

# DELFOS, un recurs interactiu per l'estudi de dispositius electrònics

Josep Calderer Cardona, Lluís Prat Viñas, Vicente Jiménez Serres i Joan Pons Nin.

*Departament d'Enginyeria Electrònica. Universitat Politècnica de Catalunya. Campus Nord, edifici C4, c. Jordi Girona Salgado 1-3, 08034 Barcelona. E-mail; [calderer@eel.upc.edu](mailto:calderer@eel.upc.edu)*

**Paraules clau:** Dispositius electrònics, Programa interactiu, Autoaprenentatge

## Resum

Es presenta un programa interactiu per a un curs bàsic de dispositius semiconductors suportat per ordinador personal. Els destinataris primers són els alumnes de la titulació de segon cicle en Enginyeria Electrònica de la UPC, en particular aquells que la segueixen en format semipresencial. El material presentat s'ajusta al programa d'una de les assignatures del curriculum i al text de referència que s'utilitza. L'objectiu és presentar una col·lecció d'exercicis, prou extensa per cobrir tots els conceptes importants de la matèria, que l'alumne pugui utilitzar per autoavaluar-se. Eventualment, el professor podrà fer servir el mateix recurs per qualificar l'estudiant. El material és d'accés lliure per xarxa.

## 1. OBJECTIUS

El programa interactiu DELFOS per l'estudi dels dispositius semiconductors vol ser una eina d'ajut a l'estudi que l'estudiant pugui utilitzar sense la supervisió immediata del professor. Per aconseguir aquesta finalitat persegueix els objectius següents:

- Disposar d'una col·lecció d'exercicis que cobreixin de manera exhaustiva el programa de l'assignatura.
- Proporcionar a l'alumne una eina d'estudi que li permeti verificar els seus progressos en la comprensió de cada tema.
- Permetre realitzar avaluacions per la qualificació del curs de manera simple i ràpida.

## 2. DESENVOLUPAMENT DE DELFOS

### Introducció: l'autoaprenentatge

El desenvolupament de recursos d'aprenentatge perquè l'estudiant pugui treballar en absència de classes presencials o com a complement a aquestes és antic i ha donat lloc a un seguit de textos que tenen com a característica comuna proposar al lector un nombre important d'exercicis amb la finalitat que el lector pugui avaluar per si mateix els progressos que ha fet en la comprensió de la matèria.

L'ús de l'ordinador personal com eina de treball ha multiplicat les possibilitats d'elaboració d'aquest tipus de recursos i n'ha abaratit el cost. Entre les innovacions més importants podem esmentar:

- La possibilitat de treballar en un entorn interactiu on l'usuari pot servir-se de menús d'ajuda, obtenir una correcció raonada dels exercicis, etc.
- La capacitat per generar dades diferents per un mateix enunciat de l'exercici, multiplicant així el nombre efectiu de problemes a resoldre.
- Els vincles hipertext permeten relacionar cada exercici amb els conceptes teòrics continguts en textos de caràcter teòric.

Finalment, l'accés per internet ha incrementat les possibilitats d'aquests recursos en diferents aspectes:

- Amplia el nombre d'usuaris potencials, virtualment sense límits. En algunes universitats, nordamericanes (vegeu [1] i [2] com exemples paradigmàtics principalment, s'ha desenvolupat aplicacions educatives en el camp dels semiconductors i dispositius que tenen ressonància mundial.
- Permet als autors d'aquestes eines millorar-les i actualitzar-les sense haver-se de sotmetre al ritme marcat per les edicions successives.

En aquest context presentem DELFOS, un programa pensat per l'ensenyament dels dispositius electrònics i fotònics dins un currículum d'enginyeria en electrònica. No pretenem que tingui un abast tan gran com els treballs esmentats però volem que s'adapti bé a les necessitats dels nostres alumnes.

### **DELFOS en els estudis d'Enginyeria Electrònica**

L'any 2000 la Universitat Politècnica de Catalunya va iniciar estudis, entre els quals s'hi troba la titulació de segon cicle en Enginyeria Electrònica [3, 4, 5], en format semipresencial. El caràcter semipresencial en el nostre context vol dir que l'alumne no rep classes expositives dels continguts teòrics del programa (les pràctiques de laboratori continuen exigint la presència de l'estudiant en el laboratori) i que el contacte personal amb els seus professors es limita a unes poques sessions per la coordinació del treball i per l'avaluació dels coneixements adquirits, a part de l'atenció personalitzada, presencial o a través de la xarxa, a petició del propi alumne.

En aquest entorn ha calgut desenvolupar eines de treball pensades específicament per les necessitats dels alumnes semipresencials. El problema ha rebut un tractament diferent en cada assignatura. En el cas de l'estudi de dispositius electrònics i fotònics s'ha elaborat un llibre [6] que no solament s'adapta al contingut del programa sinó que proposa una metodologia de treball que inclou la resolució d'exercicis programats en el text i que cobreixen el programa de manera exhaustiva. La seva resolució està a l'abast del lector a través d'internet [7] amb el propòsit que aquest pugui verificar la solidesa del progrés en la comprensió del tema i decidir si pot continuar endavant o no. DELFOS ha potenciat l'estratègia descrita amb l'ús de recursos informàtics, afegint-hi versatilitat en la generació de nous exercicis i facilitant l'accés a les solucions.

### **Continguts de la matèria**

La matèria continguda en DELFOS és un curs d'introducció a l'estudi dels dispositius semiconductors pensada per estudiants amb una formació bàsica en Física i en Electrònica, que evita, fins on és possible, el desenvolupament matemàtics formals per posar més èmfasi en temes conceptuals. El programa es desenvolupa en sis capítols: materials semiconductors, la junció PN, tecnologia de fabricació, dispositius emissors i receptors de llum, transistor bipolar i transistors d'efecte de camp. El cinc primers capítols constitueixen el programa de l'assignatura *Dispositius Electrònics i Fotònics I*

de l'actual currículum d'Enginyeria Electrònica ofert per la UPC. El darrer capítol pertany a l'assignatura *Dispositius Electrònics i Fotònics 2* de la mateixa titulació.

Hi ha en el mercat un nombre important de llibres, alguns d'excel·lents, que tracten aquesta matèria. En aquest context la preparació d'un llibre i d'una eina com DELFOS es justifica per la necessitat de disposar de material ajustat al programa, de col·leccions d'exercicis que permetin a l'estudiant treballar els conceptes teòrics i d'eines (interactives en el cas de DELFOS) d'autoavaluació que facilitin el treball de l'alumne, especialment del que segueix el format semipresencial.

### Un antecedent: CyDel

DELFOS segueix, tant per la seva estructura com per les eines utilitzades, el camí marcat per un treball anterior, el CyDel [8], desenvolupat per alguns dels autors del DELFOS. CyDel és una ajuda a l'estudi elemental de dispositius i circuits electrònics, mitjançant exercicis programats destinat a estudiants de primer curs d'Enginyeria de Telecomunicació.

Aquesta primera experiència ha estat útil tant en el moment de donar forma i contingut a DELFOS sinó també per fer previsions quant al seu ús pràctic. La utilitat de CyDEL com a recurs d'estudi i com a mitjà d'avaluació de l'estudiant ha estat ja probada. Es manté per a DELFOS la idea inicial de CyDEL de poder oferir a l'alumne un recurs d'avaluació continuada sense que això signifiqui una inversió de temps de professor prohibitiva.

### Estructura de DELFOS

L'arquitectura de DELFOS es compon de tres elements principals:

- Una base de dades que conté: els enunciats de 315 exercicis (amb dades numèriques variables) i les seves solucions que l'usuari podrà obrir, així com 21 problemes guiats amb suggeriments per resoldre'ls.
- Un compilador que genera les dades numèriques variables dels enunciats, resol els exercicis i avalua les respostes de l'usuari.
- Un entorn de presentació i gestió de pantalles basat en el programari comercial *Multimedia Toolbook* [9].

### L'entorn de l'usuari

En accedir al programa (figures 1a i 1b) l'estudiant disposa de tres opcions: el mode estudi, el mode avaluació i els problemes guiats.

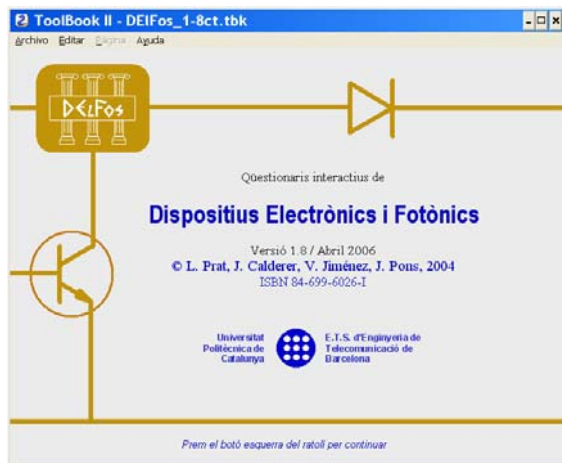


Figura 1a. Caràtula de la pantalla d'accés a DELFOS

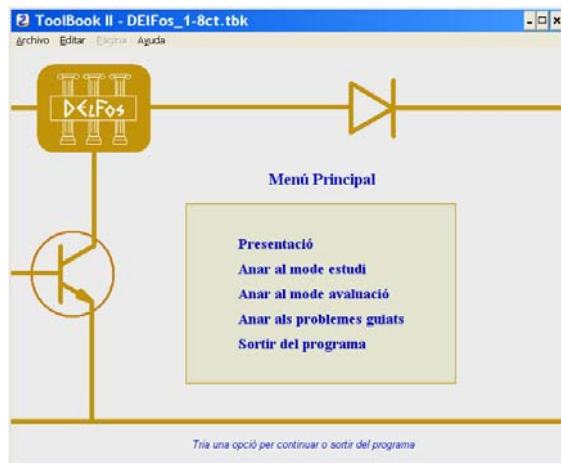


Figura 1b. Selecció del mode de treball

Si tria el mode estudi, podrà escollir entre els diferents preguntes que integren els qüestionaris de cadascun dels capítols del temari (figura 2) o un problema guiat. Si tria un qüestionari DELFOS li proposarà un exercici i quatre respostes possibles, una de les quals és correcta i les altres no (figura 3). Una vegada triada la resposta l'usuari pot demanar-ne la correcció. Aleshores s'obre una finestra amb la resolució de la qüestió (figura 4). En el cas dels problemes guiats no es proposen respostes, però es poden cridar pàgines d'ajuda.

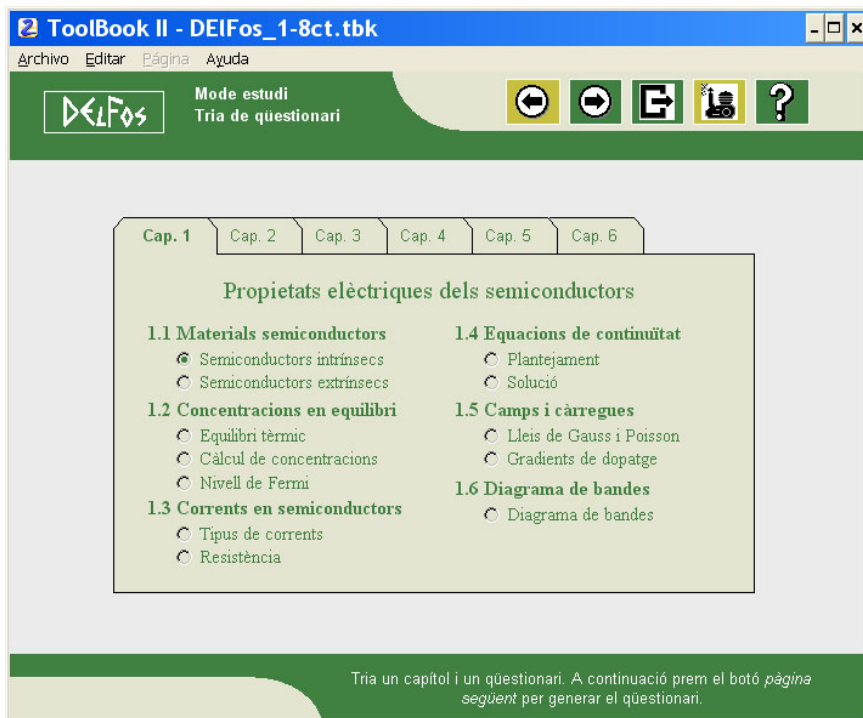


Figura 2  
Selecció del tema en mode estudi

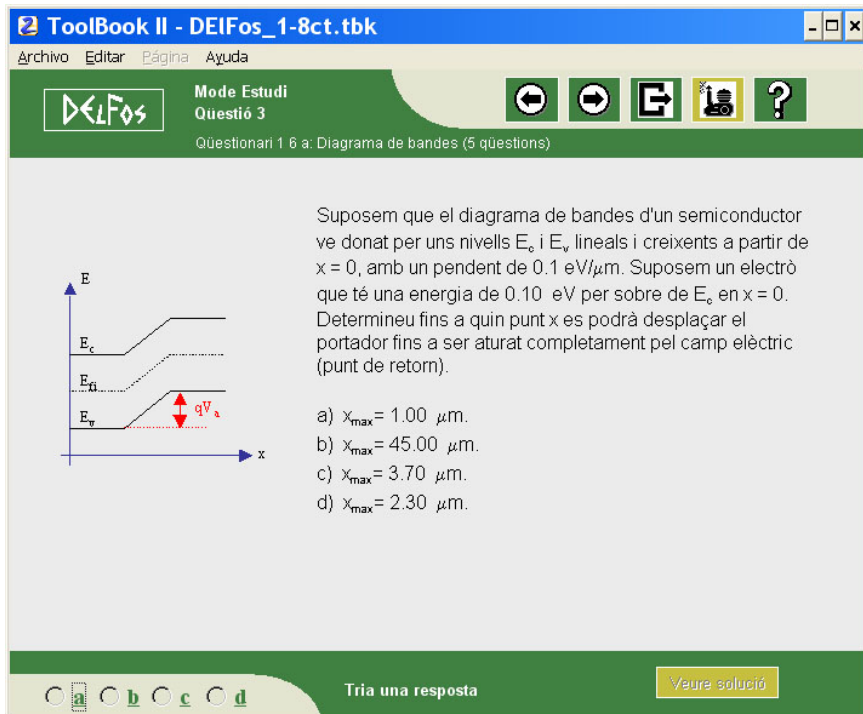


Figura 3  
Enunciat d'un exercici en mode estudi

Les qüestions són idèntiques a les del llibre per tal de facilitar a l'estudiant l'ús simultani dels dos recursos, però en DELFOS les dades numèriques es generen de nou

cada vegada que s'inicia l'exercici mitjançant l'ús d'una variable aleatòria, de manera que cada vegada li proposa a l'estudiant un problema diferent i l'alumne no pot repetir un exercici que ha estat corregit anteriorment. També és aleatori l'ordre de les respostes.

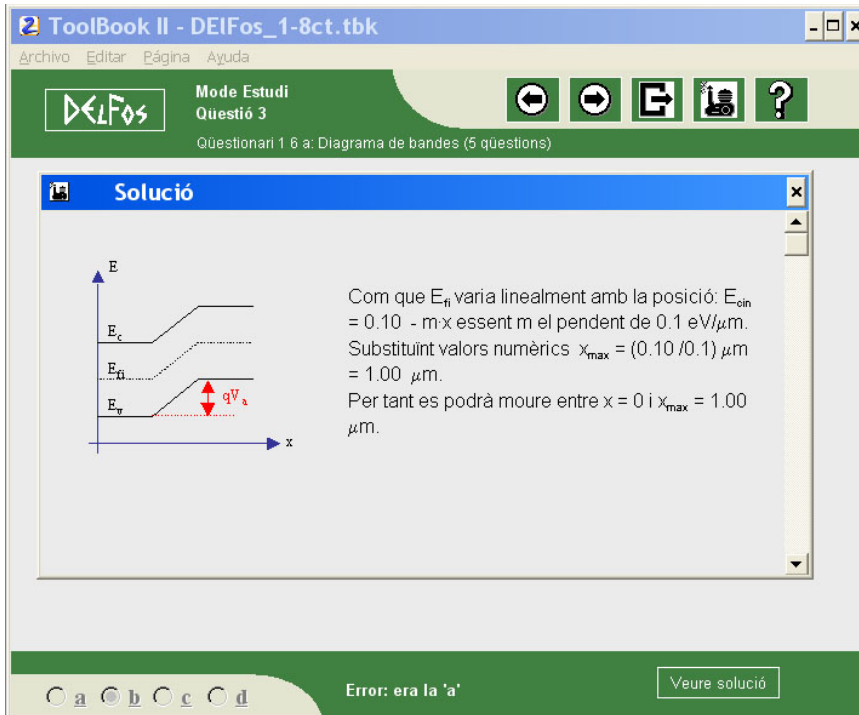


Figura 4  
Solució d'un exercici en mode estudi

El mode avaluació està pensat tant perquè l'estudiant es pugui auto avaluar com per ajudar el professor a qualificar-lo. És similar al mode estudi però l'estudiant no pot consultar les solucions fins després de corregir l'examen. DELFOS permet escollir entre ser avaluat d'un capítol o del conjunt de l'assignatura (figura 5).

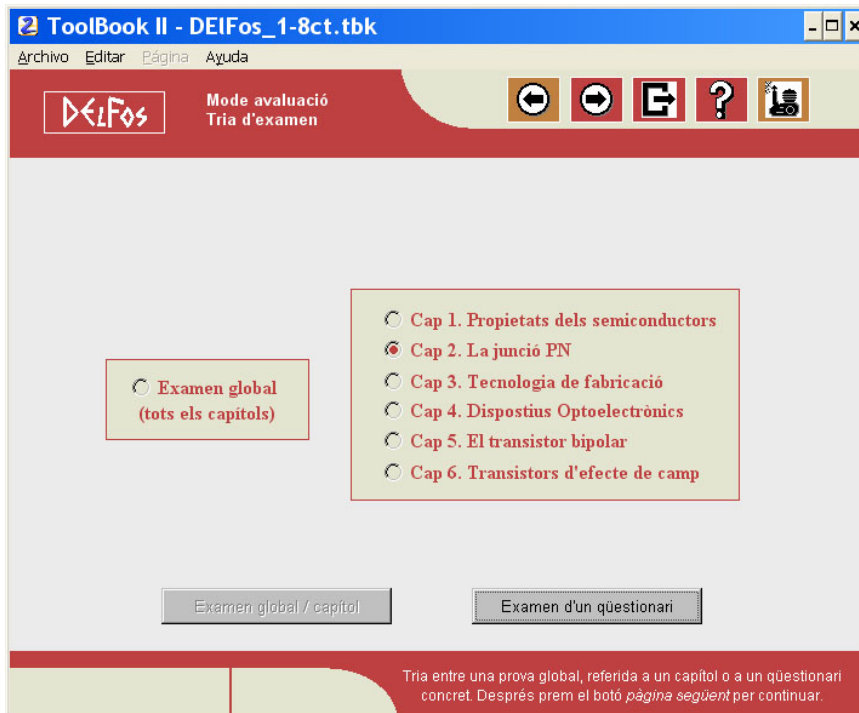


Figura 5  
Selecció del tema en mode avaluació

En qualsevol cas, es genera un examen de deu exercicis escollits d'un tema o de tota l'assignatura i, a partir d'aquí, DELFOS qualifica l'usuari, sumant un punt per resposta correcta i restant-ne 1/3 per cada resposta errònia (figura 6). Es preveu la possibilitat de deixar respostes en blanc que no comptabilitzen.

En l'opció de resolució de problemes guiats el lector accedeix a uns enunciats d'exercicis amb la possibilitat de rebre ajuda (pistes). Finalment pot consultar la solució.

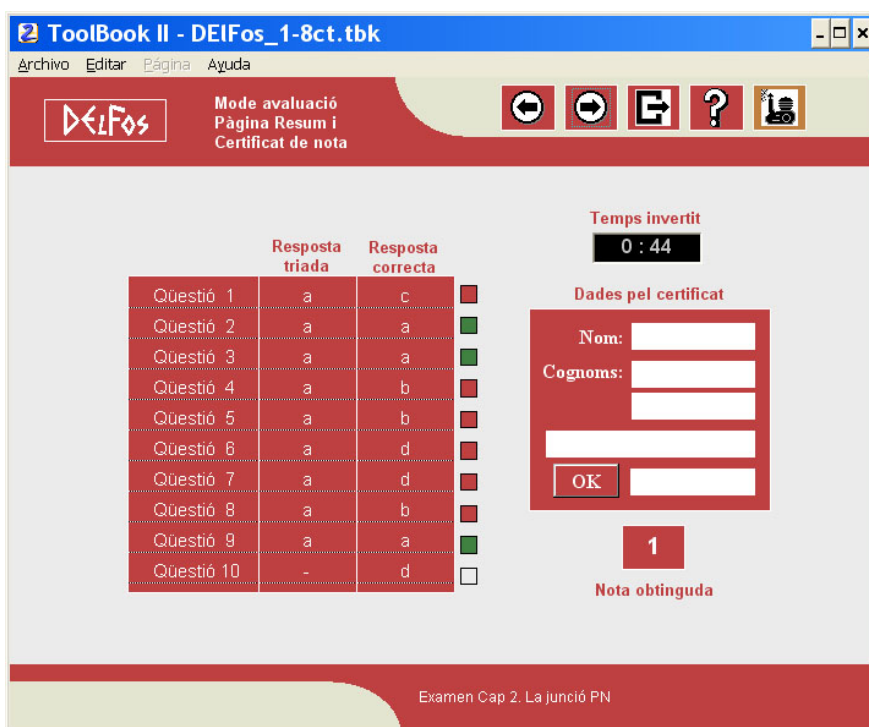


Figura 6  
Correcció en  
mode avaluació

L'accés a DELFOS és lliure a través de la web d'edicions UPC. Val a dir, tanmateix, que aquesta eina assolix la seva plena utilitat quan es fa servir com a complement del text d'estudi [10].

### 3. CONCLUSIONS

Encara no hi ha en el moment de redactar aquesta contribució experiència de l'ús de DELFOS com eina d'avaluació, ja que es posarà a la xarxa properament. L'experiència de CYDEL permet ser optimista pel que fa a la seva utilitat. Una característica que cal subratllar és el seu caràcter dinàmic atesa la facilitat per modificar i ampliar la base de dades amb la qual es treballa, tant pel que fa als exercicis i les seves solucions com per les pàgines d'ajuda.

Una potencialitat encara no prou explorada d'aquest tipus de recursos pot ser, en el futur, reduir el caràcter d'exposició magistral de les classes amb la finalitat de guanyar un temps que es pot dedicar a altres activitats que, com la discussió dels conceptes o els exercicis més complexes, són difícils de resoldre per complet en un text.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

1. <http://jas.eng.buffalo.edu>
2. <http://ece-www.colorado.edu>
3. <http://www.etsetb.upc.es/estudis/electro>
4. F. Calviño, S. Silvestre, D. Bardés, R. Bragós, J. Calderer, L. Castañar, V. Jiménez, L. Prat, P. Riu, J. Bará: *Estudios Semipresenciales en la Universidad Politécnica de Cataluña. Titulación Homologada de Segundo Ciclo de Ingeniería Electrónica*. II CIDUI, Tarragona 2002.
5. L. Prat, D. Bardés, R. Bragós, J. Calderer, L. Castañer, V. Jiménez, P. Riu, S. Silvestre, F. Calviño, J. Bará, *Semi-distance Learning vs. Traditional Organisation for a Master's Degreee in Electronic Engineering: An Experience at the Technical University of Catalonia (UPC), Spain*. International Journal on Engineering Education, 20 (2004) 31-38
6. L. Prat, J. Calderer, *Dispositius Electrònics i Fotònics. Fonaments*. Edicions UPC, 2006
7. <http://www.edicionsupc.es/virtuals/caplln/EE04200X.htm>
8. L. Prat, V. Jiménez, J. Pons, *Utilización del cuestionario interactivo CyDEL como herramienta de aprendizaje en una asignatura de Electrónica básica*. TAEE, València, 2004
9. Multimedia Toolbook és un producte de [Click2Learn.com, Inc.](http://Click2Learn.com, Inc)
10. [www.edicionsupc.es/poli131](http://www.edicionsupc.es/poli131)