfacing with PIC18F4550* [en línia]. 2017. Disponible a: <<https://www.electronicwings.com/pic/dht11-sensor-interfacing-with-pic18f4550>>

- [22] ElectronicWings. *GPS module Interfacing with PIC18F4550* [en línia]. 2017. Disponible a: <<https://www.electronicwings.com/pic/gps-module-interfacing-with-pic18f4550>>
- [23] OpenLab. *Interfacing RTC DS1307 with PIC18F4550* [en línia]. 2012. Disponible a: <<https://openlabpro.com/guide/interfacing-rtc-ds1307-with-pic18f4550/>>
- [24] Apuntes Electrónicos. *Ejercicios PIC5: i2c eeprom* [en línia]. 8 d'Abril de 2013. Disponible a: <<http://apuntes-electronicos.blogspot.com/2013/04/ejercicios-pic-5-i2c-eeprom.html>>
- [25] Control Automático Educación. *LCD con PIC* [en línia]. 2011. Disponible a: <<https://controlautomaticoeducacion.com/microcontroladores-pic/lcd-pic/>>
- [26] CircuitDigest. *Interfacing Bluetooth Module HC-06 with PIC Microcontroller* [en línia]. 6 d'Abril de 2017. Disponible a: <<https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/bluetooth-interfacing-with-pic-microcontroller>>
- [27] Geek Factory. *Bluetooth HC-05 y HC-06 Tutorial de Configuración* [en línia]. 21 de Febrer de 2014. Disponible a: <<https://www.geekfactory.mx/tutoriales/bluetooth-hc-05-y-hc-06-tutorial-de-configuracion/>>
- [28] MicrocontrollersLab. *MQ-2 gas sensor interfacing with pic microcontroller* [en línia]. 6 de Maig de 2019. Disponible a: <<https://microcontrollerslab.com/mq-2-gas-sensor-interfacing-pic/>>
- [29] The Engineering Projects. *Gas Sensor Library for Proteus* [en línia]. 2 de Maig de 2016. Disponible a: <<https://www.theengineeringprojects.com/2016/05/gas-sensor-library-proteus.html>>
- [30] Simple Electrical and Electronics Projects. *Weather Station using PIC18F4550, BME280 Sensor and Nokia 5110 LCD* [en línia]. 15 de Desembre de 2018. Disponible a: <<https://simple-circuit.com/weather-station-pic18f4550-bme280-nokia-5110/>>
- [31] Simple Electrical and Electronics Projects. *BME280 pressure, temperature and humidity sensor with PIC MCU* [en línia]. 9 de Desembre de 2018. Disponible a: <<https://simple-circuit.com/pic16f877a-bme280-sensor-ccs-c/>>
- [32] Cactus.io. *How to Hookup BME280 Sensor to Arduino using I2C* [en línia]. 2014. Disponible a: <<http://cactus.io/hookups/sensors/barometric/bme280/hookup-arduino-to-bme280-barometric-pressure-sensor>>
- [33] Components101. *NEO-6MV2 GPS Module* [en línia]. 16 d'Octubre de 2018. Disponible a: <<https://components101.com/modules/neo-6mv2-gps-module>>

- [34] Sparkfun. *ML8511 UV Sensor Hookup Guide* [en línia]. 13 de Març de 2014. Disponible a: <<https://learn.sparkfun.com/tutorials/ml8511-uv-sensor-hookup-guide/all>>
- [35] PIC Microcontroller. *PIC18F4550 Tutorial: Blinking an LED | Chapter 3* [en línia]. 4 de Gener de 2017. Disponible a: <<https://pic-microcontroller.com/pic18f4550-tutorial-blinking-an-led/>>
- [36] CircuitDigest. *Interfacing Hall Effect Sensor with Arduino* [en línia]. 8 de Novembre de 2017. Disponible a: <<https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/arduino-hall-effect-sensor>>
- [37] Electrónica. *Usando el PICKit3 y PIC18F4550* [en línia]. 2 d'Agost de 2013. Disponible a: <<https://electronica.guru/questions/54294/usando-el-pickit3-y-pic18f4550>>
- [38] Autodesk. *Library Basics Part 1: Creating Your First Package in Autodesk EAGLE* [en línia]. 9 d'Abril del 2019. Disponible a: <<https://www.autodesk.com/products/eagle/blog/library-basics-part-1-creating-first-package-autodesk-eagle/>>
- [39] Autodesk. *Library Basics Part 2: Creating Your First Package in Autodesk EAGLE* [en línia]. 9 d'Abril del 2019. Disponible a: <<https://www.autodesk.com/products/eagle/blog/library-basics-part-2-creating-first-symbol-autodesk-eagle/>>
- [40] Autodesk. *Library Basics Part 3: Creating Your First Package in Autodesk EAGLE* [en línia]. 9 d'Abril del 2019. Disponible a: <<https://www.autodesk.com/products/eagle/blog/library-basics-part-3-creating-first-device-autodesk-eagle/>>
- [41] The Engineering Projects. *How to add new Library in Proteus 8* [en línia]. 12 d'Abril de 2018. Disponible a: <<https://www.theengineeringprojects.com/2018/04/how-to-add-new-library-in-proteus-8.html>>
- [42] ElectronicWings. *GPS Receiver Module* [en línia]. 2017. Disponible a: <<https://www.electronicwings.com/sensors-modules/gps-receiver-module>>
- [43] Cambio Energético. *Comparación baterías de plomo-ácido y batería de litio para energia solar* [en línia]. Disponible a: <<https://www.cambioenergetico.com/blog/comparacion-baterias-de-plomo-acido-y-bateria-de-litio-para-energia-solar/>>
- [44] BateriaLitiorecargable.com. *Ventajas y desventajas de las baterías de Litio-ion (Li-Ion)* [en línia]. 2016. Disponible a: <<https://www.bateriadeliorecargable.com/es/content/8-ventajas-y-desventajas-de-baterias-de-litio>>



- [45] Monografias.com. *Entrada – salida digital con CCS* [en línia]. Octubre de 2014. Disponible a: <<https://www.monografias.com/trabajos104/entrada-salida-digital-ccs/entrada-salida-digital-ccs.shtml>>
- [46] Custom Computer Services. *Another DS1307 driver* [en línia]. 15 de Juny de 2005. Disponible a: <<https://www.ccsinfo.com/forum/viewtopic.php?t=23255>>
- [47] Todopic. *Error en driver lcd.c* [en línia]. 1 d’Abril de 2015. Disponible a: <<http://www.todopic.com.ar/foros/index.php?topic=44331.0>>
- [48] Todopic. *Duda con BROWNOUT* [en línia]. 17 de Novembre de 2010. Disponible a: <<http://www.todopic.com.ar/foros/index.php?topic=32853.0>>
- [49] Aprendiendo Ingenieria. *Regulador de tensión LM1086 3.3V* [en línia]. 17 de Gener de 2016. Disponible a: <<http://aprendiendoingenieria.es/regulador-de-tension-lm1086-3-3v/>>
- [50] Wikipedia, La encicopèdia libre. *Radiación ultravioleta* [en línia]. 7 d’Agost de 2010. Disponible a: <[https://es.wikipedia.org/wiki/Radiación\\_ultravioleta#Los\\_rayos\\_UV\\_solares\\_en\\_la\\_Tierra](https://es.wikipedia.org/wiki/Radiación_ultravioleta#Los_rayos_UV_solares_en_la_Tierra)>
- [51] MakerElectronico. *Convertidor Análogo Digital ADC con el PIC18F4550* [en línia]. 23 de Març de 2017. Disponible a: <<https://www.makerelectronico.com/convertidor-analogo-digital-adc-pic18f4550/>>
- [52] Polaridad.es. *Sensor de radiación ultravioleta con Arduino* [en línia]. 29 de Març de 2016. Disponible a: <<https://polaridad.es/sensor-radiacion-ultravioleta-arduino-indice-uv-uvm30a-guvas12sd/>>
- [53] Simple Projects. *GPS Module interfacing with PIC18F4550 microcontroller* [en línia]. 13 d’agost de 2018. Disponible a: <<https://simple-circuit.com/neo-6m-gps-pic18f4550-interfacing/>>
- [54] Patagoniatec. *BME Sensor de Humedad, Temperatura y Presión* [en línia]. Gener de 2010. Disponible a: <<https://saber.patagoniatec.com/2019/09/bme280-sensor-de-humedad-temperatura-y-presion/>>
- [55] AprendiendoElectrónica. *CCS Compiler (PIC C Compiler) – Interrupciones* [en línia]. Novembre de 2015. Disponible a: <<http://aprendiendoelectronicafacil.blogspot.com/2015/06/pic-c-compiler-interrupciones.html>>
- [56] MakerElectronico. *Interrupción externa INTO, INT1, INT2 PIC18F4550* [en línia]. 21 de Març de 2017. Disponible a: <<https://www.makerelectronico.com/interrupcion-externa-int0-int1-int2-pic18f4550/>>

- [57] Microcontroladores, Programación de Microcontroladores PIC, AVR, ARDUINO. *I2C PIC ejemplos* [en línea]. Gener de 2020. Disponible a: <<http://microcontroladores-mrelberni.com/i2c-pic-ejemplos/>>
- [58] Control Automático Educación. *Interrupciones PIC* [en línea]. 2011. Disponible a: <<https://controlautomaticoeducacion.com/microcontroladores-pic/interrupciones/>>
- [59] Control Automático Educación. *Comunicación I2C* [en línea]. 2011. Disponible a: <<https://controlautomaticoeducacion.com/microcontroladores-pic/comunicacion-i2c/>>
- [60] Intesc. *Uso de interrupciones PIC C Compiler* [en línea]. Gener de 2017. Disponible a: <<https://www.intesc.mx/uso-de-interrupciones-pic-c-compiler/>>
- [61] CCS Costumer Computer Services. *Warning 201: Assignment insiderelational expression* [en línea]. 12 de Setembre de 2017. Disponible a: <<https://ccsinfo.com/forum/viewtopic.php?p=214527>>
- [62] Viquipèdia. *LDR* [en línea]. 19 de Desembre de 2007. Disponible a: <<https://ca.wikipedia.org/wiki/LDR>>
- [63] Luis Llamas. *Medir vibración con arduino y sensor SW-18020P* [en línea]. 6 de Juliol de 2015. Disponible a: <<https://www.luisllamas.es/medir-vibracion-con-arduino-y-sensor-sw-18020p/>>
- [64] Hetpro. *I2C – Perto, Introduccions, trama y protocolo* [en línea]. 28 d'Octubre de 2017. Disponible a: <<https://hetpro-store.com/TUTORIALES/i2c/>>
- [65] 330ohms. *Bluetooth, clases y versiones desde v1.0 hasta v5.0* [en línea]. 2 de Febrer de 2017. Disponible a: <<https://blog.330ohms.com/2017/02/02/bluetooth-clases-y-versiones-desde-v1-0-hasta-v5-0/>>
- [66] Coelectrix. *Calcular la Autonomía de una batería* [en línea]. 20 d'Octubre de 2019. Disponible a: <<https://coelectrix.com/calcular-la-autonomia-de-una-bateria>>
- [67] Wikipedia. *Grado de protección IP* [en línea]. 10 de Juliol de 2008. Disponible a: <[https://es.wikipedia.org/wiki/Grado\\_de\\_protección\\_IP](https://es.wikipedia.org/wiki/Grado_de_protección_IP)>
- [68] DEKRA. *Directivas europeas de Nuevo Enfoque* [en línea]. 2017. Disponible a: <<https://www.marcado-ce.com/directivas-europeas-de-nuevo-enfoque.html>>
- [69] EUR-Lex. *Documento 32011L0065* [en línea]. 8 de Juny de 2011. Disponible a: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32011L0065>>

[70] Asociación de Informáticos de Uruguay. *Qué es el RoHS y por qué es importante* [en línia]. 2008. Disponible a: <<http://www.asiap.org/AsIAP/index.php/raee/300-articulos/3004-que-es-el-rohs-y-por-que-es-importante>>

[71] Generalitat de Catalunya. *LLEI 8/1988, de 7 d'abril, de l'esport* [en línia]. 7 d'Abril de 1998. Disponible a : <[https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur\\_ocults/pjur\\_resultats\\_fitxa/?action=fitxa&mode=single&documentId=28516&language=ca\\_ES](https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&mode=single&documentId=28516&language=ca_ES)>

## Vídeos

[72] WikiNote. *Licht(LDR) and Smoke(Gas) Sensor Interfacing with PIC18 Microcontroller* [en línia]. Youtube: 16 de Setembre de 2017. Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=eXQVgGPLNrc&t=228s>>

[73] Editronikx. *Comunicación bluetooth HC 05 con pic y appinventor* [en línia]. Youtube: 1 de Desembre de 2014. Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=9tsF4pqNp8g>>

[74] CircuitoAbierto. *Tutorial PIC CCS LCD 16x2 – PIC18F4550* [en línia]. Youtube: 25 de Març de 2018. Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=FFUwdDskEYc>>

[75] Duberney Londoño Restrepo. *Sesnsor de luz usando PIC* [en línia]. Youtube: 28 d'Octubre de 2018. Disponible a: <[https://www.youtube.com/watch?v=l52h\\_kXpFUM](https://www.youtube.com/watch?v=l52h_kXpFUM)>

[76] TheLostDigit. *Shock Sensor – Arduino Series 004* [en línia]. Youtube: 23 d'Agost de 2018. Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=aKt1Fo00GIA>>

[77] LittleBots. *How an Arduino Shock Sensor Works* [en línia]. Youtube: 15 de Juliol de 2018. Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=SIWVtIA7e8g>>

[78] Guillermo Guillen. *PIC C # 7 – PIC16F887 + 24LC256 Memory* [en línia]. Youtube: 11 de Febrer de 2016. Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=HKAqmM8w8ak>>

[79] Editronikx. *Curso de microcontroladores PIC en CCS compiler #18 (comunicación i2c PIC a PIC)* [en línia]. Youtube: 13 de Juny de 2019. Disponible a: <[https://www.youtube.com/watch?v=Qg-RcEmSd9g&list=PLNipMBg3MF-agOAACKt0Ibqdd3Lg\\_MQRf&index=21](https://www.youtube.com/watch?v=Qg-RcEmSd9g&list=PLNipMBg3MF-agOAACKt0Ibqdd3Lg_MQRf&index=21)>

[80] SurtrTech. *Interfacing 1\$ Heart Pulse / Beat sensor AMPED with Arduino* [en línia]. Youtube: 27 de Desembre de 2018. Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=Lr0loiXnjHo>>

[81] Daniel Moix. *Using Multiple Screens in App Inventor* [en línia]. Youtube: 16 d'Octubre de 2014. Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=gXXRpjzrBsA>>

[82] Mvochoa. *Cronometro y Obtener la fecha y hira | App Inventor* [en línia]. Youtube: 29 de noviembre de 2014. Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=VuRriLwcavw>>

[83] Editronikx. *Comunicación bidireccional con bluetooth HC 05, pic y appinventor* [en línia]. Youtube: 1 de Febrer de 2015. Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=6At8lq5z2-k&t=597s>>

[84] Arduino para todos. *Tutorial MIT App Inventor con Arduino y Bluetooth. Varios ejemplos* [en línia]. Youtube: 9 de Juny de 2017. Diponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=OO7vKKuJ9a0>>