|  |
| --- |
| В этой группе элементов общим является, то что с помощью них можно включать высокий ток, управляя этим процессом низким током и называется это электронный ключ. Обычно, когда на вход электронного ключа подается слабый ток управления, ключ замыкается и пропускает через себя мощный ток в силовой цепи. Когда ток управления пропадает, то ключ размыкается и мощный  Обычно транзисторы могут коммутировать ток от 0.15A до 14A при напряжении от 50V до 500V, так что транзистор может переключить мощность до 7 киловатт, если на вход транзистора приложить совсем маленькую мощность - несколько милливатт.  **Электронные ключи** применяются в тех случаях, когда использование простых кнопок и выключателей неудобно или невозможно - например, для запуска автомобильного стартера, или для выключения ядерного реактора.  [**Что такое электронное реле**]  Фактически первое реле было изобретено американцем [Джозефом Генри](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D1%80%D0%B8,_%D0%94%D0%B6%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D1%84) в 1831 г. и основывалось на электромагнитном принципе действия. Слово «реле» возникло от французского relay, — процедура смены уставших почтовых лошадей на станциях или передача эстафеты в спортивных эстафетных состязаниях.  Если коротко, то реле представляет из себя электромагнит, который управляет замыканием контактов. Работает это точно так же, как если бы контакты замыкались механическим нажатием кнопки, но в случае реле усилие для замыкания берется от магнитного поля обмотки реле. Выходные контакты реле могут управлять очень большой электрической мощностью - на порядки большей, чем прикладываемая мощность к обмотке электромагнита реле. При этом входная цепь обмотки (где действует слабый управляющий ток) полностью изолирована от выходной мощной цепи, что очень важно для безопасного управления высоковольтными нагрузками (220, 380 V и выше).  Чаще всего у реле есть 5 контактов - вход, вход 2, COM, N/O (Normally Open, по умолчанию разомкнуто, когда обмотка не получает питание), N/C (Normally Closed, по умолчанию замкнуто, когда обмотка не получает питание).  Чтобы лучше понять работу реле, вспомним, что эти контакты означают и для чего нужны:  **Вход 1**, **Вход 2**: + и - для запуска электромагнита **COM**: это общий электрод выходных контактов переключателя. При срабатывании или отпускании реле этот контакт перекидывается на контакт N/O или N/C (контакты N/O и N/C работают в противофазе, т. е. COM может быть замкнут либо на N/O, либо на N/C). Контакт COM (как и контакты N/O и N/C) можете использовать по своему усмотрению для коммутации электрической нагрузки. **N/C**: контакт, который нормально замкнут на COM. Т. е. контакт N/C замкнут на COM, когда обмотка реле обесточена. Когда на обмотку реле подано рабочее напряжение, то контакты N/C и COM размыкаются. **N/O**: контакт, который нормально разомкнут с COM. Т. е. когда обмотка реле обесточена, то контакты N/O и COM разомкнуты. Когда на обмотку реле подано рабочее напряжение, то контакты N/O и COM замыкаются.  Для улучшения токопроводимости и уменьшения искрения поверхности контактов часто покрывают специальными металлами и сплавами на основе серебра, никеля, ванадия, а иногда для покрытия контактов применяется даже золото или платина (если это реле для коммутации сигналов в качественной аудиоаппаратуре или высокочастотной радиотехнике).  [**Как использовать реле**]  Самый распространенный пример применения - автомобиль. Теперь Вас не должно удивлять, почему Вы слышите щелчки при включении индикаторной лампочки, потому что Вы знаете - это срабатывает электромагнит реле. Мигания лампочки может создавать маленькая микросхема таймера.  Таймер часто используется для создания импульсов (для простого включения и выключения) на любую нужную длительность, однако эта микросхема сгорит, если будет пропускать через себя ток больше 200 ма. Так что невозможно просто так, без реле, подключить индикаторные лампочки к таймеру, потому что даже самые маломощные лампочки потребляют 700 ма и более. Теперь, если мы будем использовать таймер для включения реле, то контактами реле можно запитывать мощные индикаторные лампочки. В этом случае через микросхему таймера будет течь ток около 50 .. 100 ма, что вполне безопасно, а в силовой цепи, питающей индикаторные лампочки, могут течь токи до 5А.  [**Что такое транзистор**]  Первые патенты на принцип работы полевых транзисторов были зарегистрированы в Германии 1928 (в Канаде, в 1925 году в октябре 22) на имя австро-венгерского физика Юлия Эдгара Лилиенфельда. В 1934 году немецкий физик Оскар Хейл запатентовал полевой транзистор. Полевые транзисторы (в частности, МОП-транзисторы) основаны на простом электростатическом эффекте поля, по физике они существенно проще биполярных транзисторов, и поэтому они придуманы и запатентованы задолго до биполярных транзисторов. Тем не менее, первый МОП-транзистор, составляющий основу современной компьютерной индустрии, был изготовлен позже биполярного транзистора в 1960 году. Только в 90-х годах 20 века МОП-технология стала доминировать над биполярной.  В 1947 году Уильям Шокли, Джон Бардин и Уолтер Браттейн в лабораториях Bell Labs впервые создали действующий биполярный транзистор, продемонстрированный 16 декабря. 23 декабря состоялось официальное представление изобретения и именно эта дата считается днём изобретения транзистора. По технологии изготовления он относился к классу точечных транзисторов. В 1956 году они были награждены Нобелевской премией по физике «за исследования полупроводников и открытие транзисторного эффекта» . Интересно, что Джон Бардин вскоре был удостоен Нобелевской премии во второй раз за создание теории сверхпроводимости.  Транзистор на сегодняшний день все еще часто используется в электронных схемах, и он является одним из элементарных компонентов радиоэлектроники. Несмотря на то, что принцип работы транзистора для новичка трудно понять с первого раза, транзистор по сути очень прост и очень хорошо работает вместе с реле. Как Вы уже наверное заметили, у транзистора 3 ножки, и простые биполярные транзисторы бывают двух типов: **PNP** и **NPN**.  transistors-sch  Самыми первыми появились транзисторы PNP, и они изготавливались на основе полупроводника германия. Потом освоили изготовление транзисторов из кремния, и более распространенными стали транзисторы структуры NPN. Транзисторы обеих структур (PNP и NPN) работают по одинаковому принципу, отличие только в полярности рабочего напряжения питания, и в некоторых параметрах. В настоящее время чаще используют транзисторы NPN.  В ключевых схемах назначение транзистора то же самое, что и у реле. Когда слабый открывающий ток течет через эмиттерный переход (между базой Б и эмиттером Э), то канал между коллектором (К) и эмиттером (Э) открывается, и может пропускать ток больше базового в десятки и сотни раз. Эмиттер в этом случае играет роль общего электрода, и для транзисторов NPN в ключевом режиме эмиттер часто подключен к общему отрицательному проводу питания, к земле GND.  Транзисторы иногда используют вместо реле, и они переключают большую мощность, как и реле, от слабого сигнала. Но в отличие от реле, скорость переключения транзисторов может быть очень высокой (время перехода из выключенного состояния во включенное и наоборот очень мало), поэтому их применяют для управления звуковыми динамиками и импульсными трансформаторами в ключевых источниках питания. Большинство самых обычных транзисторов могут переключаться со скоростью 1 миллион раз в секунду. Транзисторы также выгодно отличаются от реле малыми габаритами, поэтому они могут использоваться в тех местах, где реле использовать невозможно или непрактично. Однако транзисторы могут быть повреждены сильными электромагнитными полями, статическим электричеством и перегревом, что накладывает определенные ограничения на области применения транзисторов.  [**Как работает транзистор**]  Транзистор работает усилителем мощности. На вход прикладывается маленькая управляемая мощность, а на выходе снимается в десятки и даже сотни раз бОльшая мощность. Это происходит за счет изменения сопротивления между выводами коллектора и эмиттера в зависимости от тока, который протекает между базой и эмиттером.  Транзисторы, в отличие от реле, могут открываться не полностью (иметь некое сопротивления канала эмиттер - коллектор), что прямо пропорционально току, протекающему через базу. Эту пропорцию называют коэффициент усиления тока транзистора, h21Э. Например, если коэффициент усиления транзистора равен 100, то при токе 1mA, протекающем через базу, ток через канал коллектор - эмиттер может достигать 100mA, что на техническом языке называют усилением. Транзистор, также в отличие от реле, может сильно нагреваться при протекании через него тока. Обычно высокий нагрев получается при большой рассеиваемой мощности на сопротивлении канала коллектор - эмиттер, когда транзистор не полностью открыт. Поэтому нагрев и потери мощности минимальные тогда, когда транзистор либо полностью закрыт, либо полностью открыт.  Все транзисторы имеют некий порог входного напряжения, по превышении которого транзистор начинает открываться. Для большинства обычных кремниевых биполярных транзисторов это напряжение составляет 0.5 .. 0.8V. Для германиевых транзисторов это напряжение меньше, и составляет около 0.2 .. 0.4V. Иногда этот порог называют напряжением отсечки. Если входное напряжение ниже напряжения отсечки, то ток через каналы база - эмиттер и коллектор - эмиттер не течет, транзистор полностью закрыт.  Также все транзисторы имеют максимальный входной ток, после превышения которого эффект усиления перестает проявляться. Т. е. выше этого порога усиление перестает проявляться, выходной ток перестает расти. При этом напряжение между базой и эмиттером близко и даже выше напряжения между коллектором и эмиттером. Такое состояние транзистора называют насыщением, и при этом считается, что транзистор полностью открыт.  [**Как использовать транзистор**]  Очень часто транзистор используется как электронный ключ. Когда управляющий ток течет между базой и эмиттером, открывается силовой канал между эмиттером и коллектором, сопротивление между эмиттером и коллектором резко падает. К примеру, можно включать/выключать светодиоды в зависимости от сигнала тока, приходящего от таймера или от микроконтроллера.  [**Общие замечания по применению реле и транзисторов**]  Реле бывают с самыми разными параметрами, определяющими его назначение и область применения. Чем реле мощнее (то есть чем больше ток и напряжение, которое реле может коммутировать), тем больше размеры реле из-за увеличения размеров электромагнита и контактной группы. Чем реле больше по размеру, тем оно будет требовать бОльшей мощности для управления. Поэтому старайтесь подобрать реле, наиболее подходящее Вам по параметрам.  Важно также подобрать нужное напряжение источника питания для реле. Если напряжение будет слишком низким, то реле не будет надежно срабатывать (или не будет срабатывать вовсе). Если напряжение будет слишком большим, то на обмотке реле будет рассеиваться слишком большая мощность, обмотка будет перегреваться и реле может выйти из строя. Чтобы правильно выбрать напряжение питания обмотки реле, см. параметры реле в его паспорте или даташите.  Для управления реле с помощью микроконтроллера применяйте транзисторы в качестве буферных ключей.  Вы могли бы задаться вопросом - в чем разница между мощными, обычными биполярными транзисторами и транзисторами MOSFET. Мощные транзисторы могут выдержать бОльшие токи и напряжения, и имеют специальные корпуса (обычно максимальные токи порядка 10 .. 20A, и напряжения до 600V и более). Корпус мощного транзистора рассчитан на крепление к теплоотводящей поверхности (например, радиатору). Обычные транзисторы имеют простые пластмассовые миниатюрные корпуса, и могут обычно выдерживать напряжения до 150V и токи до 2A.  Транзистор MOSFET, несмотря на то, что принцип его работы и параметры абсолютно отличаются от традиционных биполярных транзисторов, применяются для тех же целей, что и биполярные транзисторы. Ниже приведен пример схемы для управления реле на транзисторе MOSFET.  MOSFET-and-relay  Под транзисторами MOSFET часто подразумевают мощные транзисторы. Действительно, параметры у MOSFET значительно превышают параметры биполярных транзисторов по току и напряжению. В закрытом состоянии сопротивление канала сток - исток транзисторов MOSFET близко к бесконечности, а в открытом состоянии падает практически до нуля. Поэтому транзисторы MOSFET могут безопасно работать при переключении очень больших мощностей, выделяя при этом малое количество тепла. Транзисторы MOSFET, как и биполярные, могут плавно изменять сопротивление силового канала, однако это сопротивление зависит от входного напряжения, а не от входного тока. Во многих случаях можно с небольшими модификациями схемы заменить биполярный транзистор на транзистор MOSFET. Обратная замена возможна далеко не всегда.  **Электро́нная ла́мпа**, **радиола́мпа** — [электровакуумный прибор](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/202124) (точнее [вакуумный электронный прибор](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/830012)), работа которого осуществляется за счёт изменения потока [электронов](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/7224), которые движутся в вакууме или разрежённом газе между [электродами](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/99949). |

Электронно-лучевые приборы ([кинескопы](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/966306), [передающие телевизионные трубки](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1089968) и т. п.), являются особым образом устроенными электронными лампами.

Электронные лампы, предназначенные для освещения (лампы-вспышки, ксеноновые лампы, ртутные и натриевые лампы), радиолампами не называются и обычно относятся к классу осветительных приборов.

### Вакуумные электронные лампы с подогреваемым катодом

* В результате [термоэлектронной эмиссии](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/102264) электроны покидают поверхность катода.
* Под воздействием разности потенциалов между анодом и катодом электроны достигают анода и образуют анодный ток во внешней цепи.
* С помощью дополнительных электродов (сеток) осуществляется управление электронным потоком путём подачи на эти электроды различного электрического потенциала.

В вакуумных электронных лампах наличие газа ухудшает характеристики лампы.

### Газонаполненные электронные лампы

Основным для этого класса устройств является поток ионов и электронов в газе, наполняющем лампу. Поток может быть создан, как и в вакуумных устройствах, термоэлектронной эмиссией, а может создаваться образованием электрического разряда в газе за счёт напряжённости электрического поля.

Лампы прямого накала потребляют меньшую мощность и быстрее разогреваются, однако, обычно имеют меньший срок службы, при использовании в сигнальных цепях требуют питания накала постоянным током, а в ряде схем неприменимы из-за влияния разницы потенциалов на разных участках катода на работу лампы. Катоды ламп активируют металлами, имеющими малую работу выхода электрона. В лампах прямого накала для этого обычно применяют [торий](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/9999), в лампах косвенного накала — [барий](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8569). Несмотря на наличие тория в катоде, лампы прямого накала не представляют опасности для пользователя, поскольку его излучение не выходит за пределы баллона.

Между катодом и анодом располагаются [сетки](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1227097), которые служат для изменения потока электронов и устранения различных вредных явлений, возникающих при движении электронов от катода к аноду.

Сетки существуют следующих видов:

* [Управляющая сетка](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/584721), изменением напряжения на которой можно регулировать силу анодного тока лампы, тем самым заставляя её усиливать сигнал;
* Экранирующая сетка, устраняющая паразитную связь между управляющей сеткой лампы и её анодом. Эту сетку соединяют с положительным полюсом источника анодного питания. Если вывод анода случайно отойдёт, через эту сетку может потечь ток значительной силы, что приведёт к повреждению лампы. Для предотвращения этого явления последовательно с экранирующей сеткой включают резистор сопротивлением в несколько килоом;
* Антидинатронная сетка, устраняющая динатронный эффект, возникающий при ускорении электронов полем экранирующей сетки. Противодинатронную сетку соединяют с катодом лампы, иногда такое соединение сделано внутри баллона лампы.

Блестящее напыление ([геттер](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/233120)), которое можно видеть на стекле большинства электронных ламп, выполняет двойную функцию — адсорбент остаточных газов, а также индикатор вакуума (многие виды геттера белеют при попадании воздуха в лампу в случае нарушения её герметичности).

Металлические электроды (токовводы), проходящие через стеклянный корпус лампы, должны быть согласованы по [коэффициенту теплового расширения](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/78286) с данной маркой стекла и хорошо смачиваться расплавленным стеклом. Их выполняют из [платины](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8726) (редко), [платинита](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/13231), [молибдена](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/7786) и др.[[1]](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/59493#cite_note-0)

## Основные типы



Основные типы электронных вакуумных ламп:

* [Диоды](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/205449) (легко делаются на большие напряжения, см [кенотрон](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/318165))
* [Триоды](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1209235)
* [Тетроды](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/99906)
* [Пентоды](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/156525)
* лучевые тетроды и пентоды (как разновидности этих типов)
* [Гексоды](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/333117)
* [Гептоды](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/299813)
* [Октоды](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/305252)
* [Ноноды](https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/333170)

## Современные применения

### Радиопередающая техника

В мощных радиовещательных передатчиках (от 100 Вт до единиц мегаватт) в выходных каскадах применяются мощные и сверхмощные лампы с воздушным или водяным охлаждением анода и высоким (более 100 А) током накала.

### Военная промышленность

Из-за принципа действия электронные лампы являются устройствами, значительно более устойчивыми к таким поражающим факторам, как электромагнитный импульс. Для информации: в единственном устройстве может быть несколько сотен ламп.

### Космическая техника

Радиационная деградация полупроводниковых материалов и наличие естественного вакуума межпланетной среды делает применение некоторых типов ламп средством повышения надёжности и долговечности космических аппаратов.

### Повышенная температура среды и радиация

Ламповое оборудование может быть рассчитано на больший температурный и радиационный диапазон условий, нежели полупроводниковое.

### Высококачественная звуковая аппаратура

По представлению заметной части меломанов, «ламповый» звук принципиально отличается от «транзисторного» и от «цифрового». Существует несколько версий объяснения этих различий, как основанных на научных исследованиях, так и откровенно ненаучных рассуждениях.

Однако общим результатом этих представлений стало «возвращение» ламповой техники в сферу высококачественных усилителей.

**Достоинства ламповых усилителей:**

— Простота схем. Лампа обеспечивает большее усиление, чем транзистор, и её параметры мало зависят от внешних факторов. В результате в ламповом усилителе на порядок меньше деталей, чем в полупроводниковом.

— Высокая надёжность. Параметры ламп не зависят от температуры, давления, оптических и ионизирующих излучений (радиации). Лампы малочувствительны к электрическим перегрузкам. Малое число деталей также весьма способствует надёжности.

— Хорошая согласуемость ламп с нагрузкой. Ламповые каскады имеют очень большое входное сопротивление, что снижает потери и способствует уменьшению количества активных элементов в радиоустройстве. Внутреннее сопротивление лампы-триода с учётом согласующего трансформатора примерно в 2 раза меньше, чем сопротивление акустических систем. Это даёт возможность отказаться от обратных связей, и ещё более упростить схемы.

— Простота обслуживания. Если, например, у концертного усилителя прямо во время выступления выходит из строя лампа, то заменить её гораздо проще, чем сгоревший транзистор или микросхему.

— Отсутствие некоторых видов искажений, присущих транзисторным каскадам, что благоприятно сказывается на звуке.

— При грамотном использовании преимуществ ламп можно создавать усилители, превосходящие транзисторные по качеству звучания в пределах определённых ценовых категорий.

— Отличный внешний вид при создании имиджевых образцов аппаратуры.

**Недостатки ламповых усилителей:**

— Помимо питания анодов, лампы требуют дополнительных затрат мощности на накал. Отсюда низкий к.п.д., и как следствие — сильный нагрев.

— Ламповая аппаратура не может быть мгновенно готова к работе. Требуется предварительный прогрев ламп в течении нескольких десятков секунд. Однако, лампы прямого накала начинают работать сразу.

— Выходные ламповые каскады требуется согласовывать с нагрузкой при помощи трансформаторов. Как следствие — сложность конструкции и плохие массо-габаритные показатели за счёт трансформаторов.

— Лампы требуют применения высоких напряжений питания, составляющих сотни (а в мощных усилителях — тысячи) вольт. Это накладывает определённые ограничения в плане безопасности при эксплуатации таких усилителей.

— Лампы имеют ограниченный срок службы. С течением времени параметры ламп меняются, катоды теряют эмиссию (способность испускать электроны), а нить накала может перегореть (к счастью, происходит это не столь часто, как пытаются представить противники ламповых схем).

— Хрупкость классических ламп со стеклянным баллоном. Однако, ещё в 1940-е годы были разработаны (и получили огромное развитие в спецтехнике) металло-керамические лампы, лишённые этого недостатка.

**Некоторые особенности ламповых усилителей:**

— По мнению аудиофилов, звучание (к примеру) электрогитар передаётся гораздо лучше, глубже и «музыкальнее» именно ламповыми усилителями.

— Очевидные недостатки лампового усилителя — большее потребление энергии, нежели у транзисторного, меньший срок службы ламп, большие габариты и масса аппаратуры и стоимость, которая значительно выше, чем у транзисторной и интегральной техники.

Используемая литература:

1. <http://microsin.net/adminstuff/hardware/relay-and-transistor-as-electronic-switches.html>
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B7%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B7%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0>
3. <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/59493>