

Creació d'un dispositiu controlador MIDI

Enginyeria Tècnica d'Informàtica de Sistemes

Estudiant

Josep Carles Saura Martín

Consultor

Jordi Bécares Ferrés

Data Lliurament

Resum

Aquest document es el resultat de l'execució de l'assignatura TFC - Sistemes encastats, i correspon a la memòria del projecte realitzat per tal d'assolir els objectius necessaris per aprovar l'assignatura. Per a realitzar el projecte primer s'han de completar unes activitats prèvies per tal de formar a l'estudiant amb els coneixements necessaris per dur a terme el projecte objectiu de l'assignatura.

Aquest document és, doncs, una memòria del procés de desenvolupament del projecte final de l'assignatura, en el que s'hi recull la informació sobre projecte. En les següent pàgines es vol donar resposta sobre quin és l'objectiu del projecte, quines son les decisions que s'han pres en el procés de desenvolupament d'aquest, quin és l'àmbit del projecte o quines són les valoracions un cop finalitzat el procés.

L'objectiu d'aquest document és documentar la informació rellevant necessària per tal de representar quina ha estat la feina realitzada al llarg del projecte. Mantenint aquesta principi, s'ha descartat qualsevol tipus d'informació que pugui ser considerada no rellevant o redundant. Els capítols estan estructurats seguint un ordre lògic en el que es parteix des d'un punt de vista general, el qual, seguint un exercici de dissecció analítica s'especifiquen les parts que ho requereixin resultants d'aquest anàlisis.

A més del document principal, s'inclouen en forma d'annex altres documents per tal de presentar informacions, que sense ser rellevants, ajuden a completar la informació exposada.

Índex

1 Introducció.....	6
1.1 Justificació.....	6
1.2 Descripció.....	7
1.3 Marc del projecte.....	8
1.4 Objectius.....	9
1.5 Enfocament.....	9
1.6 Planificació.....	10
1.6.1 Primera fase.....	10
1.6.2 Segona fase.....	10
1.6.3 Tercera fase.....	10
1.6.4 Quarta fase.....	10
1.7 Recursos emprats.....	12
1.8 Productes obtinguts.....	14
1.9 Descripció dels altres capítols.....	14
2 Antecedents	14
2.1 Estat de l'art.....	14
2.2 Estudi de mercat.....	16
3 Descripció funcional	16
3.1 Controlador MIDI.....	17
3.1.1 Diagrames del sistema.....	18
3.1.2 Topologia de la Xarxa.....	20
3.1.3 Com interactuen els diferents objectes en el sistema.....	20
3.2 Logic Pro X.....	20
3.3 LPC1769.....	21
3.3.1 Diagrama de blocs.....	22
4 Descripció detallada	23
4.1 Controlador MIDI.....	23
4.2 Logic Pro X i altres.....	24
4.3 LPC1769.....	25
4.3.1 Diagrama de casos d'ús.....	26
4.3.2 Cas d'ús: Activar element de control.....	26
4.3.3 Cas d'ús: Visualitzar canvi en dispositiu.....	27
4.3.4 Diagrama de flux.....	28
4.3.5 Connexió dels dispositius en la LPC1769.....	31
5 Viabilitat tècnica	33
6 Valoració econòmica	35
7 Conclusions	37
7.1 Conclusions.....	37
7.2 Proposta de millores.....	38
7.3 Autoavaluació.....	39
8 Glossari	41
9 Bibliografia	43
10 Annexos	44
10.1 Manual d'usuari del prototip.....	44
10.1.1 Interfície d'entrada i sortida.....	45

10.2 Imatge del prototip final.....	50
10.3 Dates de finalització i entrega.....	50

Index de figures

Figura 1.1: Cronograma 1.....	6
Figura 1.2: Cronograma 2.....	6
Figura 3.1: Relació polsador – nota 12.....	12
Figura 3.2: Diagrama general.....	13
Figura 3.3: Diagrama de connexions.....	14
Figura 3.3: Diagrama de l'aplicació.....	17
Figura 4.1: Diagrama de casos d'ús.....	21
Figura 4.2: Diagrama de flux de l'aplicació principal.....	24
Figura 4.3: Diagrama de flux de la rutina Eint3	25
Figura 4.4: Diagrama de flux de la rutina Timer1.....	25
Figura 4.5: Diagrama de flux de la rutina Timer2.....	25
Figura 4.6: Diagrama de flux de la rutina Timer3.....	25
Figura 4.7: Diagrama de flux de la rutina ADC.....	25
Figura 4.8: Diagrama de flux de les rutines UART.....	25
Figura 4.9: Circuit dels polsadors.....	26
Figura 4.10: Circuit del potènciometre.....	26
Figura 4.11: Circuit del sensor de proximitat	27
Figura 4.12: Circuit d'un led.....	27
Figura 4.13: Circuit del relé.....	28
Figura 6.1: Costos de material adquirit.....	30
Figura 6.2: Costos de material estimat.....	31

1 Introducció.

En aquest document es presenta la memòria del TFC en Sistemes encastats. El projecte es basa en el disseny d'un dispositiu que tingui la funció de rebre i enviar dades seguint el protocol MIDI. La funció realitzada per el dispositiu en enviar les dades és controlar paràmetres d'una aplicació de PC habilitada per treballar amb el protocol MIDI, o d'un dispositiu de les mateixes característiques. Al rebre dades les dades, la funció del dispositiu és interpretar-les i – en funció de la interpretació – activar o desactivar perifèrics connectats al dispositiu.

Per tal de dotar a l'usuari la capacitat de comunicar al dispositiu quan ha d'enviar les dades MIDI, aquest ha de disposar d'una interfície formada per dispositius d'entrada, com ara pulsadors o sensors. El dispositiu ha de tenir connectats dispositius de sortida, com leds o relés, per tal de ser activats en rebre les senyals pertinents.

El dispositiu final ha de permetre a un usuari enviar i rebre en temps real dades MIDI a qualsevol altre dispositiu que sigui capaç d'interpretar-les, per tal de controlar certs paràmetres d'aquest últim així com rebre informació d'aquest.

1.1 Justificació

El fet d'haver triat aquest projecte principalment ha estat per satisfer la voluntat personal de tenir la capacitat de crear un dispositiu capaç de controlar i ser controlat per un altre dispositiu, i d'aquesta manera obtenir els coneixements necessaris per poder programar un microcontrolador en diferents tipus d'aplicacions, ja sigui en el control de dispositius MIDI, automatització de dispositius, domòtica, etc.

Per a tal efecte s'utilitzarà un sistema encastat com a principal element del Dispositiu a Produir en aquest Projecte (d'ara en endavant referenciat amb les sigles 'DPP'), en concret el microcontrolador sobre el que l'aplicació requerida es desenvolupada és l'LPC1769 de NXP basat en arquitectura ARM. Les característiques d'aquest xip aconsegueixen els següents requisits necessaris per a la producció del DPP:

- Disposar de les capacitats suficients per connectar els perifèrics necessaris per habilitar la interfície d'entrada de l'usuari, els dispositius de sortida i els perifèrics necessaris per tal d'establir la connexió entre dispositius.
- Suportar el règim de treball necessari per tal de que l'experiència de l'usuari del control sigui en temps real.
- Habilitar sistemes d'optimització de recursos basats en interrupcions d'execució de codi.

- Suportar un sistema operatiu (FreeRTOS) que habiliti funcions bàsiques de sistema orientades a la optimització de recursos com cues, semàfors, esperes passives, etc.
- Disposar d'eines de control d'execució (FreeRTOS) per tal de facilitar el desenvolupament de l'aplicació.
- Consumir nivell d'energia raonable per a la funció del dispositiu.
- Disposar d'un cost material raonable.

La transmissió de dades de control es realitzarà mitjançant el protocol MIDI (Musical Instrument Digital Interface) perquè és un protocol dissenyat per transmetre dades de control amb una latència suficientment baixa per tal de que l'usuari que utilitzi el dispositiu no sigui capaç de percebre-la, creant una experiència d'ús en temps real. Aquest protocol va ser creat davant la necessitat de tenir un mecanisme de control d'instruments musicals electrònics, per això moltes de les ordres de control estan relacionades amb paràmetres de caràcter musical. Tot hi així, i gràcies als fonaments del disseny d'aquest protocol, a que va ser el primer d'aquestes característiques en ser estandarditzat, i gràcies a que la llicència d'ús és gratuïta, ha estat utilitzat en altres àmbits de la indústria en processos que requereixin transmissions de control amb característiques similars.

La forma bàsica de transmetre dades seguint el protocol MIDI es basa en una transmissió sèrie de dades de forma asíncrona, i la LPC1769 disposa de diferents ports (UART) dissenyats per a tal efecte. Quan va ser creat el protocol MIDI no hi havien protocols de connectivitat entre dispositius (com USB) i per això també es va crear un mecanisme per connectar els diferents dispositius mitjançant connectors específics, tot hi així aquest projecte no serà necessari fer ús dels connectors primitius, i només utilitzarem les parts de les especificacions MIDI que fan referència a la transmissió de dades.

També es poden utilitzar altres protocols dissenyats per a ser utilitzat de forma universal, i així tenir l'habilitat d'enviar dades MIDI sense tenir un maquinari dedicat. Així podem utilitzar els protocols USBMIDI o RtpMIDI per tal d'habilitar al dispositiu la comunicació amb altres dispositius que suportin la transmissió de dades MIDI mitjançant el protocol USB o Wifi ampliant així les possibilitats de compatibilitat amb altres dispositius.

1.2 Descripció

L'objectiu final del projecte és la creació del DPP el qual un cop connectat a un computador en el que s'executi una aplicació habilitada per a la comunicació MIDI – o a qualsevol altre dispositiu capaç d'interpretar les senyals emeses per el DPP (d'ara en endavant referenciat com Dispositiu Receptor del DPP, o 'DRD') – ha de disposar de la capacitat d'enviar i rebre dades de control definides en el protocol

MIDI. Per a tal efecte el DPP necessita disposar d'una interfície per tal d'habilitar a l'usuari el control d'aquest, basada en un sistema format per sensors, pulsadors o potenciómetres, així com les interfícies necessàries per tal d'establir la connexió amb el DRD, i els controladors necessaris per tal d'activar dispositius de sortida, com ara leds o relés.

Com a base del DPP s'ha triat una LPC1769 on hi hauran connectats tots els dispositius (sensors, leds...) d'entrada i de sortida. Per una banda processarà les senyals d'entrada dels dispositius per tal d'enviar les dades MIDI al DRD, i per l'altra activarà / desactivarà els dispositius pertinents en funció de les dades rebudes d'aquest. El DPP ha de permetre a l'usuari tenir control d'aquest. Per a tal efecte l'usuari ha de disposar d'una interfície basada en sensors/pulsadors/... connectats a la LPC1769.

La comunicació entre el DRD i la LPC1769 es realitzarà mitjançant una connexió UART. En el cas d'utilitzar un PC com DRD, és necessari l'ús d'un perifèric que habiliti la connexió entre el port UART de la LPC1769 i un port USB a la banda del PC, juntament amb una aplicació de virtualització de port MIDI (pe. Hairless-midiserial).

A més de la implementació del programari necessari, també han d'estar habilitats els circuits necessaris per connectar els dispositius requerits en la LPC1769.

També s'utilitzarà un port UART de la LPC1769 per tal de dotar al DPP d'un mecanisme de registre d'errors, per tal d'habilitar aquest canal es necessita disposar d'un dispositiu USB-UART connectat a algun dispositiu amb l'habilitat de mostrar aquest missatges, com ara un PC amb el software pertinent.

L'objectiu d'una de les fases extra del projecte és utilitzar una connexió Wifi per transmetre les dades MIDI. Per a tal efecte es pot utilitzar una RN-XV (WiFly) connectada a la LPC1769 per establir la connexió entre el DPP i el DRD.

1.3 Marc del projecte

En aquest apartat s'especifica quin es l'àmbit del projecte necessari per a la producció del DPP. En la banda del computador no serà necessari implementar un controlador per tal de comunicar el software amb el dispositiu d'entrada (la LPC1769), ja que la plataforma de desenvolupament treballa sobre OSX i aquest sistema suporta de forma nativa el protocol MIDI, tant en la forma primitiva, com en els protocols USBMIDI i RtpMIDI.

D'aquesta forma tot el pes del projecte recau sobre el disseny d'una aplicació per la LPC1769 amb l'objectiu d'habilitar en aquesta el protocol MIDI, dotant així al DPP de les capacitats necessàries per complir amb els objectius descrits en el següent punt.

1.4 Objectius

Els objectius principals del projecte són:

- Elaborar un prototip funcional que integri tots els elements necessaris per a la connexió dels perifèrics requerits amb la LPC1769. Aquests elements poden ser dispositius com ara pulsadors, sensors, potenciómetres, leds o relés, com els elements necessaris per a la interconnexió d'aquests necessària per a la integració en el CPP (com cablejat, etc.).
- Crear els sistemes de control necessaris per tal d'integrar els dispositius descrits en l'anterior punt en la LPC1769.
- Implementar el protocol de comunicació MIDI a la PLC1769 per tal d'habilitar al DPP d'aquest protocol.
- Dotar al DPP d'un port de registre per tal d'informar dels possibles errors i altres informacions del sistema.
- EXTRA: Realitzar les adaptacions necessàries al DPP per tal de realitzar les mateixes funcions mitjançant el protocol Rtp-USB i/o USBMIDI.

1.5 Enfocament

Per tal de decidir la metodologia i els procediments a seguir, primer s'ha fet una investigació exhaustiva dels requisits tècnics i de les característiques específiques de cada dispositiu requerit (pe. la LPC1769 o el sensor HC-SR04) . Amb els resultats d'aquesta primera investigació, s'ha realitzat un primer disseny general i una planificació del treball a realitzar per tal de desenvolupar l'aplicació i la documentació en un mètode basat en un procés de desenvolupament en cascada.

En la planificació s'estableixen quatre fases, les dues primeres són les necessàries per aconseguir els objectius principals, i les altres dues amplien les opcions de connectivitat del DPP. Tot hi que la metodologia es basa en un sistema de desenvolupament en cascada, podem diferenciar diferents metodologies en funció de la fase i des d'un punt de vista global: en la primera fase el enfoc de desenvolupament és prototipat, ja que es desenvolupa la base de treball de les diferents fases i degut a la falta d'experiència s'ha utilitzat aquest mètode iteratiu. En canvi en la resta de fases, el enfoc es més en cascada. En canvi, des d'una perspectiva global, el enfoc de desenvolupament del projecte és en espiral, ja que en cada fase es produeix un cicle sencer de producció, tant de l'aplicació com de la memòria.

1.6 Planificació

Les tasques a realitzar en aquest projecte han estat dividides en quatre fases, amb l'acompliment de les dues primeres, es garanteix l'acompliment dels objectius generals. La idea és que el producte obtingut al finalitzar aquestes fases tingui capacitats per realitzar totes les funcions requerides de forma completa.

Les altres dues fases restants estan pensades per aconseguir els requisits extra. A continuació es llisten cadascuna d'elles justament amb una breu descripció:

1.6.1 Primera fase

En aquesta fase l'objectiu es dotar al sistema de les funcions bàsiques. Per a fer-ho, s'utilitzarà un cas molt senzill en el que només hi intervindrà un sensor (polsador) per enviar les dades al computador, i un led com a dispositiu de sortida de les dades rebudes per aquest. A més, en lloc d'utilitzar la connexió USB s'utilitzarà la connexió UART per enviar les dades MIDI. En la banda del computador, es llegiran les dades mitjançant el port sèrie i s'utilitzarà un software de tercers (Serial – MIDI converter) per tal de transformar aquestes senyals i enviar-les al un dispositiu virtual creat per el sistema operatiu del PC (En OSX es diu IAC driver). Deixem doncs, la implementació de la connexió USB-MIDI per una fase posterior.

1.6.2 Segona fase

L'objectiu final d'aquesta fase es dotar al sistema de la totalitat de les funcionalitats, integrant tots els dispositius (tant d'entrada com de sortida) i desenvolupant els mòduls necessaris per habilitar totes les funcionalitats. Amb la finalització d'aquesta fase s'assoleixen els objectius principals.

1.6.3 Tercera fase

En aquesta fase es substituirà la connexió USB-UART per una connexió purament USB. Per tal d'assolir aquesta fita cal crear un controlador en la LPC1769 per habilitar la connexió USB, i es necessari implementar els mòduls necessaris per habilitar al DPP el protocol USBMIDI.

1.6.4 Quarta fase

L'objectiu en aquesta fase es substituir la connexió USB-UART per una connexió MIDI sense fils utilitzant una WiFly per connectar-se a una xarxa Wifi i utilitzar el protocol RtpMIDI per tal d'establir la connexió entre el DPP i el DRD, i per assolir-lo cal desenvolupar els mòduls corresponents i les adaptacions al maquinari necessàries.

En el següent cronograma podem veure com es desplega la planificació, aquest ha estat dividit en dues parts (figures 1 i 2) per facilitar la lectura. S'inclou com annex un arxiu amb la versió completa.

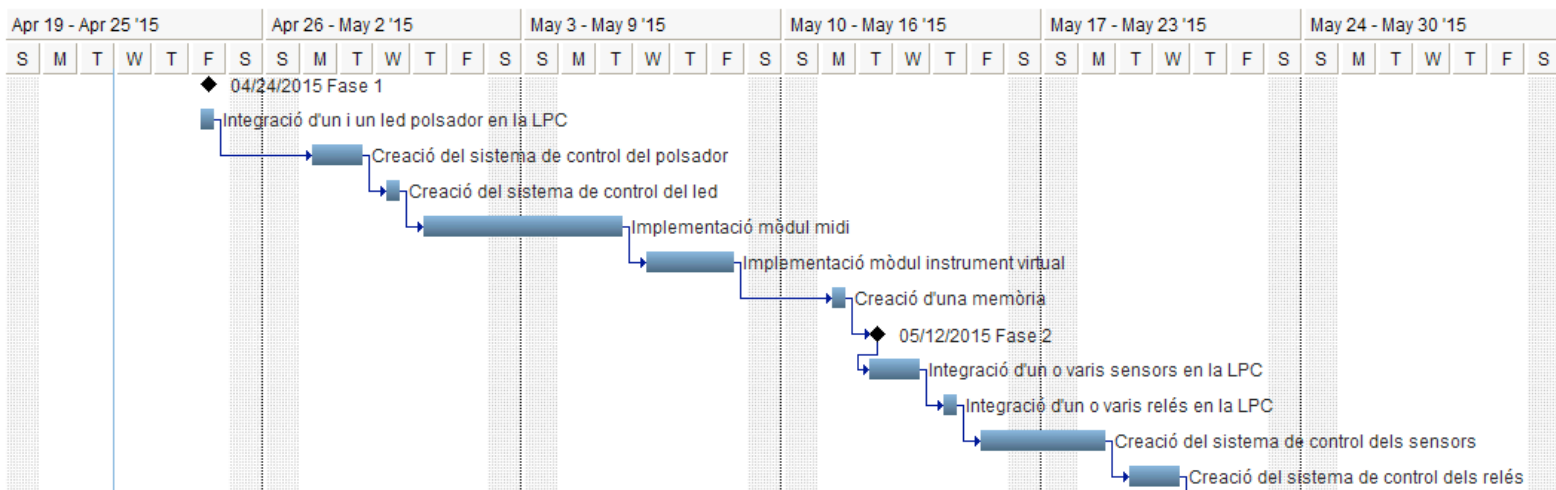


Figura 1.1: Cronograma 1

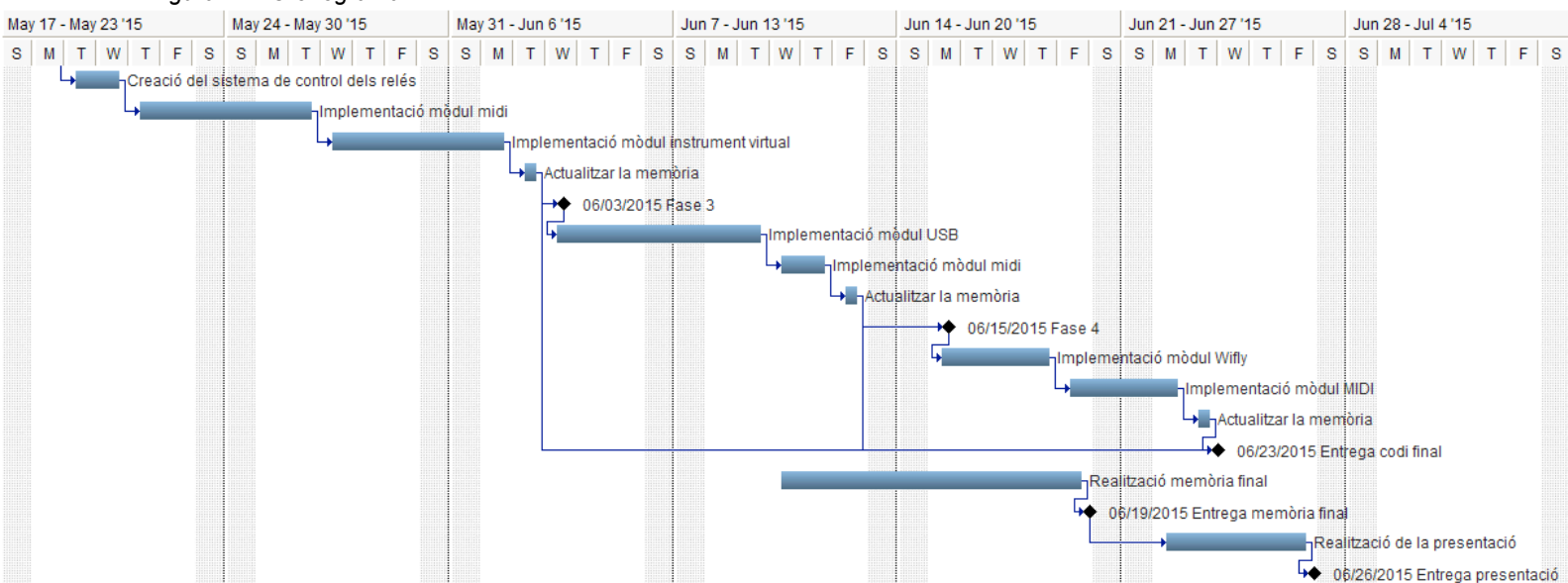


Figura 1.2: Cronograma 2

Aquesta planificació preveu la realització de la tercera fase deprés de la segona, i la quarta deprés de la tercera. Cal remarcar que, tot hi que en les dos primeres fase l'ordre es estricte, l'ordre de les dues finals no és rellevant, és a dir, és pot intercanviar.

1.7 Recursos emprats

Per tal de llistar els recursos s'han separat es recursos físics i recursos lògics en dues llistes. En quan als recursos físics, es diferenciarà entre components i estris. Els elements físics emprats per el desenvolupament del DPP han estat:

Components:

- LPC1769: aquest microcontrolador és la base del DPP. La versió utilitzada en el projecte és el producte LPCXpresso LPC1769, una placa que inclou el microcontrolador LPC1769 a més d'un altre controlador (LPC3154) orientat a programar i habilitar eines de control d'execució al primer. S'han obtingut dues plaques (per a més informació consultar el link referenciat en l'apartat Bibliografia).
- Polsadors: s'han utilitzat fins a 7 polsadors (SPRKB-COM-10302) per al desenvolupament de la interfície de control per a l'usuari. Són polsadors elementals que s'encarreguen de tancar un circuit en ser premuts.
- Un potenciòmetre rotatori per dotar a la interfície d'entrada d'un sistema per introduir diferents valors compresos dintre un rang determinat.
- Un sensor de proximitat, en concret el model HC-SR04, basat en un sistema d'ultrasons per tal de mesurar la distància (per a més informació consultar el link referenciat en l'apartat Bibliografia).
- Un convertidor de voltatge de senyals lògiques, el SPRK-BOB-12009, per tal de connectar els dispositius que treballen a un voltatge diferent al de la placa (per a més informació consultar el link referenciat en l'apartat Bibliografia).
- Una tauleta de producció de prototips (proto-board) per a realitzar els circuits necessaris per connectar els diferents dispositius.
- Elements bàsics per a la composició de circuits electrònics, com cablejat, pins i connectors, resistors i condensadors.

Dispositius:

- Per tal d'habilitar connexió UART entre el DPP i el DRD – quan aquest últim és un PC – es necessari un convertidor UART-USB, i s'han emprat els següents: FTDI1016, SLAB-CF2109.
- Un PC per tal de realitzar la funció de DRD i com a eina principal de desenvolupament. En aquest cas ha estat utilitzat un PC amb unes característiques generals sense tenir que destacar cap tipus de hardware o configuració específica. El sistema operatiu utilitzat en aquest computador és OSX.
- Un soldador d'estany i un multímetre per tal produir i testejar parts els circuit produïts.

A més dels elements físics, s'han utilitzats recursos lògics, com aplicacions o llibreries. A continuació el llisten les diferents aplicacions produïdes per tercers utilitzades en el desenvolupament d'aquest projecte:

Aplicacions:

- Per tal d'editar el codi necessari a la LPC1769 i realitzar les proves d'execució pertinents s'ha emprat l'aplicació LPCXpresso v7.6.2, la llicència d'ús en comprar la placa (per a més informació consultar el link referenciat en l'apartat Bibliografia). Tot hi que aquest IDE es capaç de treballar amb diferents tecnologies, en aquest projecte només utilitzarem C com a llenguatge de producció de binaris.
- S'ha emprat una aplicació, CoolTerm 1.4.5, per a disposar de les eines necessàries per establir connexió amb ports sèrie habilitats per els dispositius USB-UART (per a més informació consultar el link referenciat en l'apartat Bibliografia).
- S'ha utilitzat una aplicació del sistema, Midi Studio, per virtualitzar un port MIDI.
- Per tal d'enviar i rebre les dades MIDI entre el port USB-UART i el dispositiu virtual del sistema, s'ha utilitzat una aplicació anomenada Hairless-MIDISerial la qual, a més de traduir i comunicar les senyals, disposa d'un registre d'activitat (per a més informació consultar el link referenciat en l'apartat Bibliografia).
- Per a rebre – i enviar – dades MIDI al DPP, s'ha emprat una aplicació de seqüenciació de dades MIDI: Logic Pro X.
- S'han emprat altres aplicacions bàsiques de sistema, com una aplicació consola interpret de comandes, o aplicacions ofimàtiques (pe. NeoOffice) per a la edició de la documentació, o de navegació web (Google Chrome) per a la recerca de documentació i material.
- S'ha utilitzat una eina en línia (schematics.com) per a la edició d'esquemes de circuits electrònics.

Llibreries:

- S'ha emprat i modificat una llibreria per tal de crear una capa en la LPC1769 que habilita una interfície a nivell de programari entre la resta del codi i aquesta. D'aquesta manera s'habilita a la placa d'un mètode estàndard per a la producció i execució de programari. Aquesta llibreria es coneix com CMSIS (Cortex Microcontroller Software Interface Standard), s'ha utilitzat la versió 2.0 i la seva llicència d'ús és gratuïta.
- S'han utilitzat una llibreria per dotar al sistema d'un sistema operatiu (FreeRTOS) per dotar al sistema de les eines necessàries en temps real. Aquest ha estat desenvolupat per els principals productors de microcontroladors, es multi plataforma i la seva llicència d'ús és gratuïta.

1.8 Productes obtinguts

Els productes obtinguts són el codi font necessari per programar una LPC1769 per que realitzi les funcions del DPP especificades en els punts anteriors, i – com a mínim – un prototip amb els circuits i dispositius necessaris per tal d'habilitar la interfície d'entrada i sortida, és a dir un DPP complet i les eines per a poder utilitzar aquest projecte com a base d'un dispositiu basat en el DPP però amb més habilitats.

1.9 Descripció dels altres capítols

En aquest capítol s'ha descrit que és el que es vol fer en el projecte i que és necessita. En els propers capítols es descriu com es farà i les justificacions de les decisions preses seguint el següents passos: primer s'analitza qui és l'estat de l'art en l'àmbit requerit i s'exposen els resultats d'un estudi de mercat. Tot seguit es descriuen les funcionalitats de DPP així com els elements que el conformen i dades relacionades. Després es descriuen els detalls tècnics del projecte, es valora la viabilitat d'aquest i es presenta una valoració econòmica. Finalment, es relaten les conclusions extretes, es proposen algunes millores a aplicar al DPP i es descriu el resultat s'un exercici d'autoavaluació un cop s'ha finalitzat el procés de producció del DPP.

2 Antecedents

2.1 Estat de l'art

La tecnologia ha permès reduir els costos en la producció de microcontroladors i aquest fet ha propiciat que cada vegada sigui més fàcil utilitzar aquest tipus de dispositiu en una gran diversitat d'aplicacions. , a més – i en gran part gràcies a la popularització del PC – s'han creat les eines necessàries per facilitar la connexió i compatibilitat entre dispositius.

En el mercat hi han a disposició molts microcontroladors amb diferents característiques, per al desenvolupament del DPP s'ha decidit triar-ne un amb arquitectura RISC per tal de reduir el cost material i el consum energètic. Algun d'ells, a més de ser molt populars per el tenir alt gran volum de unitats venudes, són possibles candidats a ser la base del DPP.

Un d'aquests possibles candidats es una placa Arduino, una plataforma electrònica de codi obert amb la intenció de facilitar la producció d'aquest tipus de tecnologia que s'ha tornat molt popular en els darrers anys. Gràcies a això, és disposa de molts recursos, com llibreries per tal de controlar dispositius, de forma gratuïta facilitant la integració de diferents dispositius. Les característiques del model bàsic (model UNO rev.3) és una placa basada en el microcontrolador ATmega328 (per a més informació sobre la placa o el

microcontrolador consultar els links en l'apartat bibliografia), amb suficients connectors per connectar els dispositius necessaris, algun dels quals tenen l'habilitat d'interrompre l'execució de codi per tal d'habilitar rutines de servei. Les característiques generals del microcontrolador encaixen amb els requisits, tot hi que al tenir una freqüència de 16 Mhz es podria posar en compromís la integritat del funcionament en alguns escenaris de funcionament en el que intervinguin trames de dades complexes. A més, tot hi la versatilitat obtinguda gràcies a la disposició de codi, la llibreria base d'Arduino ofereix mètodes molt simples, ja que està orientada a usuaris debutants.

Un altre possibilitat són els microcontroladors de la família ARM. Dintre aquest grup el ventall és molt gran, tot hi com a comú denominador que la llibreria base (o sistema operatiu) disposa de la complexitat necessària per treballar amb diferents configuracions de xips tan de baixa com d'alta complexitat. Es una tecnologia molt emprada en l'àmbit professional degut al baix cost i a la diversitat de possibilitats en les possibles aplicacions, com ara en petits dispositius encarregats a realitzar tasques simples o dispositius de telefonia mòbil denominats «intel·ligents». Un exemple d'aquest tipus de controlador és el que finalment s'ha triat per realitzar el projecte, la placa LPCXpresso LPC1769. Aquest microcontrolador disposa de les característiques necessàries per connectar tots els dispositius, per a suportar el règim de treball requerit, disposar d'un cost material raonable, i a més és disposa de la capacitat d'escalabilitat necessària per tal d'ampliar – en una projecció futura a aquest projecte – les capacitats del DPP.

Cal mencionar que un altre possible candidat és un microcontrolador anomenat PIC32. Aquest te unes característiques i cost similars als anteriors, tot hi així ha estat descartat ja que la opció triada disposa d'unes característiques superiors.

El protocol triat per a la transmissió de dades de control és el MIDI. Aquest va ser creat a finals dels 70 del segle passat per donar solució a la comunicació entre els instruments musicals electrònics que – en aquell moment – van començar a proliferar. El disseny d'aquest protocol és basa en un sistema de transmissió de dades de control en temps real, amb una trama simple composta bàsicament per tres bytes, el primer del qual serveix per identificar el tipus d'esdeveniment, el segon per identificar el element implicat (nota musical o element controlador) i el tercer per indicar un valor comprés entre 0 i 127 (per a més informació sobre el protocol consultar el link referenciat en l'apartat Bibliografia). Gràcies a les seves característiques – orientades a habilitar el control de dispositius – el protocol MIDI no només s'utilitza en dispositius relacionats amb la producció musical, i a que el seu ús és gratuït, també és utilitzat en altres àmbits com ara control d'il·luminació en espectacles, efectes especials, automatització de dispositius, animació, entre altres.

Amb la aparició de noves tecnologies orientades a la connexió universal de dispositius (entre altres coses), s'han ampliat les capacitats creant protocols que permeten la transmissió de dades MIDI utilitzant aquestes, com és el cas del USB-MIDI o el RtpMIDI (o MIDI sobre WiFy). Gràcies a aquest fet, més de 30 anys més tard de la creació del primer protocol MIDI, es disposa d'un gran ventall de productes al mercat que utilitzen transmissions de dades MIDI com a protocol de control, com ara dispositius específics per controlar els paràmetres d'una aplicació de plataforma PC – utilitzant el port USB –, com aplicacions de plataforma de tipus «tablet» (pe. els sistemes operatius iOS o Android) amb el mateix propòsit per tal d'habilitar al dispositiu (tablet) l'habilitat de ser un controlador MIDI utilitzant pe. la xarxa sense fils.

Actualment hi han sorgit nous protocols orientats al control i a la obtenció de dades de dispositius, com ara el protocol DSP (*Device Control Protocol* per més info. consultar Bibliografia) orientat a dispositius amb connexió a internet, que disposen de característiques similars al protocol MIDI, però no satisfan la totalitat dels objectius principals, amés de que no es disposa del ventall tant gran en el mercat de de productes disponibles orientats a aplicacions similars.

2.2 Estudi de mercat

En el mercat podem trobar productes amb característiques similars. Gracies al avenços tecnològics comentats en el punt anterior han proliferat en el mercat una gran diversitat de productes. Alguns exemples de dispositius orientats a la interfície d'entrada de dades de control son teclats de tipus piano (pe. Korg microKey), dispositius orientat a la producció musical (pe. Akai APC40, Novation Launchpad, ReacTable...) o aplicacions orientades a dispositius «tablet» orientades a donar a aquest la funcionalitat de controlador MIDI, com Midi Control Pro per a dispositius iOS. Tots aquests productes són complets i les habilitats estan limitades a les capacitats de cada dispositiu.

No és tant fàcil trobar productes de les mateixes característiques orientats al tipus d'arquitectura escollida, i els que s'han trobat són productes orientats a complir unes funcions determinades, que en cap cas són les mateixes que les requerides en els objectius del projecte.

Per tant, podem dir que hi han molts productes al mercat que realitzen funcions similars, però no n'hi ha cap que realitzi exactament la mateixa funció. A més, la majoria de productes disponibles son dispositius dissenyat a complir unes determinades funcions, i el producte resultant del projecte és un prototip pensat en ser la plataforma per a la producció d'altres dispositius – amb més o menys complexitat – amb aplicacions específiques, per tal de facilitar la producció d'aquests tipus de dispositius. Des d'aquest últim punt de vista, no s'ha trobat cap producte amb les mateixes característiques en el mercat.

3 Descripció funcional

En aquest apartat es descriu les funcionalitats del DPP. Podem diferenciar dues funcionalitats principals:

- Enviar dades MIDI quan l'usuari activa algun dels dispositiu de captura connectats.
- Activar o desactivar els dispositius de sortida quan es rebí la senyal MIDI corresponent

Per tal de dotar al DPP de funcionalitats d'enviar dades MIDI, s'ha dotat a aquest d'una interfície d'entrada per enviar dades de control de notes, i dades de control d'altres tipus d'elements. De la mateixa manera s'ha dotat al DPP de les funcions necessàries a emprendre al rebre determinades dades de control, així com la interfície de sortida corresponent, i una altra interfície per establir connexió de dades amb un altre dispositiu dispositius.

3.1 Controlador MIDI

En aquest punt es presenta la estructura del prototip proposat. Per tal d'habilitar a l'usuari l'habilitat de notificar al DPP ha d'enviar dades MIDI – i així el DRD modifiqui els paràmetres corresponents en funció de les dades rebudes – el DPP disposa d'una interfície formada per tres elements principals:

- Un teclat format per sis polsadors, cadascú dels quals té la funció de representar una nota determinada (veure figura 3.1). En prémer un dels polsadors, el DPP ha d'enviar la senyal relativa al DRD per notificar a aquest que la nota representada per el polsador passa a tenir el estat «on». En el cas que el DRD sigui un producte dintre del marc de producció musical, l'aplicació de la interpretació d'aquest succés pot implicar que aquest ha d'activar un to sonor amb la freqüència relativa a la nota representada (el que es podria entendre com «fer sonar la nota en prémer una tecla»).

Polsador	Nota
0	60
1	61
2	62
3	63
4	64
5	65

Figura 3.1: Relació polsador - nota

- Un potenciòmetre per obtenir valors d'element de control mitjançant el seu ús, un exemple d'aplicació és un element destinat a controlar el valor del volum d'algun element del DRD.
- Un sistema per obtenir valors basat en el mateix principi que en el punt anterior, però en aquest cas utilitzant un sistema format per un polsador i un sensor de proximitat. En prémer el polsador, el DPP envia dades de control al DRD en funció dels valors obtinguts en el sensor de proximitat (pe. variar els valors d'un paràmetre en el DRD en apropar/allunyar la mà al sensor).

Les funcions que realitza el DPP en rebre les senyals MIDI pertinents són activar o desactivar dos leds o activar o desactivar un relé per tal que aquest tanqui o obri un circuit (és a dir realitzar la funció d'interruptor). Cada element correspon a una nota musical, així en rebre la nota relacionada amb, pe., un led

(C3, Do de la tercera escala) el DPP l'ha d'activar, i en rebre la senyal oposada desactivar-lo. El mateix mateix passa amb l'altre led i el relé.

S'ha habilitat en el DPP una interfície de comunicació per tal de dotar aquest la funció de transmetre dades de control MIDI al DRD.

3.1.1 Diagrames del sistema

En aquest apartat es presenta el diagram de blocs general del sistema, representat en la següent figura:

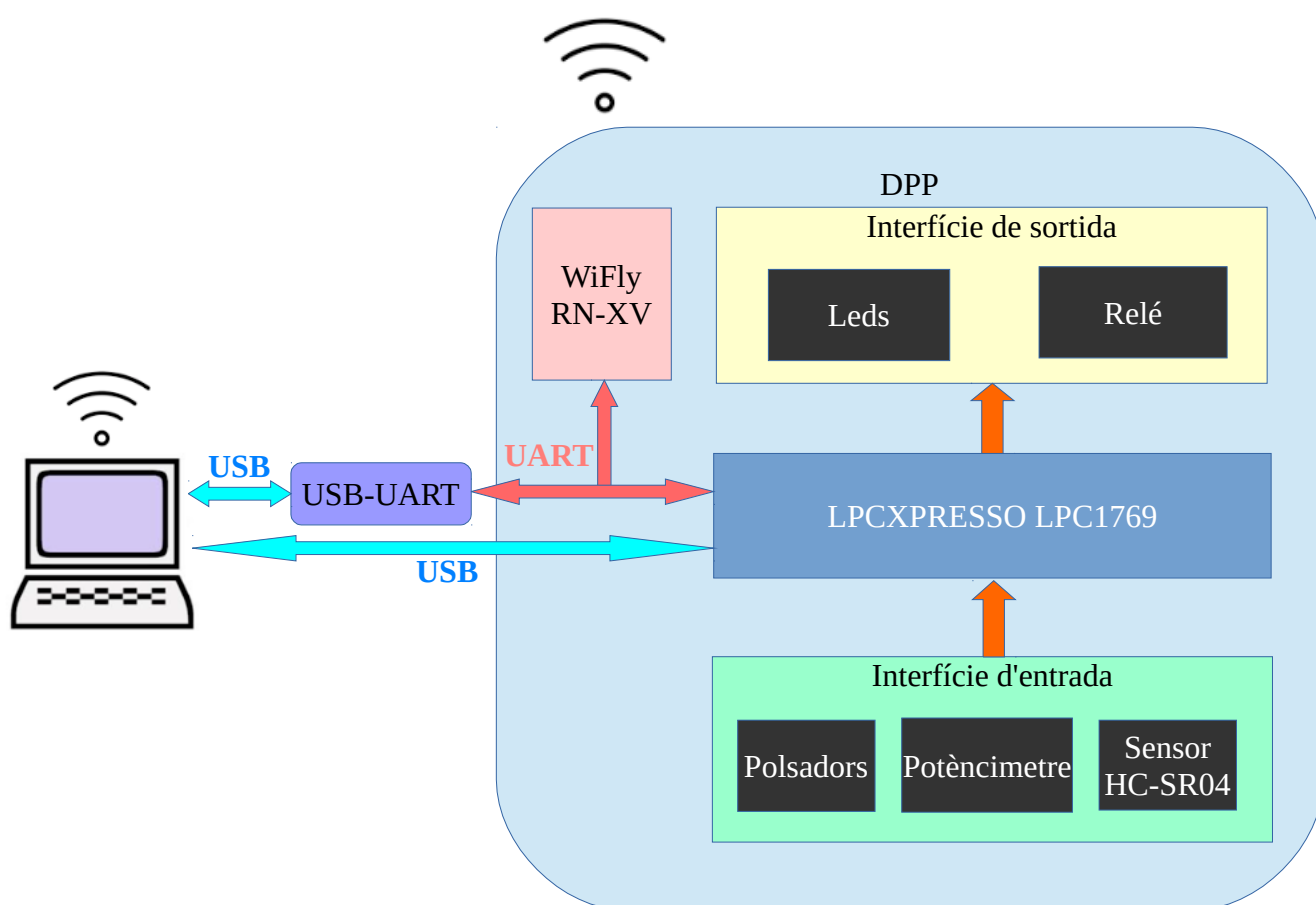


Figura 3.2: Diagrama general

En aquest diagrama general es pot observar com es connecta el DPP al DRD, en aquest cas un PC, de tres formes diferents. La formà bàsica és fa mitjançant una connexió UART entre la LPC1769 i un dispositiu USB-UART connectat al PC mitjançant el port USB. També es pot utilitzar la connexió UART per connectar la LPC1769 a una Wifly connectada a la mateixa xarxa que el PC. Finalment, es pot observar la connexió

directa amb el PC mitjançant el port USB. En el cas d'utilitzar una altra connexió UART per tal d'obtenir missatges d'errors, la connexió seria exactament la mateixa que en el primer cas (LPC1769 – USB-UART – PC).

En la següent figura, es mostra un diagrama de les connexions entre la LPC1769 i els diferents dispositius:

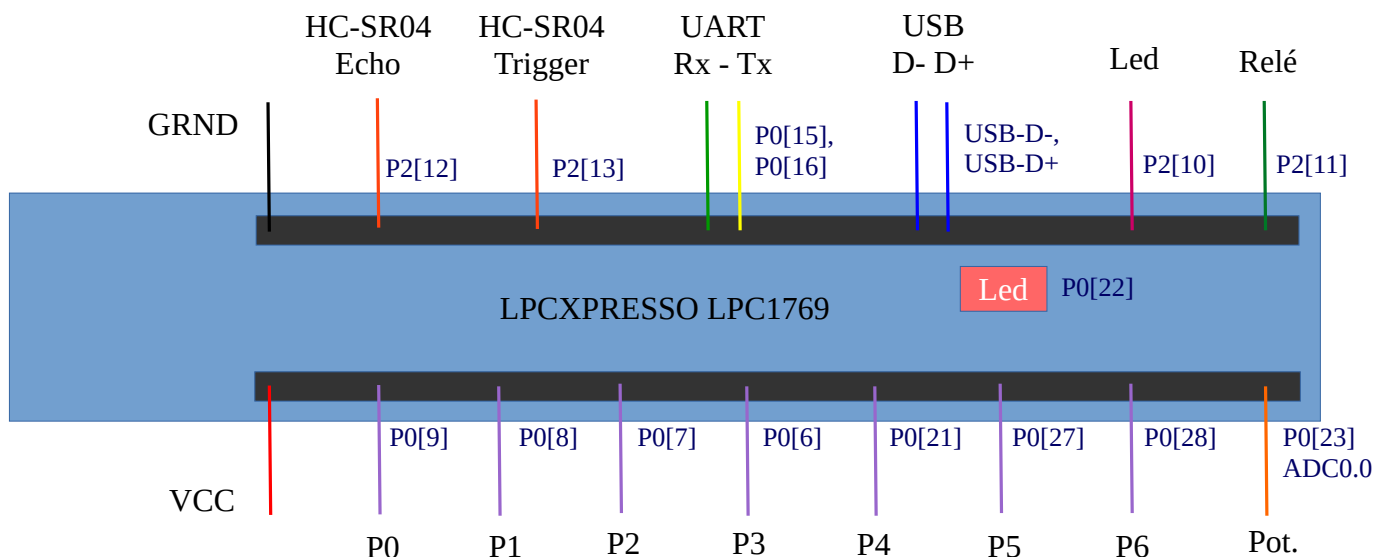


Figura 3.3: Diagrama de connexions

En el diagrama podem veure per cada connexió el port de la placa ($PX[Y]$) i els connectors del dispositiu corresponent. En nom d'aquest últim ha estat escrit de forma abreviada, a continuació es llista cada un en forma de llegenda:

- GRND: Aquest és el connector s'ha utilitzat per habilitar de presa de terra als circuits dels dispositius.
- VCC: Aquest és el connector que s'ha utilitzat per habilitar de presa de corrent elèctric als circuits dels dispositius.
- P0..6: Connectors als circuit dels pulsadors del 0 al 6.
- Pot.: Connector al circuit del potenciòmetre.
- HC-SR04 Echo: Connector del sensor de proximitat emprat per enviar la senyal de lectura.
- HC-SR04 Trigger: Connector del sensor de proximitat emprat per a rebre la senyal d'activació de la lectura.
- UART Rx, Tx: Connectors en el dispositiu pertinent (USB-UART, WiFly, LPC1769) per establir una connexió UART.

- USB D-, D+: Connectors en el cable USB destinat a ser connectat en el DRD pertinent (PC).
- Led: Connector al circuit del Led.
- Relé: Connector al circuit d'activació del relé.

3.1.2 Topologia de la Xarxa

En aquest punt s'especifica com està formada la xarxa formada per el binomi DPP i DRD. La comunicació principal entre aquests és mitjançant una connexió UART. En el DPP aquesta està habilitada gràcies a la LPC1769. Si el DRD és un PC, la connexió és possible utilitzant, pe., un dispositiu USB-UART connectat a aquest o be, en cas de complir els objectius extra, mitjançant la connexió WiFi. Si el DRD és un dispositiu igual al DPP aquests es poden comunicar mitjançant la connexió entre els port UART d'aquests, o be utilitzant un dispositiu WiFi connectat en ells i així utilitzar el protocol UDP (ja sigui emprant també el protocol RtpMIDI o bé algun altre mecanisme) per enviar les dades MIDI.

3.1.3 Com interactuen els diferents objectes en el sistema

La connexió entre el DPP i el DRD ha de permetre a l'usuari la connexió entre el esdeveniment que realitzi en el DPP al paràmetre especificat del DRD, encara que aquesta sigui indirecta. En aquest punt especifiquen els diferents nodes que formen la connexió.

El DPP utilitza un parell de ports UART (un per enviar i l'altre per rebre dades) de la LPC1769 per transmetre les dades MIDI. Aquests ports es poden connectar, o be a un dispositiu USB-UART, o be a un dispositiu WiFly (pe. RN-XV) . En el cas d'utilitzar un dispositiu USB-UART, aquest també ha d'estar connectat a un PC per tal de que l'aplicació pertinent pugui establir-hi comunicació. En el cas d'utilitzar una WiFly aquesta es connectarà a una xarxa on també hi sigui connectat el DRD.

En el cas d'assolir l'objectiu extra de dotar al DPP de connexió USB, en lloc d'utilitzar el parell de ports UART de la LPC1769, s'utilitzen els corresponents al port USB. Cal esmenar que s'ha utilitzar un altre parell de ports UART en la LPC1769 per connectar un dispositiu USB-UART i rebre dades de control d'errors.

3.2 Logic Pro X

Quan el DRD es compon d'un PC i una aplicació de producció musical, s'ha utilitzat l'aplicació Logic Pro. És un producte molt complex, però només s'han utilitzat algunes funcions bàsiques. L'estructura bàsica de la aplicació – i la interessant des del punt de vista del projecte – és basa en un seqüenciador de notes dividit en diferents pistes. Cada pista representa un instrument virtual. En el nostre cas, hem utilitzat dues pistes,

en la primera hi hem configurat un instrument que representa la virtualització d'un piano que s'encarregarà d'interpretar les notes MIDI enviades per DPP, i en la segona pista hi hem configurat un instrument capaç d'enviar dades MIDI per tal d'activar els dispositius corresponents en el DPP.

3.3 LPC1769

En aquest apartat s'introdueix el disseny de l'aplicació realitzada en la LPC1769.

El desenvolupament d'aquesta es pot dividir en dues parts diferenciades, per una banda una llibreria per tal de dotar al sistema dels mòduls necessaris per tal de treballar amb els diferents perifèrics, tant els inclosos en la placa, com els que hi volem habilitar. L'altre part fonamental és l'aplicació central del sistema que, fent us de la llibreria desenvolupada, i de les llibreries facilitades per el fabricant (CMSIS, FreeRTOS), s'encarregarà de gestionar els diferents successos generats en els dispositius.

El disseny inicial no s'ha modificat i, en trets generals, s'ha mantingut durant les diferents fases del desenvolupament.

3.3.1 Diagrama de blocs

Per a presentar el disseny de l'aplicació realitzada es mostra, en la següent figura, el diagrama de blocs del disseny inicial:

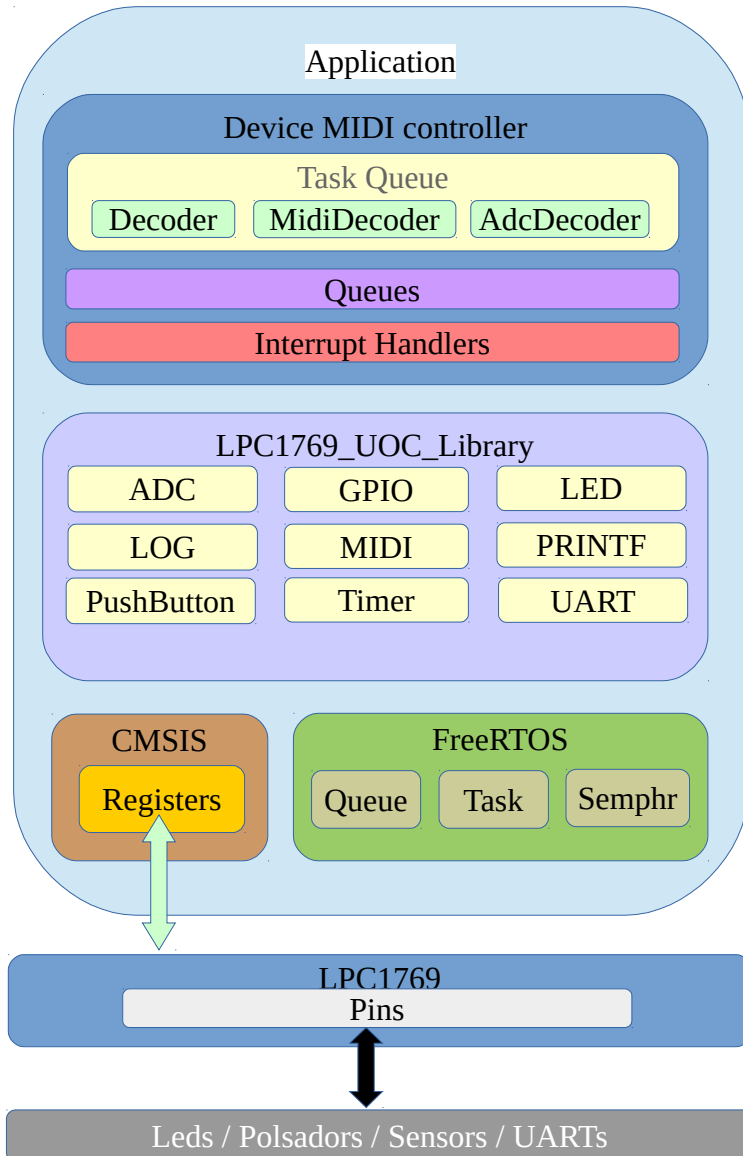


Figura 3.3: Diagrama de l'aplicació

En el diagrama és pot observar en blau cel els mòduls que conformem l'aplicació, dintre d'aquest grup podem diferenciar, per ordre, entre els mòduls de la aplicació principal, els mòduls de la llibreria desenvolupada per controlar els dispositius necessaris, i els mòduls d'interfície de programari (CMSIS) i mètodes d'operacions de sistema en temps real (FreeRTOS).

4 Descripció detallada

En aquest capítol s'expliquen els detalls tècnics de cada element del projecte diferenciant tres grups: dades relatives al DPP, informació sobre les trames transmeses entre el DPP i el DRD, i detalls sobre l'aplicació desenvolupada en la LPC1769.

4.1 Controlador MIDI

L'objectiu d'aquest punt es especificar com han estat utilitzats els diferents dispositius per a la construcció del prototip i les característiques de cada un, però no s'especificaran fins més endavant els detalls de la connexió amb la LPC1769.

A continuació es descriurà amb detall cada cas, llistant primer de tot els dispositius que han intervingut en el desenvolupament de la interfície de control de l'usuari.

- **Polsadors:** Aquest element és molt simple, és basa en un dispositiu que – en ser premut – tanca un circuit, del contrari el circuit es manté obert. Aquesta habilitat ha estat utilitzada per canviar – mitjançant un circuit específic – la diferència de potencial d'un punt del circuit, provocant així el canvi d'estat en algun dels pins de la LPC1769 (el qual està connectat a aquest punt del circuit del polsador), considerant com a possibles estats el conjunt format per dos possibles valors: alt o «*high*», i baix o «*low*» un dels. És a dir, en prémer el polsador, s'aconsegueix que una part del circuit passi de tenir una diferència de potencial de aprox. 3.3V a aprox. 1.2V, o el que és el mateix un canvi d'estat de *high* a *low*. Aquesta transició en concret es coneix com caiguda o «*falling*», i la LPC1769 disposa d'uns ports capaços de detectar aquestes transicions i, si escau, interrompre el codi en execució per executar-ne un d'específic per atendre al succés que ha provocat la interrupció.
- El potenciòmetre és un dispositiu que, segons com es connecti en un circuit, te l'habilitat de o be controlar la intensitat que circula per aquest o be la diferència de potencial. En la nostra aplicació ens interessa el segon cas. Per a tal efecte s'ha creat el circuit necessari amb el potenciòmetre connectat a un port de la LPC1769 per tal d'obtenir dades de mesura de voltatge, en concret s'ha utilitzar un port que te l'habilitat de llegir un valor analògic (voltatge) i transformar-lo en la representació binària d'aquest.
- El sensor de proximitat utilitzat es basa en un sistema d'ultrasons que, en rebre una senyal per un port específic amb el valor *high* durant un temps mínim determinat (10micro sec.) s'activa per fer una lectura. Per a tal efecte, el dispositiu emet un so a una freqüència molt elevada, i rep el rebot de la ona emesa per aquest. En funció del rebot, el dispositiu canvia l'estat d'un altre port específic a *high* el temps corresponent al rebot obtingut. La LPC1769 utilitza un port per tal d'enviar la senyal al sensor l'ordre de lectura, i utilitza un altre port per llegir els canvis d'estat en funció del rebot, i poder mesurar el temps entre transicions (i calcular així la distància mesurada). Com que aquest dispositiu

treballa amb un valor de voltatge diferent al de la LPC1769 (5V aprox.) s'ha emprat un convertidor lògic de voltatge per a la connexió entre aquests.

Els elements utilitzats en la interfície de sortida són:

- Leds: són díodes que tenen la capacitat d'il·luminar-se en fer passar un corrent elèctric en un determinat sentit. S'ha utilitzat un led inclòs en la LPC1769, i altres leds connectats a la LPC1769 o a un relé.
- Un relé electromecànic connectat en un circuit de tal manera que en aplicar una diferència de potencial en aquest, el relé tanca un circuit (actua de polsador en rebre un *high*). S'ha utilitzat un port de la LPC per tal d'aplicar aquesta diferència de potencial en el circuit que activa el relé. Aquest dispositiu també treballa a 5V.

Hi ha un dispositiu comú per a garantir la connexió entre els dispositius que utilitzen un voltatge de 5V amb la LPC1769, un convertidor lògic de senyals digitals de 5V a 3.3V i viceversa.

Per tal d'habilitar la interfície de transmissió de dades, tant per enviar dades de MIDI com de control d'errors, s'han utilitzat ports UART de la LPC1769.

4.2 Logic Pro X i altres

En aquest apartat s'especifica com són les trames de transmissió entre l'aplicació Logic Pro X i el DPP. Per a fer-ho primer cal especificar és formen les trames MIDI, sense entrar en detalls de protocol. Una transmissió de control MIDI, es compon bàsicament per tres bytes:

- El primer Byte (*status byte*) serveix per identificar el tipus de succés, com per exemple activar nota (*note on*), desactivar nota (*note off*), canvi del valor d'un dispositiu controlador, etc. Els valors per identificar cada succés estan definits en la especificació del protocol (per a més informació sobre el protocol consultar el link referenciat en l'apartat Bibliografia).
- El segon i en tercer bytes (*first* i *second data byte*) contenen dades relatives al succés referenciat en el primer byte, i en funció d'aquest el significat dels seus valors pren un significat o un altre. Per exemple, en el cas de que el *status byte* contingui un succés d'activació o desactivació de nota, el *first data byte* conté el valor identificador de la nota relacionada, i el tercer paràmetre és la intensitat del so emés per la nota (*velocity*). Un altre exemple és un dispositiu controlador de valor variable, on el primer byte conté l'identificador del succés de canvi del valor d'un dispositiu de control, el segon conté el identificador del dispositiu, i el tercer conté el nou valor d'aquest. Hi ha casos en que el

succés referenciat per el primer byte només precisa un sol byte de dades, el segon per tant so s'utilitzaria, i la trama només tindria 2 bytes, però aquest cas no apareix en el projecte.

Per tant la trama quedaria de la següent forma: *status byte - first databyte - second databyte*

Un cas pràctic: Activar nota – nota C3 – màxima intensitat → 0x90 (144) – 0x3C (60) – 0x7F (127).

En el cas del RtpMIDI, s'utilitza un paquet Rtp (per mes informació consultar el link en Bibliografia) per tal d'enviar les dades MIDI, i en el cas d'utilitzar el protocol USBMIDI, aquest utilitza una estructura (class MIDI) seguint la especificació del protocol.

Per tant, el DPP i DRD s'intercanvien aquest tipus de trames per tal de comunicar els paràmetres de control necessaris en cada moment. El DPP és capaç doncs d'enviar – i interpretar en rebre – les trames MIDI. Quan el DRD és un PC, utilitzarem l'aplicació Logic Pro X per enviar i rebre les trames al DPP. Aquesta aplicació utilitza els mètodes de que el sistema operatiu posa a disposició per tal d'establir les connexions MIDI. Com ja hem comentat, el sistema operatiu utilitzat (OSX) conté els mètodes necessaris per tal de crear diferent tipus de connexions MIDI. En concret, dona servei al protocol MIDIUSB, RtpMIDI, i un sistema de virtualització de ports MIDI anomenat 'IAC Driver', precisament aquest últim és el que utilitzarem. Per utilitzar aquest controlador, farem ús de l'aplicació Hairless-Midiserial que en farà de pont entre el dispositiu USB-USART i el IAC Driver, enviant les dades d'un a l'altre a mida que sigui necessari.

Les ordres MIDI que envia i rep l'aplicació Logic Pro X són gestionades per mètodes del sistema, que a la vegada utilitzen el servei IAC Driver. Aquest últim és comunica amb el dispositiu USB-UART mitjançant la aplicació Hairless-MidiSerial, la cadena de connexió es la següent:

LPC1769 – USBUART – Hairless-Midiserial – (IAC Driver – System MIDI) – Logic Pro X

La aplicació Logic Pro X s'encarrega d'enviar o rebre aquestes trames de forma transparent a l'usuari. Un cas d'ús utilitzat en el projecte amb l'aplicació ha estat crear una pista per seqüenciar l'enviament de successos d'activament i desactivament de tres notes, cadascuna relacionada amb un dispositiu de sortida de la LPC1769 (i per tant del DPP). Aquestes notes son identificades amb els valors 60, 62, i 64, i l'aplicació s'encarrega d'enviar la trama MIDI corresponent a través del mètodes habilitats per el sistema. En el cas de rebre dades, s'ha habilitat una altra pista – en la mateixa aplicació – per tal d'activar els sons corresponents a la nota i intensitat rebuts per la trama MIDI.

4.3 LPC1769

En aquest apartat s'explicarà de forma detallada i tècnica el disseny de l'aplicació desenvolupada en la LPC1769 per a donar les funcions requerides en el DPP, per a fer-ho es presentaran els casos d'ús i un diagrama de flux. També es detalla com s'han realitzat les connexions dels diferents dispositius amb la placa.

4.3.1 Diagrama de casos d'ús

A continuació es presenta una figura que representa el diagrama de casos d'ús del DPP. En ell podem observar com hi han dos actors, l'usuari que utilitza el DPP i el DRD amb el que es comunica per tal d'enviar i rebre les dades de control:

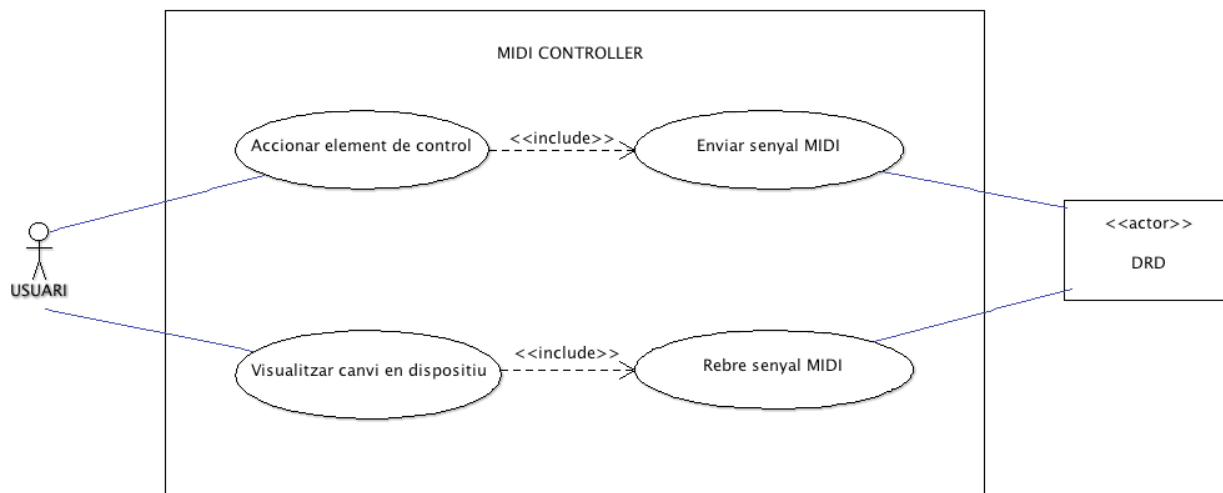


Figura 4.1: Diagrama de casos d'ús

4.3.2 Cas d'ús: Activar element de control

- **Descripció:** Permet a l'usuari modificar un paràmetre a través de l'activació d'un element de control mitjançant la connexió MIDI.
- **Casos d'ús relacionats:** cap.
- **Actores:** Usuari, DRD
- **Precondicions:** cap.
- **Postcondicions:** S'han enviat les dades MIDI corresponents a les senyals rebudes per l'element activat per l'usuari.
- **Disparador:** Una senyal enviada per un element de control activat per l'usuari.
- **Flux normal :**
 - Quan l'usuari activa un element de control aquest envia una senyal que provoca una interrupció

en la execució del codi i dona pas a la rutina corresponent.

- La rutina corresponent notifica al sistema del succés per que aquest envii les dades MIDI.
- El sistema envia les notes MIDI en funció de les senyal rebudes.
- **Flux alternatiu :**
 - Quan l'usuari activa un element de control aquest envia una senyal que provoca una interrupció en la execució del codi i dona pas a la rutina corresponent.
 - La rutina corresponent no notifica al sistema del succés per que les dades interpretades en els senyals son incorrectes.

4.3.3 Cas d'ús: Visualitzar canvi en dispositiu

- **Descripció:** Permet a l'usuari visualitzar canvis en els dispositius de sortida connectats a la placa provocats per les senyals MIDI rebudes.
- **Casos d'ús relacionats:** cap.
- **Actores:** Usuari, DRD
- **Precondicions:** cap.
- **Postcondicions:** S'han enviat les dades corresponents en el/s port/s corresponents als dispositius que s'ha d'activar/desactivar
- **Disparador:** Es rep una senyal enviada per el DRD.
- **Flux normal :**
 - El DRD envia una senyal MIDI que provoca una interrupció en la execució del codi i dona pas a la rutina corresponent.
 - La rutina corresponent notifica al sistema del succés per que aquest descodifiqui les dades MIDI i en funció dels valors obtinguts envii les senyals corresponents al dispositiu relacionat.
 - El sistema envia les senyals al dispositiu per tal d'activar-lo o desactivar-lo.
- **Flux alternatiu 1:**
 - El DRD envia una senyal MIDI que provoca una interrupció en la execució del codi i dona pas a la rutina corresponent.
 - La rutina corresponent no notifica al sistema del succés per que les dades interpretades en els senyals son incorrectes.

- **Flux alternatiu 2:**

- El DRD envia una senyal MIDI que provoca una interrupció en la execució del codi i dona pas a la rutina corresponent.
- La rutina corresponent notifica al sistema del succés per que aquest descodifiqui les dades MIDI i en funció dels valors obtinguts envii les senyals corresponents al dispositiu relacionat.
- El sistema no envia les senyals al dispositiu perquè les dades MIDI o bé són incorrectes o no correspon amb cap dels dispositius connectats.

4.3.4 Diagrama de flux

L'aplicació dissenyada en la LPC1769 es basa en un sistema de cues en les que s'hi afegeixen valors quan s'ha produït un succés relacionat amb els dispositius connectats a la placa. Aquest sistema disposa d'unes tasques que esperen a rebre algun valor per la cua determinada,. En rebre aquest valor, la tasca analitza el contingut per tal d'emprendre l'acció corresponent utilitzant les llibreries necessàries, si s'escau. A més el sistema utilitza altres recursos com rutines de servei d'interrupcions de codi d'execució per tal de servir al dispositiu que l'ha provocat, i afegir a la cua que pertorqui els valor corresponents, si s'escau.

Per tal d'especificar l'aplicació principal en la figura 4.2 es presenta el seu diagrama de flux:

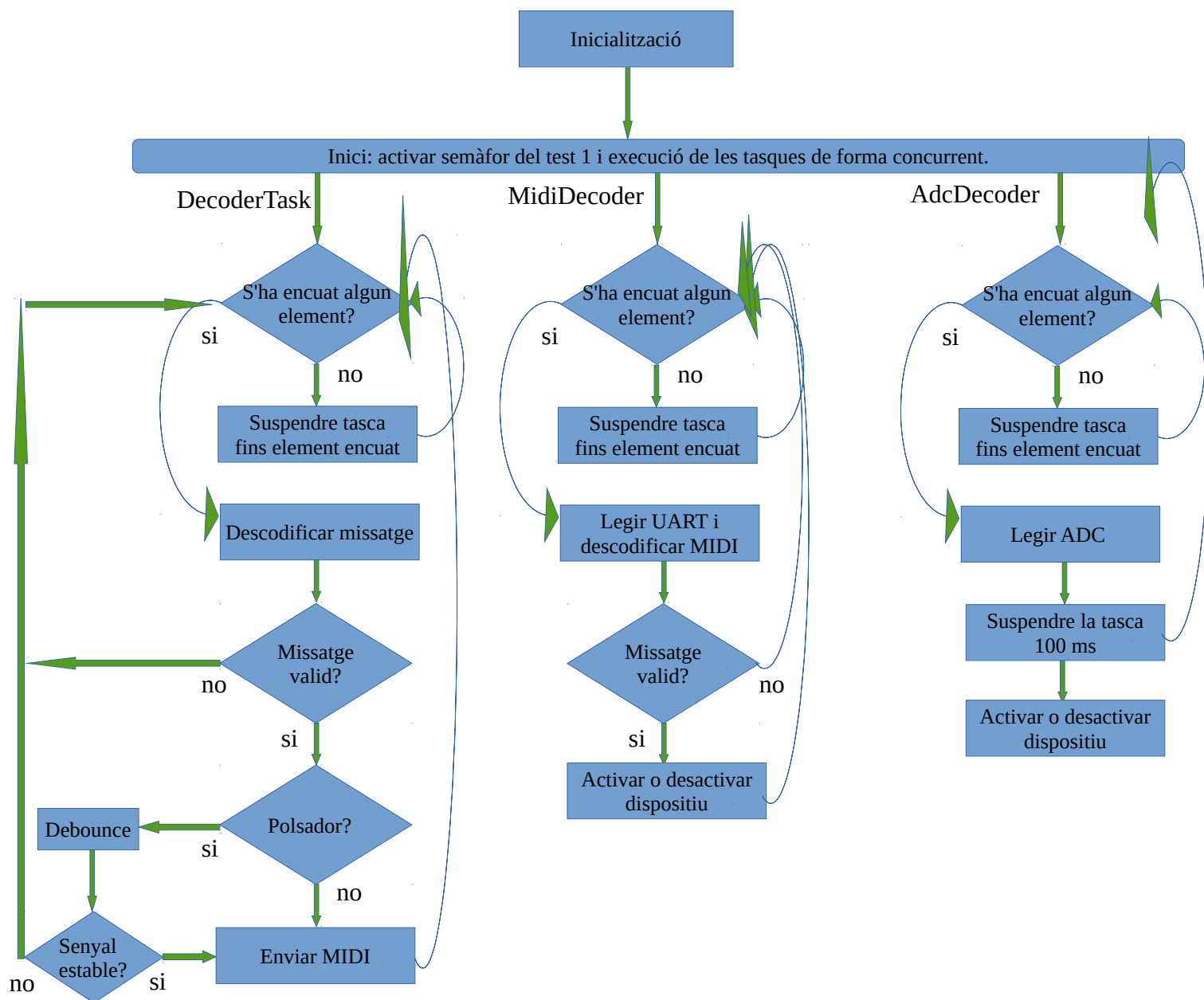


Figura 4.2: Diagrama de flux de l'aplicació principal

Com que les interrupcions tenen un flux d'execució paral·lel al de l'aplicació principal, no apareix en aquest diagrama. A continuació es presenta per cada interrupció que intervé en el sistema desenvolupat el seu diagrama de flux. Així, en la figura 4.3 podem veure el diagrama corresponent a la interrupció Eint 3, i en les figures 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 i 4.8 els diagrames corresponents a les interrupcions Timer1, Timer2, Timer3,

ADC_IRQ, i UART1_IRQ. UART3_IRQ utilitza el mateix diagrama que UART1_IRQ, ja que el codi realitza les mateixes funcions, només es diferencia en els registres utilitzats.

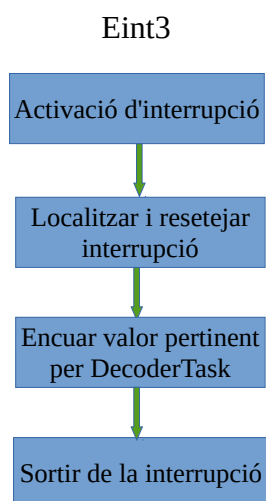


Figura 4.3: Diagrama de flux de la rutina Eint3

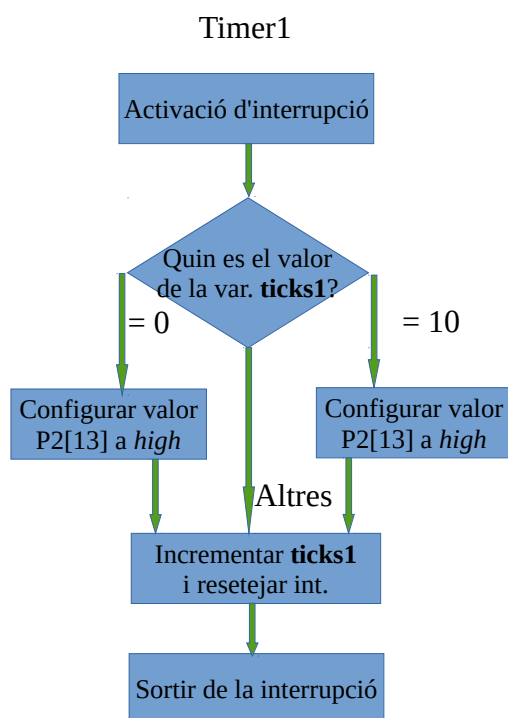


Figura 4.4: Diagrama de flux de la rutina Timer1

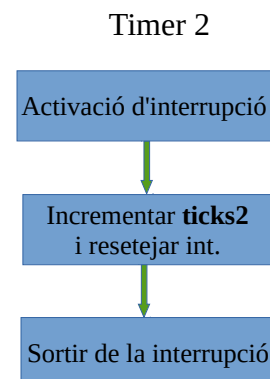


Figura 4.5: Diagrama de flux de la rutina Timer2

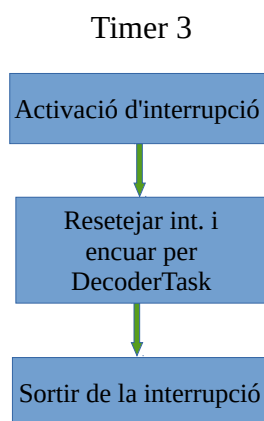


Figura 4.6: Diagrama de flux de la rutina Timer3

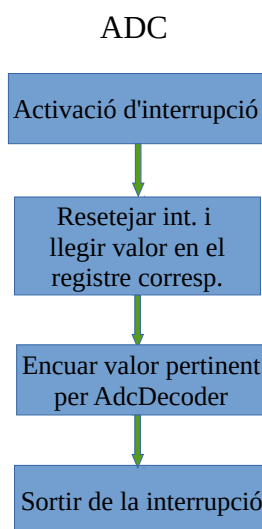


Figura 4.7: Diagrama de flux de la rutina ADC

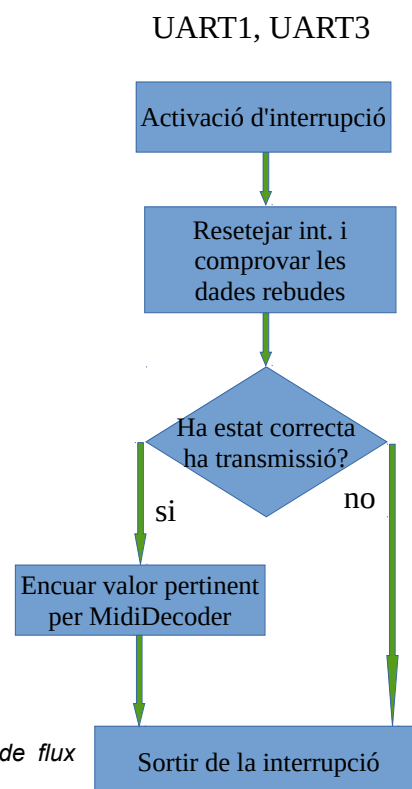


Figura 4.8: Diagrama de flux de les rutines UART

4.3.5 Connexió dels dispositius en la LPC1769

En aquest apartat s'especifica com s'han implementat els circuits necessaris per connectar els diferents dispositius a la LPC1769, tant els dispositius compresos en la interfície d'entrada com la de sortida. El primer circuit que podem observar a la figura Z és el corresponent a tots els pulsadors utilitzats:

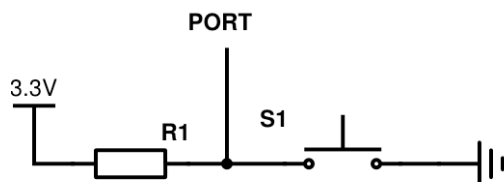


Figura 4.9: Circuit dels pulsadors

En el circuit es pot veure que no hi ha cap tipus de filtre de rebot de la senyal, només un resistor per tal de reduir el consum. La raó per la qual no s'ha implementat un sistema de filtratge basat en el maquinari – com implementar una xarxa RC – és perquè es va considerar més interessant utilitzar el temps disposat en implementar el filtratge de senyal mitjançant mètodes en el programari, per això s'han desenvolupat en la llibreria que controla els pulsadors i en el la aplicació principal el codi necessari.

En la següent figura podem veure el circuit implementat per a la connexió del potenciòmetre:

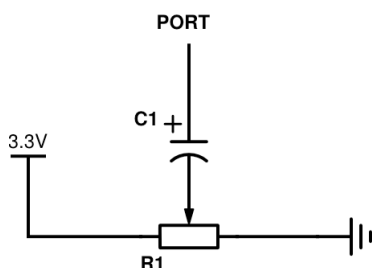


Figura 4.10: Circuit del potenciòmetre

En el circuit es pot veure com s'ha utilitzat un condensador per tal de filtrar les oscil·lacions dels valors llegits en el dispositiu ADC.

El circuit necessari per connectar el dispositiu HC-SR04 inclou la connexió del convertidor lògic del voltatge de senyals. Es mostra en la figura 4.11:

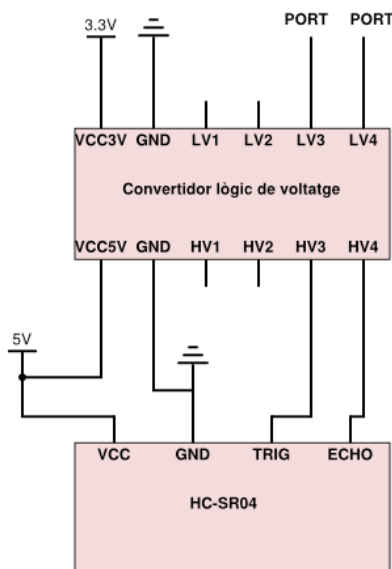


Figura 4.11: Circuit del sensor de proximitat

Podem observar com aquest dispositiu necessita un circuit extra d'alimentació per tal d'obtenir el potencial elèctric necessari per al seu funcionament. Aquest dispositiu no necessita ningun tipus de filtratge.

Per la connexió dels leds a la placa, el circuit és molt senzill, es pot apreciar en la següent figura:

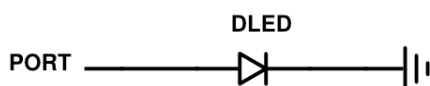


Figura 4.12: Circuit d'un led

El relé utilitzat en el DPP, igual que el dispositiu HC-SR04, necessita un voltatge de 5V per al seu funcionament. Per això el circuit dissenyat utilitza un voltatge obtingut a través d'una font externa a la LPC1769. En el circuit de la figura Z és pot apreciar com s'ha utilitzat un díode per tal de filtrar el possible soroll provinent de la connexió amb el relé. A més, com que la senyal emesa per la LPC1769 no disposa de la intensitat suficient per tal d'excitar – i així activar – el relé, s'ha utilitzat un transistor que actua d'interruptor i tanca el circuit que activa el relé en rebre la senyal provinent de la LPC1769.

La següent figura representa de connexió del relé circuit:

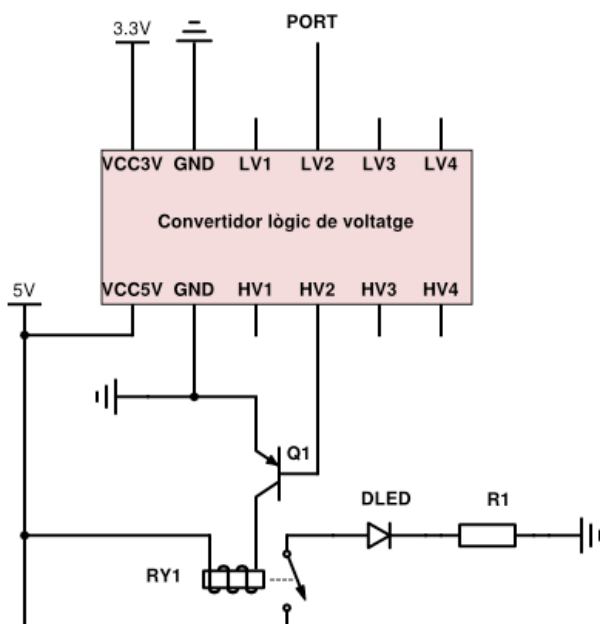


Figura 4.13: Circuit del relé

5 Viabilitat tècnica

En aquest capítol es valora la capacitat del DPP en mantenir un règim de treball sense produir cap tipus d'error, com el punts del disseny que poden comprometre a que no es mantingui aquest règim, proposant possibles solucions per tal d'impedir. També es proposen possibles solucions als punts dèbils per tal d'eliminar el risc de comprometre al sistema d'aquests.

El disseny del codi que compona la aplicació en la LPC1769 ha estat implementat – i testejat – seguint criteris tècnics per tal garantir el compliment dels requisits necessaris en cada moment de la execució del codi, això implica:

- Garantir que el sistema disposa en tot moment de la memòria necessària per a la execució
- Controlar de l'ús de la memòria per garantir la correctesa d'aquest i garantir la integritat de les dades (control de memòria dinàmica, ús de bucles finits, control d'*overflow*, etc.).
- Gestionar els diferents successos que provoquen les diferents interrupcions per realitzar els mètodes corresponent en cada moment per tal de garantir la correcta execució del codi i evitar possibles trencaments del cicle d'execució.
- Utilitzar versions estables en el codi provinent de fonts externes (CMSIS, FreeRTOS) per tal de

garantir la integritat del sistema.

- Garantir la integritat dels valors dels registres implicats en processos provinents de diferents instàncies que treballen amb els mateixos registres (control de concurrència) utilitzant mètodes de protecció basats en rutines de les llibreries del FreeRTOS (com semàfors o cues).
- Realitzar les proves de test necessàries per certificar que el sistema pot suportar sense problemes el règim de treball requerit.

Com que s'han complert els anteriors criteris, es pot garantir la fiabilitat del DPP en la part respectiva a la execució del codi desenvolupat en l'aplicació. En quan a la part de maquinari, el disseny resultant garanteix el bon funcionament del sistema en cas de que es compleixin unes condicions bàsiques tant d'ús com de configuració. És important tenir cura d'aquest últim matís, ja que de no complir-se aquestes condicions, es pot comprometre el correcte règim de funcionament, un exemple d'aquest cas podria ser una fallada del sistema provocada per la interpretació de dades resultants de, pe., soroll provocat en una incidència en alguna part d'algun circuit.

Per tal de minimitzar el risc provocat per el maquinari, es podrien prendre algunes mesures com:

- Realitzar les adaptacions pertinents als circuits dels dispositius per tal de filtrar les senyals produïdes per el soroll del sistema, aconseguint reduir les probabilitats que es produeixi una senyal errònia. Per exemple es pot utilitzar una xarxa RC en els circuits dels polsadors per reduir el rebot produït en els polsador al fer el canvi d'estat de la senyal.
- Utilitzar components de qualitat superior per tal d'augmentar la fiabilitat en les senyals produïdes (i no produïdes) en efectuar algun tipus d'esdeveniment en aquests. Per exemple, els polsadors utilitzats no sempre tanquen el circuit si no es fa una pressió en un sentit determinat i amb una pressió adequada. El potenciòmetre també podria ser substituït per un altre amb més
- Construir una placa base amb el circuit necessari per tal de soldar-hi tots els elements implicats en el sistema, en lloc d'utilitzar una tauleta de creació de prototips. Així es garanteix la integritat del sistema en situacions en que – degut a que el sistema es basa en l'actuació física per part de l'usuari – es pugui fer malbé algun dels circuits.

6 Valoració econòmica

A continuació es fa una valoració del cost econòmic del projecte desglossant els diferents costos implicats en el comput total. Per tal d'obtenir el cost real del projecte, primer es comptabilitzaran els costos derivats de l'obtenció dels recursos requerits dels quals no es disposava prèviament. A continuació s'estimaran els costos dels elements dels que es tenia disposició d'ells abans de l'inici del projecte. El cost real del projecte serà la suma dels resultats obtinguts en els dos exercicis.

Per comptabilitzar els costos derivats de la producció del projecte podem diferenciar entre costos de treball de producció (mesurat amb les hores consumides, on el preu emprat per hora és fictici) i costos del material adquirit, es pot veure en la taula representada en la següent figura:

Concepte	Preu	Quantitat	Total
Hores dedicades a la recerca d'informació i material, i a la producció del disseny del sistema	10.00 €	82	820.00 €
Hores dedicades al desenvolupament del sistema. S'inclou el temps de producció tant de programari com de maquinari.	10.00 €	121	1,210.00 €
Hores dedicades a la producció de documentació	10.00 €	55	550.00 €
Kit UOC LPC1769 + RN-XV + altres components	45.00 €	1	45.00 €
LPCXPresso LPC1769	41.00 €	1	41.00 €
WiFly RN-XV	39.00 €	1	39.00 €
Sensor HC-S04	13.60 €	1	13.60 €
Mòdul tauleta prototipació 840 pins (BP013)	7.85 €	2	15.70 €
Conversor lògic de Nivell 3.3V-5V Sparkfun (SPRK-BOB-12009)	3.50 €	2	7.00 €
Potenciòmetre	2.60 €	1	2.60 €
Pack cablejat adaptats a la connexió del pins	6.80 €	4	27.20 €
Components electrònics: resistors i condensadors	4.20 €	1	4.20 €
Relé electromecànic	4.80 €	2	9.60 €
Total			2,784.90 €

Figura 6.1: Costos de material adquirit

Els costos totals es representen amb l'anterior figura, ja que no hi han despeses derivades de manteniment. Els elements que s'han utilitzat en el projecte que no han representat un cost, ja sigui perquè l'accés a ells és gratuït o bé perquè ja es disposava d'ells sense tenir que adquirir-los, han estat inclosos en la taula representada per la següent figura. En el cas dels últims, el preu indicat és orientatiu:

Concepte	Preu	Quantitat	Total
Dispositiu UART-USB FTDI1016	15.00 €	1	15.00 €
Material per a la producció de circuits electrònics, com cablejat, connectors, diodes, condensadors, resistors, transistors o plaques de prototipatge.	35.00 €	1	35.00 €
PC	700.00 €	1	700.00 €
Router/Switch Wifi	90.00 €	1	90.00 €
Quota mensual de connexió a internet	23.50 €	3	70.50 €
Cost mensual de despesa d'electricitat	18.00 €	3	54.00 €
Llicència Logic Pro X	200.00 €	1	200.00 €
Multímetre	15.00 €	1	15.00 €
Soldador i material de per realitzar soldadures	20.00 €	1	20.00 €
Aplicacions i programari de llicència gratuïta	0.00 €	7	0.00 €
Directorí en línia (en un servidor extern amb accés a internet) per realitzar còpies de seguretat dels arxius obtinguts en el projecte	0.00 €	1	0.00 €
Total			1,199.50 €

Figura 6.2: Costos de material estimat

Per tal d'obtenir la estimació final del cost real del projecte, hem de realitzar la següent operació:

Cost Real estimat = Cost recursos adquirits + Cost recursos disposats prèviament;

Per tant, podem concloure el següent:

Cost Real estimat = 2,784.90 € + 1,199.50 € = 3,984.40 €

7 Conclusions

En aquest capítol s'extrauran les conclusions pertinents en funció de l'acompliment dels objectius bàsics marcats en el punt 1.4. Al respecte, s'ha acomplert amb tots els punts a excepció dels objectius extra. En els següents apartats es descriu amb detall quines han estat les conclusions finals, algunes propostes per tal de millorar el producte obtingut, i una autoavaluació de tot el procés.

7.1 Conclusions

Els objectius bàsics del projecte s'han acomplert en el temps establert en la planificació inicial i amb uns costos dintre del marge de valor assumible establert inicialment. D'aquest fet podem concloure que les estimacions de temps i econòmiques inicials, entre les quals trobem les que van ser emprades per a la confecció de la planificació del projecte, van ser correctes.

Respecte aquest últim fet, cal afegir un matís: tot hi haver finalitzat les fases corresponents als objectius general dintre del període establert en la planificació, això s'ha aconseguit gracies a que la planificació preveia un marge en la despesa d'hores per cada fase. Finalment, la despesa d'hores ha estat més pròxima al valor màxim d'hores disponibles que al mínim. La raó principal d'aquest fet és deu a la inexperiència i falta de coneixements de l'autor a l'inici del projecte, provocant la despesa d'un gran volum d'hores en recerca d'informació (documentació, material, fòrums, etc.), en formació requerida per l'ús del material necessari en els casos que no es disposava dels coneixements requerits, i en la experimentació en el procés de desenvolupament. Per aquest fet podem concloure que la realització d'aquest tipus de projectes per una persona sense experiència prèvia pot suposar un gran increment en el cost final. En aquest cas, s'estima que com a mínim es podrien reduir les hores emprades a un quart del total, fet que repercuteix notablement en el preu final en forma de decrement del valor d'aquest.

Per altre banda, el correcte funcionament del producte regit per els punts establerts en els objectius, implica que les decisions de disseny tant de l'aplicació, com de tots els elements que conformen el dispositiu final, han estat correctes. Utilitzant el criteri podem concloure el mateix sobre els procediments seguits en desenvolupament del producte i de les proves d'assaig realitzades.

No es pot dir el mateix dels objectius marcats com a extra, ja que no han estat assolits, com a mínim en la seva totalitat. La principal raó per la qual no s'han aconseguit és perquè no s'ha disposat del temps suficient per al complet desenvolupament de les parts implicades en assolir els objectius. D'aquests fets podem concloure que les estimacions de temps emprades per a la confecció de la planificació de les fases implicades en assolir aquests objectius, van ser incorrectes. Les causes són degudes als següents errors:

- Un error en la data d'entrega de codi ha comportat disposar de fins a dues setmanes menys a disposició.
- La falta de coneixements sobre les tecnologies implicades en el moment de realitzar la planificació

van provocar que aquesta considerés una despesa d'hores més baixa de la finalment necessitada. Tot hi que es va intuir aquest fet, es va decidir arriscar en el plantejament.

- Es va realitzar un canvi en la planificació executant la fase 4 abans que la 3 (ja que no importava l'ordre de realització) perquè en finalitzar la fase 2 es va estimar que no hi hauria temps suficient per finalitzar les dues fases, tenint que prendre la decisió d'escollir quina fase valia la pena finalitzar. La elecció va ser desenvolupar la fase 4 perquè habilitar al sistema la capacitat d'utilitzar el protocol Rtp-MIDI és més interessant que habilitar el protocol USB-MIDI des del punt de vista que la quantitat d'aplicacions possibles que ofereix la primera opció es major que la segona. Aquest fet va ser un error – relacionat amb el comentat en l'anterior punt – ja que quan es va ser conscient que no es disposava de suficientment temps per desenvolupar tot el necessari amb el temps disponible per realitzar els objectius extra, ja se n'havia consumit gran part. Tot hi que amb el temps restant es va intentar realitzar les adaptacions necessàries per tal d'habilitar el protocol USB-MIDI en el DPP, no es va disposar del temps necessari. S'estima que si no s'hagués canviat l'ordre d'execució de les fases finals, s'hagués disposat del temps necessari per finalitzar la fase 3.

Però tot hi que no s'han acomplert la totalitat dels objectius extrems, s'han aconseguit complir parcialment alguns d'ells. En concret, en el cas de la fase 4, no s'ha aconseguit implementar el protocol RtpMidi, però si que s'ha aconseguit enviar trames MIDI a través de la connexió WiFy – habilitada gràcies al dispositiu RN-XV – quan el binomi DPP – DRD està format per dos productes de les mateixes característiques, és a dir, per dos DPP. Aquest fet implica que l'objectiu extra ha estat acomplert parcialment. Per tal de definir un objectiu que defineixi aquesta parcialitat, es podria reformular l'objectiu original de la següent forma:

- Realitzar les adaptacions necessàries al DPP per tal de realitzar les mateixes funcions mitjançant una connexió WiFy utilitzant com a DRD un altre DPP.

Amb aquest canvi aleshores podríem concloure que s'haurien acomplert tots els objectius. Però això es tindria que haver pensat abans.

7.2 Proposta de millores

Per tal de millorar el producte produït – i un cop analitzat el procés derivat de la producció del DPP – es debaten una sèrie de propostes possibles amb tal efecte.

Primer es proposa aplicar les mesures proposades en el punt 5 (Viabilitat Tècnica) respecte a les millores en la producció del maquinari (filtres de soroll, ús de components de més qualitat, producció d'una placa base específica) per tal de millorar la fiabilitat del dispositiu en vers la interacció física amb aquest.

També es podria dotar al dispositiu d'algun tipus de protecció contra agents externs (pe. líquids, contusions provocades per caigudes fortuïtes etc.) en forma d'envoltori a mida. Per a tal cas es podria utilitzar algun tipus de material en la seva producció, com ara, plàstic, algun tipus de resina o material amb característiques similars ja que s'estima que serien el tipus de materials adequats per acomplir els requisits que se'n derivarien en cas d'executar la proposta.

També es podria millorar el funcionament de la interfície d'entrada per facilitar l'ús d'aquesta per part de l'usuari. Per exemple en el cas del sensor de proximitat, l'usuari necessita emprar les dues mans per a la seva utilització – una per activar el sensor, i l'altre per ajustar el paràmetre. Aquest sistema es podria millorar introduint un mecanisme que permetés l'activació del dispositiu sense que l'usuari tingui que prémer cap polsador, alliberant una mà a aquest al requerir-ne només una per ajustar el paràmetre. Per assolir aquest objectiu es podria utilitzar un altre sensor més senzill per activar el sensor de proximitat, o bé automatitzant un mecanisme de lectura per tal d'obtenir dades del sensor en una freqüència determinada.

Una altra proposta és ampliar el projecte dotant de més temps de producció per tal de finalitzar l'objectiu extra en la seva totalitat, i així donat al producte final d'un gran ventall d'aplicacions possibles gràcies al grau nivell de connectivitat que es podria oferir.

Finalment, es proposa ampliar el nombre de dispositius utilitzat per tal d'ampliar el nombre de paràmetres possibles a controlar, ja que la base del projecte es fonamenta en tenir la capacitat d'escalabilitat suficient per satisfer la proposta. La idea seria dotar al sistema de més polsadors i potenciòmetres, i possiblement afegir-hi algun tipus de dispositiu diferent als utilitzats. L'aplicació d'aquesta proposta permetria l'obtenció d'un producte més complex capaç de competir amb altres productes similars en el mercat.

7.3 Autoavaluació

En aquest capítol realitzo un exercici d'autoavaluació un cop finalitzat el desenvolupament del producte. Després d'haver estat treballant moltes hores i un cop arribat a aquest punt les valoracions personals són tant positives com negatives. Per una banda, és obvi que la valoració de l'execució de la realització d'aquest projecte es per una banda positiva, ja que he adquirit molt coneixements nous, he hagut de consultar moltes fonts, he après noves estratègies d'estudi i de treball, he adquirit molta experiència tant en el àmbit de recerca com en el de producció, i degut a la falta de coneixement inicial, he establert unes bases en el meu coneixement del camp de programació d'encastats. En aquest aspecte la valoració és molt positiva ja que considero que he adquirit els coneixements necessaris per poder realitzar un projecte d'aquestes característiques.

Però també considero una sèrie de valoracions negatives per tenir en compte. He perdut molt de temps i energia adquirint els coneixements necessaris així com realitzant les diferents experiments, i al final del procés, tot hi que crec que el treball assoleix la fita objectiu, em costa percebre que el resultat final reflecteixi

el esforç realitzat. És evident es que si hagués de repetir aquest projecte començant des de 0, les decisions i procediments a seguir des de l'inici serien diferents per aconseguir un règim de treball superior en tots els aspectes involucrats en el projecte.

8 Glossari

- **ARM:** És una família de tipus d'arquitectura per a processadors de computadors basat en un conjunt d'instruccions reduït (RISC).
- **CMSIS:** *Cortex Microcontroller Software Interface Standard*, interfície de programari per a microcontroladors estàndard.
- **Còrtex M3:** es un tipus d'arquitectura que pertany a la família ARM.
- **DPP:** Dispositiu a Produir en aquest Projecte.
- **DRD:** Dispositiu Receptor del DPP
- **FreeRTOS:** Sistema operatiu per dispositius ARM.
- **FTDI1016:** Dispositiu USB-UART produït per la companyia FTDI .
- **GRND:** Aquestes sigles provenen de l'anglès *ground* i signifiquen presa de terra.
- **Hairless-midiseriial:** És una aplicació que la seva principal funció és traduir senyals d'un dispositiu sèrie a un port virtual i viceversa.
- **HC-SR04:** És un dispositiu sensor de distància basat en ultrasons.
- **IAC Driver:** És un port virtual disponible en OSX destinat a que es puguin desenvolupar sistemes que facin ús del protocol MIDI.
- **IDE:** *Integrated development environment*, entorn de desenvolupament integrat. Aquest terme es utilitza per classificar les aplicacions destinades a la producció de programari, les quals disposen de totes les eines necessàries
- **Logic Pro X:** Aplicació desenvolupada per la empresa Apple per a la producció i edició de so.
- **LPC1769:** Són les sigles d'un microcontrolador desenvolupat per la empresa NXP. La aplicació desenvolupada en aquest projecte ha estat dissenyada per ser executada en aquest microcontrolador.
- **LPCXpresso:** És una adaptació del IDE Eclipse als requeriments de la família de microcontroladors LPC desenvolupada per NXP.
- **LPCXpresso LPC1769:** És el producte, comercialitzat per NXP que compren la placa amb els microcontroladors necessaris, utilitzat en el projecte.
- **MIDI:** *Musical Instrument Digital Interface*, és un protocol de transmissió de dades de control entre dispositius digitals.

- **NXP:** Companyia que es dedica a la producció i venda de microcontroladors. Aquesta companyia antigament es deia Phillips, i ha contribuït a la producció de productes que han esdevingut estàndards.
- **OSX:** Sistema operatiu desenvolupat per la empresa Apple per a computadors amb tecnologia PC.
- **Overflow:** Desbordament, terme emprat per identificar els casos en que el no hi ha espai suficient per representar el valor resultant d'una operació.
- **PC:** *Personal Computer*, computador personal, aquest terme s'utilitza per denominar la família d'arquitectures de processadors de propòsit general destinats a l'ús personal.
- **RISC:** *Reduced instruction set computing*, conjunt d'instruccions de computació reduït.
- **Rtp-USB:** Especificació d'ús del protocol Rtp per tal d'enviar dades MIDI.
- **Serial – MIDI converter:** És una aplicació que la seva principal funció és traduir senyals d'un dispositiu sèrie a un port virtual i viceversa.
- **SLAB-CF2109:** Dispositiu USB-UART produït per la companyia FTDI .
- **SPRK-BOB-12009:** Dispositiu convertidor de senyals lògics de nivell 13.3V - 5V.
- **TFC:** Treball final de carrera
- **UART:** *Universal asynchronous receiver/transmitter* protocol de transmissió de dades entre dos dispositius digitals de forma paral·lela.
- **UDP:** *User Datagram Protocol*, Protocol d'enviament de datagrames mitjançant una xarxa de computadors.
- **USB-MIDI:** Protocol definit a la classe USB corresponent destinat a l'enviament de dades MIDI utilitzant una estructura USB.
- **VCC** Aquestes sigles identifiquen un punt de presa d'electricitat continua.
- **WiFly:** Dispositiu RN-XV destinat a establir la connexió a amb una xarxa Wifi.
- **Wifiy:** Protocol destinat a la connexió de dispositiu que fan ús d'una xarxa de computadors sense fils.
- **Xarxa RC:** Circuit electrònic utilitzat per filtrar senyals compost per una xarxa formada, bàsicament, per un condensador i una resistència.

9 Bibliografia

- Definició de MIDI: <http://en.wikipedia.org/wiki/MIDI>
- Especificació MIDI: <http://www.midi.org/techspecs/index.php>
- Taula de missatges MIDI: <http://www.midi.org/techspecs/midimessages.php>
- Especificació MIDI-USB: http://www.usb.org/developers/docs/devclass_docs/midi10.pdf
- Definició RTP-MIDI: <http://en.wikipedia.org/wiki/RTP-MIDI>
- Descripció RTP: https://en.wikipedia.org/wiki/Real-time_Transport_Protocol
- Descripció DSP: <http://dcp.chrisarmbruster.com>
- Definició de potenciòmetre: <https://en.wikipedia.org/wiki/Potentiometer>
- Especificació SEN136B5B: http://www.seeedstudio.com/wiki/index.php?title=Ultra_Sonic_range_measurement_module
- Especificació SPRK-BOB-12009: <https://www.sparkfun.com/products/12009>
- Presentació LPCXpresso: <http://www.lpcware.com/lpcxpresso>
- Presentació CoolTerm: <http://freeware.the-meiers.org>
- Presentació Hairless MIDI: <http://projectgus.github.io/hairless-midiserial>
- Projecte Arduino placa UNO: <http://store.arduino.cc/product/A000066>
- Característiques ATmega328: <http://www.atmel.com/devices/atmega328.aspx>
- Serial – MIDI Converter: https://www.spikenzielabs.com/SpikenzielLabs/Serial_MIDI.html
- FreeRTOS Api: <http://www.freertos.org/a00106.html>

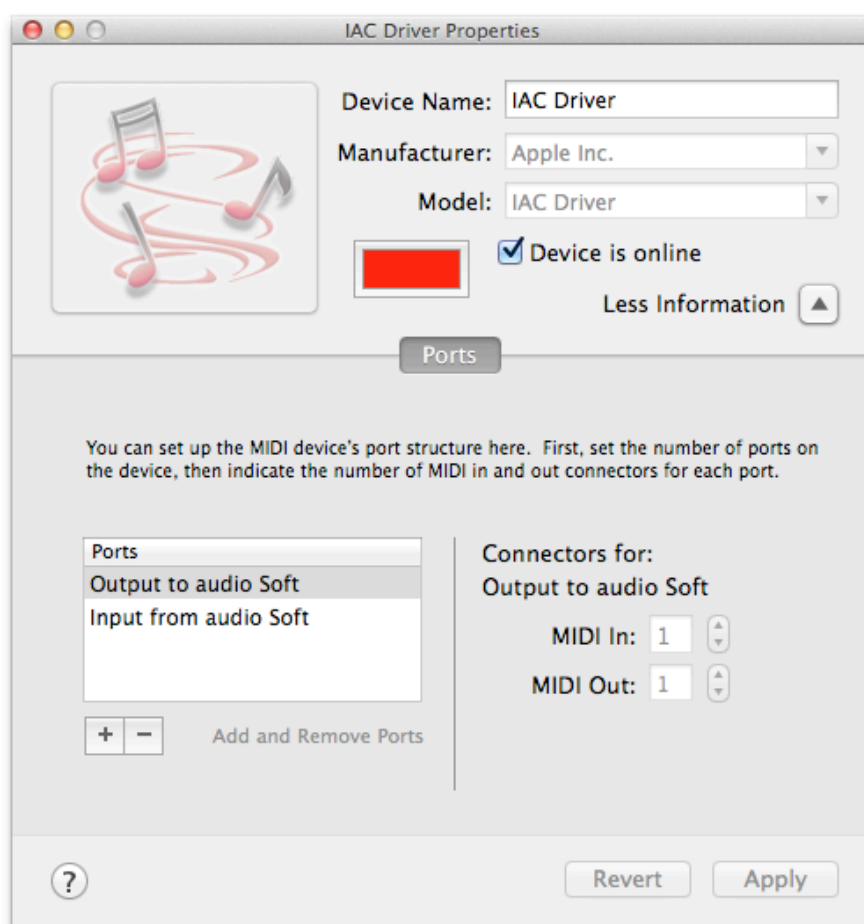
10Annexos

10.1 Manual d'usuari del prototip

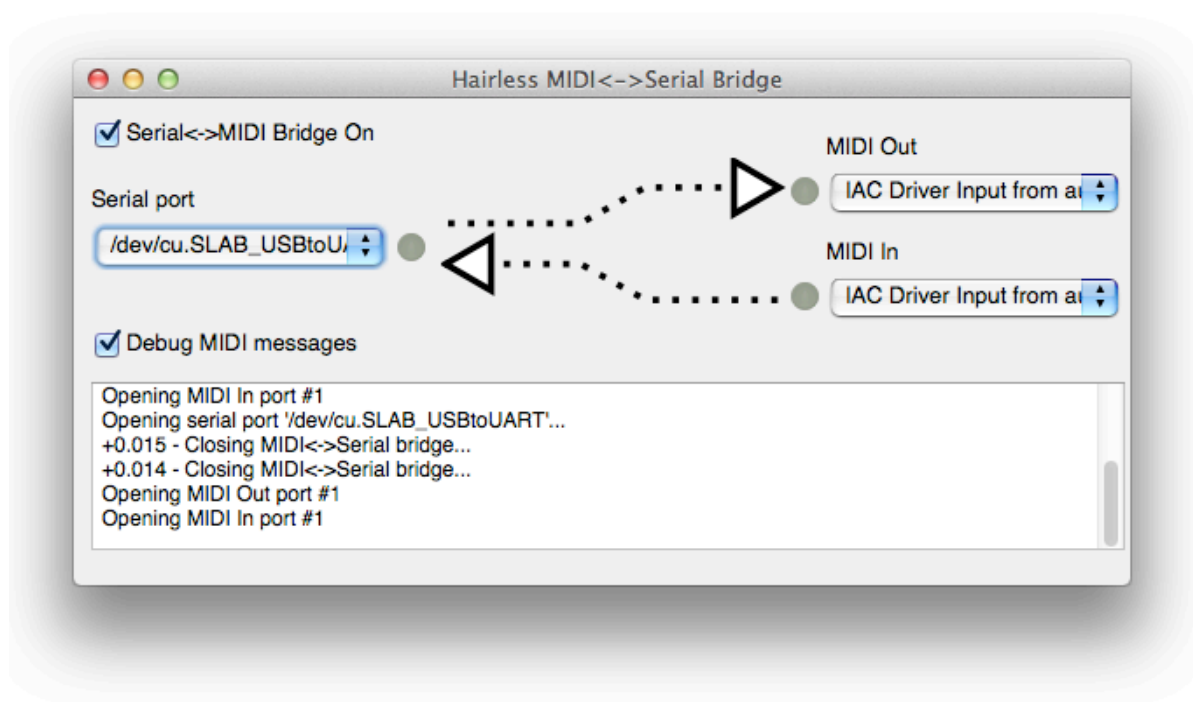
En aquest punt s'informa de forma senzilla com ha d'estar utilitzat el prototip per que l'usuari disposi de les seves funcionalitats.

Primer de tot, es imprescindible que el prototip estigui connectat a una font d'alimentació. Es pot utilitzar el mateix port USB del que disposa la LPCXpresso LPC1769. També és imprescindible que, en el cas que es vulgui connectar el prototip a un PC, s'ha d'executar l'aplicació Hairless-MidiSerial (o similar) per tal de comunicar les senyals provinents del dispositiu USB-UART amb el sistema operatiu

En el cas de tenir que executar l'aplicació, es necessari tenir configurat el sistema per a rebre les comandes IAC. En la següent imatge és mostra un exemple de configuració en OSX:



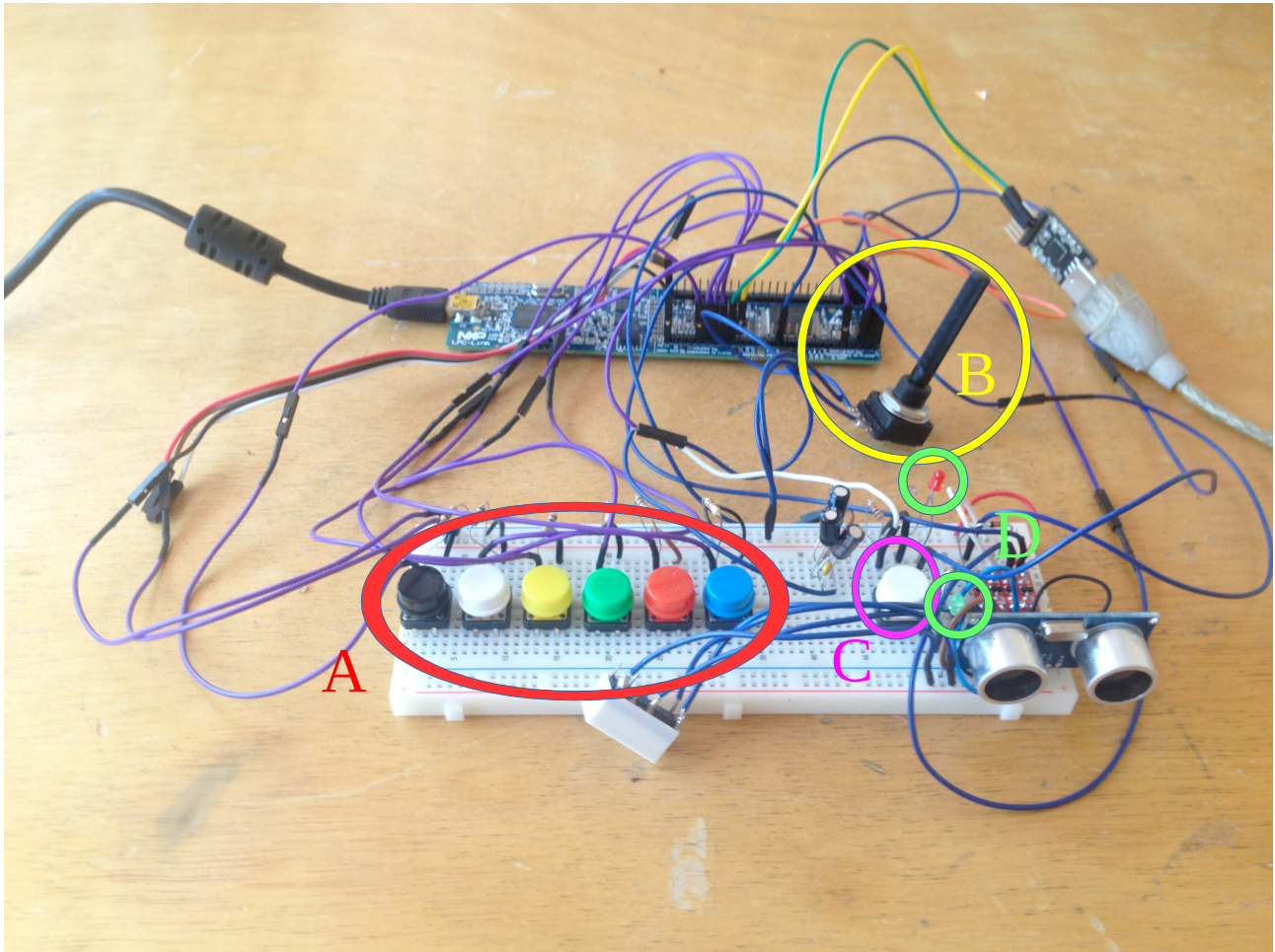
Es necessari connectar el dispositiu UART-USB al PC i al prototip. Aleshores configurem l'aplicació per comunicar els dos punts, triant quin dispositiu sèrie es vol utilitzar, i quins ports virtuals, tal i com es mostra en la següent:



A partir d'aquest punt, només cal executar l'aplicació que utilitzi el port MIDI sobre la que es volen controlar els paràmetres, pe. Logic Pro X, etc.

10.1.1 Interfície d'entrada i sortida

A continuació es descriu com utilitzar la interfície del prototip. En la següent imatge podem veure el prototip, i els diferents dispositius identificats amb un cercle:

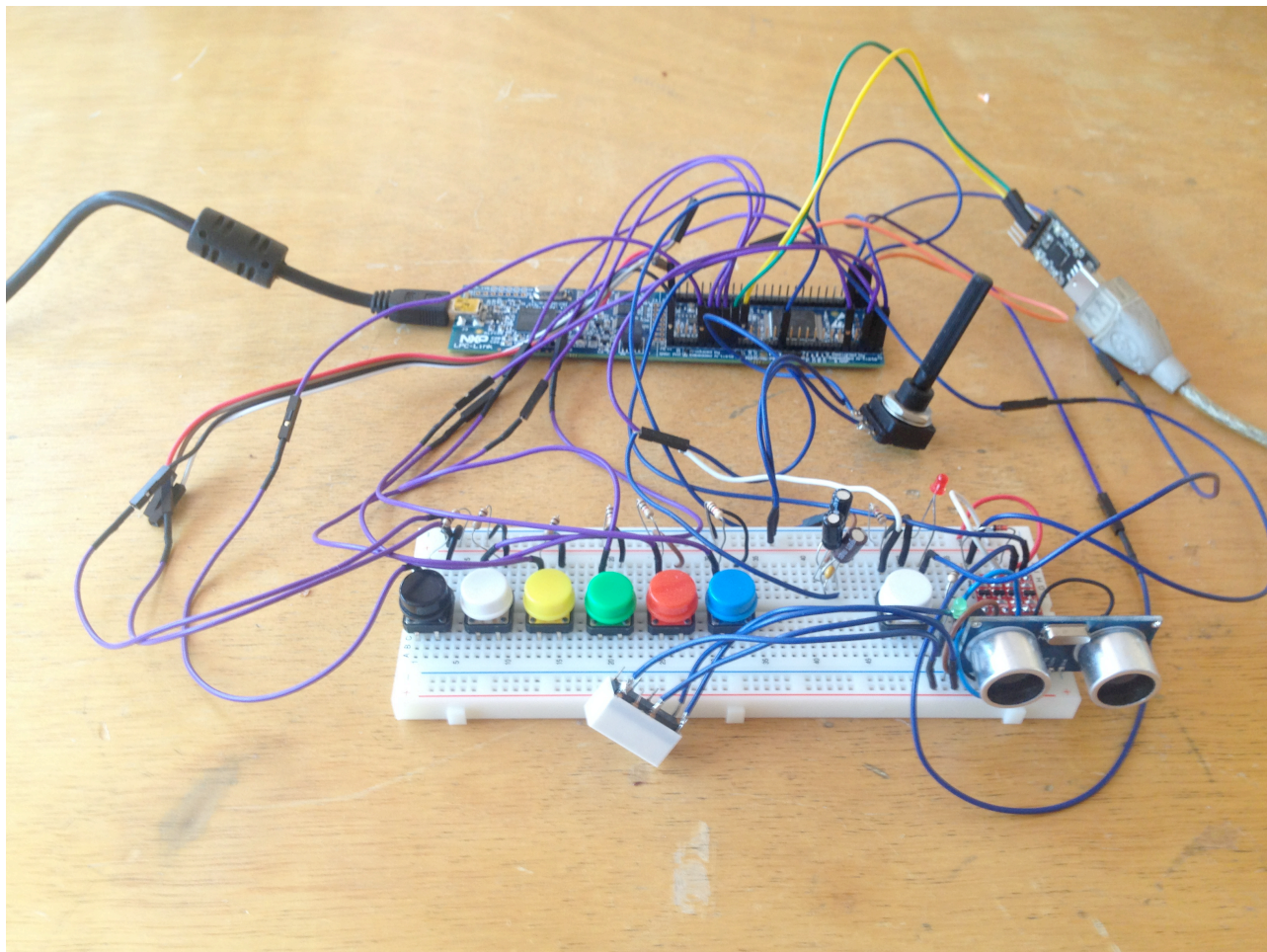


- El primer cercle identificat amb una A representa el teclat de notes, en prémer un dels pulsadors s'activa la senyal d'activació de nota.
- El dispositiu marcat amb un cercle identificat amb una B és el potenciòmetre per al control variable.
- El pulsador marcat amb un cercle identificat amb una C serveix per activar el sensor de proximitat, situat al marge dret del prototip.
- Els leds marcats amb el cercle D són els dispositius de sortida i estan controlats per les senyals provinents de la connexió MIDI. Hi ha un altre led a la placa que no es pot apreciar.

El dispositiu es manté operatiu sempre que aquest disposi d'una connexió de corrent. A més de la alimentació de la LPC1769, cal dotar al prototip d'una connexió de 5V per utilitzar el sensor de proximitat i el relé.

10.2 Imatge del prototip final

Aquest és l'aspecte final del prototip produït en aquest projecte:



10.3 Dates de finalització i entrega

Aquest document ha estat finalitzat i entregat el dia 20 de Juny del 2015.

La resta d'entregues anteriors han estat entregades dintre de les dades establertes tal i com es mostra en el apartat planificació.