

## ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ВЕЕРНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧЕК КОНТУРОВ РЕПЕРНЫХ ЗНАКОВ НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ

*В результате получения контурного аппарата при обработке изображений печатных плат, полученный массив включает достаточно большого количества точек. Для последующего анализа данное количество точек является избыточным. Таким образом, для последующей обработки необходимо провести минимизацию данных – выделить из массива характерные точки, как наиболее информативные. Выделение характерных точек приводит к уменьшению объема обрабатываемой информации. Как один из методов при выделении характерных точек выбран анализ функции кривизны контура. Для нахождения координат характерных точек использовался веерный интерполятор первого порядка. В результате применения алгоритма веерной интерполяции для выделения характерных точек контуров реперных знаков на печатных платах достигнуто уменьшение массива точек, которые описывают контур, без потерь информативности для последующего его анализа.*

*Ключевые слова: реперные знаки, характерные точки, печатная плата.*

**Вступление.** При технической диагностике изделий микроэлектроники, например печатных плат, используют метод контроля, который базируется на позиционировании изображений контролируемой платы относительно эталона [1, 2]. Позиционирование осуществляется по реперным знакам – объектам заданной формы, наносимым на ее поверхность. Для решения данной задачи необходимо реализовать все этапы обработки изображений, поступающих для контроля. Одной из операций такой обработки является прослеживание контуров реперных знаков.

**Постановка задачи.** В результате прослеживания контура реперных знаков получаем массив из достаточно большого количества точек. Для последующего анализа данное количество точек является избыточным. Таким образом, для последующей обработки необходимо провести минимизацию данных – выделить из массива характерные точки (ХТ), как наиболее информативные. Выделение ХТ приводит к уменьшению объема обрабатываемой информации.

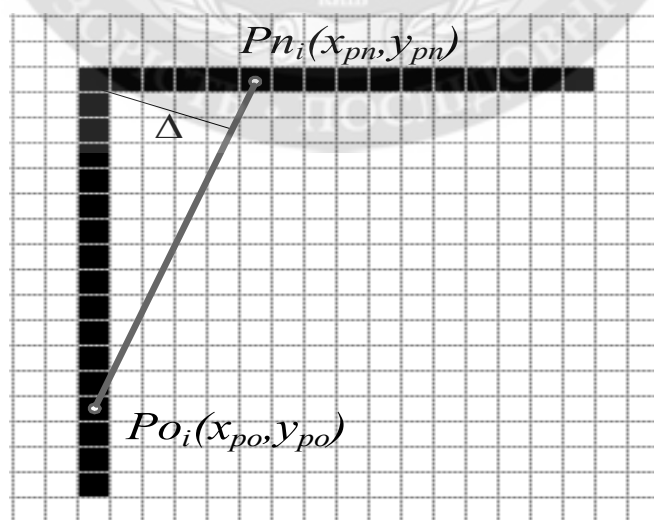


Рис. 1. Выявление прямолинейности участка контура с помощью интерполяционного отрезка

Одним из методов при выделении ХТ является анализ функции кривизны контура. Для нахождения координат ХТ используется верный интерполятор первого порядка [3]. С его помощью производят подбор наиболее длинного прямолинейного участка между двумя точками контура  $P_{0i}(x_{p0}, y_{p0})$  и  $P_{ni}(x_{pn}, y_{pn})$ . При этом расстояние от промежуточных точек участка контура до интерполяционного отрезка не должно превышать заданного порога  $\Delta$  (рис. 1).

**Решение задачи.** При дискретном описании контурных точек функция кривизны для участка  $i$  контура определяется следующим образом:

$$O_i = \arctg \left[ \frac{y_{pn} - y_{p0}}{x_{pn} - x_{p0}} \right], \quad (1)$$

где:  $x_{p0}, y_{p0}$  – координаты точки начала интерполяционной прямой;

$x_{pn}, y_{pn}$  – координаты точки конца интерполяционной прямой.

Длина  $i$ -того интерполяционного отрезка определяется так:

$$h_i = \left[ (y_{pn} - y_{p0})^2 + (x_{pn} - x_{p0})^2 \right]^{1/2}. \quad (2)$$

Кривизна контура для  $i$ -того участка  $\Delta_i$  контура определяется как максимальное расстояние между точками  $P_j(x_j, y_j) = \overline{P_{0i}, P_{ni}}$  и точками интерполяционной прямой  $D_j(dx_j, dy_j) = \overline{D_{0i}, D_{ni}}$  при том, что  $D_{0i} = P_{0i}$ ,  $D_{ni} = P_{ni}$ :

$$\Delta_i = |x_j - dx_j| + |y_j - dy_j|. \quad (3)$$

Алгоритм верной интерполяции включает следующие шаги:

Шаг 1. Начальная точка прослеженного контура  $(x_0, y_0)$  вводится в буферное устройство.

Шаг 2. Выбирается точка контура  $(x_n, y_n)$ . Вычисляется длина интерполяционного отрезка и определяется его наклон.

Шаг 3. Вычисляются расстояния  $\Delta_i$  между соответствующими точками кривой и интерполяционным отрезком.

Шаг 4. Значения  $\Delta_i$  сравниваются с порогом  $\Delta$ . При этом ХТ  $P_k$  определяется, исходя из условий:

$$\left\{ P_k = P_j(x_j, y_j), P_{0j+1} = P_k \right\}, \text{ если } \Delta_i > \Delta. \quad (4)$$

В буферное устройство вводятся координаты точки  $P_j(x_j, y_j)$  и процесс продолжается с шага 2. Если ни одно из значений  $\Delta_i$  не превышает  $\Delta$ , то длина интерполяционного отрезка увеличивается. Критерием остановки алгоритма является просмотр полного массива прослеженных точек контура и пересечение текущего отрезка прямой с начальной точкой просмотра. На рис. 2 выделены ХТ на замкнутом контуре, исходя из (3).

На рис. 3 приведен фрагмент печатной платы с выделением ХТ контура, координаты которых достаточно точно дают возможность описать его.

Таким образом, достигнуто уменьшение массива точек, которые описывают контур, без потерь информативности для последующего его анализа.

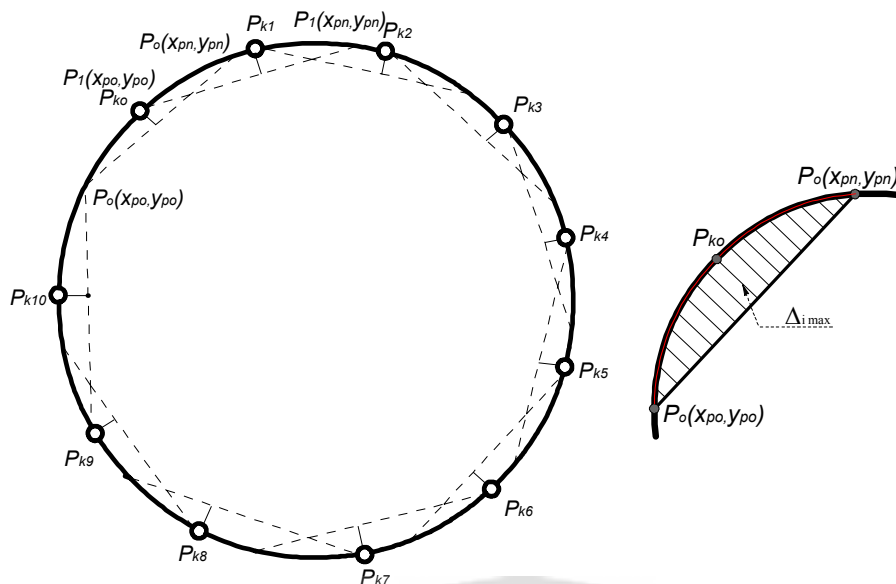


Рис. 2. Выделение ХТ на замкнутом контуре

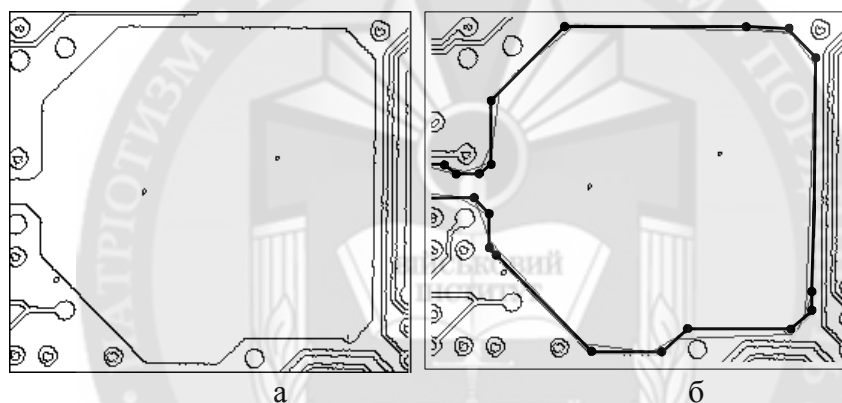


Рис. 3. Выделение ХТ: изображение контура печатной платы (а); результат выделения ХТ (б)

**Выводы.** В целях снижения объема обрабатываемой информации при анализе контуров реперных знаков на изображениях печатных плат, выполнено выделение характерных точек при использовании алгоритма веерного интерполятора первого порядка. Показано, что в результате применения данного алгоритма было достигнуто уменьшение массива точек, которые описывают контур, без потерь информативности для последующего его анализа. Полученные результаты можно рекомендовать для анализа контуров изображений геометрических фигур, для которых существует необходимость повышения быстродействия обработки контуров.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Готра З. Ю. Технология микро-электронных устройств / З.Ю. Готра, Справочник. – М.: Радио и связь. – 1991. – 528 с.
2. 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.
3. Крылов В.Н. Вторичные преобразователи сигналов изображений. / В.Н. Крылов, М.В. Максимов. – Одесса : Астропринт, 1997. – 176 с.

**Рецензент:** д.т.н., проф. Сбігнєв А.І., провідний науковий співробітник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка

## ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ ВІЯЛОВОЇ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ ХАРАКТЕРНИХ ТОЧОК КОНТУРІВ РЕПЕРНИХ ЗНАКІВ НА ДРУКОВАНИХ ПЛАТАХ

*У результаті отримання контурного апарату при обробці зображень друкованих плат, отриманий масив включає достатньо велику кількість точок. Для подальшого аналізу дана кількість точок є надлишковою. Таким чином, для подальшої обробки необхідно провести мінімізацію даних – виділити з масиву характерні точки, як найбільш інформативні. Виділення характерних точок призведе до зменшення об'єму оброблюємої інформації. Як один з методів при виділенні характерних точок обрано аналіз функції кривизни контуру. Для знаходження координат характерних точок використано віяловий інтерполятор першого порядку. В результаті використання алгоритму віялового інтерполятору для виділення характерних точок контурів реперних знаків на друкованих платах, досягнуто зменшення масиву точок, які описують контур, без втрат інформативності для подальшого його аналізу.*

*Ключові слова: реперні знаки, характерні точки, друкована плата.*

Ph.D. Kozina Y.Y.

## APPLICATION ALGORITHMS OF FAN INTERPOLATION FOR ISOLATING THE CHARACTERISTIC POINTS OF THE CONTOUR FIDUCIALS ON PRINTED CIRCUIT BOARDS

*By producing a contour in the image processing apparatus PCBs resulting array comprises a sufficiently large number of points. For further analysis, this number of points is redundant. Thus, for further processing necessary to minimize data - select from an array of characteristic points as the most informative. Selecting of characteristic points reduces the amount of information processed. As one of the methods in the allocation of characteristic points selected contour curvature analysis functions. For finding the coordinates of the characteristic points used harp interpolator of first-order. As a result of applying the algorithm the harp interpolation for selecting of characteristic points contours of fiducials on printed circuit boards achieved a reduction of the array of points that describe contour lossless informative for subsequent analysis.*

*Keywords: fiducial marks, characteristic points, PCB.*