

Базовые элементы ТТЛ

Транзисторно-транзисторная логика

Достоинства микросхем ТТЛ:

- высокое быстродействие
- высокая нагрузочная способность
- высокая помехоустойчивость
- Низкая потребляемая мощность
- Невысокая стоимость

Параметры микросхем ТТЛ:

Время задержки сигнала при включении $t_{зд.р.}^{0,1}$
– интервал времени между входным и выходным импульсами при переходе напряжения на выходе микросхемы от напряжения, соответствующему логической 1 к напряжению, соответствующему логическому 0, измеренный на уровне 0,5.

Параметры микросхем ТТЛ:

Время задержки сигнала при выключении $t_{зд.p.}^{0,1}$
– интервал времени между входным и выходным импульсами при переходе напряжения на выходе микросхемы от напряжения, соответствующему логическому 0 к напряжению, соответствующему логической 1, измеренный на уровне 0,5.

Параметры микросхем ТТЛ:

Среднее время задержки сигнала при выключении $t_{зд.р.ср.}$
– интервал времени, равный полусумме времени задержки распространения сигнала при включении и выключении микросхемы

ТТЛ на биполярных транзисторах: **11...65 нс**

ТТЛ с транзисторами Шотки: **5...20 нс**

Параметры микросхем ТТЛ:

Потребляемая мощность P_{nom}

– значение мощности, потребляемой микросхемой от источников питания в заданном режиме

Потребляемая мощность в состоянии логической 1 P_{nom}^1

Потребляемая мощность в состоянии логического 0 P_{nom}^0

Параметры микросхем ТТЛ:

Средняя потребляемая мощность $P_{\text{пот.ср.}}$
– полусумма мощностей, потребляемых микросхемой от источников питания в двух различных устойчивых состояниях

ТТЛ на биполярных транзисторах: 2...40 мВт

ТТЛ с транзисторами Шоттки: 2,3...32 мВт

Параметры микросхем ТТЛ:

Энергия переключения $t_{зд.р.ср.} \cdot P_{пот.ср}$
– основной параметр, определяющий
качество микросхемы логического
элемента: чем она ниже, тем схема лучше

ТТЛ на биполярных транзисторах: **130...440 пДж**

ТТЛ с транзисторами Шотки: **26...160 пДж**

Транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ)

на биполярных транзисторах

Биполярный транзистор

[Подробнее о биполярных транзисторах](#)

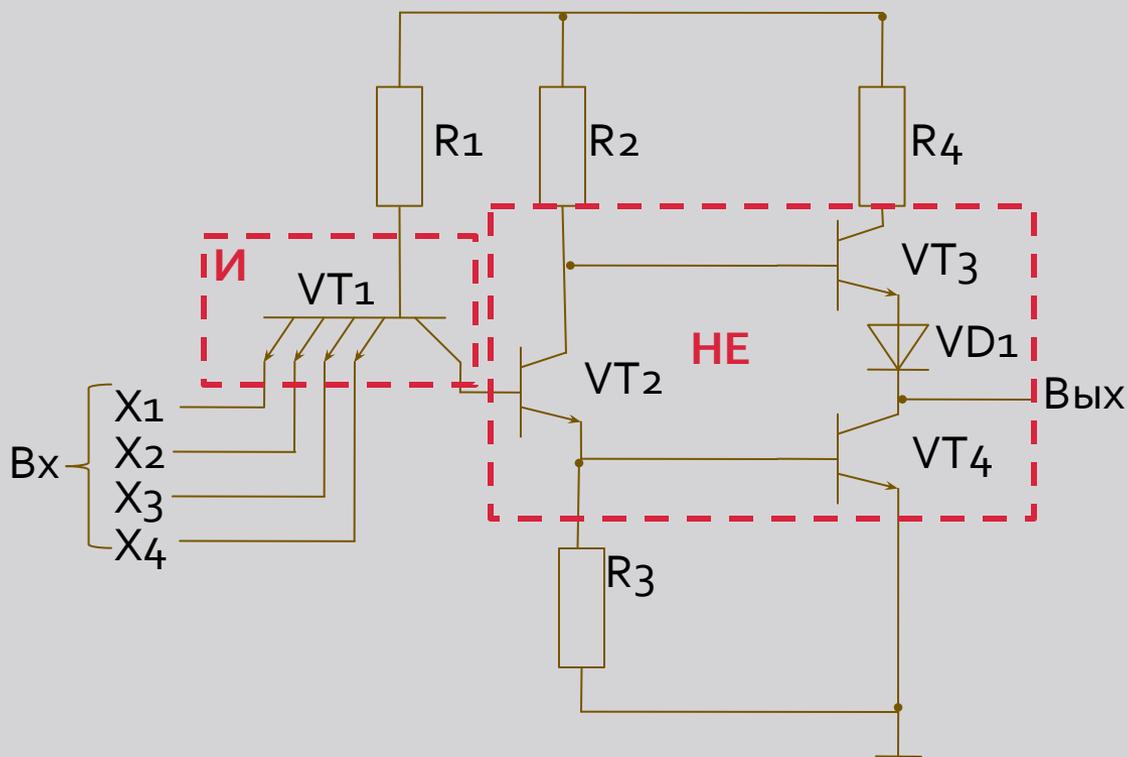
Схема базового логического элемента И-НЕ серии К134

Функция И реализована на многоэмиттерном транзисторе VT_1 , что позволяет:

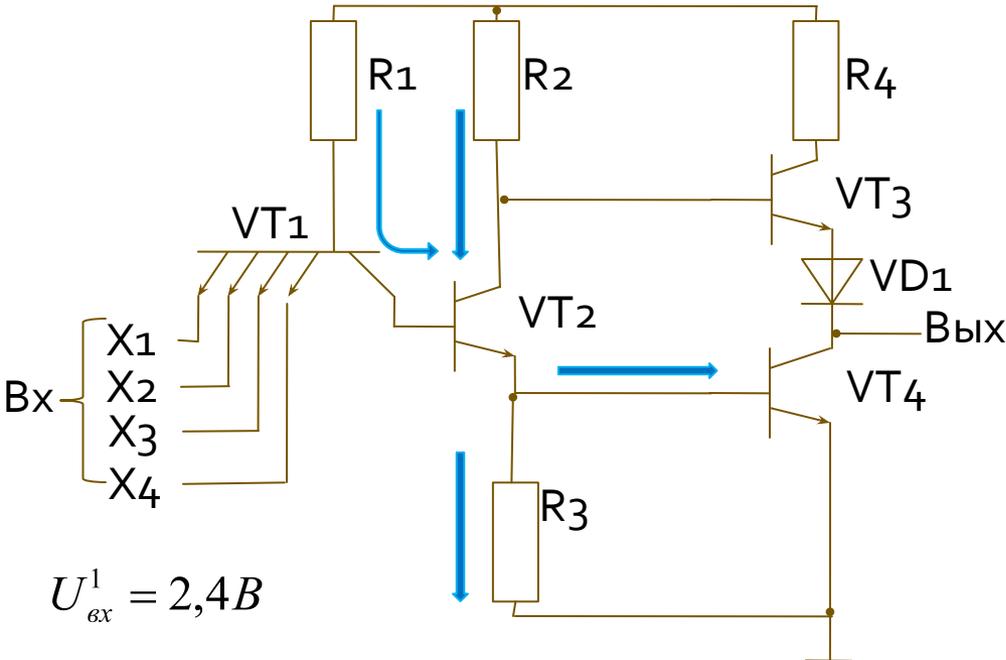
- уменьшить паразитную емкость элемента И,
- повысить быстродействие,
- уменьшить площадь на кристалле.

Функция НЕ реализована на двухтактном инверторе с использованием транзисторов $VT_2... VT_4$.

Для увеличения помехоустойчивости в схему включен диод VD_1



Пути протекания токов по цепям схемы логического элемента И-НЕ



Логическая 1

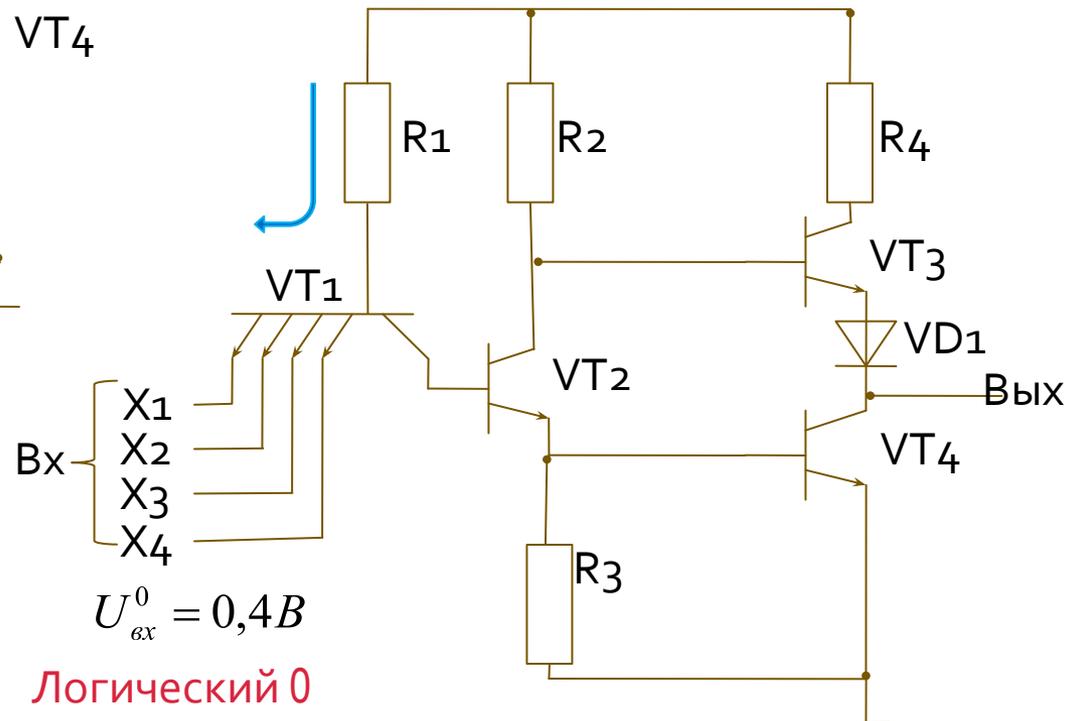
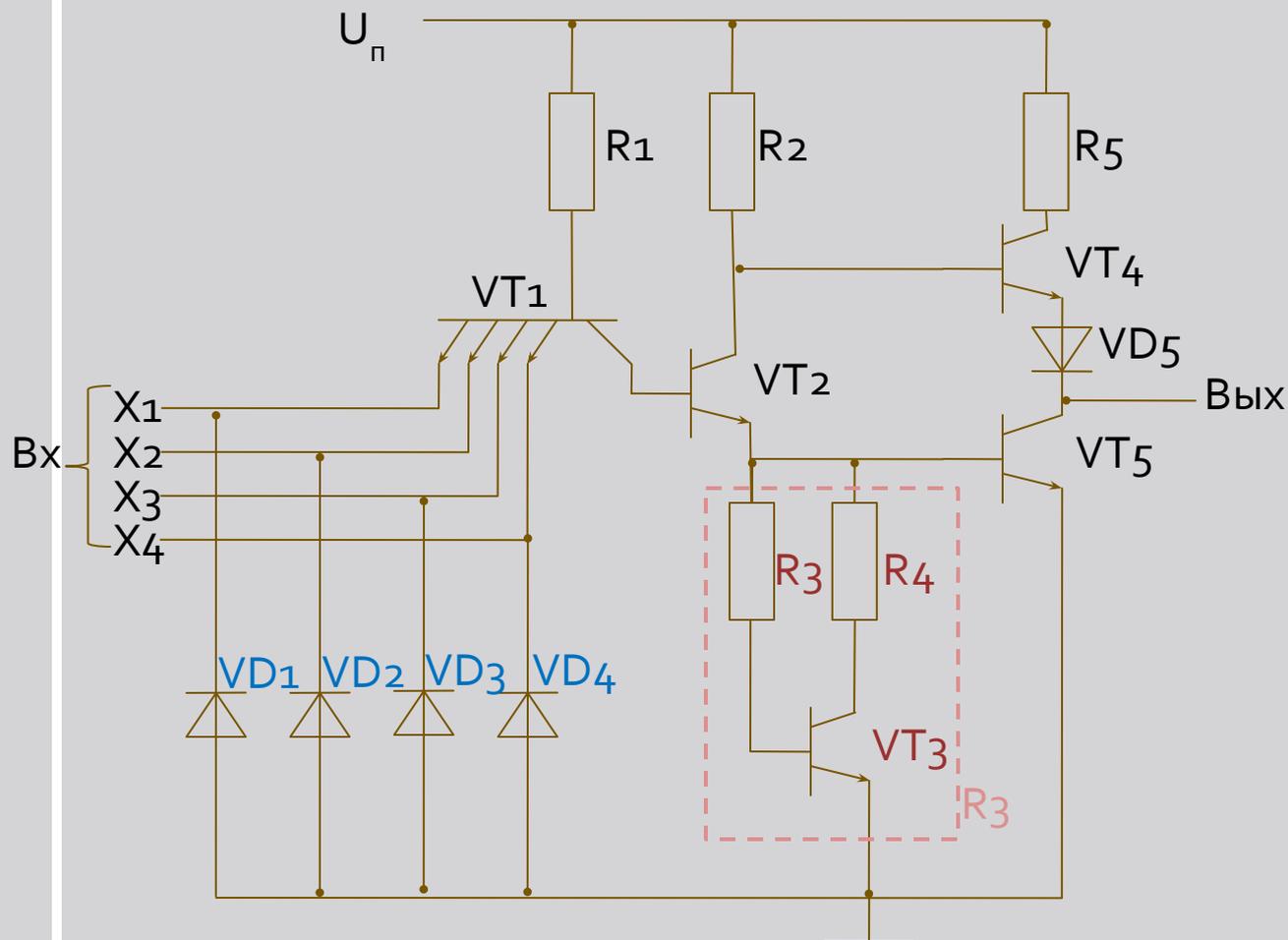


Схема базового логического элемента серий К130, К131, К133, К155

Схема дополнена демпфирующими диодами $VD_1...VD_4$ для ограничения колебательных процессов на входах, которые могут привести к ложному срабатыванию и появлению ложных импульсов на выходе. Диоды открываются только при отрицательном изменении входных напряжений ниже уровня $-0,7$ В, сглаживая возможные колебательные процессы на входах системы.

Резистор R_3 заменен на транзистор VT_3 и резисторы R_3, R_4 , что повышает помехоустойчивость при входном напряжении, соответствующем логическому 0.



Транзисторно-транзисторная логика

с транзисторами Шоттки

Транзистор Шоттки

Транзистор Шоттки



[Смотреть с youtube](#)

Транзисторы Шоттки не входят в глубокое насыщение, следовательно, в их базах в открытом состоянии накапливается мало носителей заряда, и в результате время их рассасывания меньше.

Эффект Шоттки снижает напряжение открывания кремниевого р-п перехода от обычных 0,5...0,7 В до 0,2...0,3 В и значительно уменьшает время жизни неосновных носителей в полупроводнике. Эффект Шоттки основан на том, что в р-п переходе или рядом с ним присутствует очень тонкий слой металла, богатый свободными носителями.

Транзистор Шоттки можно представить как обычный транзистор с диодом Шоттки, включенным между его базой и коллектором, как показано на рис. 1. б.

При открывании транзистора базовый ток нарастает только до значения, лежащего на границе активного режима и области насыщения, а весь избыточный базовый ток отводится через открытый диод Шоттки через коллектор и эмиттер открытого транзистора на землю.

Чем меньше падение напряжения коллектор-эмиттер, тем больший ток отводится через диод Шоттки, минуя базу, на землю. Это приводит к закрыванию транзистора. Так образуется обратная связь, удерживающая транзистор от глубокого насыщения.

Сами диоды Шоттки имеют очень малые задержки включения и выключения. Накопление заряда в диодах Шоттки не происходит, так как протекающий в них ток вызван переносом основных носителей.

Когда транзистор заперт, потенциал коллектора выше потенциала базы, а значит, диод Шоттки смещен в обратном направлении и не влияет на работу транзистора.

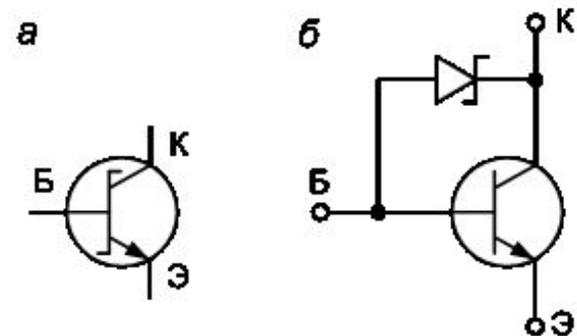


Рис.1. Транзистор Шоттки: а – графическое обозначение; б – эквивалентная схема

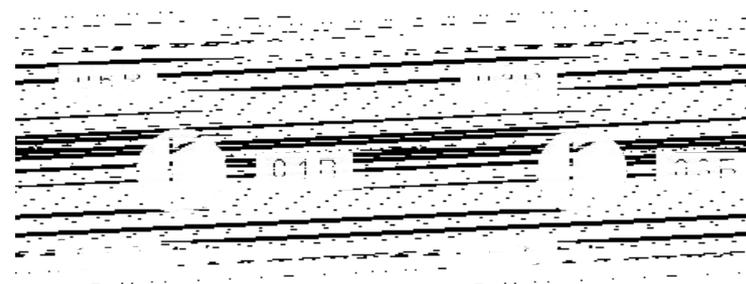


Рис.2. Разность потенциалов между выводами: а – биполярного транзистора; б – транзистора Шоттки

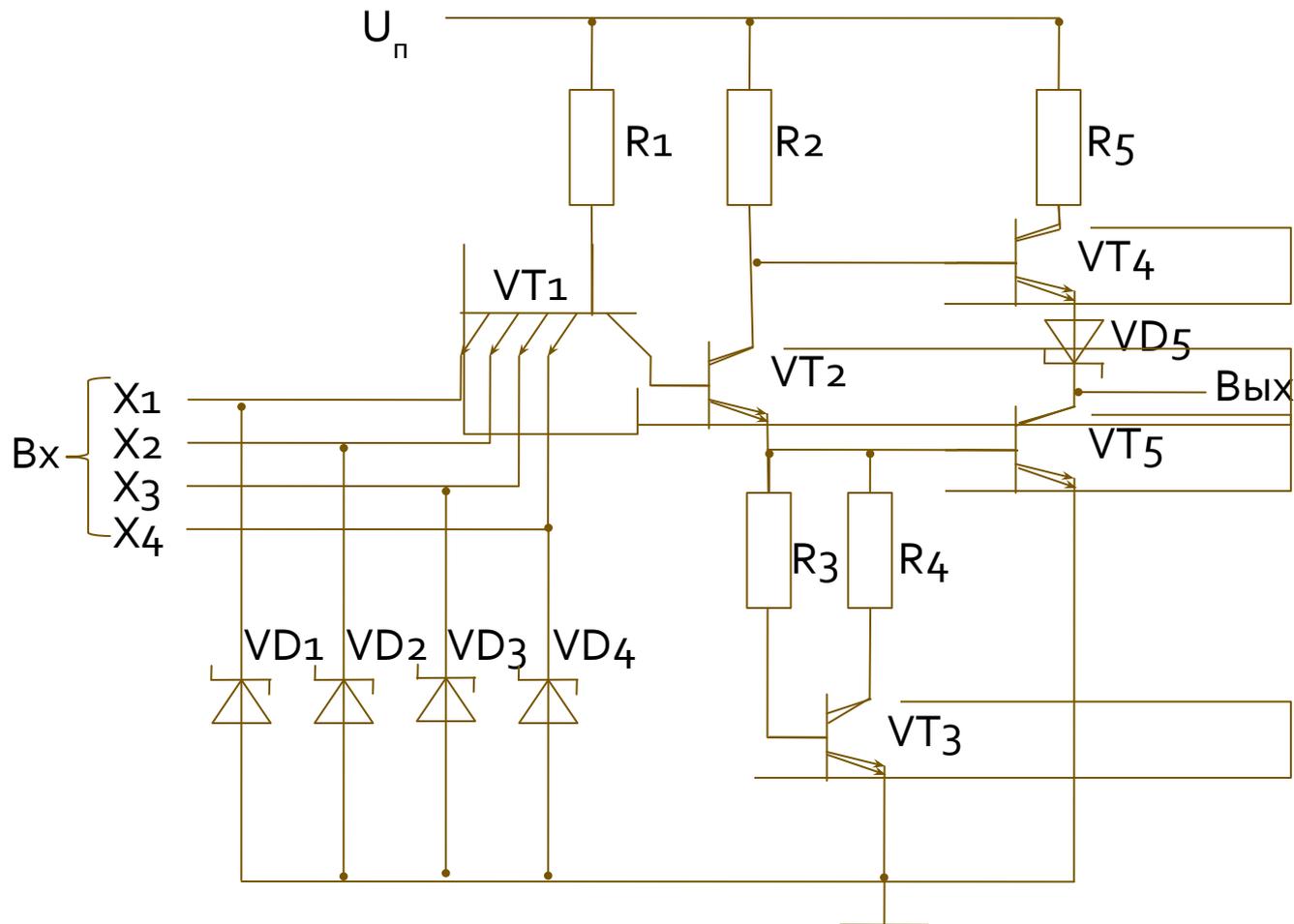
И-НЕ серий К530, К531

Отличие от схемы элемента И-НЕ на биполярных транзисторах:

- замена обычных диодов и транзисторов на диоды и транзисторы Шоттки
- уменьшение значения энергии переключения микросхемы

$$t_{\text{зд.р.ср}} \cdot P_{\text{пот.ср}}$$

Схема базового логического элемента И-НЕ серий К530, К531



Применение транзисторов и диодов Шоттки улучшает показатели:

- уменьшается время выключения
- уменьшается разность потенциалов для отпирания (0,2...0,4 В)
- возможность регулирования разности потенциалов технологическим подбором материала

Улучшение основных показателей качества элемента И-НЕ:

ионная имплантация вместо диффузии

окисленная изоляция между транзисторами вместо изоляции р-п-переходами

снижение внутренних паразитных емкостей микросхем

появление микросхем серии КР1531, КР1533

повышение минимально допустимого уровня помех на входе до 0,8 В

уменьшение времени задержки сигнала

ослабление влияния емкости нагрузки на элементы схемы

снижение динамической мощности потребления

Основные электрические параметры:

- максимальное напряжение источника питания $U_{П\max}$
- максимальное входное напряжение $U_{ВХ\max}$
- минимальное входное напряжение $U_{ВХ\min}$
- максимальная емкость нагрузки $C_{H\max}$

Параметры всех серий микросхем согласованы, поэтому все микросхемы ТТЛ совместимы.

Ограничение на подключение микросхем ТТЛ:

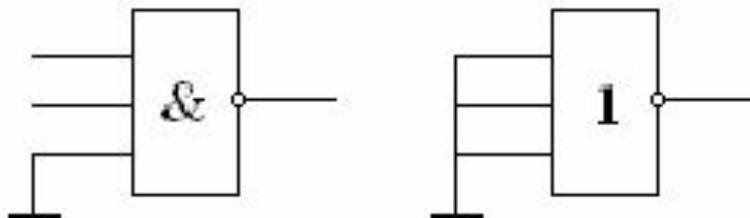
- количество подключенных микросхем зависит от параметра входного тока логического 0
- количество подключаемых микросхем ограничено суммарной емкостью монтажа и входов этих микросхем

Особенности применения микросхем ТТЛ при разработке цифровых устройств

Выбирать серии микросхем для разработки цифровых устройств необходимо с учетом параметров и условий эксплуатации

Неиспользуемые логические элементы

На входы элементов, незадействованных в структуре цифрового устройства, подаются логические сигналы, дающие на выходе логическую 1. Их заземляют и используют выходной сигнал для подачи логической 1 на входы других элементов.

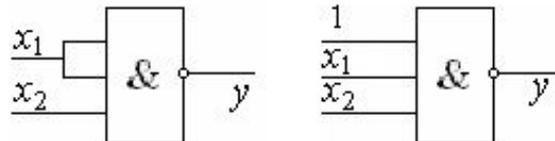


Неиспользуемые входы элементов ТТЛ

На незадействованном входе элемента возрастает уровень помех под влиянием паразитной емкости, инерционных процессов в микросхеме, динамических помех от работы соседних элементов, что сказывается отрицательно на помехоустойчивости и быстродействии.

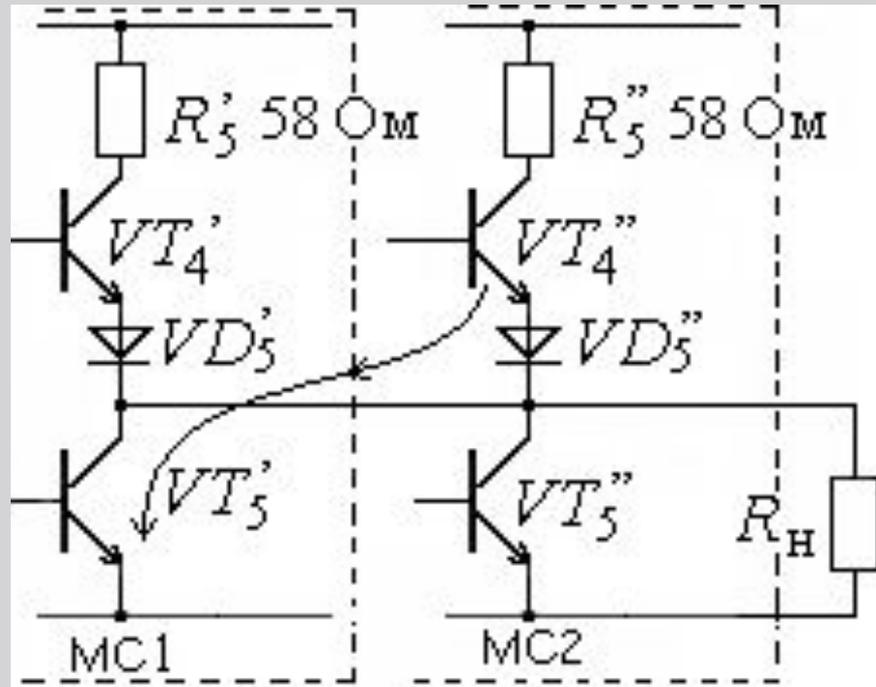
Для исключения этих эффектов неиспользуемые входы:

- 1) подключают к другим используемым входам этого же элемента. При этом увеличивается входная емкость элемента и снижается быстродействие.
- 2) соединяют с общей шиной, если на неиспользуемом входе должен быть уровень логического нуля;
- 3) для создания уровня логической 1 напряжение на входе должно находиться в пределах 2,4~3,6 В.



Объединение выходов элементов ТТЛ

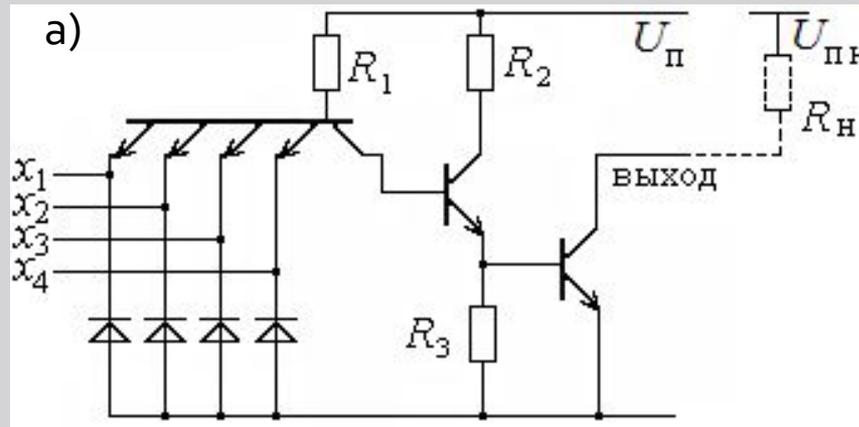
- Возможно только в микросхемах с открытым коллектором на выходе или в микросхемах с тремя устойчивыми состояниями.
- Для увеличения нагрузочной способности микросхемы допускается параллельное включение входов и выходов двух элементов из одного корпуса.
- В элементах ТТЛ со стандартным двухтактным выходным каскадом нельзя объединять выходы, т.к. это приводит к возникновению на выходе больших сквозных токов.



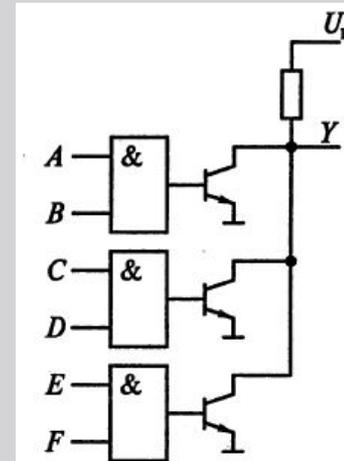
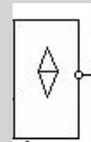
Микросхемы с открытым коллектором

Выходы некоторых микросхем выполнены так, что верхний выходной транзистор и относящиеся к нему элементы отсутствуют. Это так называемые элементы со свободным (открытым) коллектором (см. рис. а).

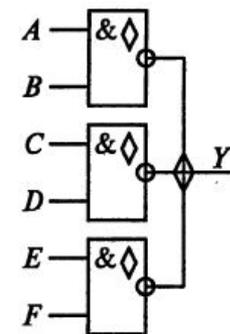
На их выходе формируется сигнал только низкого уровня. Поэтому для нормальной работы выходного транзистора коллектор такой микросхемы следует подключить к источнику питания через внешнюю нагрузку : резистор, элемент индукции, реле и т.п. Такие элементы приспособлены для выполнения логических операций. Параллельное объединение нескольких выходов и подсоединение их к общей нагрузке обеспечивают условное выполнение функции И-ИЛИ-НЕ (см.рис. в)



б) Условное графическое обозначение:



г) Условное обозначение монтажного ИЛИ (И)



в) Выполнение функции И-ИЛИ-НЕ

Влияние емкости нагрузки на работу микросхем TTL

- Увеличение емкости нагрузки на выходе микросхемы снижает быстродействие, увеличивая задержку распространения сигнала.
- С увеличением емкости растет динамическая мощность, затрачиваемая на перезарядку, которая при высоких частотах может в несколько раз превысить мощность, потребляемую микросхемой в статическом режиме. При этом возрастают по амплитуде и длительности выбросы тока по цепям питания, что увеличивает уровень помех.

Фронты входных сигналов

- Когда входной сигнал изменяется медленно, выходное напряжение может начать изменяться до того, как входной сигнал пересечет пороговую зону. В этом случае микросхема находится в режиме усиления, и наличие любой паразитной связи может вызвать генерацию.
- Увеличение длительности фронтов входного сигнала увеличивает амплитуду и длительность сквозных токов в выходном каскаде микросхемы, что может привести к выходу его из строя.
- Для предварительного формирования сигналов с крутыми фронтами используют микросхемы типа триггера Шмитта, либо микросхемы с открытым коллекторным выходом.

Рекомендации по обеспечению помехоустойчивости

- **Мощные внешние или внутренние помехи.** Цифровые устройства на микросхемах ТТЛ следует защищать с помощью металлических экранов, подсоединяемых к общему заземлению низкоомным проводом.
- Для **источников помех** необходимо использовать отдельные шины заземления.
- **Помехи, возникающие от токовых бросков при переключении микросхем ТТЛ.** Включение конденсаторов развязки между шиной питания и общей шиной.
- **Низкочастотные помехи.** На плату устанавливаются электролитические конденсаторы.
- **Высокочастотные помехи.** На плату устанавливаются безынерционные керамические или танталовые конденсаторы.
- **Перекрестные помехи.** Линии связи, выполненные в виде одиночных проводов, имеют ограничение по длине - не более 25-30 см. Такого ограничения нет для коаксиального кабеля.

После изучения темы базовые элементы ТТЛ вы должны знать:

- ✓ Достоинства микросхем ТТЛ
- ✓ Параметры микросхем ТТЛ
- ✓ Схема базового логического элемента И-НЕ серии К134
- ✓ Реализация функций И, ИЛИ на схеме базового логического элемента И-НЕ серии К134
- ✓ Пути протекания токов по цепям схемы логического элемента И-НЕ
- ✓ **Отличие** от схемы элемента И-НЕ на биполярных транзисторах и на транзисторах Шоттки
- ✓ Схема базового логического элемента И-НЕ серий К530, К531
- ✓ Что улучшает применение транзисторов и диодов Шоттки?
- ✓ Основные электрические параметры
- ✓ Ограничение на подключение микросхем ТТЛ
- ✓ Особенности применения микросхем ТТЛ при разработке цифровых устройств

Домашнее задание

Учить конспект

Читать учебник: Мышляева И.М. Цифровая схемотехника стр. 76-91