

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с решениями XXVII съезда партии ЦК КПСС и Советом Министров СССР в марте 1986 г. принято постановление «О дальнейшем совершенствовании экономического механизма хозяйствования в агропромышленном комплексе страны». Созданы новые отрасли, обслуживающие сельское хозяйство: машиностроение для животноводства и кормопроизводства, сельское строительство, комбикормовая и микробиологическая промышленность; получило дальнейшее развитие сельскохозяйственное машиностроение.

Эффективное развитие сельского хозяйства возможно на базе новых форм и методов диспетчерского управления с применением на всех уровнях управления — от бригад до областных управлений включительно — современных средств электроники, автоматизации, связи и вычислительной техники.

В сельском хозяйстве сейчас применяют электронную аппаратуру (термометры, влагомеры, измерители жирности молока, толщины жирового слоя животных, лазерные системы для управления землеройными машинами, установки дозированного облучения инфракрасными и ультрафиолетовыми лучами и др.). Наряду с этим развиваются и новые направления в использовании электроники для сельскохозяйственного производства. К ним можно отнести автоматизацию управления технологическими процессами уборочных комбайнов и животноводческих комплексов, регулирование микроклимата в теплицах, создание диагностического оборудования для обслуживания сельскохозяйственной техники, борьбу с вредителями сельского хозяйства, разработку новых приборов для ветеринарных и биологических исследований и других нужд производства и переработки продуктов сельского хозяйства.

Для сельского хозяйства разрабатываются различные оборудование и приборы, в которых используется самая современная электронная техника — микропроцессоры и микроЭВМ, ультразвуковые установки, устройства с использованием криогенной техники, СВЧ-приборы и многие другие традиционные изделия электронной промышленности.

Новые отрасли, вводимые в сельское хозяйство, требуют новых специалистов, способных обслуживать сложные установки и аппараты, большинство из которых требуют от работников практических и теоретических знаний из области электроники.

Основные даты открытий и изобретений в электронике.

1800 г. — итальянский ученый А. Вольта создал первый электрохимический источник постоянного тока.

1872 г. — создание русским ученым А. Н. Лодыгиным лампы накаливания.

1887 г. — силами многих ученых мира открыто явление термоэлектронной эмиссии.

1888 г. — русский ученый, профессор Московского университета, А. Г. Столетов открыл явление фотоэлектронной эмиссии.

1895 г. — русским ученым А. С. Поповым осуществлены передача и прием радиосигналов. Открытие радио явилось стимулом дальнейшего бурного развития радиоэлектроники.

1904 г. — английский ученый Д. Флеминг сконструировал простейшую электронную лампу — вакуумный диод, который использовался в радиотехнике в качестве детектора радиосигналов.

1907 г. — американский инженер Ли де Форест сконструировал электронную лампу с тремя электродами — вакуумный триод, который использовался для усиления электрического сигнала по мощности.

1907 г. — русский ученый Б. Л. Розинг, автор системы телевидения с электронно-лучевой трубкой, осуществил в 1911 г. первую в мире передачу информации по этой системе.

1913 г. — немецким ученым А. Мейснером изобретен ламповый генератор синусоидальных колебаний.

1914 г. — русские ученые Н. Д. Палалекси и М. А. Бонч-Бруевич независимо друг от друга изготовили первые электронные лампы в России.

1918 г. — начало развития электроники в СССР с момента подписания В. И. Лениным декрета «О централизации радиотехнического дела» 21 июня 1918 г. В этом же году М. А. Бонч-Бруевич разработал ламповую схему триггера, используемого впоследствии в качестве основного элемента для запоминания двоичного цифрового кода.

1919 г. — американскими специалистами У. Икклзом и Ф. Джорданом независимо от М. А. Бонч-Бруевича разработана схема триггера на лампах.

1922 г. — советский инженер О. В. Лосев обнаружил возможность получения усиления по мощности электрических колебаний с помощью полупроводникового кристаллического диода.

30-е годы XX столетия — выделение электроники в самостоятельную науку. В это время созданы электронный микроскоп, термоэлектронный генератор, лампы с тремя сетками (пентоды), комбинированные лампы (в одной колбе два комплекта электродов), передающие и приемные телевизионные трубки и др.

1945 г. — американские ученые Дж. В. Моучли и Д. П. Эккерт завершили постройку первой электронной вычислительной машины (ЭВМ) ЭНИАК (ENIAC — Electronic Numerical Integrator and Computer — электронный цифровой интегратор и вычислитель). Эта машина содержала свыше 18 тыс. электронных ламп и

1,5 тыс. реле и потребляла мощность около 150 кВт. Появление электронных вычислительных машин послужило стимулом для совершенствования полупроводниковых электронных приборов.

1948 г. — американские исследователи Д. Бардин и В. Браттейн создали германиевый точечный транзистор, пригодный для усиления и генерирования электрических колебаний.

1952 г. — под руководством академика С. А. Лебедева в СССР изготовлена первая электронная вычислительная машина типа БЭСМ (быстродействующая электронная счетная машина).

1955 г. — Н. Г. Басов и А. М. Прохоров — советские ученые, основоположники квантовой электроники — создали первый квантовый генератор — лазер.

1958—1960 гг. — первые разработки в СССР интегральных микросхем.

70-е годы XX столетия — разработка больших интегральных микросхем со степенью интеграции 10^2 — 10^5 элементов в кристалле и минимальным размером элементов от 100 до 3 мкм; появление первых микропроцессоров.

80-е годы XX столетия — разработка сверхбольших интегральных схем и микропроцессоров со степенью интеграции 10^4 — 10^6 элементов в кристалле и минимальным размером элементов 1—0,1 мкм; широкое внедрение персональных ЭВМ.

Глава I. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

1.1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Электроника — это наука о взаимодействии электронов с веществами и электромагнитными полями и о методах создания электронных приборов и устройств, используемых в основном для получения, усиления, преобразования, запоминания и измерения параметров электрического сигнала.

Элементная база электроники — это отдельные детали или модули, представляющие собой предварительно собранные из отдельных деталей схемы неразъемных соединений. Элементную базу принято разделять на три группы элементов: — активные, преобразующие и пассивные.

Активными элементами называются электронные приборы, с помощью которых можно получить усиление электрического сигнала по мощности. Такими элементами служат транзисторы, электровакуумные и газоразрядные приборы, некоторые типы полупроводниковых диодов (туннельный диод) и тиристоры.

Преобразующими элементами называются приборы, которые служат для преобразования сигнала одного вида энергии в сигнал другого вида либо в тот же самый, но с другими значениями параметров преобразуемого сигнала. В качестве преобразующих элементов могут быть электронно-лучевые трубки (ЭЛТ), которые преобразуют электрический сигнал в световой, выпрямительный диод, преобразующий синусоидальный сигнал в пульсирующий, и др.

Пассивными элементами называются приборы, которые служат для задания определенного режима работы активных и преобразующих элементов. Пассивными элементами являются резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности (дроссели), трансформаторы и др.

Резисторы вводят в электронные схемы для ограничения тока через активный элемент, создания нагрузки полезному сигналу или для осуществления обратной связи и т. д. Конденсаторы служат для разделения переменного сигнала от постоянных напряжений питания электронных схем, сглаживания пульсации выпрямленных сигналов, задания временных задержек и т. д. Трансформаторы, так же как конденсаторы, предназначены для разделения переменного сигнала от постоянных напряжений питания, а также в качестве

согласующих устройств между каскадами многокаскадных усилителей.

Следует отметить, что причисление какого-либо элемента к одной из трех групп прежде всего определяется той функцией, которую он конкретно выполняет. Например, транзистор, используемый по прямому назначению, будет выполнять функцию активного элемента, а в диодном включении — преобразующего. В качестве преобразующего элемента транзистор используется реже, поэтому его относят, как правило, к активным элементам. Другим отличительным признаком служит конечная цель в использовании данного элемента. Например, конечной целью использования трансформатора является согласование режима между цепями: сети и напряжения питания электронной аппаратуры (сетевой трансформатор), каскадами электронного усилителя (трансформатор межкаскадной связи), оконечным каскадом и исполнительным устройством (выходной трансформатор) и т. д. В процессе получения нужного согласования между цепями трансформатор выполняет преобразование напряжения одной амплитуды в напряжение другой. Но процесс преобразования напряжения не является конечной целью, поэтому трансформатор относится к группе пассивных элементов. То же можно сказать об электронно-лучевой трубке. До преобразования электрической энергии сигнала в световую этот сигнал внутри трубки усиливается по мощности. Однако по признаку конечной цели он относится не к группе активных, а к группе преобразующих элементов. Начиная с прошлого века были открыты и продолжают открываться явления, природа которых обусловлена взаимодействием свободных электронов с электромагнитным полем и веществом. К таким явлениям относятся:

испускание электронов раскаленным телом под воздействием электрического поля (термоэлектронная эмиссия); испускание электронов веществом под воздействием светового облучения (фотоэффект); испускание света под воздействием электронов (люминесценция); ионизация разряженного газа при прохождении потока быстро движущихся электронов, сопровождающаяся резким увеличением электрической проводимости среды (газоразрядное явление);

наличие двух типов электропроводности полупроводников (электронной и дырочной) в зависимости от преобладания того или другого вида носителей заряда (электронов или дырок);

существование на границе электронного и дырочного полупроводников переходного слоя, обладающего электрической проводимостью, зависящей от направления тока;

изменение направления ориентации молекул и атомов жидких кристаллов под воздействием электромагнитного поля (эффект Фредерикса).

Перечисленные и многие другие явления хорошо изучены и нашли практическое применение в электронике в виде электронных приборов.

Электронными приборами называются приборы, в которых проводимость осуществляется посредством электронов или ионов движущихся в вакууме, газе или полупроводнике.

Электронные приборы представляют собой изделия, которые не имеют самостоятельного независимого применения. Их используют в качестве составных частей аппаратуры, не подлежащих сборке, разборке и ремонту в процессе производства и эксплуатации.

Для выполнения функций электроники электронные приборы вместе с пассивными элементами (резисторами, конденсаторами, дросселями, трансформаторами) и сборочными единицами (разъемами, выключателями, панелями и печатными платами и т. д.) объединяют определенным образом в электронные схемы устройств.

Задачи, выполняемые электронными приборами в схемах электронных устройств, чрезвычайно многообразны, однако все они сводятся к преобразованию или усилению электрических сигналов по мощности. В связи с этим электронные приборы относятся, как правило, к активной либо преобразующей группе элементной базы электроники. Необходимо отметить, что решить задачи усиления и преобразования сигнала можно не только с помощью электронных приборов. Например, усилить сигнал по мощности можно с помощью магнитного, электромашинного, гидравлического либо пневматического усилителей. Такие усилители и составляющие их элементы к электронике не имеют отношения, и их принцип действия изучается в соответствующих дисциплинах.

1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ

Классификация современных электронных приборов по их назначению, физическим свойствам, основным электрическим параметрам, конструктивно-технологическим признакам, роду исходного материала находит отражение в системе условных обозначений их типов.

Электроника — одна из самых бурно развивающихся наук. Каждый год выпускаются новые электронные приборы и вместе с ними возникают новые классификационные группы. Поэтому включить все имеющиеся электронные приборы в состав изучаемых в данной книге не представляется возможным. По основным конструктивным и функциональным признакам электронные приборы можно расположить по схеме, представленной на рис. 1.1.

Электронные приборы составляют три класса приборов: электровакуумные, фотоприборы и полупроводниковые. Каждый класс состоит из подклассов. Например, электровакуумные приборы содержат подклассы: вакуумные, газоразрядные, ЭЛТ и приборы с внешним фотоэффектом.



Электронные приборы



Рис. 1.1. Классификация электронных приборов

Необходимо отметить, что подкласс приборов с внешним фотоэффектом входит одновременно в два класса: электровакуумные и фотоприборы. А подкласс приборов с внутренним фотоэффектом входит в класс фотоприборов и полупроводниковых приборов. Это связано с тем, что по принципу действия и конструкции такие приборы представляют оба класса. В схему рис. 1.1 не вошли многие типы приборов, которые по своим конструктивно-функциональным признакам принадлежат одному из трех классов, но являются приборами не столь широкого применения.

Понятно, что не все приборы, помещенные в схему рис. 1.1, пользуются одинаковым спросом в народном хозяйстве. На смену ламповым (вакуумным и газоразрядным) пришли полупроводниковые приборы, по многим параметрам превосходящие ламповые. Успехи полупроводниковой технологии, достигнутые за последние 25 лет, привели к возникновению новой быстроразвивающейся элементной базы электроники — интегральных микросхем.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется электроникой?
2. Что составляет элементную базу электроники?
3. Приведите примеры активных, преобразующих и пассивных элементов.
4. Дайте определение электронных приборов.
5. Можно ли отнести обыкновенный трансформатор к электронным приборам?
6. В чем отличие электронных приборов от электронных устройств?
7. Перечислите основные признаки классификации электронных приборов.
8. Из каких основных подклассов состоят электронные приборы?
9. Используя общее определение электронных приборов, дайте определение электровакуумного, фотоприбора, полупроводникового приборов.

Глава 2. ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

2.1. ДЕЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВ НА ТРИ КЛАССА

Как известно из курса физики, атом состоит из положительно заряженного ядра и вращающихся вокруг него отрицательно заряженных электронов. Электрон представляет собой элементарную частицу материи с массой покоя $m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг и элементарным отрицательным зарядом, абсолютное значение которого $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Ядро атома состоит из протонов и нейтронов. Протон обладает массой, примерно в 1842 раза большей массы электрона, и элементарным положительным зарядом q . Нейтрон обладает