Исследование ДТЛ- и ТТЛ-логики и построение логических функций

Лекция 9

Лектор: Нұрғалиев М.К.

Цель и задачи лабораторной работы

Цель

Изучить принципы построения логических элементов на ДТЛ- и ТТЛ-компонентах и проверить их работу моделированием.

Практический результат

Собрать заданные логические функции, реализовать их двумя технологиями и проверить таблицы истинности.

План лекции

1. Понятие семейств логических схем и уровни сигналов.
2. ДТЛ-логика: принцип действия элементов ИЛИ, И и НЕ.
3. Особенности ДТЛ-схем и их параметры.
4. ТТЛ-логика: многоэмиттерный транзистор и режимы работы.
5. Стандартные ТТЛ-элементы, открытый коллектор и каскадирование.
6. Построение составных логических функций на ДТЛ и ТТЛ.

Семейства цифровой логики

ДТЛ — диодно-транзисторная логика

Логические функции формируются диодной входной сетью и транзисторным каскадом.

ТТЛ — транзисторно-транзисторная логика

Логические функции реализуются на биполярных транзисторах; многоэмиттерный транзистор объединяет входные цепи.

Обе технологии предназначены для обработки двоичных сигналов.

Схемы различаются элементной базой, быстродействием, потреблением и нагрузочной способностью.

В лабораторной работе сравнивается реализация одной функции на ДТЛ и ТТЛ.

Логические уровни и положительная логика

Высокий уровень H (High) соответствует логической 1.

Низкий уровень L (Low) соответствует логическому 0.

При положительной логике высокий уровень трактуется как 1, низкий — как 0.

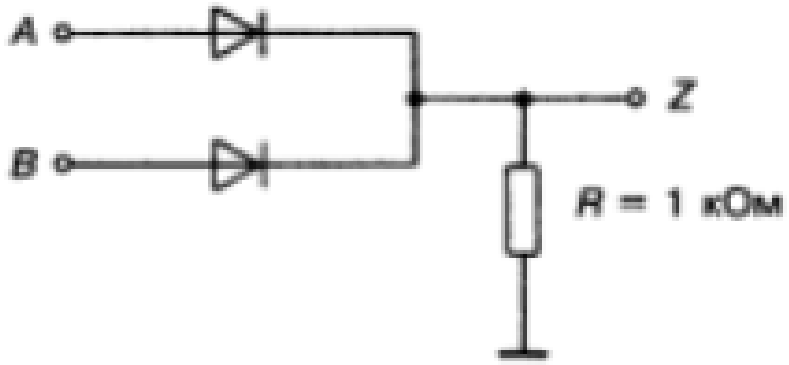
Входы и выходы оцениваются по диапазонам напряжений, а не только по идеальным значениям 0 и 1.

Для корректного соединения каскадов необходимо учитывать пороговые уровни и запас помехоустойчивости.

Важно

Открытый вход в некоторых ТТЛ-схемах трактуется как H; это не универсальное правило для всех логических семейств.

ДТЛ: логический элемент ИЛИ



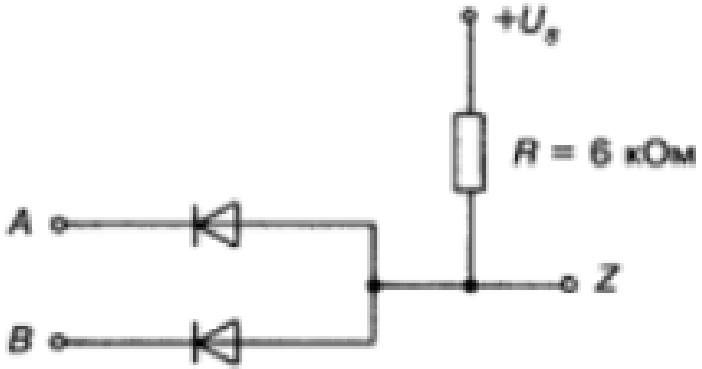
По описанию методички, высокий уровень хотя бы на одном входе приводит к высокому уровню на выходе.

При положительной логике схема выполняет функцию ИЛИ.

Таблица истинности: Z = A ∨ B.

A	B	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

ДТЛ: логический элемент И



Высокий уровень на выходе формируется только при высоких уровнях на всех входах.

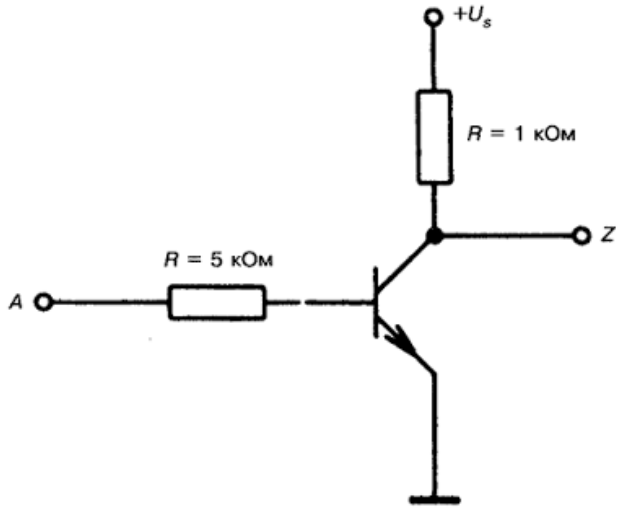
Если хотя бы на одном входе низкий уровень, на выходе устанавливается L.

При положительной логике схема выполняет функцию И: Z = A ∧ B.

A	B	Z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ДТЛ: инвертор НЕ

Вар.	A	Z
1	L	H
2	H	L



При H на входе транзистор открывается, выходной узел формирует низкий уровень.

При L на входе транзистор закрывается, резистор подтягивает выход к высокому уровню.

Функция инвертора: $Z = \overline{A}$.

A	Z
0	1
1	0

Особенности ДТЛ-схем

ДТЛ-элементы строятся на диодах и биполярных транзисторах.

Диодная сеть формирует логическую функцию на входе, транзисторный каскад обеспечивает инверсию и усиление.

В методическом материале приведены базовые схемы ИЛИ, И, НЕ, а также активный логический элемент И.

В качестве типичных параметров в источнике указаны питание 6 В, быстродействие около 30 нс и потребление около 9 мВт на элемент.

В источнике отмечается сравнительно невысокое быстродействие ДТЛ по сравнению с ТТЛ.

ТТЛ: транзисторно-транзисторная логика

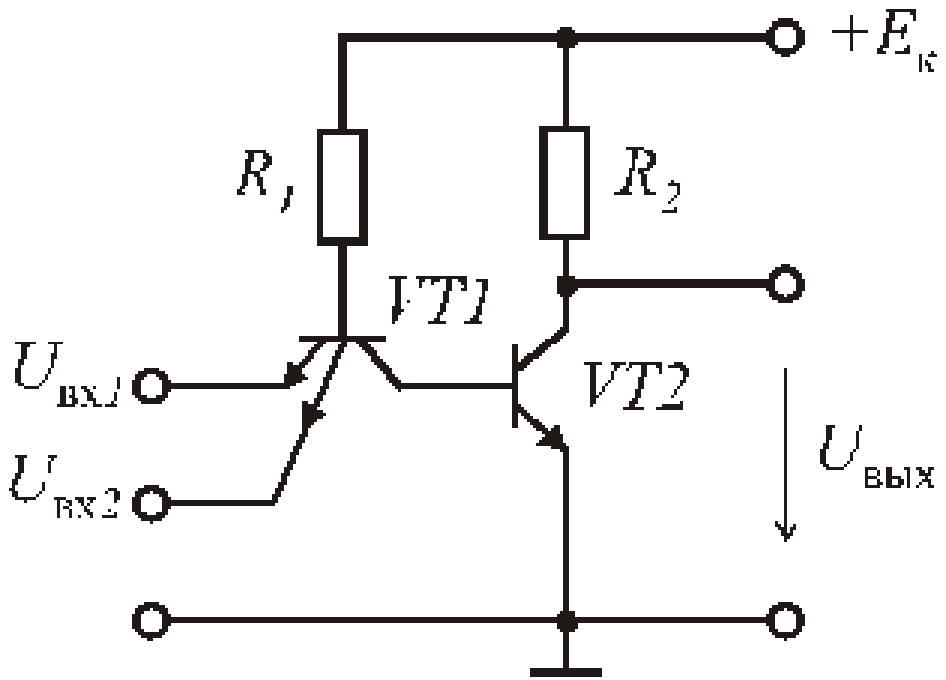
ТТЛ-схемы строятся преимущественно на биполярных транзисторах.

Диоды могут применяться для сдвига уровня и отвода напряжения; резисторы задают токи и уровни.

ТТЛ-элементы выпускаются в виде интегральных микросхем.

Ключевой элемент входного каскада — многоэмиттерный транзистор.

ТТЛ-элемент И-НЕ

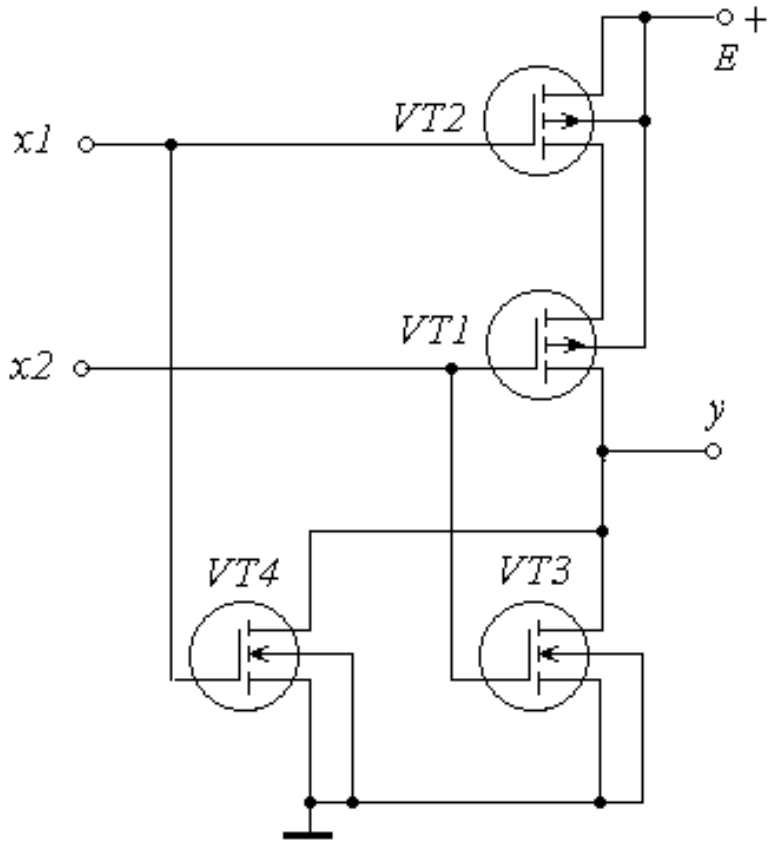


Для положительной логики функция элемента: $U_{вых} = (\overline{A \wedge B})$.

Выход становится низким, когда все входы имеют высокий уровень.

Если хотя бы один вход низкий, выход остаётся высоким.

И-НЕ КМОП



Сравнение ДТЛ и ТТЛ по данным материала

Характеристика	ДТЛ (пример в источнике)	ТТЛ (общая особенность)
Элементная база	Диоды и транзисторы	Биполярные транзисторы
Входной узел	Диодная сеть	Многоэмиттерный транзистор
Быстродействие	Около 30 нс	Выше, чем у ДТЛ
Применение	Схемы без высоких требований к скорости	Широкое применение в цифровых ИС

Построение составных логических функций

Сложная логическая функция строится из базовых элементов И, ИЛИ, НЕ, И-НЕ и XOR.

Каждая группа входов подаётся на отдельный логический блок; выходы блоков соединяются в соответствии с выражением.

При построении важно учитывать число входов каждого элемента и количество промежуточных сигналов.

Одна и та же функция может быть реализована разными наборами логических элементов.

Роль элемента И-НЕ при синтезе схем

Элемент И-НЕ является функционально полным: с его помощью можно реализовать базовые логические операции.

Инвертор: $\overline{A} = \overline{A \wedge A}$.

И: $A \wedge B = \overline{\overline{A \wedge B}}$.

ИЛИ: $A \vee B = \overline{\overline{A} \wedge \overline{B}}$.

Практический смысл

Можно реализовать заданную функцию на ограниченном наборе стандартных элементов.

Контрольные вопросы

1. Что означают сокращения ДТЛ и ТТЛ?
2. Какие элементы составляют базовую ДТЛ-схему?
3. Как реализуется логический элемент ИЛИ на диодах?
4. При каком условии ДТЛ-элемент И формирует высокий выходной уровень?
5. Как работает транзисторный инвертор НЕ?
6. Чем отличаются активные уровни входов и выходов в схемах?
7. Какую роль выполняет диодная входная сеть ДТЛ-элемента?
8. Какие параметры характеризуют быстродействие и помехоустойчивость логической схемы?

Список литературы

1. Лабораторная работа № 9 «Исследование ДТЛ- и ТТЛ-логики». Методические материалы, предоставленные для выполнения работы.

2. Mano M. M., Ciletti M. D. Digital Design. 5th ed. Pearson, 2013.

3. Tocci R. J., Widmer N. S., Moss G. L. Digital Systems: Principles and Applications. 12th ed. Pearson, 2017.

4. Floyd T. L. Digital Fundamentals. 11th ed. Pearson, 2015.

5. NI Multisim. User Manual / Documentation. National Instruments.