

# Тема урока: « Эквивалентные схемы. Параметры биполярных транзисторов »



## Цели занятия:

### обучающие:

- а) показать студентам процесс составления заданий на основе принципа последовательности: «от простой к усложняющейся дидактической величине», путем изменения числовых и введения буквенных коэффициентов;
- б) продолжить формирование умений и навыков при решении заданий по теме: «Эквивалентные схемы и параметры биполярных транзисторов»; в) формирование профессионализма технических знаний;
- г) сформировать умение делать оценки некоторых величин характеризующих и влияющих на работу биполярных транзисторов.

развивающие: учить анализировать, выделять главное, обобщать, доказывать и опровергать логические выводы в предложенной дидактической величине. формировать на репродуктивном уровне проектные умения анализа, обобщения.

### воспитательные:

- а) обосновать значимость психологического аспекта изучаемой темы в курсе электронной техники;
- б) вырабатывать умение действовать в ситуации, отличной от заданного алгоритма.

## Фронтальный опрос

1. Дать определение биполярного транзистора.
2. Какие типы биполярных транзисторов знаете?
3. Назовите особенности биполярного транзистора.
4. Что является основным носителем заряда в эмиттере и коллекторе?
5. Что является основным носителем заряда в базе?
6. Описать принцип работы  $n-p-n$  транзистора

7. Перечислить режимы работы биполярного транзистора и дать краткую характеристику каждому режиму

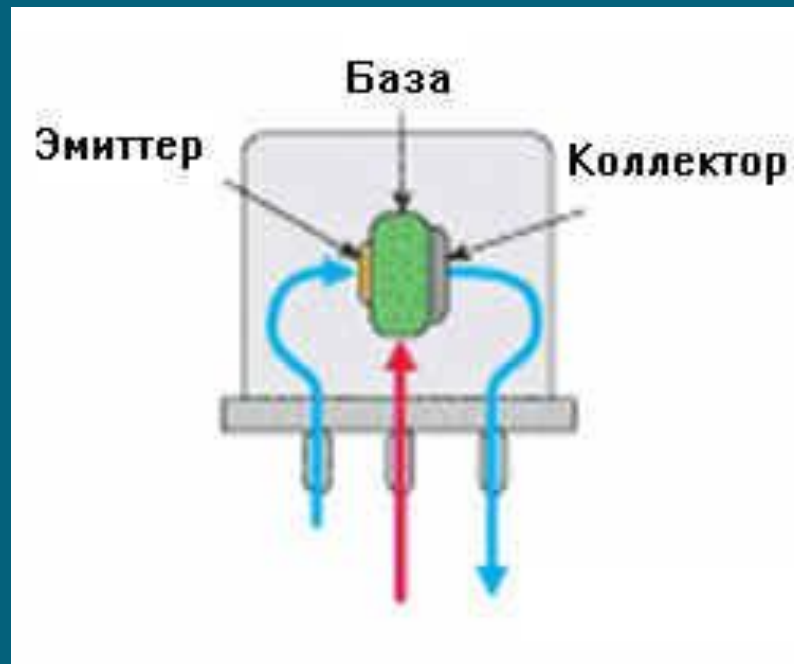
8. Показать структурную схему и условное графическое изображение биполярных транзисторов.

9. Перечислить схемы включения биполярных транзисторов

10. Показать схемы включения биполярного транзистора.

# Биполярные транзисторы

Полупроводниковый прибор, имеющий три электрода и два взаимодействующих между собой  $p$ - $n$ -перехода, называется **биполярным транзистором.**



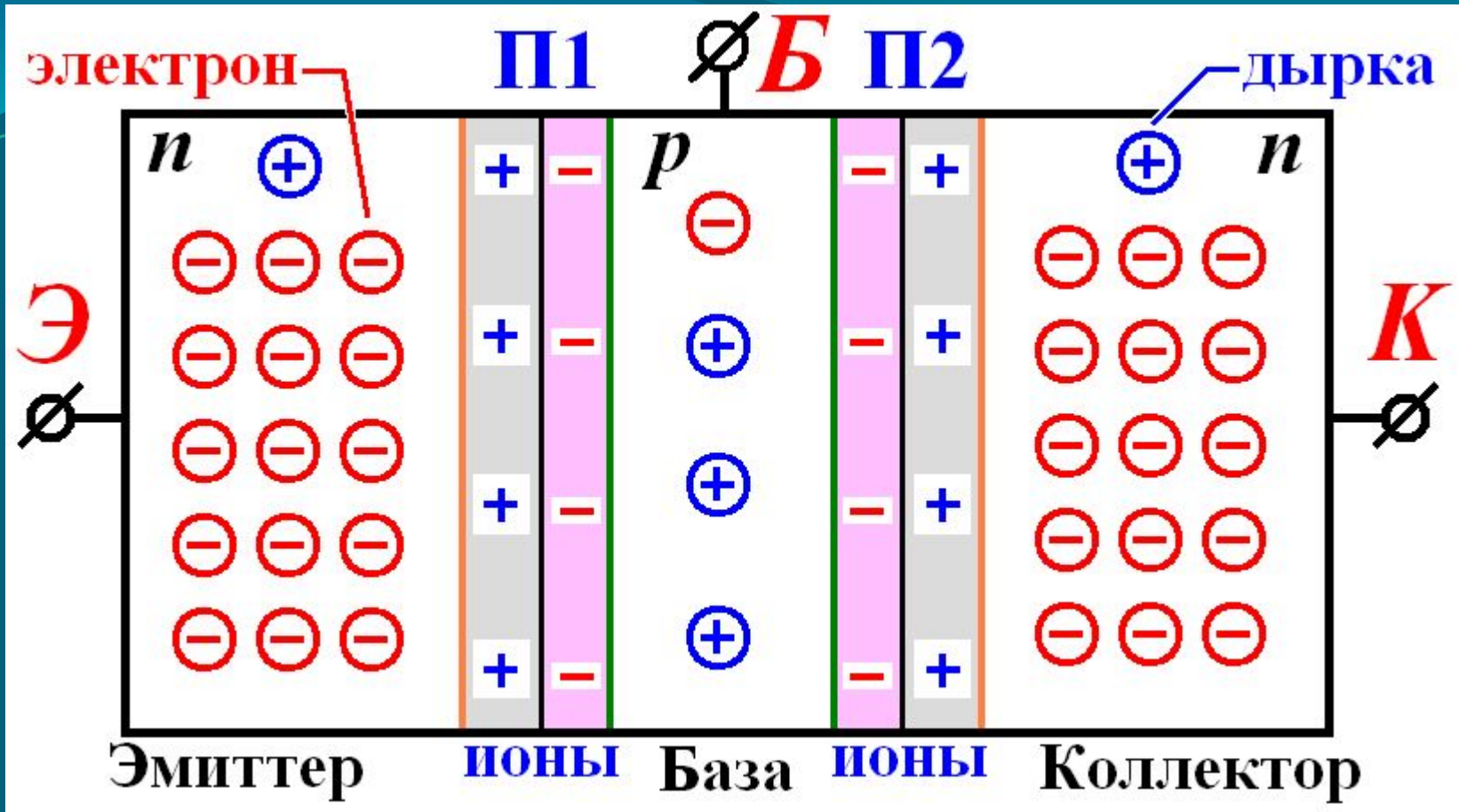
# Биполярные транзисторы (БТ)

Тип транзистора с тремя слоями полупроводника, различают *n-p-n* и *p-n-p* транзисторы, где *n* (*negative*) – электронный тип примесной проводимости, *p* (*positive*) – дырочный. Основные носители заряда: электроны и дырки («би» – два); электроды эмиттер, база, коллектор.

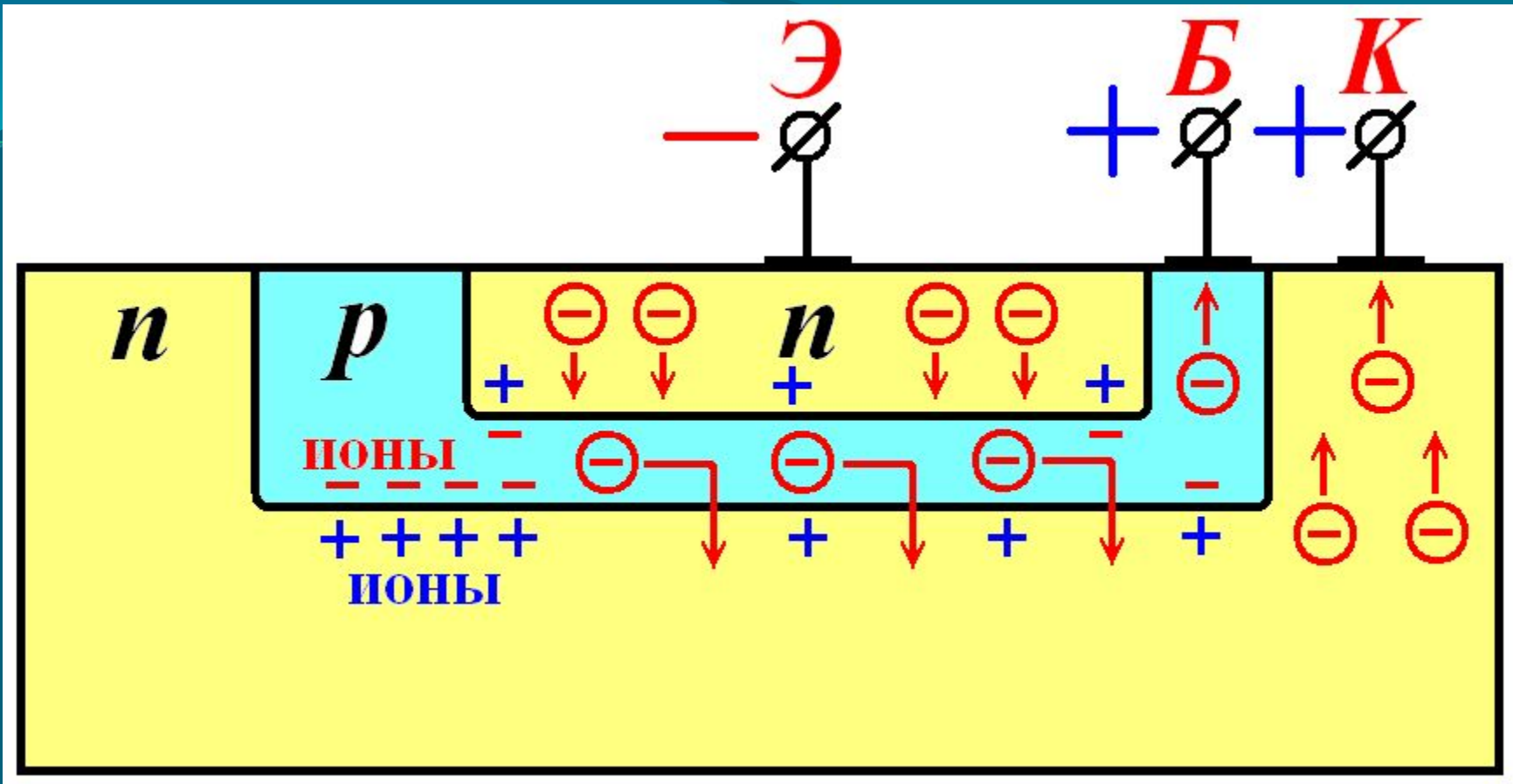
## Особенности транзистора:

- площадь *p-n* перехода коллектора больше, чем эмиттера;
- в базе мало носителей заряда, ее толщина невелика.

Биполярный транзистор основной элемент усилителей и интегральных микросхем (операционные усилители, транзисторно-транзисторная, диодно-транзисторная логика и т.д.).



Эмиттер (Э), Коллектор (К): основные заряды электроны, не основные дырки;  
 База (Б): основные заряды дырки, не основные электроны; *p-n* переходы П1, П2 образованы ионами полупроводника.



База вызывает электроны из эмиттера, но переход эмиттер – коллектор для них открыт (здесь они не основные заряды) и большая часть уходит в коллектор, совсем немного доходит до базы. За счет этого происходит усиление базового тока (ток коллектора).



# Режимы работы биполярного транзистора

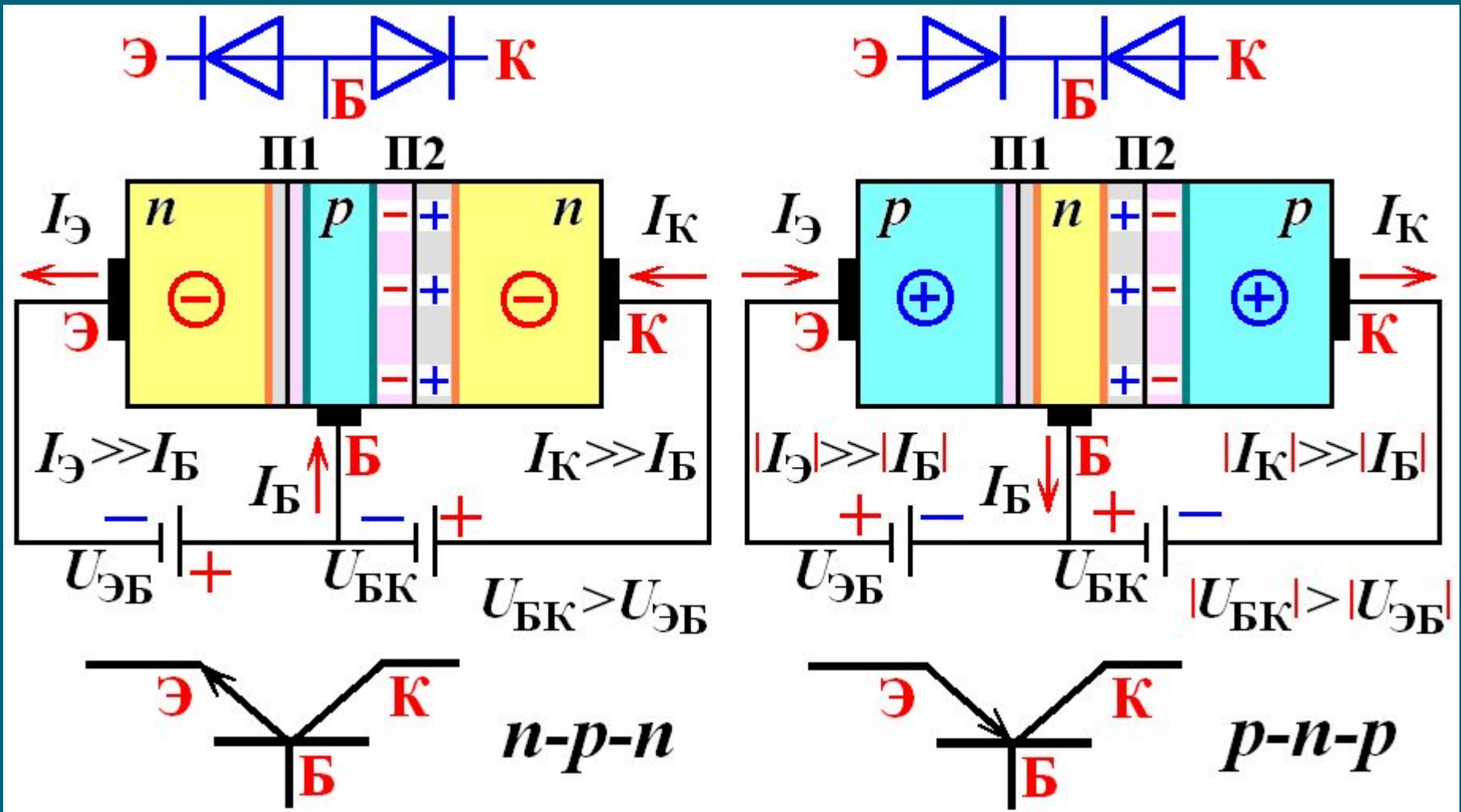
В зависимости от того, какие напряжения действуют на переходах, различают 3 режима работы транзистора:

- *активный режим* работы или режим усиления, когда эмиттерный переход смещен в прямом направлении, а коллекторный в обратном;
- *режим насыщения*, когда оба перехода смещены в прямом направлении;
- *режим отсечки*, когда оба перехода смещены в обратном направлении.



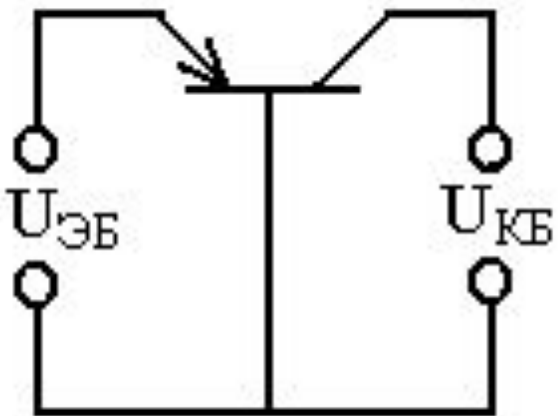
# Биполярные транзисторы *n-p-n* и *p-n-p* типа

Структурная схема и графическое обозначение.

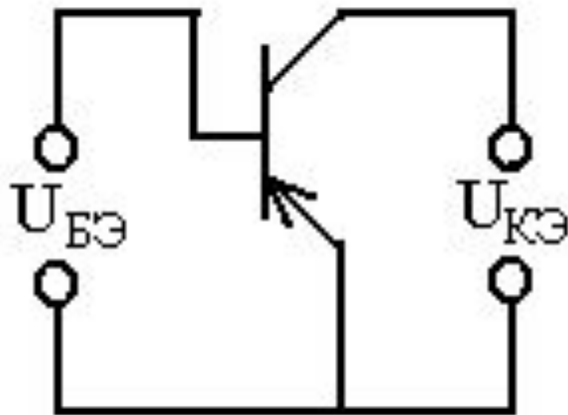


# Схемы включения БТ:

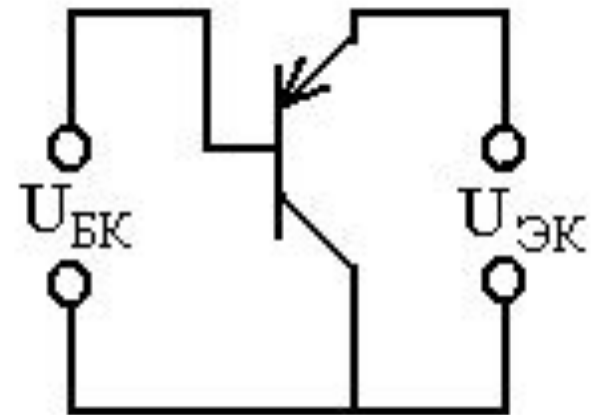
с общей базой (ОБ),  
общим эмиттером (ОЭ),  
общим коллектором (ОК) .



ОБ

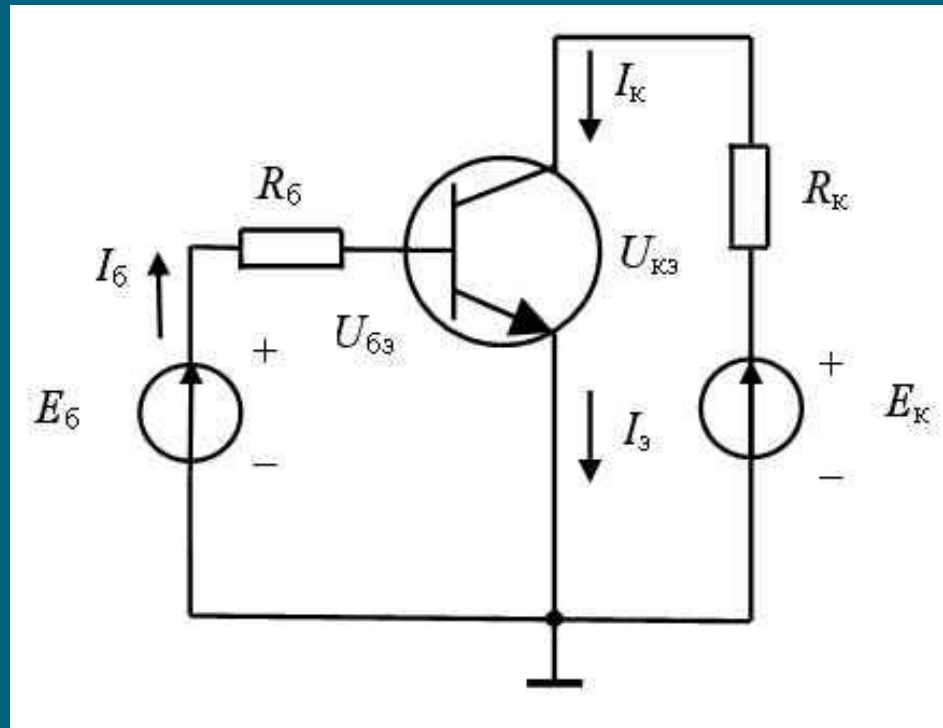


ОЭ

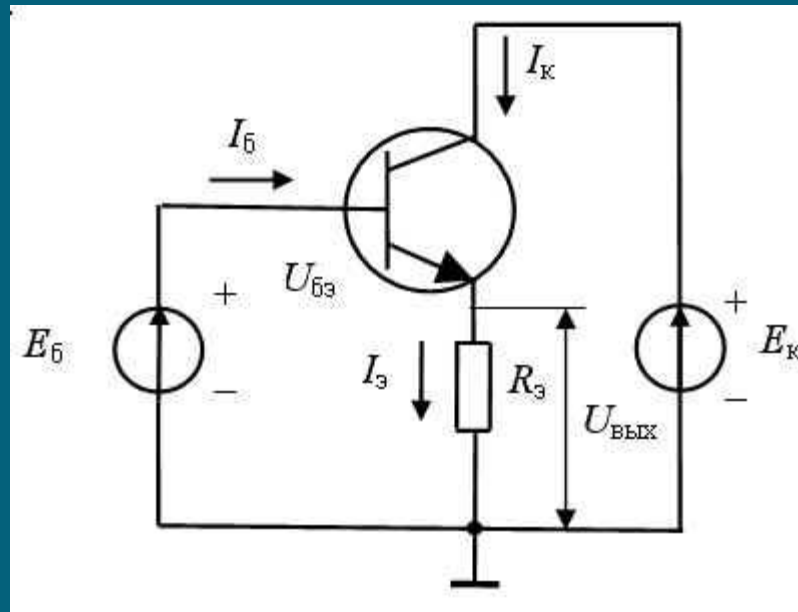


ОК

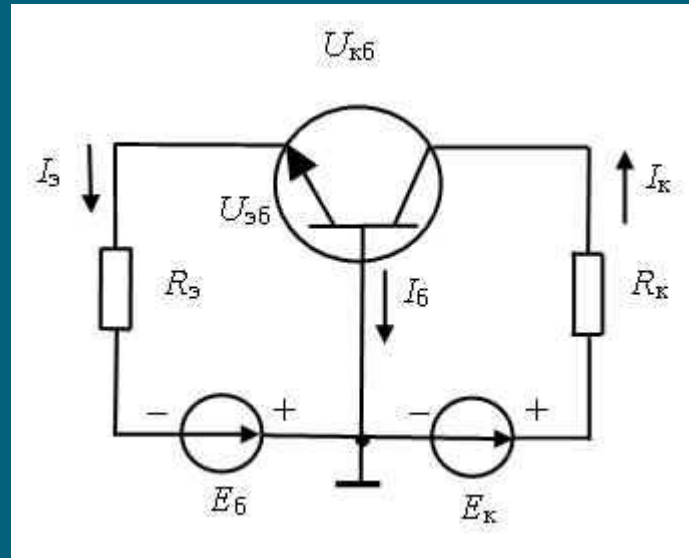
# Включение биполярного транзистора по схеме с общим эмиттером



# Включение биполярного транзистора n-p-n- типа по схеме с общим коллектором.

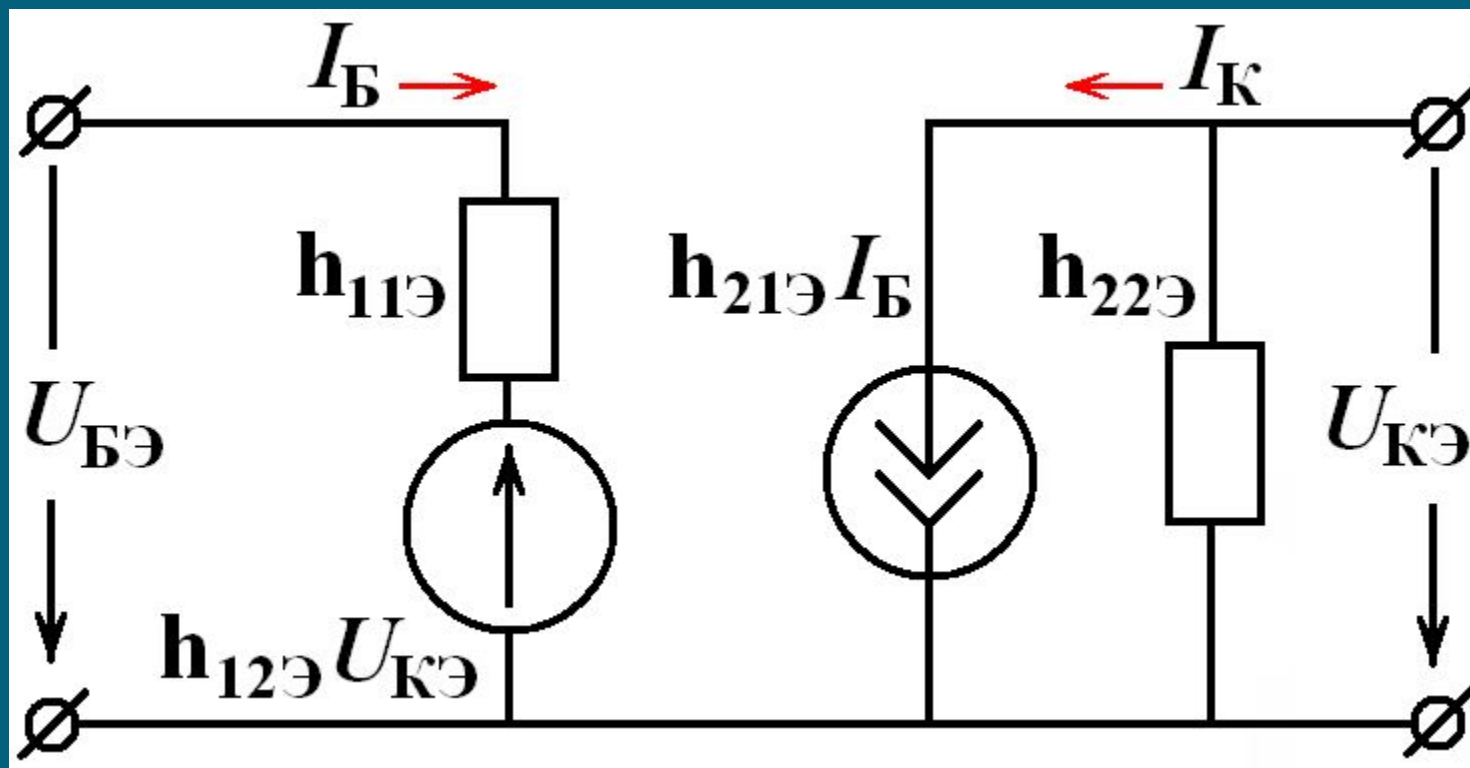


# Включение биполярного транзистора n-p-n- типа по схеме с общей базой.



# Эквивалентные схемы и параметры биполярного транзистора

(Объяснение нового материала)



# Параметры биполярного транзистора

```
graph TD; A[Параметры биполярного транзистора] --> B[собственные (или первичные)]; A --> C[вторичные]; B --> D[характеризуют свойства самого транзистора.]; C --> E[различны, для различных схем включения.];
```

собственные  
(или первичные)



характеризуют  
свойства самого  
транзистора.

вторичные



различны, для  
различных схем  
включения.



# Статические характеристики биполярных транзисторов

Статический режим работы транзистора – режим работы при отсутствии нагрузки в выходной цепи.

Статические характеристики связывают постоянные токи электродов с постоянными напряжениями на них- это графически выраженные зависимости напряжения и тока входной цепи и выходной цепи (вольтамперные характеристики ВАХ).

Их вид зависит от способа включения транзистора.

Статический коэффициент передачи тока базы :

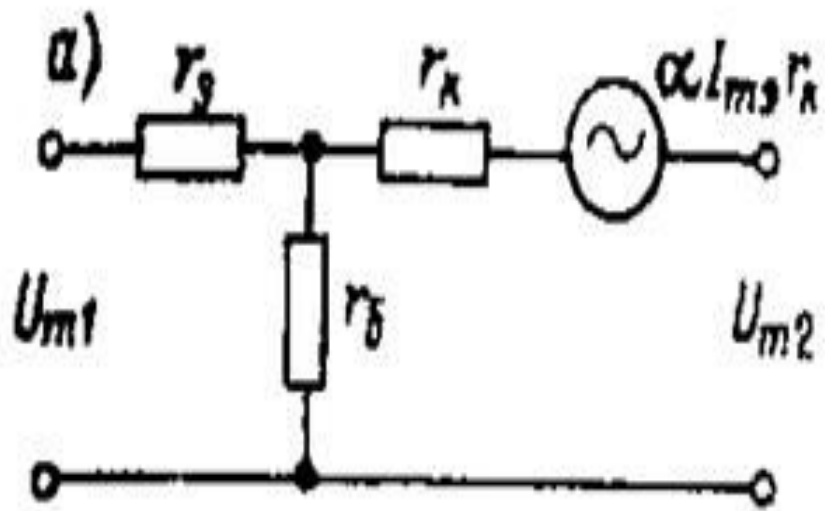
$$\beta = \frac{I_K}{I_B}; \quad I_{\text{Э}} = I_K + I_B;$$
$$I_B \ll I_{\text{Э}}, I_K.$$

статический коэффициент передачи  $I_{\text{Э}}$  или :

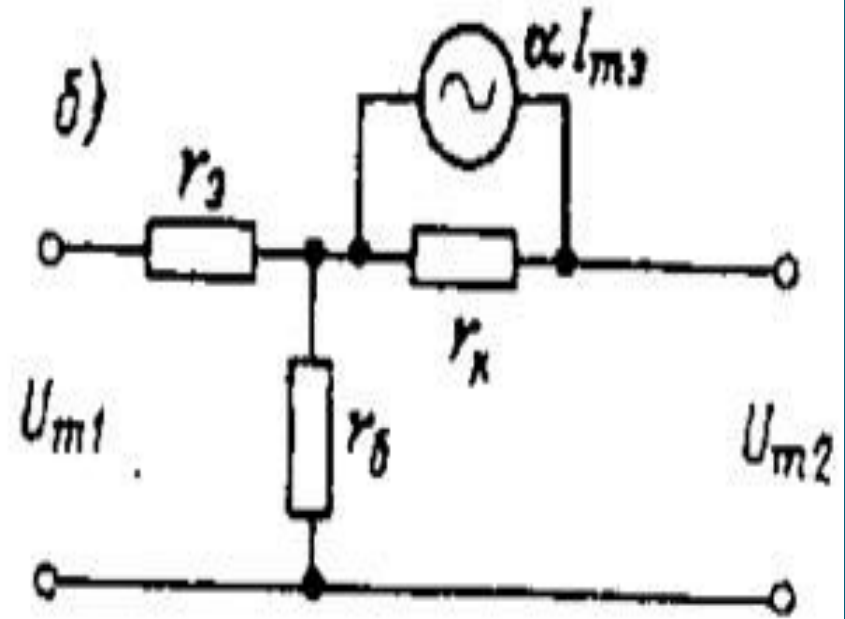
статический коэффициент усиления по току

$$\alpha = \frac{I_K}{I_{\text{Э}}} = \frac{I_K}{I_K + I_B} = \frac{\frac{I_K}{I_B}}{\frac{I_K}{I_B} + 1} = \frac{\beta}{\beta + 1};$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}.$$

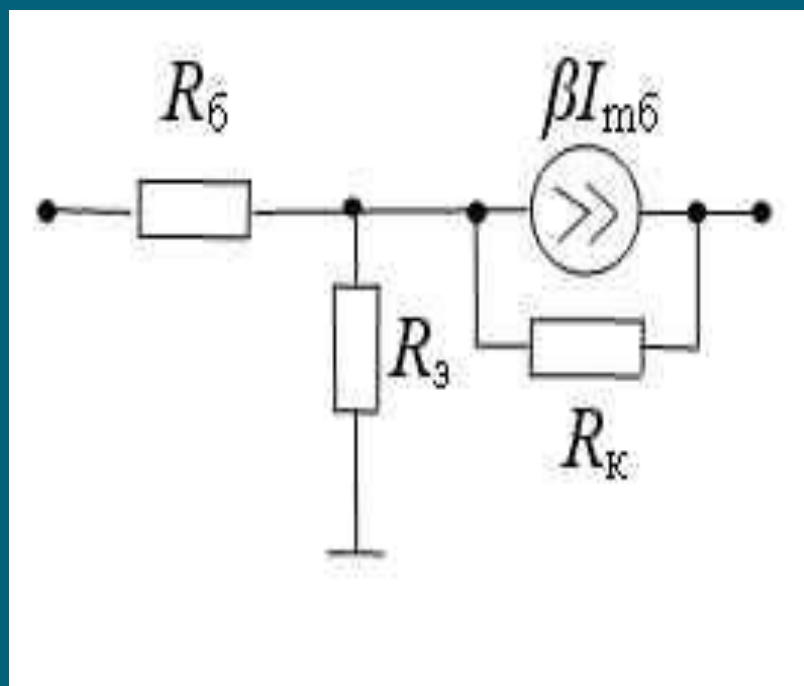


Эквивалентная T-образная схема транзистора с генератором ЭДС



Эквивалентная T-образная схема транзистора с генератором тока

Эквивалентная Т – образная схема транзистора включенного по схеме ОЭ- эквивалентная схема с генератором тока



## **h** параметры схемы с общим эмиттером

$$h_{11Э} = U_{БЭ}/I_{Б}, \text{ при } U_{КЭ} = \text{const:}$$

входное сопротивление транзистора переменному току при отсутствии выходного переменного напряжения.

$$h_{12Э} = U_{БЭ}/U_{КЭ}, \text{ при } I_{Б} = \text{const:}$$

коэффициент обратной связи по напряжению – доля выходного переменного напряжения передаваемая на вход транзистора вследствие обратной связи в нем.

$$h_{21Э} = I_{К}/I_{Б}, \text{ при } U_{КЭ} = \text{const:}$$

коэффициент усиления по току – усиление переменного тока транзистором при работе без нагрузки.

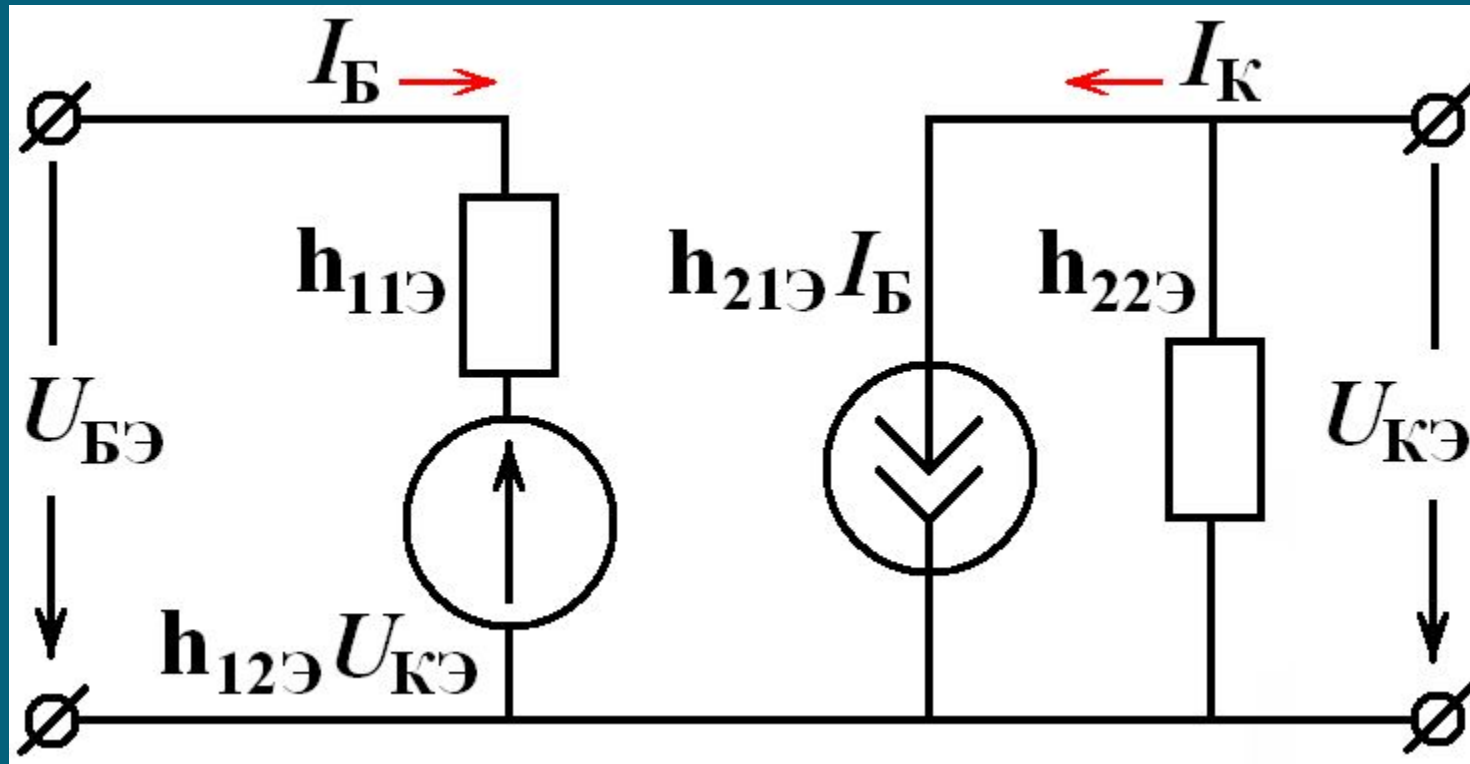
$$h_{22Э} = I_{К}/U_{КЭ}, \text{ при } I_{Б} = \text{const:}$$

выходная проводимость переменного тока между коллектором и эмиттером.

Выходное сопротивление  $R_{ВЫХ} = 1/h_{22Э}$ .

# Эквивалентная схема БТ, система h-параметров

$$U_{mБЭ} = h_{11Э} I_{mБ} + h_{12Э} U_{mКЭ}$$
$$I_{mК} = h_{21Э} I_{mБ} + h_{22Э} U_{mКЭ}$$



# Практическая часть

## Расчет схемы с общим эмиттером

Схема с общим эмиттером применяется для усиления напряжения, тока, мощности

## Коэффициент усиления по току:

$$\beta = \frac{I_{ВЫХ}}{I_{ВХ}} \quad \text{ил} \quad h_{21Э} \quad \text{(десятки-сотни).}$$

и

## Входное сопротивление:

$$R_{ВХ} = \frac{U_{ВХ}}{I_{ВХ}} \quad \text{ил} \quad h_{11Э} \quad \text{(сотни Ом – кОмы)}$$

и

## Выходное сопротивление:

$$R_{ВЫХ} = \frac{U_{ВЫХ}}{I_{ВЫХ}} \quad \text{или} \quad \frac{1}{h_{22Э}} \quad \text{(десятки-сотни Ом).}$$



## Коэффициент усиления по напряжению:

$$K_U = \frac{I_{ВЫХ} \cdot R_K}{I_{ВХ} \cdot R_{ВХ}} = h_{21Э} \cdot \frac{R_K}{h_{11Э}};$$

## Коэффициент усиления по мощности:

$$K_P = h_{21Э} \cdot K_U = h_{21Э}^2 \cdot \frac{R_K}{h_{11Э}};$$

## Коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{P_{ВЫХ}}{P_K}; \quad P_{ВЫХ} = U_K \cdot I_K;$$
$$P_K = U_{КЭ0} \cdot I_{К0}.$$

полная потребляемая мощность схемы

