

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И САПР

Вначале разберемся, что же является предметом изучения нашего лекционного курса, если исходить из его названия “Основы компьютерного проектирования РЭС”.

В этом названии можно выделить следующие ключевые слова:

- радиоэлектронные средства (РЭС);
- компьютерное проектирование.

Во-первых, что мы будем понимать под РЭС?

По признаку функциональной сложности различают несколько уровней РЭС [12,17]:

- радиоэлектронный узел;
- радиоэлектронное устройство;
- радиоэлектронный комплекс;
- радиоэлектронная система.

Наименьшей сложностью отличаются функциональные *радиоэлектронные узлы*. Примеры: генераторы, модуляторы, усилители, детекторы, триггеры, логические элементы И-НЕ, ИЛИ-НЕ и др. В их состав, в свою очередь, входят “строительные кирпичики” – электронные компоненты: транзисторы, полупроводниковые диоды, резисторы, конденсаторы, полупроводниковые структуры и т.п.

Более сложными являются *радиоэлектронные устройства (РЭУ)*, которые представляют собой функционально законченную сборочную единицу, выполненную на несущей конструкции и реализующую функции передачи, приема и преобразования информации. Примеры: тракт СВЧ- или ВЧ- приемника, тракт НЧ обработки сигналов, регистры, счетчики, дешифраторы, АЦП, ЦАП, сумматоры, микропроцессоры, микроконтроллеры и др.

И, наконец, самые сложные по выполняемым функциям – это *радиоэлектронные комплексы и системы*. Примеры: радиоизмерительные комплексы, радиоуправляемые системы, системы наведения, системы слежения и др.

Во-вторых, в чем заключается сущность процесса *проектирования* РЭС (пока не автоматизированного)? Она заключается в разработке конструкций и технологических процессов производства новых РЭС, которые должны с минимальными затратами и максимальной эффективностью выполнять предписанные им функции в требуемых условиях.

Следует подчеркнуть, что в результате проектирования *создаются новые, более совершенные РЭС*, которые отличаются от своих аналогов и прототипов использованием новых физических явлений и принципов функционирования, более совершенной элементной (компонентной) базы, улучшенных конструкций, прогрессивных технологий и т.п. Для этого недостаточно создать более совершенную аппаратуру, ее еще необходимо оптимизировать по широкому спектру показателей: функциональных, конструкторско-технологических, эксплуатационных и экономических. Очевидно, что при решении этой задачи разработчики сталкиваются с необходимостью проанализировать большое количество вариантов, причем по мере возрастания сложности разрабатываемой аппаратуры количество таких вариантов катастрофически возрастает. Эта ситуация получила название «**тирании альтернатив**» и приводила к затягиванию создания новых РЭС на долгие годы.

Все это дало мощный толчок для интенсивного развития новой технологии проектирования РЭС с применением математических методов и средств вычислительной техники, комплексной автоматизации проектных работ, что позволило заменить макетирование и натурное моделирование математическим моделированием с использованием методов

многовариантного проектирования и оптимизации. Главным средством автоматизации проектирования являются персональные ЭВМ (**компьютеры**) и управляемые ими технические средства.

Теперь дадим определение термина *«автоматизированное проектирование»* в широком смысле этого слова:

это научно-техническое направление, которое заключается в применении сочетания достижений вычислительной математики, теории проектирования и средств вычислительной техники к задачам проектирования реальных объектов той или иной физической природы.

Подчеркнем, что в нашем курсе речь идет об *автоматизированном* проектировании (АП), то есть *компьютерном* проектировании с участием человека. *Автоматическое* проектирование (без участия человека) в полном объеме от формулирования технического задания (ТЗ) до получения проектной технической документации на современном уровне развития в общем случае невозможно, разве только в случае очень простых проектов, так как это творческий процесс, доступный только человеку.

Поэтому сейчас принято говорить о проектировании как системной **креативной** (т.е. созидательной) человеческой деятельности. Эта деятельность, результат которой всегда зависит от личности, выполняющей этот проект, от ее интеллекта, профессионализма, опыта и, наконец, удачи!

Вот несколько примеров реальных объектов проектирования из области энергетики, радиотехники и электроники:

- проектирование высоковольтных электрических сетей, тепловых и атомных электростанций;
- проектирование радиотехнических систем и устройств, в том числе систем дистанционного экологического и энергетического мониторинга, сложных электронных схем;
- трассировка печатных плат и др.

Особенно интенсивное развитие автоматизированное, компьютерное проектирование получило в радиоэлектронике. Это объясняется следующими основными причинами.

Во-первых, необходимостью разработки сложных ИМС с высокой степенью интеграции: БИС (больших интегральных схем) и СБИС (сверхбольших ИМС) – когда количество элементов (компонентов) достигает нескольких миллионов на одном кристалле. Например, в начале 2008 года компания INTEL анонсировала сверхминиатюрный процессор “Atom”. Ядро этой СБИС площадью  $25 \text{ мм}^2$  вмещает в себя 47 миллионов транзисторов, при этом тактовая частота составляет примерно 2 ГГц.

Во-вторых, высокой экономической эффективностью методов автоматизированного проектирования ИМС, поскольку для них стоимость проектирования составляет значительную долю общих затрат на производство.

В настоящее время в теории [АП](#) применительно к радиоэлектронике оформилось пять функциональных уровней проектирования, образующих следующую иерархию:

первый уровень – уровень автоматизированного структурного проектирования ([АСтП](#));

второй уровень – уровень автоматизированного функционально-логического проектирования ([АФЛП](#));

третий уровень – уровень автоматизированного схемотехнического проектирования ([АСхП](#));

четвертый уровень – уровень автоматизированного компонентного проектирования ([АКП](#));

пятый уровень – уровень автоматизированного конструкторско-технологического проектирования ([АКТП](#)).

Эти уровни различаются, прежде всего, сущностью решаемых задач и вытекающим отсюда различием математических аппаратов. Так на уровне

[АСтП](#) занимаются в большей степени системотехническим проектированием; например, разработкой принципов построения радиоизмерительных и радиоуправляемых систем, а также систем и сетей телекоммуникаций, при этом широко применяются теория игр, теория массового обслуживания, математический аппарат численных методов, статистическое моделирование.

В [АФЛП](#) занимаются, например, разработкой на функционально-логическом уровне радиопередающих и радиоприемных устройств, а также цифровых автоматов различной функциональной сложности, при этом широко используются спектральный анализ, теория цифровых автоматов, логическая математика и численные методы моделирования и преобразования сигналов.

В [АСхП](#) разрабатывают сложные электронные устройства и узлы, в том числе их схемотехнику, для чего широко используют теорию электрических цепей с сосредоточенными параметрами наряду с численными методами решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

В [АКП](#) разрабатываются новые пассивные и активные компоненты, в том числе устройства на распределенных структурах и с использованием новых физических принципов, например, устройства на ПАВ, на приборах с зарядовой связью и др. Для этого широко применяются методы математической физики и физики твердого тела, а также численные методы решения уравнений в частных производных.

Наконец, в [АКТП](#) занимаются конструкторско-технологическим проектированием; здесь используются математические аппараты теории принятия решений, направленных графов, а также многокритериальные подходы к конструированию.

В дальнейшем в нашем курсе будут в основном излагаться вопросы, связанные со вторым и третьим функциональными уровнями, то есть [АФЛП](#) и [АСхП](#), и главным образом с основами компьютерного моделирования

радиоэлектронных узлов и устройств. Заметим, что с пятым уровнем ([АКТП](#)) специалисты нашей кафедры ознакомят вас на старших курсах.

Следует подчеркнуть, что процесс автоматизации проектирования прошел несколько этапов, прежде чем от решения частных задач проектирования разработчики РЭС получили возможность перейти к такому совершенному инструменту для выполнения системного проектирования как системы автоматизированного проектирования (САПР).

Основные принципиальные отличия САПР от методов автоматизации, решающих только частные задачи:

- 1) Возможность **комплексного** решения общей задачи проектирования, например, компьютерное моделирование сложной электронной схемы и далее - решение задачи размещения компонентов и трассировки печатной монтажной платы;
- 2) Реализация **интерактивного** режима проектирования, при котором осуществляется непрерывный процесс диалога “человек – компьютер”;
- 3) Возможность **имитационного моделирования** радиоэлектронных систем и комплексов в условиях работы, близких к реальным;
- 4) Значительное усложнение программного и информационного обеспечения проектирования, а также значительное усложнение технических средств систем автоматизированного проектирования (САПР).

### *Контрольные вопросы*

1. Поясните существующую классификацию радиоэлектронных средств (РЭС) по признаку функциональной сложности.
2. Как Вы понимаете проблему «тирании альтернатив», которая возникает у разработчиков новой техники?

3. Дайте определение термину «автоматизированное проектирование» применительно к радиоэлектронике.
4. Назовите и дайте краткую характеристику пяти функциональным уровням автоматизированного проектирования применительно к радиоэлектронике.