

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО СКРИПТА

Ю.Ю. Козина

Одесский национальный политехнический университет,  
пр. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина; e-mail: yuliyakc@mail.ru

Работа посвящена разработке методики контроля качества печатных плат на основе автоматического скрипта. Актуальность исследований подтверждается необходимостью создания систем контроля, которые будут целесообразно использовать в условиях мелкосерийного производства, а также разработки автоматических скриптов в целях сокращения затрат времени для контроля. Предложенная система обладает высокими показателями помехоустойчивости, а методика контроля их качества ускоряет процесс проверки.

**Ключевые слова:** печатная плата, реперные знаки, программная система, автоматический скрипт.

## Введение

В настоящее время требования практики производства изделий микроэлектроники, например, печатных плат, делают актуальной задачу разработки систем контроля их качества, использующих недорогое оборудование. Это связано с возрастающей стоимостью контроля, выполняемого на основе существующих программных комплексов, применение которых обосновано в случае крупносерийного производства и потребностью производства мелких и средних партий изделий. Снижение стоимости таких комплексов возможно за счет уменьшения требований к техническим параметрам аппаратуры, которая используется для контроля [1]. Существующие комплексы контроля включают подсистемы формирования, регистрации и распознавания изображений. Снижение требований к техническим параметрам аппаратуры комплексов приводит к появлению помех при обработке изображений контролируемого изделия. Поэтому предложено разработать программную систему, обладающую высоким уровнем помехоустойчивости и позволяющую выполнять контроль качества печатных плат в условиях помех с высоким уровнем достоверности. В свою очередь, проведение экспериментов на больших объемах данных для подтверждения высокой помехоустойчивости системы и достоверности контроля качества печатных плат ручным способом приводит к росту временных затрат на эту процедуру. Требования практики разработки систем контроля качества изделий микроэлектроники, которые обладают высокой помехоустойчивостью и необходимостью автоматизации процесса их проверки на базе разработанных систем делают актуальной данную работу.

## Цель статьи и постановка задачи

Целью работы является разработка методики контроля качества печатных плат на базе предложенной программной системы для сокращения затрат времени на эту процедуру. Одним из методов контроля качества печатных плат, который реализуется в существующих комплексах контроля и позволяет выделять их дефекты, является метод позиционирования эталонного и контролируемого изображений по реперным знакам (специально наносимым на поверхность платы объектов известной формы).

## Основная часть

При анализе процессов, которые реализуются в существующих комплексах контроля показано, что основными процедурами, определяющими достоверность контроля в условиях помех, являются локализация и классификация реперных знаков. Существующие методы локализации и классификации изображений не обеспечивают достаточную достоверность контроля в условиях помех [2]. При разработке соответствующих методов локализации и классификации к обрабатываемому изображению было применено гиперболическое вейвлет-преобразование (ГВП) [3, 4]. Преимущество применения ГВП, по сравнению с градиентными методами, заключается в том, что оно:

- предоставляет возможность выбора масштаба вейвлет-преобразования (длины носителя)  $s$ , что позволяет выделять объекты нужных размеров и обеспечивает необходимую для решения задачи контроля качества печатных плат точность и помехоустойчивость;
- повышает помехоустойчивость с увеличением масштаба вейвлета;
- концентрирует энергию изображения в области перепадов интенсивности, что повышает точность при поиске объекта.

Так, например, применение ГВП при локализации объектов позволяет путем увеличения масштаба преобразования  $s$  (длины носителя гиперболического вейвлет-фильтра) расширить пространственную локализацию объектов. При этом изменяются значения амплитуды сигнала в пространстве ГВП, которые соответствуют перепадам интенсивности исходного изображения. Объектам меньшей протяженности соответствуют меньшие значения ГВП. Кроме того, за счет свойств ГВП обладает высокими показателями помехоустойчивости – существующие методы обработки изображений, основанные на данном виде преобразования работоспособны при отношениях сигнал/шум не менее 5 (по мощности).

ГВП определено как непрерывное вейвлет-преобразование с функцией [5]:

$$\Omega_0(\tau) = \frac{1}{\pi\alpha\tau} G(\tau), \quad (1)$$

где  $\tau$  – независимая переменная;

$G(-\tau) = G(\tau)$  – адаптирующая функция,  $G(\tau) = 1(\tau - \varepsilon) - 1(\tau - \gamma)$ ;

$1(\tau)$  – единичная функция Хевисайда;

$\alpha > 0$  – масштабный множитель для получения базисных вейвлетных функций;

$\varepsilon, \gamma$  – параметры адаптирующей функции.

Здесь  $0 < \varepsilon \ll \gamma$ , поэтому такой выбор  $\Omega_0(\tau)$  избавит материнский вейвлет от сингулярности функции  $\frac{1}{\pi\tau}$  в точке  $\tau = 0$ , сохранив ее свойства при сколь угодно малом  $\varepsilon > 0$ , а выбор  $\gamma$  обеспечит достаточную локализацию. Доказано, что при

использовании в качестве базисной, функция  $\Omega_0(\tau)$  (материнский вейвлет) удовлетворяет всем свойствам, предъявляемым при построении вейвлет-преобразования [6]. В [7] предложено выполнить замену функции  $G(\tau)$ , на функцию  $G_1(\tau)$ . На основе этого при построении базисной функции для обеспечения высокой помехоустойчивости и точности в соответствии со спецификой решаемой задачи, в работе выбрана такая адаптирующая функция [4]:

$$G_1(\tau) = \begin{cases} \frac{1}{\alpha\tau}, & |\tau| > \varepsilon; \\ \frac{\tau}{\varepsilon}, & |\tau| \leq \varepsilon. \end{cases} \quad (2)$$

где  $\tau$  – независимая переменная. Эмпирически определены ( $\alpha = 0.8$ ;  $\varepsilon = 0.1$ )

В данной работе предложена программная система контроля качества печатных плат, которая за счет применения разработанных методов локализации и классификации на базе ГВП для разработки соответствующих процедур, позволила получать информацию о выделенных дефектах. Рассмотрим два этапа работы этой системы: режим обучения и рабочий режим. В режиме обучения на входе формируется исходное полутоновое изображение эталона. Для формирования обучающей выборки проводится локализация, поиск, выделение и прослеживание контуров реперных знаков. Производится идентификация на основе информации о характерных точках (ХТ) и рассчитанных геометрических моментов-признаков (ГМП). Информация сохраняется в базу знаний (БЗ). Выполняется обучение многослойного персептрона на основе сформированной обучающей выборки с помощью метода на основе ГВП.

В рабочем режиме на вход системы подается изображение контролируемой печатной платы, полученное с помощью видеокамеры (рис. 1). Производится предварительная обработка входного изображения. Реализуются процедуры локализации и идентификации реперных знаков. Выполняется их распознавание на основе обученной нейронной сети. Реализуется позиционирование изображений эталонной и контролируемой печатной платы. На выходе получаем результат выделения дефектов и их характеристики (координаты местоположения на изображении печатной платы) (рис. 2).

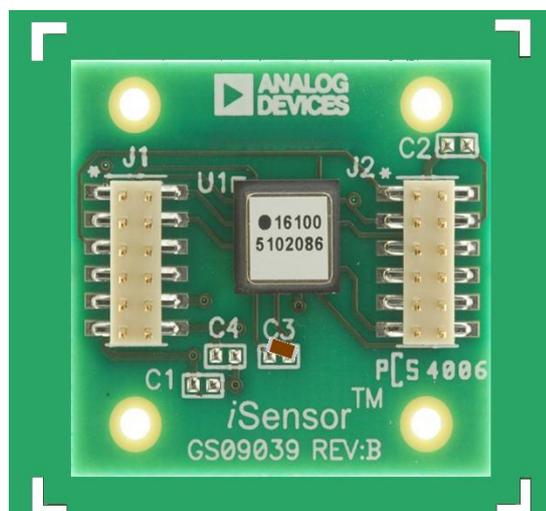
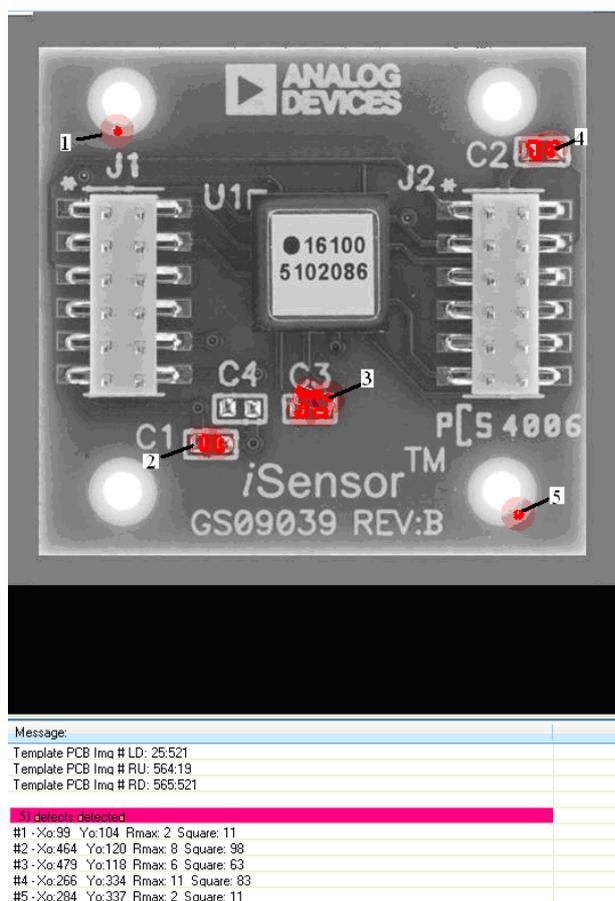


Рис. 1. Изображение контролируемой печатной платы

В целях оценки работоспособности системы и получения оценок ее помехоустойчивости, использована база данных, состоящая из 100 изображений печатных плат, отличающихся размером, углом наклона, уровнями освещенности. В связи со значительным ростом временных затрат на загрузку изображений, а также выполнение всех процедур их обработки, было принято решение разработать автоматический скрипт.

Разработка автоматических скриптов – это новая совокупность знаний и навыков, которые необходимы для того, чтобы, используя инструментальные средства, создавать тестовые процедуры после того, как они были спроектированы и спланированы [8].



**Рис. 2.** Результат выделения дефектов и их характеристики

Одним из наиболее популярных, востребованных и весомых программных комплексов для автоматизации тестирования приложений на данный момент является программный комплекс QuickTest Professional (QTP). В данной работе предложена методика контроля качества печатных плат на основе разработки автоматического скрипта. Для его создания используется технология Data Table, которая позволяет параметризовать данные, а также средство проверки результатов прохождения теста.

Методика контроля качества печатных плат на основе автоматического скрипта включает следующие шаги:

1. Указать в настройках QTP путь к приложению.
2. Создать новый тест и добавить соответствующую акцию для его реализации.
3. Создать хранилище объектов – Object Repository для данной программной системы.
4. Выполнить обучение системы для распознавания объектов и их свойств.

5. Провести ассоциацию созданной акции с добавленным хранилищем объектов.
6. Добавить точки проверки: check points – в те части теста, в которых есть необходимость проверки соответствия фактических результатов прохождения теста ожидаемым.
7. Запустить тест для одной итерации и проанализировать результаты.
8. Параметризовать данные.

В результате реализации скрипта получены такие оценки помехоустойчивости системы контроля качества печатных плат: при отношении сигнал шум достоверность контроля в условиях помех в диапазоне отношения сигнал/шум 8...10 (по мощности) составила 94 %.

Разработанный скрипт использует объект DataTable, который является переработанной Excel таблицей, которая параметризует входные значения для организации итеративного процесса ввода различных наборов входных данных. В качестве параметра выступает исходное обрабатываемое изображение платы, что позволяет автоматически подгружать изображение из имеющейся базы. QTP содержит инструмент просмотра, анализа и обработки результатов тестирования – Run Results Viewer. Он позволяет после запуска теста получить информацию об успешно пройденных или не пройденных итерациях. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод об успешно пройденных итерациях теста (рис. 3).

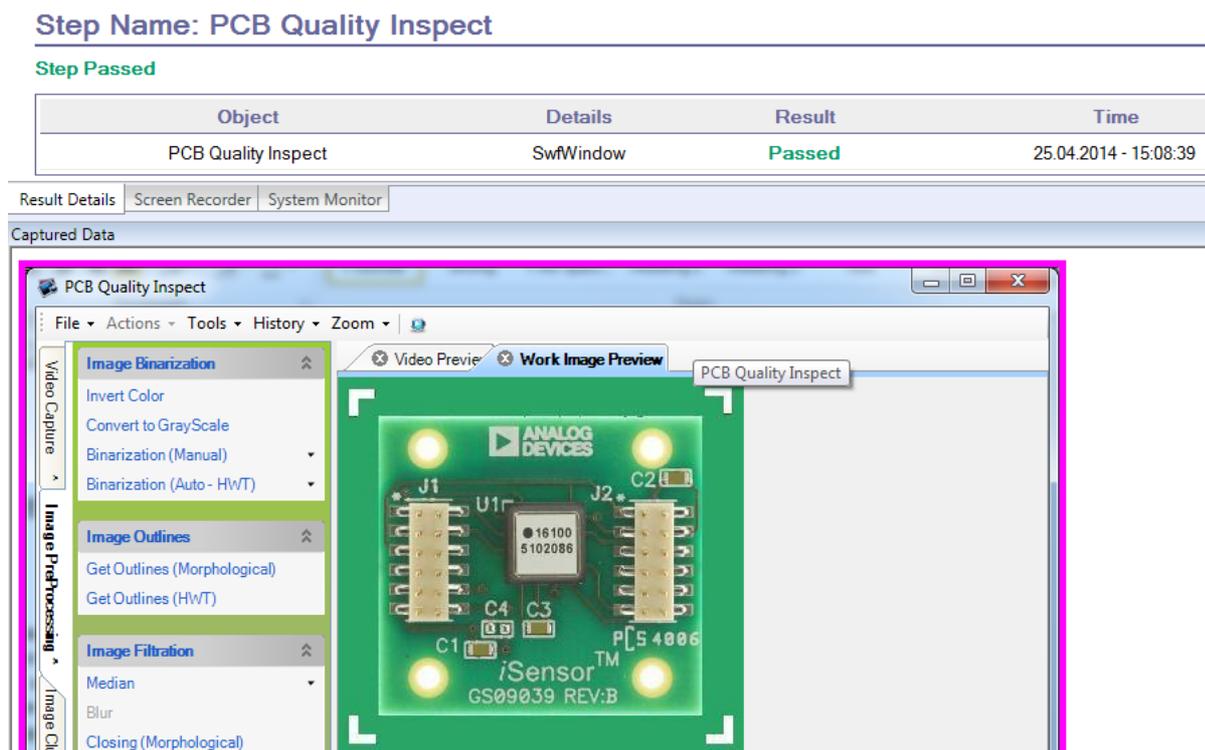


Рис. 3. Результат пройденных итераций теста

## Выводы

Эксперименты показали, что в результате применения гиперболического вейвлет-преобразования для реализации процедур локализации и классификации реперных знаков, удалось выделять дефекты на изображениях печатных плат в условиях помех. Методика контроля качества печатных плат, основанная на современных средствах

разработки автоматических скриптов, позволила сократить затраты времени в среднем до 35% по сравнению с ручным методом.

### Список литературы

1. Грачев, А.А. Поверхностный монтаж при конструировании и производстве электронной аппаратуры / А. А. Грачев, А.А. Мельник, Л.И. Панов. – ЦНТЭПИ ОНЮА. –2003. – 427 с.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. –М.: Техносфера. – 2005. – 1072 с.
3. Антошук, С.Г. Обработка изображений в области гиперболического вейвлет-преобразования / С.Г. Антошук, В.Н. Крылов // Межвузовский журнал Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. — Херсон, 2003. — №2. — с.7-10.
4. Крылов, В.Н. Позиционирование изображений фотошаблонов в системах автоматизированного оптического контроля / В.Н. Крылов, Г.Ю. Щербакова, Ю.Ю. Козина // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – Одесса, 2007. № 3(69). – С. 61 – 64.
5. Крылов, В.Н. Поиск характерных фрагментов при распознавании объектов с помощью моделей зрительного анализатора/ В.Н. Крылов, С.Г. Антошук // Электроника и связь. – Киев, 2001. –№ 10. – С.73 – 75.
6. Клих, Ю.А. Адаптивные базисные функции вейвлетного преобразования / Ю.А. Клих, С.Г. Антошук, А.А. Николенко // Труды Одес. политехн. ун-та. – Одесса, 2004. – Вып. 2(22). – С.121 — 125.
7. Крылов, В.Н. Контурная сегментация изображений в пространстве гиперболического вейвлет-преобразования с использованием математической морфологии / В.Н. Крылов, М.В. Полякова, Н.П. Волкова // Информационно-измерительные системы. – 2006 . – №2(18) . – С. 35–40.
8. Блэк, Р. Ключевые процессы тестирования. Планирование, подготовка, проведение, совершенствование /Р Блэк. – Москва: Лори. – 2006. — 125 с.

### РОЗРОБКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ НА ОСНОВІ АВТОМАТИЧНОГО СКРИПТА

Ю.Ю. Козіна

Одеський національний політехнічний університет,  
просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail: yuliyakc@mail.ru

Робота присвячена розробці методики контролю якості друкованих плат на основі автоматичного скрипта. Актуальність досліджень підтверджується необхідністю створення систем контролю, які буде доцільно використовувати в умовах дрібносерійного виробництва виробів, а також розробки автоматичних скриптів в цілях скорочення витрат часу для контролю. Запропонована система має високі показники завадостійкості, а методика контролю їх якості прискорює процес перевірки.

**Ключові слова:** друкована плата, реперні знаки, програмна система, автоматичний скрипт.

### DEVELOPING THE METHODOLOGY FOR PRINTED CIRCUIT CARD QUALITY CONTROL BASED ON AUTOMATIC SCRIPT

Yu. Yu. Kozina

Odessa National Polytechnic University,  
1 Shevchenko Ave., Odessa, 65044, Ukraine; e-mail: yuliyakc@mail.ru

The paper is related to the development of the methodology for quality control of printed circuit cards based on automatic script. The development of both quality control systems appropriate for small-batch production and automatic scripts providing for reduction of time required for quality control is a burning issue. The quality control system and methodology proposed offer robust and less time-consuming quality control process, respectively.

**Keywords:** printed circuit card, reference signs, software system, automatic script.