

---

PRESENTACIÓ DE RESULTATS DELS PROJECTES DE MILLORA DE LA DOCÈNCIA

## **Mòduls per l'aprenentatge experimental de sistemes electrònics de mesura i control enfocats a sistemes biològics utilitzant Programmable Systems-on-Chip**

*Professor/a responsable: Ernesto Serrano Finetti*  
[ernesto.serrano@upc.edu](mailto:ernesto.serrano@upc.edu), <sup>1</sup>Departament d'Enginyeria Electrònica, Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels

*Professorat que ha intervingut: Gemma Hornero Ocaña<sup>1</sup>, Carles Aliau Bonet<sup>1</sup>, Eduard Hernández Yáñez<sup>2</sup>, Cristina Gonzalez Flor<sup>2</sup>, Jordi Llorens Calveras<sup>2</sup>, Eloi Pineda Soler<sup>3</sup>*

<sup>2</sup>Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia i <sup>3</sup>Departament de Física i Energia Nuclear, Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

Tipus d'ajut rebut: **UPC\_2011**

Data de la comunicació de resultats: 15 gener 2013

### **Resum**

L'objectiu principal és l'elaboració de material de pràctiques de laboratori que permetin que els estudiants d'Enginyeria dels Sistemes Biològics utilitzin sistemes electrònics de mesura i control, amb aplicacions adequades al seu context. Per facilitar que les pràctiques vagin evolucionant en el futur amb un mínim d'inversió posterior, s'ha escollit sistemes basats en microcontroladors i sistemes reconfigurables com ara els PSoC (Programmable System-On-Chip) i els sistemes d'adquisició de dades.

Específicament, el material de pràctiques elaborat permet implementar i entendre les característiques de les tècniques de mesura de paràmetres comuns a l'àmbit industrial (temperatura, humitat, pressió), entendre els conceptes bàsics de l'adquisició de dades (fons d'escala, mostreig, resolució, marge dinàmic) i observar el comportament de les estratègies de control bàsiques (PID, on-off). És important remarcar que, en ser un grau de nova implantació, l'objectiu docent no és tant la millora de resultats (no n'hi ha, d'antecedents) com proveir els estudiants amb pràctiques que defugin les orientacions més tradicionals d'assignatures de Sistemes Electrònics.

Els resultats obtinguts són, d'una banda, materials didàctics en forma de kits de sistemes electrònics capaços de rebre senyals de diverses sondes i controladors comercials, i d'altra banda les guies de laboratori que suggereixen un ús per aquest material.

## Paraules clau

Sistemes electrònics, laboratori, sistemes biològics

## Catalogació segons aspecte d'actuació docent (\*)

- Practicitat dels estudis
- Materials didàctics

## Àmbit de coneixement UPC

- Enginyeria de Biosistemes

## Destinataris

Enginyeria dels Sistemes Biològics

## Resultats

### 1. Treballs d'estudiants

L'exploració dels materials adquirits ha sigut feta per alumnes de l'EETAC dins d'un seguit de Treballs/Projectes de Fi de Carrera que es detalla a continuació:

- Sistema de mesura de biopotencials per a plantes i arbres amb PSoC* (TFC). Autora: Maria Josep López
- Desenvolupament d'un node sensor de paràmetres mediambientals amb comunicació sense fils per a aplicacions agrícoles* (TFC). Autor: Alberto Cabo Godoy
- Programmable-System-on-Chip-based data acquisition System for educational purposes* (PFC). Autor: Fernando Manzano Rubio
- Autonomous rangefinder system based on PSoC* (Master Thesis). Autor: José Villa Ureña.

Aquests treballs constitueixen **sistemes de demostració** per introduir a les sessions teòriques aplicacions com ara la mesura de biopotencials (a) o la mesura sense fils (b, d). Del treball (c) es va concloure que el **dèficit de suport donat pel fabricant** (Cypress Semiconductors) fa que el desenvolupament d'un sistema d'adquisició de dades basat en PSoC s'hagi pogut allargar més enllà del període concedit per aquest projecte, per la qual cosa es va decidir la compra dels sistemes d'adquisició de dades de 12 bits U3 (LabJack) que es basen en microcontroladors fàcilment reprogramables.

### 2. Material de pràctiques

Paral·lelament als treballs abans esmentats, es van adquirir 8 kits CY8CKIT-030. La seva facilitat d'ús i suport més ampli va fer que adquiríssim aquests kits. D'altra banda, es va considerar convenient posar en contacte als alumnes amb **sistemes que vagin més enllà del entorn purament acadèmic** i també vam adquirir controladors PID d'ús industrial (AK48-T111, Salvio) i contactors

(DILM 4 kW, 230Vac). El resultat es concreta en la següent llista de pràctiques, portades a terme durant el quadrimestres 2011-12 Q2 i 2012-13 Q1:

- a. *Mesures bàsiques*, on s'introdueixen instruments bàsics de generació de senyal i mesura. També s'explica la metodologia de treball en grup. (2 hores).
- b. *Caracterització de mesura a 2, 3 i 4 fils per a sondes resistives*, on s'estudien els errors dels 3 tipus de mesura amb un sistema "tancat" (Figura 1) on fan falta mesures elèctriques auxiliars (amb multímetre) per caracteritzar el sistema de mesura (2,5 hores).
- c. *Caracterització de mesura amb parells termoelèctrics*, on s'analitzen les avantatges i problemes de la mesura amb un parell termoelèctric tipus K (1,5 hores).
- d. *Procés d'ebullició de l'aigua*, on es comparen els errors de mesura dels sistemes estudiats anteriorment, així com la linealitat i immunitat davant de fonts d'interferència, en un rang de temperatures de 0 a 100 °C (2 hores).
- e. *Mesura de senyals dinàmiques*, on es fa servir el sistema U3 de LabJack per analitzar senyals de veu per demostrat els conceptes de freqüència, harmònics, ample de banda, resolució, filtres de 1r ordre (6 hores).
- f. *Cambra climàtica*, on es demostra l'ús del controlador PID per controlar la temperatura d'una cambra climàtica (Figura 2) feta amb capses de poliestirè (2 hores).
- g. *Control de temperatura*, on els estudiants (Figura 3) controlen l'escalfament d'un bany maria amb els controladors PID i proven diferents estratègies de control (4 hores).

Les assignatures beneficiàries han sigut les de Circuits i Sistemes Electrònics, CSE (a,b,c,d i e) i Bioinstrumentació i control, BiC (e i f), del Grau en Enginyeria dels Sistemes Biològics.

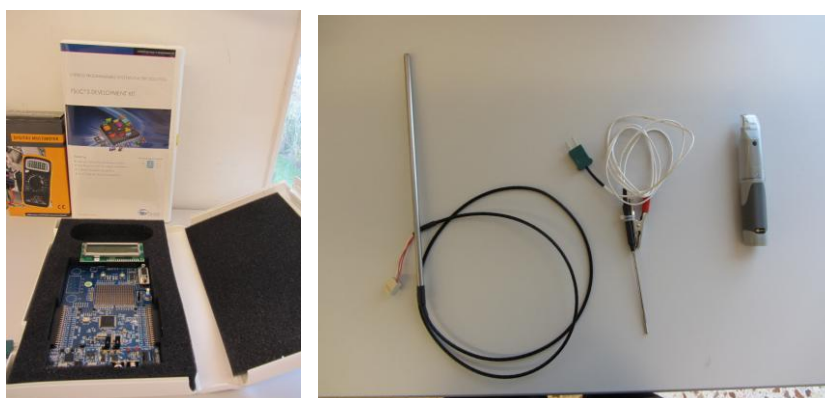


Figura 1. Kits PSoC i material divers de laboratori adquirit

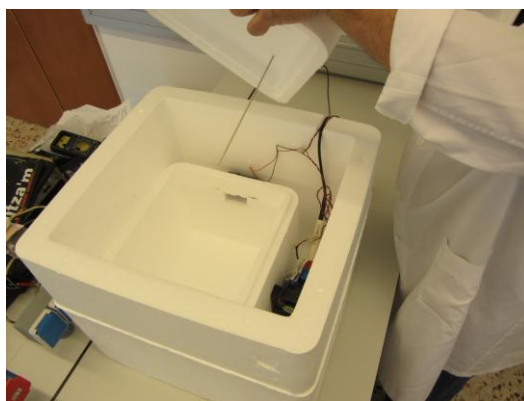


Figura 2. Cambra climàtica amb controlador PID.



Figura 2. Estudiants treballant en grup la pràctica descrita en g.

## Avaluació del projecte

La metodologia de valoració proposada va ser la següent:

Coordinació de l'equip de treball. Reunió bimensual del professorat per avaluar els productes obtinguts, per l'elaboració dels guions de pràctiques i per identificar possibles dificultats i determinar les accions correctores adients. Valoració positiva: al menys 5 guions de pràctiques verificats pel becari.

Valoració dels resultats. Respostes a preguntes específiques sobre l'ús dels mòduls dins d'una enquesta tipus SEEQ i l'anàlisi del rendiment acadèmic. Valoració positiva: Objectius assolits superen el 70%, valoració enquestes de al menys 3/5, 70% de projectes acabats en termini.

En finalitzar aquest projecte, hem desenvolupat guions per a 7 experiències de laboratori, per la qual cosa la valoració del material produït es molt bona.

A l'enquesta SEEQ que normalment passem al final de curs, es van afegir algunes preguntes específiques sobre els treballs de laboratori basats en el material didàctic desenvolupat (Figura 4). L'enquesta es va passar en acabar l'assignatura de CSE (Juny de 2012). Els resultats han sigut els següents:



Respecte dels rendiment acadèmic, encara que sempre és difícil esbrinar quin ha sigut l'impacte de les pràctiques sobre la nota final de l'assignatura, si que és clar que ha ajudat a l'hora de comprendre conceptes clau tal i com reflecteixen les respostes a les preguntes 1 a 4 de l'enquesta, i correla positivament amb el 83 % d'aprovat de l'assignatura, tot i que aquests alumnes percebien l'electrònica com a un món aliè en començar CSE.

Com a comentari final, en adaptar el pressupost al diners finalment atorgats es va decidir prescindir de becaris, prioritant l'adquisició de material de laboratori, donat la manca total de material específic per a aquestes pràctiques a les instal·lacions del laboratori de Física, que és on actualment treballem les sessions experimentals de CSE i BiC. Per això, la major incidència ha sigut la de la manca de temps per tenir el material correctament organitzat i disponible pels estudiants en el moment adequat, els quals han percebut com a un problema notable durant la implantació de les pràctiques.

## **Conclusions**

La valoració positiva del material didàctic per part dels estudiants fa que considerem que els objectius proposats inicialment s'han assolit. Malgrat això, també s'ha de dir que aquest projecte constitueix un primer pas per aconseguir tenir una varietat d'aplicacions de l'electrònica que siguin rellevants per aquesta titulació, i la aposta pels sistemes reconfigurables facilita l'ampliació d'aquestes pràctiques en un futur proper.

La decisió de prioritzar l'adquisició de material de laboratori ha sigut l'adequada, donada que l'actual situació econòmica fa preveure dificultats per comprar més material en un futur. La quantitat de material disponible permet una certa autosuficiència donat que hem adquirit més kits dels estrictament necessaris, preveient possibles baixes per mal ús. Cypress dona l'opció de fer donacions puntuals dels kits PSoC que son la base de les 4 primeres pràctiques i del material de demostració, mentre que el sistema d'adquisició de LabJack es fàcilment reparable amb components electrònics de baix cost.

Donat que aquestes pràctiques es basen en sistemes reconfigurables, és possible transferir-les a d'altres titulacions que considerin l'ensenyament de l'electrònica a un nivell de sistema més que al nivell del component discret, i si cal, també es poden fer servir en assignatures de graus més altament relacionats amb l'electrònica, fins i tot sent possible constituir-se en "laboratoris" portàtils donat que hi ha un "pack" de material que inclou kits PSoC, sondes, i sistemes d'adquisició. Evidentment, això comporta bàsicament hores de treball per part del professorat per proposar unes guies que siguin significatives per la titulació on es vulgui fer servir aquest material, i depenent de la mida de l'assignatura, seria convenient la participació de becaris per la seva implantació.

Finalment, podem dir que aquest projecte, entès com a part d'unes assignatures específiques, no acaba en finalitzar l'ajut, sinó que esperem la millora continua i expansió de les pràctiques curs a curs i

## **Referències/més informació**

Les guies de les pràctiques es troben a l'àrea de l'assignatura a ATENEA (Circuits i Sistemes Electrònics, Bioinstrumentació i Control), que actualment atorga accés als estudiants matriculats. Els interessats poden sol·licitar la seva inscripció a ATENEA per tal de poder accedir a aquest material.