

# DESENVOLVIMENTO DE UM ALGORITMO PARA A DETECÇÃO DE ERROS NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CIRCUITOS IMPRESSOS UTILIZANDO VISÃO COMPUTACIONAL

JEAN CARLOS SCHEUNEMANN<sup>1</sup>; MARLON SOARES SIGALES <sup>2</sup>; MARCELO LEMOS ROSSI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [scheunemann.jc@ufpel.edu.br](mailto:scheunemann.jc@ufpel.edu.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [marlonsigales@yahoo.com](mailto:marlonsigales@yahoo.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [marcelo.rossi@ufpel.edu.br](mailto:marcelo.rossi@ufpel.edu.br)

## 1. INTRODUÇÃO

Durante o processo de fabricação de circuitos impressos podem ocorrer erros em diferentes etapas. Erros os quais podem interferir no funcionamento final dos circuitos, tais como erros no processo de transferência foto-litográficos, no processo corrosão, furação, entre outros (KHANDPUR, 2005).

Com o aumento do poder computacional e o grande avanço na área de visão de máquina, tornou-se possível solucionar diversos problemas utilizando-se uma abordagem diferente (DAVIES, 2012).

Diversos processos na fabricação de equipamentos eletrônicos podem tirar proveito deste recurso, tais como demonstrado por TSAI; HSIEH, 2017 e KIM et al, 2012, que utilizam visão computacional para corrigir erros no posicionamento de componentes SMD.

Propõe-se como solução para a classificação dos erros a utilização da técnica de contagem de contornos fechados, largamente utilizada em diagnósticos por imagem (DAVIES, 2012).

Assim, propõe-se a criação de um algoritmo para a detecção e classificação automática dos erros que ocorrem no processo de fabricação, sendo executado ao termino de cada nova etapa. Sendo possível corrigir ou não realizar parte do processo, reduzindo os custos, podendo servir como indicador de qualidade para o processo de fabricação.

## 2. METODOLOGIA

O Algoritmo foi desenvolvido utilizando-se a plataforma Octave, juntamente com as extensões para processamento de sinais, processamento de imagens e processamento paralelo.

Onde utiliza-se os arquivos padrão GERBER do projeto original como modelo, o qual será comparado com as imagens capturadas do circuito impresso.

O Algoritmo segue as seguintes etapas: (I) captura da imagem, (II) correção das deformações, (III) redimensionamento, (IV) filtro passa baixas, (V) binarização da imagem, (VI) detecção das regiões de contorno, (VII) criação das regiões de tolerância, (VIII) cálculo do erro, (IX) cálculo das regiões de erro, (X) classificação dos erros e contagem das ocorrências.

Para a captura da imagem utilizou-se o escâner de uma impressora multifuncional DCP-j140W, onde a correção das deformações foi executada utilizando-se o software disponibilizado juntamente com a impressora.

Devido a grande diferença de resolução encontrada geralmente nos dispositivos de captura de imagem, torna-se necessário o redimensionamento de uma das imagens para a realização das comparações.

Após a captura e redimensionamento, realiza-se uma etapa de filtragem, com o objetivo de uniformizar as regiões de metal, que devido ao seu brilho característico causam erros na binarização.

Efetuada a etapa inicial de filtragem, realiza-se a conversão da imagem para preto e branco, reduzindo-se assim o esforço computacional utilizado no processamento das etapas seguinte.

Devido a utilização do filtro passa baixa, ocorre a deformação dos contornos, para diminuir a ocorrência de erros causadas por esta etapa de processamento, extrai-se os contornos do modelo, onde cria-se uma região de tolerância de alguns pixels no entorno dos contornos do modelo.

Uma vez criada as regiões de tolerância nos contornos, executa-se a subtração do modelo na imagem capturada, criando-se assim a matriz de erro, a qual contém o valor de  $-1$  caso o pixel esteja no modelo e não se encontra na imagem captura do circuito impresso,  $1$  caso esteja na imagem e não existia no modelo e  $0$  caso o valor do pixel da imagem seja igual ao do modelo.

Como a ocorrência de erros pode ocorrer de maneira não uniforme, torna-se necessário, para facilitar a classificação dos erros, a unificação dos erros em regiões. Para isso realiza-se a convolução da matriz de erro com uma matriz de centralização, onde após aplica-se uma função de threshold e binarização do resultado.

Após isso, para o cálculo das regiões de erro, realiza-se a contagem de contornos fechados, onde cada contorno fechado, corresponde a uma região de ocorrência de erro.

Para cada região de erro, executa-se um algoritmo de classificação, como cada região de erro possui um comportamento independente, realiza-se o processamento desta etapa de maneira paralela, de maneira a buscar um menor tempo de execução do algoritmo.

O algoritmo de classificação consiste em executar a contagem de contornos fechados na imagem modelo e na imagem capturada em cada região de erro, sendo classificado em 3 categorias: (I) criação de continuidade, (II) interrupção de continuidade e (III) erro não destrutivo.

O erro classificado como criação de continuidade ocorre quando a contagem de contornos fechados do modelo é menor que a encontrada na imagem capturada, de maneira que uma parte do metal está tocando em outra, criando uma conexão elétrica diferente do projeto original.

O erro classificado com interrupção de continuidade ocorre quando a contagem de contornos fechados do modelo é maior do que a da imagem capturada, de maneira que uma conexão elétrica existente no projeto original deixou de existir.

Já os erros não classificados como não destrutivos são erros que mesmo sendo regiões diferentes do projeto original não alteram as ligações elétricas, não alterando o funcionamento do projeto.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente momento o algoritmo já se encontra de maneira funcional, já podendo ser utilizado para a detecção de erros, como demonstrado nas Figuras 1, 2 e 3.

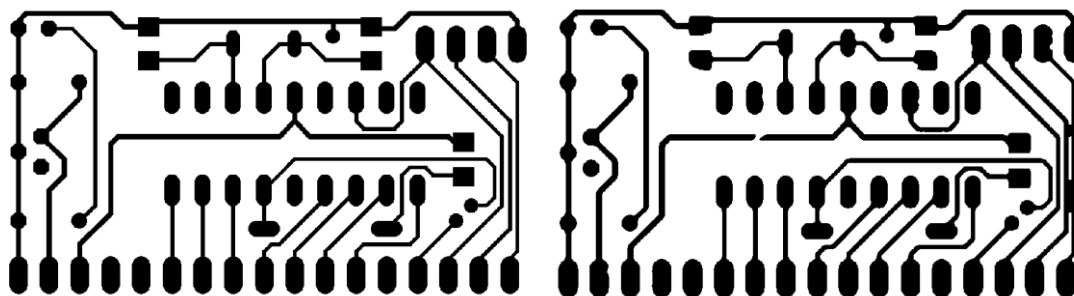


Figura 1: Imagens após conversão para preto e branco, a direita projeto original e a esquerda layout produzido.

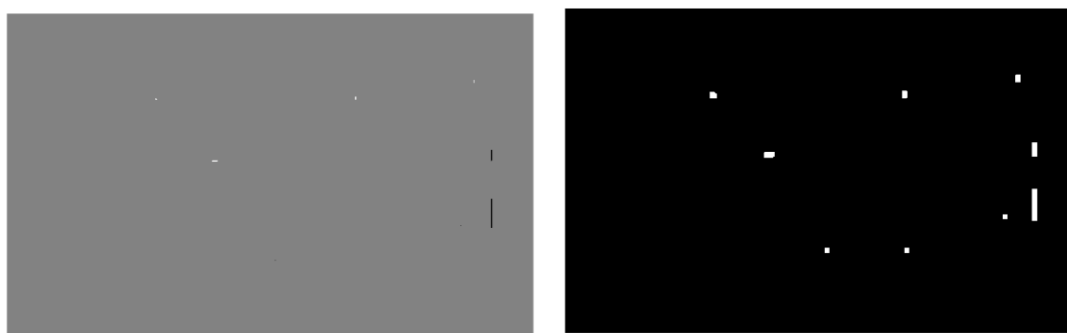


Figura 2: A direita diferenças absolutas entre as imagens e a esquerda regiões de agrupamento dos erros.

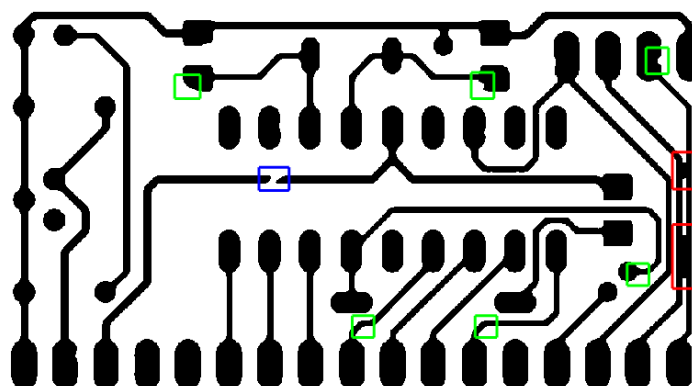


Figura 3: Localização e classificação dos erros, em vermelho erro do tipo I, em azul erro do tipo II e em verde erro do tipo III.



No entanto encontram-se alguns problemas nas primeiras etapas, pois a textura característica do metal não apresenta uma disposição uniforme, causando erro na binarização da imagem, sendo este um dos principais objetivos em trabalhos futuros.

#### 4. CONCLUSÕES

O presente trabalho tem objetivo de sanar necessidades específicas para a produção de placas de circuito impressos, necessidades que quando feitas por humanos acabam tendo resultados ineficientes, essa é uma forma de aumentar a confiabilidade do processo, garantindo assim de mais uma forma de que o produto final em questão tenha um bom rendimento.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KHANDPUR, R. S.. **Printed Circuit Boards: Design, Fabrication, Assembly and Testing**. McGraw-Hill Education, 2005.

DAVIES, E. R.. **Computer and Machine Vision, Fourth Edition: Theory, Algorithms, Practicalities**. Academic Press, 2012.

KIM, J. O.; Lee, Y. A. e Park, T. H.. **Automatic extraction of component inspection regions from Printed Circuit Board**. *2012 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)*, Fukuoka, pp. 871-876, 2012. doi: 10.1109/SII.2012.6427276.

TSAI, D. M. e HSIEH, Y. C.. **Machine Vision-Based Positioning and Inspection Using Expectation–Maximization Technique**, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 66, no. 11, pp. 2858-2868, Nov. 2017. doi: 10.1109/TIM.2017.2717284.