

ЭЛЕКТРОНИКА

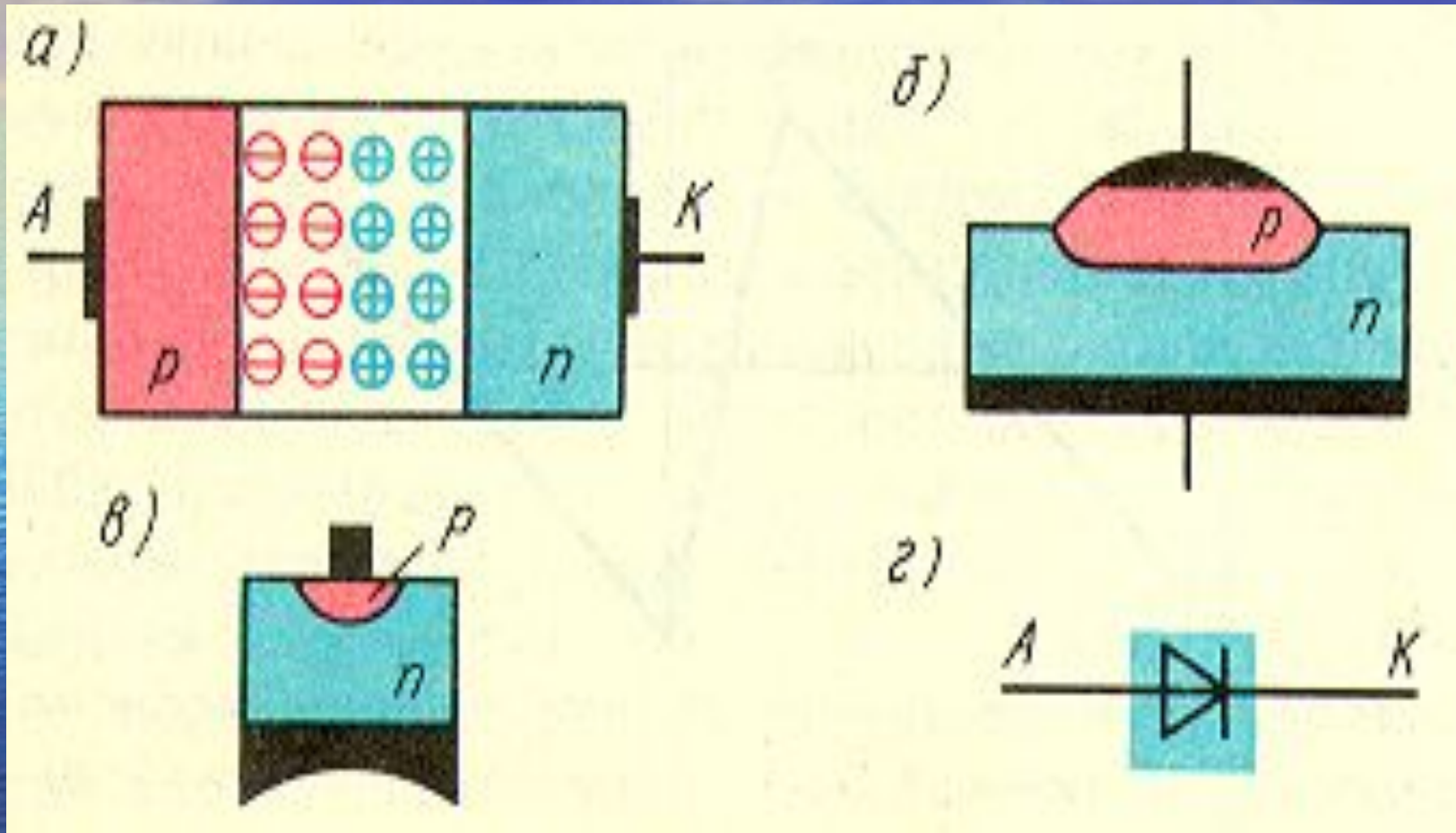
Подготовлено Степановым К.С.

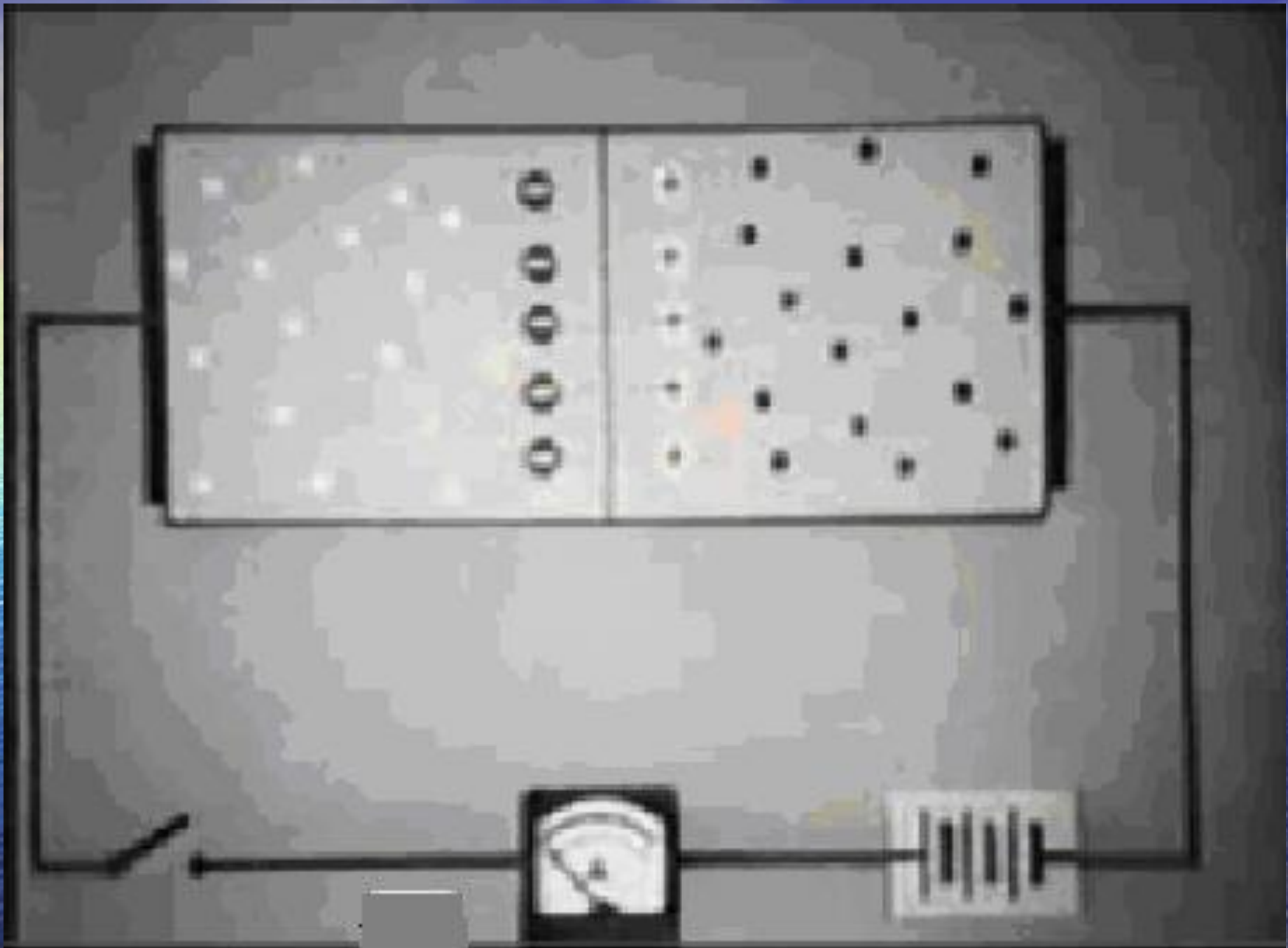
Полупроводниковые диоды

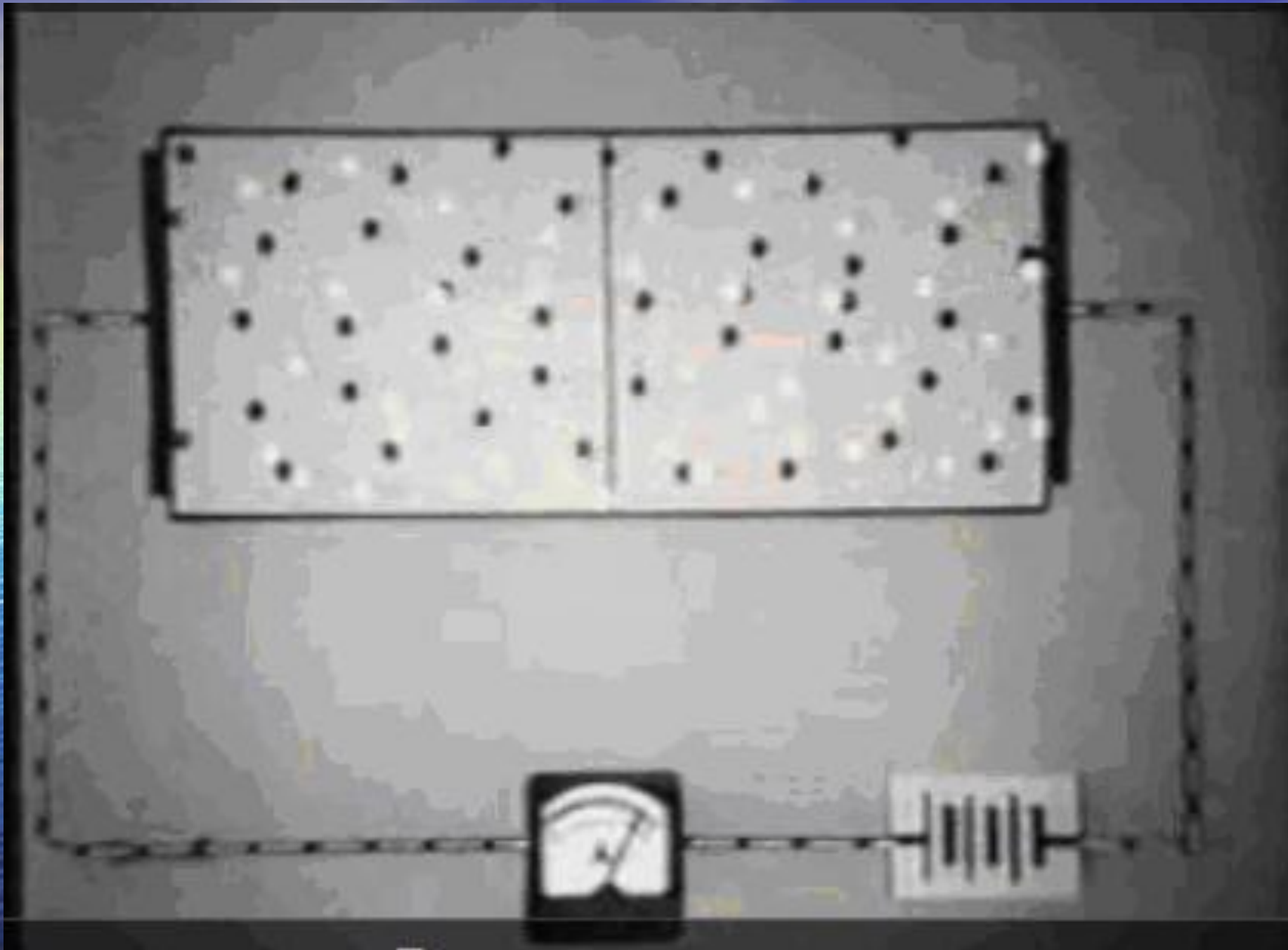
Определение

Полупроводниковый диод представляет собой двухслойную структуру, которая образуется в одном кристалле. Один слой имеет электропроводность n-типа, а другой p-типа.

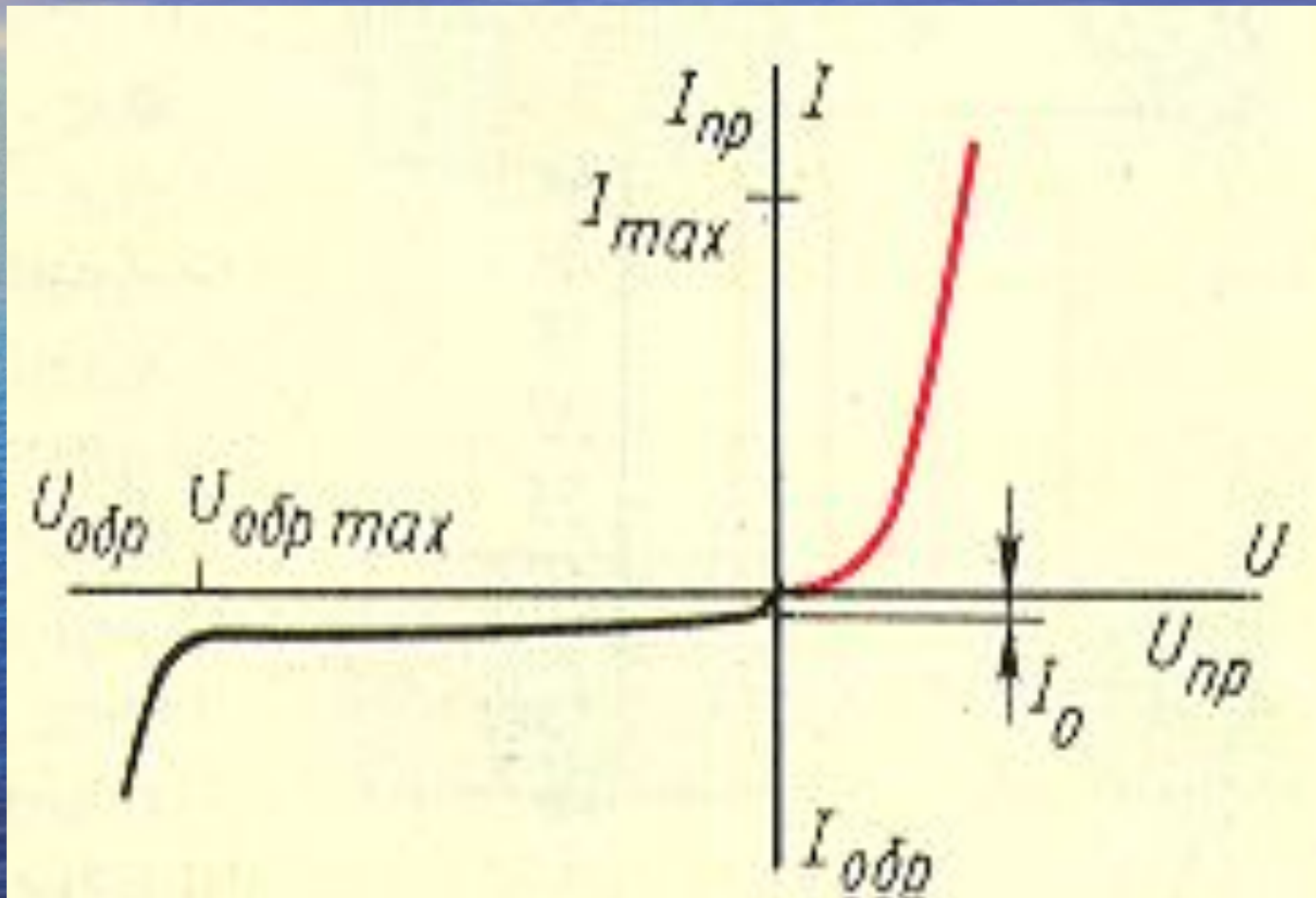
Структура диода и его обозначение



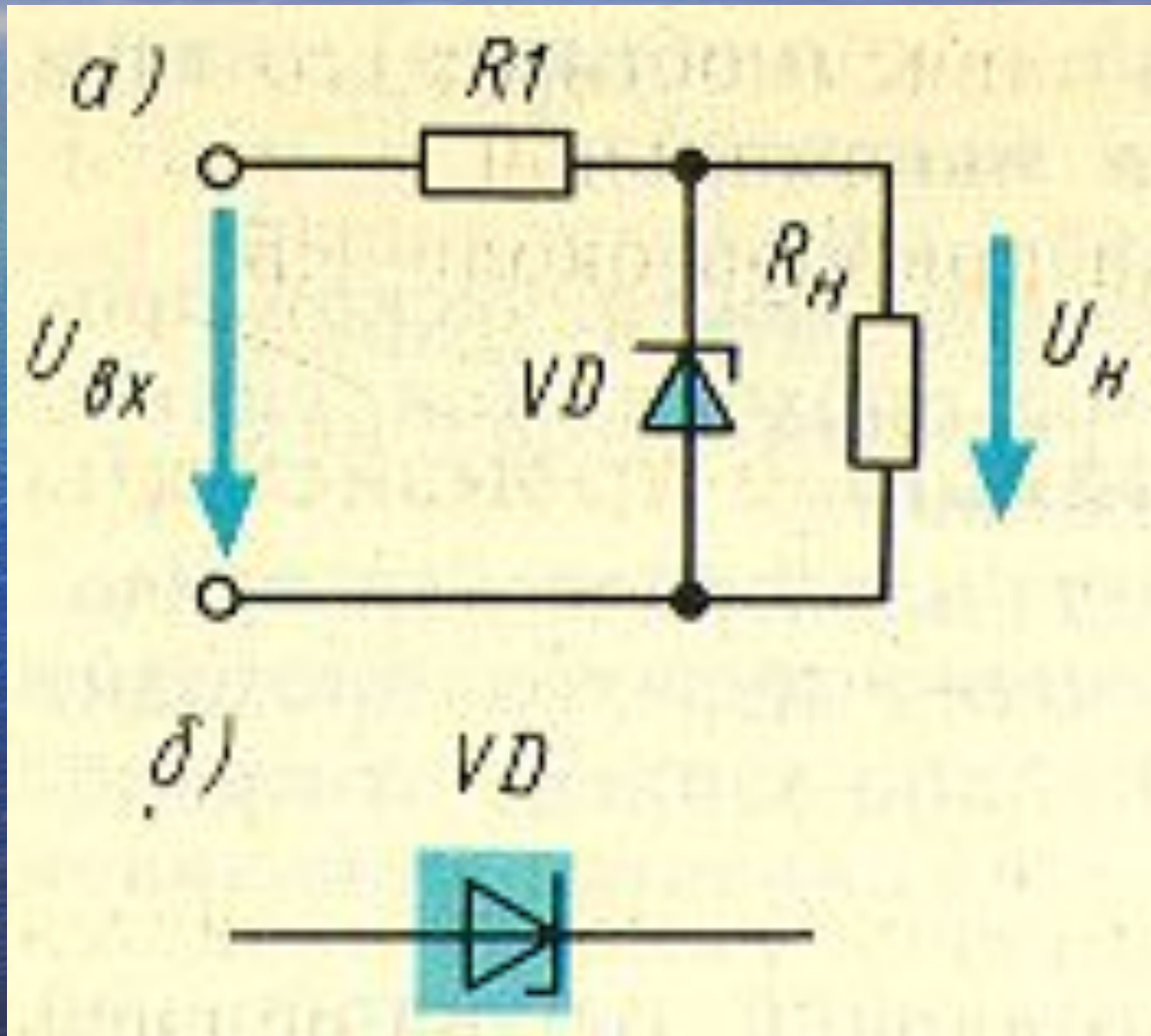




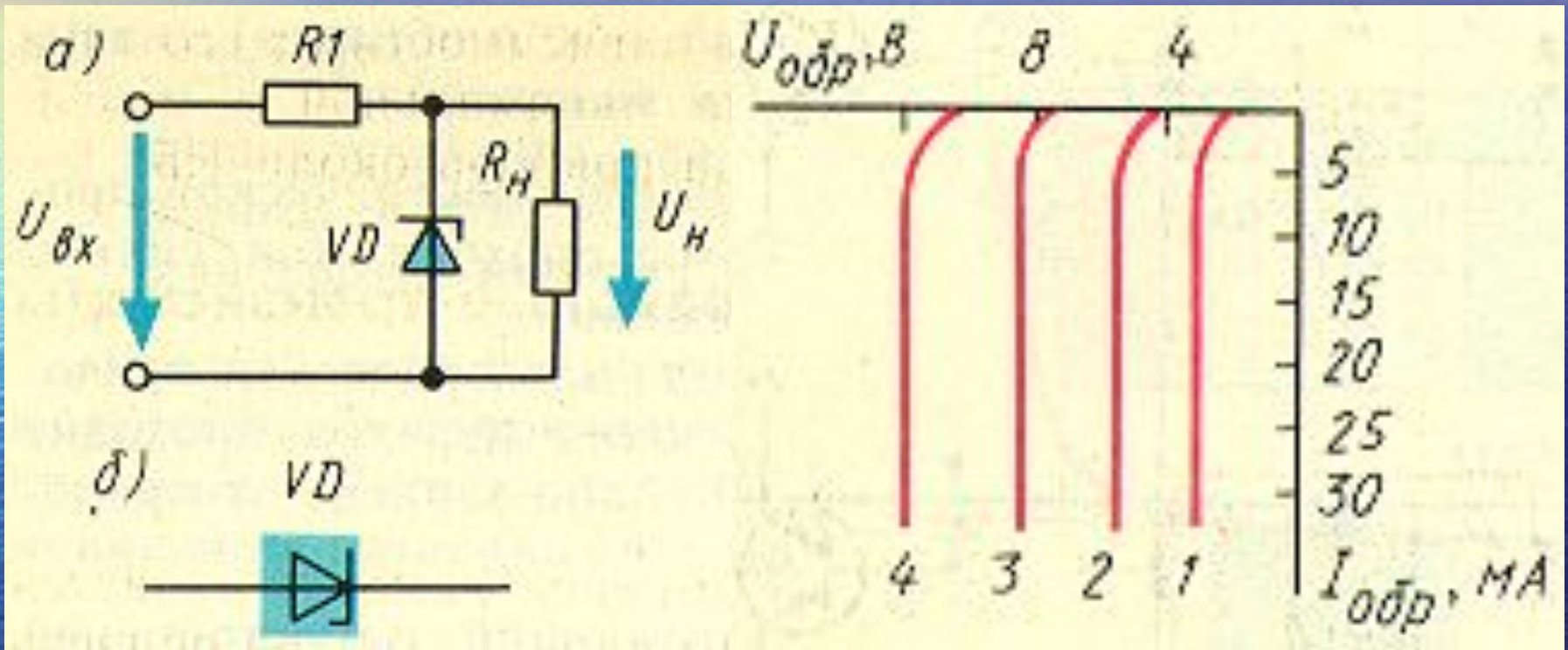
Вольтамперная характеристика диода



Стабилизатор напряжения на основе стабилитрона

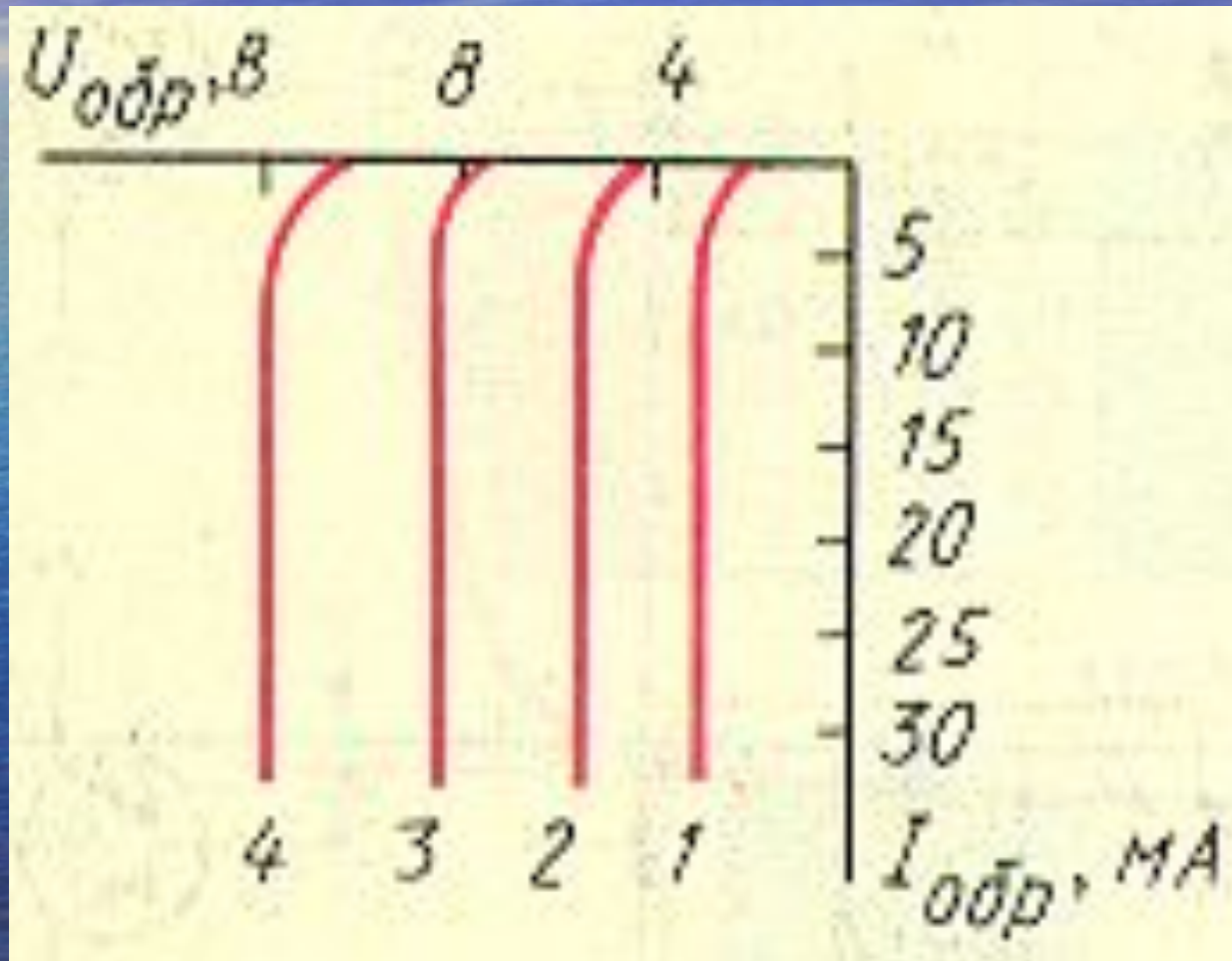


Стабилизатор напряжения на основе стабилитрона и ВАХ стабилитронов 1-КС133А, 2-КС156А, 3-КС182Ж, 4-КС212Ж

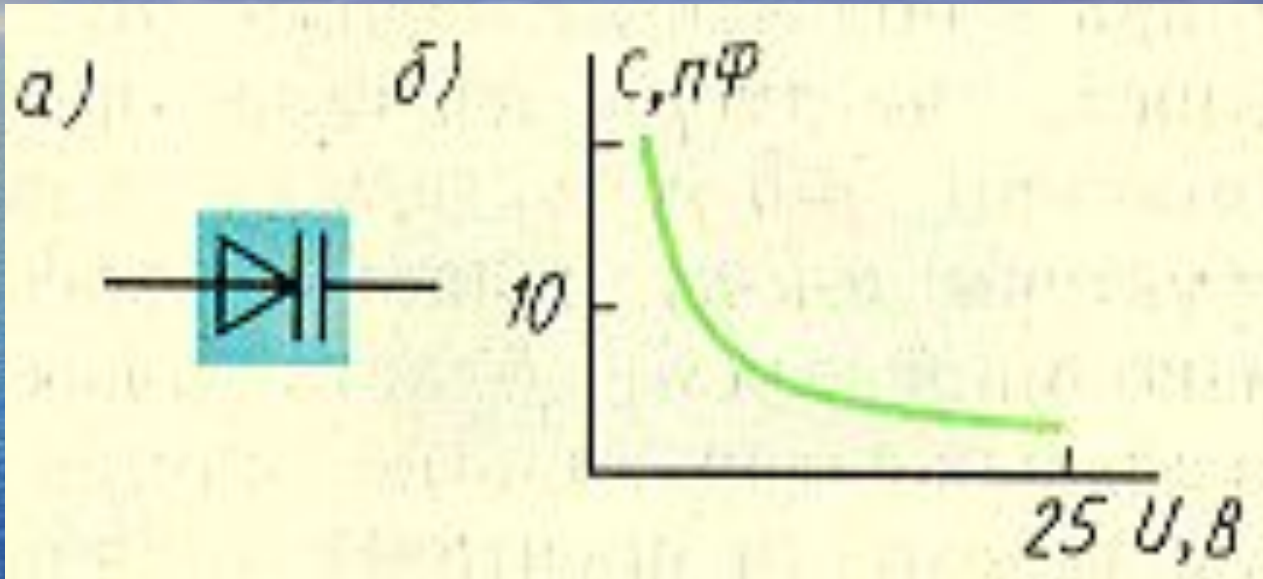


Вольтамперные характеристики

1— КС133А, 2—КС156А, 3—КС182Ж, 4—КС212Ж

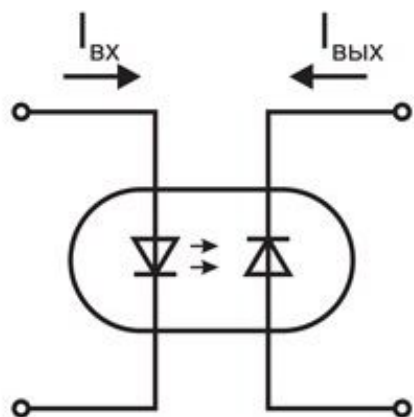


Варикап: обозначение и его ВАХ

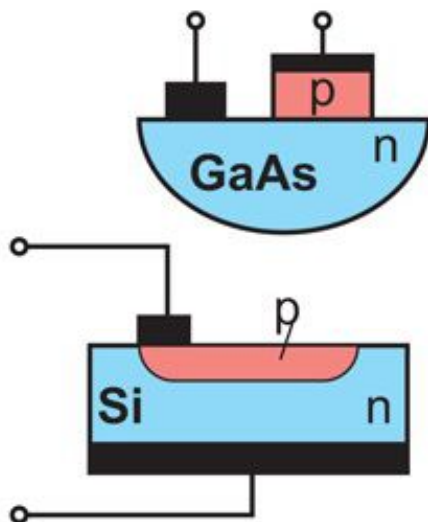


Максимальная емкость варикапа составляет 5—300 пФ

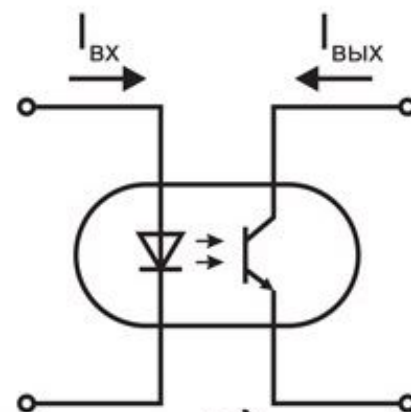
Оптроны



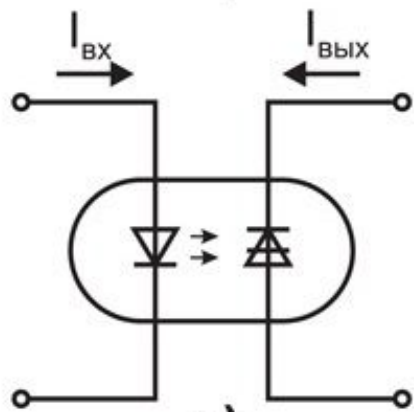
а)



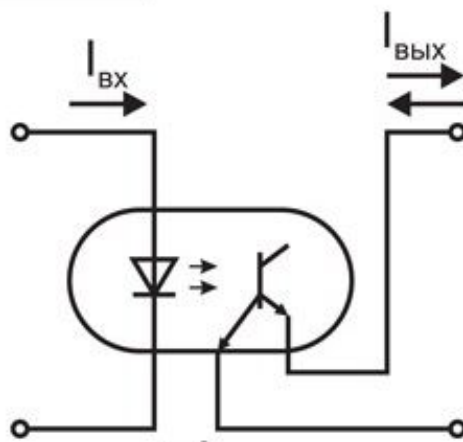
б)



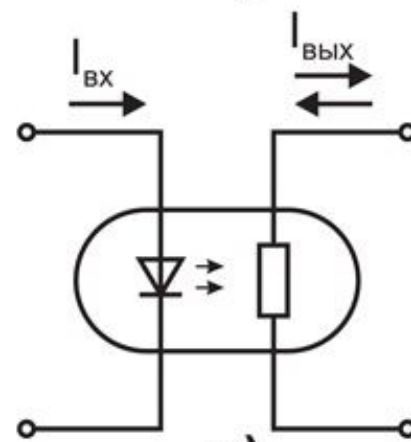
в)



г)



д)



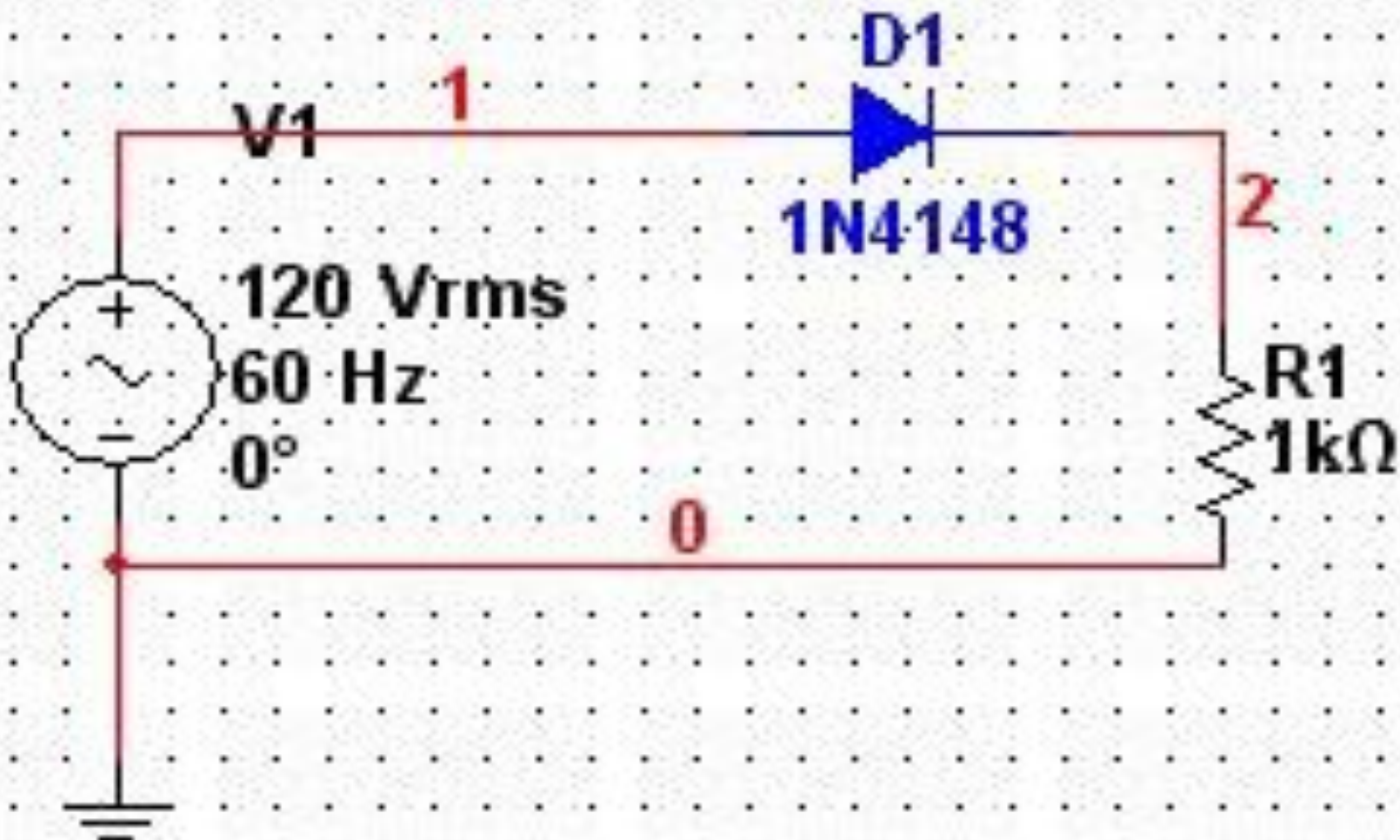
е)

Простейшие оптроны: диодный (а) и его структура (б); транзисторный (в); тиристорный (г); с двухэмиттерным фототранзистором (д); резисторный (е).

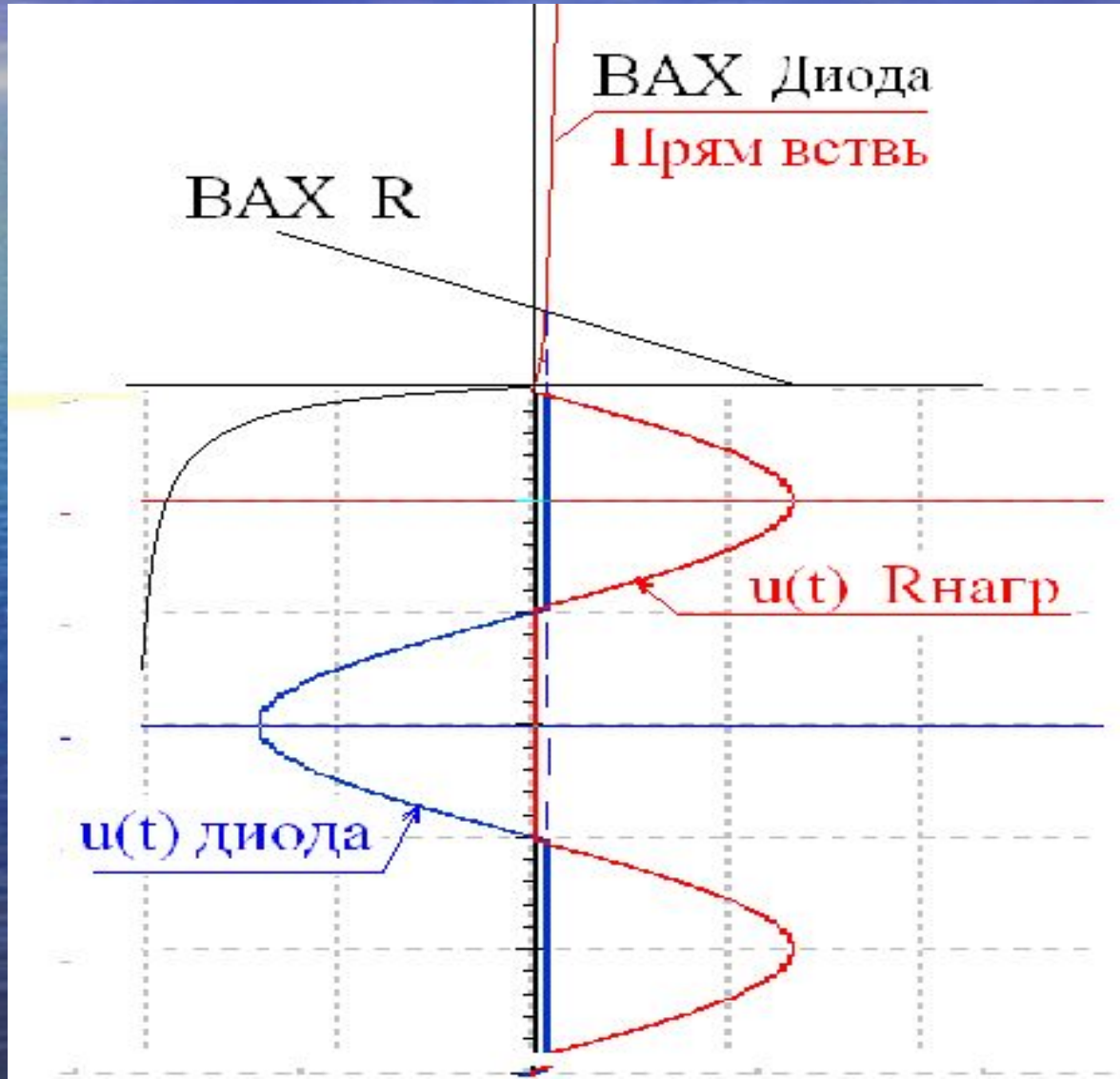
ПРИМЕНЕНИЕ ДИОДОВ

- В электротехнике:
- 1) выпрямительные устройства,
- 2) защитные устройства.

СХЕМЫ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ



Работа однополупериодного выпрямителя



Работа однополупериодного выпрямителя

- Напряжение на выходе выпрямителя определяется по второму закону Кирхгофа:

- В виде мгновенного значения –

$$u_{\text{нагр}}(t) = u_{\text{входа}}(t) - u_{\text{диода}}(t),$$

- В виде среднего значения –

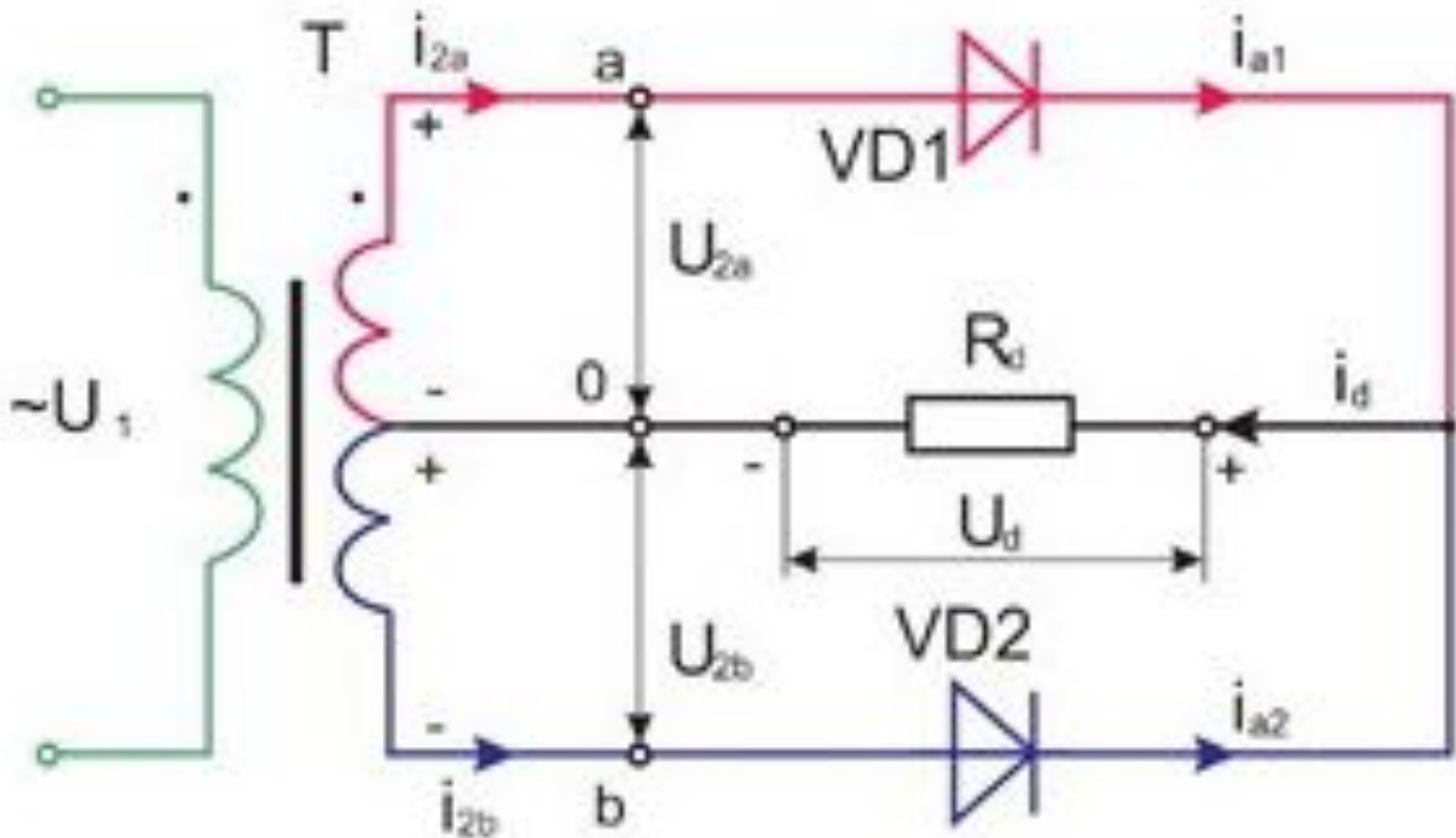
$$U_{\text{нагр}} = U_m/\pi,$$

при игнорировании падения напряжения на диодах в виду их малой величины.

СХЕМЫ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

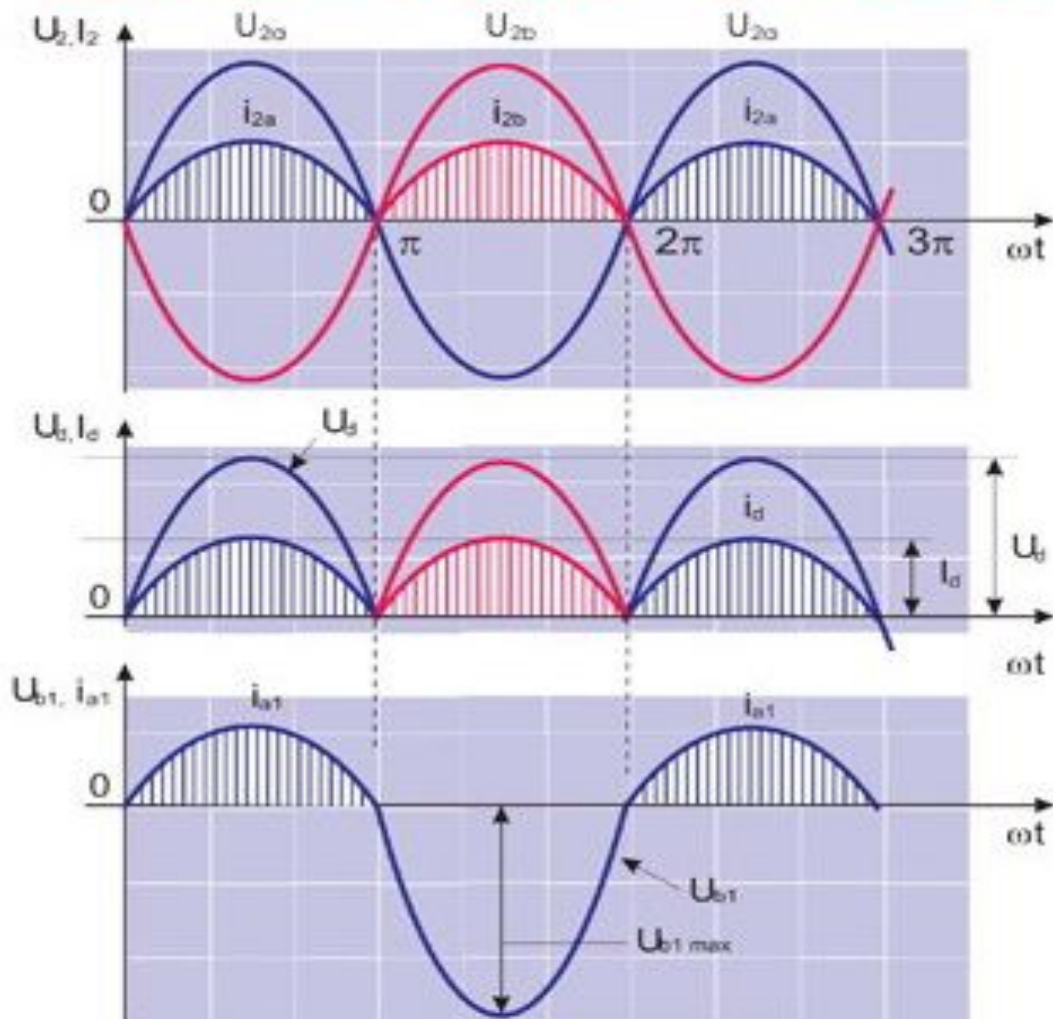
- Однофазный двухполупериодный выпрямитель со средней точкой

1. Схема включения



Однофазный двухполупериодный выпрямитель со средней точкой

2. Временные диаграммы напряжений и токов



А

Б

В

Работа двухполупериодного выпрямителя

- В этой схеме напряжение на выходе также определяется по второму закону Кирхгофа:

- В виде мгновенного значения –

$$u_{\text{нагр}}(t) = u_{\text{входа}}(t) - u_{\text{диода}}(t),$$

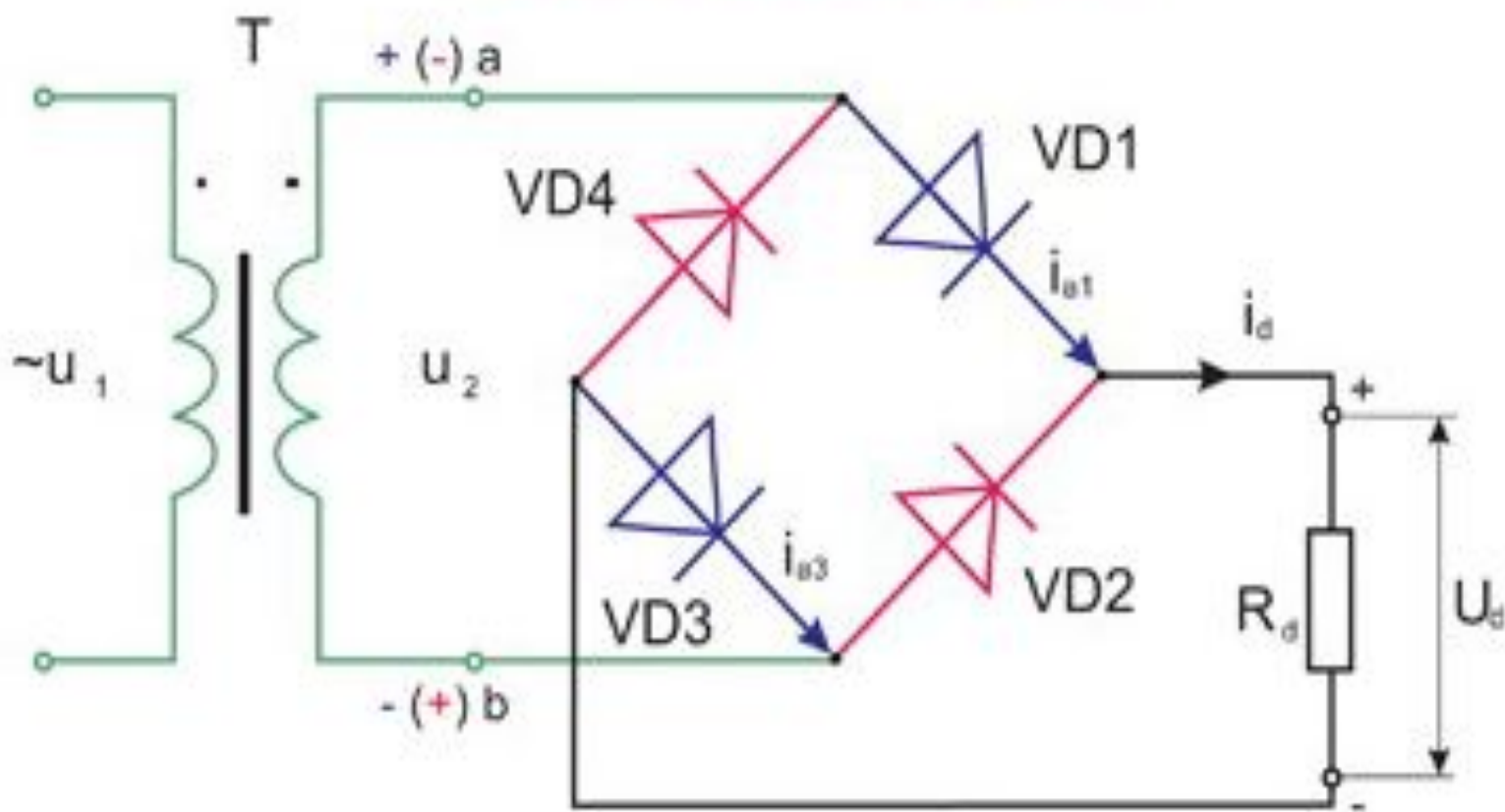
- В виде действующего значения –

$$U_{\text{нагр}} = 2Um/\pi$$

СХЕМЫ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

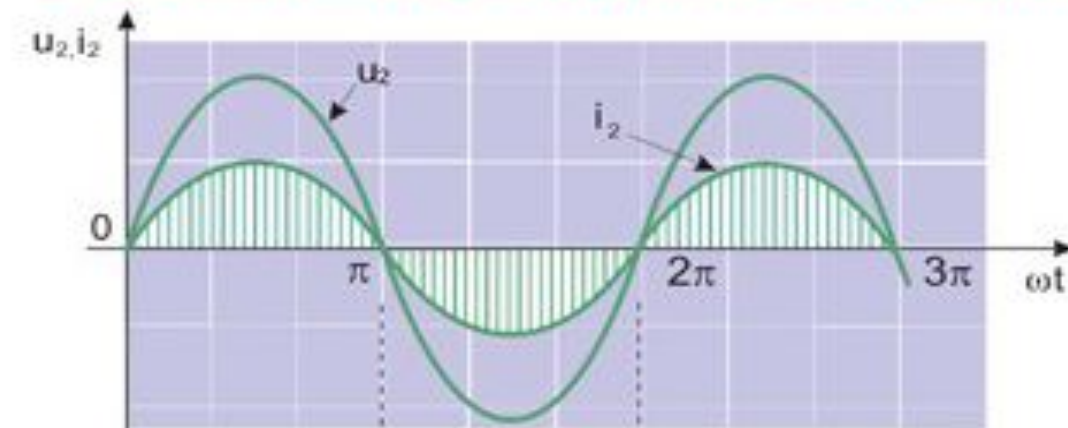
Однофазный мостовой выпрямитель

1. Схема включения

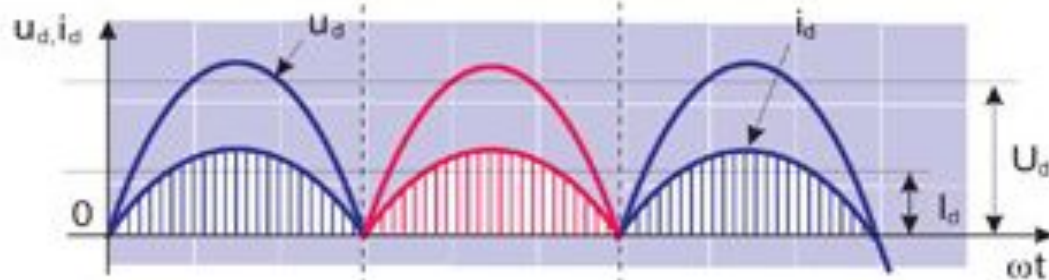


Однофазный мостовой выпрямитель

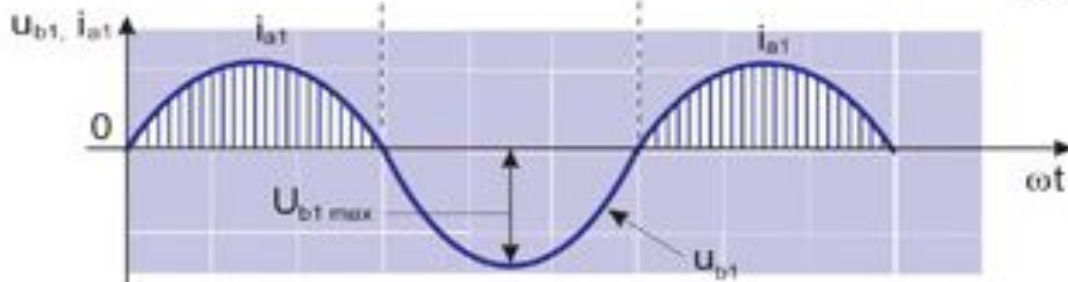
2. Временные диаграммы напряжений и токов



А



Б



В

Работа двухполупериодного мостового выпрямителя

- В этой схеме напряжение на выходе определяется по второму закону Кирхгофа:

- В виде мгновенного значения –

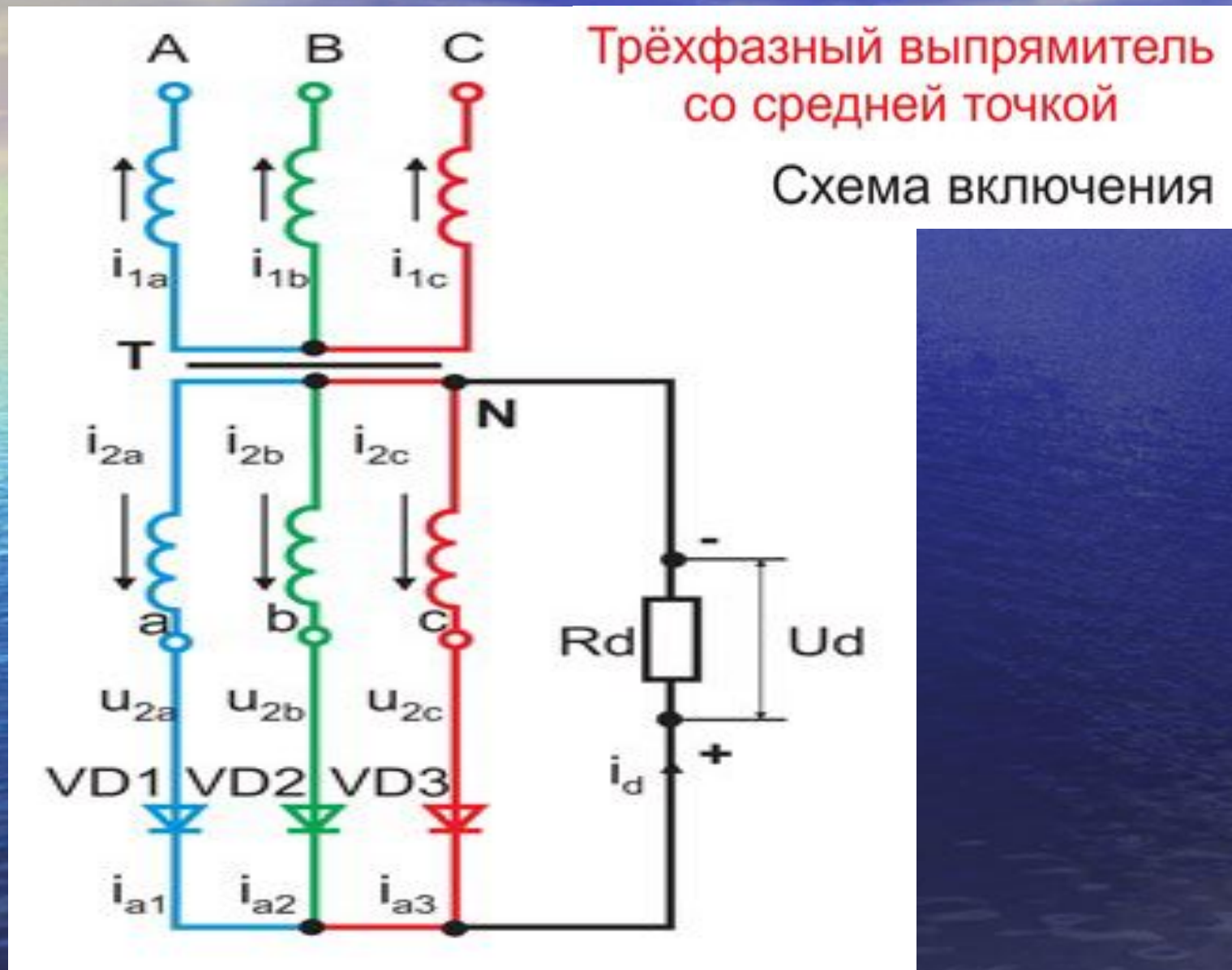
$$u_{\text{нагр}}(t) = u_{\text{входа}}(t) - 2u_{\text{диода}}(t),$$

- В виде действующего значения –

$$U_{\text{нагр}} = 2Um/p,$$

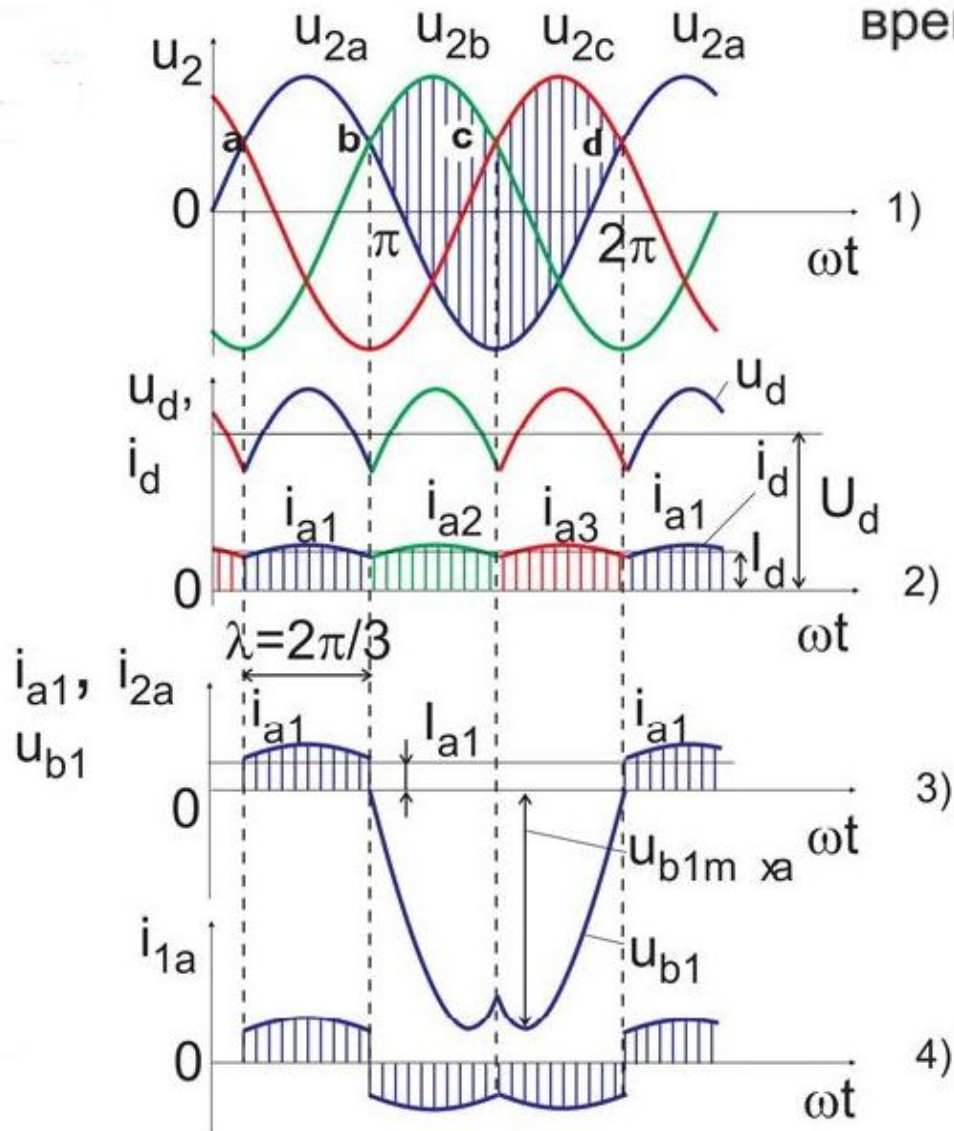
при игнорировании падения напряжения на диодах в виду их малой величины.

СХЕМЫ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ



Трёхфазный выпрямитель со средней точкой

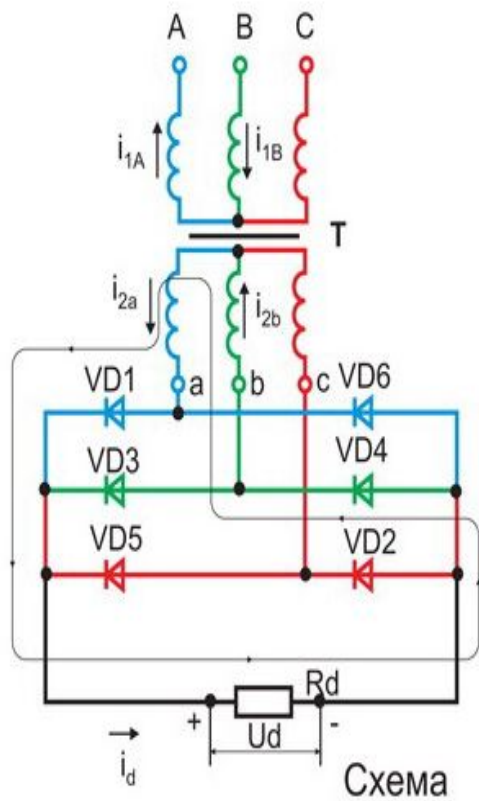
временные диаграммы токов и напряжений



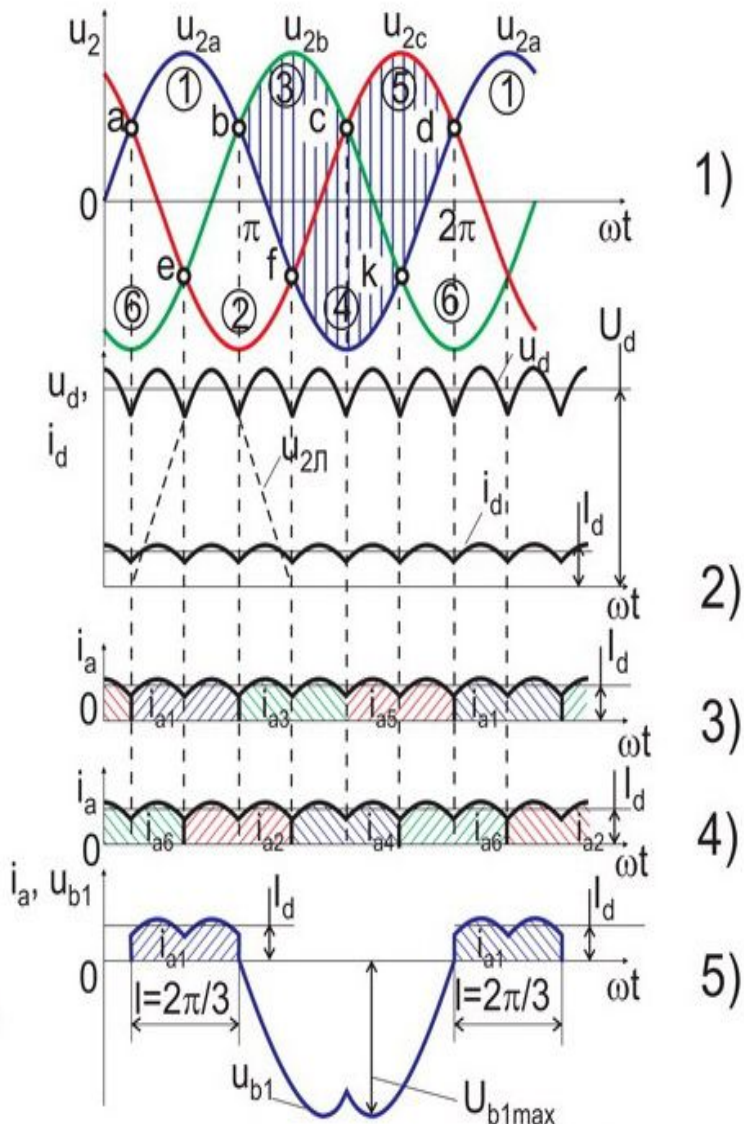
Частота пульсаций
 $f_{1п} = 3 f_c$

СХЕМЫ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Трёхфазная мостовая
схема выпрямления



$\left. \begin{matrix} \text{VD1} \\ \text{VD3} \\ \text{VD5} \end{matrix} \right\}$ катодная группа
 $\left. \begin{matrix} \text{VD2} \\ \text{VD4} \\ \text{VD6} \end{matrix} \right\}$ анодная группа



Временные диаграммы напряжений и токов

Трёхфазная мостовая схема управления

- Постоянная составляющая в этой схеме достаточно велика

$$U_{d0} = \sqrt{2} \cdot \frac{m}{\pi} \cdot U_2 \cdot \sin \frac{\pi}{m}, \text{ тогда } U_{d0} = 0,955 U_{\text{л}m},$$

где: U_2 – действующее значение линейного напряжения на входе выпрямителя,

m – число фаз выпрямителя.

$U_{\text{л}m}$ - амплитудное значение линейного напряжения

Амплитуды пульсаций гармоник – малы,
а частота пульсаций их велика

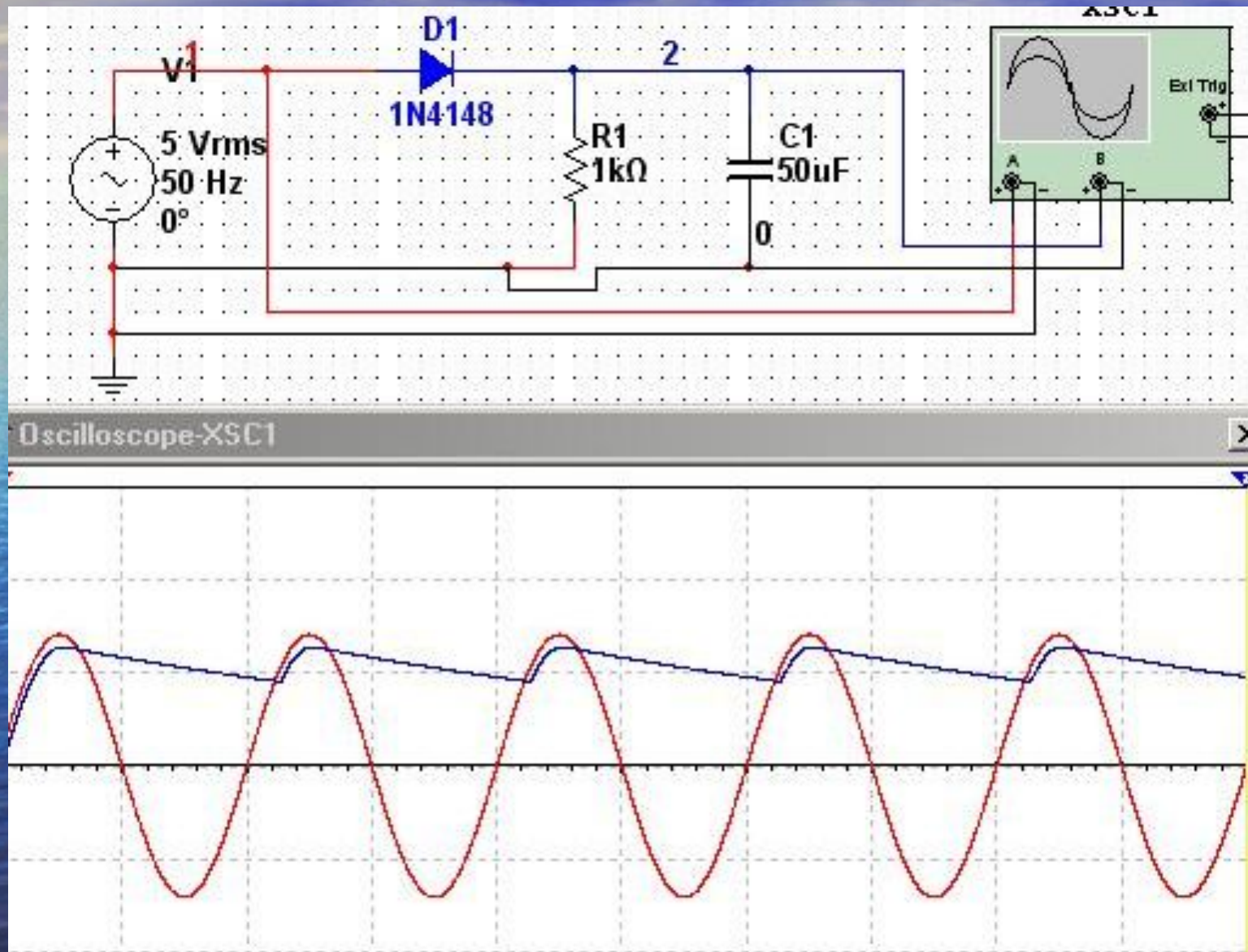
$$U_{m1} = 0,055 U_{\text{л}m} \text{ (частота } f_{1п} = 6 f_c)$$

$$U_{m2} = 0,013 U_{\text{л}m} \text{ (частота } f_{2п} = 12 f_c)$$

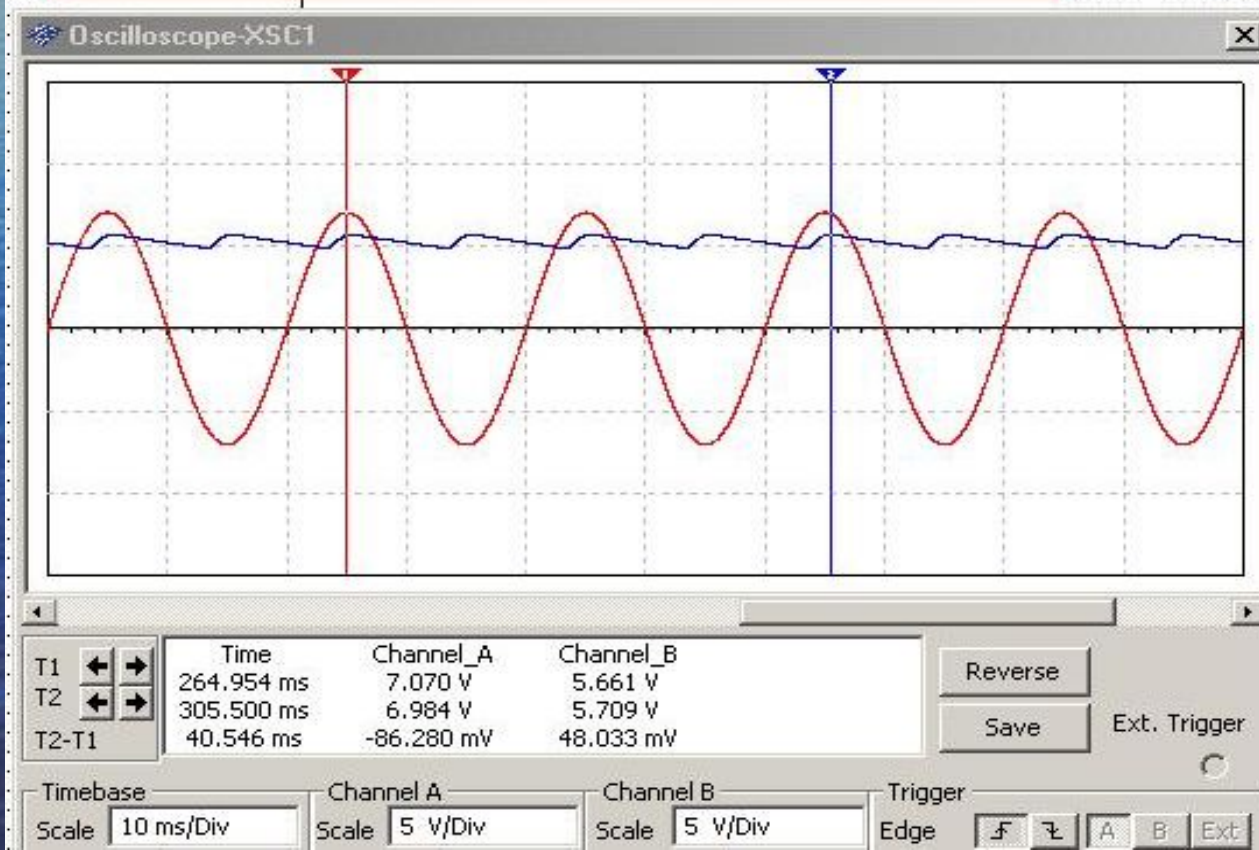
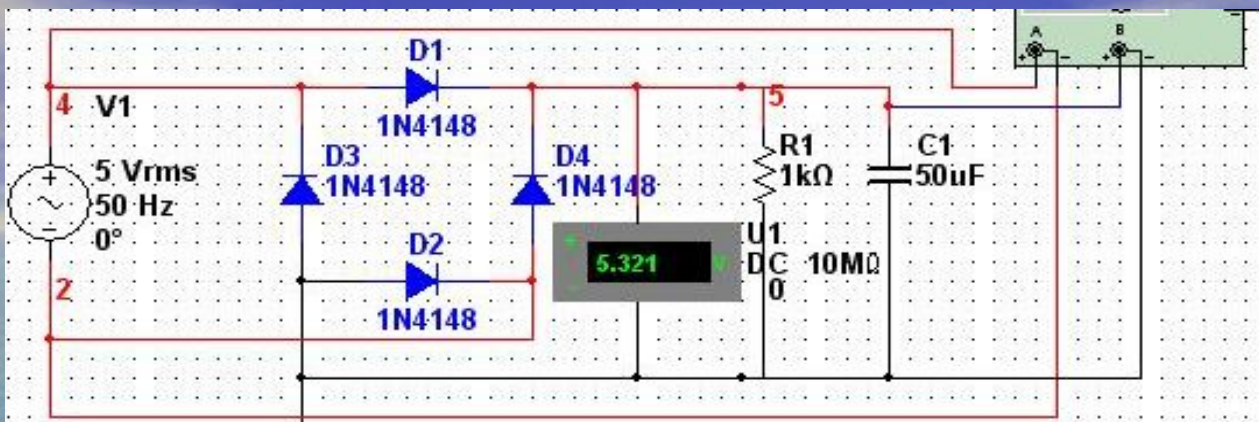
СЕТЕВЫЕ ФИЛЬТРЫ

- Емкостные (C – фильтры)
- Индуктивные (L – фильтры)
- LC - фильтры

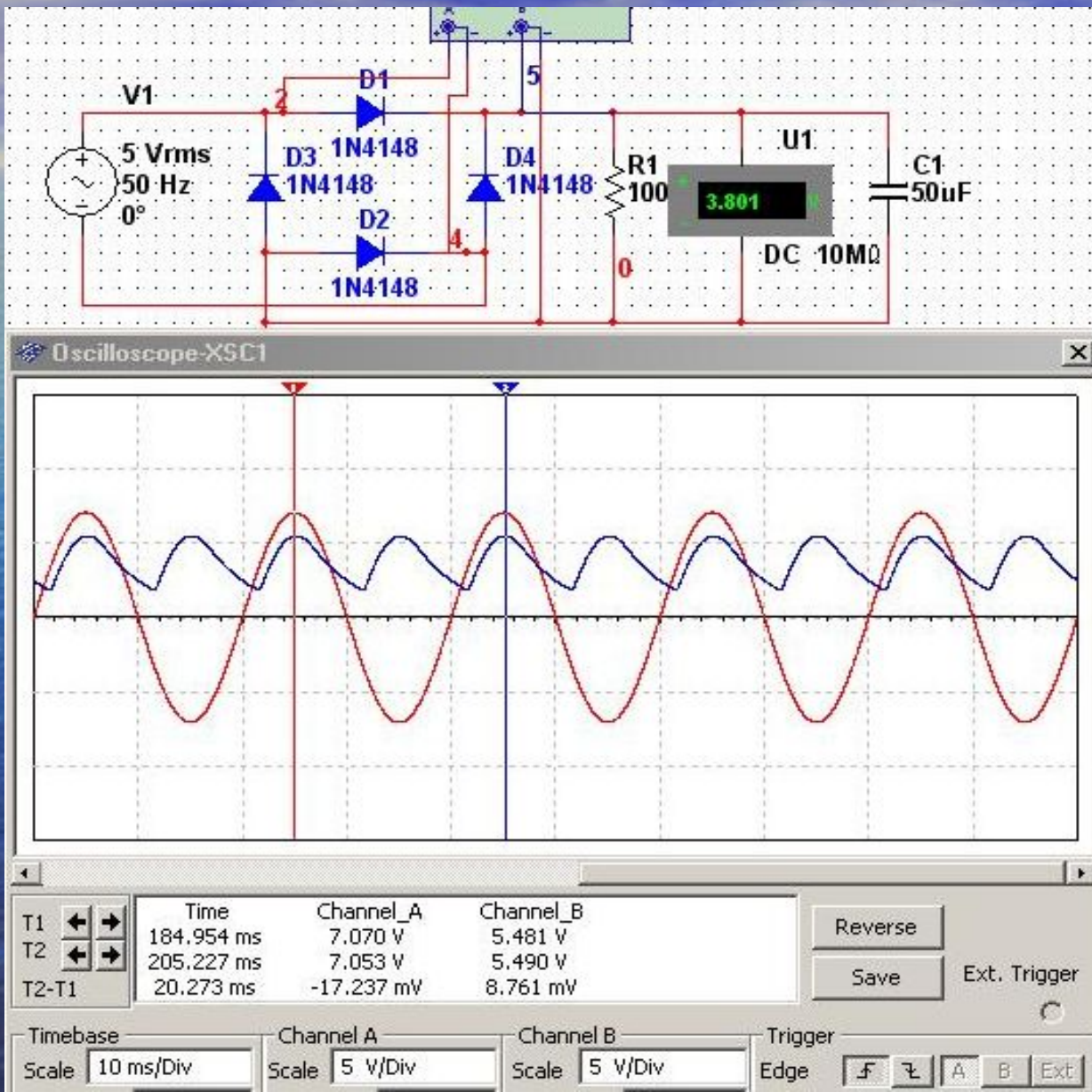
Емкостной (C – фильтр)



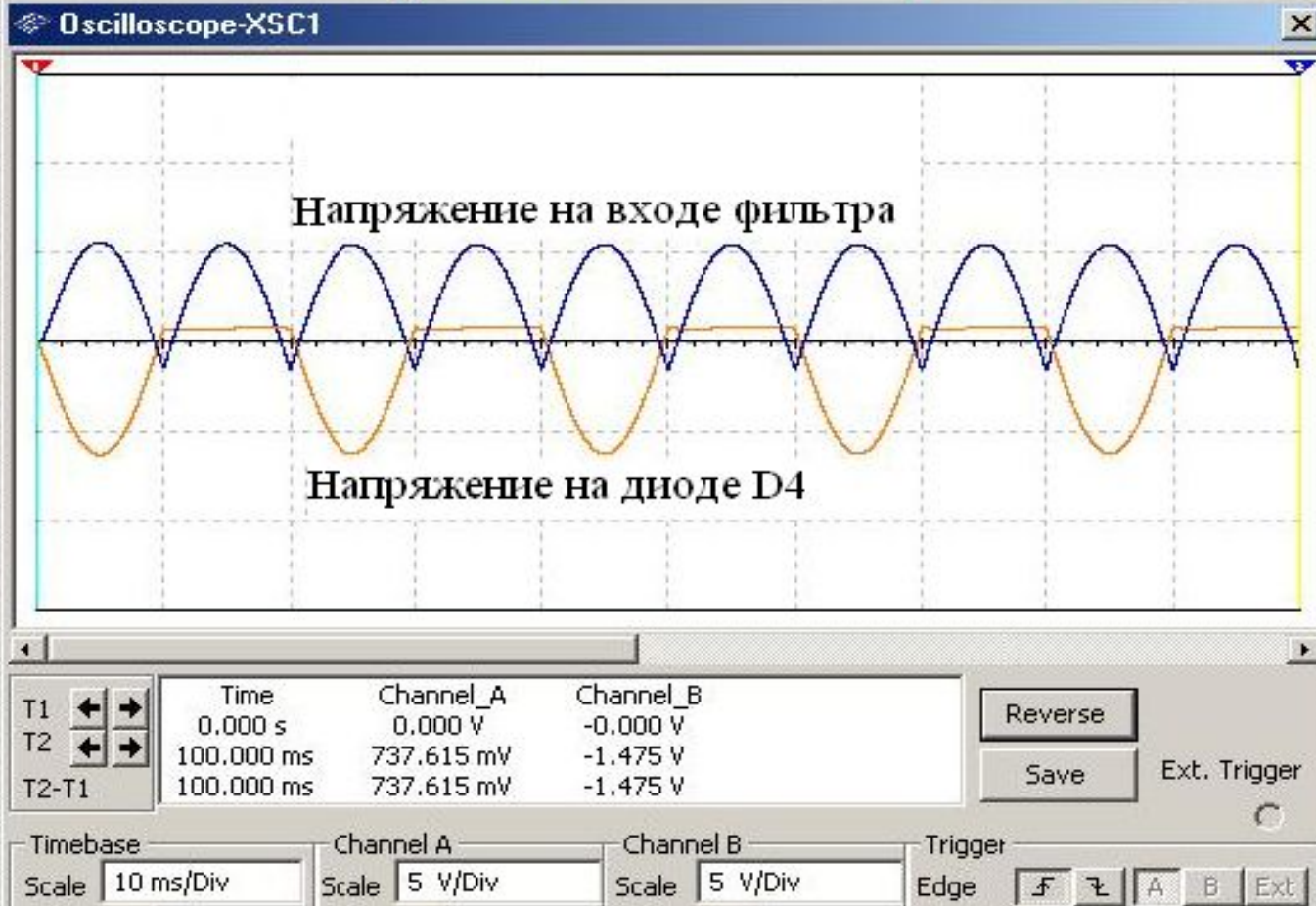
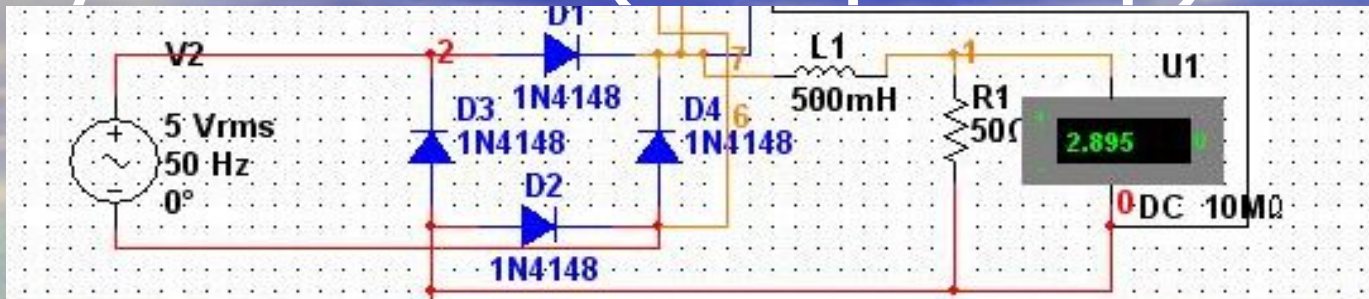
Емкостной (C – фильтр)



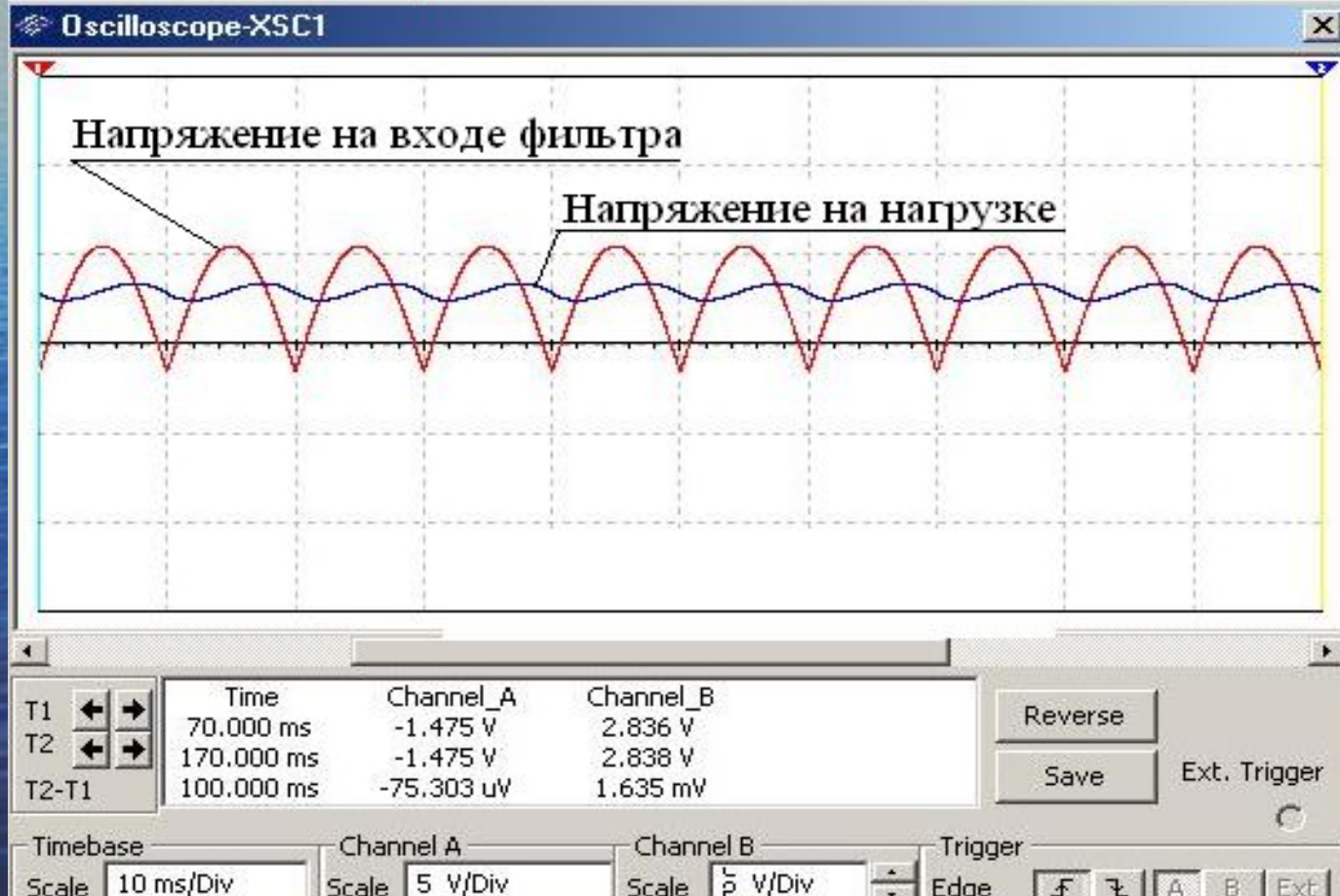
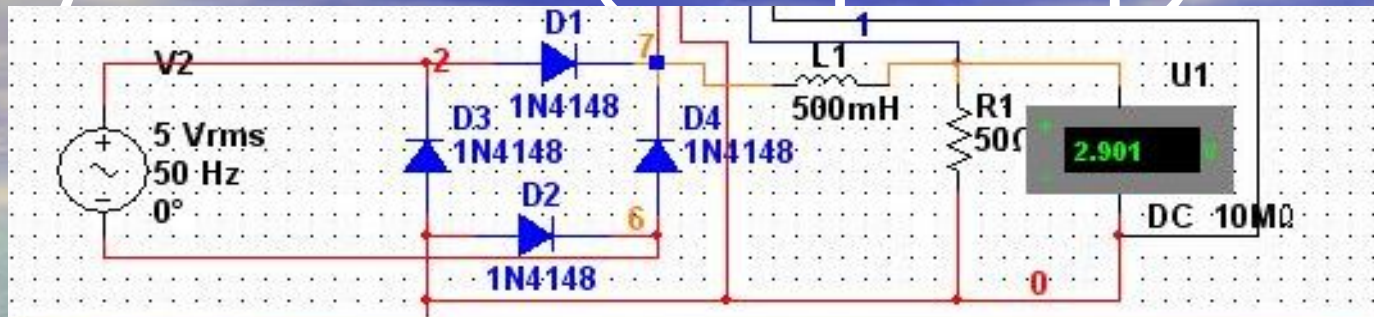
Емкостной (С – фильтр)



ИНДУКТИВНЫЙ (L – фильтр)

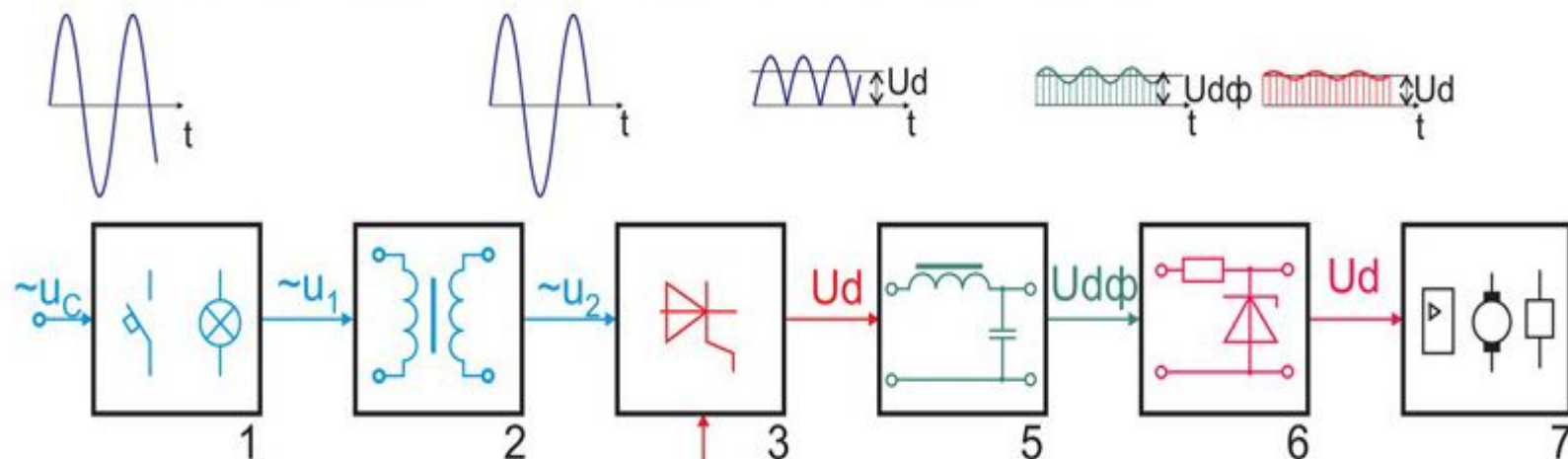


ИНДУКТИВНЫЙ (L – фильтр)



Выпрямители

Выпрямитель - статическое устройство, предназначенное для преобразования электрической энергии переменного тока в постоянный

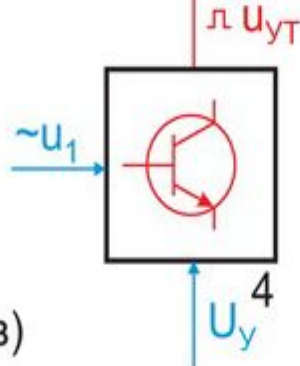


1 - Блок защиты и сигнализации

2 - Силовой трансформатор

3 - Блок вентилей (тиристоров или диодов)

4 - Система управления тиристорами (система импульсно-фазового управления, СИФУ)



Структурная схема выпрямителя

5 - Сглаживающий фильтр

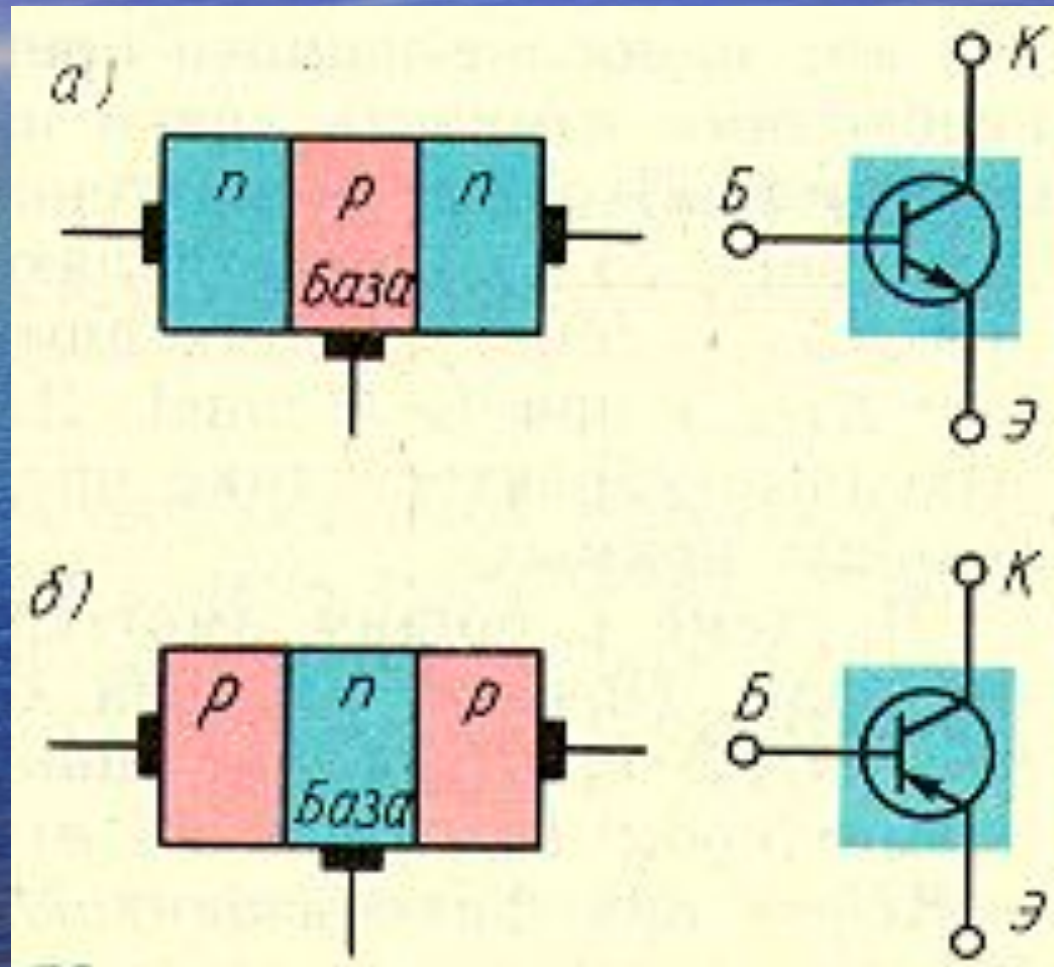
6 - Стабилизатор напряжения или тока

7 - Нагрузка (электронные устройства, двигатели постоянного тока, обмотки релейно-контактной аппаратуры и т. д.)

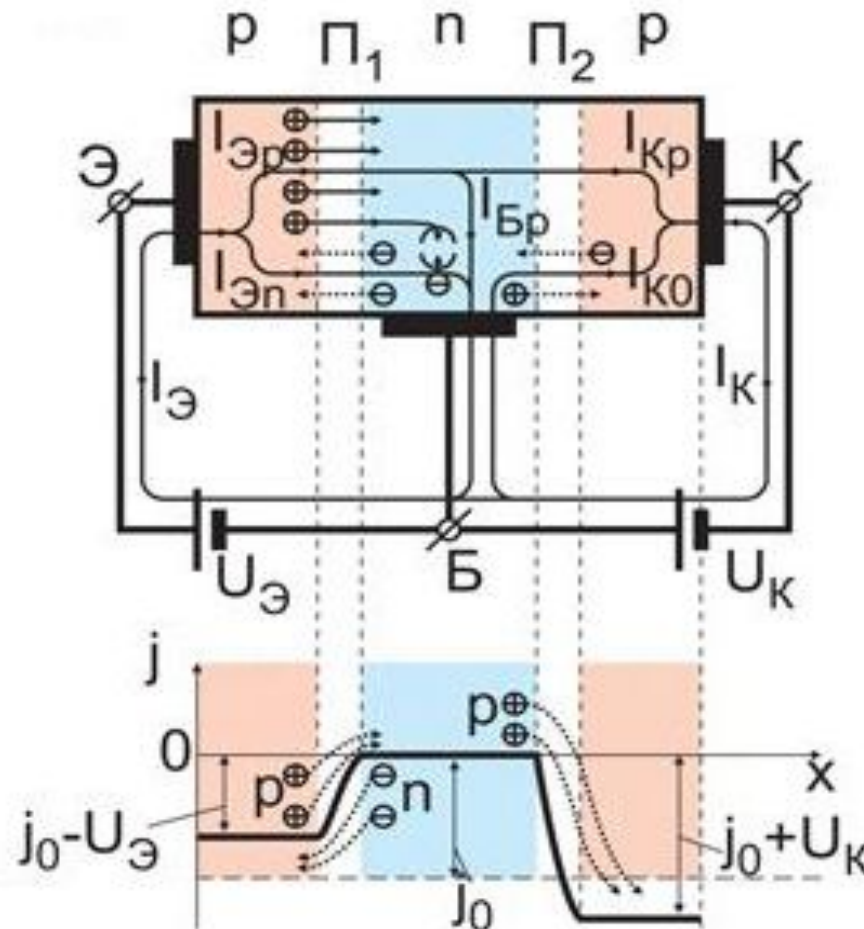
Биполярные транзисторы

Биполярным транзистором называется полупроводниковый прибор с двумя р-п-переходами. Он имеет трехслойную структуру n-р-п или р-п-р-типа

Структура и обозначение биполярного транзистора



Структура биполярного транзистора



Транзисторная структура типа р-п-р,
распределение внутренней
разности потенциалов.

Структура биполярного транзистора

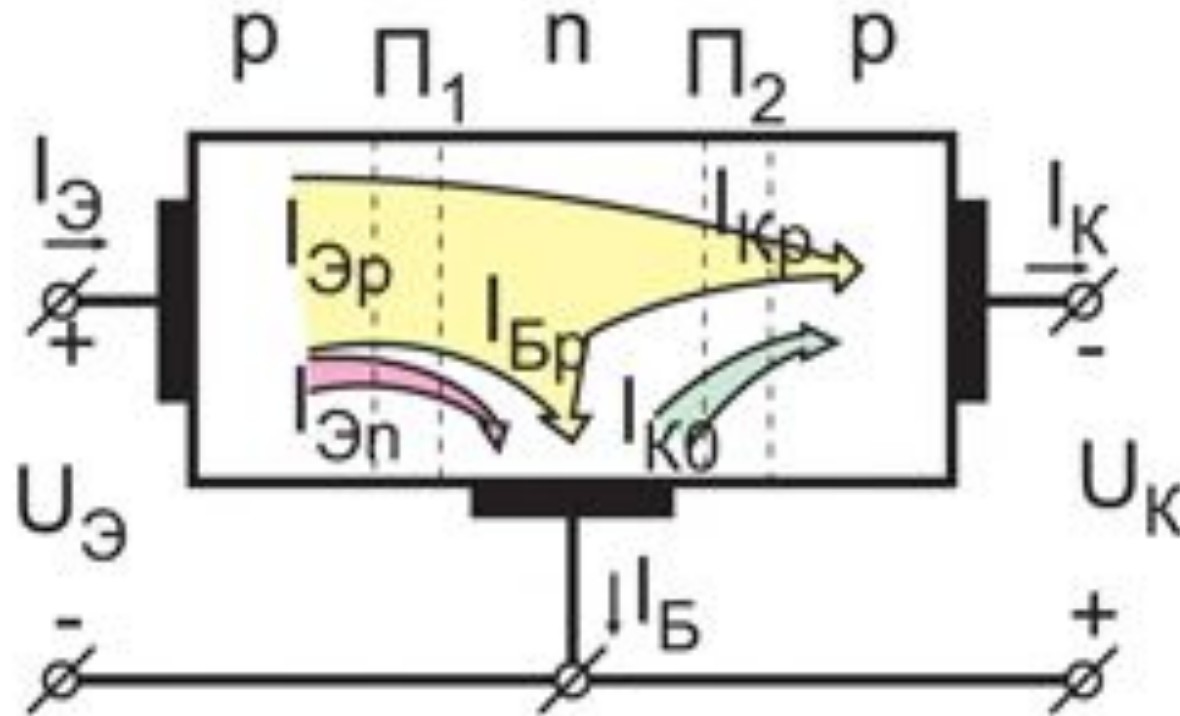


Диаграмма составляющих токов в транзисторе.

Режимы работы транзистора

Различают следующие режимы транзистора: **1)** режим отсечки токов (режим закрытого транзистора), когда оба перехода смещены в обратном направлении (закрыты); **2)** режим насыщения (режим открытого транзистора), когда оба перехода смещены в прямом направлении, токи в транзисторах максимальны и не зависят от его параметров; **3)** активный режим, когда эмиттерный переход смещен в прямом направлении, коллекторный — в обратном.

Схема с общей базой

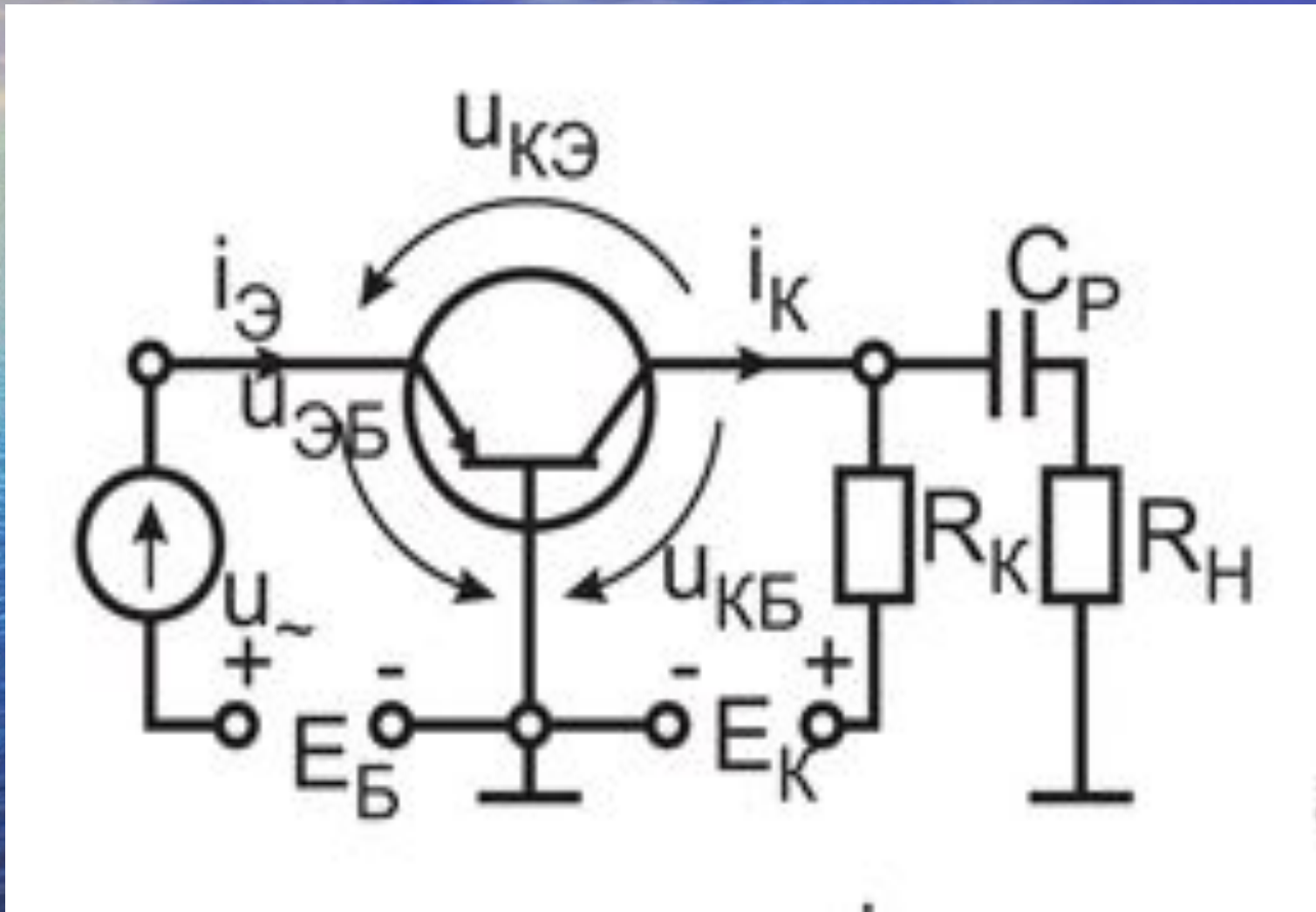


Схема с общей базой и её ВАХ

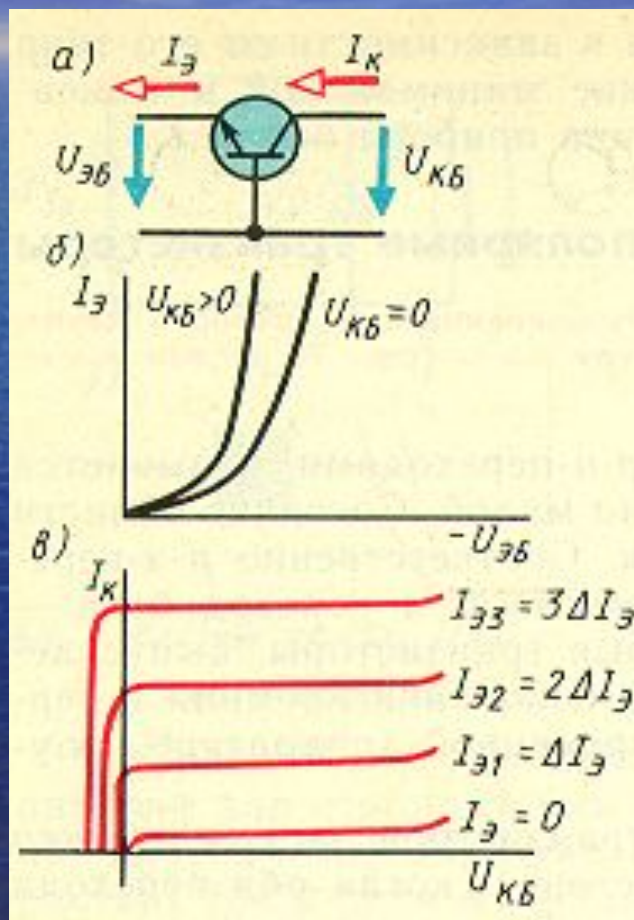


Схема с общим эмиттером (ОЭ)

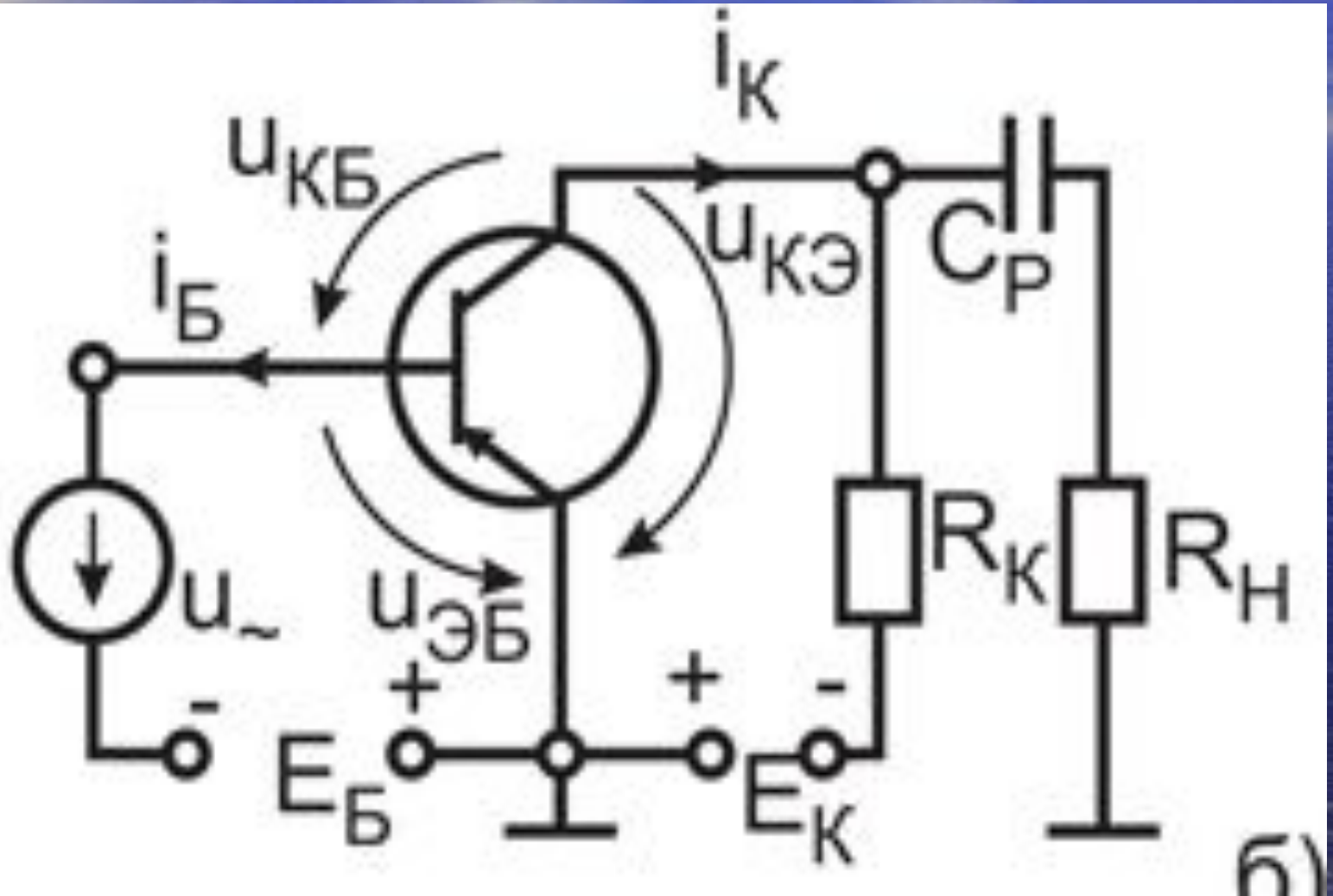


Схема с общим коллектором (ОК)

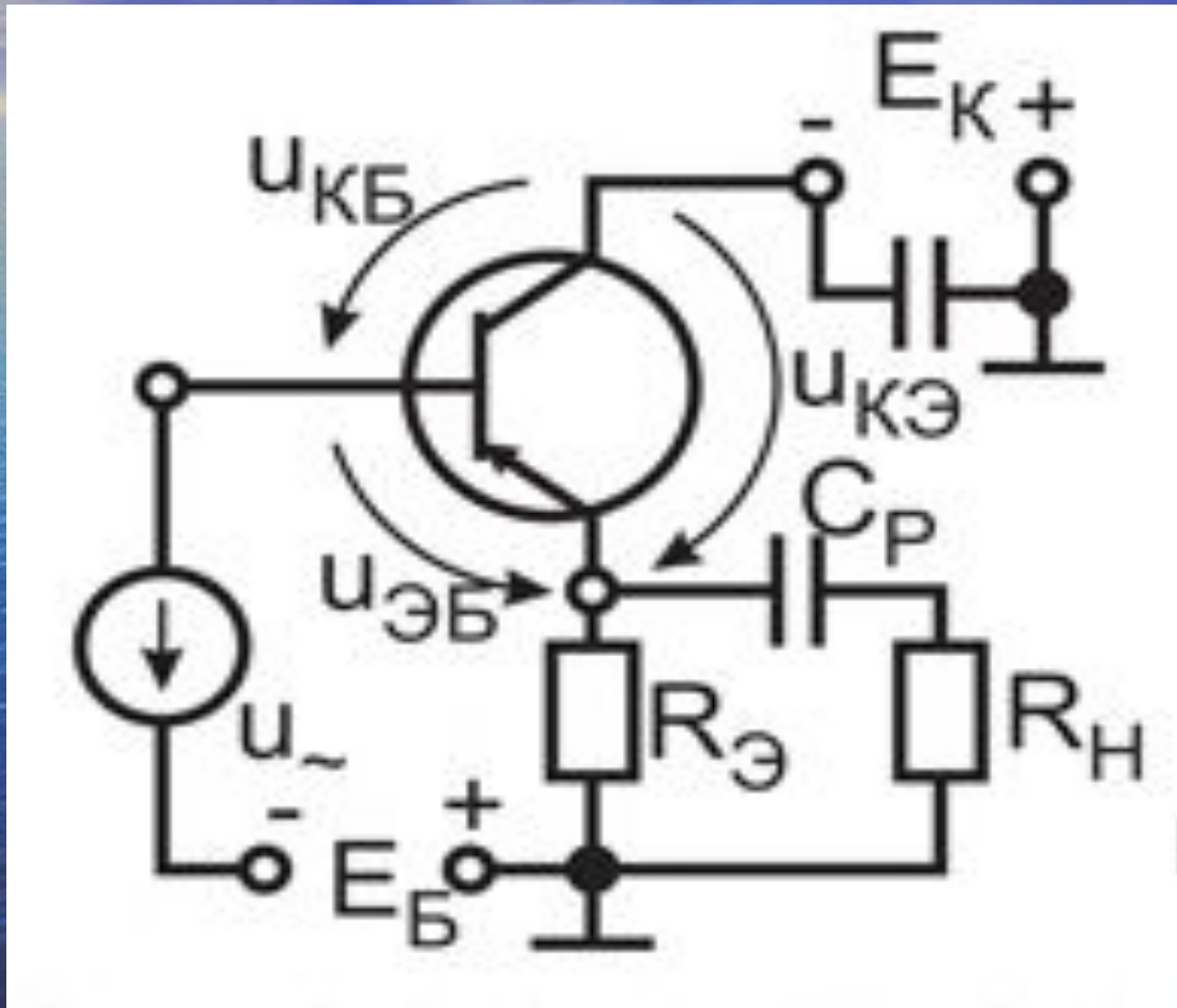
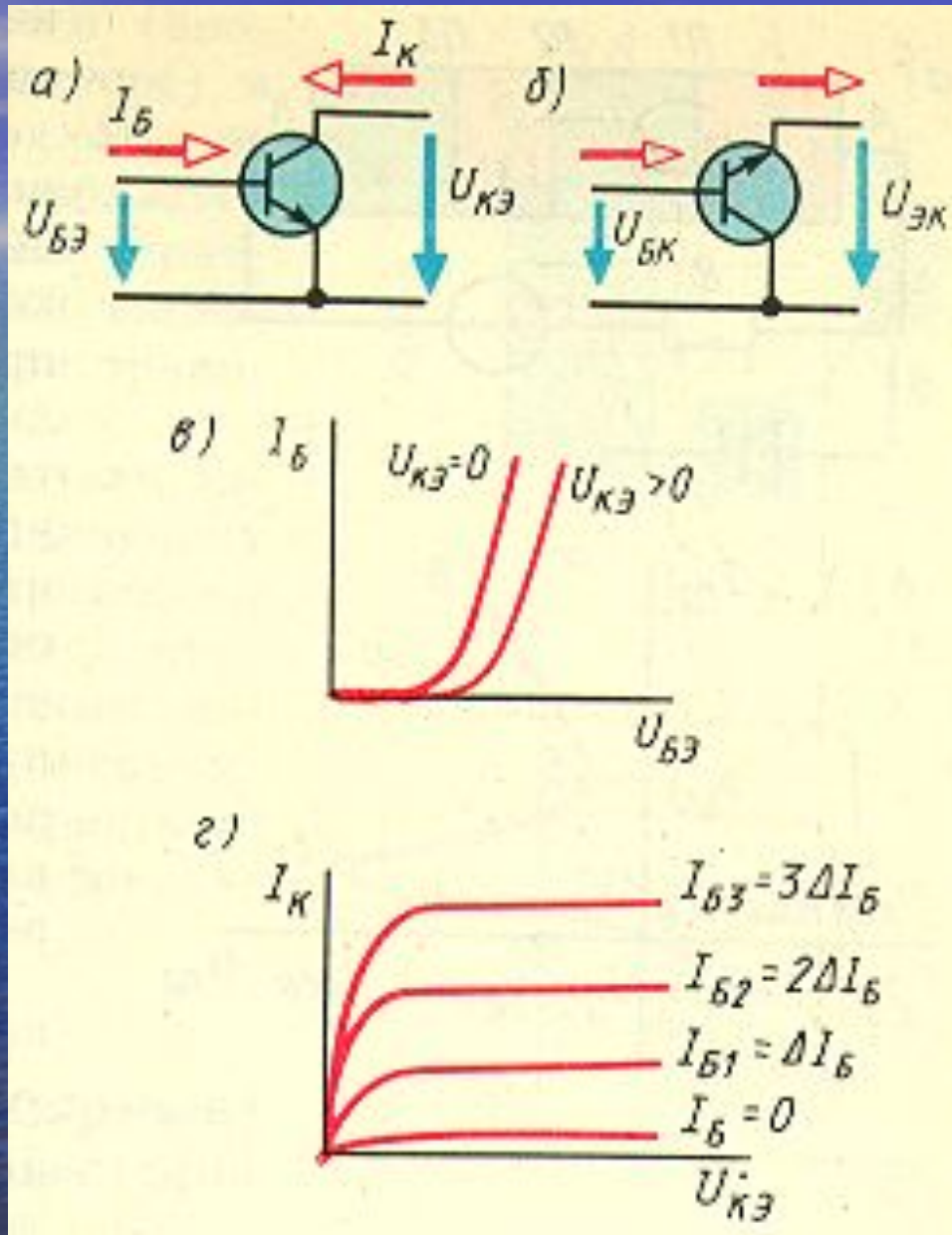
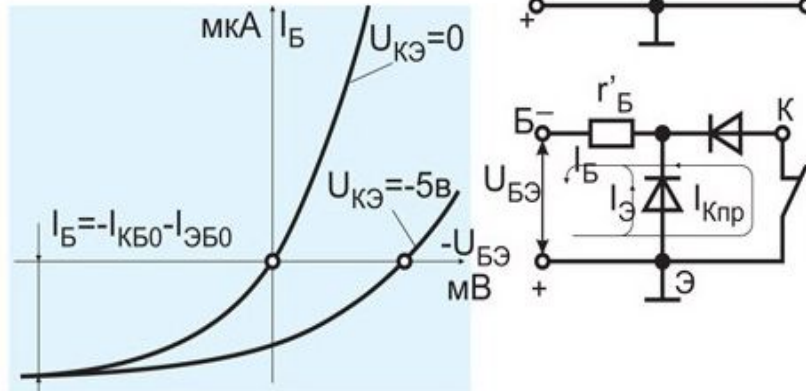
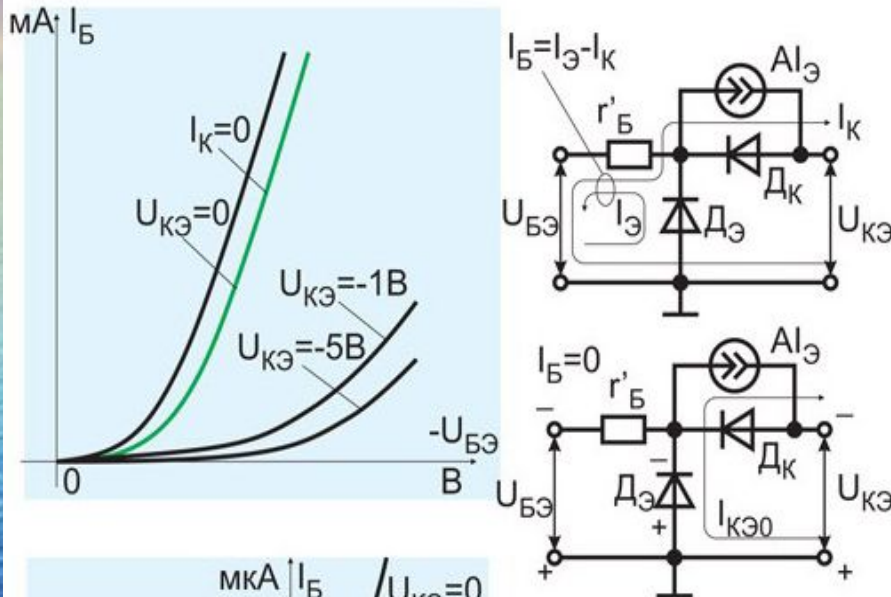


Схема с ОЭ(а), её ВАХ и схема с ОК(б)

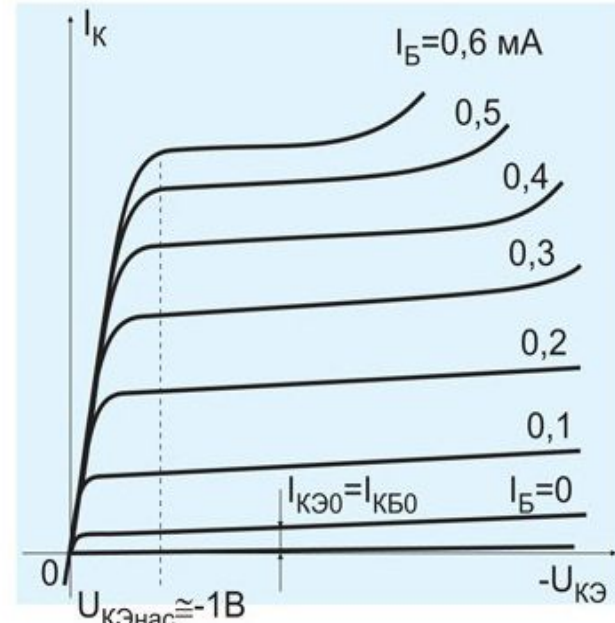


Характеристики и эквивалентные схемы транзисторов

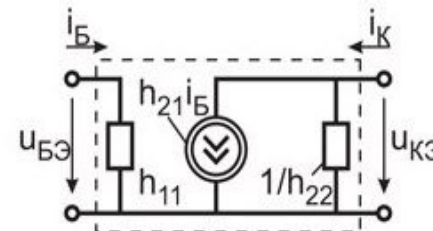
Характеристики биполярного транзистора



Входные характеристики транзистора в схеме с ОЭ и эквивалентные схемы, их поясняющие.

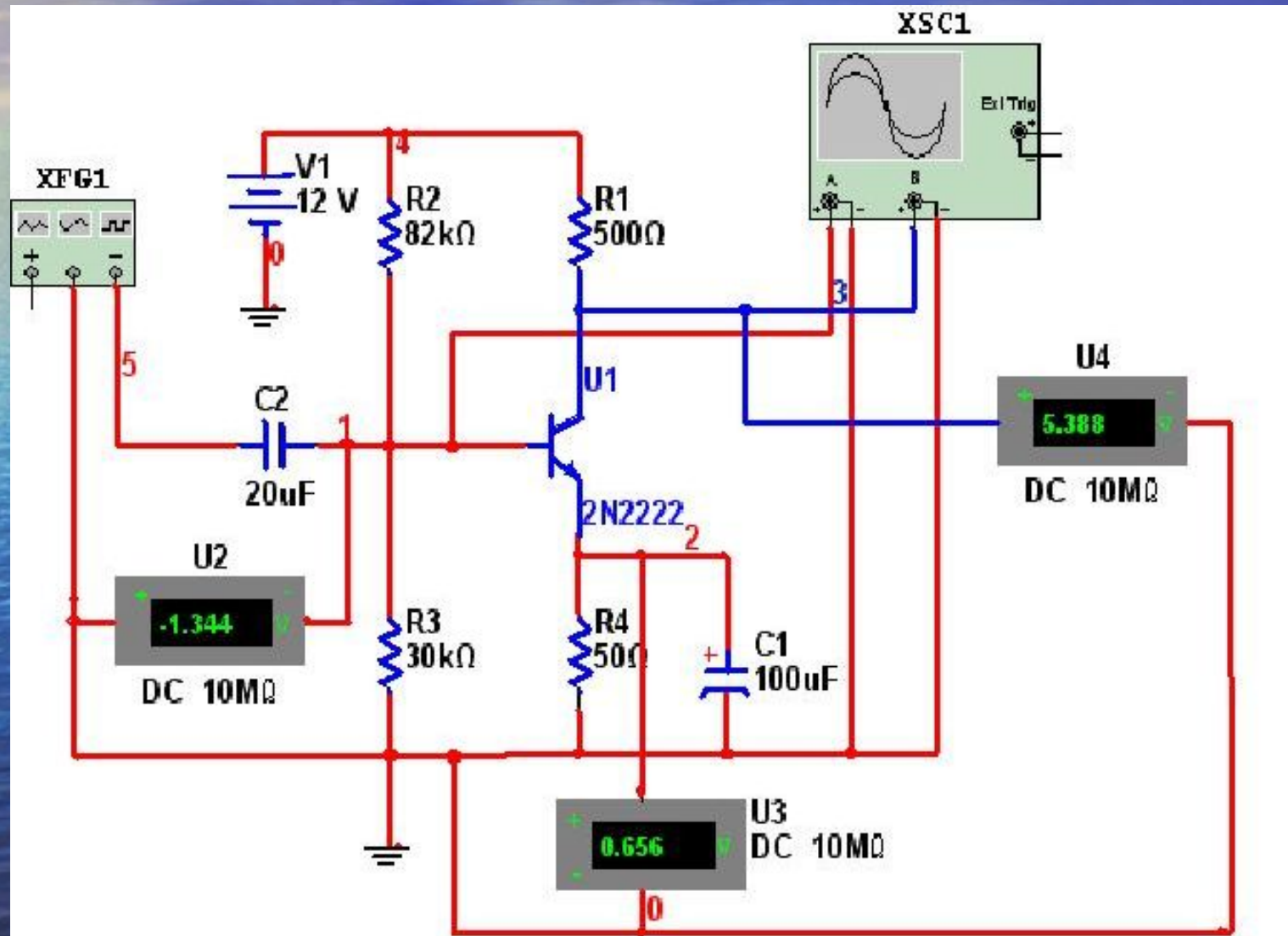


Выходные характеристики транзистора в схеме с ОЭ



Упрощённая схема замещения биполярного транзистора в h-параметрах

Схема с общим эмиттером



Осциллограммы на входе и выходе усилителя с ОЭ

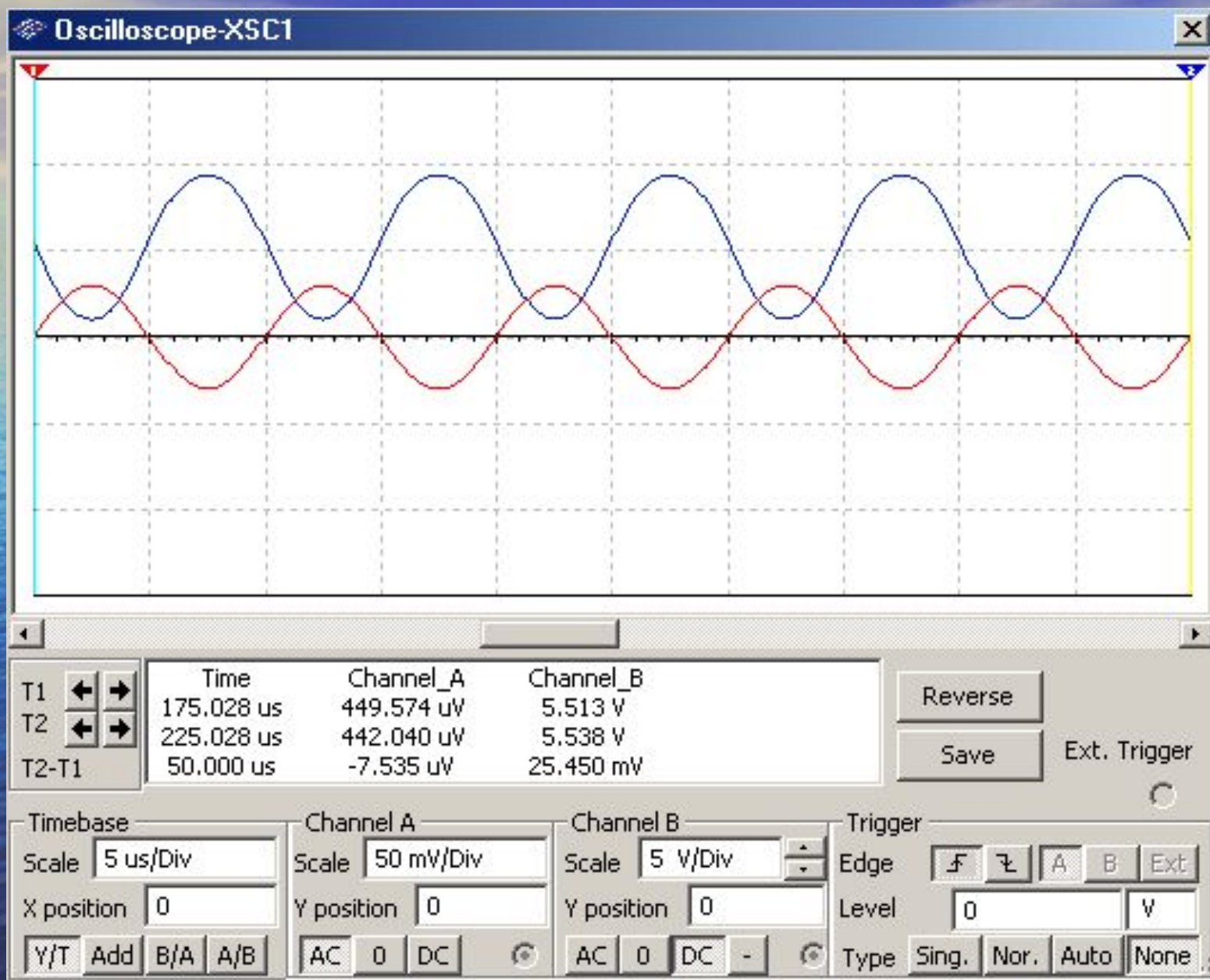
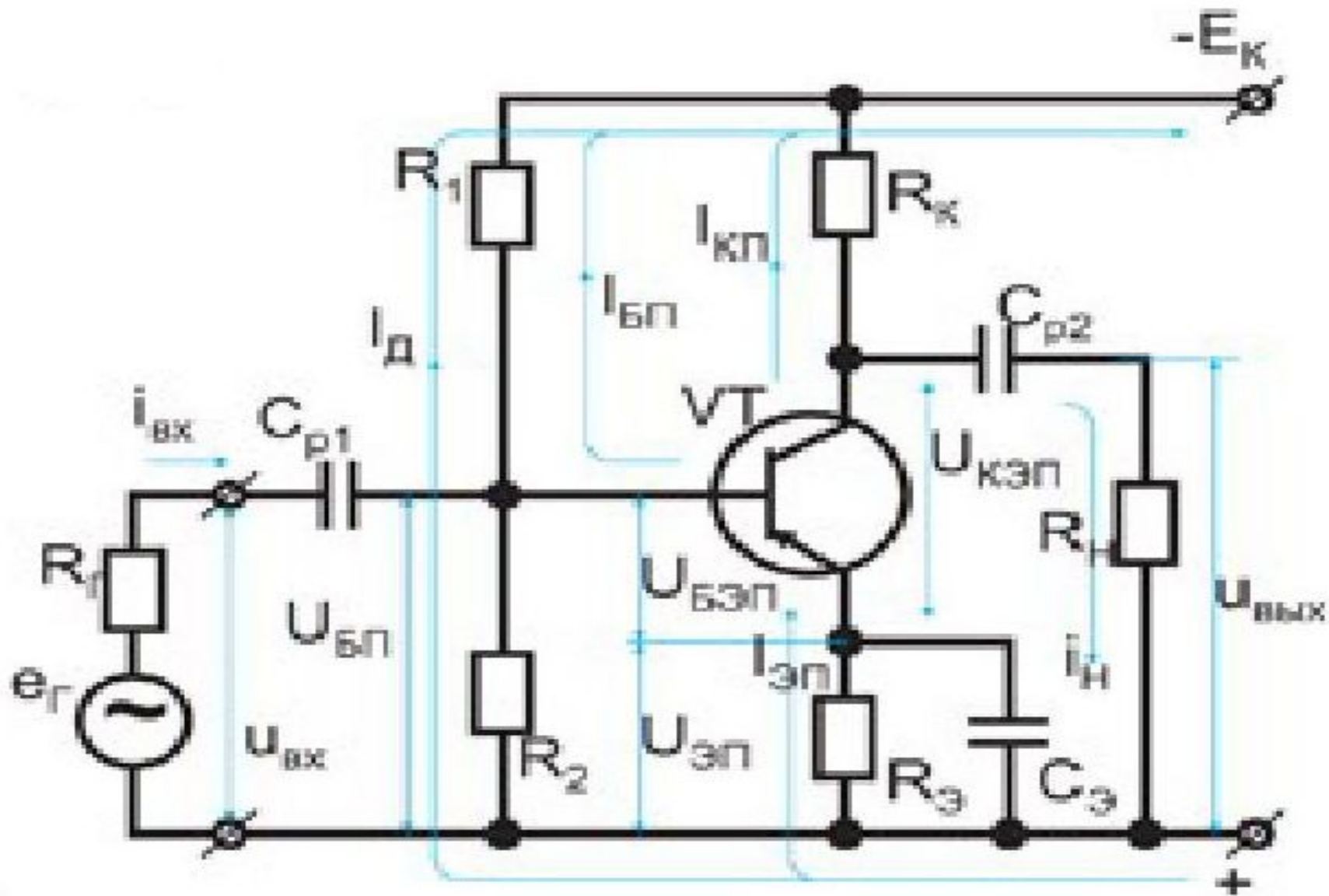
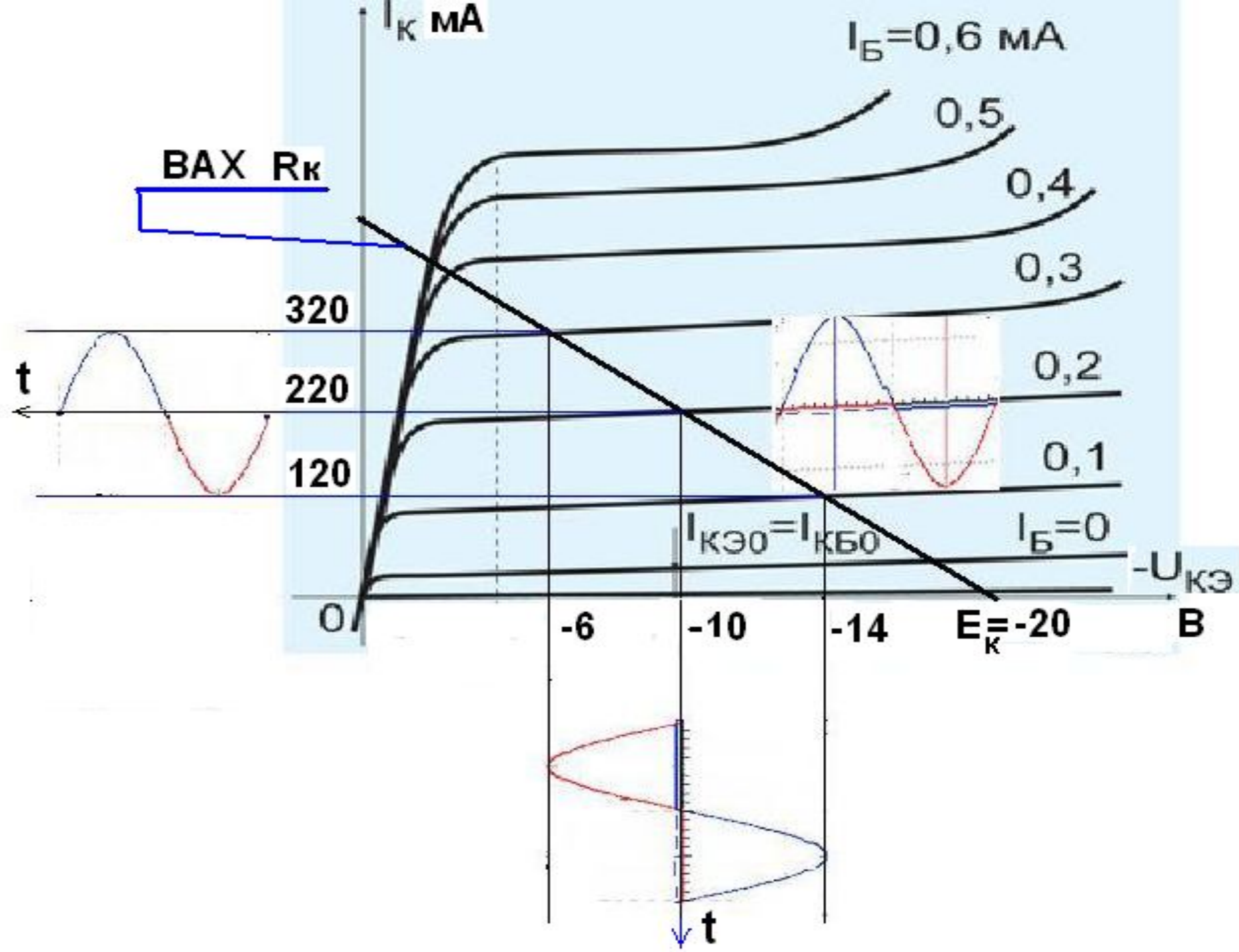


Схема с общим эмиттером





Тиристоры

- Многослойные структуры с тремя p-n-переходами называют тиристорами.
- Тиристоры с двумя выводами (двухэлектродные) называются **динисторами**,
- с тремя (трехэлектродные) — **тринисторами**.

Свойства тиристоров

- Основным свойством является способность находиться в двух состояниях устойчивого равновесия:
- **максимально открытом, и**
- **максимально закрытом.**

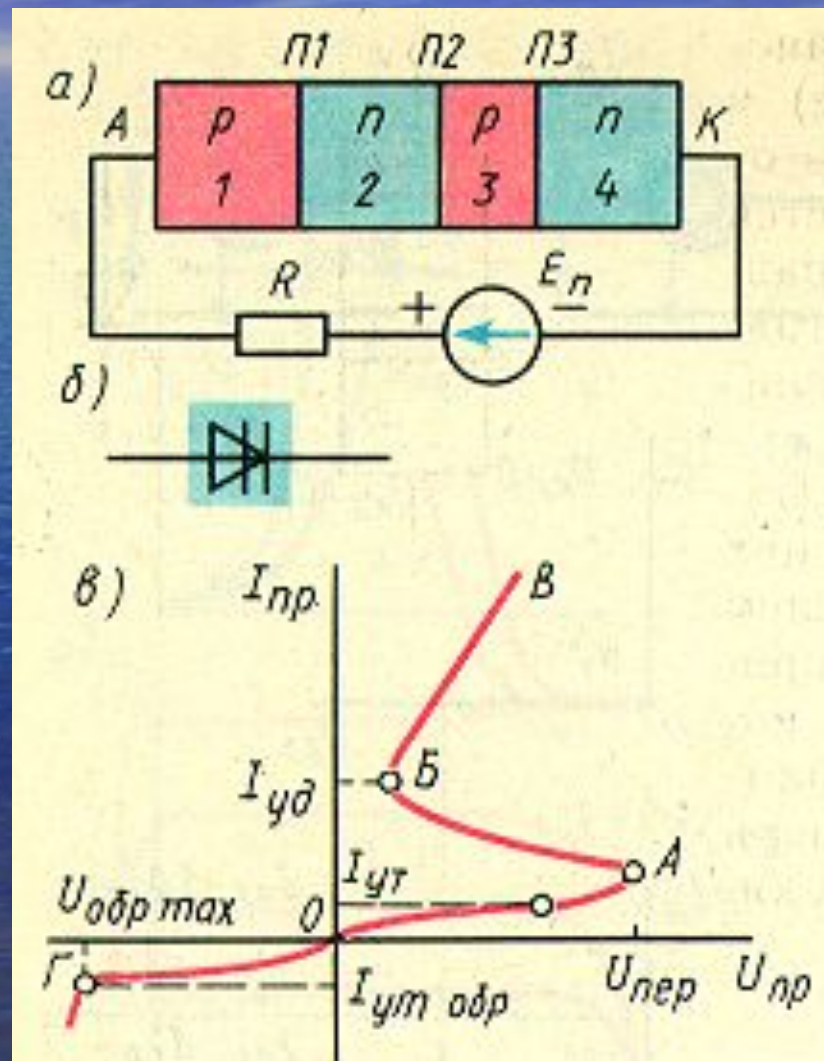
Свойства тиристоров

- Включать тиристоры можно импульсами малой мощности по цепи управления.
- Выключать – сменой полярности напряжения силовой цепи или уменьшением анодного тока до значения ниже тока удержания.

Применение тиристоров

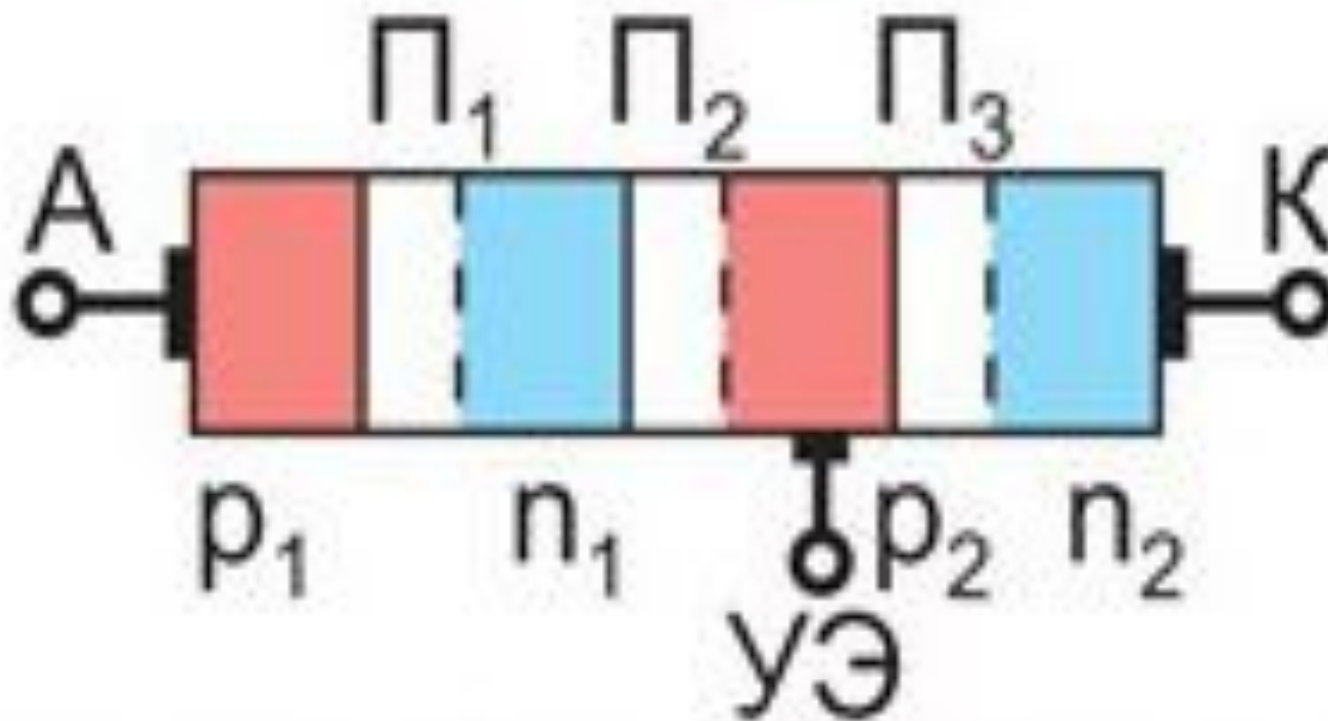
- По этой причине тиристоры относят к классу переключающих полупроводниковых приборов, главным применением которых является бесконтактная коммутация электрических цепей.

Структура, обозначение и ВАХ динистора.



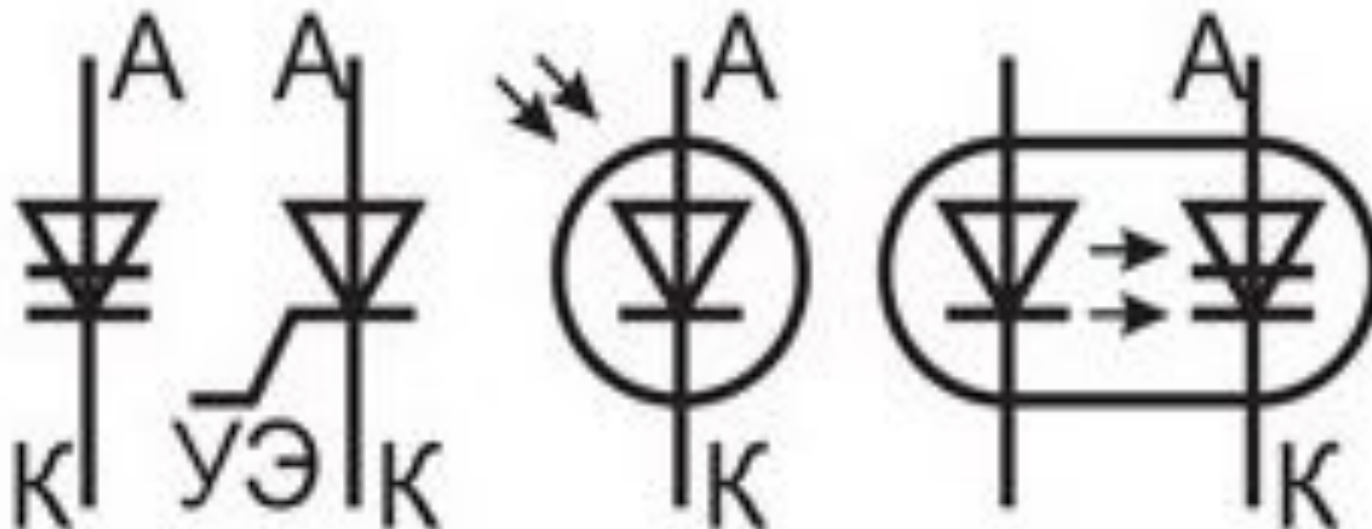
- При прямом включении диностора источник питания E_n смещает р-п-переходы П1 и П3 в прямом направлении, а П2 — в обратном, диностор находится в закрытом состоянии и все приложенное к нему напряжение падает на переходе П2. Ток прибора определяется током утечки $I_{ут}$, значение которого находится в пределах от сотых долей микроампера до нескольких микроампер (участок ОА). Дифференциальное сопротивление диностора $R_{диф} = \frac{\Delta U}{\Delta I}$ на участке ОА положительно и достаточно велико. Его значение может достигать нескольких сотен мегаом. На участке АБ $R_{диф} < 0$ Условное обозначение диностора показано на рис.б.

Структура тиристора

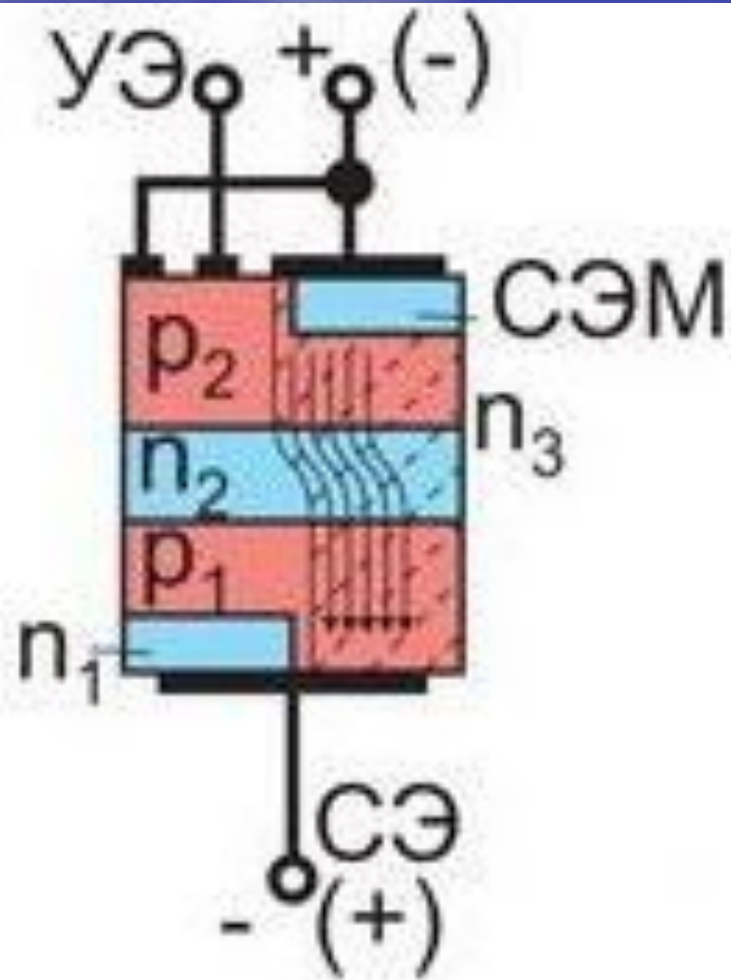


Управляемый тиристор

Обозначение тиристора



Динистор, триодный,
фотодиодный и оптронный
тиристоры



Схематическое устройство симистора



Вольт-амперные характеристики симистора

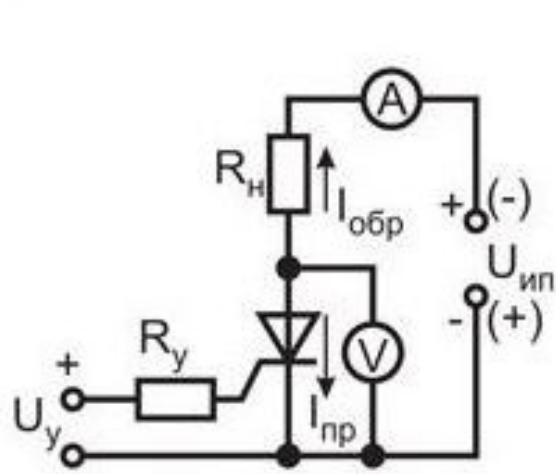
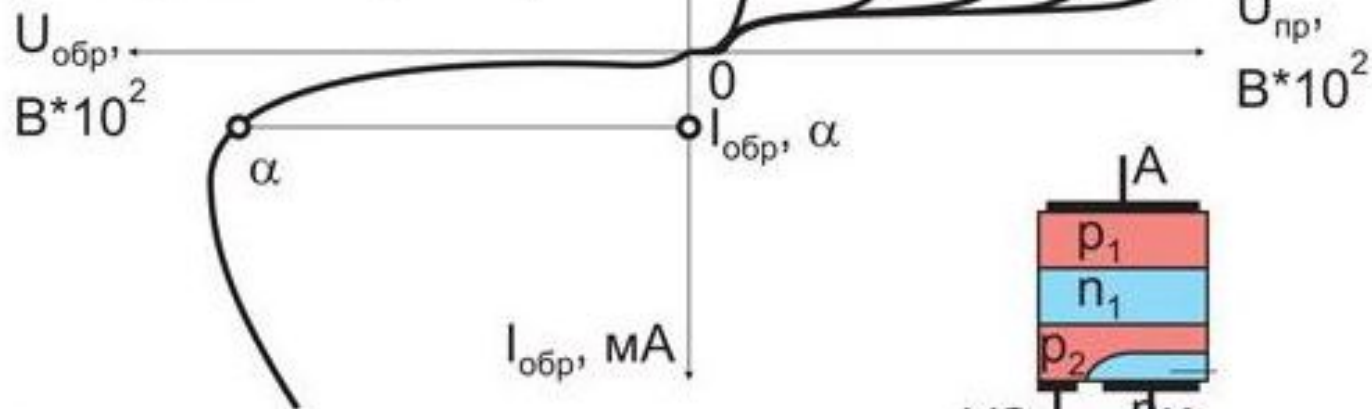
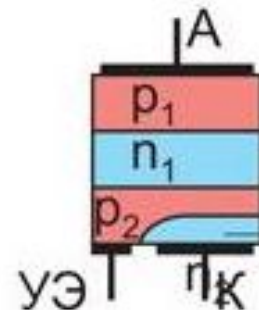


Схема для снятия характеристик тиристора



Вольт-амперные характеристики тиристора



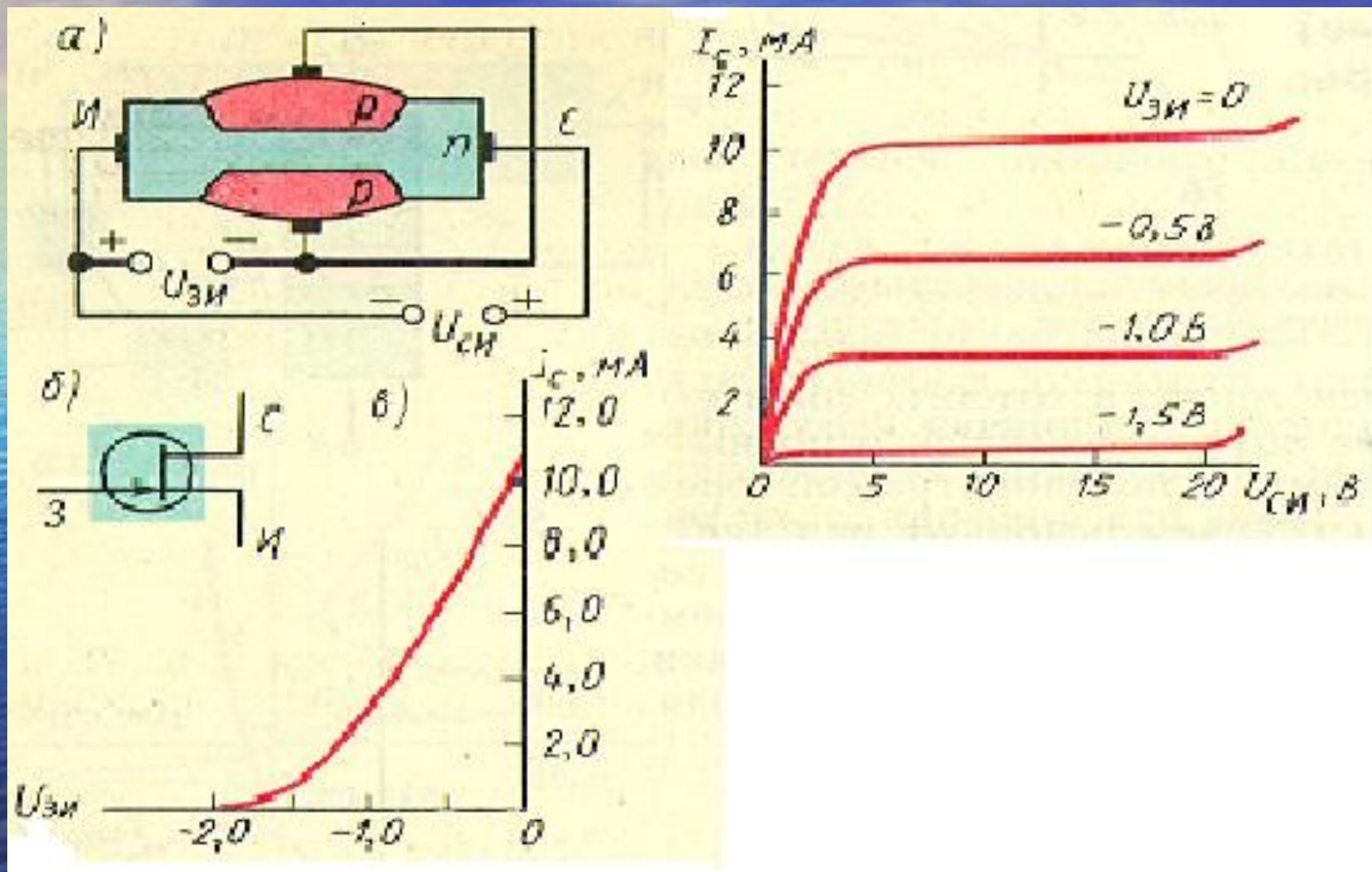
Схематическое устройство тиристора

Условия включения тиристора

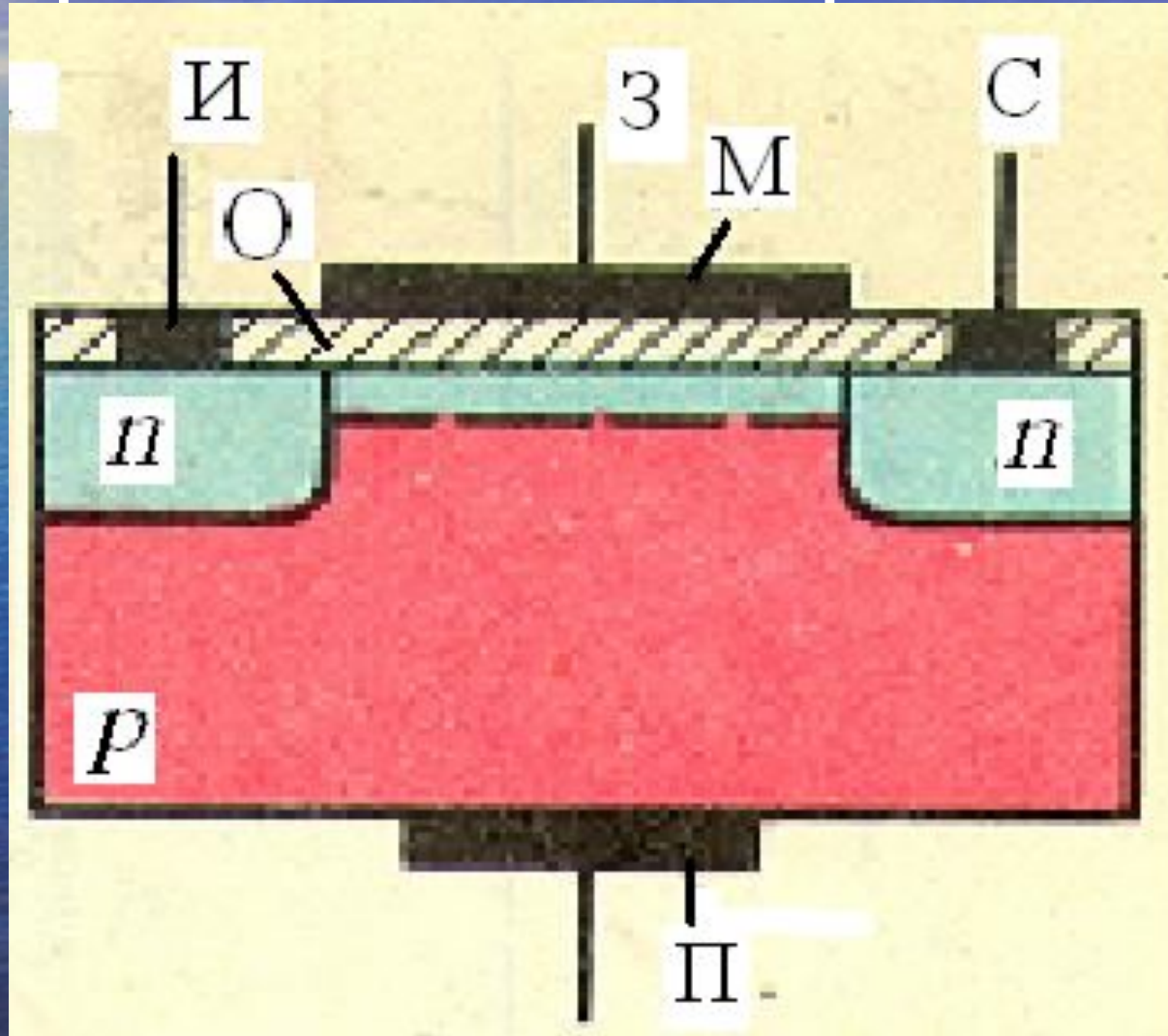
- 1. Прямое напряжение на тиристоре (анод + , катод -).
- 2. Импульс управления, открывающий тиристор, должен быть достаточной мощности.
- 3. Сопротивление нагрузки должно быть меньше критического
- ($R_{кр} = U_{макс}/I_{уд}$).

Полевые транзисторы

Полевые (униполярные) транзисторы



Полевой транзистор с изолированным затвором



ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ

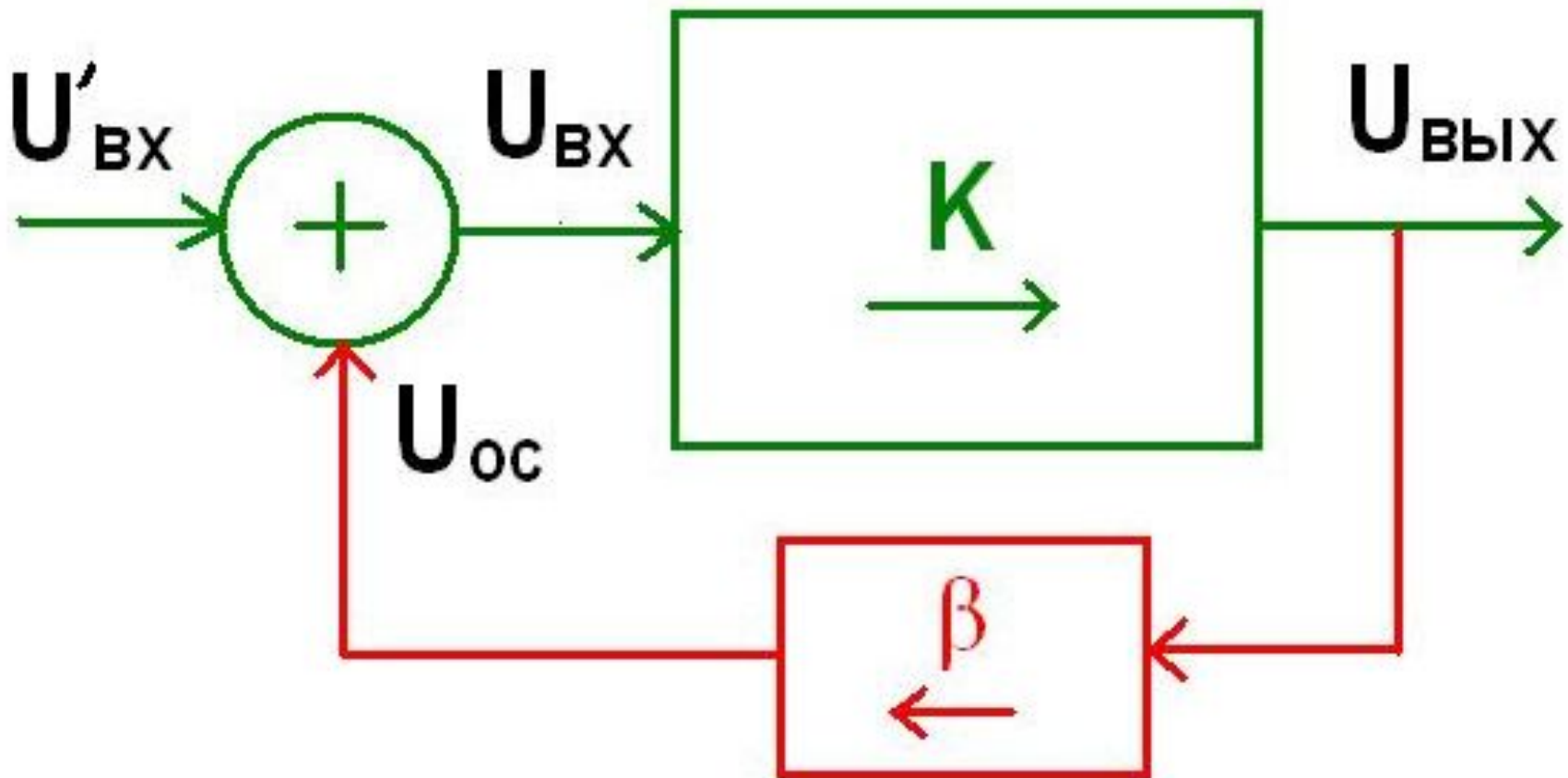
Подготовлено Степановым К.С.

ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ

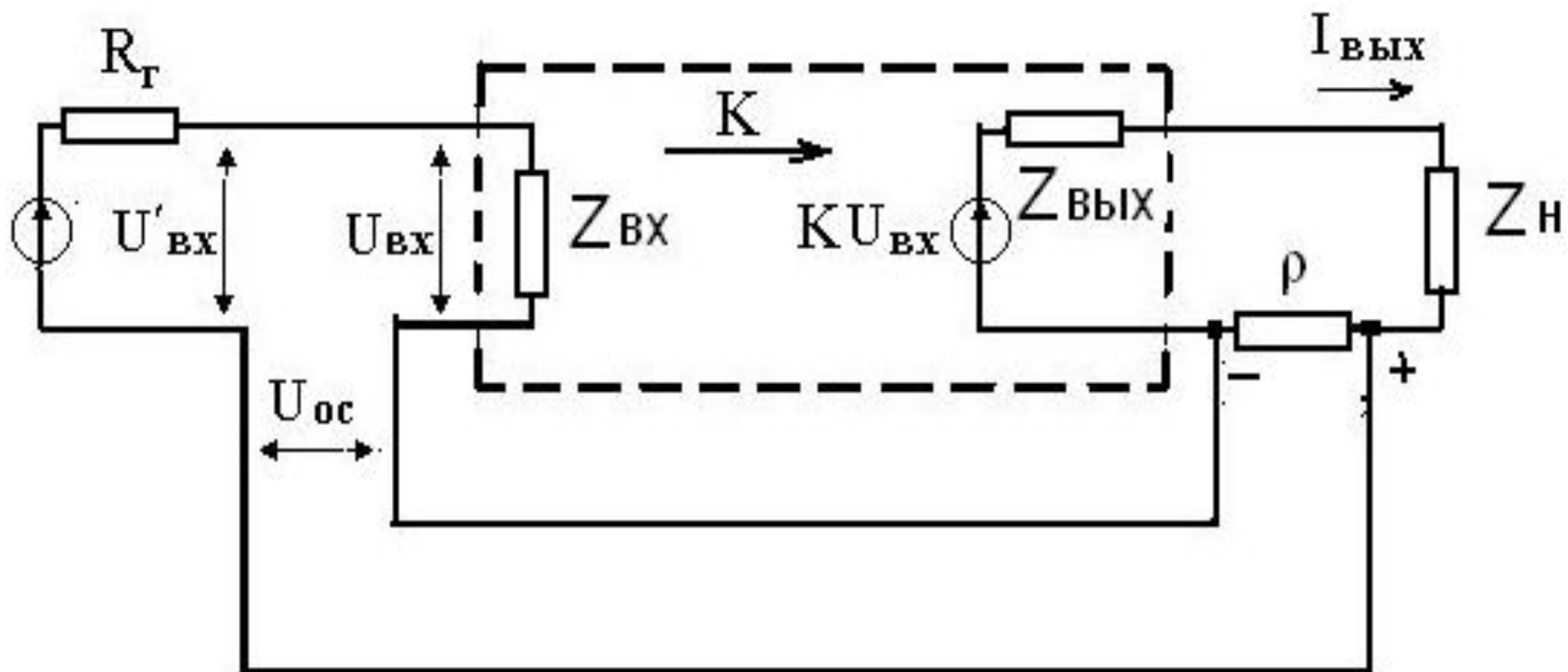
- Воздействие причины на следствие, вызвавшее эту причину, называется ***обратной связью***.
- Обратная связь, усиливающая воздействие следствия, называется ***положительной (ПОС)***.
- Обратная связь, ослабляющая воздействие следствия, называется ***отрицательной (ООС)***.

ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ

структурная схема ОС



Последовательная ОС по току



Последовательная ОС по току

- Коэффициент передачи усилителя в направлении стрелки

$$K = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}$$

- Коэффициент передачи обратной связи в направлении стрелки

$$\beta = \frac{U_{ос}}{U_{вых}}$$

Последовательная ОС по току

- β показывает какая часть выходного напряжения передаётся на вход.
- Обычно

$$|\beta| \leq 1$$

$$U_{вх} = U'_{вх} + U_{ос} = U'_{вх} + \beta U_{вых}$$

$$U_{вых} = KU_{вх} = K(U'_{вх} + \beta U_{вых})$$

Последовательная ОС по току

- Следовательно $K' = \frac{U_{\text{вых}}}{U'_{\text{вх}}} = K + \beta K K'$

- Тогда $K' = \frac{K}{1 - \beta K}$

$$\beta = \frac{U_{oc}}{U_{\text{вых}}} = \frac{\rho}{Z_H}$$

$$K' = \frac{K}{1 - \beta K} \approx -\frac{1}{\beta} = -\frac{Z_H}{\rho}$$

Последовательная ОС по току

- Входное сопротивление

$$Z'_{вх} = (1 - \beta K) Z_{вх}$$

- Так как в схеме

$$U_{ос} = (I_{вых} - I_{вх}) \rho$$

- Тогда

$$U'_{вх} = U_{вх} - (I_{вых} - I_{вх}) \rho$$

$$Z'_{вх} = Z_{вх} + (1 - K_I) \rho$$

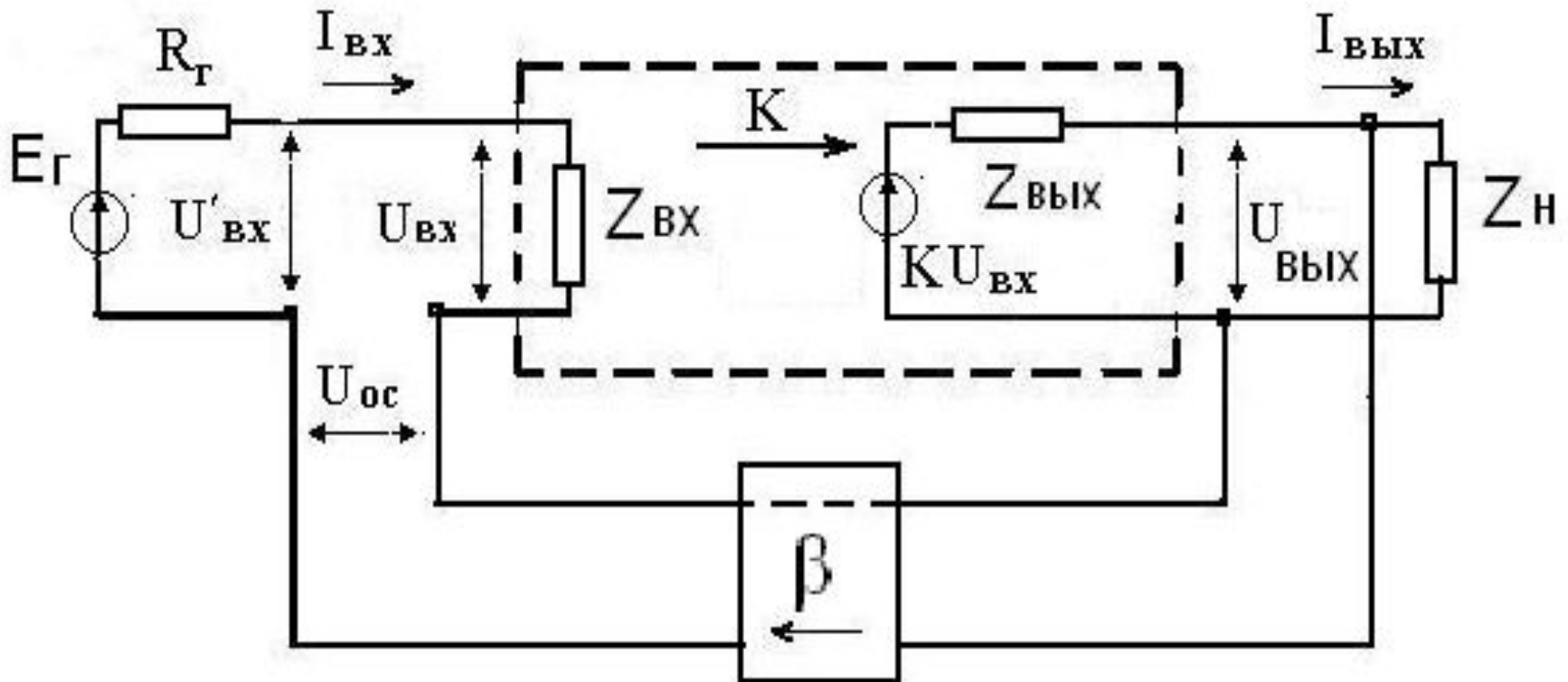
$$Z'_{вых} = Z_{вых} + (1 - K'_e) \rho$$

Последовательная ОС по току

- Где K_I - коэффициент усиления тока. Он должен быть меньше нуля, т.е. усилитель должен быть инвертирующий.
- При ООС $K'_e < 0$ $K'_e = Z_{ex} * K_e / (R_2 + Z_{ex})$
- Применяется тогда, когда нужно иметь большое $Z_{вых}$. Тогда такой усилитель эквивалентен генератору тока. При глубокой ООС справедливо

$$Z_{вых} \gg Z_{вых}$$

Последовательная ОС по напряжению



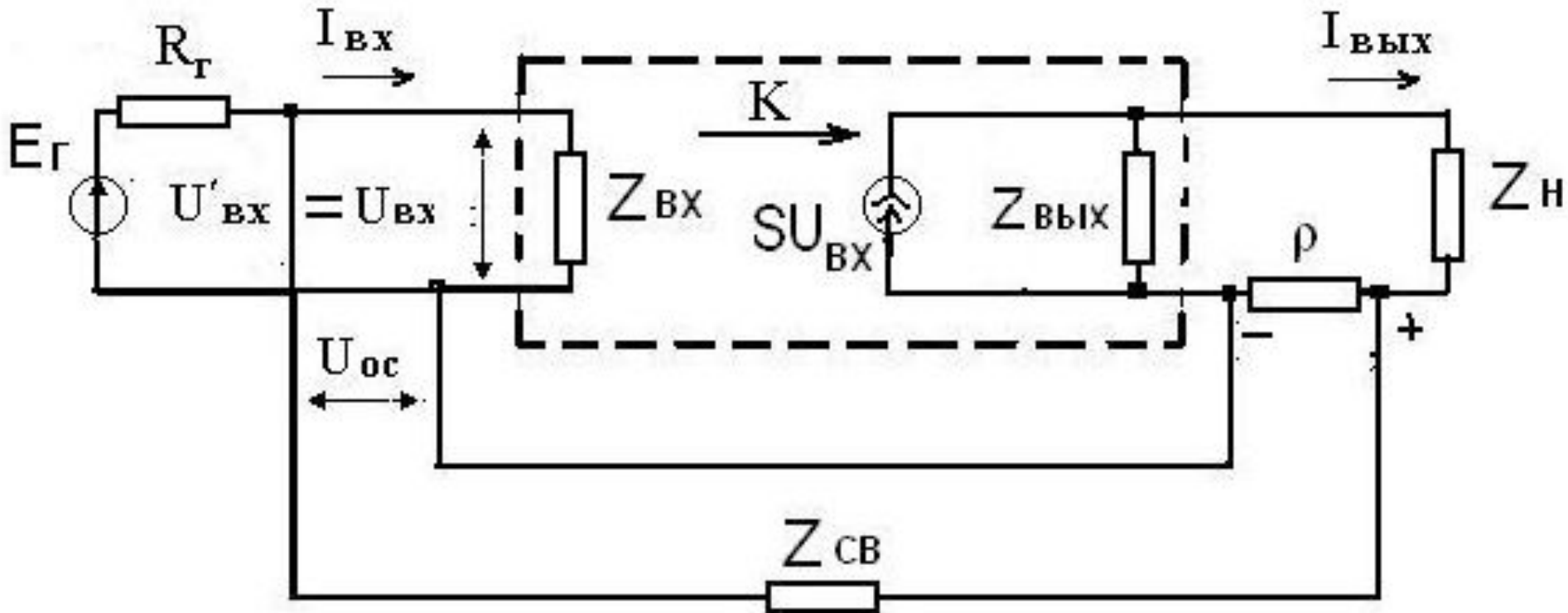
Последовательная ОС по напряжению

- Увеличивает входное и уменьшает выходное сопротивление

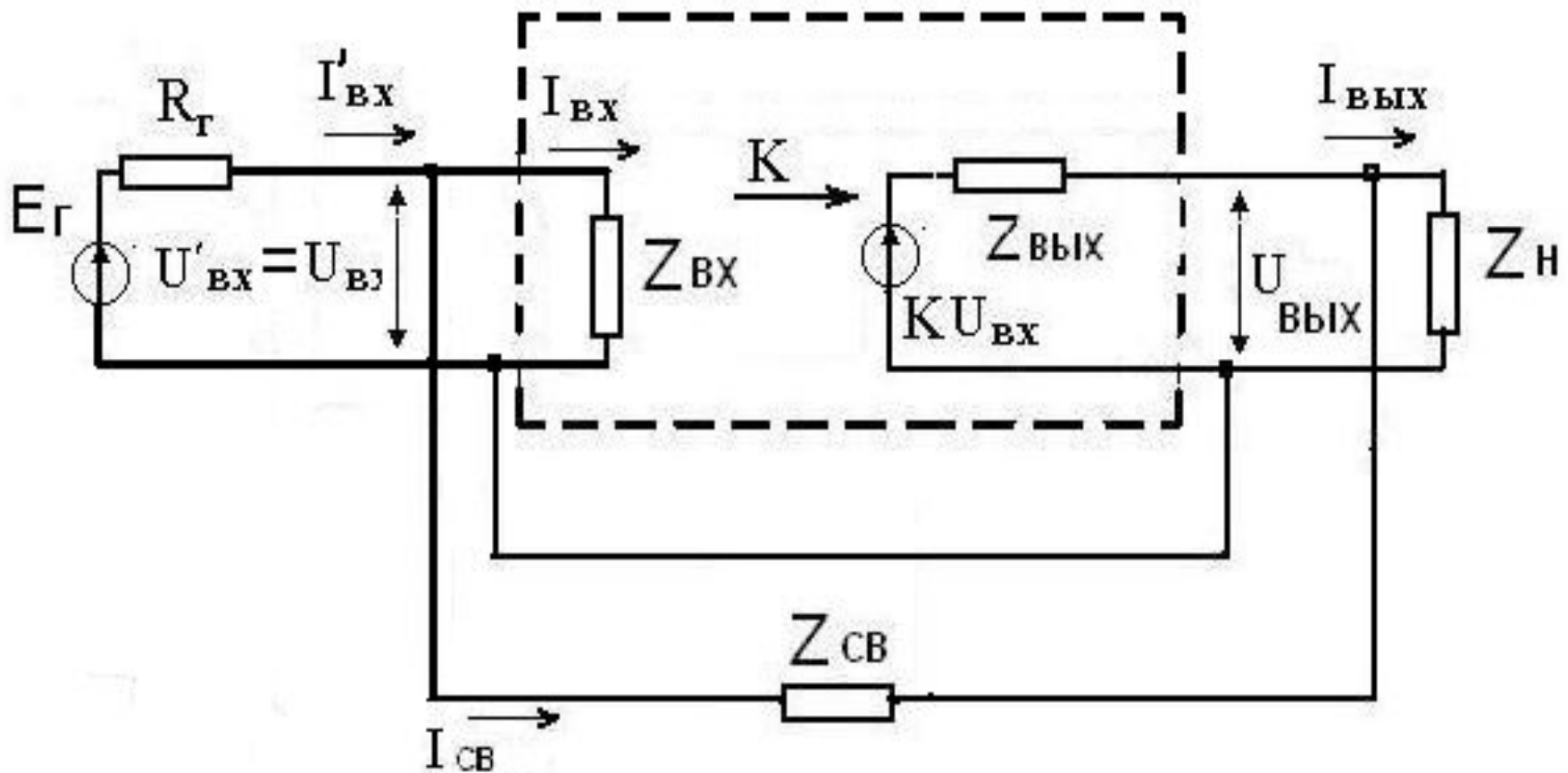
$$Z'_{вых} = \frac{Z_{вых}}{1 - \beta' K_v} \quad \beta' = \frac{Z_{вх}}{R_2 + Z_{вх}} \beta$$

- где K_v – коэффициент передачи усилителя в режиме холостого хода
- Эмиттерный повторитель – яркий пример Последовательной ООС по напряжению

Параллельная ООС по току



Параллельная ООС по напряжению



ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Подготовлено Степановым К.С.

ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

- Логические элементы — устройства, предназначенные для обработки информации в цифровой форме (последовательности сигналов высокого — «1» и низкого — «0» уровней в двоичной логике, последовательность "0", "1" и "2" в троичной логике, последовательности "0", "1", "2", "3", "4", "5", "6", "7", "8" и "9" в

ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

- Физически, логические элементы могут быть выполнены механическими, электромеханическими (на электромагнитных реле), электронными (на диодах и транзисторах), пневматическими, гидравлическими, оптическими и др.

ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

- После доказательства в 1946 г. теоремы Джона фон Неймана о экономичности показательных позиционных систем счисления стало известно о преимуществах двоичной и троичной систем счисления по сравнению с десятичной системой счисления.

ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

- Двоичность и троичность позволяет значительно сократить количество операций и элементов, выполняющих эту обработку, по сравнению с десятичными логическими элементами.
- Логические элементы выполняют логическую функцию (операцию) с входными сигналами (операндами, данными).

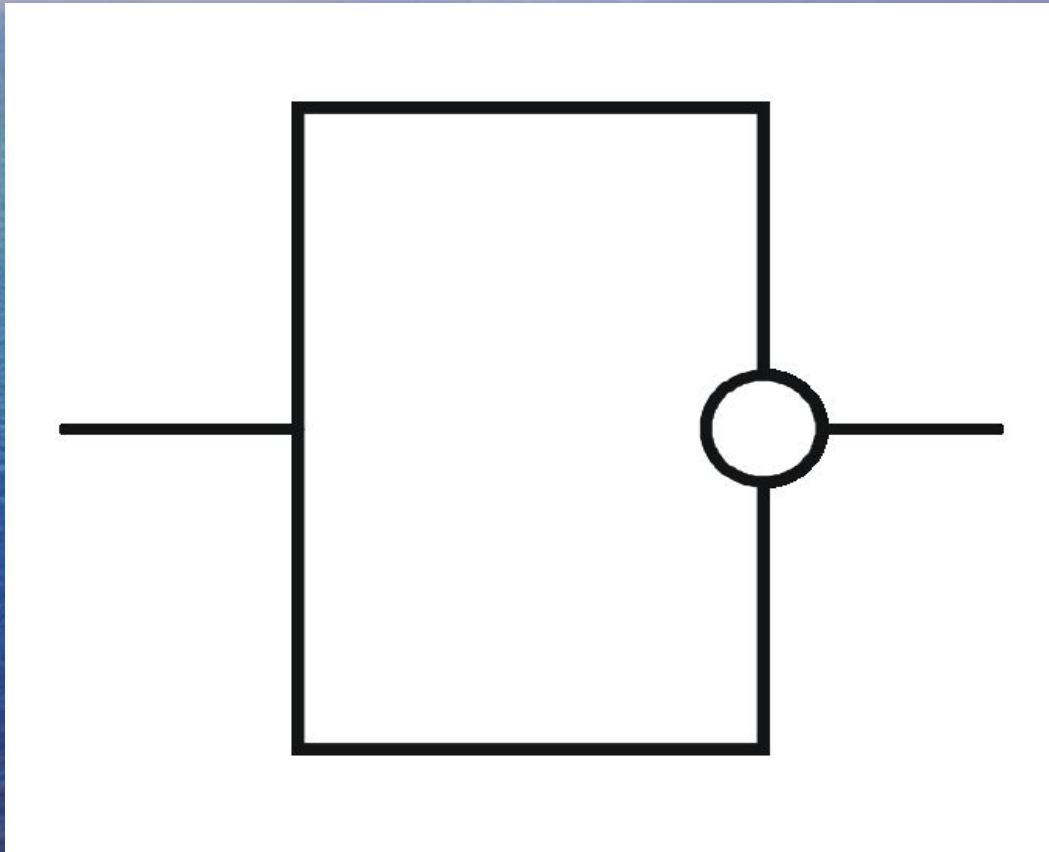
ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

- Логические операции с одним операндом называются унарными, с двумя — бинарными, с тремя — тернарными (триарными, тринарными) и т. д.

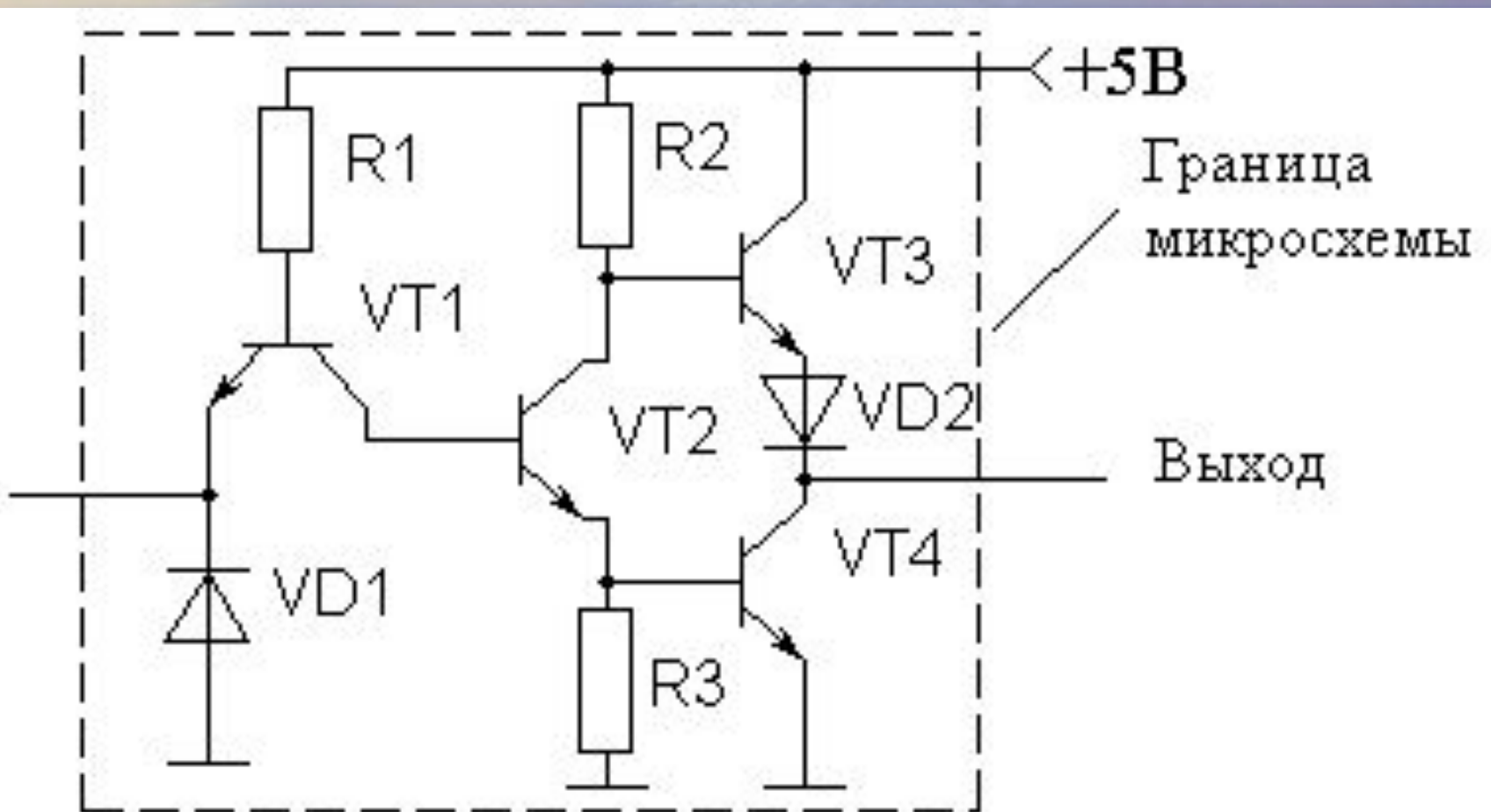
ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

- Из возможных унарных операций с унарным выходом интерес для реализации представляют операции отрицания и повторения, причём, операция отрицания имеет большую значимость, чем операция повторения, так как повторитель может быть собран из двух инверторов, а инвертор из повторителей не собрать.

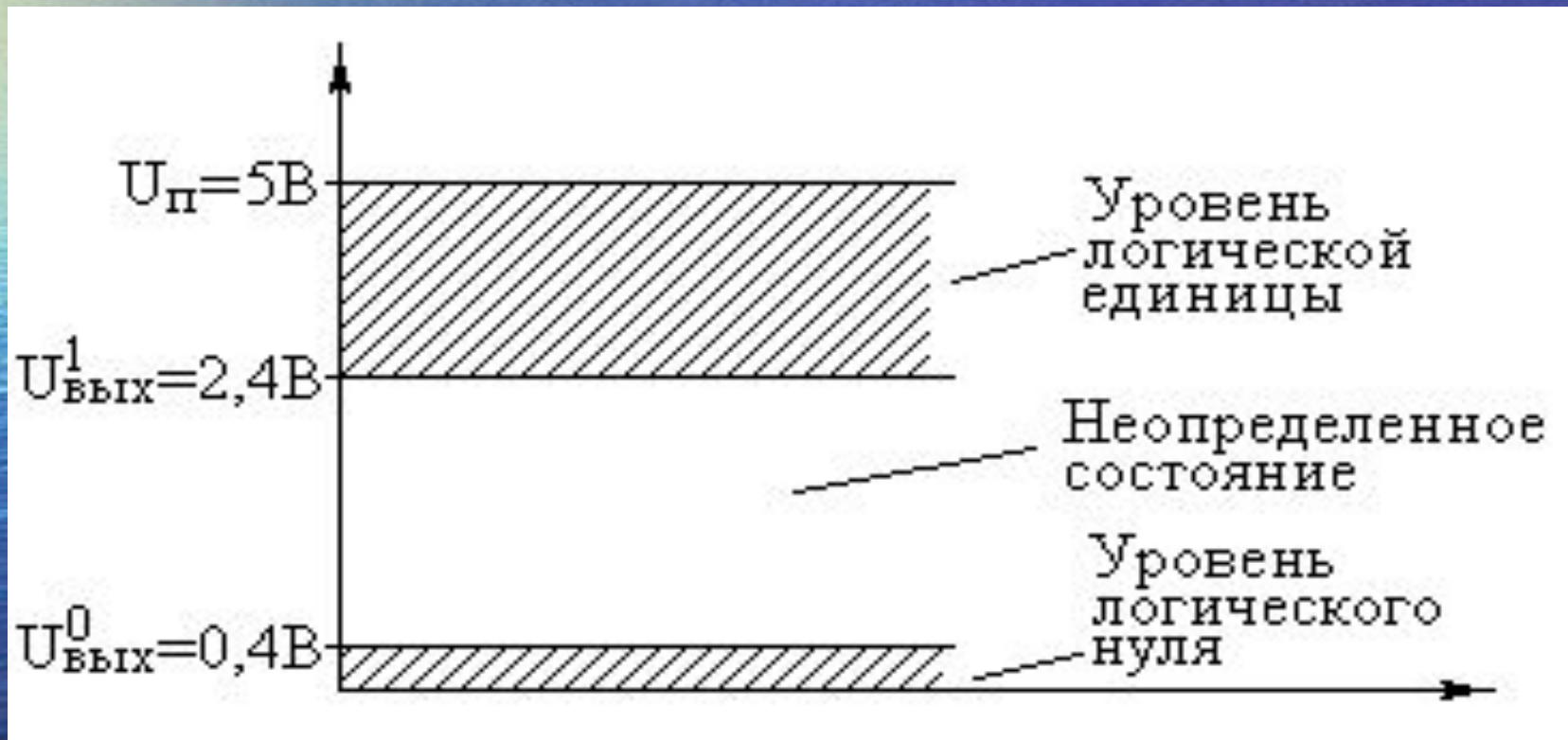
ИНВЕРТОР



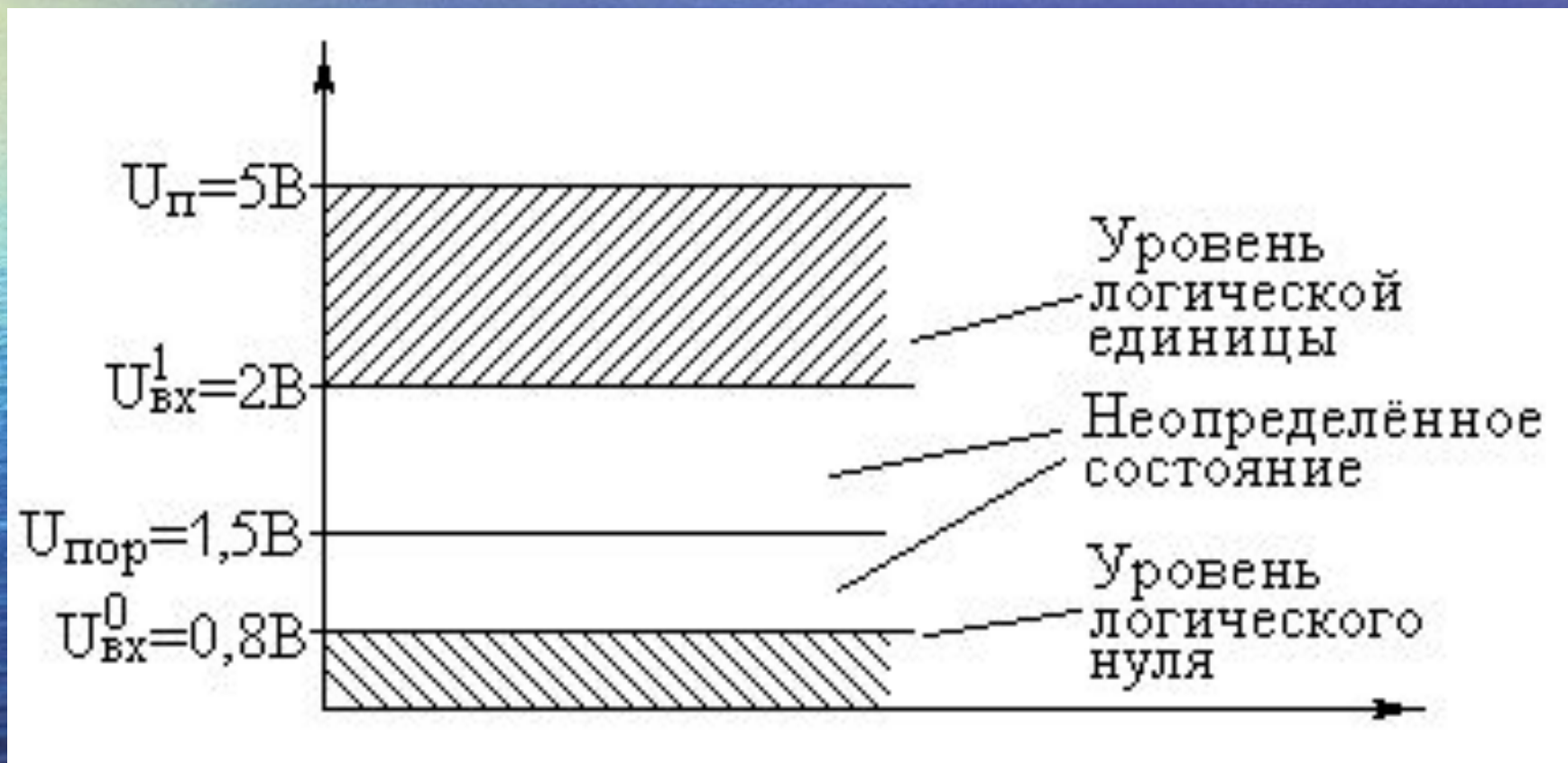
Принципиальная схема инвертора



Уровни логических сигналов на выходе цифровых ТТЛ микросхем.

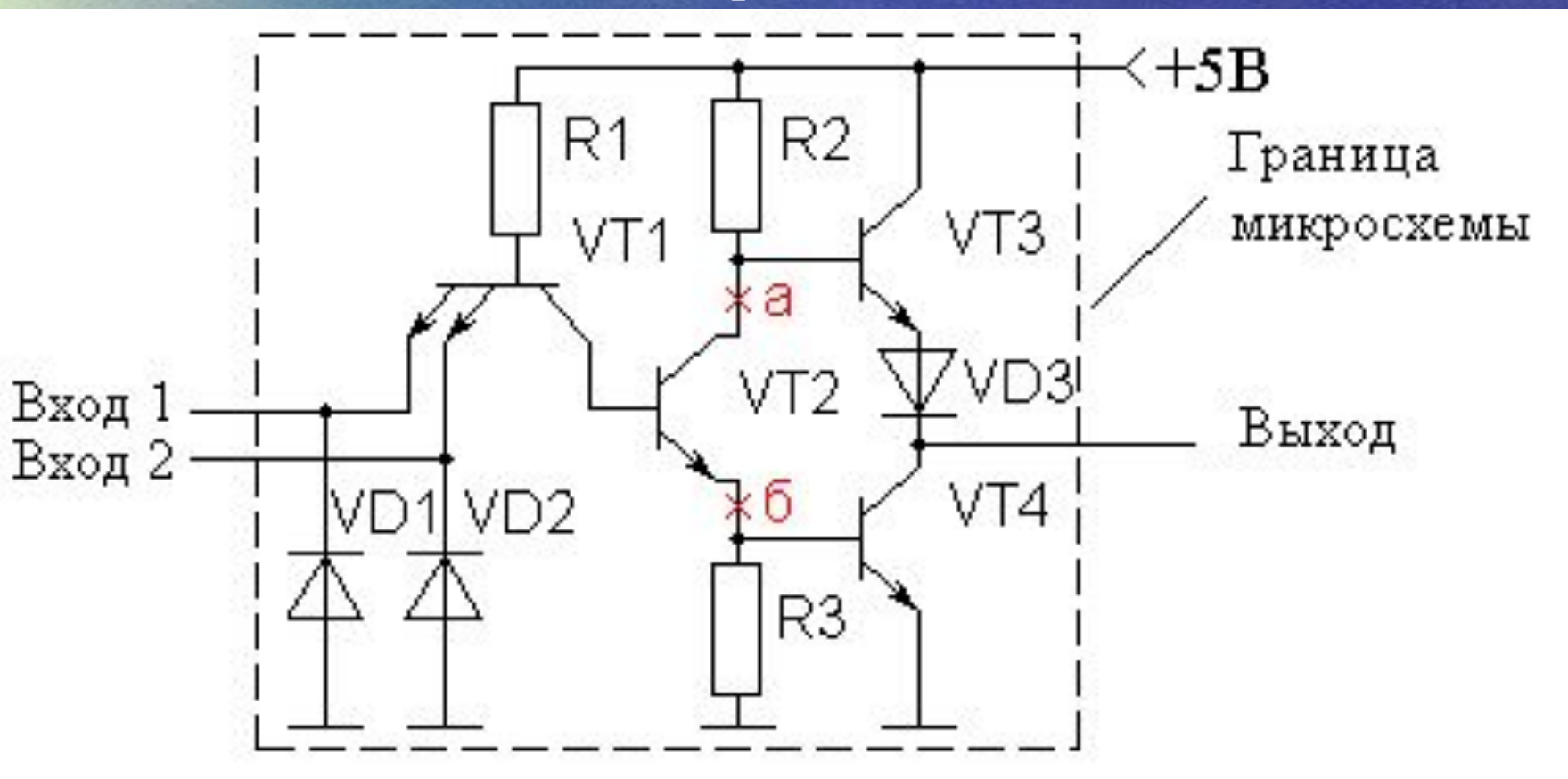


Уровни логических сигналов на входе цифровых ТТЛ микросхем.



Транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ)

● Принципиальная схема типового элемента ТТЛ микросхемы



Условно-графическое
изображение элемента "2И-
НЕ".

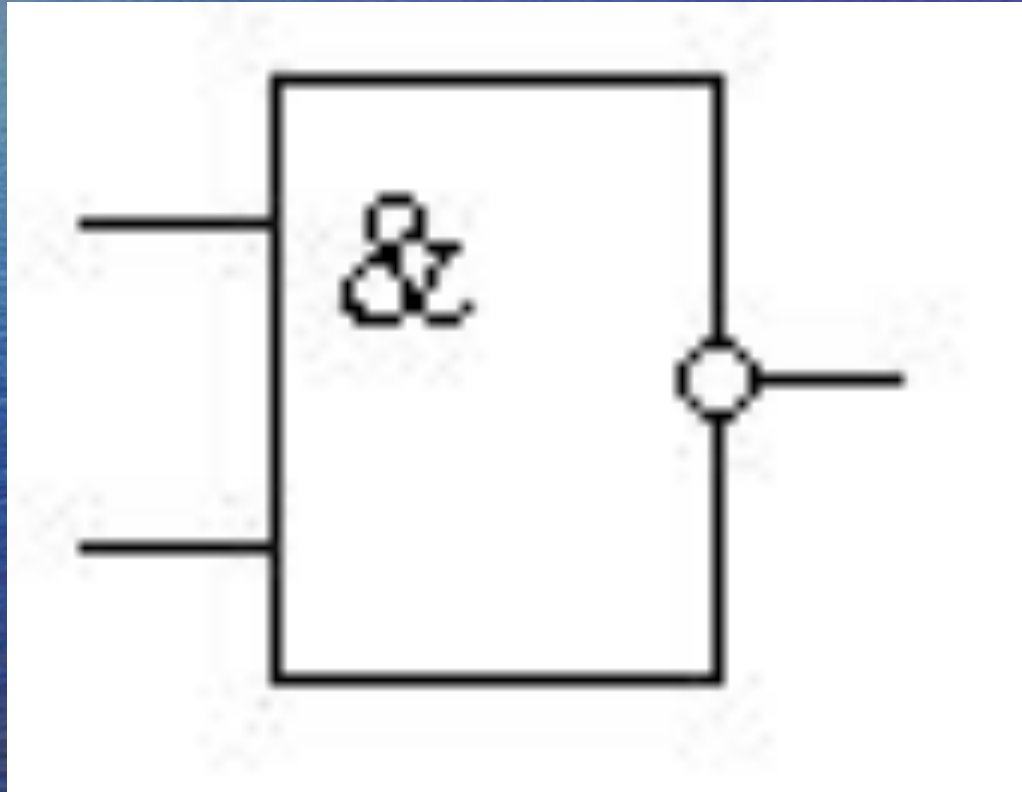
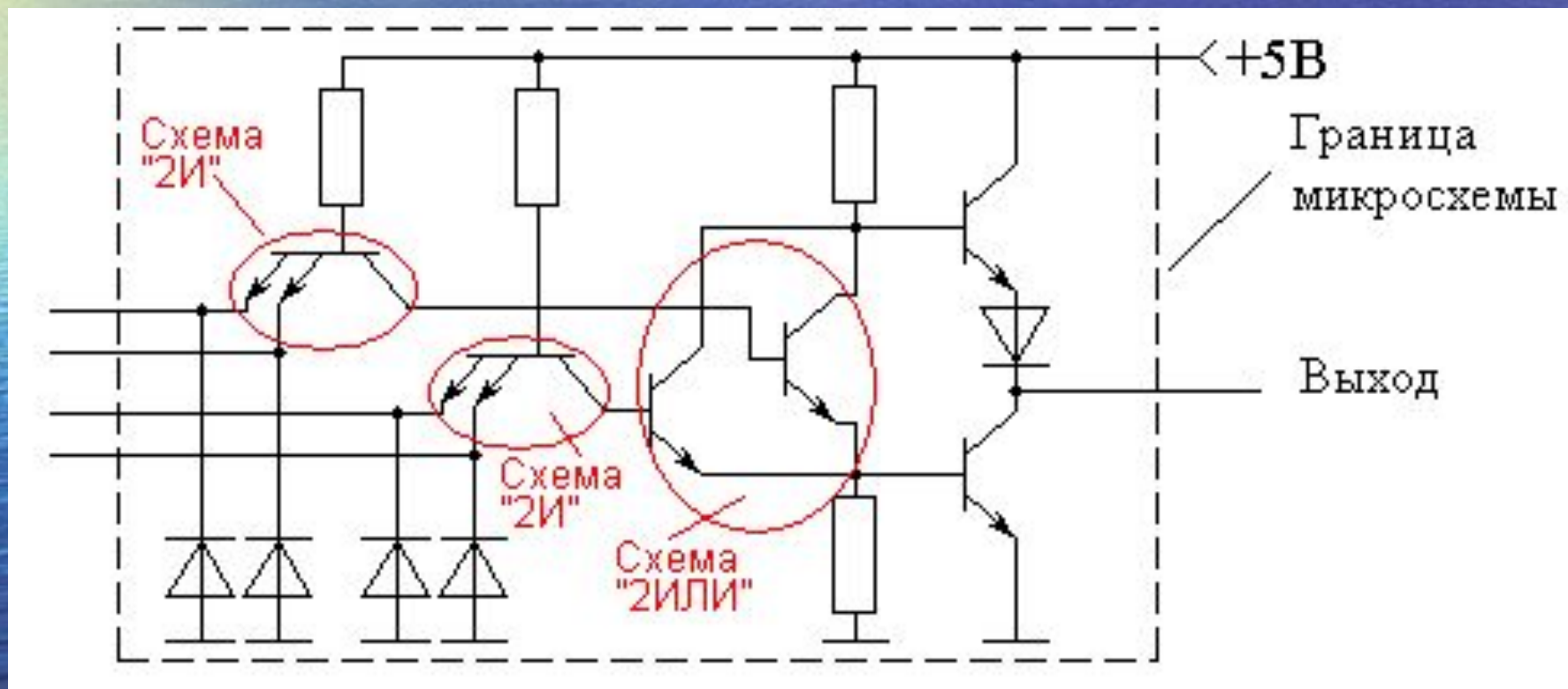


Таблица истинности схемы, "2И-НЕ"

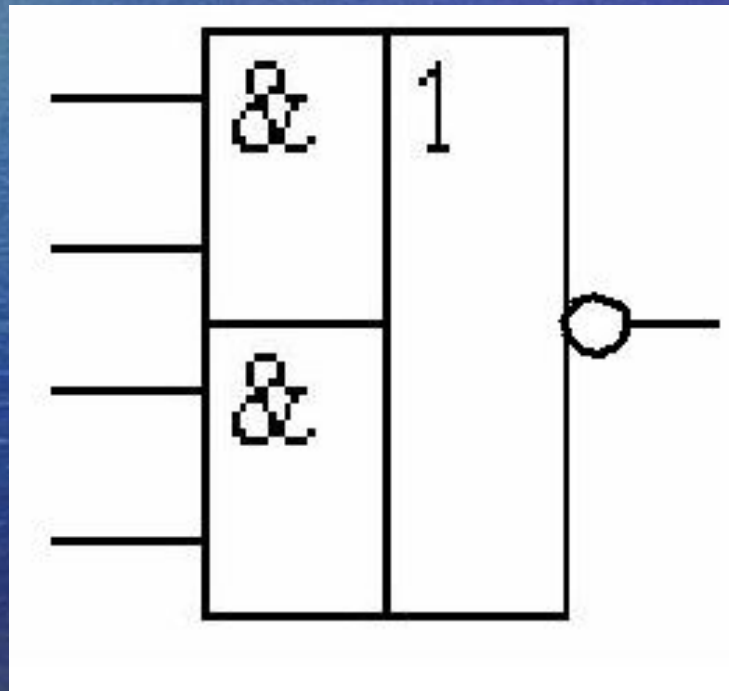
•	X1	X2	F
•	0	0	1
•	0	1	1
•	1	0	1
•	1	1	0

Принципиальная схема ТТЛ микросхемы "2И-2ИЛИ-НЕ".

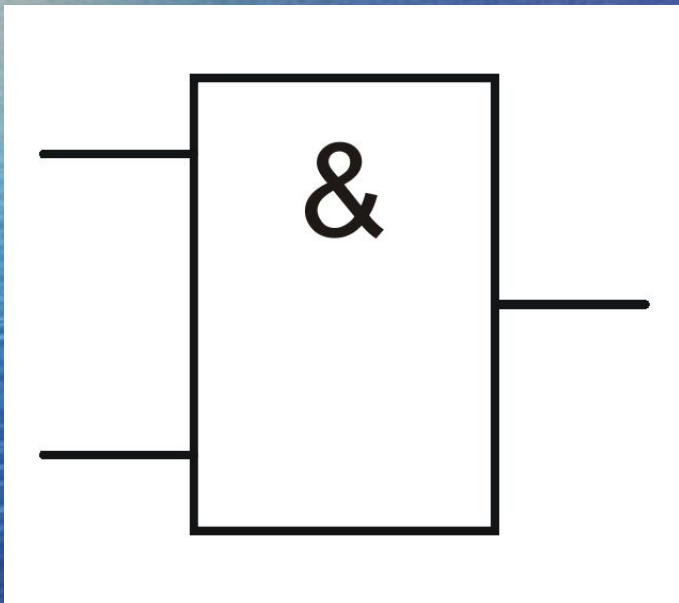


Условно-графическое обозначение элемента

"2И-2ИЛИ-НЕ"

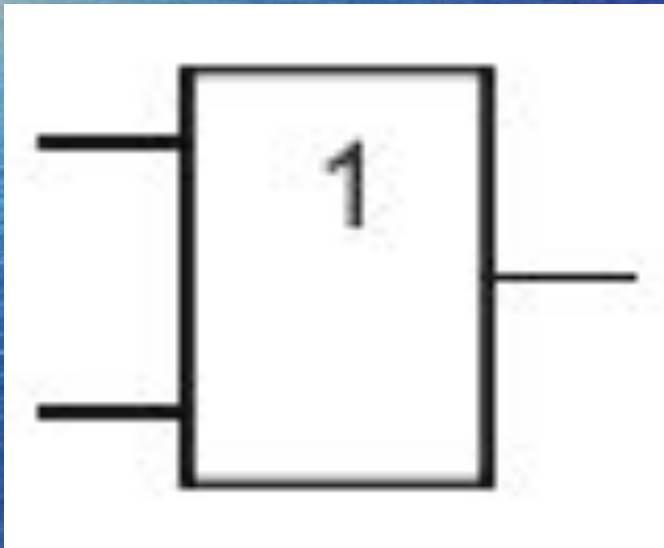


Конъюнкция (логическое умножение). Операция 2И



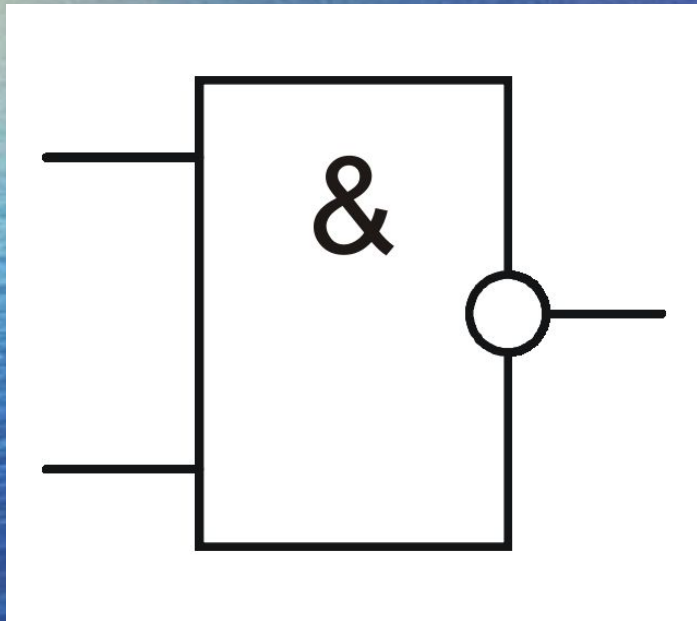
A	B	$f(AB)$
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Дизъюнкция (логическое сложение). Операция 2ИЛИ



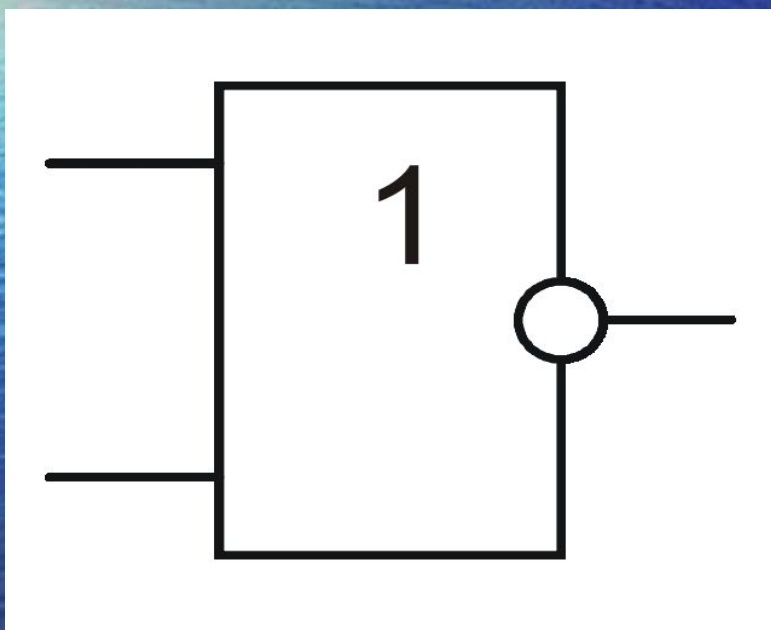
A	B	f(AВ)
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Инверсия конъюнкции. Операция 2И-НЕ (штрих Шеффера)



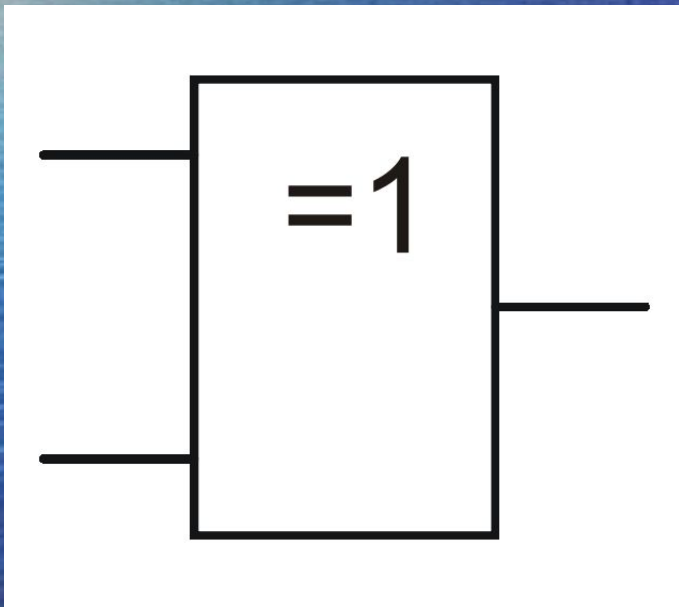
A	B	$f(AB)$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Инверсия дизъюнкции. Операция 2ИЛИ-НЕ (стрелка Пирса)



A	B	$f(A, B)$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Эквивалентность (равнозначность), ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ _ИЛИ-НЕ



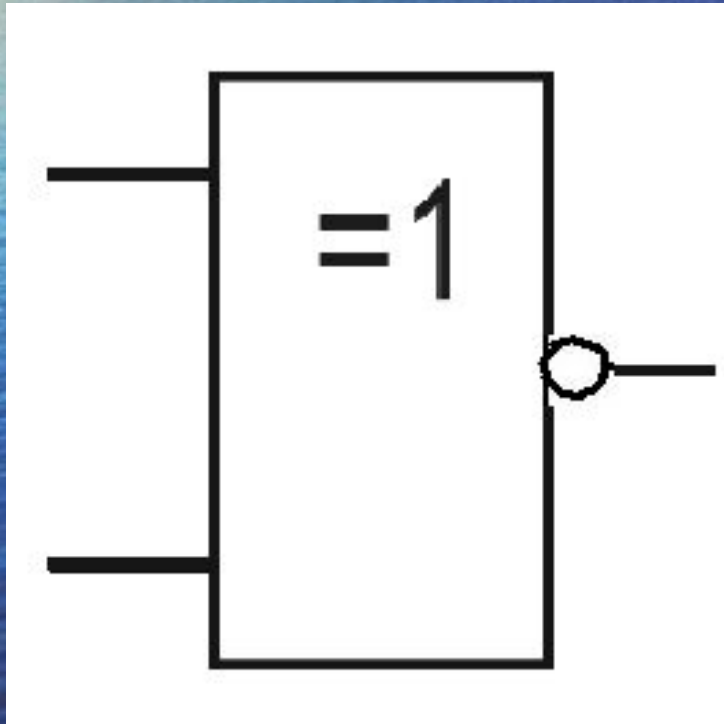
A	B	f(A,B)
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Мнемоническое правило

- Для эквивалентности с любым количеством входов звучит так:
- На выходе будет:
- "1" тогда и только тогда, когда на входах действует четное количество «1»,
- "0" тогда и только тогда, когда на входах действует нечетное количество «1»,

Сложение по модулю 2
(2Исключающее_ИЛИ,
неравнозначность).

Инверсия равнозначности.



A	B	f(A,B)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Мнемоническое правило

- Для суммы по модулю 2 с любым количеством входов звучит так:
- На выходе будет:
- "1" тогда и только тогда, когда на входа действует нечётное количество «1»,
- "0" тогда и только тогда, когда на входа действует чётное количество «1»,

Благодарю за внимание