

- ◆ реализация и отладка высокопроизводительных систем цифровой обработки сигналов в Simulink с использованием оптимизированных Xilinx блоков, реализующих, например, такие функции, как БПФ, КИХ-фильтр, декодер Виттерби, кодер/декодер Рида-Соломона, FIFO, ОЗУ, ПЗУ и т.д.;
- ◆ создание сопроцессорного блока цифровой обработки сигнала для микропроцессора MicroBlaze 32-bit RISC.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Норенков И.П.* Основы автоматизированного проектирования. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002.
2. *Латышев П.Н.* Каталог САПР. – М.: САЛОН-ПРЕСС, 2006.
3. <http://www.megratec.ru>; <http://www.mentor.com>
4. <http://www.xilinx.com>; <http://www.plis.ru>
5. <http://www.eltm.ru>; <http://www.aldec.com>
6. <http://www.eltm.ru>; <http://www.altium.com>

УДК 621.03

В.А. Литвиненко, С.А. Ховансков, О.В. Рябов, В.А. Платонов

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ  
УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ САПР НА БАЗЕ САПР KICAD\*

**Введение.** Эффективная подготовка специалистов в области автоматизированного конструирования ЭВА требует использования в учебном процессе учебно-исследовательских САПР на базе промышленных САПР с открытыми программным, математическим и другими видами обеспечений, так называемых, открытых САПР. Открытость программного обеспечения – это, прежде всего, открытость исходных текстов, форматов входных и выходных данных проектных процедур. Работа с открытой САПР позволяет познакомиться со структурой программного обеспечения, исходным кодом программных модулей, организацией взаимодействия программных модулей различных проектных процедур, структурой и организацией файлов и т.д. Кроме того, использование форматов входных и выходных данных отдельных проектных процедур открытых промышленных САПР позволяет исследовать в учебных и научных целях различные методы и алгоритмы проектных процедур и операций и при этом использовать все возможности открытой промышленной САПР – от использования редактора схем, до объемного моделирования печатной платы. Таким требованиям отвечает промышленная САПР KiCad [1, 2].

**САПР KiCad.** Knowledge Infrastructure for Collaborative Product Development (KiCad) – это кросс-платформенный, распространяемый по лицензии GPL программный комплекс класса EDA с открытыми исходными текстами, предназначенный для разработки электрических схем, печатных плат, гибридных интегральных схем, микросборок и других подобных конструктивов. Распространение САПР KiCad по лицензии GPL позволяет свободно ее модифицировать, распространять и использовать. При этом KiCad поддерживаются операционные системы Linux,

\* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (гранты № 06-01-00272), РНП 2.1.2.3193, РНП 2.1.2.2238, г/б № Т.12.8.08.

Windows, FreeBSD и Solaris. Для многих библиотечных компонентов разработаны 3D модели, созданные в Wings3D.

KiCad включает в себя средства, позволяющие создавать описания радио-электронных компонентов (РЭК), электрических принципиальных схем, задавать форму печатной платы, расставлять РЭК на плате как вручную, так и автоматически, а также производить трассировку печатной платы. Результаты могут быть выданы на принтер, плоттер, фотошаблон.

По своей структуре KiCad напоминает САПР P-CAD [3] – известную программную систему аналогичного назначения: это набор из четырех автономных программных модулей, каждый из которых решает отдельную задачу проектирования. Общая структура САПР KiCad показана на рис. 1.

Модуль Eeschema предназначен для создания электронной схемы; pcbnew – для создания чертежа печатной платы; gerbview – для просмотра документов, выводимых на фотоплоттер; Cvpcb – для выбора из библиотеки стандартных компонентов, применяемых при разработке электронных схем.

К модулям можно обращаться как независимо друг от друга, так и из центрального модуля KiCad, играющего роль менеджера проекта.

Модуль Eeschema создает простые и многоуровневые схемы, проверяет их корректность с помощью функции Electrical Rules Check (ERC) и составляет список соединений (netlist), который можно использовать как в модуле KiCad pcbnew, так и в известной программе расчета электронных схем P-Spice. Модуль Eeschema обеспечивает быстрый прямой доступ к документации электронных компонентов, хранящихся в библиотеке. Редактор этих компонентов тоже вызывается из этого модуля. Библиотека, поставляемая в комплекте с KiCad, насчитывает около 30 готовых компонентов с описаниями. Кроме того, к этой программной системе прилагается 7 демонстрационных электронных схем и чертежей печатных плат.

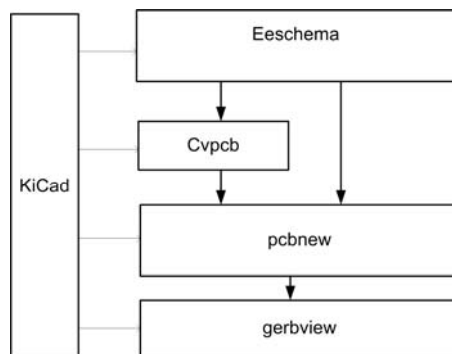


Рис. 1. Структура САПР KiCad

Редактор печатных плат pcbnew позволяет создавать чертежи многослойных (до 16 проводящих и 12 технических слоев) плат. Под техническими слоями подразумеваются такие, как слой маркировки, слой защиты и др. Затем pcbnew создает файлы, необходимые для построения печатной платы (GERBER-файлы для фотоплоттера и файлы размещения компонентов). Для вывода слоев печатного монтажа можно использовать лазерные принтеры PostScript. Модуль pcbnew позволяет также просматривать объемную модель готовой платы вместе с установленными на нее электронными компонентами. Для создания трехмерной модели используется язык OpenGL.

К модулям Eeschema и pcbnew прилагается менеджер библиотек, редакторы компонентов и проекций. Элементы библиотеки снабжаются сопроводительной документацией (поставляемые в комплекте с KiCad в формате PDF), а также ключевыми словами для облегчения их поиска в базе данных.

**Файлы описания данных САПР KiCad.** KiCad использует в своей работе три типа файлов:

- 1) файлы описания схем с расширением \*.sch (Eeschema);
- 2) файлы библиотек с расширением \*.lib (Eeschema);
- 3) файлы описания печатных плат \*.brd (pcbnew).

При разработке модуля размещения УИ САПР интерес, прежде всего, представляют файлы описания печатных плат с расширением \*.brd, который содержит всю необходимую информацию не только о элементах, размещенных на печатной плате, но также описание выводов каждого элемента с указанием электрических цепей, к которым подсоединяются данные выводы. Структура формата данных файла описания печатных плат с расширением \*.brd показана на рис. 2.

Первая строка этого файла содержит информацию о создавшей файл программе и дату создания, например:

PCBNEW-BOARD Version 0 date 5/1/2005-14:45:23.

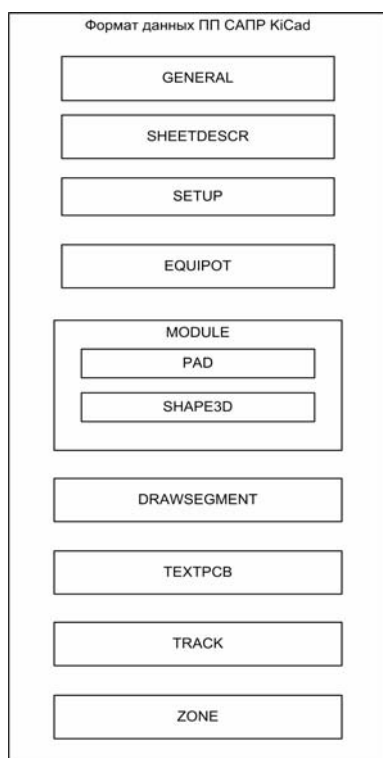


Рис. 2. Формат данных файла \*.brd

DRAWSEGMENT – содержит графическую информации на схеме;  
 TEXTPCB – содержит текстовую информации, расположенную на схеме;  
 TRACK – содержит дорожки платы с указанием слоя и толщины;

Далее следуют описания следующих блоков:

**GENERAL** – содержит основную информацию о плате: число слоев, число цепей, размеры платы, число элементов и т.д.;

**SHEETDESCR** – содержит информацию о листе (формат и размеры), название, дату создания схемы и т.д.;

**SETUP** – содержит различную конфигурационную информацию: тип единиц измерения, размер сетки, и настройки по умолчанию: ширина дорожки, диаметр межслойного перехода, размер отверстия под ножку элемента, размер шрифта и п.р.;

**EQUIPOT** – содержит список цепей (net-list);

**MODULE** – содержит информацию об элементе, такую как: координаты элемента, контуры элемента, название элемента, а также содержит секции PAD и SHAPE3D;

**PAD** – содержит информацию о ножке элемента, такую как: принадлежность цепи (цепи перечисляются в EQUIPOT), форма и размеры площадки, координаты относительно модуля и т.д.;

**SHAPE3D** – содержит информацию необходимую для трехмерного изображения модуля;

ZONE – содержит зоны сплошной металлизации платы с указанием слоя и толщины.

Таким образом, файлы описания печатных плат с расширением \*.brd – обычные текстовые файлы формата ASCII с определенной структурой данных, что позволяет использовать их для разработки программного обеспечения учебно-исследовательской САПР.

**Структура УИ САПР.** Структура УИ САПР на базе САПР KiCad с модулем размещения показана на рис. 3.

Пользователь УИ САПР самостоятельно создает принципиальную электрическую схему непосредственно в оболочке системы KiCad и проводит предварительное размещение с указанием границ печатной платы. После этого пользователь должен сохранить полученные результаты в виде проекта печатной платы. Следующий шаг в работе модуля размещения УИ САПР – это загрузка данных из файла с расширением \*.brd, полученного в ходе предыдущей работы и сохраненного в проекте создаваемой платы. Эти данные необходимо не только загрузить в память программы, но и совместить их со структурой данных, которая будет использоваться в программном обеспечении учебно-исследовательской САПР. Эту функцию выполняет входной конвертер данных.

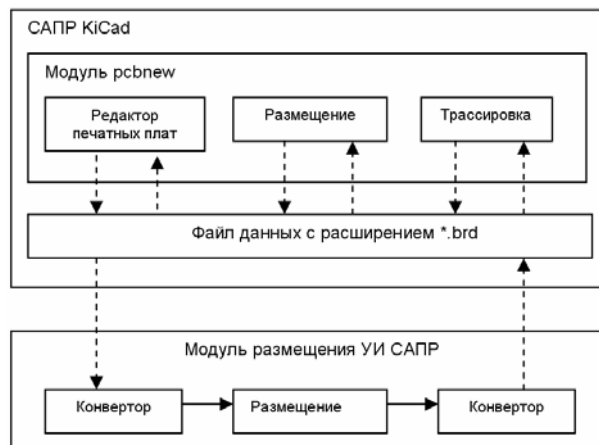


Рис. 3. Структура УИ САПР на базе САПР KiCad

После конвертации данных пользователь может произвести размещение элементов печатной платы одним из алгоритмов, которые имеются в библиотеке. Для этого ему необходимо вызвать функцию, соответствующую выбранному алгоритму размещения. Затем выходной конвертер данных преобразует полученную информацию о размещении элементов и записывает ее в соответствующие структуры файла описания печатной платы с расширением \*.brd.

**Программное обеспечение.** Разработано программное обеспечение (ПО) для модуля размещения УИ САПР с учетом формата данных, получаемых от системы KiCAD, с использованием объектно-ориентированного программирования в среде C++ Builder 6.

Базовым элементом ПО является класс PCB. Данный класс содержит несколько вложенных классов, описывающих основные элементы платы. Внутренняя структура базового класса показана на рис. 4.

В таблице приведено описание классов, которые содержит базовый класс PCB, с указанием переменных, входящих в каждый конкретный класс.

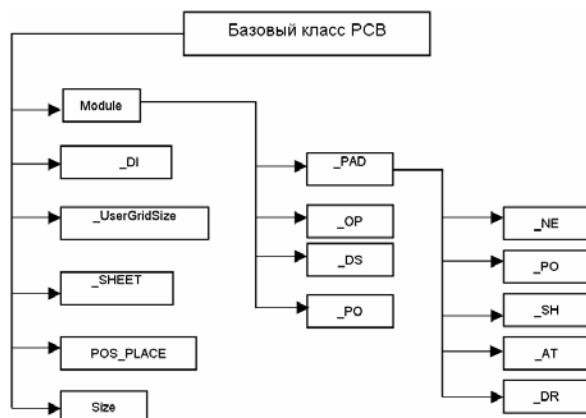


Рис. 4. Структура базового класса PCB

Таблица

Класс	Объявляет
Module	Переменные, содержащие информацию о названии элементов, находящихся на схеме, координаты их положения, графическое представление и т.д.
_PAD	Переменные, содержащие информацию о выводах каждого элемента (модуля): название вывода, форму, диаметр, номер цепи, к которой он подсоединен, положение относительно центра элемента
_AT	Переменные, содержащие атрибуты выводов модуля
_DR	Переменные, содержащие информацию о размере отверстия под ножку вывода
_NE	Номер электрической цепи к которой подключен конкретный вывод
_PO	Координаты положения вывода относительно центра модуля
_SH	Внутреннее имя вывода и его геометрическая форма
_DI	Переменные, содержащие координаты границ печатной платы.
_SHEET	Переменные, содержащие информацию о формате чертежных листов, на которых отображена принципиальная схема платы
Size	Переменные, содержащие информацию о координатной сетке, используемой при создании и размещении схемы.
_UserGridSize	Переменные, содержащие информацию о пользовательских настройках координатной сетки.
_PO	Переменные, содержащие информацию о координатах центра расположения модуля.
POS_PLACE	Переменные, содержащие информацию о посадочных местах, на которые разбита площадь печатной платы и название модуля, который находится в каждом конкретном посадочном месте.
_DS	Переменные, описывающие кривые, которыми отрисовываются элементы на печатной плате.
_OP	Переменные, указывающие угол поворота модуля, используемый при авто-размещении.

Кроме вышеперечисленных классов базовый класс PCB содержит векторные массивы элементов, электрических цепей и посадочных мест.

Роль конвертора при преобразовании данных полученных из САПР KiCAD во внутреннее представление данных УИ САПР служат функция чтения данных «READ» и функция записи в файл «OUT».

Особое внимание следует уделить классу POS\_PLACE, описывающего понятие посадочного места. В структуре данных KiCAD отсутствует разбиение печатной платы на посадочные места. Автоматическое размещение производится непрерывным методом по принципу группировки однотипных элементов на минимально близкое расстояние друг от друга. Однако, в ходе разработки ПО, более удобным и эффективным способом размещения элементов на плате был принят способ деления коммутационного поля (т.е. площади печатной платы) на четко определенные участки (посадочные места). Причем количество посадочных мест должно быть больше или равно количеству элементов на плате. За разбиение печатной платы на посадочные места и формирование списка этих мест с указанием координат центра и отвечают функции класса POS\_PLACE.

Библиотека алгоритмов размещения включает в себя последовательный эвристический алгоритм; вероятностный алгоритм; генетический алгоритм; итерационный алгоритм парных перестановок. Алгоритмы размещения элементов реализованы в виде динамически подключаемых библиотек (DLL). Вопросы расширения и использования библиотеки программных модулей алгоритмов размещения частично рассмотрены в [4, 5].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Kicad>.
2. [http://www.lis.inpg.fr/realise\\_au\\_lis/kicad](http://www.lis.inpg.fr/realise_au_lis/kicad).
3. <http://www.pcad.ru/>.
4. *Литвиненко В.А., Рябов О.В.* Программная среда визуальной разработки программного обеспечения САПР // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006, № 8(63). – С. 127-131.
5. *Литвиненко В.А., Рябов О.В.* Разработка учебно-исследовательской САПР печатных плат на основе САПР KiCAD // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'06) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2006). Научное издание в 3-х томах. – М.: Физматлит, 2006, Т.2. – С. 103-110.

УДК 681.3.06

**В.В. Лисяк, М.В. Лисяк**

#### **МЕТОД ПОИСКА РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЙ МАТРИЦЫ КОМПОЗИЦИИ ИНТЕРАКТИВНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В САПР\***

Многие задачи, решаемые геометрическим процессором САПР, сводятся к следующей формулировке. Даны два объекта, причём известно, что один из объектов получен путём применения к другому объекту композиции аффинных преобразований. Требуется вычислить матрицу преобразования, которая трансформировала один объект в другой [1-4]. Ниже иллюстрируется постановка такой задачи:

---

\* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (грант № 08-01-00473), РНП 2.1.2.3193, РНП 2.1.2.2238, г/б № Т.12.8.08.