

Predicción de errores previo a la colocación de componentes de montaje superficial en tarjetas electrónicas

Mauricio Mora Colunga¹

¹Alumno del Posgrado.

Mauricio.Mora@flextronics.com

RESUMEN.

La utilización de componentes de montaje superficial ha permitido la disminución del tamaño de las tarjetas electrónicas y tiempos de manufactura. Mediante el uso de los billetes de materiales de cada producto y las oportunidades de defecto por millón de cada grupo de componentes, es posible realizar un análisis previo a la manufactura de las tarjetas que indique la probabilidad de error que tendrá cada grupo, pudiendo destinar más recursos a ciertas etapas para eficientar procesos de producción, disminuir costos y aumentar la calidad.

Palabras Claves: Predicción, Montaje Superficial, DPMOs.

1 INTRODUCCIÓN.

Los componentes de montaje superficial o SMT por sus siglas en inglés, "Surface Mount Technology", representan la tecnología más utilizada hoy en día por las empresas manufactureras de tarjetas electrónicas, ya que permiten fabricar tarjetas de dimensiones muy pequeñas. Actualmente el componente más pequeño es de 0.4 mm de largo por 0.2 mm de ancho. Esto ha permitido colocar cientos o miles de componentes en espacios muy pequeños.

Hoy en día los procesos de manufactura de colocación de componentes de montaje superficial tienen el reto de trabajar a velocidades de hasta 60000 componentes por hora, de diferentes tamaños con posiciones y ángulos específicos, tratando de mantener la misma precisión. Los clientes buscan empresas con procesos bien definidos, con maquinaria de última generación para fabricar sus productos de una manera rápida, que cumplan con los estándares de calidad y al menor precio posible.

En los procesos de manufactura se puede encontrar una lista específica de posibles errores dependiendo de la forma y tecnología de los componentes. Al tener definida una serie de posibles errores para cada proceso, las empresas manufactureras pueden definir qué tipo de componente causará más errores al ser colocado, basándose en los datos de

oportunidades de defectos por millón de cada grupo, también llamado DPMOs, y el historial de errores encontrados por el equipo de calidad.

Con esta información es posible hacer un análisis rápido previo a la manufactura de cualquier tarjeta electrónica que podrá ser presentado a los clientes y al equipo de producción, así se tendrá una mejor visibilidad en cuanto a que proceso es al que se le deben destinar más recursos para evitar errores y cumplir con las expectativas del cliente. Al ser un análisis que contempla el histórico de errores, la base de datos donde se guarda esta información puede ser retroalimentada constantemente para realizar una predicción cada vez más precisa [1], funcionando como se muestra en la figura 1.

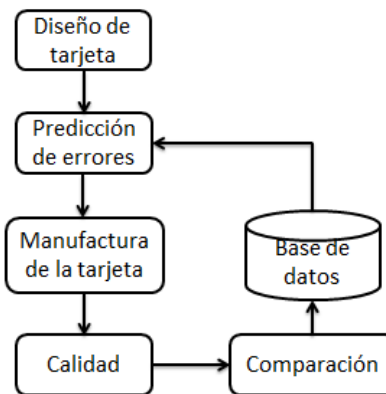


Figura 1. Análisis de predicción de errores.

2 FUNDAMENTOS.

Cada cliente es dueño de su diseño y tiene ingenieros encargados de realizar acomodos especiales para cada componente dejando algunas áreas de cobre expuesto sobre las tarjetas electrónicas, estas áreas a su vez están conectadas a pistas y a otras capas de cobre para realizar ciertas tareas.

Por la similitud del tamaño y forma de los componentes, los diseñadores realizan un solo dibujo para cada componente que van copiando y distribuyendo a lo largo del área de la tarjeta. Después de tener este diseño terminado y saber qué tipo de componente y valor necesitan, los diseñadores hacen un billete de materiales que llenan con la información del fabricante del componente y número de parte. Esta información es utilizada más tarde por la empresa manufacturera para comprar los componentes y mandarlos a producción. El billete de materiales tiene información precisa del tamaño y tipo de componente que se estará utilizando en cada localidad, por lo que en base a esta información se puede hacer una clasificación de la cantidad de cada tipo que habrá en cada tarjeta.

Cada vez que un nuevo producto es enviado a producción pasa por un proceso de pruebas y una inspección de calidad donde verifican el funcionamiento de las tarjetas y revisan las uniones de soldadura en los componentes, asegurándose que cumplan con las guías de diseño de la empresa [2] y estándares internacionales como los IPC [3].

Existe un grupo de diseñadores en Flextronics encargados de realizar las guías de diseño en base a todas las nuevas tecnologías que aparecen en el mercado, donde mediante diseño de experimentos hacen la recomendación para la colocación óptima de los componentes, y calculan las oportunidades de defectos por millón o DPMOs [4] de cada familia de componentes utilizando la siguiente fórmula:

$$DPMO = \frac{d}{o} \times 10^6 \quad (1)$$

Donde

d = Numero de defectos

o = Numero de oportunidades

Utilizando la información de los billetes de materiales y el cálculo de las oportunidades de defectos por millón de cada tipo de componentes, podemos obtener un porcentaje de errores estimados previo a la manufactura de cualquier producto. Este estimado de errores puede ser retroalimentado cada que se hace la comparación del antes y después del proceso de producción, lo que aumentará la precisión del sistema de predicción.

3 PROCEDIMIENTO.

Para la obtención de la probabilidad de errores en nuevos productos se utiliza el billete de materiales, del cual se cuantifica el número de componentes de cada tipo y la cantidad de terminales que tiene cada componente como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Clasificación de componentes.

Tipo de componente	Cantidad	Terminales
SO8	1	8
R0402	30	2
R0603	25	2
R0805	100	2
RNET10	6	10
QFP100	2	100
QFP208	2	208
BGA225	3	225
TSOP44	8	44
SSOP16	12	16
DPAK	4	3
C0402	23	2
C1210	15	2

Después de realizar esta clasificación se utiliza el dato de DPMO según el tipo de análisis que necesitemos, como por ejemplo análisis de colocación de componentes, con el cual se utilizará el número de terminales y DPMO para terminales.

Debido a que existe una lista definida de errores tanto para componentes como para terminales, es posible hacer un cálculo individual para cada tipo de error que se puede clasificar como:

- Terminales dobladas
- Terminales Largas
- Terminales Cortas

O por componentes en:

- Dañados
- Invertidos
- Desalineados
- Incorrectos
- Orientación Errónea
- Referencia Errónea

Con estos datos se pueden utilizar las fórmulas 2 y 3 para encontrar la probabilidad de error:

$$\text{Probabilidad Terminales} = \text{DPMO} \times \text{Numero de Componentes} \times \text{Numero de Terminales} \mathbf{(2)}$$

$$\text{Probabilidad Componentes} = \text{DPMO} \times \text{Cantidad de componentes} \mathbf{(3)}$$

A estas fórmulas es posible agregar un porcentaje de error provocado por las maquinas, que funcionan ligeramente diferente dependiendo del mantenimiento y limpieza que se les dé, por lo que ese porcentaje de error puede ser multiplicado directamente a la probabilidad de error, nombrándolo factor máquina.

Existen otros factores que también pueden ser medidos mediante el historial de fallas encontrado en los procesos de manufactura por el equipo de calidad. Estos factores aumentan la precisión de los resultados obtenidos y también pueden ser multiplicados directamente a las (2) y (3).

Los datos recabados por el equipo de calidad pueden ser constantemente actualizados en una base de datos como se mostró en la figura 1.

4 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Durante una prueba experimental se utilizó el billete de materiales de un producto, que por motivos de confidencialidad solo se mostrará una parte, el cual fue clasificado y cuantificado según el tipo de componentes que utiliza, mostrando los resultados en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de componentes.

CPN	Part Description	REFDES-List	Component Type	Quantity	# of pins	Incoming Material Factor	Machinery Factor
AY90100045	TRANS*2 PNP BC856S SOT363 0.1A	Q92,Q95,Q96,Q98,Q	soic-coarse-pitch	6	6	1	1
AY15800073		C42	discrete1210	1	2	1	1
AN611398400A	VARISTANCE CMS 1608 27V	V3,V4,V7	discrete0603	3	2	1	1
AY18110101	CONN 16PTS MALE C/DROIT	CN7	outward-l-bend-leads	1	16	1	1
AY15800273		C6	discrete0805	1	2	1	1
AY56100019	OSCIL 26MHZ CMS TCXD -30+75C	X1	flat-leads	1	6	1	1
AY13100801	IC TPS73218 SOT223 P/LDO	U26	soic-coarse-pitch	1	6	1	1
AY73100014	R CMS 0402 1/16W 1% 1K	R162,R165,R166,R167	discrete0402	52	2	1	1
AY73100015	R CMS 0402 1/16W 1% 1.5K	R439,R441	discrete0402	2	2	1	1
AT196	IND CMS 2525 4A 10UH	L4	c-lead	1	2	1	1
AY74200027		R355,R356	discrete1206	2	2	1	1
AY73100257	R CMS 0402 1/16W 1% 27.4K	R310	discrete0402	1	2	1	1
AY13100161	IC DS1337S+ SD8-PIHORLOGE TR	U52	soic-coarse-pitch	1	8	1	1

Con esta información se pueden apreciar las cantidades de cada componente y su número de terminales, así como el factor de material de entrada, dependiendo del proveedor algunas veces es posible asignar un porcentaje de error en sus productos, y por último el factor máquina que dependiendo de la antigüedad o la falta de mantenimiento puede tener un porcentaje de error medible.

Con la ayuda del laboratorio de diseño fue posible obtener los datos de DPMOs de los cuales se aprecia una muestra en la siguiente tabla 3.

Tabla 3. Valores DPMOs por tipo de paquete.

	SMT Placement (Package)			
	Package			
	Damaged Component	Extra Component	Inverted Component	Misaligned
BGA-Coarse-Pitch	0.344828	0.008621	0.008621	0.344828
BGA-Fine-Pitch	1.37931	0.034483	0.034483	1.37931
Castellated-Terminations	0.344828	0.008621	0.008621	0.344828
CBGA	0.344828	0.008621	0.008621	0.344828
Chipnet	0.482759	0.012069	0.012069	0.482759
Chip-On-Board	0	0	0	0
C-Lead	0.333333	0.008333	0.008333	0.333333
Cylindrical-Terminations	0.333333	0.008333	0.008333	0.333333
Discrete	0.344828	0.008621	0.008621	0.344828
Discrete01005	5	0.125	0.125	5
Discrete0201	1	0.025	0.025	1
Discrete0306	0.8	0.02	0	0.8
Discrete0402	0.551724	0.013793	0.013793	0.551724
Discrete0508	0.4	0.01	0.01	0.4
Discrete0603	0.344828	0.008621	0.008621	0.344828
Discrete0612	0.344828	0.008621	0.008621	0.344828
Discrete0805	0.333333	0.008333	0.008333	0.333333

A partir de estos datos y en base a las formulas 2 y 3, se realizó el cálculo mostrado en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados obtenidos.

CPN	Part Description	REFDES-List	Component Type	Quantity	# of pins	Incoming Material Factor	Machinery Factor	SMT Placement (Package)							
								Package							
								Damaged Component	Extra Component	Inverted Component	Misaligned				
AY90100045	TRANS*2 PNP BC856S SOT363 0.1A	Q92,Q95,Q96,Q98,Q99	soic-coarse-pitch	8	6	1	1	0.3167	1.9	0.0079	0.0475	0.0079	0.0475	0.3167	1.9
AY15800073		C42	discrete1210	1	2	1	1	0.3448	0.3448	0.0086	0.0086	0.0086	0.0086	0.3448	0.3448
AN611298400A	VARI*STANCE CMS 1608 27V	V3,V4,V7	discrete0603	3	2	1	1	0.3448	1.0345	0.0086	0.0259	0.0086	0.0259	0.3448	1.0344
AY1810101	CONN 16PTS MALE CI DROIT	CN7	outward-l-bend-leads	1	16	1	1	0.3167	0.3167	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079	0.3167	0.3167
AY15800273		C6	discrete0805	1	2	1	1	0.3448	0.3448	0.0086	0.0086	0.0086	0.0086	0.3448	0.3448
AY56100019	OSCIL 26MHZ CMS TCKO -30-75C	X1	flat-leads	1	8	1	1	0.3167	0.3167	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079	0.3167	0.3167
AY13100901	IC TPS73219 SOT223 P/LDO	U26	soic-coarse-pitch	1	8	1	1	0.3167	0.3167	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079	0.3167	0.3167
AY73100014	R CMS 0402 1/16W 1% 1K	R162,R165,R166,R167,F	discrete0402	52	2	1	1	0.5517	28.689	0.0131	0.6814	0.0131	0.6814	0.5517	28.689
AY73100015	R CMS 0402 1/16W 1% 15K	R429,R441	discrete0402	2	2	1	1	0.5517	1.1034	0.0131	0.0262	0.0131	0.0262	0.5517	1.1034
AT196	IND CMS 2525 4A 10UH	L4	c-lead	1	2	1	1	0.3333	0.3333	0.0086	0.0086	0.0086	0.0086	0.3333	0.3333
AY74200027		R355,R356	discrete1206	2	2	1	1	0.3448	0.6897	0.0086	0.0172	0.0086	0.0172	0.3448	0.6896
AY73100257	R CMS 0402 1/16W 1% 27.4K	R310	discrete0402	1	2	1	1	0.5517	0.5517	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.5517	0.5517

En este análisis se encontró que la probabilidad de encontrar errores es más alta en los componentes discretos 0402, siendo los puntos de componente dañado y desalineado los más críticos, por lo que es posible analizar a fondo el diseño de la tarjeta y el estencil de soldadura en pasta para hacer los ajustes necesarios que permitan colocar adecuadamente estos componentes.

Mediante el uso de una herramienta más especializada, en este caso VALOR NPI de Mentor Graphics [5], fue posible el análisis del diseño de aperturas de cobre para los componentes 0402. La herramienta simula la colocación del componente con sus medidas reales especificadas por los fabricantes [6]. De acuerdo a la figura 2 se recomendó ajustar la distancia entre aperturas de cobre para su mejor colocación.

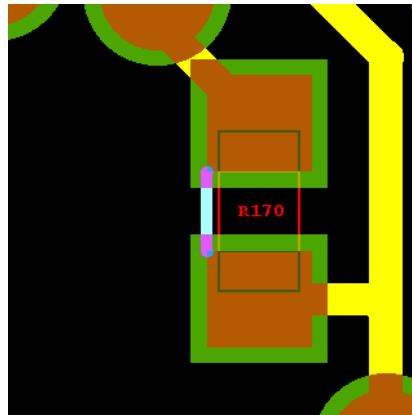


Figura 2. Análisis de colocación de componente 0402.

5 CONCLUSION.

La predicción de errores y colocación de componentes de montaje superficial es posible mediante el cálculo de oportunidades de defecto por millón, que es un dato analizado con la aparición de nuevas tecnologías. Mediante este dato y la clasificación de componentes del billete de materiales podemos obtener un análisis rápido y confiable de la cantidad de errores posibles para cada grupo durante el ensamble de componentes.

REFERENCIAS

- [1] BARNETT THOMAS S.; BICKFORD JEANNE P.; WEGER ALAN J. Product Yield Prediction System and Critical Area Database. IEEE, August, 2008, Vol. 28, No 3.
- [2] Flextronics. 2010. [Guía de diseño de PCB]. Flextronics Design Guidelines PCBA. USA. Flextronics.
- [3] IPC. 1999. IPC-SM-782 Surface Mount Design and Land Pattern Standard. IPC.
- [4] IPC. 2002. IPC-9261 In-Process DPMO and Estimated Yield for PWAs. IPC.
- [5] Mentor Graphics. 2014. Valor NPI User's Manual.
- [6] Vishay. 2010. D/CRCW Lead (Pb)-Bearing Thick Film, Rectangular Chip Resistors.