

# Основные элементы электроники и их обозначение на схеме

<https://dzen.ru/a/YIBeB2cbeQJg4Xpv>

Электронные компоненты можно разделить на две большие группы — активные и пассивные. В чем их отличие? Если говорить обобщенно, то активные компоненты дозированно вносят энергию в электрическую цепь от внешнего источника питания, а пассивные её потребляют.

Выходит, что если на какой-нибудь элемент можно подать один сигнал, и таким образом управлять другим — то он активный.

## Пассивные элементы

Начнем с того, что в разговоре о том, что такое «резистор», например, речь будет идти об идеальном резисторе. Идеальным в электронике называется такой компонент, который обладает каким-то одним конкретным параметром, без паразитных или побочных составляющих. То есть для резистора — это сопротивление, для конденсатора — ёмкость, а для катушек индуктивности — индуктивность.

В реальности же дела обстоят гораздо сложнее — у любого резистора есть паразитные индуктивность и ёмкость, а у любой катушки есть активное сопротивление, которое вы можете легко измерить простейшим мультиметром. Итак, приступим!

## Резисторы

Самый распространенный элемент в электронике — это резистор. Они применяются везде, от электронных устройств, до использования совместно с электроприводом — синхронными двигателями и асинхронными двигателями с фазным ротором.

*Слово резистор пошло от латинского *resisto* — «сопротивляюсь».*

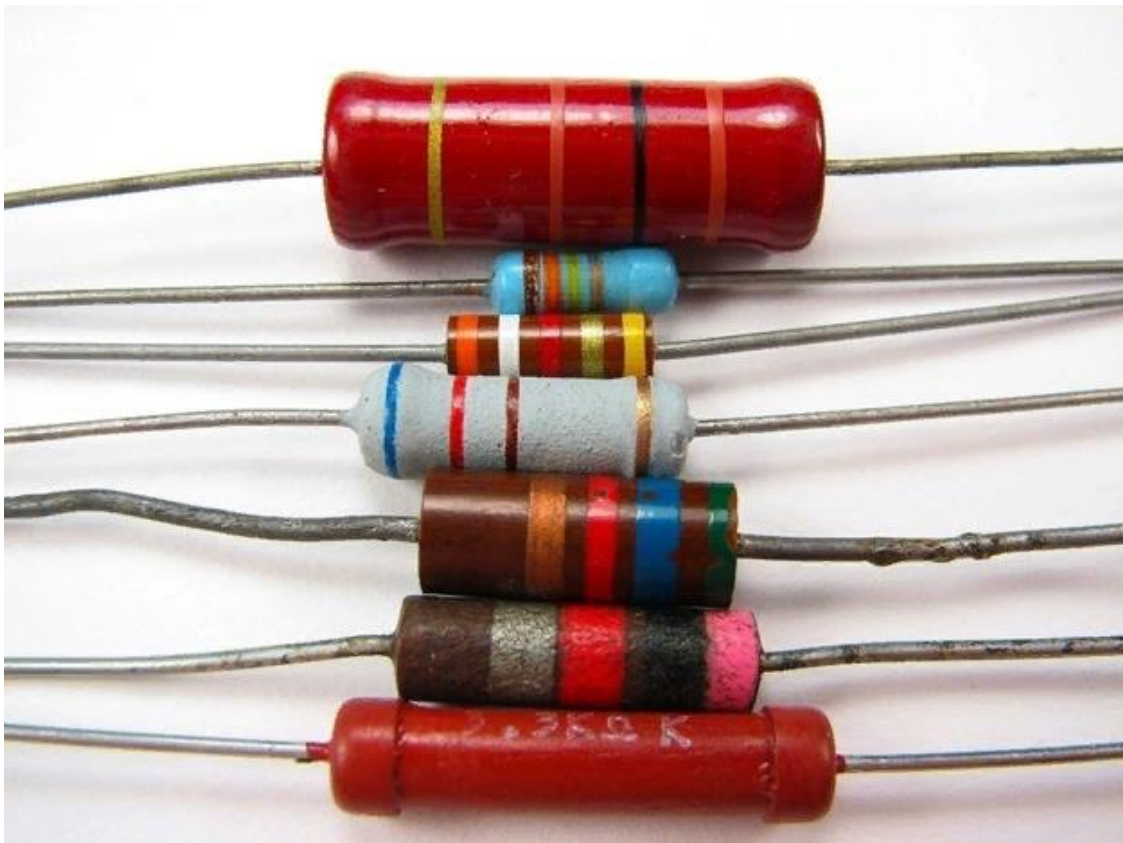
Резистор — это пассивный элемент электрических цепей, обладающий активным электрическим сопротивлением. Резистор используется для преобразования то-

ка в напряжение, ограничения тока, но фактически — он преобразует электрическую энергию в тепло.

Основная характеристика резисторов – сопротивление. Измеряется в Омах (Ом), характеризует способность проводника препятствовать (сопротивляться) протеканию электрического тока. Сопротивление вычисляется по закону Ома:

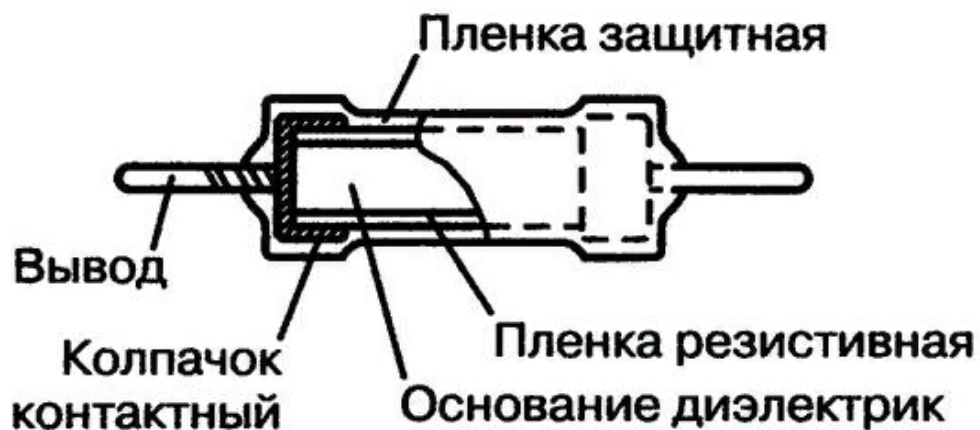
$$R=U/I$$

Обратная сопротивлению величина – проводимость, которая измеряется в сименсах (См). То есть  $1 \text{ См} = 1/\text{Ом}$ .



Резисторы

При этом сопротивление может быть как постоянным, у постоянных резисторов, так и переменным – у потенциометров, реостатов и переменных резисторов.

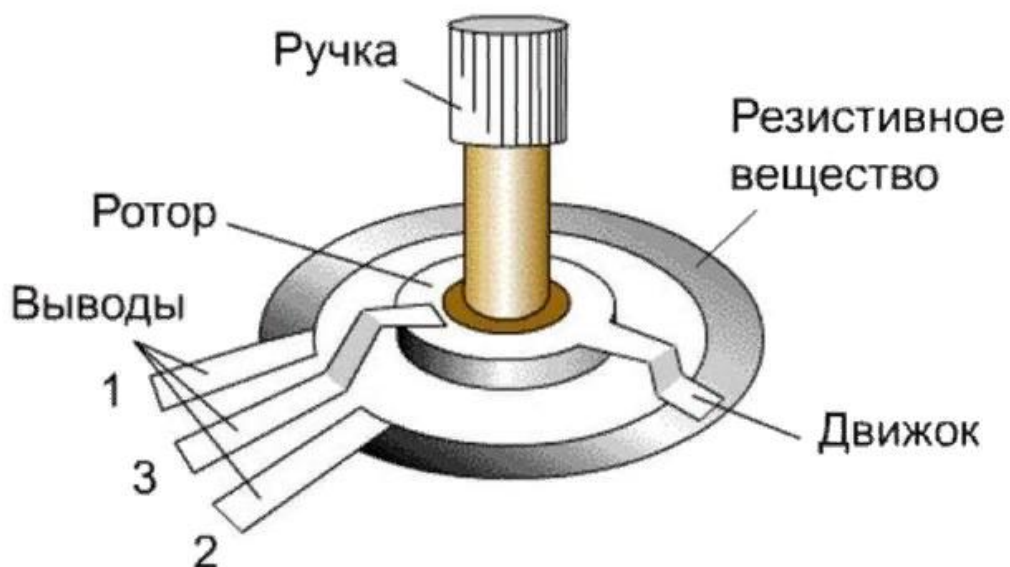


Устройство резистора

В общем случае элемент состоит из проводника с высоким удельным сопротивлением. Различают проволочные, непроволочные и металлофольговые резисторы. В качестве проводника для резисторов обычно используются такие материалы, как манганин, константан, нихром, никелин и прочие.

У переменных резисторов в конструкцию добавлен бегунок-токосъёмник, который перемещается по резистивному слою.

## Устройство оборотного переменного резистора

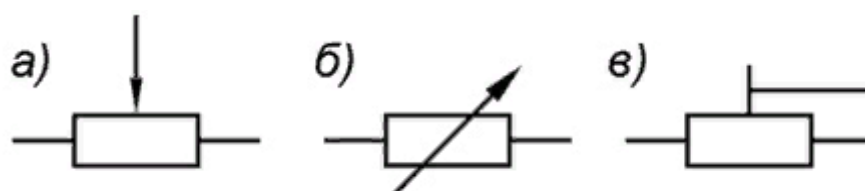


УГО резистора на схеме по ГОСТ 2.728-74 выглядит как прямоугольник размером 10×4 мм.



УГО резистора (ГОСТ 2.728-74).

Вид подстроечного резистора СП4-1



УГО: а) переменного резистора; б) переменный резистор, включённый как реостат (ползунок соединён с одним из крайних выводов); в) подстроечный резистор.

Дополнительно в прямоугольнике могут добавляться знаки, указывающие на мощность элемента, который необходимо использовать в схеме, эта же информация приводится в перечне элементов (прилагается к схеме).

Обозначение по ГОСТ 2.728-74	Описание
	Постоянный резистор без указания номинальной мощности рассеивания
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,05 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,125 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,25 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,5 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 1 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 2 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 5 Вт

Таблица соответствия графического обозначения мощности резисторов

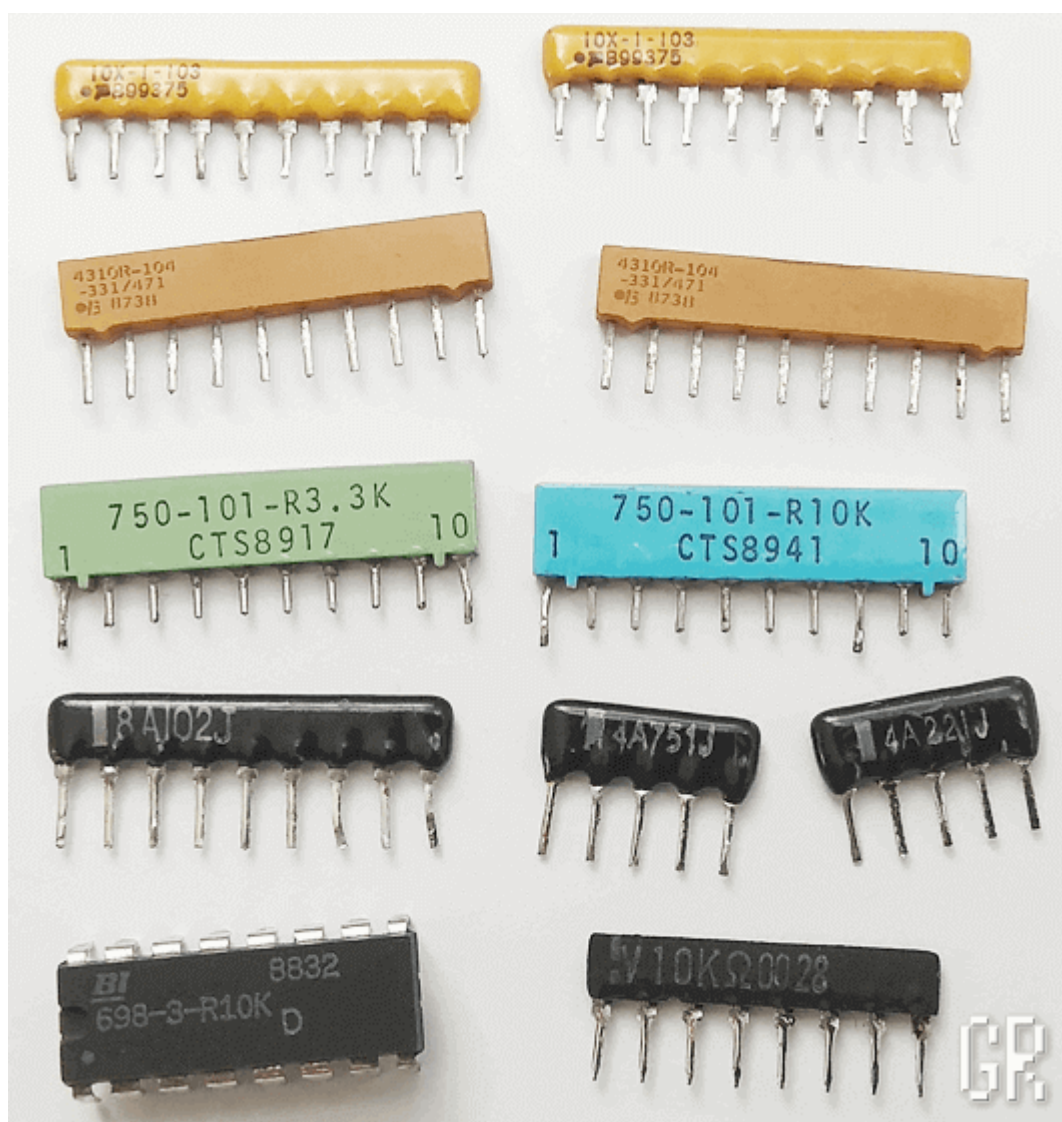
## Резисторная сборка

### Конструкция, маркировка и применение резисторных сборок

Кроме дискретных, то есть отдельных резисторов, в электронике активно применяются резисторные сборки (наборы, массивы). Особенно легко их обнаружить на платах от цифровой электроники.

Резисторная сборка имеет довольно простое устройство. В одном корпусе объединены несколько резисторов с одинаковым сопротивлением. В зависимости от назначения, резисторы внутри корпуса соединяются определённым образом.

Внешний вид резисторных сборок в различных корпусах.

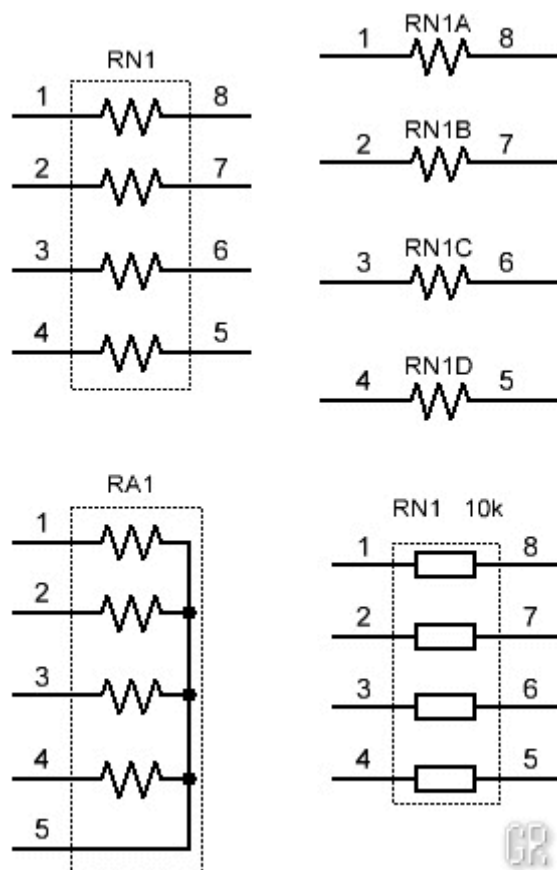


Основное преимущество резисторных сборок перед дискретными резисторами, это уменьшение количества компонентов в схеме. За счёт этого удаётся сократить площадь печатной платы, а также уменьшить количество паяных соединений. В результате снижаются не только расходы на монтаж, но и габариты устройства.

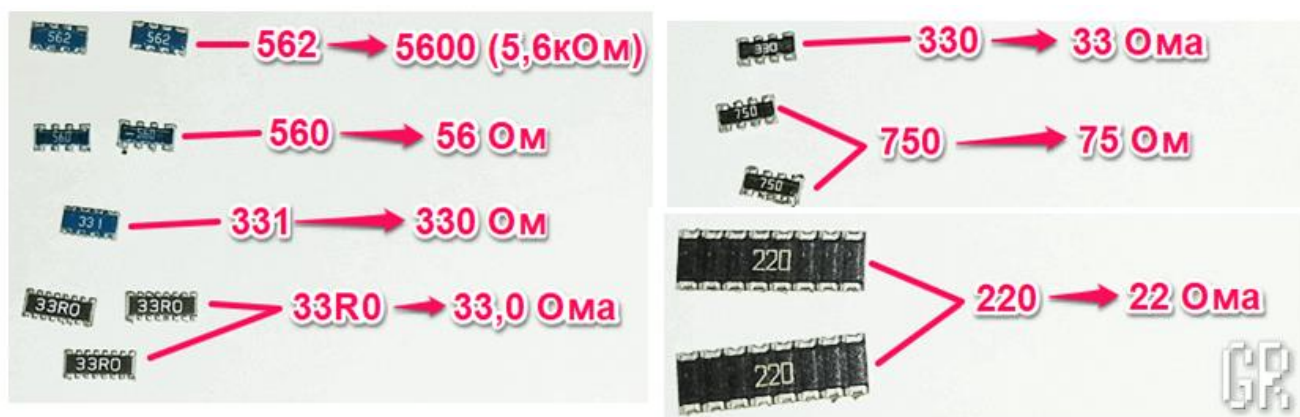


## Обозначение резисторной сборки на принципиальной схеме.

Каких-то строгих правил для обозначения сборки резисторов на принципиальной схеме нет. Как правило, указываются обычные постоянные резисторы. Но, можно встретить и вот такие обозначения.



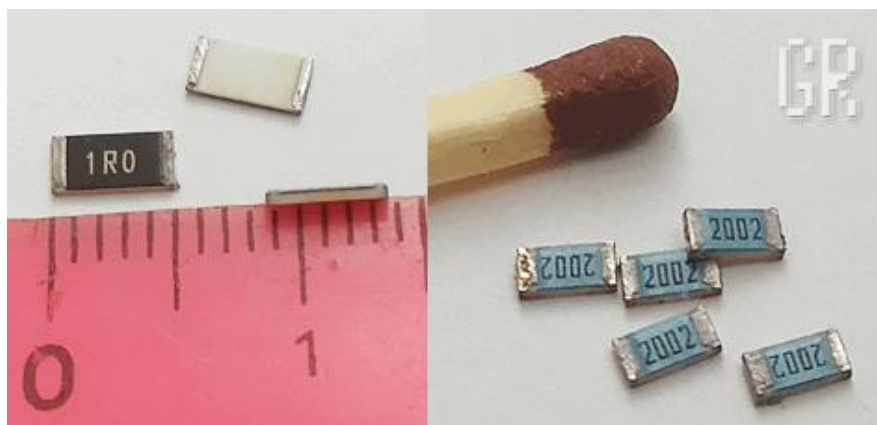
На следующей фотографии показаны различные чип-сборки с маркировкой число-буквенным кодом и его расшифровка.



# SMD резисторы (Surface Mount Chip Resistors)

## Резисторы для поверхностного монтажа

SMD-резисторы широко распространены и ими уже никого не удивишь. Но, несмотря на это, немногие интересуются их устройством и конструкцией. А, зря! Тут есть чем утолить голод любопытства, ведь чип-резисторы впитали в себя все самые передовые технологии и методы производства резисторов.



В основе практически любого чип-резистора лежит так называемая плёночная технология (Film Technology), где резистивный слой представляет собой тонкую или толстую плёнку, нанесённую на изоляционную подложку, которая является основанием и заодно служит для отвода тепла.

## Конденсаторы

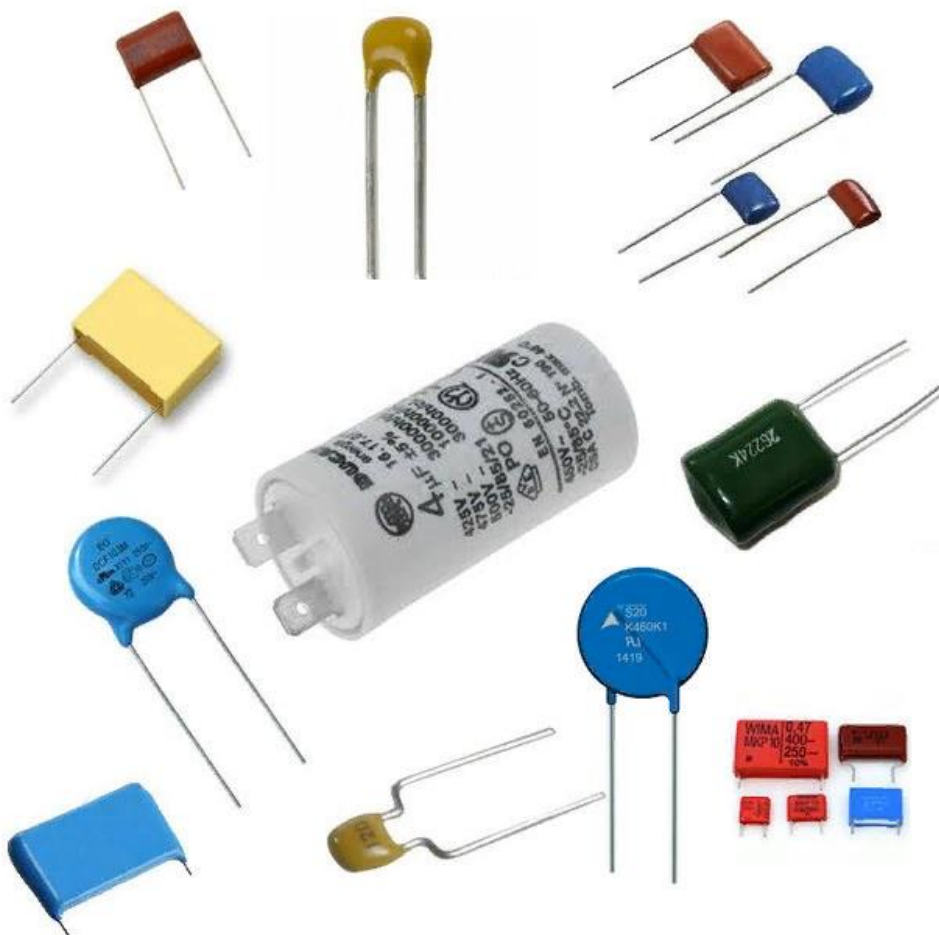
Конденсатор – это устройство, предназначенное для накопления заряда и энергии электрического поля. В простейшем случае состоит из двух обкладок из проводника, разделенных диэлектриком. Согласно законам коммутации напряжение на обкладках конденсатора не может измениться мгновенно.

*Конденсатор накапливает энергию источника питания, и после его отключения «держит» её на себе, до тех пор, пока не разрядится на нагрузку, либо не разрядится сам по себе (утечки - паразитное свойство реальных конденсаторов).*

Это свойство широко используют в различных сглаживающих фильтрах питания, частотных фильтрах при обработке различных сигналов, фильтрах помех, для защиты полупроводниковых ключей от всплесков ЭДС самоиндукции при коммутации, аналогичное решение используется и для защиты контактов реле, а также во многих других решениях.

Различают «полярные» и «неполярные» конденсаторы. В принципе, большая часть конденсаторов не имеет полярности. А электролитические конденсаторы полярность имеют.

Ёмкость – это основная характеристика конденсатора. Измеряется в фарадах. 1 фарад равен ёмкости конденсатора, при которой заряд в 1 кулон создаёт между его обкладками напряжение 1 вольт. Однако у этой физической величины выбрана очень большая размерность. На практике вам придется работать с ёмкостью в микрофарадах (мкФ), это равно 0.000001Ф или  $10^{-6}$  Ф, а также нано- ( $10^{-9}$ ) или пикофарадах ( $10^{-12}$ ).



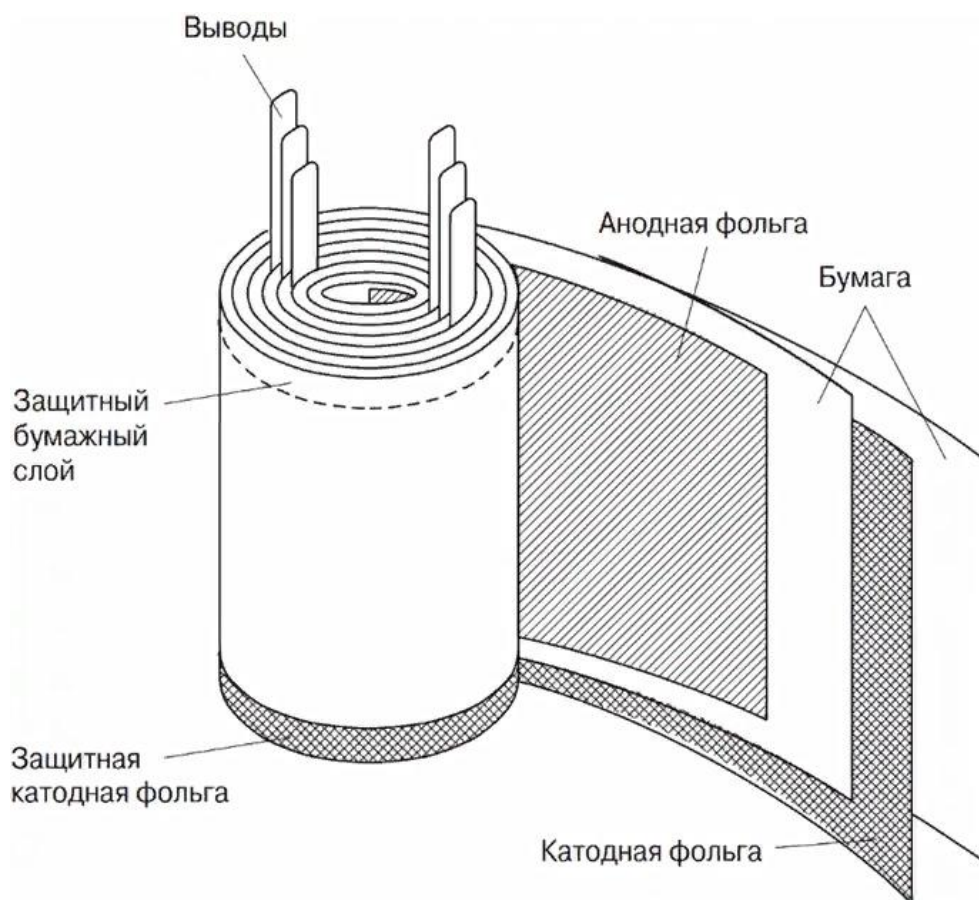
Неполярные конденсаторы разных типов





**Полярные  
электролитические  
конденсаторы**

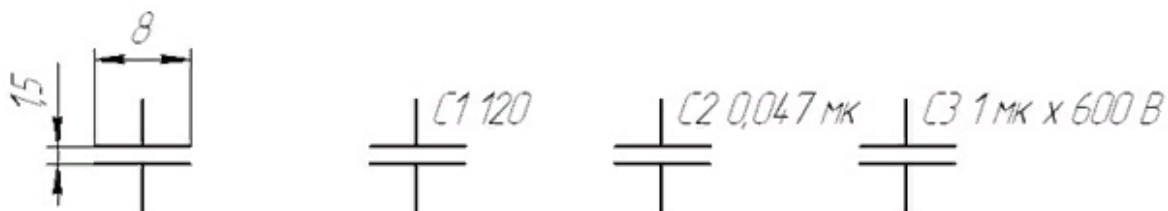
**Неполярные  
керамические  
конденсаторы**



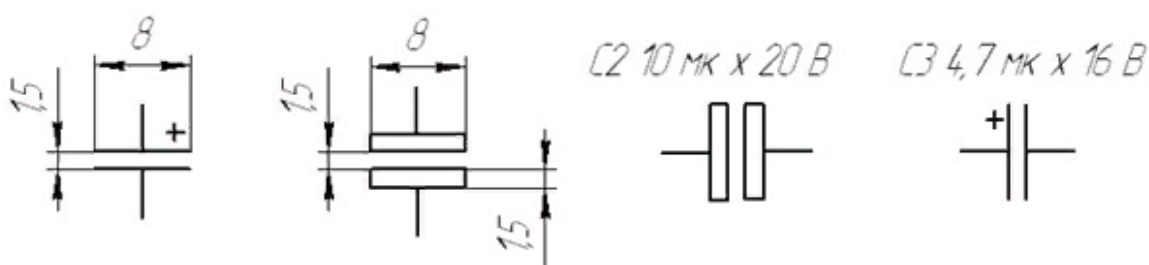
**Устройство электролитического конденсатора**

На схеме конденсаторы обозначаются в виде двух параллельных друг другу линий длиной 8 мм с расстоянием между ними 1.5 мм.

### Конденсаторы постоянной емкости

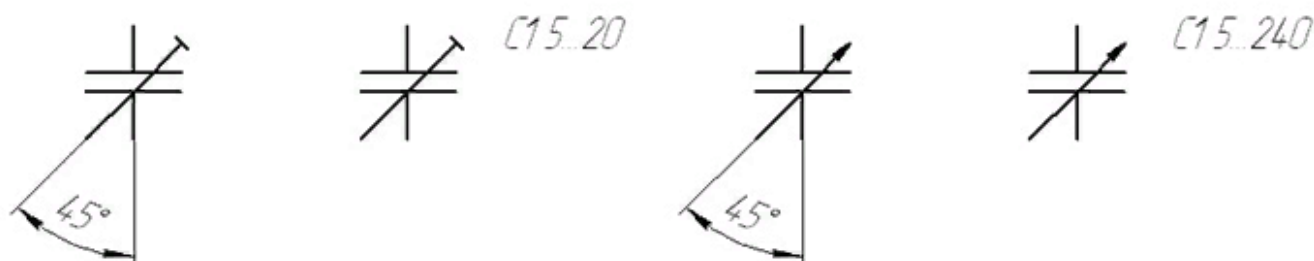


### Конденсаторы оксидные полярный и неполярный



### Конденсатор подстроечный

### Конденсатор переменной емкости (КПЕ)



Условные графические обозначения на схеме конденсаторов разных типов

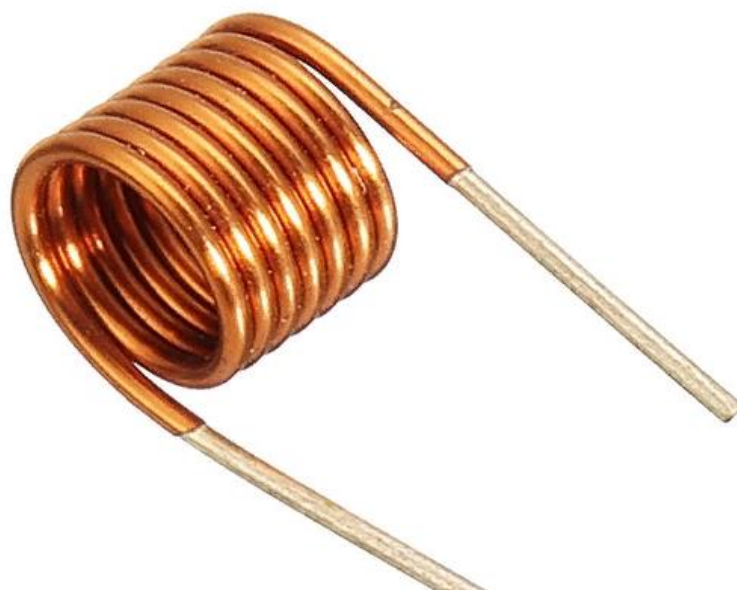
## Катушка индуктивности

Индуктивность, катушка индуктивности, дроссель – это всё названия одного и того же элемента. Катушка индуктивности накапливает энергию при протекании тока в магнитном поле.

Если в конденсаторе решающую роль играло напряжение, то в катушке индуктивности – ток. Согласно законам коммутации, ток в катушках индуктивности не может измениться мгновенно, силы магнитного поля стремятся поддерживать его протекание в том же направлении.

Если говорить простым языком, то при размыкании цепи с индуктивностью, напряжение на её выводах начинает возрастать до тех пор, пока накопленная энергия не сможет израсходоваться. Это явление нашло множество применений в технике. Простейший пример — дроссель и стартер в ЭмПРА люминесцентных ламп, система зажигания автомобиля, различные бестрансформаторные преобразователи напряжения, фильтры электромагнитных помех и так далее.

Катушки индуктивности бывают с сердечником и без сердечника, а сам сердечник может быть как неподвижным, так и подвижным.



В простейшем виде, катушка без сердечника — это провод, свитый в спираль (фото выше), но, к слову, даже у прямого отрезка провода есть определенная индуктивность.

Катушки с подвижным сердечником называют подстроечными или регулируемые, за счет перемещения сердечника изменяется магнитная проницаемость среды, и как следствие, изменяется индуктивность катушки. Сердечник позволяет повысить индуктивность катушки и уменьшить количество витков в ней.

Основной характеристикой катушки индуктивности выступает индуктивность. Единица измерения — генри (Гн).



Катушки индуктивности со стержневыми, броневыми, тороидальными сердечниками, а также регулируемая с подвижным сердечником (слева внизу с резьбой)

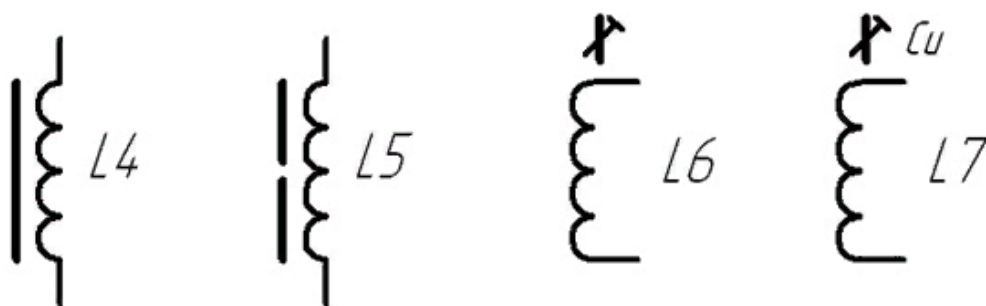
На схеме катушки индуктивности обозначаются в виде волнистой линии, варианты условных графических обозначений вы видите ниже.

Это далеко не все пассивные элементы, есть еще и ряд элементов, которые относятся к тем же нелинейным резисторам или являются подвидами каких-либо конденсаторов. Здесь перечислены лишь три базовых вида элементов, о которых знать обязательно.

### Катушка индуктивности, дроссель (L3 – с отводами)



### Катушка индуктивности, дроссель с магнитопроводом (L7 – с медным)



## Активные элементы

Теперь давайте рассмотрим немного активных элементов. К ним относятся вакуумные приборы (электровакuumные диоды, триоды, тетроды, пентоды, гексоды, гептоды, октоды, ноноды и комбинированные лампы), и полупроводниковые приборы.

В большинстве своём это полупроводниковые ключи, или как их еще называют, полупроводниковые вентили. Которые делят на три группы — полностью управляемые, полууправляемые и неуправляемые. К полупроводниковым вентилям относятся диоды, транзисторы, тиристоры, симмисторы и их разновидности.

Также к активным компонентам относят фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, оптроны (оптопары), солнечные батареи и интегральные микросхемы, состоящие из всех перечисленных выше компонентов.



Электровакuumные лампы в этой статье мы рассматривать не будем, и далее пойдет речь только о полупроводниковых приборах.

## Диод

Диоды или как их еще называют неуправляемые вентили — это двухэлектродные полупроводниковые приборы, способные проводить ток в одном направлении. Чаще всего они используются для выпрямления переменного тока, а также для развязки цепей по постоянному току в различных схемах управления чем-либо.

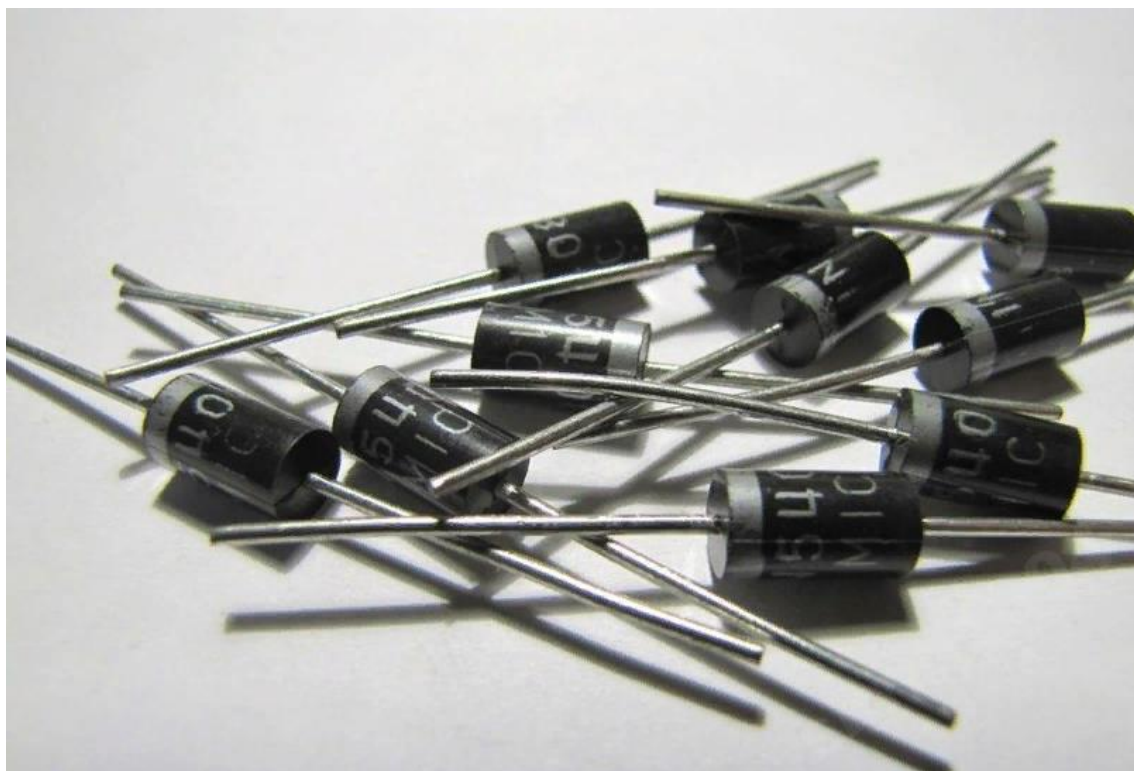
Диод представляет собой соединение двух полупроводников, один с р-проводимостью (анод), другой с n-проводимостью (катод). В месте их соединения образуется pn-переход, который не пропускает ток до определенного уровня напряжения, приложенного в прямом направлении.

Напряжением прямого смещения называют такое напряжение на аноде и катоде, при котором через диод начинает протекать ток. Другими словами, когда к n-области приложен отрицательный потенциал, а к р-области — положительный.

Для каждого из типов диодов это напряжение несколько отличается, например, у германиевых диодов около 0.3-0.5 вольт, а у кремниевых находится на уровне 0.7-1.5 вольт, у диодов Шоттки оно низкое, ближе к германиевым — в районе 0.3В.

Таким образом, при подаче напряжения обратного смещения (плюс к n-области, а минус к р-области) диод не проводит ток, пока напряжение на его выводах не достигнет критических значений, после которых начнется обратимый электрический, а затем и необратимый тепловой пробой.

Например, у распространенного в маломощных источниках питания выпрямительного диода 1n4007 максимальное обратное напряжение составляет 1000 вольт. Это значит, для того чтобы пробить этот диод нужно приложить больше чем +1000 вольт к катоду, а минус этого источника к аноду.



Внешний вид импортных диодов

Неуправляемыми вентилями они называются, потому что вы не можете контролировать момент включения. Диод открывается сам при достижении этого самого напряжения порога проводимости (прямого напряжения). Оно не фиксировано и может изменяться под влиянием внешних факторов, например, температуры.

На схеме диоды обозначаются в виде треугольника с вертикальной полосой у его вершины. Чтобы запомнить, где анод, а где катод на УГО есть мнемоническое правило «куда смотрит стрелка туда и потечет ток», то есть ток течет от плюса к минусу, значит анод — это треугольник, а вертикальная линия — это катод.

# ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД

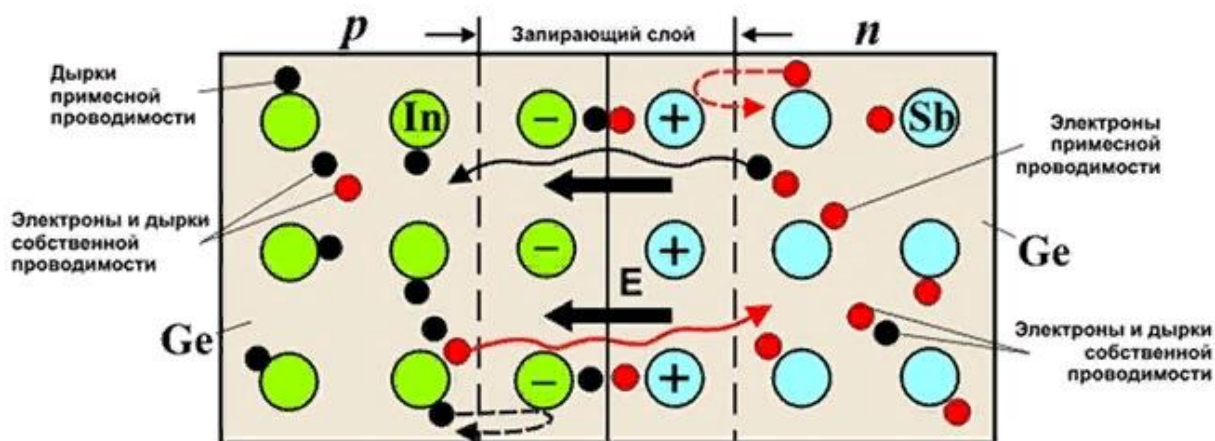
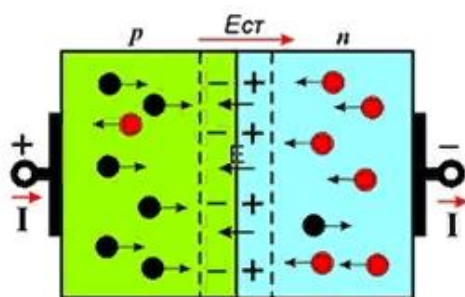
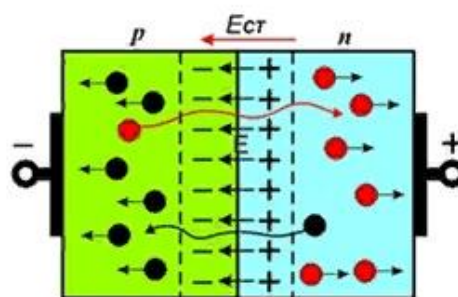


Схема образования электрического поля  $E$  на границе раздела  $p$ - и  $n$ -полупроводников



Упрощенная схема



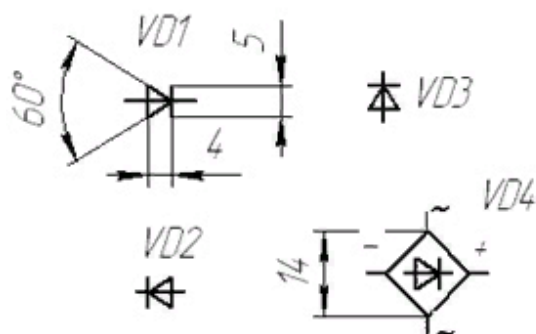
Упрощенная схема



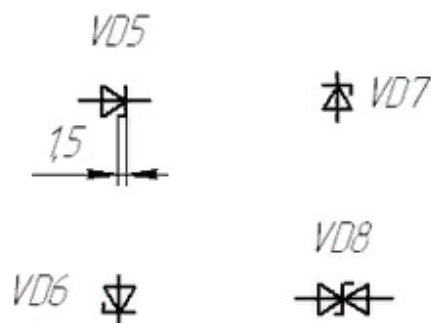
**Катод на диодах  
обозначается кольцом,  
точкой или полосой**

Однако под определением «диод» зачастую понимают выпрямительные диоды, о которых и шла речь выше. На самом деле к диодам относится множество полупроводниковых приборов, таких как стабилитроны, супрессоры (TVS-диоды) и прочее. Условные графические обозначения многих из них вы видите на рисунке ниже.

### Диод, диодный мост



### Стабилитрон (VD8 – двуханодный)



### Диод Шоттки (VD9, VD10), диод ограничительный (VD11, VD12), диод туннельный (VD13), диод обращенный (VD14), варикап (VD15), варикапная матрица (VD16, VD17)



## Полууправляемые вентили — тиристоры и симисторы.

Как отмечалось ранее, для управления различной нагрузкой используются полупроводниковые ключи. Вообще, все коммутационные аппараты подобны друг другу – на них подают малый управляющий ток или напряжение, а они коммутируют цепи с большим током и напряжением. Также дело обстоит и с электронными элементами.

Тиристоры – это полууправляемые вентили. Вы можете управлять моментом их открытия, но не можете закрывать их. Закрывается тиристор либо когда через него перестаёт протекать ток, либо когда к нему прикладывается обратное напряжение. Также как и диод он проводит ток в одном направлении.

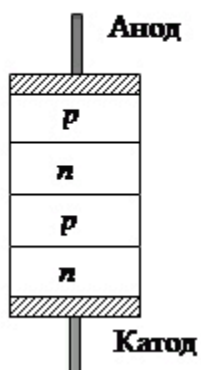




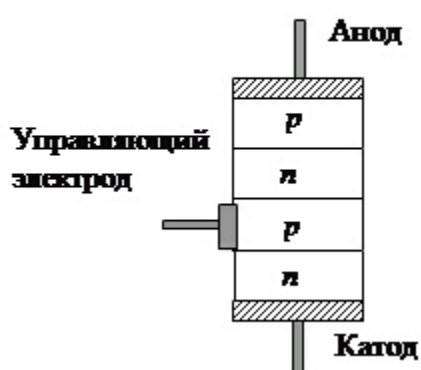
Легендарные советские тиристоры КУ202Н

Структурно он отличается от диода, здесь уже 4 р- и n-области, и соответственно 3 pn-перехода. Вывода у тиристора 3 – анод, катод и управляющий электрод. Открытие проводящего канала происходит, когда на анод и катод подано прямое напряжение, а на управляющий электрод подают импульс тока. Управляющий импульс имеет ту же полярность, что и приложена к тиристор.

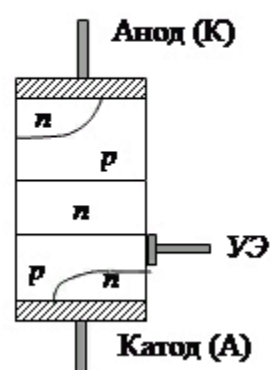
**Динистор**



**Тиристор**



**Симистор**



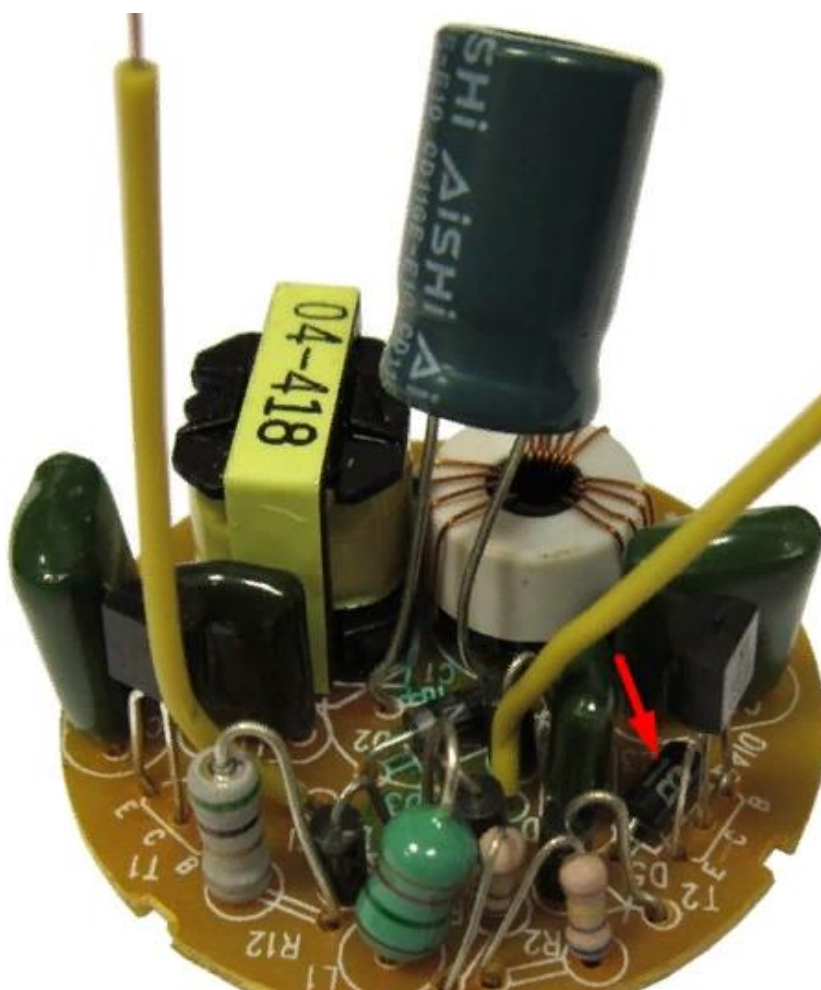
Внутренняя структура динисторов, тиристоров, симисторов



Тиристоры широко применялись ранее, и уже реже, но применяются и до сих пор в схемах регулирования напряжения (тока, мощности), работающих на принципе СИФУ (срез фазы «как в диммерах для освещения»), и других. Широкое распространение получили тиристорные возбудители, которые представляли собой, в сущности, регулятор тока возбуждения для синхронных машин.

В настоящее время тиристоры вытесняются полевыми транзисторами и биполярными транзисторами с изолированным затвором. Но если учесть, что существуют и полностью управляемые тиристоры (запираемые или GTO-тиристоры), то они всё же еще используются в современной силовой электронике, особенно в области высоких мощностей и токов. В области высокого напряжения всё же превалируют IGBT-транзисторы.

Кроме тириستоров можно выделить динисторы и симисторы. Динистор – полупроводниковый прибор подобный тиристор, но без управляющего электрода. Его открытие происходит в тот момент, когда между анодом и катодом прикладывается напряжение превышающее напряжение его открытия. Ярким примером использования такого элемента являются различные ЭПРА для люминесцентных ламп, и другие источники питания, построенные по автогенераторным схемам, в них для запуска инвертора применяется динистор DB3 с напряжением открытия около 30-40 вольт.



Динистор на плате ЭПРА от КЛЛ

Симистор по своей структуре аналогичен двум тиристорам, включенным встречно-параллельно. Так они способны проводить ток в обоих направлениях. Так как симистор – это два тиристора, то и управление ими аналогично: при использовании в цепи переменного тока открывается то один, то другой тиристор, синхронно с этим изменяется и полярность открывающих импульсов.

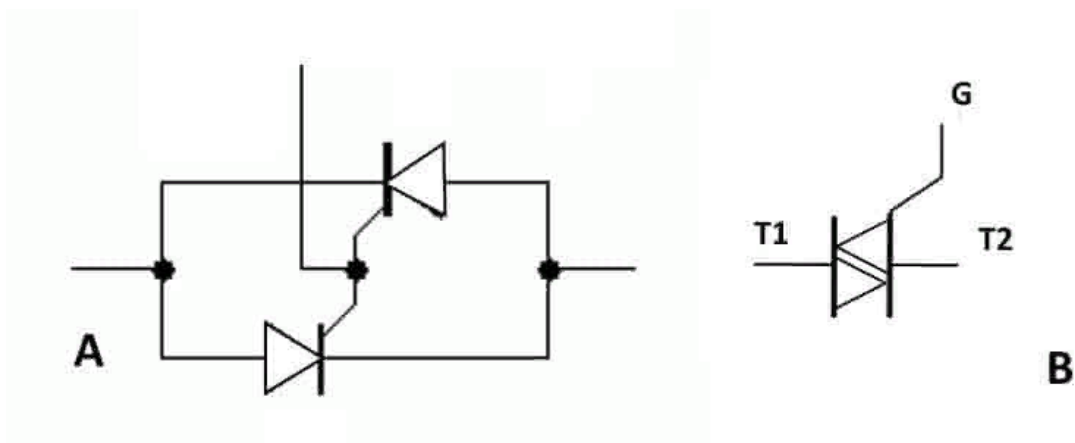
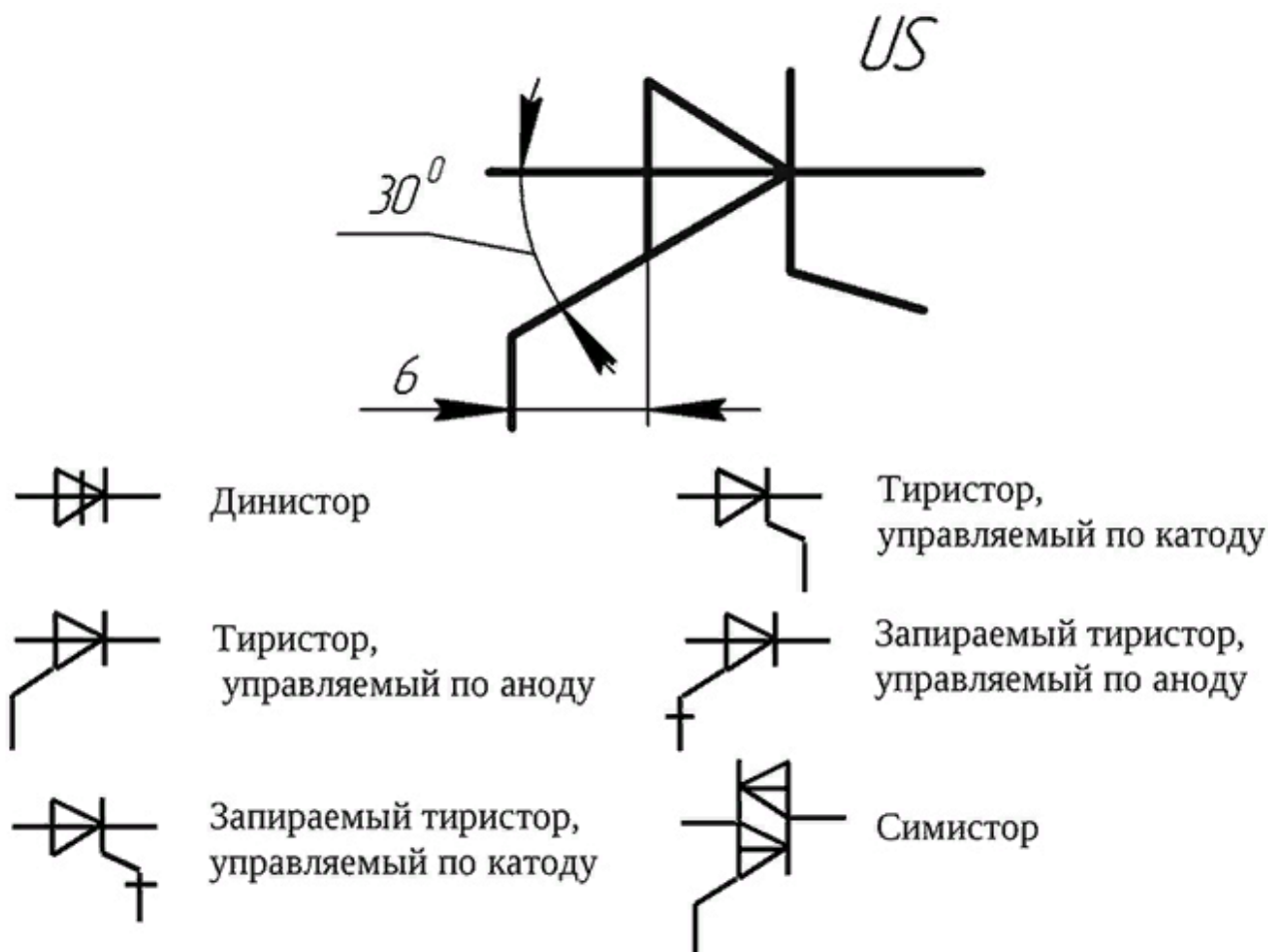


Схема замещения симистора (В) двумя тиристорами (А)

Условное графическое обозначение этих элементов напоминает диоды, но с некоторыми отличиями.



## Транзисторы

Другой вид полупроводниковых полностью управляемых ключей — это транзисторы. Они бывают разных типов, выделим основные группы:

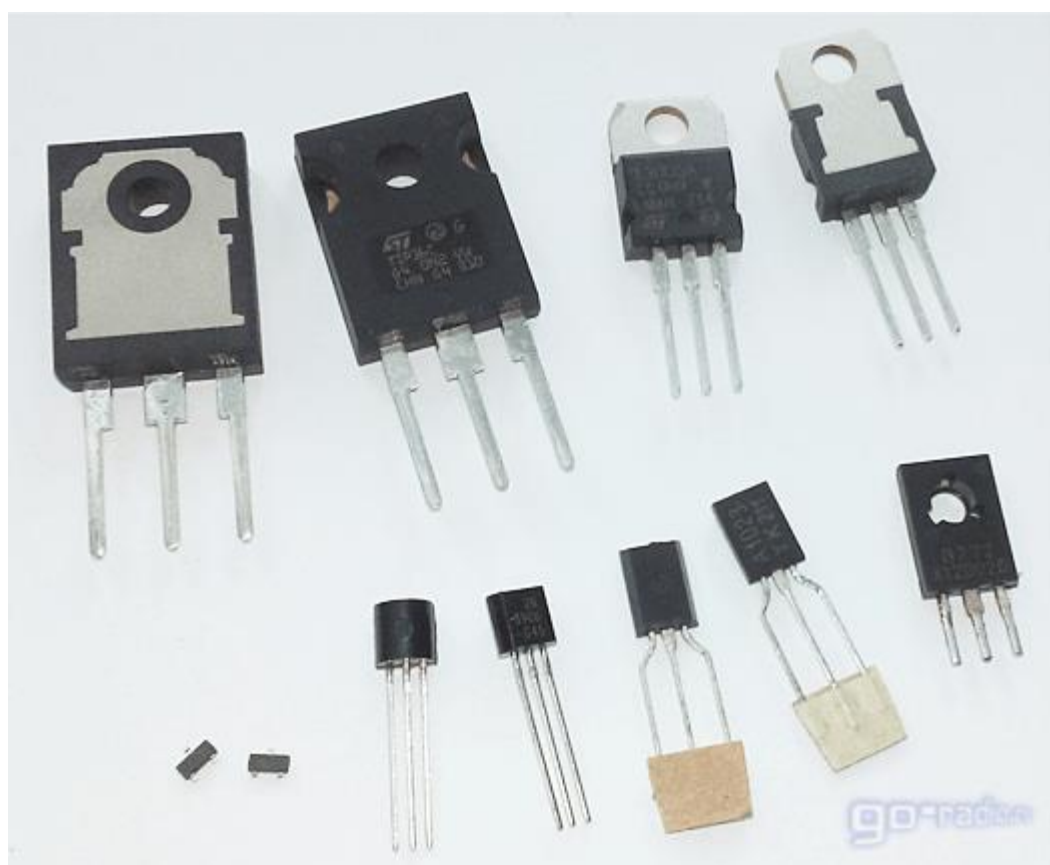
- Биполярные;
- Полевые;
- Биполярные с изолированным затвором.

При этом существуют еще и разные виды полевых транзисторов.

Биполярные транзисторы состоят из трёх областей полупроводников с разными примесями. В зависимости от конфигурации р- и n-областей выделяют рпр- и прп-транзисторы, прямой и обратной проводимости соответственно. У каждой из р- и n-областей есть своё название – коллектор (К), база (Б) и эмиттер (Э). Соответственно у транзистора есть 3 одноименных вывода.



Внешний вид транзисторов отечественных разных типов

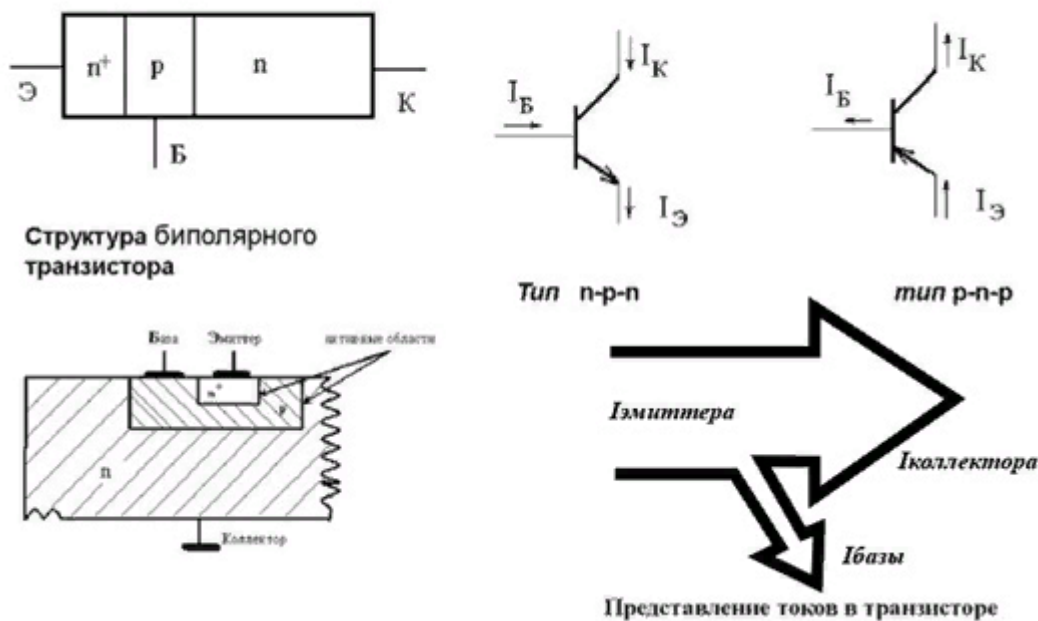


Внешний вид современных импортных транзисторов

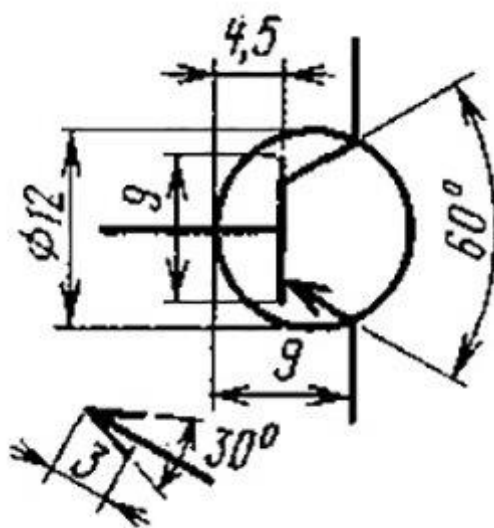
Управление таким транзистором осуществляется подачей тока в базу, при этом ток управления связан с током нагрузки (ток коллектор-эмиттер) через коэффициент передачи  $h_{21э}$ , то есть ток базы в  $h_{21э}$  раз меньше тока коллектор-эмиттер.

*Коэффициент  $h_{21э}$  еще называют коэффициентом усиления транзистора по току, и у каждого транзистора он свой.*

## Биполярные транзисторы



Структура, обозначение и диаграмма распределения токов в биполярном транзисторе



На условном графическом обозначении эмиттер база и коллектор отличаются. Эмиттер – со стрелкой, база посередине, а коллектор без стрелки.

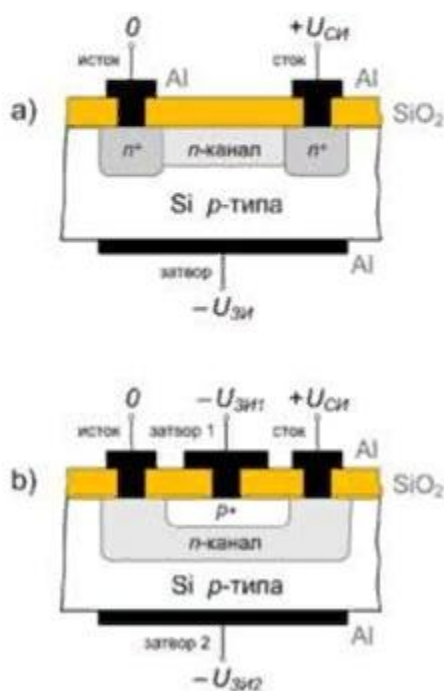


Обозначения NPN и PNP-транзисторов отличаются направлением стрелки, в NPN транзисторе стрелка расположена по направлению от базы, а в pnp – к базе.

Полевые транзисторы устроены иначе, они бывают с управляющим переходом, МОП-транзисторы (они же МДП), со встроенным и индуцированным каналом. Отличие от биполярных транзисторов состоит в том, что они управляются не током, а напряжением.

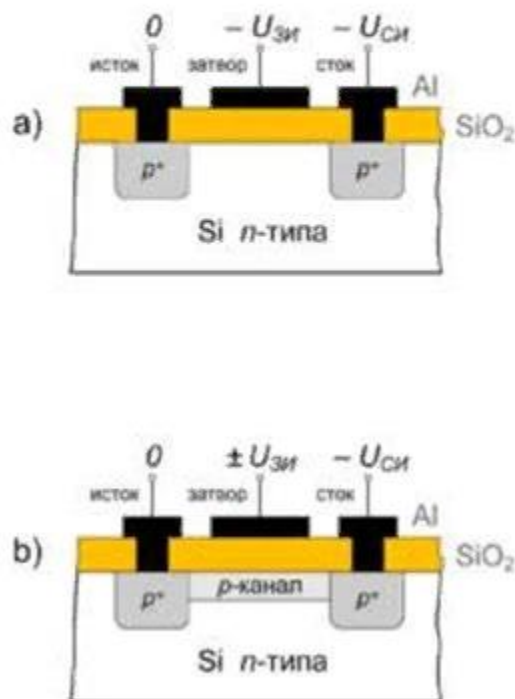
Устройство полевого транзистора с **управляющим р-п переходом.**

- а) — с индуцированным каналом,  
б) — со встроенным каналом

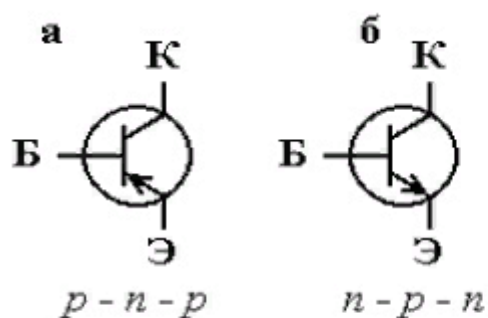


Устройство полевого транзистора с **изолированным затвором.**

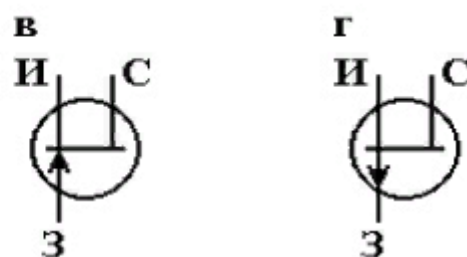
- а) — с индуцированным каналом,  
б) — со встроенным каналом



Например, МОП-транзисторы (англ. MOSFET) практически не потребляют ток управления, вернее, он потребляется в момент переключения, а после открытия или закрытия транзистора управляющий ток не потребляется. Такие транзисторы широко используются в качестве силовых в импульсных источниках питания, а главный их конкурент IGBT-транзисторы, о них мы поговорим ниже.

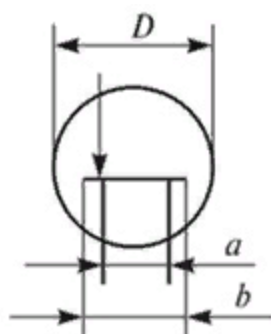


*Биполярные транзисторы*

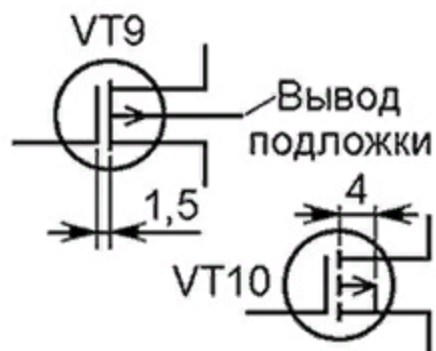


*Полевые транзисторы*

Отличается от биполярных и название выводов, теперь здесь не коллектор, эмиттер и база, а сток (С), исток (И) и затвор (З). Управляющий электрод здесь – это затвор. То есть управляющее напряжение подают на затвор относительно истока (своего рода аналог эмиттера). Также, как и биполярные транзисторы бывают ррр- и прп- типа проводимости, так и полевые бывают с n и p каналом, аналогию вы можете провести по картинке выше.



$D$	12	14
$a$	7	9
$b$	5	7



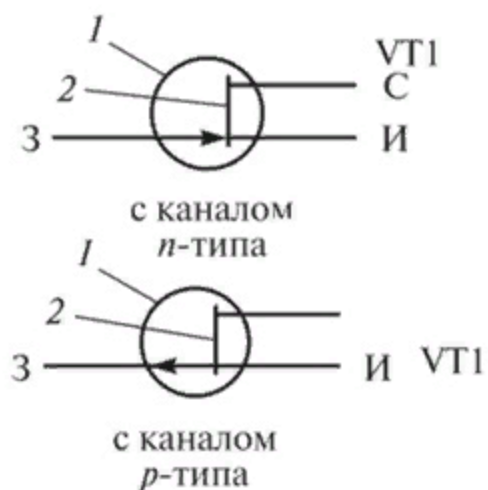
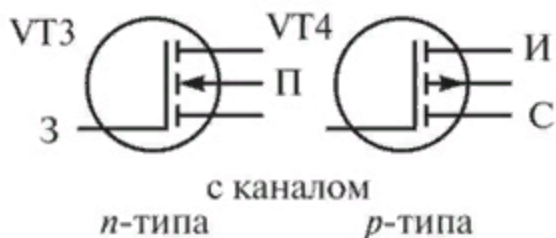
Транзисторы с изолированным каналом от затвора, канал встроенный



Транзисторы с управляющим  $p$ - $n$ -переходом



Транзисторы с изолированным каналом от затвора, канал индуцированный



Условные графические обозначения основных типов полевых транзисторов на схеме, расшифровка сокращений: 3 – затвор, С – сток, И — исток