



DOMAG: Domòtica Orientada a la Modernització d'Accessos a Garatges

Enric Cabrera Burnat

Grau d'Enginyeria Informàtica

Sistemes encastrats

Jordi Bécares Ferrés

Pere Tuset Peiró

8 de gener de 2020



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

FITXA DEL TREBALL FINAL

Títol del treball:	<i>DOMAG: Domòtica Orientada a la Modernització d'Accessos a Garatge</i>
Nom de l'autor:	<i>Enric Cabrera Burnat</i>
Nom del consultor/a:	<i>Jordi Bécares Ferrés</i>
Nom del PRA:	<i>Pere Tuset Peiró</i>
Data de lliurament (mm/aaaa):	<i>01/2020</i>
Titulació o programa:	<i>Grau d'Enginyeria Informàtica</i>
Àrea del Treball Final:	<i>Sistemes encastats</i>
Idioma del treball:	<i>Català</i>
Paraules clau	<i>IoT, Domòtica, MQTT</i>

Resum del Treball:

Els sistemes de control d'accessos per a garatges, ja siguin particulars o comunitaris, s'han quedat tecnològicament endarrerits en un món altament connectat. Avui en dia, on tot ho podem fer des d'un telèfon mòbil, no hi ha lloc per a comandaments a radiofreqüència.

Aquest projecte tracta de la modernització d'aquests sistemes de control. Amb DOMAG els accessos als garatges són controlats i monitorats contínuament.

Les seves capacitats permeten que es pugui fer servir qualsevol dispositiu, ja sigui un telèfon mòbil, una tauleta, un ordinador, etc... perquè la connectivitat sobre el sistema no depèn de cap plataforma en concret sinó de què es pugui utilitzar el protocol mqtt, àmpliament estès i estandarditzat per a qualsevol plataforma.

Amb DOMAG es podrà controlar l'obertura i el tancament de la porta de forma manual, mitjançant els botons disposats en el dispositiu, així com realitzar el control de forma remota via missatgeria mqtt. Alhora DOMAG informarà dels esdeveniments succeïts en la porta mitjançant una pantalla en el dispositiu així com notificant als usuaris que s'hagin subscrit, via missatgeria.

Abstract:

Garage access control systems, whether private or communal, have lagged technologically behind in a highly connected world. Today, where we can do everything from a mobile phone, there is no place for radio frequency commands.

This project is about the modernization of these control systems. With DOMAG the accesses to the garages are continuously controlled and monitored.

Its capabilities allow it to be used on any device, be it a mobile phone, tablet, computer, etc ... because the connectivity on the system does not depend on any particular platform but on which the mqtt protocol can be used. , widely extended and standardized for any platform.

With DOMAG you can control the opening and closing of the door manually, using the buttons provided on the device, as well as remote control via mqtt. At the same time DOMAG will inform of the events happening in the door by means of a screen in the device as well as notifying the users who have subscribed, via messages.

Índex

1.Introducció.....	1
1.1.Context i justificació del treball.....	1
1.2.Descripció del treball.....	2
1.3.Objectius del TFG.....	3
1.4.Enfocament i mètode seguit.....	3
1.5.Planificació del treball.....	4
1.6.Recursos emprats.....	9
1.7.Productes obtinguts.....	9
1.8.Breu descripció dels altres capítols de la memòria.....	9
2.Antecedents.....	11
2.1.Estat de l'art.....	11
2.2.Estudi de mercat.....	14
3.Descripció funcional.....	18
3.1.DOMAG: Domòtica Orientada a la Modernització d'Accessos a Garatge.....	18
3.2.Interfície d'usuari.....	20
a)Interfície física.....	21
b)Interfície virtual.....	22
3.3.Programari de control.....	23
4.Descripció detallada.....	25
4.1.Descripció del maquinari.....	25
4.2.Descripció del programari.....	32
4.3.Descripció de les interfícies de control.....	38
a)Interfície física.....	38
b)Interfície virtual.....	39
5.Viabilitat tècnica.....	44

5.1.Valoració de riscos.....	45
6.Valoració econòmica.....	46
6.1.Pressupost.....	46
6.2.Estudi del cost d'industrialització.....	47
7.Conclusions.....	49
7.1.Lliçons apreses.....	49
7.2.Autoavaluació.....	49
7.3.Línies de treball futur.....	51
8.Glossari.....	52
9.Bibliografia.....	53
10.Annexos.....	55
Annex A - DOMAG – Guia de compilació.....	55
Annex B - DOMAG – Guia d'instal·lació mqttserver.....	63
Annex C – Esquemàtics.....	68

Llista de figures

Taules

Taula 1: Tasques a realitzar i estimació de temps.....	5
Taula 2: Comparativa microcontroladors (1/2).....	12
Taula 3: Comparativa microcontroladors (2/2).....	12
Taula 4: Comparativa estàndards de comunicacions.....	13
Taula 5: Relació de missatges de control i estat de la interfície virtual.....	43
Taula 6: Cost dels components.....	46
Taula 7: Cost total del projecte.....	46
Taula 8: Comparativa preus per volum de producció.....	47
Taula 9: Càlcul de temps emprat en les etapes del projecte.....	49

Il·lustracions

Il·lustració 1: Diagrama de Gantt - Planificació inicial (1/2).....	6
Il·lustració 2: Diagrama de Gantt - Planificació inicial (2/2).....	7
Il·lustració 3: Diagrama de Gantt - Planificació final.....	8
Il·lustració 4: Diagrama de Gantt - Planificació final (2/2).....	8
Il·lustració 5: Esquema d'interaccions del sistema.....	18
Il·lustració 6: Esquema de blocs de la xarxa.....	20
Il·lustració 7: Detall interfície física de control.....	21
Il·lustració 8: Interacció de l'usuari amb la interfície virtual.....	23
Il·lustració 9: Diagrama de blocs del disseny del programari.....	24
Il·lustració 10: Detall dels perifèrics inclosos en el MSP432P401R.....	25
il·lustració 11: Diagrama del hardware del mòdul CC3120MOD.....	26
Il·lustració 12: Esquemàtic de la interconnexió MSP432 - CC3120.....	27
Il·lustració 13: Diagrama de blocs del maquinari del BOOSTXL-SHARP128.....	28
Il·lustració 14: Esquemàtic interconnexió MSP432 - Sharp128x128.....	28
Il·lustració 15: Esquemàtic del connexionat dels components del sistema.....	29
Il·lustració 16: Detall interruptor de fi de carrera.....	29
Il·lustració 17: Detall polsador.....	30
Il·lustració 18: Detall relé SLA-05VDC-SL-C amb optoacobrador.....	30
Il·lustració 19: Esquema circuit relé SSR.....	31
Il·lustració 20: Detall sensor infraroig.....	32
Il·lustració 21: Diagrama de flux petició mqtt.....	37
Il·lustració 22: Diagrama de flux d'una petició d'obertura.....	37
Il·lustració 23: Diagrama de flux petició per panell.....	37
Il·lustració 24: Detall interior interfície física de control.....	38
Il·lustració 25: Descripció de la capçalera de control d'un missatge MQTT.....	40

Il·lustració 26: Gestió de la longitud d'un paquet MQTT	41
Il·lustració 27: Índex de probabilitat de l'esdeveniment.....	44
Il·lustració 28: Índex d'impacte.....	44
Il·lustració 29: Còdi de colors.....	44
Il·lustració 30: Càlcul de la probabilitat.....	44
Il·lustració 31: Accions resolutores.....	45
Il·lustració 32: Conclusions dels riscos.....	45

1. Introducció.

1.1. Context i justificació del treball

Des que es va començar a parlar de domòtica, ara fa més de 20 anys, m'ha fascinat aquest camp, tant per la seva utilitat com per les immenses possibilitats que comprèn. Com tot, en els seus inicis eres sistemes propietaris, només algunes marques gosaven oferir sistemes complets. Aquests sistemes eren cars, tant pel que fa a adquisició com en la instal·lació, ja que pràcticament no hi havia sistemes sense fils, fet que va fer que la domòtica quedés en un segon pla i només a l'abast de gent amb els suficients recursos per adquirir-ne.

En els últims anys s'ha viscut una revolució en el sector dels sistemes encastats. Dispositius sorgits de projectes com Arduino o Raspberry Pi i paral·lelament, els avenços en tecnologies de comunicacions sense fils (WiFi, Bluetooth, NFC,...), han posat a l'abast del públic en general un ecosistema de dispositius amb el que poder dur a terme petits projectes electrònics.

Aquest treball tracta sobre la millora de les funcionalitats del sistema de control d'una porta de garatge situat en un habitatge.

El sistema de control actual, a part de les funcionalitats bàsiques d'obrir i tancar la porta, no és capaç de saber l'estat de la porta en cada moment, ja que les accions les realitza amb un temporitzador. Tampoc disposa de cap mecanisme de seguretat per evitar l'atrapament o per parar el sistema en cas d'emergència. Per interactuar amb el sistema només es pot fer de forma física per un botó, i de forma remota amb un comandament per radiofreqüència.

Les millores sobre les carències que té l'actual controlador així com dotar el nou dispositiu amb una connectivitat oberta i fàcilment integrable en un sistema domòtic, són l'objectiu principal d'aquest treball.

1.2. Descripció del treball

S'ha desenvolupat un sistema per automatitzar tant el funcionament de la porta com la il·luminació del garatge d'un habitatge.

El sistema permet controlar les funcions bàsiques de la porta, com són, obrir, tancar i parar la porta en qualsevol punt, així com obrir, tancar i obrir amb un temporitzador d'aturada una secció de llums del garatge per tal de facilitar les maniobres.

Les accions sobre la porta es poden dur a terme tant des del panell físic de què disposa el sistema com des d'un dispositiu extern, com pot ser un telèfon mòbil. Els llums s'activen automàticament quan s'obre la porta i poden ser manipulats des del telèfon mòbil.

El sistema de control ve integrat en una capsa que disposa d'un panell frontal amb un botó de tipus bolet per a realitzar aturades d'emergència i dos polsadors, un verd per obrir la porta, i un vermell per tancar-la. Ambdós polsadors provoquem la parada de la porta si aquesta està en moviment. En aquest panell, veurem il·luminar-se de forma intermitent els botons, a mode de resposta, quan s'estigui duent a terme la corresponent acció, tanmateix, l'usuari estarà sempre informat de l'estat del sistema mitjançant una pantalla LCD que contindrà la informació d'estat. El panell disposa també de dos leds d'estat, un general del sistema de color vermell, i un led blau que indica l'estat de les comunicacions.

Mitjançant un telèfon mòbil, l'usuari disposa del màxim control sobre el sistema, podent realitzar totes les accions comentades anteriorment així com modificar l'estat dels llums. El sistema emet missatges d'estat cada cop que hi ha canvis, podent ser enviats cap a l'usuari com a una central receptora d'alertes.

El sistema és capaç de monitorar l'estat de la porta gràcies a dos interruptors de fi de carrera disposats a l'inici i al final del recorregut. Això li permet saber si la porta és oberta, tancada o en algun punt entre aquests dos extrems.

El control de la porta es fa mitjançant relés en cascada per tal d'evitar que, en cas d'error del dispositiu, es pugui donar l'ordre d'obrir i tancar al mateix temps, protegint d'aquesta manera el motor. Per l'enllumenat s'utilitza un relé

Pel que fa a la interacció remota, el sistema incorpora un client MQTT, aquest client se subscriu a un servidor MQTT el qual gestiona els usuaris i les ordres que aquests envien al sistema, aquestes ordres que hauran estat prèviament codificades en el sistema.

El sistema inclou altres mesures de seguretat que el sistema actual no contemplava, a part del botó de desconnexió física per casos d'emergència, inclou també un sistema de detecció d'obstacles durant el tancament de la porta per evitar atrapaments, la capacitat del dispositiu per reiniciar-se en cas d'una fallada de software i el tancament automàtic de la porta en cas que s'intenti obrir forçant-la.

1.3. Objectius del TFG

Els objectius principals del TFG són:

- Controlar les activitats de la porta.
- Monitorar l'estat de la porta.
- Controlar la lluminació.
- Disposar de connectivitat sense fils via WiFi.
- Rebre ordres i enviar notificacions via WiFi.
- Disposar de seguretat contra accidents.

1.4. Enfocament i mètode seguit.

Hi ha tres possibles estratègies per afrontar aquest projecte:

La primera estratègia consistiria en aprofitar el maquinari actual, afegir els mòduls físics necessaris per poder afegir les noves característiques i modificar el programari per tal de fer operatiu el nou maquinari així com afegir les característiques de programari desitjades.

El problema principal d'aquesta estratègia és, en primer lloc, que no disposem de les especificacions de maquinari, per tant s'hauria de determinar de quins components disposem i quines funcionalitats exerceixen i veure si hi ha la possibilitat o el sistema actual té la capacitat de ser ampliat i com.

Per altra banda també tenim el problema del programari, del qual no disposem del codi font per poder ampliar ni modificar i per tant, encara que disposéssim de tota la informació relacionada amb el maquinari hauríem de començar des del principi pel que fa al programari.

Dit això, els esforços que s'haurien de dedicar en aquesta estratègia són molt superiors als beneficis que es podrien obtenir i aquests beneficis tampoc estan garantits.

La segona estratègia consisteix a mantenir el sistema actual i afegir un sistema complementari que habiliti el conjunt per poder executar les noves funcionalitats.

En aquesta segona estratègia en primer lloc començarem per no modificar el sistema actual, fet que ens evita els problemes detectats tant pel que fa al maquinari com al programari. Caldrà definir, això sí, en quin punt interactuen els dos sistemes i com es gestiona aquesta interacció des del nou mòdul.

Com es pot veure, aquesta estratègia implica la creació d'un mòdul completament nou, tant a escala de maquinari com de programari, a més de tenir en compte les interaccions entre els dos

sistemes. Tot i que aquesta estratègia ens evita haver de modificar el sistema antic, la interacció entre els dos sistemes ens pot portar problemes a causa de la falta de canals per on intercanviar informació, és a dir, el sistema nou haurà d'obtenir la informació pels seus mitjans sense que el sistema antic li ofereixi aquesta informació.

Tot plegat ens porta a la tercera estratègia que és l'escollida:

En la tercera estratègia es descarta completament el sistema antic i es decideix dissenyar un sistema nou que contingui totes les especificacions.

D'aquesta manera obtenim, pel que fa a maquinari, una actualització completa dels components amb les seves corresponents especificacions. Aquest nou maquinari ens permet també la interconnexió amb el mòdul de comunicacions utilitzant protocols estàndard i moderns fet que facilita la integració.

Pel que fa al programari, ens dóna la flexibilitat de poder fer servir llenguatges d'alt nivell que faciliten la producció del programari, així com la reutilització de codi per mitjà de llibreries publicades pel fabricant o per tercers, que ens permetran aprofitar les característiques del maquinari de forma ràpida i fiable.

1.5. Planificació del treball.

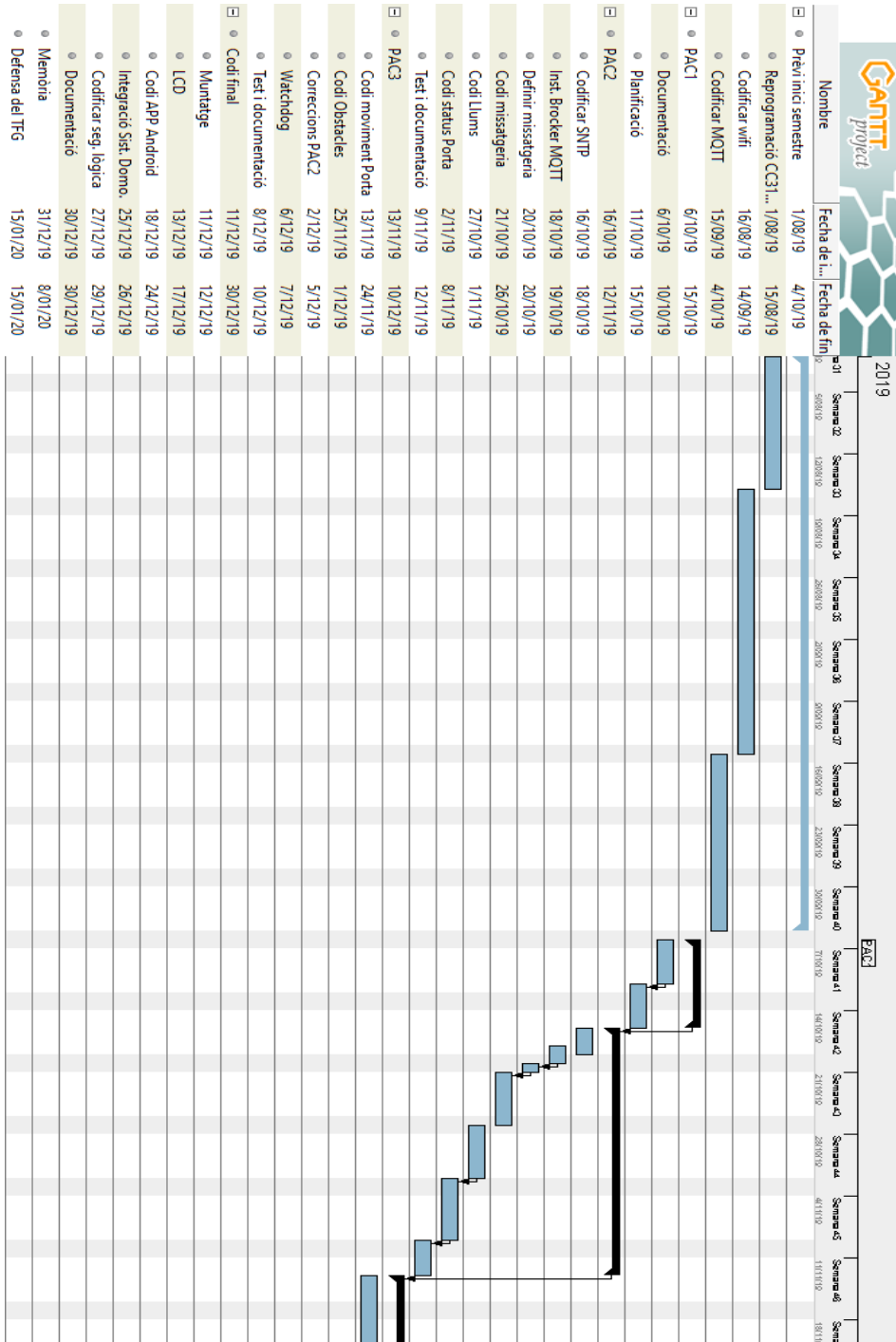
Les tasques a realitzar per a dur a terme el projecte junt amb l'estimació d'hores, són les següents:

	Hores estimades
Previ a inici semestre	43
Reprogramació del CC3120	3
Codificar connectivitat wifi	20
Codificar comunicacions mqtt	20
PAC1	6
Planificació	3
Documentació	3
PAC2	49
Codificar SNTP	7
Instal·lació brocker mqtt	3
Definir marc i tipologia de la missatgeria	2
Codi de recepció i filtrat de missatges	10
Documentació i tests	7
Codificar la interacció amb els llums	10
Codificar monitoratge porta	10
PAC3	30
Codificar control del moviment de la porta	15
Codificar detecció d'obstacles	5
Correccions PAC2	5
Implementació Watchdog	1
Documentació i tests	4
Codi final	67
Muntatge del sistema	4
Integració LCD	8
Desenvolupament de la APP Android	25
Codificar seguretat lògica	15
Integració en sistema domòtic	10
Documentació i tests	5

Taula 1: Tasques a realitzar i estimació de temps

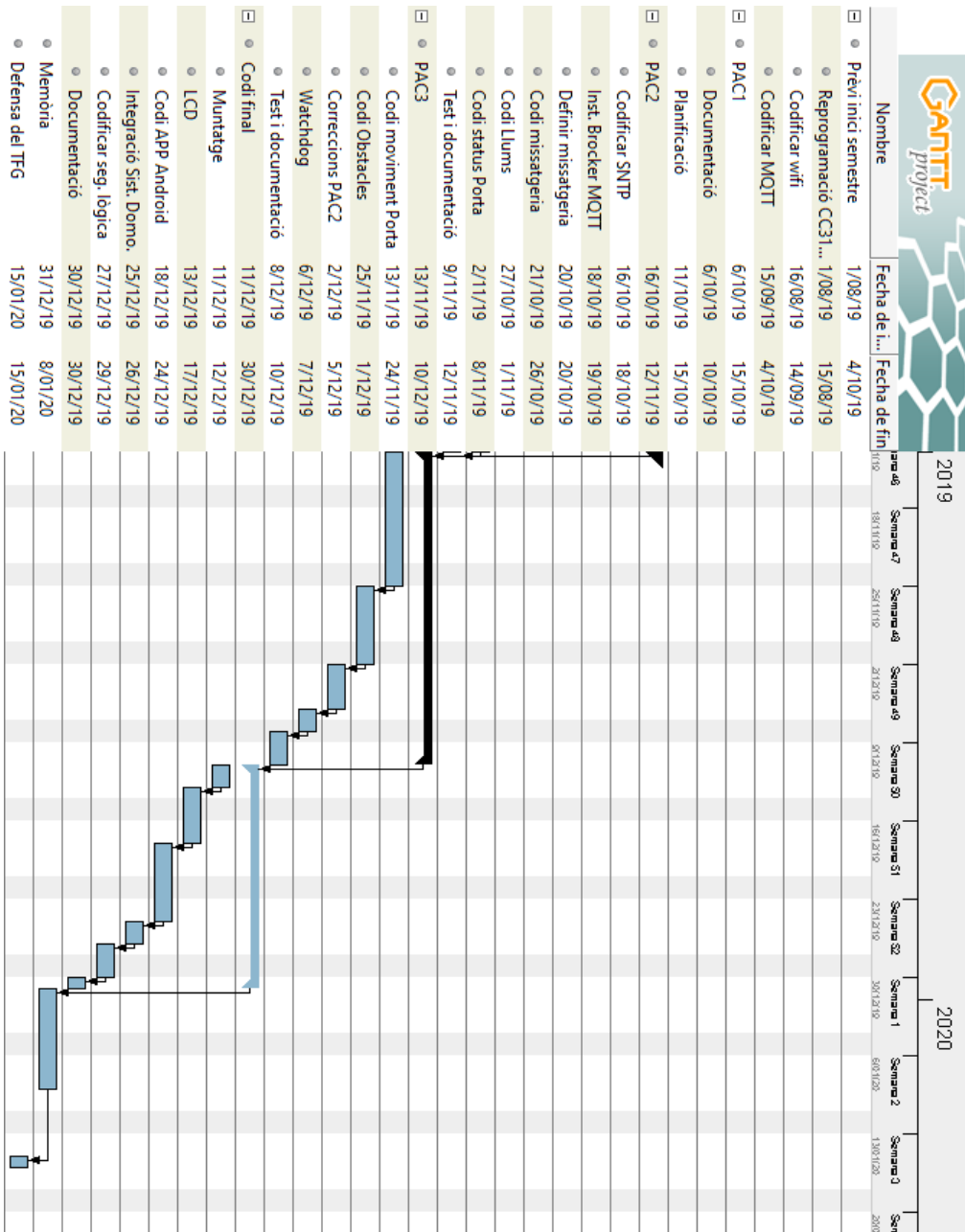
Es tindran les Proves d'Avaluació Continuada de l'assignatura com a punts de control de l'execució del projecte.

Diagrama de Gantt per a la planificació inicial:



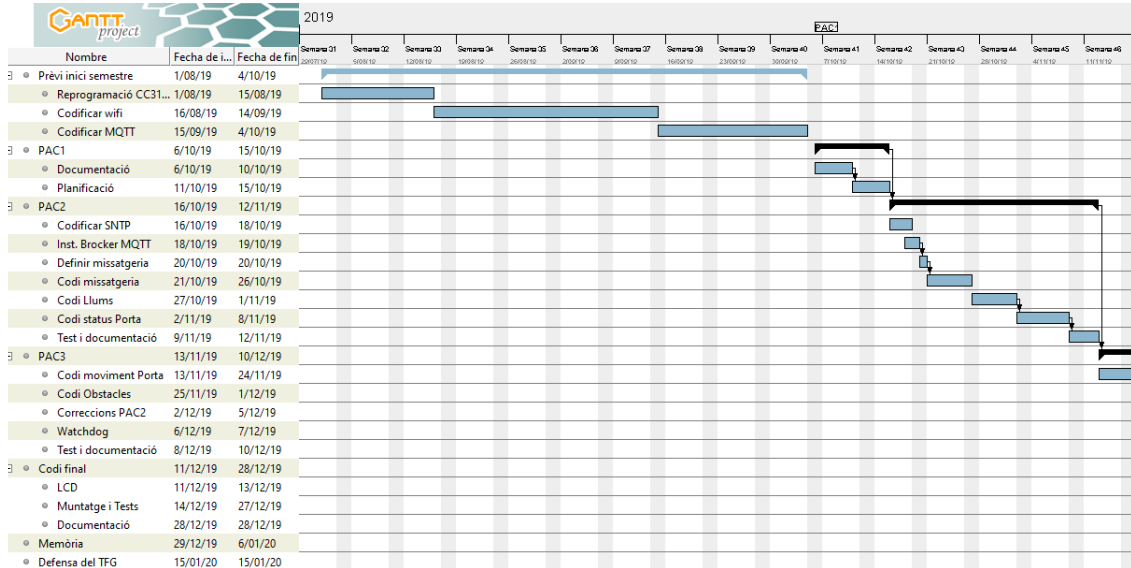
Il·lustració 1: Diagrama de Gantt - Planificació inicial (1/2)

DOMAG: Domòtica Orientada a la Modernització d'Accessos a Garatges

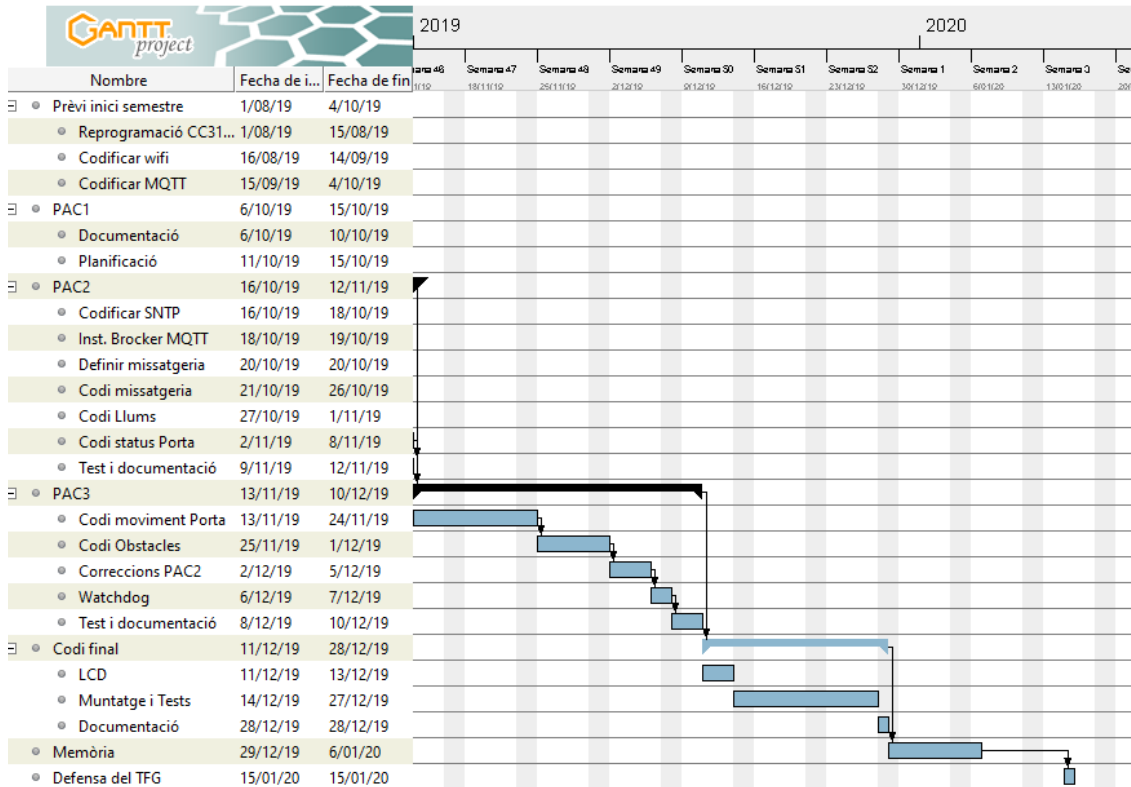


Il·lustració 2: Diagrama de Gantt - Planificació inicial (2/2)

Diagrama de Gantt de la planificació final:



Il·lustració 3: Diagrama de Gantt - Planificació final



Il·lustració 4: Diagrama de Gantt - Planificació final (2/2)

1.6. Recursos emprats

Per a la realització d'aquest TFG s'han utilitzat les següents eines:

- Code Composer Studio 9.3
- Simplelink SDK WiFi Plugin v1.60.0.07
- SimpleLink MSP432 SDK v2.40.0.10
- FreeRTOS V10.2.1
- Debian Linux 9.0
- Eclipse Mosquitto 1.4.10-3+deb9u4
- TI MSP-EXP432P401R Development kit
- TI CC3120BOOST
- TI BOOSTXL-SHARP128
- TI CC31XXEMUBOOST 3.0
- TI Uniflash 5.0

1.7. Productes obtinguts

El producte obtingut és un sistema autocontingut, amb una interfície de control física i una interfície de control virtual, que ens permetrà controlar el funcionament de la porta d'accés i part de la il·luminació d'un garatge.

La interfície de control física consisteix en dos polsadors, un per a cada acció, un dispositiu de visualització on el sistema informarà del seu estat en detall i un seguit de senyals lluminosos que facilitaran informació de l'estat del sistema de forma ràpida.

La interfície de control virtual consisteix en un seguit de codis preprogramats en el dispositiu que seran accessibles mitjançant missatges sobre el protocol MQTT.

El sistema pot ser integrat en un entorn domòtic o funcionar de forma autònoma

1.8. Breu descripció dels altres capítols de la memòria.

En els següents capítols aniré aprofundint en els detalls, motivacions i decisions que m'han dut a realitzar aquest projecte.

En el capítol 2 descriuré l'estat actual de la tecnologia en l'àmbit dels sistemes de control d'accés, els microcontroladors que s'utilitzen per a aquests sistemes i realitzaré un estudi sobre els diferents sistemes que es poden trobar actualment en el mercat.

En el capítol 3 descriuré el disseny del sistema DOMAG, posant l'accent en les decisions preses i les motivacions que m'han dut a prendre-les.

En el capítol 4 explicaré, de forma tècnica i detallada, el disseny exposat en el capítol 3.

En el capítol 5 exposaré la viabilitat del projecte, els seus punts forts i els seus punts dèbils.

En el capítol 6 faré una valoració econòmica del projecte, juntament amb un estudi del cost d'industrialització que tindria en el cas de voler passar la fase de prototipatge.

En el capítol 7 exposaré les conclusions despreses de l'execució del projecte juntament amb l'autoavaluació d'aquest.

En el capítol 8 s'inclou un glossari de termes i acrònims més rellevants utilitzats en aquesta memòria.

En el capítol 9 es detalla la bibliografia amb la totalitat de les fonts consultades per a la realització d'aquesta memòria.

En el capítol 10 s'inclouen com a annexos, les dues guies redactades per tal de poder dur a terme la compilació del software del projecte així com la instal·lació i configuració d'un broker MQTT per al correcte funcionament del projecte.

2. Antecedents

2.1. Estat de l'art

Des de fa anys existeixen una sèrie de projectes, com Arduino, RaspBerry Pi, etc. que han aprofitat l'ús dels microcontroladors al públic generalista. La gran acceptació d'aquests dispositius per poder realitzar petits projectes personats, i inclús el fet que els centres educatius comencin a formar els seus alumnes en aquests àmbits encara ha ajudat més a popularitzar-los.

Dins d'aquest ecosistema un dels microcontroladors més coneguts és Arduino. Arduino és un projecte nascut en el 2005 en l'Institut de disseny d'Ivrea, a Itàlia, que s'enfocava a desenvolupar un dispositiu de baix cost per poder interactuar amb el seu entorn mitjançant sensors i actuadors. El fet que el sistema es distribueixi sota una llicència «Creative Commons» encara l'ha popularitzat més.

El fet que sigui un projecte «Open Source» també a facilitat la creació d'una gran diversitat de llibreries per al suport dels diferents sensors i actuadors, fet que facilita la creació de software sense la necessitat de disposar d'un alt nivell de comprensió del sistema.

Dins d'aquest ecosistema no només hi té un lloc Arduino. Molts fabricants s'han apuntat a crear els seus propis microcontroladors, ja siguin o no compatibles amb Arduino, o amb característiques similars per donar suport a la revolució del «Internet of Things» (IoT).

Algunes de les plataformes de desenvolupament o avaluació que hi ha actualment i els microcontroladors que incorporen són:

Arduino Uno Rev3^[1]

Aquest model d'Arduino és un sistema pensat per iniciar-se en el món de l'electrònica i la programació. Disposa d'un microcontrolador ATmega328P de Microchip i una sèrie de ports situats al voltant del microcontrolador per facilitar la connexió.

ESP32-DevKitC V4^{[2][3]}

Aquesta placa de desenvolupament és bastant més avançada que el model d'Arduino. Està basat en el microcontrolador ESP32 de Espressif i integra en el mateix SoC WiFi a 2.4GHz, Bluetooth 4.2 i fins a dos nuclis de procés.

MSP432P401R^[4]

Aquesta placa de TI també és més avançada que el model d'Arduino. Disposa d'un processador ARM Cortex-M4F i així com Arduino, està dissenyat de forma modular, per poder apilar-se amb altres mòduls hardware.

La següent taula mostra una mica de comparativa de les seves característiques principals:

	Arduino UNO	ESP32-DevKitC V4	MSP432P401R
Microcontrolador	ATmega328P	ESP32-WROOM-32	MSP432
Voltatge operatiu	5V	3.3V	3.3V
Pins I/O Digitals	14	34	84
Pins I Analògics	6	configurables	configurables
Memoria Flash	32KB	4MB	256KB
SRAM	2KB	520KB	64KB
Vel. rellotge	16MHZ	160MHZ	48MHZ

Taula 2: Comparativa microcontroladors (1/2)

Sobre el paper es pot veure com el microcontrolador ESP32 sobresurt en velocitat de rellotge davant la resta. Com comentava anteriorment, Arduino és un sistema d'iniciació i per tant no necessita la potència de què disposa l'ESP32. El MSP432 destaca per la quantitat de ports disponibles, fet que la fa una placa molt versàtil a l'hora d'afegir-hi sensors i actuadors.

Si mirem amb una mica més detall:

Microcontrolador	ATmega328P	ESP32-WROOM-32	MSP432
Processador	AVR® 8-Bit	Xtensa®32-bitLX6	Arm®32-bitCortex®-M4F
Arquitectura	8bits	32bits	32bits
Nuclis	1	1 o 2	1
Unitat Coma flotant	no	si	Si
SPI	si	si (4x)	si (8x)
I2C	si	si (2x)	si (4x)
I2S	no	si (2x)	no
UART	si	si (3x)	si (4x)
Watchdog	si	si (2x)	si
Comparador	si	si	si
Timer	8bits/16bits	4x64bits	4x16bits, 2x32bits
ADC	si	si (12bits)	si (16bits)
DAC	no	Si (2x8bit)	no
WiFi 2.4 GHz	no	si	no
BLE	no	si	no
Accel. Xifrat	no	si	si

Taula 3: Comparativa microcontroladors (2/2)

En aquesta taula encara queda més palesa la senzillesa d'Arduino, començant pel seu processador de 8 bits davant dels processadors de 32bits de què disposen la resta. Un dels motius de la potència del ESP32 és que està enfocat al processament de senyals d'àudio, destaca que és l'únic que utilitza el bus sèrie I2S, que els altres 2 no tenen. Pel que fa a característiques addicionals es pot comprovar que el MSP432, tot i no disposar de la mateixa potència de càlcul que l'ESP32, disposa d'una gran quantitat busos que sumats al gran nombre de ports, esdevé el candidat ideal per dur a terme aquest projecte. Cal destacar que el ESP32 disposa de WiFi i BLE sense necessitat d'afegir-hi hardware addicional i que els tres sistemes són programables en llenguatge C.

Pel que fa als estàndards de comunicacions actuals disposava de moltes alternatives de les quals destacaré WiFi, BLE i Zigbee^[5,6,7]. Els tres estàndards corresponen a comunicacions sense fils.

WiFi, per una banda és el més generalista i en certa manera el més conegut principalment perquè la majoria de dispositius de comunicacions que s'utilitzen avui en dia en l'entorn domèstic el tenen implantat.

BLE (Bluetooth Low Energy) és un estàndard sense fils per a xarxes PAN amb un baix consum.

Zigbee, com BLE, també és un estàndard sense fils per a xarxes PAN amb baix consum, la característica principal de Zigbee és que pot operar en xarxa en forma de malla.

A tall de comparativa de les característiques més rellevants:

	Zigbee	WiFi	BLE
Estàndard	802.15.4	802.11 a/b/g	802.15.1
Mida de la xarxa	> 65000	250	> 32000
Ample de banda	250kb/s	11-54-108Mb/s	2Mb/s
Durada de la bateria	Anys	Hores	Mesos
Abast	100m	100m	100m
Topologia de xarxa	Estrella, arbre, malla	Estrella	Estrella, malla

Taula 4: Comparativa estàndards de comunicacions

Tret de WiFi, tant Zigbee com BLE son estàndard pensats per l'àmbit de IoT, es caracteritzen per un molt baix consum per tal d'allargar la vida de les bateries en dispositius remots i el fet de poder-se configurar en una topologia de malla dóna molta més flexibilitat en vers a les ubicacions dels dispositius per no haver d'estar limitats a la ubicació d'un node central, com passa amb WiFi.

Finalment, l'últim component rellevant que queda per comparar és el protocol de missatgeria. Amb l'auge del IoT han aparegut diversos protocols de missatgeria per tal de facilitar l'enviament d'informació entre dispositius (M2M).

MQTT^[8]

El Message Queue Telemetry Transport és un protocol que va néixer enfocat al sector industrial. En comparativa amb AMQP, és un protocol molt més simple i amb menys opcions. És un protocol dissenyat per entorns amb restriccions de còmput i que utilitza molt poc ample de banda per a la transmissió de missatges, ideal per sistemes encastats. La seva principal característica és la simplicitat. Els missatges s'intercanvien de forma binària.

AMQP^[9]

L'Advanced Message Queuing Protocol és un protocol de missatgeria dissenyat com a substitut de codi obert per a programari intermediari. És un protocol per als que busquen fiabilitat i interoperabilitat. Disposa de moltes característiques de configuració que el fan altament ajustable a les necessitats de cada entorn. Els missatges s'intercanvien de forma binària i és àmpliament utilitzat per grans companyies.

STOMP^[10]

El Simple/Streaming Text Oriented Messaging Protocol és un protocol dissenyat per ser simple i interoperable. A diferència dels altres dos protocols, STOMP no utilitza cues, tot i que existeixen les subscripcions com en la resta. És un protocol simple i lleuger i és l'únic dels tres en què el contingut del missatge s'intercanvia en text, mot similar en com funciona el protocol HTML.

2.2. Estudi de mercat

El mercat tradicional de dispositius de control d'accessos a garatges consisteix en un sistema de control per a la porta del garatge i un comandament a distància per radiofreqüència. Aquests sistemes s'encarreguen d'obrir i tancar la porta exclusivament i, depenent del sistema, disposen de característiques addicionals com poden ser, els sistemes antiatrapament, detectors d'obstacles o mecanismes per detectar el posicionament de la porta.

Actualment s'estan començant a veure en el mercat diversos dispositius que, sense substituir els sistemes actuals, es dediquen a expandir les capacitats d'aquests, normalment dotant de diferents tipus de connectivitat, registre dels accessos, control remot del dispositiu i inclús serveis de valor afegit, com pot ser l'entrega de paqueteria dins del garatge.

Encara no es veuen gaires sistemes de control que portin de manera integrada els sistemes tradicionals amb connectivitat i funcions ampliades.

Principalment, l'avantatge més destacable d'aquestes funcionalitats ampliades és el fet de no necessitar el comandament per radiofreqüència, aquest normalment es substitueix per una aplicació que pot funcionar en un telèfon mòbil, dispositiu que, avui en dia, posseeix la majoria de la població. Els comandaments per radiofreqüència acostumen a ser dispositius propietaris de cada marca, amb les seves pròpies característiques, fet que en dificulta el duplicat i normalment amb preus que oscil·len des dels 20 € als 60 €, en cas de comunitats, l'estalvi seria més que notable. Per altra banda, el fet de tenir una aplicació per al control de sistema, permet obtenir notificacions d'estat del sistema així com el control remot d'aquest, al contrari que els comandaments per radiofreqüència que només funcionen dins el radi d'acció d'aquests.

Dins dels pocs sistemes que actualment es comercialitzen es poden veure els següents com a referència:

- Parkingdoor^[11]
- Amazon myQ^[12]
- Baintex easyParking^[13]
- Garagapp^[14]
- Homyhub^[15]

Tant el sistema desenvolupat com els dos sistemes comercials que es destaquen estan enfocats al sector domèstic, tant per habitatges unifamiliars com a comunitats.

Parkingdoor

Parkingdoor és un sistema que «reaprofita» els sistemes tradicionals afegint la connectivitat de la qual no disposen. Consta de dues versions, una sense cables i una amb cables, en cap cas aquest sistema és capaç de controlar la porta directament, sinó que aprofita un sistema ja instal·lat. La versió sense cables còpia el senyal del comandament per radiofreqüència i emula el seu funcionament, és a dir, esdevé un altre comandament. La versió amb cables va connectada al sistema emulant un polsador, útil per a instal·lacions que disposen de comandaments que no es poden copiar o són de codi variable.

Parkingdoor necessita connexió a internet per a poder ser configurat des de l'aplicació, però posteriorment utilitza el sistema BLE (Bluetooth Low Energie) per connectar-se amb els dispositius mòbils i realitzar les operatives que es feien amb el comandament.

Com a qualitat destacable diré que disposa d'una gestió d'usuaris completa, permetent la compartició de claus de forma temporal. Aquesta és una opció que aporta una alta flexibilitat al sistema, evitant la necessitat d'haver de comprar més comandaments en el cas que més d'una persona utilitzessin el sistema.

Amazon myQ

MyQ és en essència una aplicació per a telèfons mòbils pensada com a un servei més dintre de l'ecosistema de les «Smart Homes» (Cases intel·ligents). L'aplicació està enfocada al control i monitoratge de l'accés als garatges. En aquest cas també és necessari adquirir un dispositiu físic per al control de la porta, similar al cas de Parkingdoor, es pot comprar un dispositiu per habilitar la connectivitat wifi al sistema actual que es tingui instal·lat, o es pot comprar un dispositiu que ja ve amb capacitat wifi per substituir el sistema actual. Ambdós sistemes són del fabricant Chamberlain.

A diferència de Parkingdoor, myQ no utilitza BLE sinó que necessita connexió a internet permanent. Com el sistema anterior, també disposa de gestió d'usuaris completa i permet compartir claus de forma temporal.

Com a qualitats destacables diré que l'aplicació està molt enfocada a la integració amb altres sistemes com poden ser assistents virtuals, com per exemple Google Assistant, sistemes domòtics i altres dispositius com ara càmeres de videovigilància.

Baintex easyParking

EasyParking és un sistema molt similar a Parkingdoor, ja que també es comunica via BLE i no substitueix el sistema de control sinó que n'amplia les capacitats. EasyParking no va connectat a internet tot i que la seva configuració també es realitza des d'una aplicació de telèfon mòbil.

Com els sistemes anteriors, també disposa de gestió d'usuaris completa i permet autoritzar accessos a tercers.

Com a tret destacable diré que disposa d'una funcionalitat «mans lliures», fent que la porta s'obri per proximitat amb el telèfon mòbil, útil en alguns casos.

Garagapp

Garagapp també disposa d'un dispositiu que s'instal·la complementant el sistema de control actual. L'accés al dispositiu es fa via wifi o 3G. Aquest sistema compta, a diferència de la resta, d'una web d'administració a part de l'aplicació mòbil.

Aquest sistema funciona amb una quota mensual on s'inclou la monitorització remota del sistema i el seu manteniment.

Homyhub

Homyhub també amplia les capacitats del sistema que es tingui instal·lat. A diferència de la resta, no es connecta directament a internet sinó que utilitza un «gateway» per accedir-hi. Per connectar-ho al sistema actual es pot fer de dues maneres, copiant el senyal del comandament, o emulant un polsador del sistema. Homyhub incorpora algunes característiques que també tenen altres sistemes que s'han vist, com pot ser l'obertura per proximitat.

Així com myQ ofereix el servei per a Amazon, Homyhub ofereix el servei de recepció de paquets dins del garatge per a Correos.

El kit inclou cinc comandaments virtuals, i com passa a Garagapp, disposa d'una subscripció anual per a tenir comandaments virtuals il·limitats.

En línies generals, els avantatges que tots aquests sistemes vénen a oferir són:

- Connectivitat, sigui wifi, 3G o BLE.

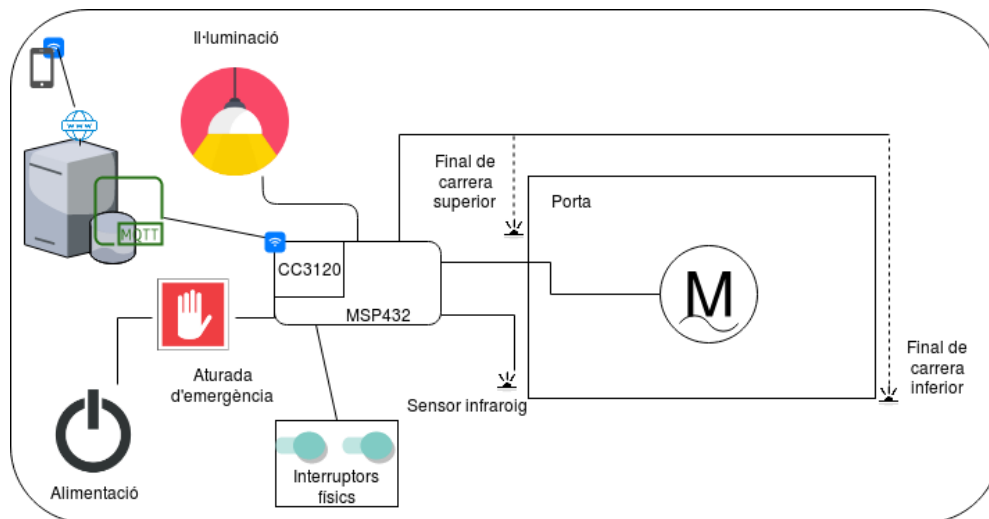
- Control remot del sistema via aplicació mòbil.
- Gestió d'usuaris i compartició de claus virtuals.
- Monitoratge del sistema i notificació a l'usuari en cas d'esdeveniments.

3. Descripció funcional

3.1. DOMAG: Domòtica Orientada a la Modernització d'Accessos a Garatge.

Amb el sistema dissenyat es vol controlar, de forma local o remota, el mecanisme d'obertura d'una porta de garatge així com la il·luminació. Per dur-ho a terme s'ha dissenyat un sistema de control que està compost per una unitat de control amb un mòdul de comunicacions i un grup de sensors que permeten obtenir informació sobre la posició de la porta.

Descripció del sistema



Il·lustració 5: Esquema d'interaccions del sistema

La porta que volem controlar disposa d'un motor de corrent alterna que funciona en ambdós sentits, d'aquesta manera es pot activar per obrir o tancar la porta.

Per tal de determinar la posició de la porta s'han instal·lat dos interruptors de final de carrera. Aquests interruptors ajudaran a determinar si la porta està en el seu punt més alt (Oberta), en el seu punt més baix (Tancada) o si es queda en qualsevol punt mig.

La unitat de control consta d'un microcontrolador que executa el codi de control, aquest afecta tant a la porta com a les llums, depenent de la informació que li arriba per les diferents entrades (polsadors, interruptors de fi de carrera, missatgeria MQTT, etc.). El microcontrolador també gestiona la part de codi del client MQTT per intercanviar missatges amb el broker MQTT així com el mòdul de comunicacions que és l'encarregat de gestionar l'enllaç wifi amb la xarxa de comunicacions.

A la part baixa de la porta s'hi ha instal·lat un sensor infraroig a manera de detector de presència, aquest sensor ens indicarà si hi ha algú o algun objecte creuant la porta en el moment d'executar una maniobra de tancament i així poder evitar accidents. Quan es detecta presència en la maniobra de tancament, el sistema força la porta a obrir-se altre cop de forma automàtica.

S'ha volgut desenvolupar un sistema el més simple possible, tenint en compte les particularitats i les mancances del sistema que es volia substituir i afegir-hi característiques que poden millorar tant la usabilitat com la comoditat d'utilització per part de l'usuari.

Descripció de les comunicacions

El sistema ha estat dissenyat tenint en compte la seva utilització en un entorn residencial i per tant, a escala de comunicacions, s'han tingut en compte dos factors clau:

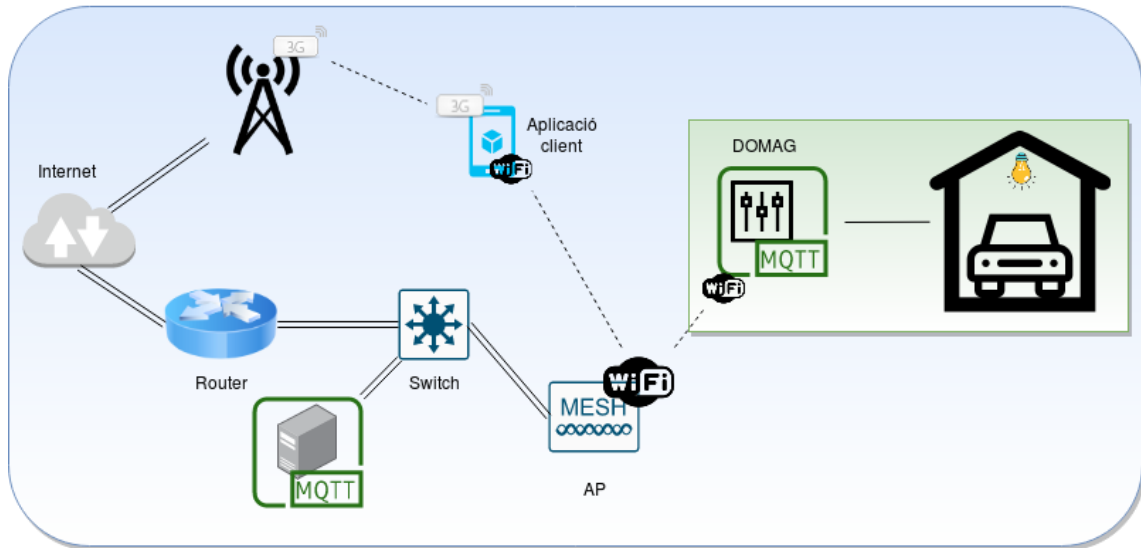
1. El sistema de comunicacions més estès en entorns residencials és el WiFi
2. El sistema ha de poder ser integrat en entorns domòtics

Tenint en compte aquests factors, es va basar el sistema de comunicacions en WiFi i es va adoptar el protocol de missatgeria MQTT per les facilitats d'integració amb diferents sistemes domòtics, com podria ser OpenHab^[16].

Per a la instal·lació del sistema és necessari, com a mínim, un punt d'accés WiFi i un servidor MQTT (broker), que normalment estarà ja instal·lat en el sistema domòtic de control.

Val a dir que existia la possibilitat de tenir el servidor MQTT integrat també en el codi del microcontrolador però era una opció que es va descartar perquè es volia que el sistema dissenyat fos una «peça» més dins de l'ecosistema domòtic i no un sistema 100% autònom.

La xarxa en la qual s'ha instal·lat el sistema, a tall d'exemple, té la següent estructura:



Il·lustració 6: Esquema de blocs de la xarxa

Interaccions del sistema

Es pot considerar el microcontrolador com el punt central del sistema. Qualsevol acció o esdeveniment ha de passar forçosament pel programari de control del microcontrolador.

En el programari de control existeixen dues tasques que controlen, per una banda, les accions a realitzar i els esdeveniments a tenir en compte sobre la porta i per altra banda, les accions a realitzar amb la il·luminació.

La tasca que activa la il·luminació té el control exclusiu sobre el circuit que actua i per tant no disposa de sensors addicionals per determinar el seu funcionament.

La tasca que activa la porta utilitza els interruptors de final de carrera per determinar la durada de les accions. En cas de fallada d'algun dels interruptors es disposa d'una temporització addicional per evitar que es cremi el motor si el sistema no ha estat capaç de detectar la finalització de l'acció.

3.2. Interfície d'usuari

El sistema DOMAG consta de dues interfícies per poder-hi interaccionar, una física i una virtual:

a) Interfície física



Il·lustració 7: Detall interfície física de control

La interfície física del sistema és simple i intuïtiva. Es vol que l'usuari pugui utilitzar el sistema sense haver-se de llegir un manual i per tant s'ha intentat no recarregar en excés el panell principal amb elements innecessaris.

Si dividim el panell en quatre quadrants, d'esquerra a dreta i de dalt a baix podem veure:

En el primer quadrant hi ha dos leds, un vermell i un RGB. El primer ens indica que el dispositiu funciona i està operatiu. El segon, normalment està intermitent en color blau i indica que el dispositiu està connectat a la xarxa wifi. Durant la inicialització del sistema, podem veure com s'intercala una tonalitat violeta, indicant que el dispositiu està en procés de connexió. Aquests dos elements ofereixen la informació suficient perquè l'usuari sàpiga que el sistema està operatiu i connectat, condicions necessàries per al seu correcte funcionament.

Al segon quadrant hi ha disposada una petita pantalla de 128x128 píxels que ens va informant, de forma detallada, de qualsevol esdeveniment que succeeix en el sistema. No es pretén que aquesta pantalla sigui la primera font d'informació per a l'usuari, sinó que sigui el lloc on l'usuari es pugui adreçar en cas de problemes per obtenir informació més detallada del sistema.

En el tercer quadrant hi trobem un polsador, de tipus «bolet», que ens permet realitzar una parada d'emergència de tot el sistema. Aquest botó, un cop premut, desconnecta el corrent del motor així com l'alimentació del sistema i per tant deixa tot el conjunt inoperant. Per poder recuperar el sistema cal desbloquejar el polsador, girant la part superior del polsador cap a on

indiquen les fletxes. Aquest és un botó ràpidament visible i de fàcil accés, ambdues condicions indispensables en cas d'emergència.

En el quart quadrant es disposen dos polsadors més, aquests polsadors són similars als de les màquines recreatives. El botó verd s'utilitza per obrir la porta i el vermell per tancar-la. Ambdós polsadors, quan s'activen s'il·luminen de forma intermitent per tal de notificar a l'usuari que l'acció sol·licitada s'està duent a terme. En cas de voler parar el moviment de la porta, n'hi ha prou en prémer qualsevol dels dos botons altre cop.

En el panell del sistema no hi ha cap botó per al control de la il·luminació, ja que existeixen dos circuits d'il·luminació en el garatge i el sistema només en controla un dels dos. L'altre circuit disposa d'un interruptor manual situat en un altre accés. Com que el garatge ja queda il·luminat per l'altre circuit, no s'ha disposat un interruptor per a la llum per no atapeir el panell principal. Independentment, el circuit de llums es pot controlar per la interfície virtual.

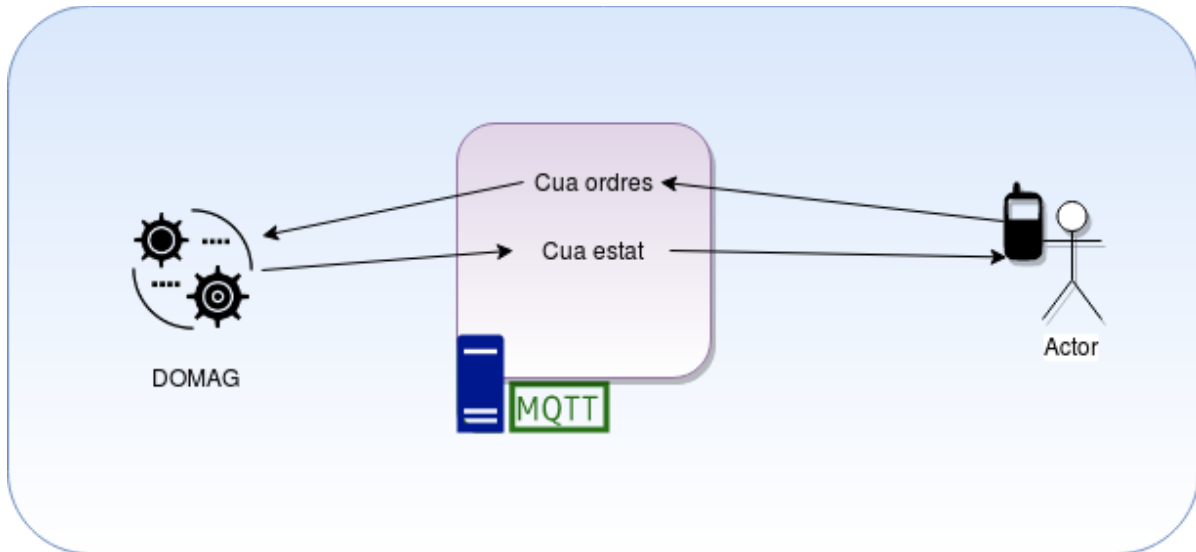
La informació que ofereix el sistema és la convenient perquè l'usuari sàpiga tot el que necessita saber sobre l'estat del sistema des d'una distància raonable, sense necessitat d'haver d'acostar-se a llegir la pantalla.

b) Interfície virtual

El sistema també consta d'una interfície virtual. Aquesta interfície està pensada de cara a la integració del sistema DOMAG a altres sistemes domòtics o per controlar el sistema des de qualsevol altra aplicació. El desenvolupament d'una aplicació de control no era un dels objectius principals d'aquest treball sinó que el que es volia era deixar una interfície oberta perquè l'usuari pugui integrar-la i adaptar-la depenent de les seves necessitats.

DOMAG utilitza un client de missatgeria MQTT integrat en el codi del sistema. Aquest client es connecta a un servidor broker MQTT que és qui gestionarà les cues de missatge.

El funcionament és senzill, l'usuari, amb el dispositiu que hagi escollit, es subscriu a les cues de missatges que escolta DOMAG. Quan vulgui que el sistema realitzi alguna acció, només ha d'enviar un missatge a la cua correcta i DOMAG processarà el missatge i executarà l'ordre convinguda.



Il·lustració 8: Interacció de l'usuari amb la interfície virtual

3.3. Programari de control

Per al programari de control s'ha intentat dissenyar una estructura modular amb dos grans blocs diferenciats, el bloc de control i el bloc de comunicacions.

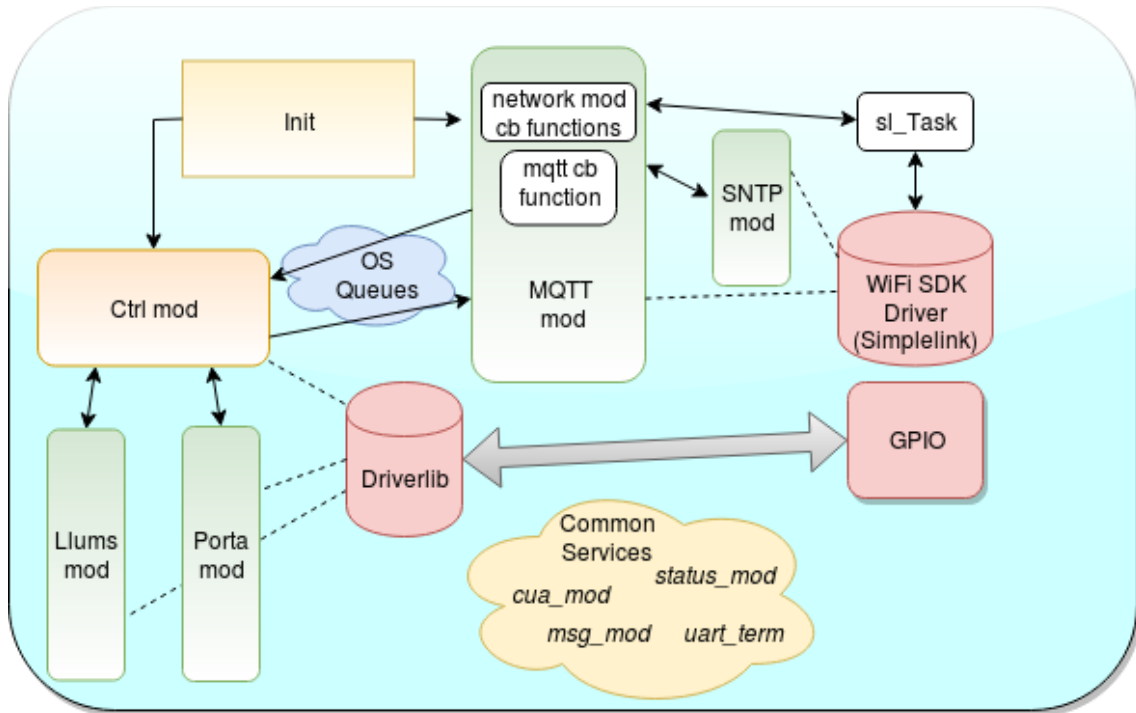
La principal tasca del bloc de control és donar resposta a les demandes del sistema, per això crea dues tasques, una per a cada ítem a controlar. Una tasca es farà càrrec de tot el relacionat amb la il·luminació i l'altra tasca es farà càrrec de tot el relacionat amb la porta.

Totes les ordres passaran sempre per la tasca de control, d'aquesta manera s'evita la interacció directa entre tasques i se centralitza la presa de decisions.

Per la banda del bloc de comunicacions es creen diverses tasques per donar suport a les necessitats d'aquest bloc. El bloc de comunicacions tracta des del suport a la capa d'enllaç, passant per l'obtenció de l'hora via el servei SNTP i acabant per fer-se càrrec de la part del client MQTT que envia i rep els missatges d'estat i de control.

Ambdós blocs es comuniquen entre si gràcies als serveis interns de missatgeria del sistema operatiu.

Per donar suport al nucli de l'aplicació s'han generat una sèrie de mòduls auxiliars que realitzen funcions addicionals, com poden ser l'escriptura d'informació en consola o en el LCD, l'ús de les cues de missatges del sistema operatiu o el control de l'estat de la porta o la il·luminació.



Il·lustració 9: Diagrama de blocs del disseny del programari

4. Descripció detallada

4.1. Descripció del maquinari

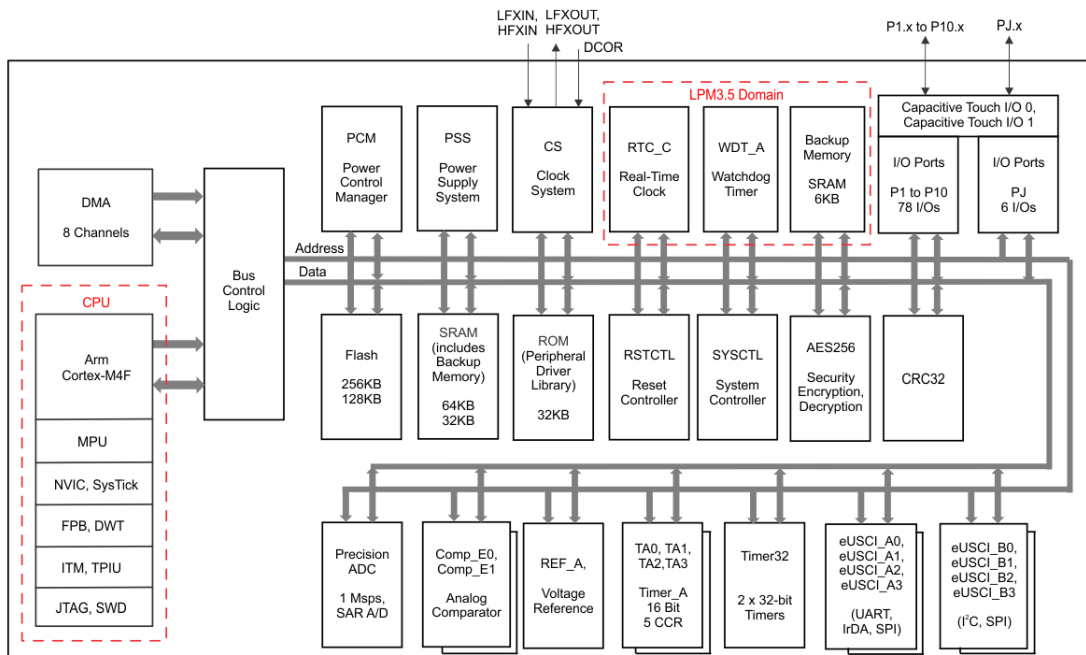
El nucli del sistema: el microcontrolador TI MSP432

El TI MSP432 és un processador de tipus ARM Cortex-M4F, basat en arquitectura ARMv7-M que proporciona una plataforma d'alt rendiment i baix cost amb uns baixos requeriments de memòria en la seva implementació. Disposa d'un nombre reduït de pins i d'un baix consum d'energia alhora que proporciona un rendiment computacional superior i una resposta excepcional del sistema a les interrupcions.

Aquest processador també disposa de la possibilitat de tenir fins a 64 fonts d'interrupció amb fins a 8 nivells de prioritització, múltiples interfícies per a busos d'alt rendiment, registres de propòsit general de 32 bits una unitat de còmput de coma flotant dedicada amb registres de 32 bits propis i solucions de baix cost per a poder depurar el codi, entre altres característiques.

Es pot trobar informació tècnica detallada sobre el funcionament intern del processador en manual de referència tècnica¹.

Per tal de realitzar el projecte s'ha utilitzat una placa d'avaluació, concretament la MSP432P401R, que conté aquest mateix processador amb una freqüència de rellotge de 48 MHz i diverses facilitats per ajudar al desenvolupament dels projectes:



Il·lustració 10: Detall dels perifèrics inclosos en el MSP432P401R

1 Veure bibliografia [4]

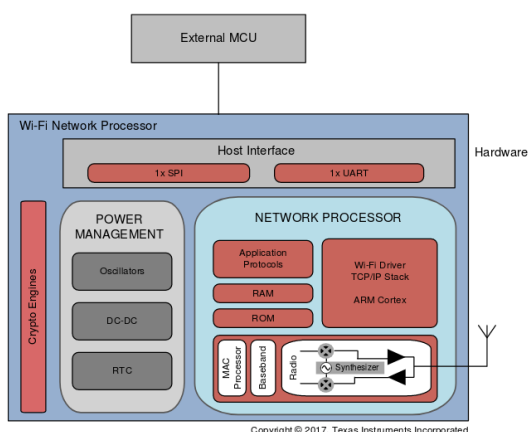
Dels diferents perifèrics disponibles en aquesta plataforma, per al desenvolupament d'aquest projecte s'ha utilitzat:

- eUSCI_A0 per les comunicacions amb la UART
- eUSCI_B0 per a les comunicacions SPI amb el mòdul CC3120 de comunicacions
- eUSCI_B2 per a les comunicacions SPI amb el mòdul Sharp128 del LCD
- Ports GPIO, amb suport d'interrupció per als pulsadors i sense interrupció per a altres dispositius

El mòdul de comunicacions: TI CC3120MOD

El CC3120MOD és un mòdul certificat WiFi a 2.4-GHz que inclou el processador de xarxa (NWP) CC3120RNMARGK. La feina d'aquest processador és descarregar completament el processador principal d'executar tasques relacionades amb WiFi i protocols d'internet.

Com a característiques principals es pot destacar:



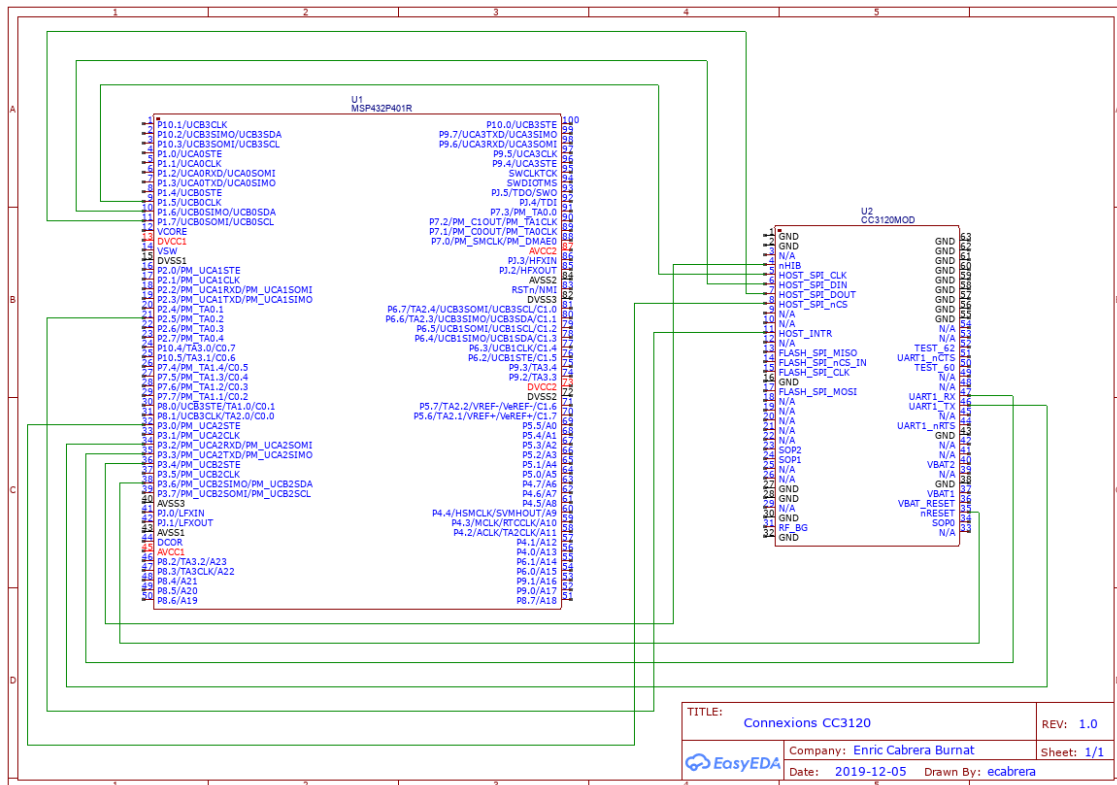
il·lustració 11: Diagrama del hardware del mòdul CC3120MOD

- Accepta modes Wifi 802.11 b/g/n tant en mode estació com en mode punt d'accés (AP)
- Accepta els protocols de seguretat WPA2 Personal i Enterprise
- Disposa d'un motor d'encriptació de 256 bits
- Inclou piles TCP/IP, TSL/SSL i un servidor web HTTP així com múltiples protocols d'Internet.

- Suporta IPv4 i IPv6
- Suporta gran varietat de mètodes d'aprovisionament.
- Disposa d'un subsistema de gestió del consum que li permet hibernar i reduir el consum.

Per a la comunicació entre el MSP432P401R i el CC3120MOD s'ha utilitzat el protocol SPI, via el eUSCI_B0.

En el següent diagrama es pot veure detallada la utilització dels respectius ports per a la interconnexió dels dos components:



Il·lustració 12: Esquemàtic de la interconnexió MSP432 - CC3120

Per a la correcta utilització del mòdul CC3120MOD cal adquirir un mòdul addicional anomenat CC31XXEMUBOOST. Aquest mòdul és un emulador i permet carregar el firmware nou o modificat en el CC3120MOD mitjançant el software TI UniFlash. És necessari carregar el firmware amb el nivell correcte i d'acord amb el que s'estigui utilitzant en l'entorn de programació per evitar errors. El «Service Pack» correcte per utilitzar amb el Simplelink SDK WiFi Plugin v1.60.0.07 és el sp_3.7.0.1_2.0.0.0_2.2.0.6.bin

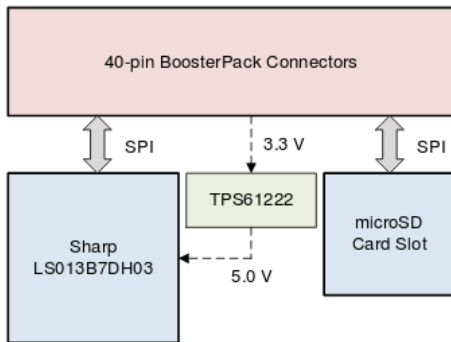
Paral·lelament amb aquest software es poden codificar diverses característiques del maquinari així com carregar els certificats digitals en cas de voler utilitzar protocols com SSL/TLS.

Per al projecte s'utilitzarà el mòdul per a comunicacions WiFi en mode estació amb WPA2. La configuració dels paràmetres es farà via programa, tot i que amb l'emulador es pot deixar el mòdul preprogramat d'inici perquè es connecti directament a un punt d'accés determinat.

El mòdul de visualització: Sharp 128x128

El mòdul Sharp 128x128 consisteix en un petit panell de 128x128 píxels basat en el panell TFT de molt baix consum LS013B7DH03 de Sharp Electronics. El mòdul utilitzat en el projecte s'anomena BOOSTXL-SHARP128[18] i inclou, a més, una ranura d'expansió microSD que no utilitzarem.

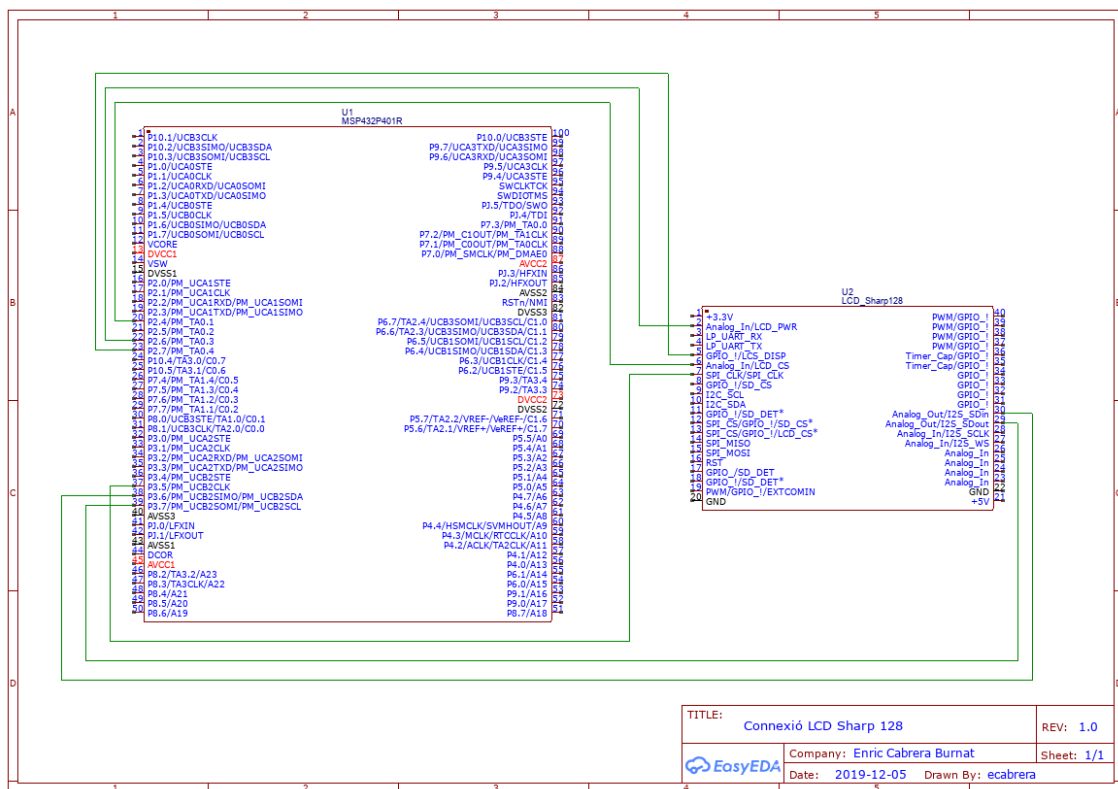
Com a característiques principals disposa de:



- LCD monocrom de 128x128 píxels
- Mida de la pantalla de 1.28 polzades
- Panell TFT de molt baix consum
- Interfície SPI per intercanvi de dades

Il·lustració 13: Diagrama de blocs del maquinari del BOOSTXL-SHARP128

La decisió d'escollir aquest mòdul va ser per la compatibilitat amb el MSP432P401R i sobretot per la facilitat d'integració amb el codi i la facilitat de configuració en el sistema.

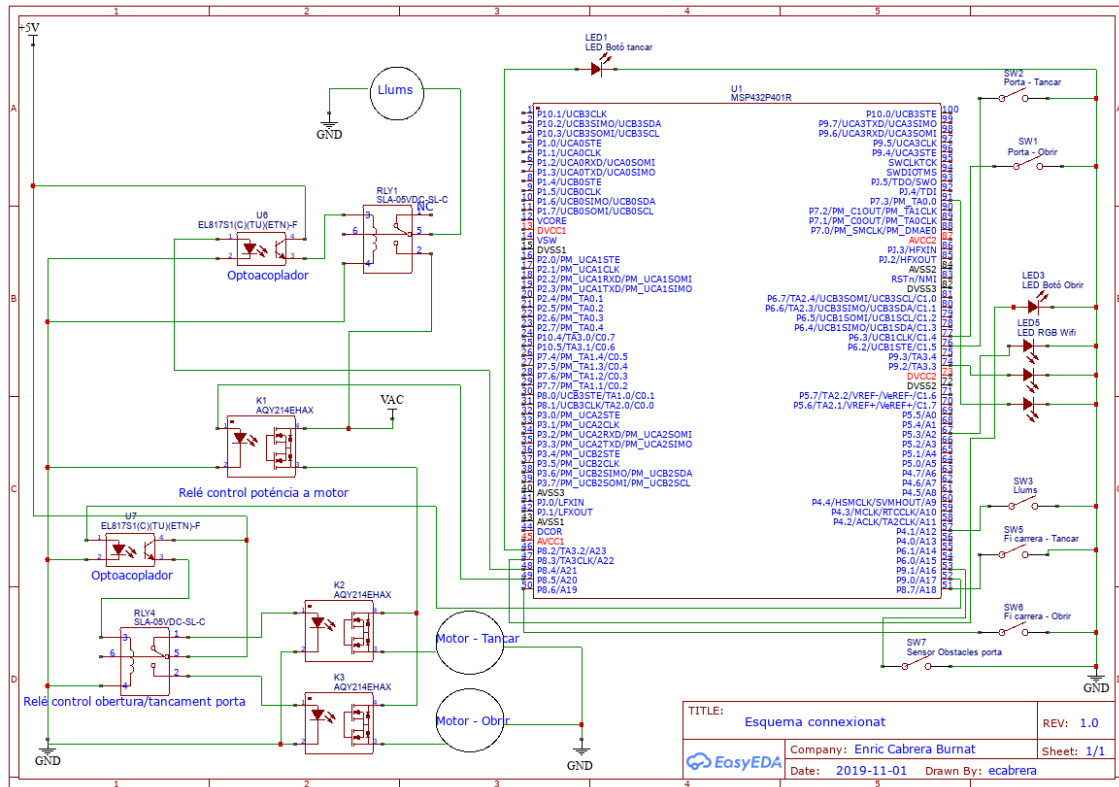


Il·lustració 14: Esquemàtic interconnexió MSP432 - Sharp128x128

Per a la comunicació entre el MSP432P401R i el BOOSTXL-SHARP128 s'ha utilitzat el protocol SPI, via el eUSCI_B2.

Altres components del sistema

Perquè el sistema funcioni tal com s'ha dissenyat necessita altres components electrònics.



Il·lustració 15: Esquemàtic del connexionat dels components del sistema

Interrupctors de final de carrera

Els interruptors de final de carrera són interruptors de dues posicions i tres pins així que permeten prendre el senyal com a normalment obert o normalment tancat. Es va escollir aquest



Il·lustració 16: Detall interruptor de fi de carrera

model d'interruptor perquè disposa d'una palanca allargada amb rodeta a la punta. Aquesta característica evita que la palanca es pugui quedar enganxada amb la superfície de la porta a causa de les imperfeccions en la superfície de contacte amb la porta. Altrament, la longitud extra de la palanca dona més flexibilitat a

l'interruptor i evita l'estrès del component davant els embats de la porta en accionar-se, evitant que es malmeti el suport on resideix.

Els interruptors han estat soldats en un suport per tal de poder disposar-los en la posició més convenient.

Els interruptors estan cablejats fins als respectius ports del MSP432P401R. Els ports del MSP432P401R que atenen a aquests interruptors estan configurats com a port d'entrada amb resistència de «pull-up». Les resistències de «pull-up» són internes del MSP432P401R i per tant no ha calgut realitzar cap càlcul per a la seva definició.

Polsadors

Uns altres elements necessaris per al funcionament del sistema són els polsadors. Aquests envien el senyal a la unitat de control quan l'usuari desitja realitzar una operació amb la porta des del panell físic. Com s'ha explicat en punts anteriors, els polsadors disposen d'il·luminació led per poder donar retroacció a l'usuari.



Il·lustració 17: Detall polsador

Els polsadors estan configurats de la mateixa forma que els interruptors de fi de carrera, utilitzant ports GPIO amb resistència de «pull-up». A diferència dels interruptors de fi de carrera, els polsadors si disposen d'interrupció configurada en el programa de control.

Relés

Per a la configuració del sistema hem utilitzat dos tipus diferents de relés. Ambdues configuracions vénen integrades en un circuit imprès juntament amb un optoacoblador. L'optoacoblador permet la separació física del circuit de control en vers el circuit a controlar, protegint el circuit de control dels corrents que es puguin originar en el circuit secundari.



Il·lustració 18: Detall relé SLA-05VDC-SL-C amb optoacoblador

El primer tipus que hem fet servir és un relé mecànic, model SLA-05VDC-SL-C amb optoacoblador Toshiba P280. El circuit de control s'alimenta i s'activa amb un senyal de 5V. El relé admet fins a 240V de corrent alterna o 30V de corrent continu així com un corrent màxim de 30 Amperes en el circuit secundari.

Aquest component es farà servir per a l'activació del circuit d'il·luminació així com a circuit de control per a la porta. Els valors de l'amperatge i del corrent suportats són suficients per fer front a la càrrega del circuit d'il·luminació. En el circuit de control de la porta la càrrega és ínfima perquè es treballa amb 3,3V.

El senyal de control ve d'un port GPIO del MSP432P401R i està controlat pel software de control.

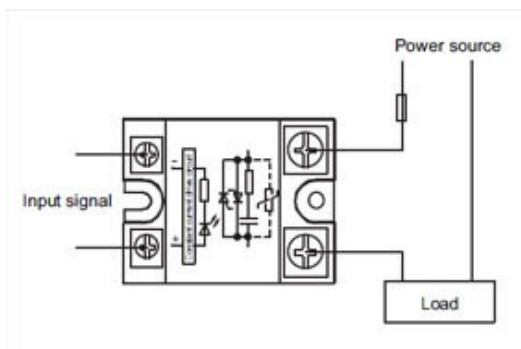
Per culpa dels forts corrents elèctrics que es generen en la posada en marxa del motor, vam haver de buscar una alternativa en enfront dels relés mecànics de què disposàvem, ja que les seves capacitats no eren suficients.

Per poder actuar sobre el motor hem utilitzat relés d'estat sòlid (SSR). Els relés SSR són dispositius basats en semiconductors i no disposen de parts mòbils com els relés mecànics que utilitzen un terminal mòbil accionat per una bobina. Els relés SSR disposen d'alguns avantatges davant dels relés convencionals:

- Major velocitat de commutació de l'ordre de mil·lisegons
- Major durabilitat al no patir desgast per no tenir parts mòbils
- Funcionament silencios
- No genera espurnes i per tant és apte per entorns inflamables

El seu funcionament també representa algun desavantatge respecte els relés mecànics:

- El preu, a iguals característiques, és superior en els relés SSR
- Les pèrdues en els relés SSR es manifesten en forma de calor i per tant, depenent de la càrrega que s'utilitzi, necessitaran dissipadors.



Il·lustració 19: Esquema circuit relé SSR

En el cas particular del nostre sistema, tant la càrrega com el temps d'utilització no provoquen un escalfament del dispositiu i per tant no es necessari equipar-los amb dissipadors.

Com es pot veure en l'esquemàtic, s'utilitza una disposició de cascada en la configuració dels relés SSR en el circuit, utilitzant un relé mecànic com a circuit de control dels relés que controlen el sentit d'operació de la porta. El

motiu és protegir el motor de possibles errors en el software que poguessin activar ambdós sentits de treball del motor alhora, fet que podria malmetre.

Els relés SSR utilitzats en el sistema, s'activen amb un rang de voltatges d'entre 3 i 32 V de contínua, fet que ens permet activar-lo directament des del microcontrolador. Per altra banda, el circuit secundari admet des de 24 a 380V en alterna i fins a 80 Amperes de corrent, això ens permet tenir marge suficient per admetre els corrents generats en l'arrancada del motor.

Dispositius de seguretat

En el sistema s'han instal·lat dos dispositius de seguretat contra accidents, un actiu i un passiu.

El dispositiu actiu és un sensor d'infraroigs situat entre els dos extrems de la porta. Aquest sensor està compost per dos mòduls, un conté un emissor i l'altre un receptor que es col·loque en forma de «barrera virtual». Quan algun cos bloqueja la transmissió entre l'emissor i el receptor, es tanca un relé a manera d'interruptor. La connexió al MSP432P401R és cablejada i utilitza un port GPIO amb resistència de «pull-up».



Il·lustració 20: Detall sensor infraroig

El dispositiu passiu consisteix en un interruptor d'emergència auto-blocant. Aquest dispositiu serà l'últim recurs davant incidències, ja que desconnecta completament tots els circuits de l'alimentació, tant el motor que activa la porta, com la il·luminació, com la unitat de control.

Aquest interruptor és el punt d'entrada de l'alimentació del sistema i és un element mecànic que no està sotmès a la unitat de control.

4.2. Descripció del programari

Plantejament inicial

Per tal de generar el programari de control em vaig basar en els programes d'exemple que proporciona el fabricant així com l'IDE recomanat que és el «Code Composer Studio». El llenguatge de programació utilitzat i amb el que es lliuren els programes d'exemple és C i per tant és el llenguatge escollit per al desenvolupament de l'aplicació de control.

Ja des de l'inici es va decidir utilitzar un sistema operatiu en temps real per poder fer un disseny de l'aplicació que funcione amb tasques i així aprofitar millor les capacitats del sistema.

Com a sistema operatiu hi havia dos candidats, en primer lloc disposava de FreeRTOS, un S.O. en temps real madur, amb suport per al dispositiu, té una petjada de memòria petita i disposa d'una API completa amb què poder treballar.

En segon lloc disposava de TI-RTOS amb nucli SYS/BIOS, que és el S.O. en temps real del fabricant TI.

Ambdós sistemes operatius disposen de característiques similars així i tot, la balança es va decantar per FreeRTOS pels següents motius:

- És un sistema operatiu amb el qual havíem treballat en el transcurs del grau
- Té una comunitat d'usuaris extensa i una bona documentació
- L'API és més extensa i amb més utilitats

Per al desenvolupament del software es va escollir un disseny modular, amb dos grans blocs, un de control i l'altre de comunicacions i una sèrie de mòduls addicionals per a donar suport a les funcions més utilitzades.

La configuració del maquinari es realitza tal com s'indica en els exemples de programació del fabricant, utilitzant els membres MSP_EXP432P401R.c per a la configuració dels perifèrics i dels diferents ports del dispositiu, posteriorment s'enumeren en el membre MSP_EXP432P401R.h i finalment es defineixen els àlies en el membre Board.h per permetre la portabilitat del codi.

Seguint també els exemples del fabricant, s'utilitza un projecte a part dins de l'IDE per generar una llibreria amb el sistema operatiu, aquest projecte és on trobarem els paràmetres de configuració del sistema operatiu.

Molts dels exemples de programació del fabricant afegixen una capa POSIX per tal de fer portable el codi de l'aplicació sobre altres plataformes. Per comoditat no s'ha fet servir aquesta capa sinó que s'han utilitzat les funcions de l'API del sistema operatiu directament.

Descripció dels mòduls generats i les seves funcions

Quan s'inicia el programari de control es generen dues tasques, corresponents al bloc de control i al bloc de comunicacions, un cop s'arranca el planificador aquestes dues tasques portaran el pes de l'aplicació.

Bloc de control

El bloc de control està encapçalat pel membre «ctrl_mod» juntament amb els membres «porta_mod» i «llums_mod» que són els encarregats del control operatiu de la porta i de la il·luminació respectivament.

En el mòdul de control es defineixen les funcions per a les interrupcions dels botons del panell principal i s'arranquen les dues tasques per atendre les peticions de servei per a la porta i la il·luminació.

S'ha intentat que el disseny dels mòduls de control sigui bastant similar. Tots, després de la configuració inicial, disposen d'un bucle de control on resideixen les diferents opcions dels respectius programes.

En el cas del mòdul de control, aquest resta a l'espera de la comanda a processar durant un temps determinat, en cas que venci el temps, el programa executarà el control d'estat de la porta. Aquesta funcionalitat serveix per detectar que no hi hagi hagut variacions en la posició de la porta que no estiguin subjectes a una ordre, com pot ser el fet de que s'hagi intentat forçar la porta. Si disposem de comanda, el programa executarà les instruccions programades per aquella comanda.

Les comandes, tant si vénen de l'aplicació, com de la missatgeria MQTT com de les interrupcions dels botons del panell, arriben al control mitjançant cues de missatges del sistema operatiu. Aquestes cues i les seves funcionalitats estan encapsulats en el mòdul «cua_mod» del qual parlaré més endavant.

Per tal de no haver de fer conversions en el transcurs del programa es va decidir que les comandes fessin servir el mateix format definit per als missatges MQTT²

Un dels trets particulars de l'aplicació és que el bucle de control, a part de recepcionar les comandes, també recepciona les comandes d'estat, de manera que les tasques o esdeveniments que generen canvis en els estats no envien la informació directament a la rutina del LCD o del MQTT per notificar el canvi d'estat a l'usuari, sinó, juntament amb les comandes de control, s'envia via cua al bucle de control. D'aquesta manera se centralitzen les notificacions i s'aconsegueix una harmonització de les notificacions i del contingut d'aquestes. El bucle de control és l'única tasca amb potestat per enviar missatges al LCD o al MQTT.

Una altra característica es com s'activen les tasques per la porta o per la il·luminació. Ambdues tasques utilitzen la mateixa metodologia fent servir la notificació entre tasques que ofereix FreeRTOS. D'aquesta manera, mentre no es necessita que s'executi codi d'aquestes tasques, es quedaran en espera de forma indefinida sense consumir recursos. Quan arriba la comanda al bucle de control, aquest desperta la tasca enviant-li la funcionalitat que ha d'executar.

Un altre dels serveis que s'ha utilitzat en el transcurs del programa són els «software timers». S'han utilitzat aquests en lloc d'utilitzar els components hardware de què disposa el maquinari principalment per comoditat i per la facilitat d'implementació.

2 Veure punt 4.3.b apartat Format dels missatges

Bloc de comunicacions

Paral·lelament a l'inici del bloc de control, engega el bloc de comunicacions. Aquest és el bloc encarregat de totes les tasques relacionades amb l'àmbit de comunicacions. El bloc de comunicacions l'encapçala el mòdul «mqtt_mod» juntament amb els mòduls «mqtt_cbs», «network_if» i «sntp_mod».

El primer mòdul és l'encarregat d'inicialitzar el driver per utilitzar la llibreria «SimpleLink» que conté les funcions disponibles per interactuar amb el maquinari de comunicacions. Ajudat pel mòdul «network_if», s'encarregarà inicialitzar el WiFi i realitzar la connexió al punt d'accés. Un cop aconseguida aquesta fita, obtindrà adreça IP mitjançant un servei d'autoconfiguració per DHCP. En el mòdul «network_if» es disposa de les funcions que atendran a tots els esdeveniments controlats de la xarxa. Arribats aquest punt, el sistema ja pot inicialitzar els serveis mqtt disponibles en la llibreria i arrancar el client MQTT.

El mòdul de control disposa d'una cua de missatges interna del sistema operatiu per comunicar-se amb la tasca client del MQTT. El client MQTT s'encarrega de generar els missatges que s'enviaran via MQTT al broker.

El client MQTT quan s'inicialitza es connecta al broker MQTT. Per realitzar aquesta connexió, per com he configurat el broker, el client necessita autenticar-se amb un usuari i una paraula de pas. Un cop s'ha autenticat l'usuari, el client té via lliure per subscriure's a les cues a les que està autoritzat.

En aquest cas concret s'han creat dues cues per a cada dispositiu a controlar, el client mqtt restarà escoltant en la cua on es recepcionaran les comandes i escriure en la cua d'estat, que és on restarà l'aplicació de l'usuari escoltant.

El mòdul «mqtt_mod» disposa també d'un bucle de control per mantenir les connexions actives. El sistema controla els casos en els quals es pot donar una desconexió de la xarxa o una desconexió del client mqtt, forçant la reengegada de les comunicacions. D'aquesta manera ens assegurem de sempre tenir el servei disponible de forma remota.

Una part essencial del client MQTT succeeix en el mòdul «mqtt_cbs». En aquest mòdul estan definides les funcions per atendre les recepcions de missatges. Dins d'aquestes funcions es fa el filtrat dels missatges que es reben via MQTT, d'aquesta manera, en el cas de rebre ordres fora del rang de codis establerts, es descarta el missatge sense haver d'intervenir el bloc de control. D'aquesta manera es manté la filosofia que cada bloc s'ocupi dels seus recursos.

Dins del bloc de comunicacions hi ha el mòdul «sntp_mod», tot i que es podria considerar un mòdul auxiliar, desenvolupa una funció important. Aquest mòdul utilitza un petit client sntp per obtenir una referència de temps des d'un servidor de temps remot. Un cop obtinguda, la referència de temps, la transforma i la carrega en un temporitzador. Aquest temporitzador

incrementarà en 1 la referència de temps per cada segon que passa. D'aquesta manera disposarem d'una font de temps d'on podrem extreure l'hora. La font de temps dona l'hora en format UTC, fet que s'ha de tenir en compte per les diferents franges horàries. En el programa utilitzarem la referència de temps en els missatges de sortida, que són els missatges d'estat, perquè l'usuari pugui contrastar l'hora de creació del missatge amb l'hora de recepció.

Funcions auxiliars i configuració

Existeixen una serie de mòduls que no tenen un paper principal en el programa però que són vitals per al correcte funcionament d'aquest.

En primer lloc tenim «cua_mod», aquest mòdul és l'encarregat de proporcionar les diferents funcionalitats per a les tasques usuaris de les cues internes del sistema operatiu. A part, conté les definicions dels codis de les comandes i dels estats. Aquest mòdul s'encarrega de crear, inicialitzar i donar accés a les cues.

En segon lloc tenim el mòdul «msg_mod», aquest mòdul gestiona els serveis per poder enviar dades a la pantalla del sistema de control. Està molt adaptat, ja que no és un mòdul generalista, sinó que està específicament creat per atendre les necessitats d'aquest programa.

En tercer lloc tenim el mòdul «status_mod», aquest mòdul és l'encarregat d'inicialitzar i de mantenir la màquina d'estats del bloc de control. Molt similar en estructura a «cua_mod» ofereix els serveis de modificació i actualització dels estats desitjats i dels estats en curs tant de la porta com de la il·luminació.

En quart i últim lloc tenim el mòdul «uart_term», aquest mòdul ha estat portat dels exemples de TI. En el programa s'utilitza per enviar missatges al terminal sèrie via la UART. No té una participació en el programa de forma directa, ja que el terminal sèrie només es fa servir quan es necessita aplicar servei o es vol veure en temps real que és el que està executant l'aplicació per mitjà de missatges a la consola.

Implementació del Watchdog

El «Watchdog» és un servei que ofereix el maquinari com a eina d'últim recurs en el cas que el software es quedés «enganxat» i bloqueges el sistema per complet.

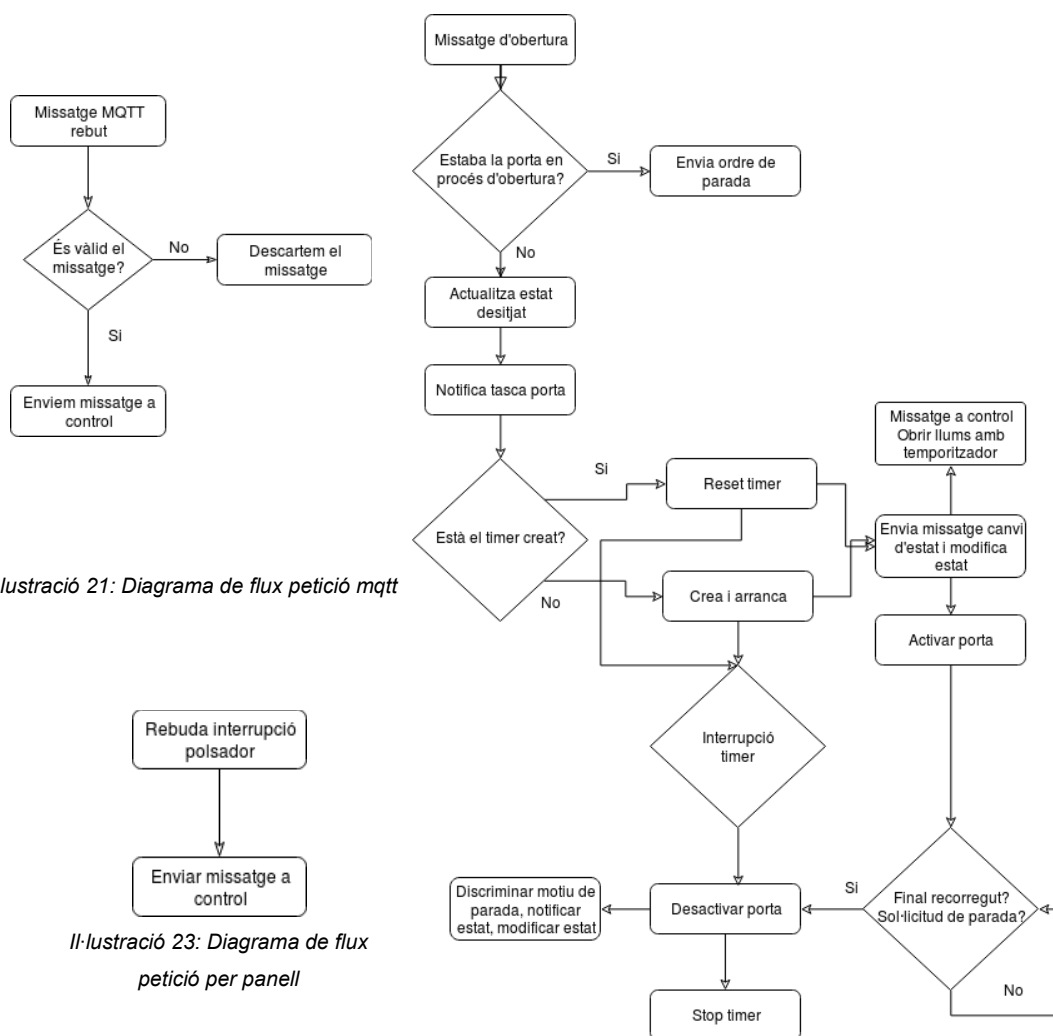
Utilitzant la llibreria «DriverLib» és possible configurar un interval en el temporitzador «Watchdog» per provocar la reinicialització completa del sistema.

En l'aplicació s'ha integrat dins del bloc de control. El «Watchdog s'inicialitza abans d'iniciar el bucle de control i a cada iteració del bucle de control es reinicia. La definició, com la resta s'ha fet sobre el membre MSP_EXP432P401R.c i l'únic paràmetre que s'ha canviat del defecte és el

divisor de temps, tenint en compte que el bucle de control s'executa cada 4 segons com a màxim, es va decidir fixar-lo a «WDT_A_CLOCKDIVIDER_128M» que genera un cicle resultant d'uns 11,18 segons, que considero és una finestra suficient per considerar els sistema congelat i necessitar reiniciar-lo.

Diagrama de flux d'una petició

Seguidament es pot veure el diagrama de flux d'una petició d'obertura. Depenent si l'ordre arriba mitjançant el panell o si arriba mitjançant la interfície virtual.



Il·lustració 21: Diagrama de flux petició mqtt

Il·lustració 23: Diagrama de flux petició per panell

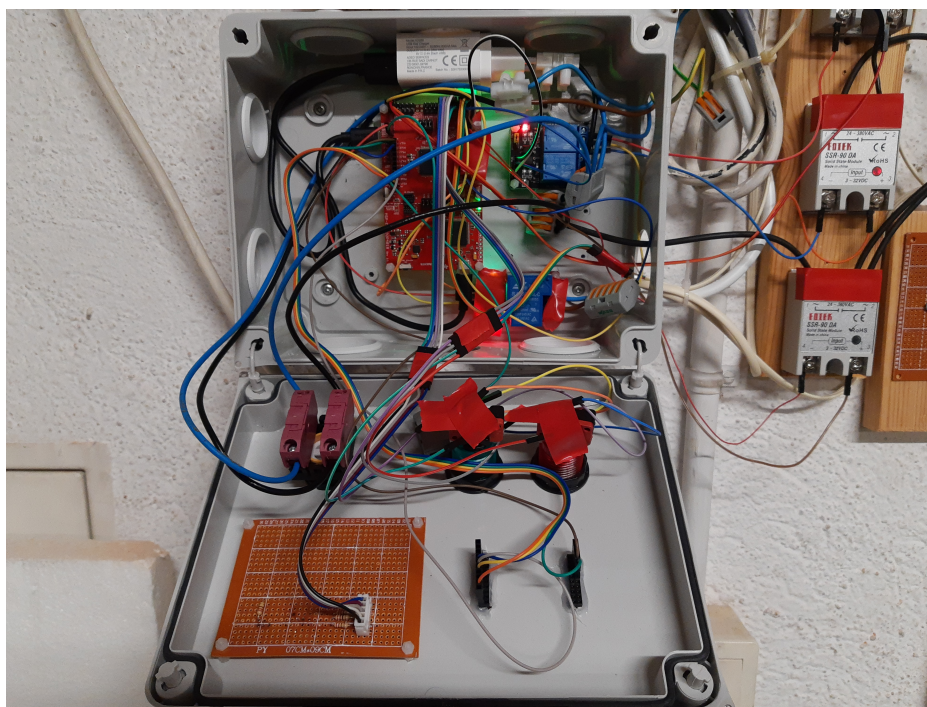
Il·lustració 22: Diagrama de flux d'una petició d'obertura

4.3. Descripció de les interfícies de control

a) Interfície física

La interfície física està muntada sobre la tapa de la caixa que protegeix el sistema. Per al disseny del prototip s'han utilitzat materials que estiguessin disponibles en entorns domèstics o fossin fàcils d'aconseguir.

Per als leds d'estat, s'ha utilitzat una petita placa de silici perforada, on s'hi han soldat els components i s'han cablejat les connexions del circuit. La placa s'aguanta al panell mitjançant un sistema de caragols de niló. Per connectar aquesta placa als ports del microcontrolador s'ha utilitzat cablejat de tipus Duppont.



Il·lustració 24: Detall interior interfície física de control

Per la pantalla es va escollir el mòdul BoosterPack de TI Sharp 128x128. Es va decidir aquest model per davant del BoosterPack MKII per la seva mida reduïda i la facilitat d'integració quant a software, ja que les llibreries per a utilitzar-lo venen amb el mateix SDK de TI.

La diferència principal amb la pantalla que ve amb el BoosterPack MKII és que es tracta d'una pantalla monocroma i no a color, aquest fet es pot considerar una pèrdua de prestacions tot i que, la premissa era que la pantalla no fos el punt focal d'atenció en el panell principal, sinó un accessori, complint així amb la seva funcionalitat. La pantalla està cablejada cap al microcontrolador amb cablejat de tipus Duppont i utilitza el protocol SPI per a comunicar-se amb el microcontrolador.

Per al pulsador de desconnexió d'emergència es volia un dispositiu amb una mida que destaqués per sobre de la resta en el panell de control. Com que es tracta d'un element de seguretat havia de complir amb les característiques elèctriques de la instal·lació així com disposar d'un sistema de bloqueig i desbloqueig. En un disseny inicial es va projectar incloure un interruptor addicional, però vista la facilitat de bloqueig i desbloqueig del pulsador es va eliminar l'interruptor per considerar-lo un element redundant.

Per als dos pulsadors que activen la porta es volien dispositius senzills, intuïtius i que a part de dur a terme la seva funcionalitat, aportessin informació a l'usuari. Per aquest motiu es va decidir que els botons s'havien de poder il·luminar. Concretament aquests dos pulsadors són de màquina recreativa, estan pensats per aguantar un bon nombre de pulsacions, complien amb el requisit de la il·luminació, i vénen adaptats per subjectar-se al panell amb un mecanisme de rosca. Al mateix temps, és desmuntable per la part interior de forma fàcil. Ambdós pulsadors tenen el cablejat soldat als diferents terminals amb cablejat Duppont que els connecta amb els ports del microcontrolador.

b) Interfície virtual

Una de les premisses principals a l'hora de dissenyar la interfície virtual era que funcionés sobre sistemes i protocols estàndards i actuals. Tenint present que el sistema estaria instal·lat en un domicili i que es volia que el sistema fos accessible des de tot arreu. En primer lloc es va descartar utilitzar tecnologia BLE, tot i que era un component interessant, el fet de dependre de la distància no entrava dins del barem.

En segon lloc també es va descartar Zigbee. Tot i que per característiques complia amb els requisits, no es volia invertir amb la resta de components que es requereix per establir una xarxa d'aquestes característiques i, tenint en compte que habitualment en qualsevol domicili es disposa d'una xarxa wifi. En aquest cas particular disposàvem d'una xarxa Ethernet amb possibilitat de connectivitat wifi.

Des del primer moment es va tenir clar que es faria servir un protocol de missatgeria, no es volia crear una API, sinó que es volia desacoblar el sistema del client per tal de no crear una dependència. Una altra de les premisses era que el protocol fos fàcil d'implementar.

Dins dels diversos protocols disponibles actualment em vaig decantar per MQTT. En principi per al projecte no hi havia restriccions quant a consum elèctric o restriccions en l'àmbit de les comunicacions, que acostumen a ser els punts forts dels protocols enfocats a IoT. Per tant, la senzillesa d'implementació va tenir un pes important en la decisió, degut principalment a què el temps ha estat un dels elements més preuats d'aquest projecte. Val a dir que el fabricant del microcontrolador disposava de llibreries i exemples que es podien adaptar ràpidament a les necessitats del projecte, factor determinant per decantar la balança.

El protocol MQTT^[8]

Els missatges en el protocol MQTT consten de tres seccions diferenciades:

- Capçalera de control (1 byte) + Longitud (1 a 4 bytes)
- Capçalera de longitud variable (0 a n bytes)
- Dades o càrrega del missatge (0 a m bytes)

La mida mínima d'un missatge és de 2 bytes, corresponent a un missatge amb capçalera de control i sense dades.

La mida màxima d'un missatge MQTT és de 256MB. Aquesta mida ve limitada per la mida de la secció de longitud.

En la capçalera de control hi residirà, en els primers 4 bits, el tipus de paquet que s'envia:

Name	Value	Direction of flow	Description
Reserved	0	Forbidden	Reserved
CONNECT	1	Client to Server	Client request to connect to Server
CONNACK	2	Server to Client	Connect acknowledgment
PUBLISH	3	Client to Server or Server to Client	Publish message
PUBACK	4	Client to Server or Server to Client	Publish acknowledgment
PUBREC	5	Client to Server or Server to Client	Publish received (assured delivery part 1)
PUBREL	6	Client to Server or Server to Client	Publish release (assured delivery part 2)
PUBCOMP	7	Client to Server or Server to Client	Publish complete (assured delivery part 3)
SUBSCRIBE	8	Client to Server	Client subscribe request
SUBACK	9	Server to Client	Subscribe acknowledgment
UNSUBSCRIBE	10	Client to Server	Unsubscribe request
UNSUBACK	11	Server to Client	Unsubscribe acknowledgment
PINGREQ	12	Client to Server	PING request
PINGRESP	13	Server to Client	PING response
DISCONNECT	14	Client to Server	Client is disconnecting
Reserved	15	Forbidden	Reserved

Il·lustració 25: Descripció de la capçalera de control d'un missatge MQTT

Els 4 bits restants estan reservats per a «flags» de control, depenent del tipus de missatge.

Pel que fa a la longitud del missatge es codifica en el segon byte de la capçalera, tenint en compte que si la longitud és superior a 127 bytes, s'haurà de codificar amb més bytes, tenint en

compte que el bit de més pes s'utilitza per indicar la continuació i els 7 bits restants codifiquen la mida:

Digits	From	To
1	0 (0x00)	127 (0x7F)
2	128 (0x80, 0x01)	16 383 (0xFF, 0x7F)
3	16 384 (0x80, 0x80, 0x01)	2 097 151 (0xFF, 0xFF, 0x7F)
4	2 097 152 (0x80, 0x80, 0x80, 0x01)	268 435 455 (0xFF, 0xFF, 0xFF, 0x7F)

Il·lustració 26: Gestió de la longitud d'un paquet MQTT

Tant el contingut de la capçalera de longitud variable com la càrrega del missatge, depenen completament del tipus de missatge que estem enviant.

Cal tenir en compte que les cadenes de texts que s'enviïn com a càrrega del missatge són codificades en UTF-8.

Qualitat del servei en la missatgeria

Una de les propietats de què disposa MQTT és la qualitat de servei en la missatgeria. Aquesta propietat consta de 3 nivells de consecució per tal de fer arribar el missatge:

- QoS 0 – Com a molt un missatge entregat
- QoS 1 – Com a mínim un missatge entregat
- QoS 2 – Exactament un missatge entregat

En QoS 0 es rebrà un missatge o cap, es el nivell de qualitat de servei més baix i és útil en sistemes on l'entrega o pèrdua d'un missatge no és rellevant.

En QoS 1 es rebrà un o més d'un missatge, és el nivell de qualitat intermitg i és útil per sistemes que necessiten rebre sempre els missatges però disposen de mecanismes en la programació per descartar els missatges repetits.

En QoS 2 es rebrà exactament un missatge, aquest és el nivell més alt de qualitat de servei i assegura la tramesa del missatge sense duplicats.

El fet d'incrementar la qualitat de servei fa incrementar l'ús de recursos de xarxa degut a l'intercanvi d'informació entre client i servidor per a l'assegurament de l'entrega dels missatges.

En el cas particular d'aquest projecte, és fonamental que els missatges d'estat surtin del sistema amb QoS 2, d'aquesta manera assegurarem la fidelitat de la informació. Per altra banda, com que cada comanda enviada obté sempre resposta del sistema, podriem utilitzar QoS 0 o

QoS 2 per l'enviament de les comandes des de l'aplicació client, en cap cas QoS 1 ja que el fet rebre missatges duplicats no està contemplat en l'aplicació.

Tornant a aquest cas particular val a dir que el broker MQTT, el client i el sistema estan en el mateix segment de xarxa i és molt poc probable que hi hagi problemes en l'enviament dels missatges. De totes maneres, és un factor a tenir en compte.

Format dels missatges

Per tal de dissenyar el format de la missatgeria es va decidir agafar com a unitat de base els dos bytes. En primer lloc perquè amb un byte no en tenia suficient, tenint en compte que entre possibles missatges d'entrada amb comandaments i missatges de sortida amb els diferents estats, tenia un total de 23 combinacions possibles. I en segon lloc perquè MQTT és un protocol M2M i la idea del missatge és comunicar dues màquines, és a dir, el sistema i el client, on el client és un software, un sistema o una aplicació, que en tot cas ja es farà responsable de la representació i visualització dels missatges.

Es va decidir que els missatges d'entrada es filtressin directament en la funció de «callback» del servei MQTT, d'aquesta manera s'evita que un missatge erroni entri en les estructures de control de l'aplicació, reduint els cicles de procés emprats si el missatge no és vàlid.

Pel que fa a l'enviament dels missatges d'estat, s'utilitza una funció del bloc de MQTT on estan preprogramats tots els casos que s'utilitzen.

Per tal de facilitar la demostració de la maqueta, en el codi facilitat s'han definit una sèrie de missatges en text que s'envien com a missatges d'estat. Per a la demostració no s'ha desenvolupat una aplicació client, sinó que s'utilitza un client MQTT qualsevol. Tal com he explicat anteriorment, el missatge sortint hauria de contenir només el codi del missatge i no el text en si, això esdevindria una tasca de codificació per a l'aplicació client, donant així més flexibilitat.

En els missatges d'estat s'adjunta l'hora del sistema en UTC, el motiu és per poder validar que el missatge és actual. MQTT pot assegurar l'enviament i la recepció del missatge, això no significat la immediatesa de l'enviament i per tant, es pot donar el cas que, sigui per desconexió del client o per problemes a la xarxa, arribin missatges antics al destinatari. Normalment l'aplicació client afegeix la data de recepció en la visualització del missatge, però aquesta dada no és suficient per saber quan es va crear el missatge.

Els codis per a les comandes i els missatges d'estat són els següents:

Codi missatge		Sentit	Comanda
Hexadecimal	Decimal		
0x01	1	Entrada	Obrir porta
0x02	2	Entrada	Tancar porta
0x03	3	Entrada	Parar porta
0x04	4	Entrada	Estat porta
0x05	5	Entrada	Reset flags
0x41	65	Entrada	Encendre llums
0x42	66	Entrada	Apagar llums
0x43	67	Entrada	Encendre llums amb temporitzador
0x44	68	Entrada	Estat llums
0x81	129	Sortida	Porta obrint
0x82	130	Sortida	Porta tancant
0x83	131	Sortida	Porta aturada
0x84	132	Sortida	Obstacle detectat
0x85	133	Sortida	Porta oberta
0x86	134	Sortida	Porta tancada
0x87	135	Sortida	Comanda porta incorrecte
0x88	136	Sortida	Error porta, porta aturada *
0x89	137	Sortida	Error porta, porta oberta **
0x90	138	Sortida	Llums enceses
0xC1	193	Sortida	Llums apagades
0xC2	194	Sortida	Llums enceses amb temporitzador
0xC3	195	Sortida	Comanda llums incorrecte
0xC4	196	Sortida	Reset flags ok

Taula 5: Relació de missatges de control i estat de la interfície virtual

5. Viabilitat tècnica

El funcionament del sistema és bastant bàsic i intuïtiu. Existeixen sistemes de control més rudimentaris des de fa bastants anys. En aquest cas, l'usuari podrà interactuar amb el sistema per dues vies, física i/o via dispositiu. Per la via física utilitzarà dos botons depenent de l'acció que vulgui realitzar sobre la porta (obrir o tancar). Via dispositiu la finalitat serà la mateixa i només se li deixarà fer l'activitat contrària a l'estat de la porta, és a dir, si la porta està tancada, només se li deixarà obrir, i a l'inrevés.

La posició de la porta en si no és important, el sistema podrà saber, mitjançant els interruptors de fi de carrera, si la porta és completament oberta o completament tancada, qualsevol posició intermèdia es considerarà oberta. Per defecte, en cas de reinici de la placa, la porta tendirà a tancar-se.

Per poder fer els dos recorreguts de la porta es faran servir 2 jocs de circuits, un per a cada sentit.

Caldrà tenir en compte diversos punts:

- Quan s'actui sobre un no es pot permetre actuar sobre l'altre.
- Caldrà deixar un temps prudencial (500ms - 1s) quan es passa d'un sentit a l'altre per tal de protegir al motor, ja que aquest no és tant ràpid com la placa.
- Caldrà posar un límit de temps en l'actuació sobre els relés per tal d'evitar cremar en motor en cas que fallin els sensors/interruptors.

Per interactuar amb la il·luminació es farà servir el mateix mètode que amb el motor. Aquest circuit controlarà un grup de tubs led i l'activació o desactivació de la il·luminació estarà controlada exclusivament pel software, és a dir, no hi haurà un interruptor físic en la instal·lació, ja que el garatge ja disposa d'un circuit d'il·luminació addicional que funciona de forma manual.

El sistema s'instal·larà en un lloc tancat, fora de les inclemències meteorològiques i per tant no té cap requeriment d'estanquitat.

Per tant, tècnicament el projecte és viable, tenint en compte que tots els sensors i dispositius externs a la placa de control són compatibles tant pel que fa a voltatge com pel que fa a protocol de comunicació. La usabilitat del projecte és molt bàsica i de cara a l'usuari no representa un repte. L'únic punt que crec pot repercutir en la consecució del projecte és la part del circuit que interactua físicament amb el motor. Caldrà tenir en compte el tipus de relés que es facin servir perquè no es cremin quan s'activi el motor.

5.1. Valoració de riscos

Per a la valoració de riscos s'han tingut en compte les possibles incidències que poden afectar el correcte desenvolupament del projecte.

Per tal d'entendre correctament la valoració, seguidament es poden veure la relació dels índexs d'impacte i probabilitat, juntament amb el codi de colors, que atén a la següent escala de criticitat:

Valor	Probabilitat
1	No ha esdevingut mai
2	Rar
3	A vegades
4	Ha esdevingut abans
5	Comú

Il·lustració 27: Índex de probabilitat de l'esdeveniment

Valor	Impacte
1	Molt baix
3	Baix
5	Moderat
7	Alt
9	Molt alt

Il·lustració 28: Índex d'impacte

Risc alt (22 – 45)
Risc moderat (11 – 21)
Risc baix (1 – 10)

Il·lustració 29: Còdi de colors

Id	Descripció	Probabilitat	Impacte	Total
1	Fallades de HW x mala connexió	2	5	10
2	Alta carrega de feina	4	5	20
3	Pèrdua de dades del projecte	2	9	18
4	Actualitzacions del software CCS	4	5	20

Il·lustració 30: Càlcul de la probabilitat

Id	Accions
1	Comprar dispositius per duplicat
2	Avançar al màxim
3	Realitzar copia remota diària de les dades
4	Evita actualitzacions de CCS

Il·lustració 31: Accions resoltores

Id	Conclusió
1	Disposem duplicat de tot, no afecta
2	Afecta a la planificació i a la execució
3	No representa un problema si es realitzen les accions
4	Assegurem utilitzar sempre la mateixa versió de CCS

Il·lustració 32: Conclusions dels riscos

Per tant, no tenim cap risc que representi un bloqueig per al projecte.

6. Valoració econòmica

6.1. Pressupost

Per a la creació de la versió de demostració de DOMAG s'han realitzat les següents despeses en components:

Material	Preu unitat	Quantitat	Total
MSP-EXP432P401R	24,90 €	1	24,90 €
CC3120-BOOST	37,36 €	1	37,36 €
CC31XXEMUBOOST	28,64 €	1	28,64 €
BOOSTXL-SHARP128	25,73 €	1	25,73 €
Cablejat vari	6,99 €	1	6,99 €
Interruptors FC	3,50 €	2	6,99 €
Sensor infraroig	12,00 €	1	12,00 €
Kit relé 30A	3,23 €	2	6,46 €
Kit Relé SSR	12,79 €	3	38,37 €
Font alimentació 12v	11,99 €	1	11,99 €
Font alimentació 5V USB	9,99 €	1	9,99 €
Caixa	3,89 €	1	3,89 €
Pac PCB	5,00 €	1	5,00 €
Components elec. Varis	10,00 €	1	10,00 €
Total cost components			228,32 €

Taula 6: Cost dels components

Els costos de gestió, desenvolupament i instal·lació, suposant un preu mig de 60€/hora per a les tasques de programació i gestió del projecte i un preu mig de 35 €/hora per als costos d'instal·lació.

	Hores	Tècnic	Preu hora	Total
Cost gestió projecte	10,00 €	1	60,00 €	600,00 €
Cost programació	181,00 €	1	60,00 €	10.860,00 €
Cost de muntatge i instal·lació	5,00 €	1	35,00 €	175,00 €
Total cost				11.635,00 €

Taula 7: Cost total del projecte

En el quadre no s'han tingut en compte costos de manteniment del software, ja que inicialment no es preveu augmentar les funcionalitats d'aquesta versió del producte.

Com a manteniment del producte només s'espera que es puguin deteriorar els botons, el relé mecànic o els interruptors de fi de carrera. Igualment els cicles d'utilització d'aquests components estan molt per sobre de l'esperança de vida del producte.

6.2. Estudi del cost d'industrialització

Per calcular el cost d'industrialització cal tenir en compte que hem desenvolupat el producte a partir de plaques d'avaluació i que per tant, s'haurà de comptar amb els components d'aquesta placa i no la placa en si, el disseny del nou circuit imprès on aniran allotjats tots els components, el disseny extern del producte finalitzat i el cost de les certificacions pertinents que certifiquin el compliment de les normatives mediambientals (RoHS), de compatibilitat electromagnètica (CE, FCC), etc.

A tall d'exemple i per veure la disminució del preu respecte al volum produït podem veure la següent taula de preus^[19,20]:

Component	1+	10+	100+	250+	500+	1000+
TI MSP432	6,95 €	6,28 €	5,20 €	4,93 €	4,53 €	3,94 €
TI CC3120	7,15 €	6,46 €	5,35 €	5,08 €	4,65 €	4,06 €
Sharp LS013B7DH03	13,99 €	13,09 €	13,09 €	13,09 €	13,09 €	13,09 €
TOSHIBA TLP280-4GB	0,70 €	0,51 €	0,44 €	0,44 €	0,43 €	0,42 €
SONGLE SLA-05VDC-SL-C	0,79 €	0,58 €	0,51 €	0,51 €	0,49 €	0,48 €
SSR-40DA	1,70 €	1,70 €	1,40 €	1,40 €	1,20 €	0,90 €
Total	36,17 €	33,11 €	29,74 €	29,20 €	27,71 €	25,59 €
Preu amb cost proj.	11.899,49 €	1.219,44 €	148,37 €	76,65 €	51,44 €	37,45 €
Cost respecte la unitat		10,25%	1,25%	0,64%	0,43%	0,31%

Taula 8: Comparativa preus per volum de producció

En la taula es pot veure el preu³ dels principals components⁴, on es pot veure la disminució del preu per unitat quan s'incrementa el volum de producció.

En la taula s'hi ha afegit el preu del cost del projecte calculat en l'apartat anterior, de forma que tenim el total repartit entre el nombre d'unitats produïdes.

Finalment, en l'última fila es pot veure el que representa el cost per unitat respecte el cost de fabricar una sola unitat, on, si la producció és superior a 1000 unitats, el cost d'una unitat representaria el 0,31% del cost de produir una sola unitat.

Com comentava anteriorment, en aquest quadre hi faltaria comptar els costos de:

- Disseny del producte
- Disseny i construcció de la PCB

3 Dades extretes de <https://www.mouser.es> i <https://lsc.com/>

4 El preu del LCD i del optoacobrador corresponen a Newhaven Display NHD-1.8-128160EF-CSXN#-F i Lite-On LTV-M601 respectivament per discontinuïtat del producte.

- Certificacions per poder vendre el producte (RoHS, CE, FCC)
- Publicitat i vendes
- Transport

7. Conclusions

7.1. Lliçons apreses

Pel que fa a la gestió del projecte he après el valor de la planificació ben acotada i de la gran importància que té l'anàlisi tècnic previ al projecte, un punt que segurament no li vaig donar suficient importància en el seu moment i ha estat el causant de no poder finalitzar amb tots els objectius.

Pel que fa a l'apartat tècnic, he pogut aprofundir en el món dels sistemes encastat i he obtingut una bona visió de les possibilitats que existeixen en aquest camp, la relació que es pot establir amb altres sistemes i com es poden complementar.

7.2. Autoavaluació

a) Dedicació

El temps emprat per a la realització per al desenvolupament del codi i de la memòria en les seves diferents etapes ha estat la següent:

	PAC0	Proposta	PEC1	PEC2	PEC3	Entrega final	Memòria
Planificat	----	----	6h	49h	30h	67h	30h
Real	2h	2h	10h	35h	37h	71h	42h

Taula 9: Càmput de temps emprat en les etapes del projecte

a) Assoliment dels objectius

No s'han pogut dur a terme tots els objectius del projecte com es pot veure en la següent taula:

	Hores estimades	Hores reals	Progrés
Previ a inici semestre	43	38	
Reprogramació del CC3120	3	2	100 %
Codificar connectivitat wifi	20	15	100 %
Codificar comunicacions mqtt	20	21	100 %
PAC1	6	10	
Planificació	3	4	100 %
Documentació	3	6	100 %
PAC2	49	35	
Codificar SNTP	7	5	100 %
Instal·lació brocker mqtt	3	2	100 %
Definir marc i tipologia de la missatgeria	2	1	100 %
Codi de recepció i filtrat de missatges	10	12	100 %
Documentació i tests	7	6	100 %
Codificar la interacció amb els llums	10	3	100 %
Codificar monitoratge porta	10	6	100 %
PAC3	30	37	
Codificar control del moviment de la porta	15	12	100 %
Codificar detecció d'obstacles	5	3	100 %
Correccions PAC2	5	10	100 %
Implementació Watchdog	1	2	100 %
Documentació i tests	4	10	100 %
Codi final	67	71	
Muntatge del sistema	4	25	100 %
Integració LCD	8	10	100 %
Desenvolupament de la APP Android	25		0 %
Codificar seguretat lògica	15		0 %
Integració en sistema domòtic	10		0 %
Documentació i tests	5	36	100 %

El principal motiu ha estat una subestimació del temps de muntatge i proves en l'entorn real on vaig trobar més problemes dels desitjables. Cal sumar-hi també que no s'havia previst de forma inicial l'efecte que té un motor en engegar en el circuit i que va inutilitzar part dels relés dels quals disposava, havent de demanar components nous amb característiques específiques per aquesta casuística.

Els tres objectius no assolits formaven part del grup d'objectius extraordinaris i no són necessaris pel correcte funcionament del sistema, per aquest motiu es va decidir descartar-los al no disposar de més temps material.

b) Seguiment de la planificació i metodologia al llarg del producte

En línies generals es pot dir que s'ha anat seguint la planificació durant el transcurs del projecte. És cert que en l'etapa final m'he vist sobrepassat per certs factors que no s'havien tingut en compte des de l'inici, i haver subestimat el treball de certs punts de la planificació que han fet trontollar el projecte en aquesta última fase. A causa d'aquesta incidència s'han hagut de sacrificar parts dels objectius extraordinaris per poder deixar el sistema instal·lat i operatiu abans de la presentació.

7.3. Línies de treball futur

Les línies de treball futur que m'agradaria explorar dins del sistema desenvolupat són les següents:

- Incloure la possibilitat que les comunicacions entre el client MQTT i el broker siguin xifrades (SSL/TLS).
- Canviar la validació d'usuaris en MQTT per certificats electrònics.
- Integració del sistema DOMAG en un entorn domòtic com pot ser OpenHab.

Els punts estan centrats principalment a millorar la seguretat del sistema, que crec són molt importants, ja que es tracta d'un sistema que permet l'accés a un habitatge i mereix totes les atencions que se li puguin donar en aquest camp, i fer que realment sigui una peça dins d'un sistema domòtic real.

8. Glossari

ADC	→ Eng. Analogic to digital converter; Conversor de senyals analògiques a digitals.
Arduino	→ Nom del projecte i companyia de maquinari i programari lliure.
DAC	→ Eng. Digital to analogic converter. Conversor de senyals digitals a analògiques.
eUSCI	→ Eng. Enhanced universal serial communications interfaces. Interfície universal de comunicacions sèrie millorada.
I2C	→ Eng. Inter-Integrated Circuit. Circuit inter-integrat. Bus sèrie de dades desenvolupat per Philips.
IDE	→ Eng. Integrated development enviroment. Entorn integrat de desenvolupament.
IoT	→ Eng. Internet if things. Internet de les coses.
LCD	→ Eng. Liquid cristal display. Pantalla de cristall líquid.
NFC	→ Eng. Near field communications.
SNTP	→ Eng. Simple network time protocol. Protocol de temps de xarxa simple. Protocol de comunicacions per sincronitzar els rellotges del computadors en una xarxa.
SPI	→ Eng. Serial peripheral interface. Interfície de protocol sèrie. Protocol sincron i sèrie de comunicacions específic per a distàncies curtes.
SSR	→ Eng. Solid state relais. Relé d'estat sòlid.
UART	→ Eng. Universal asynchronous receiver-transmitter. Receptor-emisor asíncron universal. Dispositiu per a comunicacions sèrie asíncrones.
WPA2	→ Eng. Wifi protected access 2. Accés protegit Wifi 2. Protocol de seguretat per a xarxes wifi
Zigbee	→ Protocols de comunicacions d'alt nivell basats en l'especificació IEEE 802.15.4

9. Bibliografia

1. Arduino uno - (02/01/2020) -
https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf
2. ESP32 - (02/01/2020) -
https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
3. ESP32 – (02/01/2020) -
https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf
4. msp432 technical reference – (02/01/2020) -
<http://www.ti.com/lit/ug/slau356i/slau356i.pdf>
5. wifi, BLE, Zigbee - (02/01/2020) -
<https://www.digikey.com/es/articles/techzone/2017/oct/comparing-low-power-wireless-technologies>
6. BLE vs Zigbee - (02/01/2020) - <https://blogs.deusto.es/aplicaciones-tic/zigbee-vs-bluetooth-low-energy/>
7. Zigbee - (02/01/2020) - <https://zigbeealliance.org/solution/zigbee/>
8. MQTT - (05/01/2020) - http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/os/mqtt-v3.1.1-os.html#_Toc398718013
9. AMQP - (05/01/2020) - <http://docs.oasis-open.org/amqp/core/v1.0/amqp-core-complete-v1.0.pdf>
10. STOMP - (05/01/2020) - <http://stomp.github.io/stomp-specification-1.2.html>
11. Parkingdoor - (03/01/2020) - <https://accent-systems.com/project/parkingdoor/>
12. Amazon myQ - (03/01/2020) - <https://www.myq.com/>
13. Baintex easyParking - (03/01/2020) - <https://www.baintex.com/es/kit-easy-parking-automatizar-puerta-garaje>
14. Garagapp - (03/01/2020) - <https://www.garagapp.com/>
15. Homyhub - (03/01/2020) - <https://homyhub.com/>
16. OpenHab - (03/01/2020) - <https://www.openhab.org/docs/>

17. CC3120 - (07/01/2020) - <http://www.ti.com/lit/ds/swrs205b/swrs205b.pdf>

18. Sharp LCD - (07/01/2020) - <http://www.ti.com/lit/ug/slau786/slau786.pdf>

19. Mouser - (07/01/2020) - <https://www.mouser.es/>

20. Lcsc - (07/01/2020) - <https://lcsc.com>

10. Annexos

Annex A - DOMAG – Guia de compilació

Índex de continguts

Programari utilitzat.....	56
Procediment.....	56
Instal·lació CCS v9.....	56
Instal·lació Simplelink SDK WiFi Plugin v1.60.0.07.....	56
Instal·lació SimpleLink MSP432 SDK v2.40.0.11.....	56
Instal·lació FreeRTOS.....	56
Importació del projecte i compilació.....	57
Descarrega de software.....	61
Code Composer Studio v9.0.....	61
Simplelink SDK WiFi Plugin v1.60.0.07.....	61
SimpleLink MSP432 SDK v2.40.0.11.....	61
FreeRTOS V10.2.1 o superior.....	62

Programari utilitzat

- Code Compose Studio v9.0 o superior (actualment 9.3.0)
- Simplelink SDK WiFi Plugin v1.60.0.07
- SimpleLink MSP432 SDK v2.40.0.11
- FreeRTOS V10.2.1 o superior

Procediment

Instal·lació CCS v9

Per tal de poder compilar el projecte, primerament cal descarregar i instal·lar l'IDE CCS v9.0.

Seguir les instruccions del fabricant (veure web)

Instal·lació Simplelink SDK WiFi Plugin v1.60.0.07

Un cop instal·lat CCS v9.0, descarregar i instal·lar Simplelink SDK WiFi Plugin v1.60.0.07.

Recórrer tots els passos per defecte de l'instal·lador.

NOTA: Ha de ser aquesta mateixa versió, no val una superior.

Instal·lació SimpleLink MSP432 SDK v2.40.0.11

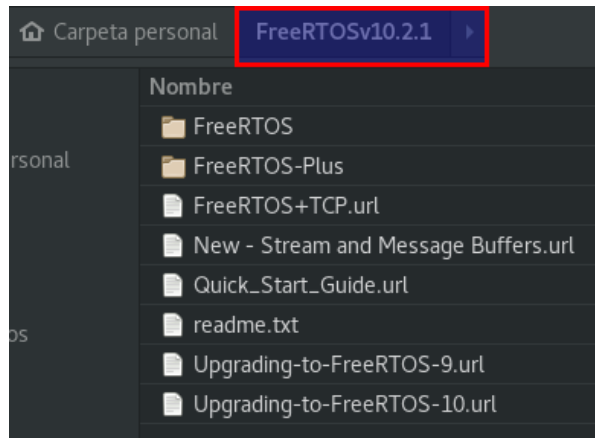
Descarregar i instal·lar SimpleLink MSP432 SDK v2.40.0.10. Seguir els passos per defecte de l'instal·lador.

NOTA: Ha de ser aquesta mateixa versió, no val una superior.

Instal·lació FreeRTOS

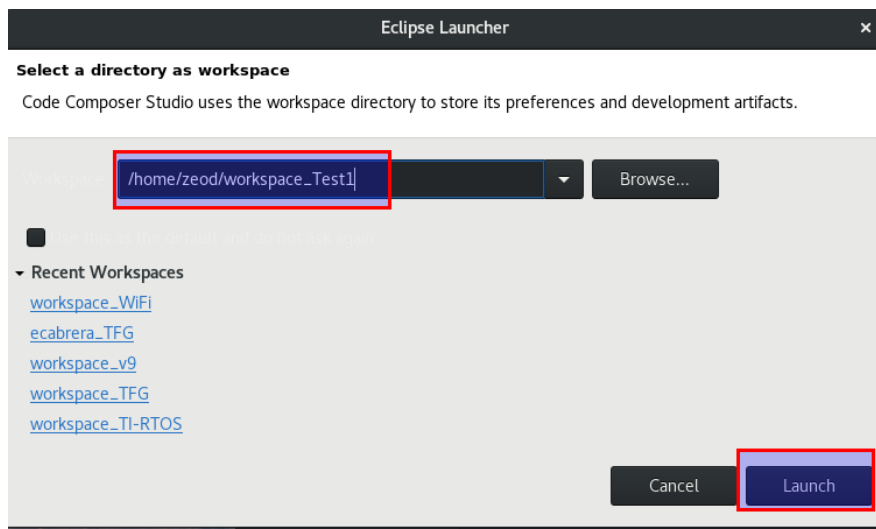
El paquet ve en un zip, no disposa d'instal·lador, simplement deixar el contingut en un directori just per sobre del workspace de CSS, sense modificar-ne el contingut.

Ex:

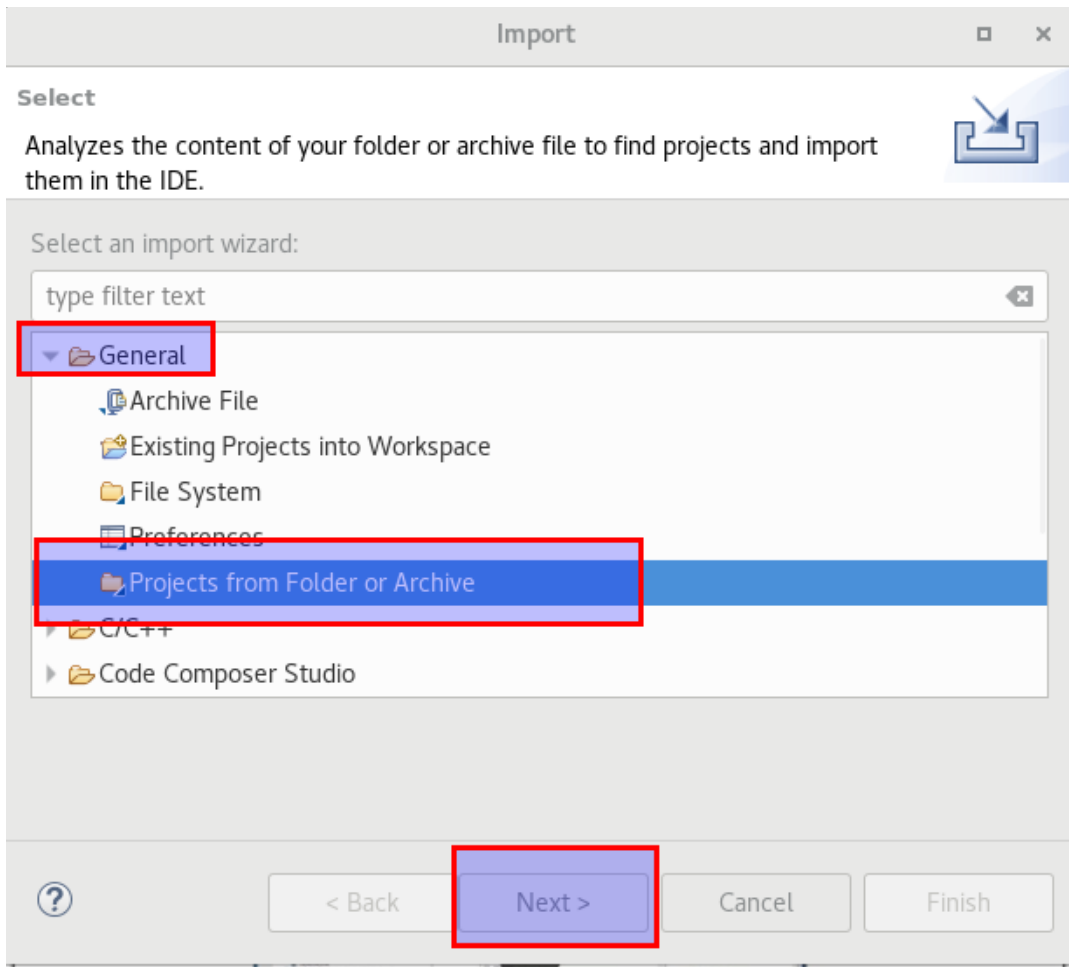


Importació del projecte i compilació

Obrir CSS v9.0 i crear un workspace:



Anar a «File → Import», s'obrirà una pantalla:

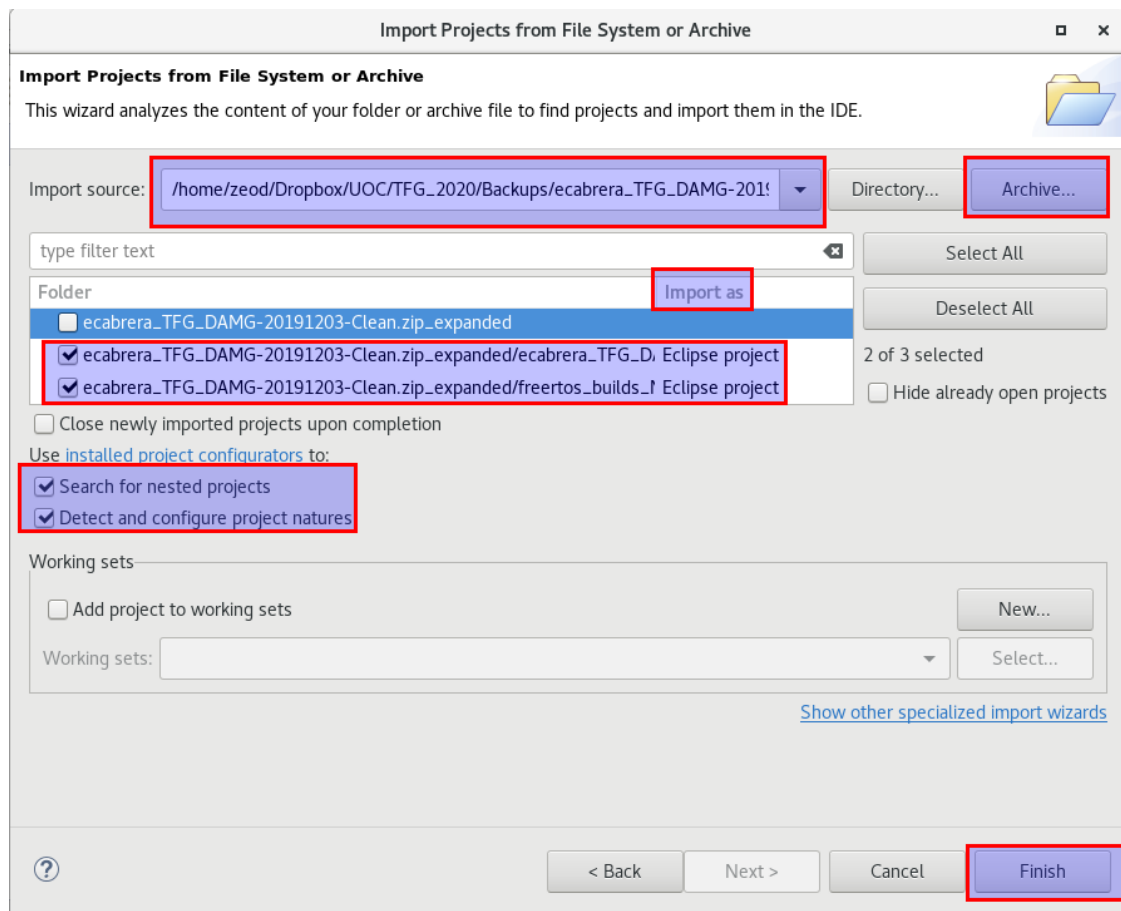


Seleccionar «General → Projects from Folder or Archive»

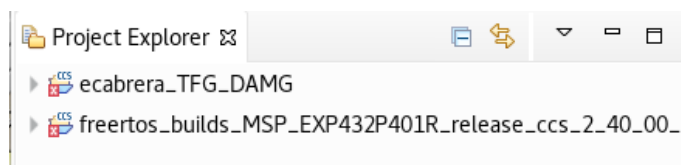
En la següent pantalla seleccionar l'arxiu comprimit.

Un cop seleccionat, apareixeran els projectes continguts en ell, seleccionar només els que tenen l'etiqueta «Eclipse Project» en el camp «Import As»

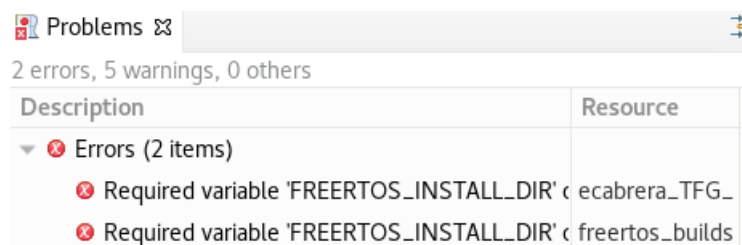
Nota: El meu projecte consta de 2 projectes en el workspace, un és el projecte en si, l'altre és la compilació del FreeRTOS. Ho he fet així ja que, és la forma que ensenyen a treballar amb els exemples de TI.



En finalitzar, apareixeran els dos projectes en el «Project Explorer»:

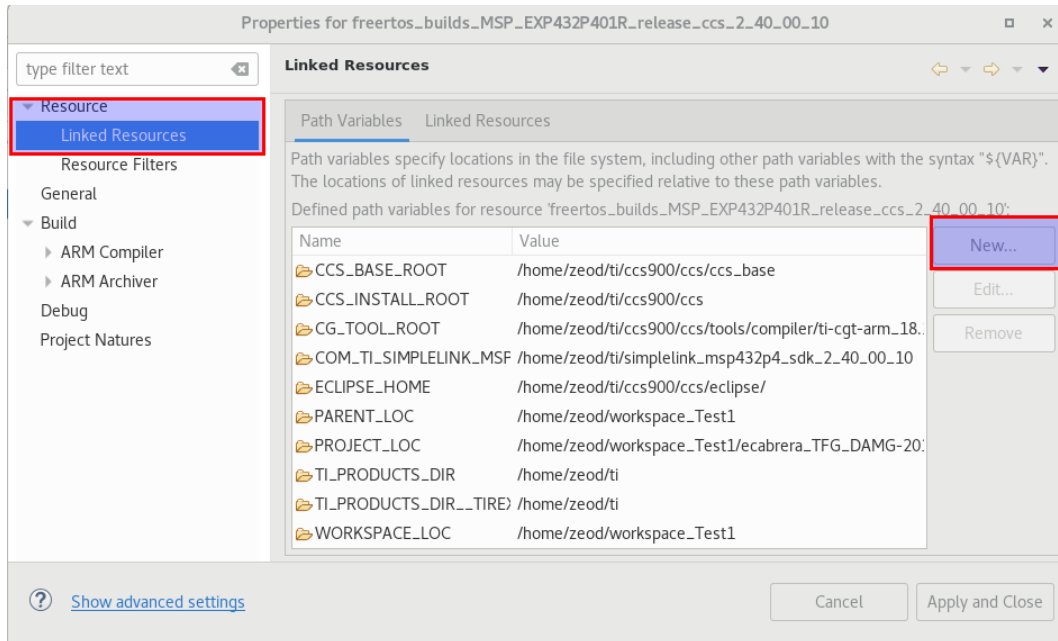


i podem veure que apareixen errors en la pestanya «Problems»:

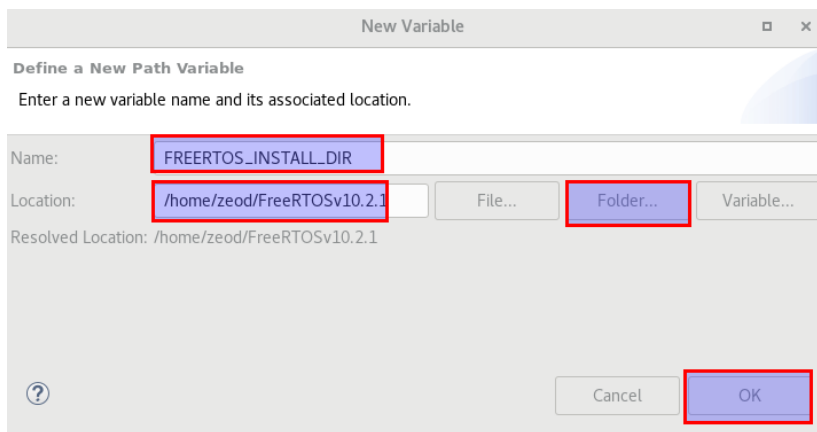


Ara, per a cada un dels dos projectes, cal fer botó dret sobre el projecte → Properties

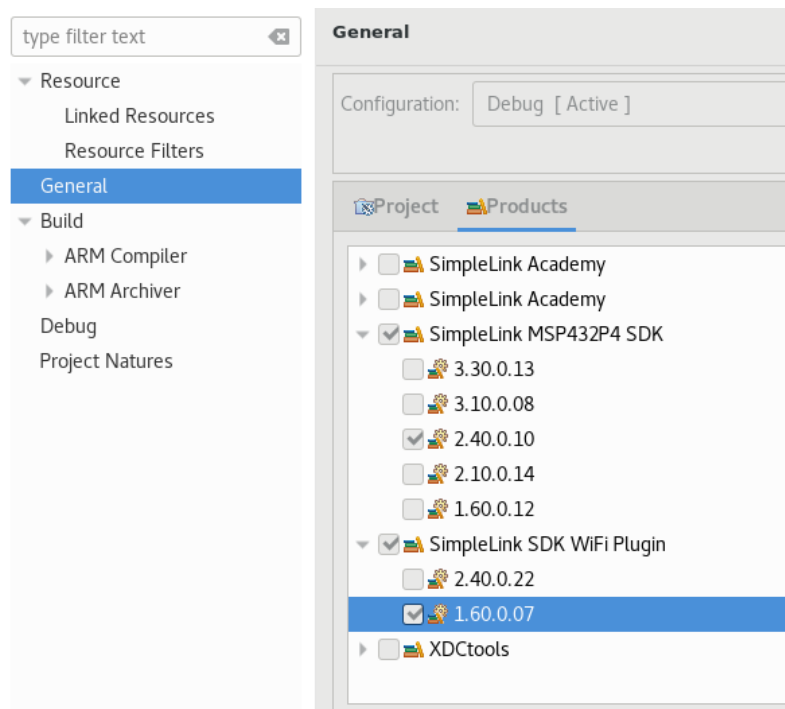
En la pantalla que apareixerà, anar a «Resource → Linked Resources» → «New»:



En aquest «PopUp», configurarem la variable amb el «Path» al directori on tenim el FreeRTOS:



Un cop hem fet OK, podem validar que anteriorment hem instal·lat els paquets de SDK correctament. Per tal de fer-ho anirem a «General» i clicarem sobre «products», on ens apareixeran els paquets disponibles, en el cas del projecte de FreeRTOS, només cal el SimpleLink MSP432 SDK 2.40.0.10. En el cas del projecte TFG_DOMAG addicionalment també hi cal el SimpleLink SDK Wifi Pluguin. En principi en ambdós llocs vindran marcats per defecte:



Un cop feta la verificació ja podem clicar sobre «Apply and Close» i procedir a la compilació dels dos projectes, començant pel de FreeRTOS, fent botó dret sobre el projecte → «Build Project».

Un cop finalitzi el de FreeRTOS procedirem de la mateixa manera amb el TFG_DAMG.

Descarrega de software

Code Composer Studio v9.0

L'enllaç de descàrrega és el següent:

http://software-dl.ti.com/ccs/esd/documents/ccs_downloads.html

Simplelink SDK WiFi Plugin v1.60.0.07

L'enllaç de descàrrega és el següent:

<http://www.ti.com/tool/download/SIMPLELINK-WIFI-CC3120-SDK-PLUGIN#sw-general-information>

SimpleLink MSP432 SDK v2.40.0.11

L'enllaç de descàrrega és el següent:

<http://www.ti.com/tool/download/SIMPLELINK-MSP432E4-SDK/2.40.00.11>

FreeRTOS V10.2.1 o superior

L'enllaç de descàrrega és el següent:

<https://www.freertos.org/a00104.html>

Annex B - DOMAG – Guia d'instal·lació mqttserver

Índex de continguts

Programari utilitzat.....	64
Procediment.....	64
Instal·lació del sistema operatiu.....	64
Instal·lació de Eclipse Mosquitto.....	64
Configuració Mosquitto – acl.data.....	65
Configuració Mosquitto – paraules de pas d'usuari.....	65
Verificacions.....	66

Programari utilitzat

- Sistema Operatiu Debian 9.0 (stretch)
- Eclipse mosquitto (1.4.10-3+deb9u4)

Procediment

Instal·lació del sistema operatiu

La instal·lació del sistema queda fora de l'abast d'aquest document. El Sistema Operatiu es pot obtenir de la web de l'organització (<https://www.debian.org/>) on també es poden trobar els passos per a la seva instal·lació.

Instal·lació de Eclipse Mosquitto

La versió que s'instal·larà de Eclipse Mosquitto és la que hi ha als repositoris oficials de debian, per tant, farem servir el programari apt i dpkg per a realitzar la instal·lació.

1. Obrir un terminal
2. Fer logon amb l'usuari root
3. Actualitzar la base de dades de paquets:

```
apt-get update
```

4. Un cop finalitzada l'operació executar:

```
apt-get install mosquitto mosquitto-clients
```

Contestar si per seguir amb la instal·lació.

5. Els binaris quedaran dipositats a la ruta /usr/sbin/mosquitto
6. Els arxius de configuració quedaran en la ruta /etc/mosquitto
7. En el fitxer mosquitto.conf ens interessa tenir els següents paràmetres configurats:

```
pid_file /var/run/mosquitto.pid
user mosquitto
port 1883
persistence_location /var/lib/mosquitto/
log_dest syslog
connection_messages true
log_timestamp true
```

```
allow_anonymous false
password_file /etc/mosquitto/pwfile
acl_file /etc/mosquitto/acl.data
```

Configuració Mosquitto – acl.data

Com es pot veure en el fitxer de configuració, el fitxer acl.data resideix en /etc/mosquitto.

Per al funcionament del projecte s'utilitzaran una sèrie de cues i usuaris que cal donar d'alta en el fitxer acl.data tal i com es pot veure a continuació:

```
#acls per a usuaris de mosquitto
# Inici bloc de control per a l'usuari zeod
user zeod
topic home/pk/gdoor/status
topic home/pk/gdoor/action
topic home/pk/lights/status
topic home/pk/lights/action
#Fi bloc de control per a l'usuari zeod

# Inici bloc de control per a l'usuari parking
user parking
topic home/pk/gdoor/status
topic home/pk/gdoor/action
topic home/pk/lights/status
topic home/pk/lights/action
#Fi bloc de control per a l'usuari parking
```

El «user parking» és el dispositiu de control. El reste, seran el usuaris que tindran permès enviar ordres i rebre missatges d'estat del dispositiu. En cas de voler afegir nous usuaris, repetir el primer bloc modificant el nom d'usuari.

Configuració Mosquitto – paraules de pas d'usuari

En la configuració hem especificat que els usuaris necessitaran autenticació per poder accedir a l'enviament i recepció de missatges a través del servidor.

Per poder assignar una paraula de pas a cada usuari, caldrà utilitzar la següent ordre per:

- Crear un nou usuari o modificar la paraula de pas

```
mosquitto_passwd <fitxer on es desen las paraules de pas> <id_usuari>
```

Ex:

```
mosquitto_passwd /etc/mosquitto/pwfile parking
```

Nota: si el fitxer no existeix, afegir el paràmetre «-c» abans del nom del fitxer

- Esborrar un usuari

```
mosquitto_passwd -D <fitxer on es desen les paraules de pas> <id_usuari>
```

Verificacions

Amb la instal·lació del servidor també hem instal·lat els clients que es poden utilitzar per simular l'enviament i la recepció de missatges i que ens servirà per validar la instal·lació del servei.

Necessitem estar connectats en dues consoles, amb un usuari de sistema que permeti executar les ordres `mosquitto_pub` i `mosquitto_sub`.

1. En la consola 1 utilitzarem l'ordre `mosquitto_sub` i simularem se el dispositiu que es subscriu a una cua:

```
root@vault:/home/zeod# mosquitto_sub -h localhost -t home/pk/gdoor/action -u "parking" -P "A123456789"
```

El cursor no retornarà fet que indica que estem subscriu a la cua. Per altra banda podem examinar el log del sistema per verificar que la connexió és correcta:

```
Dec 10 18:35:56 vault mosquitto[477]: New connection from ::1 on port 1883.
Dec 10 18:35:56 vault mosquitto[477]: New client connected from ::1 as mosqsub/31042-vault (c1, k60, u'parking').
```

2. En la consola 2 utilitzarem l'ordre `mosquitto_pub` i enviarem un missatge a la mateixa cua però aquest cop amb l'altre usuari definit:

```
root@vault:/etc/mosquitto# mosquitto_pub -h localhost -t 'home/pk/gdoor/action' -i zeod -u zeod -P A123456789 -m "Això és un missatge de test"
```

Un cop premem «intro» veurem com a la consola 1 apareix el missatge:

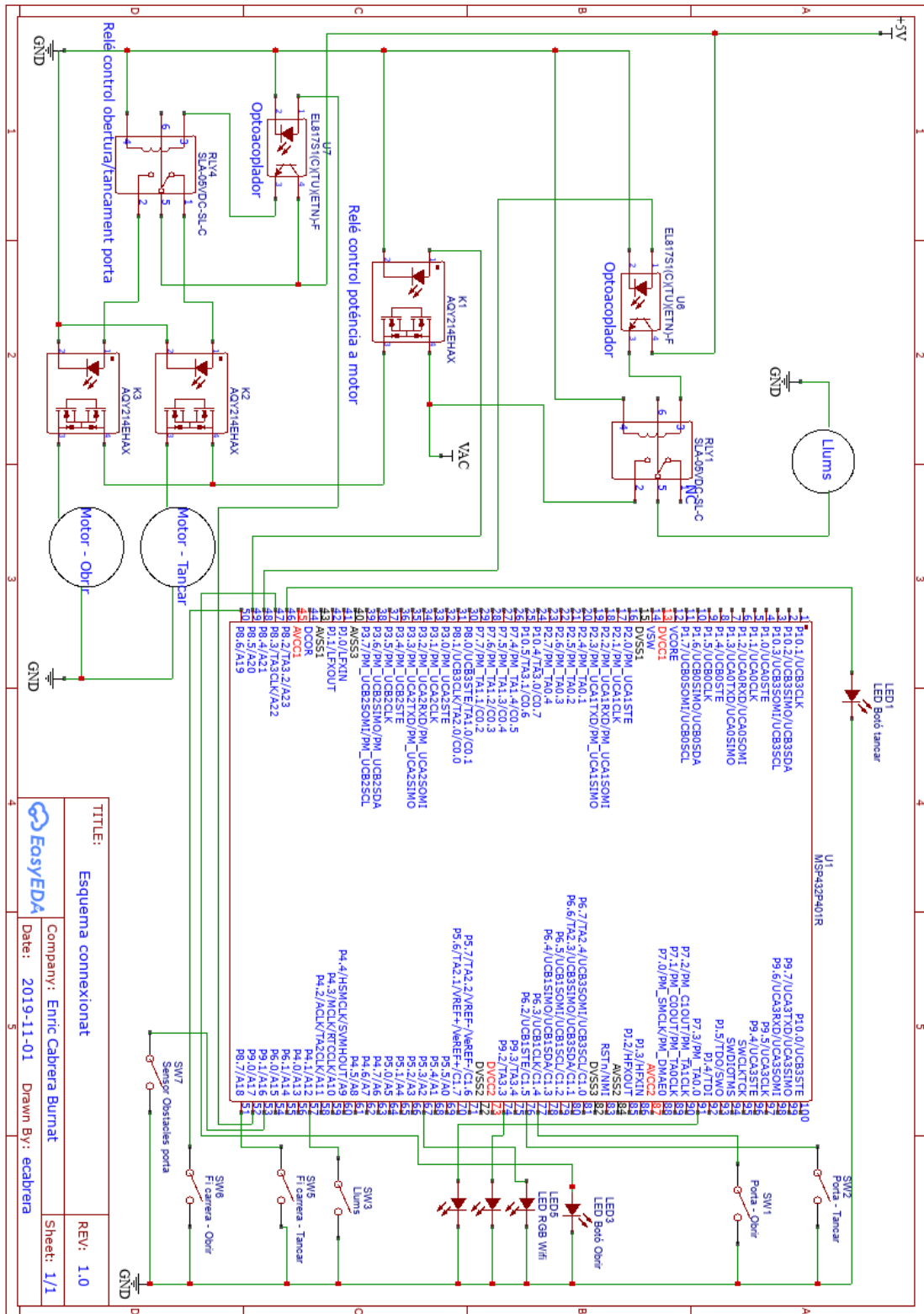
```
root@vault:/home/zeod# mosquitto_sub -h localhost -t home/pk/gdoor/action -u "parking" -P "A123456789"
Això és un missatge de test
```

i en el log es pot veure com l'usuari que envia el missatge es valida i es desconnecta just després d'enviar el missatge:

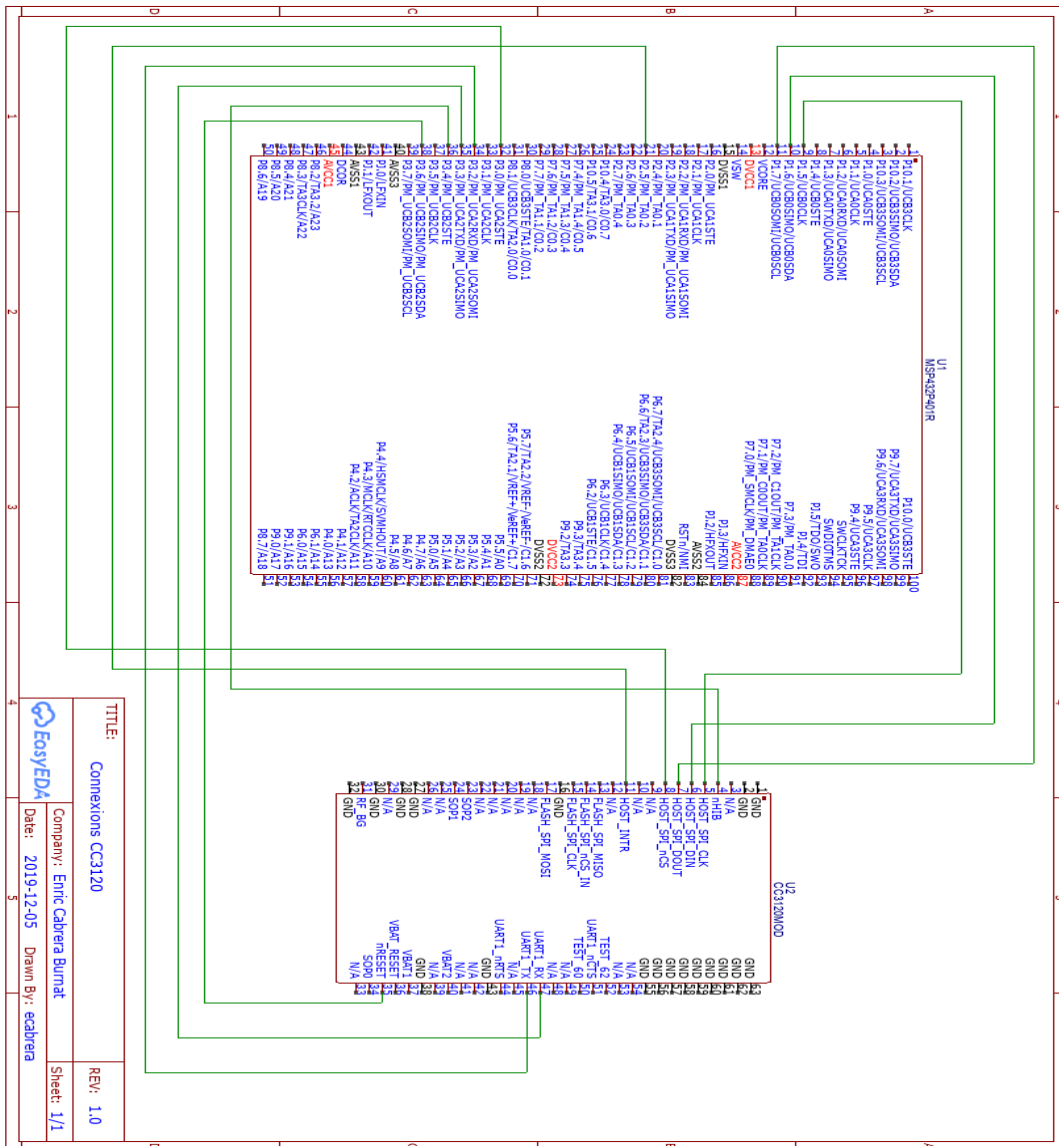
```
Dec 10 18:39:41 vault mosquito[477]: New connection from ::1 on port 1883.  
Dec 10 18:39:41 vault mosquito[477]: New client connected from ::1 as zeod (c1, k60, u'zeod').  
Dec 10 18:39:41 vault mosquito[477]: Client zeod disconnected.
```

Cal tenir en compte que si estem subscrits a una cua, i un usuari amb el mateix identificador que nosaltres, es vol subscriure a la mateixa cua, el primer usuari serà desconnectat del servidor.

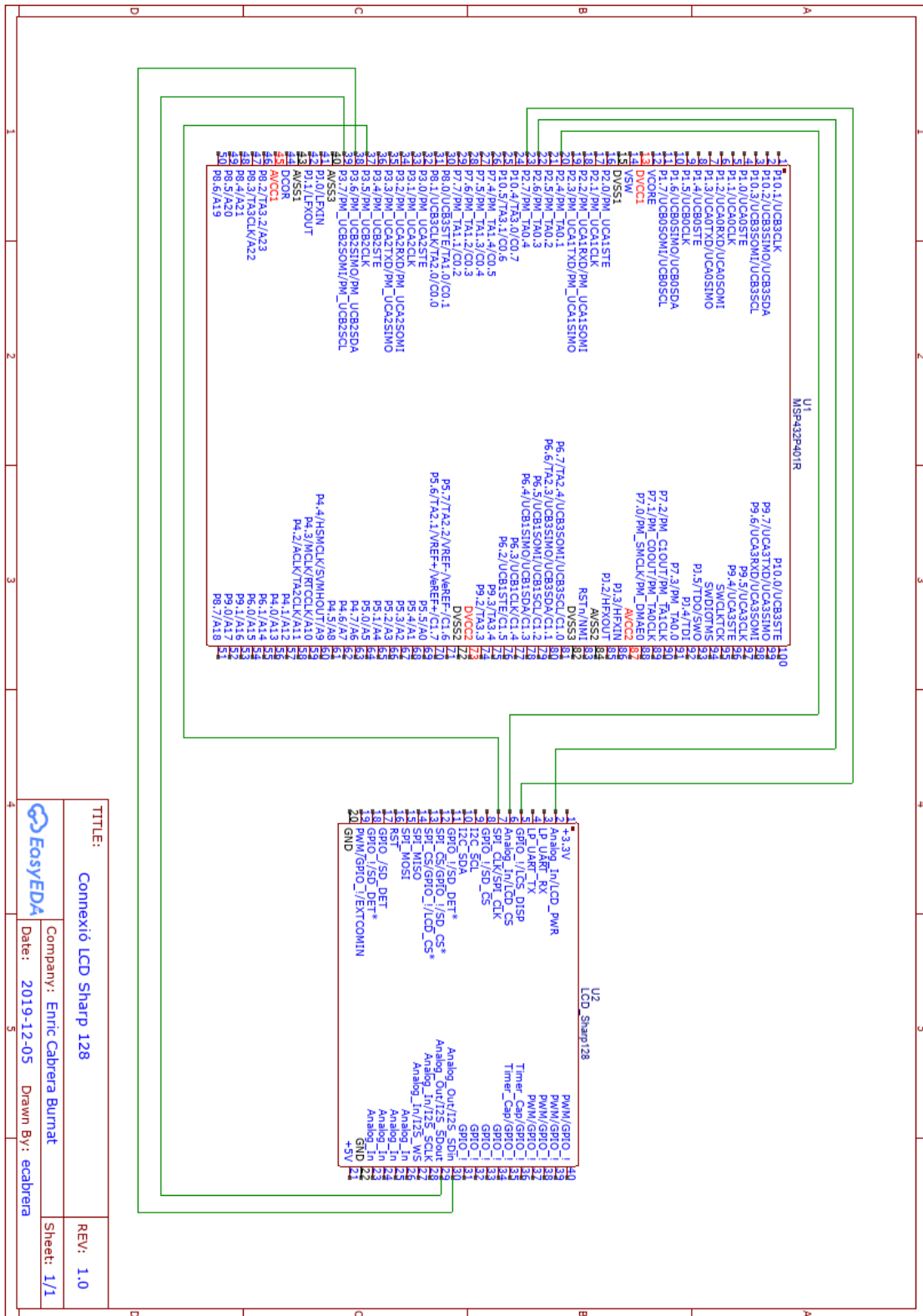
Annex C – Esquemàtics



II-Il·lustració 33: Esquemàtic connexionat msp432



Il·lustració 34: Esquema de connexions msp432 - CC3120



Il·lustració 35: Esquemàtic connexionat msp432-Sharp128