

número 1 . Any 2009

Escola Politècnica Superior
Enginy@eps



EEES

L'espai Europeu a la UIB

Escola

Què diuen els titulats de la EPS?

Càtedres

**Càtedra Endesa
Red d'Innovació Energètica
Càtedra Fundació
Miquel Llabres Feliu**

Treballs

**Treballs Docents
Treballs de Recerca
Llistat de Treballs i Projectes
Finals de Carrera. Curs 2008/09**

enginy@eps recull els millors treballs docents i treballs de recerca que durant el curs s'han realitzat a les titulacions de:

Arquitectura Tècnica, Enginyeria Tècnica en Informàtica de Gestió, Enginyeria Tècnica en Informàtica de Sistemes, Enginyeria Tècnica Industrial (especialitat Electrònica Industrial), Enginyeria Tècnica de Telecomunicació (especialitat en Telemàtica), Enginyeria Informàtica, Matemàtiques.



Editor

Bartomeu Alorda
Grup de Sistemes Electrònics
Departament de Física
Universitat de les Illes Balears
Email: tomeu.alorda@uib.es

Consell Editorial

Secció Edificació:

Gabriel Horrach Sastre - Coordinador,
Antoni Cladera Bohigas,
Joan Muñoz Gomila.

Secció Industrials

Victor Martínez Moll - Coordinador,
Andreu Moià Pol,
Miquel Roca Adrover,
Antoni Burguera Burguera,
Kay Suenaga Portugués,
Jaume Verd Martorell.

Secció Informàtica

Guillermo Rodríguez-Navas González - Coordinador,
Francesc Bonnín Font.

Secció Matemàtiques

Mercè Llabrés Segura - Coordinadora,
Maria Jesús Álvarez Torres.

Secció Telecomunicacions

Jaume Ramis Bibiloni - Coordinador,
Sebastià Bota Ferragut,
Magdalena Payeras Capellà,
Rodrigo Picos Gayà.

Producció i maquetació

© del text - els autors, 2009
Disseny - Joan Muñoz Gomila
Suport Editorial - Edicions UIB
Impressió - Gráficas Planisi

Revista editada des de l'Escola Politècnica Superior, resultat del projecte d'innovació docent «La valoració de la comunitat universitària com a element motivador de l'estudiant a l'aula», dut a terme durant el curs 2008/2009.

ISSN: 1889-4771

DL: PM 794-2009

Imprès a Espanya

Sumari

Editorial	2
L'Espai Europeu a la UIB	3
Què diuen els titulats de la EPS?	4
La càtedra Endesa Red d'Innovació Energètica	6
La càtedra Fundació Miquel Llabres Feliu	8
TREBALLS DOCENTS:	
4G	10
Diseño de un modulo USB	14
Evaluación bajo Simulación de un Sistema Just In Time	18
Bones Pràctiques en el Disseny de Pàgines Web per a Dispositius Mòbils	22
Sistema d'Adquisició de Dades d'un Acceleròmetre Utilitzant Instrumentació Virtual	26
Implementació de la Funció de DataLogger amb utilització de la EEPROM Interna	30
Termòmetre Electrònic basat en Dispositius Semiconductors	34
Biblioteca per a la Simulació de la Codificació i la Descodificació amb Codis BCH i RS	38
Disseny i Optimització d'un Buffer en Tecnologia CMOS	42
Aplicación Práctica de SOTR con Bus CAN	45
TREBALLS D'INVESTIGACIÓ:	
Sistema Estereoscòpic de Baix Cost	50
Programa d'Aplicació i Desenvolupament de les Llibreries de Control del Sistema Zimo	56
Dispositiu Electrònic per a la Conversió de Colors en Sons dintre del Projectet COL.diesis	61
Característiques Arquitectòniques, tipològiques i constructives dels habitatges en sòl rústic	65
Efecte de la Incorporació d'Àrid Mixt Reciclat a les Propietats de Formigons no Estructurals	69
Estudi de l'Energia Consumida en Xarxes de Sensors IEEE 802.15.4 / ZigBee	74
Llistat de Treballs i Projectes Finals de Carrera. Curs 2008-09.	80

Editorial

Bartomeu Alorda
Grup de Sistemes Electrònics
Departament de Física
Universitat de les Illes Balears

Tal dia farà un any que es va donar a conèixer la revista *enginy@eps* amb l'objectiu d'erigir-se tant en un estímul motivador pels estudiants de les titulacions de l'Escola Politècnica Superior, com en un mitjà de comunicació de les activitats que es duen a terme en els diferents espais de formació i recerca. El curs 2007-2008 la sorpresa es va produir quan tots els exemplars editats es varen esgotar durant la primera setmana, i la revista va estar en boca de molts tant per lloar la iniciativa, com per a aportar-hi possibles canvis i millores. Així, a partir d'aquesta experiència i amb molta força, es va posar en marxa aquesta segona edició, que passa a ser el número 1 de la revista amb ISSN.

Una de les principals novetats d'aquesta edició ha estat la incorporació al Consell Editorial de professorat de totes les titulacions de l'EPS: Edificació, Industrials, Informàtica, Matemàtiques i Telecomunicacions. A més, per permetre una major flexibilitat en els continguts de la revista, com a segona novetat, s'ha dividit la revista en tres seccions principals: La secció de treballs docents destinada a la publicació d'activitats realitzades dins les assignatures, la secció de treballs de recerca per a la publicació de resums de treballs final de carrera, resultats de recerca o articles de divulgació de l'estat de l'art d'una temàtica concreta. I la darrera secció definida com "oberta" i que recull articles al voltant d'un eix central que en aquesta edició és l'Espai Europeu d'Ensenyança Superior. Voldria agrair a la Direcció General d'Universitat del Govern de les Illes Balears per donar suport econòmic a aquesta segona edició en paper de la revista.

L'activitat de canviar de logotip ens va dur a convocar un concurs obert. S'hi varen presentar un total de 8 propostes que varen estar en exposició pública amb l'objectiu de fer més visible l'activitat de la revista. Volem agrair la participació de la comunitat universitària en la fase de votació! Aquesta activitat va ser possible gràcies a les aportacions realitzades per la càtedra Fundació Miquel Llabrés Feliu, la càtedra Endesa red d'innovació energètica i l'empresa CEMEX.

L'establiment d'un domini propi (<http://enginy.uib.es>) ha donat lloc a la versió electrònica de la revista. Per a dur-la a terme, s'ha adoptat un sistema de gestió de recepció de propostes, de revisió i de publicació dels articles basat en la plataforma de software lliure "Open Journal System".

L'activitat al voltant de l'edició de la revista ha permès el desenvolupament d'un projecte d'innovació docent que ha estudiat l'impacte de la revista en la motivació de l'estudiant que hi ha participat com a autor o com a lector. Volem també agrair el suport rebut per l'institut de Ciències de l'Educació en el desenvolupament d'aquest estudi. I finalment, voldria fer un agraïment públic per la feina realitzada per tot l'equip del consell editorial que han fet possible poder disposar d'aquesta segona edició. Un agraïment especial als autors que han apostat per la revista *enginy@eps* com a mitjà de difusió dels comunicats. I finalment voldria fer especial menció al canvi de disseny que es pot observar tant en els cartells com en el disseny d'aquesta edició i que ha estat gràcies a la dedicació i aportació desinteressada del professor Joan Muñoz.

EEES

L'Espai Europeu d'Educació Superior a la UIB

Gabriel Oliver Codina. Miquel Roca Oliver
Escola Politècnica Superior

L'Espai Europeu d'Educació Superior (EEES) ha arribat a la UIB, i també arriba a l'EPS. Així, aquest curs 2009-2010 es posen en marxa els estudis de Grau en Matemàtiques i els de Grau en Enginyeria d'Edificació substituint als estudis de Llicenciatura en Matemàtiques i Arquitectura Tècnica respectivament. Els altres estudis de l'EPS s'adaptaran a l'EEES el curs 2010-2011.

L'adaptació dels estudis a l'Espai Europeu d'Educació Superior és un tema de gran actualitat a nivell general, i encara més en el cas dels estudis que habiliten per a l'exercici d'una professió o activitat professional regulada com és el cas de l'enginyer tècnic i l'enginyer (conegut com a superior si bé oficialment tant els estudis com la professió són enginyeria i enginyer respectivament). En aquest cas intervenen diferents agents dins la definició de la professió i dels estudis, com són les Universitats, el Ministeri i els Col·legis Professionals. De fet, creim que ha estat un tema força polèmic. Tothom ha pogut llegir en premsa opinions ben diverses sorgides de la Conferència de Rectors de les Universitats Espanyoles, dels diferents col·legis i associacions professionals d'enginyers i d'enginyers tècnics o dels col·lectius d'estudiants.

Sigui com sigui, a dia d'avui disposam d'un marc legal on es defineix una estructura i uns criteris que inclouen un conjunt de competències que s'han de treballar i assolir dins els nous estudis. Així, pels casos que més ens afecten, com són els relacionats amb l'enginyeria industrial, la de telecomunicacions i la informàtica, es defineix un bloc de formació bàsica de 60 crèdits, un de competències comuns a tots els graus en enginyeria de la mateixa branca de 60 crèdits més i un bloc d'especialització de 48 crèdits que depèn del grau que es proposi. Aquesta càrrega lectiva es completa amb un treball de fi de grau i els crèdits necessaris per arribar als 240 crèdits que ha de tenir tot títol de grau d'una universitat espanyola.

Seguint aquesta legislació, pel curs 2010-2011 s'està preparant un grau en enginyeria electrònica industrial i automàtica que substituirà l'actual enginyeria tècnica industrial especialitat en electrònica industrial, un grau en telecomunicacions (telemàtica) que ocuparà el lloc de l'enginyeria tècnica en telecomunicació especialitat telemàtica i un grau en enginyeria informàtica per donar el relleu a les enginyeries tècniques en informàtica de gestió i de sistemes.

Però, ¿què implica l'EEES als estudis? ¿Com es farà la implantació dels nous estudis? ¿quina és la professió regulada per la qual queda habilitat el graduat? Aquestes preguntes i moltes més es plantegen a diari els futurs estudiants d'enginyeria. La seva preocupació és justificada, ja que estan invertint uns anys d'estudi i volen saber a on els pot conduir aquest esforç. A continuació intentarem donar resposta a aquestes preguntes.

Els estudis d'enginyeria en el marc de l'EEES es plantejen com graus amb una durada de 4 anys (240 crèdits ECTS) i posteriorment uns màsters amb una durada que variarà entre 1 i 2 anys. Els graus habilitaran per a l'exercici de les actuals professions d'enginyer tècnic. Per a l'exercici de la professió regulada d'enginyer caldrà cursar un màster amb atribucions professionals que també estarà reglat (per a més informació sobre l'estructura podeu consultar el BOE de 18/02/09). Des del punt de vista de l'estudiant, l'EEES implica, a més de petits canvis en els continguts, un canvi important des del punt de vista metodològic. Quan es computa una assignatura en crèdits ECTS, aquests prenen en consideració la feina que ha de fer l'estudiant per assolir les competències proposades als objectius de l'assignatura. D'aquesta manera si una assignatura de 6 crèdits actuals representava 60 hores de classe (o activitat presencial alumne-professor) sense fer cap valoració de les hores que l'estudiant ha d'invertir per seguir adequadament l'assignatura, en els nous plans d'estudis es valoren entre 25 i 30 hores de l'estudiant per cada crèdit. D'aquesta manera, una assignatura de 6 crèdits implica de 150 a 180 hores de treball de l'estudiant incloent les classes, les pràctiques i totes les activitats de tipus presencial. El fet de valorar la feina de l'estudiant fa que l'avaluació es centri en aquesta feina, i així passa a tenir un paper important l'avaluació continuada en front de l'actual sistema on sovint un examen final de l'assignatura representa l'únic mètode d'avaluació de l'assignatura. Resumint, l'EEES ha d'implicar un canvi metodològic important en la impartició de la docència i en la metodologia d'avaluació.

Per acabar voldríem comentar que la implantació dels nous graus es farà any a any, és a dir, el curs 2009-2010 es deixa d'impartir el primer curs d'arquitectura tècnica i de la llicenciatura en matemàtiques i s'impartirà per primera vegada el primer curs del grau en enginyeria d'edificació i en matemàtiques, si bé els estudiants matriculats en l'anterior pla disposaran d'una sèrie de convocatòries d'examen per les assignatures de primer dels plans en extinció. Això ens porta a una nova pregunta ¿què passa si un estudiant del pla actual, no el pot seguir, i es veu obligat o bé decideix voluntàriament passar al nou pla d'estudis? La resposta a aquesta qüestió és que des de l'Escola Politècnica Superior se li facilitarà el canvi de pla d'estudis i se li farà una convalidació de les assignatures del nou pla d'estudis amb continguts i competències equivalents a les que ja tenguí aprovades en la titulació d'origen.

Esperam haver contribuït a respondre algunes de les preguntes més rellevants relacionades amb els nous estudis d'enginyeria. De totes maneres, si voleu tenir més respostes no dubteu en contactar amb l'equip directiu de l'Escola Politècnica Superior que vos atindrà amb molt d'interès.

Us animam, doncs, a realitzar algun dels estudis ofertats per l'Escola Politècnica Superior de la UIB. Tots ells són molt engrescadors i amb un ventall de sortides professionals excepcional. Ànim i sort a tots.

Escola

Què diuen els titulats de la EPS?

Lourdes Candela



Quan vares obtenir el títol?
Juny del 2007

Has continuat estudiant? Què i on?
Un cop acabada la carrera vaig començar amb els cursos de doctorat a la UIB, però malauradament, aquest darrer curs no he continuat perquè no ho he pogut compaginar amb la feina. També he començat a l'Escola d'Idiomes de Palma, estudiant anglès.

Quin és el millor record del pas per la EPS?
Les rialles! He rigut molt amb els meus amics i companys.

I el pitjor?
El xubec de les classes de les 3.30 ...

Desenvolupes una feina relacionada amb la titulació? Quina?
Sí, sóc professora de Matemàtiques a la Secundària.

Què saps del "pla Bolonia"?
La veritat és que molt poca cosa. Canvia el sistema de crèdits, es passa a tenir en compte el volum de feina individual, en comptes de comptabilitzar exclusivament les hores presencials de classe.

Com definiries la teva titulació?
Com aquella que estructura la ment de tal forma que et predisposa a discernir el que es pot resoldre i el que no; i en cas que es pugui, et proporciona tècniques i eines per afrontar la resolució.

Miguel Ángel Sánchez Moragues



Quan vares obtenir el títol?
El títol el vaig obtenir el 5 de Juliol de 2007.

Has continuat estudiant? Què i on?
He continuat estudiant el segon cicle d'Enginyeria de Telecomunicació a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de



Telecomunicació de Barcelona.
Quin és el millor record del pas per la EPS?
Sens dubte el millor record és haver conegut a la gent de la EPS: tant companys de classe com a professors.

I el pitjor?
Aquella sensació d'amargor que sents quan consultes una nota suspesa d'un examen final així hi tot quan saps que t'has esforçat al màxim.

Desenvolupes una feina relacionada amb la titulació? Quina?
Durant el darrer any de carrera vaig ser becari durant tres mesos en una empresa de gestió de solucions hoteleres. La meva feina estava lligada al programa de "Promotors Tecnològics" promogut per la Fundació Universitat-Empresa i la Conselleria d'Economia, Hisenda i Innovació. La meva tasca va ser redactar un diagnòstic sobre l'estat de la innovació a l'empresa i promoure nous projectes de I+D+i.

Què saps del "pla Bolonia"?
Segons el que tenc entès, el "pla Bolonia" és un procés de convergència dels plans d'estudis a nivell Europeu amb l'objectiu de facilitar l'intercanvi de titulats i adaptar el contingut dels estudis a les noves necessitats socials. Ha estat i és a l'actualitat un procés problemàtic: haurem d'esperar uns anys per poder comprovar els resultats i valorar-los.

Com definiries la teva titulació?
És una enginyeria Tècnica enfocada al estudi de les tecnologies relacionades de la fusió de les Telecomunicacions i la Informàtica.

Aina Frau.



Quan vares obtenir el títol?
A Juliol de l'any passat vaig entregar el projecte final de carrera.

Has continuat estudiant? Què i on?
A Octubre vaig partir a Barcelona a estudiar el segon cicle d'Enginyeria de Telecomunicació a la ETSETB, de la UPC.

Quin és el millor record del pas per la EPS?

El millors records són del final de la carrera. Veus tot el que has fet, les aplicacions del que has estudiat, i les opcions que tindràs quan acabis. I, a nivell personal, em quedo amb les amistats que he fet al llarg de la carrera, amb interessos semblants i que han viscut el mateix que jo.

I el pitjor?

Un període d'exàmens que varen anar molt malament. Me vaig carregar amb molta feina i no vaig poder amb tot. De tot s'aprèn. Ara prefereixo agafar menys feina i portar-la be que intentar abastar-ho tot i no arribar-hi.

Desenvolupes una feina relacionada amb la titulació? Quina?
Ara mateix no faig feina. Els estius passats vaig fer pràctiques a empreses a través de la FUEIB. Aquest curs ha estat impossible per la càrrega de feina, però el que ve m'agradaria fer alguna col·laboració amb algun departament de la Universitat.

Què saps del "pla Bolonia"?

Aspectes generals, però hi ha una falta d'informació notable. En principi, sé que desapareixen les diplomatures i llicenciatures, i es converteixen en carreres de grau i postgrau. L'avaluació serà més continuada, i els crèdits seran ECTS, que compten les hores de feina fora de classe. Els títols seran homologats a nivell europeu i la forma de financiació de les Universitats canvia. Hi han aspectes del pla que no queden clars, sobretot de cara a l'adaptació dels títols als nous.

Com definiries la teva titulació?

És una titulació tècnica que et dona coneixements de comunicacions, informàtica, telemàtica i electrònica. Et dona coneixements per treballar amb noves tecnologies i eines per aprendre pel teu compte, ja que aquestes estan en continu desenvolupament. T'obre moltes possibilitats de cara al món laboral.



Sebastià Roca

Quan vares obtenir el títol?

Al juny del 2008.

Has continuat estudiant? Què i on?

Estic estudiant el segon cicle d'Enginyeria en Automàtica i Electrònica de Terrassa (UPC).

Quin és el millor record del pas per la EPS?

El dia de la defensa del projecte de fi de carrera. És un dia molt important i emotiu, perquè simbolitza la feina que s'ha fet durant tota la carrera i és molt emocionant poder fer-ho davant la família i amics.

I el pitjor?

L'estiu que vaig tenir que fer feina a més de preparar 3 assignatures pel setembre i una pràctica d'un relloge digital.

Desenvolupes una feina relacionada amb la titulació? Quina?

Estic fent d'alumne col·laborador 10 hores setmanals a l'universitat de Terrassa.

Què saps del "pla Bolonya"?

Els aspectes positius del pla Bolonya que jo veig són que les titulacions seran vàlides per tota la Unió Euro, (en principi) i, a més, els crèdits de les assignatures tindran en compte la càrrega de treball fora de les aules.

Les coses negatives entre d'altres són que els crèdits són molt més cars, el doble gaire be; que els primers anys de les titulacions són massa homogenis pels que fa a les enginyeries; que les empreses finançaran part de les noves millores i això a la llarga pot fer que aquestes tinguin un pes massa gran alhora de decidir com serà l'universitat; i que es preveu un finançament que donarà un tracte preferent a les universitats amb millors resultats, el que pot crear universitat de primera classe i universitats de segona classe. A més, és molt difícil quantificar el treball fet per l'alumne fora de l'aula i això pot fer que els professors no pugin qualificar als alumnes amb la nota corresponent al seu treball.

Com definiries la teva titulació?

L'Enginyeria Tècnica en Electrònica, especialitat en Electrònica Industrial que s'imparteix a la UIB és una carrera que permet a l'alumne seguir estudiant un segon cicle de diverses carreres, a més de poder optar a una gran varietat de camps de treball.



Jaime Nieto

Quan vares obtenir el títol?

El vaig obtenir en Maig de 2008

Has continuat estudiant? Què i on?

No he continuat estudiant però no ho descarto per un futur, per poder ampliar els camps on puc fer feina, això sí, sempre relacionat amb la construcció.

Quin és el millor record del pas per la EPS?

Son molts, però crec que compartesc amb altres alumnes, que el millors moments son veure-t aprovat a les llistes després de uns dies de llarga espera de correcció d'exàmens. I sobretot, el moment en que hem varen comunicar que havia aprovat el projecte final.

I el pitjor?

L'estrès de les setmanes prèvies als exàmens.

Desenvolupes una feina relacionada amb la titulació? Quina?

Si. Primer vaig estar al departament tècnic d'una promotora fent un poc de tot. Ara finalment, soc cap d'obra a una constructora.

Què saps del "pla Bolonya"?

Es el pla mitjançant el qual es volen unificar les carreres al llarg de tota Europa, per tal de que no es diferenciïn tant com ara. D'aquesta manera es volen obrir les possibilitats de treballar a tota Europa amb més facilitat.

Com definiries la teva titulació?

Es la clau que obri tot un ventall de possibilitats laborals.



Càtedra

La càtedra Endesa Red d'Innovació Energètica

Miquel Roca Adrover. Director de la Càtedra

En aquest article voldria donar a entendre que és una càtedra universitària. De totes maneres, degut a que cada càtedra és un món, en aquest article ens centrarem específicament en què consisteix la Càtedra Endesa Red d'Innovació Energètica a la Universitat de les Illes Balears, al qual dirigeixo. Esper que després d'haver llegit les línies que venen a continuació quedi més clar el que significa aquesta càtedra i per extensió el que pot significar una càtedra universitària.

La Càtedra Endesa Red d'Innovació Energètica a la Universitat de les Illes Balears neix amb la signatura d'un conveni de col·laboració entre l'empresa EndesaRed i la Universitat de les Illes Balears, el mes de juny de l'any 2008. L'activitat de la Càtedra es programa per l'any 2009. L'objectiu de la Càtedra consisteix en la promoció d'activitats docents i d'investigació interdisciplinàries, que estudiïn la realitat, la problemàtica i les perspectives de la generació, el transport, la distribució i la comercialització de l'energia elèctrica. Així s'haurà de desenvolupar el programa formatiu i les tasques de recerca que contribueixin a millorar la formació dels alumnes de Balears i, en particular, la dels alumnes de la Universitat en aquestes matèries, és a dir, generació, transport, distribució i comercialització de l'energia elèctrica.

Voldria comentar que en l'actualitat existeixen quatre càtedres EndesaRed d'Innovació Energètica, una a la Universitat Politècnica de Catalunya, una a la Universidad de Sevilla, una a la Universidad de Las Palmas de Gran Canària i la de la nostra Universitat (Illes Balears). Aquestes dues darreres són les de més recent creació, de fet estam durant el primer any.

Seguint l'objectiu esmentat anteriorment, durant aquest primer any de vida de la Càtedra ens hem plantejat dur a terme una sèrie d'activitats, que es poden englobar en dos grups diferenciats, un primer grup d'activitats de recerca desenvolupament i innovació, i un segon grup d'activitats de caire formatiu (docent i divulgatiu).

Dintre de les activitats de recerca, desenvolupament i innovació ens hem plantejat treballar en tres projectes de recerca. El primer tracta sobre el monitoratge i anàlisi de la producció d'una instal·lació solar fotovoltaica i l'efecte de la climatologia

sobre la producció d'energia i sobre la xarxa de distribució elèctrica. De tots és conegut la gran introducció que han tengut les produccions d'energia a partir de plantes fotovoltaïques, i més important serà aquesta introducció dintre dels propers temps, ja que hem d'aconseguir augmentar la producció d'energia a partir d'energies renovables. Aquesta massiva introducció de plantes fotovoltaïques pot implicar problemes que s'hauran de solucionar en la distribució de l'energia. Un d'aquests problemes pot venir degut a variacions ràpides en la producció d'energia d'aquestes plantes per diversos factors, com l'aparició sobtada de núvols. Així aquest projecte s'enfoca en el monitoratge per una part de l'energia que s'està produint i de la radiació solar que és present en el mateix instant, per així poder avaluar les derivades de potència i les derivades d'irradiància i correlacionar-les entre elles. El segon projecte es troba bastant lligat al primer, i consisteix en l'avaluació de la qualitat d'ona de la instal·lació intentant també veure com li afecta l'aparició de núvols. En particular es tracta d'analitzar els paràmetres de la qualitat d'ona segons la norma UNE-EN50.160.

El tercer projecte presenta un caire creiem que bastant innovador i s'enquadra dins el marc de l'anàlisi de la seguretat i prevenció de riscos laborals dins el món de la distribució d'energia elèctrica. En particular es tracta de l'implementació d'una eina d'ajut a la prevenció de riscos en treballs damunt torres de distribució. S'analitzaran diferents casuístiques (distints tipus de torres, canvis de conductors, canvis d'aïlladors, canvis d'aparamenta, instal·lació d'escomeses, averies diverses, ...) des d'un punt de vista mecànic (moments de torsió i de flexió resultants sobre les torres i la seva comparació amb aquests moments límit de ruptura considerant torres noves i torres envellides). Es pretén obtenir una eina divulgativa i clara que pugui ser emprada en temes de formació al personal que ha de treballar a les torres de distribució.

Tots aquests projectes es troben en fase d'execució durant aquest any i a mesura que s'obtinguin resultats aquests s'aniran divulgant pels diferents canals establerts (premsa, pàgina web, ...).

Dins de l'entorn d'una càtedra universitària entre empresa i universitat, les activitats de formació i divulgació tenen una

importància molt gran. En aquest sentit passarem a comentar també aquest tipus d'activitats dintre de la Càtedra Endesa Red d'Innovació Energètica a la UIB. En primer lloc comentar la organització d'un curs dins de la Universitat d'Estiu enfocat a la temàtica de la comercialització de l'energia elèctrica. El curs s'ha desenvolupat durant el mes de juliol amb una durada de 20 hores i comptant amb professors de la UIB, professors de l'empresa Endesa i un professor procedent d'un centre de recerca alemany de gran prestigi dins de la comunitat europea.

Dins del marc de la Càtedra s'han organitzat visites a centres de Endesa, com la central de cycle combinat de Son Reus i el centre de control de Sant Joan de Déu. També s'han organitzat seminaris de caire monogràfic, així durant el mes de maig es va impartir el seminari "Innovació en el sector elèctric" pels nostres alumnes.

En quant a propostes en curs, el mes de setembre es participarà en l'Energy Day, activitat dins del 14th IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation que es celebrarà a Palma. En aquest congrés s'impartirà un seminari en temàtica de xarxes de distribució intel·ligents (smart grids), el que sembla una aposta de futur dins el món de la distribució d'energia elèctrica. També es preveu la organització d'una Jornada de Eficiència Energètica, on especialistes en la temàtica ens donaran una visió tant de part de la demanda com de la part de la oferta.

Per a motivar als estudiants a la consideració de la temàtica energètica dins els seus temes d'estudi es preveu la convocatòria d'un premi al millor projecte de fi de carrera relacionat en temàtica energètica.

Finalment, professors participants a la Càtedra, han dissenyat dues assignatures optatives pels alumnes d'enginyeria tècnica industrial, especialitat electrònica industrial relacionades amb les energies renovables i en la distribució i generació d'energia elèctrica. Hem de destacar que molts dels nostres enginyers i enginyeres acaben treballant dins el sector elèctric sense que a dia d'avui existeixi a la nostra universitat una dedicació docent significativa al sector elèctric. Així la possibilitat de que els alumnes puguin cursar dues optatives resulta molt interessant. Sens dubte la Càtedra ha d'actuar com una plataforma de difusió per a tots els estudiants d'enginyeria de la nostra universitat, acostant els reptes actuals del sector energètic als futurs enginyers.

I per a realitzar totes aquestes tasques comptam amb un equip de feina, en el qual intervenen professors de la Universitat i membres de l'empresa Endesa. A més es compta amb dos becaris que treballen amb gran il·lusió i amb un finançament procedent de l'empresa Endesa Red.

Esper que ara vos hagi quedat més clar el que és la Càtedra objecte d'aquest article, i com he dit abans vos pogueu fer una idea del que és una càtedra universitària.



Càtedra

La càtedra Fundació Miquel Llabrés Feliu

Antoni Cladera Bohigas. Director de la Càtedra

La Fundació Miquel Llabrés Feliu neix de la voluntat de l'empresari de la construcció Miquel Llabrés Feliu d'incrementar els coneixements de les persones que treballen en el sector de la construcció. És una organització que orienta els seus esforços a millorar l'exercici de l'activitat d'aquest sector, tant en referència a l'aplicació d'innovacions tecnològiques que contribueixin a elevar la qualitat final dels edificis; com a la recuperació de tècniques tradicionals; o a la incorporació de criteris de sostenibilitat i respecte mediambiental en l'execució de tota obra.

Aquesta filosofia va prendre cos al desembre de 2006 amb la constitució de la Càtedra Fundació Miquel Llabrés Feliu. Des de llavors, la Fundació Miquel Llabrés Feliu i la Universitat de les Illes Balears (UIB) treballen conjuntament per a proporcionar a estudiants i professionals de la construcció un fòrum en el qual analitzar tècniques i procediments; i que possibiliti acostar als actuals i futurs professionals del sector actuacions singulars que els dotin de recursos a l'hora d'escometre un projecte d'obra nova o rehabilitació. L'edificació tradicional i la rehabilitació d'edificis històrics; i la sostenibilitat en la construcció són les dues temàtiques principals que aborda la Càtedra Fundació Miquel Llabrés Feliu.

Al llarg dels últims tres anys, l'activitat de la Càtedra Fundació Miquel Llabrés Feliu s'ha centrat a impulsar la formació dels estudiants d'Arquitectura Tècnica de la UIB, a través de diversos programes d'actuació: patrocini de l'assignatura "Sistemes Tradicionals de Construcció"; el lliurament d'ajudes per a l'elaboració de projectes de fi de carrera - s'han realitzat dues edicions que han suposat la subvenció del projecte de fi de carrera de 12 alumnes-; i la convocatòria d'un premi al millor projecte final de carrera. Algun dels projectes de fi de carrera subvencionat han suposat un autèntica introducció al món de la recerca i s'han obtingut publicacions a congressos i revistes d'àmbit internacional.

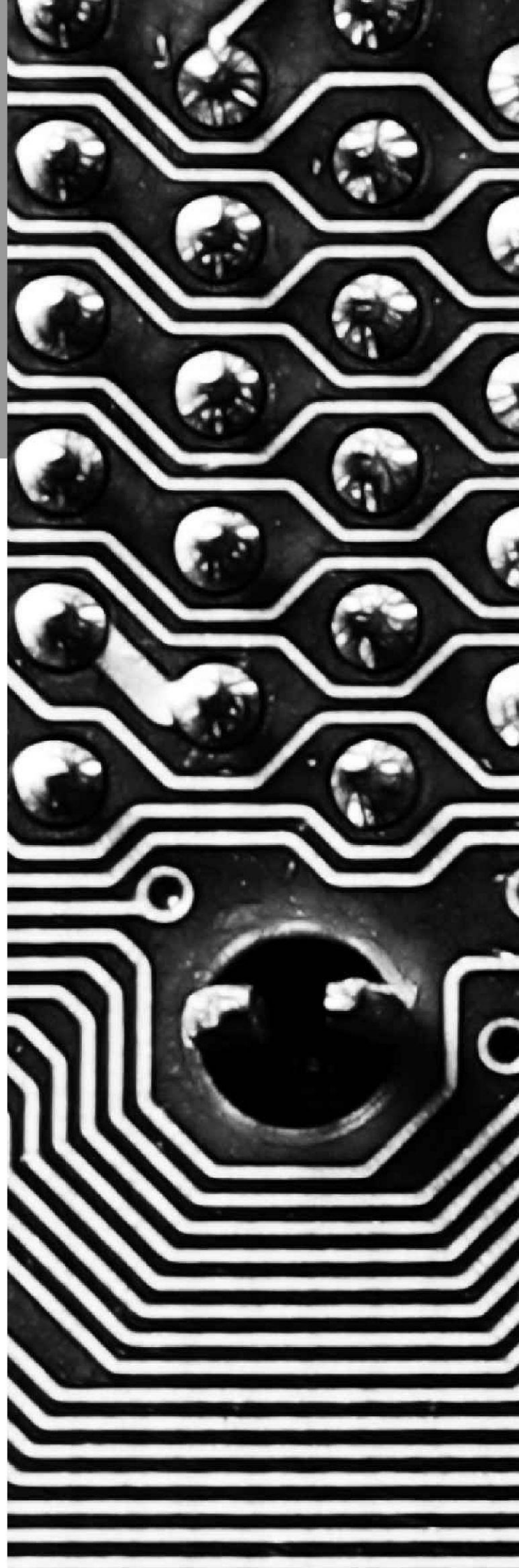
Els professionals en actiu han estat els altres beneficiaris dels recursos de la Càtedra Fundació Miquel Llabrés Feliu. Per a ells, anualment s'ha organitzat un congrés tècnic que sota el títol genèric de Jornada Tècnica Anual ha abordat qüestions relacionades amb les temàtiques de la Càtedra Fundació Miquel Llabrés Feliu. La restauració del patrimoni

arquitectònic i la sostenibilitat en la construcció van ser els temes de la I, II i III Jornada Tècnica, celebrades al maig de 2007, 2008 i 2009. La bona resposta rebuda en les tres edicions, amb més de 350 participants acumulats, motiva a la Càtedra Fundació Miquel Llabrés Feliu a seguir treballant en aquesta línia per a fer de la seva Jornada Tècnica un referent per al sector de la construcció.

A més a més, a l'abril de 2008, anticipant la gran crisi econòmica actual, la Càtedra Fundació Miquel Llabrés Feliu va organitzar un cicle orientat a analitzar la productivitat en la construcció, un factor decisiu al considerar la conjuntura actual.



Treballs Docents



4G

Jaume Vicens Torres^{#1}, Maria Francesca Roig Maimó^{#2}, Juan Carlos Coll Sampol^{*3}, Pedro Juan Giménez Febrer^{*4}

[#] *Quint curs d'Enginyeria Informàtica*

¹jaumevicens@gmail.com

²mxiscaroig@gmail.com

^{*}*Tercer curs d'Enginyeria Tècnica de Telecomunicacions*

³jc.coll.sampol@gmail.com

⁴gimenezfebrer@gmail.com

Abstract— En aquest document es descriuen les perspectives de futur de les tecnologies de telefonia mòbil, prenent com a focus la que pareix ser la tendència del futur: 4G. Aquesta ve recolzada per OFDM i MIMO, com a millora de les tecnologies de canal ràdio utilitzades actualment, i una arquitectura homogènia oberta i transparent que convergeix en xarxes All-IP end-to-end. D'aquesta forma s'obté una plataforma que possibilitarà l'aparició de nous serveis multimèdia. Actualment existeixen algunes solucions que intenten incloure's baix el paraigua del 4G tot i que encara es troben en fase experimental.

I. INTRODUCCIÓ

La quarta generació és una tecnologia que es troba en desenvolupament i encara no està estandarditzada (encara que 3GPP i ITU l'estan desenvolupant baix el nom de LTE Advanced o IMT Advanced). Més que un canvi radical, és un nou pas de les telecomunicacions cap a la mobilitat i accessibilitat universals basada en la convergència de distintes tecnologies de xarxa unides baix el protocol IP.

L'experiència de l'usuari es veurà millorada amb un gran augment de velocitat i un gran ampla de banda disponible, fent possible gaudir de tot un conjunt d'aplicacions multimèdia amb gran qualitat.

Tot això planteja reptes tècnics difícils de superar, ja que als propis de cada tipus de xarxa se n'han d'afegir d'altres com el fet de què el senyal es degrada quan el terminal s'allunya més d'un quilòmetre de l'estació base, que resulta difícil moure grans volums de dades en una zona limitada de l'espectre i que el tamany i el consum d'energia dels prototipus mòbils resulten excessius.

Així i tot el repte més complicat pot ser el de trobar clients, ja que actualment en el mercat espanyol, les xarxes UMTS són suficients per satisfer la demanda existent.

Les característiques dels sistemes 4G poden resumir-se en:

- Proveeix als usuaris finals de grans velocitats, grans volums de dades, bona qualitat, cobertura global i flexibilitat per navegar entre les diferents tecnologies de xarxa.
- Major nombre d'usuaris connectats a una zona.
- Basat en OFDMA i MIMO pel que fa al canal ràdio.
- Dissenyat seguint un esquema All-IP end-to-end, que es traduirà en una disminució de costos i que a més ve recolzat per IPv6.
- Serveis de major velocitat que permeten suportar aplicacions multimèdia.

- Necessitat de garantir QoS addicional a la infraestructura IP.
- Interoperabilitat i soft handover entre xarxes diferents.
- Roaming global, és a dir, la necessitat de circular entre països i continents sense canviar de terminal.

II. DE 3G A 4G

Les xarxes mòbils van focalitzar la seva principal aplicació en la veu durant les seves primeres generacions i van comptar amb un èxit considerable. Actualment els serveis de vídeo i televisió estan impulsant el desplegament de la tercera generació i en el futur (no tan llunyà) les dades d'alta velocitat i a baix cost impulsaran la quarta generació.

L'evolució de 3G a 4G es fonamenta sobre quatre pilars fonamentals: l'adopció del sistema All-IP, l'increment de la velocitat de transmissió, la necessitat de suportar QoS i l'adopció d'OFDMA i MIMO en el canal ràdio.

L'evolució de 3G a 4G estarà impulsada per serveis que ofereixen major qualitat.

Un gran avantatge de 4G serà la velocitat, mentre que les xarxes 3G proporcionen 2 Mbps, 4G arribarà des de 20 a 100 Mbps. Gràcies a això podran utilitzar-se varies aplicacions simultànies com videoconferències o reproducció de pel·lícules a través del mòbil amb la màxima resolució.

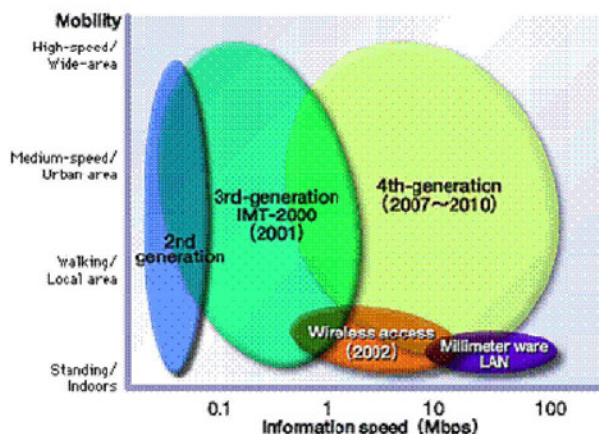


Fig 1: Increment de la velocitat.

TAULAI
DIFERÈNCIES 3G i 4G

Característiques	Tecnologia	
	3G	4G
Requisits principals de l'arquitectura	Enfocat a veu (les dades són un complement)	Convergència de veu, vídeo i dades sobre IP
Arquitectura de xarxa	Àrea ampla distribuïda en cèl·lules	Integració de Wireless LAN/WAN (Wifi, WiMAX, LTE, UMB)
Velocitat	144 kbps a 2 Mbps	100 Mbps en mode mòbil i 1Gbps en mode estàtic
Banda de freqüències	Depenent del país o continent (1800-2400 MHz)	Bandes de freqüència superior (2-8 GHz)
Ampla de banda	1,25/5 MHz	100 MHz (o més)
Sistema de commutació	Circuits i paquets	Paquets
Tecnologia de radio transmissió	W-CDMA, 1xRTT, 3xRTT, EV-DO, EV-DV, Edge, GPRS	OFDM i MC-CDMA
Forward Error Correction (FEC)	Codi convolucional de taxa 1/2, 1/3	Esquema de codificació concatenat
Component de disseny	Disseny optimitzat d'antena, adaptadors multibanda	MIMO, receptors ràdio de banda ampla
Protocol d'Internet	Protocols d'enllaç aeri	All IP (IPv6.0)

III. ARQUITECTURA

L'arquitectura de 4G està basada en la integració de diferents tecnologies wireless sobre un sistema All-IP end-to-end.

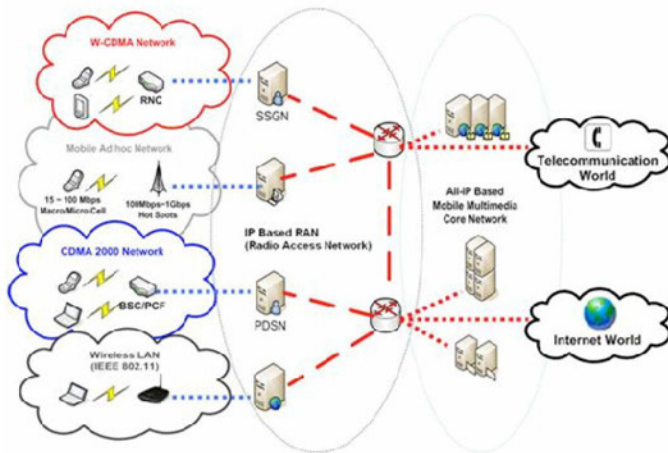


Fig 2: Arquitectura 4G.

L'usuari ha de poder alternar de forma automàtica, sense interrupcions i mantenint la qualitat de transmissió entre les distintes xarxes segons la seva ubicació, aprofitant els avantatges de cada una.

Es produeix una simplificació de l'estructura gràcies a la homogeneïtzació de l'arquitectura de les estacions base.

Per migrar a 4G es plantejen els següents reptes:

- Terminals multimode.
- Detecció/selecció sistema wireless amb la tecnologia SDR.
- Mobilitat ininterrompuda.
- Vertical handoff o softhandover entre distintes xarxes.
- Suport de QoS.

IV. CANAL RÀDIO

Les tecnologies del canal ràdio adoptades són considerades el nucli de 4G, la combinació de les quals permet augmentar l'eficiència espectral, és a dir, les velocitats de transmissió i l'establiment de comunicacions robustes sobre canals hostils.

A. SDR: Software Defined Radio

En un sistema SDR els típics elements hardware (mescladors, filtres, moduladors, etc.) han estat implementats per software. La idea és que el dispositiu pugui rebre (i enviar) dades procedents de distintes freqüències sense la necessitat d'utilitzar més d'un receptor (emissor).

Es tracta d'una tecnologia més eficient, barata i flexible ja que permet afegir o millorar funcions només amb actualitzacions de software.

Un emissor/receptor que consti de tecnologia SDR es troba dividit en tres parts, dues d'elles (IF i banda base) definides per software (Fig 3).

- RF: S'encarrega de rebre i transmetre la informació a la freqüència adequada.
- IF: Realitza conversions AD i DA, modulacions i desmodulacions, filtratge, i els processaments de senyal necessaris.
- Banda base: Extreu la informació del canal ràdio que es trobi seleccionat mitjançant software. Es poden extreure distintes informacions simultànies.

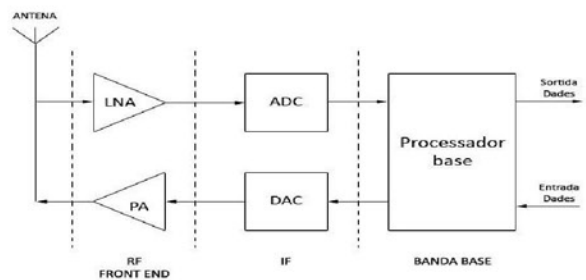


Fig 3: Emissor - Receptor SDR.

B. OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexion

La tecnologia OFDM consisteix en la utilització de diverses subportadores ortogonals entre si per a la transmissió de la informació. Aquesta tècnica de modulació envia informació diferent per cada freqüència, augmentant així la taxa de transmissió.

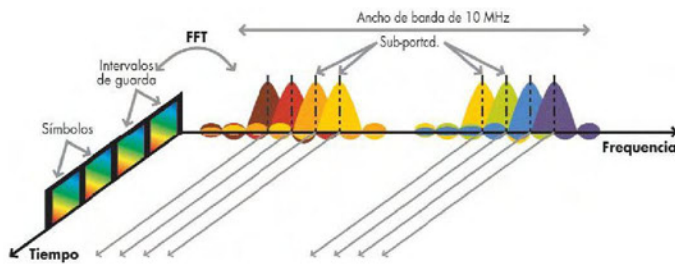


Fig 4: Estructura de OFDM.

A la Fig 4: **Estructura de OFDM**, es pot observar com els símbols d'informació es transmeten sobre les diverses subportadores al mateix temps.

En 4G, es pot combinar OFDM amb l'esquema d'accés múltiple MC-CDMA [2] (Multiple Carrier – Code Division Multiple Acces), que consisteix en utilitzar l'esquema CDMA [1] sobre diverses subportadores. D'aquesta forma transmetem la mateixa informació sobre un grup de subportadores, mantenint el principi d'ortogonalitat una vegada aplicada la codificació. Aquesta combinació aconsegueix major robustesa i tolerància a errors en medis hostils permetent recuperar la informació en cas de pèrdua d'una de les subportadores.

C. MIMO: Multiple Input Multiple Output

La tecnologia MIMO, també coneguda com antenes intel·ligents, situa múltiples antenes tant a l'emissor com al receptor separades entre elles (Fig 5), per aconseguir aprofitar al màxim les característiques aleatòries del canal radioelèctric, especialment les transmissions multicamí, gràcies a la combinació dels diferents senyals rebuts.

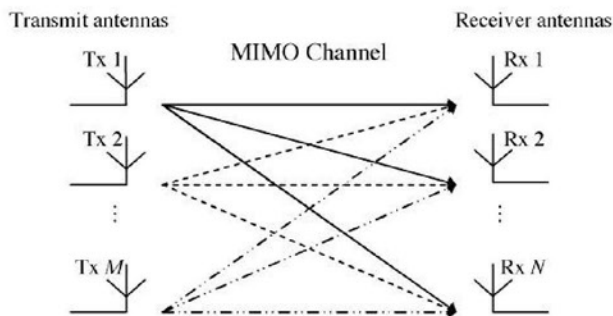


Fig. 5: Esquema transmissió MIMO.

Com a complement a la tecnologia OFDM és molt adequat ja que permet la interpretació de diferents símbols independents en el temps.

V. MODEL ALL-IP

L'arribada dels cel·lulars de tercera generació va suposar un notable increment dels serveis IP. Això ha permès que els terminals mòbils puguin gaudir de tot un conjunt de serveis de nova generació: VoIP, missatgeria instantània, videoconferència, etc. Encara que, aquests serveis sobre IP, no s'han acabat de potenciar.

Les opinions coincideixen quan s'afirma que s'està tendint cap a l'anomenat model All-IP com a part de la tecnologia 4G,

és a dir, eliminar tot el que queda a l'arquitectura de telefonia mòbil sobre commutació de circuits per a passar a utilitzar commutació de paquets per a totes les telecomunicacions, utilitzant sempre el protocol de transport IP.

El fet de tenir totes les comunicacions sobre IP té els següents avantatges:

- Homogeneïtzació de l'arquitectura de les estacions de telefonia. Totes les aplicacions tenen una interfície de comunicació comuna.
- Major integració de les comunicacions mòbils dintre de la xarxa d'Internet.
- Disminució dels costos gràcies a la implantació de sistemes All-IP "end-to-end". Aquest fet provoca la simplificació de la xarxa, ja que tots els components utilitzen el mateix protocol de transport i a més s'utilitzen sistemes i protocols més oberts que sempre acaben abaratint el cost.

Per altra banda té algun inconvenient, com ara, la necessitat d'establir una bona política de qualitat de servei (QoS) ja que, viatjant totes les dades per la mateixa xarxa integrada és necessari establir prioritats sobre els diferents tipus de dades.

VI. QoS

La necessitat de suportar nous serveis dins la mateixa xarxa impulsa la necessitat de la qualitat de servei amb el fi de garantir que cada tipus de servei vegi satisfetes les seves necessitats i es pugui fer un ús homogeni de la xarxa.

Per tant, es requereix la capacitat de distingir el tipus d'informació que transporta la xarxa en cada moment i proporcionar un tractament adequat a cada tipus ja que els requeriments dels diferents serveis no són els mateixos:

TAULA II
REQUERIMENTS DIFERENTS TIPUS DE SERVEIS

Servei	Requeriments		
	Ample de banda	Latència	Integritat dades
Dades	Petit	No té massa importància	Completa i íntegra
Veü	Suportable per quasi tots els proveïdors	Reduir temps latència i jitter Recepció dels paquets constant en el temps	Tolera pèrdua de paquets en petita quantitat
Vídeo	Gran (tècniques compressió i buffers)	Reduir temps latència Recepció dels paquets constant en el temps	Tolera pèrdua de paquets en petita quantitat

En la QoS experimentada per l'usuari final influeixen dos aspectes fonamentals:

- La qualitat de les dades multimèdia extrem a extrem determinada pels successius processos de codificació - descodificació i les pèrdues de paquets.
- La latència determinada pels successius processos de codificació - descodificació, empaquetament i "encuaments".

VII. APLICACIONS

Gràcies a les tecnologies explicades en apartats anteriors i a l'inclusió de microcèl·lules per millorar la cobertura en llocs determinats, l'ample de banda amb que comptarà 4G es troba al voltant de les desenes de Mbps tant en el sentit de baixada com en el de pujada, per tant sorgiran aplicacions que podran aprofitar aquestes noves característiques de les xarxes.

Les expectatives són que el vídeo d'alta qualitat consumirà al voltant de 20 vegades més ampla de banda que la veu, la qual cosa en una xarxa tradicional limitaria el nombre de vídeo subscriptors en un sector d'estació base 3G a uns pocs (clarament no és la resposta per a un servei massiu de mercat). El vídeo mòbil requereix almenys un ordre de magnitud més de kbps per kilòmetre quadrat que el que pot proporcionar una xarxa tradicional. Televisió mòbil, videoconferències o vídeo streaming són exemples de més aplicacions d'aquest tipus.

VIII. IMPLEMENTACIONS

Per a què la implementació del 4G sigui satisfactòria les operadores haurien de disminuir els preus dels serveis per a poder arribar al públic, integrar distintes tecnologies de xarxa tals com WiFi, WIMAX o Bluetooth, i evolucionar cap a 4G de manera que s'aprofitin al màxim les infraestructures existents. A més és necessari regular l'espectre en els distintes continents per a què el roaming sigui possible.

Seguidament es comenten algunes de les solucions existents al mercat que s'etiqueten com a 4G:

A. NTT Docomo 4G

Aquesta empresa japonesa té per objectiu implantar la tecnologia 4G durant l'any 2010. Actualment estan implantant l'anomenat "Super 3G" [6] que no es més que l'evolució natural del 3G per aprofitar tot el potencial de la infraestructura existent. Aquesta tecnologia està basada en els estàndards HSDPA i HSUPA.

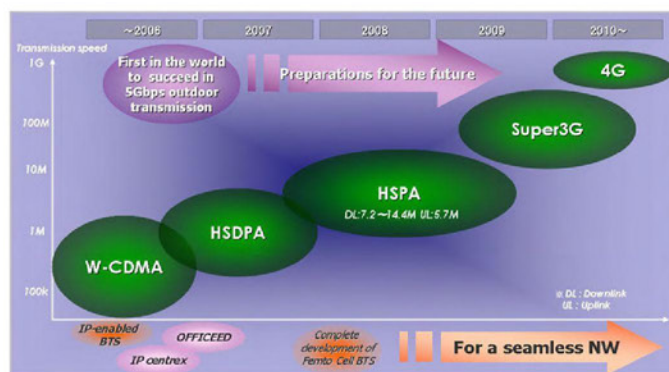


Fig. 7 Evolució prevista per NTT Docomo.

El Super 3G permet una velocitat prou superior al 3G basat en la tecnologia HSPA, però a més, millora quatre vegades l'eficiència del canal ràdio per a les comunicacions.

Pel que fa al 4G encara s'estan realitzant tasques de I+D i s'espera un mínim cost d'adaptació, proporcionat per la implementació d'una tecnologia de transició com és el Super 3G. Cal destacar que a finals de l'any 2006 es va construir un

prototip que va aconseguir 5 Gbps de velocitat de transferència utilitzant aquesta tecnologia en moviment a 10 km/h.

Les tecnologies Super 3G i 4G desenvolupades per NTT Docomo van a camí de la seva estandardització (baix el nom de LTE en el cas de Super 3G) amb el suport de moltes empreses del sector.

B. XOHM

Xohm[7] és una altra tecnologia que pretén obrir-se mercat en aquesta revolució del 4G. Ha estat desenvolupada per Sprint Nextel i està basada en la tecnologia WiMAX. Aquesta empresa té l'objectiu de crear la primera xarxa amb cobertura nacional (a Estats Units) de WiMAX, la qual classifiquen com una tecnologia 4G, encara que és una simple implementació de WiMAX. Una de les característiques clau de la tecnologia és la cobertura global, disposant de les mateixes velocitats de dades estant a casa com a fora.

IX. CONCLUSIONS

En aquest article s'han descrit les principals característiques i previsibles fonaments tecnològics dels sistemes de comunicacions mòbils de futura generació.

Actualment 4G és una tecnologia de xarxa en desenvolupament que encara no es troba estandarditzada. Així i tot han aparegut al mercat solucions anunciades com a 4G, malgrat només siguin una tecnologia intermèdia entre 3G i 4G.

4G no pretén ser una xarxa en sí mateixa, sinó un conjunt d'elles atracant-se al concepte d'Internet, presentant un nou model d'arquitectura de xarxa que revolucionarà la indústria mòbil en la forma de construir xarxes i suposarà la fi de la commutació de circuits.

Les grans velocitat de transmissió, els grans volums de dades que es gestionaran i la qualitat de servei permetran l'aparició de noves aplicacions multimèdia sobre entorn mòbil i proveiran a l'usuari de mobilitat i llibertat total creant una nova forma de concebre les telecomunicacions mòbils.

REFERÈNCIES

- [1] Article en la wikipedia anglesa sobre CDMA <http://en.wikipedia.org/wiki/CDMA>
- [2] Javier López Pérez, Héctor Santana Sosa, Milos Jakovljevic, Santiago Zazo Bello e Iván Alejandro Pérez Álvarez, "Sistema MC-CDMA para Comunicaciones Aeronáuticas en la Banda VHF COM"
- [3] Cisco Systems, Inc., *Rise on the 4G Network. Enabling the Internet everywhere*, http://www.ciscosystems.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns523/ns177/net_implementation_white_paper0900aecd805c247c_ns679_Net_working_Solutions_White_Paper.html, 2007.
- [4] D. Rouffet, S. Kerboeuf, L. Cai, V. Capdevielle, *Moviles 4G*, Revista de Telecomunicaciones de Alcatel, 2º trimestre 2005, <http://www.alcatel.com/atr>, 2005.
- [5] MoNet LAB, Pohang University of Science and Technology, <http://monet.postech.ac.kr/new2008/research.html>, 2007.
- [6] NTT Docomo, *Toward 4G*, <http://www.nttdocomo.com/technologies/future/toward/index.html>, 2007.
- [7] Sprint Nextel, *Xohm*, http://www.xohm.com/en_US/learn/, 2008.

ASSIGNATURA: Xarxes de Comunicacions Mòbils
 PROFESSOR: Jaume Ramis Bibiloni

Diseño de un módulo USB

Javier Oliver, Marc Soler, Jaume Tornila, Miquel Pou, Rafael Collado, Abdellah Benhadjer

Tercer curso de Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad en Electrónica Industrial

miqpou@gmail.com

Resumen— En este artículo se explicará como diseñar, desde el principio, un módulo implementado sobre una PCB (placa de circuito impreso) alimentado por USB con cuatro sensores incorporados: un sensor de temperatura, un sensor de gas, un sensor de humedad y un sensor de luz. Estos sensores se usaran para recoger medidas de las condiciones ambientales y serán transmitidas al PC mediante el bus USB para su visualización.

I. INTRODUCCIÓN

Para poder captar y obtener diferentes parámetros físicos como la temperatura, la humedad o la iluminación entre otros, que sean de interés en alguna aplicación, es necesario el uso de sensores que transforman el parámetro físico a parámetro eléctrico. En muchas ocasiones la señal generada por el sensor no es adecuada para poder tratarla y extraer de ella información útil. Por eso, en muchos sensores es necesario el uso de circuitos de acondicionamiento o circuitos de medida.

Para tratar las señales procedentes de los sensores y obtener los correspondientes valores del parámetro físico que se desea medir es necesario el uso de un microcontrolador que actúe como cerebro del sistema.

En cualquier circuito electrónico es muy importante establecer estrategias en su diseño para minimizar los posibles efectos no deseados que el ruido eléctrico puede introducir en el sistema y que puede generar errores considerables en los resultados de las medidas.

II. SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES

El primer paso para diseñar la PCB es buscar los componentes que se utilizarán. Dichos componentes serán sensores, elementos pasivos y el microcontrolador.

A. Conexión USB

Para la conexión módulo-PC se utilizará cable USB del tipo macho-macho. USB proporciona una tensión de 5V y una intensidad de 0.5A, por lo que, nuestro circuito impreso no debe consumir más de dicha potencia, que es de 2.5W. Así pues, la selección de los componentes se ha hecho teniendo en cuenta estas limitaciones. Para conectar el cable a la PCB se ha utilizado un conector USB tipo A del fabricante *Wuerth Elektronik*.



Fig. 1 Cable y conector USB utilizados [1]

B. Sensores

Los sensores que forman parte del módulo son:

1) Sensor de Temperatura

Se ha seleccionado el sensor de temperatura LM335AZ de *National Semiconductor* por su relación calidad/precio. Este sensor es capaz de detectar diferentes temperaturas en un rango de -40°C a $+150^{\circ}\text{C}$. Su encapsulado es del tipo TO92. Además, la salida del sensor es lineal ($10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$), de manera que para calcular la temperatura a partir de un valor analógico será más sencillo.

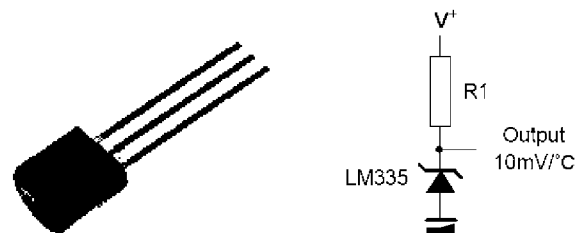


Fig. 2 Sensor de temperatura [1]

2) Sensor de Luz

Se trata del sensor de luz TSL2550 de la marca *TAOS*. Dicho sensor se encarga de medir la intensidad de luz en el ambiente, gracias a la combinación de dos fotodiodos. Al contrario que el sensor de temperatura, la salida del sensor de luz es digital y se comunica mediante dos líneas I2C, una para datos y otra para el clock. Por tanto debemos disponer de un microcontrolador que disponga de entradas de bus I2C.

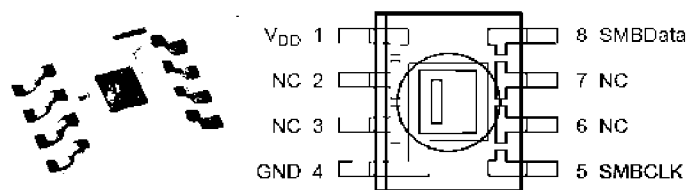


Fig. 3 Sensor de luz [1]

Es necesario colocar dos resistencias de *pull-up* de $1,8\text{k}\Omega$ en las dos líneas I2C (pines 5 y 8).

3) *Sensor de Humedad*

Se ha seleccionado el sensor de humedad HCH-1000-001 del fabricante *Honeywell S&C*. Se trata de un sensor capacitivo fabricado con tecnología de semiconductores que tiene una gran resistencia a la contaminación.



Fig. 4 Sensor de humedad [1]

Su valor de salida es capacitivo, lo que implica la necesidad de un circuito de acondicionamiento para transformar la variación de capacidad en una magnitud más fácil de medir.

En concreto se usa un circuito de acondicionamiento con un oscilador (tipo 555). De esta manera la salida estará formada por un conjunto de pulsos de frecuencia. Si se conecta esta salida a un temporizador del microcontrolador se puede determinar fácilmente el periodo de la señal, y a partir de ese valor determinar la humedad relativa con las fórmulas que ofrece el fabricante.

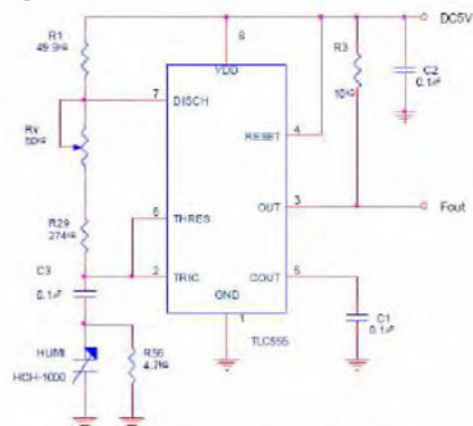


Fig. 5 Circuito de acondicionamiento del sensor de humedad [1]

4) *Sensor de Gas*

Por último se ha escogido el sensor de Gas TGS 2600 del fabricante *Figaro*. Según el tipo de concentración de gas en el ambiente la salida analógica tendrá diferentes valores en tensión.



Fig. 6 Sensor de gas [2]

Así pues, se conecta la tensión de salida a una entrada analógica del microcontrolador con el fin de poder capturar la señal.

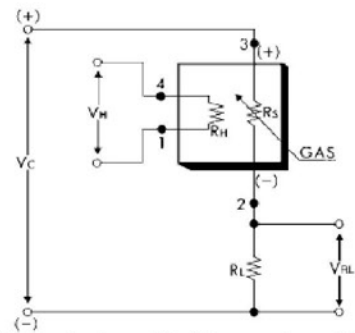


Fig. 7 Circuito de medida del sensor de gas [2]

C. *Microcontrolador*

Una vez conocidas las señales de salida que generan los sensores, se debe encontrar un microcontrolador que cumpla las especificaciones de nuestro diseño, es decir, que tenga suficientes entradas analógicas y digitales. Sabiendo esto, se ha escogido el PIC 18F2455 de la marca *Microchip* con encapsulado SOIC.



Fig. 8 PIC 18F2455 [1]

Este PIC dispone de 24 entradas, de las cuales sólo necesitamos 14, así que dejamos sin conectar 10 entradas. Dispone de una memoria Flash de 24 KB y una RAM de 2048 Bytes.

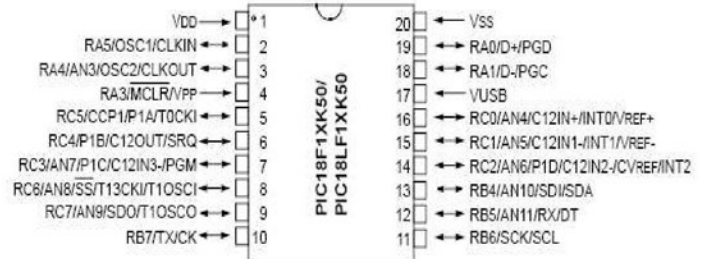


Fig. 9 Disposición de los pines del PIC 18F2455 [1]

Para el funcionamiento del microcontrolador es necesario el uso de un oscilador. En concreto se usa un cristal de cuarzo de 6MHz de frecuencia.

III. INTERCONEXIÓN DE LOS COMPONENTES

A. *Diseño del esquemático*

Para el diseño de las interconexiones de los componentes se utilizará la herramienta Capture CIS, que nos permite tener una visión general de las conexiones. El primer paso es buscar en las librerías disponibles los encapsulados de los

componentes que se usarán. En caso de no encontrar dichos componentes se pueden crear a partir de otros o desde cero.

Una vez se tienen los bloques de los componentes, incluyendo los circuitos de acondicionamiento, se procede a hacer las conexiones entre ellos. Después de hacer las interconexiones se marcan los pines que no están conectados para que no haya problemas a la hora de compilar el proyecto.

El siguiente paso es poner el footprint a cada componente. El footprint sirve para que a la hora de pasar el diseño del esquemático al programa que se usará para hacer el Layout, el Layout Plus, los componentes y sus conexiones se crearán solos, así solo se tendrá que reorganizar siguiendo unos criterios para la minimización de ruido que se explicará más adelante. Para saber que nombre poner en el footprint se ha de ir a la librería del Layout Plus y buscar los componentes que se ajusten a los del esquemático, para saber si se ajusta lo que se ha de mira es el número y disposición de los pines.

Una vez hecho el esquemático y puesto los footprints se han de seguir unos criterios para minimizar el ruido que se pueda generar por la conexión de los componentes.

1) *Minimización de ruido*

Uno de los criterios que se ha seguido para la minimización de ruido es el añadir condensadores de desacoplamiento. Estos condensadores se ponen entre la entrada y salida de un mismo componente para reducir el lazo de corriente, reduciendo así el ruido. También se utilizan para desacoplar

El segundo criterio ha sido separar las tierras analógicas y digitales. Para ello se ha usado una ferrita que es un dispositivo capaz de absorber determinadas perturbaciones. El diseño esquemático final se puede ver en la figura 10.

B. *Layout*

Mediante unos archivos generados por el Capture CIS de nuestro esquemático se podrá pasar al Layout. Una vez pasado al Layout se verán todos los componentes y sus conexiones aunque estarán desordenados y se tendrán que ubicar

siguiendo unos criterios de minimización de ruido. Estos criterios son dividir la placa en dos partes: una parte analógica y otra digital, dejar suficiente espacio entre los componentes para que, a la hora de realizar las conexiones, haya entre cada conexión una distancia mínima igual al grosor de la línea de conexión y los condensadores de desacoplamiento se han de poner lo más cerca a las entradas de alimentación de los componentes.

Cuando se ha distribuido los componentes, separándolos en parte analógica y parte digital, se procederá a realizar las conexiones. Primero se realiza las conexiones entre componentes, luego las conexiones con tierra y, por último, las conexiones con la alimentación. Para las conexiones usaremos un grosor de línea de 0.6 y a la hora de hacer las interconexiones tenemos que tener en cuenta que no debe haber ángulos rectos, ya que generan ruido.

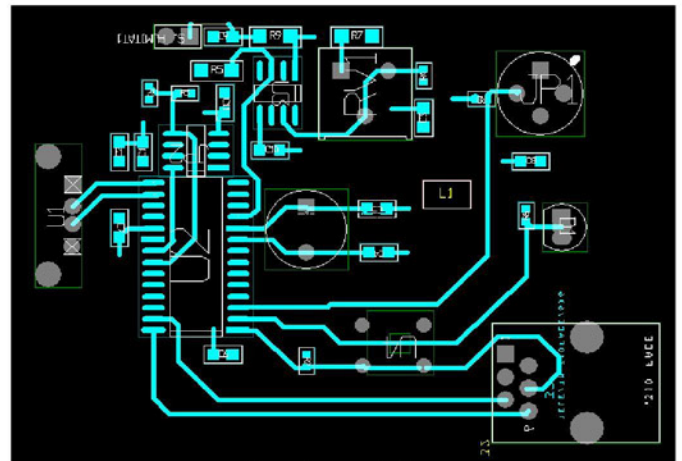


Fig. 11 Diseño del Layout

Una vez hecha las interconexiones, tanto entre componentes como con tierra y alimentación, se pasará a crear el plano de tierra.

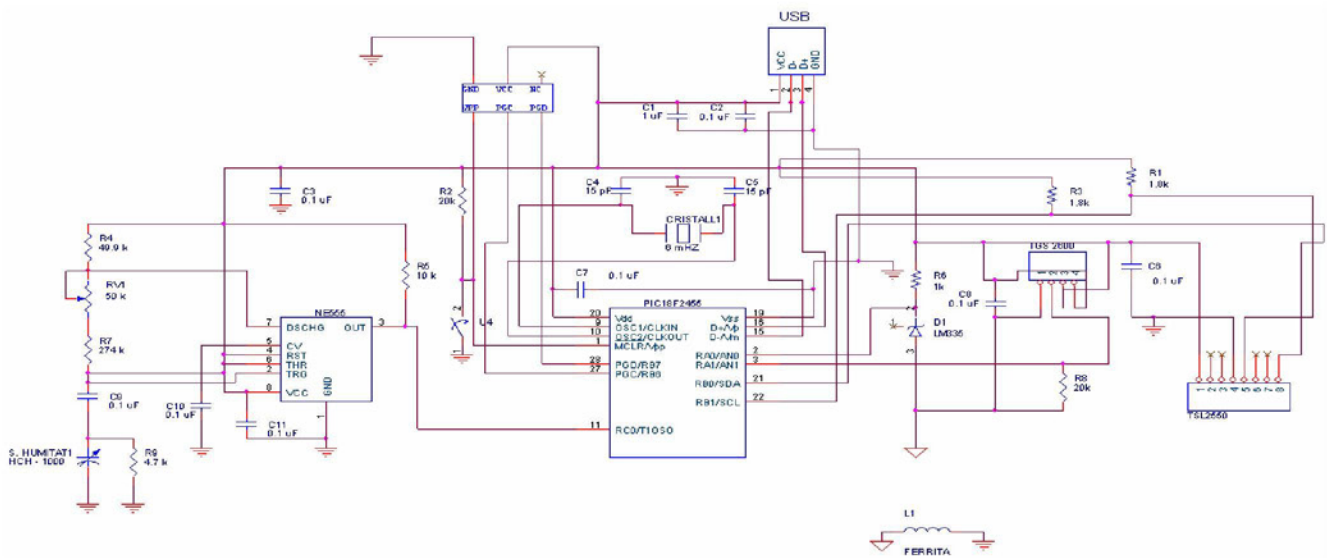


Fig. 10 Diseño esquemático

Cuando el plano de tierra ha sido creado se asegurará que estén conectados a tierra y alimentación todos los pines que marca el esquemático. A continuación se procederá a delimitar lo que será ya la placa y luego se generará los archivos necesarios para poder realizarla físicamente.

IV. MONTAJE Y PROGRAMACIÓN

El prototipo del módulo USB es el que se puede ver en la siguiente figura.

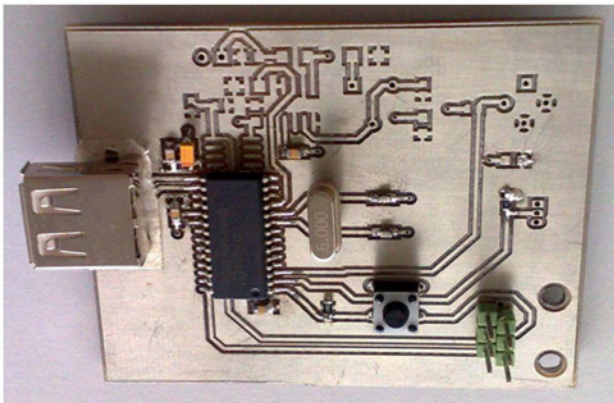


Figura 12. Prototipo del módulo USB

Para la realización del montaje se siguieron una serie de técnicas, como por ejemplo técnicas de soldadura o comprobación de errores. Lo primero que se soldó fue el microcontrolador, comprobando en cada paso que no se cortocircuitaran los pines al soldar, utilizando pasta térmica. Una vez soldado el elemento principal, se pasó a la soldadura de los otros componentes necesarios para realizar las pruebas pertinentes sobre el microcontrolador, como son el oscilador, el conector de programación o el botón de reset. Una vez soldados todos los componentes se alimentó la PCB y como primer paso se comprobó que el oscilador funcionaba correctamente.

Una vez comprobado esto, se pasó a realizar diferentes pruebas sobre el microcontrolador para comprobar su correcto funcionamiento, como por ejemplo cargar un pequeño programa que generaba una señal cuadrada en uno de sus pines de salida.

El código que implementa dicha prueba es el siguiente:

```
#include <18F2455.h>
#fuses HSPLL,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NODEBUG,
        USBDIV,PLL5,CPUDIV1,VREGEN
#use delay(clock=6000000)
#include <usb_cdc.h>
#include <megatron.h>

void main() {
    do {
        output_low(PIN_B4);
        delay_ms(100);
        output_high(PIN_B4);
        delay_ms(100);
    } while (TRUE);
}
```

El resultado se visualizó a través del osciloscopio y como se puede ver en la figura 13 el resultado obtenido es el

esperado lo que comprueba el correcto funcionamiento del microcontrolador.

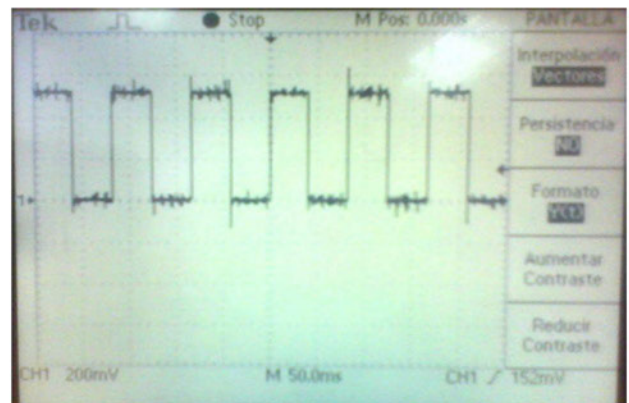


Figura 13. Visualización en el osciloscopio del programa de prueba

Para comprobar que la comunicación con el PC a través del bus USB se realiza correctamente se empezó a programar el microcontrolador para que fuera capaz de recibir los datos de los diferentes sensores. Dicha programación se realizó por pasos, comprobando en cada uno de ellos su correcto funcionamiento. Todo el código de programación se realizó en lenguaje C utilizando el compilador CCS.

V. CONCLUSIONES

La realización de una PCB ha resultado muy satisfactoria y nos ha ayudado a comprender mejor el funcionamiento de los sensores y los efectos del ruido y las interferencias presentes en nuestro circuito así como las técnicas para minimizarlas.

La visualización de los datos a través del PC no se ha podido llevar a cabo debido a que los PCs del laboratorio no disponían de los drivers necesarios para llevar a cabo la comunicación con el USB.

REFERENCIAS

Todas las figuras referentes a los componentes electrónicos usados (cable y conector USB, sensores y microcontrolador) son extraídas de los portales de Internet de los distribuidores Farnell y RS-Amidata, dónde también se encuentran disponibles todos los datasheets de los componentes.

- [1] Página web del distribuidor Farnell. <http://es.farnell.com>
- [2] Página web del distribuidor RS-Amidata <http://es.rs-online.com/web/>
- [3] Bartomeu Alorda, "Apuntes de Diseño i Simulació Electrónica", Departamento de Física, UIB.

Nom Assignatura: Disseny i Simulació Electrónica.
Assignatura impartida per: Bartomeu Alorda.

Evaluación bajo Simulación de un Sistema *Just In Time*

Christian Peter Winter, Francisco Muñoz Contreras

Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad en Electrónica Industrial

Resumen— En las últimas décadas, el fuerte y constante crecimiento de la automatización en los procesos industriales ha dado lugar al desarrollo de diferentes sistemas integrados de fabricación con el fin de maximizar la eficiencia de la producción. Uno de los sistemas de fabricación más utilizados en la industria automovilística (industria líder en lo que a automatización de procesos se refiere) es el denominado sistema *Just-In-Time* (JIT) que fue definido por la *Toyota Motor Company* en los años 70, siendo parte del conocido *Toyota Production System* (TPS). El objetivo de este artículo será, pues, explicar detalladamente el comportamiento y la utilidad de los sistemas JIT a partir de diferentes simulaciones por ordenador.

I. INTRODUCCIÓN

Para entender el comportamiento y la utilidad de los componentes JIT del TPS se realizarán varios experimentos a partir de un sistema simulado por ordenador, cosa que primeramente implicará la implementación de las rutinas de simulación sobre un entorno de programación como lo es Matlab. A partir de los mencionados experimentos nos será posible obtener resultados estadísticamente significativos sobre el comportamiento del sistema y así poder extraer conclusiones sobre el funcionamiento básico del TPS.

II. EL TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

El TPS es un sistema de producción altamente integrado que se centra en varios aspectos de la fabricación buscando, entre otros, el uso eficiente del personal y de los recursos. Sus principales objetivos son:

- Reducir los costes de producción.
- Aumentar la calidad de los productos.
- Reducir los tiempos de entrega.

A partir de aquí, se identificaron los elementos que impedían alcanzar los mencionados objetivos y se agruparon en 3 grandes grupos conocidos como “las 3 M” (del japonés *Muda*, *Mura* y *Muri*):

- *Muda*: Todo trabajo que no añade ningún tipo de valor al producto. Algunos ejemplos serían la corrección de defectos, la sobreproducción, el transporte o la espera.
- *Mura*: Cualquier tipo de desequilibrio en la producción como lo serían volúmenes de producción irregulares o planes de producción variables. Dan lugar a problemas en la planificación y el control.
- *Muri*: Situaciones que llevan a las máquinas o al personal al límite. Provoca problemas personales, averías en las máquinas y una consecuente reducción de la calidad del producto.

A. *Just-In-Time*

Es un sistema de fabricación que pretende reducir el inventario y los costes de transporte y almacenamiento. Se basa en la idea de solo producir los productos necesarios en las cantidades necesarias y al ritmo que marque la demanda. Es decir, se basa en una filosofía tipo *PULL* en contraposición a la filosofía clásica o *PUSH*. A continuación se describen de manera detallada las dos filosofías:

1) Filosofía *PUSH*: Se basa en una planificación previa de los materiales requeridos (metodología llamada MRP, del inglés “*Material Requirements Planning*”) y en un control de inventario. Una vez realizada la planificación se comienza a producir. Al tener un flujo unidireccional (tanto la materia prima como la información viajan en una misma dirección, ver figura 1) tiene el inconveniente de requerir replanificación en caso de producirse cambios, cosa que genera retrasos y latencia. Además puede provocar acumulación de *WIP* en los cuellos de botella (máquinas cuya tasa de producción es inferior a la del resto de máquinas que componen el sistema).

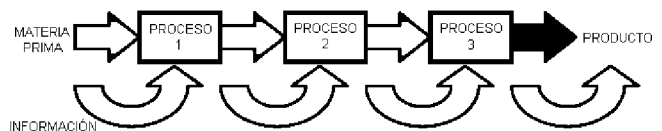


Fig. 1 Flujo unidireccional de un sistema *PUSH*.

2) Filosofía *PULL*: Se utiliza el MPS (“*Master Production Schedule*”, muy parecido al MRP) como guía pero la tasa de producción de cada una de las estaciones viene únicamente dada por la tasa de demanda de la siguiente estación. A modo de ejemplo, si la última estación de una cadena de producción recibe el orden de producir una pieza y no dispone de material, enviará un orden de arranque a la estación que le precede y así consecutivamente. De esta manera se obtiene un flujo bidireccional ya que la información viaja en sentido contrario a la materia prima (ver figura 2).

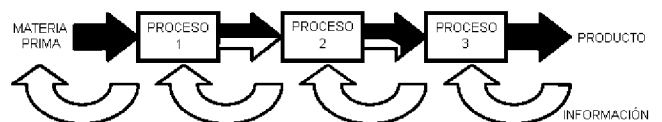


Fig.2 Ejemplo de un sistema *PULL* (el flujo es bidireccional).

A efectos prácticos, la filosofía tipo *PULL* disminuye considerablemente el *WIP* (disminuye el *Muda*), motivo por el cual es la filosofía en la que se basan los sistemas *Just-In-Time*.

B. Los Kanbans (del japonés, “Tarjeta visual”).

El sistema de *Kanbans* es un sistema de tarjetas utilizado para controlar el transporte y la producción de materia y/o productos. Colocados en los distintos contenedores que se trasladan entre estaciones consecutivas, conllevan a la toma de decisiones locales generando así un comportamiento emergente, es decir, un sistema *PULL*. Existe gran variedad de *Kanbans* pero los más importantes son:

- *Kanbans* de Transporte (ver figura 3): Se utilizan para autorizar movimientos entre dos puntos de trabajo. Pueden contener información sobre el identificador del producto, su nombre, su enrutamiento, el tamaño de lote, etc.
- *Kanbans* de Producción (ver figura 3): autoriza la producción en una estación. Suele informar sobre el proceso a realizar.

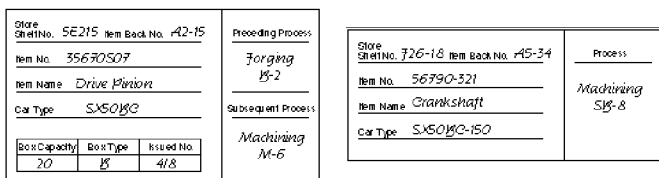


Fig. 3 Ejemplos de un *Kanban* de transporte (izquierda) y un *Kanban* de producción (derecha).

C. Flujo de Kanbans entre dos procesos.

El flujo de *Kanbans* será siempre entre una estación precedente (*Preceding Stage*) y una siguiente (*Subsequent Stage*), teniéndose además una estación intermedia que hará la función de almacén (*Stacking Area*). El *Preceding Stage* se encargará de producir material en función de la tasa de producción actual. El material producido se almacenará en el *Stacking Area* y se irá consumiendo en el *Subsequent Stage* según la tasa de demanda del momento (ver figura 4).

A partir de los *Kanbans* se controlará todo el proceso anterior. Éstos se irán moviendo entre las estaciones o se dejarán en su caja correspondiente según unas reglas aplicables a cada una de las estaciones. Éstas reglas se especifican en el apartado III y deberían dejar más claro la funcionalidad del flujo de *Kanbans*.

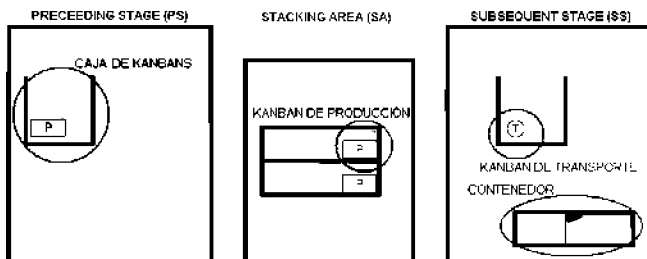


Fig. 4 Flujo de *Kanbans* entre dos procesos.

D. Planificación y control de Kanbans

La clave para el correcto funcionamiento de un sistema *JIT* es el número total de *Kanbans* del que dispone. En concreto, el número de *Kanbans* de producción nos determinará la tasa de producción de nuestro sistema. Además el número de *Kanbans* de producción está en relación directa con el número de *Kanbans* de transporte. En consecuencia, será necesario determinar, mediante algún modelo de planificación, el número óptimo de *Kanbans*.

Los modelos más comunes son el modelo heurístico (ideado por *Toyota*) y el modelo probabilista. Al presentar éstos ciertos inconvenientes poco deseables, será una tercera alternativa la que usaremos en los experimentos posteriores. Esta tercera alternativa es la simulación y se explicará más en detalle en los apartados siguientes.

E. Ventajas e inconvenientes de JIT

Como cualquier sistema de producción, el sistema *Just-In-Time* presenta ciertas ventajas e inconvenientes a tener en cuenta:

Ventajas:

- Aumento de la productividad.
- Aumento de la calidad.
- Reducción del tiempo de producción.
- Reducción del *WIP*.
- Menores requisitos de espacio.

Inconvenientes:

- Suele ser un sistema inadecuado en entornos con cambios grandes y frecuentes en la planificación de la producción.
- Poco preparado, en general, para responder a problemas o malfuncionamientos de máquinas y/o personal.

F. Suposiciones y Simplificaciones

Para facilitar la implementación de las rutinas de simulación, haremos las siguientes suposiciones:

- Punto de trabajo simple: nos centraremos en un único *Preceding Stage*, *Stacking Area* y *Subsequent Stage*.
- Flujo básico: Aunque existan varios tipos de *Kanbans*, en la simulación solo utilizaremos *Kanbans* de producción y transporte.
- Funcionamiento síncrono: El *TPS* real funciona de manera totalmente asíncrona ya que cualquier acción se puede realizar en cualquier momento. En cambio, en nuestro caso, aplicaremos de manera secuencial y síncrona todas las reglas dentro de un mismo paso de simulación.
- Costes de sobreproducción y falta de material: Supondremos que un contenedor tiene una capacidad total de 1 por lo que las tasas de producción y consumo variarán entre 0 y 1. El coste de sobreproducción será igual a la suma de los contenidos de cada uno de los contenedores del sistema y el coste de falta de material se corresponderá, exactamente, con la cantidad de demanda que no se ha podido satisfacer.

- Número de *Kanbans* y contenedores: Supondremos que el número total de contenedores será igual al número total de *Kanbans* de transporte. Además, el número de *Kanbans* de producción será igual al número de *Kanbans* de transporte más dos.

III. IMPLEMENTACIÓN

En el apartado anterior se ha dado una visión general del TPS y del flujo de información y materiales que involucra la utilización de los *Kanbans* de transporte y producción. Sin embargo, para la implementación de una filosofía *PULL*, además será necesario definir un conjunto de reglas aplicables a cada una de las 3 áreas que componen el sistema total (*Preceeding Stage*, *Stacking Area* y *Subsequent Stage*):

A. Reglas aplicables al *Preceeding Stage*

- Si tenemos un contenedor vacío con un *Kanban* de transporte, movemos el *Kanban* a un contenedor lleno del *Stacking Area*.
- Si disponemos de un contenedor vacío sin ningún *Kanban* y hay *Kanbans* de producción en la caja correspondiente, sacamos un *Kanban* de la caja y se lo ponemos al contenedor.
- Si tenemos un contenedor que aún no está lleno, seguimos llenándolo al ritmo que marque la tasa de producción.
- Si tenemos un contenedor lleno con un *Kanban* de producción, movemos el contenedor junto con su *Kanban* al *Stacking Area*.

B. Reglas aplicables al *Stacking Area*

- Si tenemos un contenedor lleno con los dos *Kanbans* (producción y transporte), movemos los *Kanbans* a sus cajas correspondientes y el contenedor al *Subsequent Stage*.

C. Reglas aplicables al *Subsequent Stage*

- Si tenemos un contenedor que aún no está vacío, seguimos vaciándolo al ritmo que marque la tasa de consumición.
- Si tenemos un contenedor vacío sin *Kanbans* y hay *Kanbans* de transporte en la caja correspondiente, sacamos un *Kanban* de transporte de la caja y se lo ponemos al contenedor.
- Si disponemos de un contenedor vacío con un *Kanban* de transporte, movemos el contenedor junto a su *Kanban* al *Preceeding Stage*.

Una vez definidas conceptualmente todas las reglas, ahora se puede pasar a la implementación de éstas a nivel de código, en nuestro caso mediante *Matlab*.

Primeramente será necesario definir la estructura de los datos que se utilizarán para simular los distintos elementos que componen el sistema. Para ello utilizaremos un *Struct* global llamado *theSystem* en el que se guardará toda la información.

Aparte del programa principal se utilizarán varias subfunciones para implementar la simulación:

- *init_system.m*: inicializa todos los parámetros del sistema y resetea *theSystem*.
- *filter_containers.m*: Busca contenedores dentro del sistema según unas características preestablecidas.
- *update_preceeding.m*: aplica las reglas correspondientes al *Preceeding Stage*.
- *update_stacking.m*: aplica las reglas correspondientes al *Stacking Area*.
- *update_subsequent.m*: aplica las reglas correspondientes al *Subsequent Stage*.
- *draw_system.m*: visualiza de forma gráfica los resultados de la simulación y el flujo de *Kanbans* dentro del sistema (ver figura 5).
- *compute_cost.m*: calcula los costes.

El programa principal (llamado *tps.m*) únicamente se encargará de realizar los diferentes pasos de simulación dependiendo de las tasas de producción y demanda previamente introducidas por el usuario. Para ello se realizará un bucle que iterará secuencialmente las funciones de *update_preceeding*, *update_stacking* y *update_subsequent*.

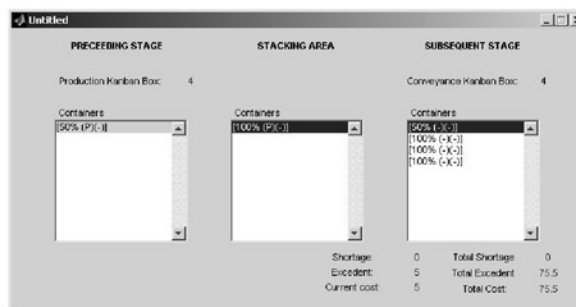


Fig. 5 Visualización de costes. También se visualiza la situación actual de los contenedores y *Kanbans* dentro del sistema.

IV. EVALUACIÓN EXPERIMENTAL

Como la finalidad de todo sistema de producción es la reducción de costes, los experimentos que se llevarán a cabo se basarán en los conceptos de coste de sobreproducción y coste de falta de material.

Se calcularán el coste de sobreproducción y de falta de material para cada paso de simulación. Además, se calcularán el coste de sobreproducción total y el coste de falta de material total que se corresponderán con los costes que se han producido durante un cierto periodo de tiempo (en este caso un año).

A. Experimento I: Niveles de demanda estables

Observaremos la evolución de los costes de sobreproducción y falta de material según distintos niveles de demanda y diferente número de *Kanbans* de transporte. Para ello supondremos dos cosas:

- La tasa de demanda será constante durante un periodo de simulación (en nuestro, caso un año). En definitiva, se simularán varios años con distintas tasas de demanda.
- La tasa de producción se mantendrá constante durante toda la simulación.

En nuestro caso hemos optado por una tasa de producción de 0.5 y tasas de demanda entre 0.1 y 1 a pasos de 0.1 (un total de 10 años diferentes) y variando el número de *Kanbans* entre 1 y 10.

B. Experimento II: Niveles de demanda variables

En este segundo experimento se procederá de la misma manera que en el apartado anterior con la única diferencia de no mantener constante la tasa de demanda dentro de un mismo año. La tasa de demanda variará de manera aleatoria según una distribución Normal (con media $\mu=0.5$ y desviación típica $\sigma=0.2$).

V. RESULTADOS

A. Resultados experimento I

Los resultados obtenidos se muestran en las figuras 6 y 7. Se observa que los costes de falta de material se mantienen relativamente constantes respecto al número de *Kanbans* (los resultados obtenidos con un único *Kanban* se han omitido ya que no fueron satisfactorios, produciéndose errores debido a la secuencialidad de la simulación). Siendo la tasa de producción de 0.5, toda tasa de demanda inferior o igual a ésta produce un coste de falta de material nulo. A partir de tasas superiores al 0.5, este coste aumenta de manera constante.

El coste de sobreproducción es relativamente bajo a tasas de demanda mayores a 0.5 y se ve mínimamente afectado por el número de *Kanbans*. Sin embargo, a partir de una tasa inferior a 0.5, el coste aumenta considerablemente y especialmente para un número de *Kanbans* elevado. Teniendo pocos *Kanbans* conlleva a tener pocos contenedores, por lo cual existe menor capacidad de almacenaje. Estando los contenedores llenos, la producción se detiene dejando de generarse coste de sobreproducción. En cambio, cuantos más contenedores haya, más tiempo pasará hasta detener la producción y más coste de sobreproducción se generará.

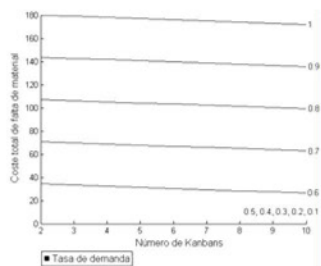


Fig. 6 Costes de falta de material.

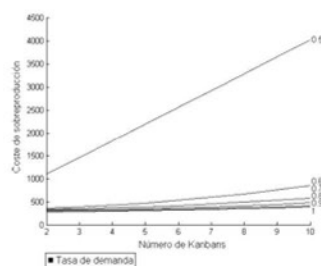


Fig. 7 Costes de sobreproducción.

B. Resultados experimento II

Trabajando con niveles de demanda variables, los resultados que se obtienen (figuras 8 y 9) son también bastante variables cosa que implica una interpretación algo complicada (como ya mencionado en el apartado de inconvenientes, el sistema JIT no es del todo adecuado en entornos muy cambiantes). De todas maneras se observa que a nivel que aumenta el número de *Kanbans*, el coste de falta de material disminuye y el coste de sobreproducción aumenta.

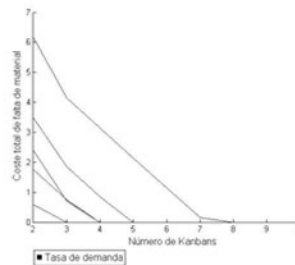


Fig. 8 Costes de falta de material.

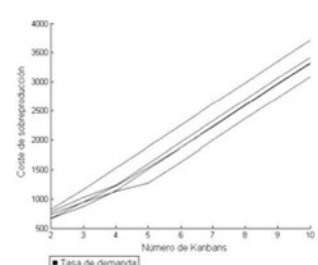


Fig. 9 Costes de sobreproducción.

VI. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en los dos apartados anteriores se puede observar que el sistema JIT es bastante más efectivo para bajas variaciones de demanda. En nuestro caso concreto, el número ideal de *Kanbans* solía coincidir con un término intermedio, es decir, alrededor de cinco ya que en ese caso se obtenía un coste combinado mínimo.

Aunque esta haya sido únicamente una simulación muy simple del flujo básico del TPS, si fuera de interés se podría utilizar como base para una posterior extrapolación al sistema real.

Asignatura: Sistemas Integrados de Fabricación.
Impartida por : Antoni Burguera Burguera.



Christian Peter Winter (christian@kpwinter.com) es estudiante de tercer curso de Ingeniería Técnica Industrial (especialidad en electrónica industrial) en la UIB. El trabajo aquí presentado se corresponde con el informe de una práctica de la asignatura de Sistemas Integrados de Fabricación.



Francisco Muñoz Contreras (feco_m@msn.com) es estudiante de tercer curso de Ingeniería Técnica Industrial (especialidad en electrónica industrial) de la UIB. El trabajo aquí presentado se corresponde con el informe de una práctica de la asignatura de Sistemas Integrados de Fabricación.

Bones Pràctiques en el Disseny de Pàgines Web per a Dispositius Mòbils

Guillem C. Mayol Ramis, Juan Carlos Coll Sampol, Patrick Garcés Morey

Tercer curs d'Enginyeria Tècnica en Telecomunicacions, Especialitat en Telemàtica

guillemmayol@hotmail.com

jc.coll.sampol@gmail.com

p86.garces@gmail.com

Resum— Els dispositius mòbils amb capacitat per accedir a la xarxa d'informació global "Internet" són de cada cop més freqüents (Fig. 1) gràcies a l'abaratiment d'aquets dispositius. Si a aquesta tendència i afegim el sorgiment de múltiples ofertes d'accés a Internet que proporcionen les principals operadores de telefonia mòbil, obtenim que el nombre d'usuaris que utilitzen els dispositius mòbils per accedir a Internet s'incrementa dia a dia. Davant aquesta realitat, es fa necessari que les pàgines web contemplin aquestes noves plataformes d'accés, per a fer un "site" accessible i de fàcil navegació amb els recursos limitats que disposen els dispositius mòbils. En aquest article pretenem donar unes primeres directrius per a un bon disseny d'un plana web per mòbils.

I. INTRODUCCIÓ

Per dissenyar planes web per a mòbils s'ha de tenir en compte diversos aspectes propis d'un dispositiu mòbil, el tamany limitat de la pantalla i la dificultat de teclejar amb el mòbil en són algunes limitacions.

En canvi, ens introdueix un nou concepte: El Web Mòbil. Ens referim a una Web a la que l'usuari pot accedir des de qualsevol lloc i en qualsevol instant, independentment del dispositiu utilitzat. Aquesta Web ha de contenir la mateixa informació que podríem consultar des de l'ordinador de casa però adaptada.

Aquest aspecte proporciona total llibertat a l'usuari i també obre un nou front amb noves oportunitats de negoci com per exemple e-commerce per a telefonia mòbil.

II. ANTECEDENTS

La situació actual d'un amplíssim ventall de dispositius mòbils que són capaços de accedir a Internet però amb tecnologies, medis de comunicació e interfícies amb l'usuari totalment diferents dificulten molt el treball de fer una Web mòbil.

Els estudis més recents indiquen que més del 90% de dispositius mòbils suporten WAP 2.0 però cal tenir en compte que aquests dispositius també incorporen WiFi pel qual visualitzen HTML i no XHTML o WML.

Existeix una organització que regula mitjançant recomanacions i estàndards tot el món referent a l'accessibilitat Web. Aquesta organització es la W3C (World Wide Web Consortium) [1], que té un grup específicament dedicat a investigar i estandarditzar la metodologia de disseny de planes Web enfocades a dispositius mòbils. Gran part d'aquestes recomanacions les trobarem en aquest article.

A. Limitacions dels Dispositius Mòbils.

Hem comentat que aquestes limitacions són les que fan necessàries unes regles especials pel disseny de web mòbil. Passem a descriure-les:

- Capacitat de processament limitada: Això té diverses implicacions, per exemple, no serà possible contar amb grans recursos dinàmics a la nostra plana, la presència d'aquests implicaria temps d'espera elevats i en definitiva disminució de la sensació de qualitat per part de l'usuari.
- Bateria finita: Determina l'autonomia del dispositiu. Aquest punt enllaça amb l'anterior, ja que un ús excessiu de la CPU es traduirà en un consum prematur de la bateria.
- Memòria escassa: Es possible que planes Web extenses amb gran nombre de continguts no puguin ser descarregades i visualitzades d'un sol cop degut a la manca de memòria, això es pot traduir en noves descarregues per part de l'usuari amb un cost addicional.
- Dimensions de la pantalla reduïdes: Implica una navegació complicada a través de la plana Web, ens obligarà a facilitar al màxim les eines de navegació per tal d'oferir una experiència satisfactòria a l'usuari.

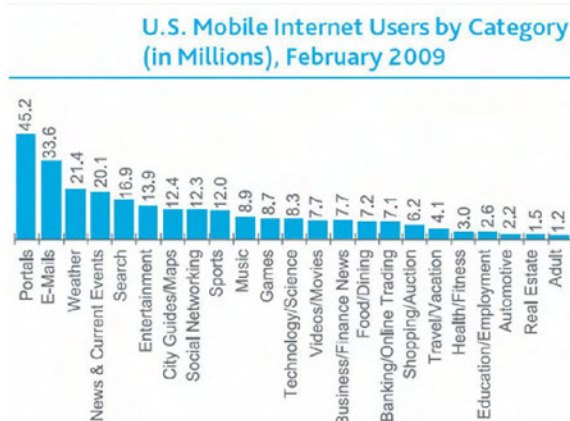


Fig. 1 Usuaris d'Internet mòbil a EEUU Feb. 2009 Font: Nielsen Mobile

- Ampla de banda limitat a la tecnologia mòbil utilitzada: Els serveis de dades per dispositius mòbils són un element cada cop més útil i desenvolupat tecnològicament. Estem a l'era 3G i actualment ja es comença a parlar del 4G [2], ambdues tecnologies contenen amb un ample de banda més que raonable en quasi totes les circumstàncies, però aquestes dues tecnologies de tercera i quarta generació conviuen amb tecnologies més antiquades, com és el cas de GPRS, que compta amb una modesta taxa de transmissió de 54 Kbps. Aquest factor també influeix en l'extensió de la plana Web, puix una gran extensió pot comportar períodes de càrrega de la plana massa elevats.
- Diversitat de navegadors: No tots els navegadors suporten de la mateixa manera certs elements Web, per tant cal fer feina per aconseguir planes Web que es puguin visualitzar de forma correcta independentment de quin sigui el navegador Web.

B. Problemes Web Estàndard

Tot seguit descriurem els principals problemes que impliquen una Web no adaptada per a multi plataformes d'accés.

- El pes de la pàgina Web estàndard és massa elevat pels dispositius mòbils.
- Utilització d'unitats absolutes alhora de representar els diversos objectes HTML al no conèixer la resolució de la pantalla.
- Utilització de taules.
- Utilització de frames.

III. BONES PRÀCTIQUES

Anem a analitzar de quina forma farem accessible la nostra Web independentment del dispositiu emprat per l'usuari mitjançant unes regles bàsiques extretes del W3C (World Wide Web Consortium).

A. Tamany de Pàgina Utilitzable i Ajustada

Es necessari que les planes estiguin dividides en porcions utilitzables però de dimensió limitada, les raons són la limitació de memòria i característiques de la pantalla dels dispositius.

B. "Scroll" Limitat.

És preferible utilitzar scroll en una sola direcció, puix es tracta d'una plana petita on probablement no contarem amb un ratolí i un gran teclat que ens facilitin la tasca.

C. No a les Imatges per Crear Espais en Blanc

Una tècnica habitual en el disseny de Web estàndard és la utilització d'una petita imatge, habitualment amb dimensions

d'un píxel d'alt per un píxel d'ample, del color de fons de la plana Web per tal de crear espais en blanc. Això s'aconsegueix expandint la imatge anteriorment comentada fins obtenir les dimensions desitjades.

Aquesta tècnica no serà bona per Web mòbil, ja que la transmissió d'una imatge suposa un desaprofitament important d'ample de banda, també cal recordar que la memòria del dispositiu mòbil és limitada.

Haurem de fer servir tècniques alternatives proporcionades pel propi llenguatge HTML per provocar espais en blanc.

D. Evitar Imatges Grans o amb Gran Resolució

Tornem a incidir en lo mateix, imatges grans o amb gran resolució ocupen un ample de banda important en transmissió i a la memòria del receptor. També existeix la possibilitat de que la imatge sigui massa gran per la seva visualització per la pantalla del dispositiu mòbil o que malgrat conti amb una bona resolució, el dispositiu mòbil no sigui capaç de representar-la en tota la seva qualitat.

E. Colors i Background Adequat

Els dispositius més antics poden no contar amb suport a color, per tant hem d'intentar que tot allò que s'envia també es pugui visualitzar en blanc i negre. També existeixen dispositius antics sense il·luminació de pantalla, on el contrast pot ser un problema important, per tant aquest tema també es tindrà que tenir en compte.

Si es vol incloure qualche tipus d'imatge de fons "background", s'ha de vigilar que no impedeixi la normal visualització del contingut principal.

F. Títol de Pàgina Curt i Descriptiu

Quant es dissenyen planes Web amb llenguatge HTML, cada plana rep un títol, aquest títol es pot veure a la finestra del nostre navegador, per exemple. Si titulem les planes de forma curta i descriptiva estem facilitant la navegació a l'usuari final.

G. No Frames

En català anomenats marcs, és un tipus de disseny cada cop menys utilitzat (tant en Web mòbil com en Web estàndard) i substituït per plantilles de disseny del tipus class.

De totes formes existeix la recomanació d'evitar els frames, ja que en molts navegadors de Web mòbil aquests no estan permesos.

H. Estructura de la Web Ordenada

El nostre objectiu final és facilitar la navegació per part de l'usuari final a través de la nostra plana Web, per tant una estructura ordenada amb menús senzills i pràctics permetrà accés intuïtiu a les diverses seccions i en definitiva una bona experiència de navegació.

I. No a les Taules

Les taules solen suposar un mètode eficaç per representar la informació, el problema és que també ocupen bastant espai i la seva visualització a un dispositiu mòbil pot implicar la necessitat d'utilitzar scroll horitzontal, fet que hem d'intentar impedir com hem comentat abans.

Certs dissenyadors emmarquen tota la plana Web en una sola taula de grans dimensions, aquest tipus de pràctiques també s'ha de descartar.

J. Donar Alternatives Textuals

És una bona pràctica donar sempre una alternativa textual a qualsevol element no textual (imatge...), els motius són que la imatge pot tardar bastant a carregar-se, fent que l'usuari s'impacient, en canvi si conta amb una alternativa textual ràpidament carregada, podrà iniciar la navegació amb garanties. També pot succeir que la imatge sigui un enllaç a una altra URL per exemple, en aquest cas convé que la alternativa textual també funcioni com enllaç.

K. Un Codi Vàlid i que Faciliti la Navegació

El codi Web ha de contemplar qualsevol combinació de hardware (dispositiu mòbil), plataforma d'accés (GSM, WiFi, HSPDA, etc.), Sistema Operatiu i software (Navegador, etc.) per tal de sempre poder visualitzar el continguts de la Web i si no és possible almenys informar al visitant del motiu del problema de visualització i possible solució.

Per a dur a terme aquesta tasca es poden utilitzar diferents recursos que ens proporcionen protocols de capes superiors, per a poder conèixer el dispositiu que està accedint a la Web i adaptar tot el contingut per aquest, un exemple és el camp "User Agent" del protocol HTTP que ens permet conèixer quin dispositiu accedeix al contingut Web.

Exemple d'un dispositiu que té una interfície gràfica tàctil amb l'usuari i per tant el menús o desplegable han de ser més grans per a poder ser accessibles amb els dits de la ma.

Anàlogament al objectiu de conèixer el dispositiu mòbil que accedeix a la plana Web també es important el navegador que empra. Aquesta informació també es pot extreure de procediments molt semblants a l'anterior (fig. 2).

```
public static bool IsMobile(string userAgent)
{
    userAgent = userAgent.ToLower();
    return userAgent.Contains("iphone") ||
        userAgent.Contains("ppc") ||
        userAgent.Contains("windows ce") ||
        userAgent.Contains("blackberry") ||
        userAgent.Contains("opera mini") ||
        userAgent.Contains("mobile") ||
        userAgent.Contains("palm") ||
        userAgent.Contains("portable");
}
```

Fig. 2 Avaluació dispositiu client.

L. Un Codi Estandarditzat

En cas de no poder dur a terme la tasca d'adaptar continguts per a cada sèrie de dispositius, es pot realitzar una pàgina alternativa comú per a tots els dispositius mòbils que accedeixin a una Web.

Aquesta única plana ha de seguir unes regles molt restrictives degut a que contempla que puguin accedir dispositius molt antics i per tant molt limitats.

Aquestes regles més tècniques són definides a la plana web de W3C com a plana Web per defecte pels mòbils (Fig. 3).

The Best Practices Working Group of W3C has defined a *Default Delivery Context*:

- Screen width: minimum of 120 pixels;
- Markup language: [XHTML Basic Profile](#);
- Character encoding: [UTF-8](#);
- Image formats supported, at least: JPEG, GIF 89a (non-interlaced, non-transparent, non-animated);
- Maximum page size: 20 Kb;
- Color range: "Web-safe", i.e. red/green/blue components chosen only from the values 0, 51, 102, 153, 204, and 255;
- Style sheet support: [External CSS Level 1](#)
- HTTP version, earliest: HTTP/1.0.

Fig. 3 Web estandarditzada pels dispositius mòbils

M. Atributs HTML

L'ús d'atributs referents al tamany dels contenidors s'han d'expressar en unitats relatives o percentuals i mai en absolutes ja que amb aquest últim cas la presentació de la web depèn molt directament de la resolució de la teva pantalla (Fig. 4).

```
<table width=100% ...
```

Fig. 4 Exemple d'una correcte definició de tamany (HTML)

N. Fulles d'Estil

Sempre a ser possible emprar fulles d'estil ja que es una forma senzilla d'assegurar que l'estructura de la web sempre es mantindrà independentment de la pantalla que la visualitza. Caldria verificar si abans el dispositiu les suporta però la gran majoria de dispositius les suporten.

Cal tenir en compte que les fulles d'estil poden arribar a ser molt complexes i implicar que ocupin molta memòria, per aquest motiu, s'han de seleccionar CSS amb un consum de memòria moderat.

O. Adequació del Contingut

Pretenem adaptar el contingut de la Web per a dispositius que no disposen de molta àrea de lectura i no es fàcil ni agradable llegir molt de temps. Per tant s'han d'adequar els continguts per aquest tipus de dispositiu. Adequar els continguts no ha de significar perdre informació, sinó visualitzar-la baix demanda o al interès del usuari mitjançant múltiples eines que ens proporcionen les eines Web.

P. Evitar Finestres Emergents

És necessari evitar els temuts "pop-ups", ja que poden entorpir en gran manera la navegació a l'usuari final, recordem que es tracta d'una pantalla petita.

Q. Les Cookies

Les Cookies són molt útils on, de cada cop més, les planes web requereixen autenticació i aquestes ens permeten seguir autenticats durant la navegació per la plana Web. Tenen moltes més utilitzats però desgraciadament no tots els dispositius mòbils les suporten. Per aquestes situacions i seguint la filosofia d'aquest article cal tenir implementades unes alternatives per aquets casos.

R. La Cache

Per altra banda, si disposem de Cache al client, s'ha d'aprofitar al màxim davant els costos associats a les connexions de dades dels dispositius mòbils, ja siguin de caire tècnic (baix ample de banda, jitter, etc.) o de caire econòmic.

L'objectiu és que quantes menys recàrregues millor.

S. Evitar Actualització Automàtica

Moltes planes Web realitzen una actualització automàtica dels seus continguts, això implica una transmissió de informació addicional, en l'entorn mòbil pot implicar noves connexions amb el seu cost associat. Per tant, l'usuari haurà de consentir explícitament qualsevol actualització.

T. Fonts Tipogràfiques

Sempre que sigui possible emprar fonts molt conegudes i esteses ja que els dispositius en qüestió no solen disposar de gran varietat de fonts tipogràfiques.

U. Adquisició d'Informació

Quan es faci necessari la recol·lecció de dades ja sigui per emplenar formularis, escriure blogs, etc. Cal evitar els camps de text degut a la complicació afegida que suposa escriure

amb un dispositiu mòbil, esta clar que en alguns casos es impossible, però sempre que es pugui s'haurien de substituir per menús desplegable i altres alternatives HTML.

IV. CONCLUSIONS

És un gran avantatge poder accedir a Internet des de qualsevol lloc i en qualsevol instant amb un simple aparell com el telèfon mòbil. Però s'ha de tenir en compte que la gran majoria de planes Web no disposa d'una adaptació per a dispositius mòbils.

Ha avançat més despres la tecnologia d'aquests dispositius que l'adaptació de les planes Web, arribant a un punt on la majoria de nous dispositius que sorgeixen ara al mercat són capaços de mostrar planes web sense cap mena d'adaptació.

No obstant cal insistir en que una bona plana Web ha de ser accessible independentment del dispositiu emprat ja que així com avancen els dispositius mòbils ho fan també les planes web incorporant elements com el "flash" que fins fa relativament poc era impensable visualitzar-ne amb dispositius mòbils.

Per acabar cal remarcar que sorgeix un gran mercat orientat a explotar les noves facilitats d'accés a Internet. Ningú ho pot confirmar però podria ser com els anys d'expansió d'Internet a finals de la dècada dels 90 i principis de segle XXI (Fig. 5).

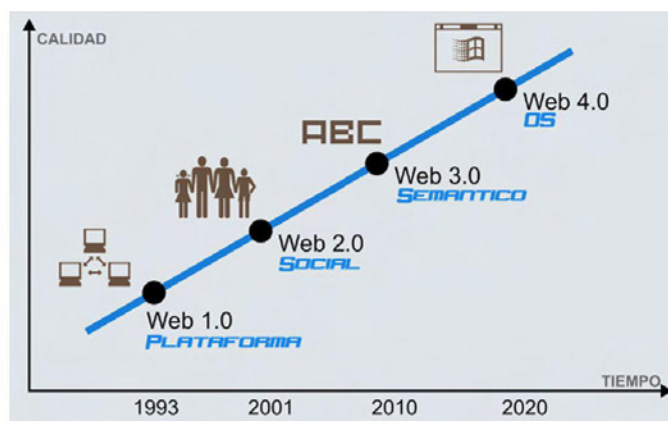


Fig. 5 Evolució de la Web basat en Webolution

REFERÈNCIES

- [1] W3C website. Disponible a: <http://www.w3c.es/>
- [2] Jaume Vicens Torres, Maria Francesca Roig Maimó, Juan Carlos Coll Sampil, Pedro Juan Giménez Febrer, "4G", Revista Enginy EPS. Escola Politècnica Superior. UIB

ASSIGNATURA: Serveis Telemàtics
 PROFESSOR: Magdalena Payeras Capellà

Sistema d'adquisició de dades d'un acceleròmetre utilitzant instrumentació virtual

Jaume Tornila, Marc Soler, Tomeu Rosselló

Tercer curs d'Enginyeria Tècnica Industrial, Especialitat en Electrònica Industrial

jtornila@gmail.com

hiahomdom@gmail.com

rosse911@gmail.com

Resum— Aquest article descriu com s'ha implementat, amb un sistema d'instrumentació virtual, el processament automàtic de les dades d'un sensor. El sensor utilitzat per fer les mesures és un acceleròmetre que ens proporciona l'acceleració estàtica de la gravetat i l'acceleració dinàmica resultant d'impactes, moviments i vibracions. S'ha utilitzat l'acceleració obtinguda del sensor per desenvolupar una aplicació amb LabView que proporciona certes funcionalitats, com la mesura de la inclinació, mitjançant una interfície gràfica.

I. INTRODUCCIÓ

La instrumentació virtual, utilitzada en aquest cas per processar les dades obtingudes d'un acceleròmetre, va néixer a partir de la utilització dels ordinadors com a instrument de mesura. Així i tot, la instrumentació virtual va més enllà de la mesura de corrents i voltatges, ja que involucra el processament, l'anàlisi, l'emmagatzemament i la visió de les dades. És a dir, no només s'adquireix el senyal sinó que es proporciona una interfície home-màquina, funcions d'anàlisi i processat de dades i rutines de comunicació amb altres equips.

Per exemple, un oscil·loscopi tradicional ve de fàbrica amb una funcionalitat definida, és a dir, la funcionalitat de l'instrument ve definida pel fabricant i no per l'usuari. Des de que s'utilitza l'ordinador com a instrument de mesura neix el terme d'instrumentació virtual, ja que ara és l'usuari, a través del software, el que defineix la funcionalitat i l'aparença de l'instrument, és a dir, el virtualitza. De manera que es pot entendre la instrumentació virtual com a una capa de software i hardware que s'afegeix a l'ordinador per tal que els usuaris puguin interactuar amb l'ordinador com si estiguessin interactuant amb un instrument electrònic fet a mida. És per això que en aquest article es mostra un exemple real de la utilització de la instrumentació virtual, de manera que el lector pugui veure un exemple real de les funcionalitats obtingudes mitjançant la virtualització d'instruments.

II. DISPOSITIUS EMPRATS

Per dur a terme el sistema d'adquisició de dades s'han emprat diversos elements: una tarjeta d'adquisició de dades, el software LabVIEW i un sensor. El sensor utilitzat per fer les mesures automàtiques és l'ADXL330, un acceleròmetre de

tres eixos fabricat per Analog Devices. Aquest sensor proporciona l'acceleració estàtica de la gravetat i l'acceleració dinàmica produïda per cops, moviments i vibracions. Amb l'acceleració estàtica es pot calcular la inclinació del sensor respecte de la gravetat de la terra i amb l'acceleració dinàmica es poden detectar col·lisions, moviments i cops. El sensor utilitzat ve amb una placa de circuit imprès (PCB) tal com es mostra a la figura 1.



Figura 1: Acceleròmetre ADXL330 integrat a una PCB

Aquest sensor està format per unes molles construïdes damunt una estructura micromecanitzada de polisilici. Les molles de polisilici estan subjectades a l'estructura de la oblia del circuit integrat provocant una força resistent contra la força de la gravetat. Aquestes molles, degut al moviment causat per l'acceleració que sofreix el sensor, fan que variï la capacitat d'un condensador intern, de manera que calculant aquesta variació de capacitat es pot aconseguir que la sortida del sensor sigui proporcional a l'acceleració. És a dir, s'aconsegueix calcular l'acceleració mitjançant la tensió de sortida del sensor.

Per adquirir la sortida del sensor s'utilitza una targeta d'adquisició de dades, en concret la DAQ-6024E, aquesta targeta ens permet llegir la tensió de sortida del sensor amb l'ordinador. Per processar les dades de tensió s'utilitza el programa LabVIEW de Texas Instruments. Amb aquest programa es poden crear aplicacions, mitjançant un llenguatge de programació gràfic, per tal de processar les dades capturades per la DAQ. D'aquesta manera es poden analitzar les dades obtingudes del sensor i mostrar els resultats obtinguts mitjançant una interfície gràfica.

III. CÀLCULS TEÒRICS

Per tal de poder obtenir la inclinació del sensor s'ha utilitzat la fórmula que proporciona l'angle d'inclinació en

funció de la tensió de sortida. Aquesta fórmula ens proporciona el fabricant en una de les seves notes d'aplicació (AN3107).

$$\theta = \arcsin\left(\frac{V_{OUT} - V_{OFFSET}}{\frac{\Delta V}{\Delta g}}\right) \quad (1)$$

El valor de la inclinació (θ) depèn de la tensió de sortida, la tensió d'offset i la sensibilitat del sensor; on la sensibilitat és $\Delta V/\Delta g$ i la tensió d'offset és la tensió de sortida quan la inclinació del sensor és de zero graus respecte l'eix de la gravetat. La inclinació respecte a la gravetat és el que es troba representat a la figura 2. La sensibilitat i la tensió d'offset venen determinades pel full de característiques del fabricant, així i tot, ja que la tensió d'offset varia d'un sensor a un altre és molt convenient calcular-la abans d'utilitzar el sensor, és a dir, és molt recomanable calibrar el sensor abans d'utilitzar-lo. Per a la sensibilitat utilitzarem el valor de 300mV/g, que és el que apareix al datsheet.

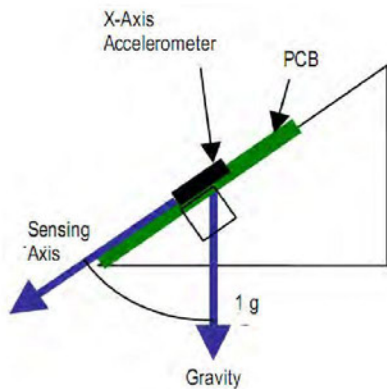


Figura 2: Component X respecte l'eix de la gravetat.

Per a la detecció d'impactes es monitoritza la tensió de sortida del sensor menys la tensió d'offset dividit per la sensibilitat; aquest valor és l'acceleració detectada expressada en forces g. Quan aquest valor supera un cert llindar (dues vegades l'acceleració de la gravetat) es considera que s'ha detectat un cop i s'encén un indicador lluminós.

IV. PANELL FRONTAL I FUNCIONALITATS

El panell frontal, com és veu a la figura 3, s'utilitza com a interfície gràfica per tal que l'usuari pugui interactuar amb el sistema d'instrumentació virtual. Com s'observa a la figura, el panell frontal conté indicadors d'inclinació, gràfiques que mostren l'acceleració de cada eix del sensor, indicadors lluminosos d'alarma, un polsador per calibrar el sensor, una rodeta per canviar la freqüència de mostreig i entrades de text per especificar les rutes (directoris) on es guardaran els resultats obtinguts.

Els dos indicadors d'inclinació, un per l'eix X i l'altre per l'eix Y, mostren la inclinació expressada en graus. Quan es supera una inclinació de 60° en qualsevol direcció dels dos eixos s'encén un LED d'alarma per indicar que s'ha superat la inclinació màxima de seguretat, a les figures 8 i 9 s'observen aquests indicadors amb el seu senyal d'alarma.

Per mostrar l'acceleració del sensor s'utilitzen tres gràfics, un per cada eix, els quals indiquen l'acceleració dinàmica en cada instant de temps. Si es produeix una desacceleració major de 2g en qualsevol direcció del pla XY s'activa un indicador lluminós. Aquest indicador simula l'accionament de l'airbag d'un automòbil.

La freqüència de mostreig del sensor es pot modificar manipulant el control circular, a més, també s'incorporen altres controls com un polsador per calibrar el sensor, unes entrades de text per indicar les rutes on es guardaran els arxius que contenen els resultats obtinguts i un darrer polsador que s'empra per indicar quan es volen guardar les dades obtingudes.

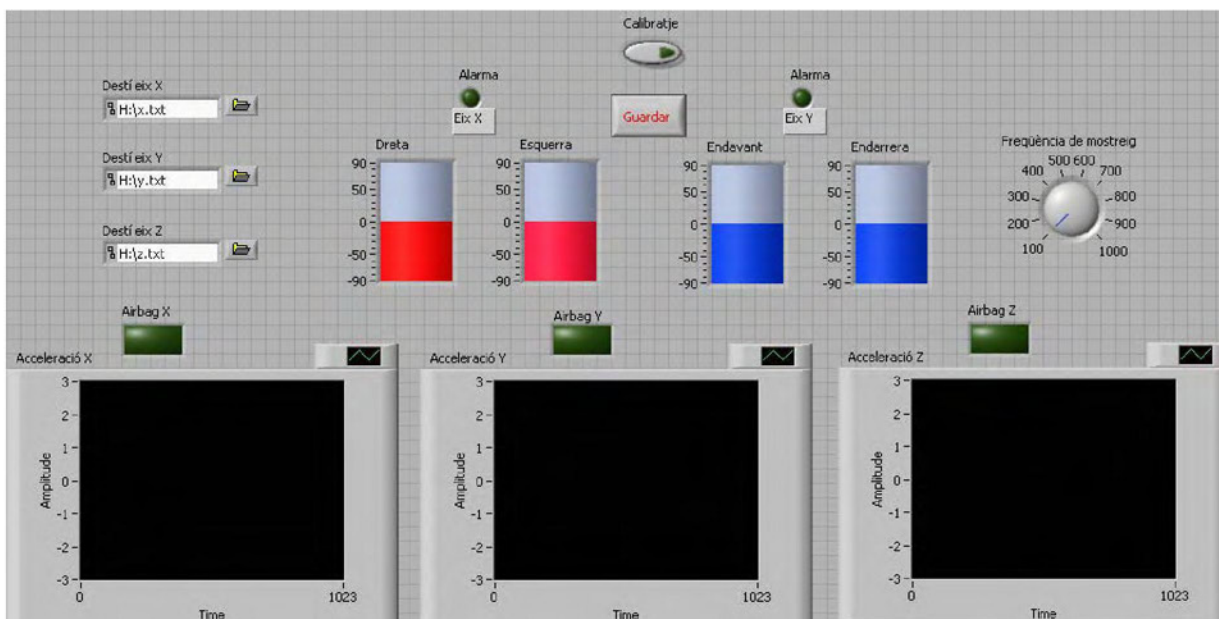


Figura 3: Panell frontal

V. DESCRIPCIÓ DEL CODI VI

El codi de l'instrument virtual (VI) s'ha construït a través d'un llenguatge gràfic que ens permet introduir blocs que ja estan implementats al LabVIEW.

Per a la realització del codi s'ha seguit una estructura seqüencial. En primer lloc s'ha de calibrar la tensió d'offset del sensor per evitar possibles errors en les mesures posteriors.

Per fer això es fa una lectura de la tensió de sortida quan la inclinació del sensor és zero i posteriorment es guarda aquest valor d'offset per a usar-lo en altres blocs. Així aconseguim minimitzar els errors causats, ja que molts de blocs utilitzen aquesta tensió d'offset.

Per passar a la següent etapa de la seqüència, abans s'ha d'haver accionat el pulsador que calibra la tensió offset del sensor, una vegada premut ja es poden començar a prendre mesures normalment. Aquesta etapa final engloba totes les funcionalitats que suporta el nostre VI.

Primer de tot es llegeix la tensió de sortida de cada eix del sensor. Una vegada obtingudes les dades aquestes es guarden a un vector i s'utilitzen com a entrada per als VI's secundaris que calculen la inclinació i l'acceleració del sensor. Els resultats obtinguts per aquests VI's es mostren al panell frontal mitjançant indicadors i gràfiques, i també es guarden en uns fitxers de text quan, com s'ha explicat abans, l'usuari prem el pulsador corresponent. Es creen tres fitxers de text, un

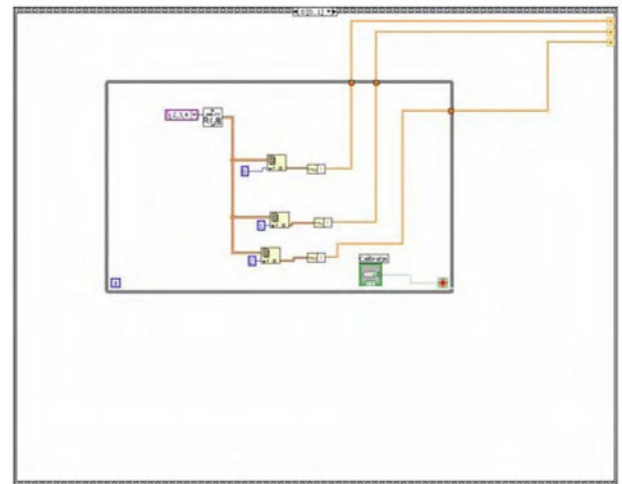


Figura 4: Conjunt de blocs per al calibratge

per a cada eix, on s'indica el valor de l'acceleració del sensor a cada instant de temps. Es poden observar tots els blocs que formen el programa principal a la figura 5.

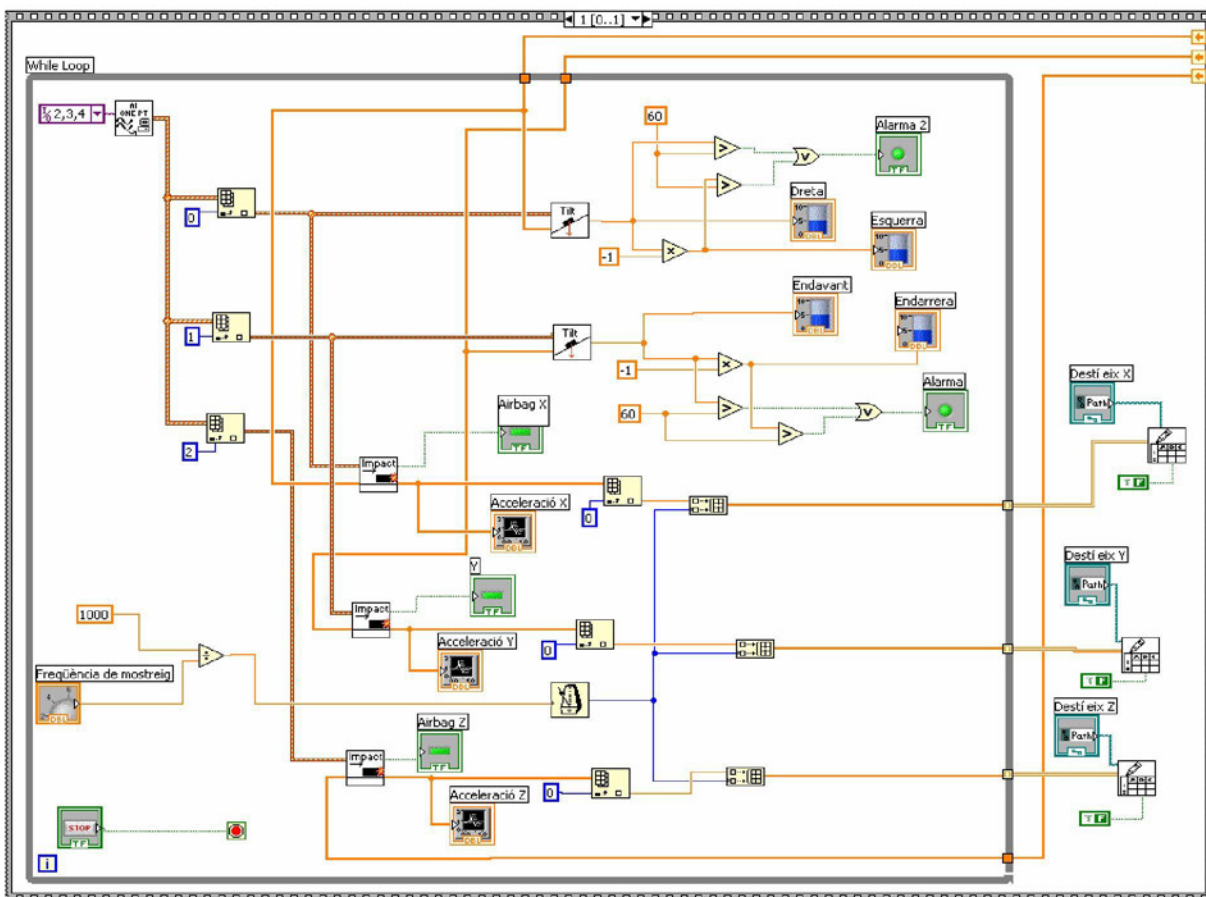


Figura 5: Blocs del programa principal

VI. CÀLCUL DE LA INCLINACIÓ

A partir del vector que conté els valors de la tensió de sortida del sensor, aquest VI secundari obté la inclinació aplicant la fórmula esmentada a l'apartat de càlculs teòrics (1). Després l'únic que es fa és multiplicar per 180 i dividir per π per passar la inclinació a graus. A la figura 6 es poden veure tots els blocs que formen aquest subVI que transforma el voltatge d'entrada en la inclinació del sensor expressada en graus.

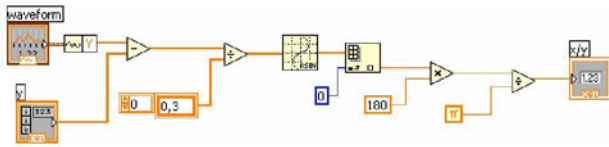


Figura 6: Blocs per al càlcul de la inclinació

VII. CÀLCUL DE L'ACCELERACIÓ

El procés per a calcular l'acceleració és anàleg al descrit anteriorment per al càlcul de la inclinació. Tenim d'entrada la tensió de sortida del sensor i l'offset de l'eix. Primer restem l'offset al voltatge d'entrada i després ho dividim per 0,3, que és la sensibilitat del sensor. Així tenim com a sortida l'acceleració expressada en forces g.

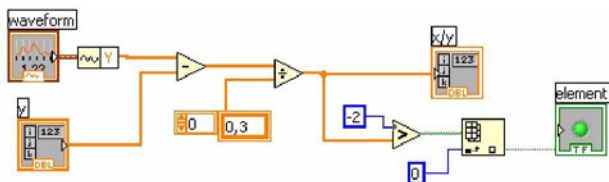


Figura 7: Blocs per al càlcul de l'acceleració

VIII. RESULTATS

En aquest apartat comprovarem com tot el que s'ha explicat fins ara funciona perfectament. Primerament hem verificat el funcionament dels indicadors de la inclinació. Hem inclinat el sensor i es podia observar com canviaven els indicadors instantàniament. A la figura 8 es veu com s'encén el llum quan es sobrepassen els 60° d'inclinació a l'eix X. Per a l'eix Y el funcionament és idèntic.

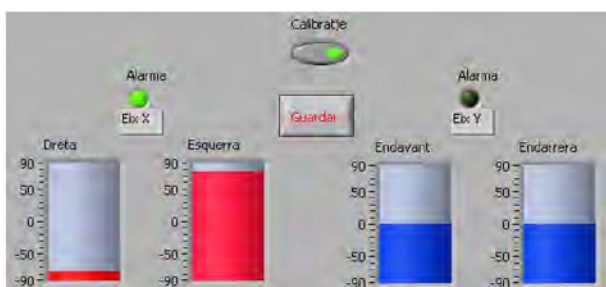


Figura 8: Panell frontal

En quant a l'acceleració, hem mogut el sensor en totes les direccions i hem pogut comprovar com funciona correctament. Hem mogut la placa bruscament per a veure

com s'encén el llum que ens indica que hem superat una desacceleració de 2G.

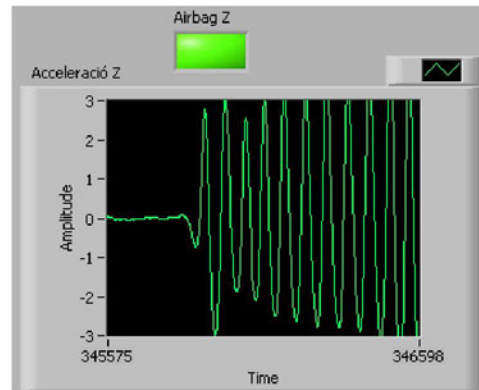


Figura 9: Mesura de l'acceleració

IX. CONCLUSIONS

El software de LabView és fàcil d'utilitzar, ja que la majoria de blocs que s'utilitzen ja estan implementats. Així i tot es pot arribar a complicar molt una tasca que pareixia senzilla sinó es coneix la funcionalitat de cada bloc.

En quant al sensor d'acceleració, és un IC realment petit però que funciona a la perfecció. Això sí, és necessari prèviament dur a terme una tasca de calibratge, ja que en cas contrari els errors poden ser molt grans.

Per acabar, només cal dir que la realització d'aquesta pràctica ha estat molt interessant. El fet de poder moure el sensor i veure a la pantalla de l'ordinador com variava la inclinació i l'acceleració ha estat molt il·lustratiu, ja que a la majoria de les pràctiques tan sols realitzam simulacions.

REFERÈNCIES

- [1] "ADXL330 data sheet," Analog Devices, U.S.A, 2006.
- [2] Michelle Clifford, Leticia Gomez, "Measuring Tilt with Low-g Accelerometers" Sensor Products, Tempe, AZ., 2005.
- [3] "DAQ-6024E User Manual," National Instruments, 2000.

Assignatura d'Instrumentació Electrònica II impartida pels professors Jaume Verd, Bartomeu Alorda y Vicenç Canals del Departament de Física de la UIB.



Jaume Tornila Oliver (Pollença, 1988) és estudiant de tercer curs d'Enginyeria Tècnica Industrial (esp. Electrònica Industrial) a la UIB.



Marc Soler Vallespir (Palma de Mallorca, 1987) és estudiant de tercer curs d'Enginyeria Tècnica Industrial (esp. Electrònica Industrial) a la UIB.



Tomeu Rosselló Crespi (Santa Maria, 1988) és estudiant de tercer curs d'Enginyeria Tècnica Industrial (esp. Electrònica Industrial) a la UIB.

Implementació de la Funció de DataLogger amb la utilització de la EEPROM interna

Jaume Bestard Martí, Damià Roca Mari

Segon curs d'Enginyeria Tècnica de Telecomunicacions, Especialitat en Telemàtica
Pràctica de l'assignatura de Microordinadors

jaume.bestard.marti@gmail.com

damianroca@gmail.com

Resum— Aquest article explica la implementació d'un sistema DataLogger. Aquest sistema realitzarà la captura de mostres analògiques amb el sensor de llum incorporat a l'entrenador amb una resolució de 10 bits. Es realitzarà la mitjana cada vint mostres seguides que es desarà a la memòria EEPROM interna a mode de memòria cíclica de 4 posicions. Segons els valors dels interruptors RA4 i RA5 es podrà recollir mostres cada 50ms o cada 500ms i també esborrar les posicions de la memòria EEPROM o bé visualitzar les quatre posicions de la memòria, que es corresponen amb les darreres mitges realitzades. Tota aquesta informació es mostrarà per la pantalla LCD.

I. INTRODUCCIÓ

Per la realització d'aquesta pràctica es necessita una pantalla LCD(per anar mostrant els diferents missatges), els interruptors RA4 i RA5(per poder detectar les quatre diferents opcions de treball), un sensor de llum o potenciòmetre (per anar agafant les diferents mostres de lluminositat amb deu bits, i per això necessitam un byte alt i un byte baix per a una dada) i el convertidor analògic/digital(per convertir les mostres agafades amb el sensor). Amb tots elements anteriors es pot realitzar de manera correcta la funció de DataLogger que es vol implementar.

Per això, s'empra el PIC16F876 que ofereix tots aquests serveis. Aquest microcontrolador és un entrenador que utilitza el programa RealPic per ser programat amb el codi que es vol introduir. Es connecta a l'ordinador a través del port RS232.

A. Objectius

Per realitzar aquest treball s'ha programat el PIC16F876 perquè comenci comprovant els valors dels dos interruptors per saber la funció que s'ha de realitzar. Un cop completat, ja es pot passar a la subrutina corresponent.

En el cas de les captures (ja sigui a 50ms o bé a 500ms) es van agafant mostres fins arribar a les 20. Mentre, es va visualitzant un missatge per veure a quina velocitat s'agafen les mostres, juntament amb el valor digital amb hexadecimal i el número de mostra al que correspon. Quan es tenen totes les mostres, s'indica amb un missatge i a continuació es mostra la mitja. Després es guarda a la EEPROM(esborrant la mitja més antiga de les quatre que hi pot haver).

Si es vol esborrar la EEPROM es mostra un missatge i es posen a zero totes les posicions. En el cas de voler mostrar els quatre valors que hi ha a la EEPROM, es visualitzaran als quatre cantons de la pantalla LCD.[1]

Un cop realitzada la subrutina corresponent es torna a l'inici, comprovant de nou els valors dels interruptors per poder continuar amb la funció de DataLogger.

II. IMPLEMENTACIÓ HARDWARE

Les connexions que s'han de fer són: alimentar l'entrenador, a una potència de 12w per poder tenir un correcte funcionament a nivell elèctric de la placa i també s'ha de connectar a l'ordinador mitjançant el port RS232 per poder programar l'entrenador amb el codi que s'ha realitzat prèviament i que ja no té errors de compilació. [2]

A més, tal com com s'indica a la Figura 1, s'han de posar els jumpers de la placa a les posicions correctes per poder emprar el LCD i el sensor o el potenciòmetre(amb els valors analògics),.

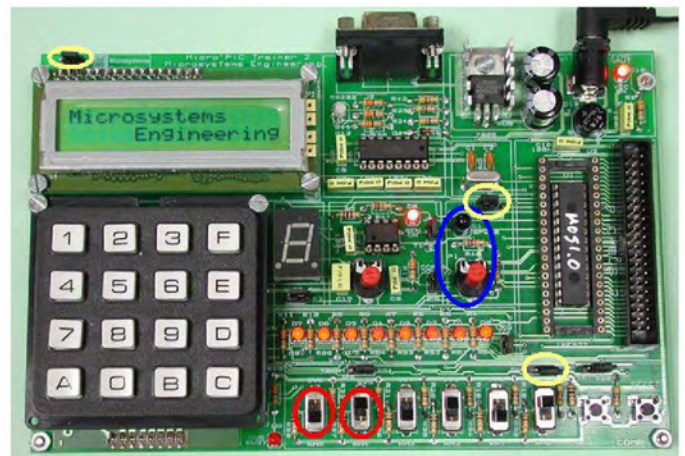


Fig.1 L'entrenador

En vermell s'han marcat els dos interruptors que s'han d'emprar (RA4 que es el de la dreta i RA5 que és el de l'esquerra)

En groc s'indiquen els jumpers que s'han de posicionar per poder emprar el sensor, per poder treballar amb valors analògics, emprar el convertidor A/D i per poder mostrar els diferents missatges i nombres per el LCD

En blau hi ha el sensor, o en el seu defecte el potenciòmetre, que s'ha d'anar girant perquè varii el seu valor. Segons la posició del jumper que tenen damunt es pot

emprar el sensor (si el jumper està cap a l'esquerra) o el potenciòmetre (si el jumper està cap a la dreta).

També es pot observar el port RS232 per on es connecta a l'ordinador i el cable de l'alimentació. [2]

III. IMPLEMENTACIÓ SOFTWARE

Inicialment s'ha de sincronitzar la placa amb l'ordinador mitjançant el programa RealPic per poder programar l'entrenador correctament.

A la Figura 2 es mostra el diagrama de flux del codi:

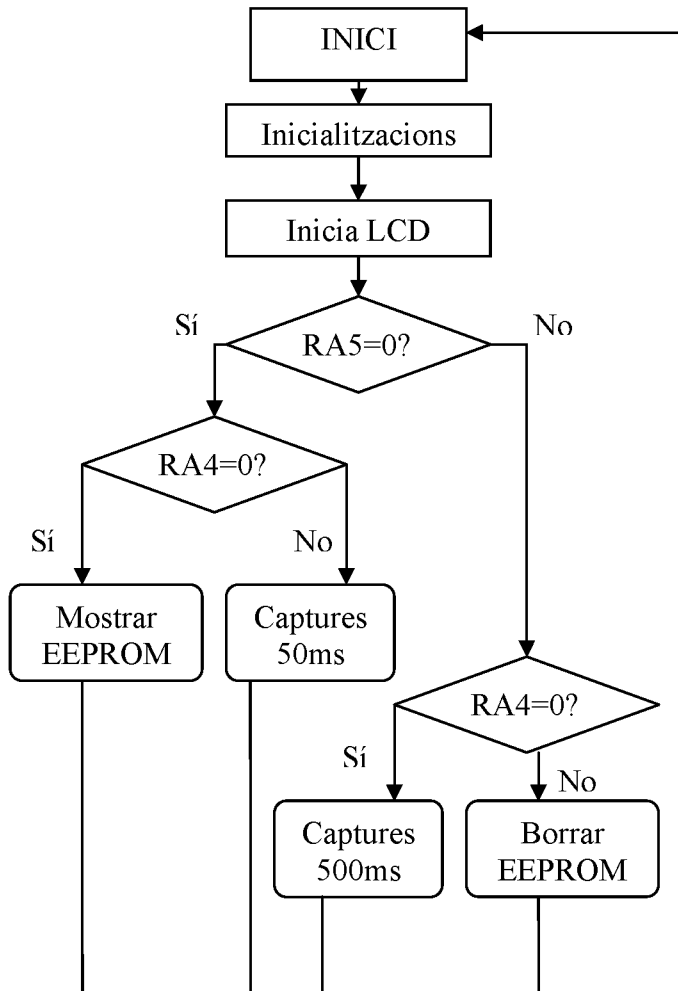


Fig. 2 Diagrama de flux del codi

Primer es realitzen les inicialitzacions per configurar correctament els ports i declarar i inicialitzar totes les variables que posteriorment utilitzarem.

Tot seguit, es comprova el valor de RA5 i després el de RA4. Així es pot saber quina és la funció que es vol realitzar. Segons aquests dos valors es crida a una subrutina o una altra, que és la que s'encarrega de realitzar el codi corresponent a cada funció. A continuació es mostra un tros del codi:

```

    btfsc ValorPA,5
    goto RA5_es1
    btfss ValorPA,5
    goto RA5_es0
  
```

```

    RA5_es1:      btfsc ValorPA,4
                  call borrar_EE
                  btfss ValorPA,4
                  call dades_500ms
                  goto Inicio
    RA5_es0:      btfsc ValorPA,4
                  call dades_50ms
                  btfss ValorPA,4
                  call mostra_EE
                  goto Inicio
  
```

En aquest fragment es realitza el control dels botons i segons els seus valors es crida a les subrutines.

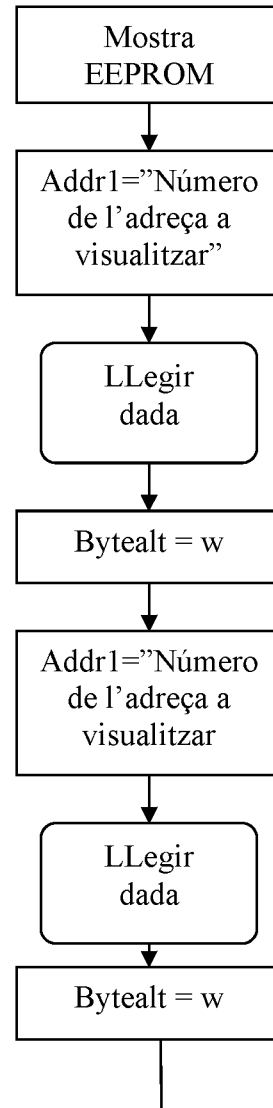


Fig. 3 Diagrama de flux de la subrutina "Mostrar EEPROM"

Aquest diagrama (Fig. 3) no es correspon a la subrutina completa perquè el que es fa es repetir això quatre vegades. A continuació es mostra un tros del codi corresponent:

```

movlw 0x30
movwf addr1
call Llegir_dada
movf valor_llegit,w
movwf bytealt
movlw 0x31
movwf addr1
call Llegir_dada
movf valor_llegit,w
movwf bytebaix
movlw 0x80
movwf poshex_2
movlw 0x81
movwf poshex_1
movlw 0x82
movwf poshex_0
call Visualiza_hex
    
```

Aquest tros de codi serveix per mostrar dos bytes enregistrats a la memòria EEPROM, concretament a les posicions 0x30 i 0x31. Es mostren en format hexadecimal. L'únic que s'ha de fer és repetir-la tres vegades més canviant les posicions que es mostren i al lloc del LCD on es pinta. [1]

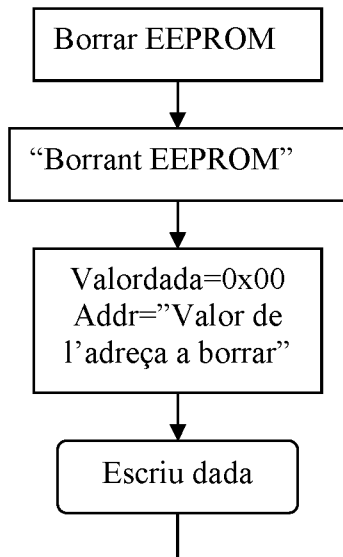


Fig. 4 Diagrama de flux de la subrutina "Esborrar EEPROM"

Aquest diagrama (Fig. 4) no es correspon a la subrutina completa perquè el que es fa es repetir això quatre vegades. A continuació es mostra un tros del codi corresponent:

```

movlw 0x00
movwf valordada
movlw 0x30
movwf addr
call Escriu_dada
movlw 0x00
movwf valordada
movlw 0x31
movwf addr
call Escriu_dada
    
```

Aquest tros de codi serveix per esborrar dos bytes enregistrats a la memòria EEPROM, concretament a les posicions 0x30 i 0x31. L'únic que s'ha de fer es repetir-la tres vegades més canviant les posicions que s'esborren. [1]

L'única diferència entre "Captures a 50ms" i "Captures a 500ms" és el retard que s'aplica per esperar el temps que toca.

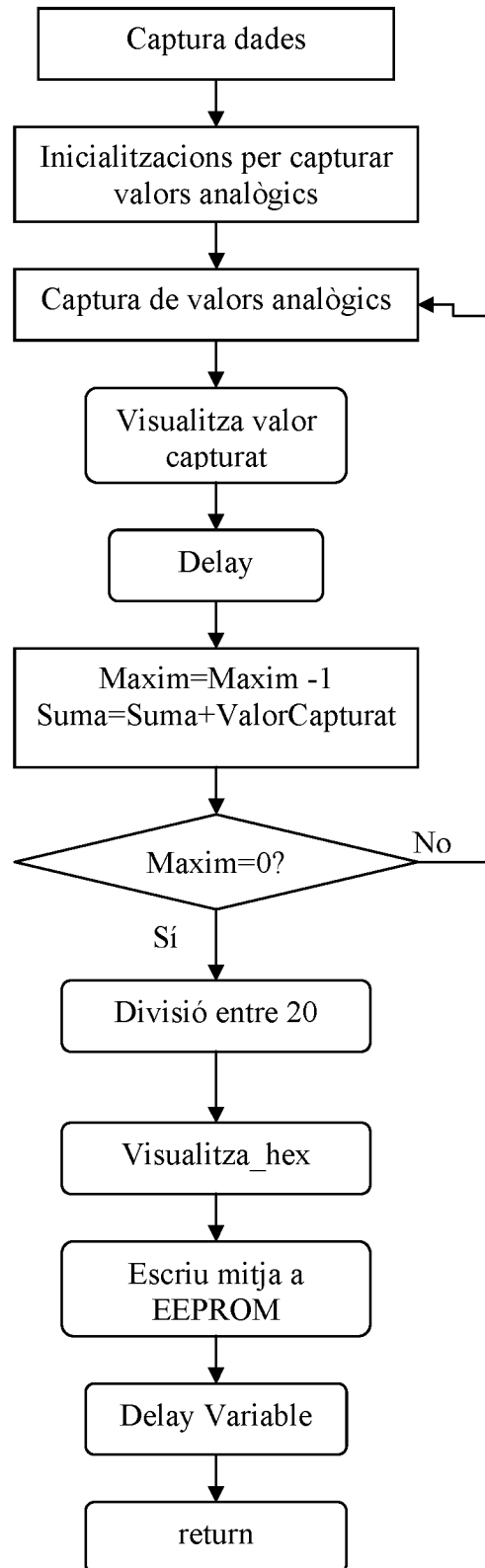


Fig.7 Diagrama de flux del subprograma "Captura dades"

El diagrama que es mostra a la Figura 7 correspon a “Captura dades” i a continuació es mostren uns trossos del codi:

```

                bsf    STATUS,RP0
                movlw  b'00111111'
                movwf  TRISA
                clrf   ADCON1
                bsf    ADCON1, 7
                bcf    STATUS,RP0
                bcf    PIR1,ADIF
                nop
                bsf    ADCON0,GO
ADC_Wait:      btfss  PIR1,ADIF
                goto   ADC_Wait
    
```

Aquest tros de codi realitza la conversió d’analogic a digital dels valors que li va donant el sensor i guarda el resultat dins ADRESL i ADRESH. [1]

```

                bsf    STATUS,RP0
                movlw  b'10000110'
                movwf  ADCON1
                bcf    STATUS,RP0
                call   UP_LCD
                call   Visualiza
                movf  ADRESH_1,w
                addwf suma_h,f
                movf  ADRESL_1,w
                addwf suma_l,f
                btfsc STATUS, C
                incf suma_h,f
                decf maxim,f
increment:     btfss  STATUS, Z
                goto  Loop
    
```

Amb aquest codi es va incrementant la suma de tots els valors que es van agafant, es controla el nombre de mostra a la que es troba i també es mira que no es passi de les vint mostres.

```

                decf  posicio
                movf  posicio,w
                btfsc STATUS, Z
                movlw d'4'
                movwf posicio
Es_4:         movlw d'4'
                subwf posicio, w
    
```

```

                btfsc STATUS,Z
                goto escriure_pos0
Es_3:        movlw d'3'
                subwf posicio, w
                btfsc STATUS,Z
                goto escriure_pos1
Es_2:        movlw d'2'
                subwf posicio, w
                btfsc STATUS,Z
                goto escriure_pos2
Es_1:        movlw d'1'
                subwf posicio, w
                btfsc STATUS,Z
                goto escriure_pos3
    
```

Aquí es reflecteix com es realitza el control sobre la posició de la EEPROM (s’accedeix a dues posicions ja que a cada una s’hi pot guardar un byte i la mitja està formada per dos bytes) a la qual s’hi escriu la nova mitja, esborrant la mitja més vella de les que hi ha guardades.

IV. CONCLUSIONS

En aquest article s’ha desenvolupat la funció DataLogger sobre l’entrenador PIC16F876. S’ha vist com s’ha d’emprar el programa RealPic, com s’han de realitzar les connexions, com s’empra la memòria EEPROM, com agafar valors analògics (amb el sensor o bé amb el potenciòmetre) i també s’ha treballat amb el convertidor analògic/digital. S’han tractat dades de dos bytes per separat (byte_alt i byte_baix) ja que les memòries i els registres són d’un byte.

A més, s’ha realitzat un cas pràctic que podria servir per controlar la intensitat de llum mitjana (i amb diferents mostres) d’un lloc.

REFERÈNCIES

- [1] Tomeu Alorda, Apunts de l’assignatura de Microordinadors, de 2on de Telemàtica.
- [2] Microchip PIC16F87X Data Sheet, 28/40-Pin 8-bit CMOS FLASHMicrocontrollers

Assignatura impartida per Bartomeu Alorda i Pere Pons



Jaume Bestard Martí

Batxillerat al Col·legi Sant Josep Obrer
Estudiant de 2on d’Enginyeria Tècnica de
Telecomunicacions especialitat Telemàtica



Damià Roca Marí

Batxillerat al Col·legi Sant Pere
Estudiant de 2on d’Enginyeria Tècnica de
Telecomunicacions especialitat Telemàtica

Termòmetre Electrònic basat en dispositius semiconductors

Instrumentació Electrònica I

Francisco Ortega Vich¹, Antonio Florit Monteban²

Segon curs d'Enginyeria Tècnica Industrial, Especialitat en Electrònica Industrial

¹xiscoor@gmail.com

²payes41@hotmail.com

Resum – En aquesta pràctica s'utilitzarà un sensor AD592 per a realitzar mesures de la temperatura, i es muntarà un circuit condicionador per tal de poder utilitzar directament el multímetre digital per a visualitzar la temperatura.

I. INTRODUCCIÓ

El termòmetre que es vol realitzar s'utilitzarà per mesurar temperatures entre 20°C i 40°C, de forma que es tingui una sensibilitat prou alta al voltant de la temperatura ambient. Per tal de visualitzar el resultat, podem utilitzar el multímetre digital. Així, necessitarem dissenyar un circuit condicionador que proporcioni una sortida en volts que permeti interpretar el més fàcilment possible el valor corresponent de temperatura. Una opció és dissenyar el circuit condicionador (esquematzat a la Figura 1) per proporcionar la relació V_O-T que mostra la Figura 2.

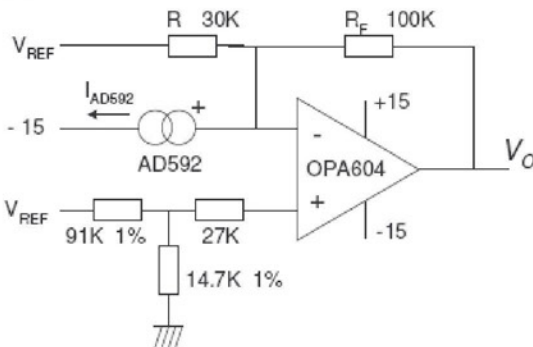


Figura 1. Esquema elèctric del circuit sensor i del condicionador del senyal.

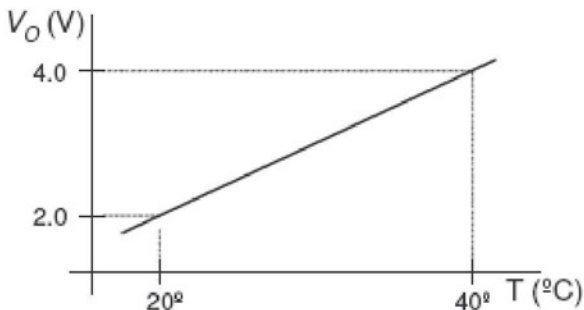


Figura 2. Sortida del circuit condicionador en funció de la temperatura.

II. MATERIAL A EMPRAR

Per a la realització de la pràctica emprarem, a més dels components del circuit una font d'alimentació (Figura 3) per a alimentar el sistema. També farem servir un multímetre digital (Figura 4) per a mesurar la tensió de sortida i poder interpretar el valor de temperatura mesurat.



Figura 3. Font d'alimentació.



Figura 4. Multímetre digital.

Un altre component que emprarem serà la placa protoboard (Figura 5) on hi implementarem el circuit condicionador del senyal.

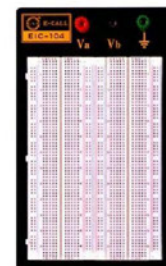


Figura 5. Placa de proves protoboard

Per tal de generar la tensió de referència V_{REF} s'utilitzarà un integrat REF01 de la manera que es pot veure a la figura 6. Aquest esquema ens generarà una $V_{REF}=10V$.

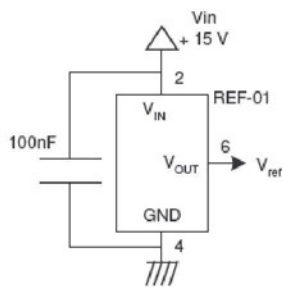


Figura 6. Esquema d'interconnexió de la referència de tensió.

Per a fer la mesura de temperatura farem servir el sensor AD592 (Figura 7). Aquest sensor proporciona un corrent en funció de la temperatura que detecta, aquest corrent té una relació lineal amb la temperatura, la relació és la següent:

$$I_{AD592} = \alpha T \quad (1)$$

on $\alpha = 1\mu A/^{\circ}K$ i la temperatura està en $^{\circ}K$



Figura 7. Sensor de temperatura AD592.

III. ANÀLISI TEÒRIC DEL CIRCUIT

A continuació farem l'anàlisi teòric del circuit que podem veure a la figura 1. Considerant que els nostres amplificadors operacionals son ideals, es compleix que:

$$V_+ = V_- \quad (2)$$

$$i_+ = i_- = 0 \quad (3)$$

Al node positiu de l'amplificador tenim un voltatge conegut, ja que no és més que un divisor de tensió (la $R=27k\Omega$ es posa per eliminar efectes de corrent de polarització).

$$V_+ = V_{REF} \frac{14,7K}{14,7K + 91K} \quad (4)$$

Al node negatiu hi tenim el mateix valor i resolent per nodes tenim:

$$\frac{V_{REF} - V_+}{R} = \alpha T + \frac{V_+ - V_0}{R_F} \quad (5)$$

$$\frac{V_{REF} R_F}{R} = \alpha T R_F + V_+ + V_+ \frac{R_F}{R} - V_0 \quad (6)$$

El resultat es:

$$V_0 = \alpha T R_F + \left(1 + \frac{R_F}{R}\right) V_+ - V_{REF} \frac{R_F}{R} \quad (7)$$

O sigui que tenim una sortida V_0 lineal en T.

Com sabem el que val V_{REF} podem obtenir el valor de R i R_F per que s'acompleixi la recta de la tensió de sortida (Figura 2) amb un sistema d'equacions.

Per a $V_0 = 2V$ tenim una temperatura de $293^{\circ}K$.

Per a $V_0 = 4V$ tenim una temperatura de $313^{\circ}K$.

El que farem serà aïllar de la equació anterior la R per que ens quedi en funció de R_F . D'aquesta manera obtindrem una $R_F=100k\Omega$ i una $R=30k\Omega$, així amb aquests valors es compleixen les especificacions de la figura 2.

$$V_0 = T(^{\circ}C)/10 \rightarrow T = 10 \cdot V_0$$

IV. RESULTATS EXPERIMENTALS

A la figura 8 podem veure el muntatge del circuit a damunt de la placa i a la figura 9 podem veure com ens marca la temperatura ambient del laboratori, que en aquell moment era de $26,29^{\circ}C$.

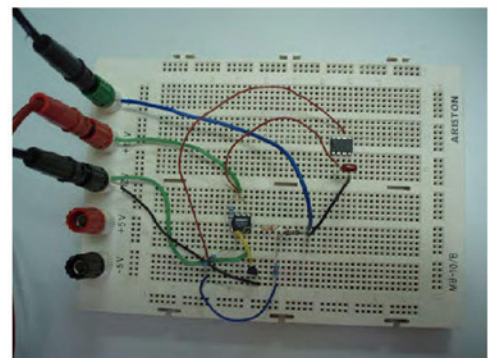


Figura 8. Muntatge del circuit a damunt de la placa.



Figura 9. Tensió de sortida del circuit.

Com es pot veure a la sortida obtenim una tensió que equival a la temperatura dividida per 10, sense necessitat de fer cap transformació més per saber la temperatura. Comprovem utilitzant els dits per encaletir el sensor, com la seva temperatura augmenta.

Per a comprovar el bon funcionament del nostre sensor em fet servir una sonda comercial com la de la figura 10 i hem pogut comprovar que la desviació respecte al valor mesurat és d'una dècima de °C.



Figura 10. Sonda comercial de temperatura.

V. SIMULACIÓ AMB PSPICE

Si feim diferents simulacions per a diferents valors de temperatura obtindrem una sèrie de valors que tabularem i graficarem per a comprovar si el circuit aconsegueix el rang de funcionament. Per a simular el sensor de temperatura i la seva dependència de temperatura farem servir les següents línies de codi:

```
.param celsius = 20
.param kelvin = {273+celsius}
IAD592 2 5 {1E-6*kelvin}
```

A la taula 1 podem veure els resultats de les diferents simulacions i a la figura 11 podem veure la recta V_o-T .

Temperatura (°C)	V_o (V)
20	2
25	2,5
30	3
35	3,5
40	4

Taula 1. Resultats de la simulació

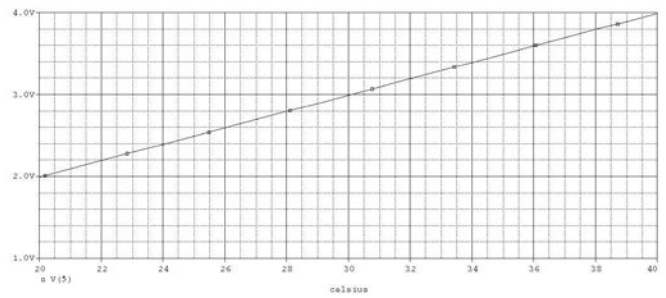


Figura 11. Recta relació V_o-T

VI. REDISENY DEL CIRCUIT

Ara ens proposam modificar el circuit per tal que el termòmetre operi entre -25°C i 105°C (límits de funcionament de l'AD592), i la sortida V_o sigui la mostrada a la Figura 12.

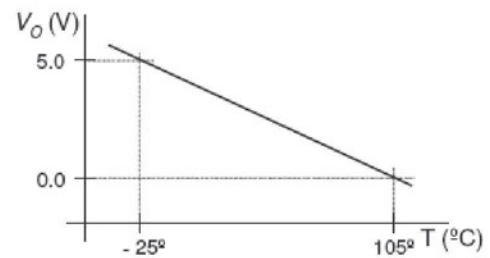


Figura 12. Sortida del nou circuit de condicionament.

A. Càlcul teòric

Primer de tot feim canvis al circuit per tenir una pendent negativa en la relació V_o-T (Figura 13) i calculem que han de valer R i R_F per que s'acompleixin les condicions.

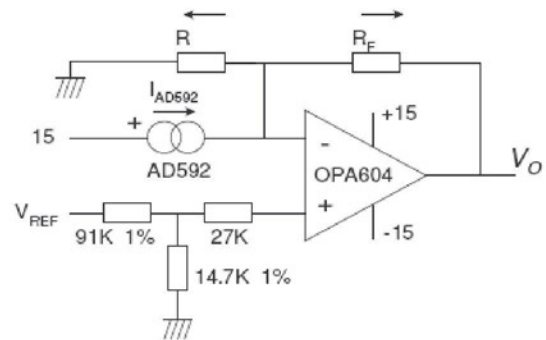


Figura 13. Circuit dissenyat per complir les noves especificacions.

Al node positiu de l'amplificador tenim un voltatge conegut:

$$V_+ = V_{REF} \frac{14,7K}{14,7K + 91K} \quad (8)$$

Al node negatiu hi tenim el mateix valor i resolent per nodes tenim:

$$\alpha T = \frac{V_-}{R} + \frac{V_- - V_0}{R_F} \quad (9)$$

Per a $V_0 = 5V$ tenim $T = 248K$.

Per a $V_0 = 0V$ tenim $T = 378K$.

Si tornem a fer els càlculs de R i R_F amb el nou circuit i les noves especificacions obtenim:

$$R = 4066\Omega$$

$$R_F = 38,461k\Omega$$

B. Simulació Pspice

Per a comprovar que el circuit està ben dissenyat i que compleix les especificacions fem la simulació amb Pspice i com anteriorment fem una taula i una gràfica amb els resultats per a facilitar la comprensió de les dades obtingudes.

A la taula 2 podem veure els valors de tensió de sortida en front de la temperatura i a la figura 14 podem veure la gràfica V_o-T .

Com podem veure s'acompleixen les condicions de sortida que es demanen a la figura 12.

Temperatura (°C)	V_o (V)
-25	5
5	3,853
35	2,6993
65	1,5457
105	0,00751

Taula 2. Resultats de la simulació

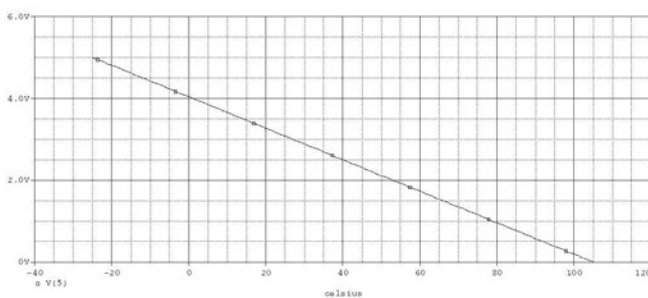


Figura 14. Recta relació V_o-T

C. Muntatge experimental

En aquest apartat hem muntat el circuit que hem redissenyat a damunt la placa, substituint R i R_F per les noves resistències, per això hem fet servir un potenciòmetre de $10k\Omega$

i un de $50k\Omega$ per a poder ajustar el valor de resistència que necessitem. Si aproximadament en el laboratori tenim una temperatura ambient de uns $25^\circ C$, amb el nostre disseny del circuit ens tocaria tenir una tensió de sortida de $3,0769V$. Com veiem a la figura 15 el nostre circuit funciona correctament, ja que estem suposant que l'aula està a $25^\circ C$. El voltatge que ens marca el voltímetre equival a una temperatura ambient d'uns $27^\circ C$.



Figura 15. Tensió de sortida

Si a continuació toquem el sensor amb els dits, veiem una tensió més petita ($V_o = 2,772V$), ja que la temperatura i la tensió de sortida del nostre circuit són inversament proporcionals com ens indica la rampa de funcionament. Això seria una temperatura equivalent a uns $32,92^\circ C$. Degut a les limitacions que tenim al laboratori, no podem comprovar si el nostre muntatge compleix les especificacions a les temperatures de $-25^\circ C$ i $105^\circ C$.

VII. CONCLUSIONS

Ens ha sorprès la precisió del termòmetre construït, ja que esperàvem que degut als errors dels components emprats per a condicionar la sortida ens sortís una desviació major respecte a la realitat.

Aquest treball s'ha realitzat dins de l'assignatura d'Instrumentació Electrònica I. Correspon als estudis d'enginyeria Tècnica Industrial, i l'imparteixen els professors Eugeni Isern Riutort, Miquel Roca Adrover i Vicens Canals.



Francisco Ortega Vich



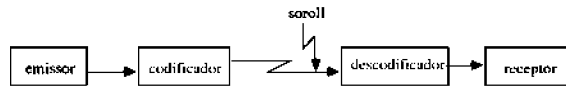
Antonio Florit Monteban

Biblioteca per a la simulació de la codificació i la descodificació amb codis BCH i RS

Juan Gabriel Gomila Salas
Llicenciatura en Matemàtiques

I. INTRODUCCIÓ

Considerem el diagrama de transmissió d'informació representat per la figura:



A causa del soroll que subsisteix sempre en qualsevol canal de transmissió, és gairebé inevitable que el receptor obtingui el missatge enviat havent sofert algunes alteracions dels seus símbols (en el cas binari, canvis de 0 per 1 i viceversa). L'única possibilitat de detectar aquests errors és enviar la informació juntament amb dígits suplementaris, anomenats de control, mitjançant una certa regla (codi) coneguda tant per l'emissor com pel receptor.

Una manera de garantir la fiabilitat en la transmissió d'informació per canals, com per exemple, una imatge que ens arribi des d'un satèl·lit geoestacionari, una cançó en format mp3 és amb els codis codificadors i correctors d'errors. En particular, s'empren dos tipus de codis, coneguts amb el nom de BCH i RS, el fonament dels quals es basa en la teoria de cossos finits. Per aprofundir més dins aquest camp cal esmentar el llibre [1], en el qual ens hem basat per desenvolupar aquests exemples.

En aquest article es presenta la implementació d'una biblioteca en *Mathematica 6.0* [2] per fer una simulació completa per poder veure i treballar, en detall, la codificació i correcció d'errors amb aquests dos tipus de codis. Si algú està interessat en provar, per si mateix, exemples amb dita biblioteca, només cal que us poseu amb contacte amb algun de nosaltres, qui us podrà dir com accedir-hi de manera gratuïta. A més, pensant en la facilitat que haurien de tenir els usuaris per poder emprar una biblioteca implementada per una altra persona, s'hi ha incorporat una ajuda interactiva, on fer preguntes sobre com explotar-la al 100 %

II. CONSTRUCCIÓ D'UN COS FINIT, O DE GALOIS

- $(F[x]/(f(x)), +_{\text{mod } f(x)}, \cdot_{\text{mod } f(x)})$ és un cos si i només si $f(x)$ és un polinomi irreductible sobre $F[x]$, essent F un cos.
- Si $F = F_p = (Z_p, +_{\text{mod } p}, \cdot_{\text{mod } p})$ i $f(x)$ és un polinomi irreductible de grau n sobre F_p , aleshores

$$(F[x]/(f(x)), +_{\text{mod } f(x)}, \cdot_{\text{mod } f(x)})$$

és un cos amb p^n elements.

Els elements del cos són els diferents residus mòdul $f(x)$ i per tant es poden representar com polinomis de grau menor o igual a n amb coeficients dins F_p .

És a dir: $\forall a(x) \in F_p[x]/(f(x)), a(x) = a_{n-1}x^{n-1} + a_{n-2}x^{n-2} + \dots + a_1x + a_0; a_i \in F_p$.

Pels codis que construirem posteriorment, utilitzarem el cos de Galois sobre F_2 amb el polinomi irreductible $f(x) = x^4 + x^3 + 1$. Aleshores podem considerar l'isomorfisme $GF(2^4) \approx F_2[x]/(f(x))$ agafant una arrel α de $f(x)$; és a dir $f(\alpha) = 0 \implies \alpha^4 = \alpha^3 + 1$ i $\alpha^{15} = 1$:

$$\begin{pmatrix} GF(2^4) & F_2[x]/(1+x^3+x^4) \\ -\infty & 0 \\ 0 & 1 \\ \alpha & x \\ \alpha^2 & x^2 \\ \alpha^3 & x^3 \\ \alpha^4 & x^3 + 1 \\ \alpha^5 & x^3 + x + 1 \\ \alpha^6 & x^3 + x^2 + x + 1 \\ \alpha^7 & x^2 + x + 1 \\ \alpha^8 & x^3 + x^2 + x \\ \alpha^9 & x^2 + 1 \\ \alpha^{10} & x^3 + x \\ \alpha^{11} & x^3 + x^2 + 1 \\ \alpha^{12} & x + 1 \\ \alpha^{13} & x^2 + x \\ \alpha^{14} & x^3 + x^2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

III. CODIS BINARIS, LINEAIS I CÍCLICS: BCH

Un codi binari, lineal i cíclic $C(n, k)$ pot ser considerat com l'ideal principal de $Z_2[x]/x^n - 1$ generat per un polinomi mònic $g(x)$, divisor de $x^n - 1$. Si el grau de $g(x)$ és r , aleshores es satisfà la relació $k = n - r$, essent k la dimensió de C , com a subespai vectorial de F_2^n .

Codificar una informació $a = (a_0, a_1, \dots, a_{k-1}), a_i \in Z_2$, esdevé en trobar la paraula-codi $v = (v_0, v_1, \dots, v_{n-1})$, de manera que els polinomis associats respectius compleixen: $v(x) = a(x) \cdot g(x)$.

Els codis BCH van ser introduïts per Hocquenghem (1959) i Bose, Chaudhuri (1960), com a generalització dels codis de Hamming, però amb capacitat correctora $t \geq 1$. Aquest tipus de codis venen definits per dos paràmetres m i t , que verifiquen el següent teorema:

Teorema

Per a tot sencer n de la forma $n = 2^m - 1, m \geq 3$, i per a tot

```

In[7]:= g = BCH[pol2, 3]
El codi BCH construït té longitud 15, dimensió 5, capacitat correctora 3,
distància mínima entre les paraules 7, i el seu polinomi generador és
Out[7]:= 1 + x2 + x5 + x6 + x8 + x9 + x10

In[8]:= v = Codificacio[{1, 0, 1, 0, 0}, g]
Out[8]:= 1 + x4 + x5 + x6 + x7 + x9 + x11 + x12

In[9]:= e = x + x3 + x5
Out[9]:= x + x3 + x5

In[10]:= u = PolynomialMod[v + e, 2]
Out[10]:= 1 + x + x2 + x4 + x6 + x7 + x9 + x11 + x12

In[11]:= Descodificacio[u, g, M, 7, 15, False];
S(x) = 1 + x + x2 + x5 α13 + x2 α14
Taula:  $\begin{pmatrix} 1 + x + x^2 + x^5 \alpha^{13} + x^2 \alpha^{14} & x^6 & 1 + x + x^2 + x^5 \alpha^{13} + x^2 \alpha^{14} & x^6 & 1 + x + x^2 + x^5 \alpha^{13} + x^2 \alpha^{14} & 0 \\ x^6 & 1 + x + x^2 + x^5 \alpha^{13} + x^2 \alpha^{14} & x^2 \alpha + x \alpha^2 + x^2 \alpha^2 + x^4 \alpha^2 & x^2 \alpha + x \alpha^2 + x^2 \alpha^2 + x^4 \alpha^2 & 1 + x \alpha + x^2 \alpha^4 + x^2 \alpha^{10} & \alpha^{10} + x \alpha^{11} \\ 1 + x + x^2 + x^5 \alpha^{13} + x^2 \alpha^{14} & x^2 \alpha + x \alpha^2 + x^2 \alpha^2 + x^4 \alpha^2 & 1 + x \alpha + x^2 \alpha^4 + x^2 \alpha^{10} & x^2 \alpha^5 + \alpha^{11} & x \alpha^7 + \alpha^{11} & \\ x^2 \alpha + x \alpha^2 + x^2 \alpha^2 + x^4 \alpha^2 & 1 + x \alpha + x^2 \alpha^4 + x^2 \alpha^{10} & x^2 \alpha^5 + \alpha^{11} & x \alpha^7 + \alpha^{11} & & \end{pmatrix}$ 
, Matriu:  $\begin{pmatrix} 1 + x \alpha^{17} + x^2 \alpha^{18} + \alpha^{21} + x \alpha^{22} & x \alpha^2 + x \alpha^7 + \alpha^{11} + x^2 \alpha^{13} + x^2 \alpha^{20} + x \alpha^{22} + x^2 \alpha^{24} \\ \alpha^{10} + x \alpha^{11} & 1 + x \alpha^{12} + x^2 \alpha^{13} \end{pmatrix}$ 
σ: x2 α5 + α11 + x α11 + x2 α14, Dσ: x2 α5 + α11, w: x2 α5 + α11
El vector d'error introduït ha estat: x + x3 + x5
El missatge enviat ha estat: 1 + x2

```

Figura 1. Exemple de la simulació d'un codi BCH.

sencer t tal que $n - t \cdot m > 0$, existeix un codi binari, lineal i cíclic t -corrector, de llargària n , dimensió $k \geq n - t \cdot m$ i distància mínima $d \geq 2t + 1$, que té per polinomi generador:

$$g(x) = \text{m.c.m.} (m_1(x), m_3(x), \dots, m_{2t-1}(x))$$

essent $m_i(x)$ el polinomi mínim de α^i i α un element primitiu de $GF(2^m)$.

Construcció del codi BCH de paràmetres $m = 4, t = 3$

En la figura 1 veim com s'ha resolt amb els algorismes de la nostra biblioteca.

El codi BCH sobre $GF(2^4)$ que construirem tindrà una longitud 15, una dimensió 5, capacitat correctora 3 i distància mínima entre les paraules-codi 7. Els passos següents són:

1. Construcció del cos $GF(2^4)$ (matriu (II)).
2. Cerca d'un element $\alpha \in GF(2^4)$ primitiu i agafar com a longitud del codi $n = 2^4 - 1 = 15$.
3. Calcular el polinomi generador:

$$g(x) = \text{m.c.m.} (m_1(x), m_3(x), m_5(x)) = 1 + x^2 + x^5 + x^6 + x^8 + x^9 + x^{10}$$

Suposem doncs, que volem trasmetre el vector d'informació $\underline{a} = (1, 0, 1, 0, 0)$, que té per polinomi associat $a(x) = 1 + x^2$. La informació codificada és, aleshores,

$$v(x) = g(x) \cdot a(x) = 1 + x^4 + x^5 + x^6 + x^7 + x^9 + x^{11} + x^{12}$$

Suposem ara que trasmitim la paraula codi \underline{v} per un cert canal, on s'ens introdueix un error a les coordenades 1, 3 i 5

$$\underline{v} = (10001111010110)$$

$$\underline{u} = \underline{v} + \underline{e} = (11011011010110)$$

(és a dir, el vector d'error és $e(x) = x + x^3 + x^5$). En aquest cas, el polinomi associat al vector \underline{u} que es rebrà a la sortida del canal serà

$$u(x) = v(x) + e(x) = 1 + x + x^3 + x^4 + x^6 + x^7 + x^9 + x^{11} + x^{12}$$

IV. CODIS BINARIS, LINEALS I CÍCLICS: RS

Els codis RS van ser introduïts per Reed i Solomon (MIT, 1960), i tenen la propietat que pels paràmetres, n i k , tenen la capacitat correctora més gran possible: $d - 1 = n - k$ (codis de màxima distància separable).

Un codi binari, lineal i cíclic de Reed-Solomon (RS) és un codi sobre $GF(2^4)$, de llargària $n = 2^4 - 1$ i dimensió k , tal que la seva distància mínima és $d = n - k + 1$, i té per polinomi generador:

$$g(x) = (x - \alpha)(x - \alpha^1) \dots (x - \alpha^{d-1})$$

on α és un element primitiu de $GF(2^4)$.


```

f = RS[pol2, 7];
El codi RS construït té longitud 15, dimensió 9, capacitat correctora 3
, distància mínima entre les paraules 7, i el seu polinomi generador és

g(x) = x4 + x6 + x3α2 + α6 + x2α7 + xα11 + x5α12

vRS = SystematicCode[{α5, α11, 0, 0, 0, α3, 0}, f, 7]
xα + x11α3 + α5 + x6α5 + x3α6 + x5α6 + x2α11 + x7α11 + x4α14

eRS = α + x + α4 + x2 + α6 + x5
xα + x2α4 + x5α6

uRS = SimplificarExpressio[M, vRS + eRS]
x2α2 + x11α3 + α5 + x6α5 + x3α6 + x7α11 + x4α14

Descodificacio[uRS, f, M, 7, 15, True];
S(x) = x4 + xα2 + x3α3 + x5α10 + α13 + x2α14

Taula: (
  ( x4 + xα2 + x3α3 + x5α10 + α13 + x2α14 x6 x4 + xα2 + x3α3 + x5α10 + α13 + x2α14 x2α + xα5 + α8 + x4α13 x4 + xα2 + x3α3 + x5α10 + α13 + x2α14 0
  x6 x4 + xα2 + x3α3 + x5α10 + α13 + x2α14 x2α + xα5 + α8 + x4α13 xα3 + x3α12 + α14 xα5 + α10
  x4 + xα2 + x3α3 + x5α10 + α13 + x2α14 x2α + xα5 + α8 + x4α13 xα3 + x3α12 + α14 α2 + xα12
  x2α + xα5 + α8 + x4α13 xα3 + x3α12 + α14 x2α5 + α8 + xα10 xα
)
, Matriu: (
  ( 1 + xα2 + x2α13 xα + xα5 + x2α8 + α10 + xα13 + x3α18 + x2α23
    α2 + xα12 1 + xα7 + α12 + x2α17 + xα22
)
σ: x3α3 + xα6 + α10, Dσ: x2α3 + α6, w: x2α5 + α8 + xα10
El vector d'error introduït ha estat: xα + x2α4 + x5α6
El missatge enviat ha estat: xα + x11α3 + α5 + x6α5 + x3α6 + x5α6 + x2α11 + x7α11 + x4α14

```

Figura 2. Exemple de simulació d'un codi RS.

Construcció del codi RS amb $m = 4, t = 3$

En la figura 2 veim com s'ha resolt amb els algorismes de la nostra biblioteca. El codi RS que construirem tindrà una longitud 15, una dimensió 9, capacitat correctora 3 i distància mínima entre les paraules 7.

1. Construcció del cos $GF(2^4)$ (figura II).
2. Cercar un element $\alpha \in GF(2^4)$ primitiu i agafar com a longitud del codi $n = 2^4 - 1 = 15$.
3. Calcular el polinomi generador:

$$g(x) = (x - \alpha)(x - \alpha^1) \dots (x - \alpha^6) = \alpha^6 + \alpha^{11}x + \alpha^7x^2 + \alpha^2x^3 + x^4 + \alpha^{12}x^5 + x^6$$

Per a la codificació, suposem que volem trasmetre el vector d'informació $a = (\alpha^5, \alpha^{11}, 0, 0, 0, \alpha^3, 0)$, que té per polinomi associat $a(x) = \alpha^3x^5 + \alpha^{11}x + 1$.

Aquí considerem la *codificació sistemàtica*:

$$v(x) = a(x) \cdot x^r - p(x), \text{ on } p(x) = a(x) \cdot x^r \text{ mod } g(x);$$

$$i \ r = \text{grau } g(x) = d - 1$$

és a dir, que en el nostre cas, resulta:

$$v(x) = \alpha^5 + x\alpha + x^2\alpha^{11} + x^4\alpha^{14} + x^3\alpha^6 + x^5\alpha^6 + x^6\alpha^5 + x^7\alpha^{11} + x^{11}\alpha^3$$

Suposem que introduïm un error α la coordenada 1, α^4 en la coordenada 2 i α^6 en la coordenada 5.

Com abans, el polinomi d'error serà $e(x) = x\alpha + x^2\alpha^4 + x^5\alpha^6$, i per tant pel canal es rebrà el vector \underline{u} que té per

polinomi:

$$u(x) = v(x) + e(x) = \alpha^5 + x^2\alpha^2 + x^3\alpha^6 + x^4\alpha^{14} + x^6\alpha^5 + x^7\alpha^{11} + x^{11}\alpha^3$$

V. DESCODIFICACIÓ: ALGORITME DE BERLEKAMP-MASSEY

L'algorisme de descodificació que descriurem aquí és de l'any 1969, i és útil tant pels codis BCH com pels RS.

Sigui $u(x) = u_0 + u_1x + \dots + u_{n-1}x^{n-1}$ el polinomi associat al vector rebut a la sortida del canal de comunicació, on s'ha utilitzat un codi BCH o RS, construït sobre un cos finit $GF(2^m)$, on α és l'element primitiu ($\alpha^{2^m-1} = 1$). Les passes a seguir, que poden veure's en les figures 1 i 2 són:

- Calcular el seu polinomi síndrome $S(x) = \sum_{i=0}^{d-2} u(\alpha^i) \cdot x^i$. El seu grau és sempre $\leq d - 1$. Els polinomis síndrome obtinguts respectivament en cada exemple anterior són:

$$S_{BCH}(x) = 1 + x + x^2\alpha^{14} + x^3 + x^5\alpha^{13}$$

$$S_{RS}(x) = \alpha^{13} + x\alpha^2 + x^2\alpha^{14} + x^3\alpha^9 + x^4 + x^5\alpha^{10}$$

- Es realitzen una sèrie de divisions successives, donades per l'algorisme d'Euclides extès, que pot consultar-se en [1] i que ens dona una matriu de la forma:

$$\begin{pmatrix} P_k & Q_k \\ P_{k-1} & Q_{k-1} \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} q_k & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_{k-1} & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \cdots \begin{pmatrix} q_0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

- Calculem, pel teorema de Dirichlet:

i) El polinomi localitzador d'errors, que és: $\sigma(x) = Q_k$.
En els nostres exemples resulten, respectivament:

$$\sigma_{BCH} : \alpha^{11} + x\alpha^{11} + x^2\alpha^{14} + x^3\alpha^5$$

$$\sigma_{RS} : \alpha^{10} + x\alpha^6 + x^3\alpha^3$$

ii) El polinomi avaluador d'errors, que és: $w(x) = (-1)^k r_k(x)$. En els nostres casos:

$$w_{BCH}(x) = x^2\alpha^5 + \alpha^{11}$$

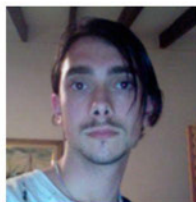
$$w_{RS} = x^2\alpha^5 + \alpha^8 + x\alpha^{10}$$

- Calcular els zeros de $\sigma(x)$. Si els errors estan localitzats a les coordenades $E = \{k_1, k_2, \dots, k_c\}$, aleshores els zeros del polinomi localitzador $\sigma(x)$ són $\frac{1}{\alpha^i}$ on $i \in E$. Així, obtindríem les coordenades on tenim un cert error (1, 3 i 5 en el primer cas i 1, 2 i 5 en el segon)
- Calcular els valors dels errors per: $w(\alpha^j)/\sigma'(\alpha^j) = -e_i$ on $\alpha^j = \frac{1}{\alpha^i}$ pels $i \in E$ i $\sigma'(\alpha^j)$ indica la derivada del polinomi localitzador $\sigma(x)$ avaluada a α^j . Així, tendríem finalment quin vector d'error se'ns havia introduït. Simplement sabent el tipus de codificació usada, es pot fer el procediment invers, i descodificar, obtenint la informació que inicialment havíem enviat.

REFERENCIAS

- [1] J. Rifa L. Huguet. *Comunicación digital: Teoría de la Información. Codificación algebraica. Criptografía*. Masson, Barcelona, Septiembre 1991.
- [2] Mathematica 6.0 i posteriors. www.wolfram.com.

Laboratori Avançat de Matemàtiques, 3er de Matemàtiques.
Assignatura impartida per Llorenç Huguet i Rotger.



Juan Gabriel Gomila Estudiant de tercer curs de la Llicenciatura en Matemàtiques. Ha cursat el batxillerat de Ciències de la Salut.

Disseny i Optimització d'un Buffer en Tecnologia CMOS

Juan Carlos Coll Sampol, Emilio Moreno Azcoytia

Tercer curs d'Enginyeria Tècnica de Telecomunicacions, Especialitat en Telemàtica

jc.coll.sampol@gmail.com

m_azcoytia@mixmail.com

Resum— L'objectiu d'aquest treball és trobar el nombre d'etapes que optimitzen la velocitat d'un buffer CMOS. Per realitzar el disseny i simulació utilitzarem l'eina de CAD Microwind, la qual ens permet dissenyar el layout del nostre circuit.

A la Taula I es recullen les prestacions assolides per l'inversor de la figura 1, treballant amb una capacitat de sortida $C_L=15 \times 10^{-15}$ F.

I. INTRODUCCIÓ

Qualsevol circuit digital té com a part dels seus objectius introduir els mínims temps de retard, és a dir, aconseguir la major velocitat possible. Dins aquests circuits, un element bàsic i fonamental és el buffer [1], que per exemple, ens pot servir per adaptar diferències de capacitat d'entrada/sortida entre dos circuits digitals. El buffer es pot entendre com un nombre parell d'inversors en sèrie.

A una pràctica anterior, gràcies a l'eina Microwind [2] hem aconseguit dissenyar el layout [3] i posteriorment simular el funcionament d'un inversor en tecnologia CMOS de 0.35um (figura 1).

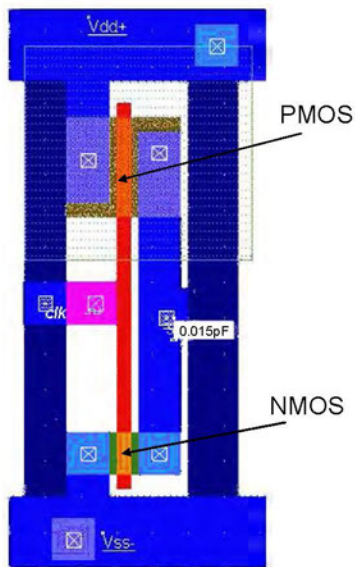


Fig.1 Layout d'un inversor lògic

TAULA I

PRESTACIONS INVERSOR AMB $C_L=0.015$ PF

Temps de pujada	0.1ns
Temps de baixada	0.1 ns
Temps de propagació de pujada	123 ps
Temps de propagació de baixada	125 ps
Freqüència de funcionament	2.5 GHz

A partir d'aquest primer inversor, dissenyarem el nostre buffer.

II. OBJECTIUS

El nostre objectiu fonamental en aquest treball és demostrar empíricament que obtindrem temps de propagació de pujada i baixada menors utilitzant diverses etapes que amb una única etapa inversora. Aquest objectiu l'assolirem mitjançant el disseny del layout i posterior simulació d'un buffer. Per fer-ne el disseny, ens basarem amb les següent fórmules d'optimització [4]:

$$N = \ln X / \ln U \quad (1)$$

$$X = C_L / C_{in} \quad (2)$$

On N és la quantitat d'etapes que cal incloure al marge de l'inversor inicial; C_L és la capacitat de càrrega que es pretén atacar amb el nostre inversor (o etapes inversores); C_{in} és la capacitat d'entrada de l'inversor i U és el factor d'engrandiment d'una etapa respecte l'altra. Aquest factor d'engrandiment és el nombre pel que cal multiplicar l'ample de canal, W, dels transistors d'una etapa respecte l'etapa següent. Es suposa que la longitud de canal L es manté al mateix valor.

Més endavant, donades certes hipòtesis de treball, utilitzarem les equacions (1) i (2) per calcular quins valors optimitzaran el temps de resposta del nostre buffer.

III. METODOLOGIA

El programa Microwind du incorporades les regles de disseny que cal seguir en funció de la tecnologia utilitzada, en el nostre cas una tecnologia CMOS de 0.35um. Apart d'aquestes regles de disseny, ens ajustarem a un format estàndard alhora de construir qualsevol cel·la lògica (figura 2), que permetrà una interconnexió ràpida de cel·les de manera independent al circuit lògic que es vulgui fabricar.

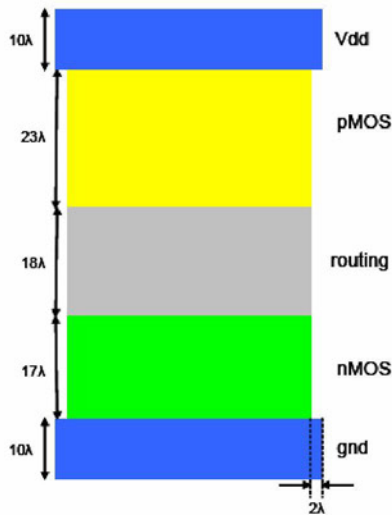


Fig. 2 Plantilla de layout per a un disseny d'una d'una porta lògica compatible amb la metodologia de les Standard Cells definida en termes del paràmetre λ .

Es treballarà amb una tensió d'alimentació de 3.3 volts i L mínima (figura 3), en aquest cas en utilitzar una tecnologia de 0.35um aquesta hauria de ser la L . Cal dir que Microwind utilitza un paràmetre, λ per definir les regles de disseny de forma independent a la tecnologia. $L=2\lambda$.

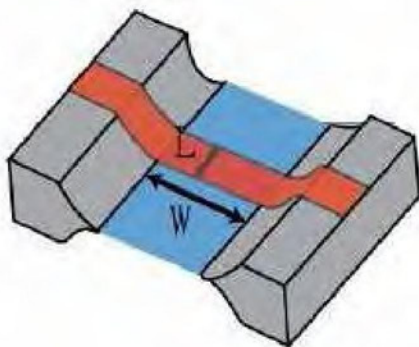


Fig. 3 Amplada (W) i Longitud (L) d'un transistor MOS

La feina que hem de realitzar està dividida en dues parts:

- i) A la primera se'ns demana que utilitzem un inversor optimitzat a la plantilla de la figura 2, per tal de dissenyar un buffer d' N etapes que

pugui atacar una capacitat de 10pF amb el menor temps de propagació possible. A la figura 1 i a la taula 1 podem veure com és i quines prestacions es varen aconseguir dissenyant l'inversor inicial de partida.

- ii) A la segona part se'ns diu que pel disseny del buffer hem d'utilitzar tres etapes inversores. En aquest cas el que hem d'optimitzar és el factor d'engrandiment d'una etapa respecte l'altre.

A. Càlculs pel cas òptim:

Utilitzant les fórmules (1) i (2) sent $C_L = 10pF$ la capacitat de càrrega de l'inversor donada a la hipòtesis de treball i $C_{in} = 7.97fF$ mesurada de l'inversor de la figura 1. Obtenim que $X=1254,7$ i per tant que la N és igual a 7.13, ja que per aquest primer procés es diu que el factor d'engrandiment d'una etapa respecte a l'altre que optimitza el resultat U ha de ser igual al número e .

Per tant, el nombre d'etapes a incloure serà $N=7$ (arrodonim N a 7 per motius lògics, si posem un nombre senar d'etapes inversores no serà un buffer pròpiament dit, si no que serà un inversor de N etapes). Això significa que darrera el nostre primer inversor, haurem d'incloure set etapes més, cada una d'elles 2.7182 vegades més gran que l'anterior. A la figura 4 podem veure l'inversor inicial més les dues primeres etapes del layout del buffer, no hem cregut adient mostrar tot el buffer, ja que evidentment, es tracta de seguir aquest mateix esquema fins completar les set etapes. A la figura també es pot notar l'avantatge que suposa l'ús de la plantilla de la figura 2.

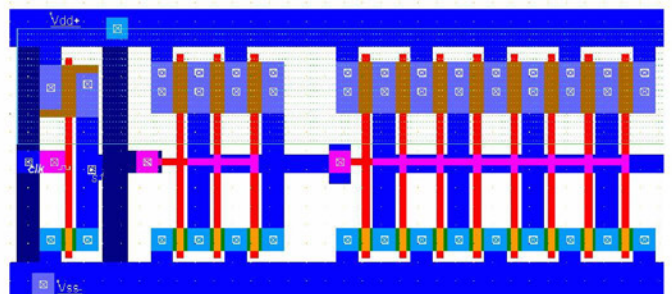


Fig. 4 Layout de les dues primeres etapes del buffer òptim

B. Càlculs per un nombre fixat d'etapes:

Tornant a utilitzar les equacions (1) i (2), en aquest cas dient que $N=3$, mantenint la mateixa capacitat de sortida de 10pF i deixant com a incògnita el factor d'engrandiment U . Obtenim que $U=11.02$, és a dir, al marge del nostre inversor inicial, comptarem amb tres etapes més, on cada una d'elles haurà de ser 11.02 vegades l'anterior. A la figura 5, es pot visualitzar l'inversor inicial més la primera etapa, que té una àrea activa 11.02 vegades la de l'inversor inicial.

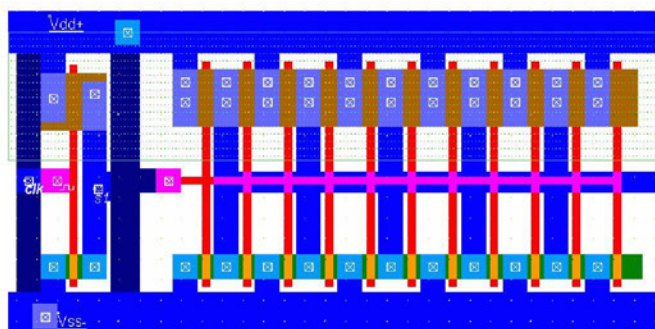


Fig. 5 Layout de la primera etapa del buffer de tres etapes.

IV. RESULTATS

En aquesta secció presentarem els diversos resultats obtinguts damunt cada una de les hipòtesis utilitzades en l'apartat III, hem d'aclarir que qualsevol comparació que es vulgui fer amb l'inversor de la figura 1, serà inútil, ja que els resultats de la Taula I corresponen a una capacitat de sortida de 0.015pF i els nostres buffers pretenen atacar capacitats de 10pF. L'inversor de la figura 1 senzillament no pot funcionar amb aquesta capacitat de càrrega.

A. Cas òptim:

A la taula 2 podem observar les diferents prestacions del nostre buffer amb set etapes.

TAULA 2

PRESTACIONS BUFFER SET ETAPES AMB FREQUÈNCIA DE TREBALL 0.25GHZ

Temps de propagació de pujada	640ps
Temps de propagació de baixada	630ps
Temps de pujada	60ps
Temps de baixada	70ps
Àrea total	56694µm ²
Consum màxim	2.41W
Consum mig	82mW

B. Nombre fixat d'etapes:

A la Taula 3 podem veure les prestacions del buffer de tres etapes.

V. CONCLUSIONS

Basant-nos en les taules 2 i 3, podem observar com els temps de propagació tant de pujada com de baixada són significativament més petits en el cas del buffer de set etapes que en el de tres etapes. Per contra, el buffer de set etapes

ocupa més àrea i consumeix més potència tant com a valor promig com a valor de pic a una mateixa freqüència de treball. Cal remarcar que ambdós responen molt millor que el cas sense buffer, ja que aquest últim no pot funcionar amb la capacitat de càrrega que s'utilitza (10pF).

TAULA 3

PRESTACIONS BUFFER TRES ETAPES AMB FREQUÈNCIA DE TREBALL 0.25GHZ

Temps de propagació de pujada	910ps
Temps de propagació de baixada	864ps
Temps de pujada	110ps
Temps de baixada	140ps
Àrea total	46026µm ²
Consum màxim	1.81W
Consum mig	73.9mW

Com a conclusió final, podem dir que si volem optimitzar els temps de resposta no limitarem el nombre d'etapes a utilitzar; en canvi, si el que es vol es minimitzar l'àrea i el consum, limitarem el nombre d'etapes a costa d'una pèrdua de velocitat. En aquest darrer cas, l'elecció concreta dependrà del dissenyador i del seus objectius.

REFERÈNCIES

- [1] A. Rubio, J. Altet, X. Aragonés, J.L. González, D. Mateo, F. Moll. "Diseño de circuitos y sistemas integrados", Edicions UPC, 2000
- [2] Microwind Website: <http://www.microwind.net/home.asp>
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_circuit_layout
- [4] J.M. Rabaey, A. Chandrakasan, B. Nikolic. "Circuitos Integrados Digitales". Ed. Pearson/Prentice Hall, 2004.



Juan Carlos Coll Sampol nascut a Palma l'any 1988. Actualment realitzant el projecte final de carrera d'Enginyeria Tècnica en Telecomunicació, especialitat en Telemàtica.



Emilio Moreno Azcoytia, nascut a Madrid l'any 1980. Alumne d'Enginyeria Tècnica en Telecomunicació, especialitat en Telemàtica.

Sistemes Microelectrònics és una assignatura optativa d' Enginyeria Tècnica en Telecomunicació (Especialitat en Telemàtica). Professors: Sebastià Bota i Rodrigo Picos

Aplicación Práctica de SOTR con bus CAN

Miguel Roselló Reinés, Bernat Mayol March

Enginyeria Tècnica en Informàtica de Sistemes

Sumario — En este documento se describe la programación de un reloj despertador con indicador de temperatura mediante un sistema operativo de tiempo real (SOTR) distribuido en varios nodos comunicados mediante el protocolo CAN. El microcontrolador utilizado en los nodos es el dsPIC30F4011 de Microchip.

valores de temperatura estarán comprendidos entre -19.9°C y $+99.9^{\circ}\text{C}$.

I. INTRODUCCIÓN

Un sistema operativo (SO) es un conjunto de programas que se encarga de gestionar los recursos de un ordenador y proporcionar una interfaz con el usuario. Algunos sistemas operativos dan soporte a sistemas concurrentes, en el sentido que permiten ejecutar varias tareas (programas) de forma simultánea.

Un sistema operativo de tiempo real (SOTR en adelante) es pues un SO que proporciona mecanismos para que las tareas puedan ejecutarse concurrentemente respetando sus plazos temporales. El núcleo gestiona la ejecución de las tareas, el uso de la memoria, y provee funciones de entrada/salida de datos a bajo nivel. El SOTR que se va a utilizar se denomina SALVO OS. Este sistema operativo es apropiativo, por consiguiente son las tareas que se ejecutan las encargadas de retornar el control al procesador.

El protocolo de comunicaciones utilizado es el bus CAN. Es un protocolo basado en una topología bus para la transmisión de mensajes y soporta control distribuido en tiempo real. CAN es un protocolo orientado a mensajes, es decir, la información que se va a intercambiar se descompone en mensajes, a los cuales se les asigna un identificador y se encapsulan en tramas para su transmisión. Todo mensaje llega a todos y cada uno de los nodos, proporcionando una excelente consistencia de datos a nivel de mensajes. Cada mensaje tiene un identificador único dentro de la red, con el cual los nodos deciden aceptar o no dicho mensaje. En la práctica utilizaremos como mínimo dos nodos, uno para la gestión de interfaz con el usuario y otro para la gestión del reloj y temperatura. No obstante, el diseño realizado permite la interconexión de más de un nodo gestor de interfaz de usuario, incrementándose así las aplicaciones prácticas del sistema.

El dispositivo utilizado es un modulo iCM4011 (dsPIC en adelante) conectado a una placa UIB-PC-104 (UI en adelante). Se utilizará la pantalla LCD de la placa UI para mostrar la información. En modo normal, el sistema presentará la hora y la temperatura manteniendo el formato que se muestra en la Fig. 1. Los datos se introducirán mediante el teclado de la placa UI, organizándose éste tal y como se aprecia en la Fig. 2. Para la simulación del sensor de temperatura usaremos el conversor A/D y el potenciómetro R7 de la placa UI. Los



Fig. 1 Ejemplo LCD nodo A

Fig. 2 Ejemplo del teclado

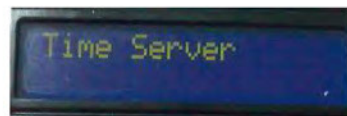


Fig. 3 Ejemplo LCD nodo B

II. OBJETIVOS

El objetivo es la implementación de un sistema multinodo, que implique el intercambio de mensajes entre nodos, también denominados tramas en este documento.

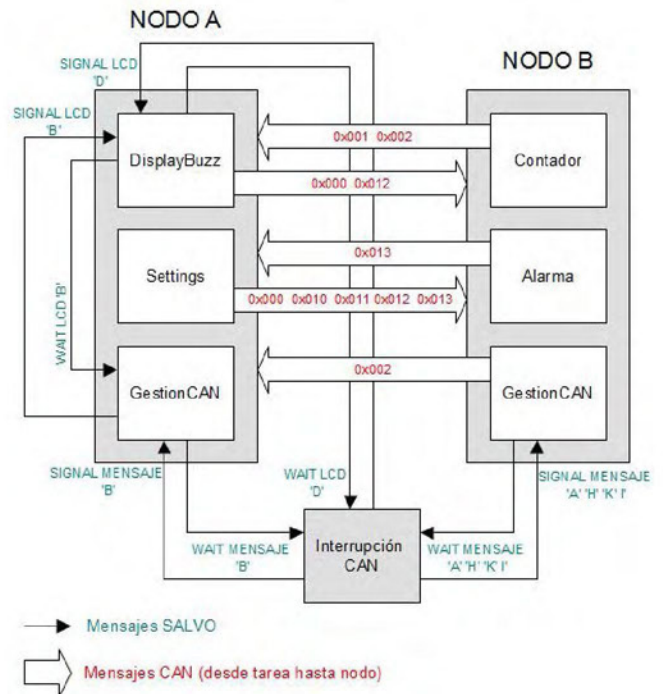


Fig. 4 Esquema básico

Para este fin se implementará un reloj despertador mediante dos tipos de nodo, A y B. El tipo de nodo A realizará tareas de interfase con el usuario, mientras que el tipo de nodo B gestionará la hora, almacenará y disparará la alarma. El sistema admitirá múltiples nodos de tipo A, sin embargo, solo admitirá un único nodo de tipo B por red. El nodo de tipo B se distinguirá de los demás nodos porque aparecerá el texto

“Time Server” en la primera línea del LCD, como se aprecia en la Fig. 3.

A nivel local, el objetivo será la comunicación entre las tareas que se ejecutarán dentro de un mismo nodo sobre el sistema operativo SALVO, anteriormente descrito.

El comportamiento del sistema, es el descrito a continuación.

A. Programación de Alarma

En modo normal de funcionamiento, mediante una primera pulsación de la tecla “M” se entrará en modo de programación de alarma (A), apareciendo el texto “Alarm HH:MM off” en la primera línea de LCD, como vemos en la Fig. 5. En caso de estar activada, aparecerá “on” en lugar de “off” en dicha línea. El sistema esperará la pulsación de cuatro dígitos válidos correspondientes a la hora de alarma, la pulsación de la tecla “S” activará o desactivará la misma, actualizándose el último campo de la primera línea. Mediante una nueva pulsación de la tecla “M” se entrará en el modo de programación de la hora del reloj (B). En caso de no haber introducido 4 dígitos en el anterior modo de programación de alarma, ésta no se verá alterada.



Fig. 5 Programación de Alarma

B. Programación de Hora

Aparecerá en este modo el texto “Clock Set” en la primera línea del LCD, la Fig. 6 representa la visualización de la programación de hora. Nuevamente el sistema esperará la pulsación de cuatro dígitos. Una tercera pulsación de la tecla “M” retornará el sistema al modo normal de visualización de hora y temperatura. Como en el caso anterior, la no introducción de cuatro dígitos válidos mantendrá la hora inalterada.

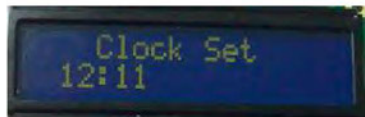


Fig. 6 Programación de Hora

III. IMPLEMENTACIÓN

Se dispone de dos dispositivos interconectados, llamados nodo A y nodo B, que mediante el SOTR se intercambian información a través del protocolo de comunicaciones CAN. El nodo A se encarga de la gestión de interfaz de usuario y el nodo B de la gestión del reloj, la alarma y temperatura.

A. Configuración CAN

Es evidente que si se debe realizar una comunicación entre diferentes nodos, éstos deben utilizar una configuración del canal (tipo de trama, formato de trama, tiempo de bit) idéntico. En cuanto al tiempo de bit se ha configurado el canal de tal forma que:

$$t_{\text{SYNCSEG}} = 1 T_Q \quad (1)$$

$$t_{\text{TSEG1}} = 6 T_Q \quad (2)$$

$$t_{\text{TSEG2}} = 3 T_Q \quad (3)$$

$$SJW = 3 T_Q \quad (4)$$

El modulo CAN tiene 3 buffers de recepción. No obstante, uno de los buffers de recepción se dedica continuamente a escuchar el bus en espera de mensajes entrantes (MAB). Durante todo el desarrollo únicamente se utiliza el búfer de recepción RXB1, así forzamos a que todos los mensajes sean cargados en un solo búfer de recepción para tener un mayor control e indicamos que el búfer RXB0 está lleno tras cada interrupción. Adoptamos pues una filosofía de funcionamiento de tipo BasicCAN, con un único buzón con una máscara y varios filtros.

Configurando el bit RX1IE = 1 se generará una interrupción cuando se reciba un mensaje. Una vez un mensaje válido ha sido recibido por el MAB, el campo de identificación del mensaje es comparado, primeramente con la máscara, y si es válido, es comparado posteriormente con los valores de los filtros. Si hay una coincidencia, ese mensaje será cargado en el búfer de recepción RXB1.

El contenido del mensaje queda determinado únicamente por su identificador CAN, teniendo en cuenta que cuanto más bajo es el identificador del mensaje mayor prioridad tiene.

Por último se han definido dos máscaras de aceptación de mensajes, una para cada nodo (0x7FC nodo A y 0x7EC nodo B). La interrupción CAN se encarga de gestionar la recepción de mensajes, una vez aceptados, es el SOTR quien se encarga de gestionar el evento.

B. Tareas

Cada tarea tiene asignada una prioridad estática, es decir, que no cambia durante la ejecución de la tarea. En este caso, la asignación de prioridades está determinada por la importancia de cada tarea. Las tareas ejecutadas por un tipo de nodo diferirán de las tareas ejecutadas por el otro tipo de nodos.

Es importante remarcar que el sistema operativo utilizado en la práctica se ha empleado con una licencia de estudiante que sólo permite la definición de tres tareas por cada nodo. A continuación se describe el nombre, el tipo de nodo en que se ejecuta cada una y una breve descripción de la misma:

1) DisplayBuzz, nodo A:

Es la tarea con mayor prioridad del nodo A. Tiene la prioridad mayor ya que se encarga de actualizar los datos de la pantalla LCD cada 0,5 segundos. En primer lugar inicializa los datos de la pantalla con la información almacenada en el nodo B, mediante la función transmetreRemota(). La tarea solo puede recibir dos tipos de mensajes, el disparo de la alarma desde la interrupción CAN y la actualización de la temperatura y hora desde la tarea GestionCAN() (los segundos se muestran con el parpadeo del carácter “:”).

Tras recibir un mensaje de disparo alarma se activa el buzzer y cabe la posibilidad de detectar que se ha pulsado la tecla “S”, en este caso, se transmitirá una trama de tipo 0x000 mediante la función transmetreRemotaStop() y en consecuencia el nodo B dejara de transmitir disparos de alarma.

2) *Settings, nodo A:*

Es la tarea con menor prioridad del nodo A. Se dispara tras la pulsación de la tecla "M". Inicialmente solicita al nodo B los datos actuales de la hora, alarma y estado de alarma mediante una llamada a la función `transmettreRemota()`.

Se encarga de la gestión de configuración de la alarma mediante la lectura por teclado de los datos introducidos por el usuario. El feedback se puede observar por la pantalla LCD.

Posteriormente se transmiten los nuevos datos al nodo B mediante la función `transmettreNormal()` usando los identificadores 0x010 y 0x011. El primero se transmite en caso de haberse modificado la alarma, el segundo en caso de haberse modificado la hora. Durante el proceso es posible cambiar el estado de activación de la alarma, mediante la función `transmettreSetAlarm()`.

3) *GestionCAN, nodos A y B:*

Se encarga de la recepción de mensajes CAN de los dos tipos de nodos. Es la tarea receptora de mayor número de mensajes por parte del sistema operativo SALVO y desde ella se envían mediante la función `transmettreNormal()` los mensajes CAN tipo 0x002 de actualización de hora, alarma y alarma activa como consecuencia de una inicialización, un cambio de hora, alarma o estado de alarma.

4) *Contador, nodo B:*

Es la tarea más importante y con mayor prioridad del nodo B, puesto que representa la tarea de reloj propiamente dicha. En primer lugar inicializa todos los nodos de tipo A enviando un mensaje de tipo 0x002 a la red CAN, mediante la función `transmettreNormal()`. Este comportamiento se realizará periódicamente coincidiendo con el cambio de hora o minuto.

Se encarga además, de realizar la conversión de la temperatura de A/D, dato que se transmite cada medio segundo mediante el envío de un mensaje de tipo 0x001 usando la función `transmettreNormal()`.

5) *Alarma, nodo B:*

Es la tarea con menor prioridad del nodo B. Se encarga de verificar si la hora programada como alarma coincide con la hora actual del reloj y si la variable `alarmaActiva` vale 1. En ese caso se envía un mensaje de tipo 0x003 mediante la función `transmettreNormal()`. Este comportamiento se repetirá periódicamente hasta que cambie la hora o se reciba un mensaje de tipo 0x000.

C. *Comunicaciones CAN (Nivel de aplicación)*

La recepción de mensajes CAN se realiza por interrupciones. Una vez recibido un mensaje válido, el servicio de interrupción se encargará de procesarlo y generar un mensaje a la tarea correspondiente (`GestionCAN` o `DisplayBuzz`), o bien actualizará las variables globales `hora`, `minuto`, `alarmaHora`, `alarmaMinuto` y `alarmaActiva`.

Por lo que respecta a la transmisión de mensajes se han implementado cuatro funciones diferenciadas según el tipo de información a transmitir. Las diferentes funciones son:

1) *transmettreNormal:* Transmisión de un mensaje CAN de tamaño e identificador indicados.

2) *transmettreRemota:* Mensaje con identificador 0x012 transmitido por parte de un nodo de tipo A, solicitando información para la inicialización o para la actualización de datos. Este mensaje es consecuencia de la inicialización o de un cambio de hora o alarma. Implica una respuesta por parte del nodo B de una trama de tipo 0x002.

3) *transmettreRemotaStop:* Mensaje con identificador 0x000 transmitido por parte de un nodo de tipo A, solicitando el cese de transmisión de mensajes de alarma 0x003 desde el nodo B.

4) *transmettreSetAlarm:* Mensaje con identificador 0x013 transmitido por parte del nodo A, que indica el estado en que debe quedar la alarma (on/off). Implica una respuesta por parte del nodo B de una trama de tipo 0x002.

TABLA I
FORMATO DE MENSAJES CAN

Ident.	Bytes	Contenido
0x000	0	(No contiene datos)
0x001	1	Temperatura
0x002	5	Hora, Alarma, Estado Activación Alarma
0x003	0	No contiene datos
0x010	2	Valor de Alarma
0x011	2	Valor de Hora
0x012	0	(No contiene datos)
0x013	1	Estado Activación Alarma

D. *Interrupciones y Hardware*

Los retardos empleados en las tareas que se ejecutan bajo SALVO, se logran mediante la llamada a la función `OS_Delay`. Si bien, debido a la implementación propia del sistema operativo, ha sido necesario programar un timer en el hardware del `dsPIC` con un periodo de 250ms, que realiza una llamada a la función `OSTimer` del SALVO.

Para la gestión del teclado, se ha programado una interrupción mediante un timer que se dispara cada 100ms, también a nivel de hardware, que se encarga de leer la tecla pulsada, almacenar su valor en la variable global `'Ilegit_teclat'` y de actualizar el valor de la variable también global `'tecla_pitjada'` a uno si se esta pulsando una tecla o a cero en caso contrario.

Dado que el LCD es un recurso compartido, cabe pensar que debe estar controlado su uso para evitar conflictos entre tareas concurrentes, `DisplayBuzz` y `Settings` en este caso. El motivo de la no gestión del LCD como recurso compartido es que el SALVO es un sistema operativo apropiativo y que ambas tareas han sido programada de tal forma que no devuelven el control a la CPU hasta que se ha finalizado el uso del LCD, por tanto una y solo una de ellas accederá al recurso a la vez.

También cabe añadir que para conservar la consistencia de datos del sistema, las variables `hora`, `minuto`, `alarmaHora`, `alarmaMinuto` y `alarmaActiva` se actualizan dentro de la rutina de servicio de la interrupción CAN justo en el momento de la recepción de un mensaje de tipo 0x002, puesto que si se actualizasen dichos valores en la tarea `GestionCAN`, como

sería lo más lógico, la tarea Settings no actualizaría sus datos tras una petición de transmetreRemota, debido a la forma en que la tarea Settings ha sido diseñada, mencionada en el párrafo anterior.

Derivado del hecho de que se actualicen de los valores de las variables mencionadas en el párrafo anterior dentro de una rutina de servicio de interrupción, surge la posibilidad de la recepción consecutiva de un mensaje CAN de tipo 0x002 y otro de tipo 0x001, provocando en el peor de los casos, la modificación de dichas variables durante el proceso de salida por pantalla, en la tarea DisplayBuzz. Para evitarlo, si la tarea Contador envía un mensaje de tipo 0x002 debido a un cambio de hora o minuto, no se enviara el correspondiente 0x001, evitando así dicho solapamiento.

Dado que el servicio de interrupción del teclado es lento y puede interferir al correcto funcionamiento de las funciones de salida de datos por LCD, haciendo aparecer caracteres incorrectos, se ha añadido una variable global inhibe teclado que impide la ejecución del dicho código en caso de estar ejecutándose la tarea DisplayBuzz y estar ésta realizando llamadas a alguna de las funciones de las librerías de acceso al LCD empleadas.

E. Mensajes entre Tareas

Para la comunicación entre tareas se ha optado por el intercambio de mensajes vía SALVO. Se han definido dos tipos de mensajes: los mensajes para las comunicaciones con el CAN (MENSAJE OSECBP) y los mensajes relacionados con el LCD y disparo del buzzer (LCD OSECBP). A continuación se describen los tipos de mensajes entre tareas, así como las tareas que implican:

- 1) 'B': El carácter 'B' se utiliza para indicar que se debe actualizar la pantalla LCD, mostrando el parpadeo de medio segundo y la temperatura. La tarea GestionCAN() envía el mensaje 'B' a DisplayBuzz().
- 2) 'D': El carácter 'D' se utiliza para disparar la alarma. Desde la interrupción del CAN se envía el mensaje 'D' a DisplayBuzz().
- 3) 'A': El carácter 'A' se utiliza para programar la hora de la alarma. Desde la interrupción CAN y la tarea GestionCAN() se transmite y se recibe el mensaje 'A'.
- 4) 'H': El carácter 'H' se utiliza para programar la hora del reloj. Desde la interrupción CAN y la tarea GestionCAN() se transmite y se recibe el mensaje 'H'.
- 5) 'T': El carácter 'T' se utiliza para solicitar esporádicamente la hora y temperatura a través de GestionCAN().
- 6) 'K': El carácter 'K' se utiliza para modificar el estado de la alarma en cualquier momento a través de la tarea GestionCAN().

La transmisión y recepción de mensajes entre tareas de un mismo nodo se realiza mediante las funciones del sistema operativo OSSignalMsg y OS_WaitMsg, respectivamente.

IV. CONCLUSIONES

Estamos satisfechos con el resultado obtenido ya que inicialmente se planteó el diseño para dos únicos nodos (display y servidor de tiempo) y se ha conseguido adaptar para tener múltiples nodos A con un solo servidor de tiempo.

Durante la asignación de prioridades de las tareas del SOTR tuvimos ciertas dificultades con la transmisión y recepción de mensajes CAN. Tuvimos que rehacer las prioridades de los tipos de mensajes CAN según su importancia.

Debemos también comentar los continuos problemas de las placas debido a la modificación de los timers internos del dsPIC. Dichos problemas reducían muy notablemente la velocidad de las placas y producían errores continuos en nuestros programas.

Una posible aplicación en el mundo real de este sistema podría ser la distribución a lo largo de diferentes estancias (separadas entre ellas una distancia no superior a la permitida por el tiempo de bit del bus CAN) de terminales reloj-alarma (nodos A). Incluso sería posible ampliar el tipo de alarmas de una manera sencilla para señalar eventos esporádicos, como emergencias, u otros eventos periódicos. Otra aplicación podría ser la distribución de la hora y la temperatura y otros posibles parámetros de interés en un vehículo o medio de transporte, lo cual se haría inhibiendo la programación de la alarma por parte de los nodos A normales, y permitiendo que únicamente un nodo A especial pudiera programarla o dispararla al llegar a un destino o momento interesante.

AGRADECIMIENTOS

Esta asignatura ha sido impartida por los profesores Guillermo Rodríguez-Navas González y Julián Proenza Arenas.

REFERENCIAS

- [1] A. Burns, A. Wellings. *Sistemas de Tiempo Real y Lenguajes de Programación*, AddisonWesley, 2003
- [2] (1999-2008) Pumpkin, Inc. Home of Salvo™. The RTOS that runs in tiny places. [Online]. Available: <http://www.pumpkininc.com/>
- [3] *DsPIC30F4011/4012 Data Sheet, High Performance, Digital Signal Controllers*, Microship Technology In 2005.
- [4] (2008) Ingenia Motion Control Solutions, digital servo drives and software for high precision brushless and DC. [Online]. Available: <http://www.ingenia-cat.com/>
- [5] (1979 - 2008) Ingenia ICM4011 dsPIC [Online]. Available: <http://www.phaedsys.com/principals/ingenia/inicm4011.html>
- [6] (1979 - 2008) UIB-PC104 Development Kit for DsPIC modules [Online]. Available: <http://www.phaedsys.com/principals/ingenia/inuibpc104.html>

Práctica realizada en la asignatura *Sistemas Encastats*.

Profesores: Julián Proenza y Guillermo Rodríguez-Navas.

Miguel Rossello Reinés. Estudiante de la titulación de Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas en la Universitat de les Illes Balears (UIB).

Bernat Mayol March. Estudiante de la titulación de Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas en la Universitat de les Illes Balears (UIB). Trabaja actualmente en Informallorca S.L, empresa dedicada al sector turístico.

Treballs de Recerca



Sistema Estereoscòpic de Baix Cost

Víctor Blanch Vicens, Antoni Jaume-i-Capó

Enginyeria en Informàtica

Resum— El present treball mostra el procés d'investigació portat a terme per tal de desenvolupar un sistema binocular de baix cost capaç de realitzar captura estereoscòpica. S'analitzen els requeriments necessaris per a portar a terme el projecte, així com el procés de disseny i construcció d'un prototipus, tant en les vessants del software com del hardware. A continuació s'introdueix el concepte de correspondència estèreo i la seva aplicació en forma d'algoritmes dins l'àmbit del dispositiu. Finalment, es mostren i s'analitzen els resultats obtinguts.

I. INTRODUCCIÓ

En el mercat existeixen dispositius capaços de realitzar captura estereoscòpica. Tot i això, aquests acostumen a tenir un preu molt elevat. Aquest factor dificulta l'experimentació i utilització d'aquesta mena de sistemes. El principal objectiu del present projecte és donar resposta a aquest problema, proposant una solució basada en el desenvolupament d'un dispositiu de baix cost fent servir webcams, capaç de portar a terme la captura d'imatges i el seu processament posterior. Es fa servir com a sistema de referència el model BumbleBee 2 de Point Grey Research [1], mostrat a la figura 1.



Fig. 1 Sistema BumbleBee de Point Grey Research.

Els principals objectius del projecte són:

- Identificar dispositius de captura de baix cost.
- Anàlisi, disseny i construcció del prototipus.
- Transformació de coordenades de 2D a 3D i a la inversa.
- Estudi i implementació d'algoritmes de correspondència estèreo.
- Desenvolupament d'una API d'estereovisió per operar el sistema.
- Desenvolupament d'un programa de prova.

II. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Resulta necessari definir clarament quines són les característiques desitjables del software i del hardware que s'ha de desenvolupar per al projecte. Per tal de fer-ho, es

defineixen els requeriments que ha de complir el sistema. Un cop fet això, és possible adquirir els elements necessaris per a la construcció del prototipus, i l'inici del desenvolupament del software associat.

A. Requeriments del Sistema

Les imatges capturades han de tenir una certa qualitat. Per això es defineix una grandària d'imatge de com a mínim 320x240 píxels. La velocitat de captura mínima és de 30 quadres per segon, ja que segons Boulic et al. [2], aquest és el mínim a un sistema d'estereovisió en temps real per tal d'oferir resultats prou bons. La codificació de les imatges ha de ser RGB, per tal de fer-les més fàcils manipular.

Com que es tracta d'un dispositiu de baix cost, el preu dels components és un factor important a tenir en compte. S'ha de vigilar especialment la relació qualitat/preu dels dispositius de captura adquirits. Tenint en compte que el sistema de referència BumbleBee2 té un preu aproximat de 1212€, es fixa un pressupost màxim per al projecte de 200€, el qual ha d'ésser suficient per a portar-lo a terme.

B. Sincronització

La sincronització d'un sistema estereoscòpic consisteix en la captura de les dues imatges amb la distància temporal més petita possible. D'aquest temps dependrà la qualitat dels resultats obtinguts posteriorment. Existeixen diverses opcions a tenir en compte a l'hora de realitzar-la.

1) *Sincronització per Software*: La sincronització basada en software consisteix en la captura de dues imatges tan properes en el temps com sigui possible [3]. La distància temporal entre imatges és de $1/f$ segons, essent f la quantitat de quadres per segon a la qual és capaç d'arribar el dispositiu de captura en qüestió. Destaca per la seva senzillesa, ja que no requereix hardware addicional, però la seva qualitat depèn de la velocitat de captura de les càmeres utilitzades.

2) *Sincronització per Hardware*: Existeixen diverses alternatives dins aquest àmbit:

- Sincronització per controladora USB: consistiria en modificar una controladora USB amb la intenció de manipular el moment de captura de les dues imatges.
- Genlock: Sistema implementat en diferents dispositius de captura comercials, basats en la interconnexió dels dos dispositius mitjançant un cable, que envia un senyal de sincronisme d'un a l'altre, com indica Meijer [4].
- Interconnexió de càmeres: Fent servir els esquemes de la circuiteria interna dels dispositius de captura, es tracta

d'enviar els senyals de sincronisme des d'un d'ells a l'altre, amb la finalitat d'anul·lar els senyals propis d'aquest i substituir-los pels entrants.

C. Disseny de l'Arquitectura

Els principals problemes a resoldre en quant a l'arquitectura del sistema són dos: la selecció de les càmeres a fer servir i la selecció del tipus de sincronització entre elles.

En quant a les càmeres, després de fer un estudi de mercat, s'arriba a la conclusió que les webcams són dispositius adients per al projecte, pel seu baix cost i la qualitat que han arribat a assolir en els darrers anys. Dins del mercat d'aquest tipus de càmeres, Philips [5] és la marca que fabrica els millors dispositius de captura per al projecte.

D'entre els models que fabrica la marca, es fa recomanable adquirir el model SPC900NC per diverses raons. És capaç d'arribar als 90 quadres per segon, i a més hi ha molta informació a Internet sobre modificacions, circuits i òptica del model, cosa que facilita en part la manipulació i identificació del seu hardware. Gràcies a això, es coneix el circuit integrat intern, i es poden trobar explicacions detallades sobre maneres de modificar el seu sincronisme.

S'ha de prendre una decisió respecte de l'alternativa a triar per tal de portar a terme el sincronisme entre les captures d'imatge. Amb aquest objectiu, s'han estudiat les possibilitats que ofereix el dispositiu, i analitzat detalladament els avantatges i desavantatges de cadascuna de les opcions possibles per tal d'escollir la millor.

La sincronització per hardware és sempre preferible, ja que no requereix intervenció del processador del sistema base, i s'executa sobre el propi hardware de la càmera. Per tant és molt més eficient i ràpida que els mètodes basats en software, ja que la distància temporal entre les imatges resulta molt petita. Tot i aquests avantatges, es descarta aquesta mena de sincronització per diverses raons. Per una banda, tant el mètode de sincronització mitjançant una controladora USB, com el d'interconnexió de les dues càmeres per mitjà de seus circuits interns, resulten arriscats, i són necessaris coneixements avançats d'electrònica per portar-los a terme. A més les càmeres només permeten l'entrada d'un senyal de sincronització vertical, que indica quan s'ha d'actualitzar la imatge del *buffer*, però no horitzontal, que té la funció d'indicar quan s'ha de capturar una nova línia d'imatge. La falta d'aquest senyal produeix nombroses distorsions. Finalment, donat que les càmeres no disposen de sistema Genlock, tampoc resulta possible sincronitzar amb aquesta tècnica.

Donades les limitacions exposades, s'opta per un model de sincronització per software, mostrat a la figura 2, i basat en la captura de les dues imatges més properes en el temps. Fent servir aquest mètode, en el millor dels casos s'obté una distància temporal entre imatges de 1/90 quadres per segon, és a dir, 0.011 segons. Suposant que les càmeres superen els 30 quadres per segon com a mínim, la distància temporal màxima és de 1/30 segons, és a dir, 0.033 segons, el qual resulta acceptable segons els requeriments de qualitat fixats per al projecte.

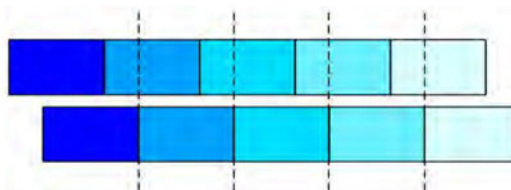


Fig. 2 Il·lustració de la sincronització de captures basada en software.

III. SISTEMA BINOCULAR

Un cop definida l'arquitectura, es passa a la següent fase de desenvolupament del projecte. Aquesta etapa engloba tant el procés de construcció del sistema, com l'especificació del funcionament de les operacions bàsiques que haurà de portar a terme el prototipus mitjançant una llibreria, desenvolupada especialment per a tasques d'estereovisió.

A. Construcció

El sistema posseïx una base sobre la qual se situen les dues càmeres. La distància entre els dos dispositius és de 120 mm, similar a l'existent en el sistema BumbleBee2, la qual permet una apreciació de la profunditat similar a la que té un ésser humà. Per altra banda es decideix que la base sigui de 170 mm, suficient per a sostenir-les separades per la distància descrita anteriorment. Aquesta configuració es pot apreciar a la figura 3, i el resultat del procés de construcció es pot observar a la figura 4.

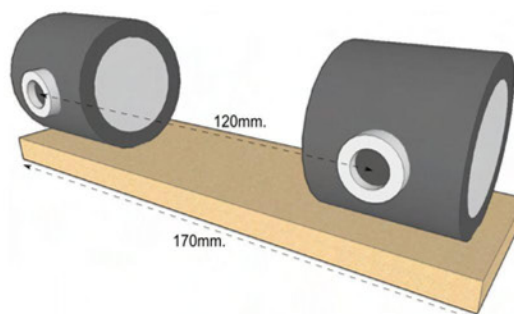


Fig. 3 Disseny en 3D del prototipus on es mostren les distàncies proposades.



Fig. 4 Resultat final del procés de construcció.

B. Captura d'Imatge

En primer lloc és necessari un petit calibratge del sistema, comprovant que les distàncies són correctes i els eixos òptics

es troben completament alineats i en paral·lel. D'aquesta manera es facilita el processament estereoscòpic de les imatges, així com les equacions matemàtiques subjacents que fan possible l'obtenció de bons resultats.

La figura 5 mostra com per tal d'accedir a les imatges capturades per les webcams, es fa servir la llibreria OpenCV [6]. A més, sobre aquesta es construeix una llibreria de programació, anomenada SVAPI (*Stereo Vision Application Programming Interface*), que fa d'interfície entre les aplicacions i OpenCV, facilitant la programació i el processament de les imatges.

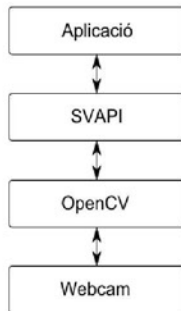


Fig. 5 Etapes del procés de captura.

C. Projectió i Reconstrucció de Coordenades del Món

El model de càmera *pinhole* que segueixen les càmeres es basa en el pas de la llum a través d'un petit orifici, i defineix matemàticament la projecció d'un punt del món sobre la imatge. La imatge projectada obtinguda apareix girada verticalment, i quan més petit és el forat o *pinhole*, major resulta la seva definició. Per tal de poder transformar coordenades entre imatge i món, cal conèixer els seus fonaments matemàtics.

Consideri's la configuració òptica de la figura 6, representant el sistema binocular que segueix el model estàndard descrit per Iocchi [7]. Es pot apreciar com un punt P del món es projecta sobre el pla de projecció, el qual es troba separat de la lent per una distància anomenada focal. Suposant els eixos òptics en paral·lel, s'aprecia com la coordenada x de la projecció és la distància entre el punt projectat i el centre de la lent de la càmera corresponent. Aquest resultat es pot extrapolar a la coordenada y de la projecció.

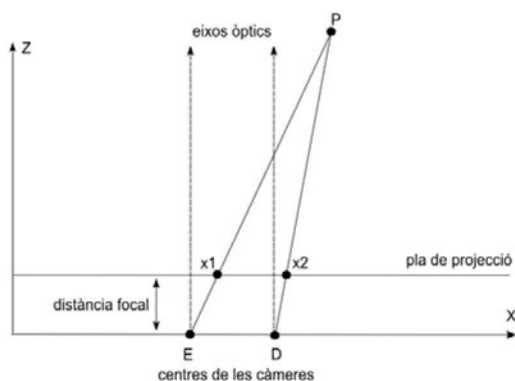


Fig. 6 Projeccions d'un punt sobre el pla de projecció del dispositiu binocular.

Per tal de transformar les coordenades, és necessari aplicar les fórmules del model *pinhole*. Les restriccions del sistema binocular, amb els eixos òptics paral·lels i les càmeres alineades, simplifiquen molt les equacions necessàries, i a més fan que el component a l'eix Y de les dues projeccions 2D resulti ser el mateix. Aleshores, la transformació de coordenades imatge-món s'expressa així:

$$\begin{aligned} z_w &= (b * f) / (x1 - x2) \\ x_w &= x1 * z_w / f \\ y_w &= y * z_w / f \end{aligned} \quad (1)$$

essent (x_w, y_w, z_w) les coordenades del punt reconstruït en 3D, b la distància entre els centres de les càmeres, f la distància focal, i $(x1, y)$, $(x2, y)$ les coordenades de les projeccions de P sobre els plans de projecció de les càmeres.

Conegudes aquestes equacions, realitzar el pas invers resulta senzill. Es tracta d'aïllar els termes que interessin de les equacions anteriors, de manera que la transformació de coordenades món-imatge es pot expressar com:

$$\begin{aligned} y &= y_w * f / z_w \\ x1 &= x_w * f / z_w \\ x2 &= x1 - (b * f / z_w) \end{aligned} \quad (2)$$

on les diferents variables tenen el mateix significat que en l'equació 1.

IV. CORRESPONDÈNCIA

Amb el sistema binocular muntat i correctament configurat, és el moment de passar a realitzar la captura de les imatges estereoscòpiques i portar a terme l'anàlisi d'aquestes, per així extreure'n tota la informació 3D de l'escena que sigui possible mitjançant la llibreria desenvolupada per al projecte.

A. Correspondència Estèreo

La correspondència estèreo consisteix en comparar dues imatges amb l'objectiu d'obtenir un mapa de disparitat, que indica la distància entre un punt d'una imatge i el seu homòleg a l'altra. Aquesta representació se sol fer mitjançant una imatge en escala de grisos, de manera que el nivell de disparitat de cada píxel està representat pel seu nivell de gris. Una disparitat major suposa un color més clar, mentre que una menor disparitat representa el contrari. Per tal de generar-la, es duu a terme un procés de *matching* o comparació, que consisteix en cercar, per a cada píxel d'una de les imatges, el píxel corresponent a l'altra.

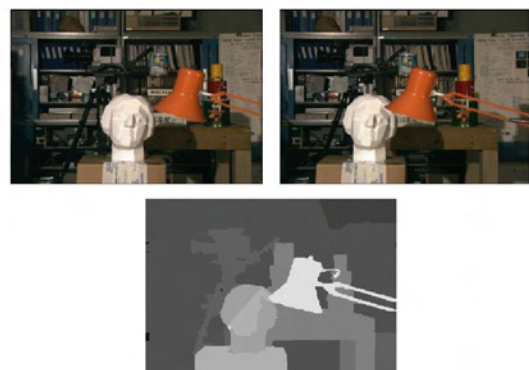


Fig. 7 Exemple de parell estereoscòpic i resultat mitjançant *matching*.

Aplicada a un parell d'imatges estereoscòpiques, la correspondència indica la distància dels objectes de l'escena respecte del sistema de captura. La figura 7 mostra com a partir d'un parell d'imatges estereoscòpiques i el corresponent processament, es pot obtenir aquest mapa, on els objectes més propers apareixen en un color més clar que els llunyans.

Existeixen diversos enfocaments de la disparitat. En aquest projecte s'utilitza el de la correspondència densa, basat en comparar àrees de píxels, contraposat al de correspondència dispersa, basat en comparar contorns o altres característiques distintives de l'escena.

B. Algoritmes Utilitzats

Es fan servir tres algoritmes de disparitat en el present projecte. Aquests algoritmes són:

3) *Birchfield-Tomasi*: Aquest algoritme [8] es troba implementat a OpenCV, la qual cosa facilita la seva utilització. Es basa en realitzar comparacions entre *scanlines* de les dues imatges dins la mateixa línia epipolar. Fa servir programació dinàmica, i es tracta d'un algoritme molt ràpid del qual s'obtenen bons resultats, tot i que produeix cert renou horitzontal.

4) *Finestra amb SAD*: L'algoritme de finestra compara regions rectangulars de píxels, anomenades finestres, d'una imatge per a cada píxel de l'altra, tal i com descriu Kuhl [9]. Per realitzar aquesta comparació es fa servir el criteri SAD (*Sum of Absolute Differences*), consistent en la suma de les diferències absolutes entre dues finestres de píxels:

$$SAD(f, g)_{i,j,w,h,d} = \sum |f(k, l) - g(k+d, l)| \quad (3)$$

$$\forall k \in [i-w/2, i+w/2],$$

$$l \in [j-h/2, j+h/2]$$

on (i, j) són les coordenades del píxel de referència de la finestra als eixos X i Y, f i g són la imatge esquerra i dreta, respectivament, i d és el desplaçament dins l'eix X de la finestra dreta respecte de l'esquerra. En darrer terme, w i h són l'amplada i l'alçada de la finestra, respectivament. Resulta ràpid i dona bons resultats amb imatges riques en textures, però s'obtenen mals resultats a les regions molt uniformes.

5) *Rectangular Subregioning amb CC*: Es basa en els treballs de Changming Sun [10]. Consisteix en dividir la imatge en subregions, de manera que es calcula la correspondència per a cadascuna d'elles. El criteri per a realitzar el procés de *matching* és la correlació creuada (*Cross Correlation*) expressada com:

$$C(i, j, d) = \frac{cov_{i,j,d}(f, g)}{\sqrt{var_{i,j,d}(f)} \cdot \sqrt{var_{i,j,d}(g)}} \quad (4)$$

on f i g són les imatges a tractar, (i, j) les coordenades del centre de la finestra o subregió, i d el desplaçament en píxels de la finestra a comparar respecte de la coordenada i . Per altra banda, $cov_{i,j,d}(f, g)$ és la covariància existent entre les dues finestres, $var_{i,j}$ la variància existent entre els píxels

dins la finestra de coordenades (i, j) , i essent $var_{i,j,d}$ la variància de la finestra situada a $(i+d, j)$. Aquest algoritme estalvia comparacions, però el procés de subdivisió resulta costós des del punt de vista computacional.

C. Comparativa

Es volen comparar els algoritmes de correspondència per tal de determinar quin d'ells resulta millor per a un sistema de temps real. Per fer-ho, es fa necessari definir un entorn de proves. En aquest cas, es tracta d'un PC de sobretaula amb processador Pentium IV a 2.4 GHz, i el parell d'imatges estereoscòpiques "Tsukuba", molt utilitzat en estereovisió per a la realització de comparacions entre algoritmes.

Comparar els resultats dels diferents algoritmes, així com els seus temps d'execució, resulta molt difícil donada la diferent manera de calcular la disparitat i la dificultat per trobar un criteri que determini la correcció del resultat. A mode demostratiu, la taula I mostra els millors i pitjors resultats obtinguts per cadascun dels algoritmes estudiats en el transcurs de les proves realitzades dins aquest treball.

TAULA I
COMPARATIVA ENTRE ALGORITMES

Algoritme	Valor mínim	Valor màxim
Birchfield-Tomasi	137,5 ms	273,5 ms
Finestra + SAD	17,1 ms	20079,6 ms
RSR + CC	1178 ms	6308 ms

Un cop realitzada la comparació dels algoritmes variant diversos paràmetres, es conclou que els algoritmes de Birchfield-Tomasi i el de finestra amb SAD són els que tenen temps d'execució més adequats per a un sistema de temps real, essent capaços de calcular diversos mapes de disparitat per segon. Per tant, es fan servir aquests per a proves posteriors, quedant descartat l'algoritme RSR amb CC pel seu elevat cost.

V. RESULTATS

La darrera etapa a portar a terme en el desenvolupament del sistema estereoscòpic consisteix en la realització d'un conjunt de proves que permetin avaluar els resultats que es poden obtenir a partir del prototipus construït. Això implica analitzar totes les tasques que el sistema ha d'ésser capaç de realitzar. És necessari crear un programa específic capaç de comprovar tots aquests aspectes, i a més plantejar diversos jocs de prova que permetin obtenir, analitzar i comparar els resultats.

A. Aplicació DemoEstereo

Amb la finalitat de supervisar el funcionament del sistema binocular i de l'API desenvolupada per a realitzar el processament estereoscòpic, es crea una aplicació anomenada DemoEstereo, capaç de portar a terme tant la captura com el càlcul de la disparitat, així com de transformar punts del món a coordenades del dispositiu i viceversa. L'aplicació reconstrueix l'escena en 3D, facilitant a l'usuari l'observació de la correspondència estereo.

El programa, mostrat a la figura 8, es troba escrit en el llenguatge C++, i fa servir la llibreria GTK+ per a implementar la interfície d'usuari. A més, l'aplicació utilitza la llibreria OpenGL per a portar a terme la reconstrucció 3D de l'escena processada. El codi font de l'aplicació està, com l'API, sota la llicència GPL, el qual permet la seva lliure distribució. L'entorn de programació utilitzat per a desenvolupar l'aplicació és Dev-C++, i es porta a terme sota el sistema operatiu Windows XP.

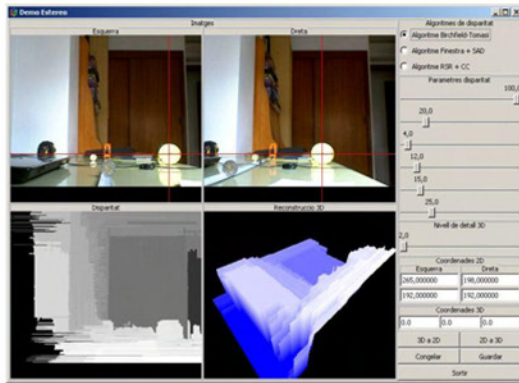


Fig. 8 Captura de pantalla de l'aplicació DemoEstereo.

B. Jocs de Prova

Amb la finalitat de provar la capacitat del sistema per a reconstruir coordenades 3D i calcular la correspondència estèreo, es munta una escena senzilla sense elements mòbils. Dins aquesta escena, les posicions respectives de diferents punts són mesurades prèviament. Així es podrà comprovar fins a quin punt és correcta la distància calculada pel sistema.



Fig. 9 Escena estereoscòpica utilitzada per a la prova estàtica.

A l'escena es mostra una habitació i una taula, sobre la qual es troben situats diversos objectes col·locats a profunditats diferents. Per facilitar el càlcul de les distàncies, tres dels elements són cintes mètriques que indiquen amb precisió les distàncies existents respecte de la càmera i entre elles mateixes. A més, també hi ha altres elements, com diversos mobles o dues monedes, i s'hi troben objectes llunyans com diferents armaris i portes, que permeten avaluar el rendiment de l'aplicació a distàncies més grans. La figura 9 mostra el parell estèreo utilitzat, així com els diferents objectes dels quals s'han mesurat les distàncies, assignant un número identificable a cadascun d'ells.

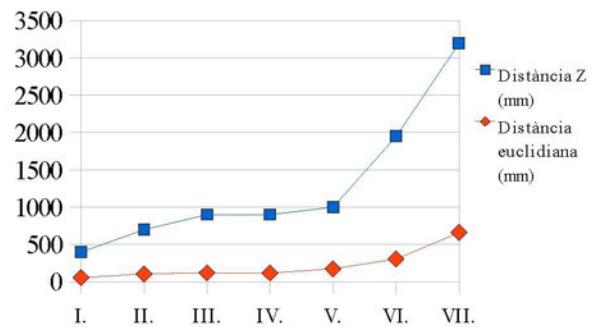


Fig. 10 Resultats de la prova de reconstrucció de coordenades.

La figura 10 mostra una gràfica on es compara la profunditat del punt amb la distància euclidiana existent entre les coordenades calculades (reconstruïdes) i reals. Als resultats obtinguts s'observa un increment de l'error a mida que els punts són més llunyans, indicant que el càlcul a distàncies grans resulta menys precís. Això passa també amb sistemes de visió biològics, com el dels éssers humans, essent més difícil apreciar la profunditat d'objectes allunyats.

Un cop feta la prova de la reconstrucció de coordenades, es passa a provar els algorismes de disparitat. En primer lloc, es fa servir l'algorisme de Birchfield i Tomasi, fent servir aquells paràmetres capaços de realitzar el càlcul de la correspondència 4 cops per segon. Els resultats obtinguts per aquest algorisme es mostren a la figura 11.

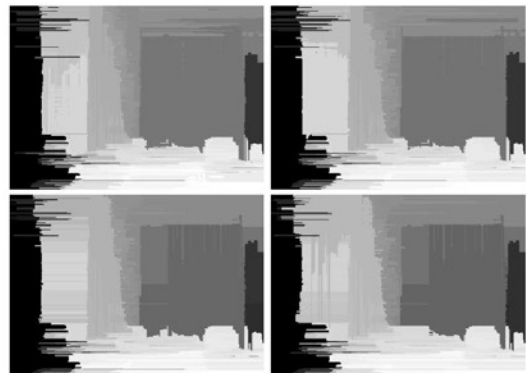


Fig. 11 Resultats de l'algorisme de Birchfield i Tomasi.

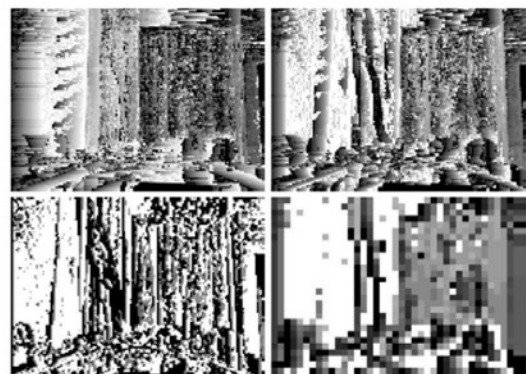


Fig. 12 Resultats de l'algorisme de finestra amb SAD.

A continuació, és necessari posar a prova l'altre algoritme de correspondència candidat. Els resultats obtinguts a partir de l'algoritme de finestra amb SAD es mostren a la figura 12, fent servir també els paràmetres per a aquest algoritme capaços de mostrar 4 mapes de disparitat per segon.

Un cop comparats els resultats obtinguts amb els dos algoritmes, es considera millor aquell que, globalment, s'aproxima més a la realitat. Així doncs, el mapa de disparitat obtingut mitjançant l'algoritme de Birchfield i Tomasi presenta una major continuïtat en les àrees de gris calculades i un menor nivell de renou, és a dir, menys errors de càlcul expressats en forma de punts i zones de color blanc o negre. Aquest és, doncs, més recomanable a l'hora de calcular la correspondència estèreo mitjançant el dispositiu, i per tant es descarta l'algoritme de finestra amb SAD per a aquesta tasca.

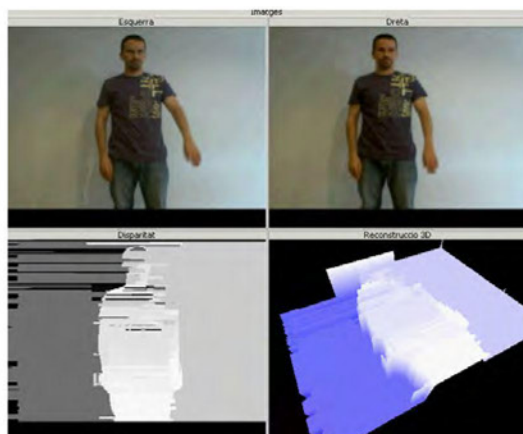


Fig. 13 Imatge de la prova amb una escena en moviment.

A continuació es duen a terme proves mitjançant una escena en moviment. L'algoritme utilitzat és el de Birchfield-Tomasi, fent servir els paràmetres que, d'entre aquells capaços de calcular 4 mapes de disparitat per segon, han donat mapes més precisos. Els resultats es mostren a la figura 13.

Dins d'aquest joc de prova es poden observar els mateixos problemes en els mapes de disparitat que amb els obtinguts mitjançant les proves amb imatges estàtiques. Es produeix renou vertical, però sobre tot horitzontal en forma de segments que no es corresponen amb la disparitat real, distorsionant el mapa i també la reconstrucció 3D. Es tracta d'un error típic de l'algoritme de Birchfield i Tomasi, que pot ésser compensat mitjançant el post-processament del mapa de correspondència, tenint el compte el cost d'aquesta operació.

VI. CONCLUSIONS

En finalitzar aquest projecte s'ha aconseguit desenvolupar un prototipus operatiu de sistema estereoscòpic capaç de realitzar la captura d'imatges, trobar la correspondència, reconstruir l'escena en 3D i fer la transformació de coordenades imatge-món i viceversa. A més, l'API d'estereovisió desenvolupada per a realitzar aquestes operacions és independent dels dispositius de captura utilitzats, i per tant resulta útil en sistemes binoculars diferents al mostrat.

Les principals dificultats trobades durant el projecte han estat la tria del model de càmera a fer servir i les limitacions del software utilitzat per fer la captura, poc preparat per realitzar captures simultànies amb dos dispositius.

Aquest treball obre possibilitats per a nous projectes d'investigació, principalment en dues vessants:

- Experimentació amb millors models de càmera, com el recentment aparegut Minoru de Novo, cosa que permetrà millorar la qualitat dels resultats mitjançant una millor sincronització i una major velocitat de captura.
- Millores en el software emprat pel sistema, especialment dels algoritmes de correspondència i de la llibreria OpenCV, així com l'ampliació i optimització de l'API desenvolupada. Això permetrà obtenir mapes de correspondència i transformacions de coordenades de major precisió.

REFERÈNCIES

- [1] (2008) Point Grey Research Inc. [Online]. Disponible: <http://www.ptgrey.com>.
- [2] R. Boulic, J. Varona, L. Unzueta, M. Peinado, A. Suescun, F. Perales. Evaluation of on-line analytic and numeric inverse kinematics approaches driven by partial vision input, *Virtual Reality*, 2006.
- [3] S. M. Szymczyk (2006). *Webcam Synchronization* [Online]. Disponible: <http://cogville.cog-lab.com>.
- [4] P. Meijer (1996). *Stereoscopic vision for the blind* [Online]. High Tech Campus, E.A. Eindhoven. Disponible: <http://www.seeingwithsound.com/binocular.htm>.
- [5] (2008) Royal Philips [Online]. Disponible: <http://www.philips.com>.
- [6] Intel, *OpenCV: Open Source Computer Vision Library* [Online]. Disponible: <http://www.intel.com/technology/computing/opencv/>.
- [7] L. Iocchi (1998). *Stereo Vision: Triangulation* [Online]. Università di Roma "La Sapienza". Disponible: <http://www.dis.uniroma1.it/~iocchi/stereo/triang.html>.
- [8] S. Birchfield, C. Tomasi (1999). *Depth Discontinuities by Pixel-to-Pixel Stereo*. Department of Computer Science, Stanford University. Disponible: http://www.ces.clemson.edu/~stb/publications/p2p_ijcv1999.pdf.
- [9] A. Kuhl (2005). *Comparison of Stereo Matching Algorithms for Mobile Robots*. The University of Western Australia Faculty of Engineering, Computing and Mathematics. Disponible: <http://robotics.ee.uwa.edu.au/theses/2005-Stereo-Kuhl.pdf>.
- [10] C. Sun (2002). *Fast Stereo Matching Using Rectangular Subregioning and 3D Maximum-Surface Techniques*. CSIRO Mathematical and Information Sciences. Disponible: <http://extra.cmis.csiro.au/IA/chang/docsun02ijcv.pdf>.



Víctor Blanch Vicens (Palma de Mallorca, 1981). victor.blanch.v@gmail.com. Enginyer en Informàtica per la UIB, actualment treballa com a tècnic a la Unitat de Gràfics i Visió per Ordinador, i Intel·ligència Artificial de la mateixa universitat.



Antoni Jaume i Capó (Santa Maria del Camí, 1979). antoni.jaume@uib.es. Enginyer en Informàtica i professor del Departament de Ciències Matemàtiques i Informàtica a la Universitat de les Illes Balears. Realitza la seva tasca de recerca a la Unitat de Gràfics i Visió per Ordinador, i Intel·ligència Artificial.

Programa d'aplicació i desenvolupament de les llibreries de control del sistema ZIMO

Andreu Fiol Salom

P.F.C. d'Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en Electrònica Industrial

Resum— El present article donarà a conèixer la feina realitzada en l'execució del projecte de fi de carrera. Aquest consisteix en crear unes llibreries de control que ens permetin interactuar amb unes maquetes de modelisme ferroviari de l'empresa ZIMO. D'aquesta manera es podrà tenir un control total sobre una maqueta des de un PC amb l'ajuda de la llibreria i a la vegada demostrar que es poden automatitzar tasques amb aquest material.

I. INTRODUCCIÓ

Aquest projecte neix a partir d'un conveni de col·laboració amb el departament de física per a l'estudi d'una possible aplicació sobre el control d'elements guiats sobre rails. La maquinari que s'ha utilitzat per al control dels elements es de la empresa ZIMO. Per tant, els objectius inicials del projecte son dos:

- Crear una llibreria que funcioni com a controladors de maquinari ZIMO i així poder controlar des de un PC, mitjançant el port sèrie, una maqueta de trens amb material ZIMO.
- Desenvolupar una aplicació exemple senzilla capaç de controlar una maqueta de trens amb maquinari ZIMO utilitzant la llibreria creada. També demostrar la possibilitat d'automatitzar unes tasques determinades sobre la maqueta.

II. ZIMO

A partir de la meitat dels anys 90 es comencen a popularitzar els sistemes de controls de maquetes de trens basats en l'electrònica i actualment s'utilitzen microcontroladors. Aquest sistema s'ha normalitzat en gran mesura gràcies a la NRMA (Associació nord Americana de maquetes de tren). Els sistemes normalitzats reben el nom genèric de DCC (Digital Command Control). ZIMO es una empresa que es neix amb el propòsit de crear un control d'una maqueta centralitzat en un element (figura 1).

L'element central d'aquest sistema és la centraleta de comunicacions o mòdul MX1 que, programat amb anterioritat amb un programari que proporciona la casa ZIMO, es capaç de controlar tota la maqueta. El comandament MX31 permet controlar la maqueta manualment i dos mòduls més. El primer és el mòdul MX8 o mòdul per a accessoris ZIMO. Aquest mòdul conté 32 sortides digitals que ens serveixen per a controlar semàfors, desviaments, senyals lluminoses, etc. El segon mòdul és el mòdul MX9 o mòdul de control d'ocupació, aquest mòdul és l'encarregat de indicar quins trams de vies controlats per ell estan ocupats per alguna locomotora i en cas

de tenir una targeta d'expansió, saber quines locomotores es troben a cada tram.

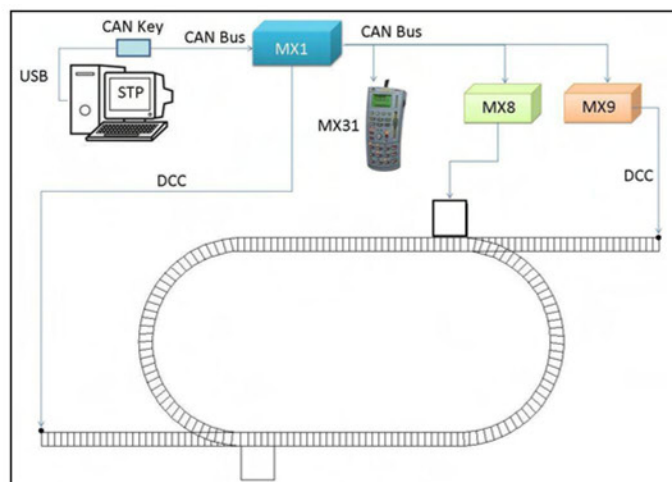


Figura 1. Esquema proposat per ZIMO.

Per últim, els elements mòbils estan compostats per les locomotores i els descodificadors. Les locomotores són simplement una carrosseria amb un o dos motors de corrent continua i una placa de connexions per a poder connectar a ella un descodificador. Els descodificadors són els encarregats de rebre, entendre, processar i realitzar les ordres que l'hi arriben a través de les vies mitjançant missatges per el protocol DCC.

III. ESQUEMA DE TREBALL

L'esquema que s'ha creat per a treballar és distint al proposat per ZIMO i s'ha adaptat per a poder aconseguir els objectius esmentats al principi. A la figura 2 es pot veure l'esquema de treball que s'ha creat. Com a principal diferència destaca que l'element central del nou sistema és el PC i no el mòdul MX1.

A la figura 2 es pot veure com serà el circuit de vies per on circularà la locomotora. El circuit presenta una forma d'oval amb dos desviaments cap a l'exterior per poder modificar la trajectòria de la locomotora. Com es pot veure, el PC ara està connectat al mòdul MX1 mitjançant el port sèrie i el mòdul MX1 ara té la única funció de transferir les ordres que s'envien del PC a tot el sistema i al igual transformar els missatges rebuts del sistema al protocol RS232 per a que el PC els entengui.

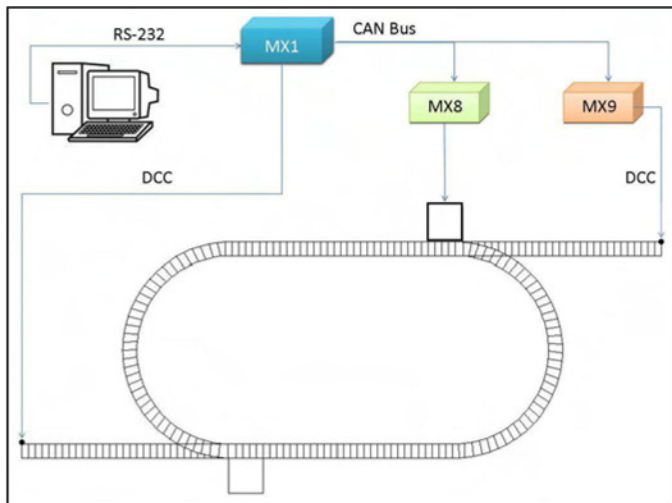


Figura 2. Esquema de treball.

El mòdul MX8 s'ha utilitzat per a controlar els dos desviaments que es tenen al circuit. Per últim, el mòdul MX9 permetrà saber on es troba la locomotora en tot moment ja que el circuit està dividit en 12 trams tal i com es veu a la figura 3.

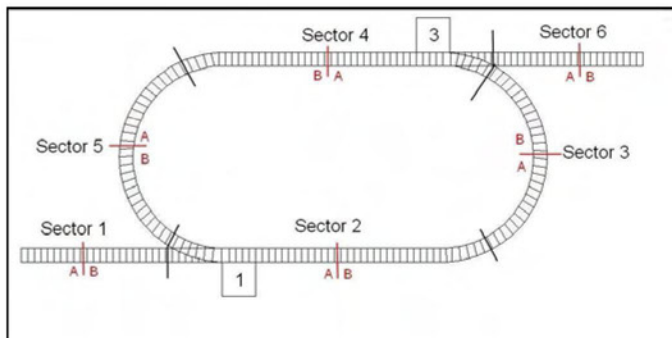


Figura 3. Esquema de separació dels sectors del circuit.

IV. LLIBRERIA DE CONTROLADORS

La creació de la llibreria i de les seves funcions s'ha realitzat pensant en diferenciar grups dins el sistema i així simplificar-la. Per mitjà de la llibreria es poden realitzar la majoria de les possibles accions que permet un sistema ZIMO.

A. Grups de funcions implementades

A continuació es detallen els grups creats per explicar quins tipus de funcions s'han implementat a la llibreria.

- Locomotores

Les funcions que s'inclouen en aquest grup permeten controlar, configurar i demanar l'estat d'una locomotora.

La locomotora es pot moure endavant, enredera i aturar-se depenent de l'ordre donada. També es poden encendre/apagar els llums, tant els de sentit com els de la cabina. Es pot activar/desactivar: el suavitzat d'accelerada/frenada, el control de velocitat màxima i les funcions pròpies de la locomotora.

Es pot demanar l'estat en que es troba la locomotora (sentit de circulació, velocitat de circulació, estat de les seves sortides, estat dels llums, ...).

- Descodificadors

Al igual que amb les locomotores, les funcions que s'inclouen en aquest grup permeten controlar, configurar i demanar l'estat d'un descodificador.

Es poden activar/desactivar les funcions de sortida del descodificador, així com per als descodificadors més moderns utilitzar les funcions sonores.

També es pot utilitzar per comprovar l'estat de les funcions de sortida d'un descodificador. Un altre aplicació d'aquest grup és canviar o llegir variables de configuració per poder programar el descodificador.

- Mòduls

- Centraleta de comunicacions MX1.

Aquestes funcions serveixen per interactuar amb les vies del tren i per saber l'estat de la centraleta de comunicacions.

Es pot donar/llevar la tensió que circula per les vies i també aturar totes les locomotores que estan sobre les vies, a més de poder saber l'estat de la centraleta (estat dels switches que indiquen els protocols acceptats i UES).

Permet saber el valor de la tensió que subministra a les vies i la corrent que aquestes consumeixen, així com l'estat de les entrades auxiliars de la centraleta de comunicacions.

Algunes de les funcions serveixen per controlar la comunicació entre l'aplicació i la centraleta de comunicacions, con per exemple, enviar un missatge a la centraleta de que la comunicació està a punt de començar o un missatge de reset per sincronitzar la comunicació entre ambdós.

També es poden canviar/llegir les variables de configuració de la centraleta de comunicacions i així poder programar-la.

- Mòdul per a accessoris MX8.

El conjunt de funcions d'aquest grup es fan servir per canviar o saber l'estat d'un accessori ZIMO i per configurar el mode de funcionament d'un mòdul MX8.

Aquestes funcions permeten canviar l'estat d'una sortida d'un mòdul MX8, el que pot significar, fer un canvi en la direcció d'un desviament o posar un semàfor en un estat determinat. També serveixen per demanar l'estat de totes les sortides d'un mòdul i com estan configurades.

A més a més, permeten l'activació/desactivació de missatges espontanis cada vagada que una sortida sofreix un canvi i la lectura d'aquests missatges. Per últim, poden canviar/llegir les variables de configuració per poder variar el funcionament del mòdul, temps de resposta de les sortides, configuració de les sortides, etc...

- Mòdul d'ocupació MX9.

En aquest cas, les funcions permeten saber en tot moment on es troba una locomotora o quantes locomotores hi ha a un sector principal i en quin dels dos sectors troba. Aquestes funcions tant a nivell de mòdul com a nivell de sector principal.

A l'igual que al grup anterior, permeten l'activació/desactivació de missatges espontanis cada vegada que hi hagi una variació a un sector principal i la lectura d'aquests missatges. També poden canviar/llegir les variables de configuració per poder variar el funcionament del mòdul, velocitat màxima a una secció, canviar l'adreça del mòdul, etc...

- PC

Les funcions d'aquest grup serveixen, simplement, per obrir o establir una comunicació directa entre una aplicació i el port sèrie. De la mateixa manera, aquest grup de funcions serveix per tancar la comunicació. Per a poder configurar correctament la comunicació s'ha inclòs la llibreria "termios.h", aquesta permet especificar el format de la transferència de dades i la velocitat d'aquesta.

- Tractament de dades

El darrer grup de funcions és el que permet que la comunicació de les funcions anteriors es comuniquin de manera satisfactòria. Aquestes són les que creen la trama de dades amb els caràcters de control, recull les dades útils de la trama entrant, comprova els errors de ACK i de CRC i amés calcula el codi CRC que s'ha d'enviar amb cada trama.

Totes les funcions dels 3 primers grups (locomotores, descodificadors i mòduls) segueixen un mateix tipus d'algorisme com s'indica a la figura 4. Totes elles comencen enviant una ordre o una petició cap a la centraleta de comunicacions o MX1 i esperen una resposta. Si arriba una resposta per el port sèrie el primer és comprovar que les dades han arribat correctament. Algunes de les funcions acabarien en aquest moment però d'altres necessiten processar les dades que han arribat. Per últim, hi ha funcions que amés han d'enviar un ACK a la centraleta per confirmar que les dades han arribat correctament.

B. Detecció d'errors

La llibreria està preparada per a detectar una sèrie d'errors i informar a l'usuari sobre el possible error que s'ha comés. Al igual que amb les funcions, també es poden distingir els errors en grups. Alguns dels errors que es poden donar es veuen a la figura 4.

- El primer grup seria el de comunicació entre el PC i la centraleta i els errors que es podrien donar serien la impossibilitat d'obrir o tancar el port sèrie i no poder llegir missatges del port sèrie. Aquests errors poden ser deguts a que l'usuari que està executant l'aplicació no té els permisos corresponents sobre el port sèrie. També es pot produir un error si es vol establir una comunicació amb la centraleta a una velocitat no permesa.

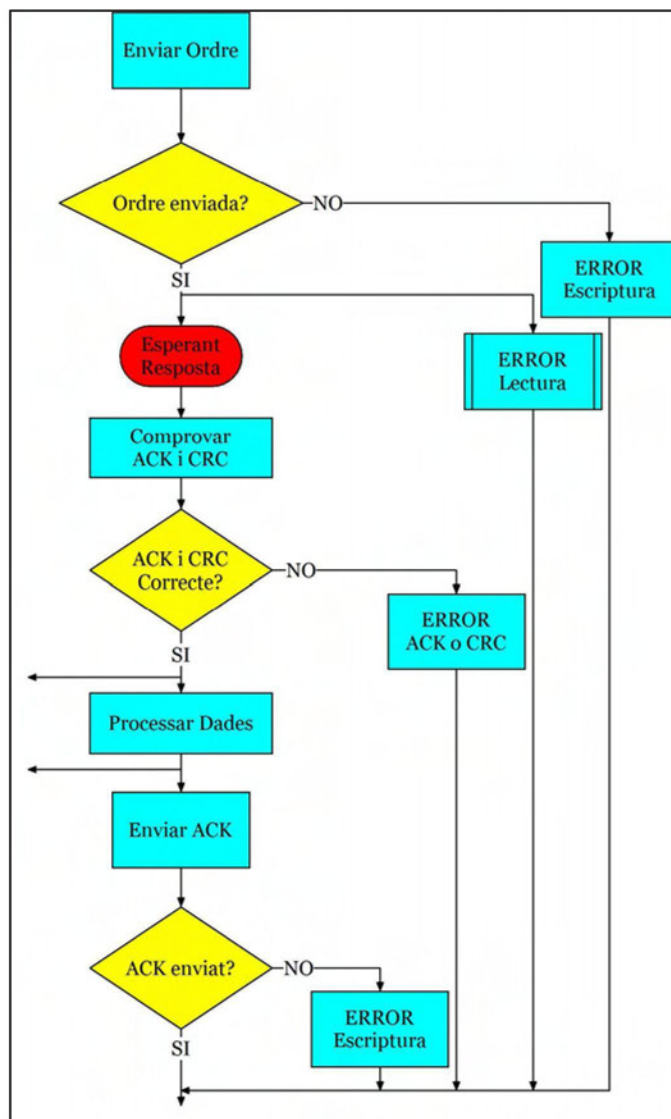


Figura 4. Algorisme genèric d'una funció.

- Un altre grup seria els errors detectats en la transferència d'una ordre o una petició a qualsevol element ZIMO. Aquests errors poden ser detectats gracies al nou protocol de comunicació sèrie, ja que la majoria de missatges retornen un ACK i un codi CRC. Aquests error poden ser causats per una mala sincronització en la comunicació entre el PC i la centraleta de comunicacions, ja que cada missatge té un identificador que és retornat amb el missatge ACK de resposta i si aquests no es corresponen i el codi CRC és correcte vol dir que la resposta que s'ha rebut no pertany a el missatge enviat. Els errors d'aquest grup també poden ser provocats per un error en la transferència de dades i per això es realitza la comprovació del codi CRC. Dins aquest grup, es poden incloure els casos en que la centraleta respon amb un NACK o ACK negatiu, indicant que les dades que s'han enviat amb anterioritat no han arribat correctament.

- El darrer grup està format pels errors deguts a la mala utilització de les funcions de la llibreria. Un exemple d'aquests errors seria la petició de l'estat d'una sortida inexistent d'un mòdul MX8. Normalment aquests errors són causats per la introducció d'una variable amb un valor fora del rang permès en una funció.

V. CREACIÓ DE L'APLICACIÓ EXEMPLE

L'aplicació exemple que s'ha creat permet a l'usuari tenir el control d'una locomotora sobre una maqueta molt simple de manera intuïtiva i sense gaire dificultats utilitzant la llibreria de controladors creada amb anterioritat. A la figura 5 es pot observar l'aspecte visual que té l'aplicació una vegada executada.

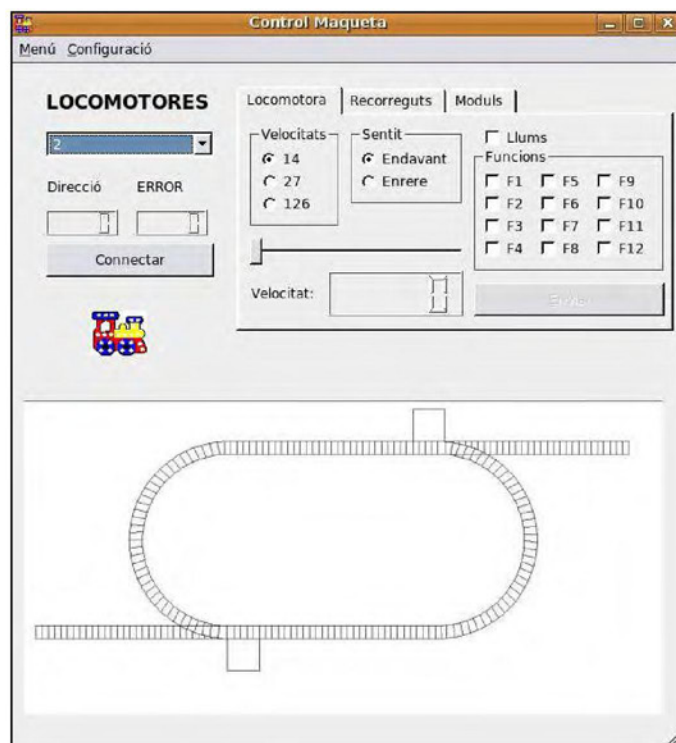


Figura 5. Interfície gràfica de l'aplicació exemple.

L'aplicació d'exemple ha estat creada baix l'entorn Ubuntu i amb el desenvolupador d'interfícies gràfiques Qt.

En la interfície gràfica es poden diferenciar quatre zones, la primera zona seria la part de selecció de connexió del PC amb la maqueta, selecció de locomotora i indicadors. Aquesta zona ens permet establir la comunicació amb la maqueta i en el cas de que hi hagués més d'una locomotora, seleccionar amb quina es vol interactuar, també es té un indicador que mostra si ha succeït algun error en la darrera ordre enviada.

La segona zona, com es veu a la figura 6, és la part de configuració, on a més de seleccionar el port sèrie per el que ens volem comunicar amb la maqueta, també es pot realitzar una aturada general de les locomotores de la maqueta com llevar o donar tensió a les vies.



Figura 6. Zona de configuració.

La tercera zona que es diferencia és la part de maniobres, que és la més important, aquesta es compon de 3 pestanyes on en cada una d'elles es pot interactuar de manera distinta amb la maqueta.

- La primera és la pestanya de maniobres amb locomotora. Aquesta permet enviar ordres simples a una locomotora com pot ser avançar a una certa velocitat o activar una sèrie de funcions pròpies d'aquesta. Com es veu a la figura 7 hi ha uns camps que es poden configurar de tal manera que la locomotora faci el desitjat.

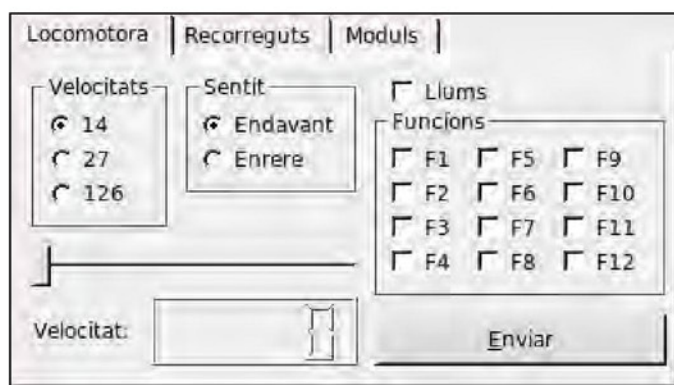


Figura 7. Pestanya de maniobres amb locomotores.

- La segona és la pestanya de mòduls (figura 8), amb mòduls ens referim als mòduls MX8 i MX9 que recordem que controlen els desviaments de rails i la ocupació dels sectors. En aquesta pestanya podem variar la trajectòria que està realitzant una locomotora, també podem controlar on està la locomotora dins la maqueta. La pestanya es separa en dues parts, una per cada mòdul, la primera part permet el control dels dos desviaments que es tenen en el circuit. Per a realitzar un canvi als desviaments s'ha de seleccionar el desviament desitjat, es tria la posició que es vol que tingui i després es polsa el boto "Realitzar Canvi de Via". La segona part ens permet saber quins sectors del circuit estan ocupats. Simplement polsant el boto "Demander Ocupació" si hi ha alguna locomotora en algun sector es marcarà el checkbox corresponent al sector.



Figura 8. Pestanya de maniobres amb mòduls.

- La tercera és la pestanya de recorreguts (figura 9). En aquesta pestanya només tenim la possibilitat d'executar unes rutes ja predefinides i programades mitjançant la concatenació d'ordres i funcions de la llibreria. Aquestes rutes permeten a l'usuari desplaçar la locomotora d'una secció a una altra polsant un simple botó de manera automàtica. Simplement s'ha de seleccionar la zona o sector on es vol que es situï i pulsar el botó que està situat sota "Anar a:".



Figura 9. Pestanya de maniobres amb recorreguts.

La darrera zona que es diferencia a la figura 5 és la de la visualització de la localització de la locomotora. En aquesta zona es té un dibuix del circuit on, tant si s'està utilitzant la pestanya de recorreguts com la part del mòdul MX9 de la pestanya de mòduls, es mostrarà una imatge de la locomotora indicant la situació de la locomotora dins el circuit. En la figura 10 es pot veure un exemple on la locomotora es troba al sector 6.

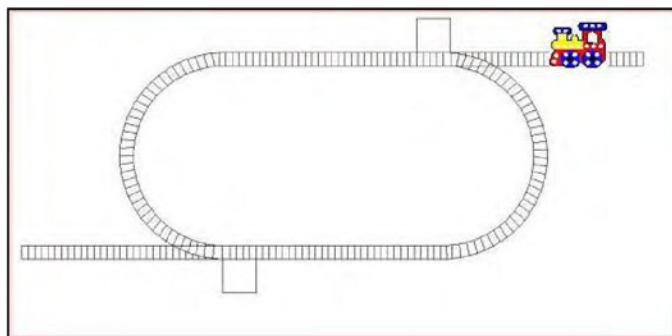


Figura 10. Zona de visualització de la locomotora al circuit.

VI. CONCLUSIONS

Les conclusions s'han de correspondre amb els objectius plantejats al inici del projecte. En aquest cas s'han aconseguit complir tots els objectius. S'ha aconseguit crear una llibreria de drivers amb la que es pot controlar un sistema ZIMO, tot i la sortida d'una nova versió que el setembre de 2008 i que modificava tot el protocol de comunicació entre la centraleta i el PC. També s'ha aconseguit desenvolupar una aplicació demostrativa amb entorn gràfic que, amb l'ajuda de la llibreria, permet a l'usuari controlar una maqueta. Aquesta aplicació ens permet interactuar amb una locomotora, amb mòduls MX8 i MX9 i també ens permet realitzar rutes, de tal manera que es pugui dur a la locomotora a una zona determinada amb un sol clic de ratolí.

REFERÈNCIES

- Material Web de ZIMO disponible a: www.zimo.at
 Manuals Web compilador Gcc disponible a: <http://gcc.gnu.org>
 Manuals Web Qt Designer disponible a: <http://doc.trolltech.com/>
 Manuals Web de Ubuntu disponible a: www.ubuntu.com



Andreu Fiol Salom. Titulació: Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en Electrònica Industrial. Adreça: andreu.fiol@gmail.com

Bartomeu Alorda. Enginyer de Telecomunicacions (UPC, 2000) i Doctor en Física, (UIB, 2005). És professor del Departament de Física a la Universitat de les Illes Balears en el grup de recerca de Sistemes Electrònics.

Dispositiu electrònic per a la conversió de colors en sons dintre del projecte COL.diesis

OLIVER TORRES, T.

Projecte de Fi de Carrera d'Enginyeria Tècnica en Telecomunicació (especialitat Telemàtica)

tomeu.oliver@uib.es - www.uib.es/ca/

Resum— COL.diesis representa un projecte molt original i únic caracteritzat per un ampli ventall de temes. L'equip COL.diesis s'ha enfrontat amb el problema d'equilibrar aquests temes perquè el projecte fluisi. Per això s'ha treballat amb la Sinestèsia, la Música, la Psicologia, la Pedagogia, la Musicoteràpia, la Discapacitat, l'Electrònica, la Informàtica i el Disseny. Tot això fa que el projecte es torni més interessant i que promogui la unió d'un grup interdisciplinari per a la creació d'un producte innovador.

I. INTRODUCCIÓ

Els objectius del projecte COL.diesis són diversos, depenent de l'àrea de treball on ens trobem.

En el nostre cas, el disseny i la fabricació, té uns objectius clars. Primerament aconseguir un algoritme capaç d'identificar el color "observat" de la forma més ràpida i amb el mínim error possible. Seguidament reproduir un só depenent del color mesurat, introduint la mateixa premissa que en el primer objectiu, la velocitat (en aquest cas de càrrega i reproducció del só).

Altres objectius no tan importants, però si necessaris són, l'emmagatzemament dels sons per part de l'usuari d'una forma senzilla i intuïtiva, les dimensions del producte per aconseguir la major comoditat a l'usuari i la minimització del consum per tal d'oferir al consumidor les millors prestacions durant el major temps possible.

L'acompliment de tots aquests objectius serà possible si, els prototipus o circuits integrats que es creïn, segueixen un camí que afavoreixi la màxima utilització dels recursos emprats, la minimització del renou i l'eliminació dels possibles estats indesitjables.

II. PROTOTIPUS INTEGRAT

La reproducció de fitxers musicals amb dispositius portables i autònoms afegeix tota una sèrie d'inconvenients, ja que la reproducció de sons amb una qualitat de só acceptable necessita una alta quantitat de recursos, per tant, implica una programació complexa, un disseny de PCB preparat per una freqüència de treball mitjana alta i per últim, un control del consum molt exigent.

Cal recordar que el nostre sistema no tan sols s'ha de centrar en la reproducció de sons, també necessita fer mesures que provenen de color i aplicar l'algoritme per identificar el color. A més, la reproducció dels sons no ha de sofrir talls, ni la identificació del color s'ha de realitzar de forma menys freqüent, és a dir, obligar a l'usuari a mantenir el lector de color durant un major temps sobre el color a detectar.

A. Lectura del color

Per poder dur a terme aquesta detecció del color, hem de pensar en un dispositiu el més petit possible i amb una ràpida resposta. El motiu d'aquestes premisses es deu a que l'utilització del dispositiu sigui el més còmode possible i que es puguin fer el major nombre de lectures en un temps determinat.

El component escollit és un sensor de color format per una cadena de fotodiodes de 8x8 cel·les configurables (el TCS230 de TAOS) [1], per tant tan sols disposa d'una sortida.

El TCS230 disposa de dues entrades de selecció per programar la sensibilitat del sensor. Amb aquestes podem escollir sensibilitat al vermell, verd, blau o lluminositat (clear, sense filtre).

La resposta del TCS230 és un senyal digital variable en freqüència depenent de la quantitat de color mesurat. Aquesta resposta freqüencial té tres possibles rangs (100%, 20% i 2%), depenent de les dues entrades de selecció de les que disposa. La màxima freqüència del dispositiu configurat al 100% és de 20 kHz (no és igual per totes les components, 19 kHz vermell, 13,6 kHz verd i 16,4 kHz blau).

El temps de resposta a canvis de lluminositat és menyspreable per la nostra aplicació. El temps de resposta tan sols és mesurable en cas de retornar del power-down (100 µs) o respondre a l'habilitador (100 ns), pin d'entrada del dispositiu.

L'alimentació del TAOS pot estar entre 2,7 i 5,5 V.

B. Sistema d'il·luminació

El sistema d'il·luminació és molt important, ja que el sensor TAOS TCS230, és un dispositiu passiu, és a dir, detecta la llum reflectida sobre el cos a "mesurar".

Per tal d'aconseguir els millors resultats amb la mínima perturbació lumínica cal fer un estudi, tan de distància del xip a l'objecte, com intensitat lumínica i posició dels leds.

El mòdul de lectura, per tant, tindrà un conjunt de leds, els quals han de poder estar encesos i apagats per tal de fer l'estudi amb el major nombre de dades possible, una capsula que no deixarà passar la llum solar o externa i facilitarà el maneig del dispositiu, i el propi lector de color TAOS TCS230.

Els leds encarregats de crear el llum hauran de ser blancs per tal d'evitar la maximització d'alguna de les tres components bàsiques del color (vermell, verd i blau). La capsula serà de plàstic per tal d'obtenir la forma més adient i l'ús més còmode.

C. Algoritme de detecció del color

La lectura del color mitjançant el TAOS TCS230 no és immediata, sinó que primerament hem de realitzar un estudi de lluminositat per a determinar a quina distància hem de situar el TCS230 i determinar també la intensitat de corrent que ha de polaritzar els leds. Aquesta intensitat està relacionada amb la quantitat de llum que emeten els leds i per tant il·luminen la superfície de la qual es vol identificar el color. En aquest punt s'ha realitzat un estudi exhaustiu de dependència tensió-alçada del dispositiu per als colors purs, vermell, verd i blau. Amb la finalitat de destriar de la millor manera possible el color que es vol identificar. S'ha realitzat una selecció per diferència de colors en lloc de per color simple, ja que s'ha observat que per a una il·luminació determinada (tensió del led) existeix una alçada del dispositiu que maximitza les diferències entre els colors bàsics.

A la Figura 1 podem veure el resultat del disseny de captació i il·luminació.



Figura 1. Sistema d'il·luminació.

Una vegada determinats aquests paràmetres passem al desenvolupament d'un algoritme capaç de determinar amb la màxima eficiència el color a detectar. Aquest algoritme es basa en calcular l'ample del pols del TAOS TCS230 (freqüència indirectament) per a cadascuna de les tres components (vermell, verd i blau) i calcular el tant per cent de cadascuna respecte el total. A aquest valor ho denominem 'colorcode' i es calcula mitjançant una fórmula matemàtica el resultat de la qual s'assembla al valor que ens proporciona el TAOS TCS230 mitjançant la seva component 'CLEAR'.

La fórmula matemàtica que obté el 'colorcode' s'ha extret a partir de les mesures experimentals.

$$colorcode = \frac{R \cdot G \cdot B}{R \cdot G + R \cdot B + G \cdot B}$$

El tant per cent de les components R, G i B es calcula de la següent forma.

$$R[\%] = \frac{colorcode}{R} \cdot 100$$

$$G[\%] = \frac{colorcode}{G} \cdot 100$$

$$B[\%] = \frac{colorcode}{B} \cdot 100$$

A partir de 'colorcode', nosaltres obtenim tres paràmetres, que representen el tant per cent de R, G i B obtinguts en el mesurament. D'aquesta manera 'colorcode' ens serveix per a realitzar una normalització de la quantitat de color. El fet de considerar aquest algoritme basat en el càlcul del paràmetre 'colorcode' es realitza per a maximitzar la diferència de l'observable per als diferents colors a detectar. S'observa com 'colorcode' maximitza les diferències entre els colors considerablement respecte de les variables R, G o B sense normalitzar i per tant pot entendre's des d'un punt de vista matemàtic com un canvi de variables, que provoca un augment de la diferència de la variable amidada per als diferents colors, augmentant la sensibilitat del sistema i per tant millorant la identificació del color a detectar.

A la Figura 2 es mostra la representació dels colors amb el nou eix de coordenades.

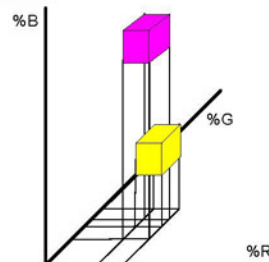


Figura 2. Representació del color amb el nou sistema de coordenades.

Hem de pensar que durant la lectura freqüencial del senyal generat pel TAOS TCS230 es podem produir errors, tan de lectura (valors de lectura equivocat) com pèrdues d'informació (temps de resposta del PIC per realitzar les tasques).

Les mesures preses per tal de minimitzar l'error s'enumeren a continuació:

- Lectura d'una sèrie de semi períodes per cada component (modificable per software per tal d'obtenir el millors resultats sense afectar la velocitat de resposta).
- Discriminació del valor més alt i més baix de totes les lectures de la mateixa component.
- Mitjana aritmètica de la resta de lectures de la component.
- Càlcul de la variable 'colorcode' i tant per cent de les tres component.
- Suma de les tres components (codificades en tant per cent).
- Decrement en tantes unitats com excedeixi del 100% a la component de menor pes o, increment en tantes unitats com restin del 100% a la component de major pes.

D. Reproducció

L'encarregat de dur a terme la tasca de reproducció és un dispositiu anomenat Chip Corder [2], el qual s'empra, per exemple, per emmagatzemar i reproduir sons per donar servei als contestadors automàtics telefònics.

Aquests dispositius són una completa solució, ja que són únics per a la transmissió de veu, enregistrament i reproducció d'àudio. Està dissenyat per a oferir la més alta qualitat en un sol xip de veu d'enregistrament / reproducció de solucions per a aplicacions integrades. La memòria, no volàtil i altament integrada, són solucions ideals per a agregar missatges de veu, alertes, menús interactius, i notes de veu a consumidors, industrials i productes de seguretat. Disponibles els serveis de pre-enregistrament per fer més fàcil afegir veu al disseny del sistema. La Figura 3 mostra un esquema del dispositiu

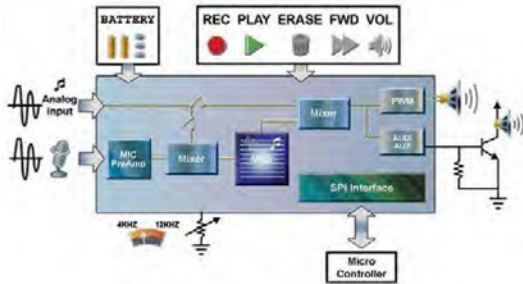


Figura 3. Esquema de funcionament del Chip Corder.

La sèrie de Chip Corder que s'emprarà serà la ISD1700, concretament el model ISD1760.

El missatge és de durada seleccionable per l'usuari en intervals de 26 a 120 segons, depenent del dispositiu específic. La freqüència de mostreig de cadascun dels dispositius també poden ser ajustats de 4 kHz a 12 kHz amb una resistència externa, donant a l'usuari una major flexibilitat en la durada vs qualitat d'enregistrament per a cada aplicació. El voltatge de funcionament abasta un rang de 2,4 V a 5,5 V per a assegurar que els dispositius ISD1700 estiguin optimitzats per a una àmplia gamma de bateries o aplicacions de línia d'energia

El ISD1700 està dissenyat per a funcionar en qualsevol mode, autònom o microcontrolador (SPI). El dispositiu incorpora un sistema de gestió de missatge que permet que el xip adreci múltiples missatges. Els dispositius inclouen un oscil·lador on-xip (amb la resistència de control extern), preamplificador de micròfon amb control automàtic de guany (AGC), un auxiliar d'entrada analògica, filtre anti-aliasing, Multi-Nivell d'emmagatzematge (MLS) sèrie, filtre de suavitzat, control de volum, modulació per ample de pols (PWM) Classe D, i una sortida en corrent.

El ISD1700 també té un facultatiu "vAlert" (voiceAlert), característica que pot ser utilitzat com un indicador de nou missatge. Té quatre llocs reservats per sons especials amb la confirmació de comandes d'àudio, com en "Iniciar Gravar", "Detenir Gravar" i "Esborrar". Els enregistraments s'emmagatzemen en la memòria Flash del xip. Les dades d'àudio s'emmagatzemen directament en la memòria d'estat sòlid sense compressió digital. Els senyals de veu poden ser inclosos en el xip independent a través de dues rutes: una diferència d'entrada de micròfon o un sol pin d'entrada analògica. Per a les sortides, el ISD1700 proporciona un pols d'Amplitud Modulada (PWM) Classe D d'altaveus i un

controlador de sortida analògica al mateix temps. El PWM pot conduir directament un altaveu de 8Ω, mentre que la sortida analògica es pot configurar com una sortida de voltatge o de corrent per a conduir un amplificador extern.

En el mode SPI, l'usuari té el control total a través de la interfície del dispositiu. Això inclou l'accés aleatori a qualsevol ubicació dintre de la matriu de la memòria. El mode SPI, també podrà accedir a la ruta del registre de la Configuració Analògica (APC). Aquest registre permet la configuració de l'àudio.

E. Càrrega de sons

Per tal de simplificar a l'usuari la càrrega dels fitxers s'emprarà una connexió via USB i jack d'àudio amb l'ordinador (aquesta segona connexió es deguda a la solució escollida anteriorment, Chip Corder ISD1700). D'aquest mode qualsevol ordinador que estigui actualment en el mercat serà capaç de carregar les dades, escollides per l'usuari, al sistema.

El mètode més còmode per tal d'aconseguir la comunicació USB es emprar una passarel·la USB-Sèrie. Per tant, el sistema capaç de dur a terme aquesta comunicació i conversió és el FTDI. En el nostre cas en particular el FT232RQ [3], ja que està tot integrat dins una mateixa placa de circuit imprès o PCB (Figura 4).

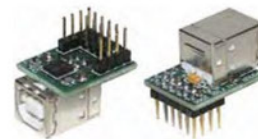


Figura 4. Sistema integrat FT232RQ.

F. Control del sistema

El mòdul de control, encarregat de generar tot els senyals de control, el durà a terme el microcontrolador PIC 18F2550 [4]. Aquest, haurà de dur a terme el control del ISD1760. Aquest fet implicarà una major programació i complexitat en el codi del PIC 18F2550.

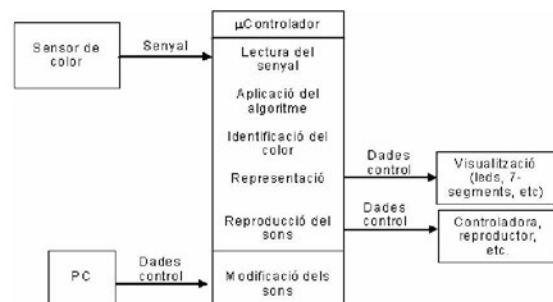


Figura 5. Tasques del microcontrolador

El port de captura del senyal del TAOS TCS230 per tal de llegir la freqüència del senyal rebut es troba dins el mòdul de captura. El mòdul de captura facilitarà la lectura freqüencial.

La connexió als ports dedicats al protocol SPI dels dispositius controlats per aquest (ISD1760 i shift register), ens facilitarà la programació ja que disposem de llibreries específiques per aquest protocol. A la Figura 5 observem les tasques que realitzarà el PIC.

G. Resultat del disseny

Un cop coneixem el funcionament de tots els mòduls que conté aquest prototipus, i els dispositius que formen aquest mòdul, mostrarem un petit esbós, el qual ens aclarirà el comportament del prototipus final.

A la Figura 6 podem observar un esbós del disseny d'aquest prototipus integrat

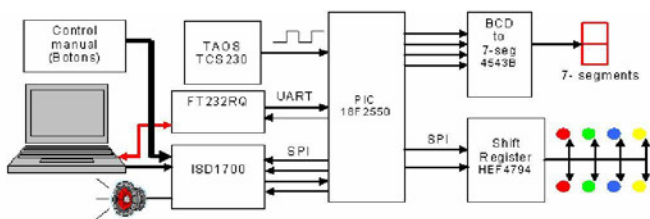
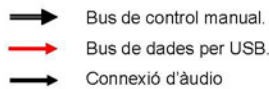


Figura 6. Esbós del disseny

Podem observar com les connexions que es fan entre el Control manual (botons) i el ISD1700, el PC i el FT232RQ i el PC i el ISD1700, són diferents, aquesta diferenciació es deu al tipus de dades o senyals que transporten.



Dins la fabricació del disseny trobarem la solució a les diferents qüestions com, la interconnexió dels mòduls creats, el càlcul de l'ample de pista d'una PCB, la creació dels arxius necessaris per crear una PCB tenint en compte la minimització del renou, la fabricació de la placa de circuit imprès i la resolució dels diferents errors de disseny i fabricació.

A la Figura 7 es mostra el resultat de la fabricació i muntatge del sistema integrat. Els resultats obtinguts són molt satisfactoris, i la programació actual del sistema permet la detecció de 16 colors, si bé una reprogramació del PIC i l'ús de ISD de major capacitat pot permetre un augment del nombre de colors detectats i sons assignats.

III. CONCLUSIONS

COL.diesis és un projecte innovador, gràcies al seu plantejament original a la correspondència entre la música i el color adaptats a persones amb discapacitats.

Les opcions de la correspondència entre el color i la música han demostrat que es pot treballar en un alt percentatge de

persones. La creació d'aquest nou dispositiu obre el mercat del món de la sinestèsia. Aquesta, amb múltiples aplicacions, pot donar servei a moltes altres discapacitats, tant psíquiques, com físiques.

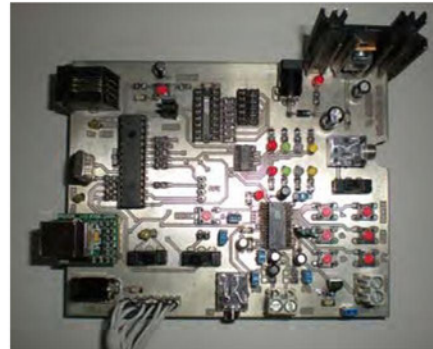


Figura 7. Sistema integrat finalitzat.

En aquest treball, que correspon a la part tecnològica del projecte COL.diesis, hem dissenyat i implementat un sistema capaç de detectar i identificar un color, assignar-li un so (predefinit) i reproduir-lo de manera automàtica.

Podem comentar que tant els múltiples avantatges que ens proporciona el dispositiu COL.diesis, com el baix cost que suposa la seva fabricació, fan que aquest resulti un producte atractiu a l'hora de competir en el mercat amb altres aparells de similars característiques.

El projecte COL.diesis ha sortit publicat a tota una sèrie de diaris i revistes de l'àmbit de la psicologia i l'electrònica.

Per últim ressaltar que el projecte COL.diesis ha estat premiat per l'Institut Mallorquí d'Asser Socials atorgant-li el premi "e-accessibilitat" 2008.

AGRAÏMENT: Aquest treball s'engloba dins del projecte COL.diesis, en el que han treballat Fco. Perales, Xavi Varona, Jessica Rossi, el Conservatori de Música, Robot SA, i els professors que han dirigit aquest projecte (part electrònica del projecte COL:diesis) Miquel Roca i Eugeni Isern. A tots ells els hi agraeixo el suport que m'ha donat.

REFERÈNCIES

- [1] Premier Farnell plc. Disponible online en: www.farnell.com
- [2] Nuvoton Technology Corporation. Disponible on-line en: www.nuvoton.com
- [3] Future Technology Devices International Ltd. Disponible on-line en: www.ftdichip.com
- [4] Microchip Technology Inc. Disponible on-line en: www.microchip.com



Autor: Tomeu Oliver Torres.

Curriculum: Enginyer Tècnic Industrial, especialitat electrònica industrial.
Enginyer Tècnic en Telecomunicacions, especialitat en Telemàtica

Característiques arquitectòniques, tipològiques i constructives dels habitatges en sòl rústic

Miquel Ballester Julià

Projecte Final de Carrera. Arquitectura Tècnica

Resum— El títol del projecte *Les característiques arquitectòniques, tipològiques i constructives dels habitatges en sol rústic*, està extret de la norma 28 del Pla Territorial Insular de Mallorca. Aquesta norma és de vital importància per saber si un edifici és susceptible de ser rehabilitat o ampliat partint d'un habitatge existent, doncs s'ha de demostrar que efectivament estam parlant d'un habitatge i no d'un edificació d'usos agrícoles o ramaders.

I. INTRODUCCIÓ

Justificar mitjançant les observacions de l'edifici, no és una tasca fàcil, ni pels tècnics que ho han de justificar ni pels que han d'admetre la justificació, doncs és molt susceptible d'interpretacions. Per dur a terme aquesta tasca justificativa, hi ha qui acudeix a publicacions fetes envers les edificacions de foravila, que la majoria fan referència a possessions, amb espectaculars fotografies, que tanmateix no deixen dubte que es tracten d'habitatges consolidats des de temps molts antics. Altres acudeixen a publicacions històriques, suficientment documentades, però sovint molt localitzades a edificis concrets i que també acostumen a ser grans cases de possessions.

La gran majoria dels tècnics que exerceixen a la nostra illa, han hagut d'estudiar fora i els coneixements rebuts envers la història de l'arquitectura, de la construcció en general i de les tècniques constructives locals són molt generals. Llavors, cadascú ha d'investigar i d'aprofundir el tema si es veu en la necessitat professional d'haver de tractar un edifici antic i aclarir el seu ús.

Per altra part, sempre he pensat que les marques que deixa el procés constructiu a un edifici antic, són com un llibre per tots els tècnics de la construcció. No és necessari disposar d'unes dades històriques –quasi sempre inexistents pel que fa a edificis senzills– per saber si durant un moment de la història es va produir una ampliació. La col·locació de les pedres, els referits, la pròpia composició del morter i un llarg etcètera són proves més que suficients per aclarir una evolució de l'edifici que volem estudiar.

Si podem comptar amb dades històriques, que no cal siguin de l'edifici concret, sinó de paregudes característiques i situació geogràfica, més que millor.

El que jo he intentat fer en aquest projecte és una mescla d'ambdues coses, que són alhora una vertadera passió per mi des de que tenc ús de raó. És una barreja de coneixements que

altres autors no han presentat sovint plegats, perquè arquitectes i arquitectes tècnics que han publicat treballs quasi sempre és limiten a la part purament arquitectònica, utilitzant la història com a justificat de l'antiguitat dels edificis o com a introducció de l'estudi. Per contra, els historiadors, seguint les pautes que marquen el seu correcte procés de justificació de les seves publicacions, sovint només utilitzen l'arquitectura com a complement fotogràfic, o com a molt, per definir estils que no sempre es donen a la casa senzilla.

Aquest treball aporta més contingut a la part arquitectònica que no pas per la històrica, doncs ha de pesar més el resultat de la meva formació específica. Però, seguint les pautes que marca l'actual política universitària on l'alumne ha d'adquirir coneixements externs a la seva carrera a través de les assignatures de lliure configuració, vaig complementar la meua carrera amb assignatures d'història, com és ara Art i arquitectura de les Illes Balears i d'altres d'optatives també relacionades amb el tema que aquest treball tracta, com és també Construir amb mètodes tradicionals.

De totes les conclusions estretes de mesclar la història amb la construcció o l'edificació de foravila, cal destacar la gran importància que té l'ús de l'edificació i de les seves dependències, així com els costums de les famílies que hi habitaven. Així, si hom visita un habitatge més o manco senzill de foravila i es fixa amb el nombre de dormitoris, sense conèixer els costums, podria pensar que les famílies que hi residien estaven formades per un grup molt reduït de persones; emperò si coneix que els infants dormien al paller o al sostre, la cosa canvia i pot informar més àmpliament i amb més seguretat.

El treball és fruit d'un pelegrinar per les terres illenques, sovint citat amb algun propietari, altres vegades acompanyat per l'amo o pagès de la finca i les que més presentant-me com un extern, però acabant essent ben rebut.

Fruit de tant de trescar van sortir unes dues mil fotografies, de les quals mai vaig voler caure en la temptació de quedar-me amb les més artístiques, o més perfectes tècnicament, sinó amb les que poguessin aportar proves i ajudar a entendre les meves conclusions envers les observacions que extreia de les edificacions i de les tècniques constructives antigues.

Quan el temps no acompanyava o el cansament me guanyava, llegia i rellegia tota la informació que trobava envers els usos i costums que envoltaven les edificacions de foravila. Quan tenia dubtes de les publicacions llegides o quan les meves conclusions distaven de les seves, intentava visitar els autors a ca seva, doncs Mallorca és petita i tots ens podem conèixer si volem. Aquestes visites eren per mi unes

autèntiques classes magistrals que duraven quasi tota la tarda fins que en quedava ben extasiat. Així, vaig poder conèixer al catedràtic de geogràfica Vicenç Rosselló, a l'arquitecta Neus García Injesta, al medievalista Ramon Rosselló, al filòleg Joan Veny i a un llarg etcètera d'il·lustres personatges que han publicat temes relacionats amb aquest treball. D'altres que ja no són amb nosaltres, com el manescal i investigador dels costums de foravila Juan Jaume, el delineant i investigador Miquel Fullana (que vaig arribar a conèixer en vida, ara ja fa molts anys), l'arxiduc Lluís Salvador, l'historiador Bartomeu Mulet, entre d'altres m'han aportat gran ajuda per fer més lleugera la meva feina, justificant moltes conclusions extretes de les meves observacions.

A tots aquests autors i a molts altres, els veureu citats constantment a peu de pàgina, tant per aportar rigor científic, com per ser respectuós amb les seves publicacions anteriors a n'aquest treball. Tampoc vull deixar de banda l'agraïment a la gran quantitat de persones que m'han obert les portes de ca seva i als que m'han acompanyat a indrets recòndits de la nostra illa, doncs sempre he cercat llocs apartats, abandonats, allunyats de tota modernitat, que acostumen a ser els més prolífics per a la meua investigació, però difícils de localitzar.

A continuació passaré a comentar tres capítols que considero molt importants en el marc del treball: l'arquitectura vinculada a la defensa, el marès com material de construcció i la vegetació que envolta els habitatges.

II. LA TIPOLOGIA D'HABITATGE VINCULAT A LA DEFENSA I LA SEURETAT

Les amenaces i inseguretats que durant segles preocuparen als mallorquins que vivien a foravila, van ser les que provenien de la mar, externes, i les provocades pels conflictes socials, internes.

El perill de caràcter extern, fruit de la pirateria i els corsaris, preocupaven a foravila, per la solitud de les cases, però era especialment preocupant a les finques de les marines, per la seva proximitat amb la mar. El perill que aportaven primer els moros i que mantingueren els turcs a partir del segle XVI, va ser motiu de preocupació per part dels mallorquins que es veien obligats a tenir talaias i guardes a les zones costaneres⁴⁷.

Durant el segle XVI es renovaren o construïren de bell nou imponents torres al voltant de l'illa amb el seu peculiar sistema d'avís. Per aquesta època a l'interior de l'illa, sobretot a les possessions properes a les marines, van començar a construir torres de defensa, de planta quadrada o circular, que servissin de defensa o refugi en cas de perill, o en cas de no fer-se així moltes famílies havien d'abandonar contínuament els foraviles situats a les marines. L'any 1530, els jurats del Regne diuen «*Barbarossa té aterrats y alterats molt més que dir ni explicar se pot los pobles de aquesta ylla... En los llocs marítims, ningú gossa habitar e réstan incults. En Fi, que tanta és la alteració del pobaldors que molts muden llurs domicilis e sen van ab lurs família e bens en altres parts*»¹. Però la cosa venia d'antic i molts havien de quedar i defensar-se a ca seva perquè no sempre eren benvinguts a altres llocs ni

els volien llogar casa; així a una fugida de les marines l'any 1386 quan arribaren a llocs més segurs i cercaven cases, es topaven «... *que no los han volgudes loguar dients que més hi amaven metre palla que a ells loguar*»².



Fig. 1 Torre se Son Cosmet

Els habitatges en general, pel que fa a la seva seguretat, no han estat tan estudiats i és a on hem posat més interès. Sense tenir una tipologia general marcada per la defensa, presenten en canvi uns elements aïllats però ben perceptibles, que ens recorden la importància que es donava a la seguretat al manco fins al segle XVIII. Aquesta importància ve determinada per fets com el protagonitzat per Joan Roig d'Alaró, que a l'any 1645 «*anant armat d'arcabús va entrar a la casa de l'hort de Son Sureda de les Basses, del terme de Marratxí on estava per arrendador Jaume Mòger, i mataren la seva muller esclafant-li el cap de pedrades, havent intentat forçar-la i haver robat llençols, un claver i cadenó*»³. La gent coneixia aquestes desgràcies de primera mà o per escampar-se la notícia de boca en boca, les quals estarrufaven a més d'un i les tenia present quan construïa un ca seva.

III. EL MARÈS

Juntament amb la pedra, el marès ha estat un dels materials més emprats en la construcció dels edificis de foravila. Va ser un complement de la paret verda, va servir per mitjanades, per sòtils, per finestres, per portals i arcs, i finalment es va arribar a construir estructures senceres on el marès era el material predominant.

Es poden distingir dos tipus de mares bàsicament per la seva formació:

El més antic, més blanc i compacte, de gra més fi; és una molassa de gra i ciment calis, que conté dents d'esquals (carcharodon, oxyrhina), mol·luscs característics (conus mercati). El més modern; és una molassa quaternària de formació marina o terrígena, amb influència marina (duna) de gra més gruixut, que es troba a molts llocs de la costa mallorquina⁴.

El nom de marès deriva de marí, suposam que per la seva procedència i formacions de fòssils marins que presenta.

Els conjunt de la pedra s'anomena marès. Els blocs estrets de les canteres rebien el nom de cantons o mitjans. Si aquest es subdividia es deien peces. Actualment, es mesclen o confonen aquests termes, amb la tendència a nomenar-ho tot marès. Per tant, en veu d'un antic picapedrer, sentim dir: «A la pedrera de marès de Son Garau, feien cantons o mitjans a escarada, que s'havien de dur a tall d'obra per fer-ne peces de vint⁵».



Fig. 2 Pedreres de marès de Marina de Ses Covetes

Els noms dels gruixos dels cantons venen determinats al diccionari de Miquel Fullana: així, comença pel més prim, que és de Llivanya, passant per la Mitja Pedra, el Tresperdós, el Gruix Ordinari, el Gruix de Pam, el de Rei i finalment el d'Emperador.

Durant el treball de camp fet per aquest treball, hem anat comprovant les mides del cantons. La mida del cantó estret amb mitjans mecànics és de 40 x 80cm. i de gruixos

coincidents amb les que dona Fullana, ja adaptades la sistema mètric decimal arran de la mecanització⁶.

El marès extret manualment sempre fa 49 cm d'alçària (molt important per igualar filades) per 78 cm de llarg, aproximadament (menys important a l'hora de la col·locació). Aquestes mides antigues, donades les meves investigacions a una publicació sobre pesos i mesures⁷, corresponen exactament als dos pams i mig mallorquins (1 palm = 19,55cm) l'alçària, per quatre pams de llargària (mitja cana).



Fig. 3 Mitja cana mallorquina sobre un marès d'extracció manual

Hi havia una peça especial que es deia redona, malgrat no tingués res de rodó, feia dos pams i mig per tres (49 x 58cm.). Es servia en tres gruixos:

- el de tres quarts de quart de pam, destinades a teulada
- el de quart i mig, destinades a sòtils plans i pis⁸
- les de pam i mig, destinades a les escombres⁹

Quant les mides (en centímetres) dels gruixos antics dels maresos, hem de discrepar de les donades per Fullana, i al PFC es poden consultar els resultats de la meva investigació.

IV. LA VEGETACIÓ CARACTERÍSTICA ALS VOLTANTS DE L'HABITATGE

Una herència islàmica, dels molts d'anys que varen estat a l'illa va ser la verdor, el gust pels arbres fruitals, les plantes de regiu, que donaven ombra, verdor i molta fruita que enriquia la varietat a la gastronomia. El cristians, en canvi, eren més austers amb aquest aspecte, s'estimaven més dedicar-se a cultius bàsics, tant de cereals, com de vinya o olivera, que movien un mercat, quasi sempre controlat pels grans senyors de possessions. No posaven tant d'esment en els cultius exòtics per ells, que no feien mes que destorbar les feines

bàsiques, empraven terres i aigua, que es podien dedicar a productes comercials¹⁰



Fig. 4 Fasser prop de ses cases. Son Lluïssó, Porreres.

El fasser, sempre considerat per moltes cultures l'arbre de la vida, va tenir un protagonisme important a les cases mallorquines de foravila, que malgrat el seu fruit no fos molt preuat a la cuina cristiana, si que ho va ser molt a la islàmica. Els àrabs el consideraven l'arbre de benvinguda i servia de localitzador als viatgers que cercaven alqueries i rafals enmig de la teranyina de camins i caminois que hi havia a la Mallorca del seu temps. S'acostumen a sembrar a l'entrada del pati, allunyant-se de les cases. A la zona d'Alcúdia i Pollença, predomina el xiprer, que per tenir la tendència a la verticalitat complia igualment la funció localitzadora del fasser.

Enfilada a la façana de la casa o a d'altra paret d'alguna edificació del voltant del pati, així com per damunt el coll de les cisternes o aljubs, hi havia les parres de raïm de taula.

A les voreres del camí d'accés a les cases, si eren llocs pròxims a pleta o garrigues hi solia haver-hi aglaneres dolces, que molts de pics eren vertadera cova de verdor. El pi i l'ullastre el feien enfora de les cases, que lluny de sembrar-lo el destorbaven perquè no s'acostés. D'oliveres, al pla no han arribat fins als nostres dies exemplars grossos com els que hi ha a les zones muntanyenques.

Finalment, m'agradaria comentar que el que he explicat en aquest article representa una petita mostra del treball realitzat com Projecte Final de Carrera dels estudis d'Arquitectura Tècnica, impossible de resumir donada la seva extensió, el qual consta de 333 pàgines de desenvolupament i justificació dels capítols tractats i més de 500 fotografies originals.

AGRAÏMENTS

Als responsables de la publicació enginy@eps per donar-me l'oportunitat de donar a conèixer una petita mostra del meu treball.

REFERÈNCIES

- [1] Alomar, Antoni. 1998. L'exèrcit mallorquí. Pàg. 71.
- [2] Rosselló, Ramón. 1977. Història de Campos. Pàg. 214
- [3] Rosselló, Ramón. 2006. Morts, desgràcies i maldats a Mallorca II. Pàg. 159
- [4] Rosselló Verger, Vicenç. 1964. Mallorca. El Sur y Sureste. Pàg. 419.
- [5] Frase recollida a una conversació mantinguda amb el picapedrer retirat Mateu Mascaró (de malnom Neula).
- [6] Meitat del segle XIX, que va suposar l'abandó de les pedreres de marina per no poder adaptar la màquina a la direcció de la llivanya i fil.
- [7] Ballester Julià, Miquel i Lladó Mas, M. Fàtima. 2002. Entre poc i massa sa mesura passa. Pàg. 56 i 57
- [8] Alou, Tomás. Historia de la Yglesia rural de Sant Blay de Campos. Pàg. 23 «El pis del presbiteri en lo any 1852 era de pedra de la nostra marina, la que deym redones».
- [9] Reus, Gabriel. "El gruix distingia una de les altres: les que havien de servir per fonaments de les cases solien tenir 30 cm de gruix; les del sòtils, sols 5 cm; i les de canyissada, menys gruix encara"
- [10] Llibre del quanats.

Efecte de la incorporació d'àrid mixt reciclat a les propietats de formigons no estructurals

Benito Mas Gracia i Antoni Cladera Bohigas

Arquitectura Tècnica

Resum— Els àrids mixts reciclats són els que, provinents del tractament dels residus de construcció i demolició, inclouen com a principals components residus de formigó, àrids no lligats i productes ceràmics. A l'article es presenten els resultats obtinguts a una campanya experimental sobre la influència de la substitució d'àrid convencional per àrid mixt reciclat en dosificacions de formigons no estructurals. Es contempla la utilització de dos tipus de ciment, un ciment Portland mixt i un ciment compost resistent a sulfats. S'observa un comportament diferent del formigó, segons el tipus de ciment utilitzat, a mesura que s'augmenta el percentatge de substitució de l'àrid convencional per àrid mixt reciclat. L'estudi conclou que, a falta d'un estudi del comportament a llarg termini i de dosificacions específiques per a cada ús, l'àrid mixt reciclat pot ser vàlid per la fabricació de formigó no estructural.

I. INTRODUCCIÓ

El sector de la construcció, incloent indústries relacionades com poden ser empreses de productes ceràmics i altres materials de construcció, generen cada any una quantitat molt important de residus de construcció i demolició (RCD). Aquest sector ha d'assumir el seu paper d'indústria contaminant, ja que és responsable de certa contaminació atmosfèrica, hídrica o del sòl, des de l'inici del procés constructiu, durant l'extracció de la matèria primera, i al final, generant de gran quantitat de residus. Aquests residus, encara que en molts de casos es tractin de materials poc conflictius considerats com inerts, generen gran impacte per al seu gran volum.

Amb intenció de resoldre la problemàtica exposada anteriorment i donat que hi ha una creixent conscienciació social en matèria de medi ambient, la tendència actual és substituir antics patrons d'actuació, que no tenen en consideració l'entorn, per a desenvolupar nous models de gestió més sostenibles i eficients. A l'illa de Mallorca, la necessitat de preservar els recursos naturals té una especial importància, donada la limitació que implica la falta de territori i la importància de la indústria turística. El conjunt d'aquets factors va conduir a la necessitat de plantejar la implantació d'un sistema de gestió integral de residus que es va materialitzar l'any 2006, amb l'objectiu de gestionar el 100% dels residus de construcció i demolició generats a l'illa de Mallorca [1]. Fruit d'aquest procés apareixen els àrids mixts reciclats.

Actualment les plantes de transformació dels RCD produeixen àrids mixts reciclats (AMR) de granulometries 0/15, 0/8, 8/40 mm, que es mostren a la Figura 1. No obstant, per a que sigui possible la seva reutilització és també necessari que aquests subproductes compleixin una sèrie de requisits,

que garanteixin que la qualitat d'aquest nou material és equiparable amb la del material que s'utilitza a la pràctica habitual.



Fig. 1 Àrids mixtos reciclats, fracció 8/40 mm

En aquest sentit, la raó de ser d'aquest estudi és donar a conèixer les propietats dels àrids reciclats procedents de la gestió de residus de la construcció i demolició, que s'obtenen a Mallorca a la Planta de Tractament de Bunyola gestionada per l'empresa concessionària Mac Insular, i les seves possibles aplicacions. El present projecte pretén ser el punt de partida d'un estudi més extens, impulsat des de la Universitat de les Illes Balears, que inclourà tant estudis de viabilitat cap a formigons no estructurals i les seves aplicacions, com estudis de incorporació del àrid mixt reciclat a tot-uns i bases i sub-bases de carreteres.

II. OBJECTIU DE LA INVESTIGACIÓ

La investigació presentada, que forma part del Projecte de Fi de Carrera de l'autor, es guia per els tres objectius exposats a continuació:

- Determinar les propietats dels àrids mixts reciclats (AMR), tenint en compte les limitacions marcades per la Instrucció de Formigó Estructural Vigent, EHE-08 [2].
- Conèixer les variacions que pateixen les propietats físic-mecàniques dels formigons amb substitucions d'AMR, respecte als que no incorporen substitució d'AMR.
- Estimar percentatges de substitució per els que les propietats dels formigons resultants es puguin considerar inalterades.

III. PROPIETATS DELS ÀRIDS MIXTS RECICLATOS

Els resultats experimentals dels assaigs sobre les fraccions s'exposen a la TAULA I. En primera instància es van prendre mostres de les tres fraccions granulomètriques produïdes 0/15, 0/8 i 8/40 mm, si bé la fracció 0/15 es va descartar ja que, per al procés de producció, és la fracció que presenta més impureses. A la TAULA I, el símbol "*" senyala el no compliment de la limitació normativa.

TAULA I
RESULTATS ASSAIGS DE CARACTERITZACIÓ

Assaig	Límit d'Instrucció EHE-08 [2]	Mostra 03/08/2007		Mostra 21/02/2008	
		0-8mm	8-40mm	0-8mm	8-40mm
Compostos totals de sofre expressats en S	≤ 1.00%	0,95%	0,29%	1,50%*	1,54%*
Determinació de clorurs solubles en aigua	No límit per formigó en massa recomanació: ≤ 0.15%	0,025%	0,010%	0,0243%	0,13%
Desgast dels Àngels	≤ 40	---	43*	---	44*
Pes específic [Mg/m ³]	Sense limitació	2,36	2,16	2,18	2,11
Absorció	General: 5% Annex 15: 7%	4,39%	7,64%*	7,28%*	8,20%*
Terrosos d'argila	Fracció fina Annex 15: no aplica	0,45%	---	0,16%	---
	Fracció gruixuda Annex 15: ≤ 0.25%	0,18%	0,14%	0,03%	0,03%
Coefficient de forma	No aplica EHE-08 EHE-98: > 0.20	0,19	0,27	0,08	0,25
Índex de lloses	< 35	7	19	---	---
Determinació de sulfats solubles en àcid, expressats en SO ₃	≤ 0.80%	2,90%*	2,21%*	3,66%*	6,98%*
Determinació de sulfats solubles en aigua	NO EHE-08	0,14%	0,15%	0,13%	0,13%
Contingut de sals solubles d'una mostra de sòl	NO EHE-08	1,53%	0,99%	2,03%	3,33%
Contingut de guix	NO EHE-08	1,72%	8,96%	7,25%	7,18%

TAULA III
RESULTATS ASSAIGS DE CLASSIFICACIÓ DE CONSTITUENTS

Classe	Tipus	03/08/07	21/02/08
A	Asfalt	1	1
B	Materials de construcció	32	25
C	Ciment i fabricats amb ciment	39	47
U	Àrids no lligats	27	22
L+X	Partícules lleugeres (<1.0 Mg/m ³)	0,9	4,8
X ₂ VIDRE	Altres: vidre	0,4	0,1
X ₃	Altres perillosos: guix, escaiola, etc.	0,3	0,9

La TAULA II mostra el resultat de l'assaig de classificació dels constituents dels àrids gruixuts reciclats. L'estudi

confirma que els resultats d'aquest assaig presenten variabilitat, fet relacionat amb que els materials de fabricació dels AMR no sempre són els mateixos, dependent de la natura de les obres d'origen dels residus que es processen.

Cal destacar que els resultats obtinguts són, en general, bastant satisfactoris, excepte en els següents aspectes:

- Compostos totals de sofre expressats en S: encara que a la primera mostra en compleixen les limitacions, a la segona es superen els límits. Aquesta limitació està relacionada amb possibles alteracions del fraguat i enduriment, pèrdues de resistència i una gran disminució de la durabilitat [3], per tant serà necessari tenir-la en compte a l'hora de proposar el percentatge de substitució.
- Desgast dels Àngels: a cap de les mostres es compleix aquesta limitació, que està relacionada amb la resistència del formigó. Per aquesta propietat es pot tenir en compte que la Instrucció EHE-08 [2] preveu que, per àrids reciclats dels quals es disposa experiència prèvia en la utilització, el límit indicat s'amplia fins a 50.
- Absorció: aquesta és molt superior a la dels àrids convencionals, fet que dificulta en gran mesura la determinació de l'aigua d'amasat.
- Sulfats solubles en àcid: El valor obtingut és molt superior al límit que marca la Instrucció EHE-08 [2] a les dues mostres. Aquesta limitació està relacionada amb la formació de la sal de Candlot, un procés expansiu que destrueix el formigó [3]. Per tal d'evitar aquest procés la literatura relacionada proposa la utilització de ciments resistents a sulfats.

A més dels assaigs mostrats anteriorment es varen realitzar assaigs granulomètrics. La figura 2 mostra les corbes granulomètriques de les dues fraccions d'AMR.

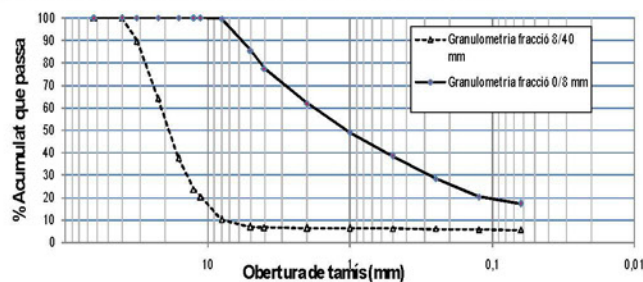


Fig. 2 Corbes granulomètriques de les dues fraccions d'AMR

IV. INFLUÈNCIA SOBRE LES PROPIETATS DELS FORMIGONS

La campanya experimental es va iniciar amb assaigs de caracterització, destinats a confirmar la quantitat d'aigua d'amasat en funció de la consistència desitjada. Inicialment l'estudi plantejava la utilització de les dues fraccions d'AMR per tal d'aconseguir un formigó 100% reciclat. Aquesta possibilitat va ser descartada fruit dels mals resultats obtinguts inicialment. Les provetes no varen endurir correctament a 7 dies, i no va ser possible dur a terme el refrentat, tal i com mostra la figura 3. De fet, a la major part d'experiències internacionals no es considera la utilització de la fracció fina

d'àrid reciclat donades les deficientes prestacions que proporciona.



Fig. 3. Probeta amb 100% d'AMR a la dosificació, no va ser possible el seu refrentat.

Per a poder fer un estudi sobre l'efecte de la incorporació dels AMR a les dosificacions de formigons no estructurals, s'han fabricat quatre tipus de formigons: formigó sense AMR (HN), formigó amb 25% de AMR (HR25), formigó amb 50% de AMR (HR50), formigó amb 75% de AMR (HR75). Els percentatges de substitució, a més de donar idea de la variació de les propietats, serveix per donar compliment amb els límits normatius referents als àrids.

En la fase inicial de l'estudi es va observar que els AMR contenien una elevada concentració de sulfats solubles en àcid (TAULA I), molt per sobre de la limitació marcada en la Instrucció EHE-08 [2]. Aquest fet va motivar que en la realització de l'estudi s'utilitzessin dos tipus de ciments. Un és un ciment Portland tipus CEM II / B-M (V-LL/) 32.5N UNE-EN 197-1:2000. El segon és tracta d'un ciment compost resistent a sulfats, tipus V/A (S-V) 32.5N SR UNE-EN 197-1:2000. Amb la utilització dels dos ciments es preveu estudiar el comportament, a llarg termini, enfront de l'atac per sulfats.

A continuació s'exposen resumidament les variables adoptades per dissenyar les dosificacions:

- Dos tipus de ciment, comentats anteriorment. En endavant:
 - o Tipus CEM II
 - o Tipus V-SR
- S'adopta la corba granulomètrica que determina la paràbola de Bolomey [3], vàlida per àrids triturats amb grandària d'àrid 40mm i diverses consistències.
- Relació a/c eficaç fixa, de valor $a/c=0,65$.
- La quantitat d'aigua inicialment es calcula en funció del tipus d'àrid i la seva grandària [3], aquesta equival a 205 l/m^3 .
- La quantitat de ciment resultant, segons la proporció a/c fixada, és de 315 Kg/m^3 .
- Tres substitucions de l'àrid gruixut (25%, 50%, 75%), realitzant una dosificació sense substitució (0%) com formigó de referència.

En el disseny dels formigons es va mantenir constant la relació aigua/ciment (a/c) i la quantitat d'aigua eficaç per al pastat. Els estudis que s'han vingut realitzant i les publicacions

referents a formigons amb àrids reciclats [4] [5], han demostrat que a mesura que se substitueix àrid natural per àrids reciclats la consistència dels formigons no es manté i s'aconsegueixen formigons menys dònics. Per a evitar això, en les dosificacions HR75 s'ha emprat un additiu plastificant/reductor d'aigua per a formigó en una proporció de 0.5% en pes del ciment.

A la TAULA III es mostren els resultats de resistència a compressió, tracció, la densitat i el seient del Conus d'Abrams dels formigons fabricats.

TAULA IIIII
RESULTATS DELS ASSAIGS SOBRE PROVETES DE FORMIGÓ

	Densitat [Kg/m ³]	Seient [cm]	Resistència 7 dies [MPa]	Resistència 28 dies [MPa]	Resistència tracció 28 dies [MPa]	Profunditat penetració [cm]
HN_0%_CEM II	2450	7	12,4	18,2	2,2	15
HR_25%_CEM II	2385	5	10,5	14,7	2,1	19
HR_50%_CEM II	2263	2,5	10,1	14,8	1,9	14
HR_75%_CEM II	2247	6	9,5	14,3	1,8	15
HN_0%_CEM V	2446	9	11,7	17,5	2,2	13
HR_25%_CEM V	2394	6	11,3	18,1	2,6	16
HR_50%_CEM V	2283	3	13,1	22,1	2,4	11
HR_75%_CEM V	2240	9	13,3	19,9	2,3	10

A. Seient del conus d'Abrams

Els resultats mostren (veure Figura 4), que a mesura que s'incorpora AMR a la barreja aquesta es torna menys dònica, tot hi que s'ha intentat corregir l'aigua total d'amasat en funció del contingut d'humitat i de l'absorció dels AMR. A les dosificacions amb 75% de substitució es va corregir la pèrdua de docilitat mitjançant la incorporació de plastificant.

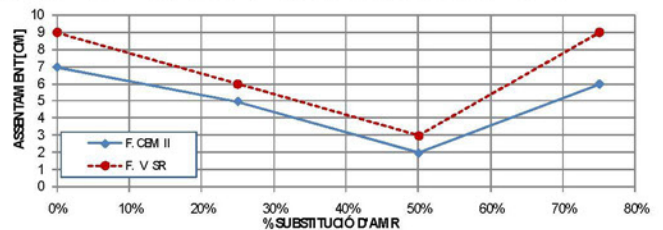


Fig. 4. Evolució del seient del conus d'Abrams, en funció del tipus de ciment, a mesura que s'incorpora AMR a la dosificació.

B. Densitat aparent saturada

La densitat dels formigons disminueix a mesura que s'augmenta la incorporació d'AMR (Figura 5). Això està relacionat amb que la densitat dels AMR és sensiblement inferior a la dels àrids convencionals.

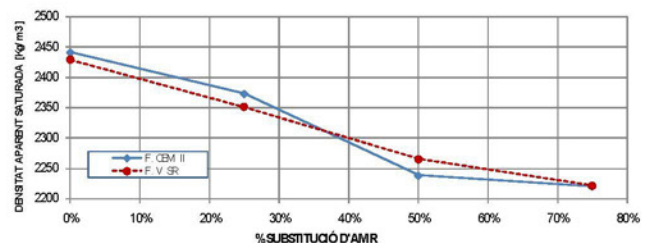


Fig. 5. Evolució de la densitat aparent saturada dels formigons, segons tipus de ciment, a mesura que s'incorpora AMR a la dosificació.

C. Resistència a compressió

A la Figura 6 es presenten els resultats obtinguts als assaigs de compressió en funció del % d'AMR substituït. Es mostren els resultats segons l'edat del formigó i diferenciant pel tipus de ciment utilitzat en la fabricació del formigó. Els formigons fabricats amb el ciment tipus CEM II, mostren un empobriment de la seva resistència a compressió a mesura que s'incorpora AMR en la seva dosificació. No obstant això, els formigons fabricats amb el ciment tipus V-SR revelen que a mesura que s'incorpora àrid reciclat aquests milloren les seves resistències.

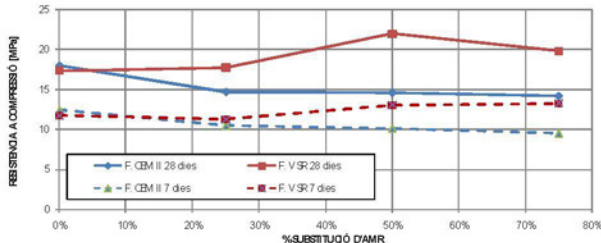


Fig. 6 Evolució de la resistència a compressió en funció del tipus de ciment a mesura que s'incorpora AMR a la dosificació, resultats a 7 dies i a 28 dies.

Segons un estudi [6], les escòries granulades d'alt forn poden ser activades en presència de ciment Portland, sulfat de calci semi hidratat ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) i anhidrita (CaSO_4). Com es pot veure en les anàlisis químic-físics els AMR contenen un elevat % de guix ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) i sulfats, aquests poden ser els causants dels increments en la resistència dels formigons fabricats amb ciment tipus V-SR. Per a poder confirmar aquesta hipòtesi és necessari l'elaboració d'un estudi detallat dels components formats en la hidratació del ciment, aquest tindrà lloc en una fase posterior a aquest estudi.

D. Resistència a tracció

La Figura 7 mostra els resultats de la resistència a tracció del formigó, determinat segons l'assaig de flexió. D'igual manera que amb la resistència a compressió, els formigons presenten un comportament diferenciat en funció del ciment utilitzat en la seva fabricació. Els formigons fabricats amb ciment tipus CEM II, mostren un empobriment de la seva resistència a tracció a mesura que s'incorpora AMR. Per altra banda, els formigons fabricats amb el ciment tipus V-SR mostren que a mesura que s'incorpora AMR a la dosificació aquets mantenen i fins i tot milloren la seva resistència a tracció.

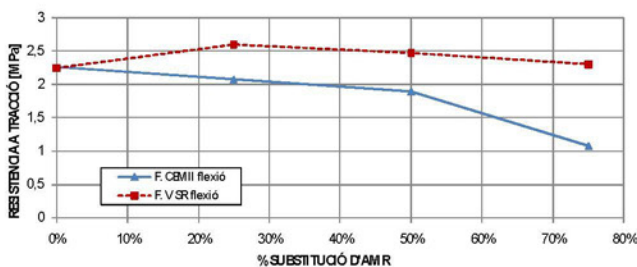


Fig. 7 Evolució de la resistència a tracció en funció del tipus de ciment a mesura que s'incorpora AMR a la dosificació.

E. Profunditat de penetració

De l'assaig de penetració d'aigua sota pressió s'ha obtingut el valor de penetració mitja. La Figura 8 mostra l'evolució de la penetració mitja segons el tipus de ciment utilitzat i el percentatge de substitució d'AMR.

La penetració d'aigua sota pressió presenta valors força elevats, fet relacionat amb l'elevada relació a/c utilitzada i la classe resistent del ciment (32,5 MPa). D'aquest assaig es pot interpretar, que en comparació, els formigons fabricats amb ciment resistent a sulfats tipus V-SR, són menys permeables que els formigons que incorporen ciment tipus CEM II a la seva dosificació.

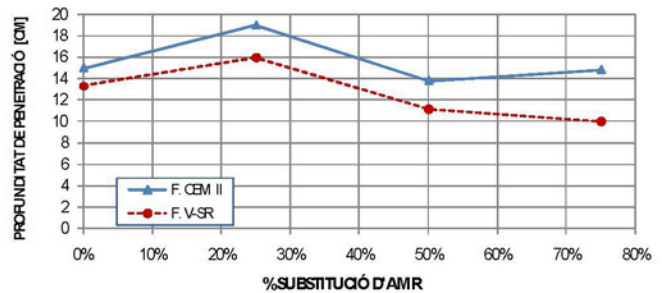


Fig. 8 Evolució de la penetració d'aigua sota pressió en funció del tipus de ciment a mesura que s'incorpora AMR a la dosificació.

V. CONCLUSIONS I FUTURES INVESTIGACIONS

En referència a les característiques dels AMR, s'ha comprovat que presenten percentatges d'absorció molt elevats. Aquest fet implica que per a la fabricació de formigons serà necessari regular la quantitat d'aigua total d'amasat. Per solucionar aquesta problemàtica, el projecte demostra que la utilització de plastificants és viable.

La fracció 0/8 mm d'AMR es desestima per la fabricació de formigons reciclats donats els mals resultats obtinguts, encara que es planteja utilitzar la fracció 4/8mm en treballs posteriors.

A partir dels resultats actuals, es pot afirmar que els AMR podrien ser un recurs viable per la fabricació de formigons no estructurals. La limitació més restrictiva que s'ha observat és la quantitat de sulfats solubles en àcid, que limitaria el percentatge màxim dels AMR que es poden introduir al dosatge. A falta d'estudis a llarg termini, substitucions compreses entre 20%-30% poden suposar el compliment de tots els requisits establerts per als àrids.

El formigó fabricat amb ciment tipus V-SR, a més de ser resistent a sulfats (presentes als AMR), ha presentat increments de la resistència i disminució de la permeabilitat a mesura que s'augmenta la quantitat d'AMR substituïda. Aquest efecte podria ser atractiu per a la fabricació de formigons no estructurals amb AMR. A falta d'un estudi complet dels productes de hidratació del ciment, aquest comportament es pot atribuir a l'activació de les escòries granulades d'alt forn, presents al ciment tipus V-SR utilitzat, per part dels sulfats presents als àrids mixts reciclats.

Com a futures vies d'investigació, es considera interessant:

- Estudi dels productes d'hidratació obtinguts en presència de sulfats amb els ciments utilitzats i estudi d'aquest efecte en la durabilitat dels formigons obtinguts. Per això s'han conservat vuit provetes dels formigons produïts.
 - Desenvolupament de dosificacions específiques per diferents usos, com per exemple per formigons no estructurals segons l'Annex 15 de la vigent Instrucció de Formigó Estructural, EHE-08 [2], o per diferents elements prefabricats no estructurals. La classe resistent dels ciments utilitzats a la present campanya és 32,5 MPa, que no és la utilitzada generalment per a la fabricació d'aquest tipus de formigons. Per tant, de cara a la disminució de la quantitat de ciment utilitzat i millorar les resistències obtingudes es planteja la utilització de ciments amb classes resistents més elevades (42,5 ó 52,5 MPa), utilització additius plastificants per disminuir la quantitat total d'aigua i rebaixar la relació a/c per millorar les resistències i el comportament vers la penetració d'aigua sota pressió.
 - Es planteja un estudi destinat a valorar la viabilitat d'incorporar els AMR en barreges juntament amb àrid natural per formar tot-uns per bases i sub-bases de carreteres.
 - Estudi cap a innovacions tecnològiques que permetin la disminució del contingut de sulfats en la producció dels àrids mixts reciclats.
- [5] MARTÍNEZ LAGE M.I.; *Estudio sobre los residuos de construcción y demolición en Galicia: método de estimación de la producción anual y usos posibles para su reciclaje*, Tesis doctoral de la Universidad de la Coruña, 2006
- [6] SINGH. M., GARG. M., "Calcium sulfate hemihydrate activated low heat sulfate resistant cement" *Construction and Building Materials*, Vol. 16, 2002, pp. 181-186

AGRAÏMENTS

El present treball s'ha dut a terme gràcies a la ajuda econòmica de la Càtedra Fundació Miquel Llabrés Feliu per la realització del projecte de final de carrera d'Arquitectura Tècnica. Agrair sincerament en Toni Cladera Bohigas l'oportunitat de treballar en un projecte d'aquestes característiques i el seu interès, dedicació i suport durant la totalitat del treball. També a Miren Etxebarria, de la Universitat Politècnica de Catalunya, per atendre múltiples comentaris i a CEMEX per solucionar nombrosos dubtes durant el desenvolupament del treball. Agrair a FYM per subministrar gratuïtament el ciment tipus V-SR. Agrair a LABARTEC S.L, en especial a Victoriano García, l'atenció i assessorament. Alguns dels assaigs dels AMR es varen realitzar al laboratori IGETEC, agrair la seva atenció. Per últim, agrair al Consell de Mallorca i a MAC Insular la ajuda proporcionada.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PLA DIRECTOR SECTORIAL PER LA GESTIÓ DELS RESIDUS DE CONSTRUCCIÓ I DEMOLICIÓ, VOLUMINOSOS I PNEUMÀTICS FORA D'ÚS DE L'ILLA DE MALLORCA, aprovat el dia 8 d'abril de 2002, BOIB núm. 59, de dia 16 de maig de 2002
- [2] COMISIÓN PERMANENTE DEL HORMIGÓN, *EHE-08 - Instrucción de Hormigón Estructural*, Ministerio de Fomento, Madrid, 2008
- [3] JIMÉNEZ-MONTOYA P., GARCÍA-MESSEGUER A., MORÁN-CABRÉ F., *Hormigón armado*, Editorial Gustavo Gili, SA, Barcelona, 2000
- [4] GRUPO DE TRABAJO 2/5 ACHE, *Utilización del árido reciclado para la fabricación de hormigón estructural*, Monografía 11 de ACHE, Madrid, 2006

Estudi de l'energia consumida en xarxes de sensors IEEE 802.15.4 / ZigBee

M. A. Ribot¹, B. Alorda²

Enginyeria Tècnica de Telecomunicacions, especialitat en Telemàtica

¹virtualo@gmail.com ²tomeu.alorda@uib.es

Resum— La importància de les xarxes de sensors està creixent amb l'aparició de noves aplicacions i tecnologies que expandeixen les prestacions inicials. Aquest treball pretén donar a conèixer algunes de les característiques dels protocols utilitzats en les xarxes de sensors o "Wireless Sensor Network" (WSN), així com mostrar alguns dels resultats obtinguts en el PFC. Aquests resultats s'han obtingut centrats en els estàndards IEEE 802.15.4 i les definicions del protocol ZigBee. Així es pot veure com s'aprofiten al màxim els recursos del sistema i es mostra una característica del consum del circuit emissor/receptor que podria ser usada a l'hora de la presa de decisions durant la configuració dels nodes de la xarxa.

I. INTRODUCCIÓ A LES WSN

Amb l'actual popularitat dels ordinadors portàtils, els telèfons mòbils, les PDA, els dispositius GPS, etc., els dispositius de computació electrònics s'han fet cada vegada més barats, mòbils i més habituals en aplicacions de la vida diària. Una de les tecnologies que podria tenir una gran expansió en un futur proper són les xarxes de sensor sense fil o "Wireless Sensor Network" (WSN) [1].

La idea principal es podria resumir com: "uneix-te i guanyaràs". Així, una WSN permet la col·laboració de petits dispositius electrònics que s'uneixen per a dur endavant una tasca més complexa. Els àmbits de les aplicacions de les WSN són molt variades i alguns exemples inclouen:

1. Monitoratge mèdic,
2. Monitoratge d'entorns industrials, de medis i fenòmens naturals,
3. Tasques de vigilància i reconeixement,
4. Aplicacions domòtiques, etc.

Generalment, una WSN està formada per un nombre gran de nodes, arribant a alguns centenars. Aquests nodes es poden comunicar via ràdio i són desenvolupats amb capacitats per a executar tasques de forma cooperativa. Un node típic d'una WSN estaria format per diversos sensors, un microcontrolador, un transceptor ràdio i obté l'energia d'un sistema de bateries. Aquests components es poden trobar integrats en una única o en múltiples PCBs, i amb una mida total de només alguns centímetres quadrats.

Un dels reptes més importants amb que es troben les WSN, és l'aprofitament òptim dels recursos disponibles per a desenvolupar la tasca. Com que els nodes disposen d'alimentació per bateries de limitada capacitat i, a més, els recursos computacionals també són reduïts; la majoria de treballs en aquest àmbit es troben orientats a desenvolupar estratègies per aprofitar de la forma més eficient possible aquests recursos. L'eficiència energètica significa aconseguir

tenir el màxim de temps possible el mòdul de ràdio, el microcontrolador i els sensors en un estat de baix consum. Així mateix, després de l'anàlisi que s'en fa en aquest treball del consum d'un node, es pot veure com el mòdul de ràdio és el subsistema que provoca un consum més alt amb la seva posada en marxa, per tant tenir un control d'aquest dispositiu podria aportar una gran millora en termes de reducció del consum energètic. En aquest treball es realitza un estudi del hardware disponible en el mòdul de ràdio i com aquest utilitza l'energia en els diferents nivells de potència. L'elecció del nivell de potència necessari en cada moment i en cada transmissió permetria utilitzar de forma òptima l'energia disponible.

Avui en dia, la majoria de WSN es basen en l'estàndard IEEE 802.15.4 que defineix la capa Física i algunes de les funcions de la capa d'enllaç o capa MAC. Aquesta estandardització ha permès la proliferació de dispositius hardware que donen suport a aquesta tecnologia. A la vegada hi ha voluntats per a desenvolupar estàndards de protocols de les capes superiors que pretenen possibilitar la comunicació de dispositius de diferents fabricants amb un mateix llenguatge de comunicació. Un exemple d'aquests protocols de nivell superior és el ZigBee, definit per l'aliança de diferents fabricants [2]. ZigBee deixa les definicions de la capa física i de MAC a l'estàndard IEEE 802.15.4, i afegint la definició de noves funcions d'enllaç, la descripció del nivell de xarxa i dels nivells de capes superiors.

Així doncs, en els pròxims apartats es donaran a conèixer les principals característiques de les WSN basades en els estàndards IEEE802.15.4/ZigBee, seguidament es donaran dades de les característiques del hardware utilitzar per a realitzar l'experimentació i l'estudi i finalment es mostraran les principals conclusions.

II. CARACTERÍSTIQUES DEL IEEE802.15.4/ZIGBEE

L'estàndard IEEE 802.15.4 és una de les interfícies més habituals per a xarxes sense fil d'àrea personal amb baixes taxes de transmissió de dades (anomenades "Low-Rate Wireless Personal Area Network", LR-WPAN). Aquest estàndard només defineix les capes física (PHY) i de control d'accés al medi (MAC). D'altra banda, la ZigBee Alliance [2] creà ZigBee per a definir les capes més altes del model OSI i de la resta d'aspectes generals de la xarxa. La idea principal era aconseguir una definició senzilla, orientada a treballar amb nodes amb reduïts recursos i amb alimentació amb bateries. La figura 1 mostra la pila (o stack) del protocol ZigBee i es poden veure quins nivells queden definides per l'estàndard

IEEE 802.15.4 i els que ha definit la ZigBee Alliance. Val a dir que la orientació principal d'aquest tipus de protocol ha sigut en una primera instància per aplicacions domòtiques, i de control industrial.

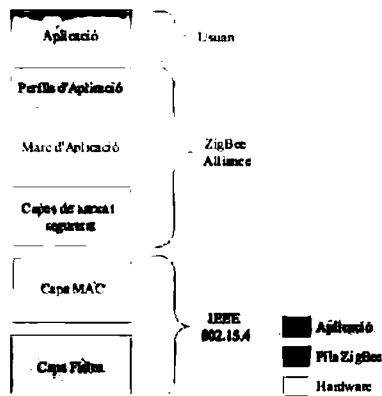


Fig. 1 Pila de protocols on es poden veure els nivells definits per cada un dels diferents estàndards IEEE802.15.4 i ZigBee.

A. Capes física i d'accés al medi segons IEEE 802.15.4.

A nivell de la capa física (PHY), l'estàndard defineix dos tipus de modulació diferents: "Binary Phase Shift Keying" (BPSK) i "Offset-Quadrature Shift Keying" (O-QPSK), totes dues utilitzades amb "Direct Sequence Spread Spectrum" (DSSS), sobre un canal de 2 MHz d'amplada de banda [3]. Fou dissenyat per a operar sobre les bandes d'espectre lliures, dins una distància típica entre 5 i 75 m. Se n'han definit tres bandes de freqüència, amb diferents taxes de transmissió de dades per cada una: 250 kbps a la banda de 2.4 GHz, 40 kbps a la banda de 915 MHz i 20 kbps a la banda de 868 MHz. La modulació O-QPSK s'utilitza a la banda de 2.4GHz, mentre que la BPSK és l'escollida per altres dues bandes. Per altra banda, es defineix una sensibilitat mínima del receptor d'almenys -85 dBm, i una potència de transmissió màxima recomanada d'almenys 0 dBm. Així mateix, avui en dia, existeixen dispositius que permeten augmentar les distàncies entre nodes amb l'increment de la potència de transmissió. En aquest treball s'ha pogut experimentar amb un d'aquests dispositius que permetia arribar a uns +15 dBm.

A nivell de la capa d'accés al medi (MAC), les principals funcionalitats definides inclouen: el control d'accés al canal, la validació de trames, la transmissió de trames d'ACK i la connexió i desconnexió entre nodes. A més, es defineixen dos tipus possibles de nodes dins la xarxa, segons la seva funcionalitat [3]: Dispositius de funcionalitat completa o "Full Function Devices" (FFD) i Dispositius de funcionalitat reduïda o "Reduced Function Devices" (RFD) que només proporcionen un conjunt reduït o parcial dels serveis MAC.

B. Les Capes de Nivell Superior: ZigBee

Les capes superiors de ZigBee són les responsables de: la gestió i encaminament de paquets dins la xarxa, la formació d'aquests a partir de les dades de l'aplicació, la gestió dels nodes entrants i sortints a la xarxa i, en general, de les funcions corresponents als nivells superiors al nivell d'enllaç del model OSI. ZigBee proporciona capacitats de xarxa

ampliades que permeten estendre aquelles específiques de l'IEEE 802.15.4, com per exemple incorpora tècniques de seguretat i encriptació de les dades que circulen per la xarxa.

Una xarxa ZigBee pot adoptar una de les tres topologies que es mostren en la figura 2. La forma com s'encaminen els missatges d'un node a un altre dependrà de la topologia. Així mateix, en qualsevol xarxa ZigBee serà necessari que un node assumeixi el paper de coordinador de la xarxa; el node central en la topologia en estrella o el node superior en les topologies d'arbre de clústers i malla. Exceptuant la topologia en estrella, les altres topologies necessiten nodes que retransmetin els missatges dels nodes veïns a un altre node superior en la jerarquia. Aquests dispositius actuen com a encaminadors o "routers".

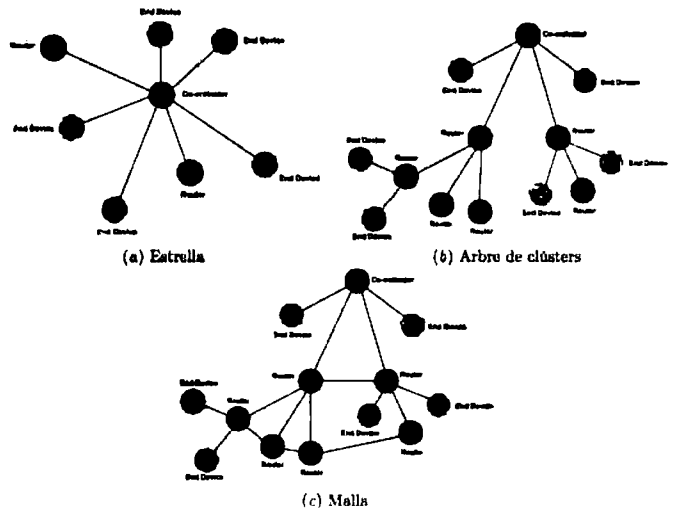


Fig. 2 Topologies de xarxa disponibles en una xarxa basada en ZigBee amb la funcionalitat dels nodes.

Així doncs, els nodes ZigBee es poden classificar segons la funció que desenvolupen a dins la xarxa: coordinador, router i dispositiu final o "End Device" (ED). Els dos primers necessàriament han de ser dispositius FFD, segons l'IEEE 802.15.4, mentre que els dispositius finals poden ser tant FFD com RFD segons l'aplicació concreta i amb l'objectiu de reduir al mínim les necessitats de recursos dels nodes.

1) *Coordinador*: Totes les xarxes ZigBee han de tenir un, i només un d'aquest nodes, independentment de la topologia de la xarxa. El node coordinador és necessari, principalment, per a iniciar i gestionar tant l'alta com baixa de nodes a la xarxa. Degut a la seva importància per a mantenir la comunicació de la WSN, aquest dispositiu ha de tenir una alimentació garantida durant tota la vida útil de la xarxa.

2) *Router*: Una xarxa ZigBee amb una topologia en malla o en arbre de clústers requereix la presència d'almenys un node amb funcions de router. Les principals funcions que desenvolupa són: retransmetre missatges rebuts d'un node cap a un altre i permetre que nodes (anomenats "fills") lluny del coordinador s'hi puguin connectar per a passar a formar part de la xarxa, i així ampliar l'àrea d'actuació. A nivell

l'estàndard. En aquest cas es multiplica l'efecte sobre els harmònics i l'ample de banda que es transmet pot arribar a ser superior a l'especificat per l'estàndard.

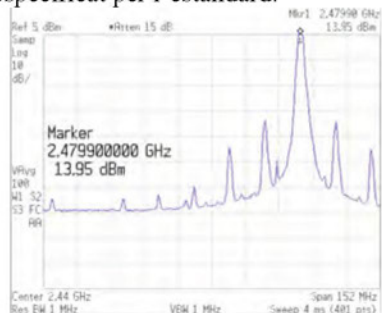


Fig. 6 Captura de l'espectre de sortida del senyal generat pel mòdul JN5139-Z01-M04 en el canal 26 i nivell de P_{Tx} de 6.

B. Consum Energètic dels Nodes.

En el segon test es va mesurar el consum de corrent dels mòduls realitzant diferents tasques habituals en els nodes de les WSN: com la transmissió i recepció de dades, la presa de mesures amb els sensors, etc. Per a mesurar aquest corrent s'insereix una resistència de $R_m=14\Omega$ (valor seleccionat per a garantir el correcte funcionament del controlador) entre la font d'alimentació i el pin d'alimentació del mòdul. D'aquesta forma mesurant la caiguda de tensió sobre la resistència R_m amb l'oscil·loscopi, es pot calcular el valor del corrent consumit pel microcontrolador en diferents estats i utilitzant diferents nivells P_{Tx} . A més, s'observaren les variacions del corrent consumit en un mateix estat, així com el temps i el consum de corrent que suposen els canvis d'estat. La figura 7 mostra l'evolució del corrent de consum quan es realitzen tasques típiques, passant d'un estat de repòs, períodes H, D, a estats de recepció (període G) o transmissió (període C).

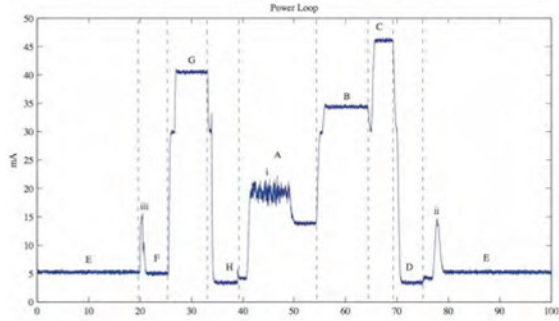


Fig. 7 Diferents nivells de potència en funció del tipus d'operacions que està desenvolupant.

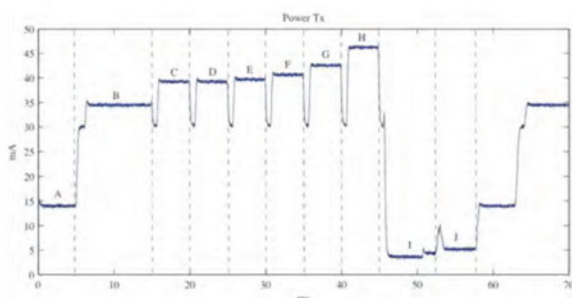


Fig. 8 Consum de corrent mesurat en el mòdul JN5139-Z01-M03.

El resultat més rellevant foren les mesures obtingudes referent al consum de corrent que suposa la transmissió utilitzant els diferents nivells de potència disponibles als mòduls, per a poder comparar el consum energètic que suposa cada una de les P_{Tx} efectives dels mòduls. La figura 8 mostra el comportament del mòdul durant l'experiment de mesura. Es poden veure clarament els increments de corrent de consum per cada transmissió a diferent potència seleccionada. Així, el consum menor, període C es correspon al nivell 1 de P_{Tx} , mentre que el període H es correspon al nivell màxim 6.

A partir de les dades obtingudes es possible obtenir la figura 9 en que es compara els nivells de consum energètic i els valors de potència de transmissió obtinguts.

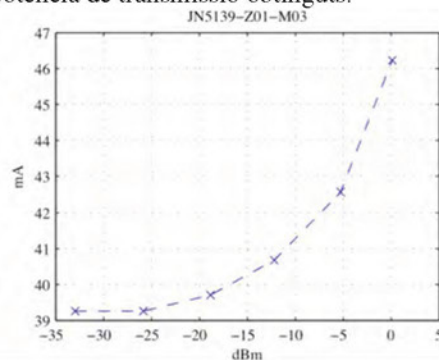


Fig. 9 Comparativa de la P_{Tx} versus el consum de corrent dels mòduls JN5139-Z01-M03 de Jennic.

La figura 9 deixa clar que el pas d'un nivell de potència de transmissió al següent dur un cost associat exponencial en consum energètic. Aquesta característica no està associada únicament als mòduls de ràdio Jennic, sinó que una característica similar es pot observar en altres mòduls comercials com el CC2420 de Chipcon[4].

Una aplicació directe d'aquest resultat el trobam a l'hora d'inicialitzar una xarxa WSN i prendre la decisió de quina potència és necessària per a transmetre la informació. En aquest cas, la figura 9 ens proporciona una informació útil a l'hora de calcular la durada de les bateries. Per altra banda, si l'enllaç té unes característiques constants en el temps, la presa de decisió inicial hauria de ser suficient per a considerar-la òptima al llarg de la vida útil del node. No es pot fer així, si l'enllaç ràdio té característiques que evolucionen amb el temps o si els nodes són mòbils. Es fa necessari relacionar les característiques de l'enllaç amb la informació de la potència transmesa per a poder proporcionar una correcta estimació del nivell de potència òptima en funció del temps.

V. CARACTERÍSTIQUES D'UN ENLLAÇ DE RÀDIO

Una vegada analitzat el comportament energètic del node, es va procedir a realitzar la caracterització de l'enllaç entre dos nodes per conèixer la fiabilitat de l'enllaç i tenir dades reals de quins són els millors paràmetres per a caracteritzar l'evolució amb el temps d'un enllaç.

Aquests indicadors s'han classificat en dos tipus: estadístics, o que incorporen l'evolució en funció del temps i puntuals, o que indiquen la qualitat de l'enllaç en la transmissió en curs. Els indicadors puntuals són proporcionats

pel hardware ràdio i aporten informació de l'estat del canal en un instant concret. Exemples serien: l'energia detectada en un moment donat, o durant períodes de temps molt curts, l'energia detectada corresponent a un conjunt reduït de bytes de la trama en curs. En aquest treball s'ha elegit com a indicador puntual el següent paràmetre:

- Link Quality Indicator (LQI): És una mesura de la potència del senyal rebut i/o de la qualitat corresponent a un paquet rebut. D'acord l'especificació a [5], es pot calcular en funció de l'energia detectada al receptor, com una estimació de la relació senyal-renou, o com una combinació d'aquests mètodes.

Els indicadors estadístics proporcionen informació sobre el comportament del canal al llarg d'un període de temps donat. Emprar aquest tipus d'indicador per a prendre decisions abans de la transmissió d'una trama, implica haver de disposar de dades prèvies sobre el canal, i això pot suposar un cost en temps i en energia abans de tenir un indicador fiable. En aquest treball s'ha elegit el següent paràmetre:

- Packet Reception Rate (PRR): Representa la proporció de trames que s'han transmès correctament envers el nombre total de trames transmises per un node. Es pot calcular mitjançant la següent expressió:

$$PRR = G / A$$

On G representa el nombre de trames rebudes correctament al node destinatari, i A representa el nombre total de trames transmises al destinatari.

A. Test de l'enllaç ràdio entre dos nodes IEEE802.15.4

L'objectiu d'aquest test fou analitzar el comportament de l'enllaç ràdio entre dos nodes que es comuniquen per mitjà del protocol IEEE802.15.4. El test es va dissenyar seguint l'esquema de la figura 10, per tal d'enregistrar i avaluar el conjunt d'indicadors seleccionats en aquest treball [4].

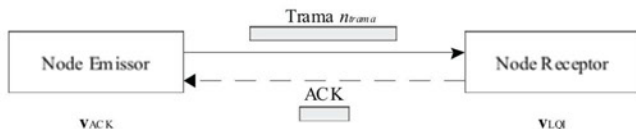


Fig. 10 Esquema del disseny proposat del test d'enllaç ràdio entre dos nodes

L'experiment es realitza a nivell d'enllaç, per tant, implica només dos nodes, que anomenarem "node emissor" i "node receptor", veure figura 10. El node emissor s'associarà al node receptor i transmetrà un nombre preestablert de trames de forma continuada usant trames ACK (Acknowledge) de resposta. La transmissió de trames d'informació a l'enllaç serà unidireccional, on el node emissor enviarà les trames i el node receptor les rebrà. Tot i això, el node receptor respondrà amb trames de tipus ACK al node emissor per confirmar les trames d'informació rebudes correctament. El node emissor emmagatzemarà una certa estadística sobre els ACKs rebuts corresponents a cada trama, mentre que el node receptor emmagatzemarà el valor de LQI assignat a cadascuna d'aquestes trames. Una vegada finalitzada la transmissió de totes les trames previstes. Es llegirà aquesta informació dels nodes i es combinarà per a poder caracteritzar l'enllaç [4].

La ubicació seleccionada per a dur a terme el test de l'enllaç ràdio fou el carrer Cabrera del campus de la Universitat de les Illes Balears, veure figura 11. Aquest escenari fou seleccionat per a permetre una visió directa entre els nodes durant l'experiment en un espai exterior. Es varen determinar un conjunt d'ubicacions per al node transmissor a diferents distàncies del node emissor, veure els punts indicats a la fotografia 11. El test es va repetir per a cada ubicació. La posició del node receptor es va fixar prèviament i va ser la mateixa per a tots els tests realitzats. L'alçada del node emissor durant tots els tests fou de 1.65 m, mentre que la del node transmissor fou d'aproximadament 1.60m, igual per a totes les ubicacions.



Fig. 11 Escenari exterior (carrer Cabrera del campus universitari) on es van desenvolupar les mesures de cobertura

Es considera que una trama s'ha rebut correctament si la seva longitud és la correcta i ha superat la comprovació CRC. En cas d'un enllaç funcionant amb mode ACK, es determinarà que una trama ha estat transmesa correctament quan el node transmissor rep l'ACK corresponent abans d'excidir un temps màxim donat.

El mode ACK implica que, cada vegada que un node rep correctament una trama, envia al node emissor d'aquesta un missatge de confirmació.

La figura 12 mostra l'evolució de l'indicador PRR en funció de la distància a diferents nivells de P_{Tx} . Es pot observar com el PRR decreix a mesura que augmenta la distància. A tots els nivells de P_{Tx} s'aprecia un descens pronunciat a partir d'una determinada distància. Per exemple, amb el nivell de $P_{Tx} = 5$, quan es passa de 140 a 160 m es produeix una abrupta caiguda del PRR, que passa de pràcticament 1 a 0.18. El nivell de $P_{Tx} = 4$ presenta una "peculiaritat" a 120m, amb un PRR=0, tot i que a 140m aquest torna a pujar de forma poc significativa. És possible considerar que, amb aquest nivell, a partir de 100m apareix la zona límit de cobertura, per la qual cosa el PRR pot presentar altes variacions; i, així mateix, que en el moment del test a 120 m, l'entorn pogué presentar alguna hostilitat addicional. Es pot observar de la figura 12 que, fins i tot a 180m, hi ha una bona qualitat de comunicació si s'utilitza el nivell de P_{Tx} màxim (que implica transmetre a aproximadament 0dBm).

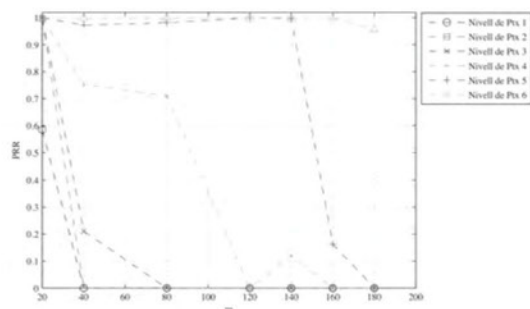


Fig. 12 PRR en funció de la distància per a diferents P_{Tx} a l'escenari exterior mostrat a la figura 11

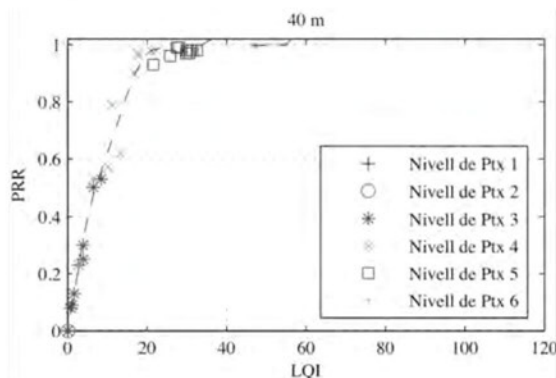


Fig. 13 LQI vs PRR en un escenari exterior amb visió directa i a una distància entre nodes de 40m

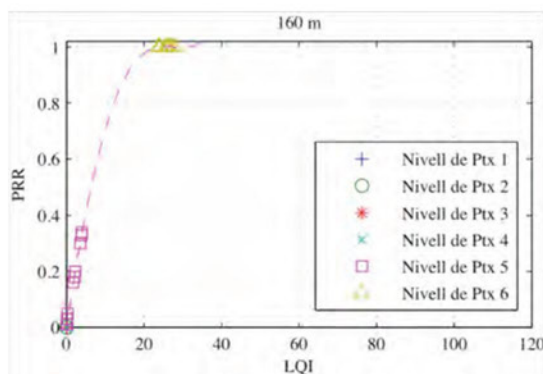


Fig. 14 LQI versus PRR a l'escenari exterior amb distància entre nodes de 160m

D'altra banda, s'ha volgut comparar l'indicador LQI mitjà corresponent a un conjunt determinat de m trames amb el PRR corresponent al mateix conjunt. Aquesta comparació ajudarà a caracteritzar la relació existent entre el PRR i els valors de l'indicador LQI. Aquest estudi pretén mostrar si es pot determinar un valor llindar mínim de LQI independent de l'entorn, que assegurï una bona qualitat de l'enllaç, és a dir, un PRR proper a 1. Trobar aquest valor llindar permetria discriminar la fiabilitat d'un enllaç de forma pràcticament instantània. Així que es varen definir dos entorns més d'experimentació: un entorn interior, a l'edifici Mateu Orfila i un nou entorn exterior a la zona d'aparcament darrera l'edifici Mateu Orfila. Per cada entorn experimental es van obtenir dades a diferents ubicacions. Les gràfiques 13 i 14 es corresponen amb les parelles de valors (LQI_{ij} , PRR_{ij})

obtingudes. Les dades s'han agrupat en funció del nivell de P_{Tx} . La corba discontinua de la gràfica 13 correspon a l'estimació obtinguda aplicant eines de regressió polinòmiques sobre el conjunt de punts.

S'ha observat que existeix un valor de LQI llindar per sota del qual el PRR varia de forma considerable, ja que per a canvis petits del valor LQI mitjà hi ha una forta variació del PRR. Aquest valor LQI llindar és sempre ≥ 20 . Així doncs caldria evitar transmetre amb els nivells de P_{Tx} on la variabilitat de PRR fos elevada per assegurar una bona qualitat de l'enllaç.

VI. CONCLUSIONS

S'ha pogut observar com el consum dels nodes d'una WSN, quan aquests es troben transmetent informació, augmenta de forma no lineal amb l'augment de la potència de transmissió (P_{Tx}). Inicialment, es va pensar que això podria ser una peculiaritat del hardware de Jennic, però es va comprovar que aquesta relació entre la P_{Tx} i el consum també es dona en transceptors d'altres fabricants. Aquesta relació entre els nivells de P_{Tx} i el consum podria augmentar els beneficis de determinar el nivell de P_{Tx} òptima, en lloc de la màxima P_{Tx} disponible.

Els resultats del test de l'enllaç entre dos nodes IEEE 802.15.4 han permès comprovar el comportament de l'enllaç en funció dels paràmetres LQI i PRR. S'ha determinat un abast operatiu dels mòduls JN5139-Z01-M03, en un entorn exterior, superior als 200 m utilitzant el màxim nivell de P_{Tx} disponible. També a partir dels resultats del test, s'ha comprovat que estimar la qualitat real de l'enllaç entre dos nodes només a partir del valor del paràmetre LQI no resulta eficaç. A més, s'ha confirmat l'existència de l'anomenada "zona grisa", és a dir, la zona conformada per tots aquells punts que es troben propers al límit de la zona de cobertura d'un node i en els quals, per a una P_{Tx} donada, el PRR presenta una alta variabilitat, mentre que la variabilitat dels valors de LQI és manté baixa.

REFERÈNCIES

- [1] Y. Yu, V.K. Prasanna, B.Krishnamachari, "Information Processing and Routing in Wireless Sensor Networks", 2006.
- [2] ZigBee 2006 Specification, <http://www.zigbee.org>.
- [3] IEEE Standard for Information Technology. Part 802.15.4: MAC and PHY specifications for LR-WPANs. 2003.
- [4] Miquel Àngel Ribot Sanfèlix, "Estudi i proposta d'una metodologia de selecció de la potència del transmissor a partir del consum energètic en xarxes IEEE 802.15.4/ZigBee", memòria Projecte Final de Carrera, gener 2009.
- [5] Jennic Ltd. Datasheets: JN5139 Module Datasheet, v.1.4. 2008.

Miquel Àngel Ribot. Enginyer Tècnic de Telecomunicacions Esp. Telemàtica, UIB, febrer de 2009. Actualment al·lumne del Master of Science in Information and Communication Technologies (MINT), UPC.

Bartomeu Alorda. Enginyer de Telecomunicacions (UPC, 2000) i Doctor en Física, (UIB, 2005). És professor del Departament de Física a la Universitat de les Illes Balears en el grup de recerca de Sistemes Electrònics.

Treballs i Projectes Finals de Carrera Curs 2008-09

ARQUITECTURA TÈCNICA

Bartomeu Adrover Barceló, "Anàlisi dels rendiments de la mà d'obra a les obres d'edificació", dirigit per Joan Muñoz Gomila (juliol 2008)

Alberto Moreno Vega, "Cuantía geométrica mínima de zapatas rígidas", dirigit per Antoni Cladera Bohigas (setembre 2008)

Nieve Sastre Le Meur, "Caracterització dels àrids reciclats otinguts a Mallorca i possibles aplicacions", dirigit per Antoni Cladera Bohigas (setembre 2008)

Arne Kröger i José Miguel Serrano Romero, "Representación gráfica tridimensional y animación de puesta en obra de detalles constructivos de estructura mixta", dirigit per Gabriel Horrach Sastre i Francesc Ponseti Barceló (octubre 2008)

Román Riera Allessie, "Estudio de cerramientos utilizados en las Islas Baleares", dirigit per Joan Muñoz Gomila (novembre 2008)

Lluc Amengual Llofriú, "La fusta a la construcció. Aplicació del codic tècnic CTE a les estructures de fusta més comuns en l'edificació", dirigit per Gabriel Horrach Sastre i Nernat Rossinyol (novembre 2008)

David Manso Posada, "Estudio de las condiciones de accesibilidad a la edificación en locales de la Calle San ...", dirigit per Catalina de Juan Oliver (novembre 2008)

Catalina Socias Vanrell i Mónica Sánchez Medina, "Influencia del proceso constructivo en la rehabilitación de muros de carga de marés", dirigit per Fernando Purroy Narvaiza (desembre 2008)

Marta Ferrer Bestard, "Bases de datos de elementos de construcción bioclimática", dirigit per Joan Josep Marcó Antón (desembre 2008)

Benito Mas Garcia, "Determinació de les propietats de formigons no estructurals realitzats amb àrids reciclats", dirigit per Antoni Cladera Bohigas (desembre 2008)

Maria del Mar Serra Matheu i Maria Carmen Amengual Romani, "El marés y la piedra de Santanyí en Mallorca: canteras y caracterización básica", dirigit per Victoriano García Martínez (desembre 2008)

Eduardo Covas Serra, "Estudio comparativo de sistemas solares térmicos de ACS para un edificio de viviendas", dirigit per Andreu Moia Pol (desembre 2008)

Bonaventura Fuster Gomila, "Estudi energètic del museu d'Història de Manacor plantejant els canvis constructius a realitzar i el sistema de climatització a implantar", dirigit per Salvador Juan Mas i Andreu Moia Pol (febrer 2009)

Miquel Ballester Julià, "Les característiques arquitectòniques, tipològiques i constructives dels habitatges en sol rústic", dirigit per Joan Muñoz Gomila (febrer 2009)

Miquel Gomila Ginard, "Procedimientos de eliminación de humedades por electro-ósmosis", dirigit per Salvador Juan Mas (febrer 2009)

Francisca Suau Palmer, "Durabilidad: Identificación de los tipos de ambientes de exposición de la isla de Mallorca", dirigit per Victoriano García Martínez (març 2009)

Maria Isabel Febrer Pont, "Estudio sobre la incidencia de la humedad por capilaridad en cerramientos y evaluación comparativa de métodos de prevención y tratamiento", dirigit per Joan Muñoz Gomila (març 2009)

Izzat Hakim Alonso, "Influencia del tipo de refrentado en la determinación de la resistencia a compresión de los labrillos cerámicos no vistos", dirigit per Victoriano García Martínez (abril 2009)

Enrique Rivas Miguel, "Estudio certificación energética en Palma de Mallorca", dirigit per Gabriel Horrach Sastre i Débora Coll Mayor (abril 2009)

Carlos Riera Colom, "El seguro decenal de daños y el organismo de control técnico en el marco de la LOE", dirigit per Antoni Cladera Bohigas (abril 2009)

Maria del Mar Femenías Vicens i Isabel París Rojo, "Estudi per a la declaració de bé d'interés cultural amb la categoria de conjunt històric del llogaret de Biniaraix", dirigit per Guillem Colom Muntaner (abril 2009)

Javier Ignacio Rivas Miguel, "Estudio económico comparativo sobre el uso de conectores estructurales en juntas de dilatación", dirigit per Joan Josep Marcó Antón (maig 2009)

David Seguí Leggett, "Depuración de aguas residuales para pequeños núcleos de población", dirigit per Salvador Juan Mas i Antoni Martínez Taberner (maig 2009)

Joan Ramon Planas Pons, "Estudio comparativo unidad módulo de una vivienda", dirigit per Joan Muñoz Gomila i Vicenç Mulet Aguiló (juny 2009)

Bartomeu Salom Balaguer, "Restauració i Rehabilitació de Ca'n Weyler", dirigit per Joan Muñoz Gomila (juny 2009)

Miquel Oliver Jaume, "Estudio sobre dosificaciones de morteros para revestimientos", dirigit per Gabriel Horrach Sastre i Joan Josep Marcó Antón (juny 2009)

Luis Alberto Morano Oliver, "Problemàtica de la construcció il·legal a Mallorca", dirigit per Joan Muñoz Gomila (juliol 2009)

INGENYERIA TÈCNICA INDUSTRIAL (esp. ELECTRÒNICA INDUSTRIAL)

Antonio Miguel Clar Fons, "Instal·lació fotovoltaica connectada a xarxa a una antiga pedrera", dirigit per Carol de Benito i Debora Coll (setembre 2008)

Miquel Torres Oliver, "Implementació i avaluació d'algorisme de filtres de partícules aplicat a vehicles autònoms submarins", dirigit per Antoni Burguera i Biel Oliver (setembre 2008)

Antonio Rapha Juan, "Sistema de seguimiento para un captador solar concentrado de reflector fijo", dirigit per Víctor Martínez Moll (setembre 2008)

Roberto Montero Ortiz, "Diseño e implementación de un magnetómetro diferencial", dirigit per Biel Oliver (setembre 2008)

Efrén Benítez Villanueva, "Estudio de iluminación eficiente de un edificio de oficinas", dirigit per Andreu Moià (setembre 2008)

Eduardo Azcona Soria, "Acondicionamiento de un módulo de refrigeración", dirigit per Andreu Moià i Bartomeu Alorda (setembre 2008)

Pedro Rodríguez Riquero, "Acondicionamiento y digitalización de un banco de ensayos de agua caliente sanitaria y calefacción", dirigit per Andreu Moià i Bartomeu Alorda (setembre 2008)

Eloi Pardo Gómez del Cerro, "Estudi acústic amb adequació al DB-HR del CTE d'un habitatge bioclimàtic", dirigit per Andreu Moià i Bartomeu Rosselló (octubre 2008)

Pere Joan Bonet Riera, "Diseño e implementación a nivel físico (layout) de una Field-Programmable Analog Array", dirigit per Rodrigo Picos i José Luis Merino (abril 2009)

Daniel Baltasar Pueyo Adrover, "Diseño e implementación a nivel de circuito (schematic) de una Field-Programmable Analog Array", dirigit per Rodrigo Picos i José Luis Merino (abril 2009)

Maria Teresa Reus Gelabert, "Tecnologies fotovoltaïques de concentració", dirigit per Eugeni García Moreno (setembre 2008)

Jorge Torres Lobera, "Desarrollo e implementación del software para el análisis del estado del sistema de ventilación del laboratorio HL 720", dirigit per Andreu Moià i Bartomeu Alorda (desembre 2008)

Angel Luis Tostón Gil, "Diseño y construcción de un sistema de prácticas para el análisis de la dinámica de una lavadora", dirigit per Víctor Martínez (setembre 2008)

Daniel Carbó González, "Sistema monitorizado de emisiones continuas", dirigit per Víctor Martínez (octubre 2008)

Miguel Angel Navarro Pérez, "Desarrollo de un sistema digital de bajo coste basado en lógica estocástica", dirigit per José Luis Rosselló (juny 2009)

Andreu Fiol Salom, "Programa d'aplicació i desenvolupament de les llibreries de control del sistema ZIMO", dirigit per Bartomeu Alorda i Andreu Moià (maig 2009)

David Ramos Martín, "Desarrollo de una herramienta para resolver el problema del flujo de cargas en entorno gráfico", dirigit per Debora Coll i José Antonio Notholt (juliol 2009)

Álvaro Nadal Saez, "Estudio energético de apoyo solar", dirigit per Andreu Moià (juny 2009)

ENGINYERIA TÈCNICA TELECOMUNICACIONS (esp. TELEMÀTICA)

Albert Oliva Suárez, "Disseny i implementació d'una solució de recepta electrònica", dirigit per Josep Lluís Ferrer (octubre 2008)

Carolina Castilla Jorge, "Resultats experimentals de test d'especificacions en un C.I. CMOS analògic usant un sensor de càrrega", dirigit per Rodrigo Picos i Kay Suenaga (juliol 2009)

Oscar Camps Pascual, "Desenvolupament d'un entorn web d'avaluació de models MOS segons els criteris CMC", dirigit per Rodrigo Picos (setembre 2008)

Francesc Xavier Mas Monserrat, "Eina didàctica per a l'estudi del protocol de gestió de xarxes SNMP", dirigit per Josep Lluís Ferrer (desembre 2008)

Maria del Mar Sacarés Seguí, "Disseny i execució d'un projecte de xara IP multiservei en un complex hotelier basada en backbone PLC", dirigit per Ignasi Furió i Alejandro Cortés (març 2009)

Miquel Pons Crespi, "Aplicació Web a la imputació de costos de personal a projectes de la Fundació IBIT", dirigit per Carlos Guerrero (desembre 2008)

Josep Maria Cerezo Oliva, "Algoritmes de planificació de paquets en UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)", dirigit per Jaume Ramis (juliol 2008)

Laura Aparicio Alonso, "Diseño y posterior implementación de una red IP multiservicio mediante tecnología PLC (PowerLine Communications) sobre soporte físico mixto Powerline y par telefónico", dirigit per Alejandro Cortés i Ignasi Furió (maig 2009)

Miquel Àngel Ribot Sanfèlix, "Estudi i proposta d'una metodologia de selecció de la potència del transmissor a partir del consum energètic en xarxes IEEE 802.15.4/ZigBee", dirigit per Bartomeu Alorda (febrer 2009)

Aina Frau Pascual, "Models de Markov en sistemes basats en esquemes de modulació/codificació adaptativa (AMC) i control d'errors amb ARQ", dirigit per Guillem Femenias (juliol 2008)

Macià Mut Vidal, "Tècniques de predicció de la PER/VER en els modes SISO d'un sistema IEEE 802.11n", dirigit per Guillem Femenias (juliol 2008)

Maria Gallego Borrás, "Plataforma de pràctiques per a l'experimentació amb P.D.S.", dirigit per Gabriel Cardona (desembre 2008)

Antoni Jaume Mir, "Detecció lineal en sistemes MIMO-GO-MC-CDM amb aplicació a l'estàndard IEEE 802.11n", dirigit per Guillem Femenias i Felip Riera (febrer 2009)

Víctor Manuel Tapia King, "Implementación y gestión del entorno base en alta disponibilidad para un sistema informático de gestión global en un entorno corporativo", dirigit per Rodrigo Picos (març 2009)

Josep Francesc Blanca Bo, "Desenvolupament i implementació d'un entorn de gestió del coneixement via web en una empresa de disseny de circuits integrats", dirigit per Rodrigo Picos (maig 2009)

Francisco de Borja Mas Boned, "Disseny, simulació i optimització d'una memòria SRAM", dirigit per Sebastià Bota (abril 2009)

ENGINYERIA INFORMÀTICA

Pau Tallada Crespi, "SMS/GSM Timesheet. Control i gestió d'actuacions de treball en temps real", dirigit per Miquel Mascaró Portells (juliol 2008)

Antoni Mas Mulet, "eMail. Correu intern per a Moodle", dirigit per Gabriel Fontanet Nadal (novembre 2008)

Joan Carreras Vinent, "Interacció amb Objectes Virtuals en un Entorn de Realitat Augmentada", dirigit per Ricardo Galli Granada i José Miquel Sales Dias (novembre 2008)

Sergio Ayala Pérez, "Desarrollo de una aplicación DVB-J de mensajería instantánea para televisión digital interactiva MHP. Implementación de la interfaz gráfica", dirigit per Miquel Mascaró Portells (desembre 2008)

David Culebras Carnicero, "Desarrollo de una aplicación DVB-J de mensajería instantánea para televisión digital interactiva MHP. Implementación módulo servidor", dirigit per Antoni Bibiloni Coll (desembre 2008)

Juan Carlos Galán Gago, "Jforms: un generador dinámico de aplicaciones web", dirigit per Bartomeu Serra Cifre (desembre 2008)

Bartomeu Manresa Socias, "Reenginyeria tecnològica d'una aplicació de recursos humans del sector públic", dirigit per Javier Jofre González-Granda (gener 2009)

Victor Blanch Vicens, "Sistema estereoscòpic de baix cost", dirigit per Antoni Jaume i Capó (febrer 2009)

Juan Manuel Diaz Medina, "Eliminación de sombras en imágenes digitales", dirigit per José Luis Lisani Roca (Abril 2009)

Sebastià Rafel Estela Mir, "Modernització d'una aplicació docent per a una assignatura de Biologia", dirigit per Joan Miró Julià (maig 2009)

Maria Magdalena Alomar Sitges, "Sistema per a la visualització tridimensional i interactiva en el comerç electrònic", dirigit per Javier Varona Gómez (maig 2009)

Vicente Javier Rosselló Ferrer, "Estudi i desenvolupament d'un gestor documental: L'Arxiu Central d'Urbanisme", dirigit per Jaume Serra Cifre (juny 2009)

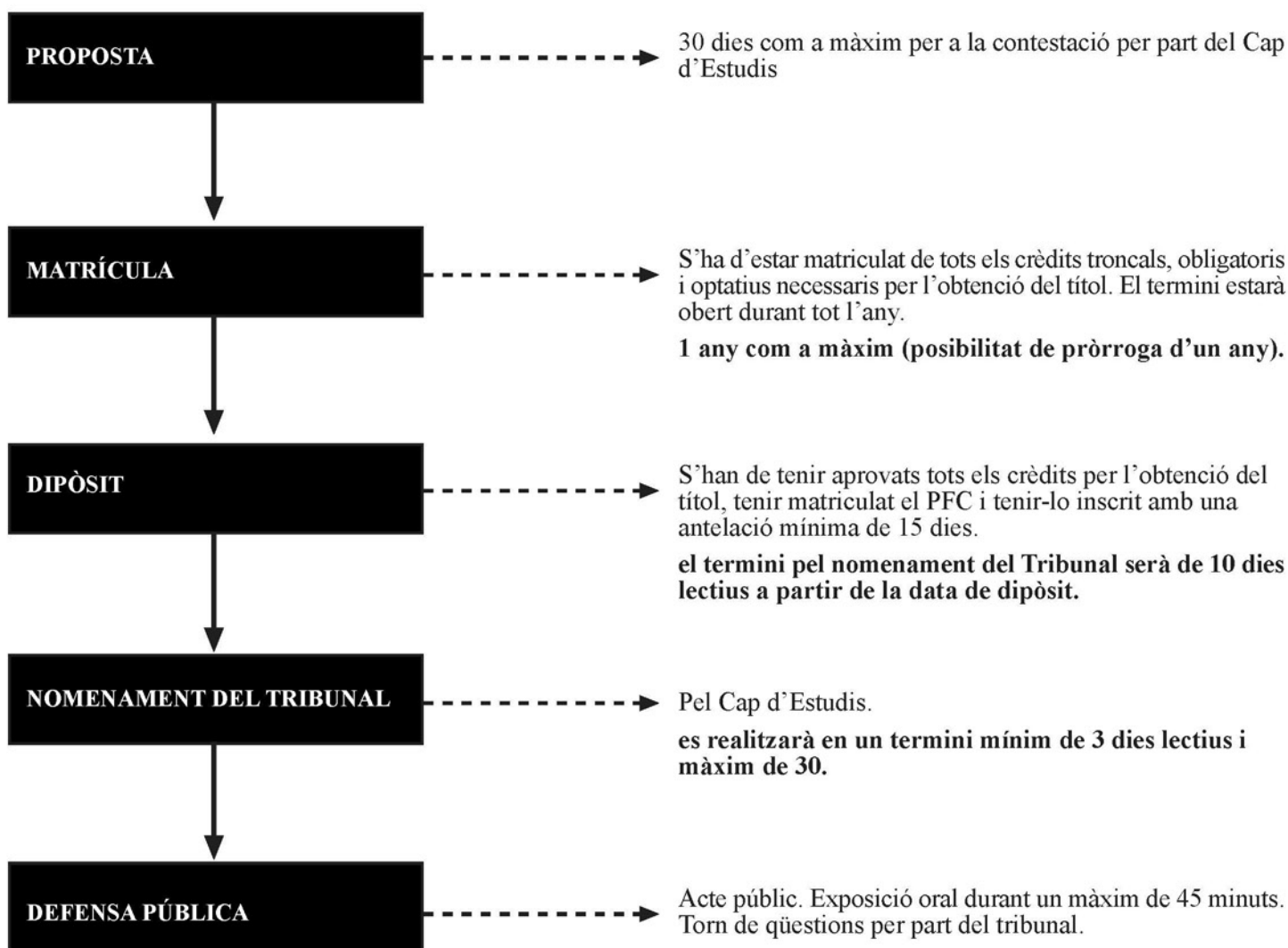
Joan Pascual Cursach, "Elecció i implementació del controlador web per a la Intranet de la Universitat de les Illes Balears", dirigit per Francisco José Bastida López (juny 2009)

David Madroñal Sanchez, "Sistema de gestió de congressos para su publicació a través de internet y terminales móviles", dirigit per Pere Antoni Palmer Rodríguez i Antoni Bibiloni Coll (juny 2009)

Javier Ruiz Carvajal, "Anàlisi de Aplicación de Alquiler de Vehículos", dirigit per José María Buades Rubio (juliol 2009)

PLANIFICACIÓ DEL Projecte Fi de Carrera

Normativa del PFC aprovada per la Junta de Centre el 7 de juliol de 2005



Crida a la participació.
Segon número de la revista
enginy@eps

Curs 2009 - 2010
<http://enginy.uib.es>



La revista enginy@eps va començar el curs 2007-2008 com a projecte d'innovació docent dins les aules. Pretenia ser un incentiu motivador a l'hora de fer els treballs docents per part dels estudiants en veure que els seus documents eren susceptibles de ser publicats i llegits fora de l'entorn de l'assignatura. En el número 1 es va crear una secció nova incorporant un espai de difusió dels treballs de recerca, tutorials, estat de l'art, ...

Amb aquest ànim, volem continuar donant especial importància a la participació de l'estudiant, la motivació per la lectura de continguts d'investigació i ajudant en la introducció de futurs investigadors en una de les tasques de la recerca, la difusió de la feina feta. Per això vos proposam la participació en el proper número de la revista, en qualsevol de les seccions següents:

Secció de treballs docents realitzats dins la planificació d'una assignatura: memòries de pràctiques, resums de tasques docents, treballs de recerca, casos estudiats, ... (de 3 a 4 pàgines per article). Només s'admetrà una proposta d'article per assignatura i serà el professor o grup de professors de l'assignatura els encarregats de realitzar la selecció i la proposta final. El format del document i tota la informació sobre la revista es pot trobar a <http://enginy.uib.es>.

Calendari treballs docents:

Data màxima presentació treballs 1er quadrimestre: 10 de Març de 2010
Data màxima presentació treballs 2on quadrimestre: 10 de Juliol de 2010

Notificació d'acceptació:

30 de Març de 2010 (1er quadrimestre)
20 de Juliol de 2010 (2on quadrimestre)

Data màxima de presentació definitiva de treballs:

30 de Juliol de 2010

Secció de treballs de recerca:

PFCs, TADs, articles recerca professorat, tutorials, estats de l'art, ... (de 4 a 6 pàgines per article). Es realitzarà un procés de revisió formal i anònima del treball. El format del document i tota la informació sobre la revista es pot trobar a <http://enginy.uib.es>.

Calendari treballs de recerca:

La convocatòria és oberta de forma indefinida, en el moment de recepció de l'article es procedirà al procés de revisió i al tancament del número de la revista es publicaran els que tinguin una decisió positiva ferma.

Estudia a l'Escola Politècnica Superior

Graus Oficials:

Matemàtiques
Enginyeria d'Edificació

Titulacions de 1er i 2on cicle:

Enginyeria Tècnica en Informàtica de Gestió.
Enginyeria Tècnica en Informàtica de Sistemes.
Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat Electrònica Industrial.
Enginyeria Tècnica de Telecomunicacions. Especialitat en Telemàtica.
Enginyeria Informàtica.

<http://eps.uib.es>

Continua els estudis a la UIB

Titulacions oficials de Postgrau:

Màster d'Enginyeria Electrònica
Màster de Matemàtiques
Màster en Tecnologia de la Informació i de les Comunicacions

Doctorats de la UIB:

Doctorat interuniversitari (UIB-UPC) d'Enginyeria Electrònica
Doctorat d'Informàtica
Doctorat de Matemàtiques

<http://cep.uib.es>

Completa la formació des de la UIB

Programes de Mobilitat per a estudiants:

ERASMUS per a estudis
Programa SICUE-Séneca
Convenis d'Intercanvi,
CINDA, CIEE, ISEP USA / International, DRAC, i Programa Averroes.

<http://www.uib.es/servei/sri>

Programes de Mobilitat per a titulats:

Beques Leonardo da Vinci
Erasmus pràctiques

<http://www.fueib.org/recordcard.php?id=1093>

http://www.caeb.es/orientacion_empresarial/programas_leonardo_da_vinci_y_erasmus.html



Govern de les Illes Balears

Conselleria d'Educació i Cultura
Direcció General d'Universitat



Universitat de les
Illes Balears
Institut de Ciències
de l'Educació



CÀTEDRA
ENDESA RED
D'INNOVACIÓ
ENERGÈTICA

