



TIQXMMI
TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XOJALIGINI
MEKANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI

ПРЕЗЕНТАЦИЯ

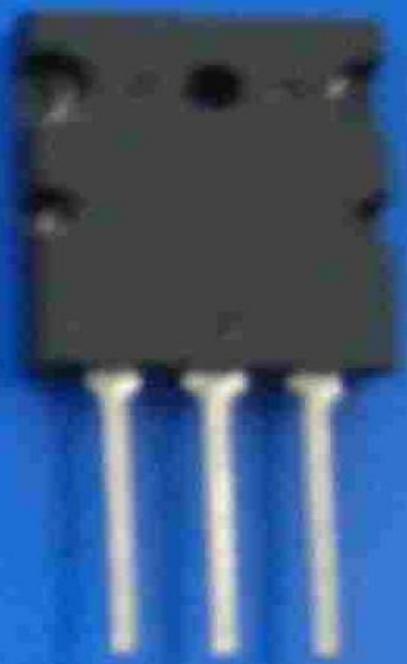
ПО ВЦ

ТЕМА: **«ТРАНЗИСТОРЫ»**

Т Р А Н З И С Т О Р

ТРАНЗИСТОР – радиоэлектронный компонент из полупроводникового материала, обычно с тремя выводами, позволяющий входным сигналом управлять током в электрической цепи. Обычно используется для усиления, генерации и преобразования электрических сигналов. В общем случае транзистором называют любое устройство, которое имитирует главное свойство транзистора - изменения сигнала между двумя различными состояниями при изменении сигнала на управляющем электроде (трёх электродный полупроводниковый электронный прибор, в котором ток в цепи двух электродов управляется третьим электродом).

В полевых и биполярных транзисторах управление током в выходной цепи осуществляется за счёт изменения входного напряжения или тока. Небольшое изменение входных величин может приводить к существенно большему изменению выходного напряжения и тока. Это усилительное свойство транзисторов используется в аналоговой технике.



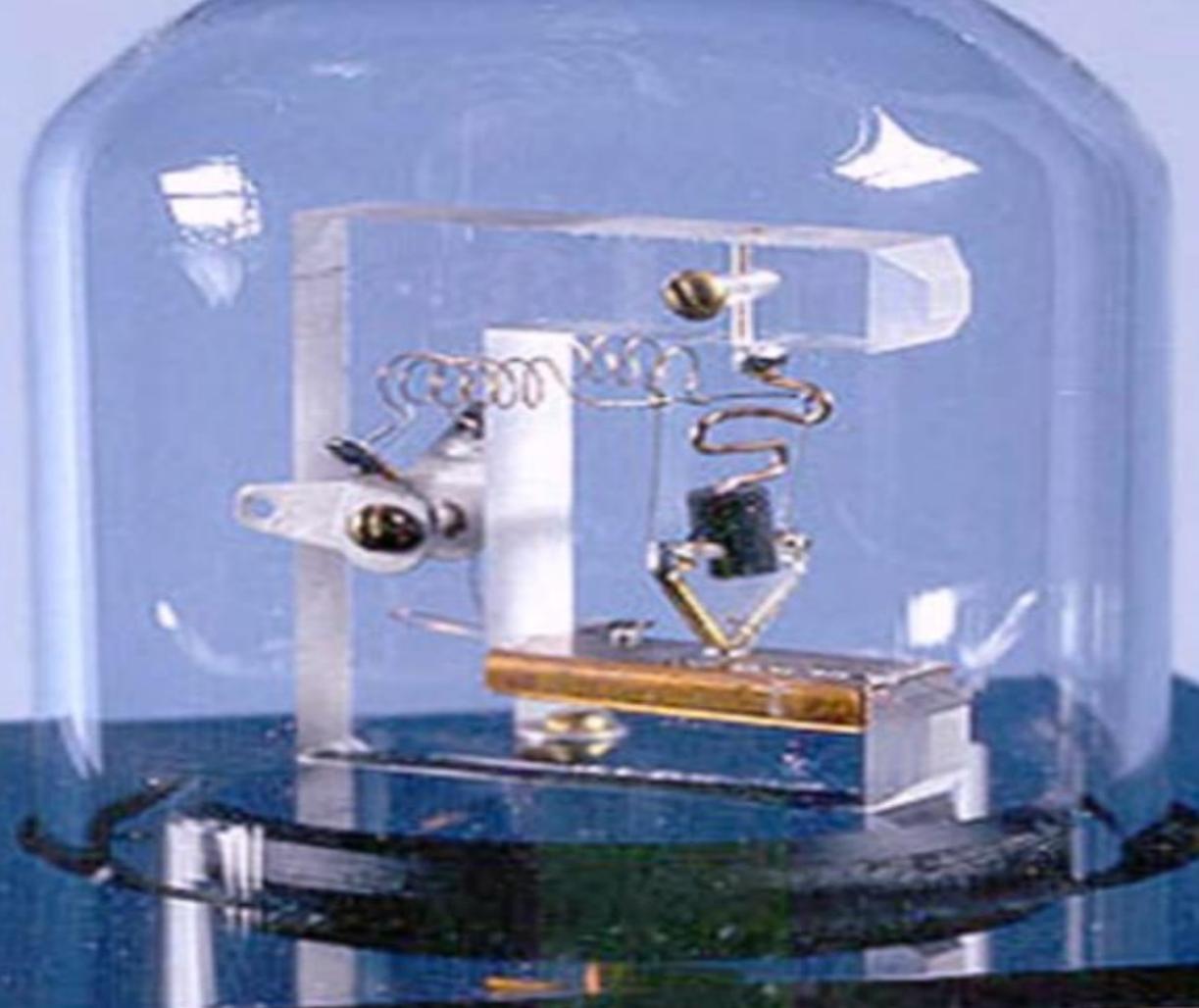
В настоящее время в аналоговой технике доминируют биполярные транзисторы. Другим важнейшим применением транзисторов является цифровая техника (логика, память, процессоры, компьютеры, цифровая связь и т. п.). Вся современная цифровая техника основана на МОП (металл-окисел-полупроводник) транзисторах (МОПТ). Иногда их называют МДП (металл-диэлектрик-полупроводник) транзисторы. Международный термин — MOSFET (metal-oxide-semiconductor field effect transistor). Транзисторы изготавливаются в рамках интегральной технологии на одном кремниевом кристалле (чипе) и составляют элементарный «кирпичик» для построения памяти, процессора, логики и т. п. Размеры современных МОПТ составляют от 130 до 60 нанометров. Это одна десятитысячная часть миллиметра. На одном чипе (обычно размером 1—2 квадратных сантиметра) размещаются десятки миллионов МОПТ. На протяжении десятков лет происходит уменьшение размеров (миниатюризация) МОПТ и увеличение их количества на одном чипе (степень интеграции), в ближайшие годы ожидается увеличение степени интеграции до сотен миллионов транзисторов на чипе. Уменьшение размеров МОПТ приводит также к повышению быстродействия процессоров (тактовой частоты). Каждую секунду сегодня в мире изготавливается полмиллиарда МОП транзисторов.



ИСТОРИЯ

Первые патенты на принцип работы полевых транзисторов были зарегистрированы в Германии в 1928 году на имя австро-венгерского физика Юлиа Эдгара Лилиенфельда. В 1934 году немецкий физик Оскар Хайл запатентовал полевой транзистор.

Полевые транзисторы основаны на простом электростатическом эффекте поля, по физике они существенно проще биполярных транзисторов.



microelectronics group

Lucent Technologies
Bell Labs Innovations



A replica of the first transistor,
invented at Bell Labs,
December 23, 1947

50 Years and Counting...



В 1947 году Уильям Шокли, Джон Бардин и Уолтер Браттейн в лабораториях 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.

Позднее транзисторы заменили вакуумные лампы в большинстве электронных устройств, совершив революцию в создании интегральных схем и компьютеров.



Бардин, Шокли и Браттейн в лаборатории, 1948

БИПОЛЯРНЫЙ ТРАНЗИСТОР

Биполярный транзистор — электропреобразовательный полупроводниковый прибор с одним или несколькими электрическими переходами, предназначенный для усиления, преобразования и генерации электрических сигналов. Устройство плоскостного биполярного транзистора показано на рисунке.



Биполярный транзистор предназначен для управления слабыми нагрузками (например, маломощные моторы и сервоприводы). У него всегда есть три вывода:

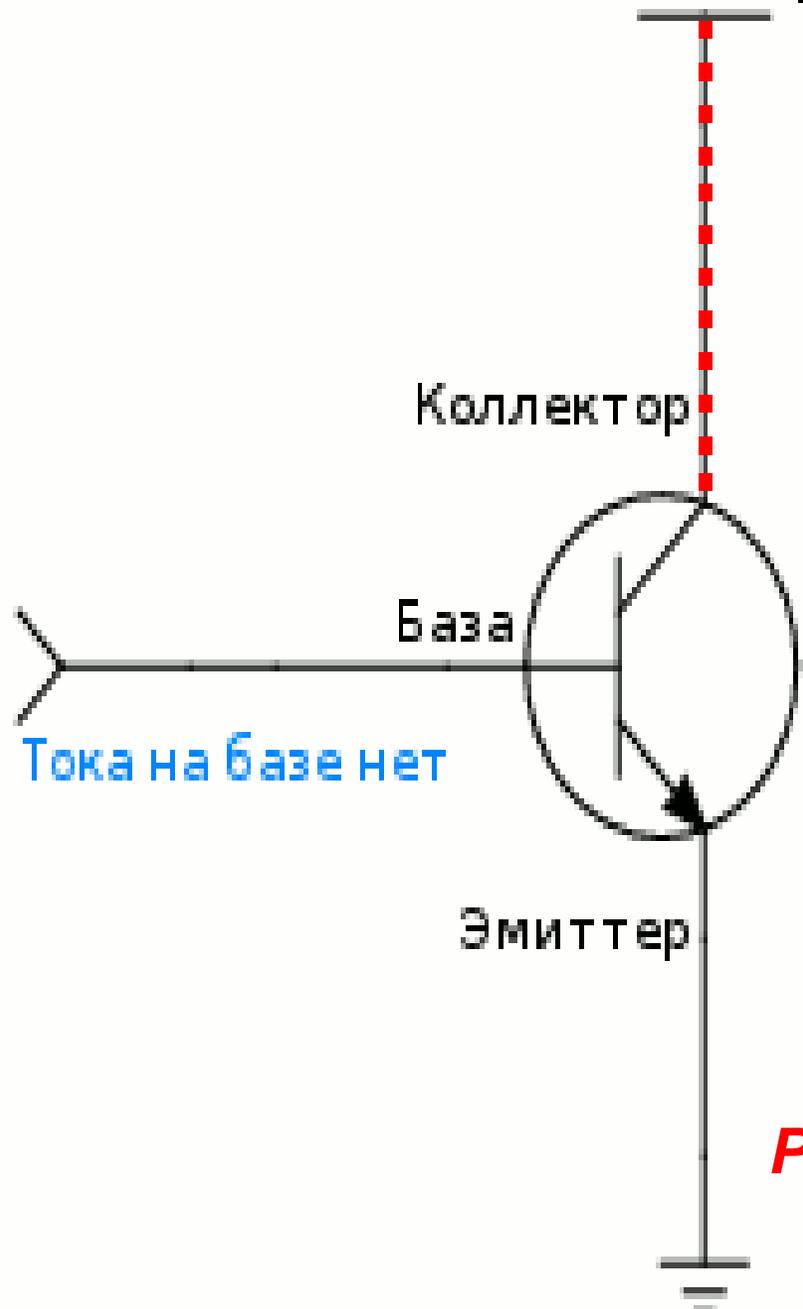
Коллектор (англ. collector) — подаётся высокое напряжение, которым транзистор управляет

База (англ. base) — подаётся или отключается ток для открытия или закрытия транзистора

Эмиттер (англ. emitter) — «выпускной» вывод транзистора. Через него вытекает ток от коллектора и базы.

Биполярный транзистор управляется током. Чем больший ток подаётся на базу, тем больший ток потечёт от коллектора к эмиттеру. Отношение тока, проходящего от эмиттера к коллектору к току на базе транзистора называется коэффициент усиления. Обозначается как h_{fe} (в английской литературе называется *gain*).

Высокое напряжение



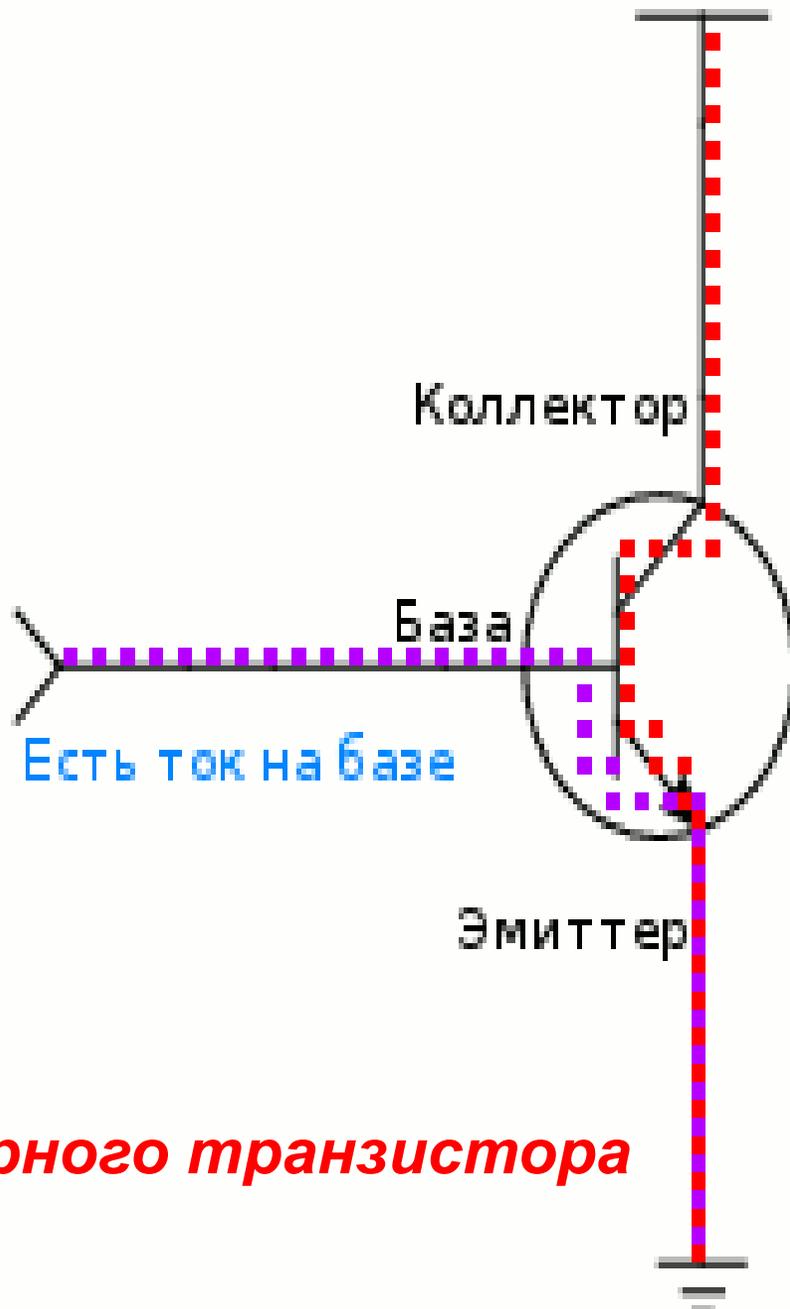
Коллектор

База

Эмиттер

Ток через транзистор не идёт

Высокое напряжение



Коллектор

База

Эмиттер

Ток идёт через транзистор

Работа биполярного транзистора

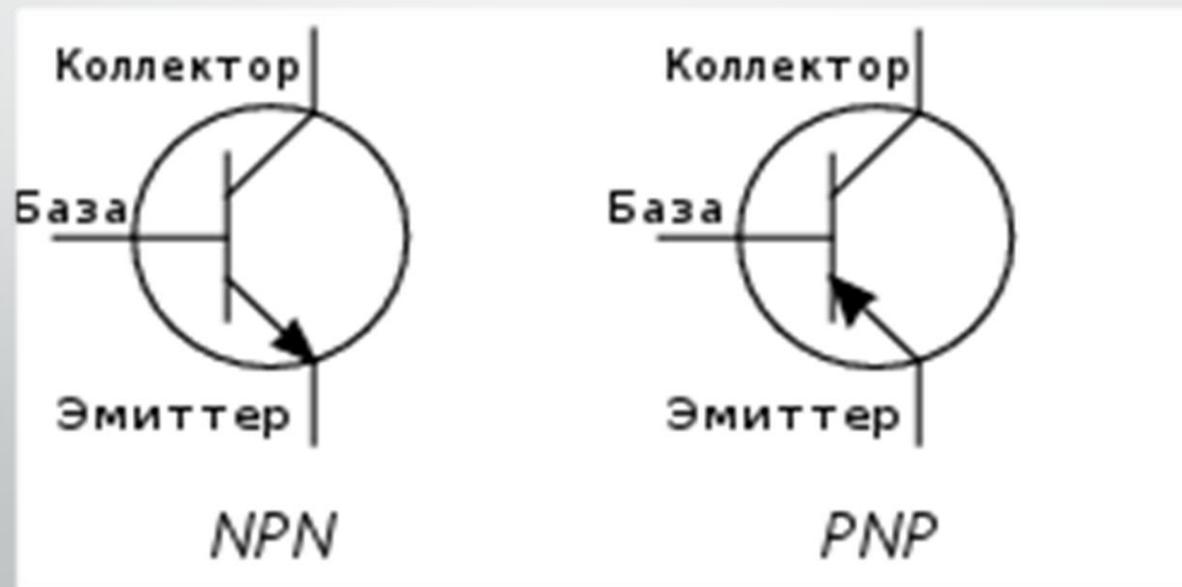
NPN и PNP биполярные транзисторы

Различают 2 типа полярных транзисторов: **NPN** и **PNP**. Отличаются они чередованием слоёв. N (от negative — отрицательный) — это слой с избытком отрицательных переносчиков заряда (электронов), P (от positive — положительный) — слой с избытком положительных переносчиков заряда (дырок). Подробнее о электронах и дырках рассказано в видео, приведённом выше.

От чередования слоёв зависит поведение транзисторов. На анимации выше представлен **NPN** транзистор. В **PNP** управление транзистором устроено наоборот — ток через транзистор течёт, когда база заземлена и блокируется, когда через базу пропускают ток. В отображении на схеме **PNP** и **NPN** отличаются направлением стрелки. Стрелка всегда указывает на переход от **N** к **P**:

Обозначение NPN (слева) и PNP (справа) транзисторов на схеме

NPN транзисторы более распространены в электронике, потому что являются более эффективными.

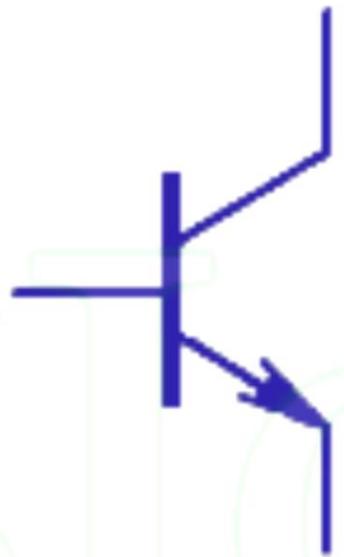


Коллектор

База

Эмиттер

n-p-n

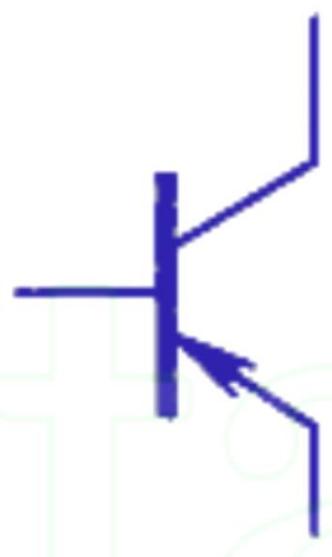


К

Б

Э

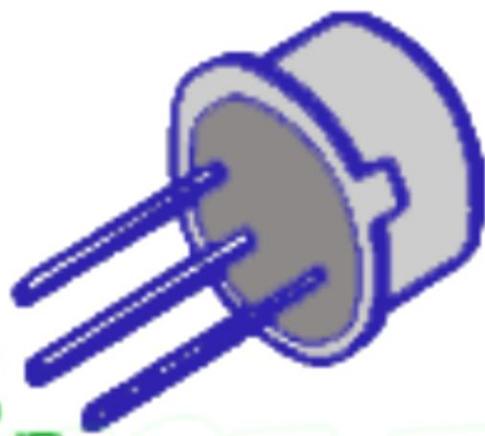
p-n-p



К

Б

Э

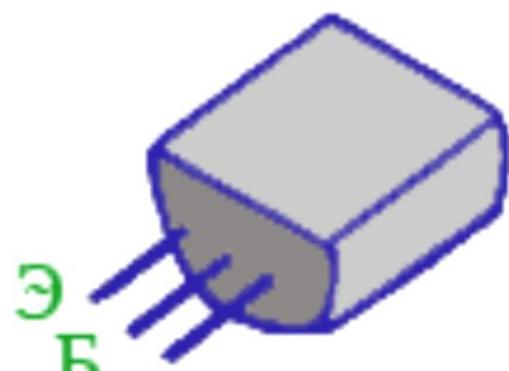


Э

Б

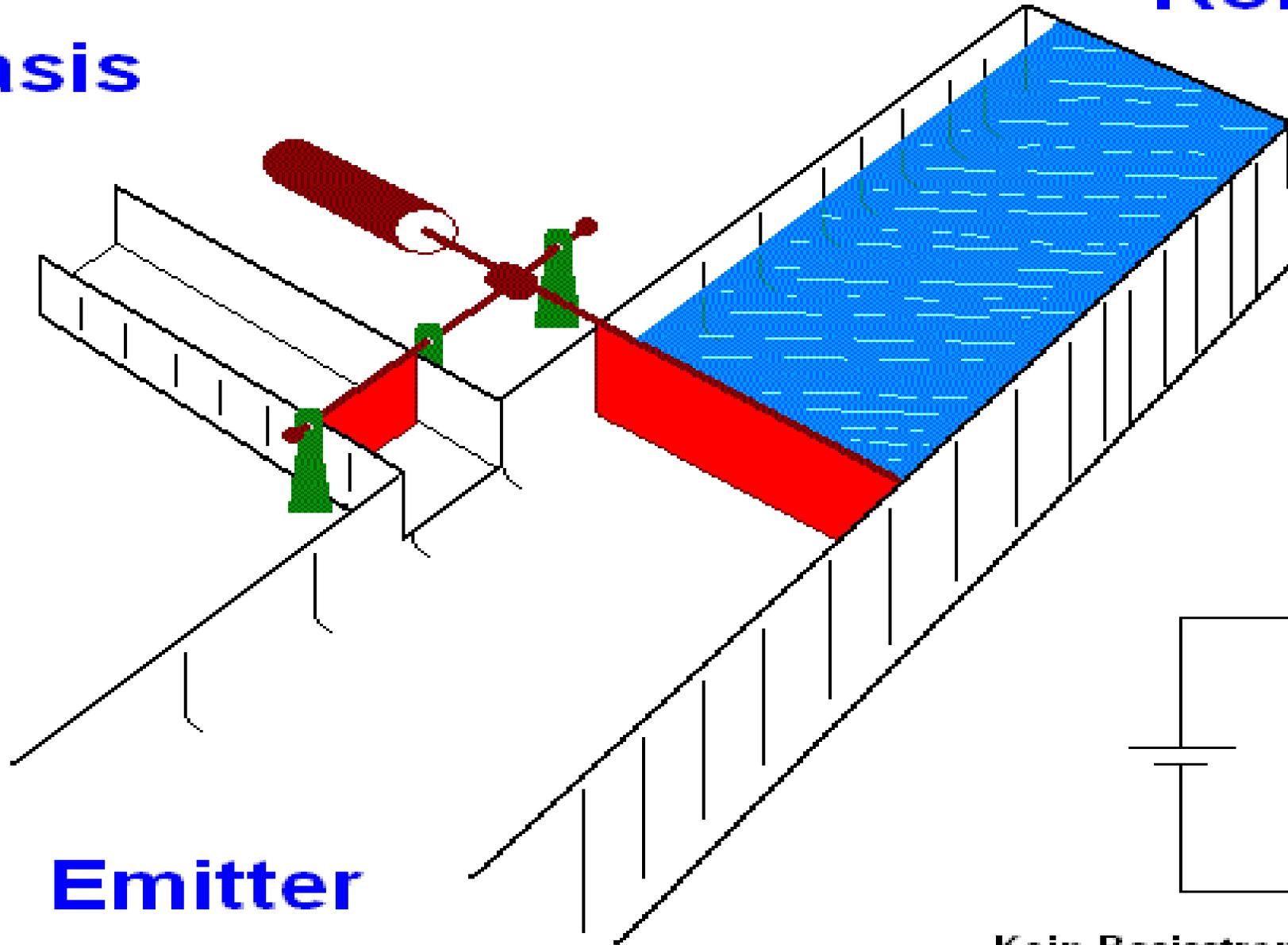
К

TO-92



Basis

Kollektor



Emitter

**Kein Basisstrom kann fließen;
Der Transistor ist gesperrt.**

ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР

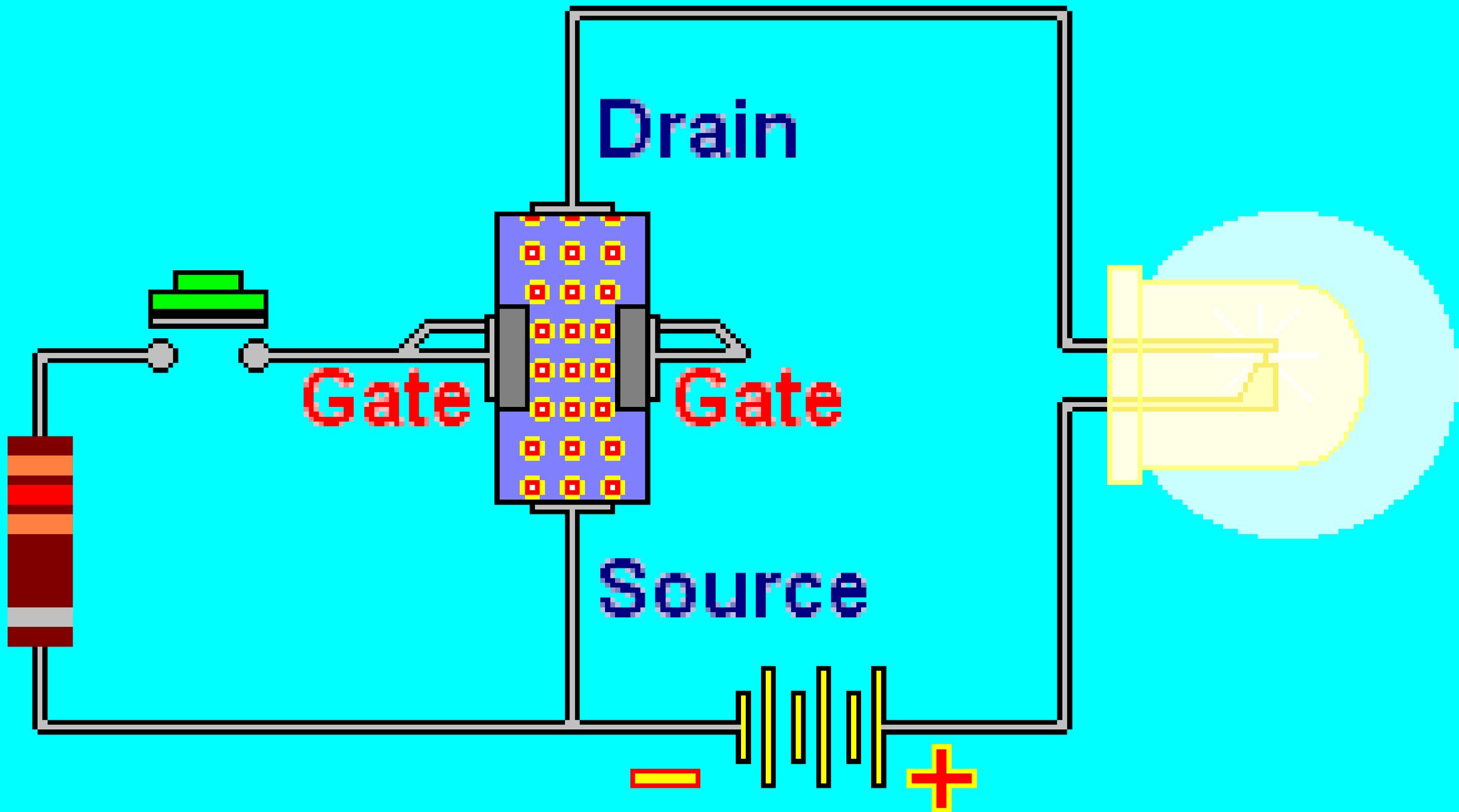
Полевой транзистор — полупроводниковый прибор, в котором ток изменяется в результате действия перпендикулярного току электрического поля, создаваемого входным сигналом.

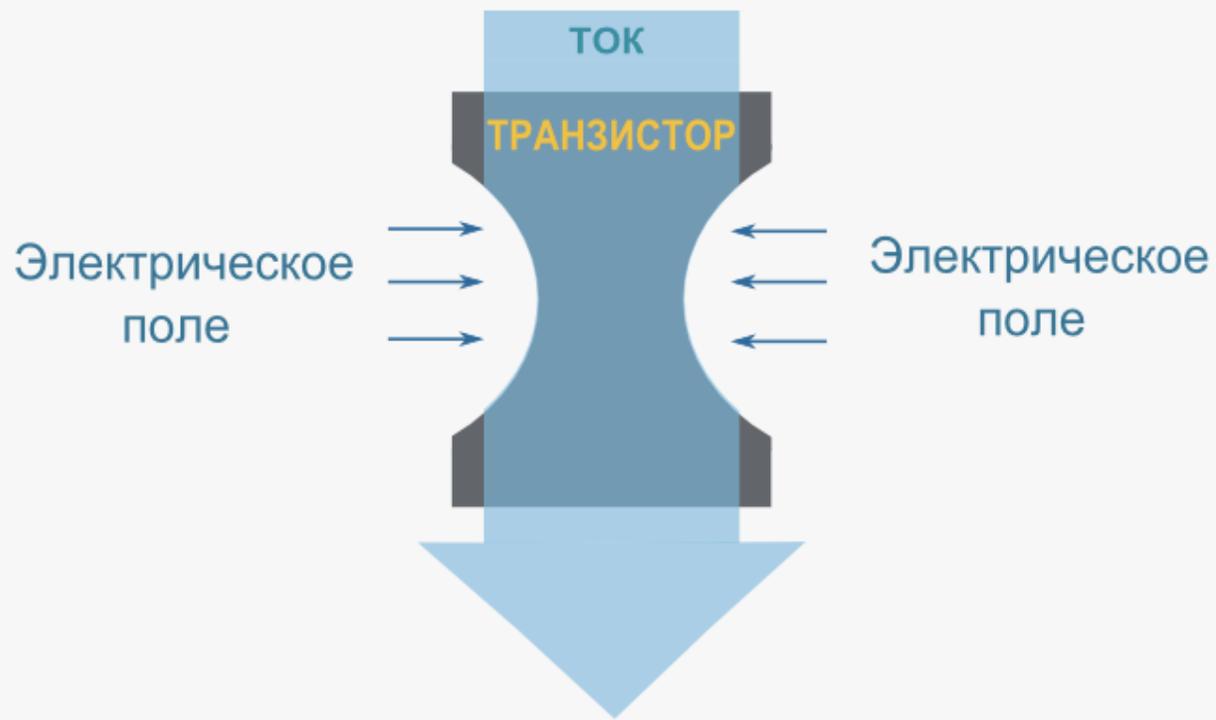
Протекание в полевом транзисторе рабочего тока обусловлено носителями заряда только одного знака (электронами или дырками), поэтому такие приборы называются униполярными (в отличие от биполярных). По физической структуре и механизму работы полевые транзисторы условно делят на 2 группы.

- Первую образуют транзисторы с управляющим р-п переходом или переходом металл — полупроводник (барьер Шоттки),
- вторую — транзисторы с управлением посредством изолированного электрода (затвора), т. н. транзисторы МДП (металл — диэлектрик — полупроводник).

СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ ТРАНЗИСТОРА (ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР)

На входе имеется сигнал достаточный для свечения лампы (светодиода) даже с учетом сопротивления транзистора. Но если подать на управляющий вывод (затвор) запирающий потенциал, то сопротивление увеличится и лампа погаснет.





Принцип действия
полевого транзистора



$$\text{Большой ток} = \text{Маленький ток} * \text{Коэффициент усиления}$$

Принцип действия
биполярного транзистора

ФОТОТРАНЗИСТОР

Фототранзистором называют полупроводниковый транзистор с двумя электронно-дырочными переходами, ток которого увеличивается за счет подвижных носителей заряда, образующихся при облучении прибора светом.



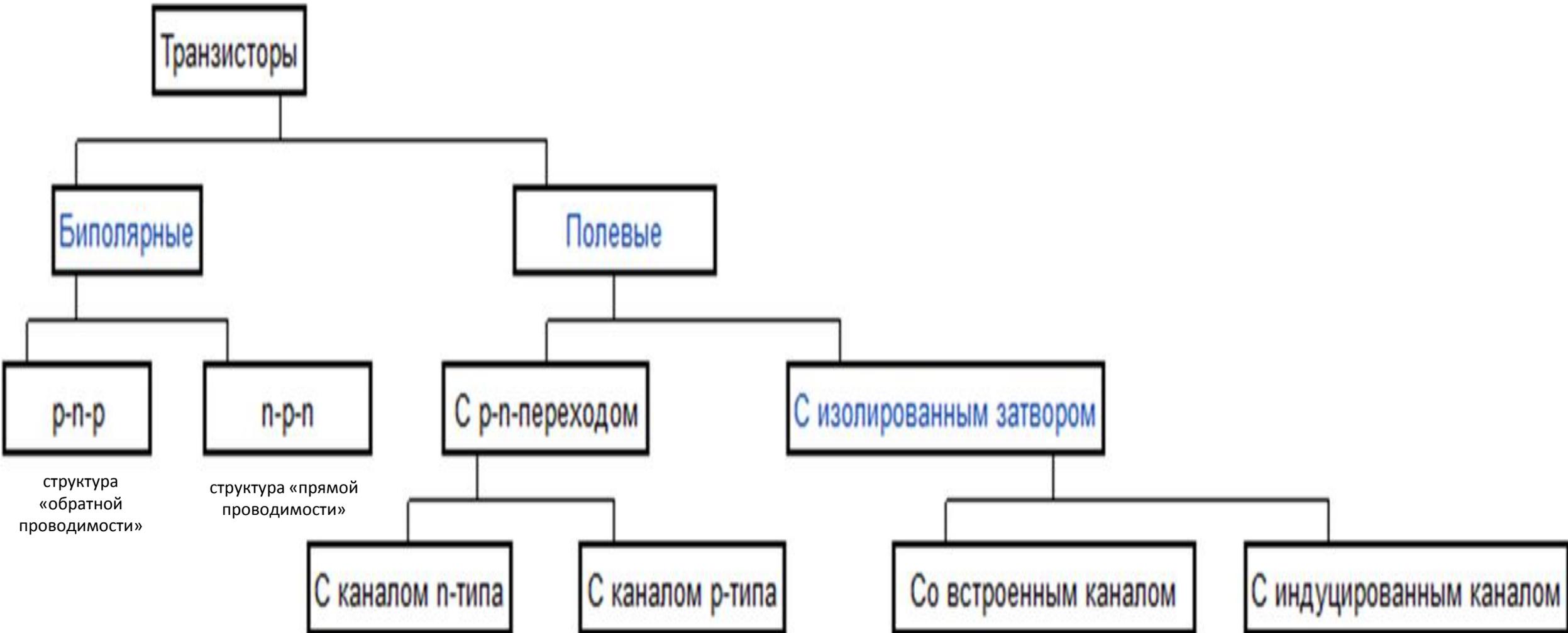
КЛАССИФИКАЦИЯ ТРАНЗИСТОРОВ

По основному полупроводниковому материалу

Помимо основного полупроводникового материала, транзистор содержит в своей конструкции легирующие добавки к основному материалу, металлические выводы, изолирующие элементы, части корпуса. Однако основными являются транзисторы на основе кремния, германия, арсенида галлия.

Другие материалы для транзисторов до недавнего времени не использовались. В настоящее время имеются транзисторы на основе, например, прозрачных полупроводников для использования в матрицах дисплеев. Перспективный материал для транзисторов — полупроводниковые полимеры.

ПО СТРУКТУРЕ



◆ По мощности

- ◆ маломощные транзисторы до 100 мВт
- ◆ транзисторы средней мощности от 0,1 до 1 Вт
- ◆ мощные транзисторы (больше 1 Вт).

➤ По исполнению

- Дискретные транзисторы
- Корпусные
- Для свободного монтажа
- Для установки на радиатор
- Для автоматизированных систем пайки
- Бес корпусные
- Транзисторы в составе интегральных схем

❖ По материалу и конструкции корпуса

- ❖ Металлостеклянный
- ❖ Металлокерамический
- ❖ Пластмассовый

Схемы включения биполярного транзистора

- ✓ с **общим эмиттером (ОЭ)** — осуществляет усиление как по току, так и по напряжению — наиболее часто применяемая схема;
- ✓ с **общим коллектором (ОК)** — осуществляет усиление только по току — применяется для согласования высокоимпедансных источников сигнала с низкоомными сопротивлениями нагрузок;
- ✓ с **общей базой (ОБ)** — усиление только по напряжению, в силу своих недостатков в одностранзисторных каскадах усиления применяется редко, обычно в составных схемах.

Схемы включения полевого транзистора

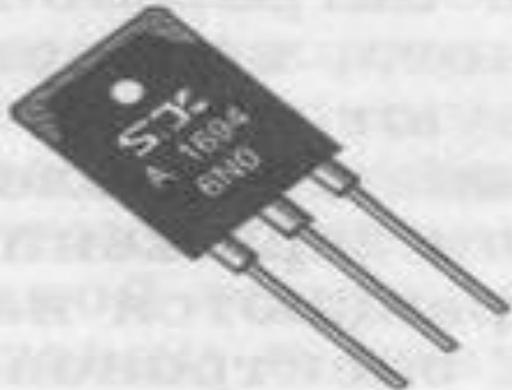
- с **общим истоком (ОИ)** — аналог ОЭ биполярного транзистора;
- с **общим стоком (ОС)** — аналог ОК биполярного транзистора;
- с **общим затвором (ОЗ)** — аналог ОБ биполярного транзистора.

ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНЗИСТОРОВ

- ❑ **Усилительных схемах.** Работает, как правило, в усилительном режиме. Существуют экспериментальные разработки полностью цифровых усилителей, на основе ЦАП, состоящих из мощных транзисторов. Транзисторы в таких усилителях работают в ключевом режиме.
- ❑ **Генераторах сигналов.** В зависимости от типа генератора транзистор может использоваться либо в ключевом, либо в усилительном режиме.
- ❑ **Электронных ключах.** Транзисторы работают в ключевом режиме. Ключевые схемы можно условно назвать усилителями цифровых сигналов. Иногда электронные ключи применяют и для управления силой тока в аналоговой нагрузке. Это делается, когда нагрузка обладает достаточно большой инерционностью, а напряжение и сила тока в ней регулируются не амплитудой, а шириной импульсов. На подобном принципе основаны бытовые диммеры для ламп накаливания и нагревательных приборов, а также импульсные источники питания.



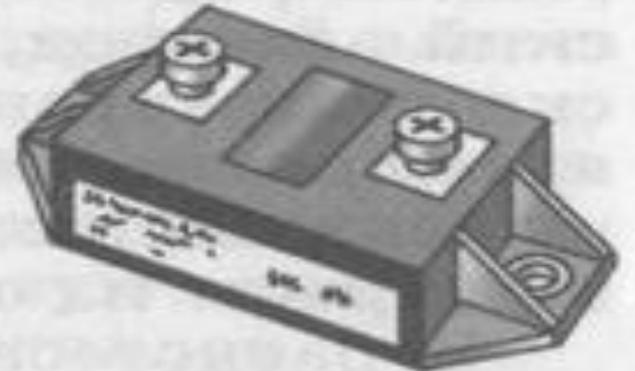
$I \approx 0,1 \text{ A}$



$I = 10 \text{ A}$



$I = 50 \text{ A}$



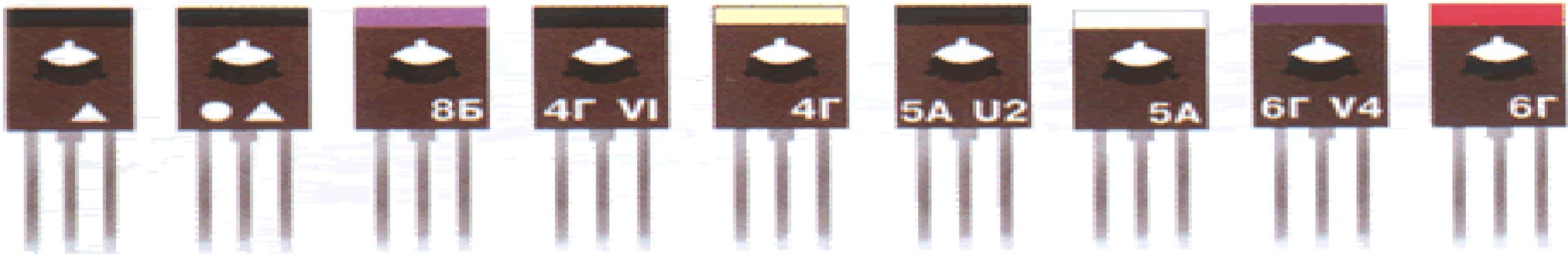
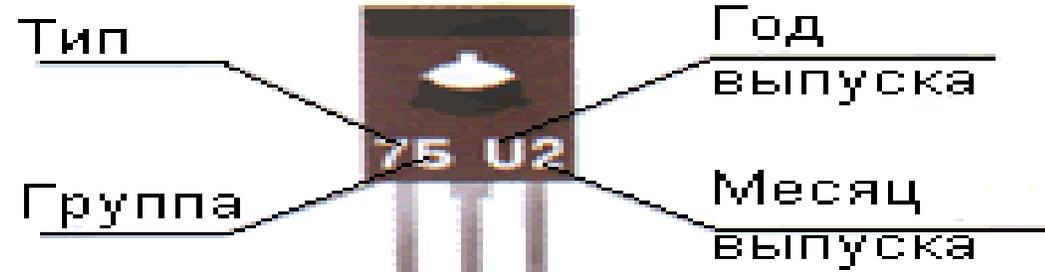
$I \approx 400 \text{ A}$

ПРЕИМУЩЕСТВА

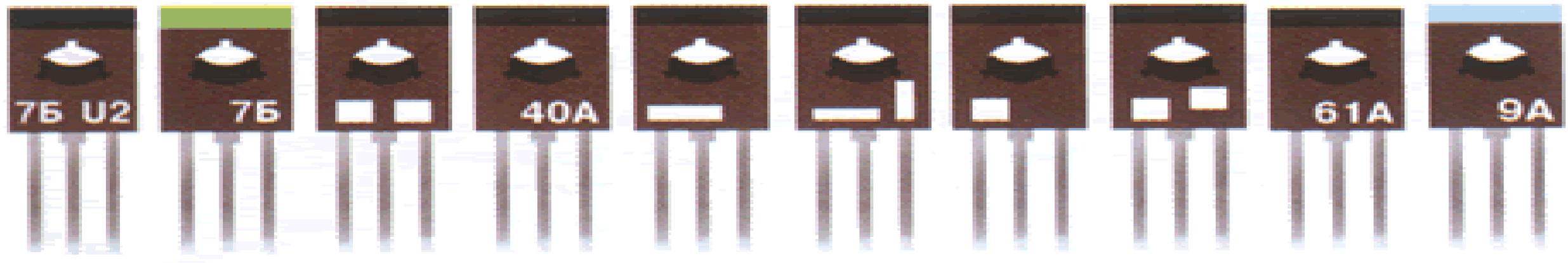
- малые размеры и небольшой вес, что способствует развитию миниатюрных электронных устройств;
- высокая степень автоматизации производственных процессов, что ведёт к снижению удельной стоимости;
- низкие рабочие напряжения, что позволяет использовать транзисторы в небольших, с питанием от батареек, электронных устройствах;
- не требуется дополнительного времени на разогрев катода после включения устройства;
- уменьшение рассеиваемой мощности, что способствует повышению энергоэффективности прибора в целом;
- высокая надёжность и бóльшая физическая прочность;
- очень продолжительный срок службы — некоторые транзисторные устройства находились в эксплуатации более 50 лет;
- возможность сочетания с дополнительными устройствами, что облегчает разработку дополнительных схем, что не представляется возможным с вакуумными лампами;
- стойкость к механическим ударам и вибрации, что позволяет избежать проблем при использовании в микрофонах и в аудио устройствах.

НЕДОСТАТКИ

- Кремниевые транзисторы обычно не работают при напряжениях выше 1 000 вольт. В отличие от вакуумных ламп, были разработаны транзисторы, способные работать при напряжении в несколько десятков тысяч вольт
- высокая мощность, высокая частота, требующиеся для эфирного телевизионного вещания, лучше достигаются в вакуумных лампах в связи с большей подвижностью электронов в вакууме;
- кремниевые транзисторы гораздо более уязвимы, чем вакуумные лампы к действию электромагнитного импульса, в том числе и одного из поражающих факторов высотного ядерного взрыва;
- чувствительность к радиации и космических;
- вакуумные лампы менее "шумны" и предполагают использование меньшего числа каскадов усиления, в результате чего АЧХ лампового усилителя более ровная, возможно отсюда выражение "тёплый ламповый звук"



КТ646А КТ646Б КТ683Б КТ814Г КТ814Г КТ815А КТ815А КТ816Г КТ816Г



КТ817Б КТ817Б КТ940 КТ940 КТ972А КТ972Б КТ973А КТ973Б КТ961А КТ9115