

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОВЕРКИ И КОРРЕКТИРОВКИ ФРАГМЕНТОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Федор Николаевич ПРИТЫКИН

Доктор технических наук, доцент
Омского государственного технического университета

Е.Е. ШМУЛЕНКОВА

Аспирант Омского государственного технического университета

Для создания чертежей печатных плат используют, как правило, несколько программных продуктов, например, системы CADdy EDS, P-CAD, AutoCAD и др. Однако при их использовании остается ряд нерешенных проблем. Одной из данных проблем является устранение наложения обозначений текстов печатных плат и их изображений. В данной работе осуществляется попытка решить данную проблему [1].

Как правило, проектирование радиоэлектронной аппаратуры в конструкторских отделах осуществляется в несколько этапов. Вначале определяется положение радиоэлектронных элементов на двух сторонах печатной платы. При этом используют пакет программ P-CAD, и создают документ, хранящийся в файле с расширением .DXF. Данный файл является универсальным и может открываться в большинстве графических систем. Фрагмент чертежа данного документа полученного в P-CAD представлен на рисунке 1а. Как видно на рисунке изображения радиоэлектронных элементов и их обозначений, располагающихся на различных сторонах печатной платы, накладываются друг на друга.

Для выполнения фрагментов изображения сборочного чертежа печатной платы соответствующего требованиям стандартов на оформление радиоэлектронных схем используют пакет программ САПР AutoCAD. Поэтому на втором этапе по чертежу, представленному на рисунке 1а необходимо получить чертеж с изображением двух сторон печатной платы и вида слева.

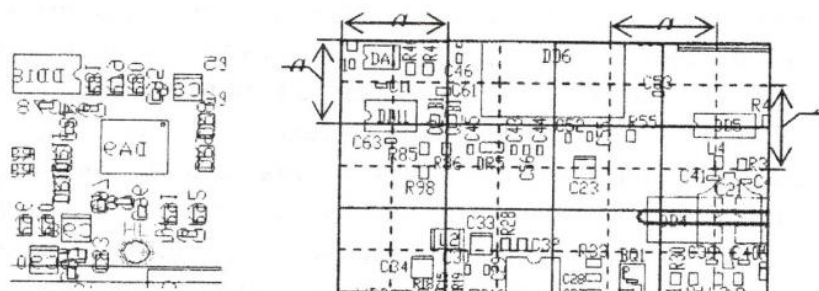


Рисунок 1 – Разбиение печатной платы на зоны:
а - фрагмент чертежа данного документа полученного в P-CAD,
б – схема разбиения чертежа на зоны

Для сокращения времени получения указанного сборочного чертежа разработан автоматизированный способ его выполнения. Вначале с помощью функций доступа к примитивам определяются радиоэлементы документа с расширением .DXF, располагающиеся на обратной стороне печатной платы, которые в дальнейшем отражаются. Группировка элементов обратной стороны печатной платы происходит с помощью функций доступа к примитивам и осуществляется по принадлежности к одному из слоев документа представленного на рисунке 1а. На рисунке 1б в одной из зон видны пересечения изображений элементов печатной платы и текстовых соседних обозначений. Для того чтобы исправить данные ошибки и привести чертеж в соответствии с нормативными документами конструктору приходится вручную перетаскивать тексты обозначений. Как правило, для осуществления указанных корректировок затрачивается

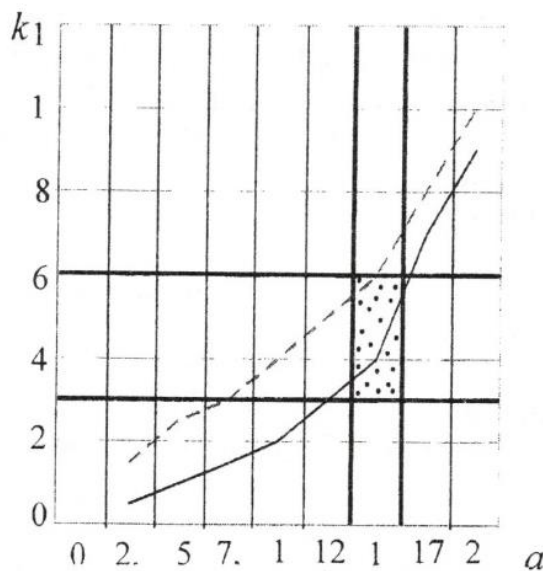


Рисунок 2 – Зависимость количества элементов k от размеров зоны a

много времени. В связи с этим актуальной становится задача, связанная с автоматизированной привязкой и выровнителькой положений текстов относительно изображений элементов печатной платы. Сдвиг текста осуществляется в том случае, если обнаруживается пересечение изображения стандартного элемента печатной платы и изображения текста обозначений других элементов.

Для решения данной проблемы предлагается использовать графический редактор AutoCAD и встроенный язык программирования AutoLISP. Это связано с тем, что в данной системе присутствуют функции доступа к примитивам, а также функции позволяющие сортировку примитивов в зависимости от заданных условий. Также при составлении программ имеется возможность поворачивать и сдвигать геометрические объекты. Данное движение осуществляется с помощью изменения численных значений линейных перемещений [2, 3].

Решение поставленной задачи будем осуществлять в следующей последовательности: вначале необходимо разбить чертеж на зоны (рис. 1б). Размеры зоны на рис. 1б обозначены параметром a , задающим значение стороны квадрата. В зону должно помещаться несколько изображений элементов платы. На (рис. 2) представлен график, отражающий среднее количество элементов печатной платы, располагающихся в зоне в зависимости от значения параметра a .

На графике тонкой сплошной линией показано количество элементов, не пересекающих границы зоны, а штриховой линией соответственно пересекающих. Разбивка на зоны, осуществляется двойная, так как необходимо оценивать окрестность элементов со всех сторон (рис. 1б).

Численные значения параметра a определялись экспериментальным путем. Для этого рассматривался ряд чертежей печатных плат, и осуществлялась их разбивка на зоны. При этом необходимо определить размеры области, где может располагаться один элемент, его обозначение и совокупность соседних элементов которые окружают его. Размеры зоны изменялись от 0 до 20 мм. В ходе исследований выяснилось, что если значение параметра $a \approx 5$ мм, то в зону не всегда помещается элемент печатной платы, его обозначение и соседние элементы (это связано с несоответствием размеров элементов и зоны). Если же размер стороны квадрата зоны

принять, например равным 20 мм и более, то в зону попадает большое количество элементов и их обозначений, что приведет к усложнению процедуры определения нового положения текстовых обозначений. Для определения требуемого значения параметра a построен график, отражающий зависимость среднего количества изображений элементов и их обозначений, принадлежащих окрестности одной зоны в зависимости от ее размеров. Заметим, что количество зон определяется параметром a и размерами чертежа. Значение параметра a уменьшается для чертежей, где элементов большое количество и располагаются они близко относительно друг друга. И соответственно наоборот увеличивается для чертежей, где элементов печатных плат мало и они удалены друг от друга на большом расстоянии. При анализе всего чертежа (фрагмент которого представлен на рис. 1б) наиболее подходящим значением параметра a , в соответствии с графиком, является значение $a \approx 15$ мм т.к. в данную область помещается 3 — 6 соседних элементов. После определения размеров зоны вводим параметр, определяемый переменной a_{ij} , где i — определяет номер горизонтального ряда, j — соответственно номер столбца указанной зоны. Например, значение параметра $a_{ij} = 35$ означает задание зоны в третьем горизонтальном ряду и в пятом столбце. Далее с помощью функций доступа к примитивам определяются элементы, полностью принадлежащие отдельной зоне a_{ij} и данные об этих элементах.

Затем определяют размеры прямоугольников, ограничивающие тексты обозначений, а также элементов схемы, которые принадлежат зоне a_{ij} . При этом текст заменяется прямоугольником l_p (рис. 3в).

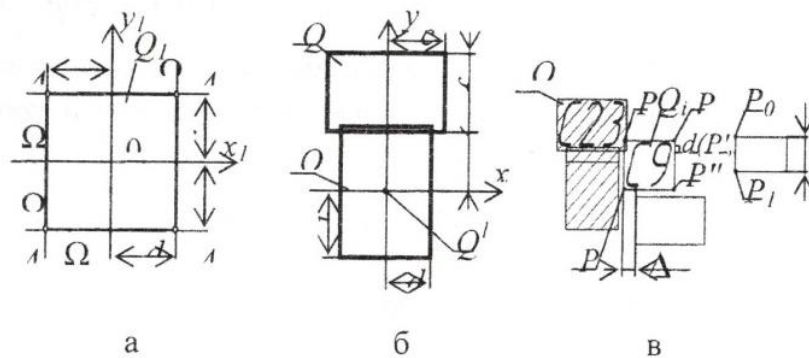


Рисунок 3 – Определение уравнения прямоугольника области Q' , и траектории движения текстов обозначений элементов печатной платы

После определения числа k_{ij} элементов зоны a_{ij} определяются пересечения изображений текстов с изображениями элементов радиосхем. Пересечения текста с изображением элементов схемы определяется в следующей последовательности: определяется принадлежность точек прямоугольника l_p текста обозначений K_a -ого элемента областям Q^1 и $Q^2 \dots, Q^L$ задающих изображения элементов зоны a_{ij} (L – количество элементов принадлежащих зоне a_{ij}). Эти области определим на основе теории множеств [4]. Область Q^1 заштрихованная на (рис. 3в) представляет собой объединение областей Q_1 и Q_2 , $Q^1 = Q_1 \cup Q_2$. Для нахождения границ области Q^1 используем операцию R-дизъюнкции, в качестве которой можно взять следующую зависимость:

$$Y_1 \equiv X_1 \vee_0 X_2 \equiv X_1 + X_2 + \sqrt{X_1^2 + X_2^2}; \quad (1)$$

где X_1 и X_2 – непрерывные переменные R-функции. Для того чтобы определить границу области прямоугольника Q_1 представляющую собой объединение двух полос воспользуемся R-конъюнкцией, которая определяется следующей формулой:

$$Y_2 = X_1 \wedge_0 X_2 \equiv X_1 + X_2 - \sqrt{X_1^2 + X_2^2}. \quad (2)$$

Данная область определяется неравенствами $\omega_1 \geq 0$ и $\omega_2 \geq 0$ соответственно. Так как рассматриваемая область Q_1 является прямоугольной, выведем для нее неравенство. Пусть область Ω_1 есть вертикальная полоса $\omega_1 \equiv d^2 - x_1^2 \geq 0$, а Ω_2 – горизонтальная полоса $\omega_2 \equiv b^2 - y_1^2 \geq 0$ (рис. 3а). Тогда воспользовавшись R-конъюнкцией (2) находим неравенство, которое определяет прямоугольную область $A_1A_2A_3A_4$.

$$(d^2 - x_1^2) \wedge_0 (b^2 - y_1^2) \geq 0. \quad (3)$$

Уравнение прямоугольника получаем в виде:

$$(d^2 - x_1^2) \wedge_0 (b^2 - y_1^2) = 0 \quad (4)$$

или

$$\psi_1 \equiv d^2 + b^2 - x_1^2 - y_1^2 - \sqrt{(d^2 - x_1^2)^2 + (b^2 - y_1^2)^2} = 0 \quad (5)$$

Используя неравенство (1) выведем уравнение области Q^l представляющей объединение областей Q_1 и Q_2 (рис. 3б). Согласно формуле (5) прямоугольник Q_1 может быть задан неравенством:

$$X_1 = d^2 + b^2 - x_1^2 - y_1^2 - \sqrt{(d^2 - x_1^2)^2 + (b^2 - y_1^2)^2} \geq 0 \quad (6)$$

а прямоугольник Q_2 – неравенством:

$$X_2 = c^2 + h^2 - x_1^2 - (y_1 - f)^2 - \sqrt{(c^2 - x_1^2)^2 + (h^2 - (y_1 - f)^2)^2} \geq 0 \quad (7)$$

Следовательно, область $Q^l = Q_1 \cup Q_2$ может быть задана неравенством:

$$\begin{aligned} Y \equiv X_1 \vee_0 X_2 \equiv & \left(d^2 + b^2 - x_1^2 - y_1^2 - \sqrt{(d^2 - x_1^2)^2 + (b^2 - y_1^2)^2} \right) + \\ & + \left(c^2 + h^2 - x_1^2 - (y_1 - f)^2 - \sqrt{(c^2 - x_1^2)^2 + (h^2 - (y_1 - f)^2)^2} \right) + \\ & + \sqrt{\left(d^2 + b^2 - x_1^2 - y_1^2 - \sqrt{(d^2 - x_1^2)^2 + (b^2 - y_1^2)^2} \right)^2 + \\ & + \left(c^2 + h^2 - x_1^2 - (y_1 - f)^2 - \sqrt{(c^2 - x_1^2)^2 + (h^2 - (y_1 - f)^2)^2} \right)^2} \geq 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Если определяется пересечение текста с изображением элементов в какой-либо зоне, то необходимо смещение текста. Для этого находится траектория движения базовой точки P_0 текста (рис. 3в), и смещается текст с шагом 1 мм (Δd). При этом определяется новое положение текста и его пересечение с соседними областями Q^L . Процедура используемая для аналитического процесса поиска пересечения областей Q_{ik} прямоугольников текстов с областями Q^L складывается из этапов определения принадлежности опорных точек P_0, P, P', P'' области Q_{ik} областям Q^L и определения пересечения отрезков P_0P, PP' с границами областей $Q^1, Q^2, \dots, Q^L$.

На следующем этапе, если пересечение прямоугольника задающего текст с изображением областей $Q^1, Q^2, \dots, Q^L$ нет, определяется минимальное удаление текстов до указанных соседних областей. Для этого определяется кратчайшее расстояние по формуле:

$$d(P, L) = \frac{(y_0 - y_1)x + (x_1 - x_0)y + (x_0y_1 - x_1y_0)}{\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}}, \quad (9)$$

где x, y – координаты точки P ; x_0, y_0 ; x_1, y_1 – координаты точек P_0 и P_1 определяющих один из граничных отрезков соответственно контуров областей $Q^1, Q^2, \dots, Q^L$.

На (рис. 4) представлена блок-схема автоматизированной корректировки положения текстов сборочного чертежа печатной платы. На рисунке приняты следующие обозначения: 1 – определение изображений радиоэлектронных элементов принадлежащих зоне a_{ij} ; 2 – задание начального значения L , $L = 0$; 3 – существует ли пересечение l_{ik} – ого текста элемента радиосхемы с соседней L -ой областью Q^L ; 4 – смещение текста на величину Δd , $d = d + \Delta d$; 5 – проверка условия $d_{min} \leq \Delta d \leq d_{max}$; 6 – изменение значения параметра L , $L = L + 1$; 7 – проверка условия $L > L_{max}$; 8 – минимальное удаление текстов до указанных соседних областей допустимо; 9 – изменение номера текстового обозначения $l_{ik} = l_{ik} + 1$; 10 – проверка условия $l_{ik} \leq l_{ikmax}$; 11 – изменение номера зоны $i_k = i_k + 1$; 12 – проверка условия $i_k \leq i_{kmax}$; 13 – новое положение l_{ik} – ого текста не найдено; 14 – конец.

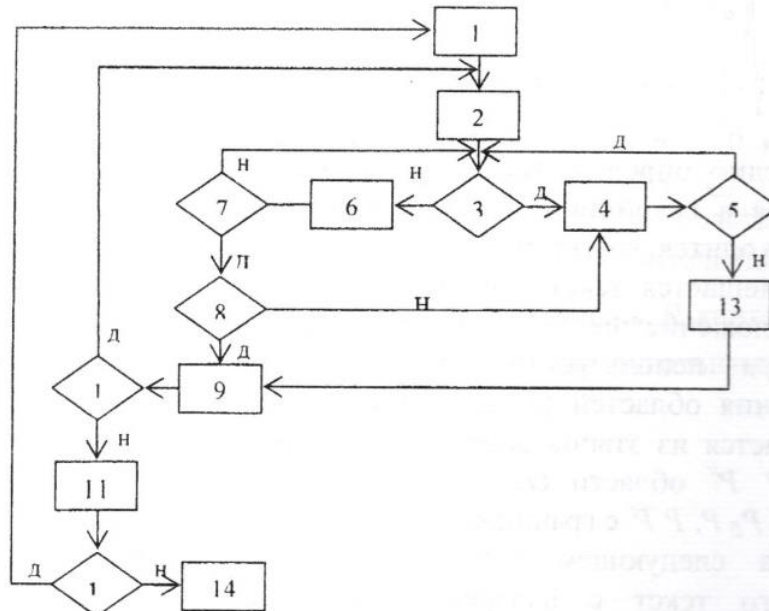


Рисунок 4 – Блок-схема автоматизированного способа корректировки положения текстовых обозначений элементов печатной платы, при получении изображений сборочного чертежа

Таким образом, разработанный метод получения сборочных чертежей различной радиоэлектронной аппаратуры на основе использования исходных документов, полученных в графической системе P-CAD, позволяет проводить автоматическую корректировку положений обозначений радиоэлектронных элементов, что позволяет уменьшить временные затраты связанные с этим на 10-20%. Это достигается за счет разработанных алгоритмов и программ, реализованных на языке программирования AutoLISP в среде ACAD.

Список использованной литературы:

1. Бурмакин А. А. Проектирование и производство печатных плат — проблемы и решения [Электронный ресурс] А. А. Бурмакин, Г. В. Мылов, С. Б. Кузнецов //САПР и графика. – 2000. – № 3.: [Режим доступа]: <http://www.sapr.ru/> (дата обращения: 18.03.2010).
2. Шмуленкова Е.Е. Использование функций-подпрограмм, позволяющих кодированное описание процедур автоматизированного распознавания решения задач в курсе «Начертательная геометрия» [Текст]. Е.Е. Шмуленкова //Россия молодая: передовые технологии – в промышленность: материалы Всероссийской научно-технической конференции. – Омск, 2008. — С. 146 – 150. – Библиогр.: 150 с.
3. Притыкин Ф.Н. Параметрические изображения объектов проектирования на основе использования языка АВТОЛИСП в среде АВТОКАД: учеб.пособие. – Омск: ОмГТУ, 2008. – 112 с.; 20 см. – Библиогр.: с. 110. – 100 экз. – ISBN 978-5-8149-0527-7
4. Рвачев В.Л. Методы алгебры логики в математической физике. – Киев: 1974. – 257 с.

ГРАФИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МЫШЛЕНИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ

Темиржан Кулмухамбетович МУСАЛИМОВ

Доктор педагогических наук, профессор
Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева

В настоящее время в качестве важнейшей стратегической задачи развития высшей школы рассматривается формирование новой