

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

**ВВЕДЕНИЕ В СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ**

Часть I

Учебно-методическое пособие

Составители:
А. В. Тучин, Е. Н. Бормонтов,
К. Г. Пономарев

Воронеж
Издательский дом ВГУ
2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. САПР: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ	7
1.1. Введение	7
1.2. Понятие САПР, цели и задачи	7
1.3. Обеспечение САПР	9
1.4. Классификация САПР	11
1.5. САПР интегральных микросхем	13
1.5.1. Предпосылки развития.....	13
1.5.2. Рождение индустрии САПР ИМС	16
1.5.3. Особенности развития САПР цифровых и аналоговых ИМС	18
1.5.4. Субмикронные технологии.....	19
1.5.5. Нанометровые технологии	20
1.6. Будущее САПР	22
1.7. Вопросы для самопроверки	23
2. ВВЕДЕНИЕ В МЕТОДОЛОГИЮ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	24
2.1. Введение	24
2.2. Исходные данные для проектирования ИМС	24
2.3. Маршрут проектирования ИМС.....	26
2.4. Пример: разработка датчика давления в шинах	32
2.5. Вопросы для самопроверки	35
3. ТИПОВОЙ КОМПЛЕКТ РАЗРАБОТКИ.....	36
3.1. Введение	36
3.2. Функции PDK.....	36
3.3. Представления элементов	37
3.4. Элементы библиотеки PDK	38
3.5. Состав PDK.....	40
3.6. Вопросы для самопроверки	42
4. ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ	43
4.1. Введение	43
4.2. Примеры правил проектирования	43
4.3. Логические операции над слоями	47
4.3.1. <i>AND-функция</i>	48

ВВЕДЕНИЕ

Систем автоматизированного проектирования (САПР) позволяют существенно повысить производительность труда разработчиков в различных сферах производства, за счет переноса сложных вычислений и однотипных операций на компьютер или сервер. Практически весь процесс разработки современных интегральных микросхем осуществляется средствами специализированных САПР. Знание основ работы САПР микросхем позволяет будущим разработчикам быстрее включиться в процесс разработки реальных кристаллов.

В пособии кратко описана история развития систем автоматизированного проектирования микросхем, представлен типовой маршрут проектирования цифровых микросхем, освещены вопросы физической верификации топологии, а также правила разработки цифровых ячеек и цифровых библиотек.

1. САПР: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ

1.1. Введение

В настоящее время практически все конструкторские бюро и дизайн-центры оснащены компьютерами, поэтому реализация идей инженерами с помощью кульмана, карандаша и логарифмической линейки стали неактуальными. Применение программных пакетов, призванных создавать конструкторскую и технологическую документацию, 3D модели и чертежи (систем автоматизированного проектирования, САПР), конструкторами, технологами, архитекторами, исследователями, программистами стало практически повсеместным. Поэтому инженеры-разработчики должны обладать знаниями основ автоматизации проектирования и уметь работать со средствами САПР.

Из этой главы вы узнаете:

- ✓ *Что такое системы автоматизированного проектирования (САПР)*
- ✓ *Области применения САПР*
- ✓ *Цели и задачи САПР*
- ✓ *Классификацию САПР*
- ✓ *В чем отличия между САПР, CAD, CAM, CAE и EDA*
- ✓ *Историю развития САПР интегральных микросхем*
- ✓ *По каким направлениям развиваются САПР*

1.2. Понятие САПР, цели и задачи

Система автоматизированного проектирования — *автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности.* Также для обозначения подобных систем широко используется аббревиатура САПР.

Для обозначений всего спектра различных технологий автоматизации с помощью компьютера в англоязычной литературе используется термин CAx (англ. *computer-aided technologies*). Например, CAD-system (*computer-aided design*) – автоматизированное проектирование, CAE-system (*computer-aided engineering*) – системы автоматизации инже-

нерных расчетов и анализа, CAM-system (*computer-aided manufacturing*) – системы автоматизации технологических расчетов. Русскоязычное понятие САПР более общее и включает специализированные понятия англоязычной литературы.

Важно отметить, что слово “автоматизированный” подчёркивает участие человека в процессе, так как в САПР часть функций выполняет человек, а автоматическими являются только отдельные проектные операции и процедуры.

Драйвером развития САПР стали научно-исследовательские предприятия военно-промышленных комплексов. В США первый аппаратно-программный комплекс для систем противовоздушной обороны был создан в 1947 г. Первая советская САПР была разработана в конце 1980-х гг.

На сегодняшний момент, в большинстве случаев САПР решает задачи автоматизации работ на стадиях проектирования и подготовки производства.

Основная цель создания САПР — повышение эффективности труда инженеров, включая:

- сокращение трудоёмкости проектирования и планирования;
- сокращение сроков проектирования;
- сокращение себестоимости проектирования и изготовления, уменьшение затрат на эксплуатацию;
- повышение качества и технико-экономического уровня результатов проектирования;
- сокращение затрат на натурное моделирование и испытания.

Достижение этих целей обеспечивается путём:

- автоматизации оформления документации;
- информационной поддержки и автоматизации процесса принятия решений;
- использования технологий параллельного проектирования;
- унификации проектных решений и процессов проектирования;
- повторного использования проектных решений, данных и наработок;
- стратегического проектирования;
- замены натуральных испытаний и макетирования математическим моделированием;
- повышения качества управления проектированием;
- применения методов вариантного проектирования и оптимизации.

Именно поэтому предприятия, работающие без САПР или использующие ее в малой степени, становятся неконкурентоспособными, а области применения САПР постоянно расширяются и охватывают сферы энергетики, медицины, микроэлектроники, автопромышленность, дизайн, строительство, научные исследования и многое другое (рис. 1.1).

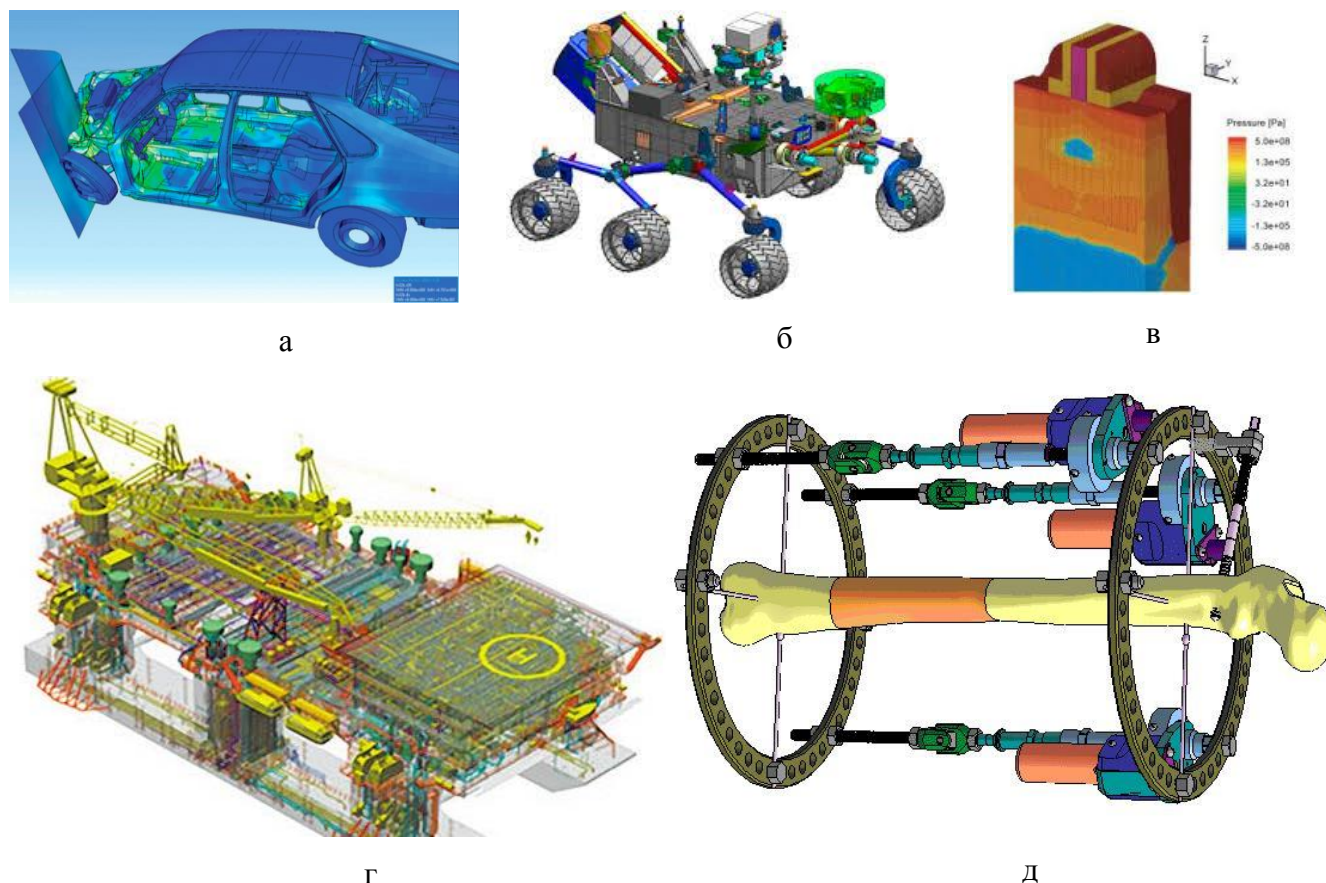


Рис. 1.1. Области применения САПР: а – автомобильная промышленность; б – космос; в – микроэлектроника; г – нефтедобыча; д – медицина

1.3. Обеспечение САПР

Выделяют следующие виды обеспечения САПР:

Техническое обеспечение — совокупность связанных и взаимодействующих технических средств (ЭВМ, периферийные устройства, сетевое оборудование, линии связи, измерительные средства).

Математическое обеспечение, объединяющее математические методы, модели и алгоритмы, используемые для решения задач автоматизированного проектирования.

Программное обеспечение, которое подразделяется на общесистемное и прикладное:

прикладное ПО реализует математическое обеспечение для непосредственного выполнения проектных процедур. Включает пакеты прикладных программ, предназначенные для обслуживания определенных этапов проектирования или решения групп однотипных задач внутри различных этапов;

общесистемное ПО предназначено для управления компонентами технического обеспечения и обеспечения функционирования прикладных программ. Примером компонента общесистемного ПО является операционная система.

Информационное обеспечение — совокупность сведений, необходимых для выполнения проектирования. Состоит из описания стандартных проектных процедур, типовых проектных решений, комплектующих изделий и их моделей, правил и норм проектирования. Основная часть информационного обеспечения САПР — базы данных.

Лингвистическое обеспечение — совокупность языков, используемых в САПР для представления информации о проектируемых объектах, процессе и средствах проектирования, а также для осуществления диалога "проектировщик – ЭВМ" и обмена данными между техническими средствами САПР. Включает термины, определения, правила формализации естественного языка. В лингвистическом обеспечении выделяют класс различного типа языков проектирования и моделирования (VHDL, VERILOG, UML, GPSS).

Методическое обеспечение — описание технологии функционирования САПР, методов выбора и применения пользователями технологических приемов для получения конкретных результатов. Включает в себя теорию процессов, происходящих в проектируемых объектах, методы анализа, синтеза систем и их составных частей, различные методики проектирования.

Организационное обеспечение — совокупность документов, определяющих состав проектной организации, связь между подразделениями, организационную структуру объекта и системы автоматизации, деятельность в условиях функционирования системы, форму представления результатов проектирования.

Эргономическое обеспечение объединяет взаимосвязанные требования, направленные на согласование психологических, психофизиологических, антропометрических характеристик и возможностей человека с техническими характеристиками средств автоматизации и параметрами рабочей среды на рабочем месте.