



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

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Electrónica, Industrial i Automàtica

DISSENY D'UNA INCUBADORA DE BAIX COST AMB ATENCIÓ CONTINUADA DE CADELLS D'ANIMALS DOMÈSTICS



Memòria i Annexos

Autor: Daniel Capón Vilar
Director: Jorge El Mariachet Carreño
Co-Directora: Nathalie Marcela Cerón Hurtado
Departament: DEE
Convocatòria: Gener 2022

Resum

El present Treball de Final de Grau té com a objectiu principal el disseny e implementació d'una incubadora de baix cost, per a nounats d'animals domèstics. El disseny proposat busca complir amb una supervisió correcta dels cadells vius, quan estiguin dins la incubadora. La seva finalitat es ser destinada per associacions sense ànim de lucre, o protectores d'animals, que necessiten de sistemes avançats per cuidar dels animals que troben, o quan els hi arriben cadells nounats d'animals domèstics, que requereixen d'atencions continuades.

Els objectius de disseny han estat, amb materials accessibles, tecnologia de baix cost i fàcil d'adquirir, construir un sistema que preservi una temperatura i humitat constant, ventilació adequada, captura d'imatge i el màxim de constants vitals. Ajudant amb avisos sonors o visuals a decidir a actuar, en els moments que es requereixi, en els animals de l'interior. Com a punt de partida, aquesta incubadora es destinada per cadells canins o felins.

Els mètodes escollits per l'obtenció dels paràmetres d'interès han estat mitjançant l'implementació de sensors analògics, compatibles amb una placa amb microcontrolador digital Arduino Uno i el seu software oficial de programació Arduino IDE. Aquesta Memòria Tècnica detalla el funcionament, esquemàtics i pseudocodi programats per a una correcte implementació de tot el sistema.

L'estudi de les variables obtingudes en el temps pels sensors han informat que s'arriba a una estabilització ideal de la temperatura i la humitat a dins cap els 10 minuts després de l'activació, els quals es mantenen estables entre aquests valors ideals en el temps, abans d'introduir els animals a dins.

Resumen

El presente Trabajo de Final de Grado tiene como objetivo principal el diseño e implementación de una incubadora de bajo coste, para recién nacidos de animales domésticos. El diseño propuesto busca cumplir con una supervisión correcta de los cachorros vivos, cuando estén en la incubadora. Su finalidad es ser destinada por asociaciones sin ánimo de lucro, o protectoras de animales, que necesitan de sistemas avanzados para cuidar de los animales que encuentran, o cuando les llegan cachorros recién nacidos de animales domésticos, que requieren atenciones continuadas.

Los objetivos de diseño han sido, con materiales accesibles, tecnología de bajo coste y fácil de adquirir, construir un sistema que preserve una temperatura y humedad constante, ventilación adecuada, captura de imagen y el máximo de constantes vitales. Ayudando con avisos sonoros o visuales a decidir a actuar, en los momentos requeridos, en los animales del interior. Como punto de partida, esta incubadora está destinada para cachorros caninos o felinos.

Los métodos escogidos por la obtención de los parámetros de interés han sido mediante la implementación de sensores analógicos, compatibles con una placa con microcontrolador digital Arduino Uno y su software oficial de programación Arduino IDE. Esta Memoria Técnica detalla el funcionamiento, esquemáticos y pseudocódigo programados para una correcta implementación de todo el sistema.

El estudio de las variables obtenidas en el tiempo por los sensores han informado de que se llega a una estabilización ideal de la temperatura y la humedad dentro de los 10 minutos después de la activación, los cuales se mantienen estables entre estos valores ideales en el tiempo, antes de introducir a los animales dentro.

Abstract

The main objective of this Final Degree Project is the design and implementation of a low-cost incubator for newborn pets. The proposed design seeks to comply with proper supervision of live puppies, when they are inside the incubator. Its purpose is to be used by non-profit associations, or animal protectors, who need advanced systems to care for the animals they find, or when newborn puppies of pets arrive, which require continuous care.

The design goals have been, with low-cost technology and easy-to-acquire materials, to build a system that preserves a constant temperature and humidity, adequate ventilation, image capture and the maximum of vital constants. Helping with sound effects or visual warnings to decide to act, in the moments that are required, on the animals of the interior. As a starting point, this incubator is intended for canine or feline newborns.

The methods chosen to obtain the parameters of interest have been through the implementation of analog sensors, compatible with an Arduino Uno digital microcontroller board and its official Arduino IDE programming software. This Technical Report details the operation, schematics and pseudocode programmed for a correct implementation of the whole system.

The study of the variables obtained over time by the sensors has reported that an ideal stabilization of temperature and humidity is reached within 10 minutes after activation, which remain stable between these ideal values in time, before introducing the animals inside.



Agraïments

A l'ajuda incondicional, en tot moment del grau, que han donat els meus pares. En els moments o períodes de més treball acadèmic i quan més s'ha necessitat.

També agrair el suport dels meus germans, que mai han dubtat en escoltar i compartir el seus punts de vista en els projectes que he treballat.





Glossari

- **Nebulosis:** Sistema veterinari per a l'introducció de medicament als animals per via respiratòria, ja que produeix un núvol de micro-gotes que l'animal respira dins d'un recinte tancat o incubadora.
- **Llenguatge de baix nivell:** El tipus d'escriptura que entén l'ordinador al processar informació. Es diu codi màquina per ser format per cadenes llargues de 0 i 1 s , formant les instruccions adequades a cada moment.
- **Protoboard:** Protoboard. placa de contactes no definitius. per a la creació de prototips o projectes senzills.
- **Ethernet:** Connexió per cable a la xarxa, serveix per connectar a la LAN del router per obtenir internet a l'ordinador o comunicar-se amb altres ordinadors de la mateixa LAN.
- **Flash:** Memòria no volàtil que no s'esborra quan s'apaga la font d'alimentació de la placa. Queda guardat per exemple el programa creat per tornar-lo a arrencar al tenir de nou alimentació.

Acrònims / Abreviatures

- **IoT:** Sigles en anglès de "*Internet of Things*", o internet de les coses, és la comunicació de dades, imatges o àudio entre dispositius que comparteixen la mateixa xarxa (Wi-Fi, Bluetooth, LAN...) i que ens faciliten o fan per nosaltres tasques repetitives de la vida diària, com ara encendre i apagar els llums, regular automàticament la calefacció a temperatures ideals constants, etc. Podem interactuar amb dispositius IoT per editar aquestes variables.
- **I/O:** Sigles en anglès de "*Input and Output*", son les entrades i sortides de comunicació dels ports, disponibles a les plaques amb microcontrolador treballades en el present projecte.
- **OS:** *Operating System*. Conjunt de programari per poder interactuar amb l'ordinador, mitjançant programes i escriptoris que faciliten l'enteniment (ex: Windows, Linux, MACOS).
- **LAN:** Comunicació per cable, trençat o de fibra òptica, per comunicar diferents ordinadors o dispositius.
- **WLAN:** Comunicació sense cable, Wi-Fi o altres protocols inal·làmbrics, per comunicar diferents ordinadors o dispositius.

- **NC:** Configuració del Relé instal·lat normalment tancat (Normally Close) que al canviar l'estat, obrirà el circuit i desactivarà l'actuador que hi estigui connectat.
- **NO:** Configuració del Relé instal·lat normalment obert (Normally Open) que al canviar l'estat, tancarà el circuit i activarà l'actuador que hi estigui connectat.



Índex

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRAÏMENTS	V
GLOSSARI	VII
1. PREFACI	1
1.1. Origen del treball	1
1.2. Motivació	1
1.3. Requeriments previs.....	2
2. INTRODUCCIÓ	3
2.1. Objectius, abast del treball	4
2.1.1. Objectiu Principal	4
2.1.2. Objectius secundaris	4
3. MAQUINARI	5
3.1. Elecció del sistema	5
3.1.1. Estudi de possibilitats, especificacions bàsiques	5
3.1.2. Sistema seleccionat : Microcontrolador ATMEGA en placa Arduino Uno	12
3.2. Microcontroladors	13
3.2.1. Funció del microcontrolador	13
3.2.2. Estructura interna i funcionament	14
3.3. Sensors i actuadors	17
3.3.1. Sensor de temperatura i humitat DHT11	17
3.3.2. Sensor de pols cardíac	18
3.3.3. Mòdul placa de relé	19
3.3.4. Làmpada d'incandescència i portalàmpades	20
3.3.5. Ventilador.....	21
3.3.6. Buzzer actiu	22
3.3.7. Càmera de vigilància	23
3.3.8. Mòdul de comunicacions Bluetooth HC-05.....	24
3.3.9. Endolls d'alimentació	25
3.3.10. Habitable de protecció dels cadells	26

3.3.11. Capsa general estanca de protecció per l'electrònica	28
4. RESULTATS D'IMPLEMENTACIÓ FÍSICA DEL SISTEMA _____	30
4.1. Tractament de les condicions ambientals dins la incubadora	30
4.2. Ventilació adequada	36
4.3. Captura d'imatge	37
4.4. Màxim de constants vitals	38
4.5. Esquemàtic de connexions complet	41
5. PROGRAMARI _____	43
5.1. Arduino IDE	43
5.2. Disseny d'aplicacions Android/IOS	46
5.2.1. MIT App Inventor.....	46
5.2.2. Aplicació de captura d'imatge en vídeo per Wi-Fi.....	50
5.2.3. Aplicació de control de la temperatura, humitat i els batecs per minut (BPM)..	51
6. ALGORITME EN PSEUDOCODI I APLICACIÓ MÒBIL _____	52
6.1. Programa principal.....	52
6.2. Programes d'aplicacions mòbil.....	57
7. ESCALABILITAT _____	59
8. ESTAT DE L'ART _____	60
9. ANÀLISIS DE SOSTENIBILITAT, IMPACTE AMBIENTAL _____	62
10. POSSIBLES MILLORES _____	64
CONCLUSIONS _____	67
PRESSUPOST _____	69
Costos materials.....	69
Costos d'enginyeria.....	71
Cost total del projecte	72
BIBLIOGRAFIA _____	73
Referències bibliogràfiques	73
Bibliografia complementària	74
ANNEX: NORMATIVA IP PER CAPSES DE PROTECCIÓ _____	75

1. Prefaci

1.1. Origen del treball

Estudis recents del Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació i de les associacions d'animals detallen com el registre de mascotes existents a les llars va en augment, d'un 10% per any. Aquestes dades tenen repercussió directa també en el nombre d'abandonaments a l'any, i en el nombre d'animals que recullen les protectores anualment. Algunes d'aquestes mascotes son abandonades fins i tot quan son femelles embarassades, a punt de donar a llum, per no fer-se càrrec dels posteriors nounats. [1] [2]

És un problema quan arriben a les protectores i aquestes son plenes o no disposen de suficient espai o de recursos necessaris per al cuidat dels nounats, molt delicats i sensibles a temperatures i necessitat d'aliment específic, a les primeres setmanes de vida. [13]

1.2. Motivació

La motivació primordial es donar una petita ajuda a aquestes protectores d'animals amb pocs recursos, dissenyant una incubadora de baix cost amb sistemes electrònics senzills de cadells de gossos de petita estatura o de gats . Adaptable a cada espècie si prèviament es té en compte l'alçada dels cadells, per fer una incubadora amb un recinte més gran si fos necessari. Idees pràctiques que poden reduir el risc de mort d'aquests nounats, sobretot a les primeres setmanes de vida per, posteriorment, ser adoptats per alguna família.

1.3. Requeriments previs

Per l'execució del muntatge i programació correctes d'una incubadora, es necessari tenir unes nocions mínimes en el programari utilitzat i entendre les connexions del cablejat entre sensors, actuadors i la placa amb el microcontrolador.

Alguns dispositius tenen adreçada la seva connexió per Bluetooth, Wi-Fi o per port Serial USB de l'ordinador, per tant, es idoni tenir-ne també nocions o la supervisió d'una persona especialitzada en electrònica, electricitat o en sistemes d'IoT.

A partir d'assignatures d'electrònica, electricitat, informàtica entre d'altres, cursades al grau, la formació ha sigut l'adequada per poder elaborar aquest projecte i poder-lo també documentar, a fi de que qualsevol usuari, que hagi utilitzat dispositius electrònics anteriorment, pugui reproduir-lo sense problemes.

2. Introducció

Un animal recentment nascut es troba en situació urgent d'uns cuidats mínims per sobreviure, ha de mantenir-se a la seva temperatura corporal i humitat de l'ambient ideals, alhora de que si no disposa de la mare a la naturalesa difícilment podrà sobreviure. Si una persona el troba, manualment pot amb mantes pujar la seva temperatura, però es necessitaria d'una atenció continuada i controlada, donat que el cadell i el seu estat de salut depenen directament de les condicions en les quals ha sigut trobat. La problemàtica es multiplica si, en comptes d'un sol cadell, es troba una ventrada completa. Pot ser un problema atendre a tots d'una manera adient.

La dificultat d'atenció segueix pujant quan personal de protectores d'animals, els que normalment s'encarreguen d'aquesta problemàtica, tenen altres animals de diferents espècies que atendre, cadascun amb les seves diferents temperatures corporals ideals i atencions necessàries, les 24h del dia. S'ha d'analitzar i trobar una solució que permeti facilitar arribar als valors ideals de temperatura o humitat i que es mantinguin constants en el temps, sense la presència forçosa sempre d'una persona.

Existeixen incubadores de baix cost econòmic amb les que tenir cura de només d'una variable de temperatura, però no tenen en compte altres variables d'interès de l'estat de salut dels animals com l'humitat, el pols cardíac, la ventilació i un eina de monitoreig de totes les variables a distància.

Aquest projecte busca dissenyar un prototip d'incubadora que solucioni aquesta problemàtica, inclòs també l'acondicionament de l'incubadora a partir de materials fàcils d'adquirir. Ara bé, resolent la problemàtica d'utilitzar-la per diferents races de cadells de gossos o gats, es poden crear més d'una incubadora amb el model treballat però de característiques adaptades a cada espècie. Aquest recinte de l'incubadora delimita l'espai per on es poden moure els cadells per tenir-los controlats, amb accés obert a l'aliment per la part superior de la tapa.

Es deixa espai dins també la mateixa incubadora per col·locar sistemes de dispensació d'aliment que es dissenyarien apart del present projecte, emissió d'humitat o dispensació de llet que necessiten els cadells. Normalment unes mamelles d'on puguin absorbir el calostro, la llet materna de la mare.

2.1. Objectius, abast del treball

2.1.1. Objectiu Principal

L'objectiu més important o principal es l'obtenció d'una incubadora que mantingui la temperatura i humitat adequades dins de la mateixa, per a que els nounats de cadells estiguin protegits i sense risc de malalties provocades per altes o baixes temperatures. La temperatura adient de cadells de gos es mou entre els 35 – 37 °C i una humitat entre el 55 – 65 %. [13]

Per arribar a aquest clima dins la incubadora es dissenya un sistema amb un microcontrolador, que adquireixi les dades de l'ambient actual i a partir d'elles, les traslladi amb un interfície de comunicació Bluetooth amb un dispositiu telèfon mòbil o *smartphone* creada ex-professo, i amb actuadors que mantinguin la temperatura i humitat entre els valors compatibles amb el confort dels cadells.

Serà necessari, per fer treballar el microcontrolador de la placa seleccionada, un pseudocodi escrit en una interfície compatible. Aquest codi comunicarà els sensors i actuadors seleccionats i connectats, a fi de controlar en tot moment que ens mantenim dins dels paràmetres adequats.

2.1.2. Objectius secundaris

Els altres objectius, que complementen el principal de les condicions ambientals ideals a la incubadora, són els de benestar dels animals mitjançant l'adquisició de dades que aportin més informació sobre el seu estat de salut:

- Control d'una ventilació adequada.
- Captura d'imatge dels comportaments dels cadells, monitoreig a distància.
- Control del màxim de constants vitals dels cadells, monitoreig i avisos sonors.
- Materials de baix cost i d'obtenció propera, per poder reproduir-lo amb facilitat.
- Poder ser escalable a altres espècies d'animals domèstics.

Amb totes les dades adquirides de recepció, constants en el temps, s'obtindria un sistema robust, a partir del qual es podrien tenir cura o també diagnosticar o focalitzar diferents tractaments als cadells que ho necessitin.

3. Maquinari

3.1. Elecció del sistema

3.1.1. Estudi de possibilitats, especificacions bàsiques

Per automatitzar el control del nounats dins la incubadora, les 24 hores del dia, es necessari d'encarregar a un dispositiu electrònic aquesta tasca. Existeixen gran varietat d'aquests dispositius ja fabricats, amb tots els sensors incorporats, però el preu seria molt alt per lo que es poden permetre les protectores d'animals o un particular.

Per fer manualment les connexions, entre el sistema que controla els actuadors segons els valors que rep dels sensors, existeixen kits molt complerts de plaques electròniques, amb els quals es pot dissenyar i programar el sistema que es desitgi.[3][4]

Com existeixen gran varietat d'aquestes plaques electròniques, amb diferents característiques i preus, s'han d'estudiar diferents possibilitats disponibles al mercat:

- Raspberry Pi



Figura 3.1. Imatge general superior placa Raspberry Pi 4 Model B . (Font: raspberrypi.org)

Les Raspberry Pi son una línia de computadores en una sola placa (Single-Board Computers o SBCs) que son originàriament fabricades les primeres al Regne Unit, al Febrer de 2012. Són ordinadors bàsics amb molts ports universals, per poder-hi connectar directament un monitor, teclats USB o un ratolí, entre d'altres.

El seu preu de les versions més senzilles sol costar uns 30 euros, amb unes característiques d'entre 2 a 4 GB de memòria RAM, port USB tipus C per l'alimentació i dos ports HDMI per connectar un o més monitors. Els ports USB 2.0 i USB 3.0 son per connectar perifèrics, i els ports Gigabit Ethernet per la connexió a Internet, amb possibilitat de WiFi o Bluetooth.

S'ha efectuat un anàlisi amb totes les característiques i les compatibilitats dels kits disponibles al mercat, amb els muntatges necessaris per a l'incubadora.

Taula 3.1. Especificacions de la placa Raspberry Pi 4 Model B . (Font: raspberrypi.org)

Chip	Broadcom BCM2835 SoC full HD processador d'aplicacions multimèdia
CPU	700 MHz Low Power ARM1176JZ-F Aplicacions de processador
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimèdia Co-processador
Memòria	512MB SDRAM
Ethernet	onboard 10/100 Ethernet RJ45 jack
USB 2.0, 3.0	Dual USB Connectors, Dual USB 3.0 Connectors
Sortida Vídeo	Mini HDMI (rev 1.3 & 1.4) Composite RCA (PAL and NTSC)
Sortida Audio	3.5mm jack, HDMI
Entrades memòria	SD, MMC, SDIO card slot
Sistema Operatiu	Linux
Dimensions	8.6cm x 5.4cm x 1.7cm
Preu	Des de 35 euros, placa i cable alimentació.

- STM32

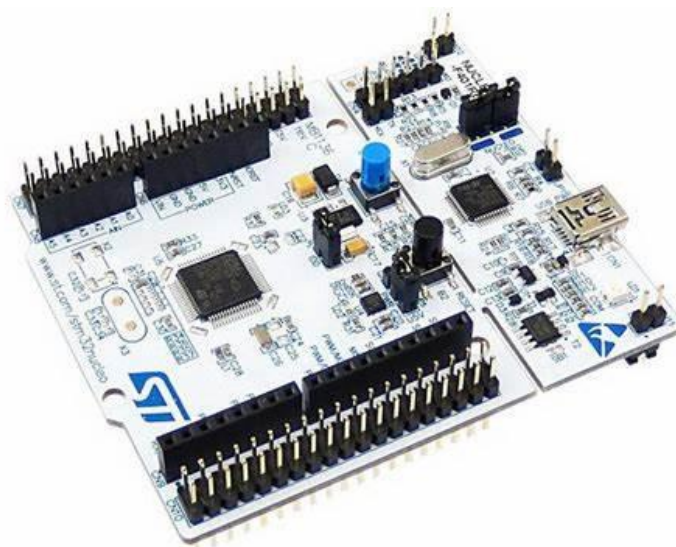


Figura 3.2. Placa STM32F401-RE de STMicroelectronics. (Font: st.com)

Les plaques STM com la STM32F401-RE de STMicroelectronics son molt completes i adaptatives, amb una relació qualitat-preu alta. Incorporen un chip Cortex del fabricant ARM, molt reconegut i fiable.

Per poder programar-les, es necessita però de més coneixements que els necessaris per poder programar un Arduino, per exemple. Normalment el programa utilitzat per aquesta tasca es el Cube MX, un programa amb el que treballar directament la funció de les potes del chip, com entrades o sortides. L'escritura de codi a implementar es en llenguatge C, molt a baix nivell i amb línies de comandaments més llargues, cridant a instruccions molt concretes.

Taula 3.2. Taula d'especificacions placa STM32F401-RE de STMicroelectronics. (Font: st.com)

Chip	ARM® 32-bit Cortex® -M4 CPU with FPU
Voltatge Operatiu	1.7 V to 3.6 V
SRAM	96 KB
I/O Pins Digitals	81
Corrent DC per I/O Pins	40 mA
Corrent DC per 3.3V Pins	50 mA
Memòria Flash	512 KB
Velocitat de rellotge	84 MHz
preus	entre 20-30 euros, placa sense kit.

- Arduino Uno

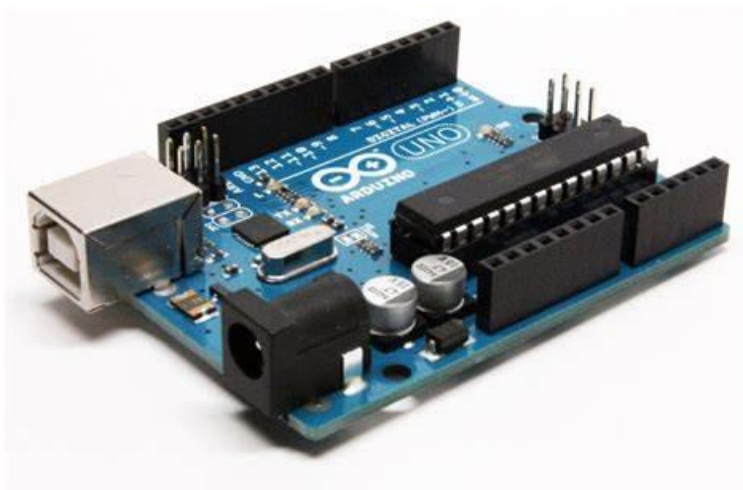


Figura 3.3. Imatge general placa Arduino Uno. (Font: arduino.com)

Les plaques Arduino Uno son actualment de les més esteses en el panorama electrònic i principiant. Són ideals per projectes petits i el prototipatge en protoboard, sense soldar. Amb els kits existents obtenim cables mascle-masclle, femella-masclle, que faciliten les connexions entre sensors, actuadors i la placa amb el microcontrolador.

El seu software, Arduino IDE, es en llenguatge de programació C modificat, adaptat amb les llibreries que la comunitat va creant pels diferents mòduls i sensors. Podem guardar directament el programa confeccionat directament a la memòria del microcontrolador.

Taula 3.3. Especificacions placa Arduino Uno. (Font: arduino.com)

Microcontrolador	ATmega328
Voltatge Operatiu	5V
Vin Recomanat	5-12V
Vin límits	6-20V
I/O Pins Digitals	14 (6 proveeixen també sortida PWM)
Pins Analògics	6
Corrent DC per I/O Pins	40 mA
Corrent DC per 3.3V Pins	50 mA
Memòria Flash	32 KB (ATmega328) 0.5 KB usats per engegada
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocitat de rellotge	16 MHz
preus	entre 20-30 euros, placa amb kit.

3.1.2. Sistema seleccionat : Microcontrolador ATMEGA en placa Arduino Uno

Per la seva versatilitat, senzillesa en la construcció i programació del sistema complet i preus de sistemes clònics molt baixos. Es considera les plaques Arduino Uno (Fig. 3.1.2.) com les més adients per al present projecte de una incubadora amb sensors i actuadors. La varietat de sensors preparats per vincular amb Arduino és molt elevada, respecte altres plaques, i les compatibilitats amb llibreries son molt diverses. [7]

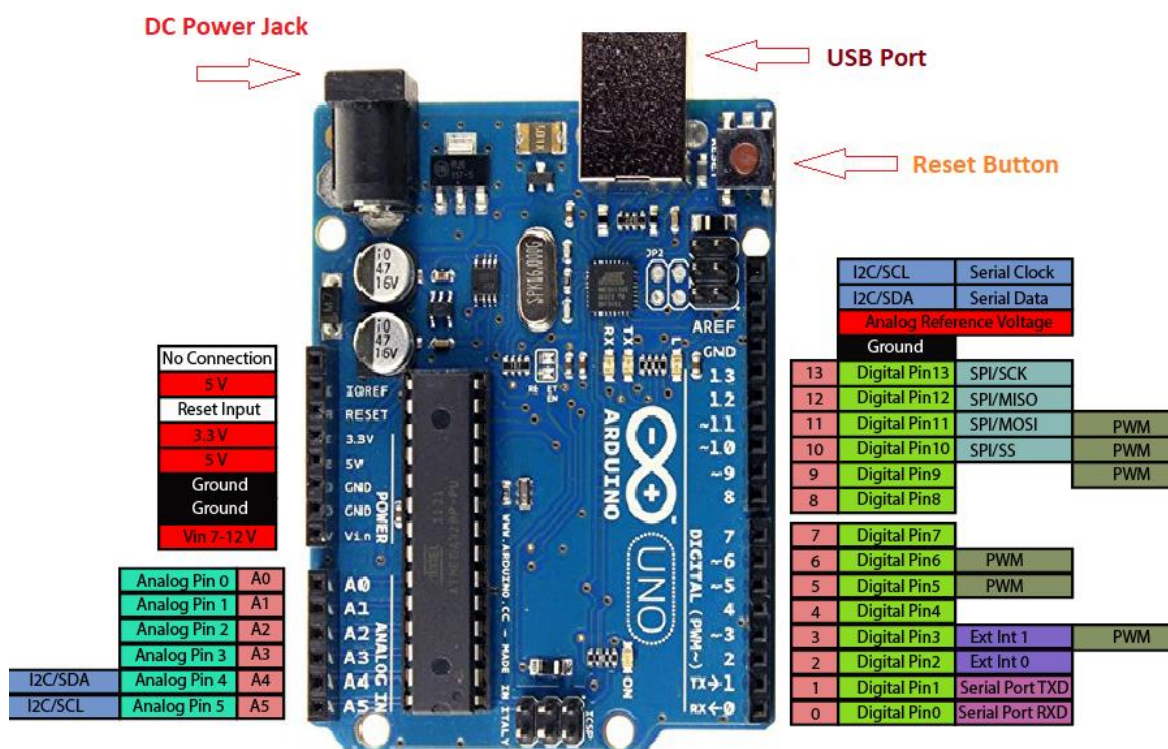


Figura 3.1.2. Connexions de la placa Arduino UNO. (Font: forum.arduino.com)

3.2. Microcontroladors

Un microcontrolador es un component amb un circuit integrat digital a dins (IC) usat en sistemes de control de variables i comunicació. Té la tasca de processar el flux d'entrada i de sortida de dades i fer decisions, segons com hagi estat programat el microcontrolador per la persona encarregada del projecte. Desenvolupa operacions segons la informació que rep de les entrades establertes, per enviar-les a les sortides també definides prèviament. Aquestes sortides llavors fan les accions segons lo demanat i actualitzen les variables en tot moment.

El microcontrolador té memòria interna, on guarda el programa carregat, esperant la seva execució.

3.2.1. Funció del microcontrolador

Com és un dispositiu tan versàtil, en quant a les connexions per cablejat, inclòs en kits d'aprenentatge, una comunitat molt activa arreu del món i la senzillesa en com es poden declarar les variables, com entrada i sortida, s'ha escollit que sigui un microcontrolador comercial el que lideri totes les principals parts de l'incubadora a muntar.

A sota s'inclou la llista de característiques més comunes del microcontroladors al mercat actual, sobretot els de la família Atmel ATMEGA328 AVR, produïts per l'empresa *Microchip* [5] :

- 8 Kbytes en sistema, memòria FLASH pròpiament reprogramable.
- 512 Bytes EEPROM (Elèctricament borrable).
- 1 Kbyte SRAM interna.
- Dos comptadors/timer de 8 bits.
- Un comptador/timer de 16 bits.
- Tres canals de PWM (Pulse Wide Modulation).
- Sis canals de conversió analògic a digital de 10 bits (ADC).
- Interfície de serial a l'ordinador de dos cables.
- 3 x 8 ports de comunicació entrades/sortides programables.

Els ports de comunicació son suficients utilitzant interrupcions entre els sensors analògics instal·lats.

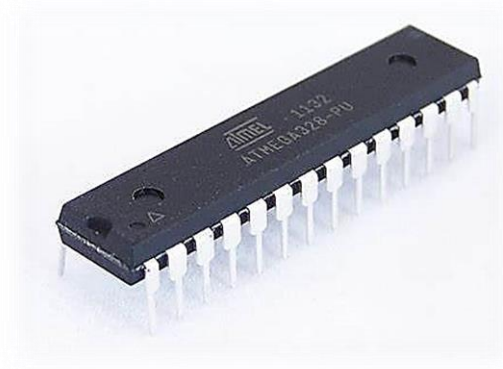


Figura 3.2.1. Microcontrolador ATMEGA328. (Font: microchip.com)

3.2.2. Estructura interna i funcionament

Es poden enumerar diferents parts d'un microcontrolador. Els utilitzats a les plaques comercials amb ATMEGA, es poden considerar formats per una unitat de processament central CPU, unitats de memòria d'accés aleatori RAM, unitats de només de lectura ROM i ports de lectura d'entrada o sortida de dades I/O. L'estructura interna del microcontrolador en qüestió es mostra a la Figura 3.2.2.

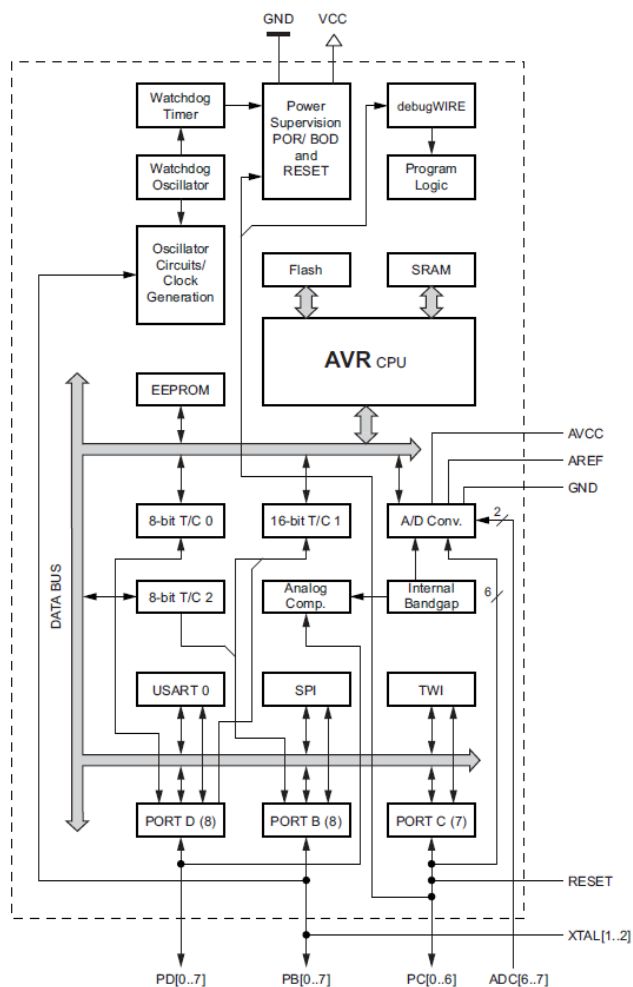


Figura 3.2.2. Estructura interna del Microcontrolador ATMEGA328. (Font: microchip.com)

Si s'observa la Figura 3.2.2, l'unitat central de processament CPU, la seva arquitectura Harvard es del tipus AVR, dissenyada especialment per l'execució eficient de codi en llenguatge C .

Amb 32 registres de 8 bits, són instal·lats en encapsulats per plaques electròniques de baix preu, per iniciats en l'electrònica.

A la Figura 3.2.3. s'observa com l'estructura AVR treballa les cadenes de bits dins la CPU i en comunicació amb els perifèrics:

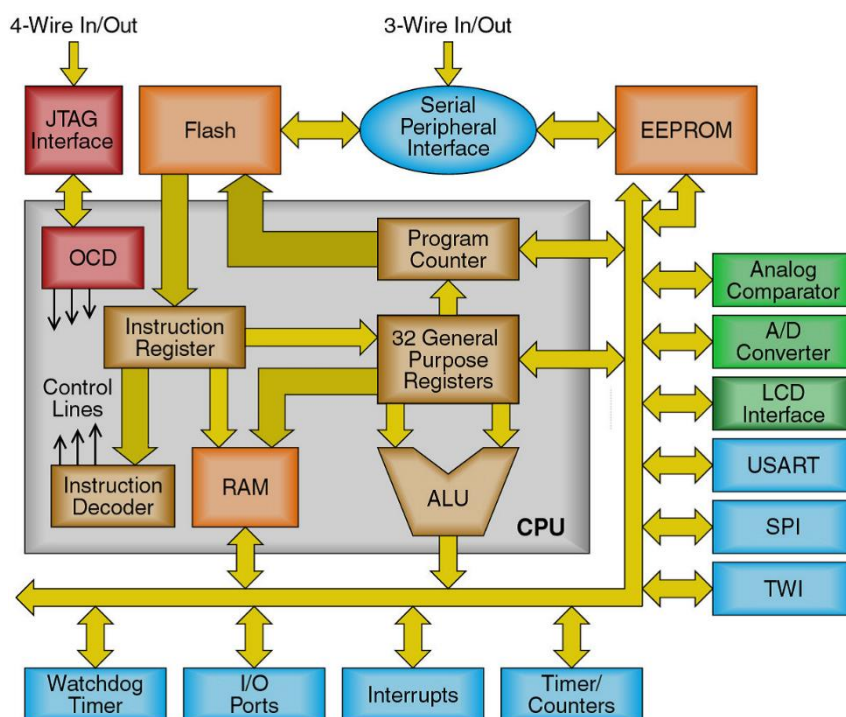


Figura 3.2.3. Esquema de l'estructura de CPU AVR. (Font: microchip.com)

3.3. Sensors i actuadors

Per poder obtenir els paràmetres d'interès pels pins d'entrada a la placa Arduino Uno, es connecta cada un dels diferents sensors compatibles, reconeguts per codi amb les seves respectives llibreries, que actualitzaran constantment les variables designades. En arribar a certs valors d'interès detectats pels sensors, aquests activaran o desactivaran diferents actuadors dins la incubadora, que amb la seva funció i connexions, son els següents a presentar.

3.3.1. Sensor de temperatura i humitat DHT11

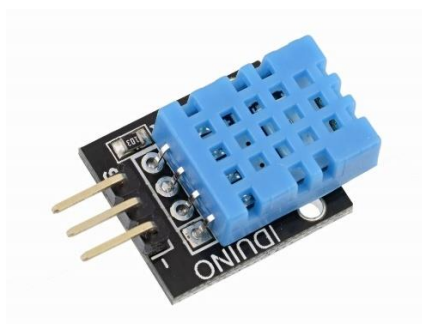


Figura 3.3.1. Mòdul sensor de temperatura i humitat DHT11 (Font: Velleman.com)

Aquest sensor proporciona a la placa Arduino, a la que es connecta, la temperatura (en °C o °F segons codi) i humitat (ratio percentual RH%) al seu voltant. És un sensor molt emprat per projectes de disseny de prototips, amb una precisió acceptable per aquest casos. Té un pin signal (S) d'entrada de dades, pin positiu (+) pel Vcc i pin negatiu (-) per connexió a GND.

Amb el seu full d'especificacions o datasheet, obtenim les seves principals característiques:

- Rangs de mesura entre 20 - 90 % RH i de 0 - 50 °C. (Valors ideals dels nounats de gos i gat: humitats entre 55 – 65 % RH i temperatures entre 35 – 37 °C).
- Error humitat: $\pm 5\%$ RH
- Error temperatura: ± 2 °C
- Resolució: 1

3.3.2. Sensor de pols cardíac



Figura 3.3.2. Sensor de pols cardíac (Font: pulse sensor.com)

Per poder mesurar les constants vitals del cadells, podem utilitzar un sensor de pols cardíac com el que s'utilitza per les persones. En aquest cas però, per obtenir el pols dels cadells, el procediment és diferent que el dels humans. [8]

- Opció 1: Amb un cinta elàstica, fixar el sensor rodó, amb la llum verda activa, cap a la pell nua (sense pels del animal). El millor lloc és cap el maluc intern, d'una de les potes posteriors, per trobar l'artèria femoral.
- Opció 2: Amb un pinça fixar el sensor, per dins d'una de les orelles del animal, perquè hi quedi penjat del lòbul interior, mentre fem les lectures.

Les connexions a Vcc es faran al pin (+) de voltatge cap al pin respectiu de la placa Arduino que dona 3,3 V. Es reserva també un pin digital per l'entrada de la senyal de dades (S) i un altre pel GND.

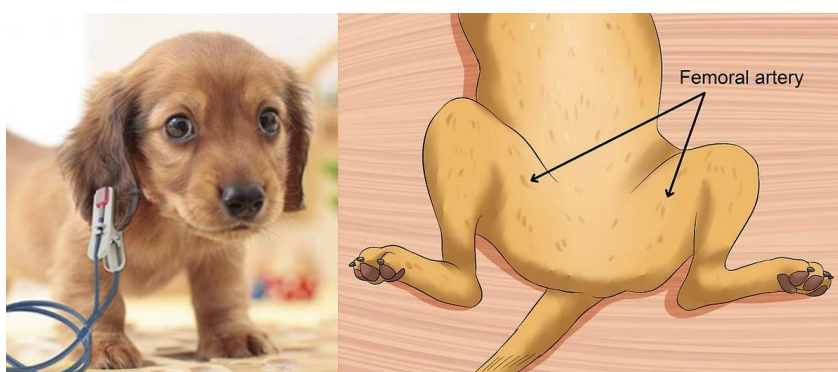


Figura 3.3.3. Posicions correctes del sensor de pols en cadells (Font: 4everypet.wordpress.com).

3.3.3. Mòdul placa de relé

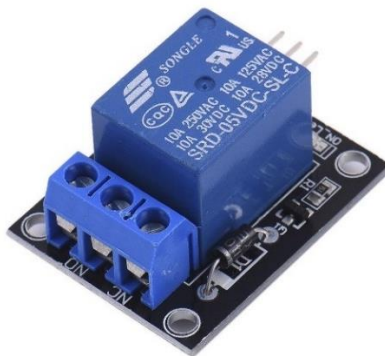


Figura 3.3.4. Mòdul Relé de dos contactes KY-019 Single Channel. (Font: uelectronics.com)

Es necessita un relé per poder controlar automàticament l'encesa i l'apagada de la bombeta que escalfa l'habitacle. Com passarà una tensió de 220 V pel mateix, ha de ser un relé normalitzat a 250VAC i corrent 10A.

Es connecta sempre un cable al connector d'enmig anomenat COM (*Common*). Ara es pot escollir entre que quedi connectat ON, l'interruptor amb el contacte en NC (*Normally Close*) o a la inversa, que estigui normalment en OFF i a l'activar el contacte es col·loqui en ON, connectant el cable al NO (*Normally Open*).

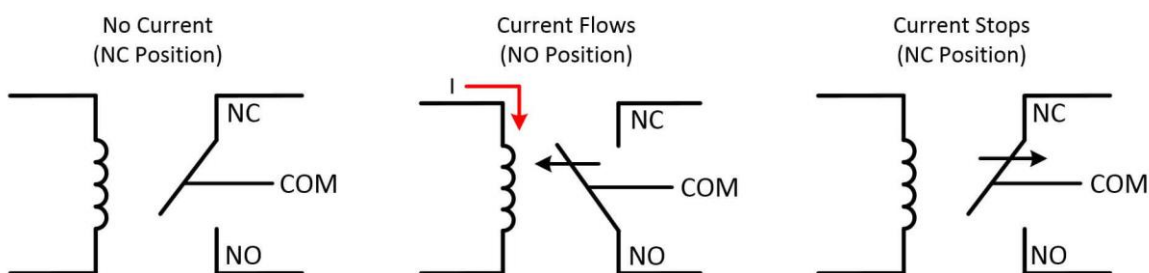


Figura 3.3.5. Funcionament Mòdul Relé de dos contactes. (Font: justanswer.com)

3.3.4. Làmpada d'incandescència i portalàmpades



Figura 3.3.6. Làmpades d'incandescència. (Font: zoomascota.com)

La làmpada o bombeta a utilitzar ha de poder produir escalfor, que faciliti l'arribada de la temperatura dins la incubadora a 36 °C, els graus adients per mantenir els nadons dins la mateixa. Normalment una bombeta a 220 V de presa de tensió de paret i 20 W de potència servirà.

S'ha de pensar prèviament que les bombetes LED que avui dia es troben en gran majoria als comerços són eficients, però no produeixen aquesta escalfor necessària per aquest fi. Per tant, serà necessari trobar una bombeta que sigui d'incandescència, amb una forma que focalitzi l'escalfor cap a l'habitacle, escalfant-lo en poc temps i mantenint-lo a la temperatura ideal.

Quan els nounats comencin a obrir els ulls, però, podria fer mal molta llum directa. Per aquest motiu es recomana utilitzar una bombeta especial d'escalfor sense radiació de llum (bombeta negra Figura 3.3.6.), en aquesta fase del creixement.

És necessari també instal·lar un porta bombetes de rosca al sistema, per connectar la bombeta a la tensió de 220 V, al contacte del relé i al microcontrolador.



Figura 3.3.7. Porta bombetes o Làmpades E-27. (Font: shoptronica.com)

3.3.5. Ventilador



Figura 3.3.8. Ventilador Intel D60188 12 V 4 Pin. (Font: intel.com)

Serà necessari un ventilador lo bastant potent per extreure l'aire viciat o humitat excessiva dins la incubadora cap enfora, obrint la comporta que manté el recinte tancat de fuites de temperatura o humitat. En aquest cas, es disposa d'un ventilador de processador comercial Intel, de 4 pins.

L'entrada d'aire a l'incubadora es millor pels cadells de no posar cap ventilador. En comptes d'això, s'instal·larà una roseta o reixa de ventilació ajustable, amb la qual es pugui regular el caudal d'aire entrant dins l'incubadora. [10]

A la sortida on està situat el ventilador, es necessari d'incorporar una tapa de material lleuger, ja pot ser plàstic tipus Policlorur de Vinil (PVC) o d'un altre tipus de material lleuger que, per l'acció del ventilador, s'obri per deixar sortir l'aire i l'humitat. Per gravetat es tornarà a tancar quan el ventilador es pari.

3.3.6. Buzzer actiu



Figura 3.3.9. Buzzer actiu o piezo buzzer. (Font: elegoo.com)

En concordança amb el sensor de pols cardíac, aquest buzzer actiu o piezo buzzer es pot programar en l'Arduino IDE per a que respongui enviant un avís sonor, cada vegada que el sensor de pols cardíac detecta un batec. Facilitarà l'inspecció de l'estat de les constants vitals dels animals, per a què l'encarregat dels cadells pugui prendre les mesures de seguretat o atencions pertinents.

3.3.7. Càmera de vigilància

Per mantenir una vigilància constant de l'estat i moviments dels cadells dins l'incubadora, es pot incloure un mòdul de càmera de vídeo especialment dissenyat per la connexió amb Arduino: el mòdul OV7670. Aquesta càmera es pot connectar per VGA, té una resolució de 640x480 píxels, control automàtic de la visió i un angle màxim de visió de 25°.



Figura 3.3.10. Mòdul de càmera OV76707 . (Font: amazon.com)

Existeix però, la possibilitat d'aprofitar les càmeres dels smartphones, creant una aplicació que comuniqui per WiFi dos dispositius mòbils. L'idea es que un mòbil funciona com esclau, gravant amb la seva càmera integrada lo que passa dins l'incubadora, i ho envia per WiFi des del mòdem cap al servidor virtual des d'on, el telèfon mòbil mestre de la persona que vol controlar els cadells a distància, pot captar en vídeo els moviments dels animals dins l'incubadora, sense estar forçosament tota l'estona a la mateixa habitació.

Per aconseguir aquesta connexió, es crea per aquest projecte un servidor virtual temporal amb l'aplicació "IP Webcam", on registrarem l'adreça IP (*Internet Protocol*) del mòdem WiFi des d'on s'envia la senyal, per rebre-la amb l'app creada al nostre telèfon personal.



Figura 3.3.11. Ús d'aplicació mòbil per enviar per Wi-Fi vídeo en directe, captat amb la càmera del telèfon estàtic al nostre smartphone. (Font: wardencam360.com)

3.3.8. Mòdul de comunicacions Bluetooth HC-05

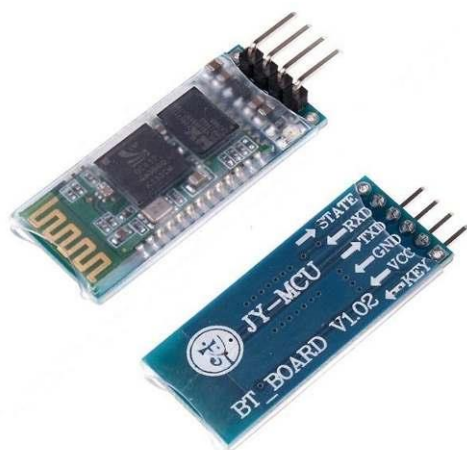


Figura 3.3.12. Mòdul de comunicacions Bluetooth HC-05. (Font: amazon.com)

Es un component ideal per obtenir les sortides de comunicació del Serial d'Arduino, sense fils, al telèfon mòbil personal. Connectant els Pins RX i TX de l'Arduino creuats amb el TX i RX del mòdul HC-05, obtindrem a l'App, desenvolupada prèviament, els valors Serial instantanis de la temperatura, humitat i freqüència cardíaca.

Per vincular el dispositiu, s'ha d'activar la connexió Bluetooth al nostre telèfon mòbil i buscar el nom "HC-05" entre els dispositius disponibles. La programació en blocs de l'App permetrà veure el que envia per Serial l'Arduino, des dels sensors instal·lats.

Atenció: es aconsellable connectar els pins d'escriptura i lectura (TX i RX) després de connectar l'Arduino a 5 V, per obtenir sempre les lectures correctes.

3.3.9. Endolls d'alimentació

Per proporcionar energia elèctrica a les diferents parts del sistema , diferenciarem entre els endolls d'alimentació necessaris els següents:

- Endoll directe a 220 V AC de paret: per a la connexió de la bombeta incandescent.
- Endoll amb transformador de tensió de 220 V AC a 12 V DC 1A: per alimentar el ventilador instal·lat.
- Cable USB tipus B: ideal de llargada mínima de 2 metres, per connectar la connexió serial de l'Arduino a l'ordinador, o cap a un transformador de tensió de 220 V AC a 5 V DC si ja se li ha implementat el programa a la placa amb anterioritat.
- Regleta o Presa de corrent múltiple: per poder connectar tots els sistemes des de la mateixa connexió de paret.



Figura 3.3.13. Endolls necessaris per a les connexions. (Font: dhresource.com)

3.3.10. Habitable de protecció dels cadells

Per protegir els cadells dins de l'atmosfera de temperatura i humitat adequats, s'han de protegir dins d'un compartiment del que no s'escapin fàcilment ni l'escalfor ni la humitat. Analitzant una relació de baix cost i qualitat adequades, es pot utilitzar un organitzador gran de roba per aquest tipus de projecte.

Tenen una relació qualitat-preu molt alta, amb la possibilitat d'obrir i tancar la tapa quan és necessari i amb material de plàstic transparent per veure l'interior sense problemes.

Les dimensions escollides en aquest cas, per una ventrada d'entre 1 i 6 cadells de gossos o gats petits, són:

- 59 cm d'ample + 25,7 cm d'alçada + 40,5 cm de profunditat
- 36 L de capacitat.
- Marca HegaHogar model nº 3.
- Amb rodes , civelles de tancament per pressió i obertura a la tapa per ambientador.



Figura 3.3.14. Organitzador de plàstic transparent. (Font: hegahogar.com)

Precisament l'obertura que deixa el compartiment per a un ambientador es el lloc ideal per col·locar el porta làmpades i la làmpada, facilitant la focalització de l'escalfor (fletxes taronges) que genera la bombeta cap els cadells.

S'ha de fer disponible també alguna més obertura per fer entrar aire i oxigen (fletxa blava) de l'exterior.

Per millorar l'eficiència energètica i evitar pèrdues d'escalfor per les parets de plàstic, es pot revestir interiorment l'habitacle amb material aïllant o mantes isotèrmiques Mylar. Anar amb compte que s'han d'obrir obertures en aquest material, per on regularem l'entrada i sortida d'aire i la captació d'imatge en vídeo en directe.

Per pujar l'humitat, es necessita disposar d'un humidificador, una esponja o tovalloles humides amb aigua tèbia o calenta (recipient blanc i fletxa blanca) per evitar un ambient massa sec.

La captació en vídeo de l'estat dels animals passarà per Wi-Fi amb la càmera del Smartphone incorporat (fletxa verda).

De la capsa general de protecció (en color gris) surten els sensors de temperatura i humitat (fletxa de color vermell) i el sensor de pols cardíac (fletxa groga). El sensor dipòls anirà adherit a un cadell i el sensor de temperatura i humitat estarà a la vora, per comprovar els nivells d'aquestes variables a les que son sotmesos.

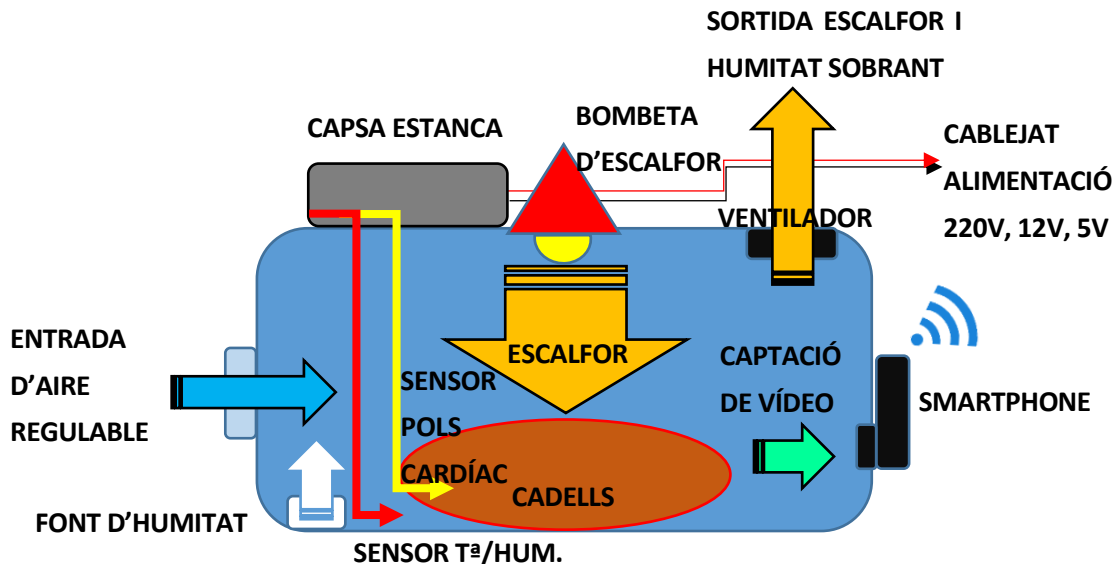


Figura 3.3.15. Esquema del sistema, transferències de calor i de la captació d'imatge en vídeo. Col·locació i orientació del porta-bombetes a la tapa de l'incubadora.

3.3.11. Capsa general estanca de protecció per l'electrònica

La capsa per protegir tota l'electrònica de la pols, aigua, i d'altres agents externs, pot variar de materials, segons on col·loquem la incubadora. Si aquesta incubadora estarà sotmesa a agents climàtics com ara la pluja i el Sol, o treballs mecànics a prop d'on poden caure espurnes o, fins i tot, pols o fang. Serà idoni utilitzar una capsa general de protecció (CGP) industrial, tal i com especifiquen els estàndards de protecció IP (*Ingress Protection*) i NEMA (Associació Nacional de Fabricants Elèctrics i Electrònics). [14] [15]

El tamany haurà de ser l'adequat per a que hi càpiguen: tot l'entramat de connexions de conductors entre sensors, proto-boards o placa soldada, cables, actuadors i la placa Arduino. L'allargament de cables fins a la seva posició es farà a través d'uns forats o cons de goma, als laterals de la capsa protectora, que faciliten l'obertura mínima, sense entrada d'agents externs.

En aquest cas, s'ha escollit la caixa estanca de protecció nº 36450 amb protecció IP55, 4 cargols i 10 cons de goma, de la marca Electro DH.



Figura 3.3.16. Caixa estanca de protecció nº 36450. IP 55. (Font: electrodh.com)

La normativa IP diferencia els diferents graus o categories de protecció de les caixes segons dos números.

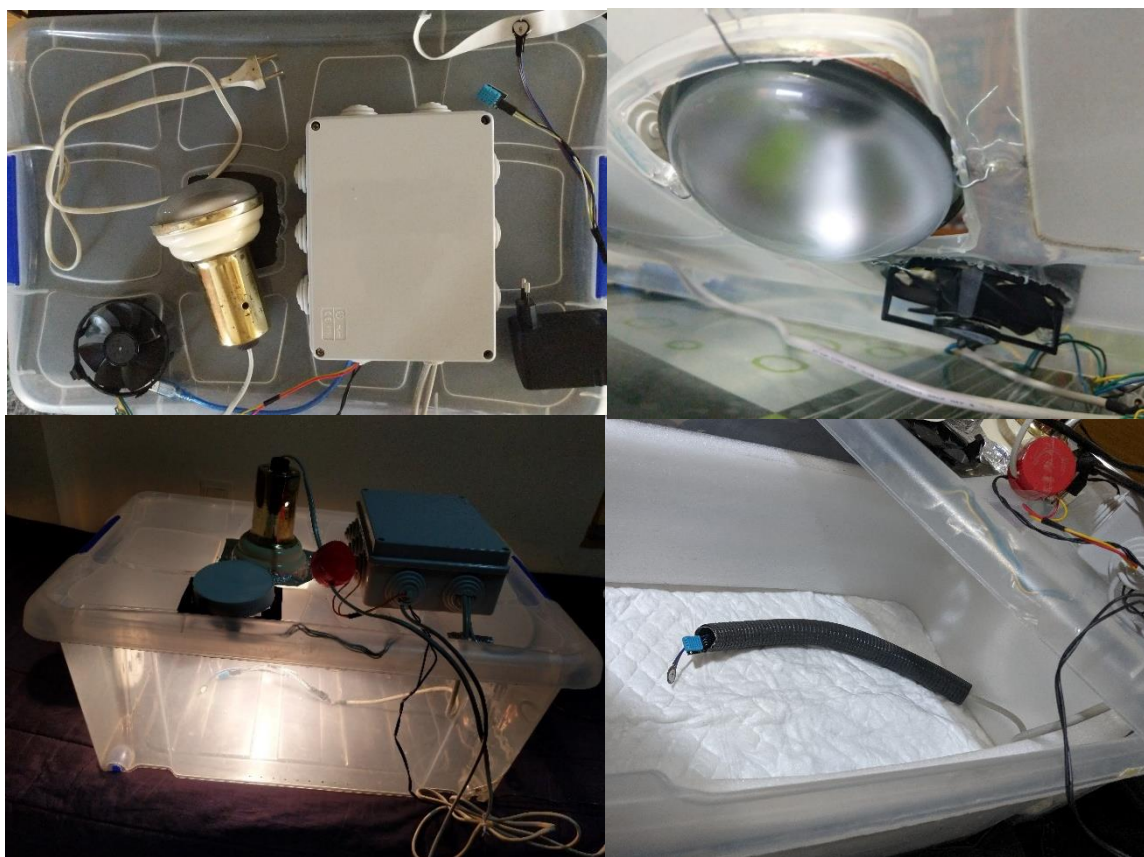
El primer dígit a l'esquerra indica el grau de protecció que ofereix la caixa respecte l'entrada de sòlids o pols externa cap als components interns, segons el tamany. El dígit a la dreta es el grau de protecció que ofereix la caixa respecte l'entrada d'aigua, que provenguin de raigs en qualsevol angle o immersió. (VEURE: ANNEX al final de la memòria)

4. Resultats d'implementació física del sistema

Un cop presentats i enumerats els sensors, actuadors, les característiques i funcions dels components a incloure a la incubadora de baix cost, es pot dividir el sistema segons la finalitat de cada part.

4.1. Tractament de les condicions ambientals dins la incubadora

Interessa que la temperatura es mantingui constant en el temps, a 36-37 °C, a una humitat entre 55-65% perquè els cadells estiguin a la seva temperatura corporal i humitat adequades. Això serà possible mitjançant la bombeta incandescent i una font d'humitat per pujar o mantenir la mateixa humitat, tot aïllat de l'exterior de l'incubadora. El sensor de temperatura i humitat DHT11 s'encarregarà d'obtenir en xifres la temperatura i humitat, per després enviar-la pel pin d'entrada seleccionat a la placa Arduino. El microcontrolador crida per codi al relé si canviar el contacte NC (normalment tancat que al canviar l'estat, obrirà el circuit i apagarà la bombeta) o mantenir-se (seguirà deixant encesa la bombeta perquè escalfi, si encara no s'han arribat als 36°C seleccionats.



Figures 4.1. Elements de la construcció de l'incubadora.

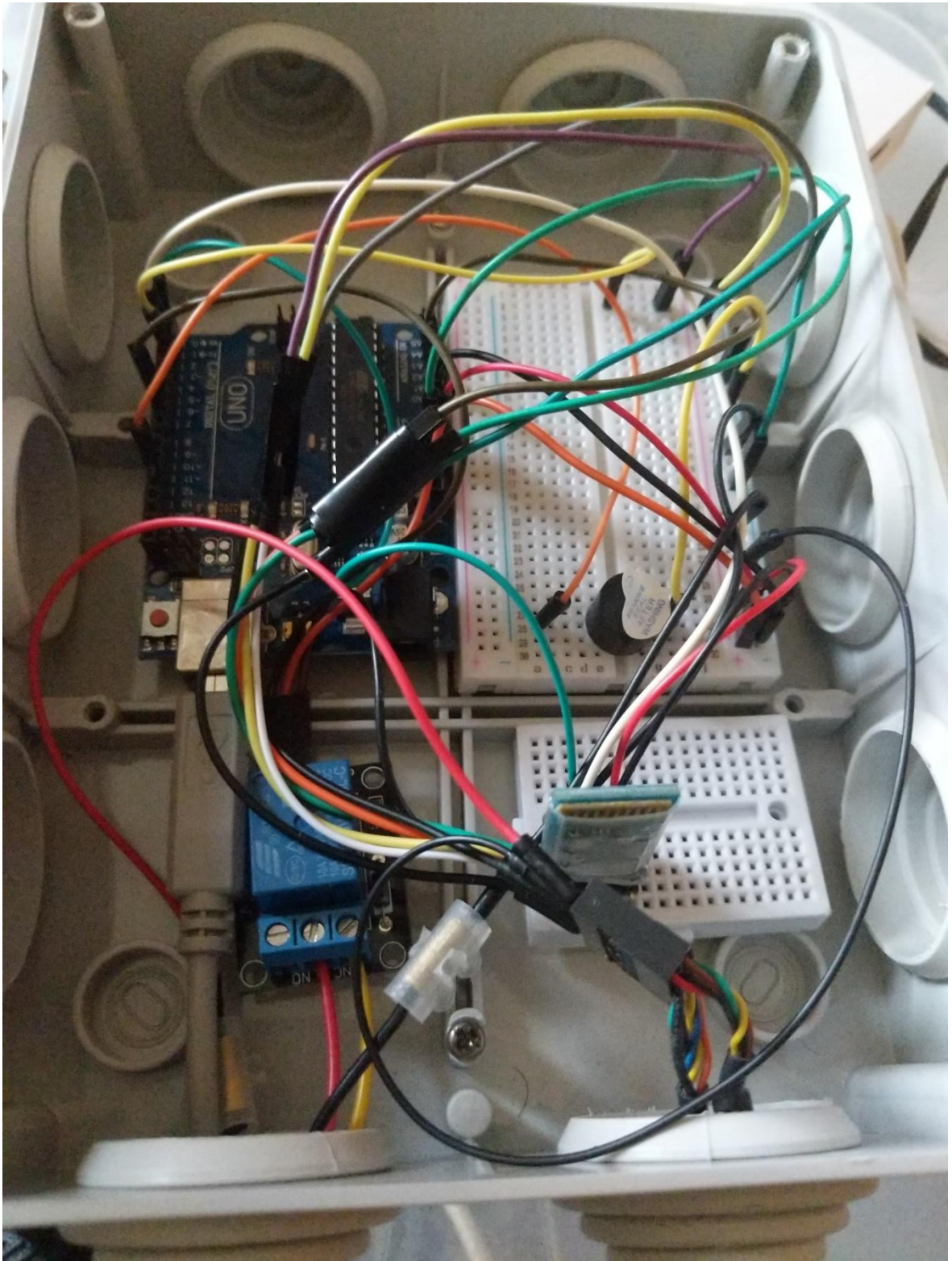
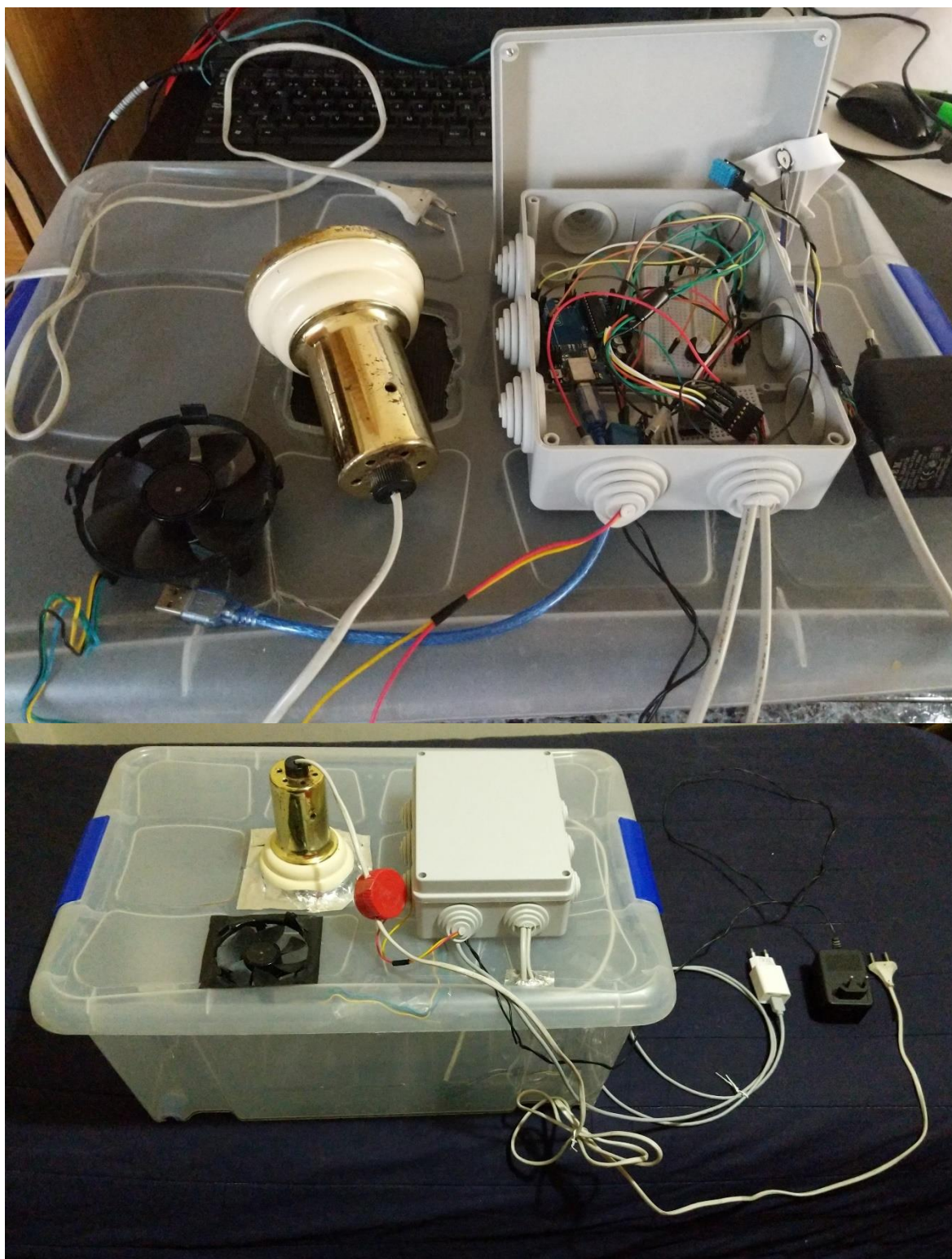


Figura 4.2. Interior de la capsa de protecció per l'electrònica de l'incubadora.



Figures 4.3. Muntatge i ubicacions finals vista des de l'exterior de l'incubadora.

Per aprofitar les dades adquirides de temperatura i humitat per serial, passant directament les dades que el programa d'Arduino IDE obté pel Serial, a un arxiu de Microsoft Excel, es crea un programa de Python a Visual Studio Code, on prèviament s'instal·len els paquets de python "pyserial" i comunicació amb Excel "xlwt" per CMD (*Command Windows*).

```

1 from serialToExcel import SerialToExcel
2
3 serialToExcel = SerialToExcel("COM3",9600)
4
5 columns = ["HUMITAT", "TEMPERATURA"]
6
7 serialToExcel.setColumns(["HUMITAT", "TEMPERATURA"])
8 serialToExcel.setRecordsNumber(2000)
9 serialToExcel.readPort()
10
11 serialToExcel.writeFile("SerialArduino1.xls")
    
```

PROBLEMS **OUTPUT** **DEBUG CONSOLE** **TERMINAL**

```

11/19/2021, 12:46:04 b'61.00 %\t,20.60 \xc2\xbaC ;\r\n'
11/19/2021, 12:46:05 b'61.00 %\t,20.60 \xc2\xbaC ;\r\n'
11/19/2021, 12:46:05 b'61.00 %\t,20.60 \xc2\xbaC ;\r\n'
11/19/2021, 12:46:06 b'61.00 %\t,20.60 \xc2\xbaC ;\r\n'
11/19/2021, 12:46:06 b'61.00 %\t,20.60 \xc2\xbaC ;\r\n'
11/19/2021, 12:46:07 b'61.00 %\t,20.60 \xc2\xbaC ;\r\n'
11/19/2021, 12:46:07 b'60.00 %\t,20.60 \xc2\xbaC ;\r\n'
11/19/2021, 12:46:08 b'60.00 %\t,20.60 \xc2\xbaC ;\r\n'
11/19/2021, 12:46:08 b'60.00 %\t,20.60 \xc2\xbaC ;\r\n'
11/19/2021, 12:46:09 b'60.00 %\t,20.60 \xc2\xbaC ;\r\n'
11/19/2021, 12:46:09 b'60.00 %\t,20.60 \xc2\xbaC ;\r\n'
11/19/2021, 12:46:09 b'61.00 %\t,21.00 \xc2\xbaC ;\r\n'
    
```

B2004			
	A	B	C
1	Data from Serial		
2	DATA (hh:mm:ss)	HUMITAT (%)	TEMPERATURA (°C)
3	12:45:08	66	18,20
4	12:45:09	66	18,20
5	12:45:09	66	18,20
6	12:45:10	66	18,20
7	12:45:10	65	17,70
8	12:45:11	65	17,70
9	12:45:11	65	17,70
10	12:45:12	65	17,70
11	12:45:12	65	17,70
12	12:45:13	65	17,70
13	12:45:13	65	17,70
14	12:45:14	65	17,70
15	12:45:14	66	18,00
16	12:45:15	66	18,00
17	12:45:15	66	18,00
18	12:45:16	66	18,00
19	12:45:16	66	18,00
20	12:45:17	66	18,00
21	12:45:17	66	18,00
22	12:45:18	66	18,00
23	12:45:18	66	18,40
24	12:45:19	66	18,40
25	12:45:20	66	18,40

Figura 4.4. Adquisició de dades directa del serial de l'Arduino cap a un document de Microsoft Excel.

El programa guarda 2000 lectures a l'arxiu d'Excel de la temperatura i la humitat, des de l'hora en que es va activar l'incubadora, cada 0.5 segons, fins un temps prudencial en el qual la temperatura i la humitat s'estabilitzin.

Amb aquestes dades, ara es poden crear unes gràfiques de dispersió, per analitzar l'estat de la temperatura i la humitat dins la incubadora activa en el temps.

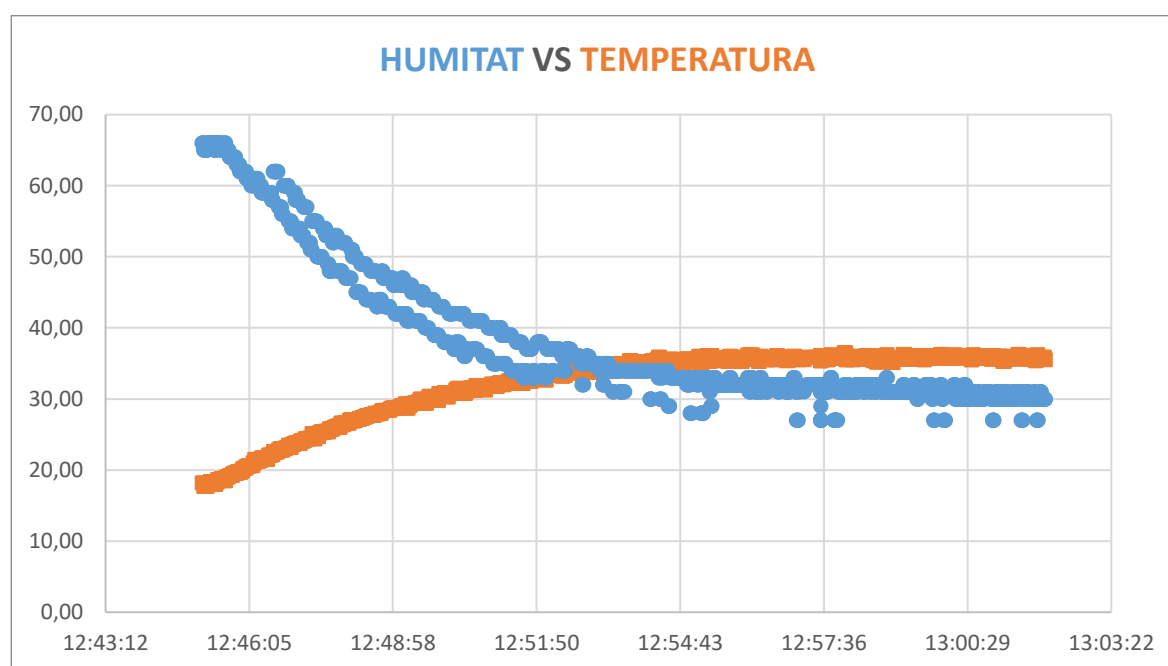


Figura 4.5. Gràfica de dispersió de l'estat de la temperatura i la humitat dins l'incubadora en el temps d'activar el sistema complet.

S'observa a la gràfica anterior que existeix un problema d'humitat massa baixa, provocada per l'escalfor irradiada per la bombeta d'incandescència, que resseca l'ambient. Donat que l'ideal pels cadells o nounats de gossos o gats es d'entre 55 % i 65 %, s'ha de buscar una solució al problema.

La solució aplicada a aquest problema es l'inclusió d'una font d'humitat dins l'incubadora, donat que a la prova anterior s'ha comprovat que sí era necessària. Aquesta font d'humitat pot ser un humidificador o un recipient amb tovalloles humides amb agua tèbia o calenta, que aniran provocant un increment d'humitat per tota l'incubadora, si aquesta resta ben segellada, sense fuites si no son desitjades.

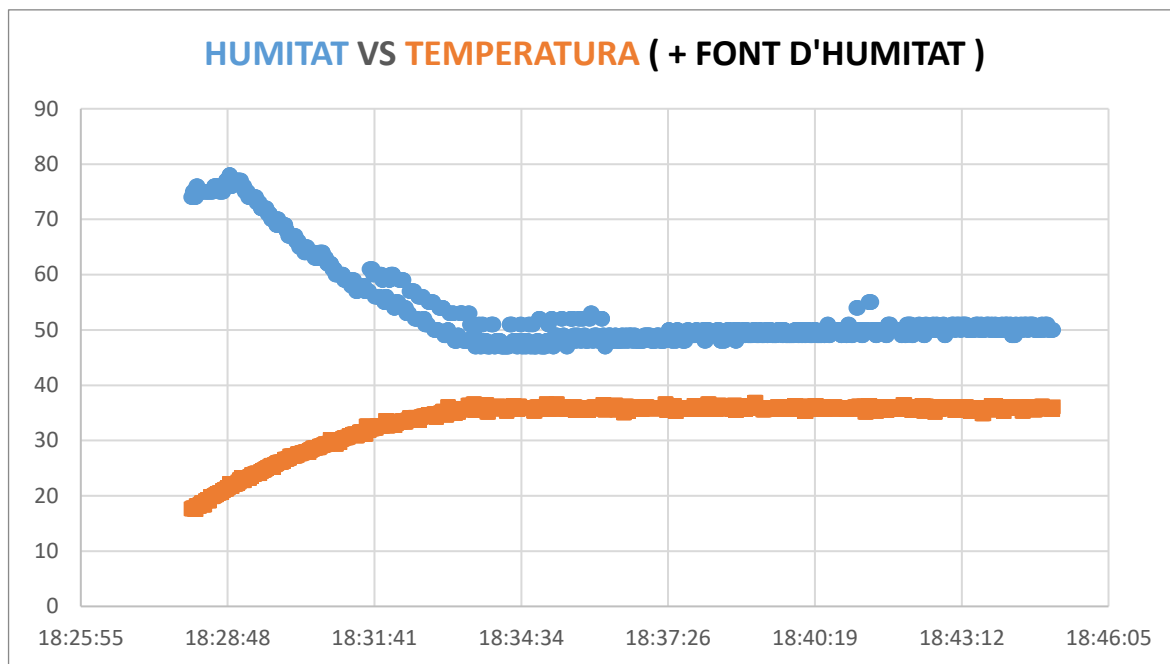


Figura 4.6. Gràfica de dispersió de l'estat de la temperatura i la humitat dins l'incubadora amb una font d'humitat a l'interior.

S'observa ara a la figura 4.6, que els valors de temperatura i humitat sí es mantenen entre els marges admissibles per a la supervivència de cadells dins l'incubadora.

4.2. Ventilació adequada

Per a que els cadells puguin respirar sense problemes amb suficient oxigen, es pot incorporar un flux d'aire espontani a dins. Amb una reixa o tapa de ventil·lació d'entrada d'aire ajustable i un ventilador de sortida, enfocat cap a fora de la incubadora. Lo ideal es instal·lar la reixa a la part inferior d'una paret de l'incubadora, passant l'aire fins el ventilador de sortida, en una perforació a la tapa, per on sortirà l'aire viciat cap enfora. Al ventilador podem col·locar una reixa de tancament automàtic.



Figura 4.7. Reixa ajustable d'entrada d'aire i reixa de tancament d'aire a la sortida (Font: Leroymerlin.com).

El ventilador utilitzat és un ventilador de processador CPU d'ordinador de la marca Intel, el model D60188, amb 4 pins. Aquest quatre pins pertanyen a la capacitat de control PID (Proporcional-Integral-Derivatiu) del mateix, tenint en compte que la seva alimentació ha de ser de 12 V. Mitjançant un transformador de tensió de 220V dels endolls de paret a 12 V, es pot alimentar el ventilador sense problemes.

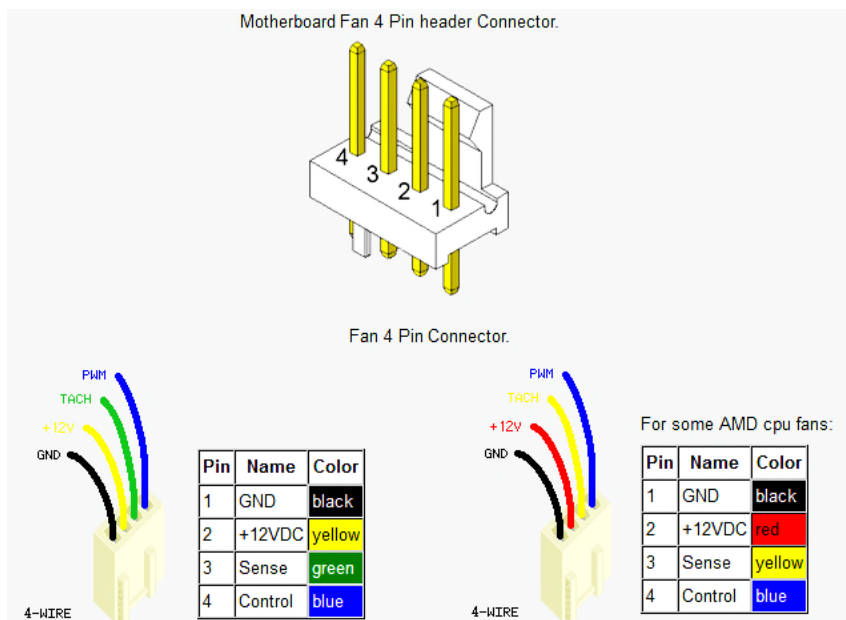


Figura 4.8. Pinatge del ventilador Intel . (Font: intel.com)

4.3. Captura d'imatge

Tal i com s'ha especificat a l'apartat 3.3.7. de la càmera de vigilància, podem utilitzar un mòdul compatible amb la placa Arduino o utilitzar un altre aplicació per transmetre, per comunicació Wi-Fi, l'imatge de vídeo actual dels cadells dins la incubadora.

Mitjançant l'aplicació creada, podem vincular dos dispositius mòbils, connectats per Wi-Fi a l'adreça IP especificada, indicant qui treballarà com esclau, gravant cap endins la incubadora, enviant el vídeo a l'altre dispositiu que tindrem a la mà i més lluny de la mateixa. La qualitat de vídeo ha de ser la mínima adequada per poder distingir correctament els nounats i el seu comportament. S'ha utilitzat en aquest cas un mòbil Alcatel C1 amb una càmera incorporada de 12 mega-píxels.

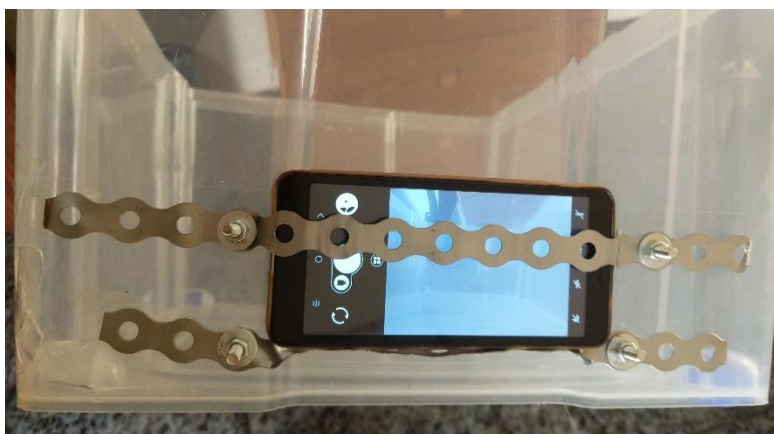


Figura 4.9. Subjecció i col·locació del mòvil de captació d'imatge en vídeo a l'incubadora.

4.4. Màxim de constants vitals

Amb els valors obtinguts de pols cardíac del sensor, podem fer un senzill càlcul dels BPM (Batecs Per Minut) que té en aquest moment l'animal estudiat. En el cas dels cadells canins a les primeres setmanes de vida es de 220 BPM. A mesura que van creixent, els batecs per segon passen a ser rondant els 180 BPM per gossos petits, 160 BPM per gossos de mitjana estatura i prop dels 140 BPM per gossos de races grans.

El sensor treballa diferenciant entre la sístole i la diàstole del cor.

La sístole es l'etapa de contracció de les parets del cor, per bombejar la sang cap els vasos sanguinis.

La diàstole es la fase de relaxació o d'obertura, per deixar entrar al cor la sang nova a bombejar.

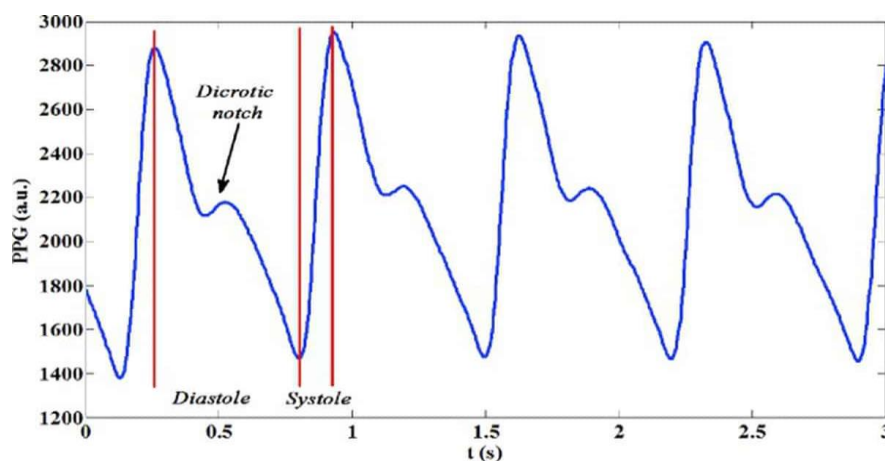


Figura 4.10. Cardiograma esquemàtic del sensor de pols. (Font: pulsesensor.com)

Vertical: PPG (200 per divisió)

Horitzontal: temps (0,5 s per divisió)

La photoplethysmografia (PPG) mesura el canvi volumètric de pols del cor amb la mesura de la llum transmissora o reflexada. Quan el cor es contrau, la pressió de la sang en el ventricle esquerre s'incrementa, lo que provoca més pressió també a les artèries del nostre cos o de l'animal estudiat, creant un efecte d'onada de llum que el sensor de pols transforma en una variació de voltatge, per equació obté el valor digital d'aquest batec i calcula el seu BPM.

El càlcul del BPM és a partir de comptar quants batecs s'efectuen per minut (60 segons comptar per codi quants sístole o diàstole hem tingut).

Es veu aquesta gràfica al fer click sobre l'opció present en Arduino IDE anomenada "Plotter Sèrie".

Si està tot ben connectat i el codi pujat, s'observa al tenir el sensor de pols en la part més nua prop d'una vena o artèria de l'animal, com s'obtenen les lectures de sistole i diàstole del cor.

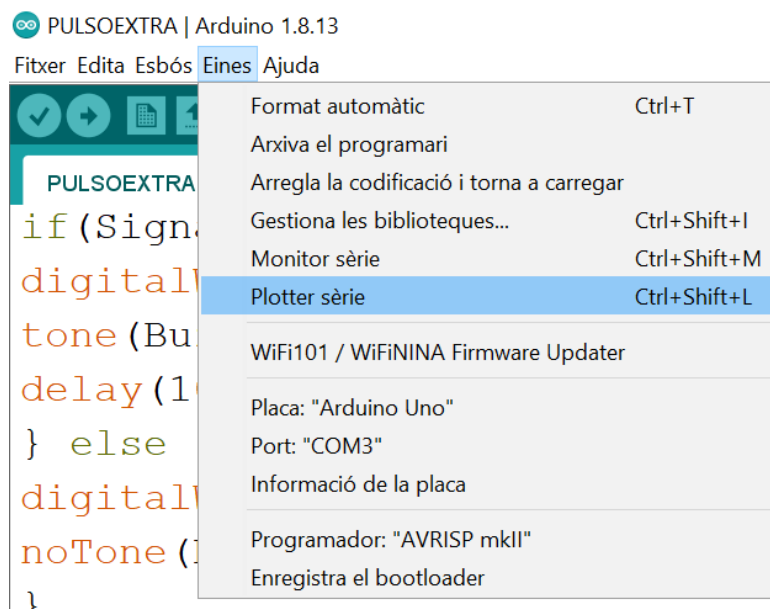


Figura 4.11. Indicacions per veure el cardiograma en Plotter Sèrie.

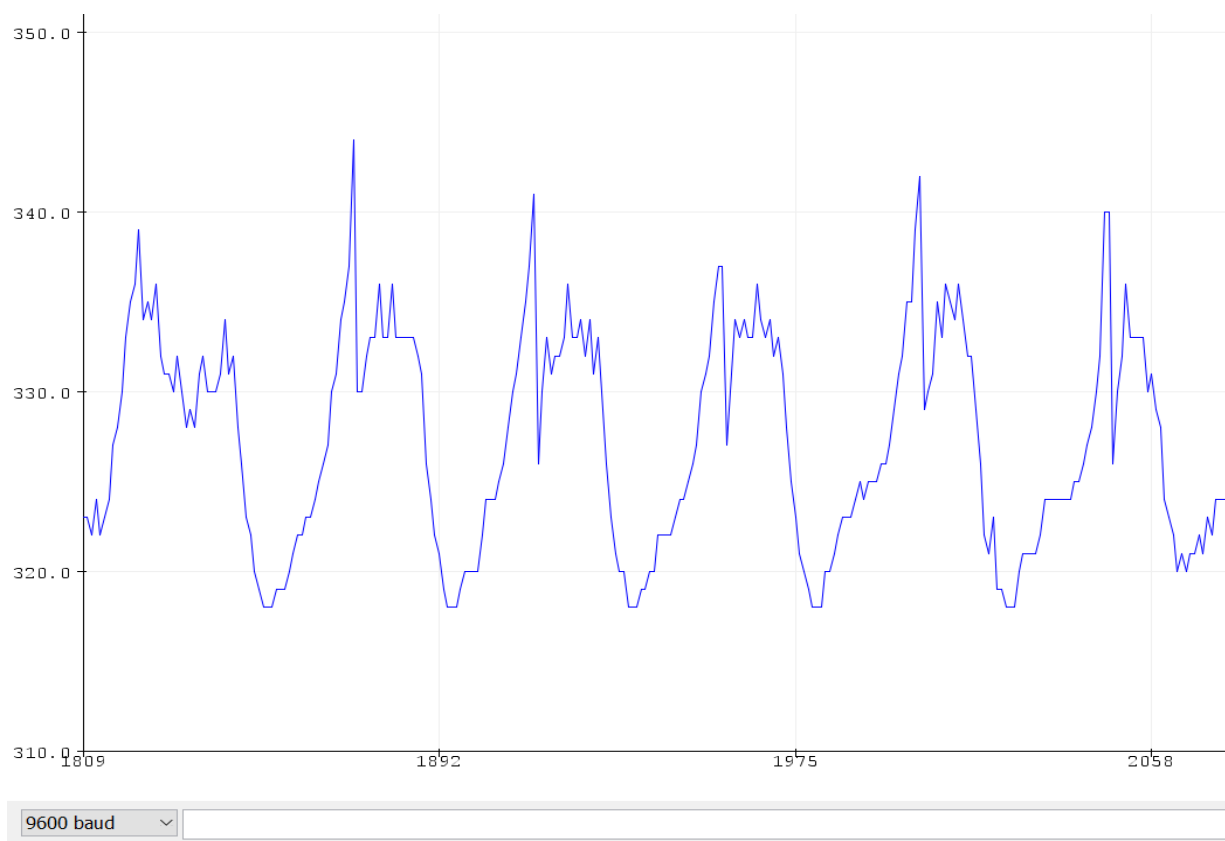


Figura 4.12. Gràfica de cardiograma real obtinguda del pols cardíac.

Vertical: PPG (10 per divisió)

Horitzontal: temps (0,5 s per divisió)

Comprovant el funcionament del sensor de pols amb un dit, s'aprecia a la Figura 4.12. que s'obtenen unes formes d'ona on es distingeix les fases de sistole i de diàstole del cor.

Per editar programa segons els esdeveniments de batec, si s'observa que els pics superiors normalment apareixen cap als 338 PPG o més, s'ha programat el buzzer actiu per a que emeti un so, cada cop que s'arriba a aquests pics. S'escolta llavors cada un d'aquests batecs del cor amb el buzzer, per determinar si la seva freqüència és l'adequada.

4.5. Esquemàtic de connexions complet

Finalment, implementades totes les parts i connexions, en un mateix plànol, es pot esquematitzar de la següent manera amb el programa *Fritzing*:

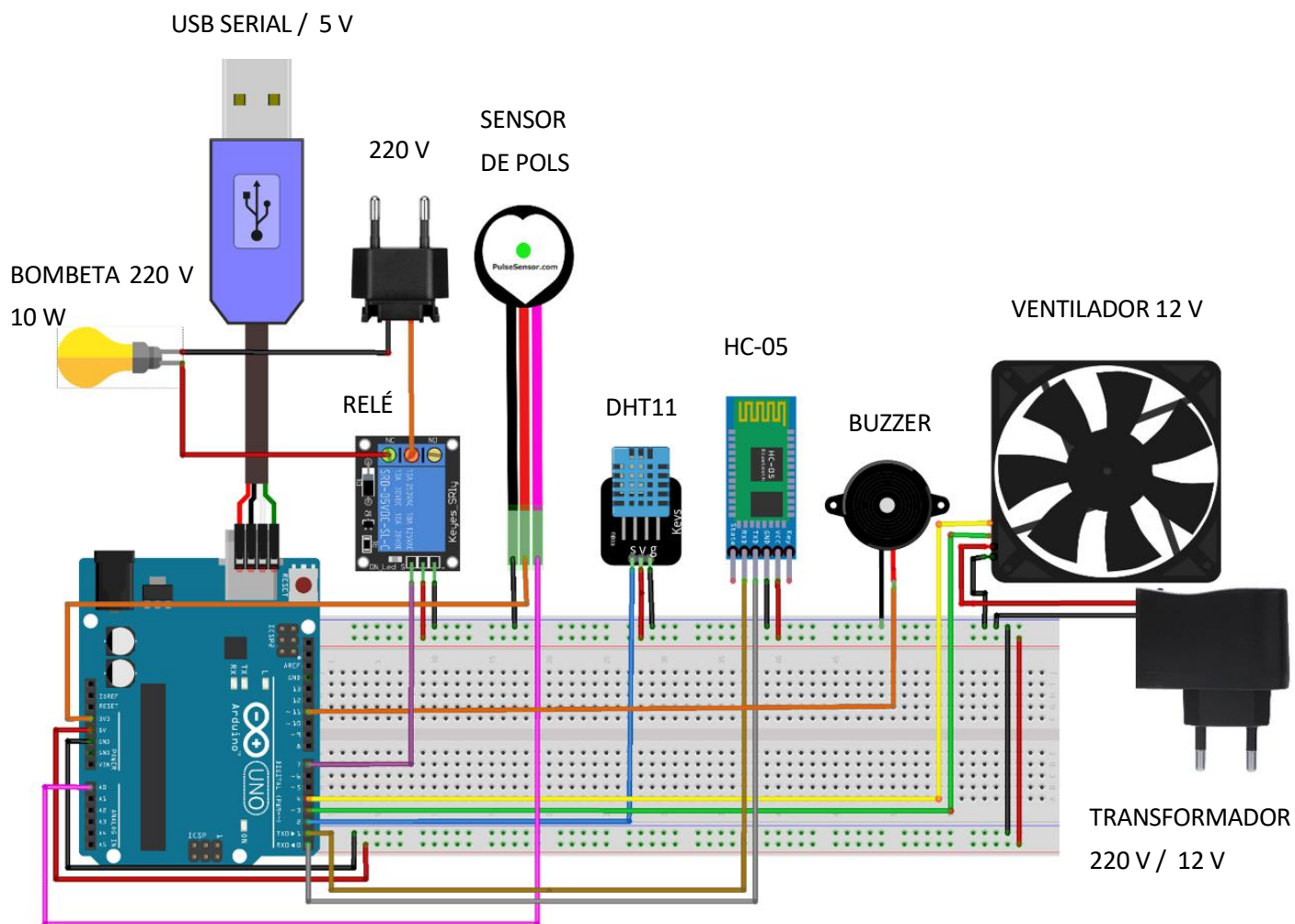


Figura 4.13. Esquema de connexions de tots els components i la placa Arduino.

S'observa a la Figura 4.13 com serà necessari l'ús d'una proto-board, per obtenir més entrades d'alimentació Vcc i GND per tots els components. Els cables seran de diferents colors i tamanys.

Segons si s'interconnecten components o si son els sensors que estaran dins de l'habitacle dels cadells, llavors aquest últims necessitaran una extensió de cable extra d'uns 50 cm.

És important unir tots els GND, el de 5 V amb el de 220 V, per evitar sobrecàrregues a la placa Arduino Uno.

5. Programari

Per fer treballar el maquinari (*Hardware*) que s'ha pre-seleccionat, es necessita d'un programari (*Software*) que relacioni i doni les instruccions necessàries a cada component, segons les dades obtingudes pels sensors, en els instants definits de temps.

5.1. Arduino IDE



Figura 5.1. Logotip compartit per Arduino i Arduino IDE. (Font: arduino.com)

La plataforma d'edició de codi Arduino IDE (*Integrated Development Enviroment*) és pot descarregar directament de la pàgina oficial (<https://www.arduino.cc/en/main/software>).

Presenta diferents exemples editables i llibreries per projectes senzills, a partir del sensors i actuadors que connectem al microcontrolador. Es extensible amb més llibreries que aporta la comunitat d'arreu del món per internet.

Similar en la programació al llenguatge C++, és utilitzat per totes les variants o models de la marca d'Arduino, encara que també hi ha plaques d'empreses externes compatibles. Incorpora:

- Editor de codi, per treballar i donar les instruccions necessàries.
- Depurador, per avisar de possibles errates escrites en el codi, que dificulten al compilador fer la seva feina i convidar-nos a corregir-les.
- Compilador, encarregat de traduir el codi creat a llenguatge de baix nivell o llenguatge màquina, una sèrie d'instruccions en cadenes de 0 i 1 perquè entengui el microcontrolador la funció que haurà de fer.
- Connexió a serial per passar el programa per USB a la placa treballada.

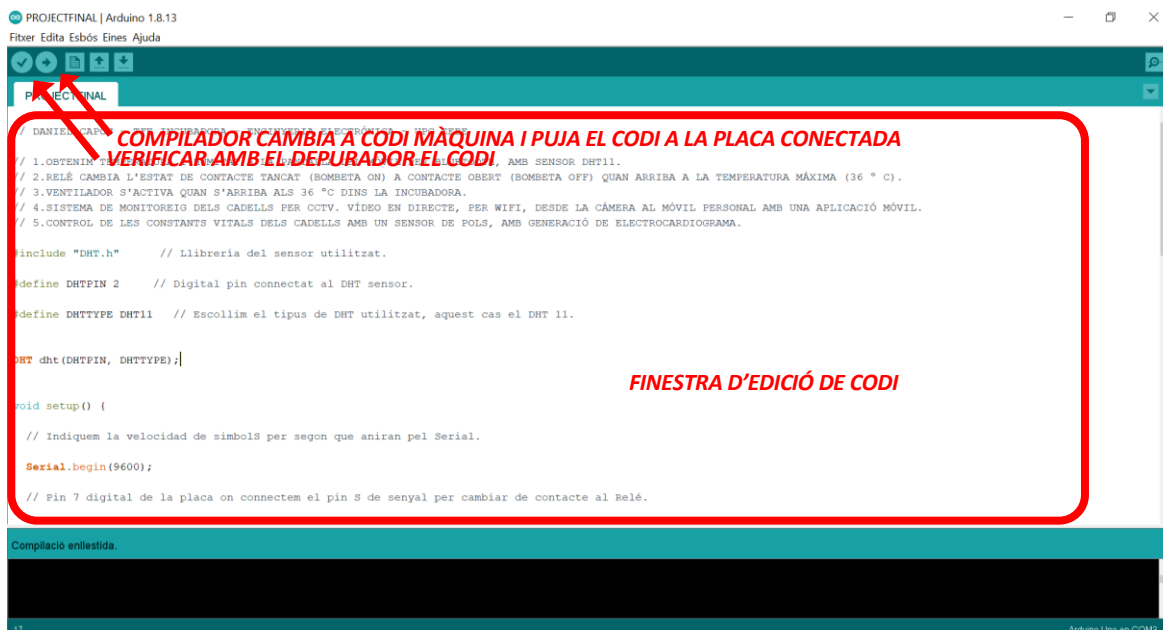


Figura 5.2. Interfície de programació en Arduino IDE.

La connexió de la placa amb l'ordinador per carregar-hi el programa es possible mitjançant la configuració del port sèrie i placa, seleccionant el port actual on és connectada la placa Arduino (en aquest cas "COM3") i especificant el model de placa que es treballa (en aquest cas "Arduino Uno").

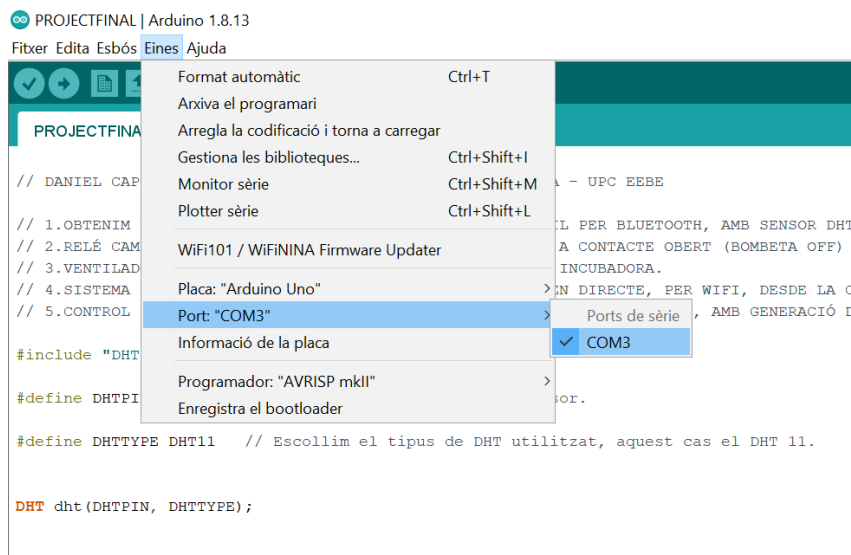


Figura 5.3. Selecció de port USB on és connectat la placa.

Com, amb la descàrrega del Arduino IDE, no bé directament instal·lada la llibreria dels sensors a implementar en el projecte de incubadora (“DHT sensor library” pel sensor de temperatura i humitat DHT11) la podem instal·lar mitjançant el Gestor de Biblioteques (CTRL + SHIFT + I) o per descàrrega en un repositori de fitxers, com ara GitHub o StackOverflow.

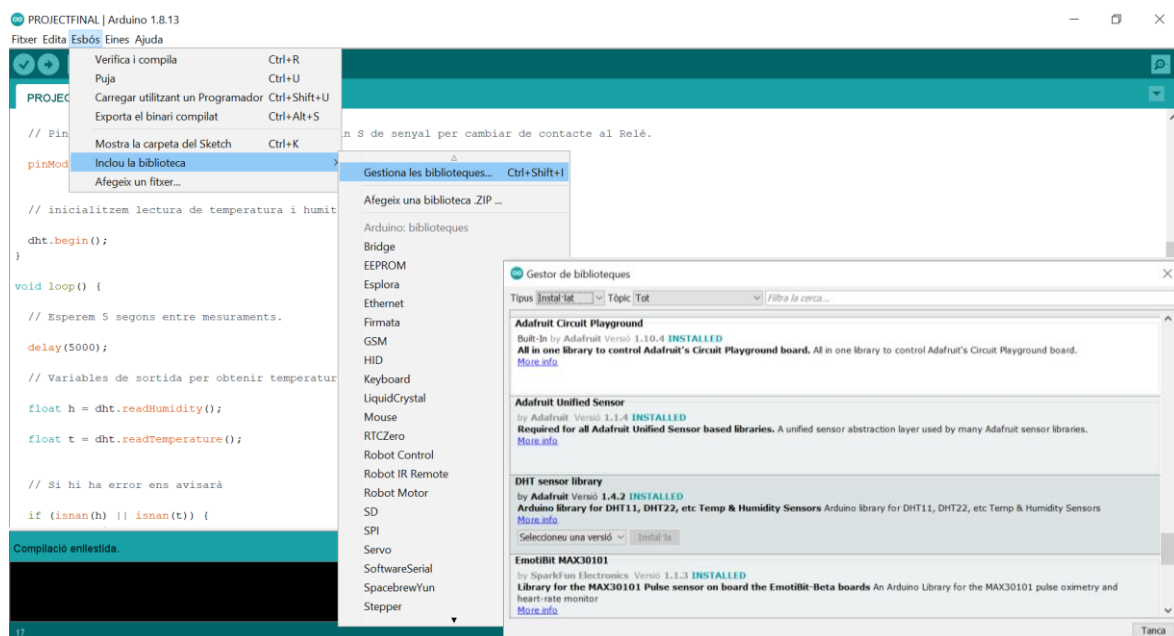


Figura 5.4. Selecció de llibreries a incorporar al projecte.

5.2. Disseny d'aplicacions Android/IOS

Per dissenyar una senzilla aplicació mòbil Android, en aquest cas s'utilitza la plataforma MIT App Inventor amb la qual es pot programar, per blocs, les entrades i sortides que es desitgin implementar i que després es visualitzin a la pantalla del telèfon mòbil.

5.2.1. MIT App Inventor



Figura 5.5. Logotip de l'eina MIT App Inventor. (Font: ai2.appinventor.mit.edu)

Aquesta eina virtual, proporcionada i creada pel MIT (Institut Tecnològic de Massachusetts) ha estat adherida a l'empresa Google per oferir, per a tot tipus d'usuaris, estudiants o apassionats en el món tecnològic, una solució molt completa per poder crear apps per dispositius Android d'una forma segura i educativa. [9]

L'accés es mitjançant una connexió a internet desde ordinador o mòbil a <http://ai2.appinventor.mit.edu>

Els requisits per utilitzar l'eina són:

- Disposar d'un ordinador amb Windows, MAC o Linux .
- Disposar d'un dispositiu mòbil amb sistema operatiu Android o IOS.
- Haber creat un compte o accedit amb un correu electrònic.
- Poder disposar en aquests dispositius d'un navegador com Google Chrome o Mozilla Firefox.

El procés per, satisfactòriament, crear una sencilla aplicació amb aquesta eina, és el següent:



Figura 5.6. Seqüència típica de treball amb MIT App Inventor.

Pot tornar-se, en qualsevol moment del procés de la creació de la app, a un estat anterior per editar part o completament l'aplicació. Aquesta App es pot vincular, segons la programació dels blocs, amb el serial de la placa Arduino o de la placa que es diposi en el moment.

a) Disseny interfície interactiva, visual de la pantalla.

Amb diferents opcions de finestres o espais editables, es poden situar components, botons o textos y configurar les seves propietats.



Figura 5.7. Parts de l'editor d'aplicacions del MIT App Inventor 2. (Font: ai2.appinventor.mit.edu)

b) Menú desplegable i pissarra d'edició de blocs, a la pestanya a dalt a la dreta "Blocks".

Permet programar, d'una forma molt visual, el flux d'instruccions necessàries per relacionar les accions que es desitgen que realitzi la nostra aplicació. Bloc amb paràmetres de crida de variables, amb diferents exemples, fan s'aquest sistema de programació una forma molt directe i fàcil de treballar per qualsevol nivell d'aprenentatge.

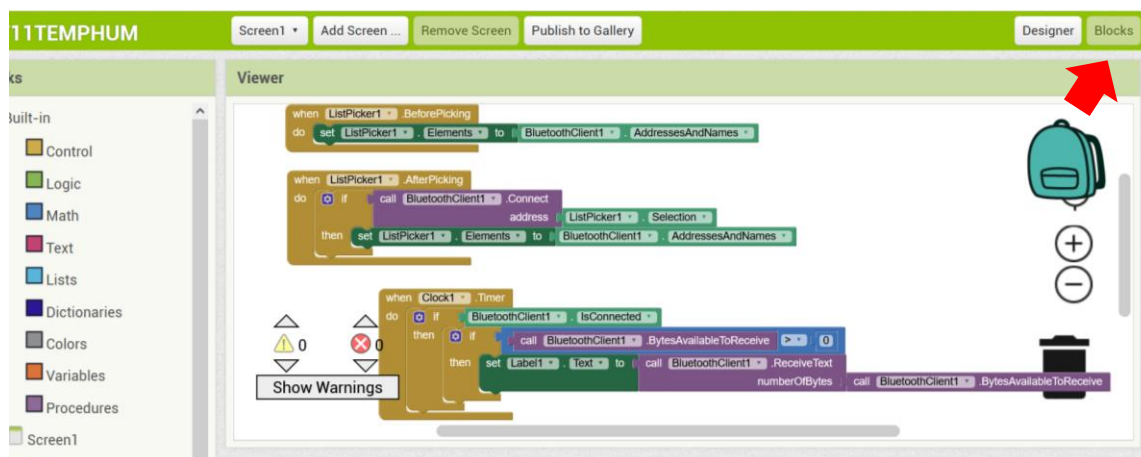


Figura 5.8. Parts de l'editor de blocs de programació del MIT App Inventor 2. (Font: ai2.appinventor.mit.edu)

c) Generació compactada de l'aplicació (arxiu .APK o .AIA).

Un cop acabada, s'ha de premer el botó "Build" per escollir si contruir finalment la app per, mitjançant un codi QR, poder amb un Smartphone instal·lar-la. També existeix l'opció de guardar l'arxiu .APK per instal·lar-la més tard o enviar-la així a un altre. Existeix també l'opció de compartir el projecte de l'aplicació com a arxiu .AIA. Si algú descarrega aquest arxiu .AIA i el col·loca en el seu administrador de projectes del MIT App Inventor, podrà modificar-ne el que vulgui per a les seves preferències.

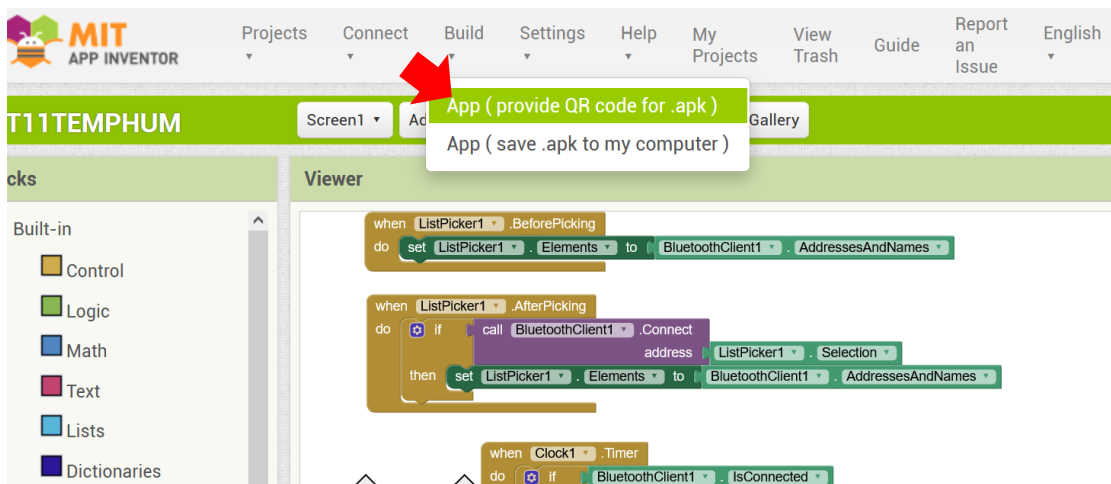


Figura 5.9. Opcions de construcció de l'app final. (Font: ai2.appinventor.mit.edu)

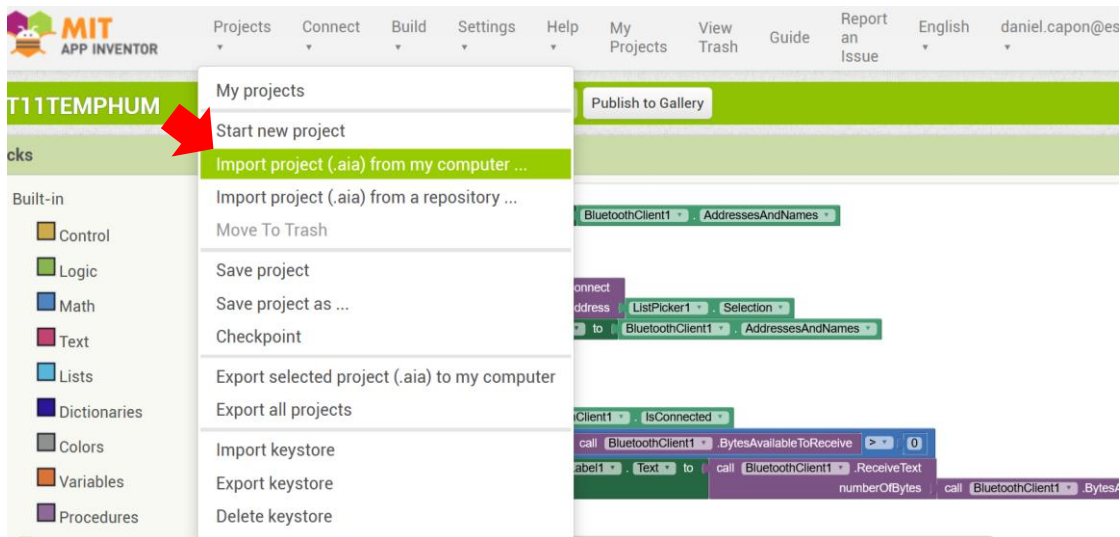
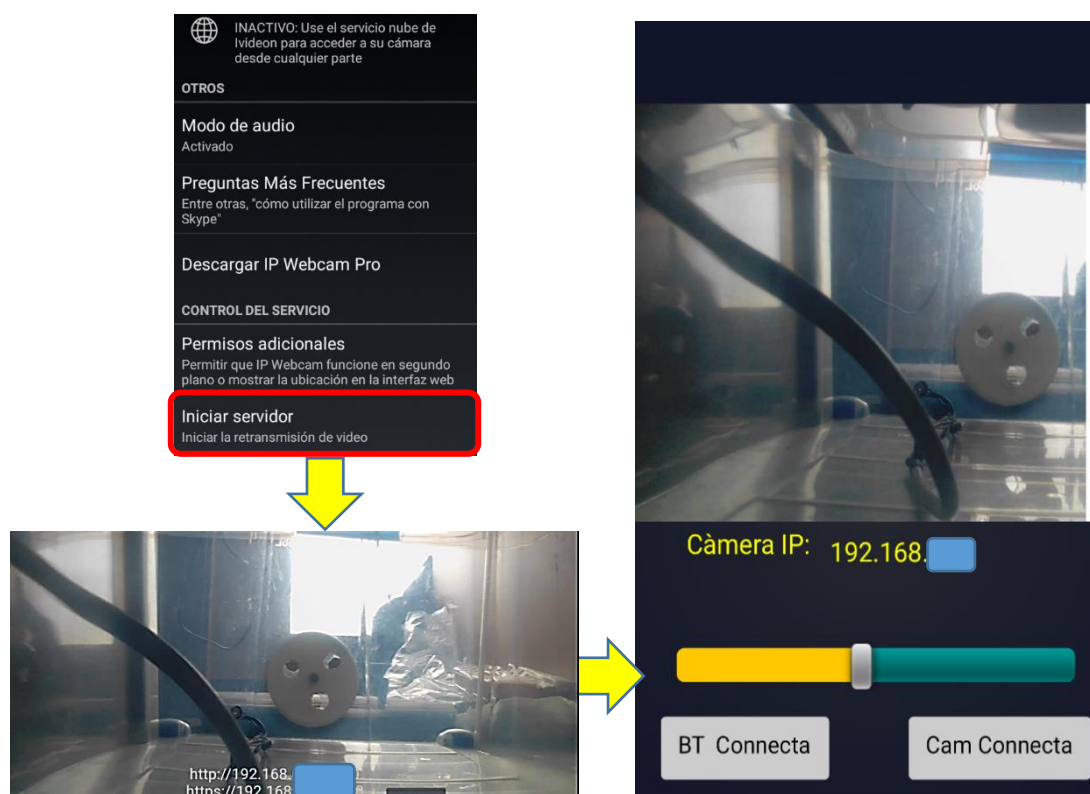


Figura 5.10. Opcions d'importació d'aplicacions del MIT App Inventor 2. (Font: ai2.appinventor.mit.edu)

5.2.2. Aplicació de captura d'imatge en vídeo per Wi-Fi



Figures 5.11. Captures de pantalla de l'aplicació creada per el control en imatge de vídeo dels cadells en directe, per retransmissió Wi-Fi entre els dispositius mòbils.

Una vegada creat el servidor Wi-Fi amb l'aplicació "IP Webcam", amb l'aplicació creada amb MIT App Inventor ja es pot rebre aquesta emissió en línia, del que està passant dins l'incubadora. S'ha d'introduir l'adreça IP, que surt a la part inferior de la pantalla, quan es crea el servidor per vincular els dos dispositius. Per seguretat, no s'ha de compartir mai l'adreça IP en arxius online d'accés lliure.

5.2.3. Aplicació de control de la temperatura, humitat i els batecs per minut (BPM)



Figura 5.12. Captura de pantalla de l'aplicació creada per visualitzar les variables de batecs per minut (BPM), humitat i temperatura actuals.

Una vegada instal·lada l'aplicació per rebre la temperatura, BPM i humitat al mòbil, assegurant que l'opció de Bluetooth estigui activa, finalment es pot rebre la senyal que emetrà el mòdul Bluetooth HC-05 i rebre el serial de l'arduino programat amb aquestes variables.

6. Algoritme en pseudocodi i aplicació mòbil

Un cop s'han pensat i decidit les característiques que es desitjen incorporar a l'incubadora, es programarà la placa Arduino Uno per a que controli el treball de cadascun dels sensors, actuadors i demès elements que en depenen.

Amb l'Arduino IDE i el MIT App Inventor 2, es treballa el codi i els blocs, que cridaran a les instruccions i comandaments per a la comunicació mitjançant llibreries de cada component, que es poden modificar per l'interessat, per adaptar el codi i completar-lo per a les necessitats del projecte que necessiti.

6.1. Programa principal

El programa elaborat amb Arduino IDE i la descàrrega de llibreries per als sensors, segueix el següent diagrama de flux, on es diferencien les instruccions que s'encarreguen del cicle que passen les variables de temperatura i humitat del sensor DHT11, de les del sensor de pols, respectivament.

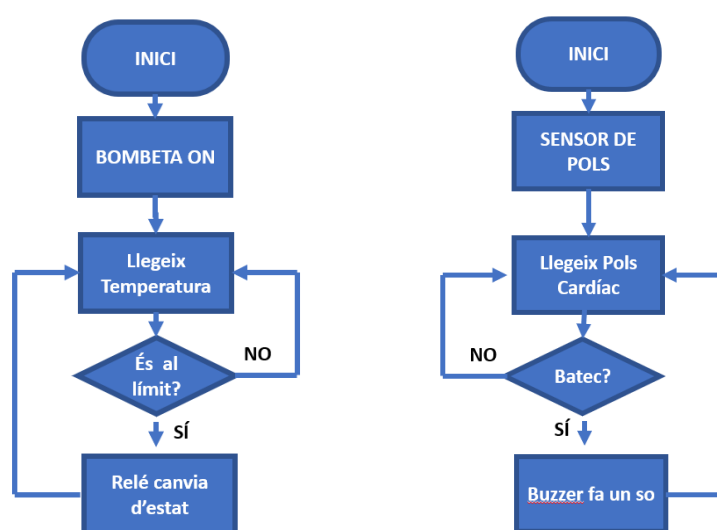


Figura 6.1. Diagrames de flux (*Flowchart*) del programa d'Arduino.

Per treballar correctament el codi necessari, es diferencia en el codi les parts de declaració de llibreries i variables, la part de codi que només es repeteix un cop (SETUP) i la part que es repeteix constantment en el temps o bucle (LOOP).

- **Declaració de llibreries i variables**

```
/*DANIEL CAPÓN - TFE INCUBADORA - ENGINYERIA ELECTRÓNICA - UPC EEBE
```

PARTS DEL SISTEMA:

- A. OBTENIR TEMPERATURA I HUMITAT A LA PANTALLA DEL MÓVIL PER BLUETOOTH, AMB EL SENSOR DE TEMPERATURA I HUMITAT DHT11.
- B. RELÉ CANVIA L'ESTAT DE CONTACTE TANCAT (BOMBETA ON) A CONTACTE OBERT (BOMBETA OFF) QUAN ARRIBA A LA TEMPERATURA MÀXIMA (36 ° C).
- C. VENTILADOR S'ACTIVA PER EXTREURE HUMITAT EXCESSIVA DE DINS L'INCUBADORA.
- D. SISTEMA DE MONITOREIG DELS CADELLS PER CCTV. VÍDEO EN DIRECTE, PER WIFI, DESDE LA CÀMERA AL MÓVIL PERSONAL AMB UNA APLICACIÓ MÓVIL.
- E. CONTROL DE LES CONSTANTS VITALS DELS CADELLS AMB UN SENSOR DE POLS, AMB GENERACIÓ DE ELECTROCARDIOGRAMA. */

```
#include "DHT.h" // Llibreria del sensor de temperatura i humitat utilitzat.
```

```
#define DHTPIN 2 // Digital pin connectat al DHT sensor.
```

```
#define DHTTYPE DHT11 // Escollir el tipus de DHT utilitzat, aquest cas el DHT 11.
```

```
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Carreguem les característiques escollides.
```

```
int sensorpols = A0; // El cable morat del sensor, connectat al pin analògic A0.
```

```
int LED13 = 13; // LED de la pròpia placa Arduino connectat al pin digital 13.
```

```
int Buzzer=12; // Buzzer per fer sonar cada batec connectat al pin digital 12.
```

```
int senyal; // Variable que guarda la informació provinent del sensor de pols, valors entre 0-1024.
```

```
int limitant = 336 ; // Valor determinat experimentalment de senyal de pols, normalment a partir
// del qual es considera que el cor de l'animal ha fet un batec.
```

- **Codi a repetir un cop (SETUP)**

```
void setup() {

  Serial.begin(9600);

  // Indicar la velocitat de símbols per segon que aniran pel Serial, unita de mesura bauds per
  segon.

  pinMode(Buzzer,OUTPUT);

  // Declarem el avisador sonor Buzzer com a sortida.

  pinMode(LED13,OUTPUT);

  // Declarem el LED13 incrustat a la placa Arduino com a sortida.

  // Pin 7 digital de la placa on es connecta el pin S de senyal per canviar de contacte al Relé.

  pinMode(7, OUTPUT);

  // inicialitza lectura de temperatura i humitat.

  dht.begin();
}
```

- **Codi a repetir en bucle (LOOP)**

```
void loop() {  
  
  // Espera 5 segons entre mesuraments.  
  
  delay(5000);  
  
  // Variables de sortida per obtenir temperatura i humitat  
  
  float h = dht.readHumidity();  
  
  float t = dht.readTemperature();  
  
  // Si hi ha error avisarà  
  
  if (isnan(h) || isnan(t)) {  
  
    Serial.println(F("No lectures, error de connexió"));  
  
    return;  
  
  }  
  
  // Equació de la llibreria per obtenir la temperatura en graus CELSIUS, i no en Fahrenheit.  
  
  float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);  
  
  // Dona la sortida visual per el serial/bluetooth a la pantalla del mòbil Android.  
  
  Serial.print(F("HUMITAT: "));  
  
  Serial.print(h);  
  
  Serial.print(" %\t");  
  
  Serial.print(F("TEMPERATURA: "));  
  
  Serial.print(t);  
  
  Serial.print(" °C ");
```

```
if ( t >= 36 ) {  
  
digitalWrite(7,HIGH);// Activa relé, per canviar el contacte i desconnectar la bombeta.  
  
}  
  
if ( t < 36 ) {  
  
digitalWrite(7, LOW);// Desactiva relé, per canviar el contacte i connectar la bombeta.  
  
}  
  
senyal = analogRead(sensorpols); // Llegeix el valor del sensorpols i l'assigna a la variable "senyal"  
  
Serial.println(senyal); // Envia el valor de la senyal per a que es formi l'ona del cardiograma en el "Serial  
Plotter"  
  
if(senyal > limitant ){ // Si el valor es major al limitant, serà un batec i s'encendrà el led de la placa i el  
buzzer emetrà un so.  
  
digitalWrite(LED13,HIGH);  
  
tone(Buzzer,1000); // Freqüència del so que emetrà el buzzer.  
  
delay(100); // Temps entre lectures de 0,1 segons.  
  
} else {  
  
digitalWrite(LED13,LOW); // Si el valor es menor al limitant, no serà un batec i no s'encendrà el led de  
la placa ni el buzzer emetrà un so.  
  
noTone(Buzzer);  
  
}  
  
delay(10); // Temps entre lectures de 0,01 segons  
  
}
```

6.2. Programes d'aplicacions mòbil

Per a la connexió Bluetooth entre la placa Arduino i el mòbil utilitzat amb el mòdul HC-05, és necessari que, en el diagrama de blocs i en el codi del Arduino IDE, les instruccions de serial comuniquin entre elles.

Per tant, es llista que s'utilitza Bluetooth, un timer i, si es vol, un botó per que anunciï les temperatures, humitats i batecs que té actualment l'animal estudiat.

A l'apartat "Blocs" s'organitzaran i col·locaran els blocs necessaris, per fer els bucles de comunicació bluetooth amb la sortida de serial de l'Arduino.

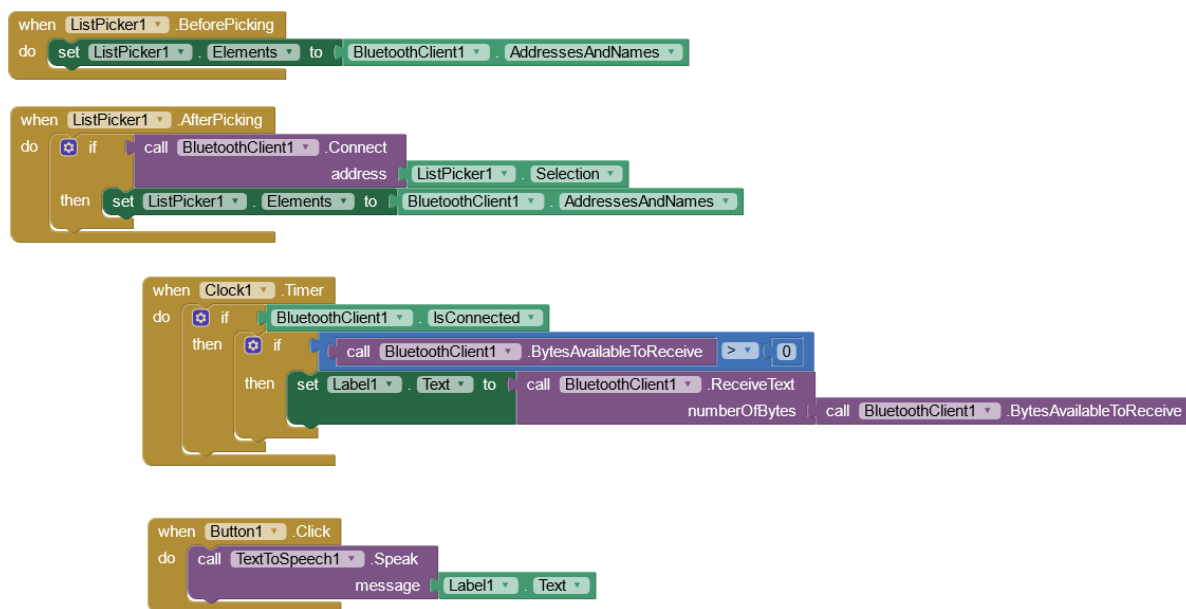


Figura 6.1. Blocs necessaris per a la rebuda dels valors del serial Arduino amb comunicació Bluetooth al mòbil. (Font: ai2.appinventor.mit.edu)

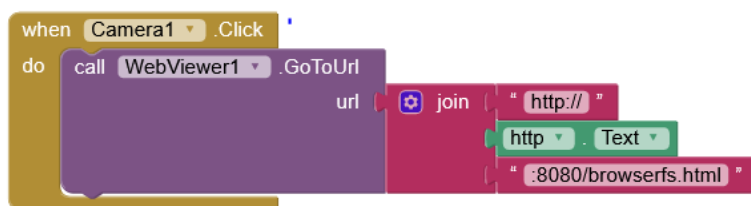


Figura 6.2. Blocs necessaris per a la rebuda de vídeo amb comunicació WiFi de la càmera de mòbil estàtic a servidor IP, fins al mòbil personal. (Font: ai2.appinventor.mit.edu)

7. Escalabilitat

Amb diferents espècies d'animals (aus, rèptils,...) podrem escalar en tamany, sempre i quan es considerin les següents precaucions:

- Redimensionar, tamany nou del recinte de l'incubadora, mínim 3 vegades més gran que una camada completa de les cries.
- Estudiar temperatures, humitat i condicions ambientals idònies segons l'espècie que necessitarà l'incubadora.
- Modificar els paràmetres del codi, necessaris per determinar els batecs del cor amb el sensor de pols i el buzzer, per saber així quan porten el cadell estudiat un ritme cardíac correcte, o quan no ho es.
- Allargar cablejat i canviar a sensors més precisos, segons la fisonomia de l'espècie.

En el sentit d'escalar la quantitat de sensors i actuadors, per controlar diferents incubadores al mateix temps amb una sol microcontrolador, s'ha de tenir en compte els límits de la pròpia placa. Per l'Arduino Uno, el límit es directament proporcional al nombre de pins I/O existents. Això equivaldria a poder controlar com a màxim 2 incubadores com les del prototip proposat amb aquesta placa.

Per disposar d'una flota d'incubadores major, seria idoni utilitzar l'Arduino MEGA o plaques industrials, ja que disposen de molts pins digitals I/O per controlar molts sensors alhora.

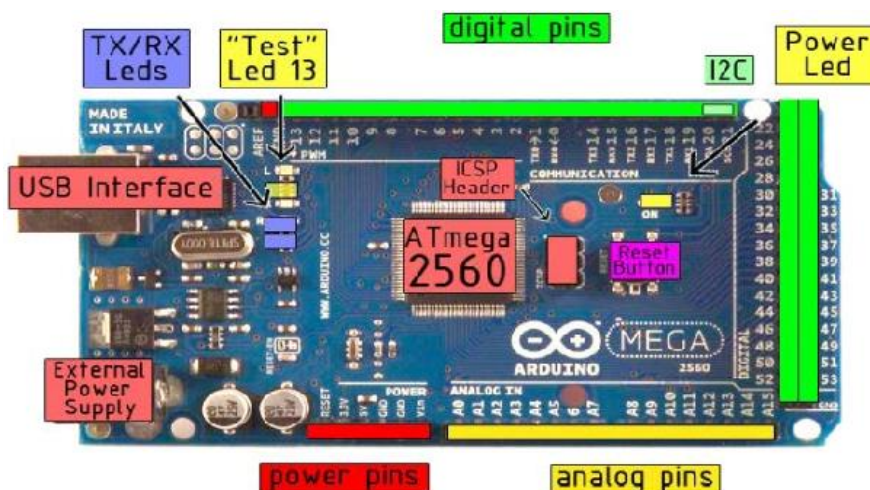


Figura 7.1. Pinout de la placa Arduino MEGA. (Font: playground.arduino.cc)

8. Estat de l'art

Buscant per webs especialitzades i preguntant en una clínica veterinària, s'observa com existeixen gran varietat d'incubadores de diferent calibre al mercat. Els preus varien entre 50 i 5000 euros, clarament amb gran diferència de característiques entre tots els diferents models.

Es pot trobar una incubadora nebulitzadora plegable a 50 euros en Aliexpress. Per aquest preu el sistema pot enviar medicament a l'aire, que entra per aspiració als pulmons de l'animal (nebulosis).



Figura 8.1. Incubadora comercial amb nebulitzador de la marca HKDQ. (Font: amazon.com)

L'altra cara del mercat de les incubadores, es el món de les incubadores professionals per veterinaris. La següent incubadora de Uvet© té:

- Sistemes de calefacció i ventilació dual.
- Paret d'acer cilíndric amb vidre templat.
- Nebulitzador, humidificador, anió, llum, alarma de CO2.
- Sistema de monitoreig de CO2, control de temperatura i humitat.
- Control d'hidratació, refredament i esterilització.



Figura 8.2. Incubadora comercial professional de la marca Uvet. (Font: amazon.com)

De l'estudi comparatiu de les anteriors incubadores comercials, s'observa com l'incubadora de baix cost creada amb microcontrolador per el TFE s'apropa més a les característiques de l'incubadora veterinària, comprovant que s'han inclòs molts dels sistemes de control adequats pels animals i que les incubadores professionals incorporen.

9. Anàlisi de sostenibilitat, impacte ambiental

Com aquesta incubadora és destinada a associacions o protectores d'animals sense ànim de lucre, que recullen animals per en algun moment ser adoptats, el preu de fabricar-ne una o més d'una no haurà de ser molt gran per també no generar una empremta de carboni massa gran. Per reduir l'impacte ambiental, un ajuda és utilitzar materials reciclats de la llar o que puguem trobar a un baix cost i complir així amb l'objectiu de les tres R de Reduir, Reutilitzar i Reciclar més materials en el nostre dia a dia.

Enumerem aquest materials:

- Habitable de la incubadora pot ser un organitzador de plàstic de roba que ja no s'utilitzi, amb un forat a la tapa per la bombeta d'escalfor i un altre per al ventilador.
- Endolls amb transformador de telèfon mòbil que normalment ja es posseeixen .
- Cablejat de l'interior una torre d'ordinador, tenen connexions femella-masclle molt útils per aquest cas.
- Eines que disposem a casa, no són necessàries eines especials apart d'un tornavís.



Figura 9.1. Principi de les tres R per a un món millor. (Font: agora.xtec.cat)

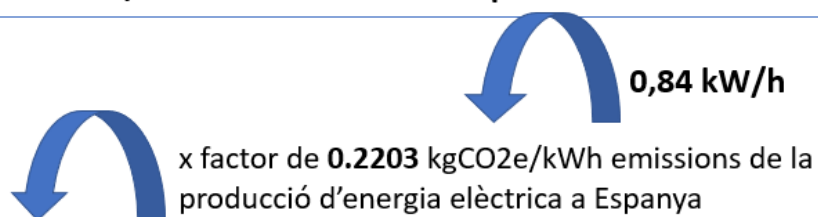
Per calcular l'empremta de carboni de la fabricació del prototip d'incubadora presentat primer s'hauria de definir que és. Es defineix com a l'empremta de carboni als gasos d'efecte hivernacle emesos en l'utilització del prototip fabricat, un cop es posaria en marxa, el seu funcionament amb cadells a dins.

En la fabricació, l'empremta de carboni es pràcticament nul·la, ja que s'utilitzen eines de consum elèctric només per fer obertures d'entrada d'aire uns segons només.

En quant al consum elèctric, es pot estudiar els kW/h que cada sistema consum de la xarxa, per obtenir l'empremta de carboni. [16]

**Empremta de Carboni del consum elèctric de cada prototip
(per 1 h de funcionament)**

a. Consum elèctric kW/h <u>Arduino Uno R3 5 V</u> :	0,10
b. Consum elèctric kW/h Bombeta 220 V 10 W:	0,24
c. Consum elèctric kW/h Ventilador 12 V 2000rpm:	0,50



0,185 kg d'emissions de CO₂ cada hora

10. Possibles Millores

Si es vol construir una gran quantitat d'aquestes incubadores, el més efectiu seria l'aprofitament d'un armari complet amb compartiments, amb els que poder separar el nadons de cada espècie correctament. Cada departament tindrà la seva llum d'escalfor, sensors de temperatura i humitat, ventilador i sensor de pols.



Figura 10.1. Armari de col·locació d'organitzadors en vertical. (Font: amazon.com)

Observant com algunes de les incubadores comercials implementen també humidificador i nebulitzador, es poden obtenir els components adequats per poder dissenyar un sistema similar.

Multiplicant el nombre d'incubadores instal·lades per el factor de l'empremta de carboni calculat s'obtindria el total que poden esperar de tota una flota d'incubadores entregades a una protectora.

- Humidificador

Simplement, amb un got o recipient amb aigua tèbia o calenta i tovalloles humides, es pot humidificar una mica més l'ambient, si fos necessari, per arribar al 55 % d'humitat mínima recomanada pels cadells. Existeixen però aparells per humidificar més l'ambient, com ara atomitzadors per ultrasons, evaporitzadors, humidificadors impeller, centrals o incorporats a l'aire acondicionat.

Aquest atomitzador conté un cristall piezoelèctric que, amb energia elèctrica comença a vibrar, de manera que produeix moviment ultrasònic a l'aigua, fent saltar micro gotes que conformen vapor.

Necessita un voltatge d'uns 15 V i una freqüència d'entre 110 KHz i 120 KHz per aconseguir, amb la vibració d'ultrasons que genera, passar l'aigua del got a vapor. S'aconsegueix aquest voltatge mitjançant un etapa intermitja elevadora, entre l'Arduino i l'atomitzador.

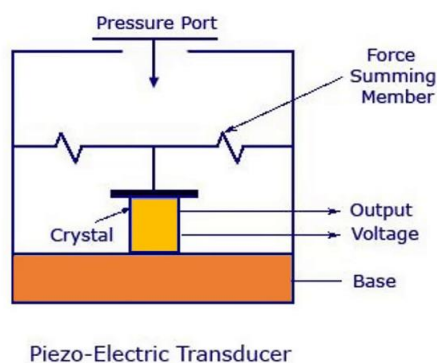


Figura 10.2. Part del component piezo elèctric transductor. (Font: hackster.io)

- Nebulitzador

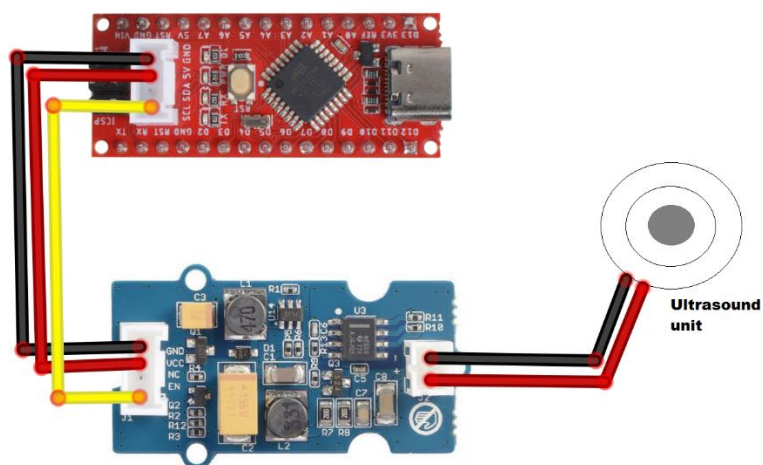


Figura 10.3. Part del component piezo elèctric transductor amb etapa elevadora. (Font: hackster.io)

Aprofitant el mateix sistema de l'humidificador, quan es necessiti fer entrar per la respiració dels animals un medicament, es pot difondre en l'aigua del got on s'ha inclòs l'atomitzador. [11] [12]

Conclusions

En el present treball de final de grau, amb el projecte encarregat del disseny d'una incubadora de baix cost, s'ha treballat en ajudar a animals i protectores, aportant idees per aconseguir incubadores econòmiques pels nounats que puguin necessitar atenció.

Finalitzada la cerca, recopilació, esborranys, esquemàtics, programació, proves, implementació física, modificacions i posta a punt, de totes les parts que conformen el projecte, s'ha arribat a una sèrie de conclusions.

En l'àmbit personal, l'experiència satisfactòria adquirida de coneixements:

- Funcionament avançat de plaques amb microcontrolador, connectant correctament sensors i actuadors.
- Ampliació dels coneixements previs de la programació en plataformes d'edició de codi com Arduino IDE, Visual Studio, Python... verificant que el codi escrit estigui ben comentat, polit i de fàcil enteniment.

En l'àmbit social:

- Aprendre a aprofitar materials que estiguin a l'abast per reduir, reutilitzar i reciclar. Tal i com estableix el principi del reciclatge, amb la finalitat de no generar tants residus amb la compra de material, per un món millor.
- La sensibilització adquirida als problemes que poden afectar al conjunt de la població.

Ja sigui de persones com d'animals de la zona treballada, sorgeix l'impuls de voler actuar per buscar solucions efectives, que evitin així que els problemes esdevinguin majors.

En el cas d'incorporar incubadores a les protectores, ajudarà a tenir controlades les espècies o nadons per separat, augmentant l'esperança de vida dels nounats i per poder prevenir la transmissió de virus o malalties entre els animals sans i els aïllats temporalment.

El disseny d'un prototip d'incubadora de baix cost ha estat possible amb esforç en la recerca d'informació, proves d'errors i les seves correccions, que han facilitat aconseguir una incubadora fiable d'un preu molt reduït.

Es consideren assolits l'objectiu principal i els objectius secundaris descrits al principi d'aquest document.

- Disseny e implementació d'una incubadora que mantingui la temperatura i humitat vitals per cadells d'animals dins de la mateixa.
- Control d'una ventilació adequada.
- Captura d'imatge dels comportaments dels cadells, monitoratge a distància.
- Control del màxim de constants vitals dels cadells, monitoratge i avisos sonors.
- Materials de baix cost i d'obtenció propera, per poder reproduir-lo amb facilitat.
- Poder ser escalable a altres espècies d'animals domèstics.

La creació del prototip d'incubadora ha estat satisfactori, amb la posta en marxa correcta, funcionant totes les prestacions dissenyades i les proves tècniques posteriors.

S'ha comprovat el correcte funcionament de la incubadora per si mateixa amb els sensors, fins establir la temperatura y humitat. L'estabilització de les variables de temperatura i humitat es produeix a partir dels 10 minuts primers de funcionament, atorgant després que es mantingui estable com a mínim durant 12 hores seguides, en els cinc tests que ha estat sotmesa a aquesta durada. Es recomana llavors incloure els cadells a partir dels 10 primers minuts de funcionament quan ja ha escalfat el recinte interior.

El codi es de lliure accés i ús, per qui vulgui reproduir la mateixa incubadora o modificar-ne qualsevol part. La varietat de mòduls i components compatibles afavoreixen escalar la incubadora a diferents espècies i facilitar-ne l'implementació, en les protectores de baix poder adquisitiu que ho necessitin.

Pressupost

En el present apartat es desglossa tot el cost econòmic en anàlisis econòmics dels costos de materials, costos d'enginyeria i el cost total que ha suposat el disseny e implementació del model d'una incubadora:

Costos materials

Taula amb el llistat de materials i costos, per construir 1 prototip d'incubadora, com el detallat al document:

MATERIAL	Nº UNITATS	COST UNITAT (€)	PREU (€)
ARDUINO UNO	1	15,00	15,00
SENSOR T ^º /RH DHT11	1	4,02	4,02
MÓDUL RELÉ 5 V	1	4,61	4,61
MÓDUL BLUETOOTH HC-05	1	8,50	8,50
SENSOR POLS CARDÍAC	1	5,93	5,93
BOMBETA INCANDESCENT	1	4,56	4,56
PORTA-BOMBETES	1	2,01	2,01
BUZZER	1	1,80	1,80
VENTILADOR 12 V	1	6,31	6,31
ENDOLL 220 V	1	3,90	3,90

ENDOLL AMB TRANSFORMADOR 220/12 V	1	9,80	9,80
CABLE SERIAL USB ARDUINO	1	1,80	1,80
CABLEJAT MASCLE- MASCLE I FEMELLA- MASCLE DE CONNEXIÓ	20	0,20	4,00
ORGANITZADOR DE PLÀSTIC	1	9,49	9,49
CAPSA ESTANCA DE SEGURETAT ELÈCTRICA	1	4,00	4,00
		TOTAL Material:	63,92 €

Costos d'enginyeria

S'inclou en un pressupost professional la mà d'obra, incorporant els honoraris dels treballadors o tècnics que han realitzat el prototip, els costos fixos de manteniment del lloc de treball o infraestructura, la gestió del pressupost a l'oficina tècnica, desgast d'eines o equipaments involucrats, assegurances i cost del salari per hora treballada.

CONCEPTE	Nº HORES	COST UNITAT (€/H)*	PREU (€)
RECERCA I RECOPILOCIÓ D'INFORMACIÓ	80	35,00	2800,00
DISSENY APLICACIÓ I ESQUEMÀTICS	30	35,00	1050,00
CÀLCULS I PROGRAMACIÓ	100	35,00	3500,00
MUNTATGE DEL PROTOTIP	80	35,00	2800,00
REDACCIÓ DE LA MEMÒRIA	180	35,00	6300,00
		TOTAL Enginyeria:**	16450,00 €

*Cost de la mitjana del preu de la hora per a un enginyer tècnic industrial a Espanya.

**Al ser destinat per associacions sense ànim de lucre, els costos d'enginyeria es consideraran una donació sense pagament, oberta a la reproducció de tot el procés d'enginyeria de la incubadora de baix cost.

Cost total del projecte

Es sumen: els preus del costos de material amb els d'enginyeria i l'IVA, per arribar al preu final que el client hauria de pagar, per poder accedir a tot el projecte complet:

CONCEPTE	COST (€)
COSTOS DE MATERIALS	63,92
COSTOS D'ENGINYERIA	16450,00 €
I.V.A. (21%)	3467,92 €
COST TOTAL DEL PROJECTE:	19981,84 €

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] Ajuntament de Barcelona. "Número d' animals de companyia censats a Barcelona. Cens municipal Open Data BCN." Disponible a : <https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/es/dataset/cens-animals-companyia>
- [2] Butlletí Oficial de l'Estat (BOE). "Informe Anual De indicadores, Análisis y caracterización del sector de los animales de compañía." Disponible a: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/20160222_informeestudioparapublicar_tcm30-104720.pdf
- [3] Eisenmann, Brent. Michigan College of Engineering. "Integrating Sensor Technology with the Arduino UNO Microcontroller" Disponible a: https://www.egr.msu.edu/classes/ece480/capstone/spring13/group07/downloads/files/Application_Note_Brent.pdf
- [4] "Why a microcontroller is used in an embedded System" <https://electronicguidebook.com/why-a-microcontroller-is-used-in-an-embedded-system/#:~:text=A%20microcontroller%20is%20used%20in%20an%20embedded%20system,sends%20data%20telling%20outputs%20what%20actions%20to%20perform.>
- [5] Microchip Electronics. "ATmega8 Datasheet" Disponible a: <https://www.microchip.com/en-us/product/ATmega8>
- [6] Institut nacional de tecnologies educatives i de formació al professorat. "Creando aplicaciones para móviles Android con MIT App inventor 2". Disponible a : <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/observatorio-de-tecnologia-educativa-n-12-creando-aplicaciones-para-moviles-android-con-mit-app-inventor-2-/ensenanza-tecnologia/23484>
- [7] Aufranc, Jean-Luc (CNXSoft). "Know the Differences between Raspberry Pi, Arduino, and ESP8266/ESP32". Disponible a: <https://www.cnx-software.com/2020/03/24/know-the-differences-between-raspberry-pi-arduino-and-esp8266-esp32/>
- [8] Murphy, Joel. Gitman, Yuri. "Getting advanced with a Pulse Sensor". Disponible a: <https://pulsesensor.com/pages/getting-advanced>

[9] Google Inc. MIT App Inventor 2. Disponible a: <http://ai2.appinventor.mit.edu/#5192525263798272>

[10] Combatronics. “Control de ventiladores PWM con Arduino”. Disponible a: <https://www.combatronics.com/foro/index.php/videos-publicados/319-control-de-ventiladores-pwm-con-arduino-2-codigo-arduino-explicado-y-prueba#2319>

[11] Healthline. “Humidifiers for Homemade Humidity”. Disponible a: <https://www.healthline.com/health/homemade-humidifier>

[12] SurtrTech. “Humidifier - Grove Water Atomization”. Disponible a: <https://www.hackster.io/SurtrTech/diy-humidifier-grove-water-atomization-316145>

Bibliografia complementària

[13] Grup Affinity. “Estudio: Él nunca lo haría 2021. Principales motivos de abandono de animales en España.” Disponible a: <https://www.fundacion-affinity.org/observatorio/infografia-el-nunca-lo-haria-abandono-adopcion-perros-gatos-espana-2021>

[14] Grup Novelec. “Estandares de protección IP y NEMA en cajas aislantes de protección” Disponible a: <https://blog.gruponovelec.com/electricidad/estandares-de-proteccion-ip-y-nema-guia-practica/>

[15] G. Sampallo. “Hojas de cálculo y Arduino”. Blog sobre programación, lot y Robótica. Disponible a: <https://www.gsampallo.com/2019/07/10/hojas-de-calculo-y-arduino/>

[16] Ravilious, Kate. “How green is your pet?”. Revista New Scientist. Disponible a: <https://www.newscientist.com/article/mg20427311-600-how-green-is-your-pet/>

ANNEX:

NORMATIVA IP PER CAPSES DE PROTECCIÓ



Sólidos

1  **1** Protegido contra un objeto más grande que 50mm así como una mano.

2  **2** Protegido contra un objeto más grande de 12.5mm así como un dedo.

3  **3** Protegido contra un objeto más grande de 2.5mm así como un destornillador.

4  **4** Protegido contra un objeto más grande de 1mm así como un cable.

5  **5** Protegido contra el polvo. Limita el ingreso del polvo permitido. No interferirá con la operación del equipo. Dos u ocho horas.

6  **6** Antipolvo. No ingresa el polvo. Dos u ocho horas.

Ejemplo:


IP65

Ingreso Protección


Agua

1  **1** Protegido contra la caída vertical de gotas de agua, limita el ingreso permitido.


2  **2** Protegido contra la caída vertical de gotas de agua con una inclinación de 15° sobre el eje vertical. Limita el ingreso permitido.

3  **3** Protegido contra el rocío de agua con una inclinación de 60° sobre el eje vertical. Limita el ingreso permitido por 3 minutos.

4  **4** Protegido contra el rocío del agua desde todas las direcciones. Limita el ingreso permitido.

5  **5** Protegido contra chorros de agua. Limita el ingreso permitido.

6  **6** Agua de fuertes olas de agua o agua proyectada desde fuertes chorros, no entrará en el dispositivo en grandes cantidades.

7  **7** Protección contra los efectos de la inmersión en agua entre 15cm y 1m por 30 minutos.

8  **8** Protección contra los efectos de la inmersión en agua bajo presión por largos periodos.