

# 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](mailto:tomeu.oliver@uib.es) - [www.uib.es/ca/](http://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 flúis. 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 fotodíodes 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 pertorbació 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 encarregat 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.

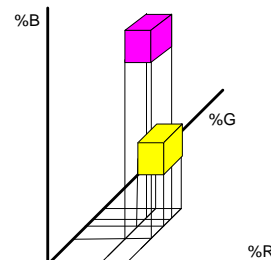
$$R[\%] = \frac{colorcode}{R} \cdot 100$$

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

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

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

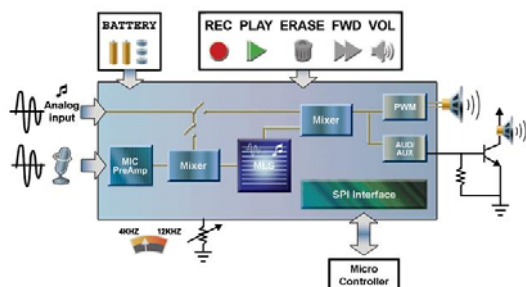


Figura 3. Esquema de funcionament del Chip Corder.

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.

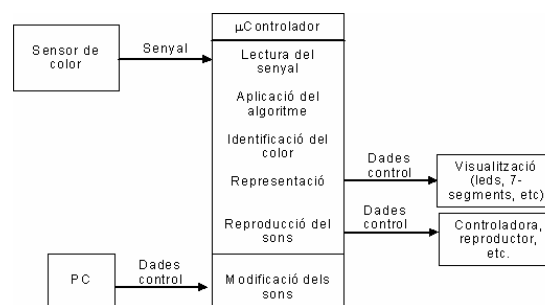


Figura 5. Tasques del microcontrolador

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 disposarem 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

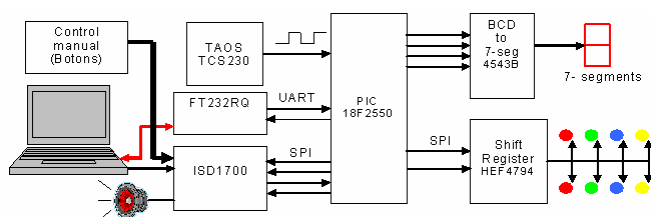
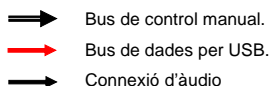


Figura 6. Esbós del disseny

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.

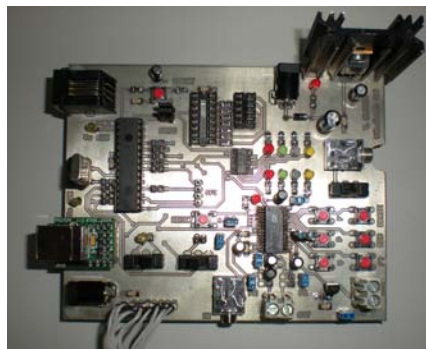


Figura 7. Sistema integrat finalitzat.

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](http://www.farnell.com)
- [2] Nuvoton Technology Corporation. Disponible on-line en: [www.nuvoton.com](http://www.nuvoton.com)
- [3] Future Technology Devices International Ltd. Disponible on-line en: [www.ftdichip.com](http://www.ftdichip.com)
- [4] Microchip Technology Inc. Disponible on-line en: [www.microchip.com](http://www.microchip.com)



Autor: Tomeu Oliver Torres.

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