
This is the **published version** of the bachelor thesis:

Vargas Alarcón, Bartolomé; Rexachs del Rosario, Dolores Isabel, dir. Smartbin:
Paperera de reciclatge automàtic. 2023. (Enginyeria Informàtica)

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/280700>

under the terms of the  license

Smartbin: Paperera de reciclatge automàtic

Bartolomé Vargas Alarcón

Resum—Desafortunadament, els recursos no són il·limitats, és més, al planeta li costa molt generar-los per a que nosaltres fem un ús excessiu d'ells. És per això que el reciclatge està prenent un paper més protagonista com a solució a fer un ús intel·ligent dels recursos, però clar, fins que optar per les opcions de reciclatge no sigui més barat que explotar el recurs directament, el món del reciclatge està condemnat a quedar-se en segon pla. És per això que he decidit crear un prototip de paperera de reciclatge automàtica pensada per la llar amb un preu assequible destinada a classificar la brossa de manera passiva per a les famílies per així poder evitar aquesta tasca a les deixalleries i abaratir costos en el procés de reciclatge.

Paraules clau—Sostenibilitat, futur, progrés, reciclatge, conscienciament, reciclatge automàtic, reutilització

Abstract—Unfortunately, resources are not limitless, moreover, it takes quite an effort for our planet to produce them, therefore they should be treated with some consciousness. In the light of the above, it is understandable that recycling has been taking a protagonist paper as a smart usage solution of resources, but not until recycled products become cheaper than exploiting resources, recycled solutions will be kept in the shadows. That is why I decided to come up with an automated recycling bin, meant to be used at home with an affordable price, focused on classifying rubbish passively for families to avoid this task on the recycling centers and lowering prices of the recycling process.

Index Terms—Sustainability, future, progress, recycling, consciousness, automatic recycling, reutilization

1 INTRODUCCIÓ - CONTEXT DEL TREBALL

El dia de la sobrecapacitat de la terra [1] és el dia en què consumim els recursos que el planeta és capaç de produir en un any, el qual en 2022 va ser el 28 de juliol. És a dir, necessitem menys d'un any en consumir els recursos generats per la terra. Aquest fet no sorprèn en plena època de l'híper consumisme monopolitzada per productes d'usar i llençar o la norma no escrita d'utilitzar envasos per a tot en la indústria alimentària. Aquests esdeveniments posen de manifest la extrema necessitat d'encapçalar projectes centrats en la utilització intel·ligent dels recursos. En el meu cas em centraré en fomentar la reutilització dels productes ja processats ajudant al reciclatge amb una paperera intel·ligent, degut a que en moltes llars no prenen la suficient atenció alhora de separar correctament el rebuig.

Com a referència prendré els treballs amb projectes similars per seguir el seu camí, enfortint i millorant els seus resultats. [2][3]

2 OBJECTIUS

L'objectiu sobre el qual gira aquest projecte és el de dissenyar i crear una paperera domèstica que, en el seu disseny final, sigui capaç de classificar les deixalles en paper, orgànic, envasos i rebuig, que és la separació que es segueix en l'àrea metropolitana de Barcelona [4], deixant apart el vidre que per la seva naturalesa fràgil

obliga a la gent a separar-lo de la resta de la brossa. A més, ha de ser un producte assequible que no es centri en les butxaques més pudents sinó que tota família pugui incorporar en les seves llars aquesta paperera per a convertir aquest electrodomèstic en un d'essencial com com ho són la nevera o la rentadora.

El segon pilar d'aquest projecte és l'arquitectura RISC-V, senyalada per molts com l'arquitectura dominant del futur degut a les seves característiques, principalment: l'accés lliure del seu conjunt d'instruccions que, en un món construït en base la tecnologia provocarà una onada de projectes ja que moltes startups ja no necessitaran pagar per utilitzar arquitectures com ARM o x86 en els seus sistemes; l'altre característica rellevant és la seva naturalesa flexible, preparada per treballar des de dispositius embebbed a aplicacions HPC, per tant, té totes les propietats necessàries per a que tot usuari pugui fer l'ús que més li convingui. [5]

Per a fer-ho s'utilitzarà el microcontrolador HiFive1 Rev B d'SiFive amb el SoC FE310 basat en RISC-V que, empran un conjunt de sensors, determinaran el material del rebuig que s'acaba de llençar, i un conjunt d'actuadors, que s'encarregaran de dirigir la brossa al corresponent contenidor. [6]

La base de la detecció serà aprofitar el comportament de la llum al insereix un objecte. Quan la llum travessa un objecte, una part es reflectida, és a dir, que se'n retorna part de la llum inferida; i una part es refracta, és a dir, travessa l'objecte per passar d'un medi a un altre, que pot ser del mateix tipus. Degut a que la refracció divideix el raig de llum incident, els dos rajos resultants acaben amb una amplitud d'ona menor però diferent, i quan més dens sigui el material major serà l'amplitud del raig reflectit respecte el refractat. [7] És aquesta característica de la llum que s'aprofitarà per diferenciar el material de cada objecte llençat.

2.1 Versions de la paperera

S'ha decidit que el projecte es dividirà en dues parts, dues versions de la paperera, per a definir una primera versió modular que permeti una expansió senzilla i donar pas a una segona versió centrada en millores, aquesta es podria veure com una versió premium.

La primera versió de la paperera contindrà totes les característiques essencials per a poder classificar entre plàstic, paper i rebuig. Per a fer-ho s'utilitzaran uns sensors de lluminositat als que els apuntarà una tira de LEDs que captaran la llum que aquests emetin, i en funció del canvi de llum depenen del material que hi hagi al mig, es classificarà el material. Per no mantenir els sensors de llum i els LEDs sempre actius i evitar un consum desorbitat, s'instal·larà un sensor d'ultrasons, aquest sí que estarà actiu sempre, el seu consum tant reduït ho permetrà, i detectarà si s'ha col·locat brossa per a classificar. Finalment, feta la decisió del material, una serie de servo motors disposats per a permetre un moviment de 180 graus en l'eix X i Y a una base on s'hi troba el rebuig, se'l conduirà al compartiment adequat.

A la segona versió, l'ordenació de la brossa no només es basarà en fenòmens de la llum sinó que s'implementarà un sensor d'inducció permetent detectar alumini, fins ara classificat com a rebuig. A més, s'afegiran sensors d'ultrasons per a detectar si un compartiment està ple i s'activarà el bluetooth de la placa per avisar de l'estat de la paperera a un mòbil connectat.

2.2 Dissenys

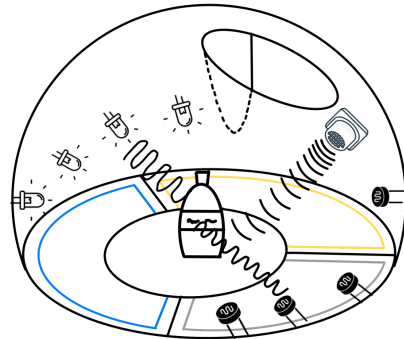
La idea d'aquest projecte és que el producte final sigui un prototip el més pròxim possible a la versió que es comercialitzaria, per tant s'adquirirà una paperera comuna que compleixi els requisits esmentats seguidament. A més, queda descartat que la placa, o alguna protoboard que es necessiti, quedin a la vista al igual que el cablejat. També s'hi han d'afegir les divisions per a fer un compartiment per a cada material.

Per a la forma de la paperera, es busca una que el seu disseny separi el recipient en dues parts: una part alta on estiguin distribuïts els sensors per a fer la seva tasca, a més de la placa i el cablejat, i una part baixa amb espai per col·locar els separadors i la brossa i per sobre d'aquests els servomotors. Un disseny de la paperera que compleix aquests requisits és la que tingui una coberta en forma de cúpula [8] ja que aquesta està dividida en una

part alta, la pròpia cúpula, i una part baixa. A més, degut a la seva forma arrodonida i a la posició de l'orifici, condueix les deixalles que es llencin al centre, que serà on es trobi la base amb els servomotors. Aquesta forma també implica que existeixi una tapa que s'obri per llençar brossa i es tanqui sola deixant a la foscor la paperera per treballar correctament.

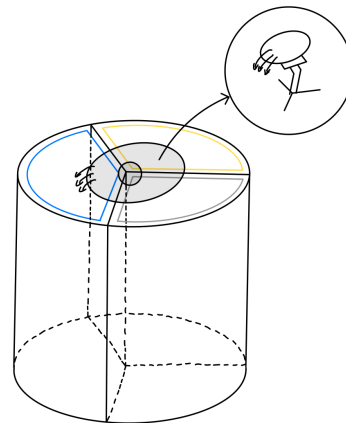
2.2.1 Primera versió

Recordem que aquesta versió està destinada a classificar entre paper, plàstic i rebuig, i per fer-ho necessitarà sensors de llum, LEDs, un sensor ultrasònic i els servomotors.



Il·lustració 1: Part sensorial de l'Smartbin 1.0

Com s'observa a la il·lustració 1, un sensor d'ultrasons està col·locat a la zona alta de la cúpula, inclinat aproximadament 45°, apuntant al centre de la base. A un costat de la semiesfera els LEDs estaran disposats en forma de tira mentre que a l'altre costat estaran disposats els sensors de lluminositat per a rebre la llum de manera directa.

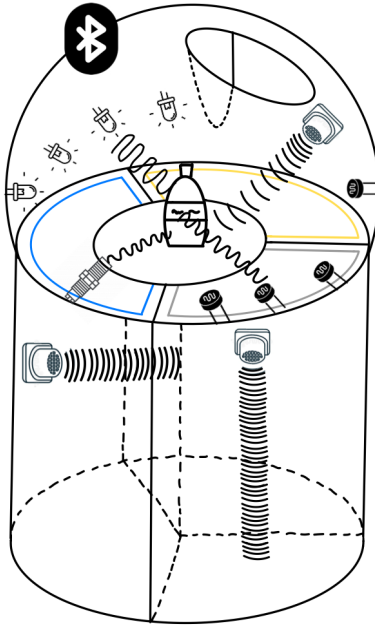


Il·lustració 2: Part actuadora de l'Smartbin 1.0

En la il·lustració 2 s'observa la part baixa de la paperera, zona d'actuadors. En el centre es situa la base on aniran a parar els objectes llençats i aquesta estarà controlada per dos servomotors.

2.2.2 Segona versió

Recordem que aquesta versió està pensada per millorar la primera versió afegint un sensor d'inducció, i afegir prestacions amb els sensors d'ultrasons i l'ús de bluetooth.



Il·lustració 3: Part sensorial i actuadora de l'Smartbin 2.0

Com s'observa en la il·lustració 3, s'ha afegit un sensor d'inducció que apunta directament al centre de la base. A més s'han afegit dos sensors d'ultrasons, el de la dreta s'encarregarà de vigilar dos compartiments. S'ha activat el bluetooth. En quant als acutadors, no hi ha canvis entre versions.

3 METODOLOGIA I CALENDARIS

Metodologia de treball a seguir amb el projecte i sobre quines dates es realitzarà cada fase.

3.1 Metodologia

El projecte es dividirà en dues fases, les quals estaran dividides en tres etapes iguals. En la primera fase, corresponent a la versió 1.0 de l'Smartbin, es voldrà dissenyar i construir el primer model de la paperera capaç de classificar rebuig d'un únic material entre plàstic, paper i rebuig, i en la segona fase, la versió 2.0 de l'Smartbin, es vol anar implantant les millores a la paperera de manera escalonada segons l'èxit de cada una. Cadascuna d'aquestes versions estarà dividida en tres etapes: l'etapa de documentació, l'etapa de proves unitàries i l'etapa de proves globals.

3.2 Calendari

Estimació del temps del projecte.

TASQUES	MARÇ (03)				ABRIL (04)				MAIG (05)				JUNY (06)				JUL (07)
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10	St.11	St.12	St.13	St.14	St.15	St.16	St.17
Documentació	06	13	20	27	03	10	17	24	01	08	15	22	29	05	12	19	26
	12	19	26	02	09	16	23	30	07	14	21	28	04	11	18	25	02
Disseny prototip	06	13	20	27	03	10	17	24	01	08	15	22	29	05	12	19	26
	12	19	26	02	09	16	23	30	07	14	21	28	04	11	18	25	02
Proves unitàries	06	13	20	27	03	10	17	24	01	08	15	22	29	05	12	19	26
	12	19	26	02	09	16	23	30	07	14	21	28	04	11	18	25	02
Proves globals	06	13	20	27	03	10	17	24	01	08	15	22	29	05	12	19	26
	12	19	26	02	09	16	23	30	07	14	21	28	04	11	18	25	02
Redactor document	06	13	20	27	03	10	17	24	01	08	15	22	29	05	12	19	26
	12	19	26	02	09	16	23	30	07	14	21	28	04	11	18	25	02

Il·lustració 4: Calendari per al projecte

Per al desenvolupament del projecte, que compren del 06/03 fins el 02/07, es realitzaran cinc tasques en paral·lel:

Documentació: Cerca de les diferents tècniques de reciclatge actual que puguin ser útil i llegir projectes similars, comprendrà del 06/03 fins el 30/04.

Disseny prototip: Buscar i adquirir sensors que incorporar a la paperera i dissenyar la paperera, comprendrà 01/05 fins el 28/05.

Proves unitàries: Connectar cada sensor un per un utilitzant una protoboard i programar-lo per a que faci la seva funció, comprendrà del 29/05 fins el 25/06.

Proves globals: Connectar tot el sistema mitjançant una protoboard i provant que els sensors es comporten com se'ls espera, i encastar-ho tot a la paperera per tornar a provar que funcioni, comprendrà del 19/06 fins el 02/07.

Redactar document: Escriure tota la documentació del projecte alhora que aquest es desenvolupa, compren tot el llarg del projecte i al calendari es marquen els dies d'entrega d'informe.

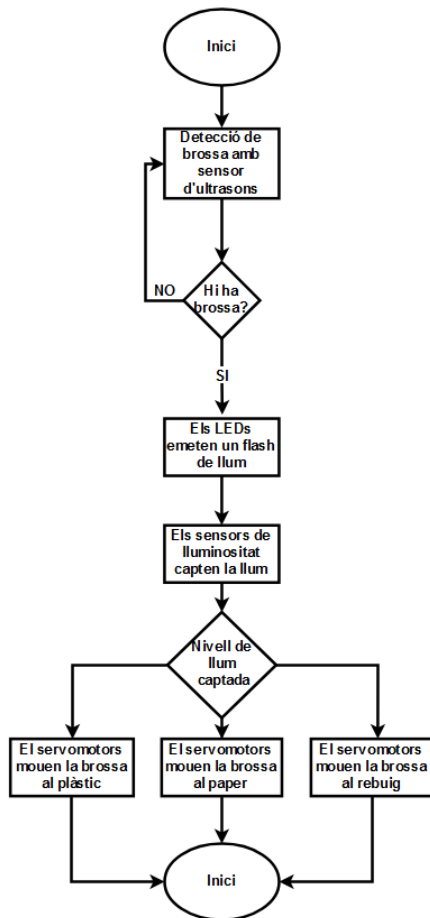
4 LÒGICA

L'entorn de treball necessari per haver pogut desenvolupar la paperera està format per:

-Freedom Studio: L'IDE per a plaques de SiFive que inclou totes les facilitats per comunicar-se ràpidament amb la placa. Inclou la llibreria metal.h que conté funcions per programar des dels GPIO fins les interrupcions, és a dir, que conté un mapa dels registres amb les seves adreces i la funcionalitat de cada bit. També inclou el cross compiler *riscv32-unknown-elf-gcc* que compila el programa escrit en C i retorna un .hex que llença a la placa.

-OpenOCD: Software gratuït utilitzat per debugar en plaques. Un cop es llença el .hex a la placa, OpenOCD crea un servidor a l'ordinador que llegeix el .elf i coneix l'adreça de la següent instrucció a executar o d'alguna variable, llavors la placa actua com a client que rebrà adreces i retornarà el valor.

L'estructura de la lògica de la paperera és bastant lineal, segueix un ordre jeràrquic dels esdeveniments i un cop classificada la brossa es torna a l'inici en un bucle. Comentar que abans d'entrar al bucle, es fa un setup de la paperera, aquest consisteix en que els sensors de lluminositat captin la llum incident sense activar els leds per eliminar el soroll de la llum ambiental en les dades obtingudes. La cúpula està tapada per la tapa durant el procés per evitar el soroll de la llum ambiental, però sempre acabarà entrant i per això és millor fer-hi un tractament. A més, així es permet tenir la paperera en un entorn on la llum ambiental no és fixa. Tot i així, en aquest prototip només es captura la llum ambiental un cop a l'inici.



Il·lustració 5: Diagrama de flux de l'Smartbin

El diagrama de flux que es mostra en la il·lustració 5 mostra el comportament constant de la paperera extrapolat de la funció `main()` del programa, i es podria dividir en tres seccions:

1. Detecció de la brossa: Aquesta part compren el treball del sensor d'ultrasons i la detecció de brossa llançada. Realment, el sensor d'ultrasons està pensat per a calcular la distància d'un objecte, per tant, al apuntar a la base on caurà la brossa retornarà una distància, la qual es pot assumir que és fixe ja que ni la posició de la base ni del sensor ha de patir cap canvi. En el moment que aquesta distància calculada sigui concretament menor voldrà dir que s'ha llençat brossa, ja que si és major, és possible que la paperera hagi rebut un cop i el sensor apunti per un moment al fons del contenidor.

```

distance_sensor():
while(1){
  set_pin(13, 1)
  delay(10)
  set_pin(13, 0)

  while(!get_input(12))
    start=clock()
  while(get_input(12))
    time=clock()-start
    distance=(time*0.034)/2
    delay(60000)
}

```

```

if(distance<=DISTANCE_RUBBISH){
  if(object_detected){return}
  else{
    delay(1000000)
    object_detected=1
  }
}
else{ object_detected=0 }
}

```

Codi 1: Funció `distance_sensor()`

El pseudocodi està extrapolat del codi C que fa funcionar aquest sensor. Com s'observa primer cal enviar una senyal en alt al sensor per activar-lo i que duri 10us, després s'haurà d'esperar a que retorni un senyal en alt i calcular el temps que aquest senyal es passa en alt. Seguint la fórmula $Distancia = \frac{\Delta t \times 0.034}{2}$, es pot trobar la distància en cm. El temps està en μs , la velocitat del so en $cm/\mu s$ i es divideix entre dos perquè és el temps en el que el sensor emet un ultrasò i el rep, és a dir, retorna l'anada i tornada. Cal esperar 60ms entre peticions.

Si la distància calculada ha caigut per sota d'un umbral definit en la macro **DISTANCE_RUBBISH**, vol dir que s'ha detectat que s'ha llençat brossa, però per assegurar que no ha sigut una altra cosa, s'espera 1s i es torna a revisar que la distància realment ha disminuït i llavors la funció surt.

2. Identificació de la brossa: Aquesta part compren del diagrama de flux, el encendre els LEDs i captar la llum inciden pels sensors de lluminositat. Com a l'inici s'ha calculat la llum ambient, aquesta es passa com a paràmetre. Primer s'encenen els LED's, llavors els sensors capten la llum inciden i cada sensor retorna un valor. Aquests valors es col·loquen d'entrada a una xarxa neuronal ja entrenada que retornarà les probabilitats que el material sigui paper, plàstic o rebuig.

```

light_sensor(ambient_light[]):
set_pin(9, 1)

for(CS=0; CS<#light_sensor; CS++){
  txbuf[3]={1, CS, 0}
  for(i=0; i<LIGHT_PRECISION; i++){
    spi_transfer(txbuf,rxbuf,3)
    value+=rxbuf
  }
  light_results[CS]=value/LIGHT_PRECISION
}
light_results-=ambient_light;
set_pin(9, 0)

return neuronal_network(light_results[])

```

Codi 2: Funció `light_sensor(ambient_light[])`

S'observa que primer cal encendre els LEDs i llavors, per a cada sensor, s'estableix una comunicació mitjançant SPI on s'envia la informació en el buffer `txbuf` on l'1 indica que s'inicia la transmissió, el `CS` indica el sensor a

seleccionar i el 0 son bytes que no importa el contingut (don't care). La informació es rep en el rxbuf on, per cada sensor, es pren el valor **LIGHT_PRECISION** nombre de vegades i es pren la mitjana. Es resta la llum ambient dels resultats. Finalment s'apaguen els LEDs i es passa els valors a la xarxa neuronal per a que doni un veredict.

Sobre la xarxa neuronal, simplement comentar que és de disseny simple, amb una capa d'entrada d'x nombre de sensors, una capa amagada amb y neurones i una capa de sortida amb z nombre de materials. L'entrenament s'ha fet fora de la placa, simplement s'han guardat els valors de col·locar diversos objectes diversos cops, i se la entrenat amb això.

3. Classificació de la brossa: Aquesta part compren agafar la decisió feta pels sensors sobre quin material és i conduir-lo al compartiment adequat. Aquí simplement cal escollir els duty cycle adequats per a cada servomotor en funció del material determinat.

```
pwm_move(object):
switch (object){
case PAPER:
  Xtilt=94
  Ytilt=90

case PLASTIC:
  Xtilt=87
  Ytilt=90

case REBUIG:
  Xtilt=90
  Ytilt=99
}

pwm_set_duty(Xtilt, pwmX)
pwm_trigger()
delay(1000000)
pwm_stop()

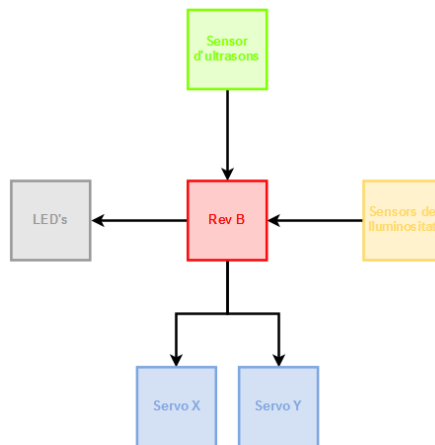
pwm_set_duty(Ytilt, pwmY)
pwm_trigger()
delay(1000000)
pwm_stop()

pwm_set_duty(Yup, pwmY)
pwm_trigger()
delay(1000000)
pwm_stop()
```

Codi 3: Funció `pwm_move(object)`

S'utilitza un switch case per a seleccionar el duty cycle, és a dir, la posició a la qual moure el servomotor i per tant la base. Es diferencia entre el servomotor X (pwmX i Xtilt), encarregat del moviment en l'eix X per tant de apuntar cap al compartiment adequat; i el servomotor Y (pwmY i Ytilt), encarregat d'inclinar la base cap endavant o cap enrere segons convingui. Un cop seleccionades les posicions, cal fer tres passos: primer que el servomotor X

apunti al compartiment, després que el servomotor Y s'inclini i finalment torni a pujar. A tots tres se'ls dona fins a 1s per a col·locar-se.



Il·lustració 6: Diagrama de blocs de l'Smartbin

Presentada tota la lògica, es pot entendre la il·lustració 6 on es mostra un diagrama de blocs i el flux de dades entre els diferents components. La placa rep dades dels sensors, i activa els LEDs i els servos en funció dels primers.

5 MECÀNICA

Si recordem, la placa escollida per a fer de cervell d'aquest projecte és la HiFive1 Rev B. Aquesta placa amb RISC-V conté una serie de característiques que la fan molt versàtil. Les que interessa per a aquest projecte són: unes dimensions relativament baixes (6,8 * 5,1 cm) com per a col·locar-se dins la paperera, alimentació per un estàndard com l'USB-C a 5V, sortides d'entre 3.3V a 5V per a fer funcionar tots els sensors, 19 GPIO, fins 3 protocols de comunicació (UART, I2C i SPI), disponibilitat de WiFi o Bluetooth i memòria de 32 MB, suficient per emmagatzemar el programa i un fitxer .CSV amb la xarxa entrenada.

5.1 Característiques dels sensors i actuadors

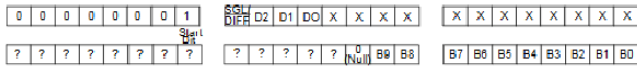
Sensor d'ultrasons [9]: És el HC-SR04 de ElecFreaks. Funciona a 5V i per a fer-lo funcionar s'utilitzen dos pins, el trig (pin ~19), que es d'entrada i en quan rep una senyal en alt llença fins a 8 senyals d'ultrasons; i el echo (pin ~18), de sortida, que llença un senyal en alt tant de temps com ha trigat en tornar una senyal d'ultrasó.

LEDs [10]: En són 4, els C503D-WAN de Cree. Per a fer-los funcionar l'entrada està connectada al pin 15 i s'emet una senyal a 3.3V si es vol encendre o no.

Sensor de llum [11]: En són 4, els ALS-PT19 de Adafruit. Funcionen a 3.3V. Al chip ja ve incorporat una resistència i un condensador, per a cada sensor, per a regular la sortida a la qual se li ha de mesurar el voltatge en funció del canvi de llum.

Per a fer-ho es necessita d'un ADC, concretament el MCP3008 [12] de Microchip de 10 bits de precisió. Aquest es comunica per SPI amb la placa, permeten

controlar fins a 8 esclaus diferents. Està connectat a 3.3V al igual que el sensor de llum. Té el CLK connectat al pin 13, el MISO al pin 12, el MOSI al pin ~11 i el CS al pin ~10. L'SPI està configurat per funcionar a 200kbps.



Il·lustració 7: Diagrama de blocs de l'Smartbin

El protocol SPI es fa de la següent manera: Durant la transmissió es passen 3 bytes en total. Com s'observa a la il·lustració 7, cal enviar un buffer de 3 bytes, on el primer contingui un bit per començar la transmissió; on el segon contingui si la comunicació es single-ended o differential; el tercer byte no importa el contingut. Per tant, en el bloc de codi 2, el buffer a transmetre és

```
uint8_t txbuf [3] = {0x01, 0x80/90/a0/b0, 0x00}
//00000001-1(000/001/010/011)0000-00000000.
```

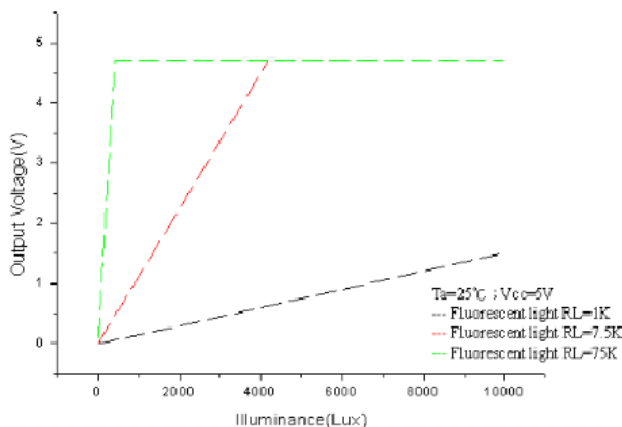
Al buffer a rebre se l'ha de fer cert tractament per a poder llegir els 10 bits útils:

```
uint16_t read
rxbuf[1] &= 0x03 //00000011
read = rxbuf[1]
read <= 8
read |= rxbuf[2]
```

Codi 4: Tractament de bytes de rxbuf del SPI

Els primers 8 bits no s'agafen, dels següent 8 només s'agafen els dos últims, es guarden en una variable de 16 bits i es fa un shift de 8 posicions, i s'agafen els 8 últims bits rebuts i s'afegeixen a la variable.

Realment no ens interessa fer medicions de cap tipus amb el sistema, és a dir, que no volem una precisió exacte dels lux que capten el sensors ni la distància exacta que calculi el sensor d'ultrasons; el que ens interessa es poder veure un canvi el suficientment significatiu per a poder determinar el tipus de brossa. Per això ens fixem en poder tenir la capacitat de captar les fluxacions de llum en comptes d'ajustar el sistema a la màxima precisió.



Il·lustració 8: Relació V/Lux del sensor de llum

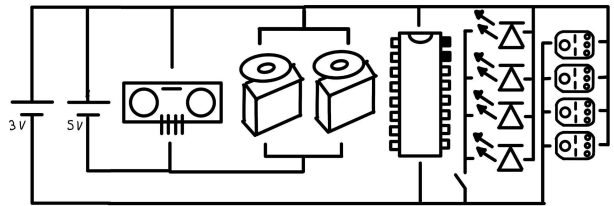
El ADC té una precisió de 10 bits, per tant, ens podrà mostrar fins a una sensibilitat de 1024 luxs. Com s'observa a la il·lustració 8, al arribar a 3V, que és amb el que s'alimenta, ja superen els 2000 lux, per tant, no estem donant alimentació de menys i no perdem dades per aquesta part. Però per l'ADC als 1024 luxs ja es perden

dades, i es bastant significatiu si parlem d'un rang que va fins els 10000 luxs. Però al fer proves amb els sensors i els LEDs encesos, ens retorna ~400 luxs, per tant, per l'ADC tampoc estem perdent dades.

Servomotors [13][14]: En són 2, els ROB-09065 de Sparkfun que funcionen a 5V amb capacitat de 160°. Com a tot servomotor, aquests funcionen per mitjà d'un senyal PWM, amb freqüència de 50Hz i un duty cycle variable que determina la posició del servomotor. El servomotor X està connectat al pin ~3 i el servomotor Y al pin ~5.

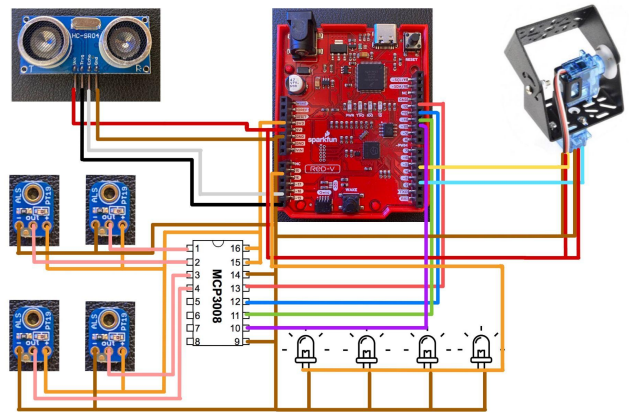
5.2 Mapa de connexions

Estudiades totes les característiques dels components i el seu funcionament, queda connectar-los a la placa.



Il·lustració 9: Circuit elèctric

Cal dissenyar un esquema de connexions per a que a cada component li arribi el voltatge adequat i evitar problemes, per a fer-ho cal fer les connexions en paral·lel com s'observa a la il·lustració 9. Només al sensor d'ultrasons i els servomotors se'ls alimenta amb 5V, ja que són els únics que ho requereixen i ens assegurem que els arribi el més pròxim a 5V, si evitem més connexions en paral·lel; mentre que l'ADC i els sensors de llum amb 3V és suficient. Els LEDs no estan connectats a la sortida de 3V, sinó que ho estan a un pin GPIO els quals funcionen a 3V.

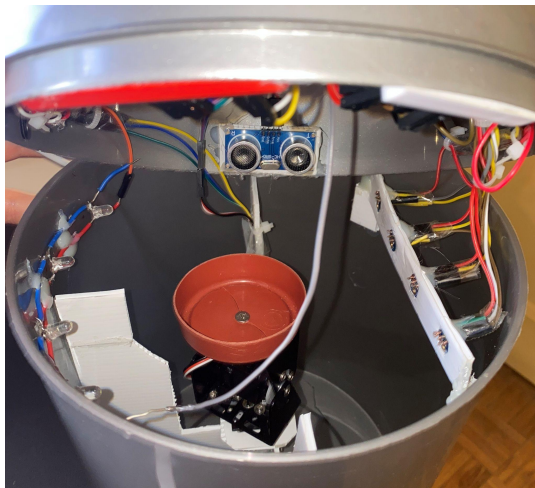


Il·lustració 10: Mapa de connexions

La il·lustració 10 mostra el mapa de connexions finals que ha quedat per a la paperera. Per a saber com connectar els sensors a la placa i saber quins pins activar, s'ha seguit l'esquema dels pins [15] i de la placa [16], aquest darrer no és realment d'aquest model però s'ha pogut aprofitar.

5.3 Ensamblatge

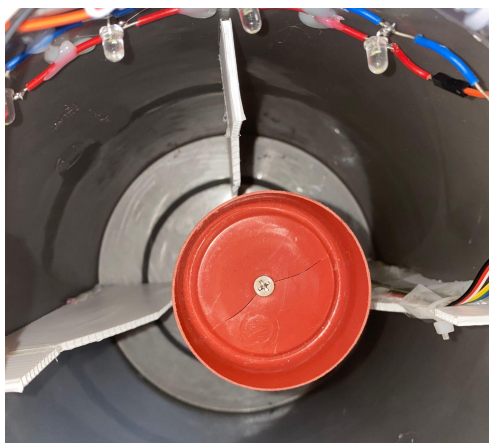
Un cop amb el disseny fet, fetes totes les connexions i provat amb èxit tots els components i el funcionament del programa, cal encastar-los a dins de la paperera.



Il·lustració 11: Sensors encastats

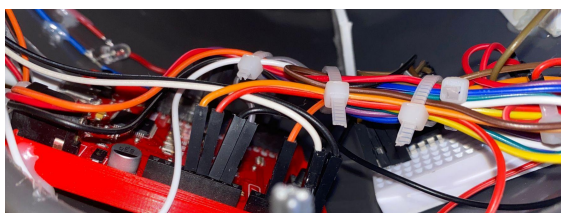
Seguinet el disseny fet, com es mostra a la il·lustració 11, els LEDs i els sensors de llum s'han col·locat a cada costat sempre de front i el sensor d'ultrasons col·locat a dalt de la cúpula per apuntar a la base.

Als LEDs se'ls va tallar les potes i es van soldar a uns cables més flexibles i aquests estan enganxats amb silicona. Per altra banda, els sensors de llums s'han encaixat a un plàstic ja que al ser tant petits era difícil mantenir-los fixes, aquest plàstic s'ha enganxat amb silicona a les vores de la paperera. Per a connectar els sensor calia pelar els cables, que eren trifasic, i es van utilitzar per embolicar els pins d'uns altres cables que penetraven els sensors, per assegurar un bon contacte. El sensor d'ultrasons també se'l va encaixar a un plàstic el qual estava enganxat a un altre a la cúpula per permetre la inclinació.



Il·lustració 12: Actuadors encastats

Seguint el disseny, a la il·lustració 12, la base està separada en tres compartiments on al centre suporten el mecanisme que per mitjà dels servomotors fan girar la base.



Il·lustració 13: Circuit encastat

Com es mostra en la il·lustració 13, la placa està enganxada a un lateral amb silicona de igual manera que una petita protoboard on es troba el ADC i algunes connexions que permeten la connexió en paral·lel del voltatge. Els cables estan recollits amb brides.

6 PRESSUPOST

La versió 1.0 de l'Smartbin ha tingut un cost, comprant els components de manera individual i no en grans quantitats des de les webs indicades a la bibliografia, de 97,4€, amb IVA 113,29€.

Nom	Preu (€)	Quantitat	Total (€)
LED	0,24	25	6,00
Sensor d'ultrasons	1,80	2	3,60
Sensor de llum	2,95	5	14,75
Kit Pan/Tilt	6,95	1	6,95
Servo motor	10,5	2	21,00
Paperera (5L)	7,00	1	7,00
Cables (x40)	1,60	3	4,80
ADC	3,95	2	7,90
Protoboard	0,90	1	0,90
Enviament	4,90	5	24,50

Taula 1: Pressupost (sense IVA)

7 PROBLEMES TROBATS

Més problemes dels esperats han anat ralentitzant un projecte que poder era massa ambiciós, ja que s'han dissenyat dos versions de la paperera i només s'ha pogut complir una. Els problemes es poden separar en aquells relacionats alhora de dissenyar la paperera, errors culpables de forces majors, i problemes relacionats alhora de treballar amb els diferents elements, més relacionats a la inexperiència.

7.1 Problemes en el desenvolupament

-SiFive té un suport pèssim a les seves plaques. És pràcticament impossible descarregar-se el IDE des de la seva web, et demana dades personals i amb sort un cop entregades se't descarrega, sinó et comunica que l'equip es posarà en contacte amb tu per enviar-te informació, fet que no passa. Un dia es va poder descarregar una versió de Linux, i fins el moment s'havia treballat amb una beta descarregada d'una altra web alternativa. A dia d'entrega d'aquest treball no es pot descarregar el software.

-Parlant de l'IDE, el Freedom Studio, es nefast, té moltes configuracions i eines desfasades que ralentitzen el desenvolupament de codi. Sembla una versió no estable amb errors constants alhora de llençar el programa a la placa.

-Els servomotors són genèrics i per tant no tenent un datasheet per llegir com configurar les freqüències i el

duty cycle, es sobreentén que tenen una configuració com tota la resta dels servomotors, però per algú inexpert pot ser un mal de cap. A més de passar per l'engorrossat procés de calibrar manualment el duty cycle i els graus.

7.2 Problemes en la construcció

-La placa no té entrada analògica, per tant cal utilitzar un ADC i comunicar-lo amb la placa via SPI.

-Les dimensions de la paperera tant petita donaven molèsties alhora d'encaixar correctament els components, però clar, era complicat trobar una altre de més gran amb aquestes característiques.

-Els servomotors, degut a la falta de documentació, resulta que giraven només a 160°, però es va poder resoldre col·locant-lo d'una manera específica per a que abarqués un ventall de casi 180°, i llavors el servomotor Y s'hauria caldrà que s'inclinés cap endavant i cap enrere.

-El sensor d'ultrasons funciona específicament a 5V, però això no vol dir que amb menys voltatge deixi de funcionar, vol dir que no funciona correctament. En un punt del desenvolupament, el sensor va deixar de funcionar correctament i era perquè no estava connectat a la font adequada, i doncs el fet que funcionés però no adequadament feia pensar que era un problema del codi o de les connexions.

-La falta de material per analitzar el corrent o voltatge que passa pel circuit va provocar que un error simple es trigués en corregir. Resulta que el ADC està configurat per a que l'ordre dels bits sigui big endian, i s'estava seleccionant little endian. Llavors els valors que retornava eren massa elevats i patia de poca sensibilitat. No va ser fins que amb un oscil·loscopi es va observar el corrent del circuit que es va veure que els bits estaven al revés.

-Tant els sensors de llum com el ADC eren molt petits i per tant complicats de soldar a cables per aconseguir un circuit pur a la paperera sense dependre de protoboards. Pels sensors es va utilitzar l'enginyeri i uns cables trifàsics per assegurar una bona connexió, i el ADC era inevitable passar per la protoboard així que es va adquirir la més petita disponible. Comentar que en un intent de soldar el ADC, una pota es va trencar, un divendres, endarrerint el projecte fins dilluns que no es va poder aconseguir una altre.

8 TREBALL A FUTUR

Moltes millores es poden aplicar per acabar de montar una paperera realment autònoma i depenen de la menor interacció possible, altres es podrien afegir a la versió actual, les anomenades: millores de qualitat de vida.

8.1 Millores en el software

-En comptes de calcular la llum ambiental a l'inici del programa, fer-ho cada cert temps mentre la paperera esperi a que es llenci alguna broxa.

-Utilitzar PWM també per als LEDs, de manera que no es noti el parpadeig per part dels sensors de llum, i evitar mantenir-les obertes de seguit el menor temps possible i allargar la vida útil d'aquestes.

-Tot el programa està col·locat dins d'un gran bucle infinit, la idea és que el programa funcioni amb interrupcions per a mantenir només treballant el sensor d'ultrasons i la placa estigui en baix consum mentre no es llenci res.

8.2 Millores en el disseny

-Completar la versió 2.0 del projecte i classificar el alumini, i a més, permetre classificar orgànic, molt important per generar biogas assenyalat com el combustible del futur [17]. Caldrà tenir en compte que el material orgànic podria embrutar la base i material com el paper que en un inici estava net, tacar-lo de materia orgànica.

-Permetre llençar broxa més petita, com el envoltori d'un caramel, que ara quedaria cobert per les vores de la base. Es podria solucionar construint una base d'un material transparent.

-Conjuntament amb la millora de fer funcionar el sistema amb interrupcions, cal fer un seguit de mesures del consum per aconseguir reduir i inclús canviar alguns components a d'altres de menor consum.

-Poder tractar broxa complexa, és a dir, aquella que està formada de més d'un material, per exemple paper i plàstic com a envoltori d'algun aliment, i separar cada material per després poder-se classificar.

BIBLIOGRAFIA

- [1] WWF, "Día de la Sobrecapacidad de la Tierra", https://www.wwf.es/nuestro_trabajo/informe_planeta_vivo_ipv/huella_ecologica/dia_de_la_sobrecapacidad_de_la_tierra/Referencia_2
- [2] Harnani Hassan, Fadzliana Saad, "A Low-Cost Automated Sorting Recycle Bin powered by Arduino Microcontroller", https://www.researchgate.net/publication/332824997_A_Low-Cost_Automated_Sorting_Recycle_Bin_powered_by_Arduino_Microcontroller
- [3] Emmanuel AttaWilliams, John Bentil, "Design and Implementation of a Microcontroller-Based Automatic Waste Management Sorting Unit for a Recycling Plant", [https://www.ajer.org/papers/v5\(07\)/ZG050702480252.pdf](https://www.ajer.org/papers/v5(07)/ZG050702480252.pdf)
- [4] AMB, "Separació", <https://www.amb.cat/s/web/ecologia/residus/gestio/separacio.html>
- [5] Lance Harvie, "Flexibility, Performance, and Open-Source: Why RISC-V is the Future of Chips", Medium, <https://medium.com/@lanceharvieruntime/flexibility-performance-and-open-source-why-risc-v-is-the-future-of-chips-b73ae4da7e16>
- [6] HiFive1 Rev B, SiFive, <https://www.sifive.com/boards/hifive1-rev-b>
- [7] Glenn Stark, "light", Britannica, <https://www.britannica.com/science/light>
- [8] Papelera Flic-Flac, El corte inglés, <https://www.elcorteingles.es/hogar/A29478696-papelera-flic-flac-nuestro-mejor-precio-el-corte-ingles/?parentCategoryId=999.9120763013>
- [9] Ultrasonic Distance Sensor - HC-SR04, Elec Freaks, <https://tienda.bricogeek.com/sensores-distancia/741-sensor-de-distancia-por-ultrasonidos-hc-sr04.html>
- [10] LED, Cree LED, <https://es.rs-online.com/web/p/leds/8106705>
- [11] Sensor de luz ambiental - ALS-PT19, Adafruit, <https://tienda.bricogeek.com/home/1693-sensor-de-luz-adafruit-als-pt19.html>
- [12] MCP3008, Microchip, <https://tienda.bricogeek.com/raspberry-pi/750-mcp3008-conversor-adc-10-bits.html>
- [13] Servo motor - ROB-09065, Sparkfun, <https://tienda.bricogeek.com/servomotores/1253-servo-generico-sub-micro.html>
- [14] Pan/Tilt Kit - ROB-10335 RoHS, Sparkfun, <https://tienda.bricogeek.com/accesorios-robotica/522-kit-pan-tilt.html>
- [15] Andy England, FE310 Pinmap, <https://cdn.sparkfun.com/assets/d/d/1/e/7/RedFive.pdf>
- [16] Redboard, Sparkfun, https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/1

[/7/5/8/RedBoard_Plus_Graphical_Datasheet_v1a.pdf](#)

- [17] Javier A. Fernández, "El combustible del futuro que se cocina con ingredientes del presente", El País, <https://elpais.com/sociedad/acertar-con-energia/2022-11-03/el-combustible-del-futuro-que-se-cocina-con-ingredientes-del-presente.html>