

Inspeção Visual de Placas de Circuito Integrado com Alta Densidade de Microcomponentes

Felipe Gomes de Oliveira (CNPq) e José Luiz de Souza Pio (Orientador).
Departamento de Ciência da Computação/ICE – Universidade Federal do Amazonas
fgo@dcc.ufam.edu.br – josepio@dcc.ufam.edu.br

Resumo

Este trabalho apresenta uma abordagem de inspeção visual para detectar ausência/presença de microcomponentes de superfície (SMC) em placas de circuito impresso (PCB). Propõe-se uma metodologia baseada em Estatísticas Bayesianas para detectar componentes ausentes, com mais qualidade e precisão. Nesta abordagem considera-se a ocorrência intensa de ruídos obtidos pelo processo de captura de imagens diretamente da linha de produção das PCB's. Os resultados obtidos demonstram que a metodologia é robusta e apropriada para o sistema real de inspeção visual industrial. Todos os casos testados de componentes ausentes foram corretamente detectados

Palavras-Chave: Inspeção Industrial, Visão Computacional, Estatísticas Bayesianas.

1. Introdução

Na economia atual as indústrias visam à competitividade. Mas para alcançar tal competitividade é de grande importância que as indústrias possam assegurar o aumento da produtividade com a garantia de qualidade de seus produtos [3].

A principal maneira de se garantir competitividade com qualidade é se dispor de um processo de inspeção que garanta um controle de qualidade rigoroso, com um mínimo de erros sobre um máximo de produção. Melhorias no controle de qualidade têm sido alcançadas por meio da inspeção automática com uso das tecnologias de visão de máquina [8].

A automatização do processo de inspeção de placas de circuito impresso tem se mostrado eficiente ao controle de qualidade, uma vez que se reduz o tempo de inspeção e aumenta consideravelmente o volume inspecionado [8,9]. Nesse contexto, este trabalho aborda o problema de detecção da ausência (ou da presença) de microcomponentes de superfícies (SMC) em dispositivos que utilizam a tecnologia SMD, como as placas mãe de computadores pessoais.

O objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de uma abordagem para a identificação de microcomponentes, garantindo assim a velocidade, precisão e flexibilidade do controle de qualidade com competitividade dos produtos da empresa.

Este texto está organizado em seis seções. A seção seguinte descreve os sistemas de inspeção visual automática e suas aplicações no contexto deste trabalho. A Seção 3 oferece uma visão geral do estado da arte por meio dos principais trabalhos relacionados com a inspeção de componentes eletrônicos. A metodologia desenvolvida é mostrada na Seção 4. A seção 5 mostra os resultados experimentais e, por fim, na Seção 6 são apresentadas as conclusões deste trabalho.

2. Inspeção Visual Automática em Placas de Circuito Integrado

A inspeção visual automática utiliza sensores ópticos (câmeras) conectados a um computador para adquirir automaticamente uma imagem, armazená-la, e então executar algum tipo de processamento sobre ela, a fim de fazer uma avaliação em relação a um critério pré-definido [6].

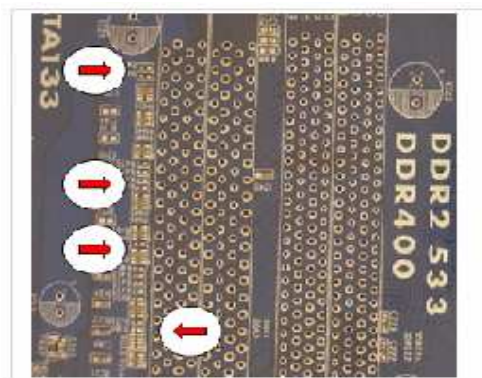


Figura 1 – Segmento de Placa apresentando ausência de componentes.

As setas indicam a posição de componentes ausentes na placa.

Neste trabalho é desenvolvida uma abordagem para a detecção da ausência/presença de microcomponentes (SMC) em placas de circuito impresso. A Figura 1 mostra um segmento de uma placa mãe de computador com seus componentes e a ausência de alguns outros, indicados pelas setas.

Esses microcomponentes são extremamente difíceis de serem observados pelo inspetor humano, sendo uma das principais causas de falhas nas placas ao saírem dos fornos de inserção das modernas linhas de produção.

A literatura científica é muito rica em exemplos de sistemas de inspeção visual para placas de circuito impresso [4,7,10]. A maior parte desses trabalhos tratam problemas relativos a identificação de trilhas de soldas ou a identificação de componentes mal posicionados. A seção seguinte destaca os trabalhos relacionados com a identificação da ausência de componentes e oferece uma visão geral do estado da arte.

3. Trabalhos Relacionados

Um dos primeiros trabalhos com trilhas de solda em placas de circuito impresso, foi o desenvolvido por Borba e Facon [2]. Os autores desenvolveram um método de inspeção que não utiliza o conhecimento prévio da placa e não utiliza um padrão a ser seguido como referência, detectando assim a falta ou excesso de cobre. Os autores acreditam que a imagem em escala de cinza não é a melhor solução, por isso utilizaram a imagem binarizada.

O sistema desenvolvido por Acciani e Brunetti [1] baseia-se em um Sistema de Inspeção Visual que utiliza rede neural com a finalidade de detectar defeitos encontrados nos terminais de solda nas placas de circuito integrado. As imagens das placas de testes são capturadas e processadas para extrair a região de interesse do diagnóstico. Três tipos de vetores de características são avaliados em cada região que são a exploração das propriedades da onda, as características geométricas e o pré-processamento das imagens.

O trabalho de Du e Dickerson [4] apresenta um sistema de inspeção automática para componentes passivos, para localizar componentes, medir seu tamanho e suas propriedades, suas bordas e detectar defeitos na superfície em ambos os lados. Os autores utilizam um algoritmo para detectar as bordas e os cantos. Por meio da segmentação da imagem, extrai-se e calculam-se as características do componente, como largura, tamanho, localização, orientação, etc., e com estas informações identifica defeitos, como componentes deslocados, pontos de ruptura na solda, mau contato na superfície. Essa técnica de inspeção não aborda informações quanto à ausência ou presença de componentes, pois na abordagem que é feita, cita a localização do

componente como uma das características de identificação de defeitos.

4. Metodologia

A Metodologia utilizada neste trabalho é decomposta em três etapas principais, que podem ser observadas na Figura 2. As etapas são:

1. Aquisição das Imagens.
2. Pré-Processamento das Imagens.
3. Classificação Probabilística da presença/ausência de componentes.

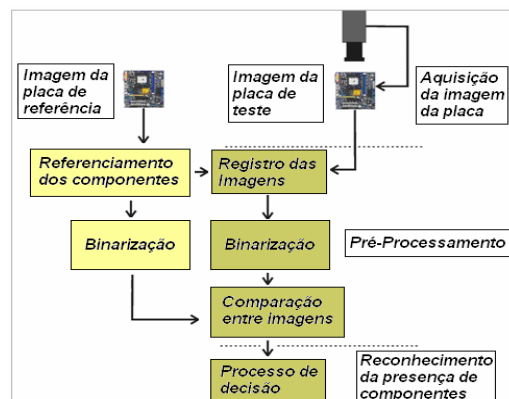


Figura 2 – Esquematização da metodologia adotada.

4.1. Aquisição das Imagens

Esse processo consiste na captura de uma imagem de uma placa por meio de uma câmera digital e na transferência das mesmas para um computador. Esse processo será realizado na aquisição da imagem referência e das imagens de teste.

4.2. Pré-Processamento das Imagens

Esta etapa pode ser subdividida em procedimentos menores que são:

- Conversão das Imagens: As imagens coloridas capturadas contidas no computador são convertidas para escala de cinza.
- Alinhamento das Imagens: O alinhamento de imagens pode ser definido como sendo um mapeamento entre as duas imagens de forma que essas diferenças sejam minimizadas [10]. As imagens da placa de referência e da placa teste são alinhadas, a fim de solucionar um problema muito comum nas esteiras, que são as mudanças súbitas que ocorrem no processo de captação.
- Binarização das Imagens: O processo de binarização é utilizado, pois segundo [6], o meio mais óbvio de distinguir objetos do fundo é por meio da seleção de um limiar que separe os dois grupos.
- Casamento de Padrões: Neste procedimento são feitas comparações entre os componentes das placas

de referência, de teste e a máscara binária. A máscara binária consiste em uma imagem de um componente ausente com área hipoteticamente perfeita, como pode ser observado na Figura 3.



Figura 3 – Máscara binária de um componente ausente [5].

As comparações entre os componentes e a máscara binária ocorrem por meio de uma operação lógica *and*, podendo ser observado na Figura 4.

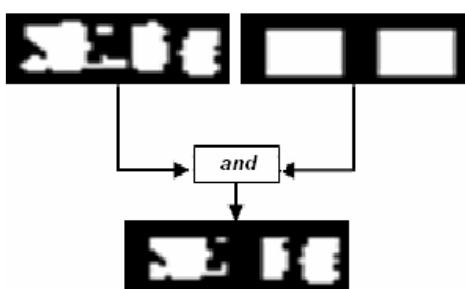


Figura 4 – Operação lógica *and* entre um componente e a máscara binária [5].

4.3. Classificação Probabilística da presença /ausência de componentes.

O processo de decisão do algoritmo baseia-se em um método estatístico de aprendizagem bastante consolidado na literatura, a Aprendizagem *Bayesiana*. A Aprendizagem *Bayesiana* calcula a probabilidade de cada hipótese, considerando os dados, e faz previsões de acordo com ela. Isto é, as previsões são feitas com o uso de todas as hipóteses, ponderadas por suas probabilidades, em vez de utilizar apenas uma única “melhor” hipótese. Desse modo, a aprendizagem é reduzida à inferência probabilística. Seja \mathbf{X} a representação de todos os dados, com valor observado x ; então, a probabilidade de cada hipótese é obtida pelo teorema de *Bayes*, expresso abaixo:

$$P(W_i | x) = [P(x | W_i) \cdot P(W_i)] / P(x), \quad (1)$$

onde

$$P(x) = \sum_{i=1}^2 P(x | W_i) \cdot P(W_i). \quad (2)$$

Nessa abordagem do teorema de *Bayes* são consideradas as seguintes hipóteses:

- W_1 é a hipótese denominada componente (presença).
- W_2 é a hipótese denominada almofada (ausência).

Sendo $P(W_1)$ definida como a razão entre $D1/(D1+D2)$ e $P(W_2)$ definida como a razão entre $D2/(D1+D2)$, onde $D1$ é a diferença do número de *pixels* brancos do componente da placa referência pelo número de *pixels* brancos da máscara binária e $D2$ é a diferença do número de *pixels* brancos do componente da placa teste pelo número de *pixels* brancos da máscara binária. Estas são as probabilidade *a priori* das hipóteses W_1 e W_2 respectivamente.

$P(x)$ representa a frequência com a qual encontramos determinada característica, onde considera-se x como um vetor de características formado a partir do número de *pixels* brancos extraídos de um componente da imagem.

A probabilidade $P(W_1|x)$ representa a probabilidade que o componente da placa referência satisfaça a hipótese W_1 dado a característica x . A probabilidade $P(W_2|x)$ representa a probabilidade que o componente da placa teste satisfaça a hipótese W_2 dado a característica x [9]. Utilizando o teorema de *Bayes*, queremos determinar qual a probabilidade do componente está na placa de teste dado que se sabe *a priori* que o componente está na placa referência. Em outras palavras, deseja-se determinar $P(W_2|x)$.

Agora supondo que se queira fazer uma previsão sobre uma quantidade desconhecida N de componentes. Então temos a seguinte representação matemática da aprendizagem *bayesiana*:

$$P(x) = \sum_i P(N | W_i) \cdot P(W_i | x), \quad (3)$$

Onde têm-se que, $P(W_i | x)$ representa o valor resultante do teorema de Bayes para cada componente e $P(N | W_i)$ consiste na representação do conhecimento adquirido pelo método de aprendizagem a cada componente inspecionado.

5. Resultados Experimentais

Os experimentos realizados visaram mostrar a aplicabilidade da abordagem para a detecção da ausência de componentes em placas mãe de computadores pessoais. Para isso foram testadas 25 placas com 300 componentes cada, com componentes ausentes em diversas posições da placa. Com o ajuste dos parâmetros de probabilidade, foi possível detectar todas as ausências com a realização automática do processo de alinhamento de imagens. Para avaliar a robustez do método foram adicionados ruídos *gaussianos* e “*salt and pepper*” à imagem, a fim de verificar a robustez do método quanto a problemas nos processos inerentes a captura das imagens. Na adição de ruído *gaussiano* foram feitos experimentos com a densidade de ruído iniciando de 0.01 até 0.05, onde pôde-se observar o bom desempenho do algoritmo, que reconheceu todas as ausências da placa.

Para a inserção de ruídos “*salt and pepper*” o método detectou todas as ausências iniciando de 0.01 até 0.30 como pode ser observado na Figura 5.

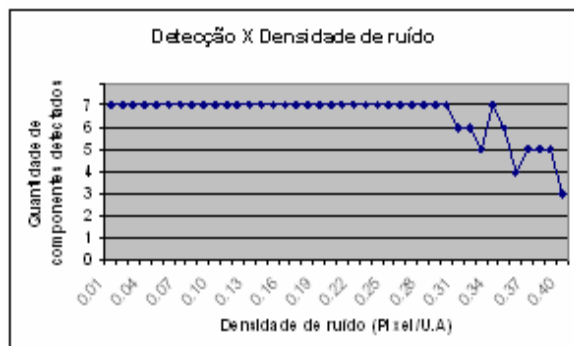


Figura 5 – Relação Detecção X Densidade de ruído.

Na Figura 6 pode ser observada a grande perturbação sofrida pela imagem da placa inspecionada na inserção de ruído *salt and pepper* com densidade 0.30 (Pixel/U.A), constatando-se a grande complexidade da abordagem em detectar com boa precisão a ausência/presença de microcomponentes em placas de circuito impresso.

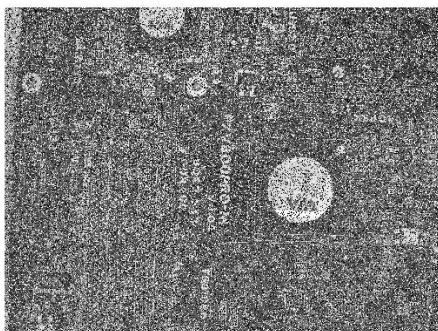


Figura 6 – Placa com densidade de 0.30 de ruído *salt and pepper*.

6. Conclusões

Este trabalho mostrou uma abordagem metodológica para a detecção de micro componente em SMD. Utilizou-se a estatística *Bayesiana* como ferramenta principal para a identificação de *pixels* que pertençam ao corpo de um componente ou que faça parte do ruído adicionado pelo processo ou dispositivo de captura da imagem. Um avanço importante no trabalho foi a realização automática do alinhamento de imagens, minimizando a interferência humana no processo de inspeção. Também destaca-se a identificação precisa dos parâmetros para a aplicação do teorema de *Bayes*, garantindo resultados mais precisos e confiáveis, mesmo com a inserção de ruídos gaussianos. A concretização do trabalho amplia consideravelmente as possibilidades de aplicação da

visão de máquina e da estatística *Bayesiana* para diversos outros tipos de inspeção industrial.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio e incentivo dado ao projeto de pesquisa o qual este trabalho é vinculado.

Referências

- [1] ACCIANI, Giuseppe; Brunetti, Gioacchino e Fornarelli, Girolamo. Application of Neural Networks Optical Inspection and Classification of Solder Joints in surface Mount Technology, 2006.
- [2] BORBA, J.F. e Facon, J. A Printed Circuit Board Automated Inspection System, Anais do IEEE Midwest Symposium on Circuits and Systems, Rio de Janeiro, Brazil, pp. 69-72, Aug. 1996.
- [3] DA FONTOURA Costa, L. and Meriaudeau, F. Special Issue on Applied Visual Inspection, julho, 2002.
- [4] DU, Winncy Y. e Dickerson, Stephen L. Passive Component Inspection Using Machine Vision, 1998.
- [5] GONÇALVES de Araújo, Wilson. Detecção Automática de Componentes de Montagem em Superfície sobre Placas de Circuito Impresso. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- [6] GONZALEZ, Rafael C. e Woods, Richard E. Processamento de Imagens Digitais. Rio de Janeiro. EDITORA EDGARD BLUCHER, 2000.
- [7] HATA, S. Practical Visual Inspection Techniques: Optics, Micro-electronics and Advanced Software Technology. Anais da International Conference on Pattern Recognition 2000, vol. IV, páginas 114-117.
- [8] SASAI, M. Inspection Technique for Flexible Manufacture. Electronic Packaging Technology, vol. 2, páginas 41-46, 1998.
- [9] MARINHO Doro, Marcos. Sistemática para Implantação da Garantia da Qualidade em Empresas Montadoras de Placas de Circuito Impresso. 2004. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- [10] MARTINEZ ,Valguima V. V. A. Odakura_ ; Campos, Geraldo Lino. Uma Técnica para Alinhamento de Imagens de Documentos Antigos, 2006.