

# Виртуально смоделированный процесс разработки электронных устройств. Новые возможности унификации и автоматизации процесса

Достижения современной информатики, большое количество и значительный ассортимент программных продуктов позволяют строить процесс проектирования, в том числе и электронных устройств, на новом, еще недавно недоступном уровне. Обобщая свой опыт разработчиков и известные нам современные достижения, попробуем виртуально смоделировать процесс разработки изделий электронной техники.

Владимир Силкин

sivlan@rambler.ru

**Выбор комплекса необходимых программных продуктов и анализ качества их работы**

Необходимыми ресурсами, задействованными в процессе разработки, являются графический, топологический и текстовый редакторы, а также пакет программ схемотехнического моделирования.

«Сердцем» нашего виртуального процесса выбираем графический редактор, а именно AutoCAD200X фирмы AutoDesk. Как и положено сердцу, редактор работает просто прекрасно, спасибо его создателям. Более того, дружеское и квалифицированное присутствие его создателей ощущается на протяжении всего процесса. Действительно, трудно найти такой режим работы конструктора, который не предусмотрели бы специалисты AutoDesk. Интерфейсное окно одного из замеча-

тельных продуктов AutoDesk — AutoDesk Mechanical Desktop 2004 с примером трехмерного отображения сборочного чертежа платы, приведено на рис. 1.

«Руками» нашего создания будут топологический и текстовый редакторы.

«Правой рукой» назначаем топологический редактор, а конкретно — PCAD200X. Что можно сказать о качестве его работы? Основное и несомненное достоинство — функция автотрассировки (особенно при наличии программы SPECSTRA). Действительно, получение готовой топологии платы на основе принципиальной электрической схемы и грамотно составленного задания является важным шагом в автоматизации и, соответственно, в облегчении работы тополога, тем более в таком рутинном сегменте разработки. Интерфейсное окно с примером топологии печатной платы показано на рис. 2.

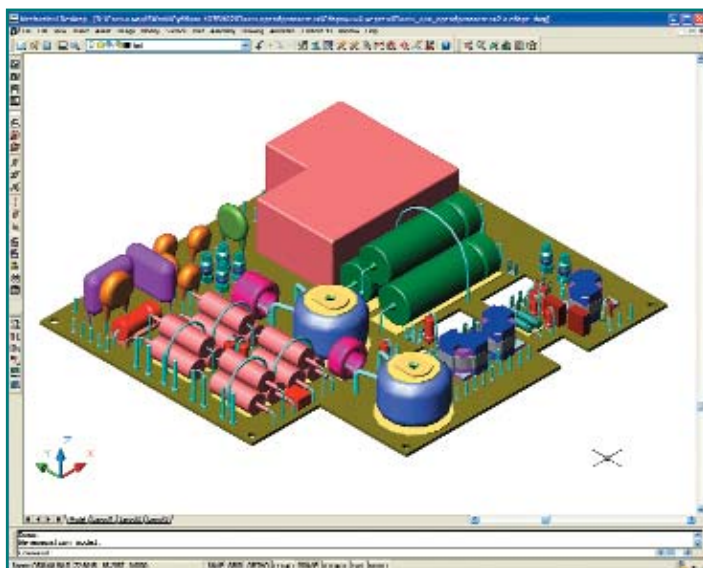


Рис. 1. Интерфейсное окно AutoDesk Mechanical Desktop 2004 с примером трехмерного отображения сборочного чертежа платы

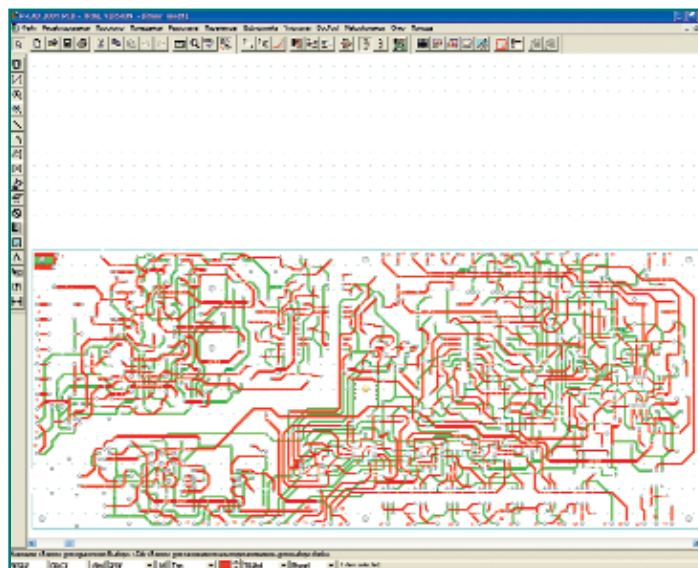


Рис. 2. Интерфейсное окно PCAD200X PCB с примером топологии печатной платы

Иерархия	Тип	Код	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
				Документация		
А3			ПРЛН.....	Сборочный чертёж	1	ГМД
А4			ПРЕН.....	Удостоверяющий лист		Разм. по осей. уст.
				Детали		
А4	1		ПРЕН	Шкала	?	
А4	3		ПРЛН.....	Исполнитель	2	
А3	5		ПРВЛ.....	План выкатки	1	ГМД
				Стандартные изделия		

Рис. 3. Пример оформления КД в редакторе Microsoft Word

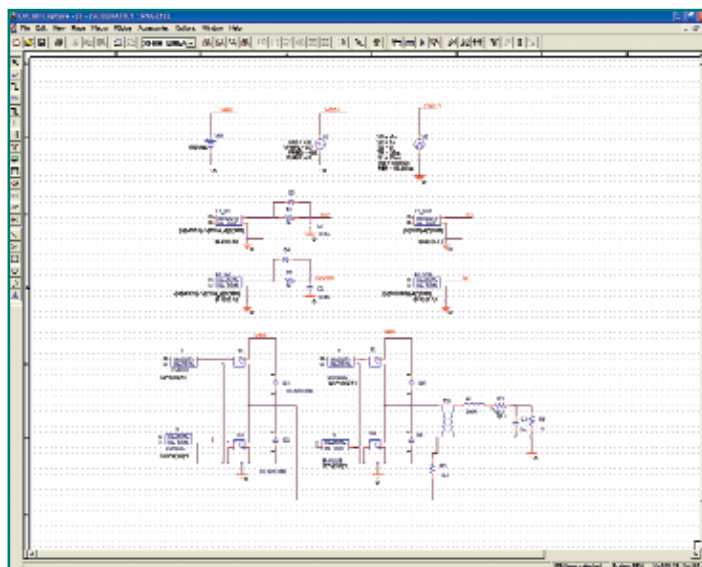


Рис. 4. Подготовленная для моделирования в среде Capture OrCAD схема мостового инвертора

«Левой рукой» у нас будет текстовый редактор. Несомненным лидером в этой номинации является Microsoft Word, его и возьмем в помощники. Пример оформления КД в Microsoft Word представлен на рис. 3.

Ну а «головой», конечно же, станет пакет программ схемотехнического моделирования.

Безусловно, преимуществом семейства OrCAD является программа схемотехнического и функционального моделирования Capture OrCAD. Интерфейсные окна Capture OrCAD и Probe OrCAD с примерами приведены на рис. 4 и 5.

Итак, мы выбрали необходимые составные части для построения намеченной системы. Конкретные программные продукты выбраны условно ввиду их качества и широкого распространения. Далее рассмотрим возможные структуру построения, алгоритм работы, выполняемые функции и примеры реализации представленных функций.

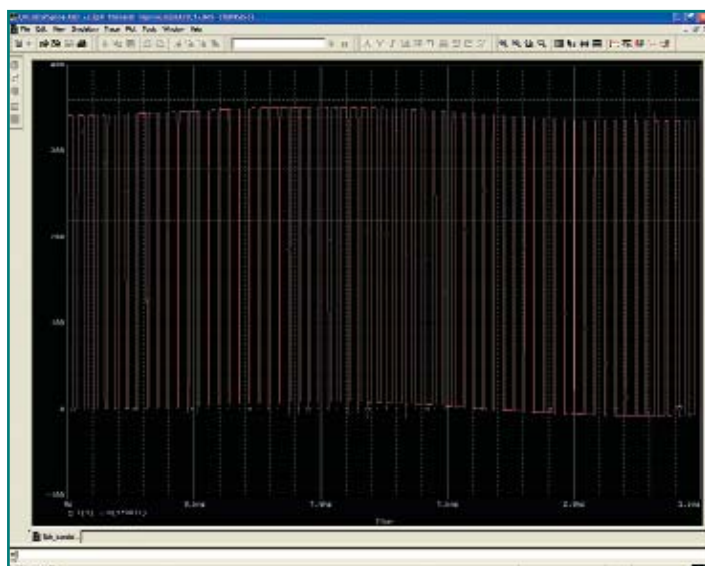


Рис. 5. Пример результатов моделирования, выведенный в среде OrCAD Probe

### Возможный вариант структуры построения системы и примеры выполнения предлагаемых функций

Теперь последовательно рассмотрим вопрос: «А что же, в конце концов, мы хотим получить?»

Поставлена задача виртуально смоделировать процесс разработки изделий электронной техники для сквозного проектирования — от этапа моделирования до выпуска конструкторской и, при возможности, технологической документации.

Разделим задачу на ряд функциональных заданий:

1. Предлагаемый виртуальный процесс должен включать функционально законченный пакет программ.
2. Он должен обеспечивать совместную работу всех входящих в него редакторов и пакетов.
3. Виртуальная система осуществляет трансляцию рабочих файлов внутри пакета.

4. В процессе разработки производится сквозная идентификация разработок.

5. В состав системы должен входить комплекс подпрограмм, обеспечивающий целый ряд дополнительных функциональных возможностей, недоступных вне системы.

На основе данных функциональных заданий разработан вариант структурной схемы процесса, приведенный на рис. 6.

Пункты 2, 3 и 4 нашего перечня обеспечиваются технологическими операциями программного своиства. Что же касается пункта 5, уделим ему большую часть нашего внимания, он этого вполне заслуживает.

Начиная последовательное рассмотрение, прежде всего отметим связь между двумя редакторами — графическим редактором AutoCAD200X и текстовым редактором Microsoft Word. Результат их основного функционального взаимодействия в виде выпускаемой конструкторской документации представлен на рис. 3. Нас же интересуют новые функциональные возможности, которые

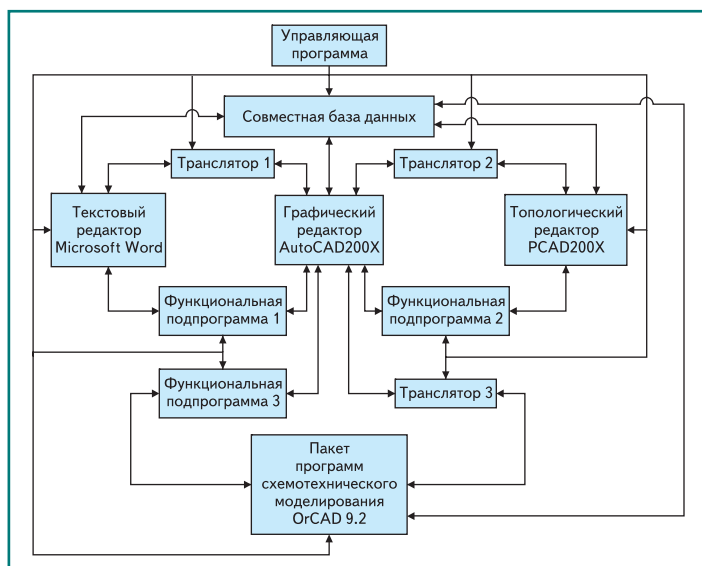


Рис. 6. Структурная схема функциональных связей между программами, составляющими систему автоматизированной разработки

СОПРОВОДИТЕЛЬНЫЙ ЛИСТ № \* \* \* 19

Изделие \_\_\_\_\_

Номер партии полупроводниковых пластин 9КЭ02,0/КДБ10 \_\_\_\_\_

Предельный срок предъявления партии \_\_\_\_\_

Номер комплекта фотомасштабов \_351-ТВ455изам1 \_\_\_\_\_

Номер маршрута \_\_\_\_\_

Процент забракованных электрических испытаний \_\_\_\_\_

№ операции	Наименование операции	Дата проведения операции	Время операции	Кол-во пластин шт.	Брак	Спутник	Результат контроля	Подпись исполн.	Отг-л или штамп	Доп.   MOB   от 0   ф/л   час   сут.	Проведение дополнительных обработок	
												нач.
1	Формирование партии					o o o o						
2	Химическая обработка					o o o o						
3	Окисление I 0,7мкм					o	Ток=					
4	О фотокопия											
5	Травл. снятие ф/р						Итр= пл.					
6	Химическая обработка					o						
7	Отжиг					o						
8	Нанесение композиции					o						
	Диффузия Бора П rs=120м/ xj=9мкм					o	rs= xj=					
9	Травл. окисл., сушка											
10	Проверка ВАХ I UC80 В						Ииз=					
11	Химическая обработка					o						
12	Окисление П 0,7мкм					o	Ток=					
13	I фотокопия						I= пл.					
14	Травл. снятие ф/р						Итр=					
15	Химическая обработка					o o o						
16	Окисление 0,1					o o	Ток=					
17	Легирование В1					o o						
18	Химическая обработка					o o						
19	Химическая обработка					o o o						
20	ФОВ rs=220±20 Ом/м xj=1,8±0,2мкм					o o o	Ток= rs= xj=					

Рис. 7. Пример сопроводительного листа, как образца технологической документации

можно реализовать в общем комплексе программ.

Для того чтобы понять новые общие возможности, рассмотрим предоставляемые частные. Итак, у графического редактора AutoCAD200X

есть очень полезное новшество — это трехмерное отображение. Отнюдь не новым, но весьма полезным приобретением офисного пакета Microsoft являются электронные таблицы Excel. Совместив возможности обоих

продуктов, можно реализовать новые функции, весьма необходимые в отображении технологических процессов микроэлектроники. То есть, представив объемные данные в трех направлениях посредством вычисления интересующей линейной переменной с отображением информации в каждом из интересующих направлений, получим информацию о трехмерном технологическом процессе и преобразуем ее в стандартный вид технологической документации. Пример существующей разновидности технологической документации, характеризующийся ручным заполнением данной опции, представлен на рис. 7.

Далее рассмотрим взаимодействие графического редактора AutoCAD200X и топологического редактора PCAD200X. Пример образца конструкторской документации, созданный при совместном участии обоих редакторов показан на рис. 8.

Однако общие возможности данных программных продуктов неизмеримо выше. Сошлемся в частности на [1]. В этой статье рассмотрено взаимное использование редакторов и возможность построения на их базе программного элемента, осуществляющего заключительный этап проектирования — электромагнитную оптимизацию.

Еще одна продуктивная опция, реализуемая в составе нашего комплекса графическим редактором AutoCAD200X, — возможность виртуальной компоновки электронных устройств, описанная в [3].

Функцию автотрассировки в топологическом редакторе PCAD200X очень заманчиво применить в процессе разводки топологии в микроэлектронике. Действительно, количество задействованных слоев и топологические нормы удовлетворяют поставленным задачам. Комплекс заданий на разводку обеспечивает предъявляемые требования. Необходимо обеспечить только трансляцию файлов между топологическим редактором микроэлектроники

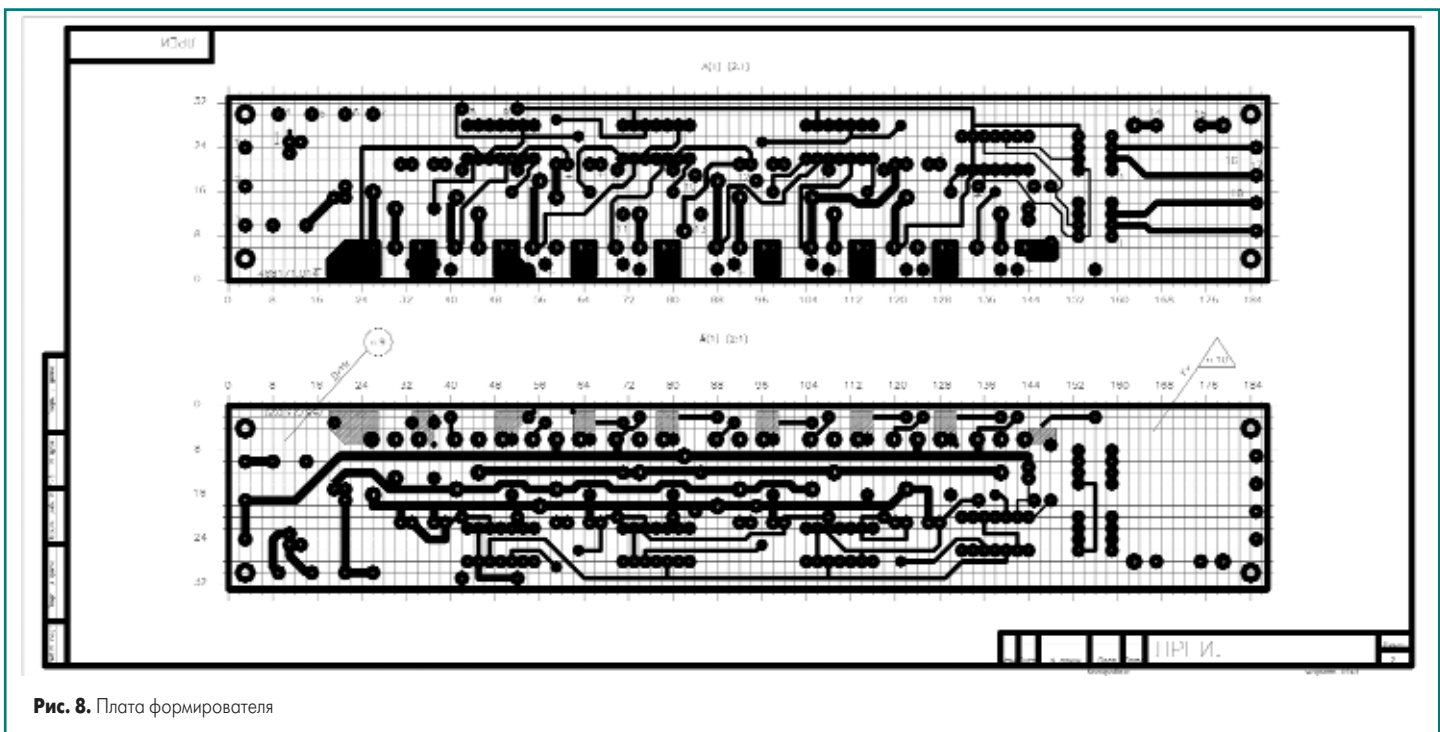


Рис. 8. Плата формирователя



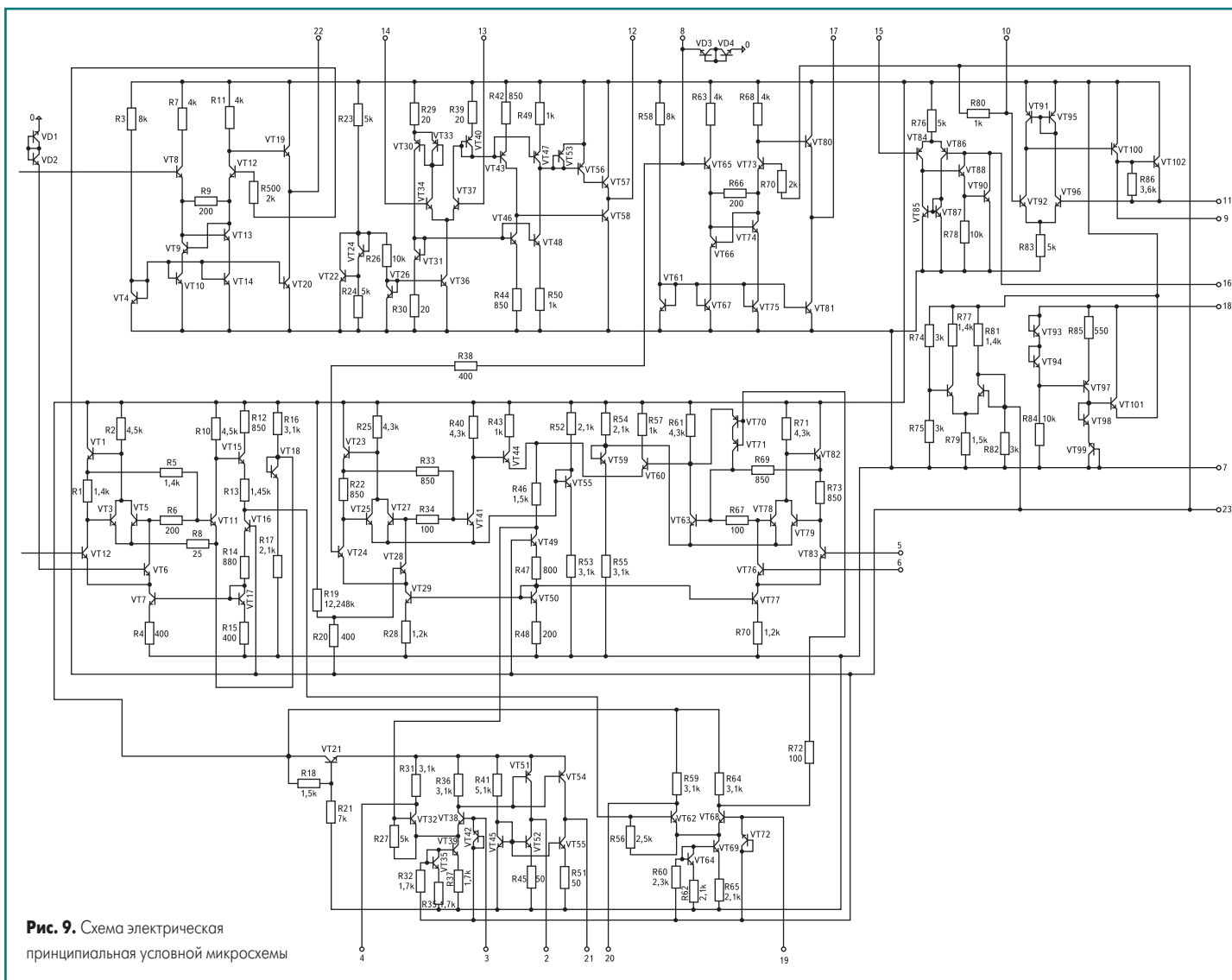


Рис. 9. Схема электрическая принципиальная условной микросхемы

и редактором автотрассировщика. Рассмотрим предоставляемые возможности на примере разводки коммутирующего слоя базового матричного кристалла (БМК).

Допустим, нам необходимо создать микросхему на основе БМК, принципиальную электрическую схему которой иллюстрирует рис. 9.

Дальнейшие наши действия по разводке облегчаются самой структурой БМК. Дело в том, что БМК представляет собой заготовку микросхемы со сформированными активными и пассивными элементами. Местонахождение контактных окон (электродов) строго фиксировано, а расположение наборов отдельных элементов регулярно (в виде матрицы) повторяется, что значительно облегчает составление задания и сам процесс разводки. Запустив процесс автотрассировки под оболочкой PCB PCAD200X, мы получаем файл разводки с расширением *.pcb*. Для получения конструкторской документации необходимо оттранслировать его в AutoCAD, а для получения технологического инструмента (фотошаблона) — в топологический редактор микроэлектроники. Отображение полученной топологии под оболочкой AutoCAD представлено на рис. 10.

Вышесказанное относится к классу полупроводниковых микросхем, для заказных микросхем

процесс автоматического проектирования значительно усложняется. Действительно, в отсутствие сформированных и конкретно размещенных элементов задача проектирования микросхем многократно усложняется. Одна-

ко достижения информатики позволяют формализовать задание на проектирование, а следовательно, автоматизировать и этот процесс. Впрочем, данный вопрос чрезвычайно объемный и заслуживает отдельной статьи.

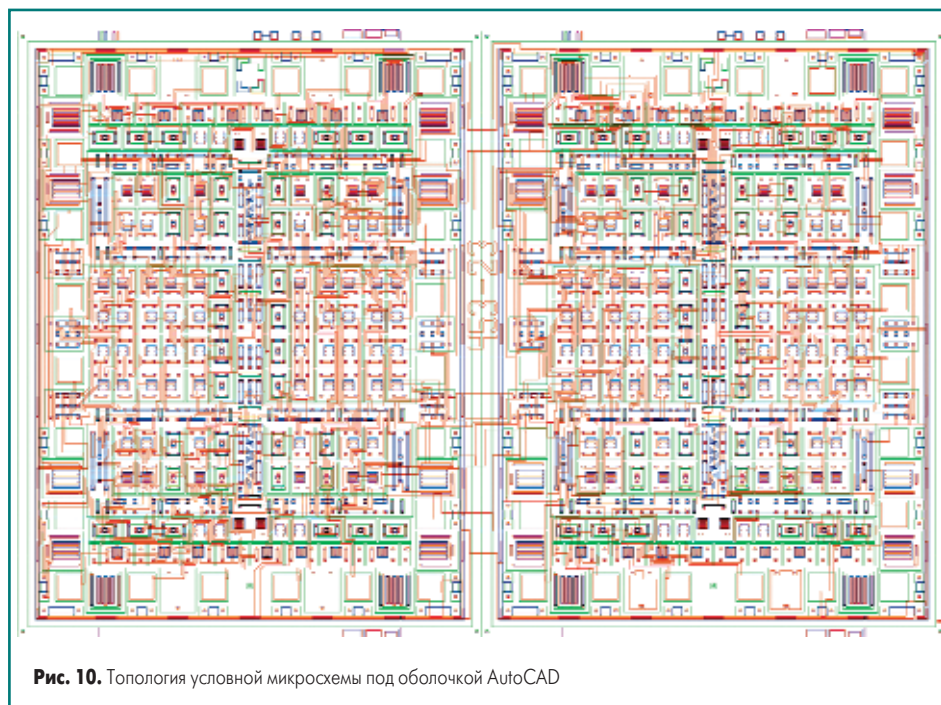


Рис. 10. Топология условной микросхемы под оболочкой AutoCAD

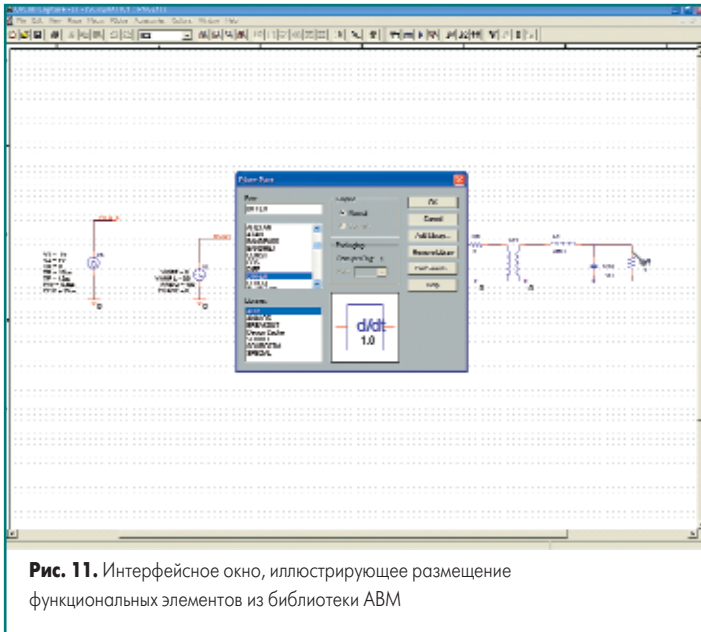


Рис. 11. Интерфейсное окно, иллюстрирующее размещение функциональных элементов из библиотеки ABM

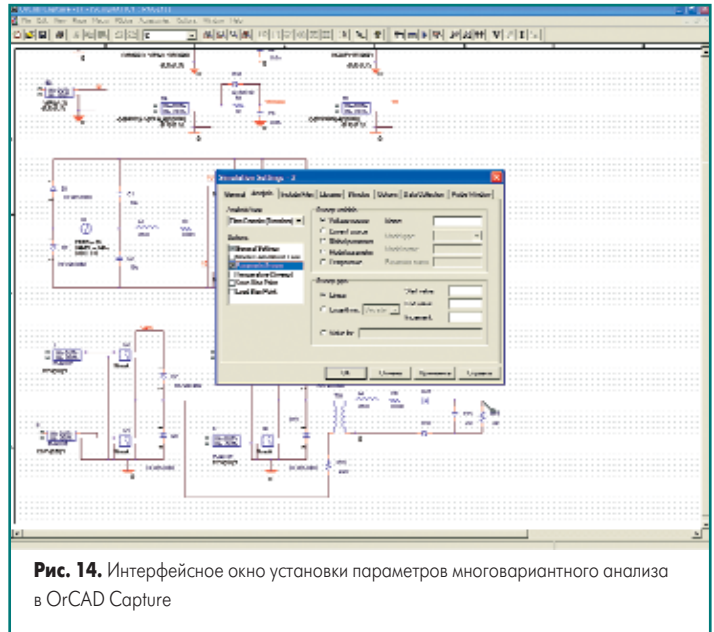


Рис. 14. Интерфейсное окно установки параметров многовариантного анализа в OrCAD Capture

**Алгоритмы работы, выбранные исходя из поставленных целей**

Описанные выше функциональные возможности отсутствуют в каждой из составных частей нашей системы, впрочем, они предусмотрены в пакетах программ некоторых машинных станций и платформ типа UNIX, Hewlett-Packard и других. И хотя их стоимость и стоимость предлагаемого комплекса разнятся многократно, ставится задача осуществления таких функциональных возможностей, которые бы не только превосходили аналоги, но и переводили бы систему на качественно новую, более высокую ступень.

За теоретическую основу примем статью [2]. Действительно, производительность современных персональных компьютеров позволяет наделять уже не электронные устройства, а рассматриваемый программный комплекс абсолютно новыми свойствами. Определим появление комплекса новых свойств как «интеллектуализацию программного продукта».

Для построения алгоритмов действия промоделируем процесс разработки, осуществляемый человеком, и попробуем перенести выявленные закономерности в деятельность создаваемого продукта.

Начнем последовательно, с этапа получения задания. Получив задание, человек ищет в памяти (своей базе данных) аналоги заданию, с целью его возможного выполнения путем модернизации. Рассмотрим программное осуществление данного этапа. Сразу же возникает вопрос о виде получаемого задания. И тут весьма кстати может оказаться библиотека функциональных элементов ABM оболочки Capture OrCAD. Интерфейсное окно приведено на рис. 11.

Дополнив графическое обозначение кратким формализованным описанием, мы получим элемент идентификации для APM, который будет использоваться не только при вводе задания, но и для краткого формализованного описания разработанных продуктов (рис. 12).

Сохраним его в отдельной библиотеке и станем применять для идентификации разработок. Механизм идентификации на начальном



Рис. 12. Пример функционального отображения фильтра нижних частот

этапе будет несовершенен из-за недостаточной формализации задействованных в процессе данных. Но попробуем обойти эти трудности, используя информационную избыточность, то есть, если не удастся идентифицировать разработку с помощью системы графических обозначений, то можно прибегнуть к помощи системы формализованного описания. Алгоритм предлагаемого процесса проиллюстрирован на рис. 13.

Затем наступает этап конкретного сопоставления полученных в задании данных и параметров идентифицированной разработки. С этой целью мы переходим от функциональных моделей к моделям, построенным на основе схем электрических принципиальных. Такие модели могут предоставить нам интересующие нас сведения. Вот тут мы сразу же вспоминаем, что наше рабочее место автоматизированное, а не автоматическое. Дело в том, что огромный объем используемой информации различного вида и сложнейшие алгоритмы действий не позволяют сегодня автоматизировать сам процесс. Да и, в конце концов, разработчик должен продемонстрировать творческое начало. Но и в этом случае современные программные продукты могут оказать неоценимую помощь. Одним из таких инструментов является директива вариации параметров программы Spice (пример представлен на рис. 14). Но цель нашей статьи не обучение пользователей, а стремление показать возможность создания высококачественного программного продукта.

Теперь мы коснемся еще одного способа разработки, который может быть автоматизирован. Нельзя забывать о синтезе, а в нашем слу-

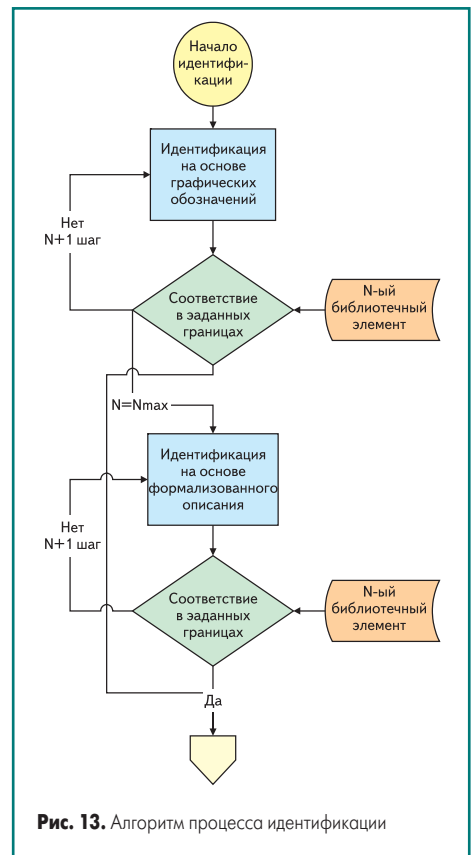


Рис. 13. Алгоритм процесса идентификации

чае — о компоновке функциональной схемы разрабатываемого изделия из функциональных библиотечных элементов. На основании вышесказанного строится алгоритм функционального синтеза с локальным добавлением функциональных элементов, разработанных конкретно под рассматриваемое задание (рис. 15).

В качестве пояснения к рисунку необходимо отметить, что матрицей функциональных элементов является временная библиотека, содержащая помещенные в нее в процессе синтеза элементы и имеющая связь со всеми составляющими частями APM. Термин «матрица» используется из-за функциональных особенностей библиотеки. Матрица может легко модифицироваться и копироваться.

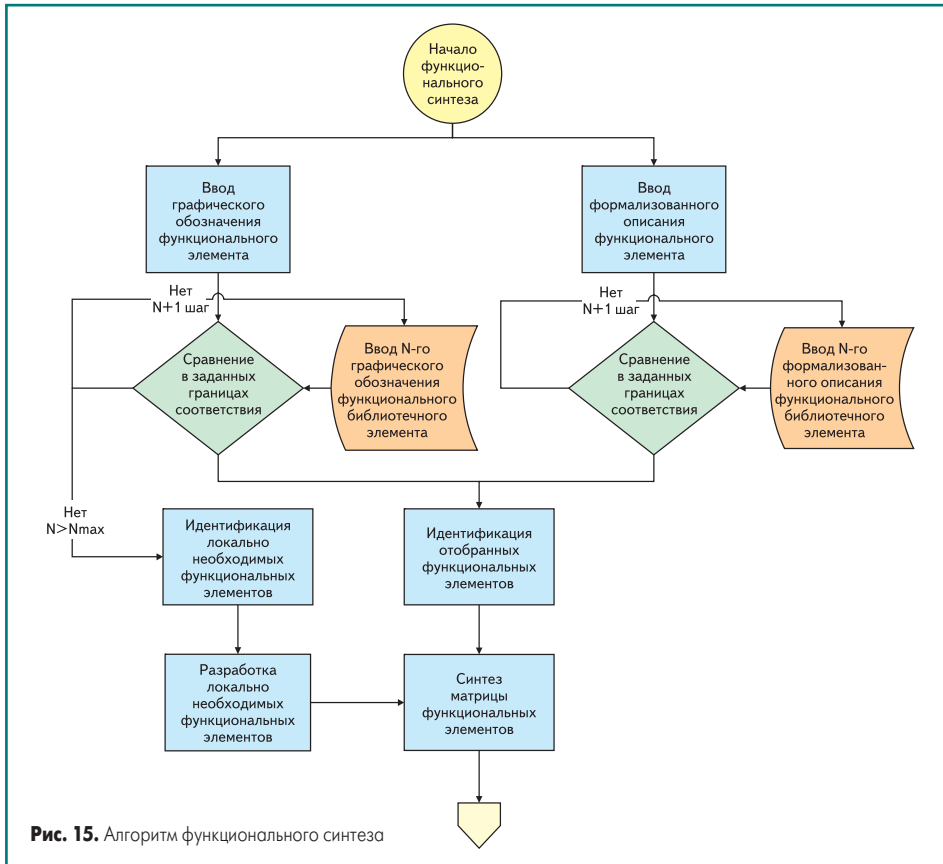


Рис. 15. Алгоритм функционального синтеза

Никакой интеллект не может обойтись без такого мощного аналитического инструмента, как анализ. В нашем случае он может быть реализован следующим образом.

Необходимое условие для начала процесса анализа — наличие самого предмета анализа. У нас, в частности, он представлен в виде функциональной модели. Пример условной функциональной модели показан на рис. 16.

Далее, выбрав любой функциональный элемент из функциональной модели (рис. 17), мы находим соответствующие части и узлы общей разработки в каждом из задействованных редакторов.

Конечно, можно выделить интересующий элемент и поместить его в отдельную библиотеку в каждом редакторе. Но для экономии занимаемого объема памяти предлагается другой

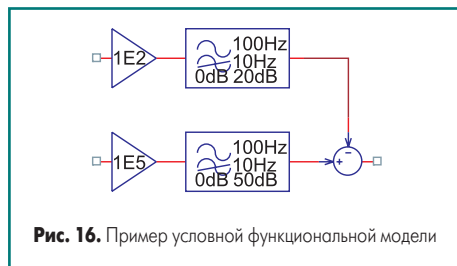


Рис. 16. Пример условной функциональной модели

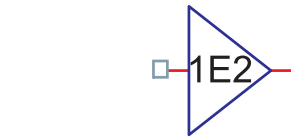


Рис. 17. Выбранный элемент функционального анализа

путь. Мы помечаем интересующий нас объект интегрированно во всех используемых редакторах и храним эту информацию в виде сноски. Такой маневр позволяет не только сэкономить память, но и легко найти и представить интересующий нас фрагмент информации. Пример схемы электрической принципиальной рассматриваемого элемента демонстрирует рис. 18. Данное отображение явилось продуктом совместной работы трех редакторов: OrCAD 9.X, AutoCAD200X и Microsoft Word.

Фрагмент топологии, условно соответствующий части микросхемы, предлагается вашему вниманию на рис. 19.

Этот фрагмент — детище топологического редактора микроэлектроники и AutoCAD200X.

Интересующие нас значения выходных параметров при заданных входных указаны на рис. 20 с использованием OrCAD 9.X и Microsoft Word.

Вернемся к понятию «интеллектуализация программного продукта». Его основной принцип — создание совместной базы данных, включающей интегрированные библиотеки разработок во всех редакторах и идентификационную библиотеку функциональных элементов. Кроме того, данное понятие подразумевает возможность выполнения рассмотренных выше операций идентификации, функционального синтеза и анализа и, конечно же, накопления и хранения информации. То есть программный продукт наделяется мощным инструментарием, свойственным, прежде всего, человеческому интеллекту. В то же время появляется обратная

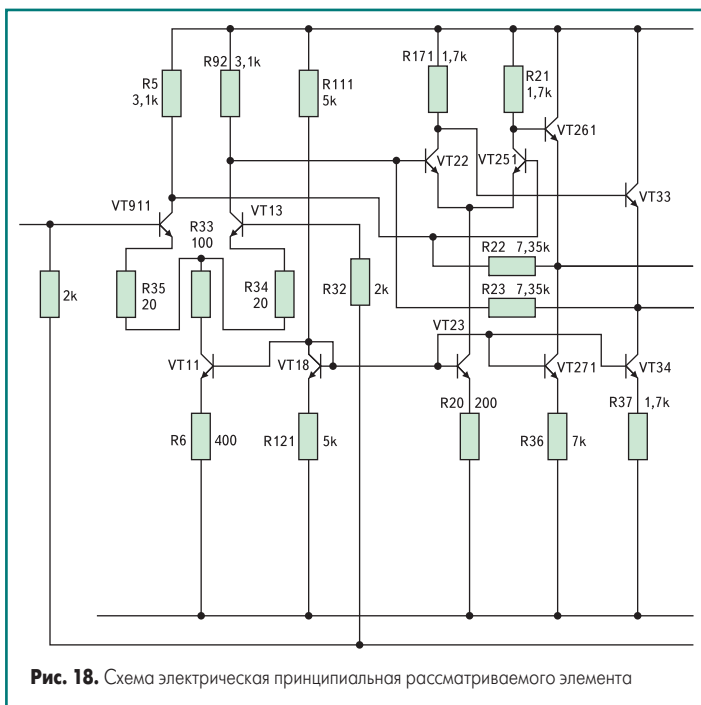


Рис. 18. Схема электрическая принципиальная рассматриваемого элемента

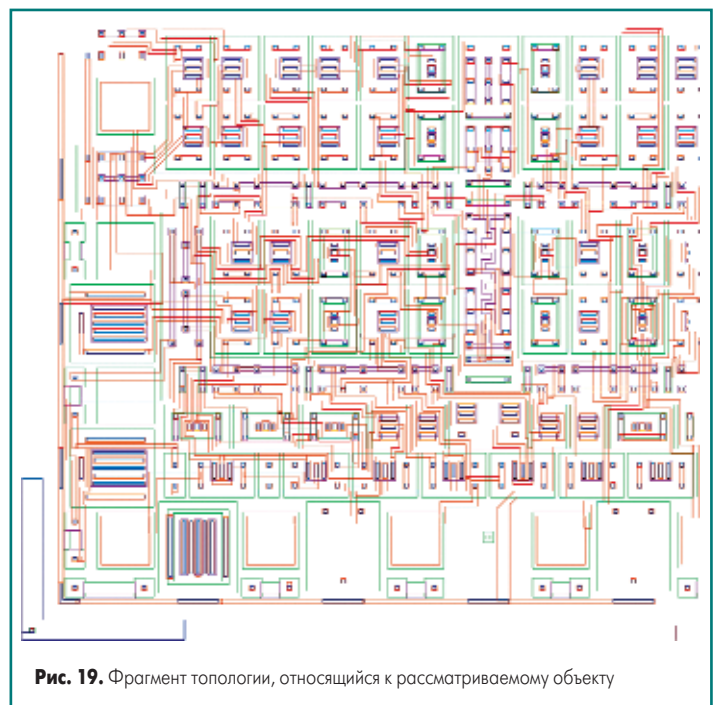


Рис. 19. Фрагмент топологии, относящийся к рассматриваемому объекту

связь в использовании самого программного продукта, поскольку работать с огромными базами данных без помощи компьютера становится просто нереально. Выбранная автором виртуальная форма представления позволяет наглядно показать все предлагаемые возможности и реальность создания АРМ. Причем, если детально рассмотреть предложенную идею, то, безусловно, можно найти значительное количество и других функциональных возможностей.

### Заключение

Представленный виртуальный вариант процесса разработки может оказаться полезным системотехникам, схемотехникам, конструкторам, топологам и технологам. Пользователю не обязательно «заряжать» четыре, пять редакторов. Можно обойтись минимальным количеством, необходимым для работы. Но сами принципы, заложенные в этот программный продукт, не только адекватны возникающим во время разработки задачам, но и переводят сам процесс на более высокий уровень. Внедрение проекта позволит не просто значительно автоматизировать процесс и сформировать интегрированные библиотеки разработок, но и создать рынок разработок, не имеющий аналогов. К тому же хотелось бы отметить возможность глубокой и широкой унификации. Глубина определяется функциональной и идентификационной связью — от этапа моделирования до этапа выпуска документации. Ширина подтверждается возможностью использования во всех разделах электроники. Представленный вид виртуального моделирования позволяет как представить возмож-

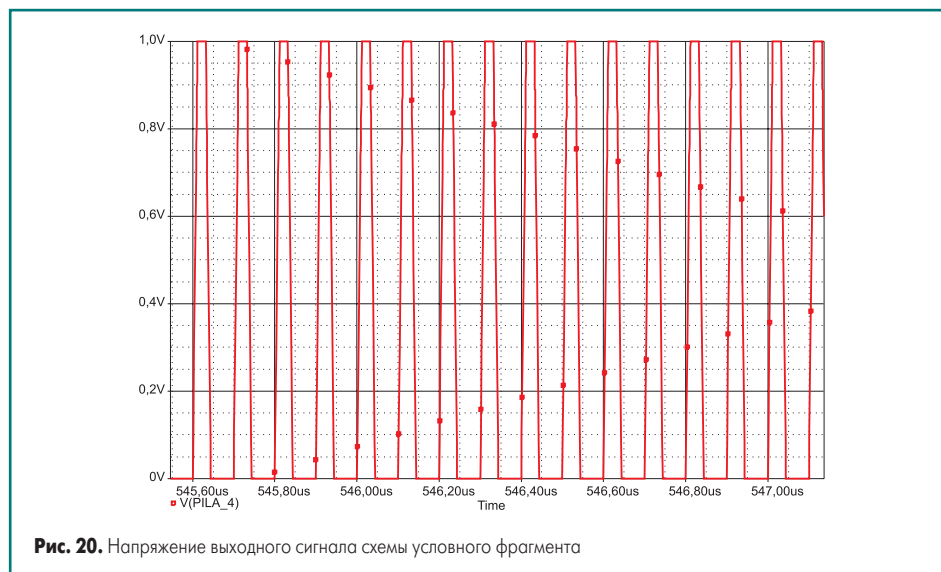


Рис. 20. Напряжение выходного сигнала схемы условного фрагмента

ности реализации, так и доказать реальность этого.

Далее хотелось бы привлечь внимание отечественных разработчиков программных продуктов. Как известно, ведущие мировые производители имеют свои фирменные пакеты: Autodesk — AutoCAD200X, Cadence — OrCAD. Однако на основе предлагаемого решения можно разрабатывать не менее значительные продукты за счет более высокого уровня функционального решения. Новый уровень предполагает создание новых стандартов, причем как программных продуктов, так и конкретных изделий. Хотелось бы отметить, что интеграция с названными производителями выгодна всем, поскольку они поднимаются на новый уровень использования, даже не меняя редакторов. Ну а создатель оче-

реднего продукта поднимет на более высокий уровень все семейство систем автоматизированного проектирования.

### Литература

1. Силкин В. Оптимизация электромагнитной совместимости на основе 3D-отображения и классической теории цепей с распределенными параметрами // Компоненты и технологии. 2005. № 2.
2. Силкин В. «Интеллектуализация» электронных устройств // Компоненты и технологии. 2005. № 3.
3. Силкин В. Трехмерное отображение в электронике — варианты использования и возможные направления развития // Компоненты и технологии. 2005. № 5.