

MICROELECTRÓNICA Y MICROSISTEMAS. DIFERENCIAS, SEMEJANZAS Y SU IMPACTO EN LA ENSEÑANZA

S.A. BOTA, S.MARCO, A. HERMS, Y J. SAMITIER
SIC. Departament D'Electrónica. Universitat de Barcelona.
Av. Diagonal 647. 08028 Barcelona.

En este trabajo se presenta una reflexión sobre la incidencia que debería tener el auge de los microsistemas en titulaciones universitarias relacionadas con la electrónica (en concreto con ingeniería en electrónica). Si bien por razones históricas muchos grupos que trabajan en microsistemas provienen del mundo de la microelectrónica, hoy en día los microsistemas se han convertido en un campo interdisciplinario que requiere de una formación adecuada que en estos momentos no se imparte en las titulaciones mencionadas.

1. Introducción: Microelectrónica y microsistemas

Tras muchos años de investigación en microelectrónica y en campos afines, se han conseguido grandes avances en aspectos tan importantes como la tecnología de procesos, la integración de circuitos, las prestaciones y potencia de cálculo de los circuitos integrados o el desarrollo de herramientas y métodos de diseño. Algunos resultados directos son el desarrollo de aplicaciones en multimedia, el importante avance en el campo de los sistemas digitales (incluyendo los microprocesadores) o la aparición de nuevas aplicaciones que no se basan en la explotación de los dispositivos electrónicos clásicos sino que aprovechan fenómenos no electrónicos intrínsecos de la tecnología del silicio. Estos nuevos productos se conocen genéricamente con el nombre de microsistemas. Sin embargo hay que tener presente que el término microsistema, es un término muy amplio que abarca una gran cantidad de aplicaciones y disciplinas: micromecánica, microfluídica, microbiología, óptica, magnetismo, termodinámica ...

El campo de los microsistemas es relativamente reciente y ofrece grandes perspectivas de expansión. La evolución esperada del mercado de microsistemas crecerá desde 14.000 millones de dólares en 1996 hasta 38.000 millones en el año 2002 [1]. Este crecimiento originará una demanda de titulados con formación especializada que hoy en día son difíciles de obtener.

La tecnología del silicio, utilizada para la producción del 90% de los circuitos integrados actuales, es el principal nexo de unión entre los microsistemas y la microelectrónica. Este hecho ha propiciado que muchos grupos de investigación en microsistemas provengan del campo de la microelectrónica.

El mundo de los microsistemas se ha aprovechado de las ventajas que supone utilizar una tecnología madura, plenamente desarrollada y que además dispone de potentes herramientas de diseño y de la aplicación de métodos de diseño *top-down*. Además, la tecnología del silicio ofrece la no despreciable ventaja de poder diseñar e implementar un microsistema junto con los módulos electrónicos necesarios para el procesado de la señal que generan. Aun así, no

debemos olvidar que (i) los microsistemas no se basan en la explotación de las características eléctricas de dispositivos electrónicos (ii) La tecnología está optimizada para la producción de circuitos, no para la explotación de otras propiedades del silicio.

En nuestro grupo hemos estado trabajando en varios proyectos de investigación y desarrollo de microsistemas y también en la implementación del segundo ciclo de ingeniería electrónica, donde la microelectrónica tiene un cierto peso específico. Algunas de las aplicaciones en microsistemas que han sido desarrolladas en nuestro grupo durante estos últimos años son:

- Diseño de Sensores de presión [2], [3].
- Diseño de acelerómetros (microsistemas mecánicos) [4]
- Diseño de Microbombas (microfluídica) [5]
- Diseño de Cámaras CMOS (ópticas) [6]
- Manipulación celular (microbiología).

En consecuencia, hemos podido observar directamente una serie de problemas que surgen al abordar un proyecto sobre investigación y desarrollo de microsistemas, Como hemos comentado, uno de ellos consiste en la dificultad de encontrar personal adecuado que domine los aspectos relacionados con la microelectrónica, y que además tenga una buena formación en la disciplina relacionada con los fenómenos no eléctricos que nos interesa aprovechar. Esta formación resulta indispensable si se desea abordar con éxito el ciclo completo de modelado, simulación, fabricación y diseño.

Sin olvidar que la formación de grupos interdisciplinarios puede ser una solución muy válida que de entrada no hay que descartar, esto nos conduce a plantearnos las siguientes cuestiones ¿Cual es la formación que necesita un ingeniero que desee trabajar en este campo? ¿Cómo proporcionar esta formación? ¿Es posible dar esta formación desde las actuales titulaciones de electrónica?, en los siguientes apartados analizamos posibles respuestas a esta pregunta.

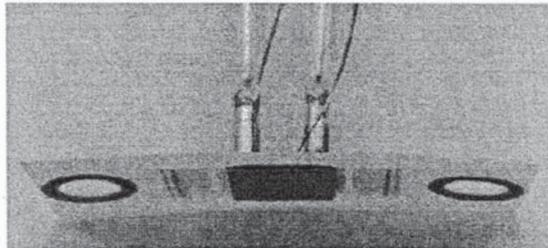


Figura 1. Imagen de un microbomba [5]

2. Microsistemas y enseñanza

La incidencia que ha tenido la microelectrónica en la enseñanza es evidente. Cursos de introducción al diseño y análisis de circuitos integrados, de diseño analógico o de diseño mixto aparecen en cualquier programación de ingeniería electrónica y son cada vez más frecuentes en otras titulaciones relacionadas. Estas asignaturas cubren aspectos sobre

metodología de diseño, lenguajes de descripción de *hardware*, herramientas de síntesis desde el nivel de transistor hasta alto nivel, etc.

En este trabajo se parte de la premisa que es necesario completar esta formación incluyendo los microsistemas en el curriculum de ingeniería electrónica. ¿Cuál es la manera más adecuada para completar dicha formación?

Debido a los puntos en común que comparte la microelectrónica con los microsistemas, es evidente que los cursos actuales en microelectrónica, sobre todo en lo referente a tecnología del silicio, son necesarios para proporcionar una adecuada base de conocimientos, pero no son suficientes, por ejemplo estos cursos no incluyen un análisis físico profundo de los fenómenos involucrados, además, se hecha en falta la presencia de temas tan importantes como tecnologías alternativas al silicio, técnicas de diseño y simulación basado en herramientas de elementos finitos o aspectos de diseño para manufactura.

Si tenemos en cuenta que las disciplinas que se deben incluir son muy extensas y difíciles de delimitar y añadimos la falta de textos docentes de nivel introductorio [7], o la dificultad de acceder a ciertas herramientas de diseño y fabricación, el problema que planteamos no presenta una solución trivial.

3. Posibles soluciones

La alternativa más directa consiste en la modificación de los programas de las asignaturas relacionadas con microelectrónica. Esta solución es difícil de realizar en la práctica debido a que el programa de estas asignaturas suele ser bastante extenso y el tiempo disponible es limitado.

En el extremo opuesto, cabría evaluar la posibilidad de implementar una titulación específica de segundo ciclo en microsistemas, tal como se ha realizado en centros universitarios de Francia (ESIEE), Alemania (Friburgo) o Inglaterra [8]. Esta sería la solución ideal, aunque requiere de un gran esfuerzo adicional y una inversión más alta en términos de personal docente y de recursos para su puesta a punto. Esta solución no parece aun justificada por la demanda existente en nuestro entorno. En todo caso es posible suplir esta falta de personal mediante otras alternativas, tales como la formación de grupos de trabajo interdisciplinarios, la especialización a nivel de tercer ciclo, o el aprendizaje basado en internet (especialmente adecuado para formación continuada) [9].

En nuestro caso creemos adecuada una solución consistente en la programación de una o varias asignaturas específicas, de tipo optativo, en el plan de ingeniería en electrónica. De nuevo hay que mencionar que con el tiempo que normalmente se asigna a este tipo de asignaturas en los programas actuales, puede resultar difícil alcanzar el nivel perseguido. No obstante, sería suficiente para proporcionar una orientación general que se podría completar cursando materias de libre elección adecuadamente seleccionadas de otras titulaciones tales como biología, química o física.

4. Conclusiones

Como consecuencia de la demanda creciente de especialistas en el campo de los microsistemas, se echa en falta una mayor incidencia de este campo en los planes docentes actuales. En la actualidad, la mayoría de grupos de investigación en microsistemas proceden del mundo de la electrónica y de la microelectrónica aunque esta no es la situación ideal. Si bien aun parece pronto para introducir una titulación específica de segundo ciclo, creemos que se debería potenciar la aparición de nuevas asignaturas de carácter multidisciplinario en los actuales planes de estudio.

Referencias

- [1] <http://www.nexus-emsto.com/market-analysis/index.html>
- [2] S. Marco. *Optimización de sensores de presión piezoresistivos para instrumentación biomédica y aplicaciones a alta temperatura*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona (1993).
- [3] E. Montané. *Integració monolítica de sensors de pressió i circuits de condicionament amb una tecnologia CMOS comercial*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona (1999).
- [4] O. Ruíz. *Disseny i realització d'acceleròmetres capacitius pendulars en silici monocristal·lí*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona (1996).
- [5] Manuel Carmona. *Modelización y test de microsistemas: aplicación a componentes de microfluidica*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona (2000).
- [6] G.Chapinal, S.A.Bota,M.Moreno,G.Hornero,A.Herms. A 128*128 CMOS imaging array with in-pixel analog memory. Proc DCIS. P 347-351. (1999)
- [7] S.Marco. *Sensores y microsistemas*. Ed. Marcombo, Barcelona, 2000.
- [8] D.W.Tolfree, M.McCormick, E.Chowanietz, R.B.Yates. Review of UK training initiatives for microsystems technology. Proc. Spie vol. 3894, p. 134-140 (1999).
- [9] R.Brueck, K,Hahn, A.Schmidt, C.Fritzsich, A.Labeque, G.Popovic, N.H.Rizvi. Web-based learning by engineerin for MEMS technologies. Proc. Spie vol. 3894, p. 100-109 (1999).