

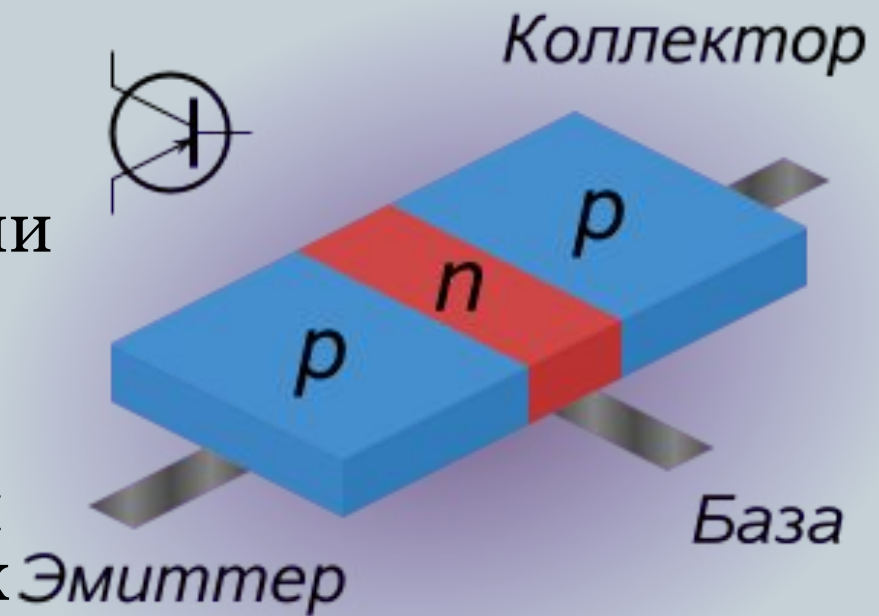


БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

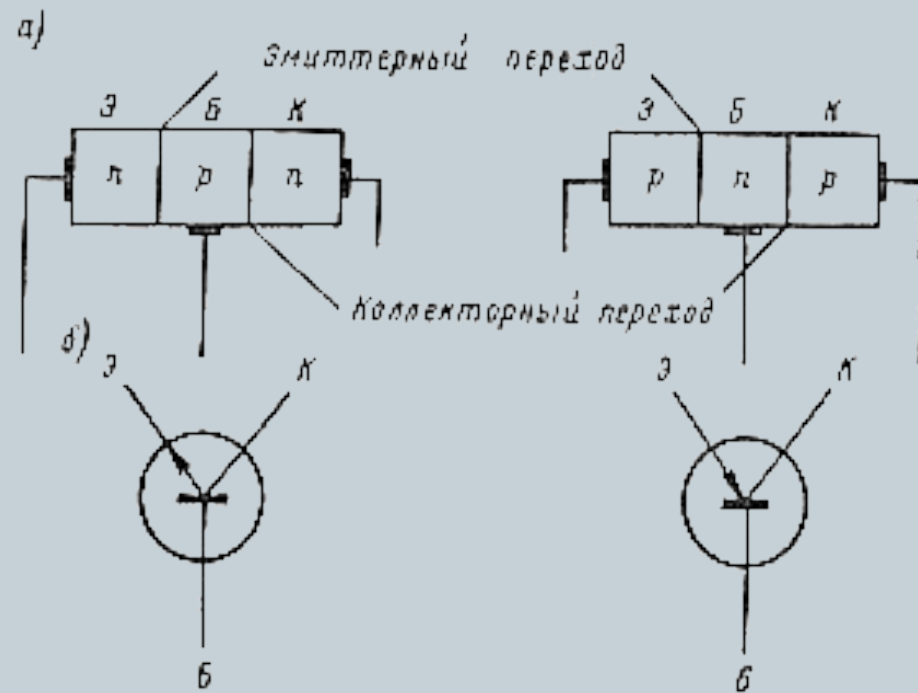
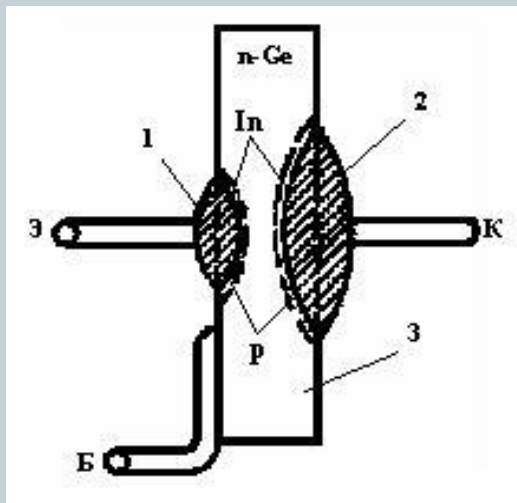


Биполярным транзистором

- называют полупроводниковый прибор с двумя взаимодействующими электрическими переходами и тремя (или более) выводами, усилительные свойства которого обусловлены явлениями инжекции и экстракции неосновных носителей заряда.



Структура транзистора, УГО





- **База биполярного транзистора** – средняя область в р-п-р- (или п-р-п-) структуре, характеризуется наименьшей концентрацией примесей, посредством омического контакта соединена с выводом.
- **Эмиттер** – крайняя область в р-п-р- (или п-р-п-) структуре биполярного транзистора, используемая для инжекции (впрыскивания) носителей в область базы, посредством омического контакта соединена с выводом.
- **Коллектор** – крайняя область в р-п-р- (или п-р-п-) структуре **биполярного транзистора**, используемая для экстракции (втягивания) носителей из области базы; посредством омического контакта соединена с выводом, называемым коллектор.

Типы транзисторов

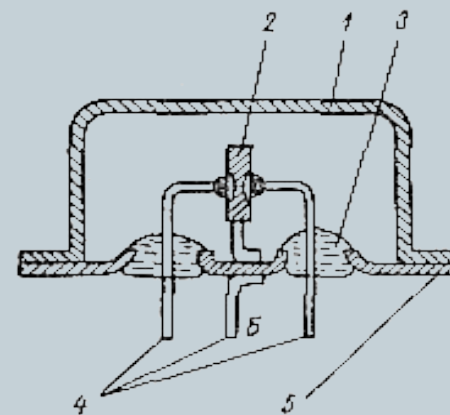
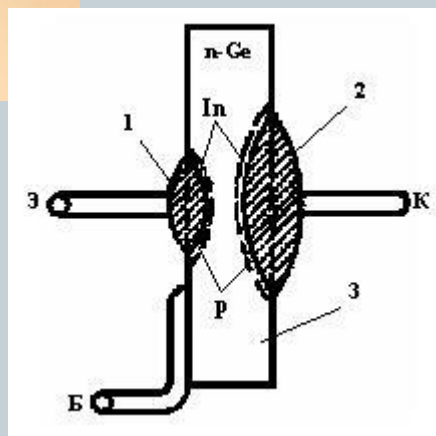
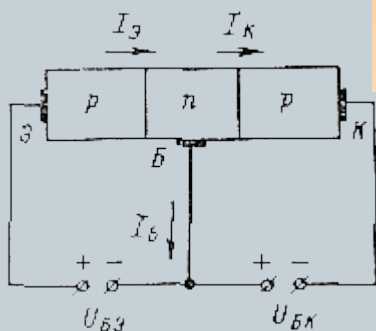


- В настоящее время промышленность выпускает только ***плоскостные***.

По принципу работы они делятся на:

- транзисторы, у которых внутри базы отсутствует электрическое поле, а носители зарядов перемещаются в результате диффузии - ***диффузионные***
- на транзисторы, у которых внутри базы имеется электрическое поле, под действием которого и происходит дрейф носителей тока через базу – ***дрейфовые***

Конструкция плоскостного транзистора



$$I_{\text{Э}} = I_{\text{о.н.э}} + I_{\text{о.н.б}}$$

$I_{\text{о.н.э}}$ — ток дырок, перемещающихся из эмиттера в базу;

$I_{\text{о.н.б}}$ — ток электронов, перемещающихся из базы в эмиттер.

Следует иметь в виду, что направление перемещения дырок совпадает с обозначением направления тока.

- 1 — крышка корпуса;
- 2 — пластинка германия;
- 3 — изолятор;
- 4 — выводы электродов;
- 5 — основание корпуса.

Разница между транзисторами типа PNP и NPN

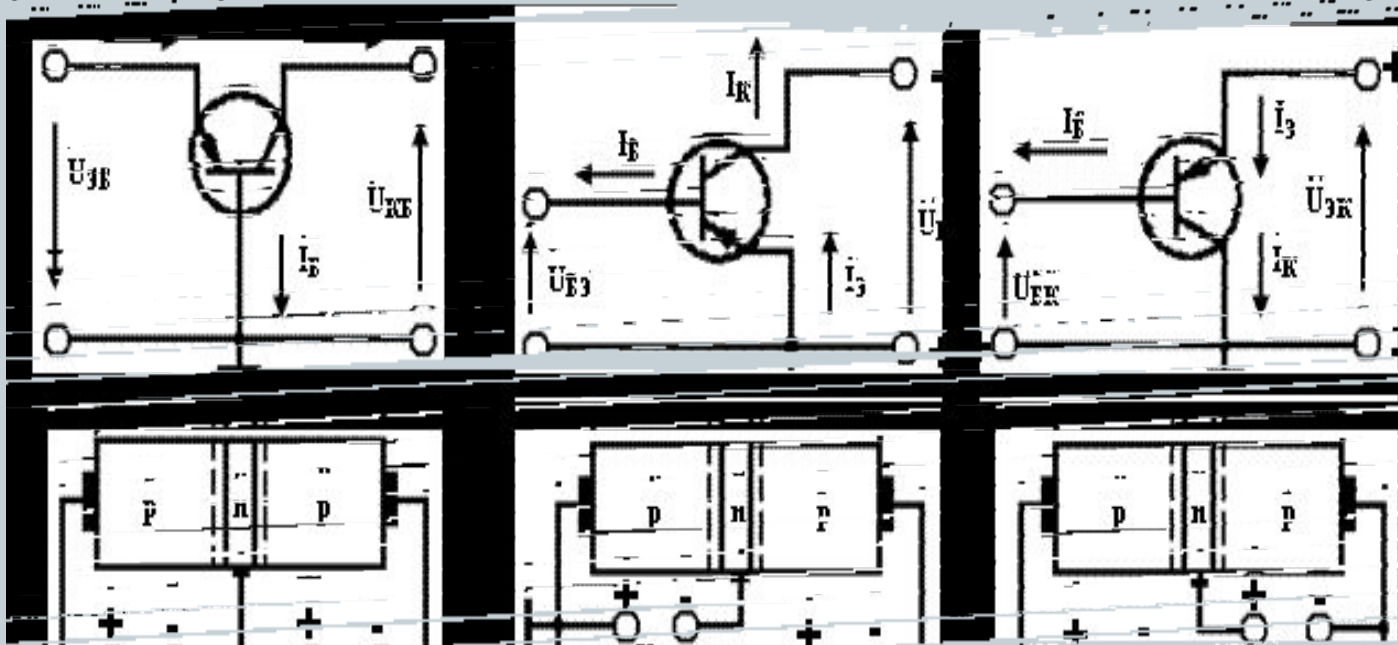


- 1) PNP транзисторы открываются напряжением отрицательной полярности, NPN - положительной.
- 2) PNP пропускают ток от эмиттера к коллектору, NPN - наоборот.
- 3) В NPN транзисторах основные носители заряда - электроны, а в PNP - дырки, которые менее мобильны

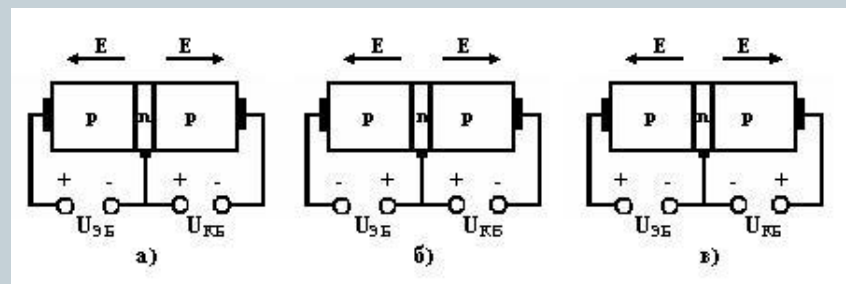
Схемы включения



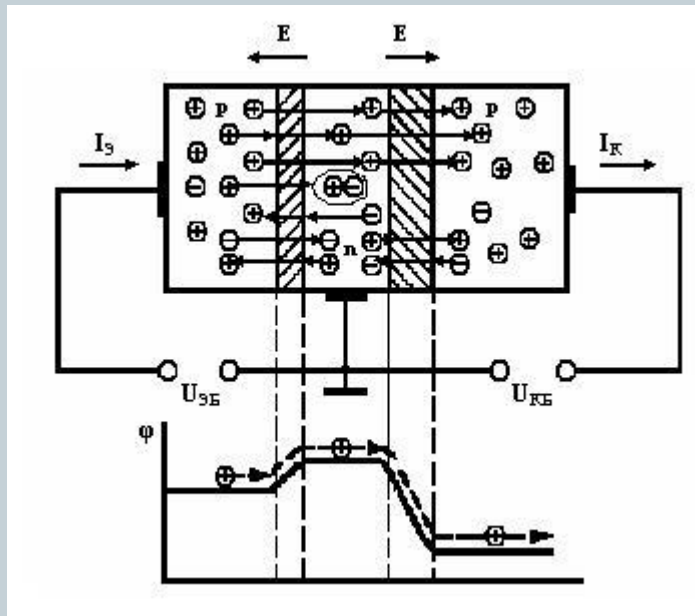
с общей базой (ОБ); с общим эмиттером (ОЭ); с общим коллектором (ОК)



- Если один переход смещен в прямом направлении, а другой – в обратном, режим называют **активным** (а).
- Если в прямом направлении включен эмиттерный переход, а коллекторный – в обратном, такое включение называют **нормальным** (б).
- Если смещение на р-п-переходах противоположное, включение называют **инверсным** (в). В последнем случае коллектор выполняет роль эмиттера, а эмиттер – роль коллектора.

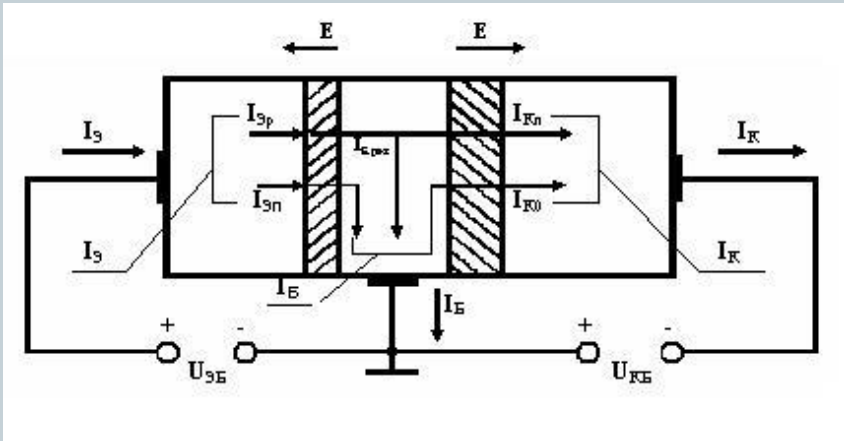


Работа биполярного транзистора в активном режиме



- прямое смещение эмиттерного перехода создается за счет включения постоянного источника питания
- обратное смещение коллекторного перехода – за счет включения источника

Токи биполярного транзистора



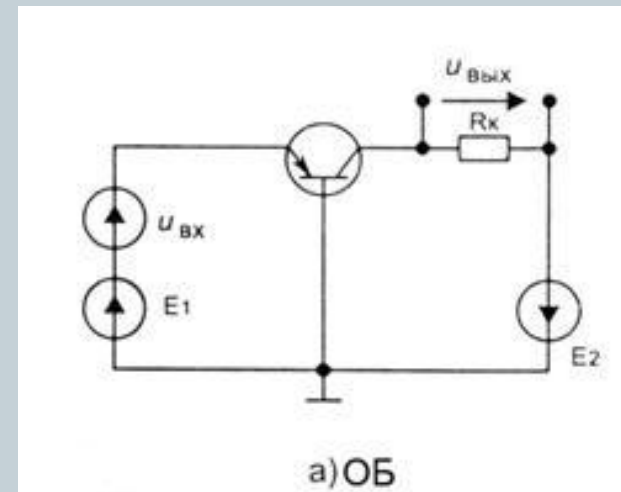
- В эмиттере дырки создают ток, а в коллекторе они представляют собой дырочную составляющую тока коллектора
- Через эмиттер протекает электронный ток
- В базе протекают ток, образованный электронами, инжектированными в эмиттер, ток рекомбинации и обратный ток коллекторного перехода

(по 1-ому закону Кирхгофа)

Схемы включения транзисторов

Схема с ОБ

- Значение I_k близко к значению $I_э$.
- **Усиление по U и p .**
- Изменение $U_э$ вызовет изменение $I_э$ и I_k : $I_k \approx I_э$
- $I_k \approx I_э$
- При работе транзистора в усилительном режиме на его вход подается переменный сигнал, который усиливается. Напряжение источника питания постоянно, но переменное напряжение на коллектор, приводит к большим изменениям переменного напряжения сигнала на резисторе

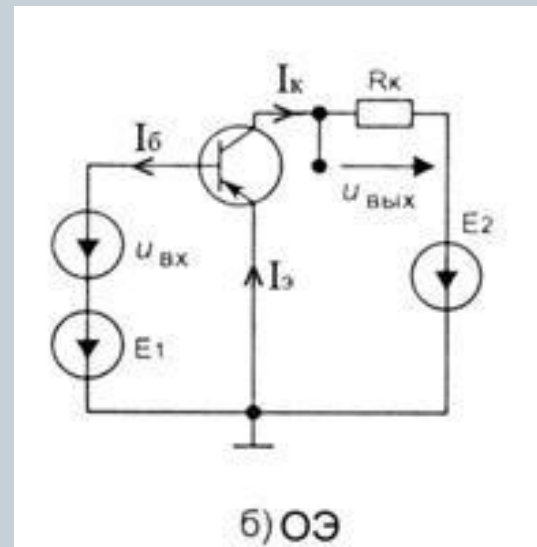


В схеме происходит усиление малого переменного входного сигнала.

Схемы включения транзисторов

Схема с ОЭ

- В схеме с происходит усиление и по I и U , p .
- $I_b < I_c$

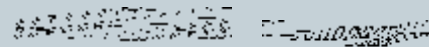


Статические характеристики

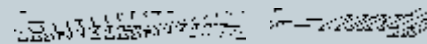
- описывают взаимосвязь между входными и выходными токами и напряжениями транзистора, когда в цепи коллектора нет нагрузки.
- Эти характеристики используют при практических расчетах схем на транзисторах.

Можно составить ряд семейств таких характеристик, но наиболее употребляемыми являются:

- **входные**



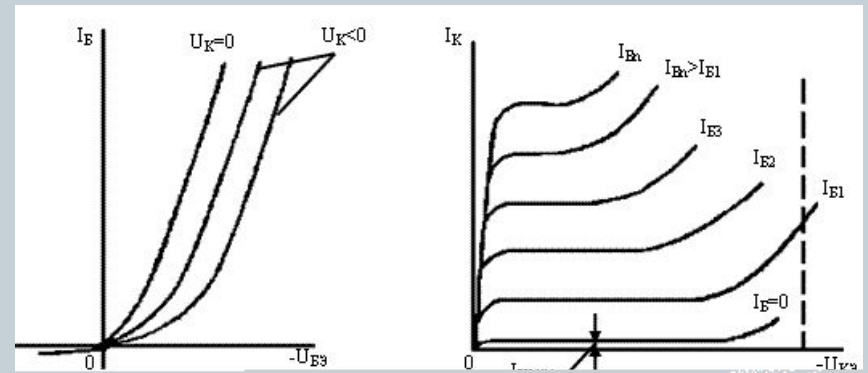
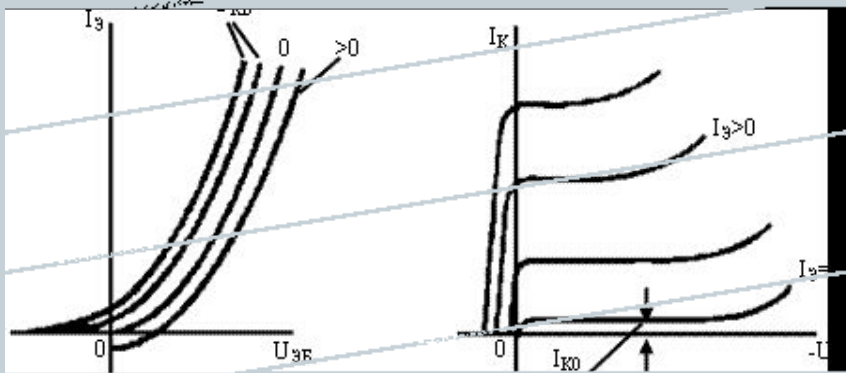
- **выходные**



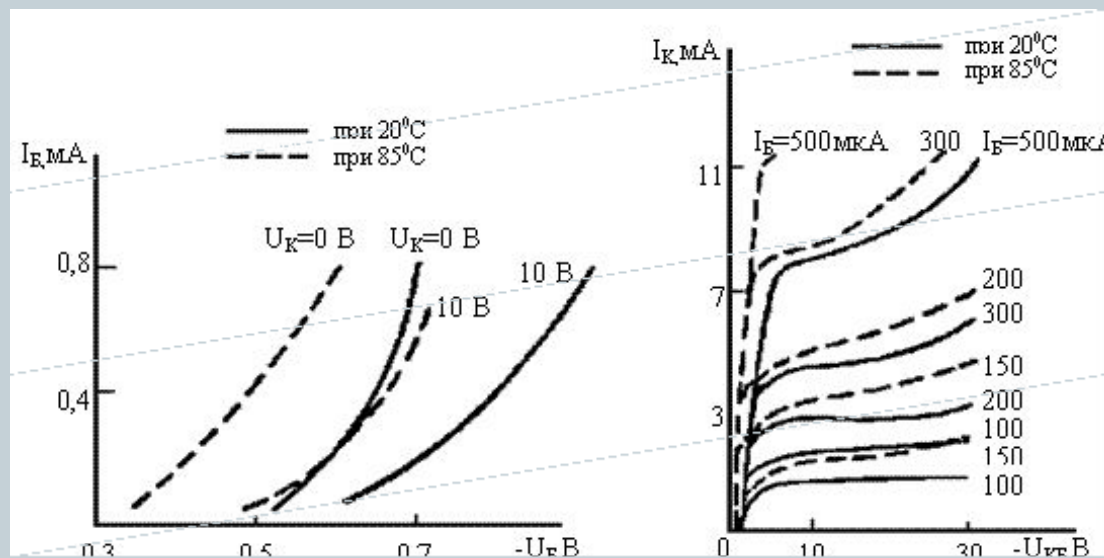
Входные и выходные статические характеристики

для схемы с ОБ

для схемы с ОЭ



Влияние температуры на характеристики транзистора



Маркировка



Код состоит из 2-ух/3-ех элементов.

- Второй элемент указывает область применения транзистора (см. табл.)

| Транзисторы | Цифра маркировки (область применения) | | | |
|-------------|---------------------------------------|---------|-----------------|---------|
| | Низкочастотные | | Высокочастотные | |
| | маломощные | мощные | маломощные | мощные |
| Германиевые | 1—100 | 201—300 | 401—500 | 601—700 |
| Кремниевые | 101—200 | 301—400 | 501—600 | — |

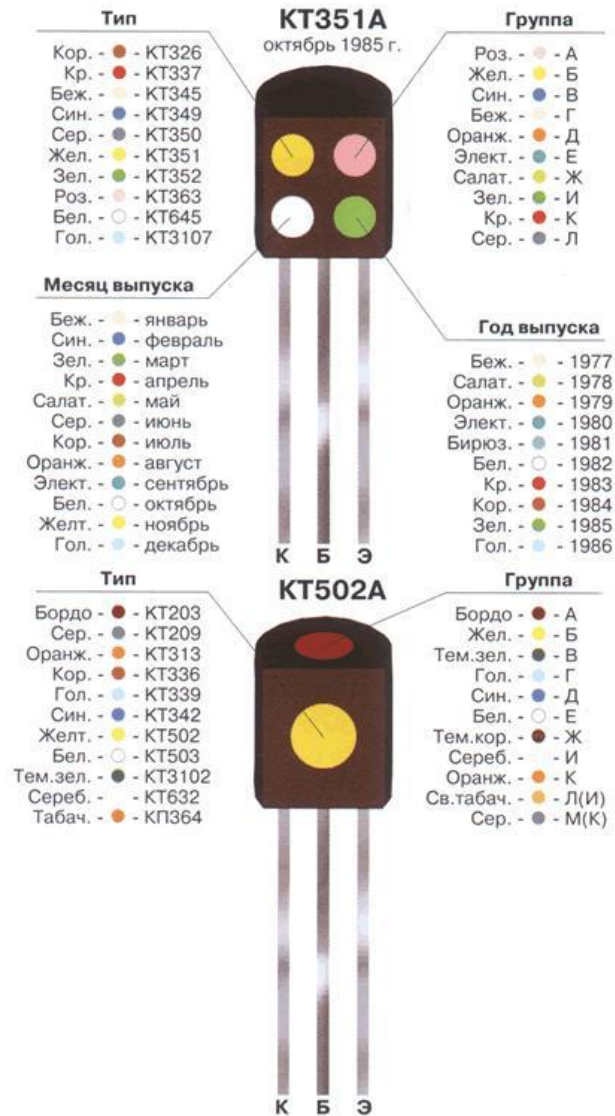
- третий элемент — разновидность прибора данного типа.

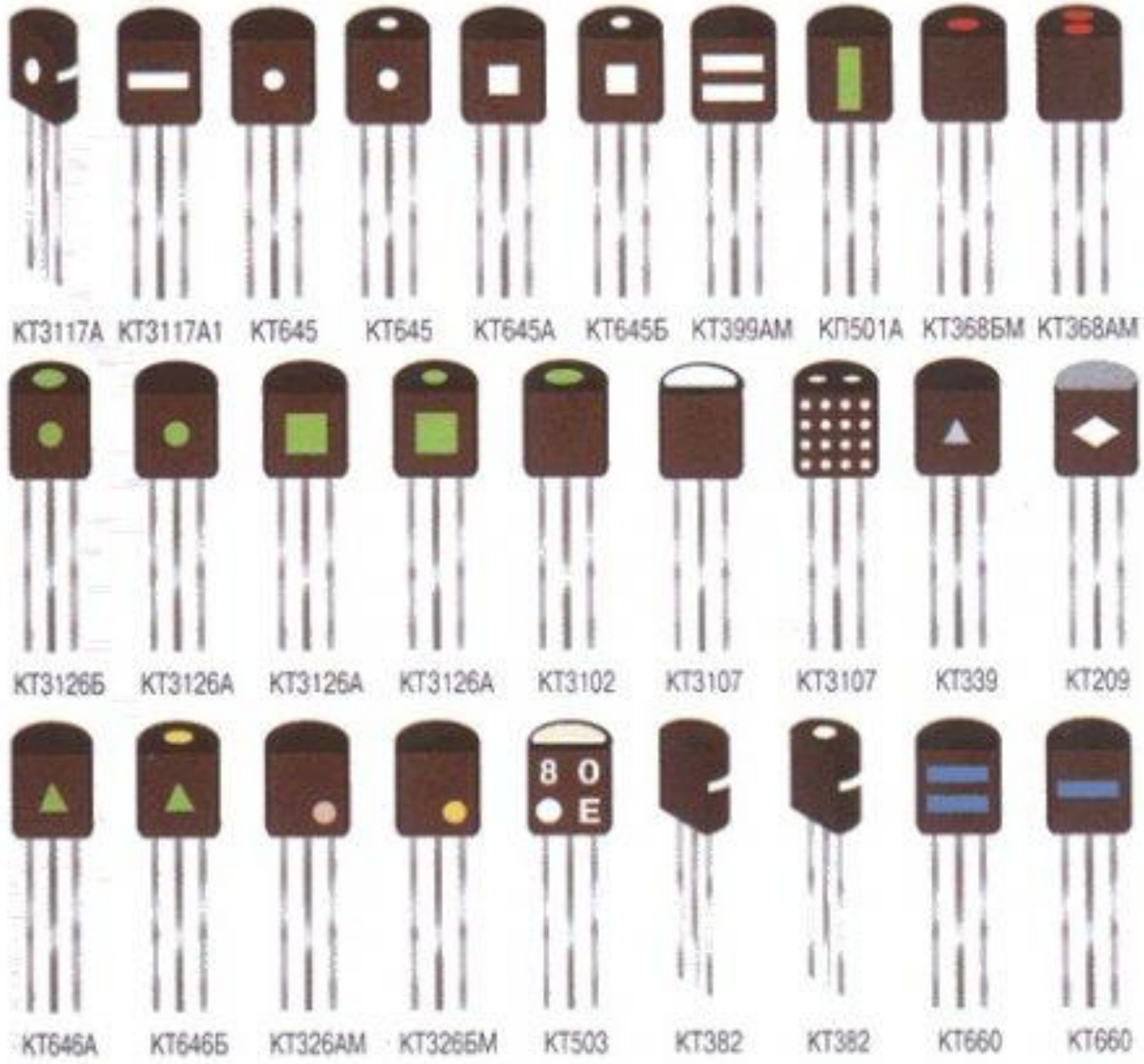
Транзисторы в корпусе типа КТ-26

На верхнее основание наносят цветную точку, означающую группу транзистора

На скошенную сторону - кодовый символ или цветную точку, соответствующие типу прибора.

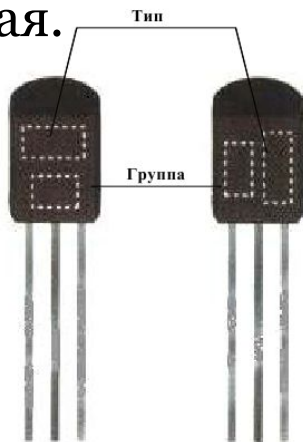
Могут наноситься год и месяц выпуска.



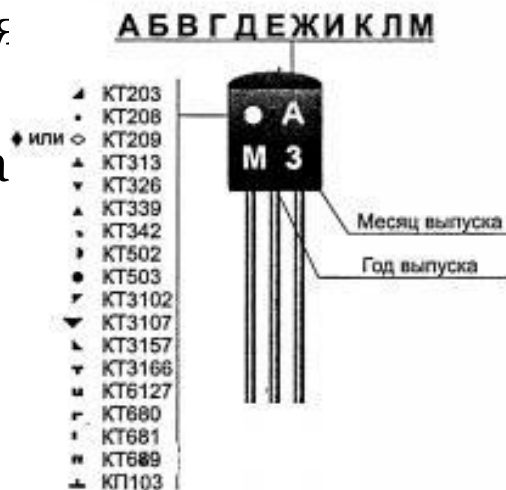


Для обозначения группы :

- А – темно-красная точка
- Б – желтая
- В – темно-зеленая
- Г – голубая, Д – синяя
- Е – белая
- Ж – темно-коричневая
- И – серебристая
- К – оранжевая
- Л – светло-табачная
- М – серая.



Для обозначения даты используют две буквы или букву и цифру.



Год выпуска

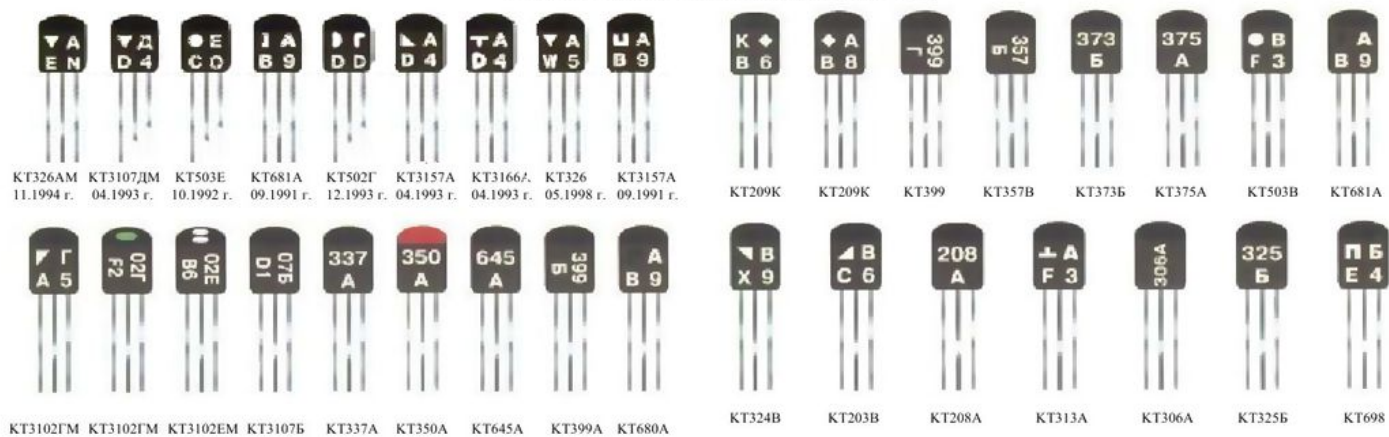
1986 — U
 1987 — M
 1988 — W
 1989 — X
 1990 — A
 1991 — D
 1992 — C
 1993 — D
 1994 — E
 1995 — F
 1996 — H
 1997 — I
 1998 — K
 1999 — L
 2000 — M

Месяц выпуска

Январь — 1
 Февраль — 2
 Март — 3
 Апрель — 4
 Май — 5
 Июнь — 6
 Июль — 7
 Август — 8
 Сентябрь — 9
 Октябрь — O
 Ноябрь — N
 Декабрь — D

Примеры.

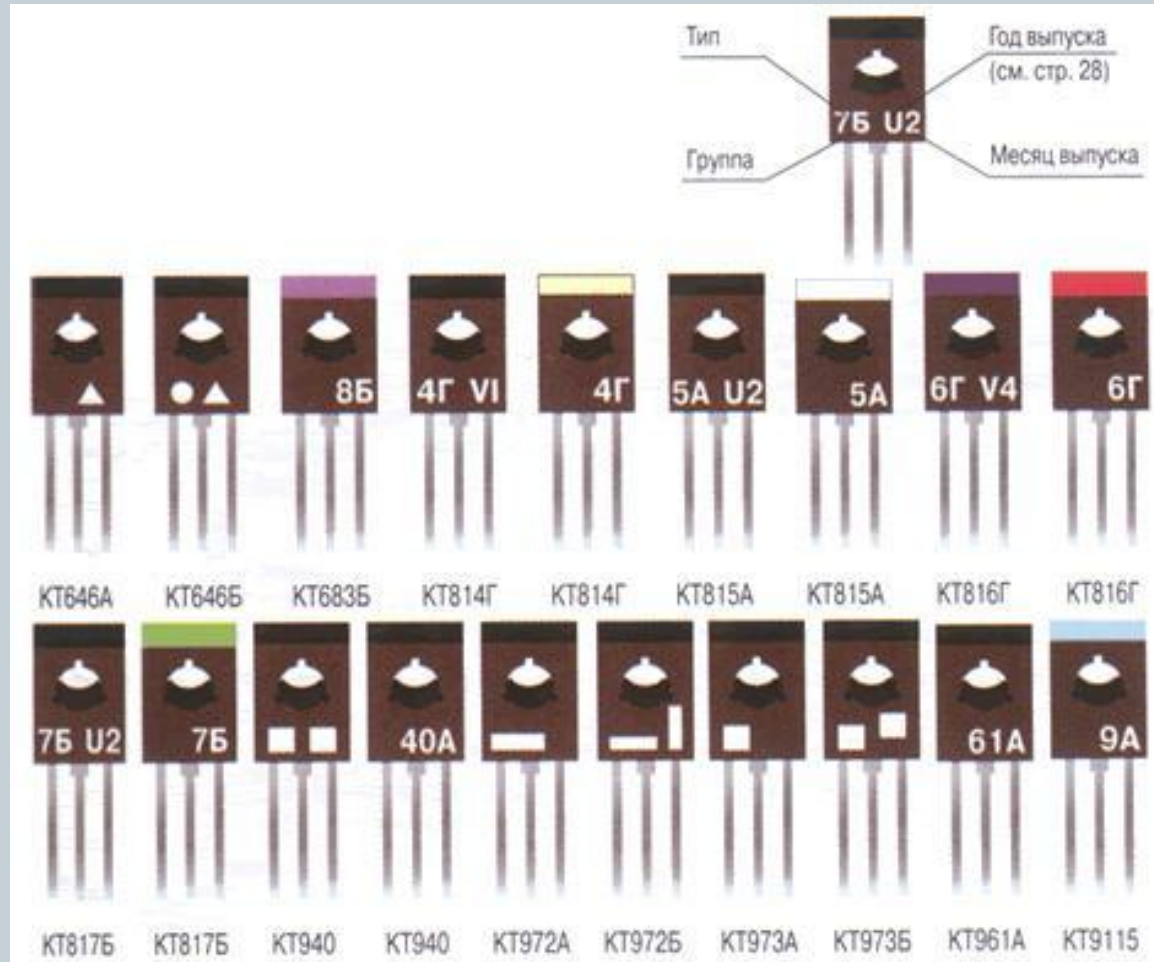
Стандартная кодовая маркировка



Нестандартная кодовая маркировка



Транзистор в корпусе КТ-27



Европейская система обозначений PRO ELECTRON

(Элемент 1) Буква — код материала:

- А — германий
- В — кремний
- С — арсенид галлия
- R — сульфид кадмия

(Элемент 2) Буква — назначение

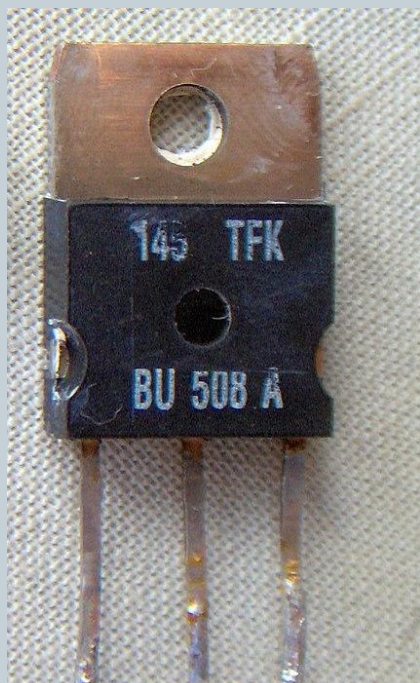
- А — маломощный диод
- В — варикап
- С — маломощный низкочастотный транзистор
- D — мощный низкочастотный транзистор
- E — туннельный диод
- F — маломощный высокочастотный транзистор
- L — мощный высокочастотный транзистор
- P — фотодиод, фототранзистор
- Q — светодиод
- R — маломощный регулирующий или переключающий прибор
- S — маломощный переключающий транзистор
- T — мощный регулирующий или переключающий прибор
- U — мощный переключающий транзистор
- X — умножительный диод
- Y — мощный выпрямительный диод
- Z — стабилитрон

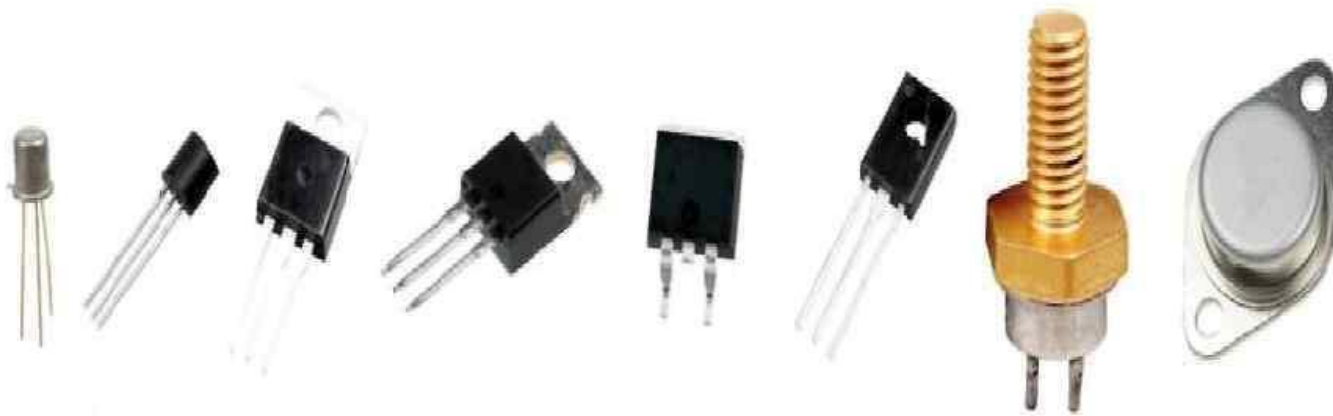
(Элемент 3) Серийный номер:

- 100-999 приборы общего назначения
- Z10...A99 приборы для промышленного/специального назначения

(Элемент 4) Буква:

- модификация прибора





ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ





- **Полевые транзисторы** – это полупроводниковые приборы, усилительные свойства которых обусловлены потоком основных носителей, протекающим через проводящий канал и управляемым электрическим полем.
- В образовании выходного тока участвуют носители только **одного типа**: дырки/электроны

Типы



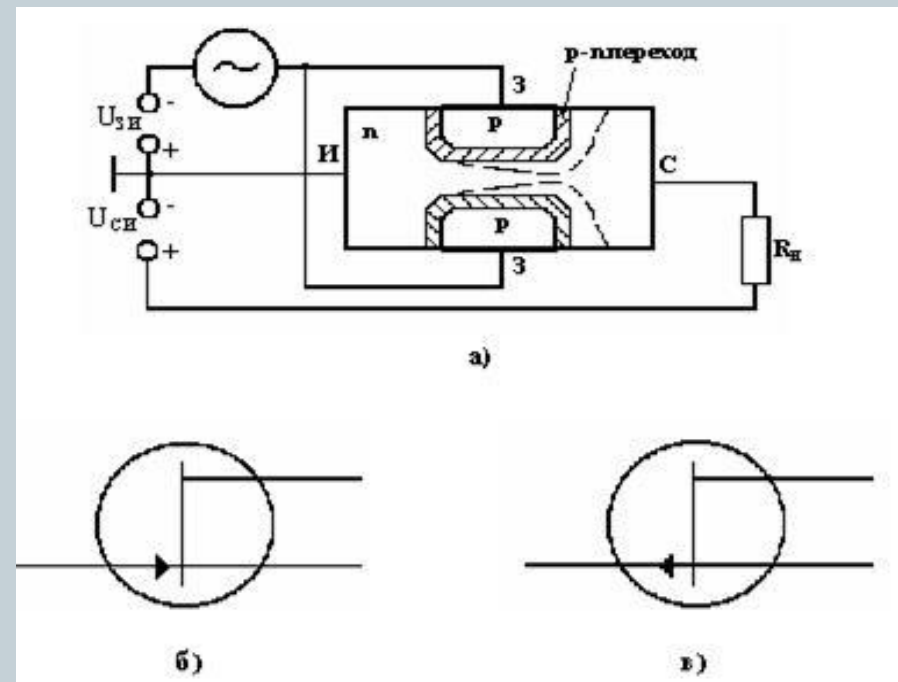
Предназначены для усиления мощности и преобразования электрических колебаний

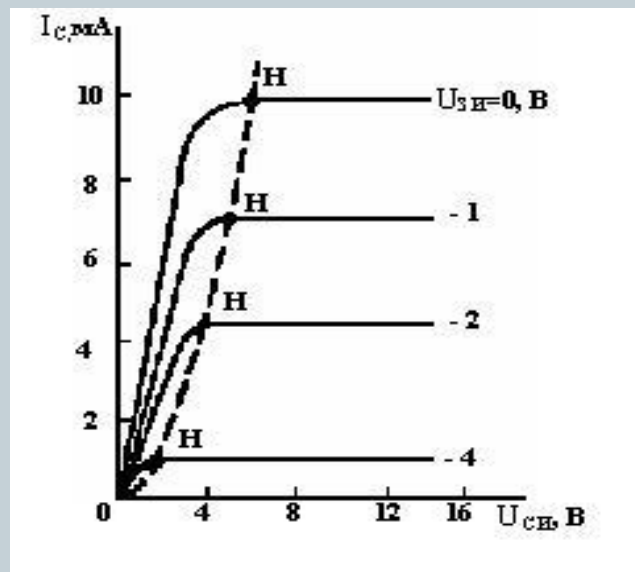
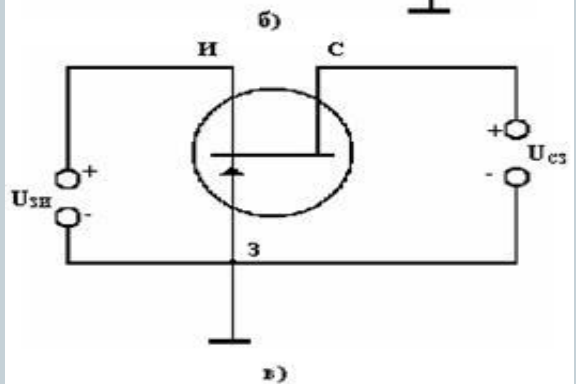
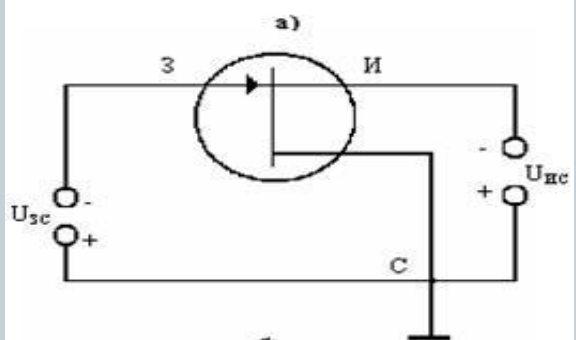
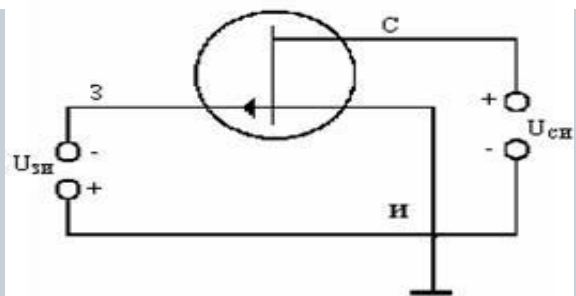
Существует два типа полевых транзисторов:

- ❑ с управляющим р-n-переходом
- ❑ изолированным затвором

с управляющим р-п-переходом

- Часть объема пластины полупроводника, расположенная между р-п-переходами, является активной частью транзистора – **канал транзистора**.
- Контакт, через который носители заряда входят в канал, называют **истоком (И)**;
- Контакт, через который носители заряда вытекают, называют **стоком (С)**;
- Общий электрод от контактов областей (З) – **затвором**.



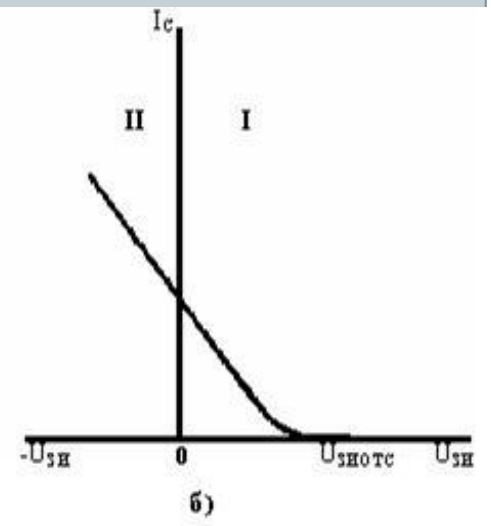
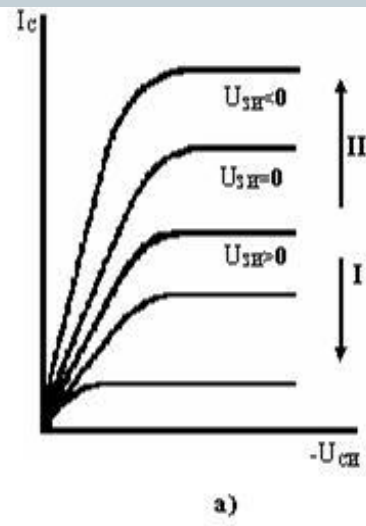
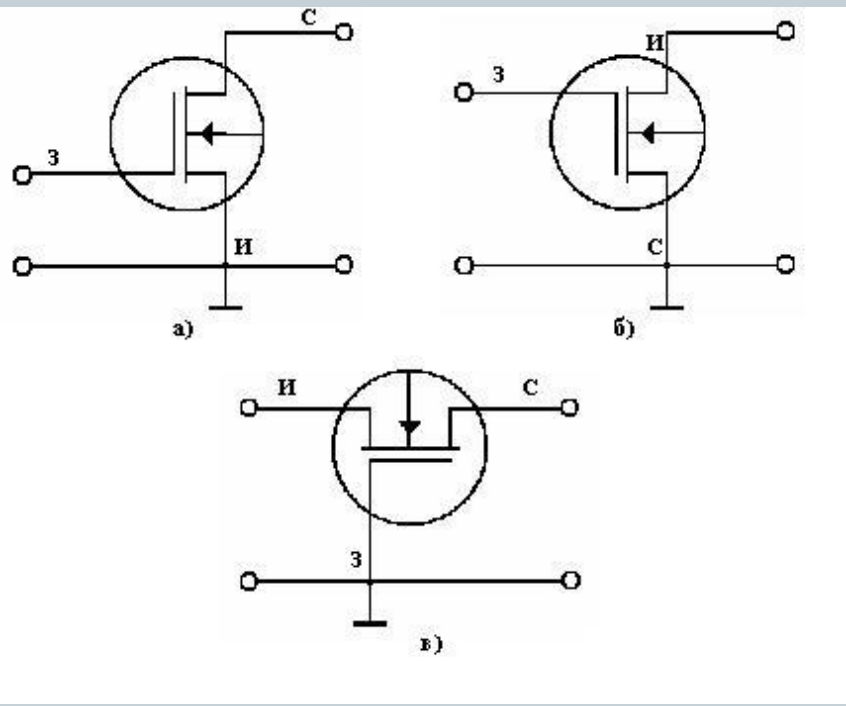


с изолированным затвором



- Транзисторы этого типа называют также МДП-транзисторами (металл – диэлектрик – полупроводник)
- МДП-транзисторы бывают двух типов: **со встроенным каналом** и **с индуцированным**





условные обозначения МДП-транзистора



- **а, в** даны условные с встроенным n - и p -каналом
- **б, г** – с индуцированным n - и p -каналом.

