

Diseño de placas para entrenamiento y puesta a punto de una línea de ensamble de circuitos impresos con tecnología de montaje superficial

Diego Brengi, Sergio Guberman, Gustavo Rodriguez y Marcelo Acevedo
Departamento de Integración de Sistemas Micro y Nanoelectrónicos
Dirección Técnica de Micro y Nanotecnologías
Instituto Nacional de Tecnología Industrial
 Buenos Aires, Argentina
 Email: brengi@inti.gob.ar

Resumen—En este trabajo se presenta el diseño de placas electrónicas para realizar la puesta a punto de una línea de circuitos impresos con tecnología de montaje superficial o SMT (Surface-Mount Technology). Estas placas se usarán, además, para realizar entrenamientos y caracterizaciones sobre dicha línea de ensamble. Los diseños están realizados con el software libre KiCad y tienen formato tipo cupón, de tamaño reducido y utilizando componentes de bajo costo. Las placas ensambladas resultantes se deben inspeccionar visualmente para detectar errores o realizar ajustes de la línea SMT. Adicionalmente, se realiza una interconexión en serie de los componentes electrónicos de cada cupón para poder hacer una verificación eléctrica.

Palabras clave—PCB, circuitos impresos, diseño, cupón, montaje, ensamble, SMT, montaje superficial, caracterización, entrenamiento

I. INTRODUCCIÓN

La tecnología de Montaje Superficial o SMT (por “Surface Mount Technology” en inglés) es un método de ensamblaje de placas electrónicas que implica la colocación de componentes directamente sobre la superficie de la placa de circuito impreso [1]. Esta tecnología, y su proceso asociado, es la más utilizada en la industria electrónica ya que debido al menor tamaño de los componentes y la ausencia de orificios en la placa, permite lograr una mayor densidad y mejor eficiencia de producción, en comparación a la tecnología predecesora de inserción de componentes THT (por “Through-Hole Technology”), en la cual los componentes se fijan utilizando orificios pasantes en la placa. En Argentina son muchas las empresas que cuentan con una línea de montaje superficial para la fabricación de sus productos electrónicos.

El equipamiento mínimo involucrado en una línea SMT básica es el siguiente (Ver Fig. 1):

- **Impresoras de Pasta de Soldadura:** Estos equipos utilizan un stencil para aplicar la pasta de soldadura sobre las ubicaciones donde deben apoyarse y soldarse los terminales de los componentes en el PCB (por “Printed Circuit Board” en Inglés) . Existen equipos totalmente automatizados y otros que utilizan una impresora manual,

donde un operario, en una sola aplicación, coloca el estaño en pasta a un grupo de placas.

- **Máquinas de Colocación Automática (Pick and Place):** Estas máquinas toman los componentes electrónicos y los colocan automáticamente con precisión en las ubicaciones designadas en el PCB. Pueden utilizar la información de posición generada por el programa de diseño para determinar la posición exacta de cada componente, o se pueden configurar manualmente.
- **Hornos de Refusión:** Después de la colocación de los componentes, las placas pasan a través de un horno de refusión. Este equipo utiliza un proceso de calentamiento controlado por zonas, aplicando a cada placa el perfil de temperatura programado.
- **Sistemas de inspección visual:** Estos sistemas pueden implementarse mediante métodos manuales (un operario) o con equipos automáticos en la línea de montaje. Los momentos del proceso donde normalmente se realiza una inspección son: Luego de la aplicación de pasta de estaño para verificar que exista la cantidad adecuada de la misma, y al final del proceso para detectar errores en la placa ensamblada. Adicionalmente, puede inspeccionarse la placa luego de la etapa de posicionamiento, para verificar que la máquina Pick and Place haya realizado correctamente su trabajo.

Para que una línea SMT funcione correctamente los equipos deben estar adecuadamente instalados, configurados y mantenidos. Los insumos deben ser los adecuados y estar en buenas condiciones. Deben definirse, estudiarse y respetarse todos los procesos y protocolos involucrados. La puesta a punto y la prueba global de una línea SMT se realiza generalmente utilizando alguna placa de prueba que puede ser propia, comercial, o provista por alguno de los proveedores del equipamiento involucrado.

II. CUPONES Y PLACAS DE PRUEBA

Los cupones son estructuras de prueba y/o control de calidad que se ubican en el mismo panel de ensamble, y generalmente alrededor del circuito impreso que se desea fabricar. Es por

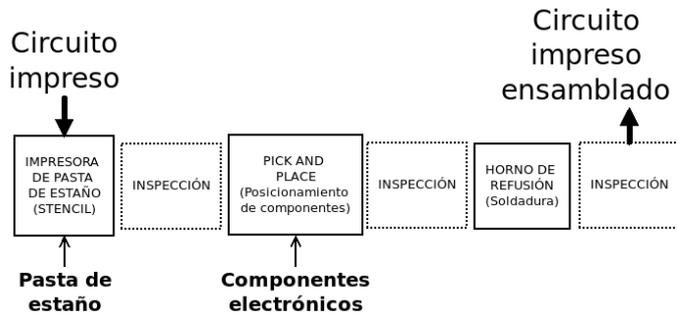


Figura 1. Esquema general de una línea de ensamble de componentes de montaje superficial.

eso que normalmente tienen un tamaño reducido de manera tal que no impacten demasiado en el área utilizada. La norma IPC-2221B [2], en sus apéndices A y B define varios cupones de prueba orientados a probar características de fabricación. Por ejemplo el Cupón A/B contiene agujeros metalizados, y se usa para evaluar estrés térmico, retrabajo y fisuras en el cilindro metalizado (vía); el Cupón C para probar la fuerza necesaria para despegar el cobre; el Cupón D para probar la resistencia de interconexión y continuidad; y el Cupón M para probar soldabilidad de componentes SMD. Además, cuando se trabaja en diseños con impedancia controlada [3], es muy común colocar cupones de prueba para realizar mediciones que validen la impedancia calculada (ver Fig. 2).

Ninguno de los cupones mencionados en la IPC-2221B tiene como objetivo la prueba y el entrenamiento con el equipamiento que compone una línea de ensamble SMT.



Figura 2. Varios cupones para realizar mediciones de impedancia controlada.

Por otro lado la norma IPC-9850 [4] define métodos para la caracterización de equipamiento de posicionamiento de componentes (Pick and Place), sin embargo se trata de procedimientos complejos y costosos, muy orientados a medir la performance de estos equipos para compararlos entre sí y definir un conjunto de características y especificaciones comunes a todos.

Por último, si bien existen placas comerciales específicas para la prueba y caracterización de líneas de montaje, las mismas se deben importar y generalmente poseen un alto costo (Ver Fig. 3).

Es por estos motivos que se decide realizar diseños propios para la prueba y la puesta a punto de nuestra línea de ensamble SMT. Estos diseños servirán, además, para realizar entrenamientos, considerando esta actividad de gran importancia para enseñar y perfeccionar los conceptos de Diseño para la Manufacturabilidad (DFM o Design for Manufacturability en inglés [5]) teniendo en cuenta que este tipo de equipamiento no es frecuente en instituciones educativas debido a su alto costo, y que la temática no se cubre normalmente en los planes de estudio [6].

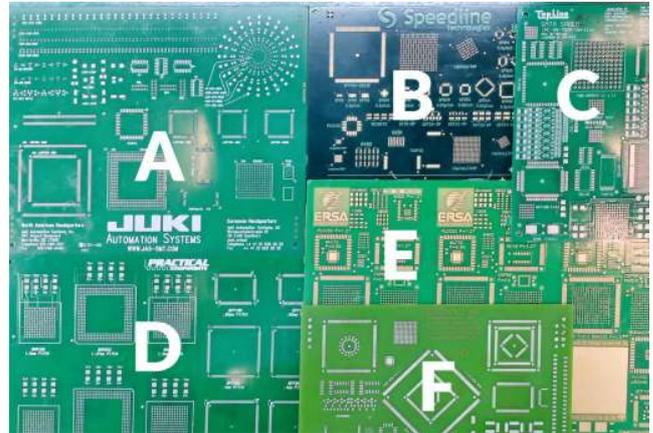


Figura 3. Placas de prueba para líneas de montaje superficial. A) Provista por Juki Automation Systems. B) Provista por Speedline Technologies. C) Provista por Topline. D) Provista por Practical Components. E) Provista por ERSA. F) Provista por ESSEMTEC AG.

III. REQUERIMIENTOS

Para abordar el diseño se plantean los siguientes requerimientos:

- A Placas de diseño propio y realizadas con una herramienta de software libre.
- B Deben utilizar componentes electrónicos básicos y de bajo costo.
- C Deben ser placas tipo cupón, de poca área y que permita ser incorporada en la periferia de algún otro diseño. De esta manera se puede aprovechar la fabricación de algún producto para encargar las placas de prueba.
- D Diseño accesible a cualquier interesado que desee fabricarlas.
- E Debe permitir la prueba del proceso de impresión de pasta de estaño, del posicionamiento de componentes con Pick and Place y de soldadura con horno de refusión.
- F Debe poseer fiduciales.

Con estos requerimientos se pasa a la etapa de diseño.

IV. DISEÑO

El diseño de los cupones se realizan con el software KiCad [7] (versión 7.0) debido que el mismo posee una licencia de software libre que permite su libre uso [8], facilitando así la tarea de cualquier interesado que desee mejorar, modificar o adaptar los cupones. Se define un tamaño de 10x3 cm,

pensando en el requisito C. En la figura 4 se plantea a modo de ejemplo, algunos posibles esquemas de panelización con los cupones de prueba.

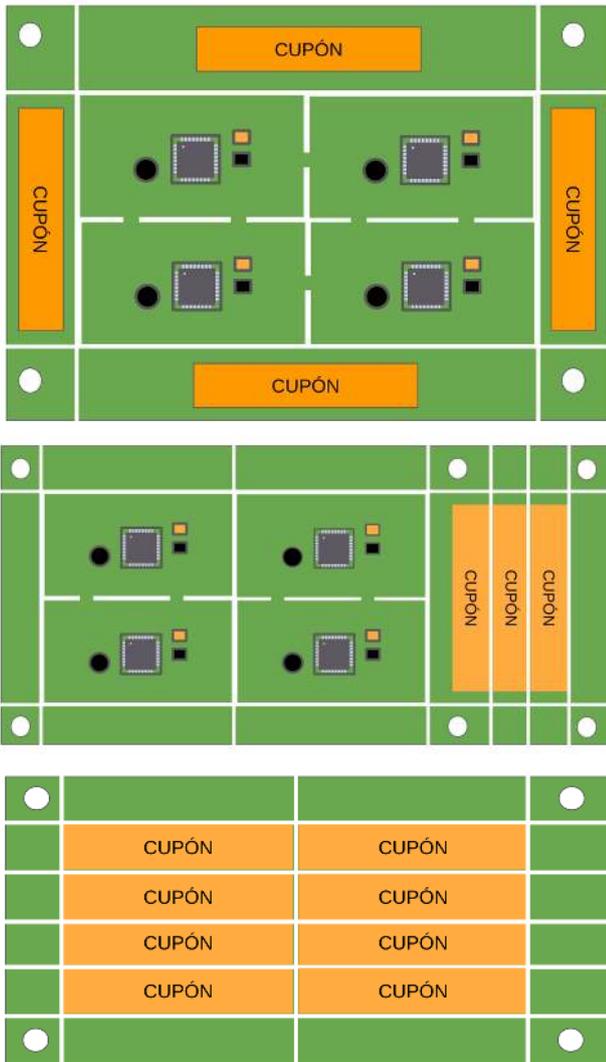


Figura 4. Posibles esquemas de panelización: Cupones en la periferia del panel de ensamble (arriba), cupones contiguos al panel de ensamble (centro) y cupones agrupados, fabricados en forma independiente (abajo).

Por simplicidad se decide que todos los cupones sean simple faz y del mismo tamaño, para poder intercambiarlos y combinarlos fácilmente.

En cada cupón se delimitan sectores con distintas características o “features”, donde se aclara la separación, el tipo de componente y posicionamiento (Ver Fig. 5).

En esta primer etapa se diseñaron los siguiente cupones:

- **Cupón SMT-R0603:** Prueba de instalación de resistores 0603. Los resistores se conectan en serie y se ubican con distintas orientaciones y separaciones. (Ver Fig. 5)
- **Cupón SMT-R0805:** Prueba de instalación de resistores 0805 (Ver Fig. 6). Este cupón es similar al cupón SMT-R0603, solo cambia el tamaño de los resistores utilizados.

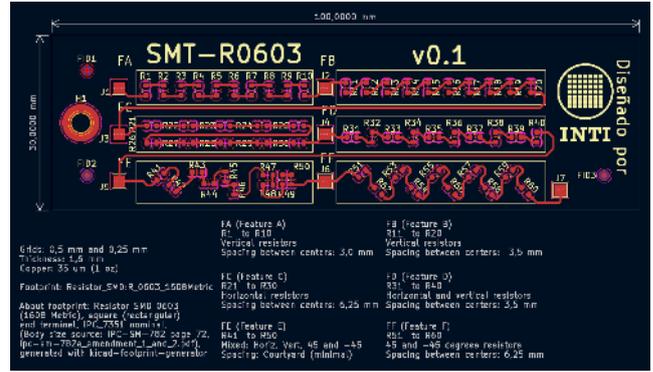


Figura 5. Vista de un cupón en el software de diseño de circuitos impresos.

- **Cupón SMT-DO-214AC-SO8:** Prueba de instalación de diodos con encapsulado DO-214AC e integrados en encapsulado SO8 (Ver Fig. 6). Este cupón posee diodos en serie y circuitos integrados operacionales en configuración seguidor.

Los diseños contemplan la interconexión serie de los componentes (tipo *Daisy chain*), de manera de poder verificar eléctricamente algunas conexiones (Ver Fig. 7), siendo esto un complemento a la inspección visual.

V. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se presentan los primeros pasos realizados de este trabajo en curso. Con el objetivo de realizar pruebas, puesta a punto y entrenamientos con nuestra nueva línea de montaje SMT, aparece la necesidad de contar con placas específicas para tal fin. Con este propósito se plantearon los requerimientos de estas placas y se diseñaron las mismas. Se selecciona un formato y dimensiones que permitan aprovechar la periferia de un panel de ensamble, y se presentan algunas opciones de panelización y uso.

Los tres cupones desarrollados permiten probar el montaje de resistores 0603 y 0805, de diodos DO-214AC y circuitos integrados SO8. Se utiliza un software libre KiCad esperando que esto facilite la reutilización y aprovechamiento de estos cupones por parte de empresas que los requieran. Estos diseños se ofrecen a pedido, a cualquier interesado en utilizarlos, planteándose en un futuro su publicación bajo alguna licencia de hardware abierto.

VI. TRABAJO FUTURO

Como próximo paso se abordará la fabricación de los cupones para realizar con ellos la prueba y puesta a punto de nuestra línea de montaje. En un segundo paso se utilizarán los cupones como material didáctico para realizar entrenamientos y actividades que involucren el uso de la línea. A más largo plazo se plantea:

- El ensamble de estos cupones por parte de distintos actores de la industria electrónica local, de forma de poder contrastar diferentes líneas y obtener una mayor realimentación para mejorar los diseños.

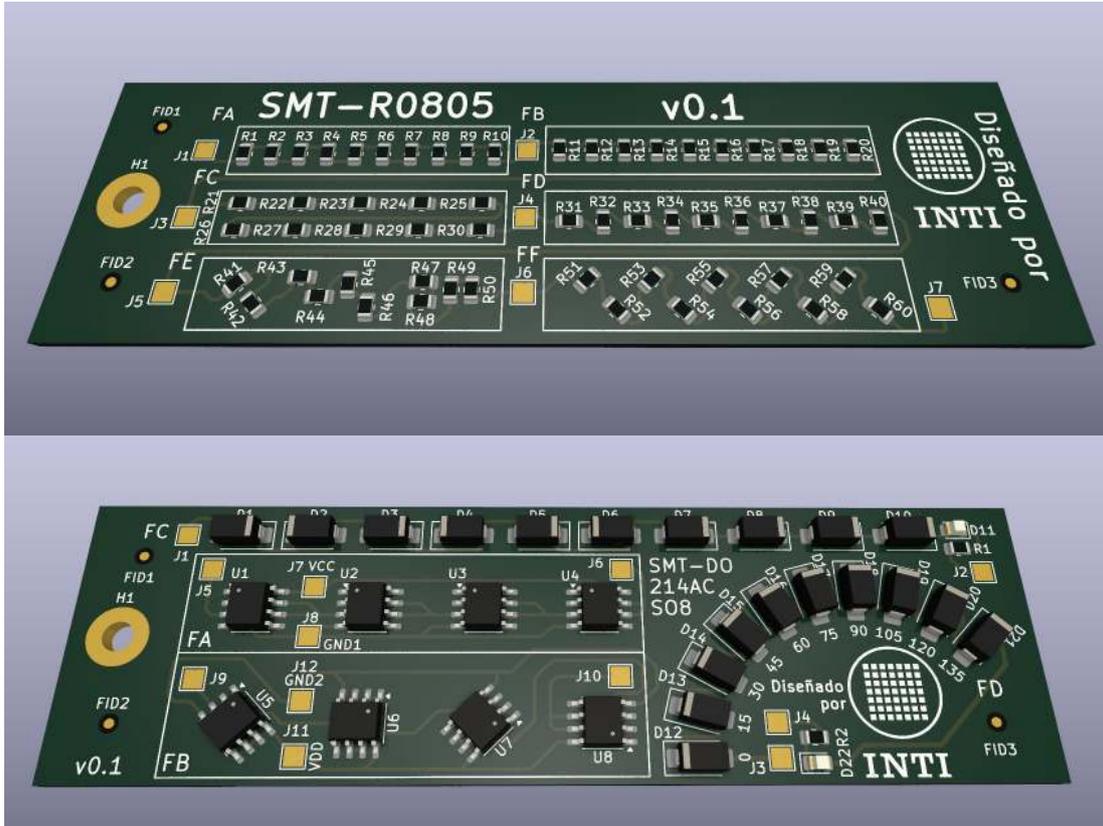


Figura 6. Vistas 3D. Cupón SMT-R0805 (arriba). Cupón SMT-DO-214AC-S08 (abajo).

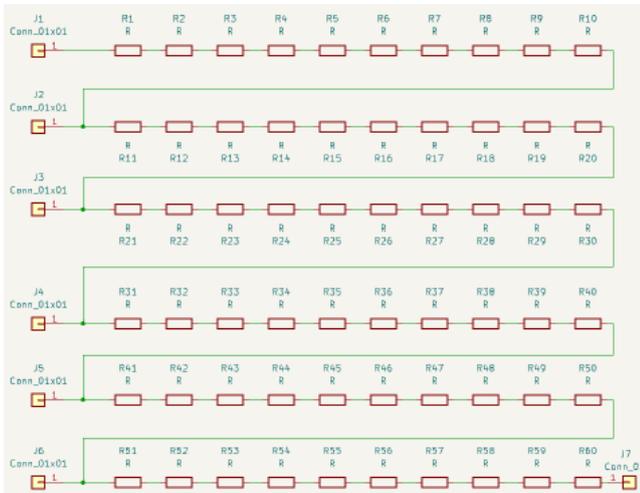


Figura 7. Diagrama esquemático del cupón SMT-R0603, donde se observa la interconexión realizada para la verificación eléctrica.

- Incorporar más cupones, por ejemplo para la prueba de componentes como PLCC, QFP, QFN o BGA, que permitan, además, probar los límites tecnológicos de cada equipo.
- Por último, realizar placas de prueba con ejemplos de buenas y malas prácticas, de manera de tener una herra-

mienta educativa adicional que refuerce en el diseñador de PCBs los conceptos de Diseño para la Manufacturabilidad.

REFERENCIAS

- [1] Wikipedia, The Free Encyclopedia, “Surface-mount technology”, en.wikipedia.org/wiki/Surface-mount_technology (accedido el 6 de mayo, 2024).
- [2] IPC, Association Connecting Electronics Industries, “IPC-2221B, Generic Standard on Printed Board Design, APENDIX A”, versión 4.0, abril de 2022. Link.
- [3] D. Alamon, N. Scotti, D. Caruso, D. Brengi, M. Mayer, “Diseño y fabricación nacional de un circuito impreso multicapa con impedancia controlada y cupón de prueba asociado”, Workshop Iberchip, Montevideo Uruguay, febrero 2015, DOI: 10.13140/RG.2.1.3792.6569. Link.
- [4] IPC, Association Connecting Electronics Industries, “IPC-9850A, Surface Mount Placement Equipment Characterization”. Link.
- [5] Happy Holden, Clyde F. Coombs; “Planning for Design, Fabrication and Assembly”, Printed Circuits Handbook, Sixth Edition, McGraw-Hill, Chapter 19.1.,2008.
- [6] M. K. Bhatti et al., “Hands on training on surface mount technology (SMT) assembly line for development of LED based lights”, 2013 IEEE 5th Conference on Engineering Education (ICEED), Kuala Lumpur, Malaysia, 2013, pp. 37-42, doi: 10.1109/ICEED.2013.6908299. Link.
- [7] “KiCad EDA - Schematic Capture & PCB Design Software”, www.kicad.org (accedido el 6 de mayo, 2024).
- [8] Medrano, A., Ángel Serra and Carlos Hernández Soto. “KiCad, Herramienta de Software Libre de Modelado de Circuitos Impresos para el Desarrollo de Hardware”, Revista Ciencia e Ingeniería. Vol. 38, No. 2, pp. 177-186, 2017. ISSN 1316-7081. ISSN Elect. 2244-8780. Universidad de Los Andes (ULA). Link.