

# Схемотехника ЭВМ

---

Введение.

Основные характеристики  
логических элементов

---

Название дисциплины

**« Схемотехника ЭВМ »**

Преподаватель

**Коротких Дмитрий Александрович**

# Цель и задачи дисциплины

---

Учебная дисциплина «Схемотехника ЭВМ» относится к циклу специальных дисциплин. Предметом изучения курса «Схемотехника ЭВМ» являются элементы, узлы и блоки ЭВМ различных типов.

**Целью дисциплины** «Схемотехника ЭВМ» является формирование систематизированных теоретических знаний о принципах организации и функционирования аппаратных средств ЭВМ.

**Задачей дисциплины** «Схемотехника ЭВМ» является освоение эмпирических и формальных методов эффективной разработки аппаратных средств ЭВМ.

## В результате изучения курса студент должен знать:

---

- принципы организации и функционирования элементов и узлов ЭВМ, их номенклатуру
- методы расчёта и конструирования основных подсистем ЭВМ
- особенности организации подсистем ЭВМ с учётом требований быстродействия, аппаратурных затрат, надёжности и помехоустойчивости
- основные направления научно-технического развития аппаратных средств ЭВМ

# В результате изучения курса студент должен владеть:

---

- методами проектирования аппаратных средств ЭВМ
- методами разработки моделей, архитектур и структур подсистем ЭВМ
- методами тестирования подсистем ЭВМ на соответствие требованиям правильности функционирования, надёжности и помехоустойчивости
- современными инструментами автоматизации проектирования средств вычислительной техники

# Связанные дисциплины

---

Для успешного освоения курса дисциплины, студенты должны владеть материалами предшествующих дисциплин:

- **«Информатика»;**
- **«Дискретная математика»;**
- **«Теория автоматов»;**
- **«Электротехника и электроника».**

# Список литературы

---

- [1] П.Хоровиц, У.Хилл Искусство схемотехники (1998)
  
- [2] В.Л.Шило Популярные цифровые микросхемы
  
- [3] В.Л.Шило Популярные микросхемы КМОП
  
- [4] Ю. В. Новиков, О. А. Калашников, С. Э. Гуляев  
РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ СОПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО  
КОМПЬЮТЕРА ТИПА IBM PC
  
- [5] В.А. Потехин СХЕМОТЕХНИКА ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ
  
- [6] Гусев В.Г., Гусев Ю.М.,Электроника и микропроцессорная  
техника, 2013

# Определения

---

**Элемент ЭВМ** – простейший в функциональном смысле элемент, выполняющий какую-либо элементарную функцию преобразования сигналов.

**Узел ЭВМ** – совокупность функционально связанных элементов.

Узлы, функционально связанные между собой, образуют устройство (**блок**).

Дисциплина «**Схемотехника ЭВМ**» изучает элементы, узлы, устройства ЭВМ, а так же вопросы их взаимодействия.



# Основы электроники

---

Рассмотрим основные электронные элементы и их свойства :

- резистор
- катушка индуктивности
- конденсатор
- диод
- транзистор

# Классификация элементов ЭВМ

---

## По функциональному назначению:

- **логические** - преобразующие логическое содержание информации;
- **элементы памяти** – осуществляющие хранение информации в течение некоторого промежутка времени;
- **вспомогательные** – преобразующие электрические величины в электрические;
- **специальные** – преобразующие неэлектрические величины в электрические и наоборот.

# Классификация элементов ЭВМ

---

**По физической реализации:**

- **полупроводниковые;**
- **магнитные;**
- **оптические;**
- **электровакуумные;**
- **. . .**

# Классификация элементов ЭВМ

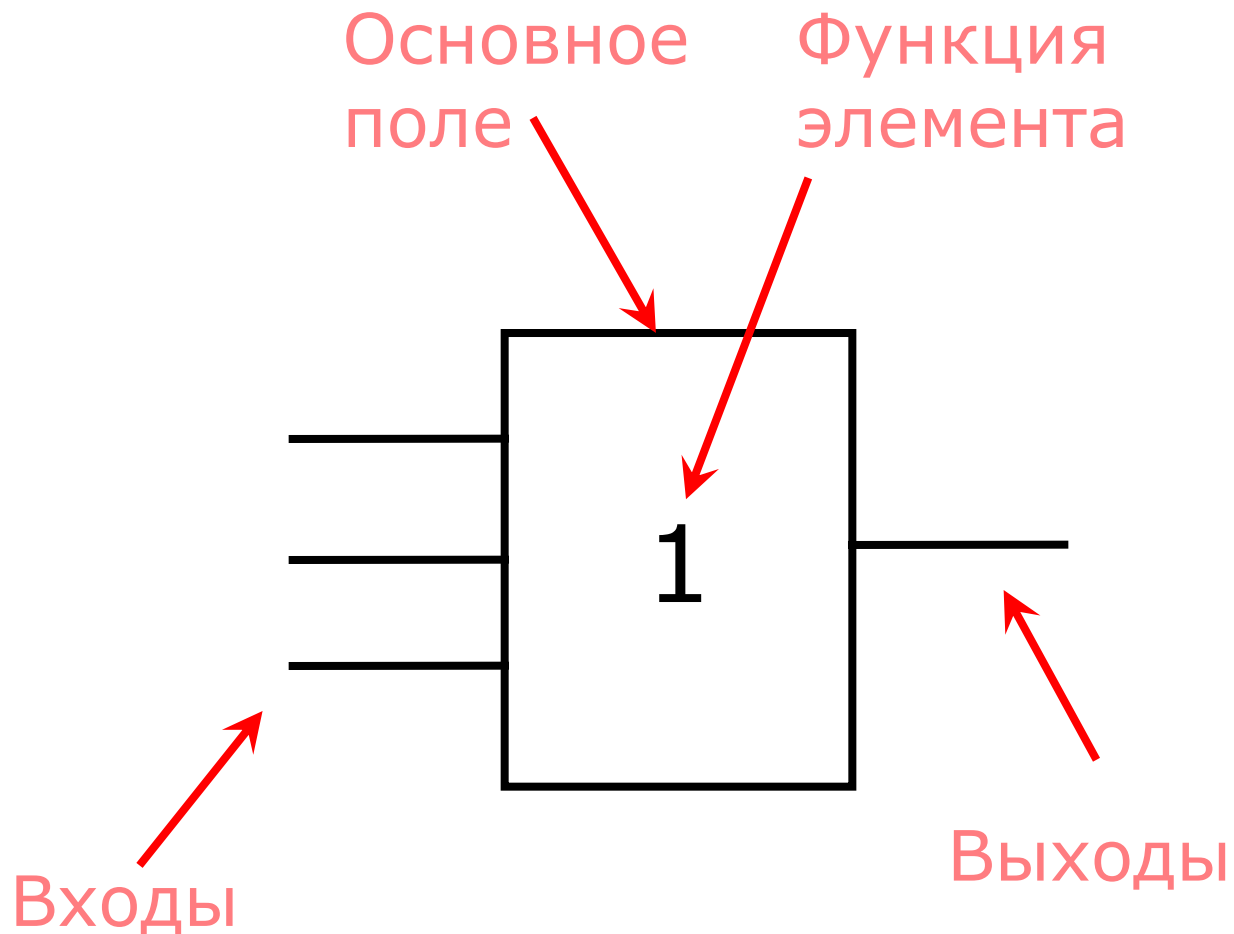
---

**По электрической схеме базового элемента:**

- **ТТЛ** – транзисторно-транзисторная логика;
- **ТТЛШ** – ТТЛ с диодами Шоттки;
- **КМОП** – на комплементарных МОП-транзисторах;
- **И<sup>2</sup>Л** – инжекционная логика;
- **ЭСЛ** – эмиттерно-связная логика;
- **ДТЛ, РТЛ, . . .**

# Обозначения элементов

---

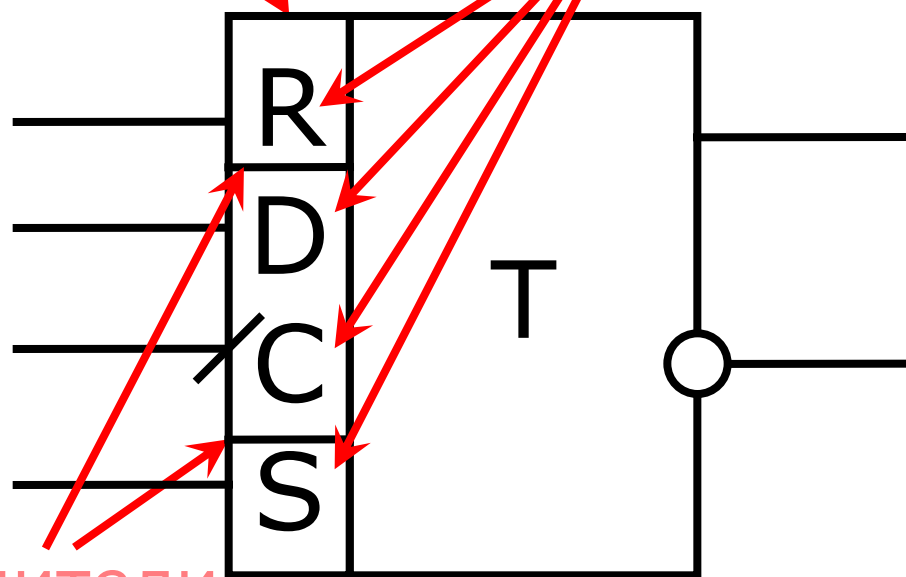


# Обозначения элементов

---

Дополнительное поле

Функции входов



Разделители групп

# Примеры функций элементов

---

**1 – «ИЛИ»**

**& – «И»**

**=1 – «исключающее ИЛИ»**

**== – «исключающее ИЛИ-НЕ»**

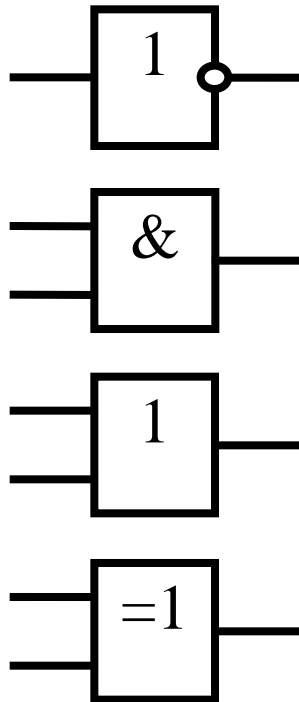
**T – триггер**

**RG – регистр**

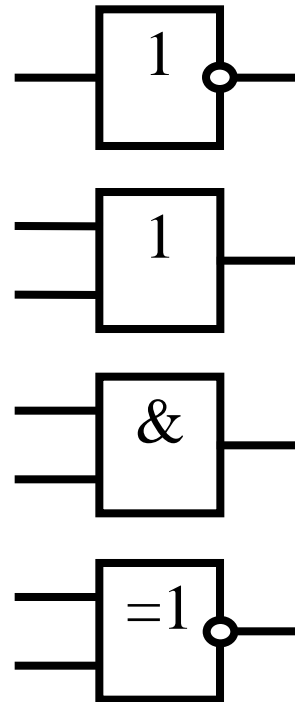
**MUX – мультиплексор**

# Положительная и отрицательная логики

---



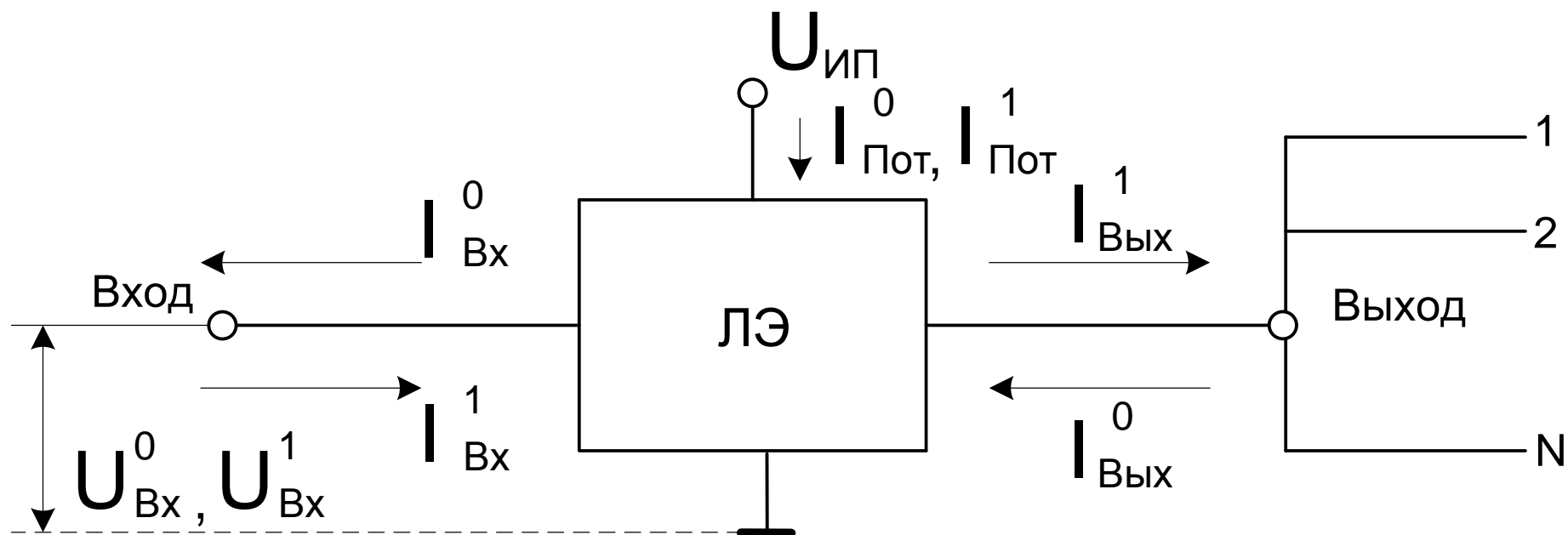
**ЛЭ положительной  
логики**



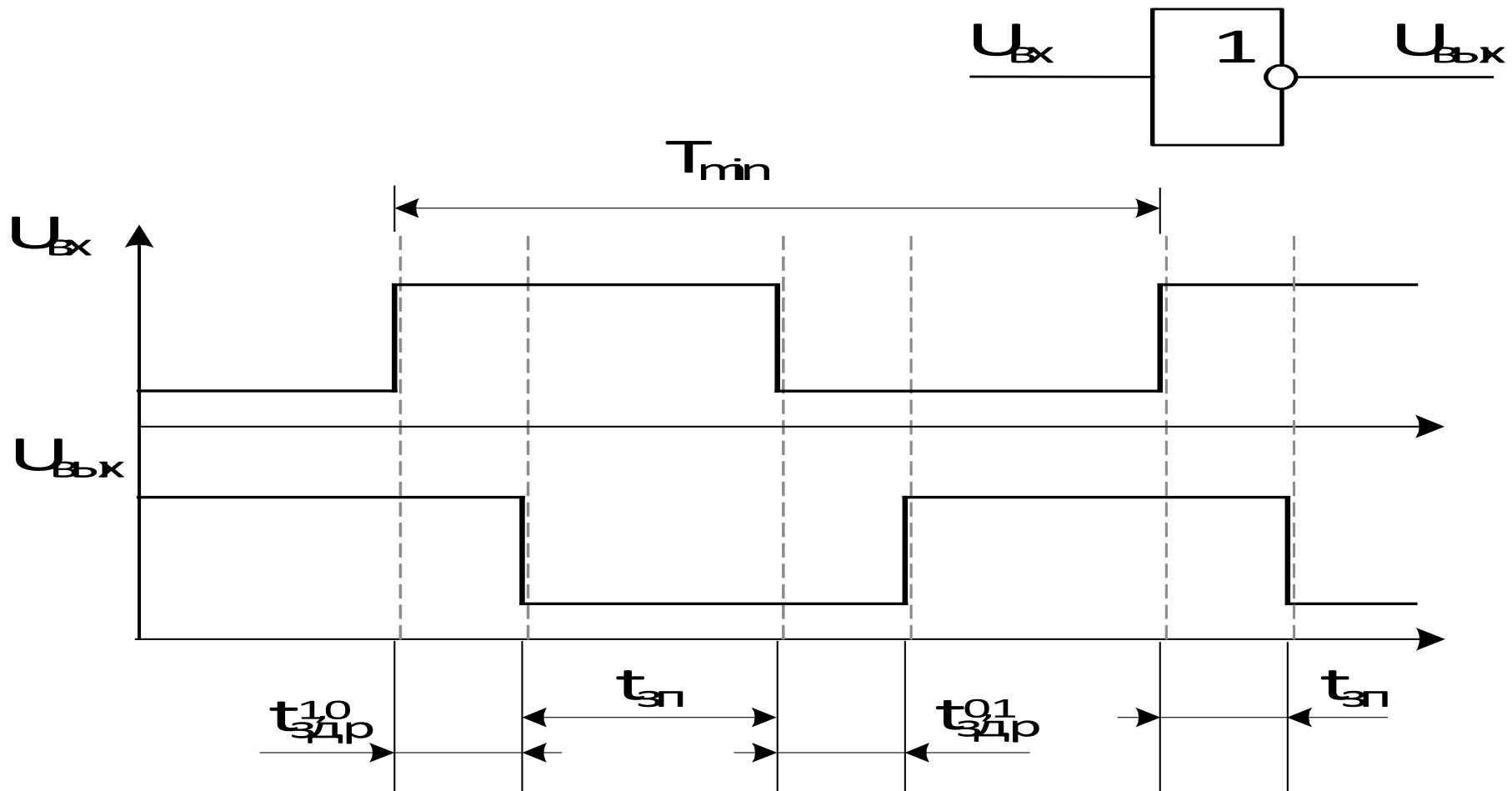
**ЛЭ отрицательной  
логики**



# Статические параметры ЛЭ

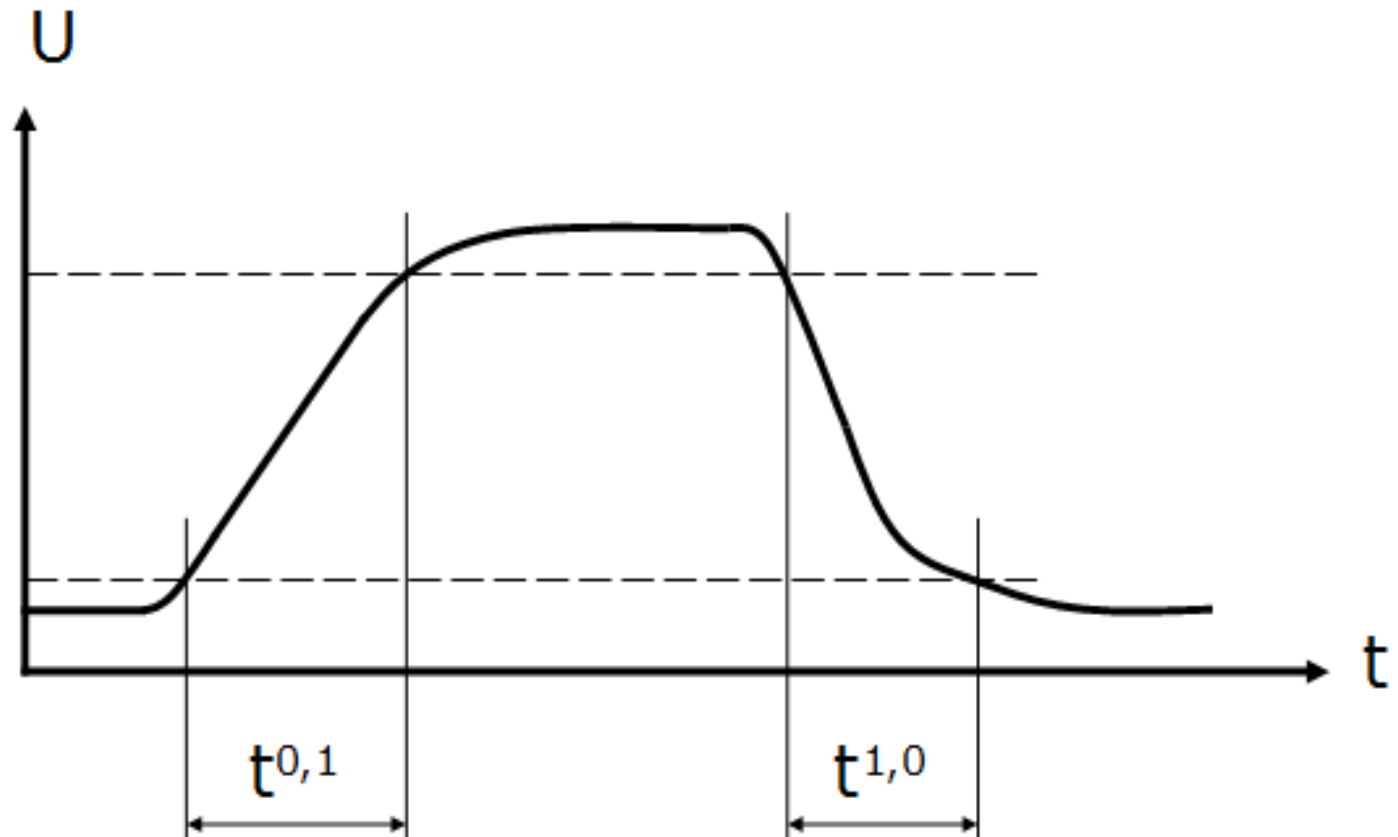


# Динамические параметры ЛЭ



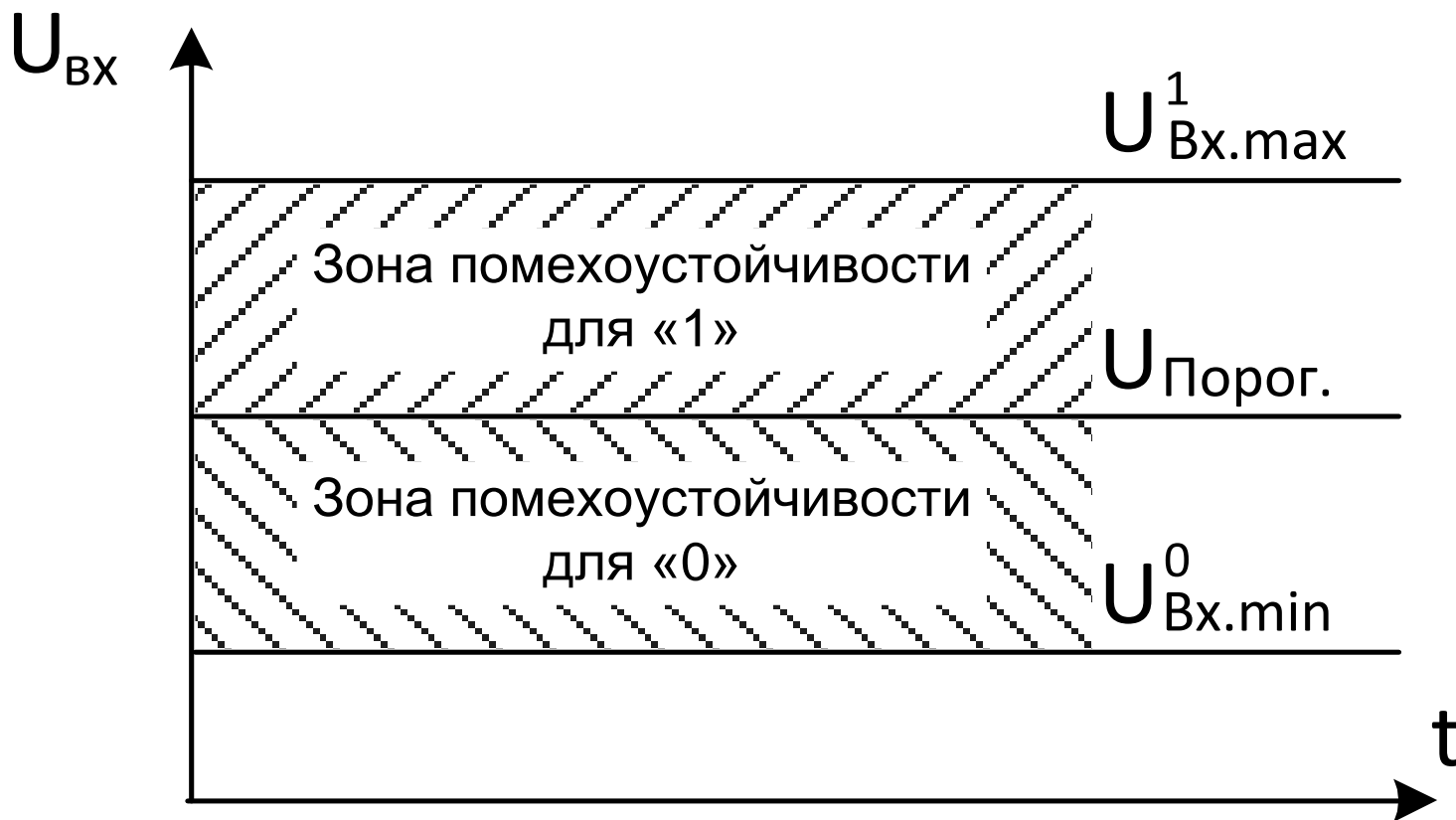
# Динамические параметры ЛЭ

---

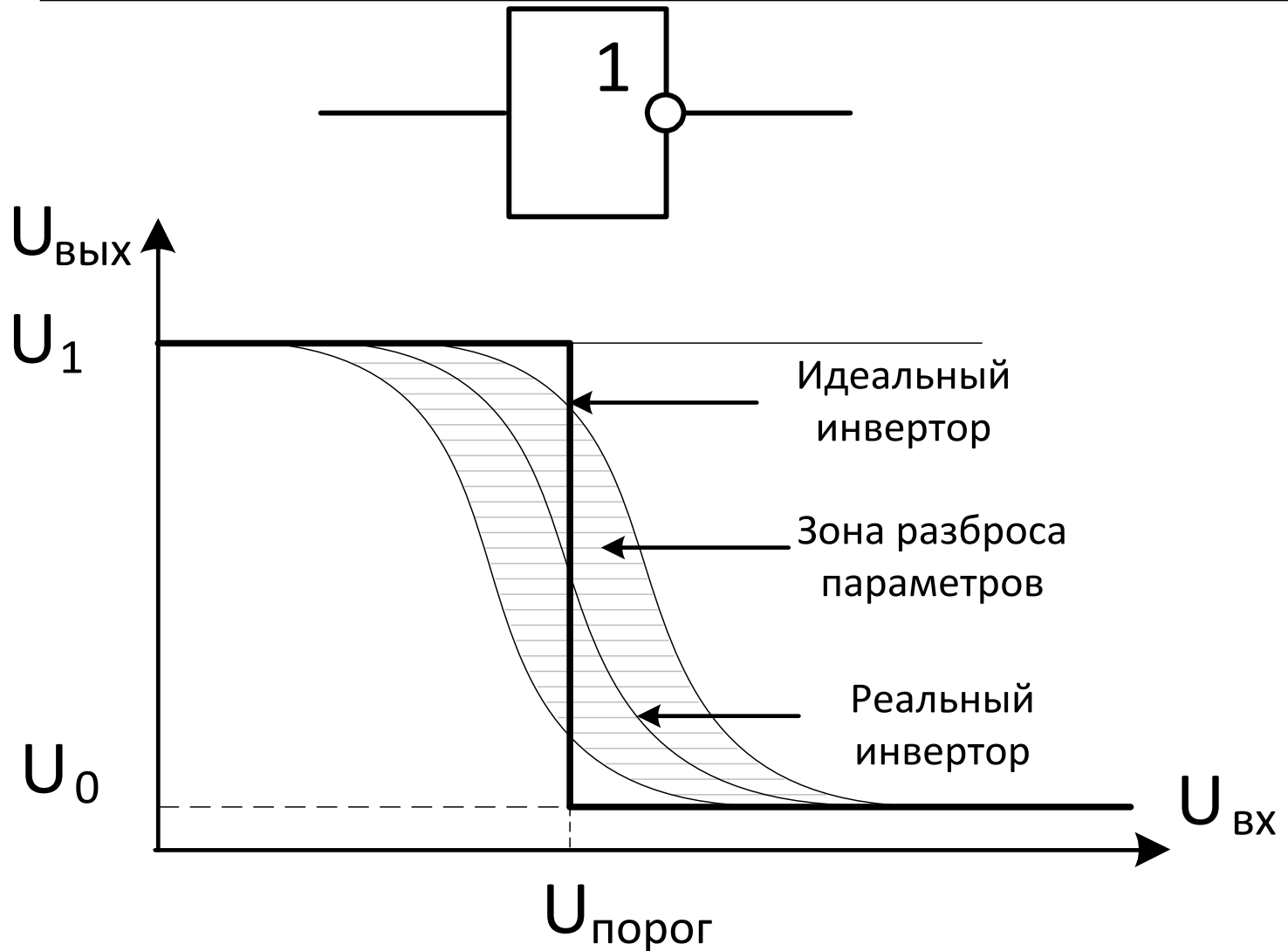


# Помехоустойчивость

---

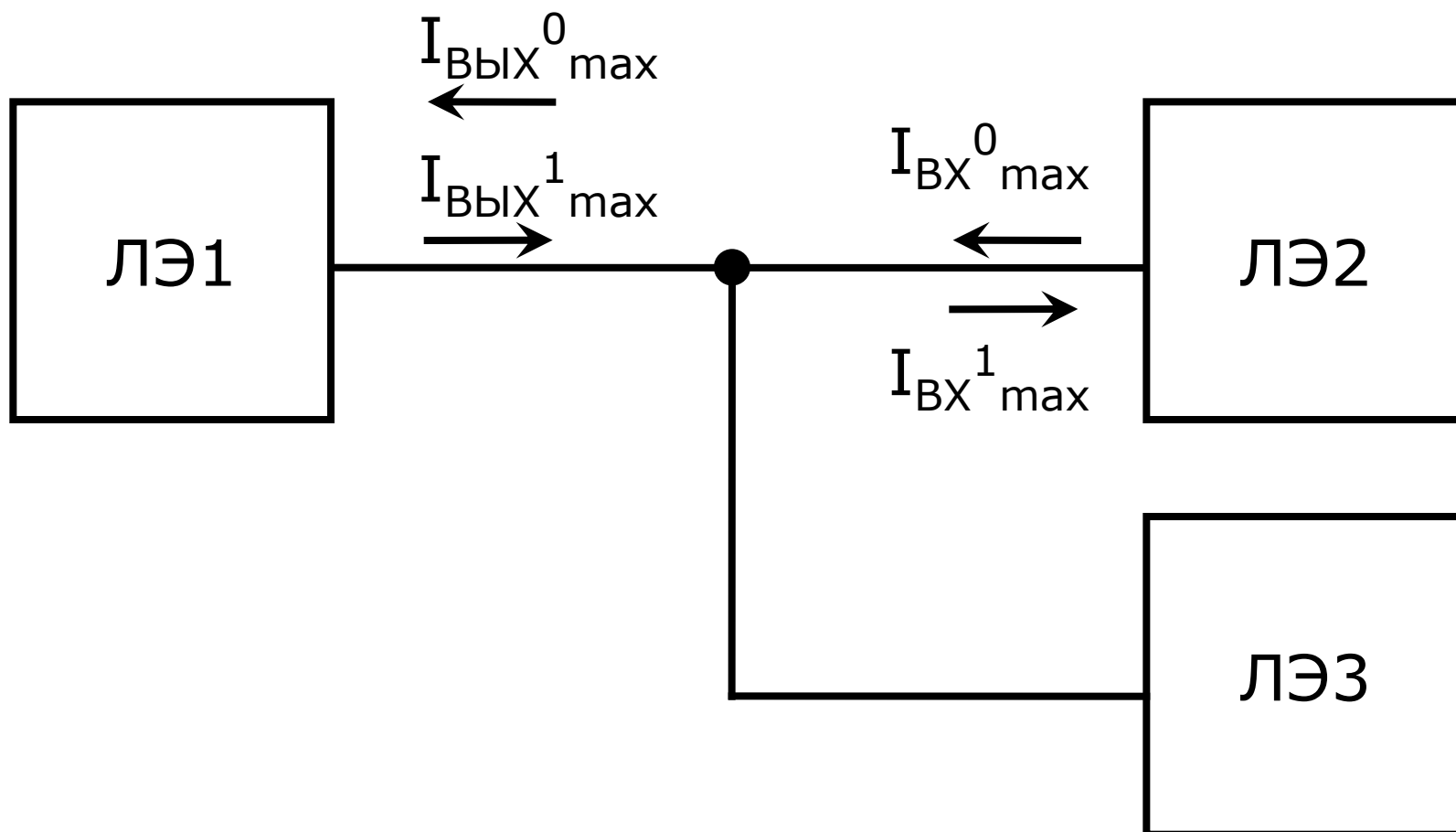


# Передаточная характеристика инвертора



# Разветвление

---



# Коэффициент разветвления

---

$$N = \min\left( \frac{I_{\text{ВЫХ}}^0_{\text{max}}}{I_{\text{ВХ}}^0_{\text{max}}} ; \frac{I_{\text{ВЫХ}}^1_{\text{max}}}{I_{\text{ВХ}}^1_{\text{max}}} \right)$$

# Конструктивное исполнение

---

КР1533ЛАЗ

Вид приемки  
(ОТК)

Конструктивное  
исполнение:

Р – пластмасса

М – металлокерамика

1, 5, 7 – полупр.;  
2, 4, 6, 8 – гибридные;  
3 – прочие.

Порядковый  
номер  
элемента

Функциональное  
назначение

Серия



# Функциональное назначение

---

ЛА

Группа



Вид элемента

(Л – логические)

ЛА – И-НЕ

ЛЕ – ИЛИ-НЕ

ЛИ – И

ЛЛ – ИЛИ

ЛН – НЕ

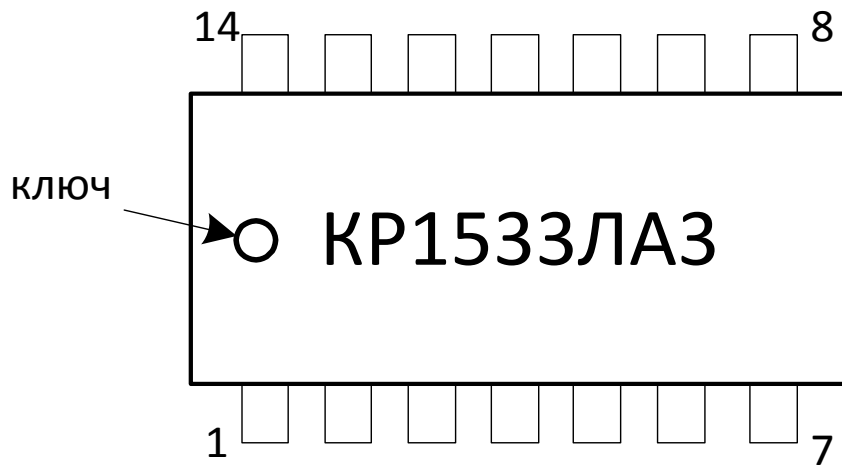
ЛР – И-ИЛИ-НЕ

ЛП – Прочие



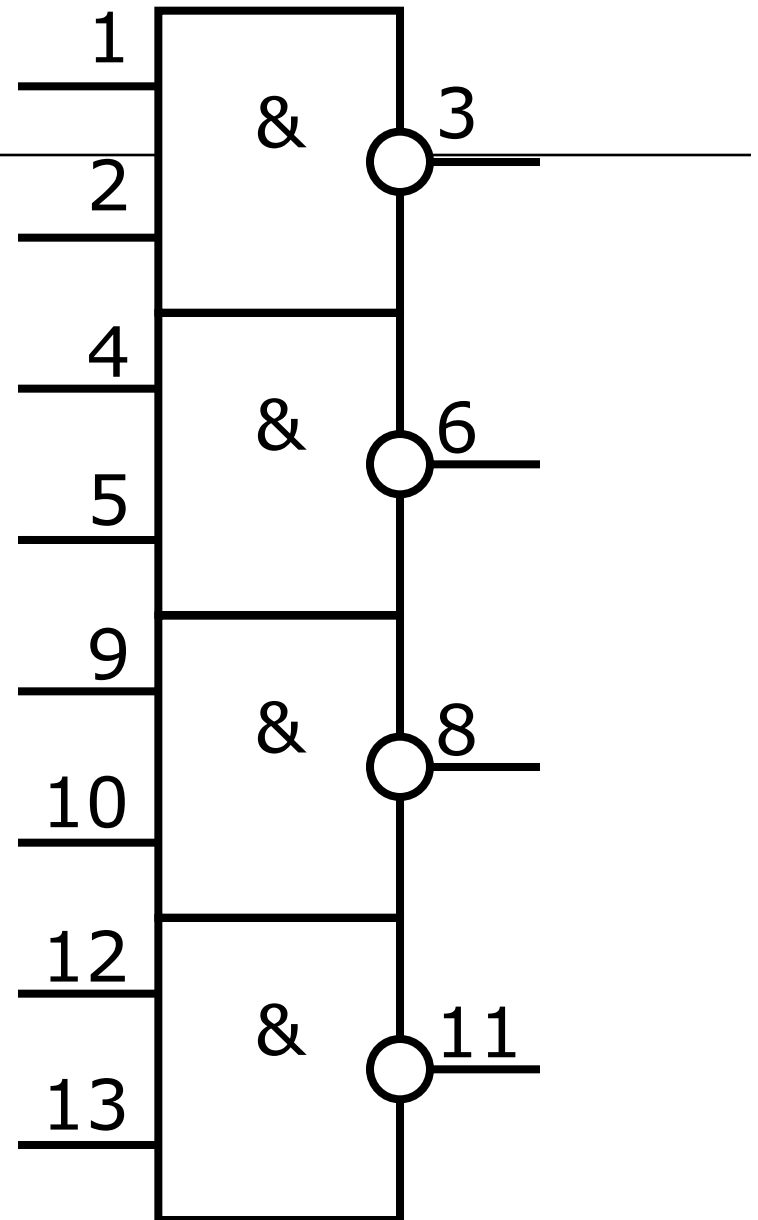
ASV museum of digital archeology, 2009. <http://www.asvcorp.ru/darch/>

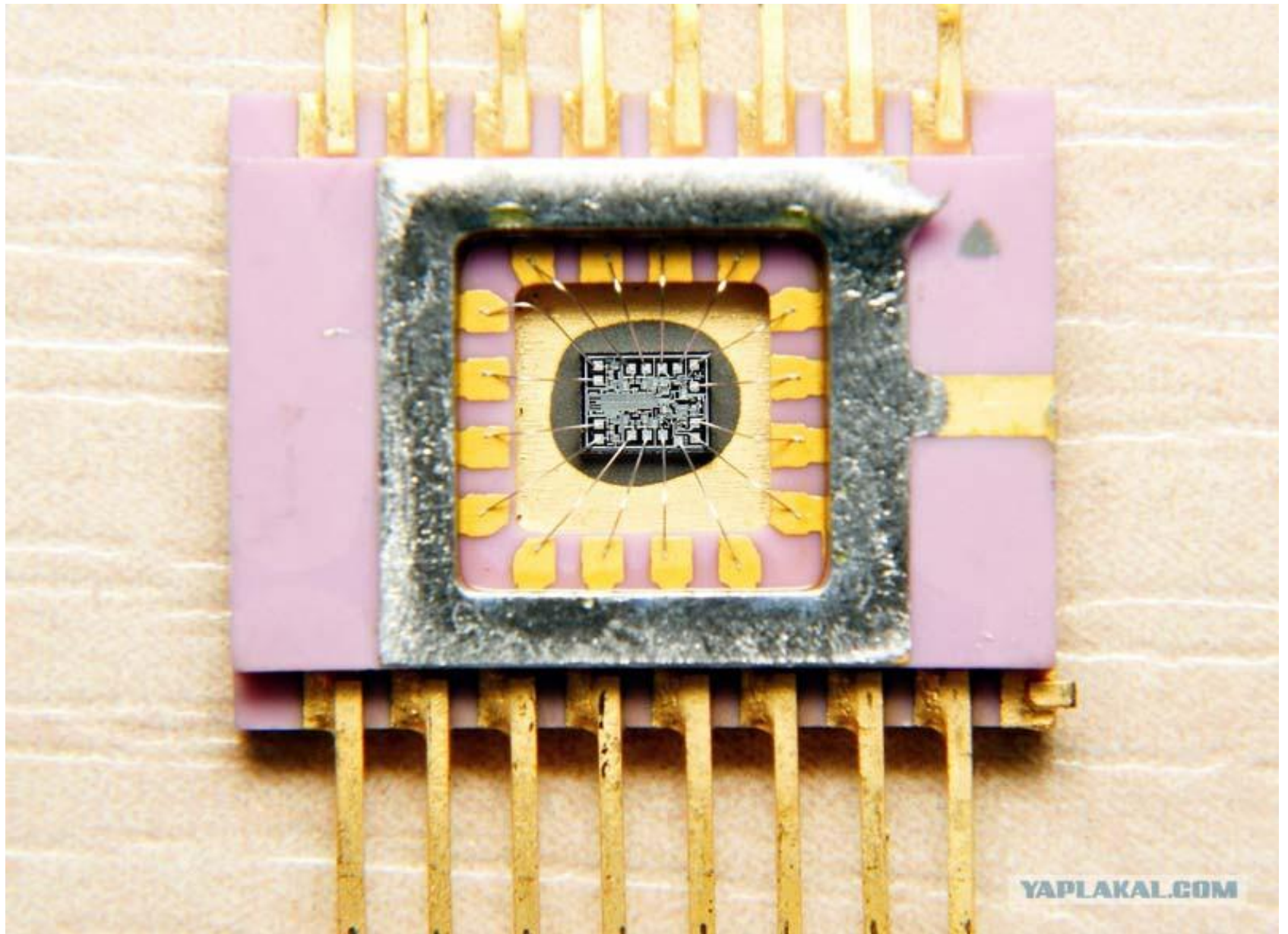
# Корпус DIP



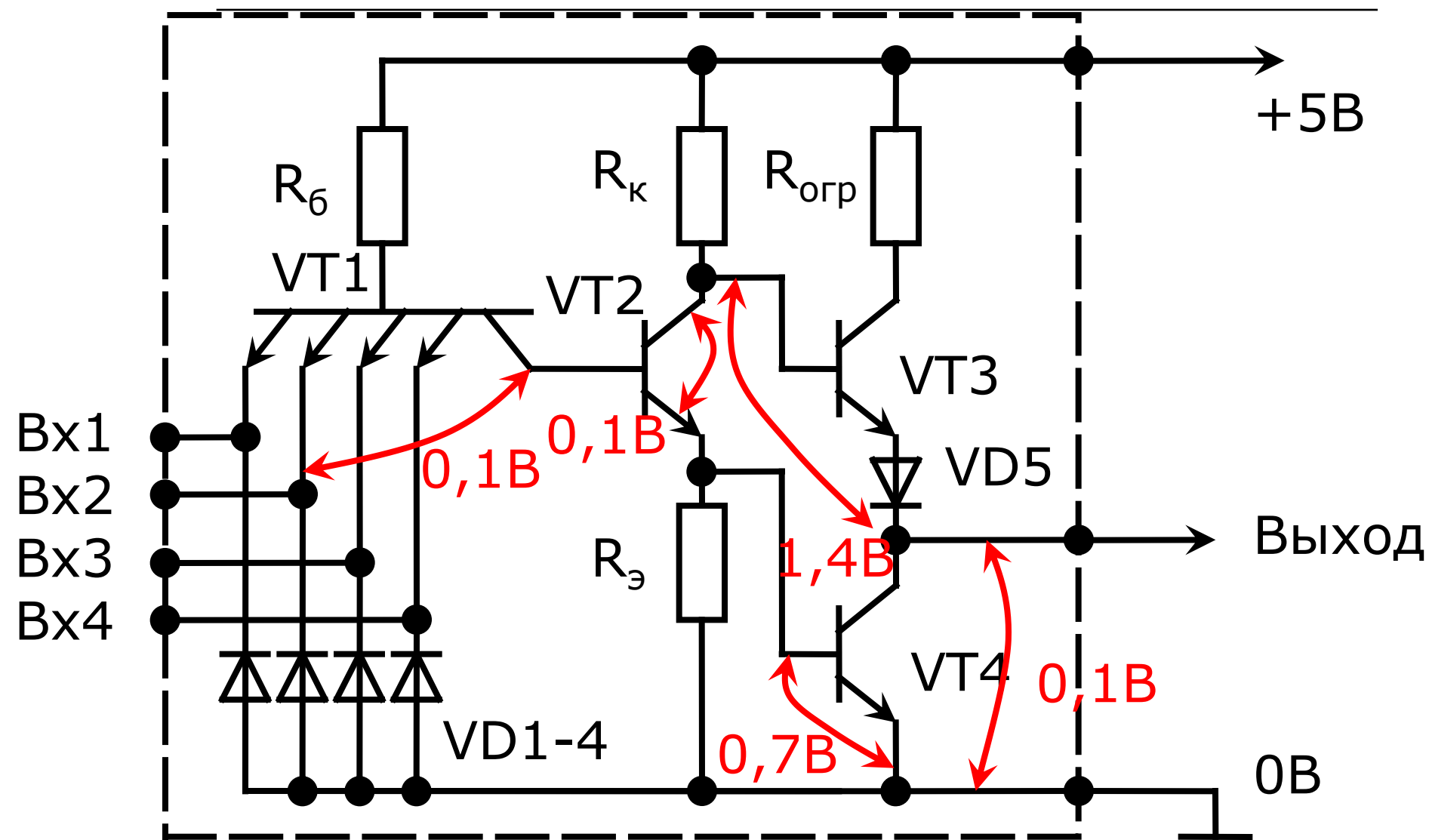
7 – общий

14 - питание



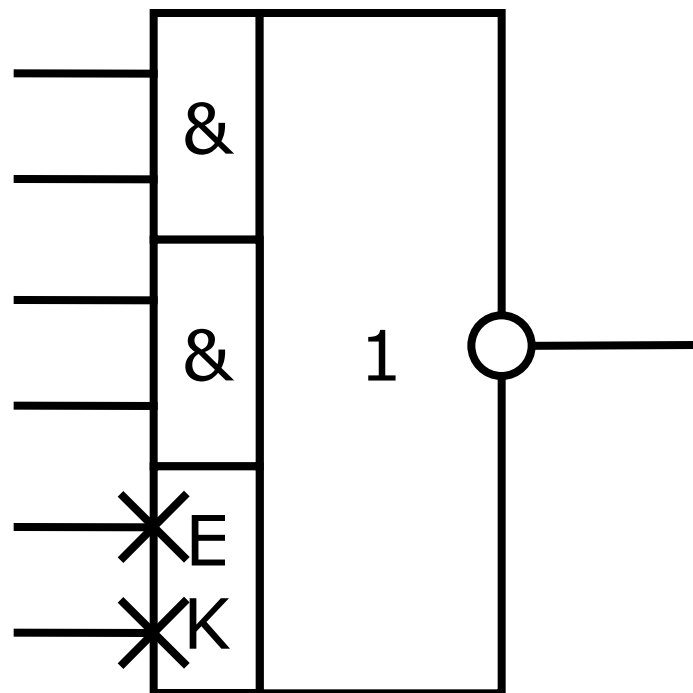


# Базовый элемент ТТЛ

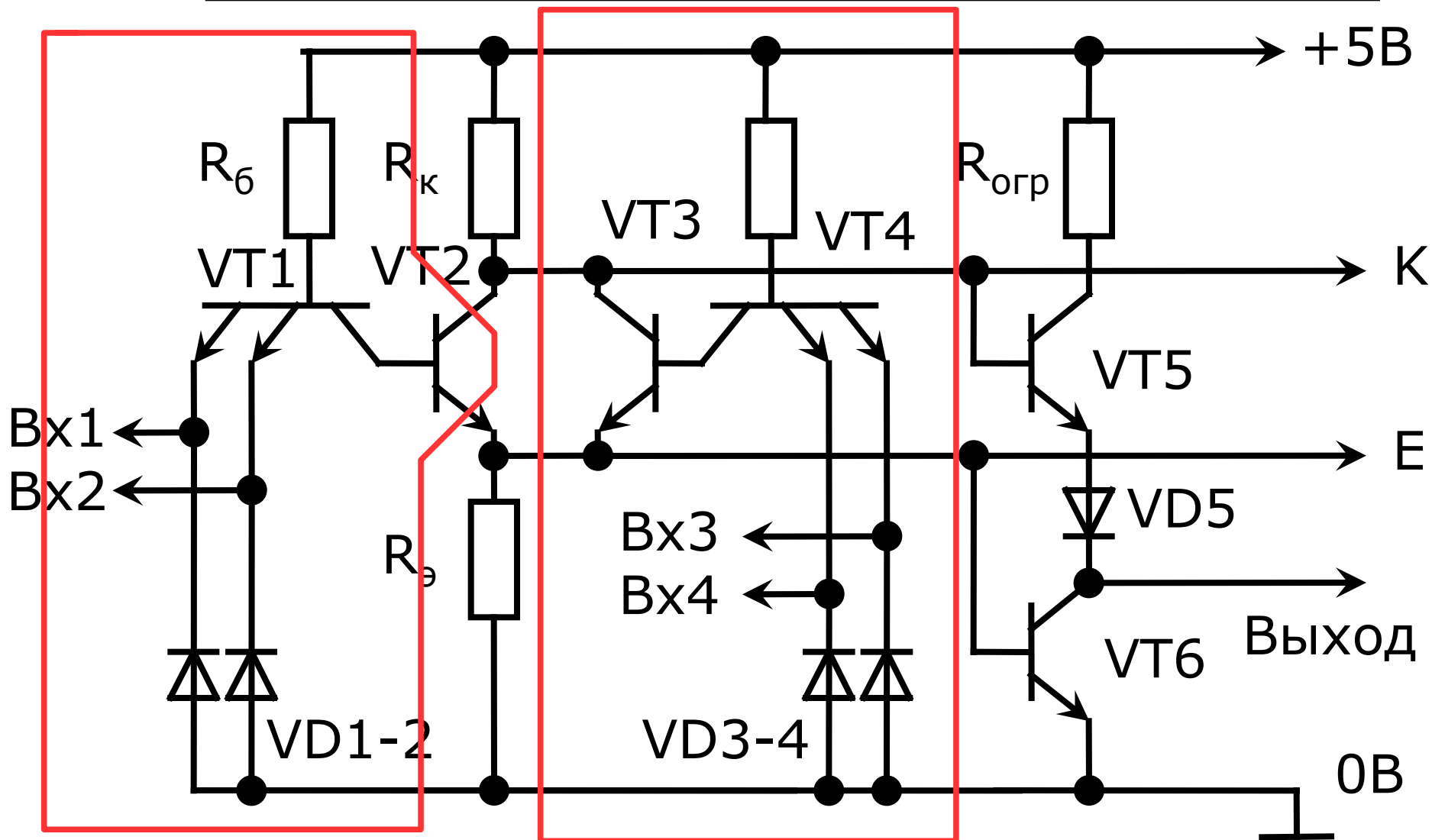


# Элемент И-ИЛИ-НЕ с расширением по ИЛИ

---

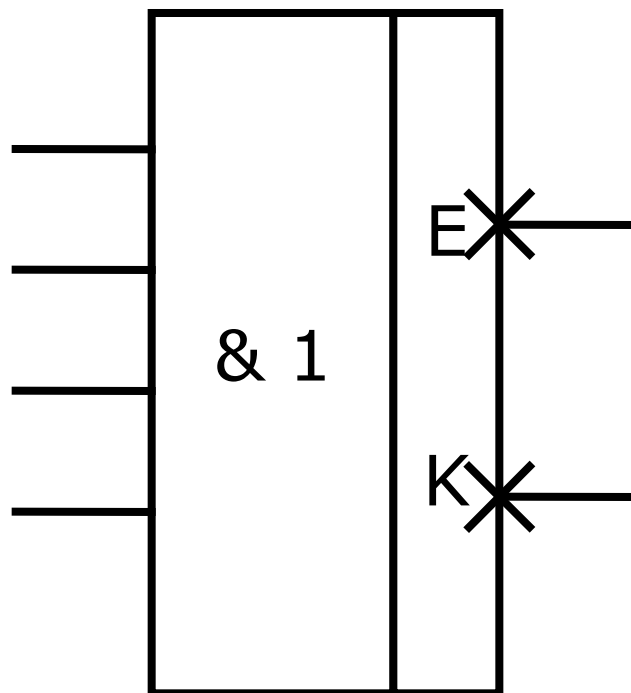


# Элемент И-ИЛИ-НЕ с расширением по ИЛИ



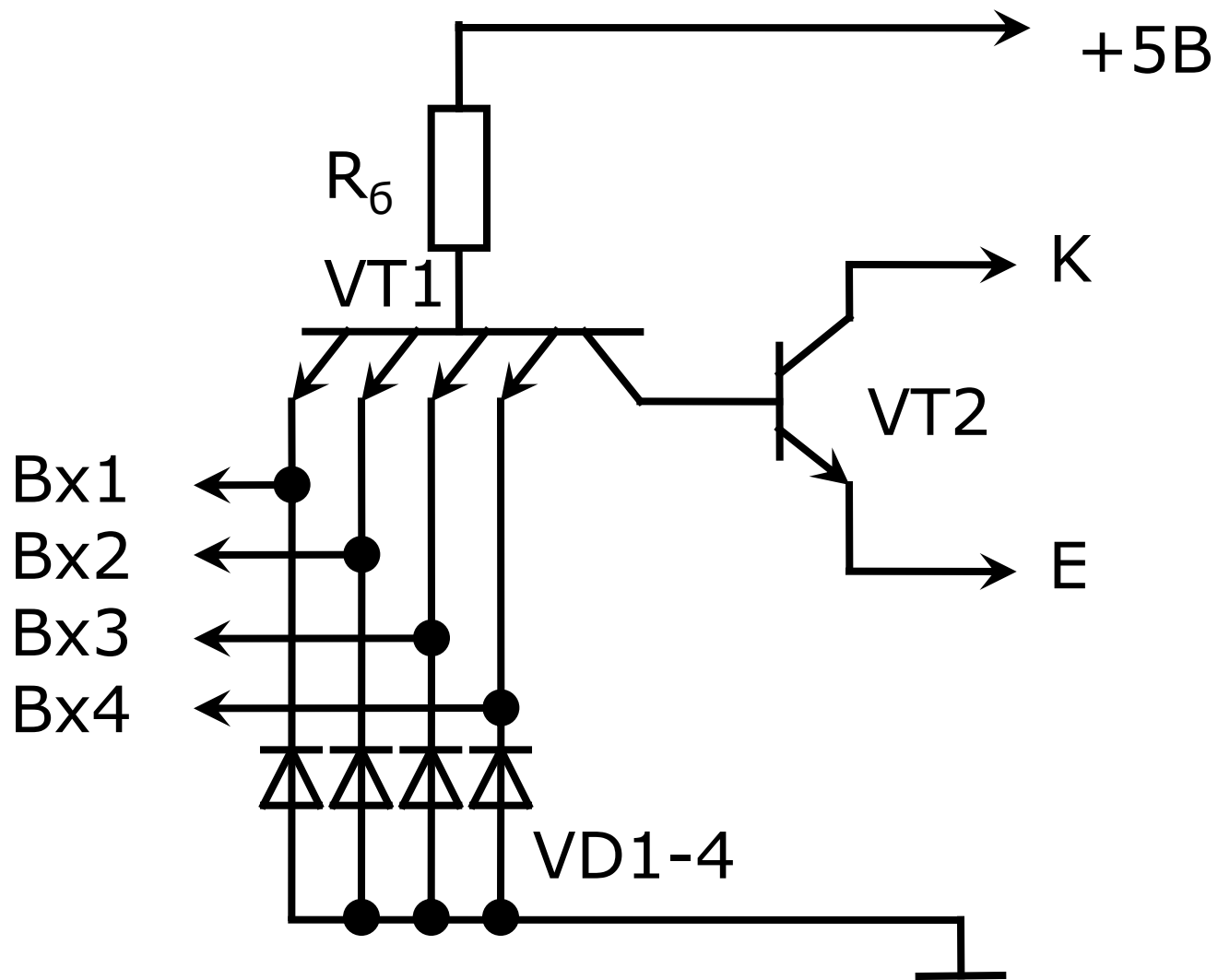
# Расширитель

---

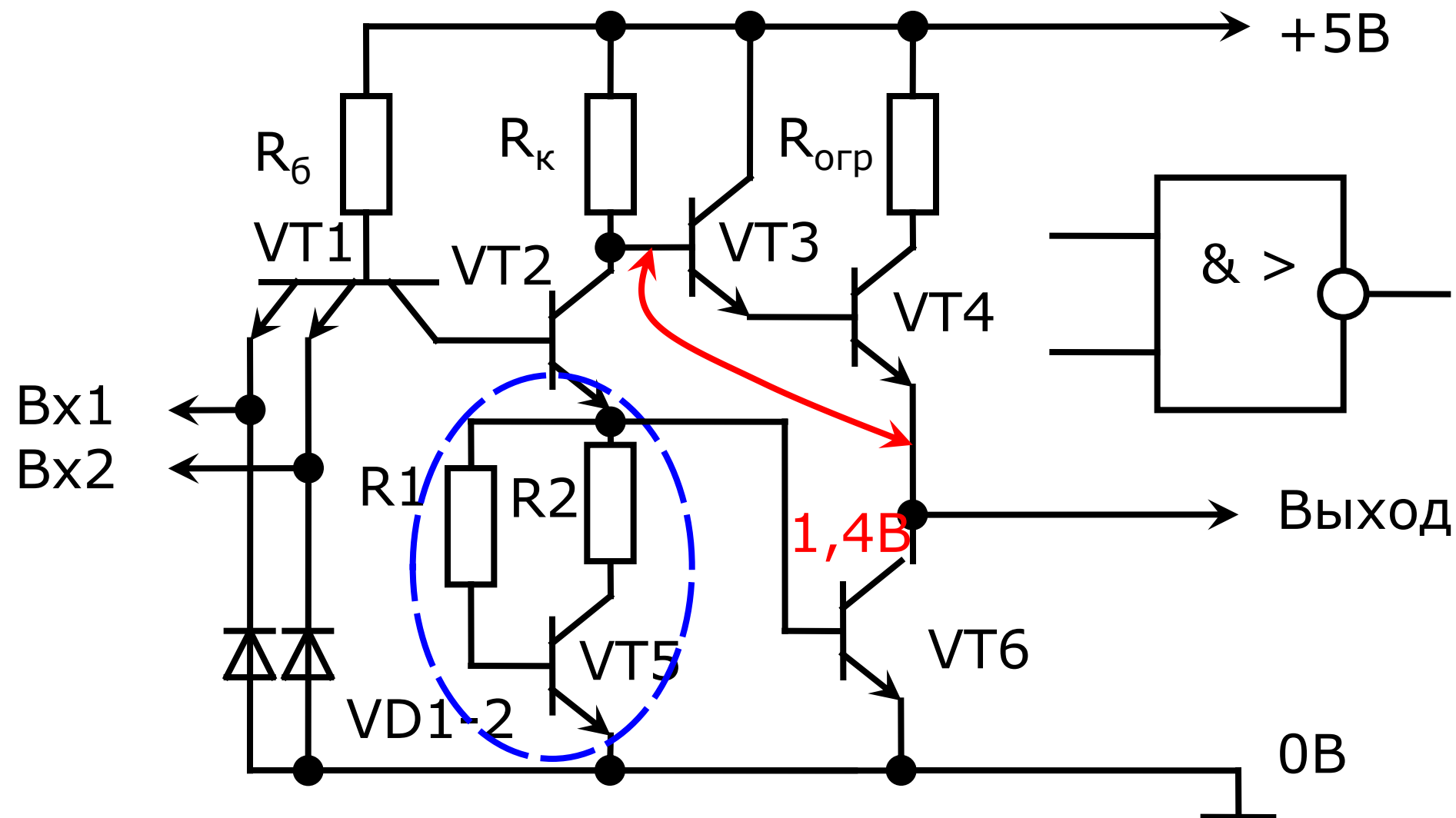




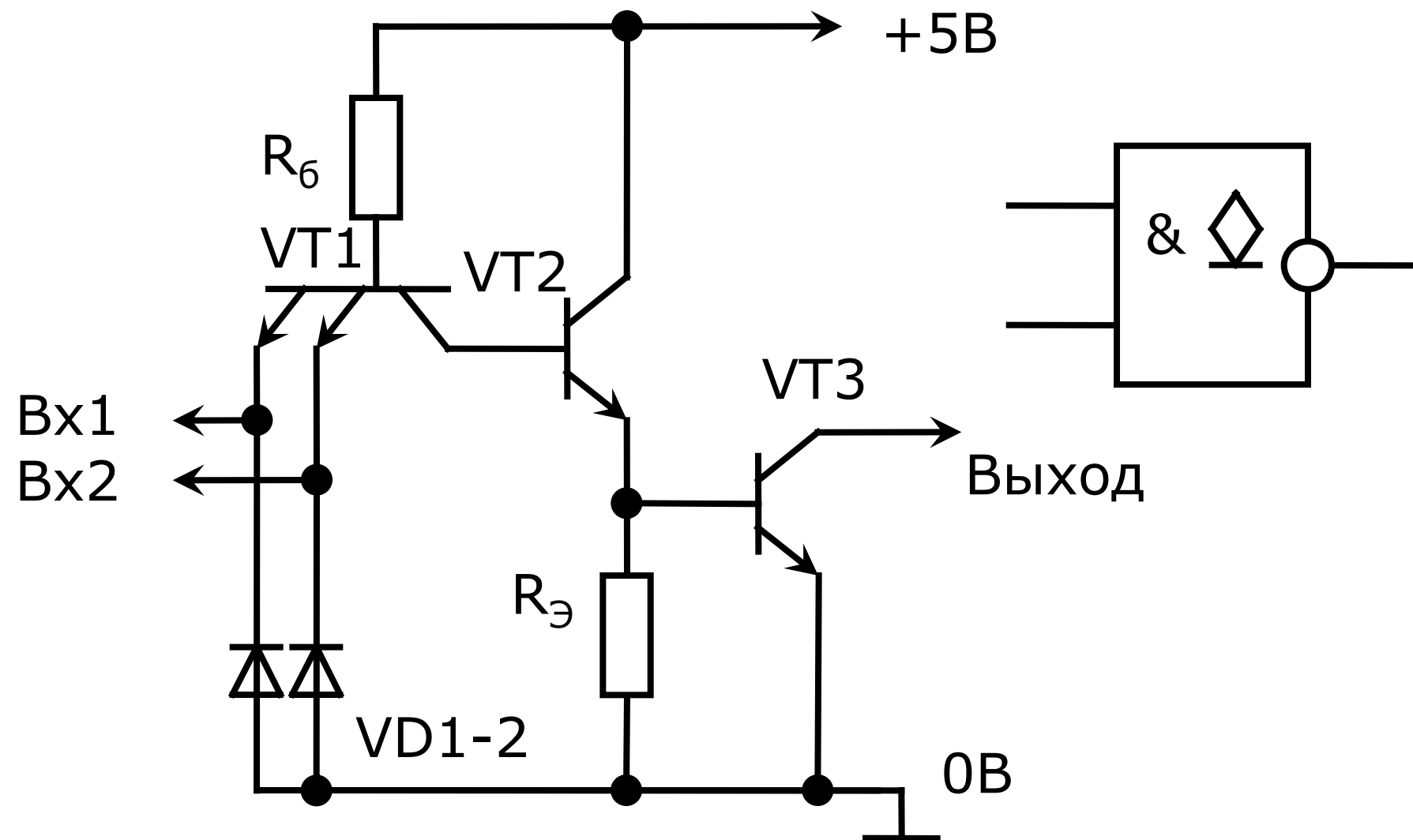
# Расширитель



# Элемент с повышенной нагрузочной способностью



# Элемент с открытым коллектором



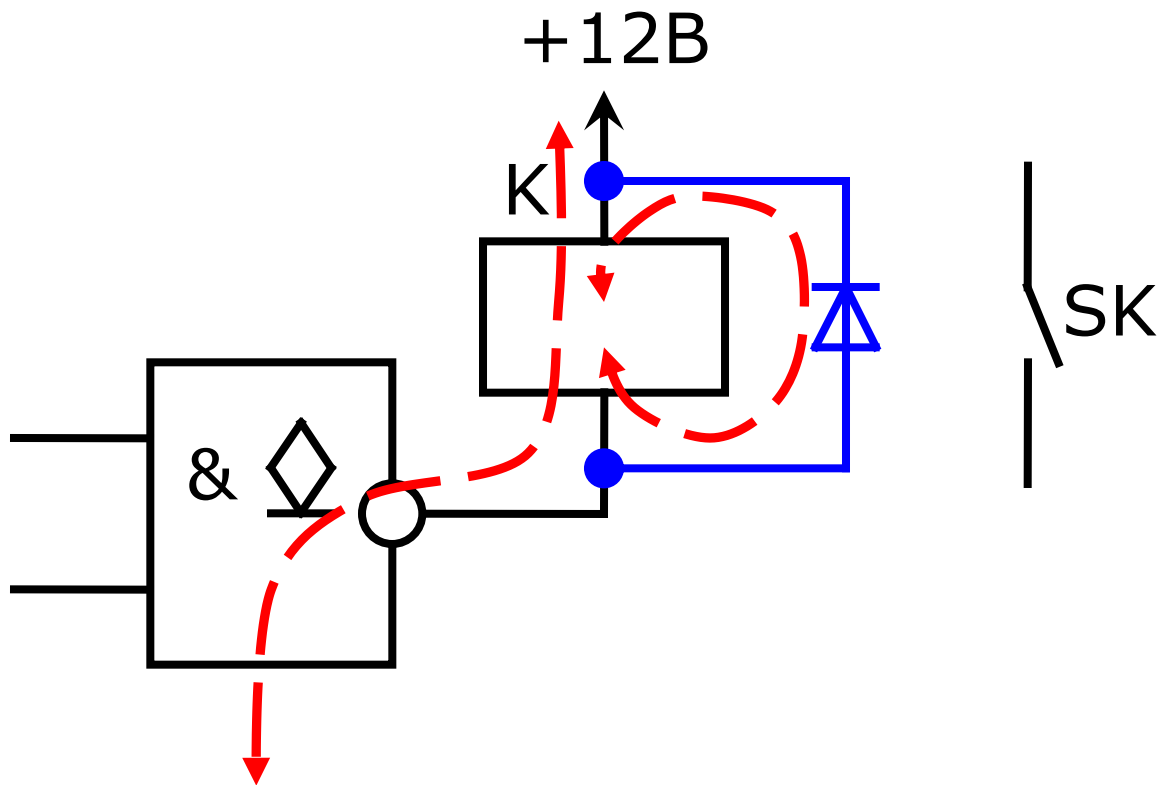
# Применение элемента с открытым коллектором

---



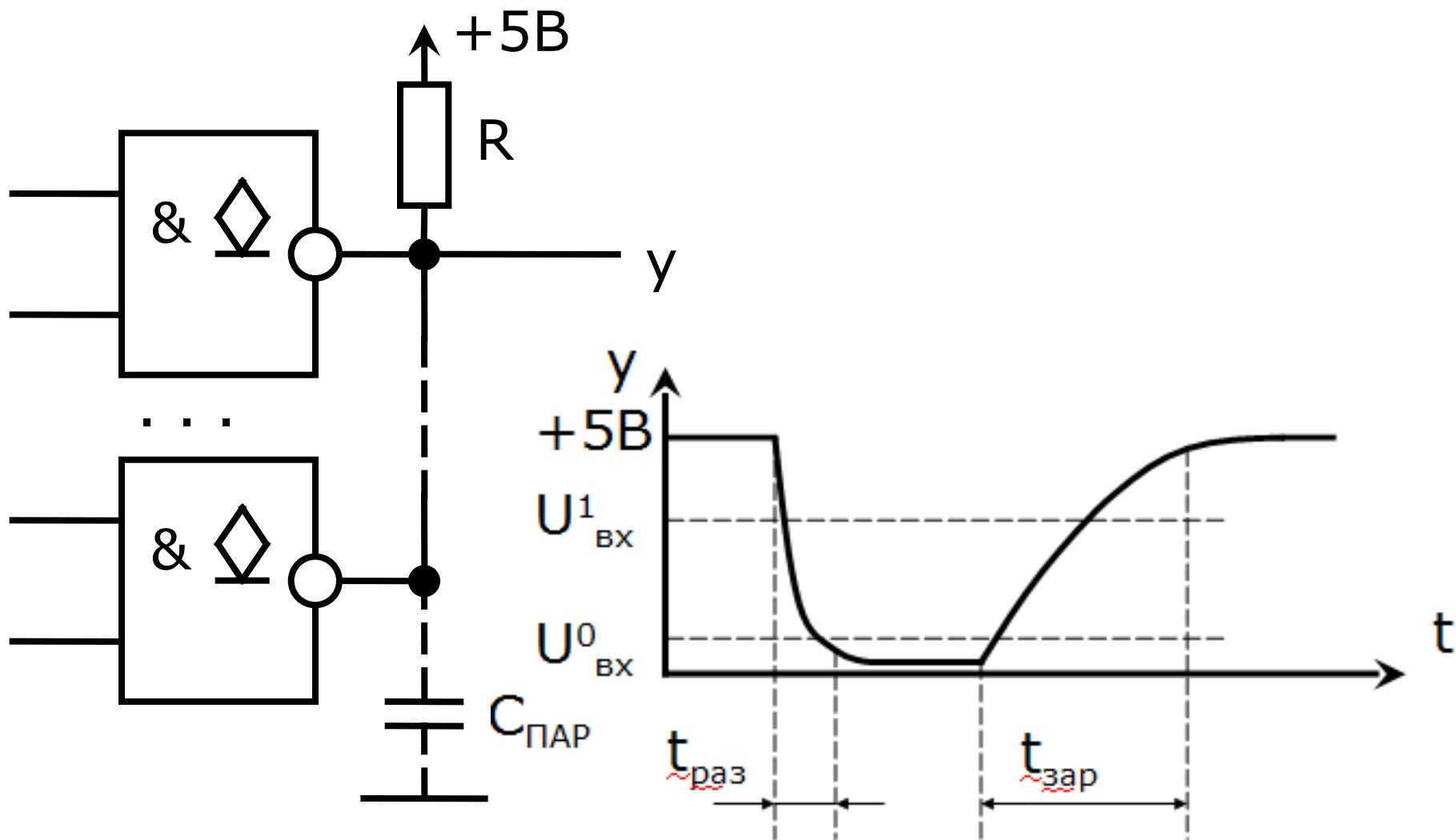
# Применение элемента с открытым коллектором

---



# Монтажная логика: И по «1», ИЛИ по «0»

---



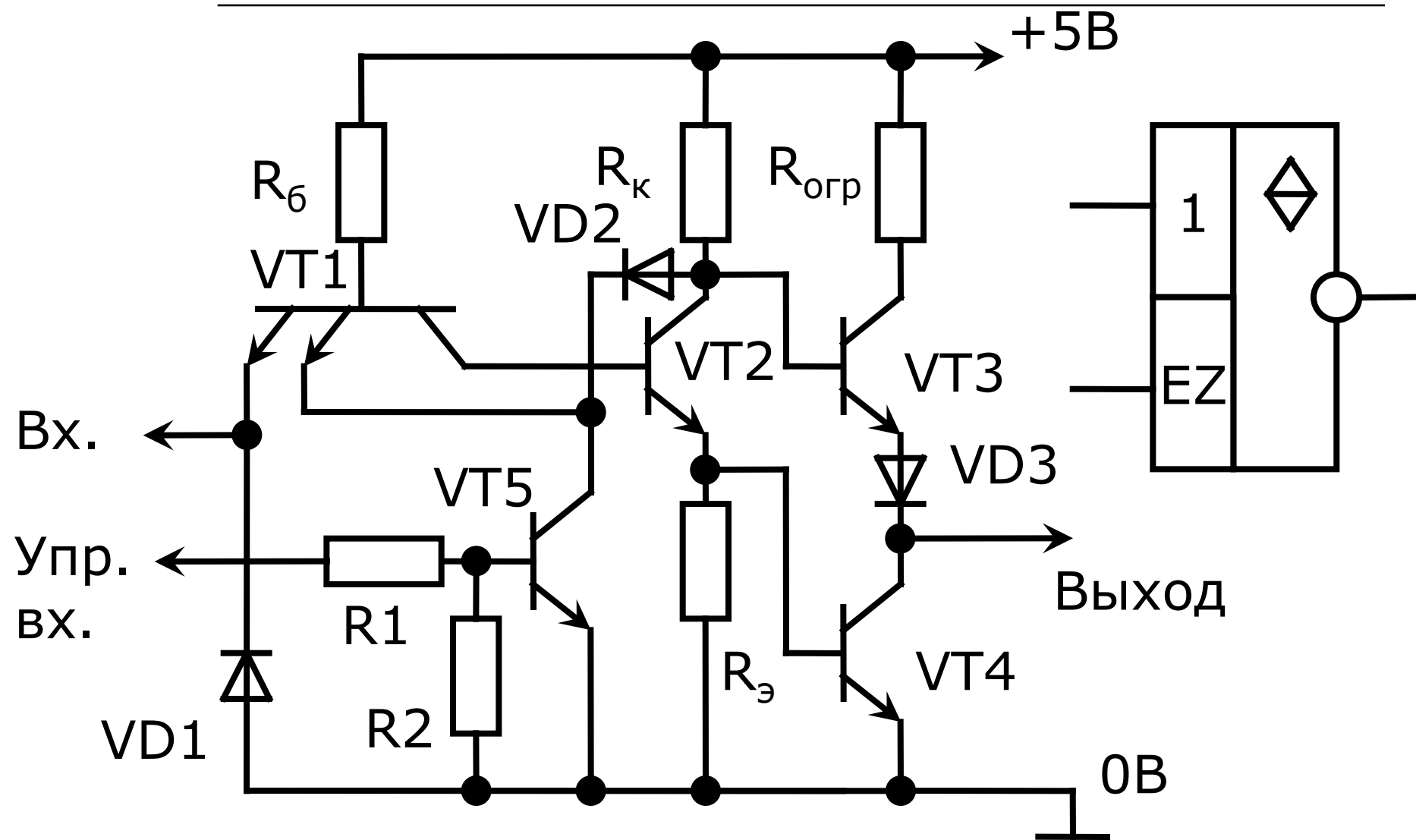
# Расчет сопротивления

---

$$\frac{U_{\text{ИП}}^{\text{мин}} - U_1^{\text{мин}}}{N * I_{\text{УТ}}^1 + n * I_{\text{ВХ}}^1} \geq R \geq \frac{U_{\text{ИП}}^{\text{макс}} - U_0^{\text{макс}}}{I_{\text{ВЫХ}}^0 + (N-1) * I_{\text{УТ}}^0 - n * I_{\text{ВХ}}^0}$$

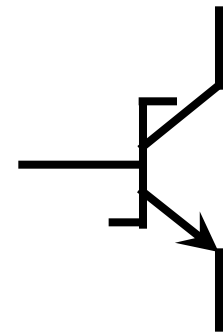
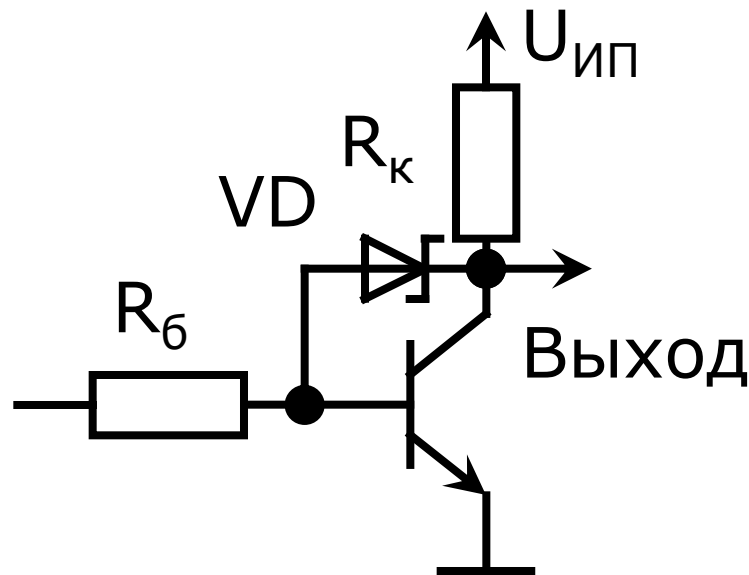
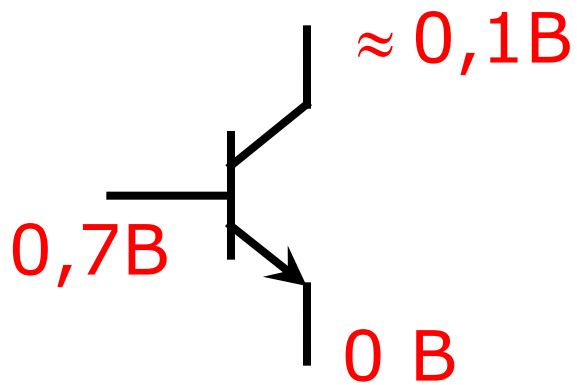
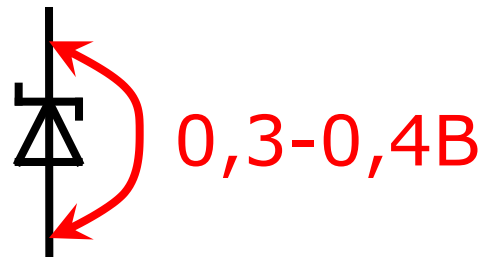
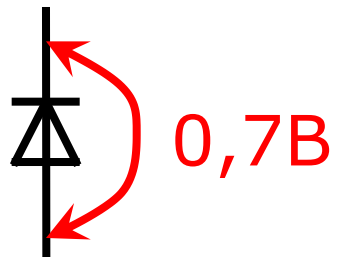
$$t^{0,1} \approx 0,8RC_{\text{ПАР}}$$

# Элемент с тремя состояниями

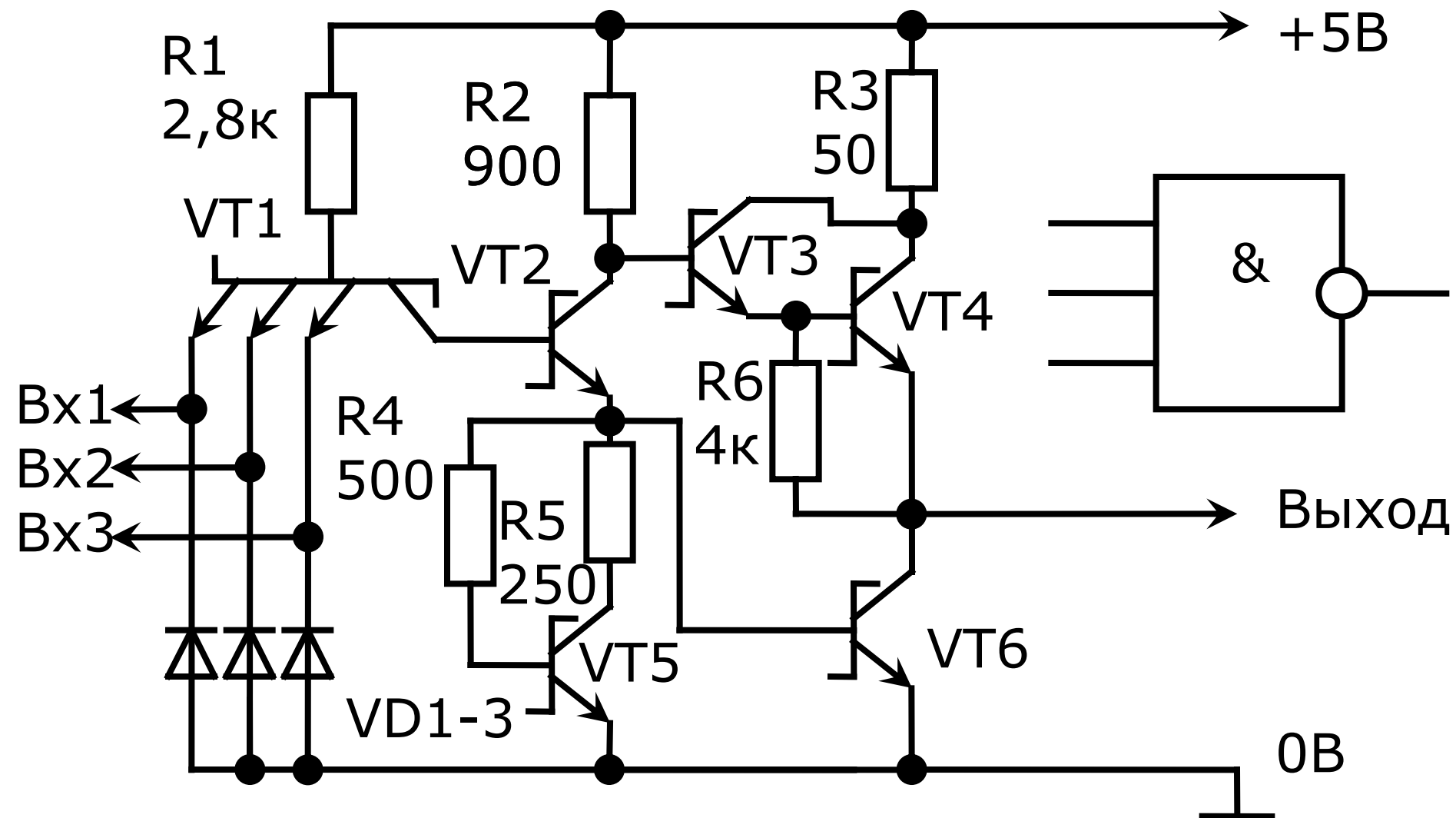




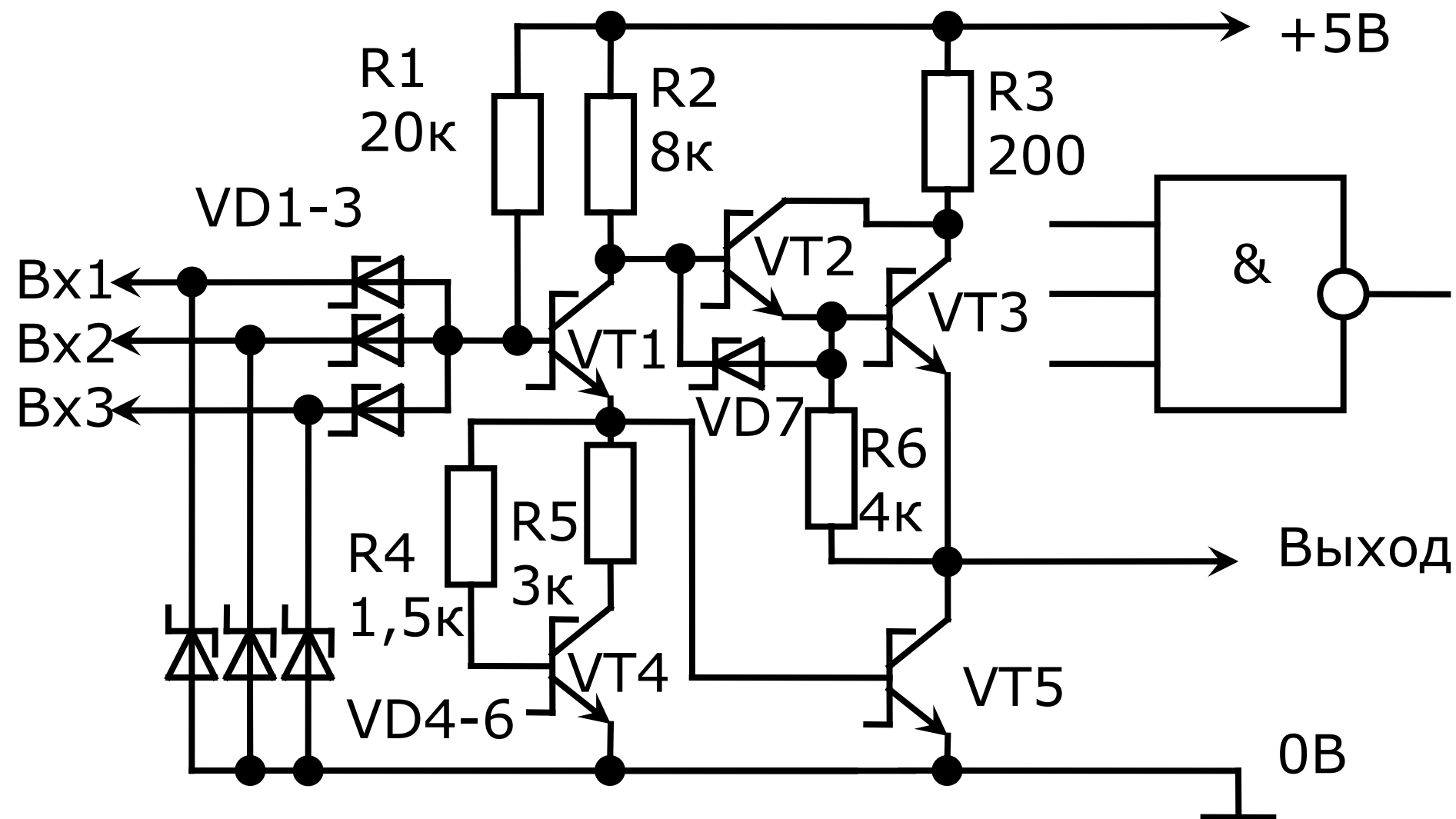
# Транзисторный ключ с диодом Шоттки



# Базовый элемент серии К531



# Базовый элемент серии К555



# Сравнительная характеристика ИС ТТЛ (ТТЛШ)

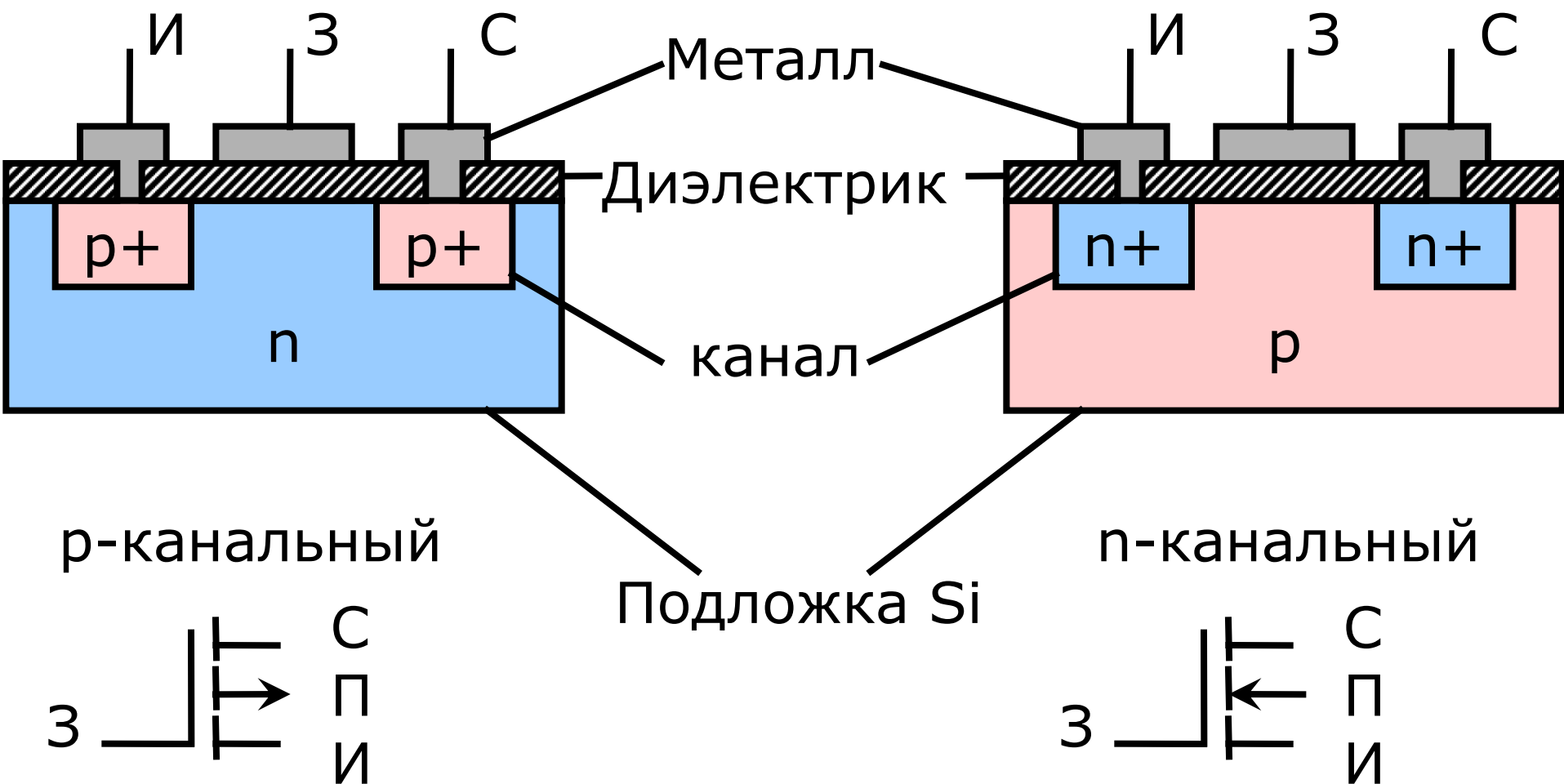
Серия ИС		Параметры			Нагрузка		
Отеч.	Заруб.	$t_{зд.р.},$ нс	$P_{пот.},$ мВт	$\mathcal{E},$ пДж	$C_H,$ пФ	$R_H,$ кОм	N
К134	SN74L	33	1	33	50	4	10
К155	SN74	10	10	100	15	0,4	10
К531	SN74S	3	20	60	15	0,28	10
К555	SN74LS	10	2	20	15	2	20
КР1531	SN74F	3	4	12	15	0,28	10
КР1533	SN74ALS	4	2	8	15	2	20

# Расчет сопротивления для формирования логической единицы

---

$$\frac{U_{\text{ИП}}^{\text{мин}} - U_1^{\text{мин}}}{n * I_{\text{ВХ}}^1} \geq R$$

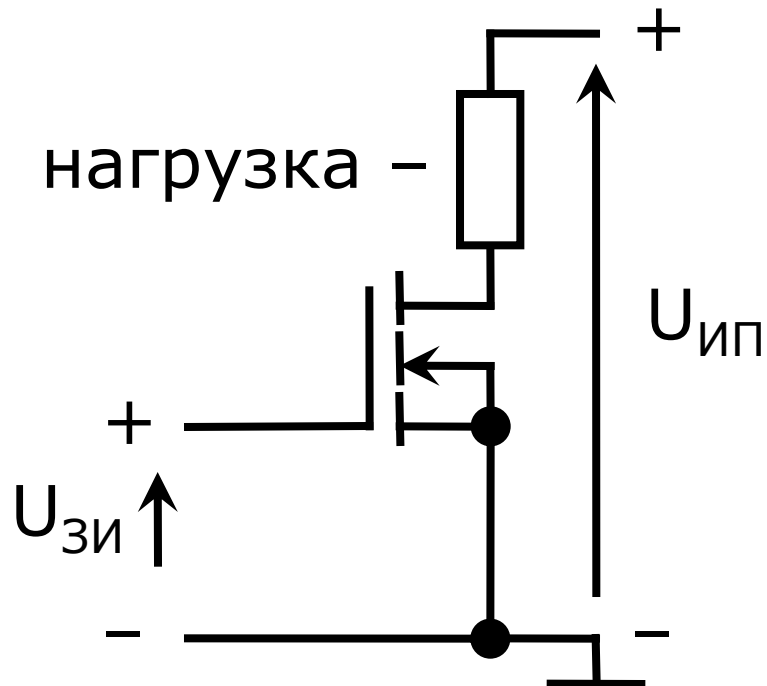
# Транзисторы МДП



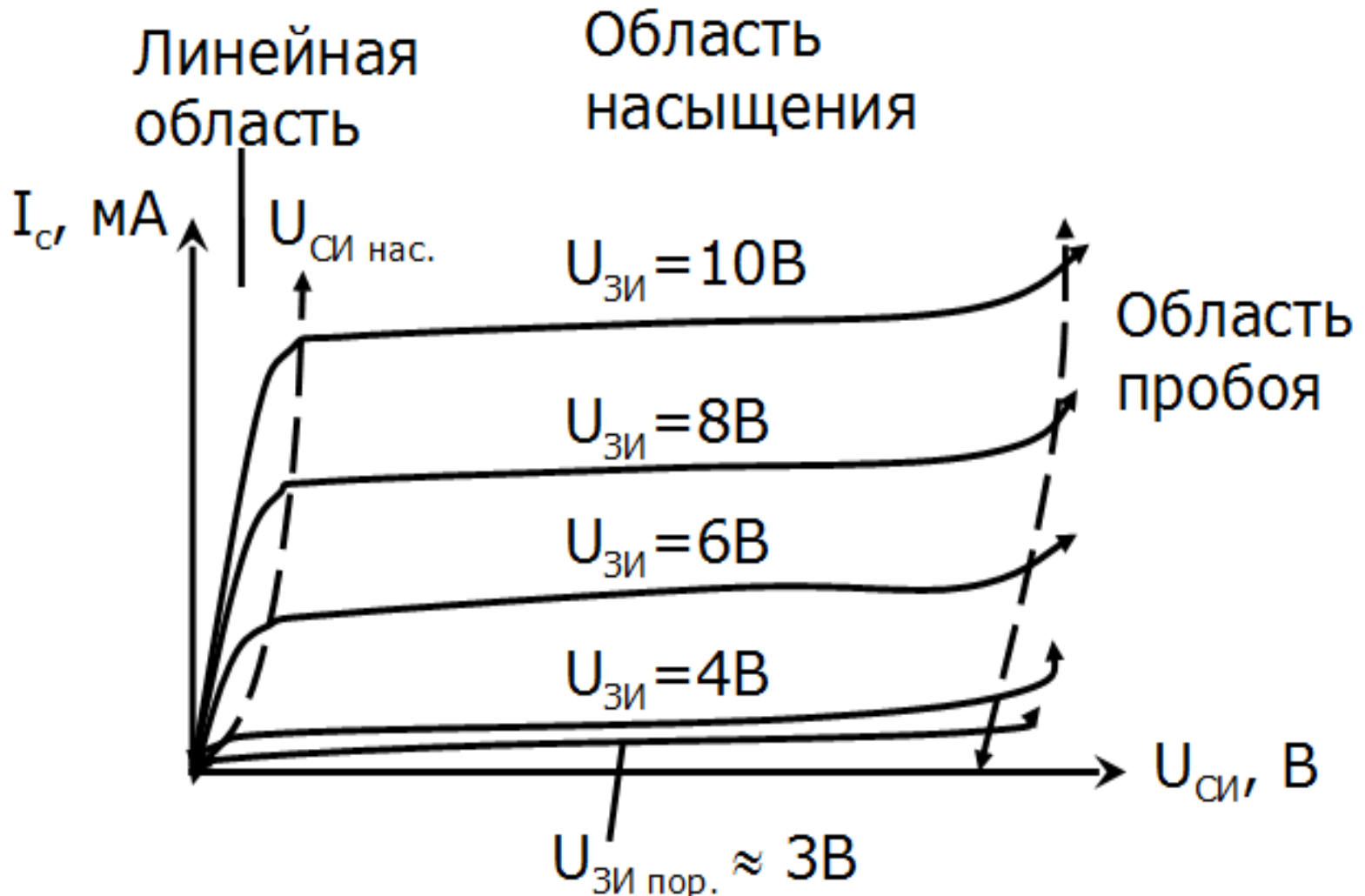
# Транзисторы МДП

---

п-канальный



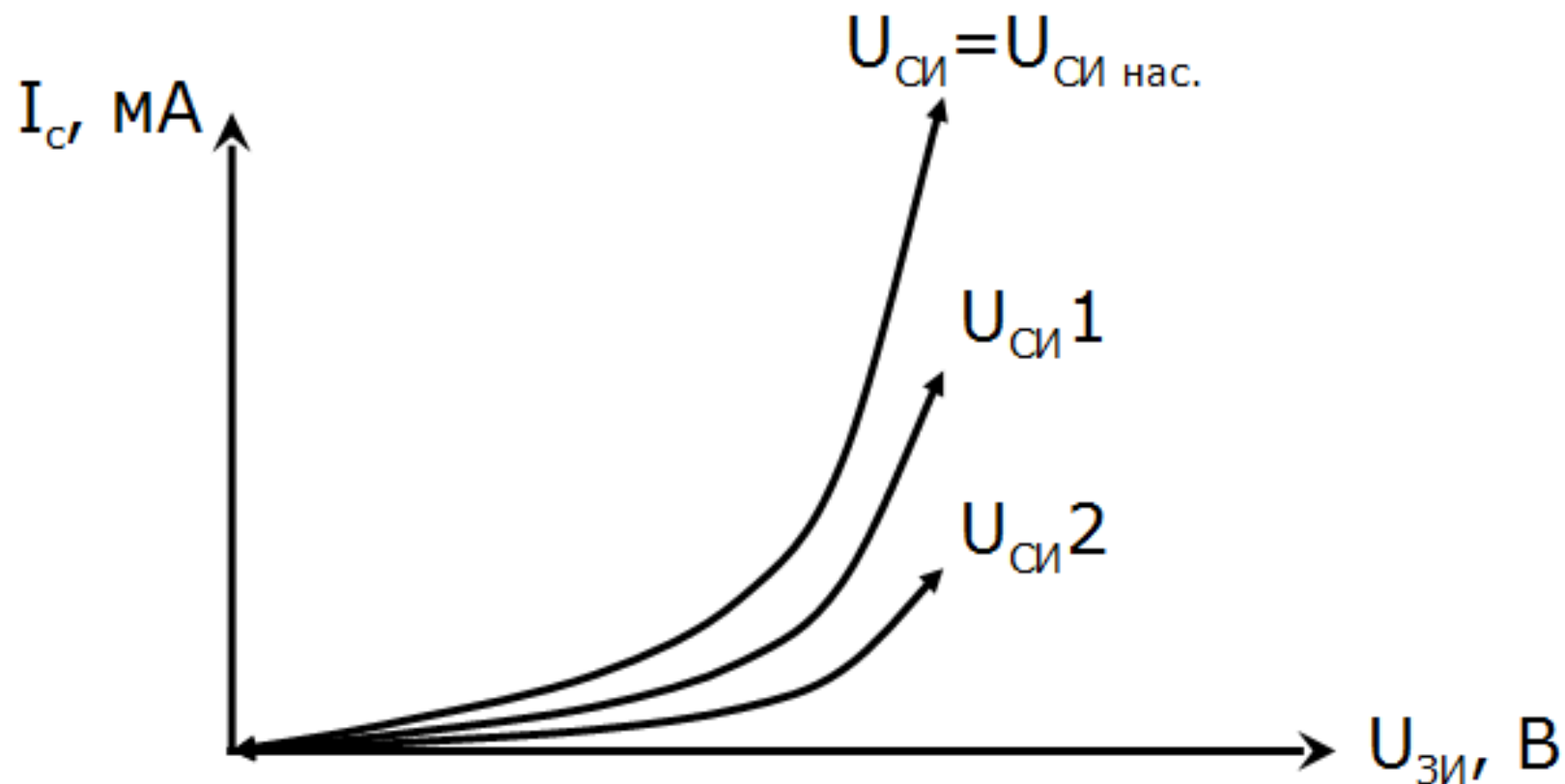
# Транзисторы МДП





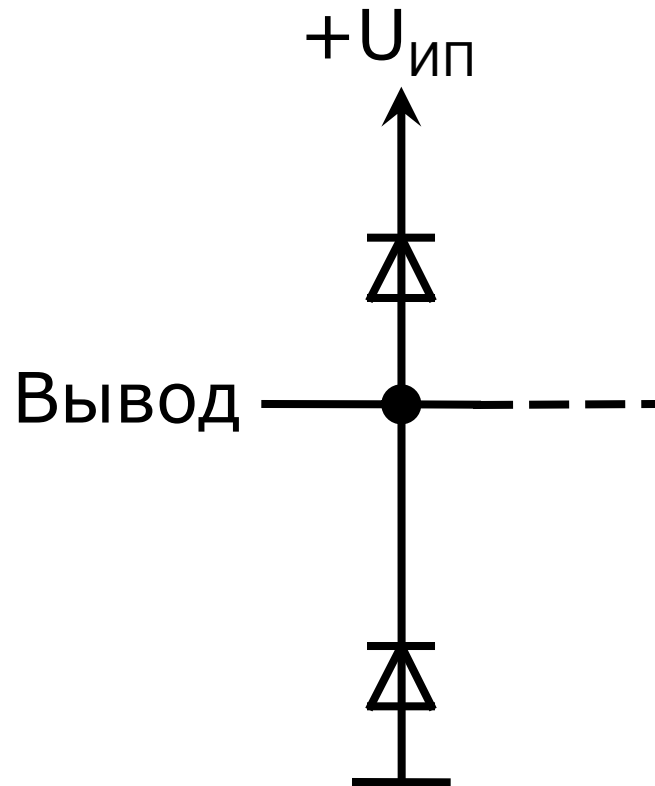
# Транзисторы МДП

---



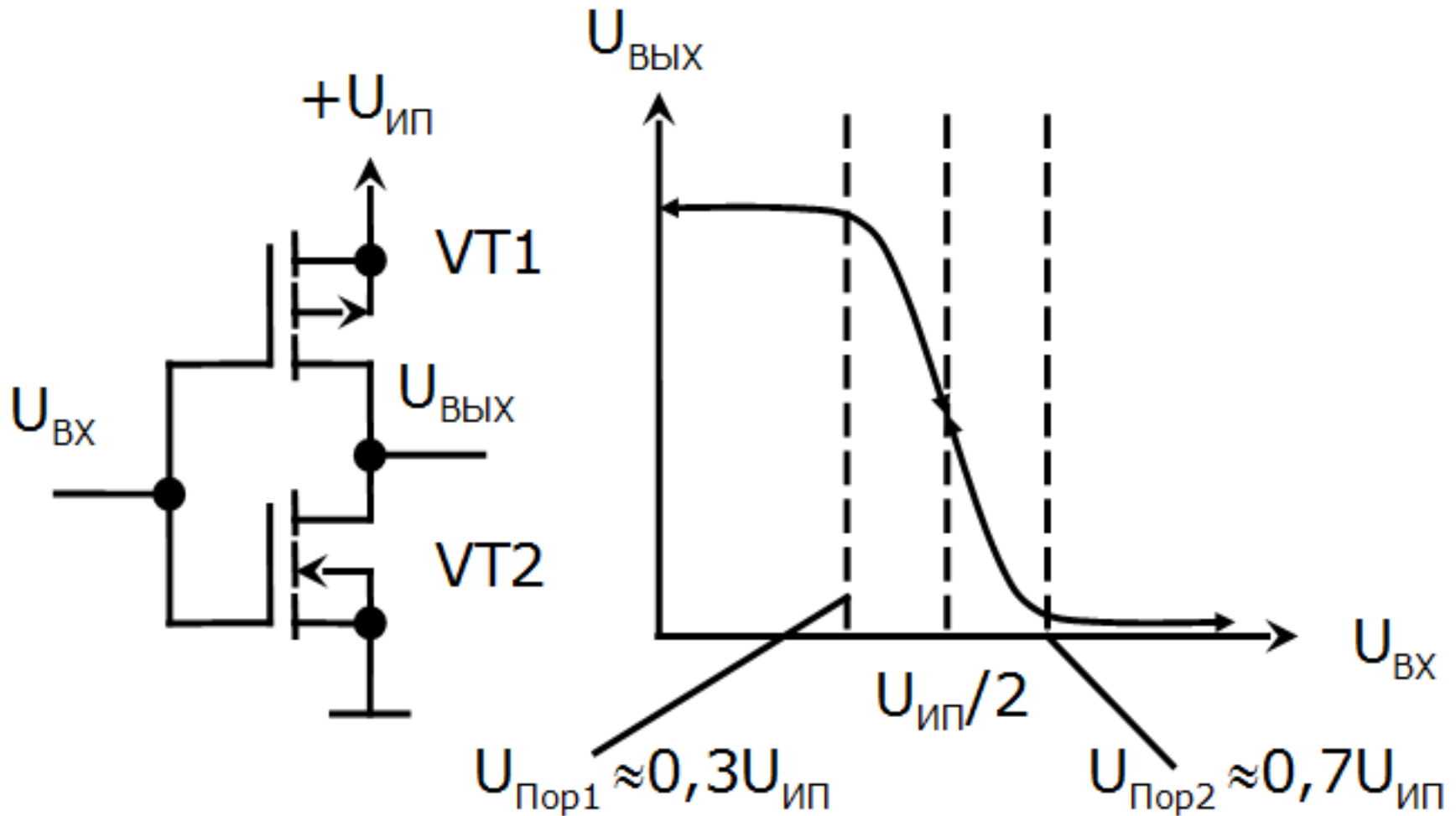
# Защита выводов КМДП-микросхем

---

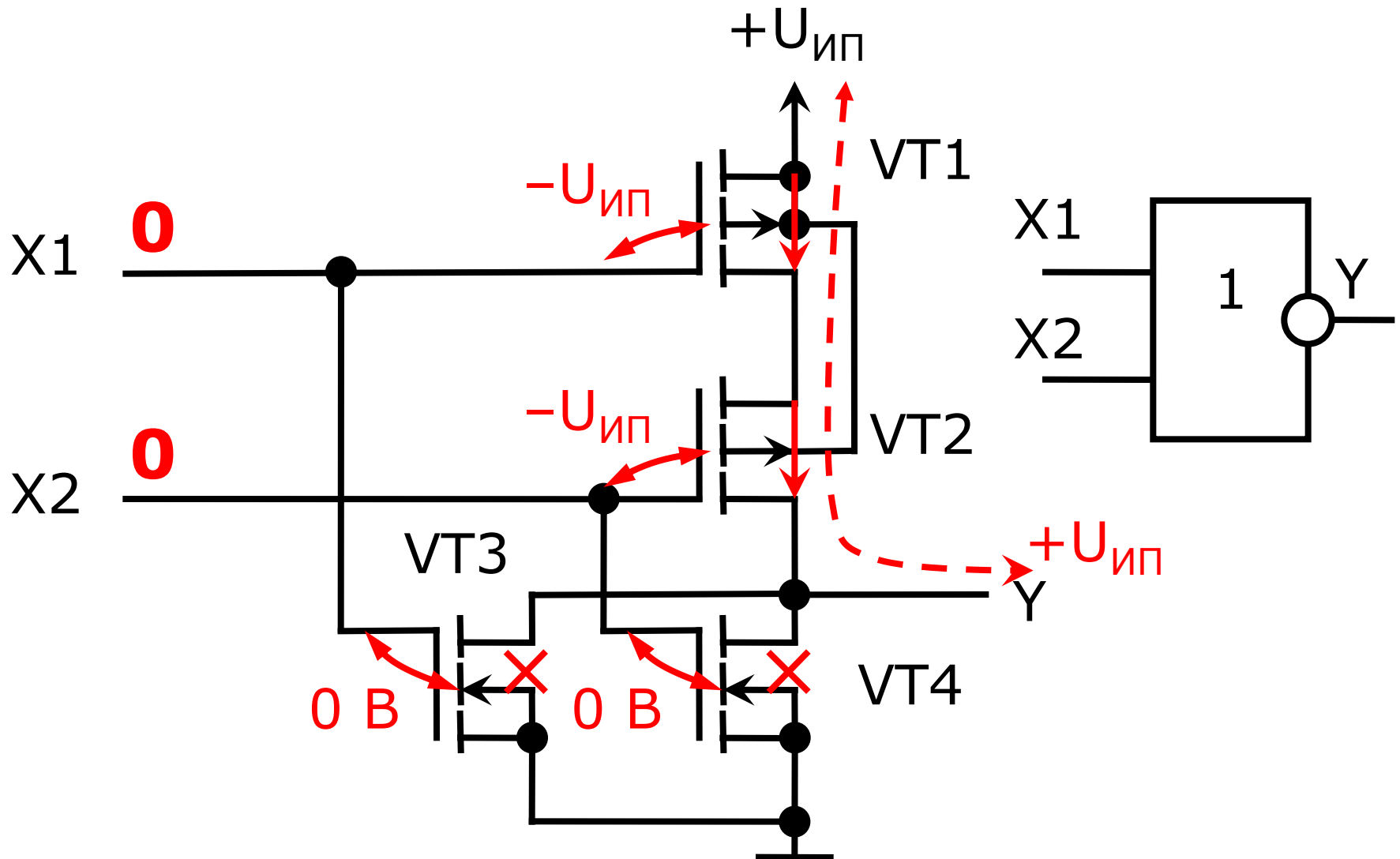


# КМДП-инвертор

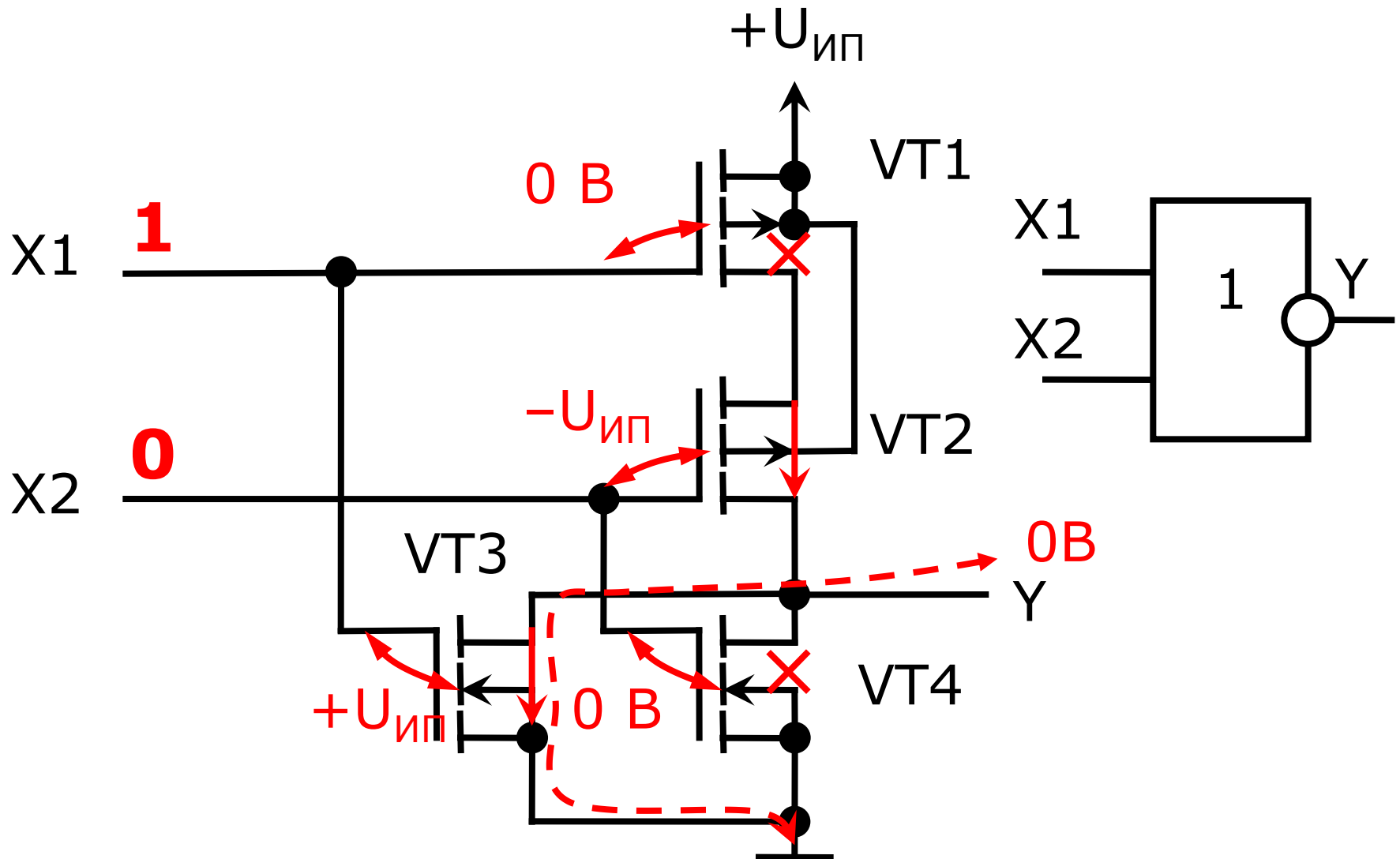
---



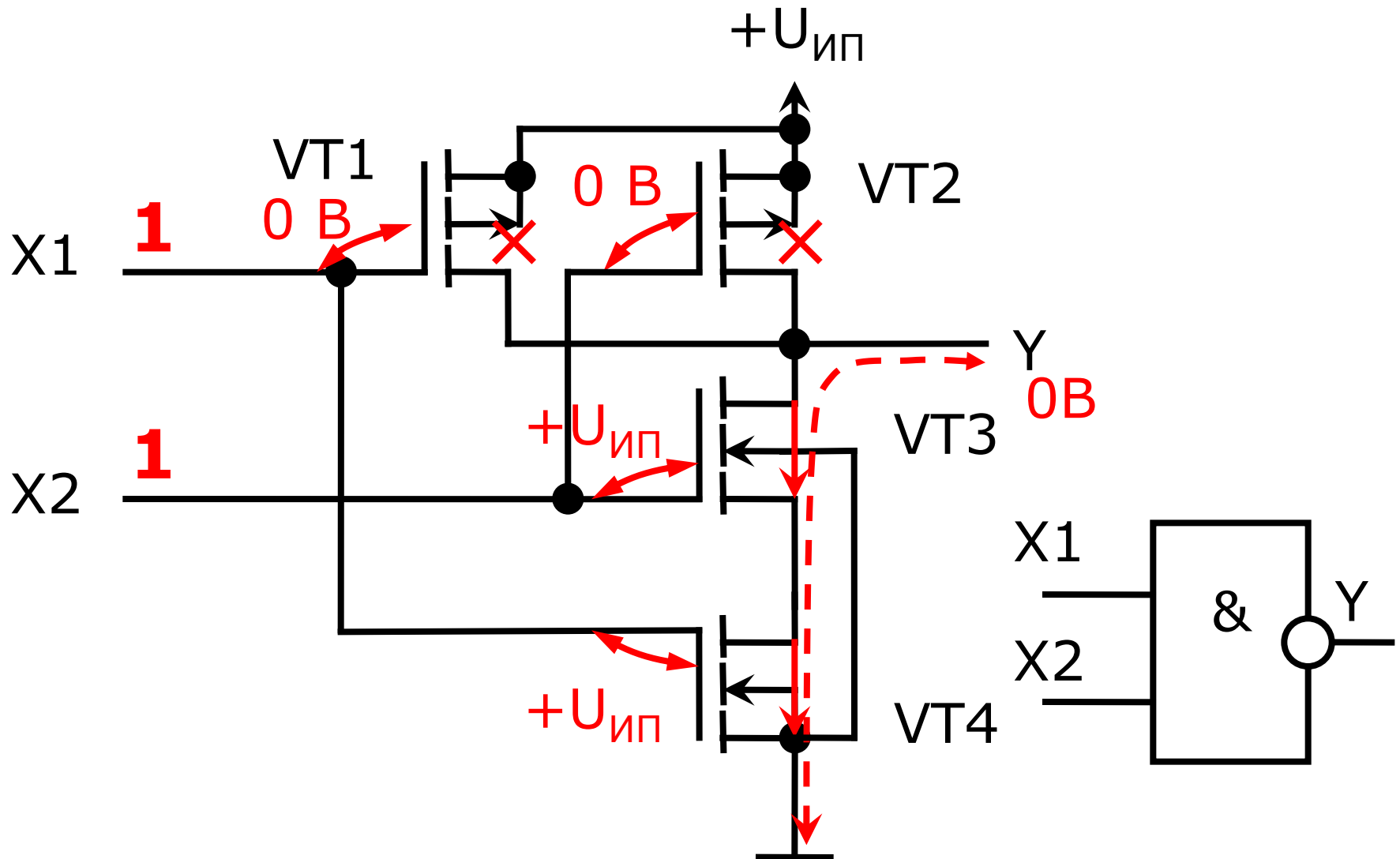
# КМДП-элемент ИЛИ-НЕ



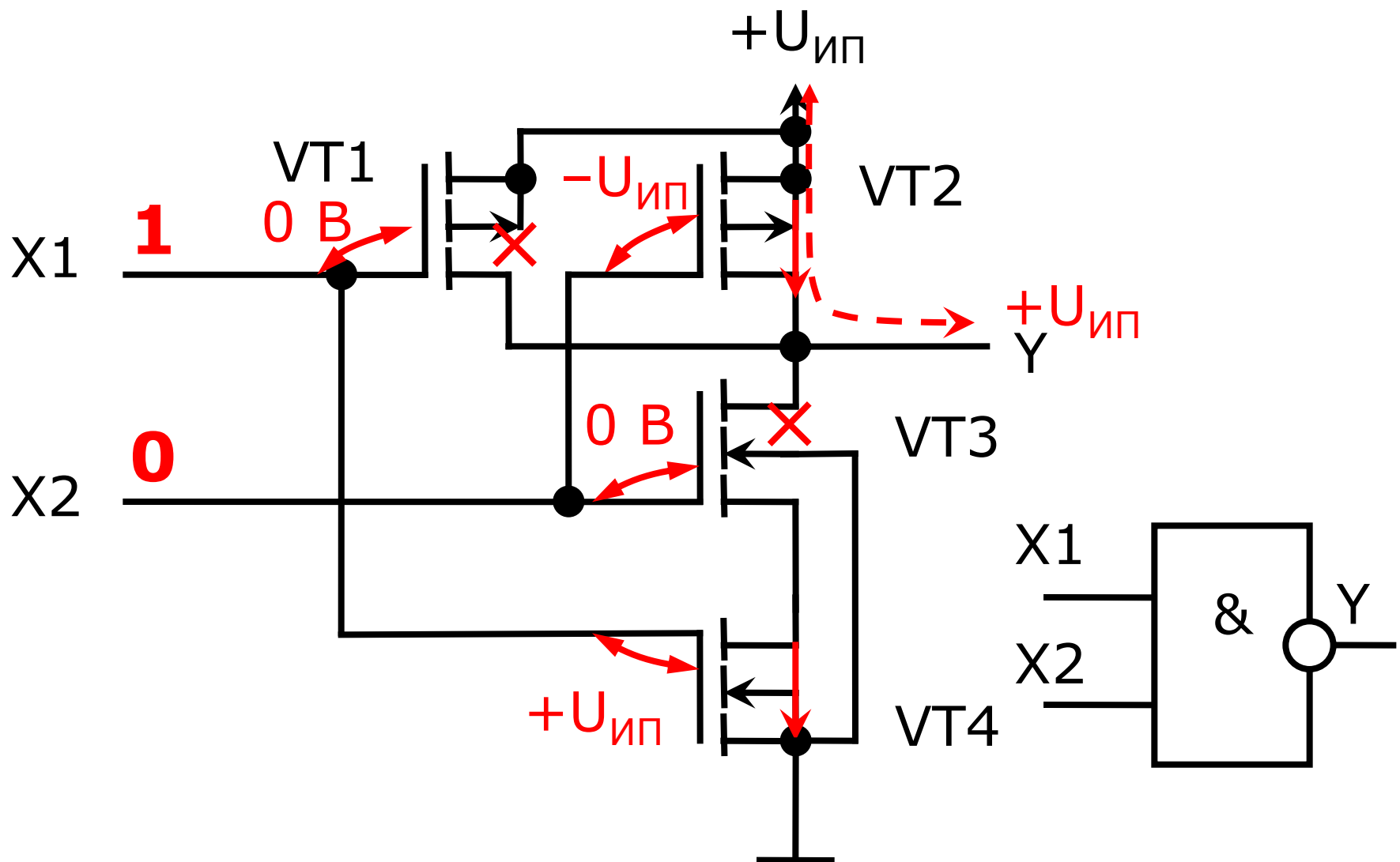
# КМДП-элемент ИЛИ-НЕ



# КМДП-элемент И-НЕ



# КМДП-элемент И-НЕ



# Параметры КМОП

---

$$I_{\text{ВХ}}^1 \leq 0,05 \text{ мкА при } 20^\circ\text{C}$$

$$I_{\text{ВХ}}^0 \leq 0,05 \text{ мкА при } 20^\circ\text{C}$$

$$U_{\text{ип}}(564, 561) = 3 - 15 \text{ В}$$

$$U_{\text{ип}}(176) = 9 \text{ В}$$

$$U_{\text{ип}}(1554) = 5 \text{ В}$$

$$U_{\text{ВХ}}^0 \leq 0,3U_{\text{ип}}$$

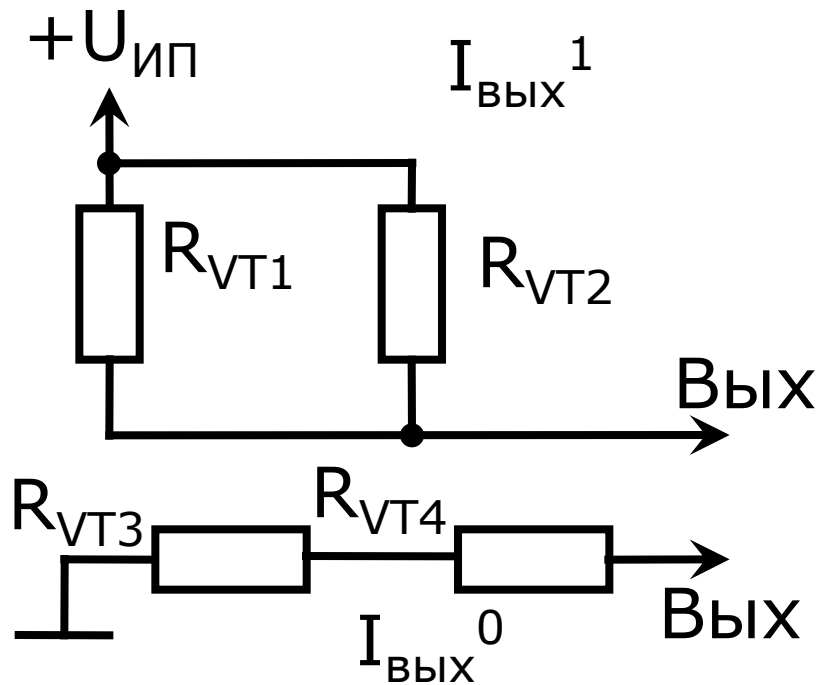
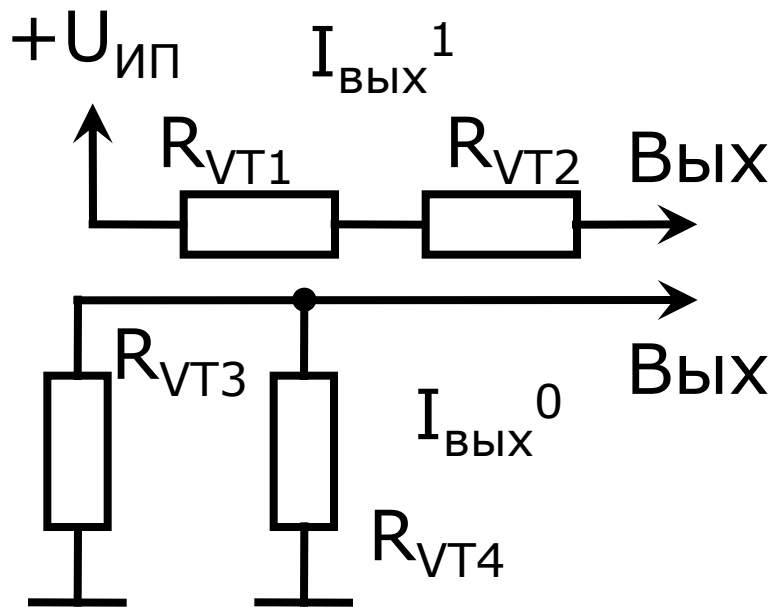
$$U_{\text{ВХ}}^1 \geq 0,7U_{\text{ип}}$$

Помехоустойчивость  $30\%U_{\text{пит}}$



# Выходные токи: ИЛИ-НЕ

И-НЕ



## Выходные токи (561, 564, $U_{\text{ип}}=10\text{В}$ )

---

Тип ИС	$I_{\text{вых}}^0$ , мА	$I_{\text{вых}}^1$ , мА
ЛЕ5	0,9	0,5
ЛА7	0,45	0,55
ЛН1	5,3	0,5
ЛН2	8,0	1,25
ТМ2	0,9	0,6
КТ3	7,2	7,2

## Задержки (561, 564, $U_{\text{иП}}=10\text{В}$ )

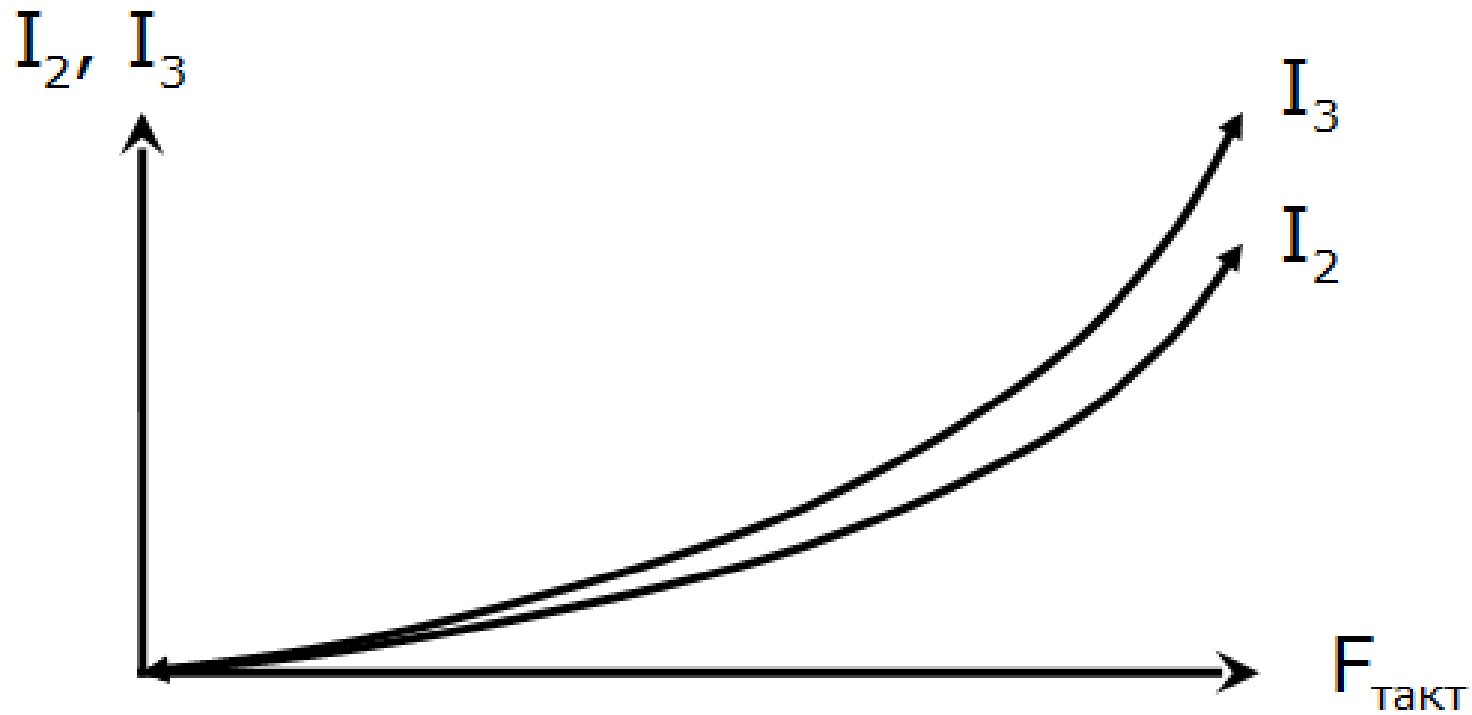
---

Тип ИС	$t_{\text{зд}}^{01}$ , нс	$t_{\text{зд}}^{10}$ , нс
ЛЕ5	90	80
ЛН1	230	180
ИМ1	270	270
ТМ2	420	420
ТВ1	250	250
ИР11	300	300

# Потребление тока

---

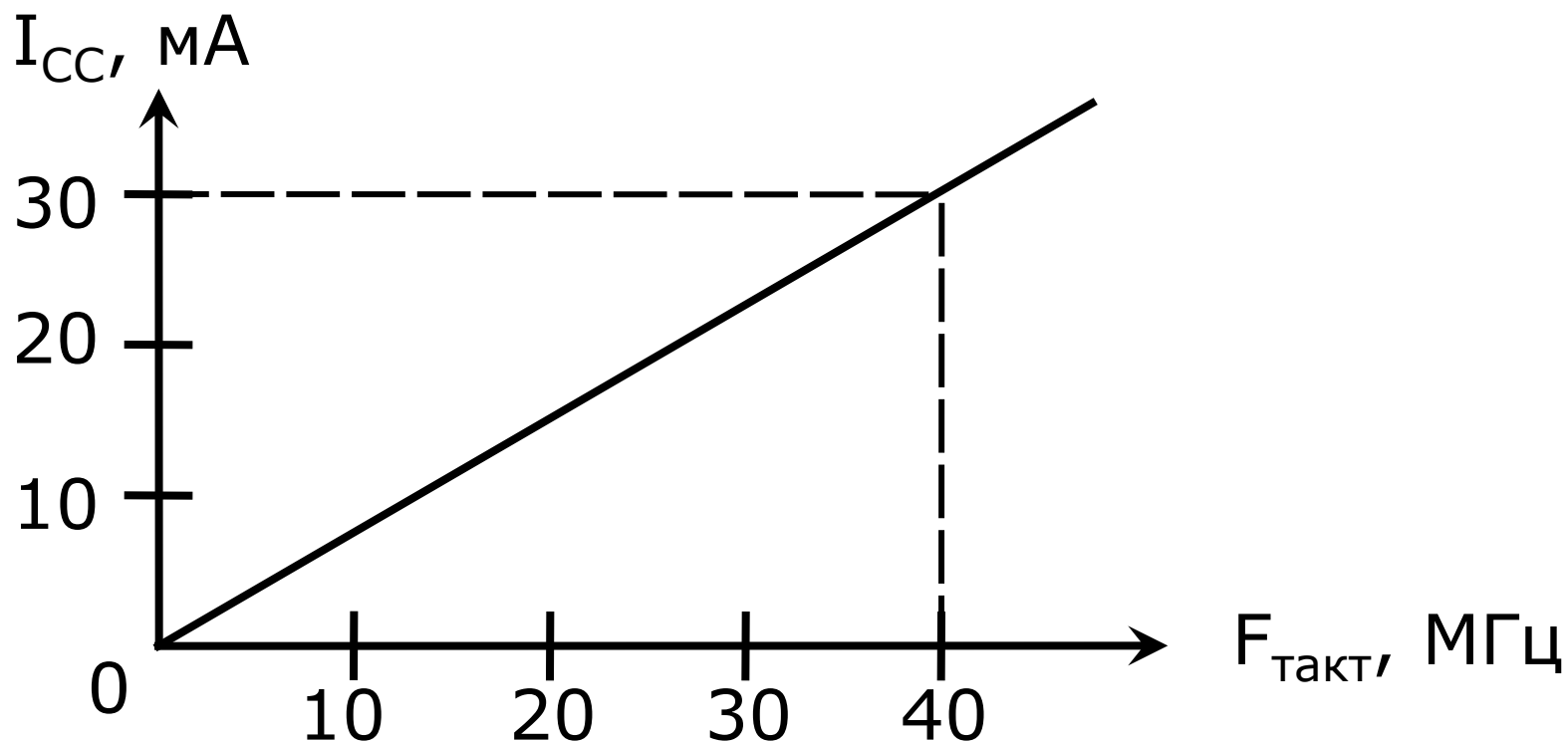
$$I_{\text{потр}} = I_1 + I_2 + I_3$$



# Серия 1554

---

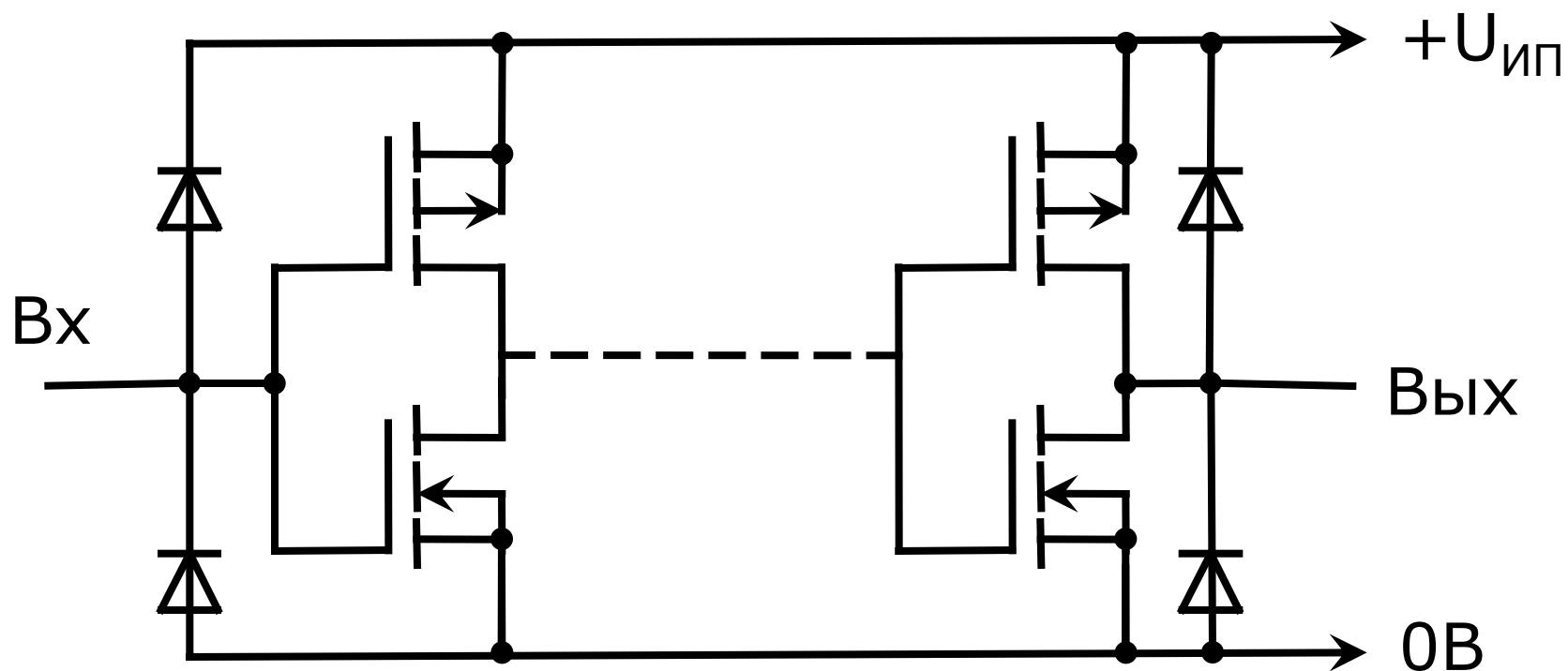
К1554ЛА3



$U_{CC} = 5\text{В}, C_L = 50\text{пФ}, T = 25^\circ\text{C}, N = 1$

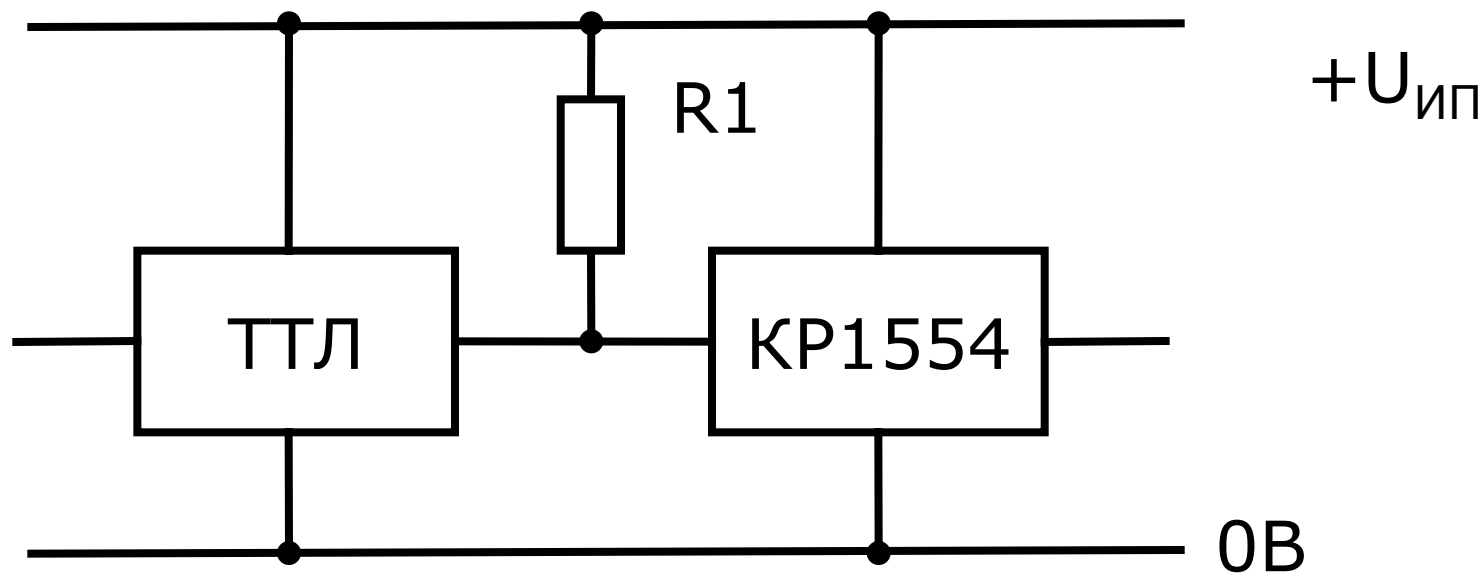
# Серия 1554: входы и выходы

---



## Серия 1554: подключение к ТТЛ

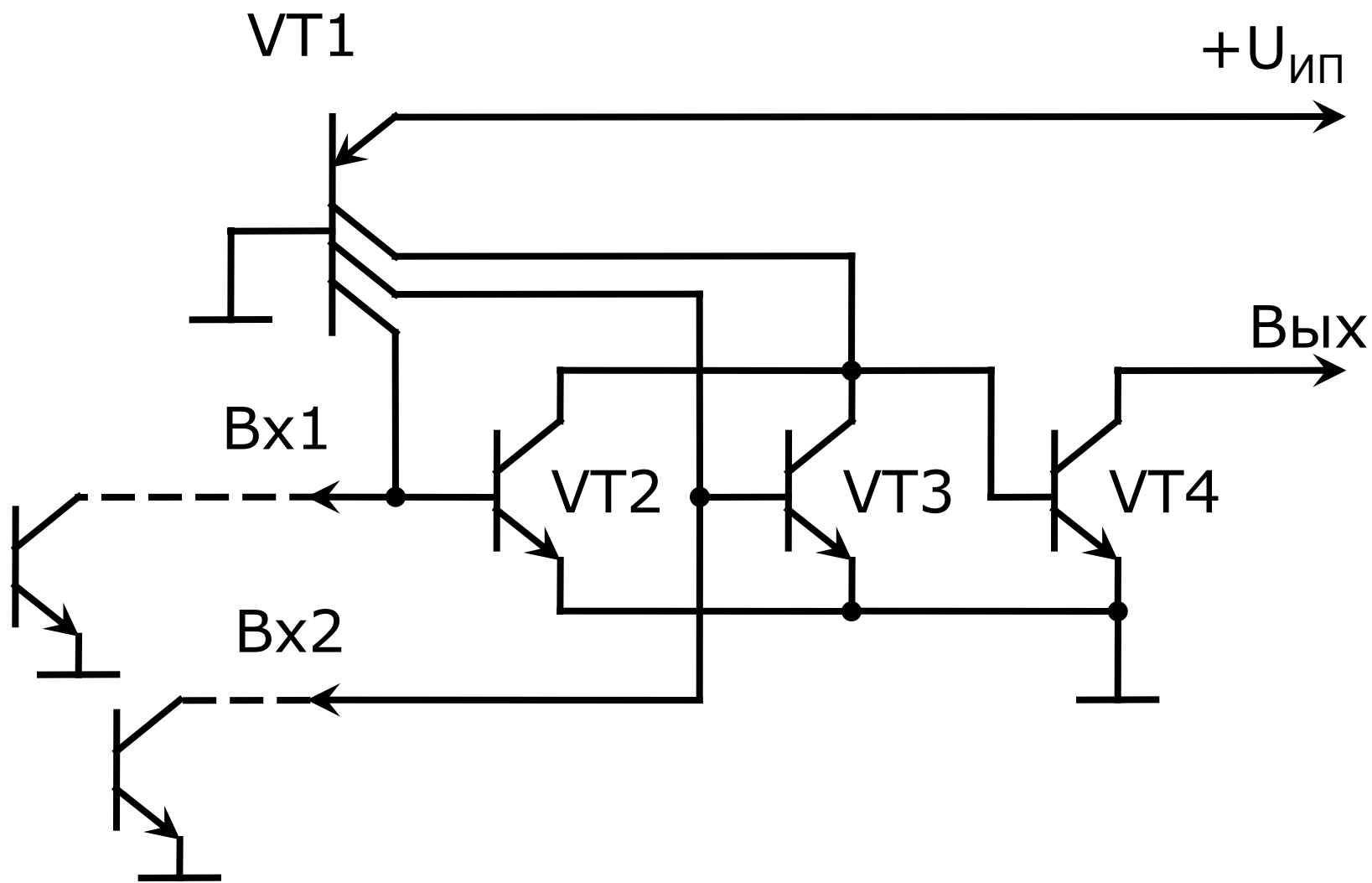
---



$$R1 = 0,25 - 4,7 \text{ кОм} \pm 5\%$$

# Интегральная инжекционная логика И<sup>2</sup>Л

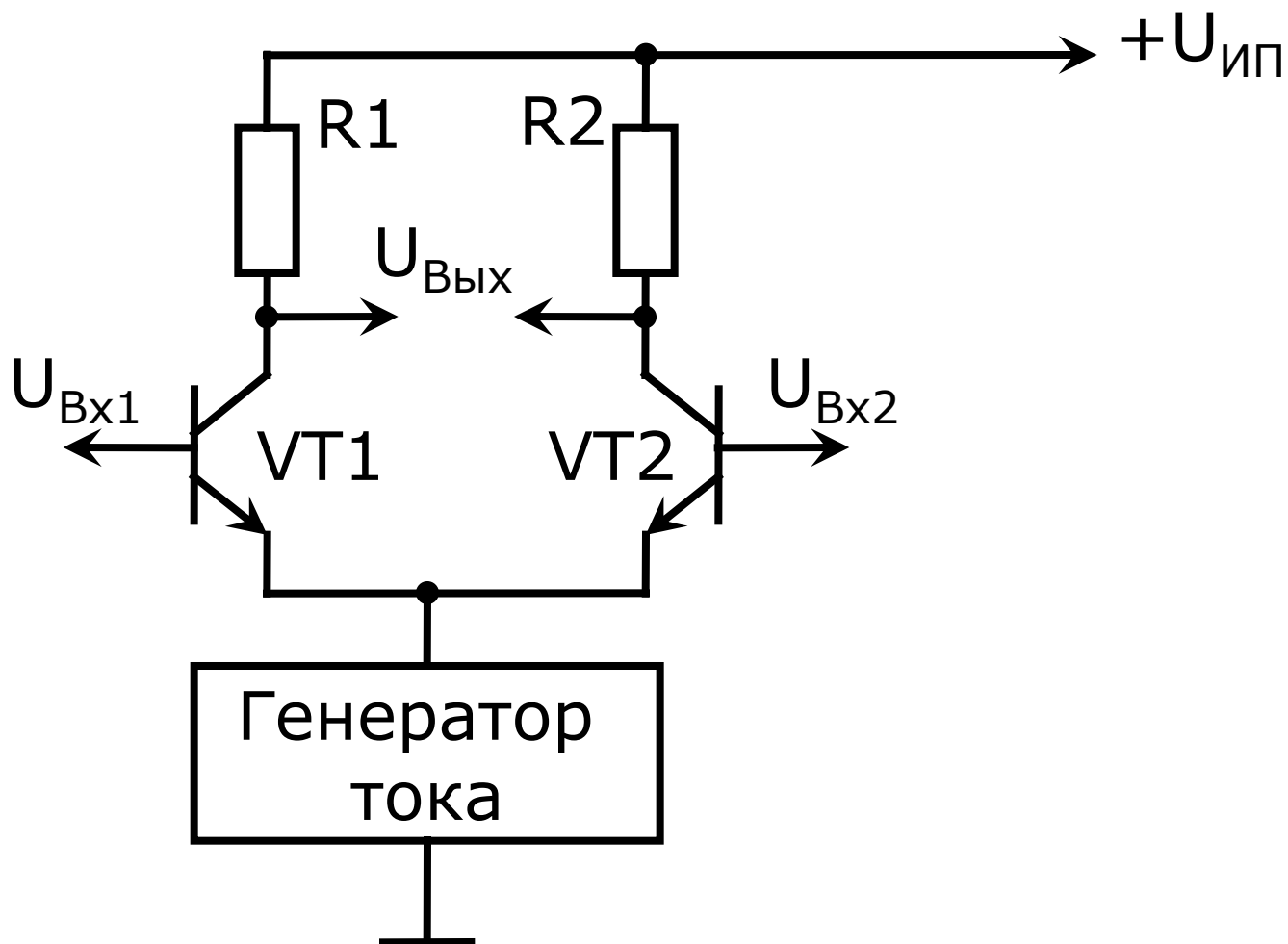
---





# Эмиттерно-связная логика

---



## Базовый элемент ЭСЛ К500

