

## Введение. Этапы возникновения и развития электроники и схемотехники

Электроника — это наука о взаимодействии заряженных частиц (электронов, ионов) с электромагнитными полями и о методах создания электронных приборов и устройств (вакуумных, газоразрядных, полупроводниковых), используемых в основном для передачи, обработки и хранения информации.

Историю развития электроники можно условно разделить на четыре этапа.

Первый этап относится к концу XIX века и связан с открытием электрона и развитием электровакуумной техники и электронных вакуумных ламп. Началом развития ламповой техники принято считать изобретение русским ученым электротехником А.Н. Лодыгиным в 1873 г. электрической лампы накаливания с угольным стержнем.

На базе этого изобретения уже в 1883 г. американский инженер Т.А. Эдисон открыл и описал явление термоэлектронной эмиссии и прохождения электрического тока через вакуум. Русский физик А.Г. Столетов в 1888 г. открыл основные законы фотоэффекта. Важнейшую роль в развитии электроники сыграло открытие русским ученым А.С. Поповым в 1895 г. возможности передачи радиоволн на расстояние. Это открытие дало огромный импульс для развития и внедрения различных электронных приборов в практику. Появился спрос на устройства для генерации, усиления и детектирования электрических сигналов.

Второй этап истории развития электроники охватывает первую половину 20-го века. Этот период характеризуется разработкой и совершенствованием электровакуумных приборов (ЭВП) и систематизированным изучением их физических свойств. В 1904 г. была сделана простейшая *двуэлектродная электронная лампа — диод* для детектирования электрических колебаний в радиотехнике. В 1907 г. изготовлена *трехэлектродная лампа — триод* для усиления электрических сигналов. В России первые образцы ламп были изготовлены в 1914–1915 гг. под руководством Н.Д. Папалекси и М.А. Бонч-Бруевича. Первые электронные лампы сразу нашли применение в области радиосвязи.

В 1918 г. начинает работать Нижегородская радиолaborатория под руководством М.А. Бонч-Бруевича — первое в России научно-

исследовательское учреждение по вопросам радио- и электровакуумной техники. Уже в 1919 г. в лаборатории были изготовлены первые образцы отечественных приемно-усилительных радиоламп, а в 1921 г. разработаны первые мощные электронные лампы с водяным охлаждением. В 1924 г. были изобретены *четырёхэлектродные лампы (тетроды)*, в 1930 г. — *пятиэлектродные (пентоды)*, в 1935 г. — *многосеточные частотно-преобразовательные лампы (гептоды)*.

В 30-х и начале 40-х годов наряду с усовершенствованием обычных ламп были разработаны лампы для дециметровых и сантиметровых волн (магнетроны, клистроны, лампы бегущей волны), применяемые в радиолокации.

*Третий этап* относится к концу 40-х и началу 50-х годов и характеризуется бурным развитием дискретных полупроводниковых приборов. Развитию полупроводниковой электроники предшествовали работы в области физики твердого тела. Большие заслуги изучения физики полупроводников принадлежат школе советских физиков, длительное время возглавляемой академиком А.Ф. Иоффе. Теоретические и экспериментальные исследования электрических свойств полупроводников, выполненные советскими учеными А.Ф. Иоффе, И.В. Курчатовым, В.П. Жузе, В.Г. Лопкаревым и другими, позволили создать стройную теорию полупроводников и определить пути их применения.

Революцию в электронике произвело изобретение в 1947 г. инженерами фирмы Bell Laboratories Джоном Бардиным, Вальтером Бреттейном и Виллиамом Шокли полупроводникового трехэлектродного усилителя — биполярного транзистора. За это открытие все они получили в 1956 г. Нобелевскую премию по физике.

Начался новый виток цивилизации, получивший название «кремниевый век». Первые промышленные образцы полупроводниковых приборов — транзисторов, способных усиливать и генерировать электрические колебания, были предложены в 1948 г. С появлением транзисторов начинается период покорения электроники полупроводниками. Способность транзисторов работать при низких напряжениях и токах позволила уменьшить размеры всех элементов в схемах, открыла возможность миниатюризации радиоэлектронной аппаратуры. В 1958 г. Станиславом Тешнером во Франции был изготовлен первый промышленный полевой транзистор.

Одновременно с разработкой новых типов приборов велись работы по совершенствованию технологических методов их изготовления. 50-е годы знаменуются открытиями в области физики твердого

тела и переходом к квантовой электронике, приведшей к развитию лазерной техники. Большой вклад в развитие этой отрасли науки и техники внесли советские ученые Н.Г. Басов и А.М. Прохоров, удостоенные Ленинской (в 1959 г.) и Нобелевской (в 1964 г.) премий.

*Четвертый этап развития электроники* берет начало в 60-е годы прошлого века. Он характеризуется разработкой и практическим освоением *интегральных микросхем*, совместивших в едином технологическом цикле производство активных и пассивных элементов функциональных устройств. Уровень интеграции больших интегральных схем (БИС) достигает тысяч элементов в одном кристалле. Освоение выпуска больших и сверхбольших интегральных схем позволило перейти к созданию функционально законченных цифровых устройств — микропроцессоров, рассчитанных на совместную работу с устройствами памяти и обеспечивающих обработку информации и управление по заданной программе.

В настоящее время электроника включает в себя 3 области исследований:

- 1) вакуумную электронику;
- 2) твердотельную электронику;
- 3) квантовую электронику.

Каждая область содержит ряд разделов и направлений.

Вакуумная электроника включает направления, связанные с созданием электровакуумных приборов следующих видов:

- электронных ламп (диодов, триодов, тетродов, пентодов и т. д.);
- ЭВП СВЧ (магнетронов, клистронов и т. п.);
- фотоэлектронных приборов (фотоэлементов, фотоэлектронных умножителей), рентгеновских трубок;
- газоразрядных приборов (мощных преобразователей тока, источников света, индикаторов).

Твердотельная электроника содержит следующие основные направления:

- разработка и изготовление различных видов полупроводниковых приборов: полупроводниковых диодов (выпрямительных, смесительных, параметрических, стабилитронов); усилительных и генераторных диодов (туннельных, лавинно-пролетных, диодов Ганна); транзисторов (биполярных и униполярных), тиристоров, оптоэлектронных приборов (светоизлучающих диодов, фотодиодов, фототранзисторов, оптронов, светодиодных и фотодиодных матриц), интегральных схем;

диэлектрическая электроника, изучающая электронные процессы в диэлектриках (в частности, в тонких диэлектрических пленках)

и их использование, например, для создания диэлектрических диодов, конденсаторов;

магнитоэлектроника, использующая магнитные свойства вещества для управления потоками электромагнитной энергии с помощью ферритовых вентилях, циркуляторов, фазовращателей и т. д., и для создания запоминающих устройств, в том числе на магнитных доменах;

акустоэлектроника и пьезоэлектроника, рассматривающие вопросы распространения поверхностных и объемных акустических волн и создаваемых ими переменных электрических полей в кристаллических материалах и взаимодействия этих полей с электронами в приборах с полупроводниково-пьезоэлектрической структурой (кварцевых стабилизаторах частоты, пьезоэлектрических фильтрах, ультразвуковых линиях задержки, акустических усилителях и т. д.);

криоэлектроника, исследующая изменения свойств твердого тела при глубоком охлаждении для построения малошумящих усилителей и генераторов СВЧ, сверхбыстродействующих вычислительных и запоминающих устройств;

разработка и изготовление резисторов.

Квантовая электроника включает направления, связанные с созданием и использованием лазеров и мазеров:

приборов квантовой электроники (лазерные генераторы, дальномеры, квантовые стандарты частоты, квантовые гироскопы, системы оптической многоканальной связи, усилители микроволн мазеры для дальней космической связи и радиоастрономии);

оптоэлектроника использует оптические и электрические методы обработки, хранения и передачи информации, голографию, светоизлучающие диоды, фотоприемники, волоконную оптику, интегральную оптику.

Современный этап развития характеризуется появлением новых перспективных областей и направлений электроники:

наноэлектроника — область науки и техники, связанная с разработкой архитектур и технологий производства функциональных устройств электроники с топологическими размерами элементов, не превышающими 100 нм, а также с изучением физических основ функционирования таких устройств;

графеновая электроника — использующая технологию создания полупроводниковых приборов на графеновой основе (подложке), что позволит в недалеком будущем создавать интегральные схемы из

меньшего количества транзисторов, которые будут выполнять те же функции, что и их устаревшие кремниевые аналоги.

В курсе «Электроника» мы будем изучать в основном твердотельную электронику.

Задачей специалистов в области управления в технических системах, приборостроения и радиоэлектроники является разработка новых электронных устройств. Для этого требуется хорошее знание элементной базы и искусства схемотехники.

Схемотехника — научно-техническое направление, охватывающее проблемы анализа и синтеза электронных устройств радиотехники, связи, автоматики, вычислительной техники в целях обеспечения оптимального выполнения ими заданных функций и расчета параметров входящих в них элементов.

Разработку современных радиоэлектронных устройств и систем управления инженеры выполняют, используя компьютерные программы сквозного проектирования электронных устройств (OrCAD, Proteus, TINA и др.). Эти программы позволяют выполнить разработку схемы устройств, провести анализ работоспособности устройства в различных температурных условиях, выполнить синтез оптимальных параметров, программирование микроконтроллеров, разработать печатные платы и т. д.).

В учебном пособии мы будем использовать моделирование в программной среде TINA, разработанной компанией DesignSoft с участием Texas Instruments. Это позволит наглядно иллюстрировать изучаемые темы и даст студентам эффективный инструмент для экспериментальной проверки расчетов схем и самостоятельных разработок электронных устройств.

С методикой моделирования в программе TINA Вы можете ознакомиться в лабораторном практикуме [2], который уже несколько лет успешно применяется в учебном процессе.

Комплект схем для моделирования можно скачать на сайте издательства [www.techbook.ru](http://www.techbook.ru).