**ТЕМА 1. ЭЛЕКТРОННЫЕ КЛЮЧИ НА ТРАНЗИСТОРАХ**

* 1. **Электронные ключи на биполярных транзисторах**

**Вопрос 1. Общие сведения об электронных ключах на биполярных транзисторах**

Электронные ключи входят в состав многих импульсных устройств. Основу любого электронного ключа составляет активный элемент (полупроводниковый диод, транзистор), работающий в ключевом режиме. Ключевой режим характеризуется двумя состояниями ключа: "Включено" – "Выключено".

В реальных ключах токи, а также уровни выходного напряжения, соответствующие состояниям "Включено" – "Выключено", зависят от типа и параметров применяемых активных элементов и переход из одного состояния в другое происходит не мгновенно, а в течение времени, обусловленного инерционностью активного элемента и наличием паразитных ёмкостей и индуктивностей цепи. Качество электронного ключа определяется следующими основными параметрами:

* падением напряжения на ключе в замкнутом состоянии ;
* током через ключ в разомкнутом состоянии ;
* временем перехода ключа из одного состояния в другое (временем переключе­ния) .

Чем меньше значения этих величин, тем выше качество ключа.

*Электронным ключом называется устройство для замыкания и размыкания силовой электрической цепи, содержащее по крайней мере один управляемый вентильный прибор. Вентильный прибор (вентиль) — электронный прибор, проводящий ток в одном направлении. На основе двух или более вентильных приборов создаются двунаправленные ключи, проводящие ток в двух направлениях. Понятие «силовой» означает, что осуществляется управление потоком электрической энергии, а не потоком информации. К «силовым» приборам формально принято относить приборы с максимально допустимым значением среднего тока свыше 10 А или импульсным током свыше 1000 А. Функции силовых электронных ключей в настоящее время выполняют силовые полупроводниковые приборы, физической основой которых являются полупроводниковые структуры с различными типами электронной проводимости.*

Диодные ключи не позволяют электрически разделить управляющую и управляемые цепи, что часто требуется на практике. В этих случаях используются транзисторные ключи.

Транзисторные ключи — это устройства, которые коммутируют (замыкают или размыкают) электрическую цепь с помощью управляющего входного сигнала.

**Вопрос 2.  Идеальный и реальный ключ**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Идеальный ключ | | Реальный ключ | | |
| Рисунок 1 - Схема работы ключа | | | | |
| Замкнутое  состояние(х. х.) | Разомкнутое  состояние(х. х.) | Замкнутое  состояние(х. х.) | | Разомкнутое  состояние(х. х.) |
| сопротивление ключа  Rкл=0 | Rкл=∞ | имеет конечное сопротивление Rк в замкнутом и разомкнутом состояниях. | | |
| I= | I=0 | I= | В разомкнутом состоянии в а реальном ключе протекает  небольшой ток. | |
| Uвых=0 | Uвых=Е | Uвых≥0 | Uвых=Е | |
| Переход идеального ключа из одного  состояния в другое происходит мгновенно, т. т.е. длительность переходных процессов р равна «0». | | Переходные процессы имеют конечную  длительность из-за инертности транзистора и и паразитных параметров нагрузки. | | |

*Можно применять вместо транзисторных ключей простые электромагнитные реле. У них имеется достоинство – при работе не происходит нагрев. Но вот частота циклов включения и отключения ограничена, поэтому использовать в инверторах или импульсных блоках питания для создания синусоиды их нельзя. Но в общем принцип действия ключа на полупроводниковом транзисторе и электромагнитного реле одинаков. Электромагнитное реле, реле – это электромагнит, которым производится управление группой контактов. Можно провести аналогию с обычным кнопочным выключателем. Только в случае с реле усилие берется не от руки, а от магнитного поля, которое находится вокруг катушки возбуждения. Контактами можно коммутировать очень большую нагрузку – все зависит от типа электромагнитного реле. Очень большое распространение эти устройства получили в автомобильной технике – с их помощью производится включение всех мощных потребителей электроэнергии. - Читайте подробнее на* SYL.ru: [https://www.syl.ru/article/348974/tranzistornyie-klyuchi-shema-prin](https://www.syl.ru/article/348974/tranzistornyie-klyuchi-shema-printsip-rabotyi-i-osobennosti" \l "image2059764) *[Схемы транзисторных ключей на 12 вольт можно применять вместо реле. При этом улучшается функциональность устройства – включение бесшумное, контакты не щелкают.](https://www.syl.ru/article/348974/tranzistornyie-klyuchi-shema-printsip-rabotyi-i-osobennosti" \l "image2059764)* [- Читайте подробнее на SYL.ru:](https://www.syl.ru/article/348974/tranzistornyie-klyuchi-shema-printsip-rabotyi-i-osobennosti" \l "image2059764)[[https://www.syl.ru/article/348974/tranzistornyie-klyuchi-shema-printsip-rabotyi-i-osobennosti#image2059763](https://www.syl.ru/article/348974/tranzistornyie-klyuchi-shema-printsip-rabotyi-i-osobennosti" \l "image2059764)](https://www.syl.ru/article/348974/tranzistornyie-klyuchi-shema-printsip-rabotyi-i-osobennosti#image2059763)

[tsip-rabotyi-i-osobennosti#image2059764](https://www.syl.ru/article/348974/tranzistornyie-klyuchi-shema-printsip-rabotyi-i-osobennosti" \l "image2059764)

**Вопрос 3. Ключевой режим работы транзистора.**

Из принципа действия биполярных транзисторов следует, что токи эмиттера и коллектора зависят от значения тока базы, который в схемах электронных ключей является током управления. Следовательно, биполярные транзисторы могут рассматриваться как электронные ключи, которые управляются током. Биполярные транзисторы с током 50 А и более обычно рассчитаны на напряжение менее 600 В и частоту коммутации до 20 кГц. Применение силовых электронных ключей на основе биполярных транзисторов связано с необходимостью больших затрат мощности на их управление и, кроме того, ограничено относительно низкой рабочей частотой.

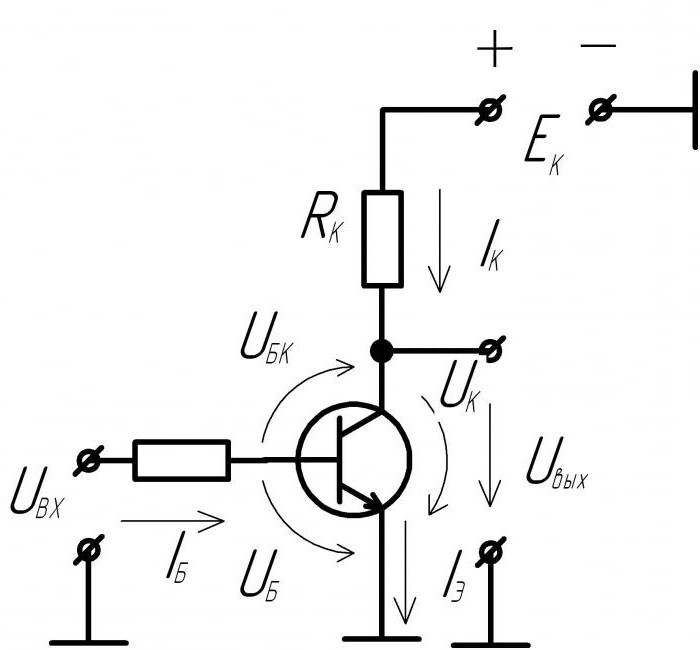


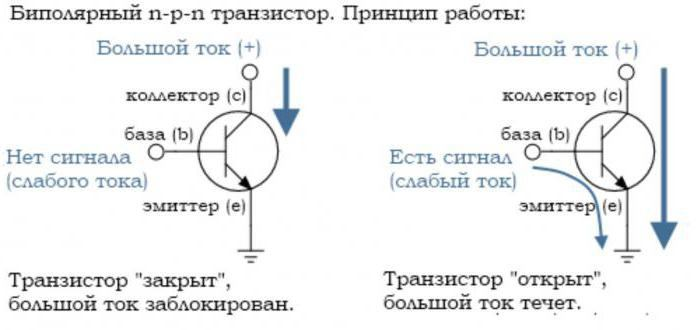
Рисунок 2 – Ключевой режим работы транзистора (принципиальная схема ключа) 

Рисунок 3 – Принцип работы бполярного n-p-n транзистора

Есть несколько основных режимов работы транзисторного ключа: нормальный активный режим, режим насыщения, режим отсечки и активный инверсный режим. Хотя схема транзисторного ключа — это в принципе схема транзисторного усилителя с общим эмиттером, по функциям и режимам эта схема отличается от типичного усилительного каскада.

В ключевом применении транзистор служит быстродействующим ключом, и главными статическими состояниями являются два: транзистор закрыт и транзистор открыт. Запертое состояние — состояние разомкнутое, когда транзистор пребывает в режиме отсечки. Замкнутое состояние — состояние насыщения транзистора, или близкое к насыщению состояние, в этом состоянии транзистор открыт. Когда транзистор переключается из одного состояния в другое, это активный режим, при котором процессы в каскаде протекают нелинейно.

Для режима отсечки характерно смещение обеих p-n переходов транзистора в обратном направлении, причем бывает глубокая отсечка и неглубокая отсечка. Глубокая отсечка — это когда приложенное к переходам напряжение в 3-5 раз превышает пороговое и имеет полярность обратную рабочей. В таком состоянии транзистор разомкнут, и токи его электродов чрезвычайно малы.

При неглубокой же отсечке напряжение, приложенное к одному из электродов, ниже, и токи электродов больше чем при глубокой отсечке, в результате токи уже зависят от приложенного напряжения в соответствии с нижней кривой из семейства выходных характеристик, эту кривую так и называют «характеристика отсечки».

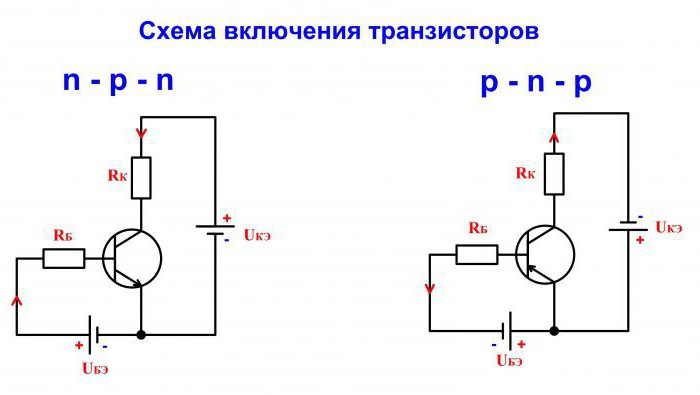


Рисунок 4 – Схемы включения транзисторов

Принцип работы у приборов одинаков, отличаются они только лишь полярностью питающего напряжения, а также отдельными параметрами. Популярность у кремниевых полупроводников на данный момент выше, они почти полностью вытеснили германиевые. И большая часть устройств, включая транзисторные ключи, изготавливаются на биполярных кремниевых элементах с проводимостью n-p-n.

Читайте подробнее на SYL.ru:

<https://www.syl.ru/article/348974/tranzistornyie-klyuchi-shema-printsip-rabotyi-i-osobennosti#image2059764>

Чтобы открыть транзисторный ключ нужно подвести потенциалы определенного знака к обеим pn-переходам. Переход коллектор-база должен быть смещен в обратном направлении, а переход база-эмиттер – в прямом. Для этого электроды источника питания UКЭ подсоединяют к выводам базы и коллектора через нагрузочный резистор RК. Обратите внимание, положительный потенциал UКЭ посредством RК подается на коллектор, а отрицательный потенциал – на эмиттер. Для полупроводника p-n-p структуры полярность подключения источника питания UКЭ изменяется на противоположную.

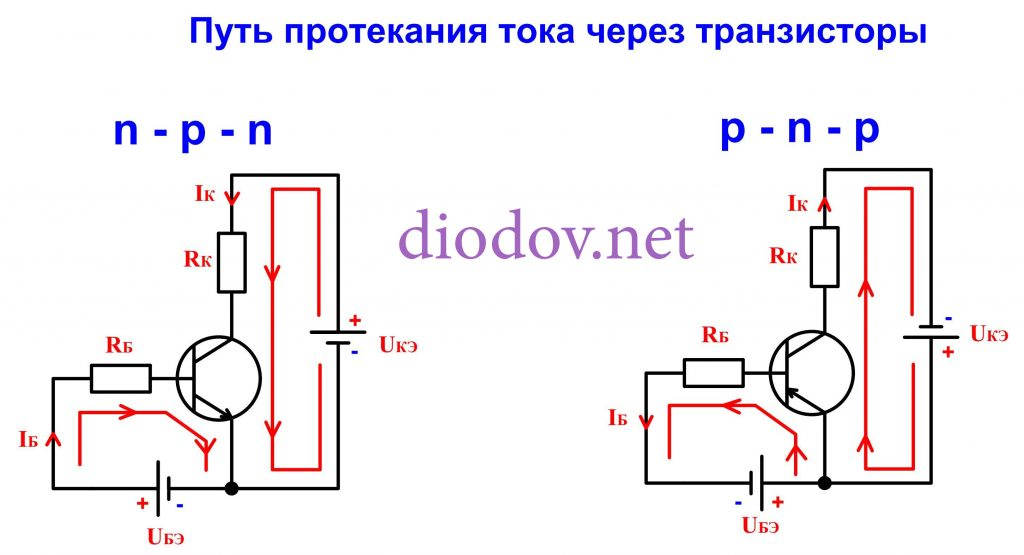


Рисунок 5 – Пути протекания тока через транзисторы

Резистор в цепи коллектора RК служит нагрузкой, которая одновременно защищает биполярный транзистор от короткого замыкания.

Команда на открытие БТ подается управляющим напряжением UБЭ, которое подается на выводы базы и эмиттера через токоограничивающий резистор RБ. Величина UБЭ должна быть не меньше 0,6 В, иначе эмиттерный переход полностью не откроется, что вызовет дополнительные потери энергии в полупроводниковом элементе.

Чтобы не спутать полярность подключения напряжения питания UКЭ и управляющего сигнала UБЭ БТ разной полупроводниковой структуры, обратите внимание на направление эмиттерной стрелки. Стрелка обращена в сторону протекания электрического тока. Ориентируясь на направление стрелки достаточно просто расположить правильным образом источники напряжения.

Источник: https://radio-blog.ru/master/theory/kak-rabotayut-polevye-tranzistory-uproshhennoe-obyasnenie-shem-elektronnyh-klyuchej-regulyatorov-toka-usilitelej-v