Министерство образования Республики Беларусь

Реферат на тему:

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЭА

Минск2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Методы конструирования РЭА

Основные проблемы конструирования РЭА

Этапы проектирования РЭА и возможности их автоматизации

Роль языка программирования в автоматизированных системах машинного проектирования

Тенденции развития систем автоматизированного конструирования

Краткая характеристика вычислительных машин, используемых при решении задач автоматизации проектирования РЭА

**МЕТОДЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ РЭА**

Длительное время РЭА разрабатывалась на основе блочного метода конструирования, предусматривающего расчленение аппаратуры с целью ее стандартизации и унификации до уровня блока (отсюда и название метода). Однако этот метод конструирования не позволял автоматизировать производственные процессы сборки и монтажа РЭА и с течением времени, по мере усложнения аппаратуры, был заменен функционально-узловым методом, при котором сложные функциональные схемы составляются из простейших функциональных узлов.

Широкое внедрение данного метода обусловлено возможностью использования ограниченного набора функциональных узлов для создания какого-либо конкретного класса аппаратуры, что позволило решить задачу их унификации. Унифицированные функциональные узлы (микросхемы различного функционального назначения и уровня интеграции — числа элементов на одном кристалле или в одном корпусе микросхемы) выпускаются серийно специализированными предприятиями и используются в качестве комплектующих изделий при проектировании РЭА. Специфические схемы и узлы в современной РЭА составляют лишь 15—30%. Во многих случаях они могут быть реализованы на той же конструктивно-технологической базе, что и унифицированные узлы. Применение функционально-узлового метода позволило автоматизировать производственные процессы сборки и монтажа аппаратуры, снизить ее себестоимость, сократить сроки разработки и повысить надежность.

Помимо функционально-узлового метода конструирования, который предусматривает создание конструкций РЭА на основе микросхем, выполняющих простейшие функции усиления, генерации и преобразования сигналов, в настоящее время все большее значение приобретает метод, основанный на использовании больших интегральных схем (БИС). В промышленности наметились два направления развития БИС: полупроводниковые (монолитные) и гибридные БИС. Полупроводниковые БИС представляют собой конструкции, состоящие из нескольких тысяч полупроводниковых элементов, изготовленных в едином технологическом процессе на одной общей полупроводниковой пластине. Гибридные БИС являются сборными конструкциями, в которых сначала отдельно на миниатюрных подложках с помощью пленочной технологии изготовляют пассивные элементы схемы (резисторы, конденсаторы и индуктивные катушки), а затем на коммутационной подложке эти элементы соединяют согласно заданной принципиальной схеме с твердотельными матрицами диодов, транзисторов и бескорпусными ИС. Гибридные БИС имеют увеличенное число промежуточных электрических соединений по сравнению с монолитными БИС, но при этом обеспечивают высокий процент выхода годной продукции, что позволяет наладить их производство на предприятиях, не имеющих сложного технологического оборудования, необходимого для выпуска полупроводниковых интегральных схем.

Как указывалось, использование унифицированных функциональных узлов существенно повысило надежность РЭА. Это объясняется как высокой надежностью самих унифицированных узлов, элементы которых работают обычно в облегченных режимах, лучше защищены от внешних механических и климатических воздействий, так и уменьшением числа паяных и сварных соединений, существенно снижающих надежность аппаратуры. Применение БИС способствовало повышению надежности РЭА, уменьшению ее габаритов и массы, снижению стоимости. Использование современных микросхем, изготовляемых в едином технологическом цикле с минимальным числом паяных и сварных соединений, позволило на один-два порядка увеличить надежность работы РЭА по сравнению с аналогичной аппаратурой, выполненной на обычных дискретных элементах. Кроме того, малые габариты и масса микросхем дают возможность широко использовать один из самых эффективных способов повышения надежности — резервирование.

Следует заметить, что функционально-узловой метод и метод конструирования на основе БИС не противоречат, а взаимно дополняют друг друга при создании сложных и многообразных конструкций РЭА.

Развитие современной РЭА диктует повышенные требования к процессу проектирования ее конструкции. Так, например, с появлением микросхем для реализации межсоединений применяют многослойные печатные платы, обеспечивающие высокую плотность компоновки элементов. При этом трудоемкость проектирования таких многослойных печатных плат, а также многослойных пленочных межсоединений БИС оказывается весьма высокой. Их разработка традиционными ручными способами затруднительна, а во многих случаях просто невозможна.

Таким образом, внедрение функционально-узлового метода конструирования РЭА и достижения микрорадиоэлектроники послужили необходимыми предпосылками для разработки и развития машинных методов конструирования.

# ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ РЭА

Широкое внедрение РЭА в различных отраслях народного хозяйства, а также ускорение темпов развития науки и техники привели к: а) непрерывному росту тактико-технических требований, предъявляемых к разрабатываемым изделиям РЭА, и усложнению их конструкций, что увеличивает сроки проектирования; б) резкому сокращению сроков морального старения изделий РЭА и необходимости своевременной их замены более совершенными; в) увеличению стоймости разработок; г) сжатым срокам, отводимым на разработку новых изделий.

Указанные особенности разработки и освоения новых образцов РЭА сделали данный процесс весьма сложным и трудоемким. Классические методы и средства "ручного проектирования" уже не могут в ряде случаев обеспечить качественное и быстрое создание новых изделий. Так, например, при создании РЭА на основе БИС необходимо решать большой комплекс сложных задач, начиная с расчета отдельных элементов БИС, определения их геометрии, взаимного расположения и кончая составлением математической модели функционирования всей схемы в целом для оптимизации ее конструкции, что при "ручном проектировании" требует многих человеко-лет.

Применение вычислительных машин для автоматизации проектно-конструкторских работ позволяет:

а) проанализировать сотни вариантов различных конструктивных решений за короткий промежуток времени, что не может сделать ни один проектировщик обычными методами;

б) сократить сроки и снизить стоимость разработки аппаратуры;

в) создавать конструкции, оптимально учитывающие предъявляемые к ним технические требования;

г) повысить качество контроля конструкторско-технологической документации создаваемой аппаратуры;

д) использовать более точные методы расчета и проектирования, сводящие к минимуму подстроечно-регулировочные операции в процессе производства РЭА;

е) значительно расширить класс принципиально осуществимых по сложности проектов, как, например, устройств на БИС и т. д.

Основной целью создания систем автоматизации проектирования РЭА, представляющих собой сложные человеко-машинные комплексы, является эффективное использование характерных особенностей каждой стороны, участвующей в процессе разработки РЭА: у человека — интуиции, опыта, изобретательности, способности к принятию решений; у ЭВМ — быстродействия, точности расчета, объема памяти, надежности и др. Поэтому в таких системах разработчик выступает не только как потребитель конечных результатов, получаемых от ЭВМ, но и как активный участник самого процесса проектирования, т. е. имеет место совместный поиск решений проектировщика с ЭВМ.

# ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЭА И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ АВТОМАТИЗАЦИИ

Процесс проектирования РЭА можно условно разбить на три основных этапа: системотехнический, схемотехнический и технический (рис. 1).

Системотехническое проектирование включает в себя внешнее и структурное проектирование.

При внешнем проектировании производят всесторонний анализ исходного технического задания с точки зрения надежности, стоимости, быстродействия, массогабаритных характеристик и т. д.; принимают наиболее существенные решения относительно возможных путей реализации требований к аппаратуре, сформулированных в техническом задании, с учетом современных достижений в области радиоэлектроники; выбирают критерии для оценки эффективности проекта. На этой стадии проектирования намечают основные направления схемотехнических и конструкторско-технологи-ческих решений, а также производят патентный поиск существующих аналогов с целью рационального использования накопленного опыта, формирования оригинальных решений и их оформления.

Структурное проектирование основывается на техническом задании на разработку, дополненном результатом внешнего проектирования. На данной стадии уточняют основные функциональные части разрабатываемой РЭА, производят распределение функций между отдельными узлами и блоками. При этом необходимо учитывать требования производства и возможность использования унифицированных изделий, выпускаемых промышленностью.

В настоящее время системотехническое проектирование является нефор-мализуемым процессом. Здесь используют в основном творческие возможности разработчиков, а вычислительные машины применяют лишь для просмотра вариантов решений, принимаемых разработчиком, и поиска аналогов с помощью информационно-поисковой системы.

Схемотехническое проектирование включает в себя логическое проектирование, моделирование и анализ полученных схем, разработку диагностических тестов. На данном этапе проектирования использование ЭВМ в настоящее время является более широким.

При логическом проектировании осуществляют формальный синтез функциональных схем отдельных узлов, выбранных на этапе системотехнического проектирования. Хотя в теоретическом плане здесь существуют значительные достижения, практически используют машинный синтез управляющих и узкого класса операционных устройств. Слабо разработана проблема синтеза нелинейных схем. Поэтому автоматизированный синтез функциональных схем выдвигает большое число задач, требующих решения, например разработка удобных языков описания исходных данных, алгоритмов с целью их оптимизации по комплексным критериям.

Основной задачей моделирования и анализа полученных схем является накопление информации о проектируемых схемах, построение карт состояний и проверка временных соотношений при прохождении входных сигналов. По мере развития автоматизации логического проектирования объем моделирования функциональных схем будет постепенно уменьшаться, так как усложнение схем и использование БИС исключают возможность подробного моделирования, а многие критерии оптимизации могут быть учтены в результате синтеза схем с применением укрупненных моделей (макромоделей).

Большое значение при разработке сложных радиоэлектронных устройств приобретает разработка диагностических тестов. Это связано с непрерывным повышением надежности используемых элементов и укрупнением типовых элементов замены (ТЭЗ) в современной РЭА, что приводит к невозможности накопления обслуживающим персоналом достаточного опыта по обнаружению неисправностей. Задача формирования диагностических тестов заключается в построении такой входной последовательности сигналов, чтобы по виду выходной последовательности можно было судить об исправности аппаратуры, а в случае ее неисправности определить вид и место повреждения. При решении поставленной задачи осуществляют моделирование.

Функциональные схемы, полученные в результате схемотехнического проектирования, служат входной информацией при техническом проектировании, включающем в себя конструкторское и технологическое проектирование.

Основная цель конструкторского проектирования состоит в переходе от функциональной схемы аппаратуры к конкретному набору связанных между собой конструктивных элементов, модулей и устройств, реализующих данную схему; в определении их размеров, формы, материала и взаимного расположения, а также выпуске необходимой технической документации для ее производства и эксплуатации. При этом связи .между отдельными конструктивными элементами могут носить механический, электрический, электромагнитный и тепловой характер.

Основной задачей, решаемой на данной стадии, является эквивалентное преобразование функциональной схемы разрабатываемого устройства в схему соединений конструктивных элементов (микросхем, модулей, полупроводниковых и гибридных БИС и т. п.). Оптимальность полученного решения оценивается по ряду критериев, среди которых наиболее распространенным является критерий минимума числа типов микросхем, модулей, БИС и неунифицированных изделий.

После этого конструктивные элементы компонуются в функционально законченные узлы, блоки, агрегаты по критерию минимума внешних связей между отдельными конструктивными единицами РЭА.

После решения задачи компоновки производят размещение элементов в пределах каждой отдельной конструктивной единицы. При этом наиболее существенным является создание благоприятных условий для последующей трассировки соединений.

Электрические соединения конструктивных элементов могут выполняться как объемным монтажом, так и с помощью коммутационных плат, где в зависимости от выбранной технологии производства печатные проводники разводятся в одном, двух или более слоях, что, в свою очередь, выдвигает индивидуальные требования к алгоритмам трассировки. Как правило, критериями оптимальности трассировки являются критерий минимума суммарной длины и числа пересечений проводников при стопроцентной разводке схемных соединений. Трассировка соединений печатных плат завершается получением перфоленты для фотонаборной установки, на которой изготовляют фотошаблоны.

Кроме перечисленных задач на стадии конструкторского проектирования выполняют работы, связанные с анализом получаемых конструктивных решений с точки зрения распределения электромагнитных и температурных полей, полей механических напряжений; расчетом паразитных связей между элементами конструкции и оценкой надежности разрабатываемого устройства.

Так как помимо конструкций электронных узлов и блоков в общий состав радиоэлектронной аппаратуры обычно входят механические и электромеханические узлы и блоки (механические передачи, точные механизмы, сельсины и т. п.), а также элементы несущих конструкций (платы, рамки, шасси и т. п.), то на данной стадии проектирования также осуществляют расчет механических характеристик и выбор основных параметров этих конструктивных единиц.

Конечным результатом всех проводимых на стадии конструкторского проектирования работ является выпуск конструкторской и эксплуатационной документации на электрические и механические части разрабатываемого изделия, которая должна быть оформлена в строгом соответствии с ЕСКД.

Цель технологического проектирования — разработка технологии и составление технологической документации, необходимой для организации производства изделий.

Таким образом, в результате рассмотрения основных этапов проектирования РЭА и возможностей их автоматизации можно сделать следующий вывод. На первых двух этапах проектирования (системном и схемотехническом) большая часть решаемых задач носит ярко выраженный творческий характер. При этом в работе участвует, как правило, небольшое число специалистов высокой квалификации. Влияние полученных решений на основные показатели разрабатываемой РЭА велико. ЭВМ на данных этапах применяют главным образом для анализа и контроля выполненной человеком работы. Следующий этап проектирования (технический), наоборот, характеризуется большей трудоемкостью и, следовательно, большим количеством разработчиков. Решаемые на данном этапе задачи являются в основном "рутинными" и по своей природе хорошо формализуются, что благоприятствует использованию машинных методов их решения. Поэтому естественно, что наиболее широкое развитие получили системы, предназначенные для решения задач конструкторского проектирования РЭА, так как именно в этой области эффективность внедрения САПР оказывается максимальной.

# РОЛЬ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ МАШИННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Решение каждой конкретной задачи проектирования конструкций РЭА с применением ЭВМ требует ее описания в виде программы на языке, воспринимаемом процессором машины и понятном конструктору-оператору.

Введем понятия языка программирования, а также машинно-ориентированного и процедурно-ориентированного языков, с помощью которых осуществляется обмен информацией между оператором и ЭВМ.

Под языком программирования понимают формальный язык связи человека с вычислительной машиной, служащий для представления исходной информации и результатов вычислений, а также программ обработки данных в удобном для пользователя и понятном вычислительной машине виде. Основу всех языков программирования составляют алгоритмические языки, разрабатываемые в соответствии с требованиями теории алгоритмов, которые рассмотрены в гл. 3. Все используемые в настоящее время языки программирования можно разделить на машинно-ориентированные, процедурно- и проблемно-ориентированные, а также языки общего назначения.

Характерной чертой машинно-ориентированных языков является учет структуры ЭВМ и особенностей выполнения ею отдельных операций. Благодаря этому машинно-ориентированные языки позволяют составлять компактные программы, которые по своей эффективности практически не отличаются от программ, написанных непосредственно в кодах машины, и в то же время достаточно широко используют привычные для человека обозначения, что упрощает процесс программирования. Однако такие программы, ориентированные на конкретные вычислительные машины, мало пригодны для обмена информацией и создания фонда алгоритмов и программ. Поэтому данный класс языков программирования применяют для создания математического обеспечения ЭВМ, включающего в себя управляющие программы, организующие распределение памяти, управление последовательностью выполнения операций, обмен информацией процессора с внешними устройствами и т. п., и обрабатывающие программы, объединяемые в библиотеки стандартных подпрограмм и реализующие собственно процедуры обработки информации (вычисление элементарных функций, решение систем алгебраических и дифференциальных уравнений и т. д.).

Процедурно - ориентированные языки представляют собой языки более высокого уровня формального описания решения задач, позволяющие записывать программы в привычной для пользователя форме в виде терминов без учета особенностей вычислительной машины. Перевод этих программ на язык конкретной ЭВМ осуществляется автоматически с помощью транслятора (специальной программы-переводчика). Использование таких языков позволило решить задачу совместимости программ для различных ЭВМ, упростить процесс их написания и отладки. Отличительной особенностью данного класса языков является их ориентация на конкретные классы задач, что привело к появлению большого числа языков различной ориентации.

По мере развития вычислительной техники и расширения сферы ее использования все больший удельный вес стали приобретать задачи, описания которых выходят за рамки какого-либо одного процедурно-ориентированного языка. Это привело к созданию языков общего назначения, удобных и эффективных для решения любого, имеющего практическое значение класса задач. В настоящее время наиболее полно этим требованиям удовлетворяют языки ПЛ-1, СИМУЛА-67 и АЛГОЛ-68.

Особую группу языков программирования образуют проблемно - ориентированные языки, предназначенные для описания специальных научно-технических проблем. Типичными представителями этой группы являются языки STRESS, разработанный для решения задач конструирования, и ОСС-2 (язык описания структурных алгоритмов и схем), обеспечивающий описание задачи, начиная с самого высокого уровня абстракции (например, уровня архитектуры обобщенной модели семейства ЭВМ) и кончая уровнем принципиальных схем. Для их использования программа помимо исходных данных должна содержать указания, к какому классу следует отнести ту или иную задачу, решаемую на очередном этапе. Это, в свою очередь, требует либо создания универсального для описания рассматриваемых задач языка, интерпретирующего исходные данные, либо разработки алгоритма анализа исходных данных и определения принадлежности каждой частной задачи к тому или иному классу с последующим выбором соответствующей методики ее решения, которая может быть представлена как в машинно-ориентированном, так и в процедурно-ориентированном языке.

Обилие существующих в настоящее время языков программирования, а также различный уровень имеющегося для них математического обеспечения обусловливают важность задачи обоснованного выбора базового языка, так как от правильности ее решения во многом зависит эффективность использования разрабатываемой системы машинного проектирования.

К базовому языку САПР предъявляют следующие основные требования: простота описания входной первичной информации; малые затраты машинного времени на реализацию программы, записанной в символах языка; удобство стыковки отдельных программ; наличие в языке средств описания информации специального вида; возможность использования современного математического обеспечения, представляемого на.одном из процедурно-ориентированных языков; простота внесения изменений в текст программы, записанной в символах языка.

Опыт создания систем автоматизированного проектирования в нашей стране и за рубежом свидетельствует в пользу таких языков программирования, как АЛГОЛ-68, ПЛ-1 и других языков подобного класса.

# ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ

В настоящее время создание систем автоматизированного конструирования развивается по следующим двум направлениям:

1) проектирование систем, работающих в режиме пакетной обработки информации;

2) конструирование систем, работающих в режиме диалога конструктора-оператора с ЭВМ.

Системы, работающие в первом режиме, исключают непосредственное взаимодействие пользователя с ЭВМ. Программы собираются в пакет и вводятся автоматически в последовательности, определяемой программой-диспетчером. При этом возможна лишь некоторая, как правило незначительная, перестройка системы на основании указаний конструктора-оператора, заключающаяся в изменении последовательности решения задач на каждом этапе проектирования. В таких системах коррекция полученных результатов возможна лишь после окончания обработки информации на ЭВМ и отображении ее на соответствующем носителе. Данный режим работы системы пригоден лишь для решения задач, не содержащих большого числа противоречивых требований, приводящих к неоднозначности решений и требующих вмешательства разработчика.

К таким задачам можно отнести задачи анализа и моделирования полей различной физической природы, действующих в конструкциях РЭА, так как эти задачи сводятся к чисто расчетным вычислительным операциям, гарантирующим однозначное решение.

Системы, работающие во втором режиме, предусматривают связь разработчика е ЭВМ через специальный дистанционный пульт. При этом оказывается возможным активное вмешательство разработчика в работу системы. Необходимость такого вмешательства на различных этапах проектирования, накладывает определенные требования на характеристики используемой в САПР машины. Если вычислительная машина, на которой проводится проектирование конструкций РЭА, работает в режиме последовательной обработки информации, то каждое вмешательство потребует больших затрат времени: распечатка с помощью ЭВМ полученных результатов, передача их разработчику, нанесение указаний разработчика на перфокарты (перфоленту) и введение их в машину. Поэтому разработчик должен иметь возможность непосредственного общения с машиной. Для того чтобы при этом не было непроизводительных потерь машинного времени, машина во время проектирования должна работать в режиме разделения времени. В подобном режиме имеется возможность выполнения нескольких задач одновременно, без заметной задержки в завершении каждой из них по сравнению с раздельным решением этих задач.

Дальнейшее развитие таких систем связано с использованием специальных многопроцессорных ЭВМ, в которых подобный эффект разделения времени выполнения операций достигается не программными, а аппаратными средствами.

На различных этапах проектирования вводимая информация и результаты работы машины имеют различную форму записи (запись на языке проектирования, схемы размещения конструктивных элементов, таблицы, чертежи печатных плат и т. п.). Пульт разработчика должен обеспечивать быстрый ввод и вывод как алфавитно-цифровой, так и графической информации. Наиболее удобен для этих целей пульт с индикатором на ЭЛТ и световым пером — дисплей с ЭЛТ и световым пером. Использование таких систем целесообразно при решении задач, в которых встречаются противоречивые требования к большому числу параметров, что приводит к неоднозначности решений и не всегда позволяет построить пригодные для ЭВМ критерии выбора оптимального решения.

Так, например, при компоновке ячеек из модулей желательно реализовать возможно большее число связей между модулями внутри ячейки (улучшает электрические характеристики прибора) и одновременно стремиться к наименьшему числу разнотипных ячеек (диктуется интересами производства и эксплуатации). Поиск оптимального решения приводит к перебору всех возможных вариантов компоновки, что практически невозможно из-за слишком больших затрат машинного времени. Вмешательство разработчика в процесс решения такой задачи ускоряет нахождение приемлемого результата.

При машинном проектировании печатного монтажа в случае плат с высокой плотностью расположения проводников удается развести не более 90% соединений. Вмешательство человека позволяет улучшить качество получаемого решения. В связи с этим для решения конструкторских задач по компоновке, размещению и трассировке проводников целесообразнее использовать САПР, работающие в диалоговом режиме.

#

# КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЭА

При выборе ЭВМ для решения определенного класса задач автоматизированного проектирования и работы ее в составе САПР в первую очередь учитывают такие параметры машин, как производительность (быстродействие) и объем оперативной памяти, а также состав периферийного оборудования, входящий в комплект данной ЭВМ

Большинство действующих систем строилось на основе ЭВМ трех-адресного типа: М-220, М-222 и БЭСМ-4М. Хотя эти ЭВМ и обладали малой производительностью, но имели широко развитое математическое обеспечение. Расширение оперативных возможностей таких машин осуществлялось за счет подключения внешних запоминающих устройств (ЗУ) на магнитных барабанах (МБ). В качестве алгоритмических языков использовались АЛГОЛ-60 и АВТОКОД.

Кроме того, системы создавались на основе одноадресной ЭВМ большой производительности типа БЭСМ-6, в состав которых также входили внешние ЗУ на магнитных барабанах. В качестве алгоритмических языков использовались АЛГОЛ-60, ФОРТРАН-4, АВТОКОД.

В последние годы в распоряжении конструкторов РЭА появились более совершенные ЭВМ, составляющие третье поколение машин (первое поколение ЭВМ изготовлялось на основе электронных ламп, второе — на основе дискретных полупроводниковых приборов, третье — на основе серийных микросхем малой и средней степени интеграции). К числу подобных ЭВМ следует отнести электронные вычислительные машины Единой системы (ЕС ЭВМ). Эти машины имеют широкий номенклатурный ряд от ЭВМ средней производительности (ЕС-1020, ЕС-1022) до машин большой производительности (ЕС-1050, ЕС-1060). Под это оборудование разработан стандартный ряд периферийных устройств, таких, как устройства подготовки данных (УПД), координатоскопы, графопостроители, координатографы, алфавитно-цифровые и графические дисплеи, различные печатающие устройства и т. д. Машины Единой системы имеют комплект специальных организующих программ, образующих операционную систему ЭВМ (ОС ЭВМ), отдельные фрагменты которой работают на основе долговременной памяти с дисковыми ЗУ (ДОС ЭВМ).

Такая операционная система, с одной стороны, помогает программисту-оператору, так как облегчает процесс программирования и позволяет укрупненно описать вычислительный процесс, а с другой стороны, предоставляет возможность оптимально пользоваться программными и аппаратными средствами ЭВМ, образуя сложную, хорошо организованную вычислительную систему. Все это расширяет возможности современного парка ЭВМ и делает ЕС ЭВМ одним из перспективных видов оборудования для автоматизации проектирования.

Кроме того, разновидностью ЭВМ третьего поколения, получившей широкое распространение в нашей стране, является Система малых ЭВМ (СМ ЭВМ), Особенности этих машин заключаются в том, что они при малых габаритах имеют меньший объем основной оперативной памяти (32 или 64 кбайт) и меньшую длину слова, т. е. отдельные команды, представленные в виде совокупности двоичных разрядов, обрабатываемых в ЭВМ как единое целое. Большинство таких ЭВМ работает с 16-разрядным словом.

ЕС ЭВМ имеют разноформатную систему команд, размеры которых составляют от 16 до 48 двоичных разрядов (от 2 до 6 байт), что позволяет обеспечить совместимость таких машин с работой СМ ЭВМ.

Длина слова — важный параметр ЭВМ. Чем больше длина слова, тем больше число команд может быть у машины и тем больше точность обработки числовых данных, хотя при этом значительно возрастает стоимость ЭВМ.

СМ ЭВМ представляет собой недорогие, малогабаритные, универсальные вычислительные машины, предназначенные для решения широкого круга народнохозяйственных задач. Вычислительная мощность СМ ЭВМ постоянно увеличивается за счет включения в их состав разнообразных недорогих внешних ЗУ на магнитной ленте и магнитных дисках, а также совмещения работы со стандартным периферийным оборудованием ЕС ЭВМ. Учитывая то обстоятельство, что СМ ЭВМ имеют меньшую стоимость по сравнению с ЕС ЭВМ при высокой производительности, можно считать эту разновидность ЭВМ также перспективной для работы в составе автоматизированных систем проектирования РЭА и ЭВА.