**Программное обеспечение САПР. Прикладное программное обеспечение САПР РЭС. Системное программное обеспечение**

***Программное обеспечение САПР*** представляет собой совокупность всех программ и эксплуатационной документации к ним, необходимых для автоматизированного проектирования. Физически в состав ПО входят [7, 30, 16]:

* документы с текстами программ;
* программы, записанные на машинных носителях информации;
* эксплуатационные документы.

ПО конкретной САПР включает в себя программы и документацию для всех типов ЭВМ, используемых в данной САПР.

Составляющие *программного обеспечения САПР*, а также требования к его разработке и документированию установлены государственными стандартами.

*ПО САПР* подразделяется на *общесистемное* и специализированное.

***Общесистемное ПО*** содержит набор программных средств, которые предназначены для повышения эффективности использования вычислительных комплексов САПР и производительности труда персонала, обслуживающего эти комплексы. К функциям *общесистемного ПО* относятся:

1. управление процессом вычислений;
2. ввод, вывод и частично обработка информации;
3. диалоговая взаимосвязь с пользователем в процессе проектирования;
4. решение общематематических задач;
5. хранение, поиск, сортировка, модификация данных, необходимых при проектировании, защита их целостности и защита от несанкционированного доступа;
6. контроль и диагностика работы вычислительного комплекса.

Три первые и последняя из указанных функций реализуются в современных вычислительных комплексах на базе ***операционных систем (ОС)***, т.е. комплекса программ, управляющих ходом выполнения рабочих программ и использованием всех ресурсов вычислительного комплекса (ВК).

Для решения общематематических задач в состав *общесистемного ПО* включают соответствующие *библиотеки* стандартных программ. Для хранения и использования различных данных создаются специальные системы управления базами данных (СУБД).

**Специализированное ПО** включает в себя прикладные программы и пакеты прикладных программ (ППП), основной функцией которых является получение проектных решений.

Конкретный состав *общесистемного ПО* зависит от состава технических средств вычислительного комплекса САПР и устанавливаемых режимов обработки информации на этом комплексе.

*Операционные системы* включают в себя программы двух групп (рис. 9.1):

* *обрабатывающие программы*, составляющие подсистему подготовки программ пользователя (внешнее программное обеспечение);
* *управляющие программы*, образующие группу исполнения программ пользователя (внутреннее программное обеспечение).


**Рис. 9.1.**  Структура общесистемного программного обеспечения САПР

К *обрабатывающим программам* относятся *трансляторы* с алгоритмических языков, *библиотеки* стандартных программ и системные *обслуживающие программы*.

Группа *управляющих программ* включает в себя программы управления задачами, *заданиями* и *данными*.

Программа управления задачами (*супервизор*, диспетчер, *монитор*, резидентная программа) находится в оперативной памяти и выполняет все необходимые диспетчерские функции — переключение с выполнения одной программы на другую, распределения ресурсов времени и оперативной памяти между программами. *Супервизор* реализует мультипрограммный режим работы ЭВМ или режим разделения времени.

Программы *управления заданиями* выполняют интерпретацию директив языка *управления заданиями*: ввод, трансляция, загрузка в память ЭВМ, решение, вывод информации.

Программы *управления данными* обеспечивают поиск, хранение, загрузку в оперативную память и обработку файлов.

***Прикладное программное обеспечение*** представляют пакеты прикладных программ (ППП) для выполнения различных проектных процедур. Они разрабатываются на основе единого внутреннего представления графической и текстовой информации, единого входного языка, строятся по модульному принципу и ориентированы на использование непрограммистом-проектировщиком.

Различают несколько типов ППП в зависимости от состава пакета. Пакеты прикладных программ *простой* структуры характеризуются наличием только обрабатывающей части — набора функциональных программ (модулей), каждая из которых предназначена для выполнения только одной проектной процедуры. Объединение нужных модулей осуществляется средствами *операционной системы* ЭВМ.

Пакеты прикладных программ *сложной* структуры и *программные системы* появились в результате развития *прикладного программного обеспечения*. В первых из них имеется собственная управляющая часть — ***монитор***, во вторых, кроме того, — **языковой** *процессор* с проблемно-ориентированным входным языком. Программные системы вместе с соответствующим лингвистическим и информационным обеспечением называют программно-методическими *комплексами* САПР.

Управляющая часть программного обеспечения имеет иерархическую организацию, и в общем случае в ней можно выделить различные уровни: уровень *операционных систем* вычислительной сети, *операционных систем* отдельных ЭВМ, мониторных систем САПР и мониторов отдельных ППП.

Основные функции управляющей части: связь с пользователем в режиме диалога, планирование вычислительного процесса, распределение вычислительных ресурсов, динамическое распределение памяти и другие.

Специализированное *ПО САПР* создается с учетом организации и возможностей *общесистемного программного обеспечения*. В целом состав и структура ПО определяются составом и структурой САПР и ее подсистем.

С развитием и совершенствованием вычислительной техники (ВТ) все большее значение приобретает такой компонент *общесистемного программного обеспечения*, как *операционная система*. Возможности, предоставляемые современными вычислительными комплексами, в большей степени определяются их *операционными системами (ОС)*, чем техническими устройствами.

*Операционные системы* организуют одновременное решение различных задач на ВТ, динамическое распределение каналов передачи данных и внешних устройств между задачами, планирование потоков задач и последовательности их решения с учетом установленных приоритетов, динамическое распределение памяти вычислительного комплекса, обеспечивают работу в различных режимах (с фиксированным и переменным числом задач в интерактивном режиме).

*Операционные системы* постоянно совершенствуются, развиваются, создаются новые *ОС* для новых поколений или семейств ВТ.

**Системное программное обеспечение** включает программы, осуществляющие управление, контроль и планирование вычислительного процесса, распределение ресурсов, ввод/вывод данных и другие операции в подсистемах САПР. Его подразделяют на две части. Первая часть — *общесистемное ПО*, которое представлено *операционными системами*. Они используются в САПР. Другая часть — *базовое программное обеспечение*, включающее программы обслуживания подсистем САПР (мониторные системы, СУБД, графические и текстовые редакторы).

К программному обеспечению предъявляются следующие требования:

* экономичность (эффективность по быстродействию и затратам памяти);
* удобство использования, применение простых проблемно-ориентированных языков;
* наличие средств диагностики ошибок пользователя;
* надежность и правильность получения результатов проектирования;
* универсальность по отношению к тем или иным ограничениям решаемых задач;
* открытость (адаптируемость) относительно внесения изменений в процессе эксплуатации программ;
* сопровождаемость, характеризующая работоспособность программ при внесении изменений в них;
* мобильность при перестройке программ с ЭВМ одного типа на ЭВМ другого типа.

Программное обеспечение целесообразно разрабатывать на основе принципов модульности и иерархичности. *Операционная система* является основным компонентом системного *программного обеспечения САПР*.

Принципы модульности и иерархичности позволяют организовать коллективную параллельную разработку различных частей программного обеспечения, создавать открытые программные системы, облегчают их комплексную отладку и информационное согласование.

Выделяют системный уровень разработки *прикладного программного обеспечения*, уровень прикладных программ и уровень подпрограмм (модулей).

*Связи* между отдельными программными модулями могут быть реализованы по управлению, информации, размещению и воздействию.

Связи модулей по *управлению* могут быть двух типов: последовательные связи между модулями без возврата в предыдущий модуль и иерархические связи с подчиненностью модулей различных уровней.

Связи модулей по *информации* проявляются в передаче числовых массивов в несколько модулей пакета. Этот аспект взаимодействия модулей затрагивает проблемы построения информационного обеспечения САПР.

Связи модулей по *размещению* указывают группы модулей, одновременно размещаемых в оперативной памяти на различных этапах проектирования.

Связи модулей по *воздействию* отражают такие воздействия одних программ на другие, которые приводят к изменению самих программ, например, воздействие языковых процессов на рабочие программы. Внутри рабочих программ связи модулей по воздействию стараются исключить.

К настоящему времени разработано большое количество пакетов прикладных программ САПР электрических и электронных средств. В качестве примеров можно привести ДИСП, САМРИС-2, СПАРС, АРОПС, КРОСС. Из зарубежных систем можно отметить пакеты Micro CAP, PSPICE, P-CAD, SPADE.

Значительное число этих пакетов ориентировано на автоматизацию проектирования печатных плат, цифровых и аналоговых интегральных схем, операционных усилителей, низкочастотных радиотехнических устройств.

Однако на данное время существует недостаточно пакетов программ проектирования радиочастотных, в том числе мощных устройств, радиоэлектронных средств СВЧ, пакетов, посвященных комплексному построению и интеграции радиочастотных средств, включающих в себя как усилители, так и пассивные радиочастотные устройства, вплоть до антенн и СВЧ-устройств.

Развитие *программного обеспечения САПР* требует все более значительных затрат высококвалифицированного труда. Стоимость многих промышленных САПР составляет миллионы долларов. Поэтому актуальной становится разработка САПР второго порядка, или САПР САПРов. Пока таких систем еще не существует, но прогресс в этом направлении наблюдается. В отличие от традиционных САПР, в таких системах результат имеет нематериальный (информационный) характер. Различие результатов вызвано различными языками описания предметных областей: в одном случае — чертежи, схемы, устройства, а в другом — программа проектирования. Однако и в том, и в другом случае возможен единый системный методологический подход к проектированию: становится актуальным создание и развитие банка инженерных знаний, необходимых для проектирования.

### 9.2. Программы конструкторского проектирования РЭС

Существуют чисто конструкторские пакеты, обеспечивающие более полное решение различных задач конструкторского проектирования РЭС.

Пакет программ P-CAD фирмы Personal CAD Systems Inc. — это полное комплексное программное решение для проектирования электронных устройств, в частности, ввода схемы и проектирование схемной печатной платы. Комплексное решение предполагает, что логика, описанная в схеме, воплощается в топологию печатной платы. Программы осуществляют функции логического моделирования, проверяют соблюдение правил проектирования, создают список соединений для моделирования, автоматически размещают компоненты, трассируют печатную плату и создают документы для автоматизированных производственных систем. Пакет содержит взаимодействующие средства проектирования, удобную для пользователя оболочку и интеллектуальную базу данных, обширную библиотеку, диалоговые редакторы, средства сопряжения с популярными средствами анализа. Пакет имеет открытую архитектуру, обеспечивает выдачу готовых документов для технологии монтажа и другую проектную документацию.

Вывод документации после контроля на дисплее может осуществляться на принтер, плоттер или фотоплоттер. Оболочка системы помогает пользователю двигаться сквозь процесс проектирования с помощью меню, подсказок и правок. Система проектирования печатной платы обеспечивает средства для полной разработки топологии: от диалогового редактора до автоматического размещения компонентов, автотрассировки, проверки соблюдения правил проектирования и сопряжения с производством.

Библиотека пакета содержит обширную информацию о компонентах электронных схем от дискретных и электромеханических деталей до существующих и заказных микросборок интегральных схем. Программные средства сопряжения превращают данные из списка соединения компонентов схемы в формат, необходимый для конкретной программы моделирования цифровой и аналоговой схемы (типа PSPICE). Пакет позволяет проектировать печатные платы, имеющие до 500 элементов и 2000 связей.

Пакет программ Or CAD фирмы Or CAD System Corp. является законченным и гибким программным блоком схемотехнического и конструкторского проектирования. Он обеспечивает ввод и вывод на печать принципиальных схем, трассировку печатной платы и другие операции. Пакет управляется с помощью иерархической разветвленной системы меню, легок в обучении пользованию, обладает многими дополнительными возможностями ввода и вывода схем.

Библиотека пакета содержит более 2700 изображений компонентов РЭС; можно легко создавать собственные начертания элементов. Простым нажатием клавиши легко выполняются многие графические операции при вводе и выводе схем: увеличение и уменьшение масштаба, преобразование (вращение, перенос, отображение) элементов и любых заданных фрагментов схемы. В системе предусмотрены создание перечня элементов (спецификаций), возможность разведения проводников, шин, входов модулей.

Пакет Or CAD в настоящее время является самым удобным и богатым по своим возможностям для ввода и вывода графических изображений принципиальных схем РЭС.

Пакет имеет удобный выход на подсистемы моделирования и анализа РЭС, а также другие графические пакеты (PSPICE, P-CAD).

Пакет универсального назначения AutoCAD фирмы Auto Desk разработан на самом современном уровне машинной графики и предоставляет разработчику исключительно широкие возможности проектирования разнообразных объектов, технических систем и устройств: домов, печатных плат, станков, деталей и одежды. Пакет представляет собой систему автоматизированной разработки чертежей, причем чертежи, рисунки и схемы создаются в интерактивном режиме, управляемом системой иерархических меню. В любой чертеж может быть вставлен поясняющий текст. В набор функций входит панорамирование, увеличение, масштабирование, поворот, секционирование, штриховка и другие операции преобразования изображений. В системе предусмотрены подсказки в любом состоянии и для любой команды.

В пакете разработан богатый выбор драйверов графических устройств — графических дисплеев, матричных принтеров, графических планшетов и плоттеров. Одним из важнейших достоинств пакета является возможность работы с трехмерной графикой, позволяющей строить реальные объекты, которые можно наблюдать в различных ракурсах (при желании невидимые линии на изображении стираются). Применен специальный метод полилиний для вывода сложных кривых контуров деталей.

Система AutoCAD непрерывно совершенствуется. Так, в последние версии системы включен интерпретатор языка Auto Lisp — одной из версий языка LISP, широко применяемого в символьной обработке и в системах искусственного интеллекта. Использование этого языка позволяет пользователю, с одной стороны, определять собственные функции и команды в среде AutoCAD, с другой — обеспечивать связь AutoCAD с другими приложениями.

Сейчас начинают появляться еще более сложные системы, включающие не только язык программирования, но и экспертные системы (экспертные настройки) для принятия решений и подсказок конструктору в процессе разработки. В эти настройки включен набор правил и математических моделей; конструктор в процессе работы может получить "советы" по оптимальному выбору тех или иных параметров разрабатываемой системы.

### 9.3. Функции и структуры операционных систем

Функции и структуры операционных систем имеют различия в одно- и многопроцессорных вычислительных системах, многомашинных комплексах и вычислительных сетях. Соответственно этому операционная система должна обеспечить одно- или мультипрограммный режим работы ЭВМ, режим мультиобработки задач, совместное функционирование уровней и подсистем САПР через специальную мониторную систему.

Для персональных ЭВМ наибольшее распространение получили операционные системы UNIX, MS DOS, Windows и другие.

Система UNIX достаточно проста по организации, легко переносится с одной машины на другие, ориентирована на пользователя-программиста. Система UNIX — это мультипрограммная система с коллективным доступом. Она обладает целым рядом достоинств: возможностью организации многоуровневой и многозадачной работы, высокой мобильностью, иерархической файловой структурой, гибким и богатым командным языком, богатой библиотекой сервисных процедур и функций. Эта система в настоящее время главным образом используется в исследовательских и учебных целях.

Широкое распространение в ПЭВМ получила операционная система MS DOS, являющаяся базовой для ЭВМ серии IBM PC и стандартом операционной системы для 16- и 32-разрядных персональных компьютеров. Система имеет развитый командный язык, возможности организации многоуровневых каталогов, работы с последовательными устройствами как с файлами, подключения дополнительных драйверов внешних устройств. Имеются трансляторы практически для всех популярных языков высокого уровня.

Важным достоинством операционных систем является возможность поддержки в ОЗУ так называемых виртуальных дисков. Под виртуальным диском понимается область ОЗУ, обращение к которой происходит точно так же, как если бы это был реальный физический диск. Подобное построение системы позволяет существенно повысить скорость записи и доступа к информации и значительно снизить нагрузку (число обращений) на реальный диск.

Для персональных ЭВМ разработан новый класс общесистемного программного обеспечения — так называемые программы-оболочки, которые существенно расширяют и дополняют понятие операционной системы. В традиционных операционных системах управляющие команды вводятся с клавиатуры; такой способ взаимодействия не нагляден и недостаточно удобен. С использованием программ-оболочек в полноэкранном режиме выполняются наиболее часто встречающиеся операции при работе с системой: просмотр содержимого каталога на дисках, переход из одного каталога в другой, копирование, перемещение и удаление файлов, запуск программ. Примерами таких программ-оболочек являются Norton Commander, Windows. Некоторые современные операционные системы имеют собственные программы-оболочки.

В последние годы началось активное вторжение персональных ЭВМ в обработку текстов, графических данных и т. д. В связи с этим специальным классом программного обеспечения выделились интегрированные пакеты программ, текстовые редакторы и динамические электронные таблицы.

Располагая текстовым редактором, персональную ЭВМ с печатающим устройством можно легко превратить в электронную пишущую машинку, по своим возможностям намного превосходящую обычные машинки: легкость изменения текста, исправления ошибок, вставка и удаление текста, распечатка в любом числе копий в различных форматах с использованием различных шрифтов и другие.

Известны текстовые редакторы Лексикон, Chi-Writer, Word, MultiMate и др.

Интересными программами являются динамические электронные таблицы, в ячейках которых могут помещаться тексты, числа и математические формулы, устанавливающие взаимосвязь между элементами ячеек. При работе программы может быть построена и рассчитана модель сложной системы, например предприятия, учреждения, другого экономического объекта. Современные динамические электронные таблицы (например, Lotus 1-2-3 FRAME WORK) включают в себя кроме собственно таблицы также текстовой редактор, СУБД, подсистему машинной графики, полиэкранный интерфейс, средства телекоммуникационной связи.

### Контрольные вопросы и упражнения