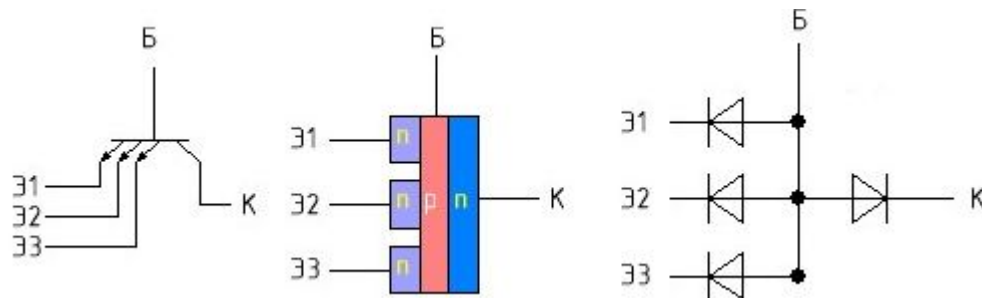


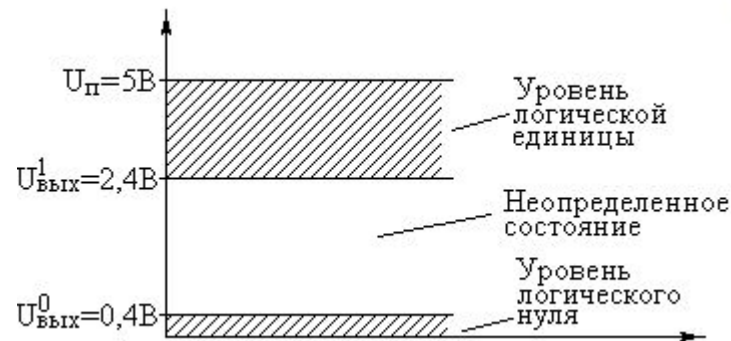
# Транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ)

## Многоэмиттерные транзисторы

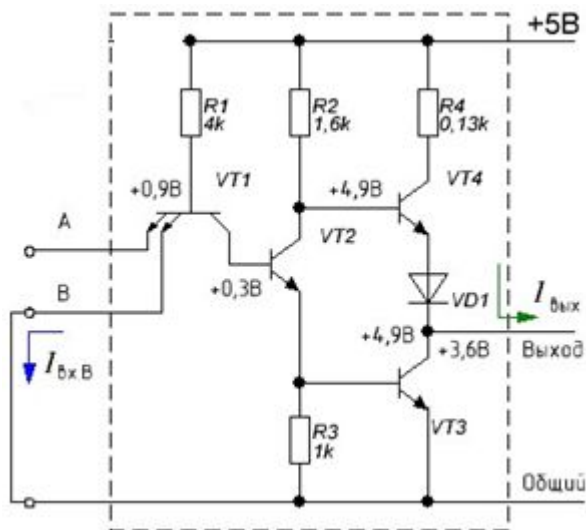
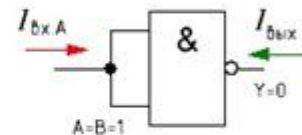
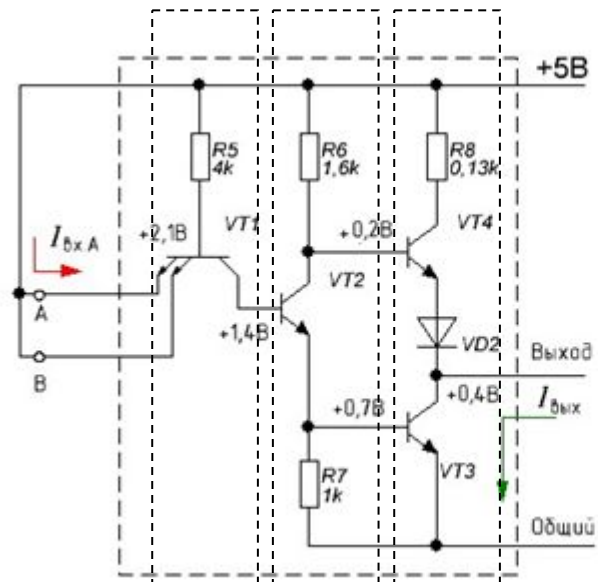
Биполярный транзистор, который имеет несколько эмиттерных областей. называют **многоэмиттерным транзистором**



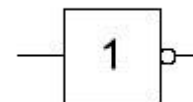
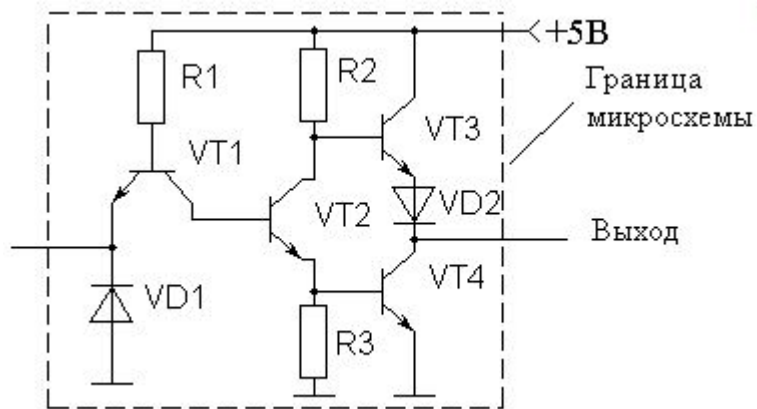
Многоэмиттерные транзисторы, в которых каждая эмиттерная область имеет отдельный внешний вывод, используются в транзисторно-транзисторной логике в качестве логического элемента «И».



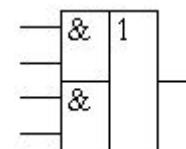
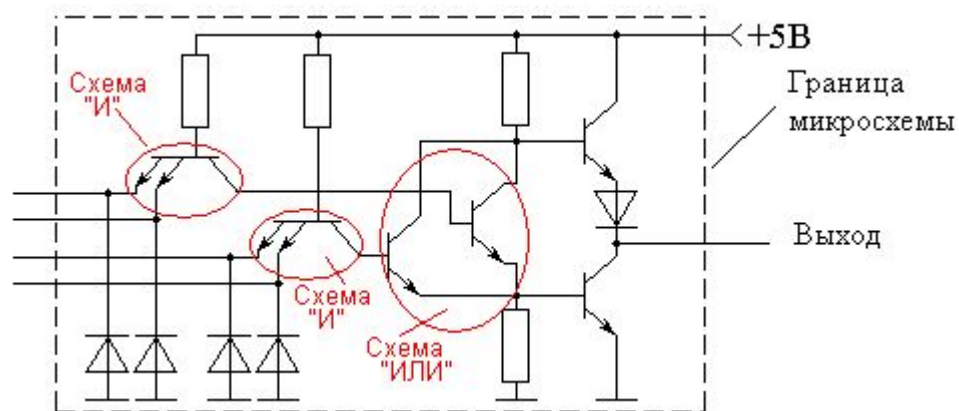
# Транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ)



# Транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ)



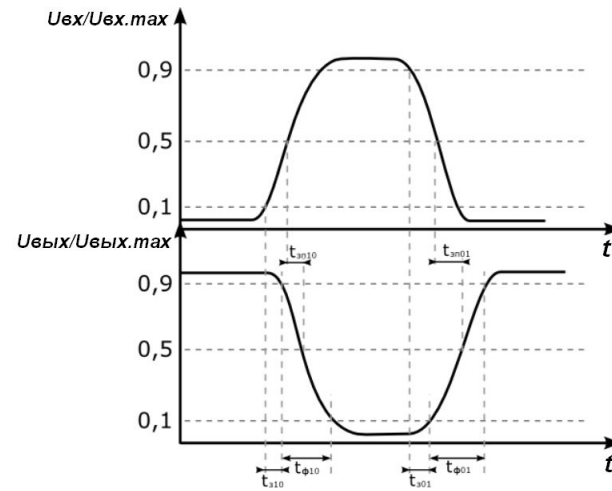
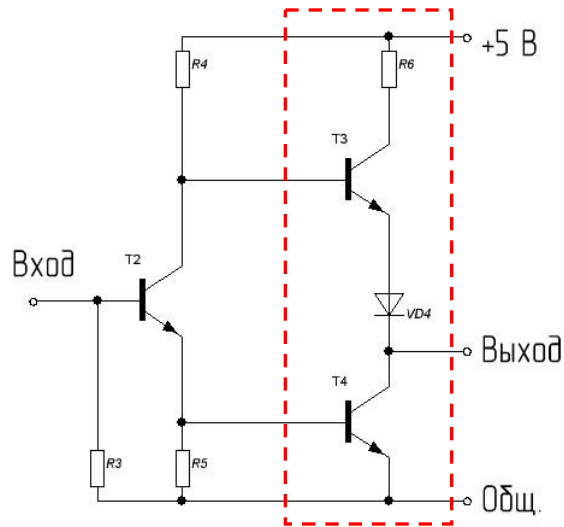
Принципиальная схема ТТЛ микросхемы "НЕ"



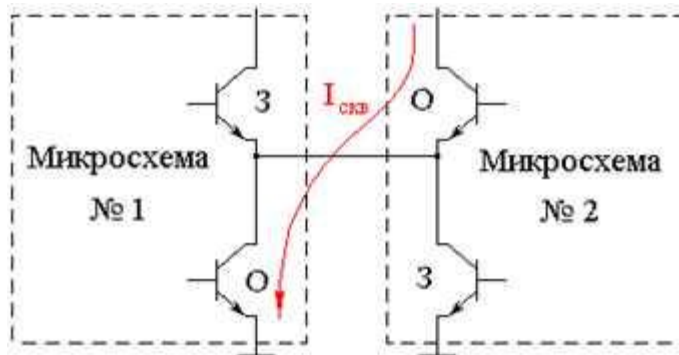
Принципиальная схема ТТЛ микросхемы "2И-ИЛИ-НЕ"

# Выходные каскады ТТЛ

## Двухтактный (сложный) выходной каскад

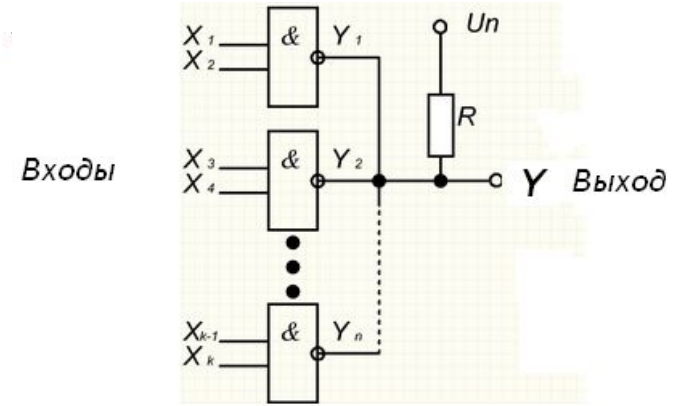
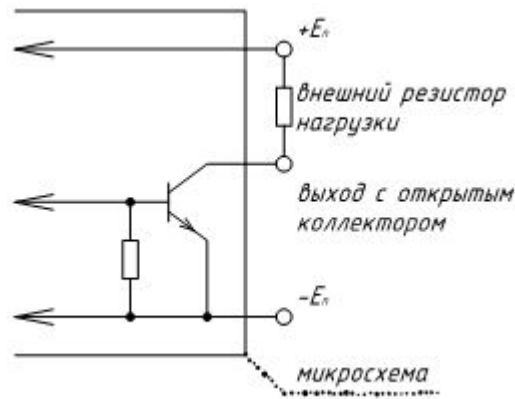
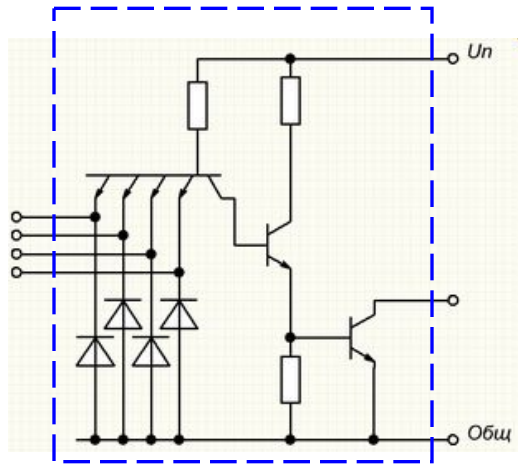


Сложный инвертор благодаря малым выходным сопротивлениям в обоих выходных состояниях обладает хорошими динамическими качествами в высокой нагрузочной способности



Опасное объединение выходных каскадов логических элементов ТТЛ

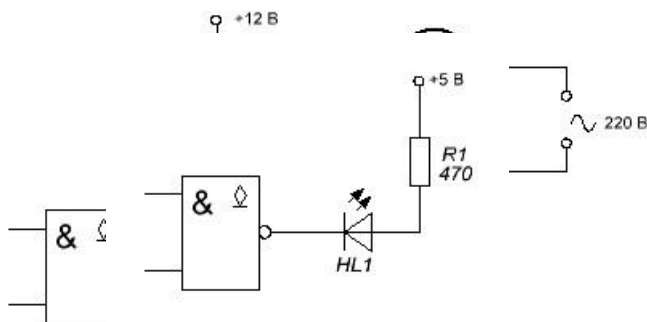
## Выходной каскад с открытым коллектором



Элементы допускают параллельное подключения нескольких выходов к общей нагрузке. Такое объединение называют монтажной или проводной логикой.

Элементы с ОК используются для:

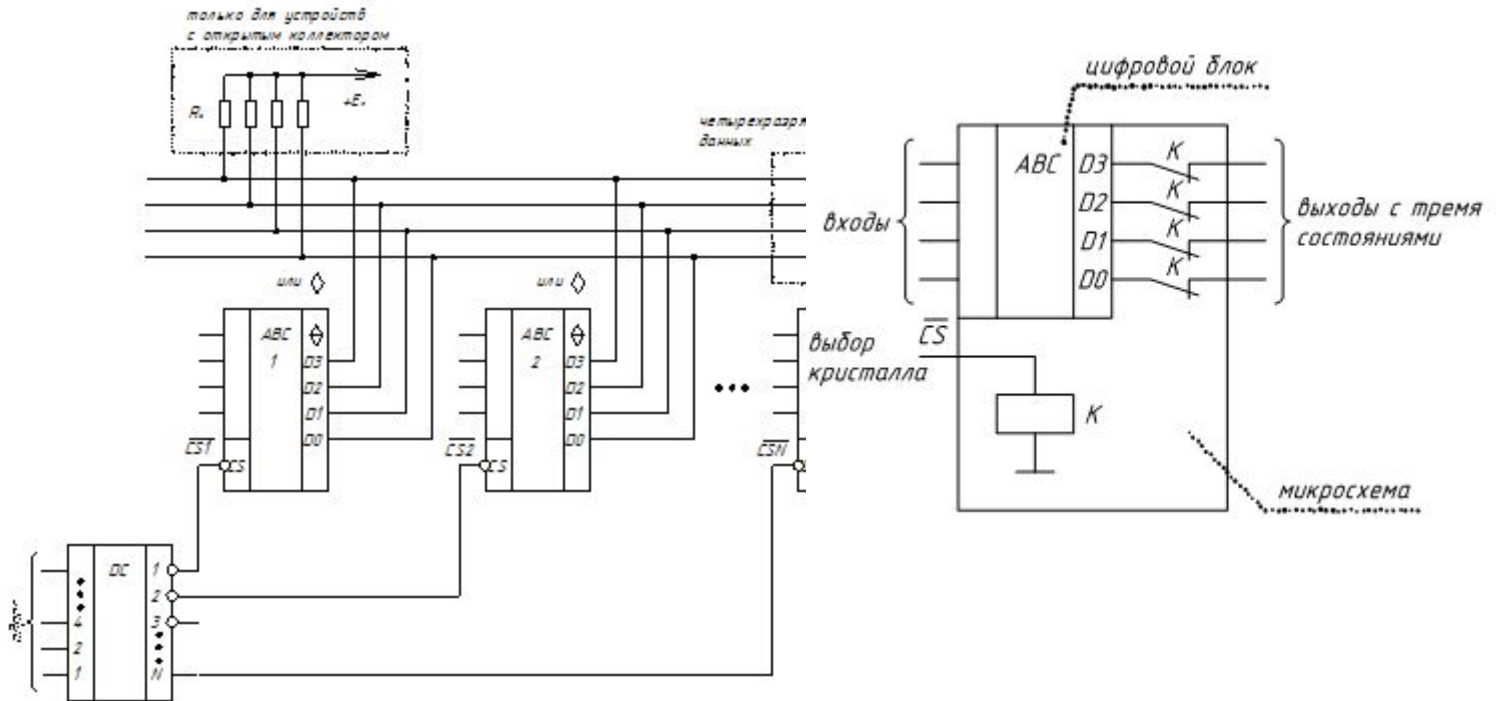
- Расширения логических возможностей базового набора элементов.
- Для согласования логических уровней, например с КМОП ( $U_n = +15\text{В}$ ).
- Управления внешними устройствами (индикаторы, реле, интерфейсы).



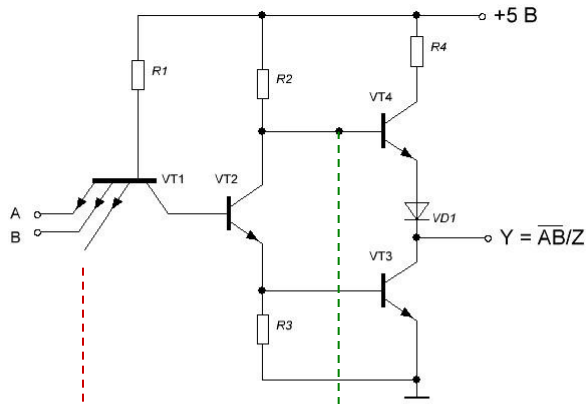
$$R_{огр} = \frac{U_R}{I_D} = \frac{U_{П} - U_D}{I_D} = \frac{5\text{В} - 1,1\text{В}}{10\text{мА}} = 0,489 \cdot 10^3 \text{ Ом}$$

# Выходной каскад с третьим состоянием (Z-состоянием)

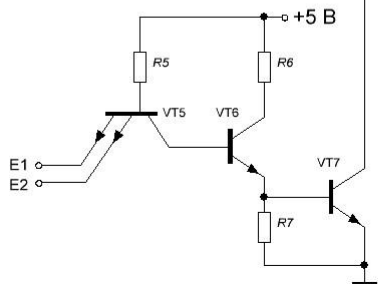
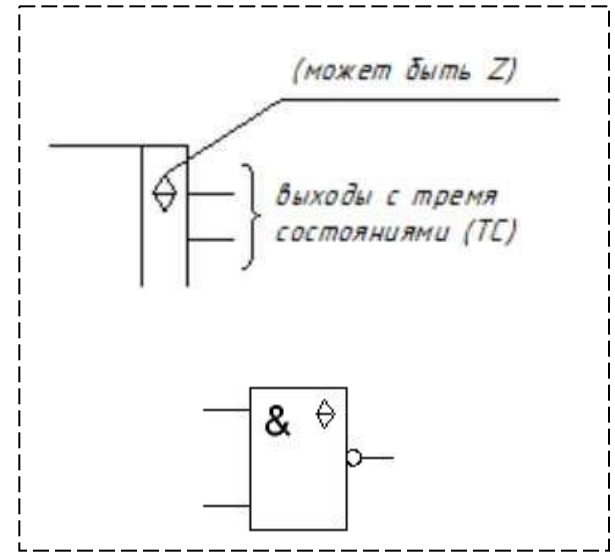
Z-состояние необходимо когда выходы нескольких логических элементов подключены к одной точке (информационной шине) и эти логические элементы работают поочередно.



Чтобы получить состояние Z достаточно закрыть оба выходных транзистора логического элемента.



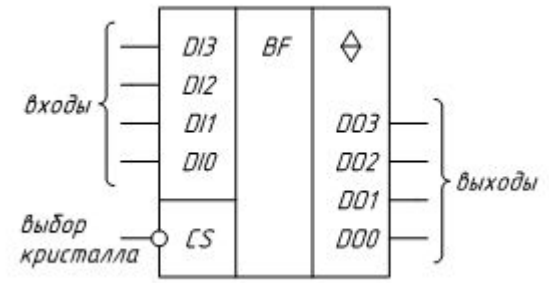
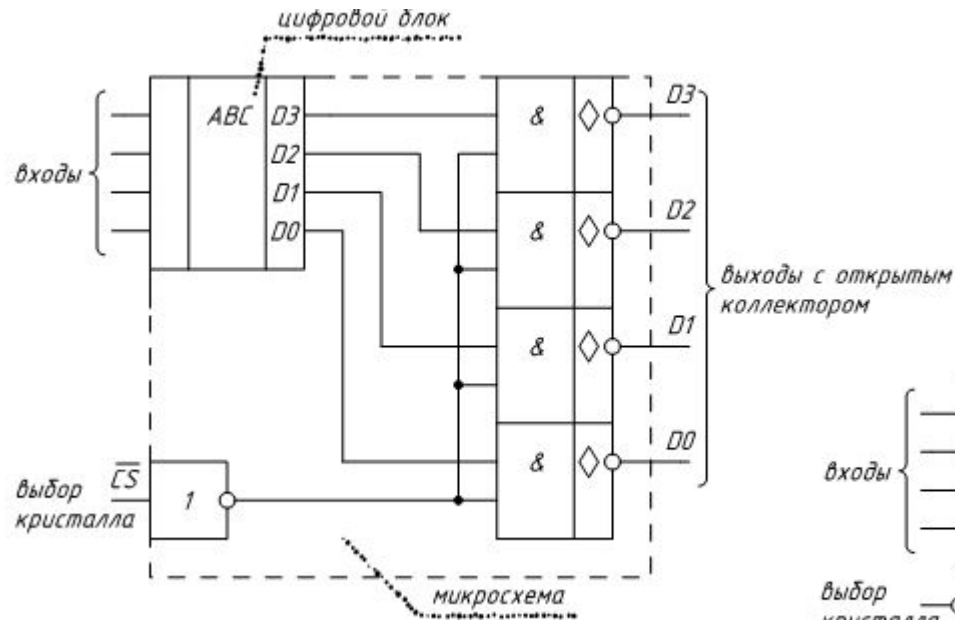
E1	E2	A	B	Y
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	X	X	Z
1	0	X	X	Z
1	1	X	X	Z



Входы E1 и E2 могут выполнять две функции

Разрешение выхода (EO – сокращение ENABLE OUTPUT)

Разрешение входа (EI – сокращение ENABLE INPUT)





# Триггеры Шмитта

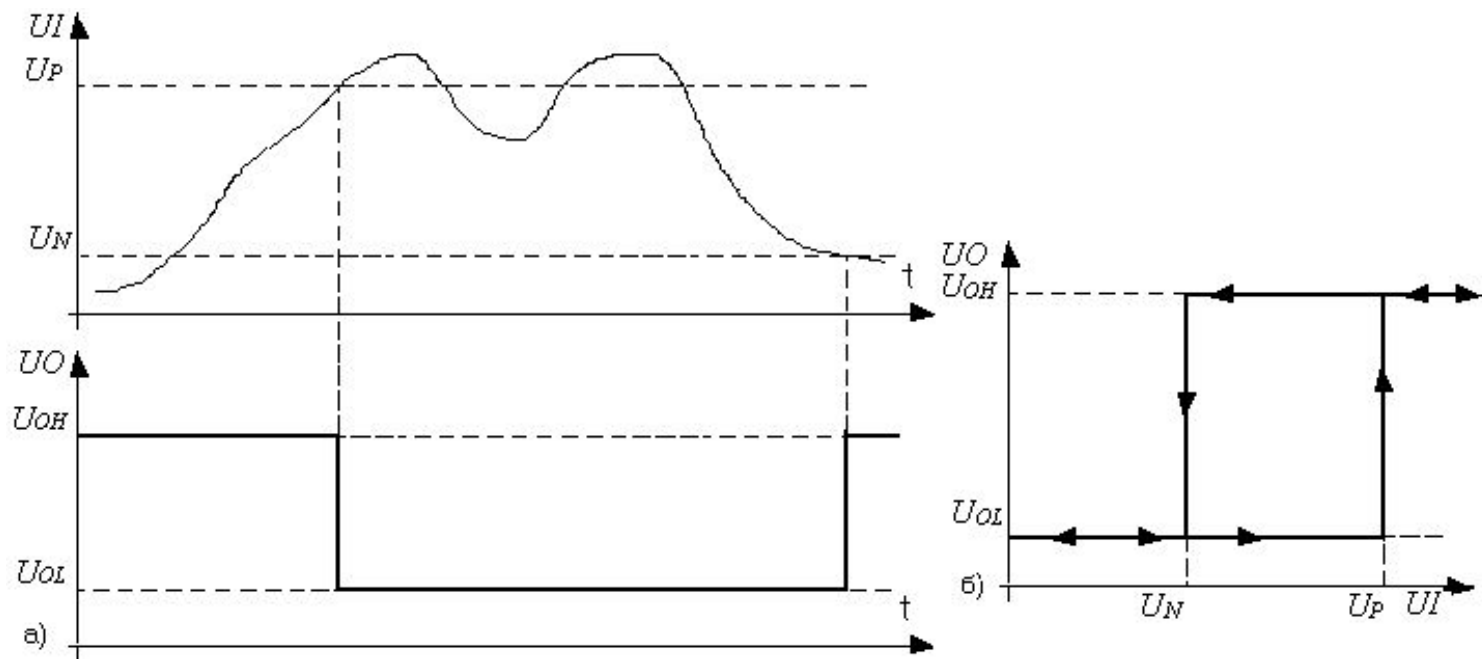
Схемы, имеющие разные **пороги срабатывания** (уровни включения и выключения), называют **триггерами Шмитта**.

**Триггеры Шмитта** представляют собой специфические логические элементы, специально рассчитанные на работу с входными аналоговыми сигналами.

**Триггеры Шмитта** предназначены для преобразования входных аналоговых сигналов в выходные цифровые сигналы.

**Триггеры Шмитта** используются для формирования сигналов прямоугольного напряжения (сигналов с **крутыми фронтом** и **спадом**) из аналоговых сигналов (синусоидальных, трапецеидальных, произвольной формы и т.д.).

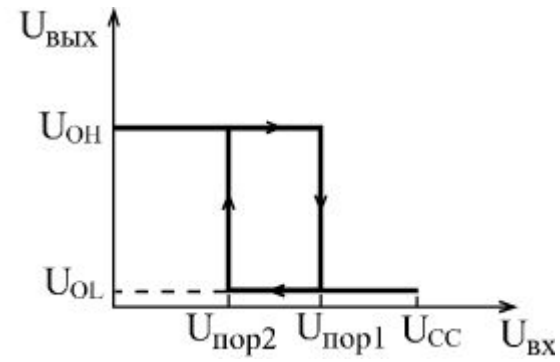
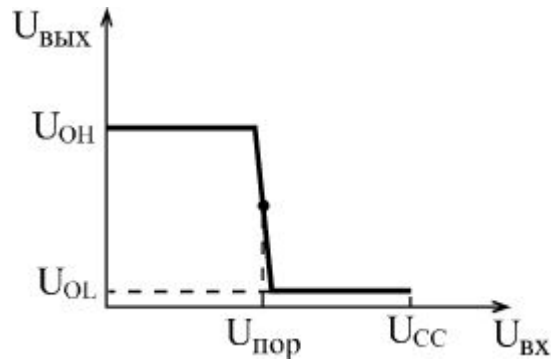
**Триггеры Шмитта** в зависимости от построения входа и выхода могут выполнять логические функции НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ (инвертирующие) и И, ИЛИ (неинвертирующие).



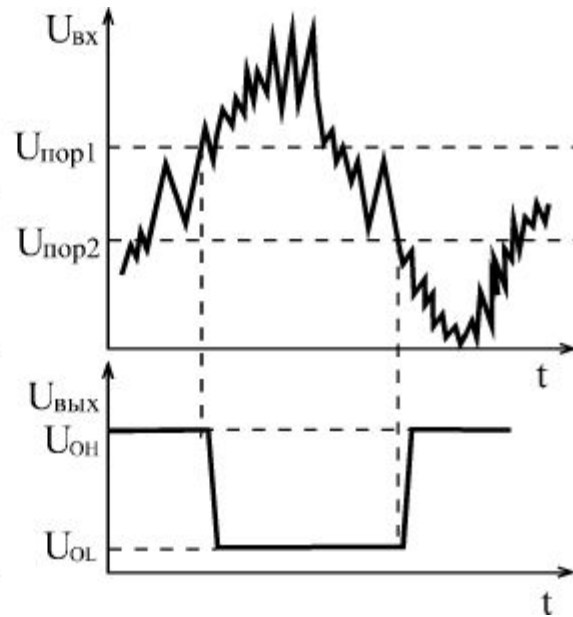
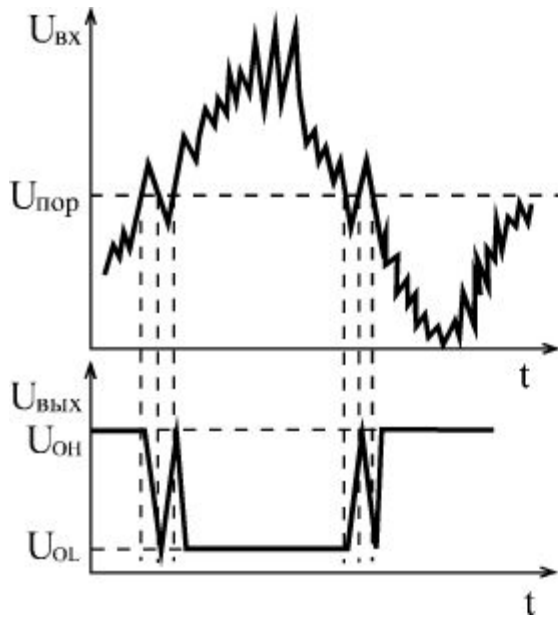
Временная диаграмма формирования выходного инвертированного сигнала

Разность напряжений  $\Delta U = U_P - U_N$  называется **шириной петли гистерезиса**.  
 $U_P$  и  $U_N$  – пороги срабатывания.

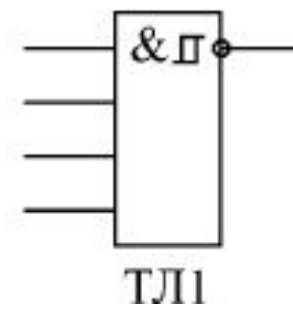
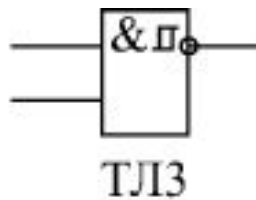
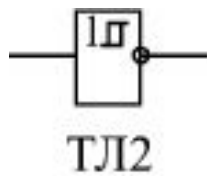
**В зоне между порогами срабатывания  $\Delta U$  триггер Шмитта не чувствителен к изменениям входного напряжения  $U_I$ .**



Передаточные характеристики обычного инвертора и триггера Шмитта с инверсией



Реакция на искаженный входной сигнал инвертора (слева) и триггера Шмитта с инверсией (справа)



Условные графические обозначения триггеров Шмитта (серия ТЛ)

Триггер Шмитта на входе или выходе данных обозначается знаком: 

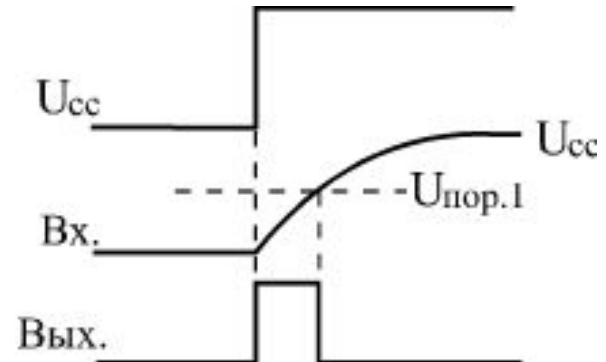
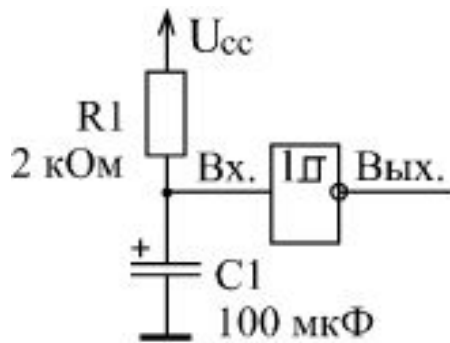
Основные параметры некоторых триггеров Шмитта реализованных по ТТЛ и ТТЛШ технологиям.

Зарубежные	Отечественные	Уровни срабатывания, В		$t_{pd}$ , нс	$I_{CCL}/I_{CCH}$ , мА	Функция
		$U_N$	$U_P$			
SN7413	155ТЛ1	1,1	1,5	27	32/23	4И-ТШ-НЕ*2
SN7414	155ТЛ2	1,1	1,5	28	60/36	ТШ-НЕ*6
SN74LS14	555ТЛ2	0,86	1,66	27	6/3,5	ТШ-НЕ*6
SN74132	155ТЛ3	1,1	1,5	28	40/24	2И-ТШ-НЕ*4
SN74S132	531ТЛ3	1,22	1,77	13	68/44	2И-ТШ-НЕ*4

# Использование триггеров Шмитта

## Формирователь импульса начальной установки (Reset – сброс) по включению питания

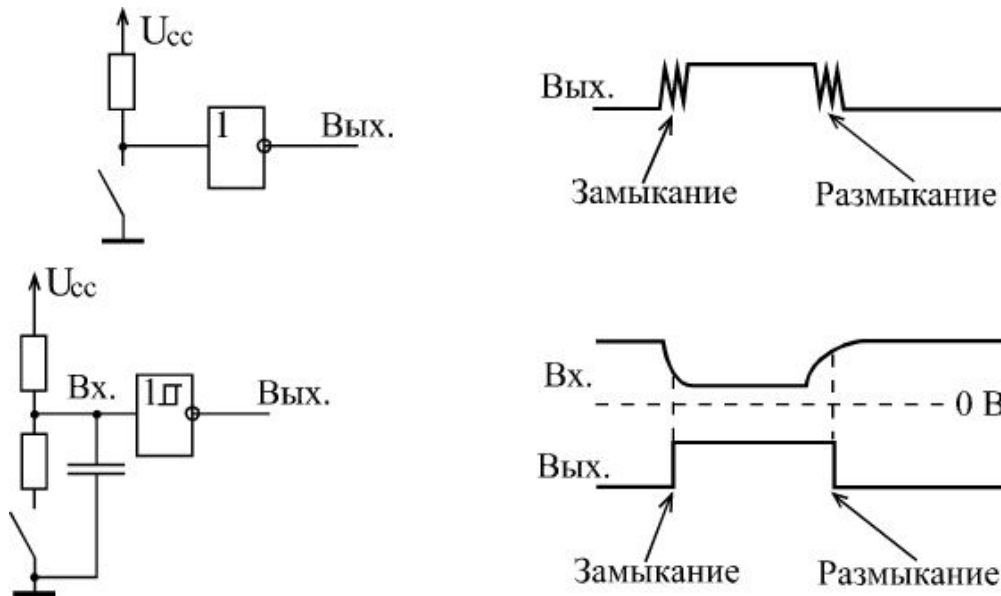
Триггеры Шмитта рекомендуется применять во всех случаях, когда с помощью емкости формируется сигнал с пологими, затянутыми фронтами. В отличие от обычных логических элементов, триггеры Шмитта всегда обеспечивают надежную и стабильную работу для формирования выходного сигнала.



Формирователь импульса запуска

Напряжение на конденсаторе при включении питания нарастает медленно, в результате чего на выходе триггера Шмитта формируется положительный импульс.

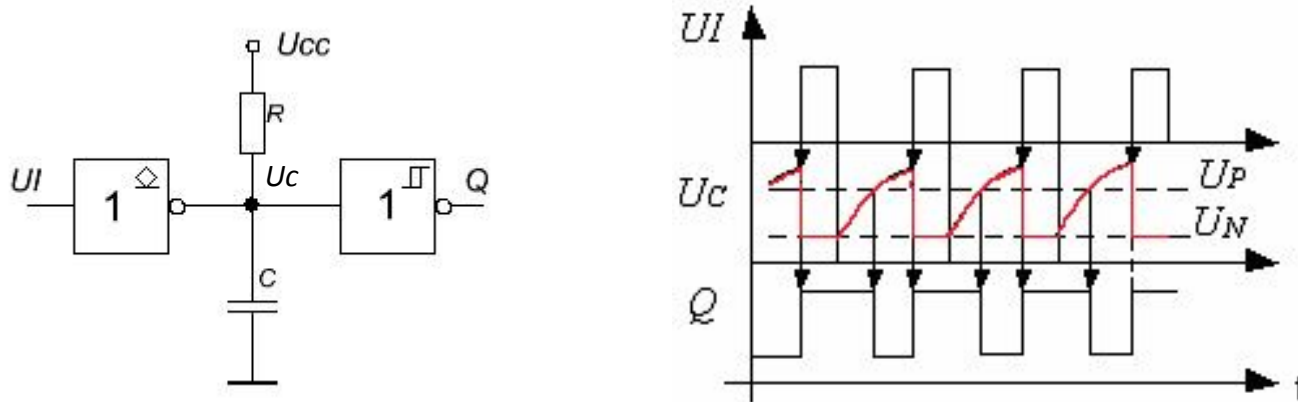
## Подавление дребезга контактов



В любом устройстве, где используется механический контакт (в кнопках, тумблерах, переключателях и т.д.) **процесс замыкания/размыкания происходит не сразу** (мгновенно), а **сопровождается колебательными процессами** – несколькими быстрыми замыканиями и размыканиями, приводящими к появлению **паразитных коротких импульсов**, которые **могут нарушить работу дальнейшей цифровой схемы**.

**Триггер Шмитта** с  $RC$ -цепочкой на входе **позволяет устранить этот эффект**. Сопротивления резисторов должны быть порядка сотен Ом ÷ единиц килоОм. Ёмкость конденсатора **C** может выбираться в широком диапазоне и зависит от того, какова продолжительность дребезга контактов конкретного тумблера.

## Расширитель длительности импульса



Расширитель импульса и его временная диаграмма

При входном сигнале  $UI = 1$  конденсатор  $C$  быстро разряжается через открывшийся транзистор **элемента НЕ** с открытым коллекторным выходом, что устанавливает значение выходного сигнала  $Q$  триггера Шмитта в 1.

На интервале значения входного сигнала  $UI = 0$  происходит заряд конденсатора  $C$  через сопротивление  $R$  от источника питания  $U_{CC}$ . Как только напряжение  $U_C$  достигнет  $U_P$ , триггер Шмитта срабатывает и сигнал  $Q$  на его выходе изменяется от 1 до 0.

Длительность сигнала  $Q = 1$  определяется постоянной времени  $RC$ -цепи.

## Генераторы импульсов на триггерах Шмитта

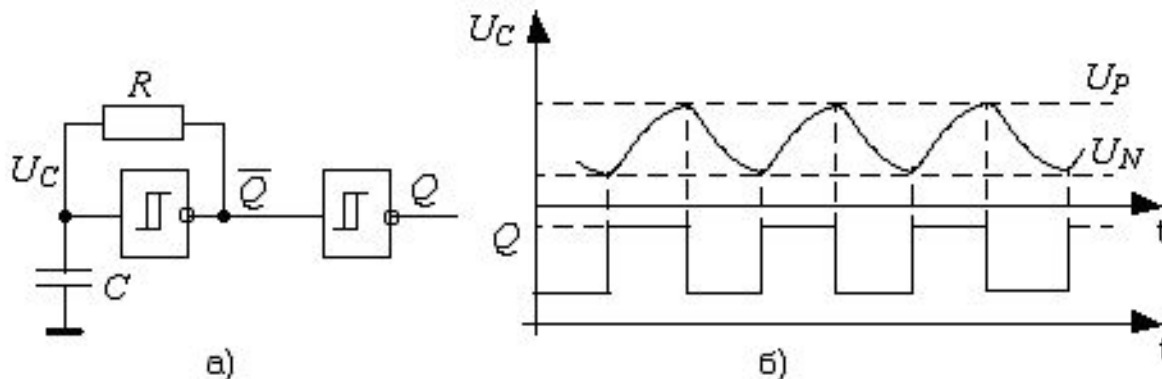


Схема генератора и его временная диаграмма

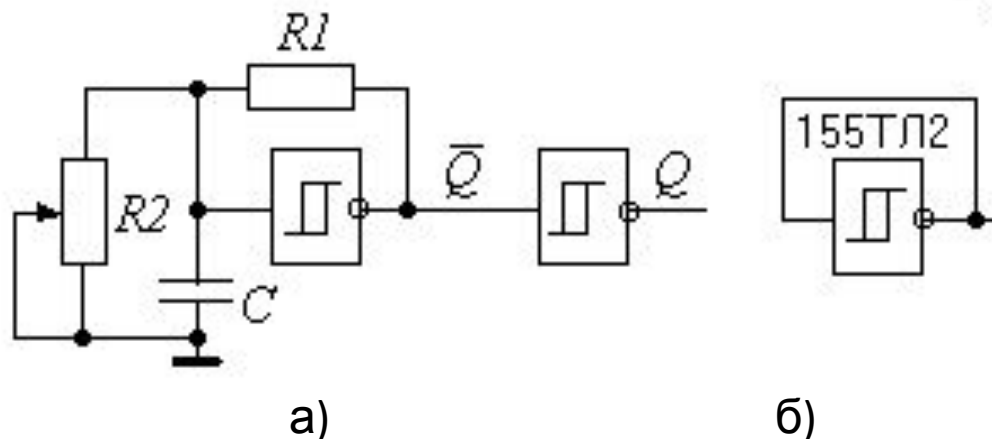
**Генераторные схемы**, построенные с использованием **триггеров Шмитта** отличаются **более простой схемой построения** в отличие от генераторов на обычных инверторах: достаточно всего лишь одного инвертирующего триггера Шмитта, одного резистора (порядка сотен Ом) и одного конденсатора.

**Частота колебаний** такого генератора определяется **постоянной времени RC-цепи**. Конденсатор  $C$  заряжается и разряжается до напряжения, определяемого  $U_p$  и  $U_N$  соответственно. Максимальное значение  $R$  зависит от входного тока  $I_{\text{вх}}$  триггера Шмитта.

Обычно для триггера Шмитта ТТЛ-серий  $R \leq 1\text{кОм}$ , и  $t \approx 0,7/RC$ .



## Регулируемый генератор на триггере Шмитта

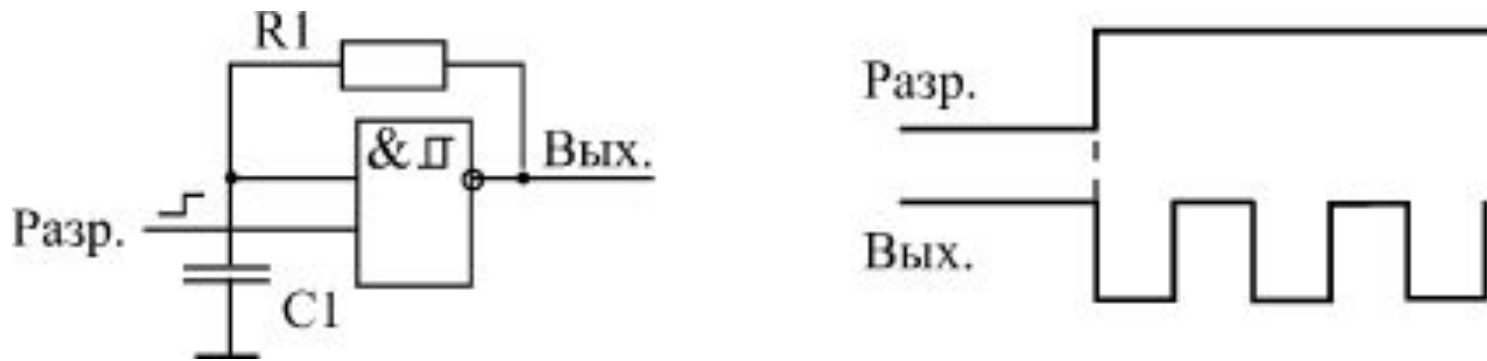


Генератор с регулируемой скважностью выходных импульсов

Путем добавления потенциометра  $R2$  во времязадающую цепь можно регулировать скважность выходных импульсов (рис. а).

Если обратную связь в триггере Шмитта завести без  $RC$ -цепи, как показано (рис. б), то получится генератор с максимально возможной частотой колебаний (для схемы 155ТЛ2 ~ 36 МГц)

## Управляемый внешним сигналом генератор на триггере Шмитта



Управляемый генератор на триггере Шмитта

Использование двухвходовых триггеров Шмитта дает возможность легко разрешать или запрещать генерацию с помощью **управляющего сигнала Разр.**

При уровне «логической единицы» на входе **Разр.** генерация идет, при уровне «логического нуля» генерации – нет.