

# **Лекция1**

## **Введение, роль элементной базы. Общая классификация ЭКБ и области ее применения.**

### **Введение**

Современная электроника стала одним из важнейших направлений научно-технического прогресса в мире. Создание больших и сверхбольших интегральных микросхем, микропроцессоров и микропроцессорных систем позволило организовать массовое производство электронных вычислительных машин и компьютеров высокого быстродействия, различных видов электронной аппаратуры, систем и устройств управления технологическими процессами, систем связи, экспертных, контролирующих и других систем.

Электроника — это отрасль науки и техники, связанная с исследованиями, разработкой, изготовлением и применением электронных, ионных и полупроводниковых устройств.

### **Основные этапы развития радиоэлектроники**

В истории развития электроники можно выделить четыре основных этапа: электронных ламп (с 1904 г.), транзисторов (с 1947 г.), интегральных схем (с 1958 г.), функциональных устройств с использованием объемных эффектов (с 1980 г.), и четыре главные области применения: электросвязь, радиоэлектронная аппаратура широкого применения, вычислительная техника и промышленная электроника.

**Электросвязь** охватывает следующие направления техники: радиосвязь, радиовещание, телевидение, звуковое вещание, автоматическую электросвязь, многоканальную электросвязь, радиорелейную, космическую, волоконно-оптическую и сотовую связи. В сфере телекоммуникаций прогнозируется, что в ближайшем будущем 80% систем связи перейдут на цифровые стандарты, произойдет существенный скачок в развитии микросотовой персональной телефонии, на которую будет приходиться до 15% мирового рынка мобильной связи. Это обеспечит повсеместную возможность приема и передачи информации любых форматов и объемов.

К **радиоэлектронной аппаратуре** относят: радиоприемники, телевизоры, магнитофоны, радиолы, магнитолы, музыкальные центры, устройства бытовой автоматики, электронные часы, электронные игрушки и др.

**Вычислительная техника** связана с разработкой и применением электронно-вычислительных машин, автоматизированных систем управления, систем автоматизированного проектирования, автоматизированных информационных, обучающих и контролирующих систем, гибких автоматизированных производств и др. Специалисты

прогнозируют, что в ближайшие годы ожидается создание и широкое распространение карманных компьютеров, рост использования супер ЭВМ с параллельной обработкой информации.

**Промышленная электроника** включает электротехническое и энергетическое оборудование, устройства электропитания, станки с числовым программным управлением, аппаратуру автоматики, телеуправления, телеметрии, радиолокации и радионавигации, измерительную аппаратуру, лазерную технику, ядерную электронику, медицинскую аппаратуру, биологическую электронику и др.

Существуют направления развития электроники, в которых в качестве классификационных признаков выступают: специфика технологии производства, особенности использования электронных устройств, технические решения и характеристики электронных приборов и узлов и др. Среди современных направлений электроники можно назвать микроэлектронику, информационную и функциональную (в том числе молекулярную) электроники.

**Микроэлектроника** продолжает развиваться быстрыми темпами как в направлении совершенствования полупроводниковой интегральной технологии, так и в направлении использования новых физических явлений.

В **интегральной микроэлектронике** используется принцип дискретной электроники, основанный на разработке электронной схемы по законам теории цепей. Этот принцип связан с ростом числа элементов микросхемы и межэлементных соединений по мере усложнения выполняемых ею функций. Однако повышение степени интеграции микросхем и связанное с этим уменьшение размеров элементов (уже достигнут топологический уровень меньше 10нм) имеет определенные пределы. К тому же интеграция свыше сотен тысяч элементов на одном кристалле оказывается технологически трудно выполнимой и не всегда экономически целесообразной.

**Функциональная микроэлектроника** предполагает принципиально другой подход: получение специальных сред с наперед заданными свойствами, основываясь непосредственно на физических явлениях в таких материалах, как сверхпроводники, сегнетоэлектрики, материалы с фотопроводящими свойствами, аморфные материалы, органические полупроводники и др. Для обработки информации используют оптические и магнитные явления в диэлектриках, закономерности распространения ультразвука, эффект накопления и переноса зарядов в приборах с зарядной связью, явления, основанные на квантовых когерентных свойствах — эффект Джозефсона и др.

Реализация элементов на указанных свойствах позволяет получить приборы со сложным схемотехническим или системотехническим функциональным назначением.

В функциональной микроэлектронике успешно используют явления, связанные с изменением структуры тел на молекулярном уровне. Эти явления привели к возникновению нового направления — молекулярной электроники и биоэлектроники, в которых электронные элементы и устройства организованы на уровне отдельных молекул и их комплексов. К этому направлению относят также фазовые переходы в твердых телах и жидких кристаллах, приводящие к резким изменениям электрических, магнитных и оптических свойств и высокой чувствительности к внешним воздействиям, что позволяет легко осуществлять ряд операций по управлению и преобразованию потоков информации в различных функциональных устройствах.

В настоящее время ведутся большие исследования в различных направлениях биоэлектроники, результаты которых показывают, что использование явлений живой природы может привести к новой научно-технической революции в этой области техники. Прогнозируется начало выпуска биокомпьютеров, встраиваемых в живые организмы.

### **Электронные приборы для создания устройств РЭА**

Современное структурное и схемное проектирование основано на использовании мощных силовых элементов, аналоговых и цифровых микросхем, номенклатура которых чрезвычайно разнообразна. Однако в любом устройстве можно выделить основные электронные приборы, на которых они построены.

Среди них выделим:

- электронные электровакуумные приборы (электронные лампы, электронно-лучевые трубки: осциллографические кинескопы, дисплеи и др.);
- ионные электровакуумные или газоразрядные приборы, принцип действия которых основан на взаимодействии электронов с ионной плазмой (тиратроны, игнитроны, ионные разрядники, газоразрядные стабилитроны);
- полупроводниковые приборы, у которых движение зарядов происходит в твердом теле полупроводников.

Основными классами полупроводниковых приборов являются:

- диоды, биполярные и полевые транзисторы, тиристоры, фотоэлектронные и оптоэлектронные приборы;
- приборы, выполненные в виде интегральных микросхем разной степени интеграции и представляющие собой совокупность нескольких взаимосвязанных компонентов (транзисторов, диодов, резисторов и др.), изготовленных в едином технологическом цикле на полупроводниковых или диэлектрических подложках.

В зависимости от физической природы сигналов на входах и выходах различают четыре вида приборов преобразователей сигналов:

- электропреобразовательные приборы, у которых электрические сигналы на входах и выходах;
- электросветовые приборы, у которых под воздействием входных электрических сигналов на выходах формируются световые сигналы;
- фотоэлектрические приборы, преобразующие входные световые сигналы в электрические;
- термоэлектрические приборы, у которых тепловые сигналы на входах и электрические на выходах.

В зависимости от формы сигналов, обращающихся в устройствах, различают аналоговые, импульсные, цифровые устройства и их комбинации.

### **Основные типы устройств РЭА**

Основными типами аналоговых устройств являются: автогенераторы гармонических колебаний и релаксационные генераторы, микрофоны, умножители (делители) и преобразователи частоты, модуляторы, демодуляторы (модемы), детекторы, усилители, в том числе операционные.

К импульсным устройствам относят функциональные узлы, предназначенные для формирования импульсных сигналов, изменения их параметров и выполнения над сигналами таких операций преобразования, как интегрирование, дифференцирование, задержки по времени, изменение формы, длительности и др.

Функциональные узлы, предназначенные для выполнения различных операций над объектами информации в виде цифровых сигналов, относят к цифровым устройствам.

Интенсивное развитие электроники продолжается и в настоящее время. Обновляется ее компонентная база, разрабатываются новые электронные устройства. Для их освоения и грамотного использования необходима достаточно глубокая теоретическая подготовка. Специалисты различных направлений должны иметь представление об используемой базе и принципах работы аналоговых, цифровых и программируемых устройств электроники.

### **Элементная база радиоэлектроники**

Под элементной базой радиоэлектроники подразумевается совокупность электрорадиоэлементов, применяемых в электронных устройствах и служащих для распределения, переключения, преобразования электрических сигналов. Каждый элемент представляет из себя отдельное изделие с регламентируемыми стандартом параметрами.

В последнее время термин «элемент» все чаще заменяют на термин «компонент». Это связано с появлением интегральных полупроводниковых микросхем, имеющих сложные функциональные назначения, но объединяющие сотни и тысячи пассивных и активных ячеек в одном изделии.

Пассивные элементы, как правило, осуществляют коммутацию, накопление электрических зарядов, оказывают сопротивление прохождению электрического тока и магнитного потока.

Активные элементы осуществляют активный процесс преобразования сигналов: выпрямления, усиления, изменения частоты и т.д.

Электрорадиоэлементы после их объединения в некоторое единое целое образуют принципиальную схему сложных, функционально законченных устройств. Однако при практической реализации принципиальной схемы любого устройства, необходимо рассмотреть и определить требования к тем значениям напряжений, токов, рассеиваемых мощностей или температурным режимам, при которых не будет нарушена работоспособность реальных деталей и компонентов схемы, и выбрать те компоненты, которые удовлетворяли бы реально существующим условиям работы устройства.

Правильное определение требований к параметрам компонентов, используемых в схемах, имеет большое значение. Недооценка предельных режимов реальной эксплуатации компонента схемы может привести к его преждевременному выходу из строя, которое повлечет, как это чаще всего и бывает на практике, дальнейшие неполадки в устройстве. Использование же компонентов, рассчитанных на гораздо более тяжелые, чем существуют в реальности, условия эксплуатации, приведет к неоправданному увеличению себестоимости аппаратуры и излишним расходам, большая часть которых могла бы быть потрачена на гораздо более полезные усовершенствования устройства. Способность правильно оценивать требования, предъявляемые к компонентам схем, определяется знанием тех предельных условий эксплуатации, при которых еще сохраняется их работоспособность (это касается электрических, тепловых или механических воздействий), а также знанием несовершенств (слабых мест) каждого из основных видов компонентов. (Не существует радиокомпонентов с идеальными свойствами, просто одни из них имеют меньшее количество плюсов и минусов, а другие большее.)

### **Классификация радиокомпонентов**

Систематизация электронных компонентов нужна для того, чтобы радиотехник, инженер электроник могли свободно ориентироваться в подборе радиодеталей для создания и ремонта плат радиотехнических устройств. Классификацию наименований и видов радиодеталей производят по трём направлениям:

- ВАХ;
- способ монтажа;
- назначение.

ВАХ Аббревиатура из трёх букв ВАХ расшифровывается как вольт-амперная характеристика. ВАХ отражает зависимость тока от напряжения, протекающего в каком-либо радиокомпоненте. Характеристики выглядят в

виде графиков, где по ординате откладывают значения силы тока, по абсциссе отмечают величину напряжения.

По форме графика радиокомпоненты разделяют на пассивные и активные элементы.

### Пассивные

Радиодетали, чьи характеристики выглядят в виде прямой линии, называют линейными или пассивными радиоэлементами. К **пассивным** деталям относятся:

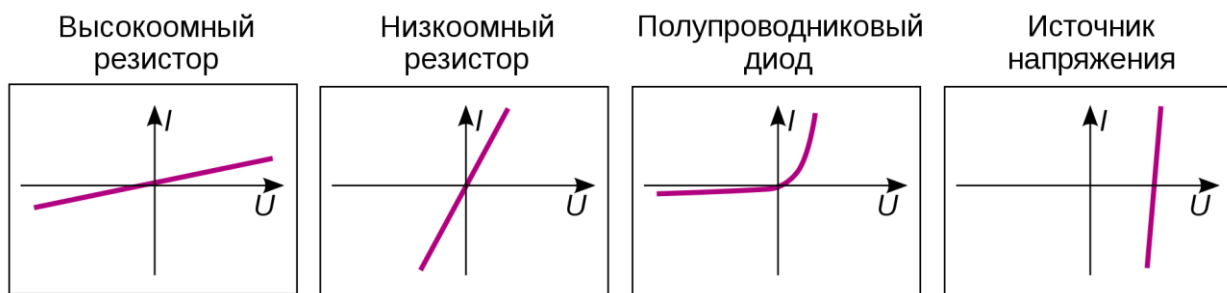
- резисторы (сопротивления);
- конденсаторы (ёмкости);
- дроссели; реле и соленоиды;
- индуктивные катушки;
- трансформаторы;
- кварцевые (пьезоэлектрические) резонаторы.

### Активные

К элементам с нелинейной характеристикой относятся:

- транзисторы;
- тиристоры и симисторы;
- диоды и стабилитроны;
- фотоэлектрические элементы.

Характеристики, выраженные на графиках изогнутой функцией, относятся к нелинейным радиоэлементам.



### Способ монтажа

По способу монтажа их делят на три категории:

- установка методом объёмной пайки;
- поверхностный монтаж на печатные платы;
- соединения с помощью разъёмов и цоколей.

### Назначение

По своему назначению радиоэлементы можно разбить на несколько групп:

- функциональные детали, закреплённые на платах (вышеперечисленные компоненты);
- устройства отображения, к ним относятся различные табло, индикаторы и прочее;
- акустические устройства (микрофоны, динамики);
- вакуумные газоразрядные: электронно-лучевая трубка, октоды, лампы бегущей и обратной волны,
- светодиоды и ЖК экраны; термоэлектрические детали – термопары, терморезисторы.

**Радиодетали**- электронные компоненты, собираемые в аналоговые и цифровые устройства: телевизоры, измерительные приборы, смартфоны, компьютеры, ноутбуки, планшеты. Если ранее детали изображались приближенно к их натуральному виду, то сегодня используются условные графические обозначения радиодеталей на схеме, разработанные и утвержденные Международной электротехнической комиссией.

### Маркировка радиодеталей

Важно понимать маркировку радиодеталей. На корпус элемента наносят информацию о его характеристики. Например, мощность резистора обозначают цифрами или цветовыми полосами. Обозначение на схемах радиоэлементов выглядит в виде графических фигур. Так, например, резистор изображают вытянутым прямоугольником с рядом расположенной буквой «R» и порядковым номером. «R15» означает, что резистор по схеме является 15-м по счёту. Тут же прописывают величину рассеиваемой мощности сопротивления. Особое внимание нужно уделить обозначению на микросхемах. К примеру, можно рассмотреть микросхему КР155ЛА3. Первая буква «К» означает широкую область применения. Если будет стоять «Э», то это экспортное исполнение. Вторая литера «Р» определяет материал и тип корпуса. В данном случае это пластмасса. Единица – это тип детали, в примере это полупроводниковая микросхема. 55 – порядковый номер серии. Последующие буквы выражают логику И-НЕ.

### Эволюция маркировки электронных компонентов

Цифробуквенная маркировка электронных компонентов используется в отрасли с давних времен. А началось все с электровакуумных ламп. В 1944 году две американские отраслевые ассоциации – **Radio Manufacturers Association (RMA)** и **National Electrical Manufacturers Association (NEMA)** – создали **Joint Electron Tube Engineering Council (JETEC)**. В обязанности этого Совета входила координация маркировки электровакуумных ламп. Тогда и появилась маркировка (рисунок 1), состоящая из нескольких букв и цифр (**6AL5**, **6J6**, **6SL7** и так далее), несущая информацию и о функциональном назначении, и о некоторых параметрах ламп.



Рис. 1. Маркировка электровакуумной лампы

Спустя 14 лет, в 1958 году, буква “Т” (Tube) в аббревиатуре Совета была заменена на “D” (Device), отразив наступление эры полупроводников. И уже в 1960 году была принята система маркировки полупроводниковых диодов **EIA370**, состоявшая из префикса **1N** и порядкового номера (**1N4007**, **1N4148**, ...). JEDEC стала «законодателем» маркировки дискретных полупроводников на американском континенте. Европейская система обозначения **Pro Electron** появилась в 1966 году. По ней условное обозначение формировалась из двух или трех букв, характеризующих тип материала и функциональное назначение компонента, и порядкового номера (**BC358**, **BY399**, **BAV99**, ...). Примерно тогда же японский Институт Промышленных Стандартов (Japanese Industrial Standards) выпустил стандарт JIS-C-7012, установивший привычное обозначение японских транзисторов (**2SAxxxx**, **2SCxxxx**, **2SKxxxx**, ...).

Нет ничего удивительного, что система обозначения полупроводниковых дискретов унаследовала принципы, заложенные в маркировку электровакуумных ламп. При правильном выборе символов такая система была бы способна отображать определенные характеристики приборов и помогать в их оперативной идентификации. Однако массовое производство полупроводников и в первую очередь – микросхем, функциональное многообразие которых на порядки превышало многообразие диодов и транзисторов, поставило крест на благом намерении гармонизировать систему обозначений полупроводниковых приборов. В странах Запада, да и в Японии, при всей приверженности к порядку, вторым препятствием стала рыночная экономика и быстро растущее число производителей полупроводников, которые ни в коей мере не хотели тратить время и ресурсы на согласование наименований своих изделий с конкурентами, пусть и внутри одной



страны. Таким образом началу 70-х система JEDEC в определенной мере продолжала действовать в США для дискретных полупроводников, а обозначение микросхем общего назначения стало формироваться в соответствии с принципами, выбранными для этого частными компаниями-производителями. Именно тогда сложился шаблон обозначения американских ИС, которого придерживается большинство компаний:

- префикс из двух-трех букв обозначал принадлежность к конкретному производителю и, зачастую, функциональное назначение;
- 3-4 цифры были порядковым номером разработки (первая цифра могла характеризовать и температурный диапазон);
- суффикс из 1-2 букв характеризовал некий параметр, температурный диапазон или тип корпуса.

Первая часть маркировки (**префикс**) выполняет две функции, и для **европейских** производителей эта часть маркировки даёт некоторую базовую информацию о типе устройства. Она чем-то похожа и берёт истоки у маркировки вакуумных ламп, но применительно к твердотельным устройствам первая буква указывает на тип используемого полупроводникового материала или тип интегральной схемы:

<i>Первый символ</i>	<i>Тип элемента</i>
A	Германий
B	Кремний
C	Арсенид галия
F	Интегральная логическая схема
R	Фотоэлемент
S	Цифровая интегральная схема
T	Линейная интегральная схема

Вторая буква указывает тип устройства

<i><b>Второй символ</b></i>	<i><b>Тип прибора</b></i>
A	Сигнальный диод
B	Варикап
C	Маломощный транзистор для аудио
D	Мощный транзистор для аудио
E	Туннельный диод
F	Маломощный высокочастотный транзистор
L	Мощный высокочастотный транзистор
P	Фототранзистор
S	Транзистор для ключевых схем
T	Тиристор
Y	Фильтр
Z	Стабилитрон

Заметим, что элементы для промышленных применений имеют в маркировке три буквы.

Для примера, BC550 представляет собой небольшой кремниевый транзистор для аудио или других низкочастотных приложений, в то время как BF181 представляет собой маломощный кремниевый транзистор для использования на радиочастотах.

Простые полупроводники **американских производителей** маркируются по системе JEDEC (Joint Electron Devices Engineering Council) и имеют префикс, состоящий из цифры, за которой следует буква N . Цифра на единицу меньше количества выводов, которое имеет устройство, что на практике означает 1 — для диодов и стабилитронов (т.е. два вывода), «2» для обычных транзисторов и «3» или более для специальных устройств, таких как двухзатворные МОП-транзисторы и прочее.

Таким образом, 1N4148 является устройством, которое имеет два вывода, что обычно означает диод. Это на самом деле небольшой диод, но эта информация не отображается в маркировке типа JEDEC, которая получается менее информативна, чем европейская Pro Electron.

Сейчас не часто встречается маркировка **японской** системы JIS (Японские промышленные стандарты), но первая цифра в ней снова является числом, которое на один меньше, чем количество выводов у элемента. Затем следуют две буквы, которые идентифицируют общий тип устройства:

Маркировка	Тип устройства
SA	Высокочастотный <i>PNP</i> транзистор
SB	Высокочастотный <i>NPN</i> транзистор
SC	<i>PNP</i> транзистор для аудио
SD	<i>NPN</i> транзистор для аудио
SE	Диод
SJ	P-канальный полевой транзистор (в том числе и MOSFET)
SK	N-полевой транзистор (в том числе и MOSFET)
SR	Фильтр

Как нетрудно заметить, для обычных типов транзисторов первые две цифры всегда получаются «2S» и, возможно, они немного бесполезны, поэтому эти две цифры часто опускаются при маркировке элементов.

### Исключения

Большинство электронных компонентов маркируются согласно перечисленным стандартным методам. Но бывают и исключения, показанные на рисунках



Здесь префикс TIP этого силового транзистора указывает, что он является мощным транзистором в пластиковом корпусе от Texas Instruments. Однако впереди производитель нанёс логотип MOSPEC, поэтому префикс стал вторым элементом маркировки.

Такое часто встречается в маркировке интегральных микросхем, где к стандартной маркировке типа производитель добавляет свою кодировку.



Эта интегральная схема имеет обозначение «LM» в качестве префикса, что указывает на то, что это изделие фирмы National Semiconductor.

Как несколько примеров: префиксы «CA» и «MC» используются соответственно фирмы KCA и Motorola. Из-за того, что один и тоже элемент может выпускаться разными производителями и маркироваться по-своему, возникают трудности с идентификацией элементов.

При просмотре каталога интегральных микросхем, вероятно, лучше всего **игнорировать префикс** и сосредоточиться на двух других элементах маркировки. Тем более, что часто поставщики компонентов не гарантируют поставку устройств от конкретных производителей. Если вы заказываете (скажем) MC1458CP, но вам прислали CA1458E, или наоборот, нет повода беспокоиться. Обе микросхемы являются 1458 — двойными операционными усилителями, и нет никакой практической разницы между ними. MC1458CP производится Motorola или Texas Instruments, а CA1458E — фирмой RCA.

### **Отечественная система обозначения полупроводниковых приборов.**

Отечественная система обозначения полупроводниковых приборов была принята еще в СССР. Не секрет, что большинство электронных компонентов, производимых в СССР, имели зарубежные прототипы, но их обозначения в нашей стране всегда были уникальными. И если эта уникальность для электровакуумных ламп, полупроводниковых диодов и транзисторов не слишком выделялась на

фоне обозначений по системе JEDEC, то единая система обозначений для микросхем была очень информативной и удобной.

Первый норматив по условным обозначениям отечественных полупроводниковых микросхем **НПО.034.000** появился в 1968 году (то есть «вполне на уровне» европейской системы ProElectron). Спустя пять лет он был «прописан» в стандарте ГОСТ 18682-72. В 1980 году появилась и просуществовала 20 лет привычная для большинства российских электронщиков система обозначения микросхем по ОСТу 11.073.915-80. Государственное управление электронной промышленностью СССР, выразившееся в создании в 1965 году соответствующего министерства (МЭП), предполагало и централизованную систему отраслевой стандартизации. Обязанность по формированию условных обозначений полупроводниковых приборов (включая ИС), была возложена на созданное в 1968 году зеленоградское ЦКБ «Дейтон». Справочники под редакцией руководителей этой организации Б.В.Тарабрина и С.В.Якубовского были одними из немногих качественных источников информации о характеристиках полупроводниковых приборов советской поры.

Советская система условных обозначений микросхем отличалась продуманностью и наглядностью. Особенно хорошо это видно на примере микросхем логики. Так, типовые западные микросхемы, как 74-й, так и 4000-й серий содержали просто порядковый номер разработки, а также признак используемой технологии – **74LSxxx** (маломощная Шоттки) или **74АСxx** (быстродействующая КМОП для более поздних клонов), и суффикс, обозначающий тип корпуса. Обозначение аналогичной отечественной логики было гораздо более информативным (рисунок 2):



Рис. 2. Обозначение микросхем логики отечественного производства

### Префикс

1a – буква «Э» обозначала экспортное исполнение (дюймовый шаг выводов). Встречалась редко.

1b – буква «К» говорила о предназначении для гражданской продукции. В микросхемах военного и космического применения отсутствовала.

1с – буква, характеризующая исполнение корпуса для ИС гражданского назначения: «Р» – dip, «Ф» – soic, «М» – керамика, «А» – планарный и так далее.

## Серия

2а – технология изготовления: «1», «5» или «6» – монолитная ИС, «2», «4» или «8» – гибридная ИС, «7» – чип-исполнение (бескорпусное), «3» – иные ИС.

2b – в более поздней 4-хзначной нотации обозначала сферу применения: «0» – бытовая техника, «1» – аналоговые схемы, «4» – операционные усилители, «5» – цифровые схемы, «6» – память, «8» – микропроцессоры.

2с – собственно номер серии.

## Функциональная группа

3а – основная группа, 3b – подгруппа. Именно эти две буквы говорили о функциональном назначении микросхемы. И список сочетаний был весьма внушительным: «УД» – операционный усилитель «ЛА» – логические И-НЕ, «ЕН» – линейный стабилизатор, «ПВ» – АЦП, «СА» – компаратор и так далее.

Порядковый номер в подгруппе иногда совпадал с порядковым номером западного прототипа. Например, **МС10117 – К500ЛК117**.

## Суффикс

5а – указывал на наличие определенной версии микросхемы с отличающимися от стандартной характеристиками.

Отраслевой стандарт ОСТ 11.073.915-2000, принятый в 2000-м году, немного скорректировал предшественника. Совсем свежий ГОСТ РВ 5901-005-2010 также внес изменения, но в целом преемственность с советской системой условных обозначений сохранилась.

Безусловно, запоминание буквенных сочетаний функциональных групп требовало определенных усилий, но запоминание цифровых кодов импортных микросхем – еще больших. Хотя наличие в то время у многих электронщиков набора data-books облегчало задачу, а появление **Google** сделало поиск функционального описания микросхемы совсем тривиальным делом, оперативность идентификации компонента с «советской» маркировкой, по мнению автора – выше.

Все изменила миниатюризация электронных компонентов. Если на всех корпусах размера TO и DO и микросхемах DIP, SOIC, PLCC и QFP разместить полное условное наименование компонента не представляло труда, то с появлением smd-корпусов типа SOT, SC, MSOP, QFN и прочих малая площадь поверхности стала главной проблемой.

В СССР с ней впервые столкнулись еще при производстве первого (и наиболее популярного) транзистора в пластмассовом корпусе – **КТ315**. На корпусе размером 7х6 мм удавалось разместить только суффикс, характеризовавший коэффициент усиления (у левого края), логотип производителя и код даты. Когда появился комплементарный **КТ361** в таком же корпусе, проблему решили просто – буквенный суффикс на них стали наносить по центру (рисунок 3).

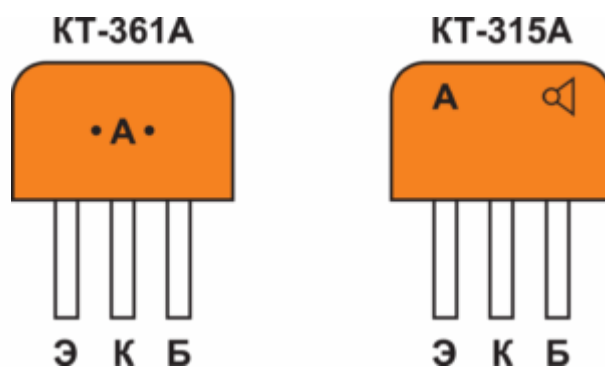


Рис. 3. Маркировка транзисторов

В дальнейшем на советских заводах научились наносить полное наименование на корпуса типа TO92, но большую популярность с 80-х годов, видимо, из соображений экономии, получила маркировка цветными точками и условными символами (рисунок 4). Огромную популярность тогда приобрели справочники с расшифровкой такого вида маркировки. Да и теперь на Интернет-форумах обсуждение идентификации тех или иных отечественных дискретов с цветовой маркировкой занимает заметное место.

Справедливости ради следует сказать, что экономить на длине маркировки начали еще японские производители транзисторов. Они традиционно не наносили на корпус префикс «2S» и на любых корпусах, даже самых больших TO247, TO3P и TO218 значилось, к примеру, просто **A1538**.



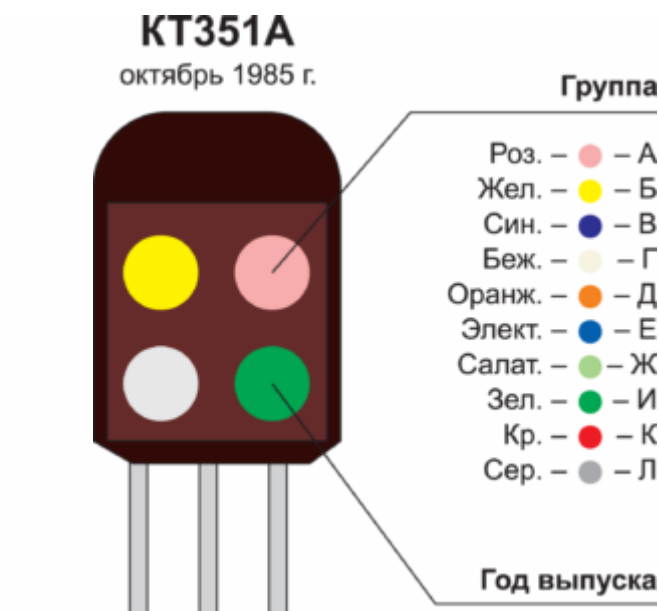


Рис. 4. Цветная маркировка транзистора отечественного производства

Все драматически изменилось с появлением SMD-корпусов (рисунок 5), геометрические размеры которых имеют неуклонную тенденцию к уменьшению.

Технология поверхностного монтажа была впервые продемонстрирована компанией **IBM** в 1960 году, однако ее массовое внедрение началось только в конце 80-х. На классическом корпусе SOT23 размером 2,9х1,3 мм, даже используя лазерную гравировку, не удавалось разместить более четырех символов с сохранением читабельности невооруженным глазом. Тогда и появился новый вид маркировки полупроводниковых приборов – SMD-коды.

К сожалению, формирование SMD-кодов не подчиняется вообще никаким правилам. Каждая компания формирует их по своему усмотрению, используя зачастую совсем непонятные принципы. С учетом того, что по прогнозу аналитической компании **IC Insights** число отгруженных в 2018 году полупроводниковых приборов превысило 1 трлн. штук, а подавляющее число активных ЭК (да и пассивные от них не отстают) выпускается в SMD-исполнении, задача корректной идентификации SMD-компонентов становится очень сложной.





Рис. 5. SMD-корпус

К счастью, задача такой идентификации возникает не на «передовой линии» производства электронной техники, где «куется» основная прибыль глобальной электроники. Потребность в ней возникает у ремонтников, разработчиков, вовлеченных в обратный инжиниринг (reverse engineering) и просто у огромной армии электронщиков, занятых мелкосерийным производством электроники.

### **Типы электронных схем**

В радиоэлектронике различают несколько видов схем: принципиальные, монтажные, блок-схемы, карты напряжений и сопротивлений.

#### **Принципиальные схемы**

Такая электрическая схема дает полное представление обо всех функциональных узлах цепи, типах связей между ними, принципе работы электрооборудования. Их разделяют на два типа:

- Однолинейный. На таком чертеже изображают только силовые цепи.
- Полный. Если электроустановка несложная, то все ее элементы могут быть отображены на одном листе. Для описания аппаратуры, имеющей в составе несколько цепей (силовых, измерительных, управления) изготавливают чертежи для каждого узла и располагают их на разных листах.

## **Блок-схемы**

Блоком в радиоэлектронике называют независимую часть электронного устройства. Блок – понятие общее, в его состав может входить как небольшое, так и значительное количество деталей. Блок-схема (или структурная схема) дает только общее понятие об устройстве электронного прибора. На ней не отображаются: точный состав блоков, количество диапазонов их функционирования, схемы, по которым они собраны. На блок-схеме блоки обозначаются квадратами или кружками, а связи между ними – одной или двумя линиями. Направления прохождения сигнала обозначаются стрелками. Названия блоков в полном или сокращенном виде могут наноситься непосредственно на схему. Второй вариант – нумерация блоков и расшифровка этих номеров в таблице, размещенной на полях чертежа. На графических изображениях блоков могут отображаться основные детали или наноситься графики их работы.

## **Монтажные**

Монтажные схемы удобны для самостоятельного составления электроцепи. На них указывают места расположения каждого элемента цепи, способы связи, прокладку соединительных проводов. Обозначение радиоэлементов на таких схемах обычно приближается к их натуральному виду.

## **Карты напряжений и сопротивлений**

Картой (диаграммой) напряжений называют чертеж, на котором рядом с отдельными деталями и их выводами указывают величины напряжений, характерных для нормальной работы прибора. Напряжения ставят в разрывах стрелок, показывающих, в каких местах необходимо производить измерения. На карте сопротивлений указывают значения сопротивления, характерные для исправного прибора и цепей.