

Лекция 5. Элементная база ЭВМ

Информация?

Из Лекции №1:

Информация (от *informatio* - осведомление, разъяснение, изложение) - абстрактное понятие, имеющее множество значений, зависящих от контекста. В узком смысле этого термина - сведения (сообщения, данные) независимо от формы их представления. Общего определения термина информация нет. С точки зрения разных областей знания он описывается своими специфическими наборами признаков. Достаточно часто этот термин можно трактовать, как совокупность данных, зафиксированных на каком-то носителе, сохраненных и передаваемых.

«Информация» в разговорном языке означает передаваемые сведения, знания, нечто осмысленное и как-то полезное получателю. **Informare с латыни — «научать».**

ИНФОРМАЦИЯ - это явление, которое характеризуется наличием источника, приемника, канала связи и т.д.

Аналоговое представление информации



Акустические волны. Микрофон

$$U(t) = k(P(t) - P_0)$$

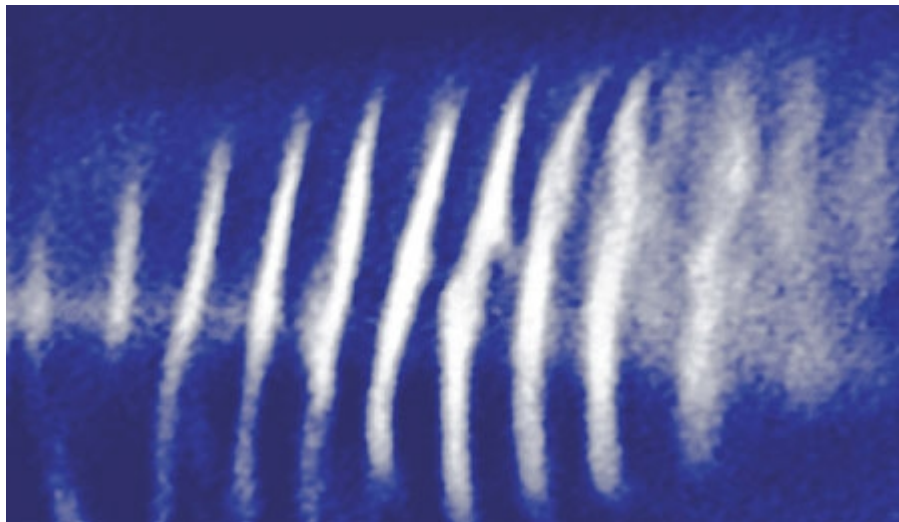
$U(t)$ – электрическое напряжение

$P(t)$ – давление воздуха

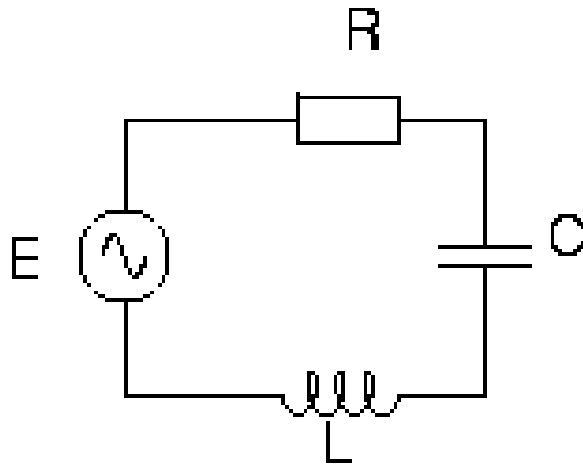
P_0 – среднее давление воздуха

k – коэффициент преобразования

**$U(t)$ и $P(t)$ - непрерывные
во времени функции**



Электрический сигнал



Энергия заряженного конденсатора:

Энергия катушки индуктивности:

Закон Кирхгофа

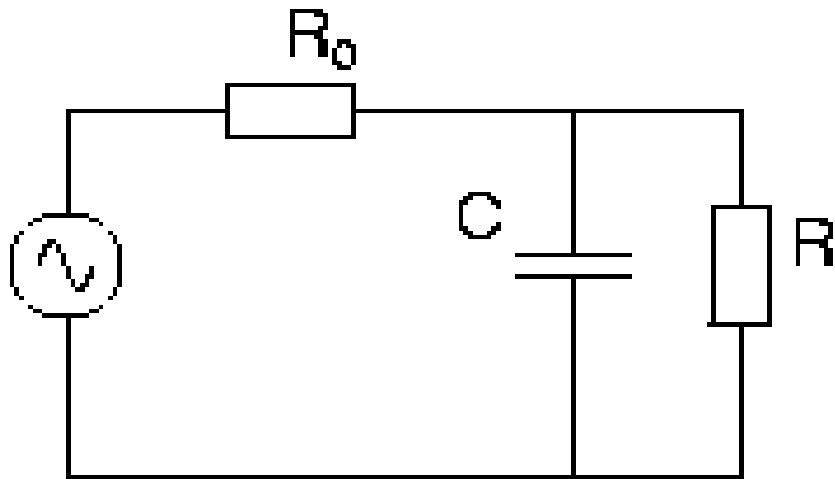
$$E(t) = R \cdot I + L \cdot \left(\frac{dI}{dt} \right) + \frac{1}{C} \int I dt$$

$$W_C = \frac{C \cdot U^2}{2}$$

$$W_L = \frac{L \cdot I^2}{2}$$

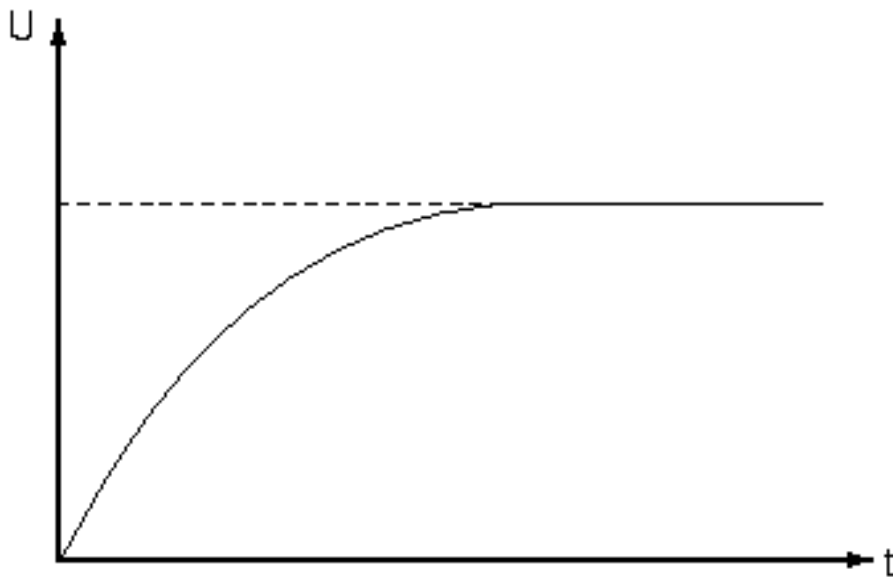
энергоемкие и инерционные параметры

Влияние емкости

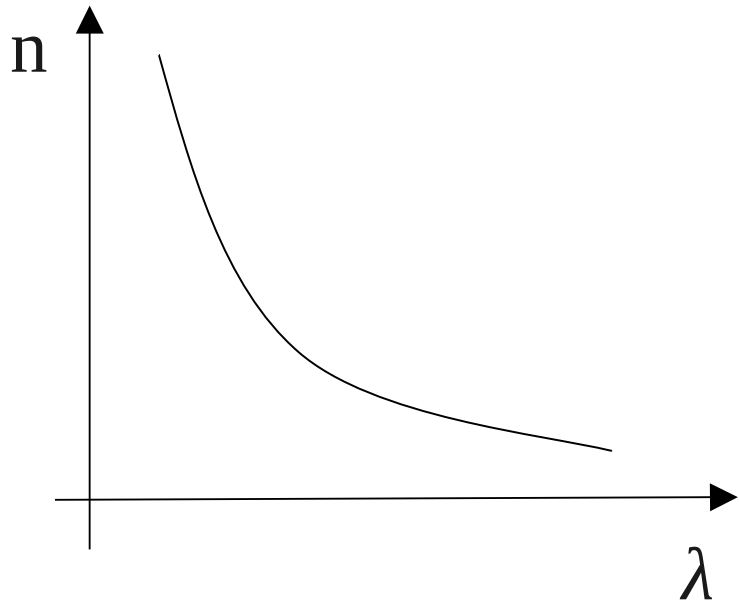


$$U_{C\infty} = U_0 \frac{R}{(R_0 + R)}$$

$$U_C(t) = U_0 \frac{R}{(R_0 + R)} \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)}\right), \tau \sim RC$$



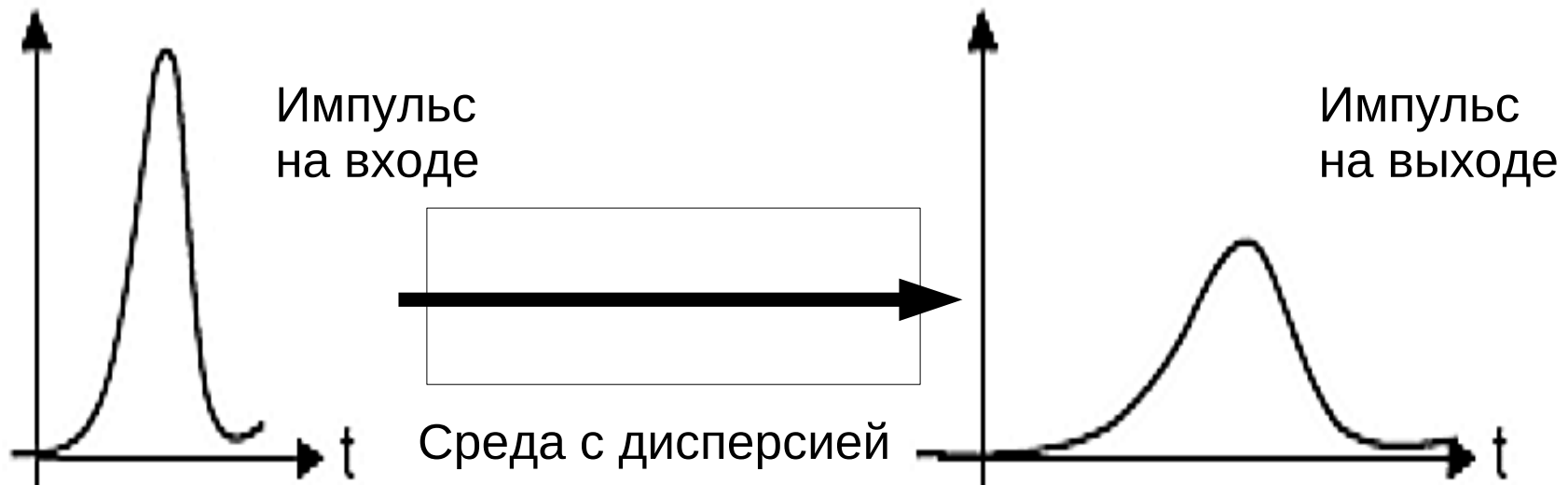
Оптический сигнал. Дисперсия



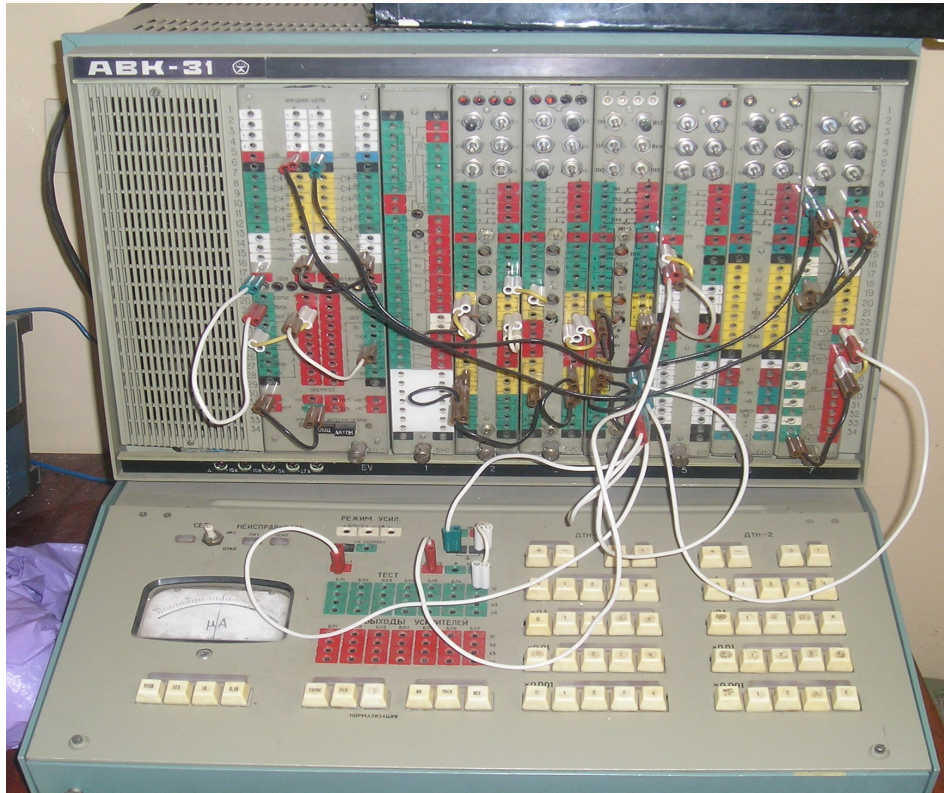
Дисперсия: зависимость абсолютного показателя преломления от длины волны

$$V = \frac{c}{n}$$

$$U_{\text{вход}}(t) \rightarrow U(\omega) \rightarrow U_{\text{выход}}(t)$$



Аналоговые вычислительные машины



Закон Кирхгофа

$$E(t) = R \cdot I + L \cdot \left(\frac{dI}{dt} \right) + \frac{1}{C} \int I dt$$

Операции:

интегрирования,
дифференцирования,
суммирование,
Логические операции



Работа в реальном времени

Специализированность —
сложность перепрограммирования

Цифра? Дискретизация. Квантование

Измерение - фиксируем время измерения, берем некий эталон и начинаем сравнивать величину с этим эталоном.

$$U = a_0 + a_1 \cdot b + a_2 \cdot b^2 + \dots + a_n \cdot b^n$$

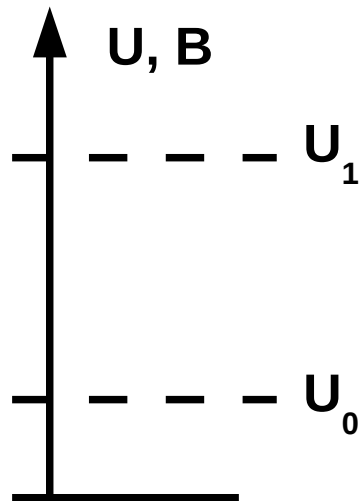
b – основание системы счисления

a_i — коэффициенты, изменяющиеся в диапазоне $[0, b - 1]$. .

Аналоговый сигнал	Цифровой сигнал
Определен в любой момент времени	Неизменен на определенном интервале
Искажается при передаче	Передается без искажения

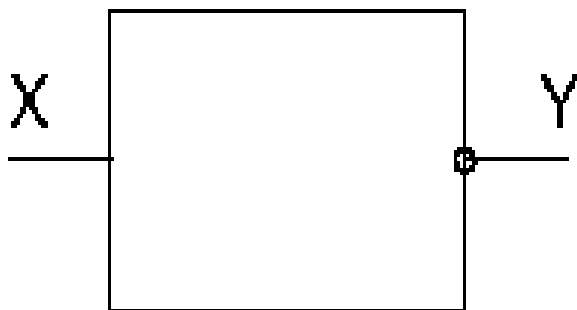


Физическое представление информации



«1» — U_1
«0» — U_0

$U_0 < U_1$ — положительная логика
 $U_0 > U_1$ — отрицательная логика

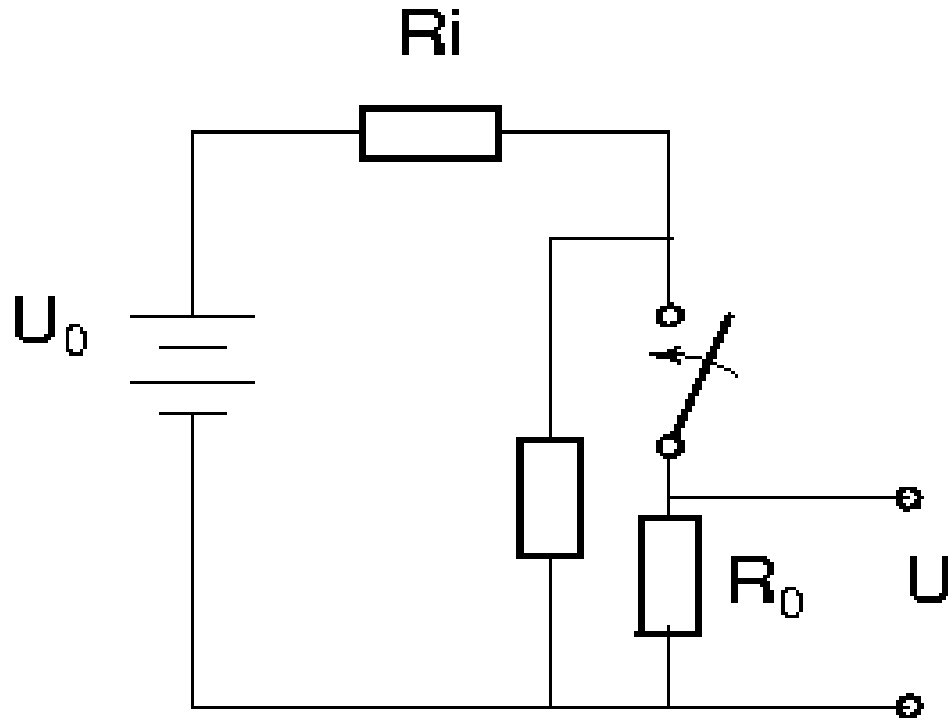


Инвертор

Перевод из одной логики в другую

X	Y
1	0
0	1

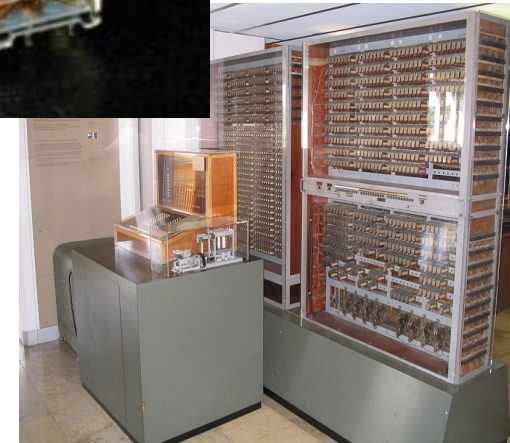
Простейший коммутирующий элемент



Ключ разомкнут: $U=0$

Ключ замкнут: $U = U_0 \frac{R_0}{R_i + R_0}$

Реле из Z3 (Германия, 1941)



Частота: **5,3 Гц**

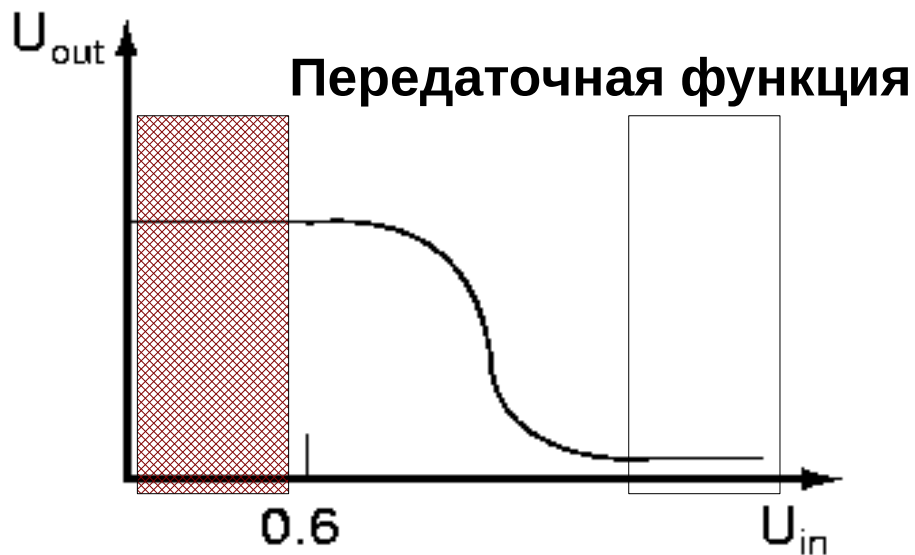
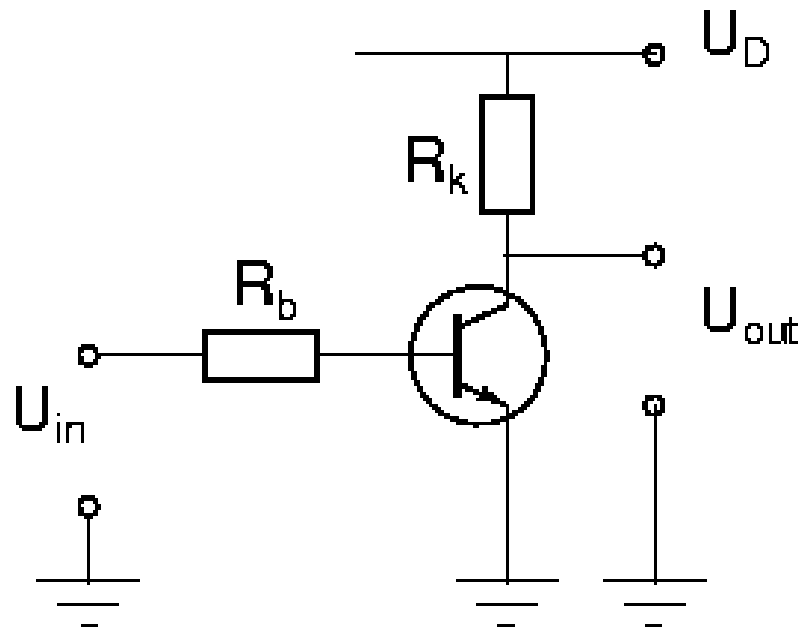
Скорость: сложение - **0,8 сек**

умножение - **3 сек**

Потребление энергии: **4 кВт**

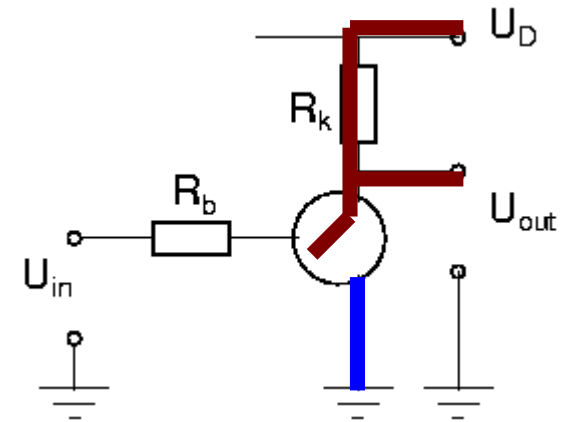
Масса: **1000 кг**

Транзисторный ключ

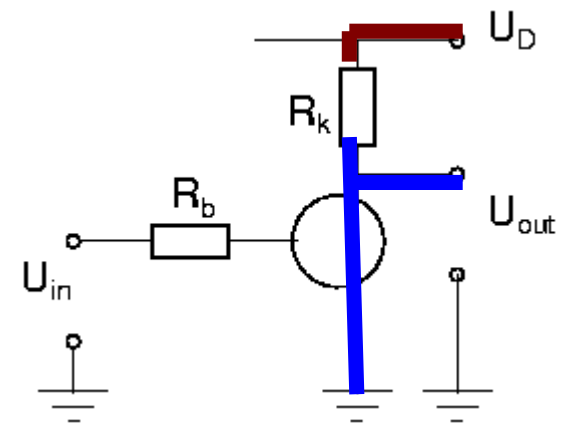


Эквивалентные схемы

$U_{in} = 0$, транзистор закрыт

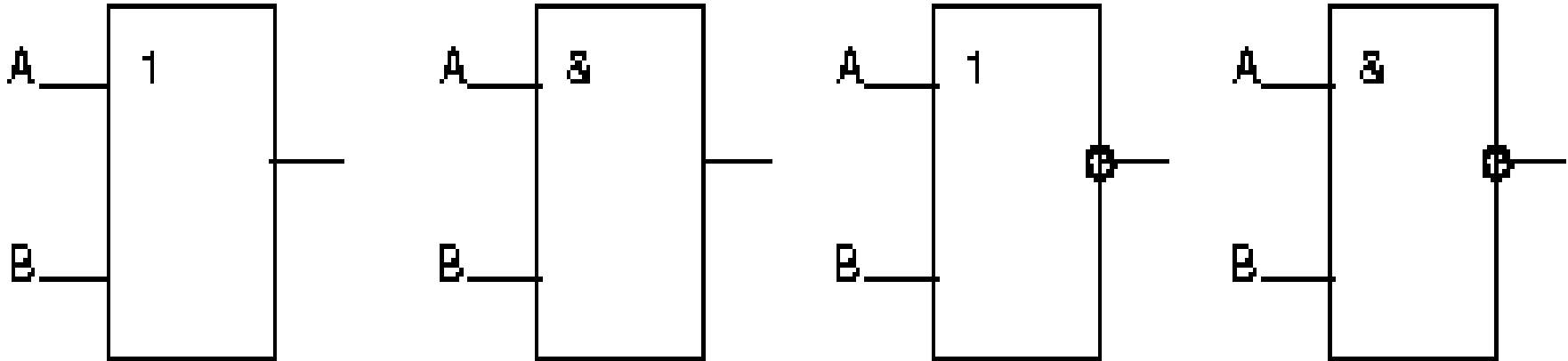


$U_{in} \gg 0.6$ В, транзистор открыт



Основные логические элементы

НЕ, И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ



A	B	ИЛИ	И	ИЛИ-НЕ	И-НЕ
0	0	0	0	1	1
0	1	1	0	0	1
1	0	1	0	0	1
1	1	1	1	0	0

Основные характеристики логических схем

**Средняя статическая
потребляемая мощность**

$$P_{\text{стат. ср.}} = \frac{1}{2} (P^0 + P^1)$$

**Динамическая
потребляемая мощность**

$$P_{\text{дин. ср.}} = A_{\text{ср}} \cdot \nu$$

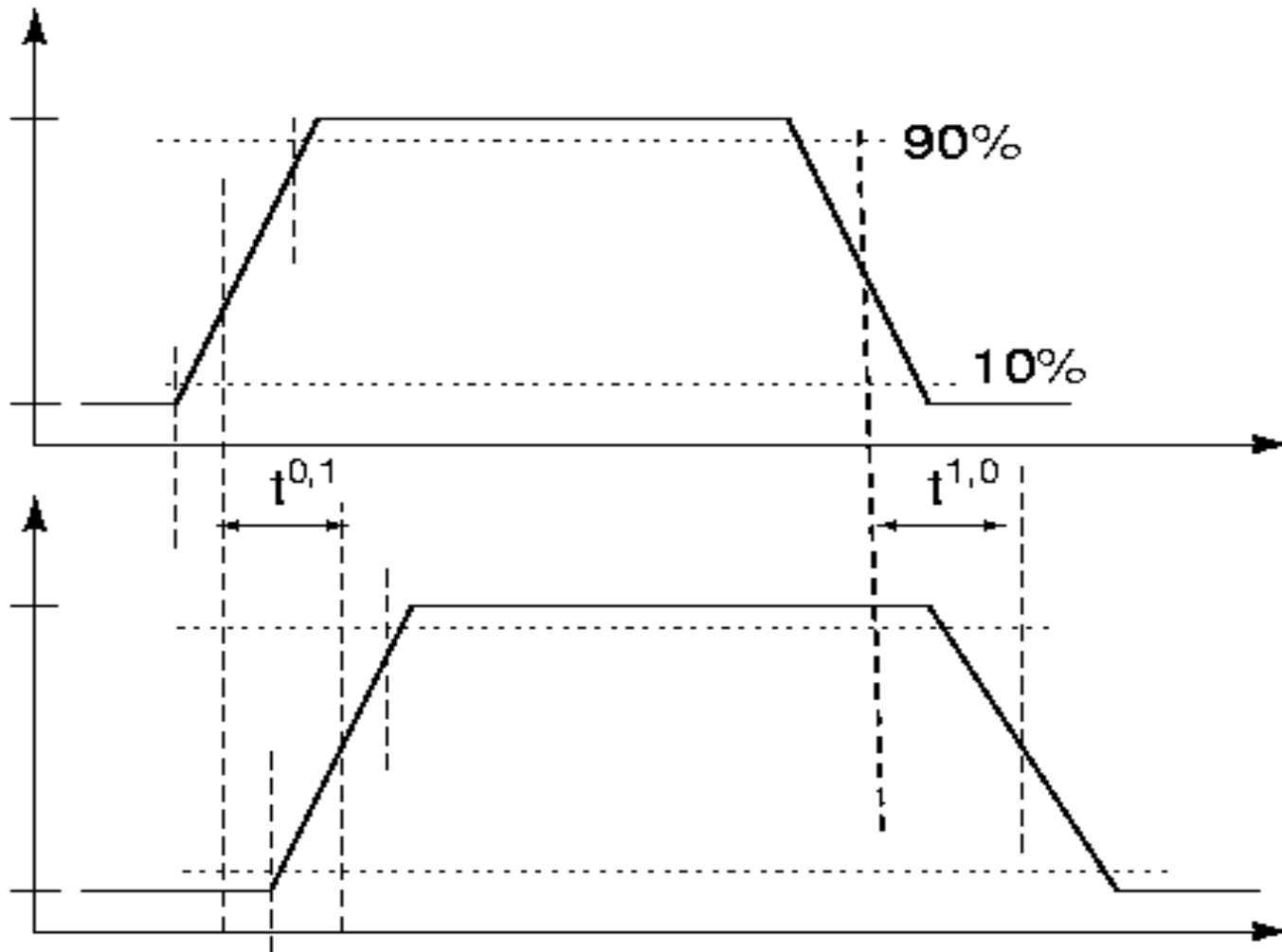
$A_{\text{ср}}$ – работа переключения,
 ν – частота переключений

$$A_{\text{ср}} \sim E^2 \cdot C_{\text{н}}$$

$$A_{\text{ср}} \sim E^2 \cdot a^2 \longrightarrow P_{\text{дин. ср.}} \sim E^2 \cdot a^2 \cdot \nu$$

Основные характеристики логических схем

Среднее время задержки распространения сигнала



Основные характеристики логических схем

Коэффициент разветвления по выходу - К

Допустимое число нагрузок, подключаемых к выходу элемента (подключаются входы аналогичных элементов).

Статическая помехоустойчивость – $U_{п.ст}$

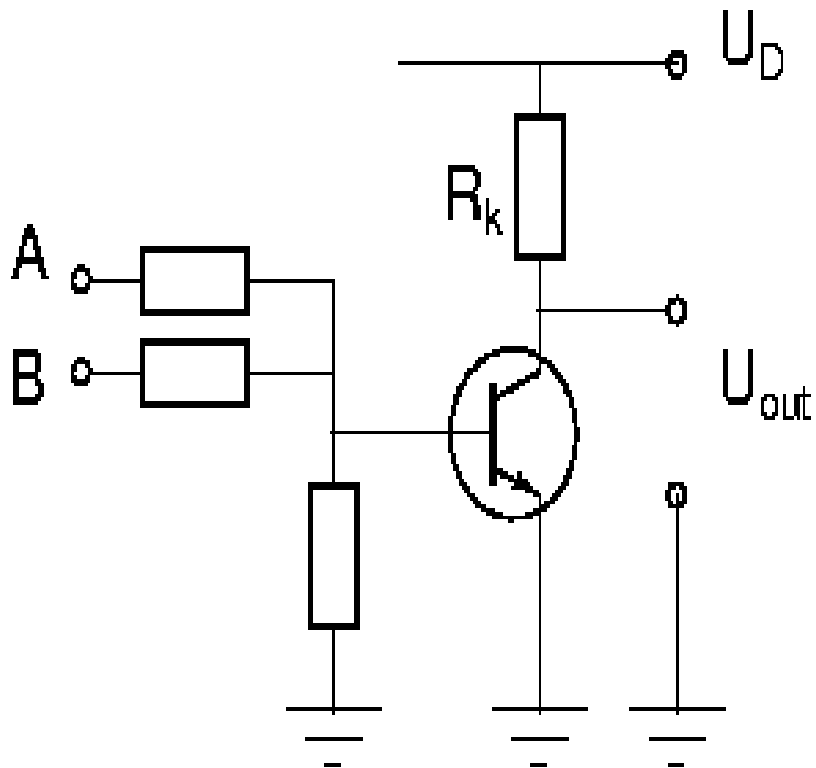
Максимально допустимое напряжение статической помехи. (статическая помеха – время ее действия $\gg$ времени переключения элемента)

Таблица параметров логически схем

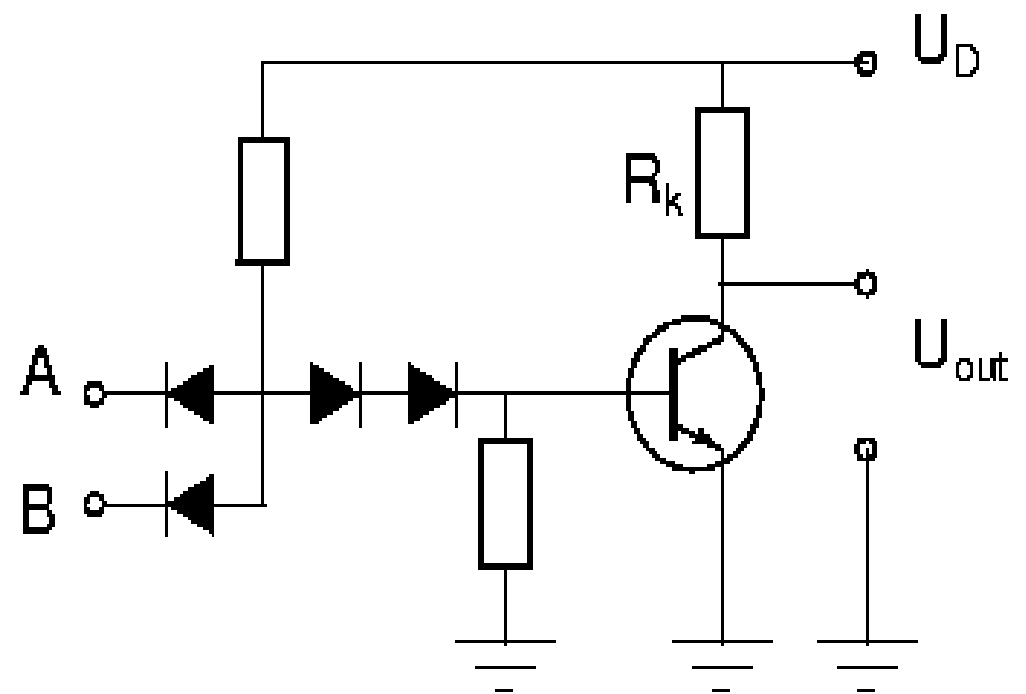
Тип логики	$P_{\text{ст. ср.}}$, мВт	$t_{\text{зд. ср.}}$, нс	$A_{\text{ср.}}$, пДж	К, шт	U п.ст., В
ТТЛ					
ТТЛШ					
ЭСЛ					
МОП					
КМОП					
БиКМОП					
МЕР					

Предшественники TTL

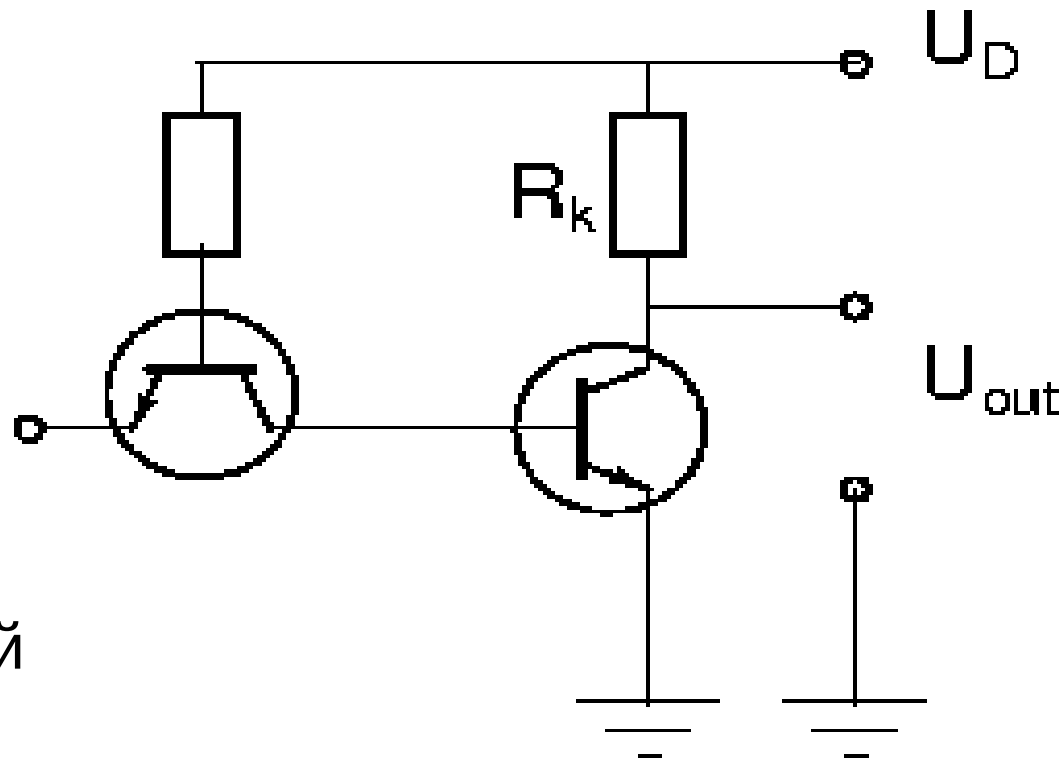
RTL для элемента
ИЛИ-НЕ



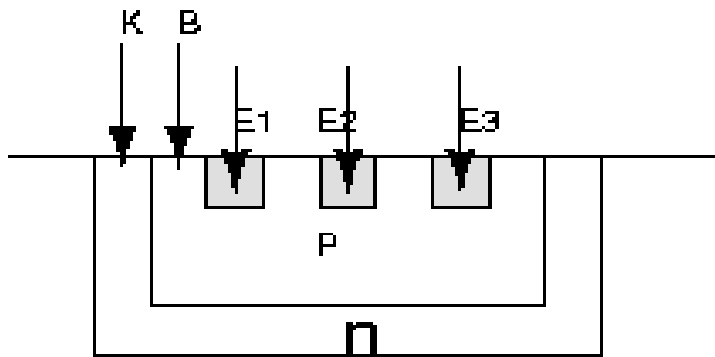
И-НЕ для DTL



Логика TTL. Схема инвертора



Многоэмитерный
транзистор



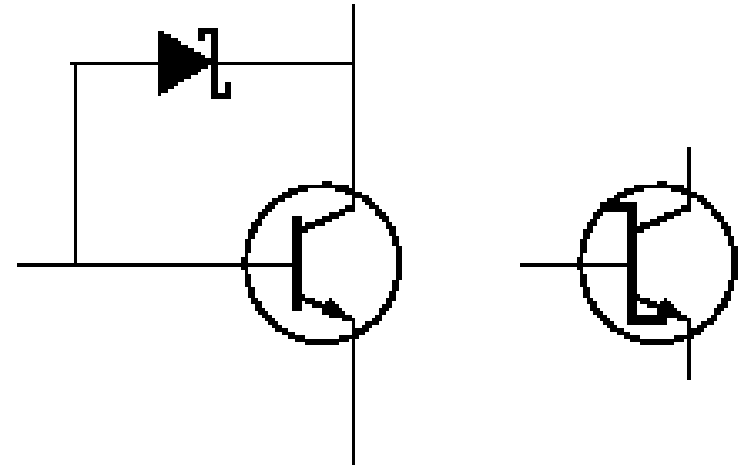
Характеристики TTL

Тип логики	$P_{\text{ст. ср.}}$, мВт	$t_{\text{зд. ср.}}$, нс	$A_{\text{ср.}}$, пДж	К, шт	U п.ст. В
ТТЛ	1 - 20	5 - 20	50 - 100	10	0,8 - 1
ТТЛШ					
ЭСЛ					
МОП					
КМОП					
БиКМОП					
МЕП					

ТТЛ с диодами Шоттки

Диод Шоттки:

- работа на основных носителях;
- отсутствие обратного тока;
- быстрый переход из прямого в обратное состояние;



Тип логики	$P_{ст. ср.},$ мВт	$t_{зд. ср.},$ нс	$A_{ср},$ пДж	К, шт	U п.ст. В
ТТЛ	1 - 20	5 - 20	50 - 100	10	0,8 - 1
ТТЛШ	1 – 20	2 - 10	10 - 50	10	0,5 – 0,8

Эмиторно-связанная логика

Транзисторы работают в линейном режиме —
высокое быстродействие

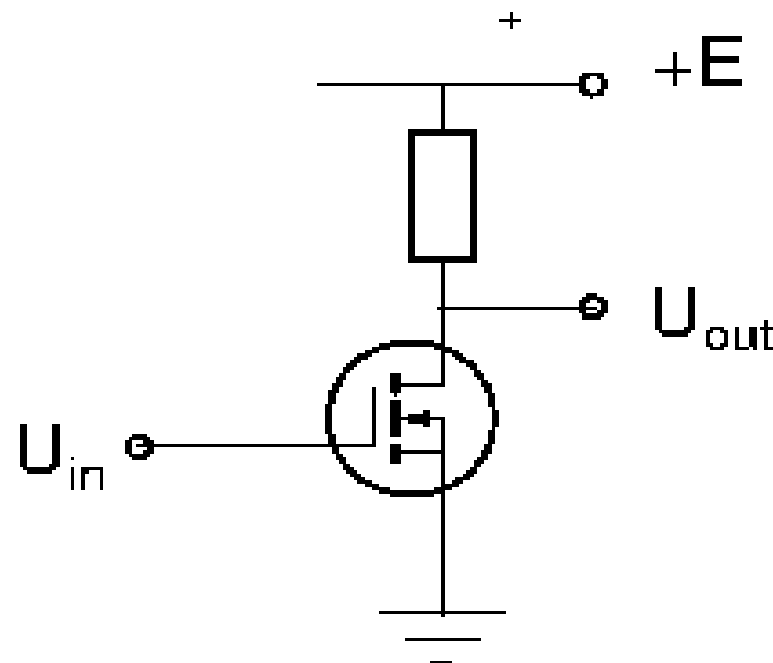
Уровни «1» и «0» слабо различаются — слабая
помехоустойчивость

Тип логики	$P_{\text{ст. ср.}}$, мВт	$t_{\text{зд. ср.}}$, нс	$A_{\text{ср.}}$, пДж	K , шт	$U_{\text{п.ст.}}$ В
ТТЛ	1 - 20	5 - 20	50 - 100	10	0,8 - 1
ТТЛШ	1 - 20	2 - 10	10 - 50	10	0,5 - 0,8
ЭСЛ	20 - 50	0,5 - 2	20 - 50	10 - 20	0,2 - 0,3

МОП

Полевой транзистор:

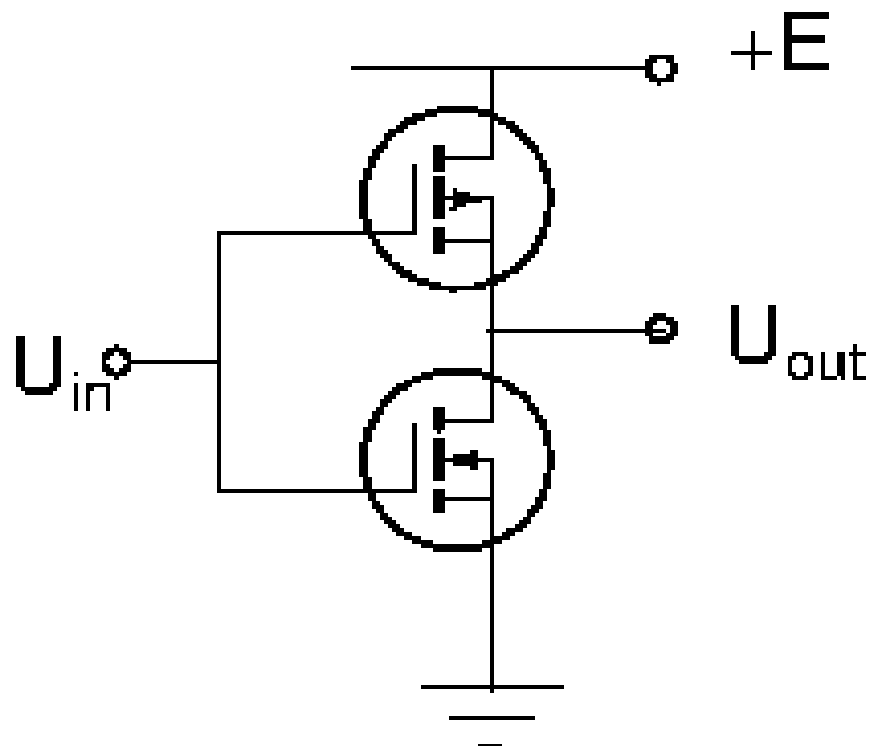
- нет тока затвора – просто соединять и анализировать схемы;
- логические уровни не зависят от нагрузки – последующих каналов;



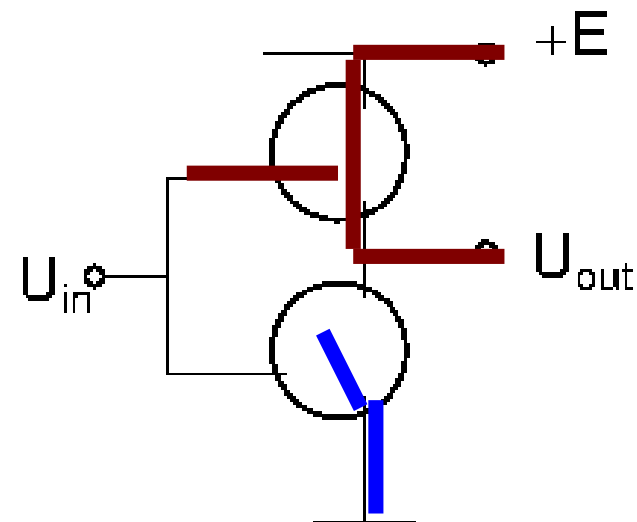
Тип логики	$P_{ст. ср.},$ мВт	$t_{зд. ср.},$ нс	$A_{ср.},$ пДж	К, шт	U п.ст. В
ТТЛ	1 - 20	5 - 20	50 - 100	10	0,8 - 1
МОП	1 - 10	20 - 200	50 - 200	10 - 20	2 - 3

КМОП

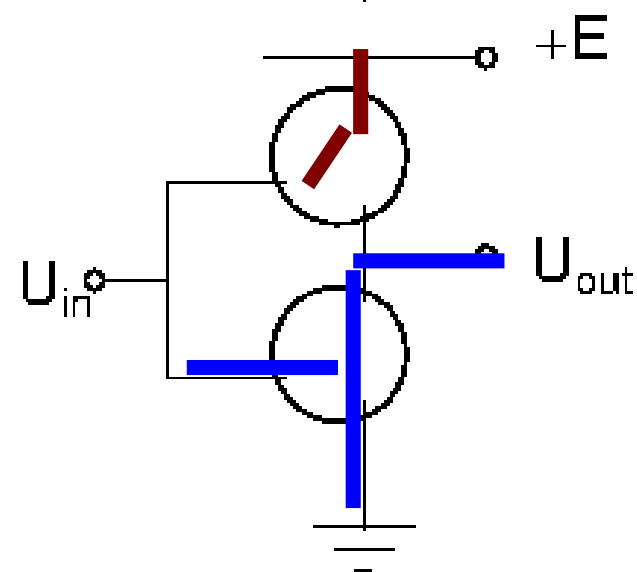
Эквивалентные схемы



$$U_{in} > 0$$



$$U_{in} < 0$$



Преимущество – низкое потребление

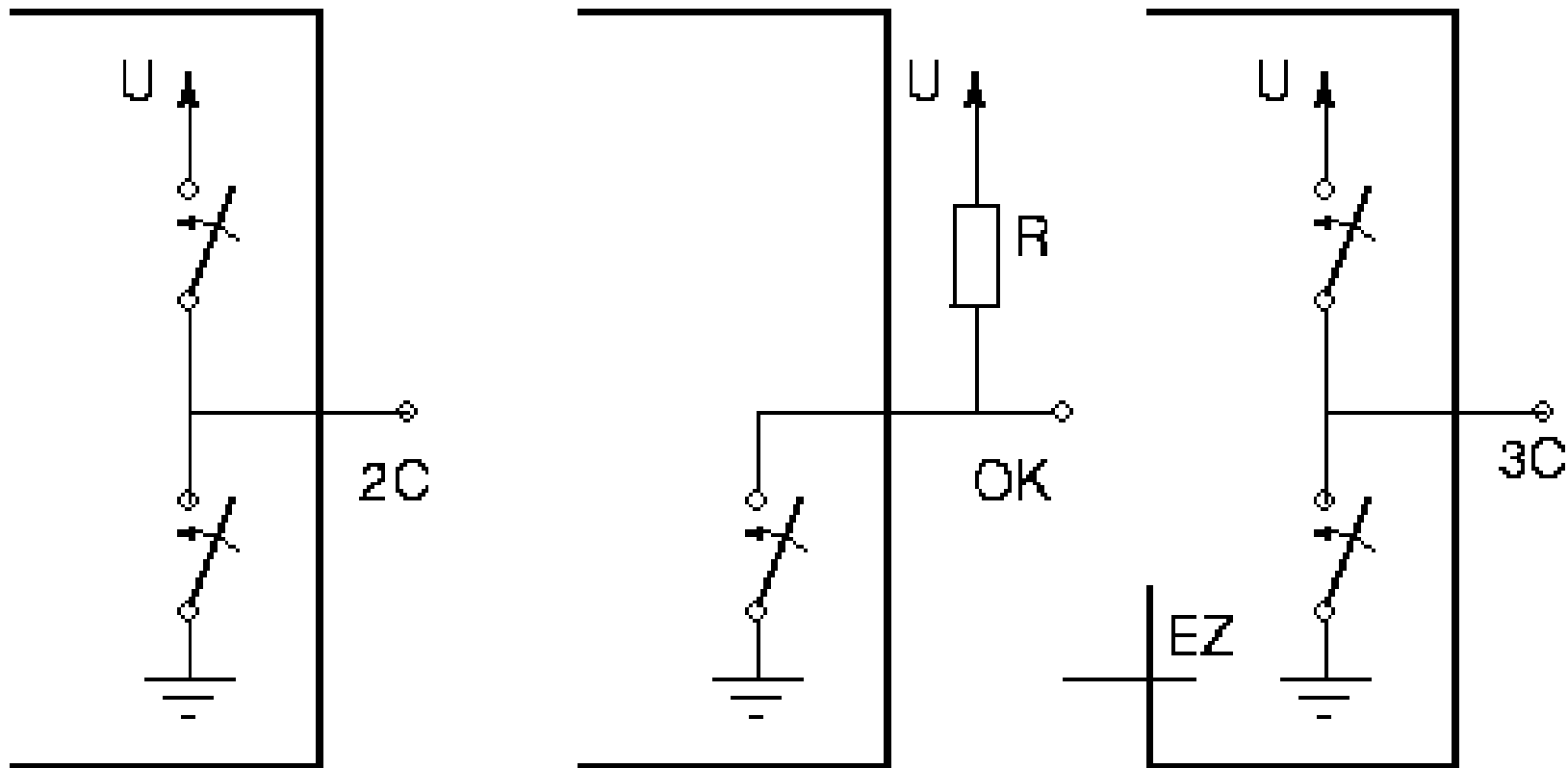
Недостаток – медленно

Таблица параметров логически схем

Тип логики	$P_{\text{ст. ср.}}$, мВт	$t_{\text{зд. ср.}}$, нс	$A_{\text{ср.}}$, пДж	К, шт	U п.ст. В
ТТЛ	1 - 20	5 - 20	50 - 100	10	0,8 - 1
ТТЛШ	1 - 20	2 - 10	10 - 50	10	0,5 - 0,8
ЭСЛ	20 - 50	0,5 - 2	20 - 50	10 - 20	0,2 - 0,3
МОП	1 - 10	20 - 200	50 - 200	10 - 20	2 - 3
КМОП	0,01 - 0,1	10 - 50	0,5 - 5,0	10 - 20	1 - 2
БиКМОП	0,01 - 0,1	2 - 10	2 - 20	10 - 100	1 - 2
МЕП	0,1 - 0,5	0,15 - 0,5	0,1 - 0,5	2 - 5	0,1 - 0,2

Типы выходов микросхем

- стандартный выход, два состояния (2С, 2S, TTL)
- выход с открытым коллектором (ОК, ОС)
- выход с тремя состояниями (3С, 3S) «Z-состояние»



Объединение микросхем. Шинная организация

