

Del silici i què en podem fer

Josep Calderer

Departament d'enginyeria electrònica.

A manera d'introducció.

Hi ha temes que per la seva naturalesa interdisciplinària sempre fan necessària una justificació a l'hora d'incloure'ls en un currículum professional o un altre. Em referiré a una d'aquests àmbits de coneixement, el de la tecnologia de processament de materials semiconductors per a la fabricació de components i circuits electrònics. Abans d'entrar-hi crec necessàries dues puntualitzacions sobre el concepte de coneixement i el de currículum.

En primer lloc cal precisar que un currículum no es limita a un pla d'estudis cursat per un estudiant fins a rebre un títol. En efecte, donada l'extensió i varietat de coneixements que se li demanen actualment a un professional la seva formació no s'acaba amb l'obtenció d'un diploma acadèmic sino que inclou etapes en les quals ja està exercint com a professional. I aquesta formació la podrà adquirir dintre o fora de les institucions docents.

D'altra banda tot coneixement és susceptible de ser aprofundit. Es gairebé impensable que en molts terrenys l'estudiant abandoni la Universitat amb un coneixement suficient per treballar l'endemà de manera independent. Que la formació proporcionada per la universitat als seus estudiants no sigui exhaustiva en cap domini no pot ser considerat com un retret al sistema d'ensenyament. Si que ho seria, en canvi, que hi haguéssin àmbits del saber en els quals no fóssim capaços de donar una formació bàsica i unes eines per l'aprenentatge posterior.

Crec que aquestes consideracions són particularment adients en un moment d'intensa

activitat en la definició dels programes d'ensenyament a les universitats del país. Els apartats que segueixen pretenen enriquir els debats sobre aquests punts aportant elements sobre una temàtica particular. No pretenc, tantmateix, limitar-me a aquesta finalitat. El currículum professional, com he dit, va més enllà.

El procés de semiconductors en el conjunt de les tecnologies electròniques.

Històricament, en el període que va des dels inicis de l'Electrònica fins als primers circuits integrats, la indústria de components electrònics ofereix als dissenyadors de circuits i sistemes la gamma de productes que la tecnologia permet en cada moment. Les possibilitats del consumidor d'aquests productes d'alterar el catàleg que se li oferia eren molt escasses. L'aparició del circuit integrat canvia les coses de manera important: el component esdevé un subsistema i una part del disseny final del sistema es fa portes endins de la fàbrica de semiconductors.

L'aparició de les opcions de disseny sobre silici ha fet canviar de nou les variables del problema. Si és cert que en aquestes alternatives el dissenyador d'un circuit veu el semiconductor i parla en termes de tecnologia (nivells de materials, màscares, etc) la seva relació amb el procés de fabricació està mediatitzat per uns llenguatges rígidament codificats. En la pràctica en té prou amb conèixer aquests codis per fer bé el seu treball. L'altre interlocutor en aquest diàleg és la *foundry*, que és qui veu i toca el silici.

Malgrat aquesta relació complexa i variable entre l'especialista

en sistemes electrònics i el tècnic en silici, hi ha un fet incontestable: la tecnologia dels semiconductors es desenvolupa i no de forma autònoma sino tractant de satisfer uns requeriments dictats per les seves aplicacions. La necessitat que persones que coneixen aquests requeriments entrin a les sales blanques de fabricació és, en la meua opinió, incontestable.

No pretenc passar per alt un fet molt rellevant: que l'increment espectacular de la productivitat de la indústria del semiconductor ha fet possible que un nombre limitat de fabricants donin suport a un nombre creixent de dissenyadors de circuits i, d'aquesta manera, la demanda de professionals està molt desigualment repartida. Aquest fet és especialment remarcable en el nostre entorn geogràfic. En efecte: en el conjunt espanyol són comptades les indústries - multinacionals i alguna d'autòctona - implicades es el tema. En l'entorn català la situació és encara pitjor. A nivell europeu, tot i que hi ha més tradició, la importació de productes d'extrem orient ha posat el sector en una situació crítica. Ens serà més fàcil trobar activitat en aquest terreny en centres de recerca i desenvolupament, lligats a l'administració pública (universitats, CSIC) o empreses de caire públic (Telefònica).

Els centres d'ensenyament superior no poden, però, deixar de banda els coneixements associats a aquestes tecnologies. I això per diverses raons:

-Perquè cap àrea de coneixement ens ha de ser estranya.

-Pel seu valor estratègic. L'evolució futura de l'Electrònica ens serà del tot incomprensible sense un coneixement directe dels problemes

associats a la producció de dispositius.

-Perquè la dependència de la nostra activitat en relació a l'entorn industrial, tot i que la podem negligir, cal que sigui relativitzada en un país com el nostre on un seguiment massa directa de la demanda industrial ens podria dur a un empobriment del nivell que hem assolit en alguns punts.

Les opcions d'un centre universitari.

Quan una persona o un grup de persones d'un centre universitari tria ocupar-se d'uns temes determinats, ha de considerar els elements següents:

-L'interès d'ensenyar aquestes matèries, ja sigui a grups nombrosos d'estudiants o a col·lectius més reduïts d'especialitat.

- La viabilitat de fer recerca i/o desenvolupament en aquest terreny. Aquí s'han de ponderar tant els elements científics com les necessitats de recursos materials i humans que aquesta activitat comportarà.

- Establir un nexe entre les dues activitats anteriors per tal que s'estimulin mútuament i al mateix temps evitar una esquizofrènia professional de les persones que les practiquen.

Aquest conjunt de condicions no són sempre fàcils de satisfer. En el cas de la tecnologia de semiconductors la complexitat de les instal·lacions necessàries desanima molts grups d'ocupar-se'n. L'argument que és una activitat industrial i no acadèmica només és una manera de justificar-se per no enfrontar-se amb el problema.

En un context acadèmic les possibilitats que es presenten es poden esquematitzar de la manera següent.

a) Disposar d'una *foun dry*. És una opció maximalista que permet el ventall més ample de possibilitats, des de donar suport als dissenyadors de circuits fins a permetre les activitats de R&D de materials, processos i dispositius passant per una acció docent molt completa enfocada a la formació d'especialistes. Com a inconvenients esmentarem el volum

molt elevat de recursos, incloent-hi la infraestructura (sala blanca), els equips, la despesa corrent de manteniment i una plantilla de personal tècnic per atendre-ho tot plegat. Això fa que molt poques universitats disposin d'aquestes facilitats.

b) Compartiment de recursos entre diferents centres acadèmics. Les instal·lacions situades en un centre són utilitzades per usuaris de procedències diverses. És una solució que resol en part el problema del cost però exigeix disposar d'una infraestructura i una organització que facilitin els desplaçaments de les persones i grups que comparteixen els laboratoris.

c) Especialitzar-se en uns temes determinats, de manera que només calgui disposar d'unes determinades etapes de procés. És una opció molt rendible des del punt de vista de la recerca perquè els esforços es concentren en uns problemes molt determinats. En canvi la utilitat docent queda disminuïda i, per descomptat, no suposa cap suport al disseny.

Totes aquestes opcions poden trobar-se en diferents centres de diferents països, tot i que la darrera és potser la més típicament universitària. Una poderosa raó és la limitació de recursos.

Què fem a la U.P.C.

La primera de les alternatives esmentades a l'apartat anterior mai ha resultat viable en una universitat del nostre país. A mesura que la tecnologia esdevé més sofisticada i el cost dels equipaments més elevat sembla allunyar-se encara més aquesta possibilitat. La segona alternativa ha estat insinuada amb finalitat formativa a nivell d'Estat Espanyol en els darrers anys, però no hi ha a hores d'ara un esquema de cooperació que li doni suport. La tercera sembla obligada en un centre com el nostre. El grup de treball en semiconductors del Departament d'Enginyeria Electrònica ha intentat concretar aquesta idea en un projecte que resumiré en poques paraules.

La tria d'una línia de recerca s'ha de fer atenent a dos criteris igualment importants: que sigui actual i que els recursos que exigeix estiguin a l'abast de les persones que l'han de tirar endavant. L'estudi dels dispositius d'heterojunció és en aquests moments un dels camps que fa avançar la tecnologia bipolar, generant un seguit de nous conceptes, alguns dels quals ja són industrials i altres no han sortit encara dels laboratoris. Entre les estructures prometedores hi ha els contactes de materials semiconductors amorfs damunt silici monocristal·lí. Les tecnologies emprades per preparar-les (famílies PVD i CVD essencialment) no són inaccessibles a un grup universitari de dimensions reduïdes. La descripció amb un cert detall i amb un mínim de rigor excedeix els límits d'aquest paper. Espero que tindrè l'oportunitat en pròxims números de la revista de fer-ho. Penso que ara és preferible emmarcar la temàtica més que no pas entrar-hi.

D'altra banda no s'ha oblidat la dimensió docent i s'han posat a punt un seguit d'etapes bàsiques de procés que permetin a l'estudiant d'especialitat tenir un contacte directe amb la manipulació del silici i un coneixement de la seva problemàtica, bo i sabent que els resultats que assolirà no serà innovadors ni competitius. Transistors bipolars discrets i cèl·lules fotovoltaïques són correntment preparats en el laboratori. Aquests processos tenen de més a més una funció d'autotest per a les persones que es dediquen a aquestes tasques i per als equips que utilitzen. Progressar en el lligam entre els dos nivells de treball és ara mateix un repte per nosaltres.

El punt de vista de l'estudiant.

Davant les consideracions anteriors l'estudiant es farà com a mínim dues preguntes: quin interès té per mi ocupar-me d'aquests temes? i quines oportunitats tinc d'accés als laboratoris? Intentaré ajudar-lo a respondre-les.

Si entenem que la formació que rep un estudiant ha de tenir una connexió directa amb la seva tasca professional futura, aleshores hem de dir que el nombre d'alumnes que poden sentir-se atrets per aquests temes ha d'estar en relació amb l'oferta laboral en aquest camp. Ja m'he referit més amunt a l'activitat que hi ha en el nostre entorn en tecnologia de semiconductors. Aquesta visió de la formació es pot qualificar, tantmateix, d'estreta i no és ni de lluny comparada per tothom. Una formació més aprofundida en tecnologia, sense arri-

bar a poder-se considerar una especialitat en enginyeria de procés, pot formar perfectament part d'un dels possibles curricula en enginyeria electrònica sense que aquest perdi la seva coherència.

Pel que fa a les possibilitats de treball en els nostres laboratoris, cal notar la limitada capacitat dels mateixos (i no solament dels nostres) per acollir col·lectius nombrosos. Això fa que aquesta opció només es pugui oferir a estudiants de tercer cicle i de projectes de fi de carrera o, amb

limitacions, a grups reduïts interessats pel tema. En qualsevol cas és important que aquesta possibilitat existeixi, encara que només sigui per fer de pont entre el cicle universitari de pre-grau i aquells que desitgen continuar per aquesta via en nivells més alts.

Cursos de Doctorat y Seminaris del Dept. d'Eng. Electrònica

CURSOS DE DOCTORAT del Dept. d'Eng. Electrònica. CURS 92-93

- Circuits i Sistemes Digitals.
- Components i Sistemes Electrònics de Potència
- Dispositius per a Fotònica i Optoelectrònica
- Disseny Facilment Testable i Tolerant a Fallades Instrumentació i Mesures Instrumentació Mèdica
- Interferències i Compatibilitats Electromagnètiques
- Introducció al Disseny de Circuits Microelectrònics CMOS
- Noves Tendències de Disseny en Electrònica de Potència Sistemes de Control Programables
- Teoria i Tecnologia dels Dispositius Semiconductors
- Xarxes Neuronals Artificials

NOUS DOCTORS al Dept. d'Eng. Electrònica

Autor: Francisco Castillo Cobo. "Concepción de Arquitecturas Digitales VLSI para Redes Neuronales" Director: Dr. Joan Cabestany Moncusí.

El 17/12/92 el Sr. Jaume A. SEGURA FUSTER i la Sra. Rosa RODRIGUEZ MONTAÑES varen llegir llurs tesis doctorals, que tenen els títols següents:

«Aportació a la modelació del defecte

de ruptura d'òxid prim en circuits CMOS de molt alt nivell d'integració (VLSI)», dirigida pel Dr. Antonio Rubio Solà

«Caracterització elèctrica de circuits CMOS digitals amb defectes tipus pont: implicacions al test per corrent quiescent», dirigida pel Dr. Joan Figueras i Pàmies

El 4/3/93 el Sr. Víctor H. Champac Vilela va llegir també la seva tesi doctoral:

«Caracterización de Defecto de Puerta Flotante y su Detección en Circuitos CMOS Digitales» Director: Dr. Joan Figueras i Pàmies

CURSOS D'ESPECIALITZACIÓ

«Compatibilitat electromagnètica en el disseny electrònic»

Impartit durant el curs 1992/93.

Responsable: Prof. Ramon Pallàs

«Seguretat i compatibilitat de la instrumentació mèdica»

Impartit durant el curs 1992/93.

Responsable: Prof. Ramon Pallàs

SEMINARIS

«SiGe HETEROJUNCTION BIPOLAR TRANSISTORS»

Dr. Peter Ashburn Adreçat a

professors i a estudiants de doctorat, va tenir lloc el 1/4/92.

«ACTIVIDAD DE INVESTIGACIÓN EN TOLERANCIA A FALLOS EN LA UNIVERSIDAD DE FLORIDA» Prof. Eduardo Fernández - Universidad de Florida. Es va celebrar el 6/5/92, a les 12h. a l'aula seminari del Dept. d'Eng. Electrònica.

Presentació de treballs del curs de doctorat «INTRODUCCIÓ AL DISSENY MICROELECTRONIC CMOS»

Responsable: Prof. A. Rubio.

Dies 18 a 21/5/92.

«ULTRAHIGH VOLTAGE ELECTRON MICROSCOPE OF OSAKA UNIVERSITY AND ITS APPLICATIONS TO LSI»

Prof. Katsumi Ura

Dia 4/9/92

«RANDOM CURRENT TESTING FOR CMOS LOGIC CIRCUITS BY MONITORING DYNAMIC POWER SUPPLY CURRENT»

Prof. Hideo TAMAMOTO. Department of Information Engineering Akita University, Japan Dia 15/9/92, aula màster edifici PL.