



Casa domòtica educativa

Objectiu

Construir una maqueta d'una casa educativa per aplicar domòtica educativa, mesurant paràmetres de la natura.

Dinàmica educativa

- Es pretén que sigui Obert, Didàctic, Evolutiu, Modulable, Flexible, i de baix cost.
- La construcció de la maqueta està preparada per ser impresa en una impressora 3D convencional, però, es pot fer amb fusta o cartró ploma, i al ser modular permet adaptar-la a les necessitats.
- Permet gestionar els llums a LED de colors, Sensors, Actuadors i altres elements electrònics per tal de fer la part de domòtica que es podrà controlar amb una placa ESP32, encara que es pot fer amb una Arduino, Microbit o fins hi tot amb una Raspberry ...

Com es podrà veure en tota la descripció, es vol que es puguin explorar el màxim tipus d'elements i tecnologies

Descripció general

Sensórica Externa

Mesurant el nostre entorn, com la Temperatura i Humitat ambient, Pressió atmosfèrica, Llum, Raigs ultraviolats, Qualitat del aire.

Casa Domòtica

Control del màxim d'elements fent servir tecnologies diverses com la Llum, Accés, Ventilació, Calefacció, Motors.

Es pot detectar Gas, Foc, Llum, So, Humitat, Temperatura, Presencia (PIR, IR), Alarma.

Comunicacions

Dintre d'un entorn sostenible les comunicacions son necessàries si es gestionen be com Bluetooth, Wifi, RFID



Realització del projecte

- Descripció de cada part de la maqueta.
- Selecció de materials i components.
- Desenvolupament de cada part.
- Construcció de la maqueta.
- Composició del control electrònic.
- Control global de la maqueta.

Maqueta

La maqueta es una abstracció d'una maqueta molt més gran, creada per poder aplicar molts més elements i controls, però, dintre del món educatiu demanada una casa més apropiada per el temps disponible, per aplicar de conceptes i portar-los a terme. Al ser modular permet adaptar-ho a les necessitats més escaients.

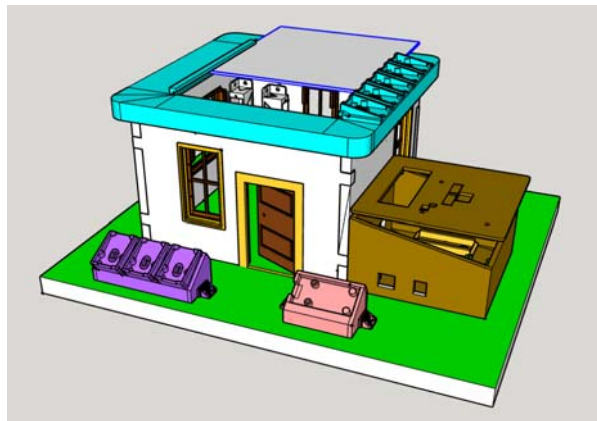
Casa Sostenible i Domòtica

- Les noves cases han de ser sostenibles, aprofitant totes les energies renovables que estiguin a l'abast (eòlica, tèrmica, solar, hidràulica, geotèrmica).
- Recollida de l'aigua pluvial per reaprofitar-la.
- Aprofitament de la llum solar i el vent.
- Aïllament amb un sostre verd.
- Control de residus.
- Control domòtic.

Disseny de la maqueta de la casa

Per fer aquesta maqueta he utilitzat un projecte molt més gran <https://github.com/maynej/Smart-Home> i n'he fet una abstracció, ja que la seva modularitat ho permet, utilitzant un mòdul 1x1 permet tenir una maqueta tipus DIN A3 i amb una escala 1:24, pot incloure i manipular els actuadors i sensors.

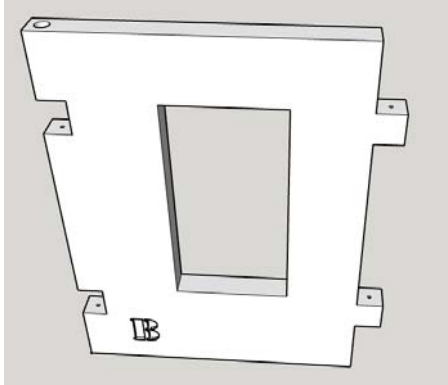
Es poden escollir de la casa gran les formes de les parets que es vulguin per cobrir totes les necessitats per aplicar tecnologia. Es poden imprimir en una impressora 3D convencional de 220x220mm. Aquestes parets es poden modificar per adaptar-les a un disseny propi. També, aquestes parets incorporen les fixacions dels actuadors a les portes, finestres, i en la teulada l'allotjament dels llums. La teulada es pot treure molt fàcilment per manipular els components.





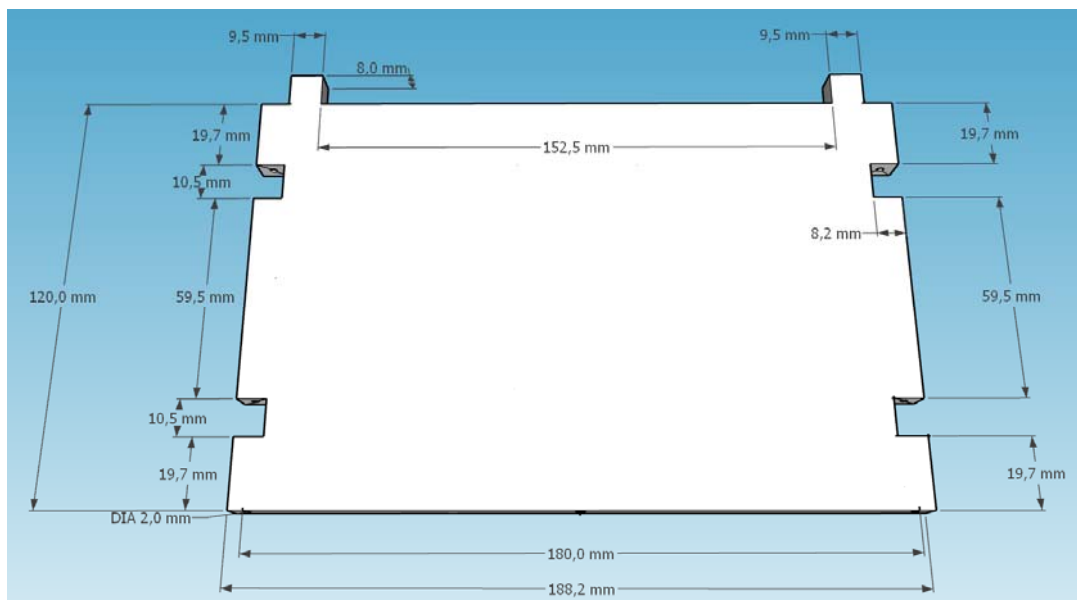
Identificació i unió de les peces de la maqueta

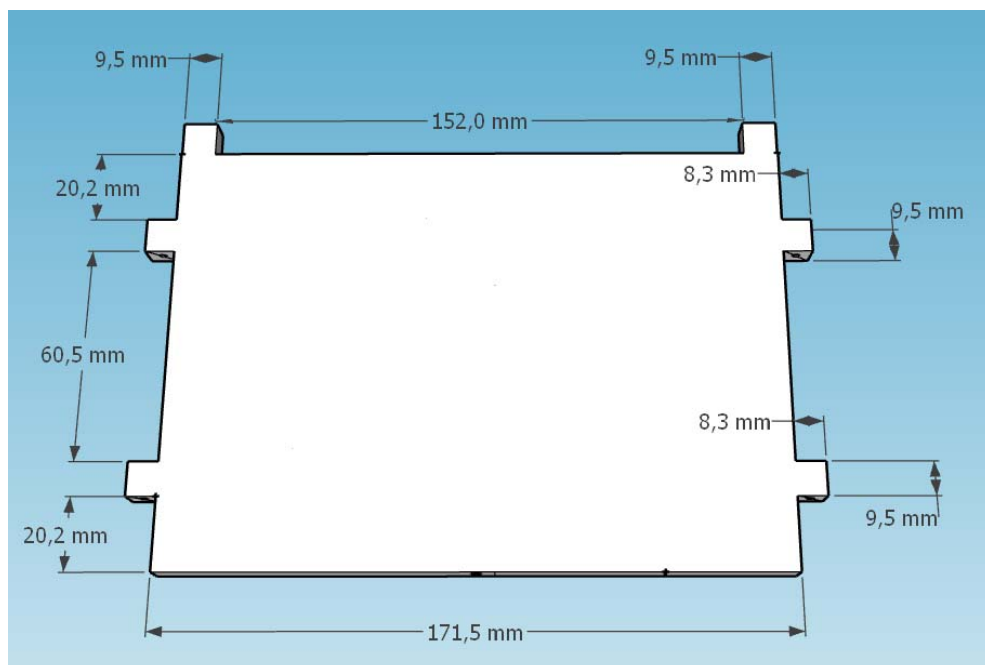
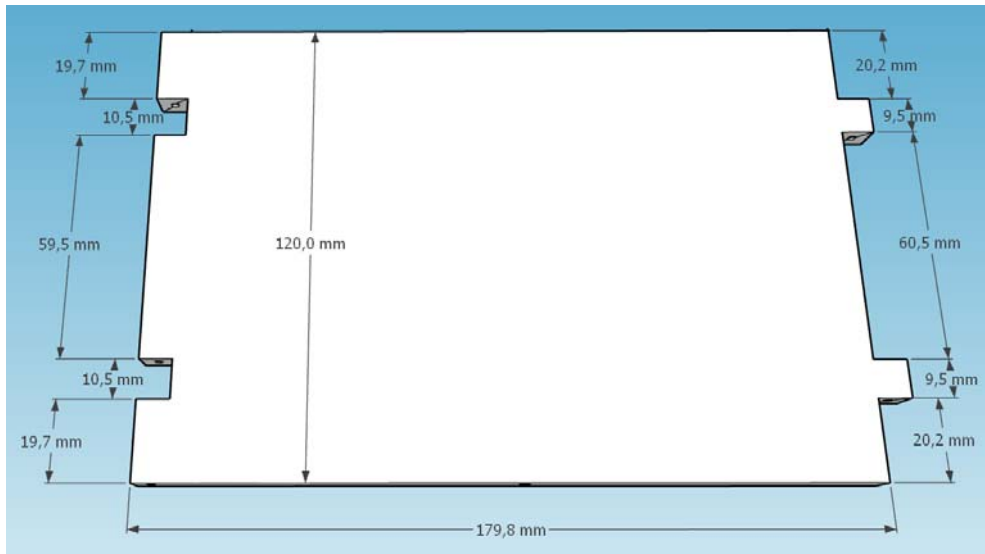
- Per fer la maqueta s'ha buscat un sistema d'identificació de cada peça, marcant amb una lletra cada paret per un construcció guiada i més fàcil.



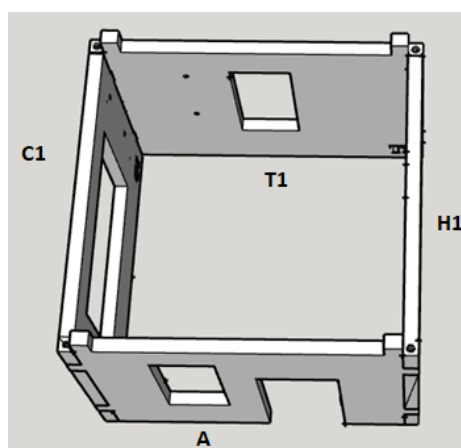
- La unió entre les peces s'han dissenyat per que no estigui que fer servir cap cola en la majoria de les peces. Aquesta unió està feta a base d'encaixos i un passador que les fixe.

Hi ha tres tipus de paret bàsiques i es pot fàcilment implementar qualsevol tipus de porta, finestra, forats de fixació d'altres elements.





En aquest cas farem servir les parets A, C1, T1 i H1





Descripció de l'exterior Casa

- La casa de tipus unifamiliar amb un sol habitacle es accessible per manipular els diferents components.
- Porta d'accés a la casa. Timbre, i accés amb identificació RFID.
- Il·luminació a LED, amb detecció de presència i de llum diürna.

Accés a la casa

Com qualsevol casa un pulsador servirà de timbre, també un lector RFID identificarà i permetrà obrir la porta amb una targeta RFID vàlida.

- Timbre de trucada amb pulsador
- Lector RFID RC522 I2C
- Porta motoritzada amb un servomotor SG90



Il·luminació exterior de la casa

Llums LED de color WS2812 i un sensor de proximitat PIR HC-SR501 amb sensor de llum diürna per il·luminar la porta d'entrada o les permanents de nit des del control central.



Descripció de l'interior de la Casa

- Sistema d'alarma
- Control de llum LED individualitzat amb intensitat i color
- Control finestres batents motoritzades
- Control de porta motoritzada
- Control Ventilació

Llum interior de la Casa

El control de la llum tant es fa manualment, com automàtic mitjan sensors.

- LED + Detector IR HC-SR501



- LED + Pulsador



- LED + Sensor de veu





- Led + Sensor de llum ambiental TEMENT6000



o LDR



Ventilació

Un ventilador mou l'aire per tota la casa

- Temperatura LM35



o DS18B20

- Humitat i Temperatura DTH11



o SHT31



- Ventilador



Sistema d'Alarma

Un sistema integrat d'alarma contra intrusió, foc, gas

- Sensor de vibració SW-520D



- Sensor de gas MQ-2



- Sensor flama



- Brunzidor



Pantalla de control

- Pantalles LCD 2x16 I2C, on es podrà mostrar dades de la casa. També es podrà tindre accés des de un telèfon o "tablet".
- Monitorització de dades de l'estació meteorològica.
- Monitorització del control d'accés a la casa, sistema de seguretat.
- Monitorització de la ventilació.

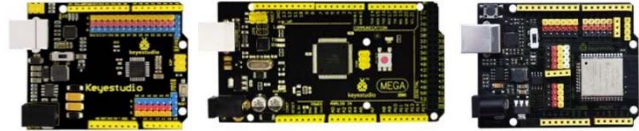


Sistema central de control

El control també està pensat obert, si no ja no seria didàctic. Encara que es farà servir una ESP32 amb format Arduino, estar adaptat per poder ser utilitzat per altres plataformes com Arduino, Microbit o Raspberry.

El software d'aquestes plataformes permeten utilitzar diferents llenguatges de programació, Scratch, C++ per Arduino, ArduinoBlocks, MakeCode, Python entre d'altres.

- Arduino, ESP32: Scratch, Arduino Blocks, C++



- Microbit: MakeCode, Python, C++



- Raspberry: Python, Java, Linux



Alimentació

La maqueta al igual que moltes cases actuals que generen energia per el autoconsum, necessiten també d'energia elèctrica addicional. La maqueta pot tindre generador d'energia que poden carregar unes petites bateries i també tindrà un font d'energia addicional.





Plantejament de la casa

Aquesta construcció es minimalista, el que busco es aplicar diferents tecnologies per fer una casa sostenible i fer conscienciació dels nostres elements que ens envolten.

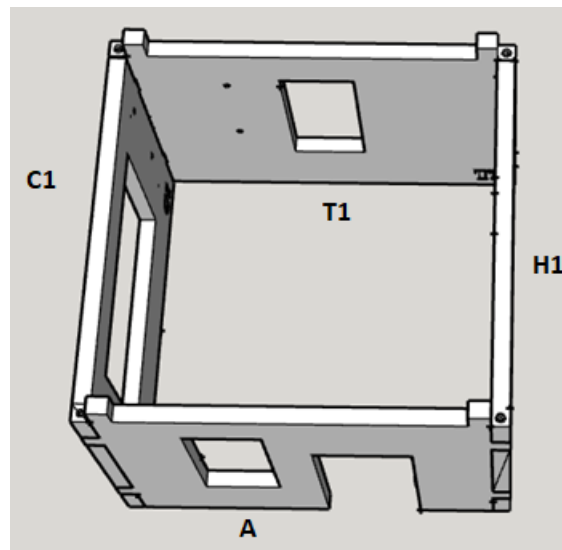
L'accés als dispositius es accessible, per poder veure o canviar els sensors, actuadors o sistema de control.

Plantejament del control

- El control es podrà fer a través de tasques individualitzades o agrupades per anar progressant en el coneixement dels dispositius junt amb la pantalla i teclat per mostrar el seus funcionament.
- Moltes tasques es faran simulades intentant reproduir al màxim el seu funcionament real.
- Els sensors bàsics utilitzats es podran canviar per altres similars o més sofisticats, està previst que el seu accés i cablejat ho permeti.

Maqueta de la casa

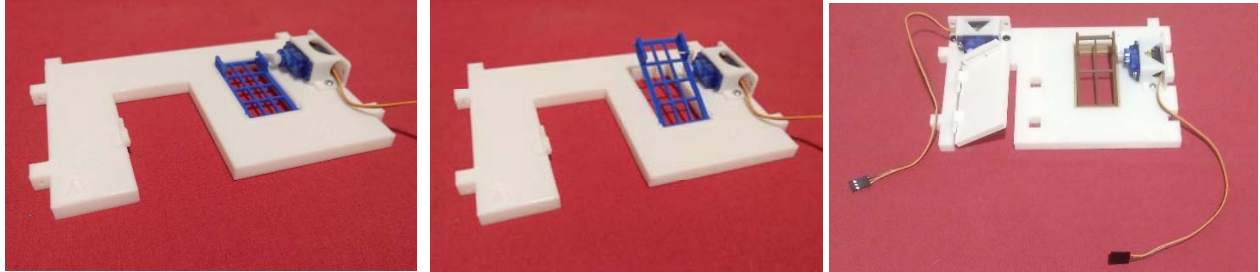
La casa s'ha format amb les següents peces, A, C1, T1, H1





Finestres batents i Portes motoritzades

- Les finestres son batents amb moviment a través d'un servo-motor.
- Les portes també estan motoritzades a través d'un servo-motor.
- Totes les portes i finestres tenen els ancoratges en la paret per posar un servo-motor.

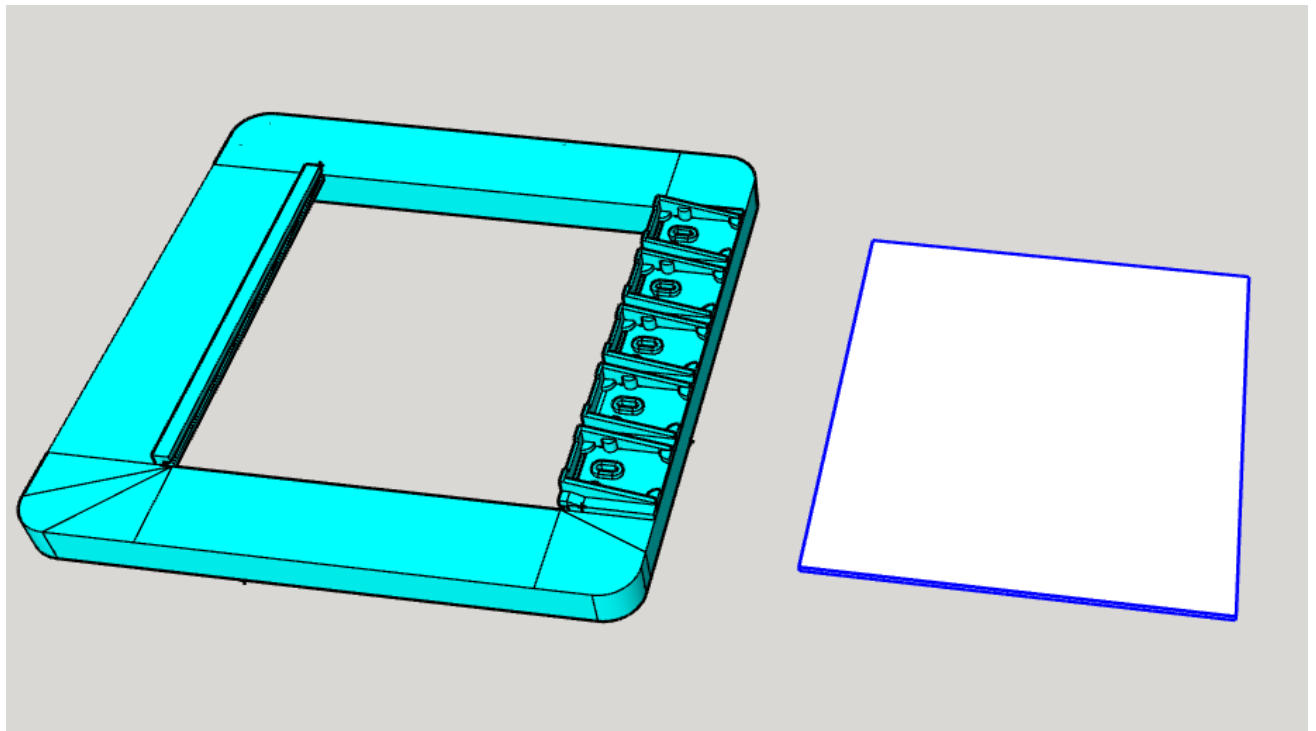


Teulada

La teulada està formada per una sola peça, encara que es fa impresa amb dues parts si s'utilitza una base de 220x220mm. La base, per la part de sota, incorpora uns espais on aniran instal·lades les llums externes i la interna a LED del tipus WS2812. Amb sols tres fils es poden controlar tots els LED.

En la part superior es col·locaran els sensors en uns suports, també permet posar una coberta semitransparent, per simular una entrada de llum solar, i per poder mesurar temperatura interior i exterior del habitacle.

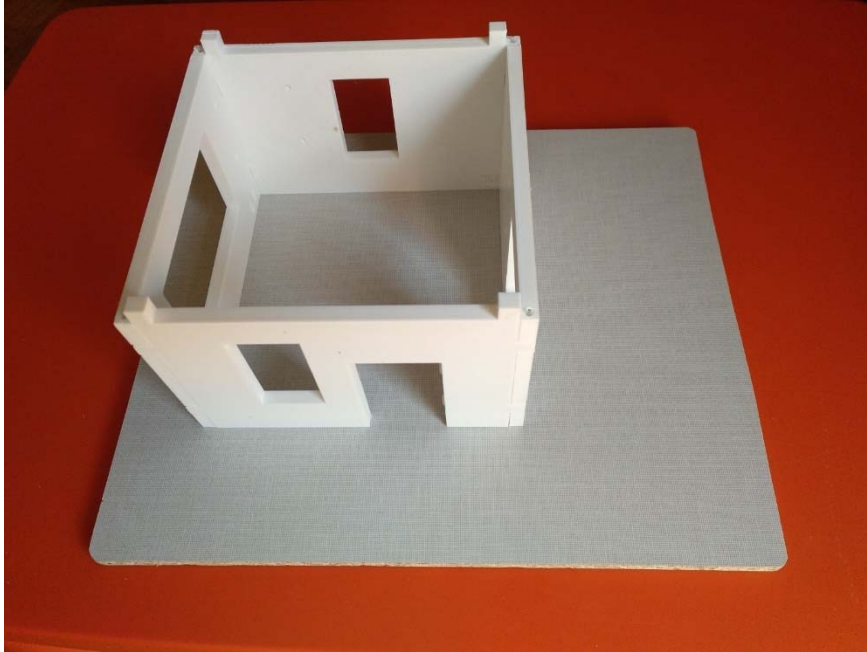
- Teulada a la maqueta





Els quatre punts de la casa fixen l'estructura, els forats ovalats son per el pas dels fils dels servomotors per sota de la base fins el pas rectangular per entrar en la capsa del centra de control.

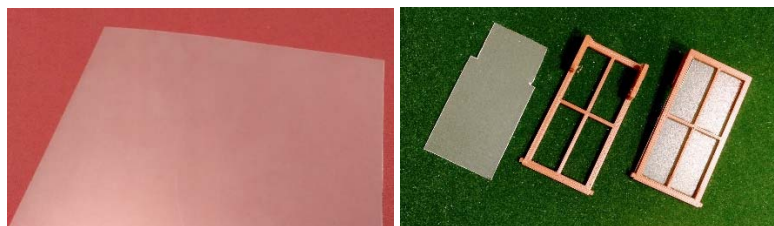
Una vegada fixada l'estructura de la casa, es pot continuar treballant amb la resta de la casa, posant els marcs de les portes, finestres,



En el tauler base de la casa es fixen uns separadors de goma de 20 mm d'alçada, suficient per deixar passar els cables.



La teulada semi-transparent es pot fer amb full de plàstic a partir de 0,75mm de gruix per que tingui una mica de consistència.





Muntatge electrònic

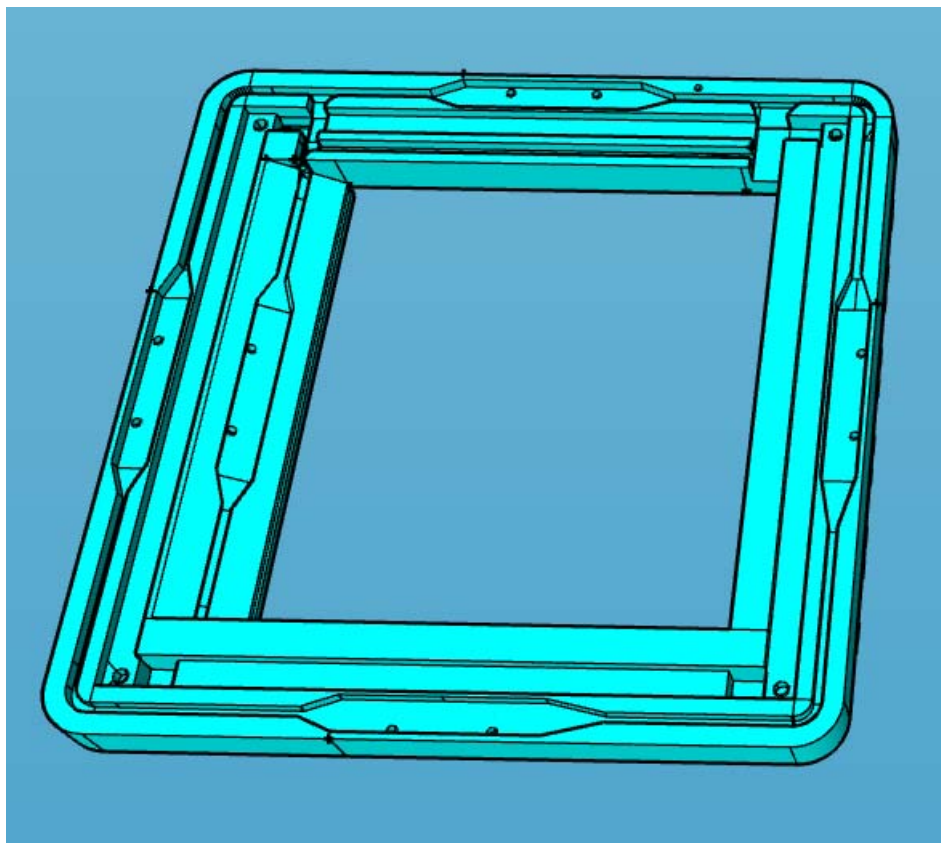
Per començar amb el sistema electrònic es pot fer el connexionat dels llums de LED multicolor WS2812B en la part inferior de la teulada. Es fan servir tres fils (Positiu 5V, negatiu (gnd) i dades) amb tres color ben diferenciats per no fer cap errada, es poden fixar els fils trenant en forma d'espiral i subjectats amb tub termo-retràtil.



Les soldadures han d'estar ben fetes i que no puguin creuar les connexions, cal fer una revisió visual abans de col·locar-lo als encaixos de la teulada i una prova de funcionament.



Una vegada que es té el cablejat fet, es col·loca en la guia corresponent i es fixa amb una mica de cola termo-fusible.





Plantejament del control

Tal com s'ha exposat al principi d'aquest document, el control es podrà fer a través de tasques individualitzades o agrupades per facilitar una programació, primerament per parts i també per facilitar l'ús de un hardware senzill. D'aquesta manera es poden establir funcionalitats bàsiques fins les més complexes, i funcionalitats futures.

Tasques individualitzades

En aquest apartat es mostraran les tasques que es poden realitzar per treballar-les individualment i el seu hardware associat.

Control dels llums de la casa

Els llums de la casa son de LED del tipus RGB WS2812, que permeten encendre amb el color que es vulgui (per programa), així com amb la intensitat de llum desitjada. Això permet també fer escenaris diferents sobre tot amb la il·luminació exterior. I en el interior també, amb un altre grup de LED poder fer un ambient més càlid per les habitacions o més fred com potser la cuina. Aquets llums poden ser automàtics com el cas dels llums exteriors, amb un sensor de llum ambient, o a través de polsadors tàctils a cada habitació. També es podrà comandar algun llum amb sensor de presència, com pot ser en el passadís de l'ascensor, ascensor i garatge. Per tant si es fa flexible la instal·lació d'elements de control donarà més marge d'usar més mitjans de control i de futures idees.

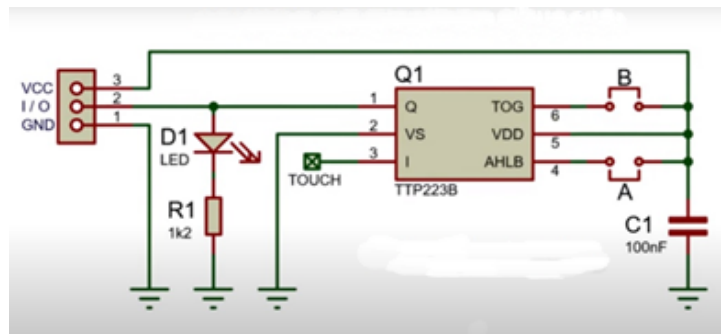
Primer de tot cal enumerar cada punt de llum de la casa.



Polsadors/Interruptors

En la maqueta hi ha punts de polsadors per activar llums, servos, aquests polsadors son tàctils utilitzant el TTP223, un circuit que permet diverses maneres de treballar, com un polsador, com un interruptor. Encara que te altres funcionalitats.

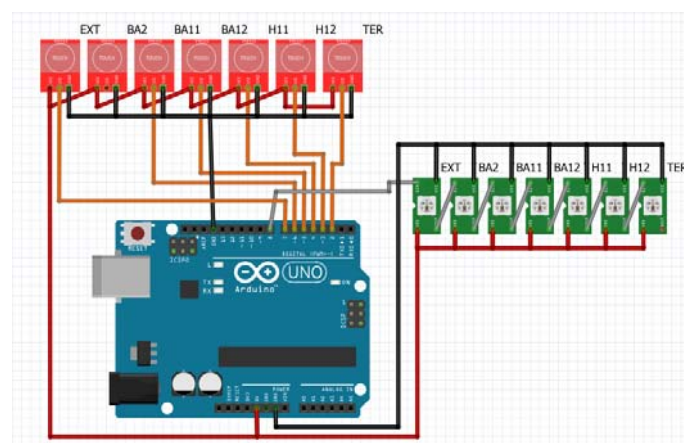
Les particularitats d'aquest circuit que es mostra en l'esquemàtic, es que pot alimentar entre 2,5 a 5Vdc i directament entrega un estat de sortida depenent de les connexions dels pins A i B, un LED indica l'estat de sortida.



Connexionat	Acció
Sense B	Polsador
Pont B	Interruptor
Pont A	Nivell alt per defecte

El connexionat del polsador tàctil tindrà una connexió del pont B, per tenir funcionalitat Polsador o Interruptor segons el vulgui programar. Estarà disponible en la part inferior de la casa un connector pont.

Així quedaria el connexionat amb la placa Arduino, però ja es veu que utilitza molts pins d'entrada.





Expansió d'entrades i sortides en un Arduino

Com que es necessiten moltes entrades de pulsadors els llums i servos, cal plantejar utilitzar varies plaques Arduino, cosa que no es la solució més adequada. Es millor col·locar un expansor d'entrades que es pot fer amb un mòdul placa multiplexor analògic o amb un mòdul expansor I2C.

Una solució més avançada es utilitzar un circuit que es comunica amb el microcontrolador amb 2 fils, via I2C.

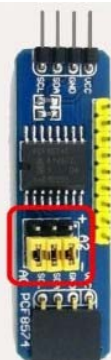
PCF8574 es un expansor de 8 canals digitals de entrada/sortida amb comunicació I2C cap el microcontrolador, per defecte al alimentar el circuit son entrades digitals (P0 a P7), funciona entre 2,5 i 6V, incorpora 3 pins (A0 a A2) per configurar l'adreça I2C (des de 0x20 a 0x27), te dos pins de comunicació típiques de I2C, SDA (dades), SCL (rellotge) i un pin INT (interrupció) que es posa a nivell 0 quan hi ha un canvi de flanc en algunes de les entrades/sortides del xip, això permet no tenir que rastrejar constantment els pins d'entrada per part del microcontrolador.

Es troben amb dos formats de placa, la de color blau permet expandir a més plaques PCF8574 per tenir encara més canals.



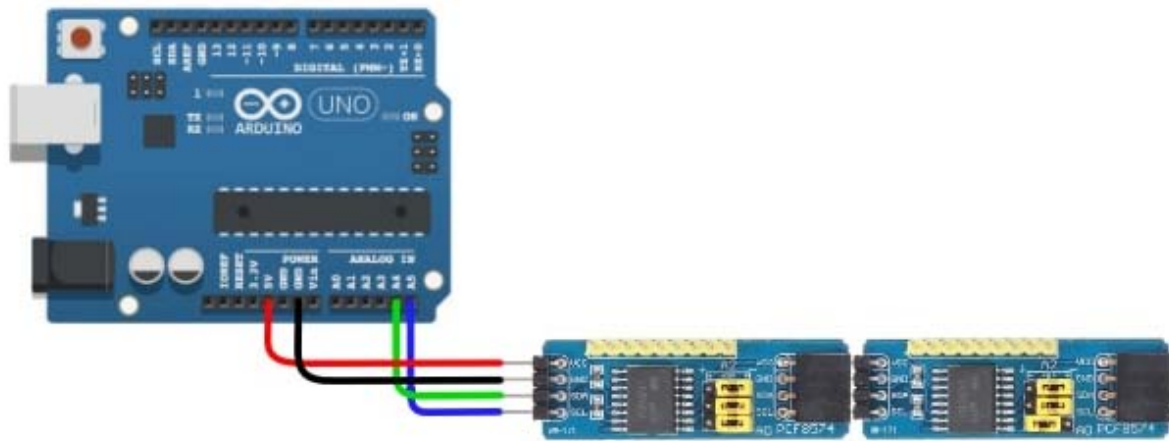
L'adreça I2C es selecciona amb els ponts/interruptors de la placa.

A0	A1	A2	Address Pins
0	0	0	= 0x20
0	0	1	= 0x21
0	1	0	= 0x22
0	1	1	= 0x23
1	0	0	= 0x24
1	0	1	= 0x25
1	1	0	= 0x26
1	1	1	= 0x27



Llibreria Arduino per el PCF8574 <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/pcf8574-library/>

Per connectar diversos PCF8574 en la mateixa comunicació I2C es de la manera següent.



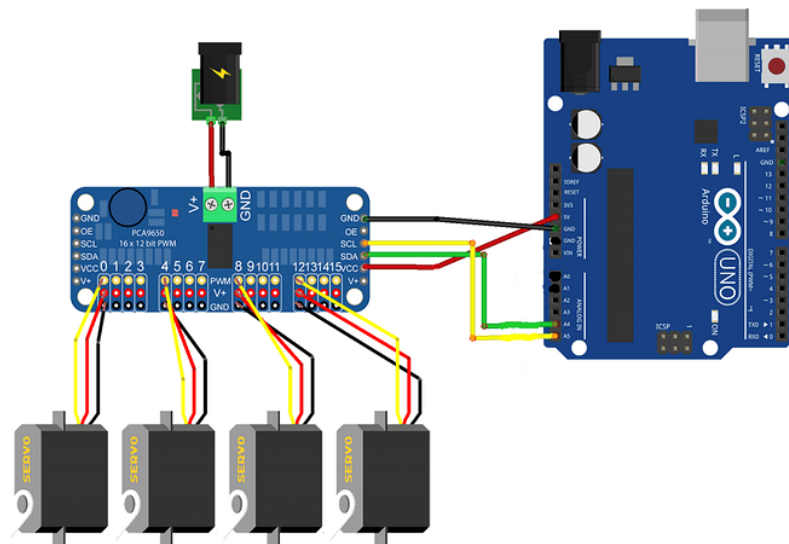
En cas de voler ampliar el nombre de canals I2C es pot fer servir el TCA9548 a 8 canals I2C.

Control de 16 servomotors en un Arduino

Com que es necessiten moltes sortides per tots els servomotors de control de portes i finestres; Arduino només disposa de 6 sortides PWM, per el que cal utilitzar varies plaques, però, no es la solució més adequada. Es millor utilitzar una placa PCA9685 connectada via I2C amb el microcontrolador.

A més els servomotors tenen un consum elevat, sobre els 200mA multiplicat per 16 son 3,2A

PCA9685 suporta fins a 16 servomotors controlats via I2C, disposa del pins per connectar adequadament els servomotors, les adreces I2C van des de 0x40 fins a 0x7F soldant els ponts (A0...A5), entrega 16 sortides PWM de 12 bits, s'alimenta a 5V, i les línies SDA i SCL de I2C son compatibles 3V3 o 5V.



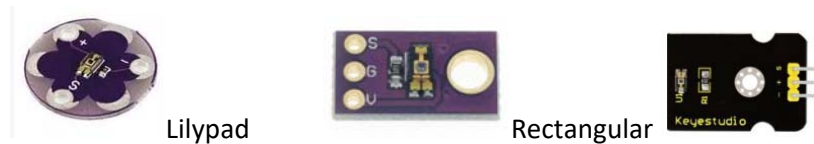
Servomotors SG90

Un servomotor o anomenat també servo, és un motor DC amb la capacitat posar el seu eix en una posició o angle determinat, internament té una caixa d'engrenatges reductora que fa augmentar el parell motor i redueix la velocitat, un potenciòmetre està encarregat de sensar la posició de l'eix i junt amb una electrònica formen un control de llaç tancat.



Sensor de llum ambient

De sensors de llum hi ha diverses possibilitats: el TEMA6000 que només detecta la presència amalgamada de llum amb longituds d'ona en el rang de 390 a 700 nm. Es troba amb formats molt petits, com el Lilypad o format rectangular per poder-lo fixar.



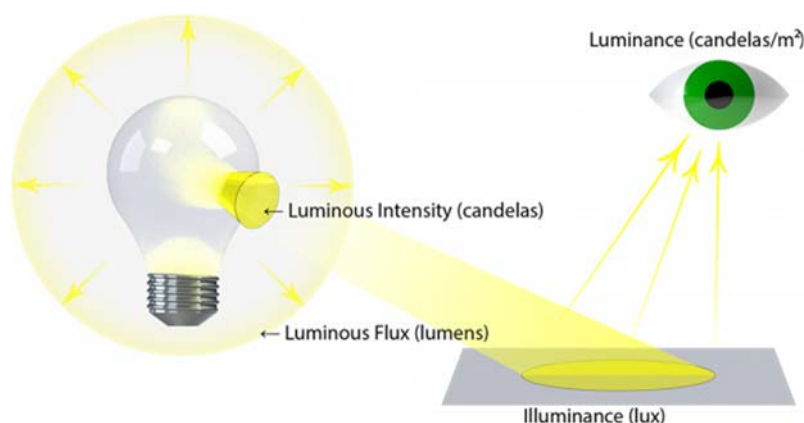
El TSL2561 és un sensor de lluminositat que pot detectar tant la llum visible com la llum infraroja. El ISL29125 és un sensor de llum RGB que pot detectar llum específicament vermella, verda, blava o qualsevol combinació d'aquestes. El ML8511 és un sensor de llum U,V funciona de manera similar al TEMA6000, però respon a la llum ultraviolada en lloc de la llum visible. El LDR és una alternativa molt petita al TEMA6000, però és una fotoresistència (una resistència que canvia en funció de la presència de llum) en lloc d'un fototransistor.

Per això, el sensor de llum ambiental **TEMA6000** és el escollit. És un sensor analògic, compatible amb microcontroladors que admeten l'entrada de dades analògiques. Si la llum és molt baixa, el pin SIG tindrà un valor molt baix, a mesura que augmenta la llum, el pin SIG també augmentarà de valor. A més és sensible a l'espectre visible i es fa servir en molts aparells com smartphones, "tablets", càmeres i està adaptat a la resposta de l'ull humà envers la llum. Té un angle de 60 graus i s'alimenta a 5V.

Com funciona la detecció de llum

Com s'ha esmentat anteriorment, el TEMA6000 mesura la il·luminació. Si no esteu familiaritzat amb la il·luminació, és una mesura de la quantitat total de llum visible emesa per una font (anomenada flux lluminós mesurada en lúmens (lm) dividida per una àrea en metres quadrats ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$)).

Juntament amb aquestes, hi ha altres propietats de la llum que, malauradament, s'anomenen amb la mateixa arrel llatina per a la llum, de manera que pot ser difícil mantenir-les rectes. Aquí teniu un diagrama per dilucidar les diferències:



Per què el TEMA6000 mesura la il·luminació? En la majoria d'assajos, mesurar la intensitat de la llum sense tenir en compte la distància és molt difícil i va deixar perplex als primers astrònoms durant molt de temps. En resum, hi ha una magnitud aparent (com de brillant sembla una font de llum) i una magnitud absoluta (com de brillant és realment la font de llum). Dues fonts de magnituds absolutes diferents poden tenir la mateixa magnitud aparent segons la seva distància a l'observador.



Per exemple, si teniu una font de llum brillant lluny i una font de llum tènue molt a prop, pot semblar que tenen la mateixa brillantor perquè la llum de la font més brillant s'haurà de dissipar en un volum d'espai més gran. És per això que el sensor llegirà un valor més petit si s'allunya de la mateixa font de llum, augmentant essencialment la quantitat d'espai que la mateixa quantitat de llum ha d'omplir entre la font i el sensor (és a dir, reduint la il·luminació, a mesura que esteu dividint per una superfície més gran de l'esfera de llum generada per la font).

Aquí es mostra una gràfica, abstracta del TEMENT600, entre el corrent (en μA) i la il·luminació immediata percebuda pel sensor:

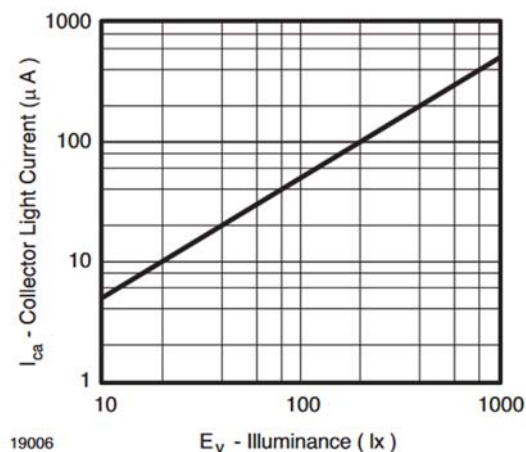


Figure 1. Collector Light Current vs. Illuminance

El TEMENT6000 només reconeix la llum amb longituds d'ona en el rang de 390-700nm, que cobreix aproximadament tot l'espectre de la llum visible. En altres paraules, això no captarà infrarojos, ultraviolats o cap altra llum que no puguem veure directament.

Aquí hi ha una taula de la il·luminació típica de fonts comunes de llum visible:

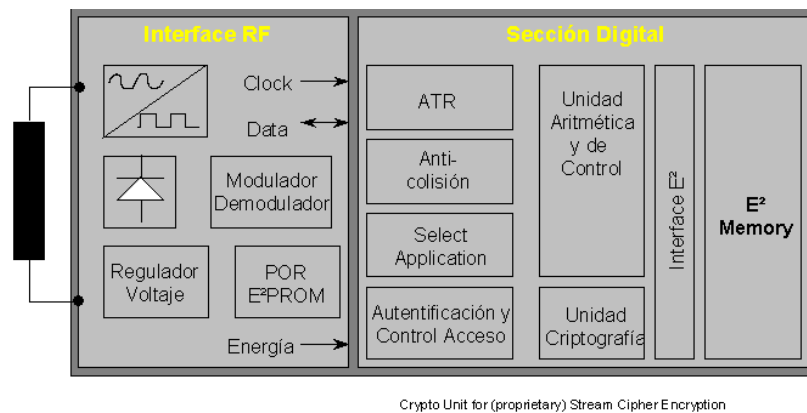
Il·luminació	Superfícies il·luminades per
0.0001 lux	Cel nocturn ennuvolat i sense lluna
0.002 lux	Cel nocturn clar sense lluna amb resplendor del cel
0.27-1.0 lux	Lluna plena en una nit clara
3.4 lux	límit fosc del crepuscle sota un cel clar
50 lux	llums de la sala d'estar familiar
80 lux	Passadissos, lavabos
100 lux	Dia molt fosc ennuvolat
320-500 lux	Llum en una oficina
400 lux	Sortida o posta de sol en dies clars
1000 lux	Dia ennuvolat
10000-25000 lux	Plena llum del dia (sol no directa)
32000-100000 lux	Sol directe

Article de la Viquipèdia de Lux / CC BY

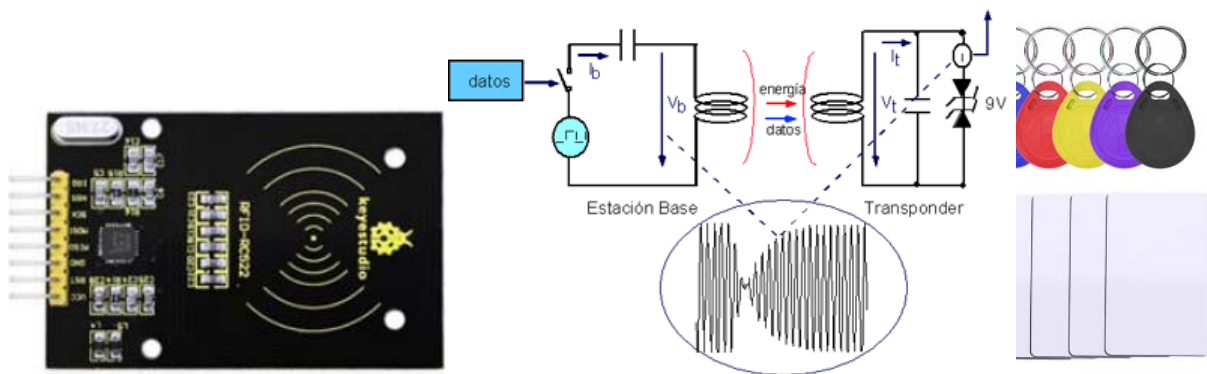
Ara que entenem una mica millor el funcionament del TEMENT6000, es pot utilitzar en alguna cosa més interessant, com el control de llum exterior de la casa per que s'encengui i s'apagui automàticament, segons la llum ambient.



Aquí es mostra un circuit d'un TAG on es pot veure la complexitat integrada en el xip. Aquest TAG també s'anomena "Transponder".

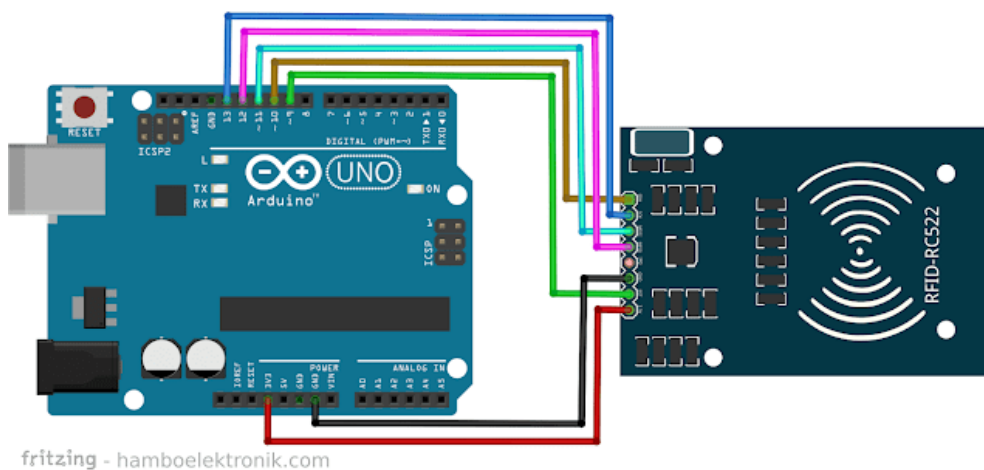


El mòdul RC522 emet una freqüència (13,5MHz) que fa que aquesta energia alimenti el TAG i pugui intercanviar dades.



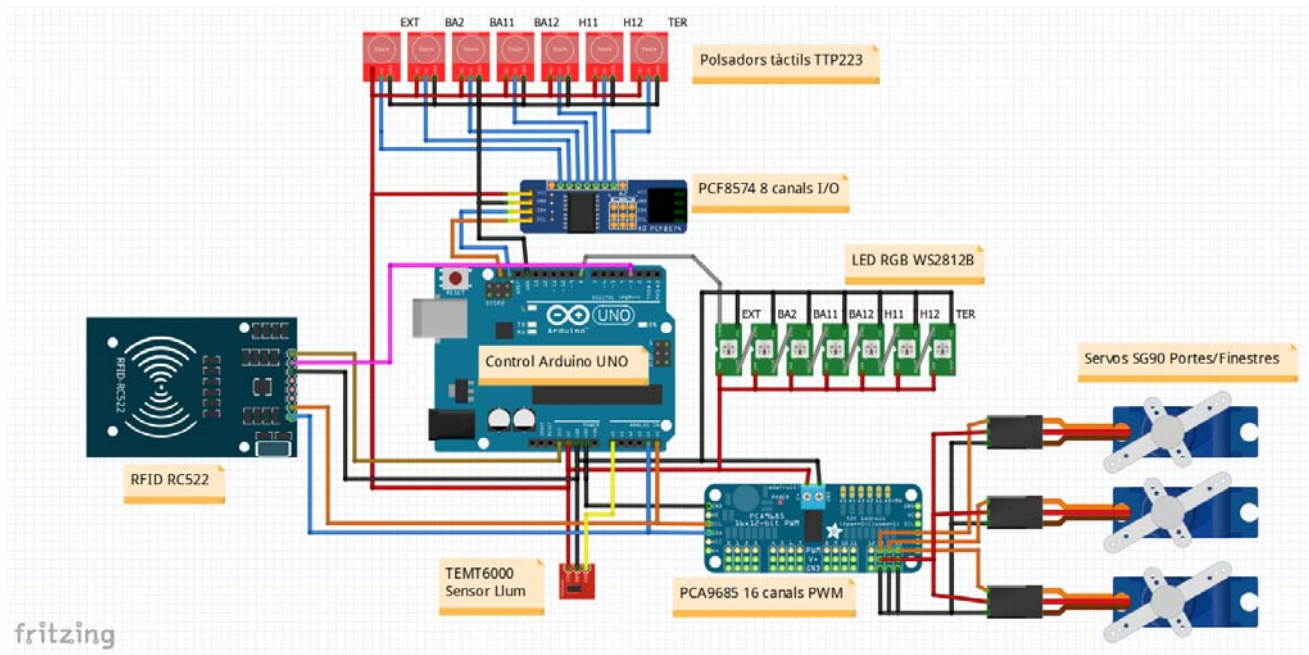
L'abast de la comunicació entre el lector i el TAG depèn de les dimensions de les antenes tan del lector com del TAG i també del entorn, per això quan es parla del abast, s'ha de parlar de gairebé tocant.

La comunicació entre el mòdul i el sistema de control es pot fer via UART, SPI, i I2C. Típicament es fa servir la comunicació SPI per la alta velocitat de transmissió de dades, però com es pot veure fa servir 5 fils (a part de alimentació).





En aquest cas es farà servir el bus I2C per la facilitat de connectar amb dos fils i l'afegim en el sistema de control central.



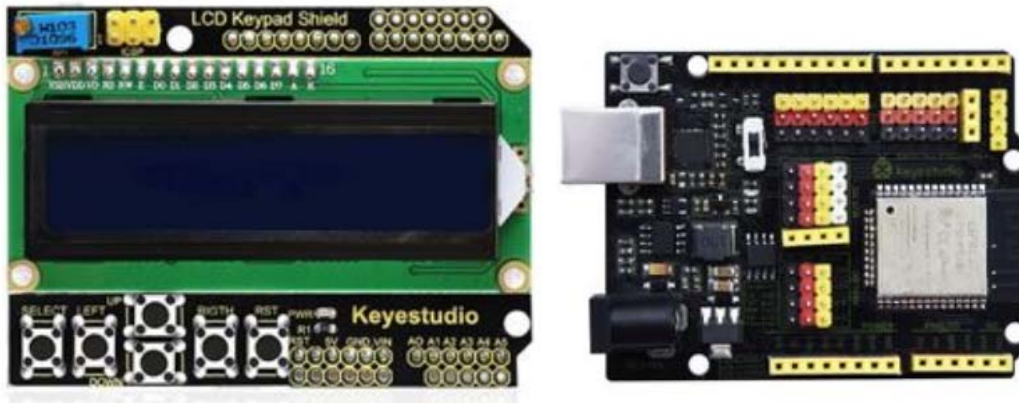
El mòdul RC522 I2C té un format compacte per el seu ús





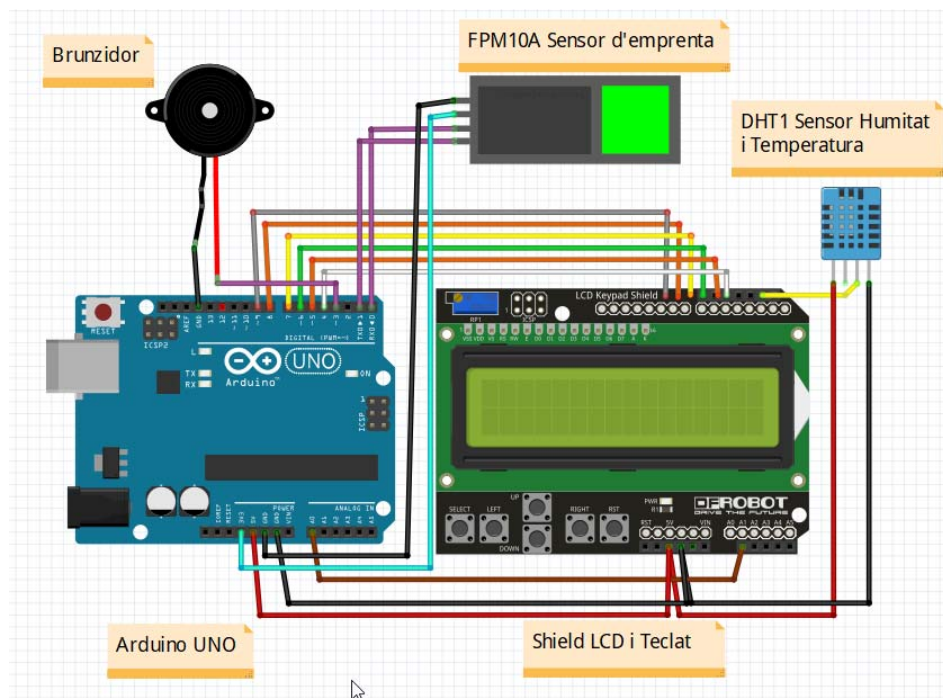
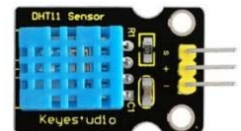
Visualitzador Central

Aquesta solució shield de LCD més teclat, permetrà visualitzar l'estat dels llums, portes, finestres, sensors, etc... Aquesta Shield punxada sobre d'una placa ESP32 permetrà a més una comunicació Bluetooth/Wifi i el control sensor més.



Sensor de Temperatura i Humitat

El sensor d'humitat i temperatura molt utilitzat es el DHT11, que te una sortida analògica, que es connectarà a una entrada analògica del Arduino, o ESP32.





Es pot veure altre vegada que estem deixant la placa sense entrades/sortides. Es qüestió de buscar una solució, utilitzant un sensor d'humitat i temperatura amb comunicació bus I2C, el **SHT31**.

Brunzidor passiu

Es farà servir com a timbre de la casa i altres sons d'alarma o emergència.



Sensor de Gas

Depenent del tipus de gas que volem detectar, podem posar alguns dels sensors disponibles com el MQ2

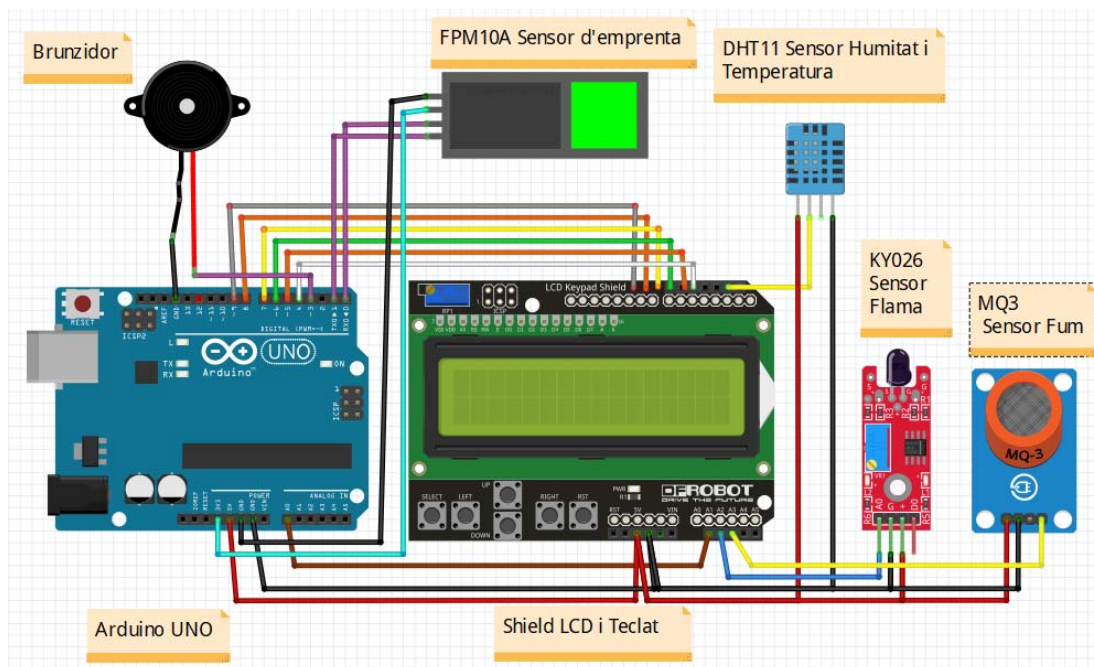


Sensor de Flama

Aquest si que es pot utilitzar en cas d'incendi, encara que espero que no es cremi la maqueta, es pot col·locar en una zona externa per poder simular un foc amb un encenedor.



Així tindríem en aquests moment el connexionat





Sensor de pluja

La presencia de vapor d'aigua o pluja pot activar aquest sensor, que te una sortida analògica, que es connectarà a una entrada analògica del Arduino, o ESP32.





Programació de la casa

Com ja s'ha indicat aquest projecte es obert tant en la construcció i en la programació, sota una llicència Creative Commons, on es poden aplicar diferents plaques i processadors amb moltes possibilitats. Però com sempre anirem pas a pas.

A més de preparar alguna exemple, aquesta maqueta precisament es per poder practicar programació i per tant qui vulgui “jugar” amb ella el millor es tenir la memòria buida i començar una programació des de zero, des de una part senzilla com encendre uns LED determinats, fer anar els servos per obrir o tancar una porta o finestra, o fer mesures amb els sensors. Però també depenent del nivell de la persona es pot fer un sistema complexa i global.

Se puede usar C para Arduino, Arduino Blocks o cualquier otro medio por bloques

Programació amb Arduino

La programació amb Arduino es pot fer utilitzant Arduino Blocs, Scratch per Arduino, Snap, ... però també es pot fer amb llenguatge C per Arduino. En qualsevol cas a l'hora de programar sempre s'ha de preparar l'estructura del programa per senzill que sigui.

Estructura de programació

Per estructurar la programació, cal mirar dels components que tenim i els recursos disponibles. Quan s'ha plantejat fer servir un component s'ha vist que per utilitzar menys pins de entrada/sortida es fan servir altres plaques per concentrar o canalitzar la informació, per exemple, com que hi ha molts pulsadors, es concentren aquestes sortides de pulsadors a un convertidor a I2C, llavors es pot començar a enumerar cada pulsador a una adreça I2C, al mateix amb el concentrador de I2C a servomotor. Per el que cal definir tots els components. Després es fa un diagrama de flux per preparar les funcionalitats i finalment el programa.



Resum de peces impreses

- Parets Casa 4
- Marcs i vidrieres finestres grans 1 + 1
- Marc i vidriera finestra mitjana 1 + 1
- Marcs i vidrieres finestres petites 2 + 2
- Servos finestres + portes 5
- Portes 1
- Teulada 1+1
- Suport RFID I2C 1
- Suport Polsadors 1



Creative Commons Attribution-NoComercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)





Agraïments

- Més que mai a la Conchita, la meva esposa i companya, per la seva comprensió amb els embolics em que em poso.
- Als components de Mechatronic Study, en Ramon Mayné i en César de la Rosa que han col·laborat en idees i en la correcció dels texts.
- Als meus fills Isaac i Ferran Mayné, (Web, Github i altres punts)
- A les netes Júlia i Naia que m'han deixat els seus Playmobils per la casa.
- A l'arquitecte Carles Ferran, per els seus consells sobre la casa i la il·luminació.
- En Josep Ballarà per la fusteria.
- En Ricard Gómez i l'Oriol Oreó del Punt Multimèdia del Ajuntament de Barcelona, per deixar-me un espai en la Casa del Mig, per poder seguir muntant la maqueta quan a casa ja no hi cabia. A més, en Ricard ha realitzat l'estructura de programació en C per Arduino.
- En Pablo per que posi el codi QR per facilitar l'enllaç en la web de Github.
- En Toni Moreno i InnovaDidactic per la seva implicació en el projecte i la donació de material electrònic per la mateixa.
- A 3D Print BCN on he après molt.
- I també a una llarga llista de persones, que no les vull nombrar per no deixar-me cap, que m'han recolzat en el projecte.

