

Минобрнауки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Вологодский государственный университет»

(ВоГУ)

Машиностроительный техникум

В.А. Кулигин

МИКРОСХЕМЫ

Учебное пособие

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ

23.02.03 – Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта,

15.02.01 – Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям),

09.02.04 – Информационные системы (по отраслям),

15.02.08 – Технология машиностроения.

Вологда

2015

Рецензенты:

А.С. Степанов, кандидат технических наук,
заведующий кафедрой «Технология машиностроения» ВоГУ;
Н.Н. Гулина, преподаватель высшей категории машиностроительного
техникума ВоГУ.

Кулигин В.А.

Микросхемы: учебное пособие //
В.А. Кулигин. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 89с.

Учебное пособие имеет междисциплинарные связи с учебной дисциплиной «электротехника и электроника» и темой 1.5 «Автоматизация производства» в ПМ.02 «Организация и выполнение работ по эксплуатации промышленного оборудования». В учебном пособии представлены общие темы по дисциплине «Автоматизация производства», а так же конструкция и принцип работы аналоговых и цифровых микросхем, способы их подключения и настройки, их условное графическое изображение и обозначение на электрических схемах. Учебное пособие предназначено для студентов машиностроительного техникума очной формы обучения по специальностям: 23.02.03 – Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта, 15.02.01 – Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям), 09.02.04 – Информационные системы (по отраслям), 15.02.08 – Технология машиностроения.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	6
1.1 Назначение и конструкция микросхемы	6
1.2 Виды микросхем	7
1.3 Серии микросхем	8
1.4 Графическое изображение микросхем	9
1.5 Контрольные вопросы	11
2 ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ МИКРОСХЕМ	13
2.1 Виды логических элементов	13
2.2 Преобразование логических элементов	16
2.3 Подключение логических элементов	19
2.4 Контрольные вопросы	21
3 ШИФРАТОРЫ И ДЕШИФРАТОРЫ	22
3.1 Общие сведения	22
3.2 Шифраторы	22
3.3 Десятичные дешифраторы	26
3.4 Семисегментные дешифраторы	28
3.5 Микросхема К176ИД1	29
3.6 Микросхема К176ИД2	31
3.7 Контрольные вопросы	34
4 ТРИГГЕРЫ	35
4.1 общие сведения	35
4.2 RS-триггер	35
4.3 D-триггер	39
4.4 Дребезг контактов	41
4.5 Контрольные вопросы	43
5 СЧЕТЧИКИ	45
5.1 Общие сведения	45
5.2 Складывающий счетчик	45
5.3 Вычитающий счетчик	47
5.4 Микросхема К561ИЕ10	51
5.5 Микросхема К561ИЕ8	55
5.6 Микросхемы К176ИЕ3 и К176ИЕ4	59
5.7 Контрольные вопросы	63
6 КОМПАРАТОРЫ	65
6.1 Общие сведения	65
6.2 Микросхема LM358	66
6.3 Контрольные вопросы	70

7 ГЕНЕРАТОРЫ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ	71
7.1 Общие сведения	71
7.2 Мультивибраторы	71
7.3 Генераторы на логических элементах	73
7.4 Генератор на специализированной микросхеме NE555N	75
7.5 Контрольные вопросы	78
8 ДРАЙВЕРЫ ДВИГАТЕЛЕЙ	79
8.1 Общие сведения	79
8.2 Варианты реверсирования двигателей постоянного тока	79
8.3 Микросхема драйверов двигателя L293D	82
8.4 Контрольные вопросы	85
9 СЛОВАРЬ	87

ВВЕДЕНИЕ

«Электротехника и электроника» – это общепрофессиональная дисциплина, изучаемая студентами по специальностям технического профиля.

«Автоматизация производства» – это профессиональная дисциплина, входящая в ПМ.02 «Организация и выполнение работ по эксплуатации промышленного оборудования».

Дисциплины направлены на формирование общих и профессиональных компетенций, в том числе организовывать и проводить работы по техническому обслуживанию и ремонту металлорежущего оборудования, автомобильного транспорта, автоматизированных систем, организовывать безопасное ведение работ.

В процессе изучения дисциплин «Электротехника и электроника» и «Автоматизация производства» студентам следует выполнить ряд лабораторно-практических работ. В процессе их выполнения студенты должны усвоить теоретические знания и знания техники безопасности при работе с электрическими приборами и машинами, овладеть умениями расчета электрических цепей, а также приобрести навыки работы с автоматизированными системами и компонентами, входящими в их состав.

Учебное пособие имеет своей целью ознакомление студентов с конструкцией и принципом работы микросхем, их правильным подключением к цепи постоянного тока. При этом решаются следующие задачи: обобщение теоретических знаний по дисциплине, формирование специальных умений и навыков при работе с электрическими приборами, машинами и электронными компонентами. Особое внимание уделяется формированию компетенции, которая позволит студентам в будущем организовать собственную деятельность и выбрать типовые методы выполнения профессиональных задач, связанных с вопросами эксплуатации электрических цепей.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Назначение и конструкция микросхемы

Микросхема – это устройство, состоящее из электрических элементов электрически соединенных между собой, но имеющих разные функциональные назначения, объединенных под одним неразъемным корпусом.

Микросхемы находят широкое применение во многих сферах человеческой деятельности. Микросхемы предназначены для обработки и хранения различного рода информации.

Главным преимуществом микросхем является то, что они способны объединять под одним корпусом огромное количество полупроводниковых элементов при этом занимать небольшое пространство. Основными причинами появления микросхем служат уплотнение полупроводниковых элементов и повторяемость набора элементов, и их схемы соединения.

Микросхемы могут иметь разную форму и тип корпуса, но они обладают практически одной конструкцией (см. рис. 1.3а). Главным элементом всех микросхем является полупроводниковый кристалл 3, который несет на себе функциональную нагрузку. На полупроводниковом кристалле располагаются все электрические и полупроводниковые элементы. Структура и размеры данной части могут быть различными.

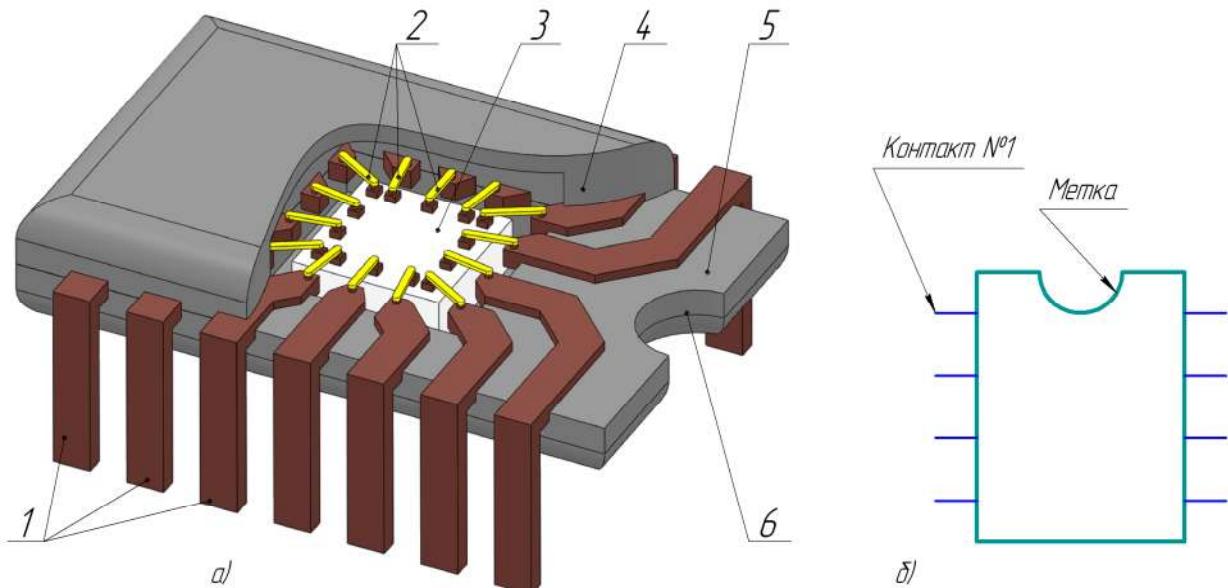


Рисунок 1.1 – Конструкция микросхемы: 1 – внешние контакты; 2 – перемычки; 3 – полупроводниковый кристалл; 4 - крышка

Для защиты от внешнего воздействия полупроводниковый кристалл помещается между основанием 5 и крышкой 4. Крышка в свою очередь может иметь специальное окно, которое в обычных условиях эксплуатации закрыто светонепроницаемой пленкой. Окно предназначено для удаления информации,

которая хранится в памяти микросхемы. Основание и крышку изготавливают из пластика.

Для связи полупроводникового кристалла 3 с внешней электрической цепью применяются металлические контакты 1. Контакты могут располагаться с одной, с двух или четырех сторон микросхемы. Для идентификации контактов. Метка говорит о том, что в этом месте начинается нумерация контактов (см. рис. 1.1б). Нумерация контактов распространяется против часовой стрелки. Метка может иметь любую форму. Для связи контактов с полупроводниковым кристаллом применяются золотые перемычки 2. применение золотых перемычек обусловлено пластичностью золота и высокой плотностью расположения элементов в структуре кристалла.

В тех случаях, когда в процессе работы кристалл сильно нагревается, микросхему снабжают внешним металлическим радиатором.

1.2 Виды микросхем

Микросхемы можно классифицировать по различным параметрам. Одним их таких параметров является классификация микросхем по виду обрабатываемой информации. В качестве информации выступает сигнал.

Сигнал – это напряжение, который поступает на вход или снимается с выхода микросхемы. Виды сигналов представлены на рисунке 1.2.

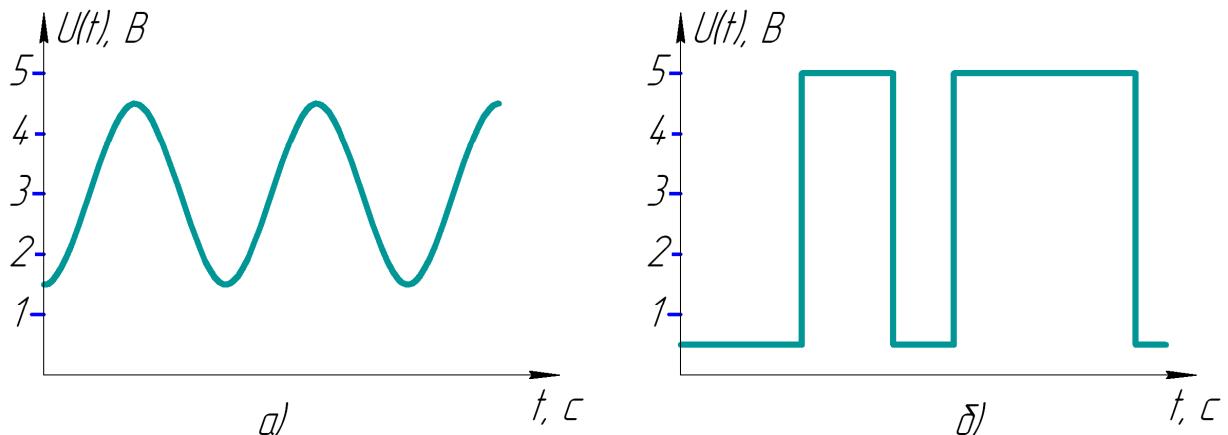


Рисунок 1.2 – Виды электрических сигналов

Аналоговый сигнал – это сигнал, который непрерывно изменяется во времени и имеет широкий диапазон своего изменения.

Цифровой сигнал – это сигнал, который может принимать одно из устойчивых состояний: высокий или низкий уровень сигнала.

Сигнал высокого уровня – это сигнал, величина напряжения, которого близка к напряжению питания микросхемы. В информатике такой сигнал имеет уровень логической единицы (лог. 1).

Сигнал низкого уровня – это сигнал, величина напряжения которого близка и ровна нулю. В информатике такой сигнал имеет уровень логического нуля (лог. 0).

Следовательно, по виду обрабатываемой информации микросхемы можно разделить на две большие группы: *цифровые и аналоговые*.

Цифровая микросхема – это микросхема, которая предназначена для обработки цифрового сигнала. Цифровые микросхемы работают с двоичным кодом.

Аналоговые микросхемы – это микросхемы, которые предназначены для обработки аналогового сигнала. Аналоговые микросхемы могут преобразовывать аналоговый сигнал в цифровой сигнал и наоборот.

Буквенно-цифровое обозначение цифровых микросхем на схемах *DD* с порядковым номером, а аналоговых микросхем *DA* с порядковым номером. Если микросхема состоит из двух или более сегментов, работающих параллельно друг от друга и не имеющих электрических связей, то такие сегменты могут быть разнесены на схеме. В этом случае в буквенно-цифровое обозначение в обозначении индекса сначала указывают порядковый номер микросхемы, а через точку, номер сегмента микросхемы.

1.3 Серии микросхем

В настоящее время широкое распространение получили две технологии (серии) микросхем: ТТЛ (Транзисторно-Транзисторная Логика) и КМОП (Комплементарный Металл-Оксид-Полупроводник).

Базовым элементом микросхем, построенных по технологии ТТЛ, являются биполярные транзисторы, но помимо транзисторов в состав входят резисторы и диоды. Резисторы предохраняют микросхему от короткого замыкания вовремя ее работы. Это связано с тем, что биполярные транзисторы работают в режиме электронного ключа, следовательно, в открытом состоянии сопротивление между коллектором и эмиттером может быть незначительным. С этим связано низкое значение выходное значение высокого уровня сигнала, менее половины напряжения питания. А так же высокое значение низкого уровня сигнала.

Логические собранные на биполярных транзисторах обладают высоким быстродействием и помехоустойчивостью, но при этом потребляют высокую мощность вовремя работы.

Микросхемы, построенные по КМОП технологии, собираются на МОП транзисторах с изолированным затвором. В логических элементах на МОП транзисторах используется два типа транзисторов: управляющие и нагрузочные. Управляющие транзисторы имеют короткий, но достаточно широкий канал и поэтому управляются малым напряжением. Нагрузочные

транзисторы имеют более длинный, но узкий канал, поэтому имеют высокое выходное сопротивление.

Существенным преимуществом логических элементов на МОП транзисторах перед логическими элементами на биполярных транзисторах является малая мощность, потребляемая входной цепью. Однако по быстродействию они уступают схемам на биполярных транзисторах. Это обусловлено тем, что у них имеются сравнительно большие паразитные емкости, на перезарядку которых затрачивается определенное время. Паразитные емкости возникают между токопроводящими каналами, разделенными диэлектриком, в результате получается конденсатор.

Для микросхем на МОП транзисторах также характерны: стабильность уровней выходного сигнала и малое его отличие от напряжения источника питания; высокое входное и малое выходное сопротивления; лёгкость согласования с микросхемами других технологий.

Информационные выходы микросхем на биполярных транзисторах не желательно соединять с информационными входами микросхем собранных на МОП транзисторах. Это может привести к выходу из строя микросхем на МОП транзисторах. Обратное соединение таких недостатков не имеет.

В таблице 1.1 приведены некоторые отличительные особенности работы каждой из технологий (серии микросхем).

Таблица 1.1 – Серии микросхем

Характеристика	Серия микросхем	
	ТТЛ	КМОП
Напряжение питания ($U_{пит}$), В	5±0,5	3...15
Напряжение сигнала высокого уровня (Лог. 1), В	2,4	$\sim U_{пит}$
Напряжение сигнала низкого уровня (Лог. 0), В	0,4	<0,1
Максимальная частота обработки сигнала, МГц	15	1...5
Потребляемый ток без нагрузки, мА	20	0,002...0,1
Максимальный выходной ток, мА	16	0,5

1.4 Графическое изображение микросхем

Графическое функциональное изображение микросхем отличается от изображения внешнего вида. Основное отличие состоит в том, что входы и выходы не всегда располагаются по порядку, а расположены в перемешку.

Функциональное изображение состоит из одного основного поля и одного или нескольких дополнительных полей, в некоторых случаях дополнительные

поля могут отсутствовать (см. рис. 1.3). В области основного поля обозначается его функция (генератор, триггер и др.). В области дополнительных полей (если они есть) обозначаются наименования входов и выходов. Слева от основного поля располагаются входы. Справа от основного поля располагаются выходы. Так же в основании входа или выхода может находиться «кружок», который обозначает инверсию сигнала, например, если внутри элемента (микросхемы) на выход поступает высокий уровень сигнала, то на выходе будет низкий уровень сигнала и наоборот.

Так же на дополнительных полях могут присутствовать входы питания самой микросхемы. Эти входы не несут в себе логической информации. Если дополнительных полей нет, то контакты питания могут располагаться сверху и снизу и примыкать к основному полю.

Дополнительные поля с одной стороны могут иметь входы или выходы назначения, которых может быть различно: одни входы отвечают за передаваемый информационный сигнал, а другие отвечают за его настройку и коррекцию. В этом случае входы и выходы располагают на разных дополнительных полях.

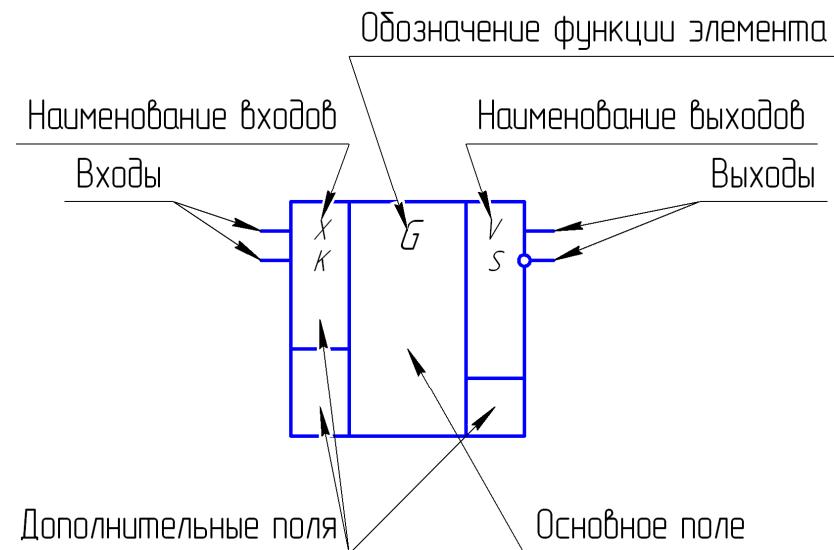


Рисунок 1.3 - Графическое функциональное изображение микросхем

В таблице 1.2 представлены некоторые обозначения функций микросхемы (элемента). В таблице знак «*» ставят перед обозначением функции когда, выводы элемента являются нелогическими (наборы транзисторов, диодов, резисторов и т. д.).

Таблица 1.2 – Функции микросхем (элементов)

№	Логическая функция	Обозначение функции
1	Вычислитель	CP
2	Процессор	P
3	Память	M
4	Управление	CO
5	Перенос	CR
6	Прерывание	INR
7	Арифметика	A
8	Суммирование	SM Σ
9	И	&
10	ИЛИ	1
11	Исключающие ИЛИ	=1
12	Регистр	RG
13	Счетчик	CT
14	Шифратор	DC
15	Дешифратор	CD
16	Преобразователь	X/Y
17	Генератор	G
18	Триггер	T
19	Ключ	SW
20	Операционный усилитель	▷ ∞
21	Стабилизатор напряжения	*STU
22	Сборка резисторная	*R
23	Сборка диодная	*D
24	Сборка индикаторная	*H
25	Сборка транзисторная	*T

1.5 Контрольные вопросы

- 1) Что такое микросхема?
- 2) С какими видами сигнала может работать микросхема?
- 3) Какие технологии применяются для создания микросхем?

- 4) В чем отличие между микросхемами ТТЛ и КМОП?
- 5) Что входит в графическое функциональное обозначение микросхем?
- 6) Что означает знак «*» в обозначении функции элемента?

2 ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ МИКРОСХЕМ

2.1 Виды логических элементов

Логический элемент – это такой элемент, который может выполнять одну из функций алгебры логики с использованием двоичного кода.

В настоящее время в промышленности создаются логические элементы, выполняющие семь различных функций (рис. 2.1). Некоторые из функций используются широко, а некоторые имеют специфические особенности логики и применяются только в конкретной сфере, для решения конкретных задач. Среди функций логических элементов можно выделить

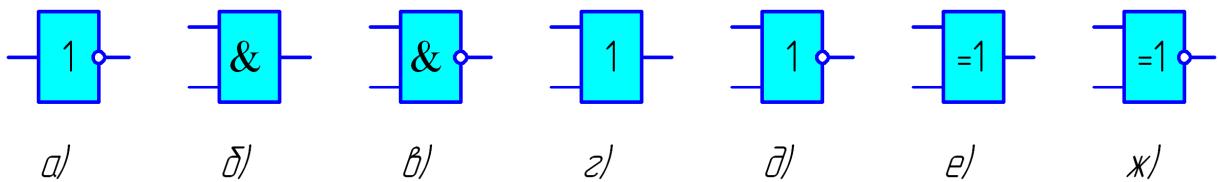


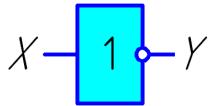
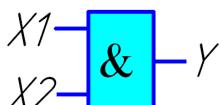
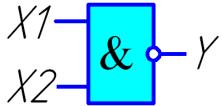
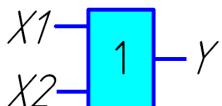
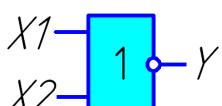
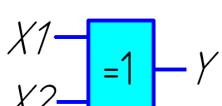
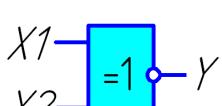
Рисунок 2.1 – Логические элементы микросхем. а – НЕ; б – И; в – И-НЕ; г – ИЛИ; д – ИЛИ-НЕ; е – ИСКЛЮЧАЮЩЕ ИЛИ; ж - ИСКЛЮЧАЮЩЕ ИЛИ-НЕ

Как видно из рисунка 2.1 каждый логический элемент имеет один и не несколько входов и один выход. Обычно у одного логического элемента в зависимости от назначения может быть от одного до восьми входов. На входы подается некоторый сигнал с логическим уровнем «1» или «0». На выходе, в зависимости от функции, по которой работает логический элемент, так же будет логический уровень «0» или «1». Сигнал, который поступает на вход, обозначается буквой X , если входов несколько, то добавляется индекс. Выходной сигнал обозначается буквой Y .

Условное графическое изображение логических элементов и таблицы истинности приведены в таблице 2.1.

Элемент НЕ имеет один вход и один выход. На электрических схемах элемент НЕ изображается в виде прямоугольника с двумя контактами X и Y . Внутри прямоугольника ставится символ «1». Инверсия элемента отображается кружком в основании контакта Y . В его задачу входи преобразовывать входной сигнал одного логического уровня в противоположный сигнал, например, если на вход подать сигнал высокого уровня (лог. 1), то на выходе будет сигнал низкого уровня (лог. 0) и наоборот.

Таблица 2.1 – Логические элементы

Логический элемент		Таблица истинности		
Функция	Графическое изображение	Входной сигнал		Выходной сигнал
		X1	X2	Y
НЕ		1	Нет	0
		0	Нет	1
И		0	0	0
		1	0	0
		0	1	0
		1	1	1
И-НЕ		0	0	1
		1	0	1
		0	1	1
		1	1	0
ИЛИ		0	0	0
		1	0	1
		0	1	1
		1	1	1
ИЛИ-НЕ		0	0	1
		1	0	0
		0	1	0
		1	1	0
Исключающ ие ИЛИ		0	0	0
		1	0	1
		0	1	1
		1	1	0
Исключающ ие ИЛИ-НЕ		0	0	1
		1	0	0
		0	1	0
		1	1	1

Элемент И имеет два и более входа и одни выход. Внутри прямоугольника ставится символ «&» (амперсанд). Работа данного элемента заключается в то, что на выходе Y появится сигнал высокого уровня (лог. 1) только тогда, когда на все входы будет подан сигнал высокого уровня (лог. 1). Если на один из входов будет поступать сигнал низкого уровня (лог. 0), то на выходе будет сигнал низкого уровня (лог. 0).

Образование логического элемента с функцией И-НЕ получается путем синтеза двух элементов И и НЕ, в результате этот элемент имеет несколько входов и один инверсный выход, отображающийся на схеме кружком, а внутри элемента будет стоять символ «&», так как элемент изначально выполняет функцию элемента И. В результате если на все входы X логического элемента подать высокий уровень сигнала (лог. 1), то на выходе Y будет сигнал низкого уровня (лог. 0). Если хоть на один вход или на все подать сигнал низкого уровня, то на выходе будет сигнал высокого уровня.

Элемент с функцией ИЛИ так же как и элемент И может иметь два и более входов и один выход. На схемах элемент ИЛИ обозначается символом «1», это обозначение совпадает с обозначением элемента НЕ, только в данном случае входов несколько. Принцип работы элемента ИЛИ заключается в том, что если на все или хотя бы на один из входов X подать сигнал высокого уровня (лог. 1), то на выходе Y будет высокий уровень сигнала (лог. 1). Если на все входы X подать сигнал низкого уровня (лог. 0), то на выходе Y будет сигнал низкого уровня (лог. 0).

Образование логического элемента с функцией ИЛИ-НЕ получается путем соединения двух элементов ИЛИ и НЕ, в результате этот элемент имеет несколько входов и один инверсный выход. Элемент с функцией ИЛИ-НЕ обозначается символом «1», так как элемент изначально выполняет функцию элемента НЕ. Работа элемента ИЛИ-НЕ прямо противоположна работе элемента ИЛИ. Поэтому если на все или хотя бы на один из входов X подать сигнал высокого уровня (лог. 1), то на выходе Y будет высокий уровень сигнала (лог. 0). Если на все входы X подать сигнал низкого уровня (лог. 0), то на выходе Y будет сигнал низкого уровня (лог. 1).

Элемент с функцией ИСКЛЮЧАЮЩИЕ ИЛИ может иметь несколько входов, но один выход. Такие элементы встречаются редко. На схемах такой элемент обозначается символом «=1». Принцип работы элемента ИСКЛЮЧАЮЩИЕ ИЛИ заключается в том, что если на все входы X подать сигнал высокого (лог. 1) или низкого уровня (лог. 0), то на выходе будет низкий уровень сигнала (лог. 0). Если на один из входов X подать сигнал низкого уровня (лог. 0), то на выходе Y будет сигнал высокого уровня (лог. 1).

Образование логического элемента с функцией ИСКЛЮЧАЮЩИЕ ИЛИ-НЕ получается путем соединения двух элементов ИСКЛЮЧАЮЩИЕ ИЛИ и

НЕ, в результате этот элемент имеет несколько входов и один инверсный выход. На схемах такой элемент обозначается символом «=1». Принцип работы элемента ИСКЛЮЧАЮЩИЕ ИЛИ-НЕ заключается в том, что если на все входы X подать сигнал высокого (лог. 1) или низкого уровня (лог. 0), то на выходе будет высокий уровень сигнала (лог. 1). Если на один из входов X подать сигнал низкого уровня (лог. 0), то на выходе Y будет сигнал низкого уровня (лог. 0).

2.2 Преобразование логических элементов

Иногда на практике требуется наличие, какого либо логического элемента реализующего одну из приведенных выше функций, но его нет в наличии. Выходом из такой ситуации может быть только объединение двух и более логических элементов, а иногда соединение входов в одну точку, чтобы получить требуемый логический элемент. Ниже представлены варианты получения логических элементов из элемента с функцией И-НЕ.

На рисунке 2.2а представлено преобразование лог элемента И-НЕ в элемент с функцией НЕ. Как известно элемент НЕ имеет один вход и один выход, поэтому чтобы получить из элемента И-НЕ $D1.1$ элемент НЕ $D2.1$ необходимо объединить два входа логического элемента в одну общую точку А. Сигнала X , поданный на вход А, разделится на сигналы $X1$ и $X2$ и сохранит свою величину. Следовательно, возможно два варианта: высокий и низкий уровень сигнала X . Выход элемента подключен к точке С. Сигнал Y будет инверсным по отношению к сигналу X . На рисунке 2.2б показан объединенный вариант логического элемента с сохранением входных и выходных сигналов.

На рисунке 2.2в представлено преобразование логического элемента И-НЕ в элемент с функцией И. Чтобы из элемента И-НЕ получить элемент И необходимо избавиться от составляющей НЕ, следовательно, надо провести инверсию выходного сигнала. Для этого потребуются два элемента с функцией И-НЕ $D1.1$ и $D1.2$. Два контакта элемента $D1.1$ подключаются к точкам A и B , на которые подаются сигналы $X1$ и $X2$. На выходе элемента $D1.1$ формируется сигнал $Y1$, который является входным сигналом второго элемента $D1.2$. Соединение входов элемента $D1.2$ отвечают за выполнение функции НЕ, рассмотренной в предыдущем параграфе. Элемент $D1.2$ будет выполнять инверсию выходного сигнала и преобразовывать входной сигнал $Y1$ в выходной сигнал $Y2$. На рисунке 2.2г представлен вариант объединения двух элементов $D1.1$ и $D1.2$ в элемент $D3.1$.

На рисунке 2.2д представлено преобразование логического элемента И-НЕ в элемент с функцией ИЛИ. В этом преобразовании принимают участие три элемента с функцией И-НЕ. Как и в предыдущем случае, преобразование проходит в два этапа. На первом этапе входные сигналы $X1$ и $X2$ проходит

инверсию на элементах $D1.1$ и $D1.2$. На втором этапе инверсивные сигналы $Y1$ и $Y2$ поступают на входы элемента $D1.3$, который из двух сигналов получает один сигнал $Y3$ на выходе С. В результате, связка элементов $D1.1\dots D1.3$ приводит к получению эквивалентного элемента ИЛИ, представленного на рисунке 2.2е.

На рисунке 2.2ж представлено преобразование логического элемента И-НЕ в элемент с функцией ИЛИ-НЕ. Эта операция требует наличия четырех элементов И-НЕ. Первые два этапа преобразования аналогичны предыдущему случаю. А на третьем этапе происходит ещё одна инверсия сигнала $Y3$ на элементе $D1.4$, который соединен по схеме представленной на рисунке 2.2а. В результате на выходе С элемента $D1.4$ получается сигнал $Y4$. Получившаяся схема элементов будет эквивалентна схеме представленной на рисунке 2.2з.

На рисунке 2.2и представлено преобразование логического элемента И-НЕ в элемент с функцией ИСКЛЮЧАЮЩЕ ИЛИ. Как и в предыдущих случаях, получение элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕ ИЛИ требует наличия нескольких элементов с другой функцией. Данная схема несколько отличается от предыдущих, та как в данном случае сигнал два сигнала $X1$ и $X2$, подаваемые на точки А и В, поступают одновременно на два логических элемента, а не на один. Сигнал $X1$ поступает на вход элементов $D1.1$ и $D1.2$, а сигнал $X2$ поступает на вход элементов $D1.1$ и $D1.3$. После прохождения элемента $D1.1$, сигналы преобразуются в выходной сигнал $Y1$, который поступает на элементы $D1.2$ и $D1.3$. После прохождения этих элементов появляется еще два сигнала $Y2$ и $Y3$, которые поступают на вход элемента $D1.4$. На выходе которого формируется сигнал $Y4$. Такая комбинация из четырех элементов И-НЕ позволяет получить элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕ ИЛИ, представленный на рисунке 2.2к.

Аналогичным способом можно получить элемент с функцией ИСКЛЮЧАЮЩЕ ИЛИ-НЕ с добавлением пятого элемента И-НЕ, который произведет инверсию сигнала $Y4$.

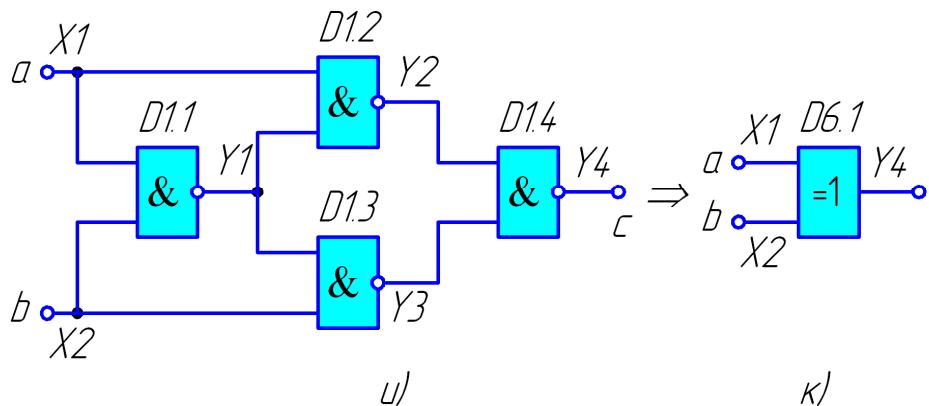
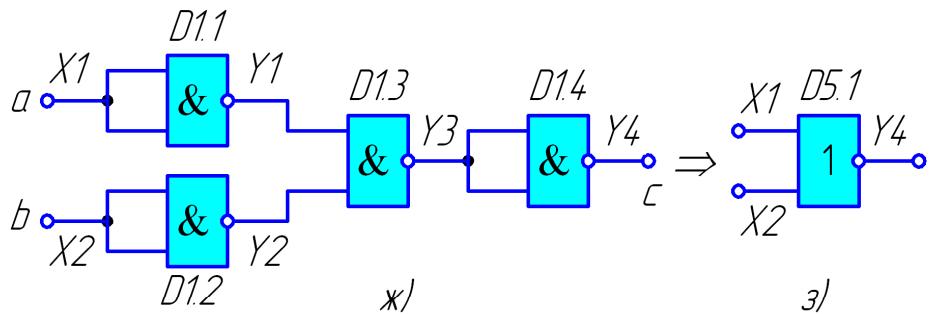
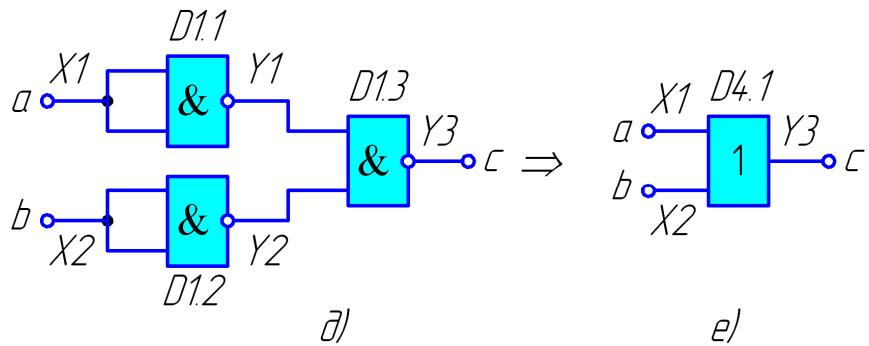
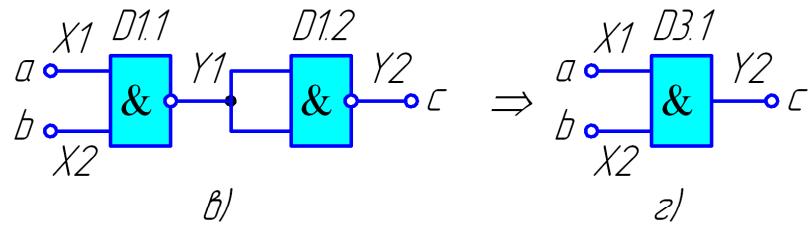
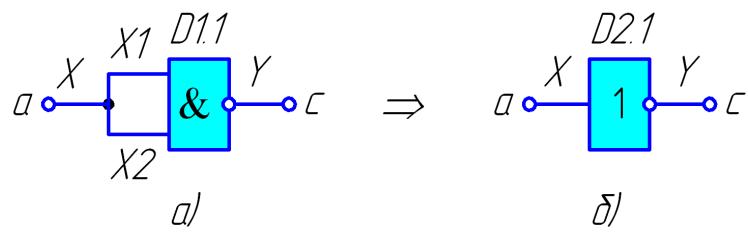


Рисунок 2.2 – Преобразование логического элемента И-НЕ в элементы с другими функциями

2.3 Подключение логических элементов

Как отмечалось ранее, существует несколько серий микросхем, следовательно, способы подключения этих серий будут отличаться. Разберем подключение микросхем ТТЛ и КМОП серии. В качестве ТТЛ серии возьмем микросхему К155ЛА3, а в качестве КМОП серии микросхему К561ЛЕ5. каждая микросхема обладает своей функциональной логикой, поэтому есть возможность проверить работу логику логического элемента И-НЕ и ИЛИ-НЕ.

На рисунке 2.3 представлены три варианта включения микросхемы К155ЛА3 с логическим элементом И-НЕ. Схемы состоят из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока; $DD1$ – сегмент микросхемы К155ЛА3; $HL1$ – светодиод; $R1$ – резистор, ограничивающий ток светодиода; $R2$ – резистор, ограничивающий входной ток логического элемента.

На рисунке 2.3а представлен случай когда оба входа 1 и 2 логического элемента $DD1$ подключены к отрицательному полюсу источника тока $GB1$ или общему проводу. При этом на них формируется сигнал низкого уровня (лог. 0), следовательно, на выходе 3 появится сигнал высокого уровня (лог. 1). Появление сигнала высокого уровня приведет к образованию разности потенциалов между общим проводом и выходом 3, это приведет к тому, что через светодиод $HL1$ будет протекать ток, и он начнет светиться.

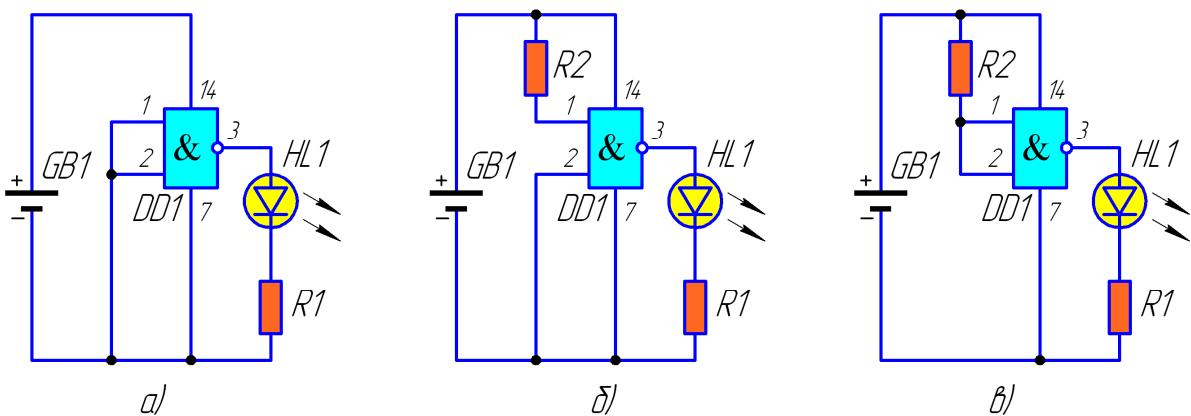


Рисунок 2.3 – Подключение логического элемента ТТЛ микросхемы

На рисунке 2.3б вход 1 подключен к положительному полюсу источника тока $GB1$ через резистор $R2$, а вход 2 подключен к отрицательному полюсу источника тока. На входе 1 появится сигнал высокого уровня (лог. 1), а на входе 2 будет сигнал низкого уровня (лог. 0). В результате на выходе 3 появится сигнал высокого уровня (лог. 1), что приведет к свечению светодиода $HL1$.

На рисунке 2.3в оба входа 1 и 2 подключены к положительному полюсу источника тока $GB1$ через резистор $R2$, поэтому на них формируется сигнал высокого уровня (лог. 1). В этом случае на выходе на выходе логического элемента $DD1$ будет формироваться сигнал низкого уровня (лог. 0),

следовательно, между выходом 3 и общим проводом не возникнет разности потенциалов, поэтому через светодиод $HL1$ не будет протекать ток, и светодиод не будет гореть.

На рисунке 2.4 представлены три варианта включения микросхемы K561ЛЕ5 с логическим элементом ИЛИ-НЕ. Схемы состоят из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока; $DD1$ – сегмент микросхемы K561ЛЕ5; $HL1$ – светодиод; $R3$ – резистор, ограничивающий ток светодиода; $R1$, $R2$ – резисторы, ограничивающий входной ток логического элемента.

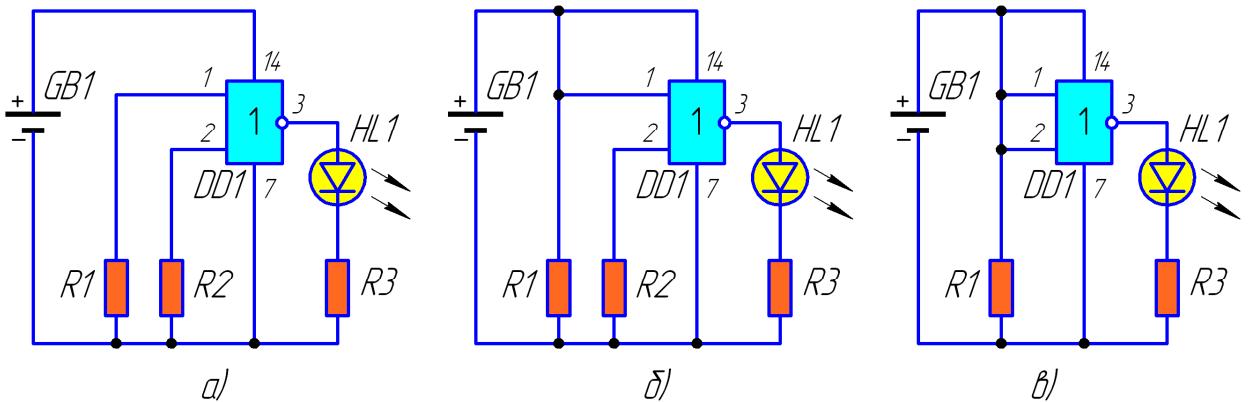


Рисунок 2.4 – Подключение логического элемента КМОП микросхемы

На рисунке 2.4а оба входа 1 и 2 логического элемента $DD1$ подключены к отрицательному полюсу источника тока $GB1$ через резисторы $R1$ и $R2$. При таком подключении на них будет формироваться сигнал низкого уровня (лог. 0). Низкий уровень сигнала на входе приведет к появлению сигнала высокого уровня на выходе 3 (лог. 1), следовательно, появится разность потенциалов между выходом 3 логического элемента $DD1$ и общим проводом. Разность потенциалов вызовет протекание тока через светодиод $HL1$, и он будет светиться.

На рисунке 2.4б контакт 1 напрямую подключен к положительному полюсу источника тока $GB1$ и через резистор $R1$ подключен к отрицательному полюсу источника тока. Такое соединение вызывает появление на контакте 1 входного сигнала высокого уровня (лог. 1). Контакт 2 как и в предыдущем случае, подключен через резистор $R2$ к отрицательному полюсу источника тока $GB1$. На контакте 2 формируется сигнал низкого уровня (лог. 0). При такой комбинации входных сигналов на выходе 3 будет сигнал низкого уровня (лог. 0) и светодиод $HL1$ не будет светиться.

На рисунке 2.4б контакт 1 и 2 соединяются вместе и напрямую подключаются к положительному полюсу источника тока $GB1$, а через резистор $R1$ подключаются к отрицательному полюсу источника тока. Такое соединение вызывает появление на обоих контакте 1 и 2 входного сигнала высокого уровня (лог. 1). Такое соединение не вызовет смещение выходного сигнала на выходе 3

в сторону высокого уровня, сигнал останется низкого уровня (лог. 0). Индикаторный светодиод *HL1* будет испускать свет.

2.4 Контрольные вопросы

- 1) Что такое логические элементы?
- 2) Какие функции могут выполнять логические элементы?
- 3) Как отличается подключение логических элементов КМОП и ТТЛ серии?
- 4) Можно ли производить замену одних логических элементов другими?
- 5) Чем работа элемента И-НЕ отличается от работы элемента ИЛИ?

3 ШИФРАТОРЫ И ДЕШИФРАТОРЫ

3.1 Общие сведения

Шифратор – это устройство, которое преобразует входной информационный сигнал в двоичный код.

Дешифратор – это устройство, которое преобразует двоичный код в выходной информационный сигнал.

Шифраторы и дешифраторы находят широкое применение в устройствах автоматики, управления и передачи информации. Главным преимуществом связки шифратор-дешифратор является передача сигнала по меньшему количеству информационных каналов, за счет кодирования сигнала.

Шифраторы по структуре можно разделить на полные и не полные шифраторы. Полным шифратором считаются шифраторы, у которых N -информационных выходов и 2^N входов. У не полного шифратора число входов меньше 2^N .

По виду выходного сигнала дешифраторы можно разделить на две группы: логические и дисплейные. К логическим дешифраторам относятся дешифраторы, которые в зависимости от входного двоичного кода активируют один из выходов. Дисплейные дешифраторы преобразуют входной двоичный код в наглядный вид в виде букв, цифр и символов, отображаемых на дисплеях.

На производстве шифраторы и дешифраторы применяются для передачи информации на большие расстояния, для экономии количества токопроводящих жил. Дешифраторы применяются для углового или линейного позиционирования рабочих органов. А также в счетных устройствах и в других направлениях.

3.2 Шифраторы

Структура полного восьмеричного шифратора $8 \rightarrow 3$ представлена на рисунке 3.1. Такой шифратор имеет восемь входов $0 \dots 7$ и три выхода $Y_1 \dots Y_3$. Для наглядности изменения сигналов на шифраторе приведена таблица истинности (см. табл. 3.1). Структура шифратора состоит из трех логических элементов функции ИЛИ, которые соединяют информационные входы $X_1 \dots X_8$ с выходами $Y_1 \dots Y_3$. Шифратор имеет функцию $8 \rightarrow 3$ и является полным так как содержит три выхода ($N = 3$) и восемь входов ($2^N = 8$).

Вход X_1 не имеет контакта с логическими элементами, поэтому на выходах $Y_1 \dots Y_3$, при подаче на вход X_1 сигнала высокого уровня ($X_1 = 1$), появится низкий уровень ($Y_1 = Y_2 = Y_3 = 0$).

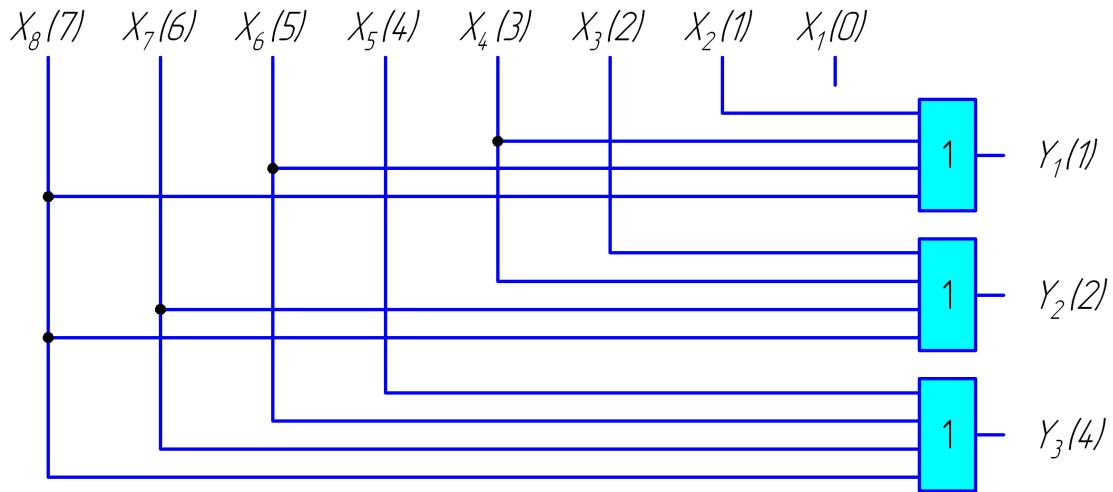


Рисунок 3.1 – Структура полного шифратора $8 \rightarrow 3$

Вход X_2 соединяется с первым логическим элементом, поэтому при подаче на него сигнала высокого уровня ($X_2 = 1$), на одном выходе появится высокий уровень ($Y_1 = 1$), а на двух других сохранится низкий уровень ($Y_2 = Y_3 = 0$). Это произойдет потому что на входы других логических элементов поступит сигнал низкого уровня.

При подаче сигнала высокого уровня на вход X_3 , на выходах Y_1 и Y_2 также появятся сигналы высокого уровня, а на выходе Y_3 сохранится сигнал низкого уровня.

Таблица 3.1 – Таблица истинности шифратора $8 \rightarrow 3$

Входы								Выходы		
X_8	X_7	X_6	X_5	X_4	X_3	X_2	X_1	Y_3	Y_2	Y_1
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

По такой же схеме будут работать и другие входы $X_3 \dots X_8$, но выходной сигнал будет зависеть от комбинации соединений входов с логическими элементами ИЛИ. В результате получается схема шифрования восьмеричного

сигнала в трехзначный двоичный код. Более подробную зависимость выходного сигнала от подаваемого сигнала на определенный вход шифратора можно посмотреть в таблице 3.1.

По аналогичной схеме собирается полный шестнадцатеричный шифратор $16 \rightarrow 4$. Такой шифратор имеет шестнадцать входов 0...15 и 4 выхода $Y_1 \dots Y_4$. В этом случае идет преобразование входного сигнала в четырехзначный двоичный код (см. рис. 3.2). Для выполнения такой операции необходимо использовать четыре логических элемента с функцией ИЛИ. При этом процесс преобразования будет аналогичен процессу, приведенному для описания работы восьмеричного шифратора $8 \rightarrow 3$.

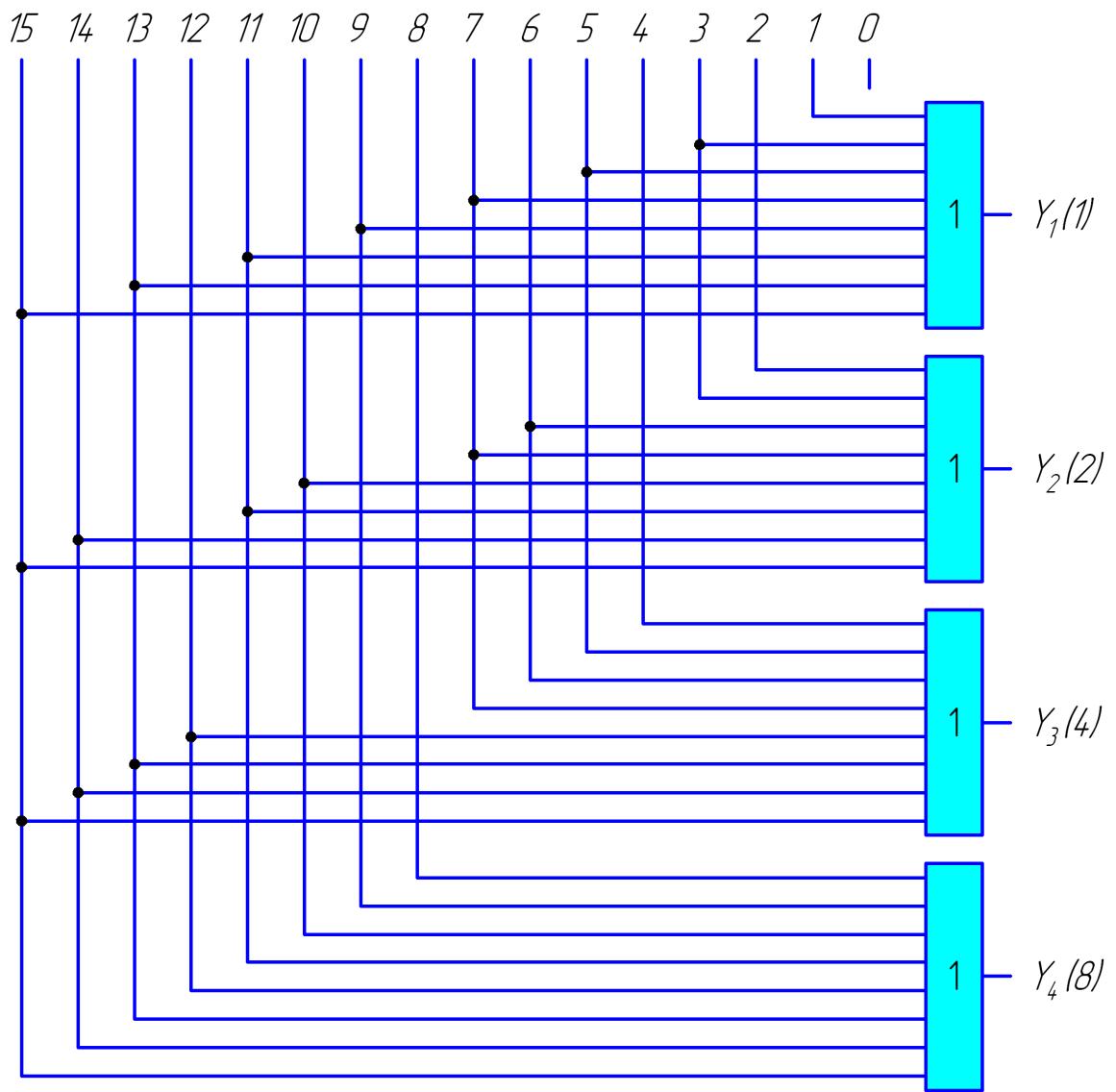


Рисунок 3.2 – Структура полного шифратора $16 \rightarrow 4$

Как и в случае с полным восьмеричным шифратором единичный сигнал высокого уровня подается только на один вход. При этом на одном или нескольких выходах $Y_1 \dots Y_4$ будет наблюдаться выходной сигнал высокого

уровня. Например, при подаче на вход «7» сигнал высокого уровня поступит на первые три логических элемента и на выходах $Y_1 \dots Y_3$ появится сигнал высокого уровня. С четвертым элементом вход «7» не имеет, поэтому на выходе Y_4 .

Для получения полной информации о состоянии выходных сигналов, в зависимости от входного сигнала, поступающего на один из входов шифратора $16 \rightarrow 4$, можно воспользоваться таблицей 3.2.

Таблица 3.2 – Таблица истинности шифратора $16 \rightarrow 4$

Входы																Выходы
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	Y_1
1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	Y_2
1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	Y_3
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Y_4

Помимо полных шифраторов можно встретить неполные шифраторы. К неполным шифраторам можно отнести десятичный шифратор $10 \rightarrow 4$, который имеет десять информационных входов и четыре информационных выхода (см. рис. 3.3). Такой шифратор состоит из четырех элементов с функцией ИЛИ, но количество входов у каждого элемента разное.

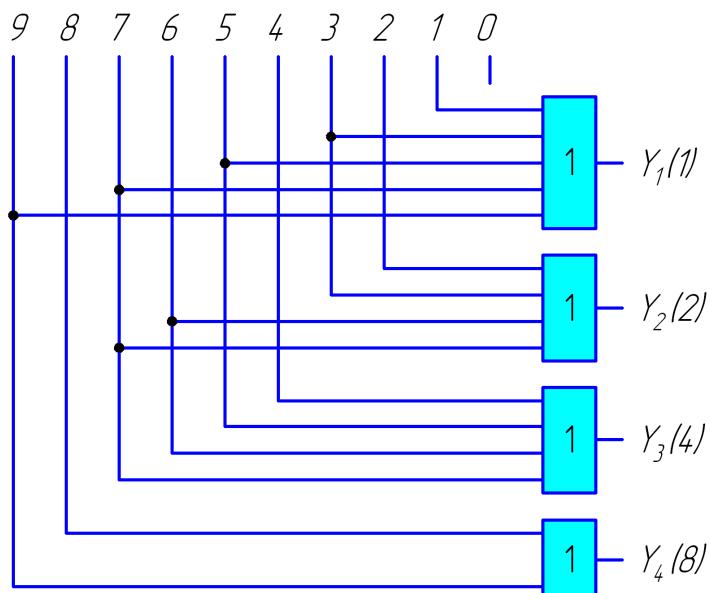


Рисунок 3.3 – Неполный десятичный шифратор $10 \rightarrow 4$

Такие дешифраторы также находят свое применение, обычно их применяют, когда необходимо переводить десятичные сигналы в четырехзначный двоичный код. Десятичные шифраторы применяются, когда необходимо кодировать и передавать информацию в десятичной форме.

3.3 Десятичные дешифраторы

Десятичные дешифраторы применяются для преобразования четырехзначного двоичного кода в десятичный сигнал, обычно такие дешифраторы ставятся совместно с неполными десятичными шифраторами. Схема десятичного дешифратора представлена на рисунке 3.4.

Преобразование двоичного кода в десятичный сигнал осуществляется в два этапа. На первом этапе четыре входных двоичных сигнала $X_1 \dots X_4$ проходят через четыре логических элемента с функцией НЕ, в результате получается еще четыре сигнала $\overline{X}_1 \dots \overline{X}_4$, которые являются инверсными по отношению к входным сигналам $X_1 \dots X_4$.

На втором этапе в работу включаются десять логических элементов с функцией И. Каждый из десяти логических элементов имеет четыре входа, на которые поступает сигналы $X_1 \dots X_4$ и $\overline{X}_1 \dots \overline{X}_4$. В зависимости от комбинации сигнала на выходах $Y_1 \dots Y_{10}$ формируется десятичный сигнал. При этом только на одном из выходов будет сигнал высокого уровня, на всех остальных будет сигнал низкого уровня.

Схема работает следующим образом. Предположим, на вход дешифратора поступает цифра «5» с двоичным кодом (0101), то на выходе $Y_6(5)$, должен быть сигнал высокого уровня. Для того чтобы на выходе был высокий уровень необходимо, чтобы на все четыре входа логического элемента поступал высокий уровень (1111). Но двоичный код цифры «5» является следующим (0101). Поэтому необходимо заменить сигналы низкого уровня X_2 и X_4 на сигналы высокого уровня \overline{X}_2 и \overline{X}_4 , что реализуется на первом этапе дешифрации. В результате на входы логического элемента поступают прямые сигналы X_1 , X_3 и инверсные сигналы \overline{X}_2 , \overline{X}_4 .

Если на дешифратор поступает цифра «8» с двоичным кодом (1000), то на выходе $Y_9(8)$, должен быть сигнал высокого уровня. В этом случае необходимо на первом этапе заменить сигналы $X_1 \dots X_3$ на противоположные $\overline{X}_1 \dots \overline{X}_3$. Для логического элемента с выходом $Y_9(8)$ справедлива следующая комбинация входных сигналов $\overline{X}_1 \dots \overline{X}_3$ и X_4 .

Как видно из двух примеров преобразования для каждого логического элемента есть своя комбинация входных сигналов $X_1 \dots X_4$ и $\overline{X}_1 \dots \overline{X}_4$, следовательно, только на одном из логических элементов будет высокий уровень, на всех остальных будет низкий уровень.

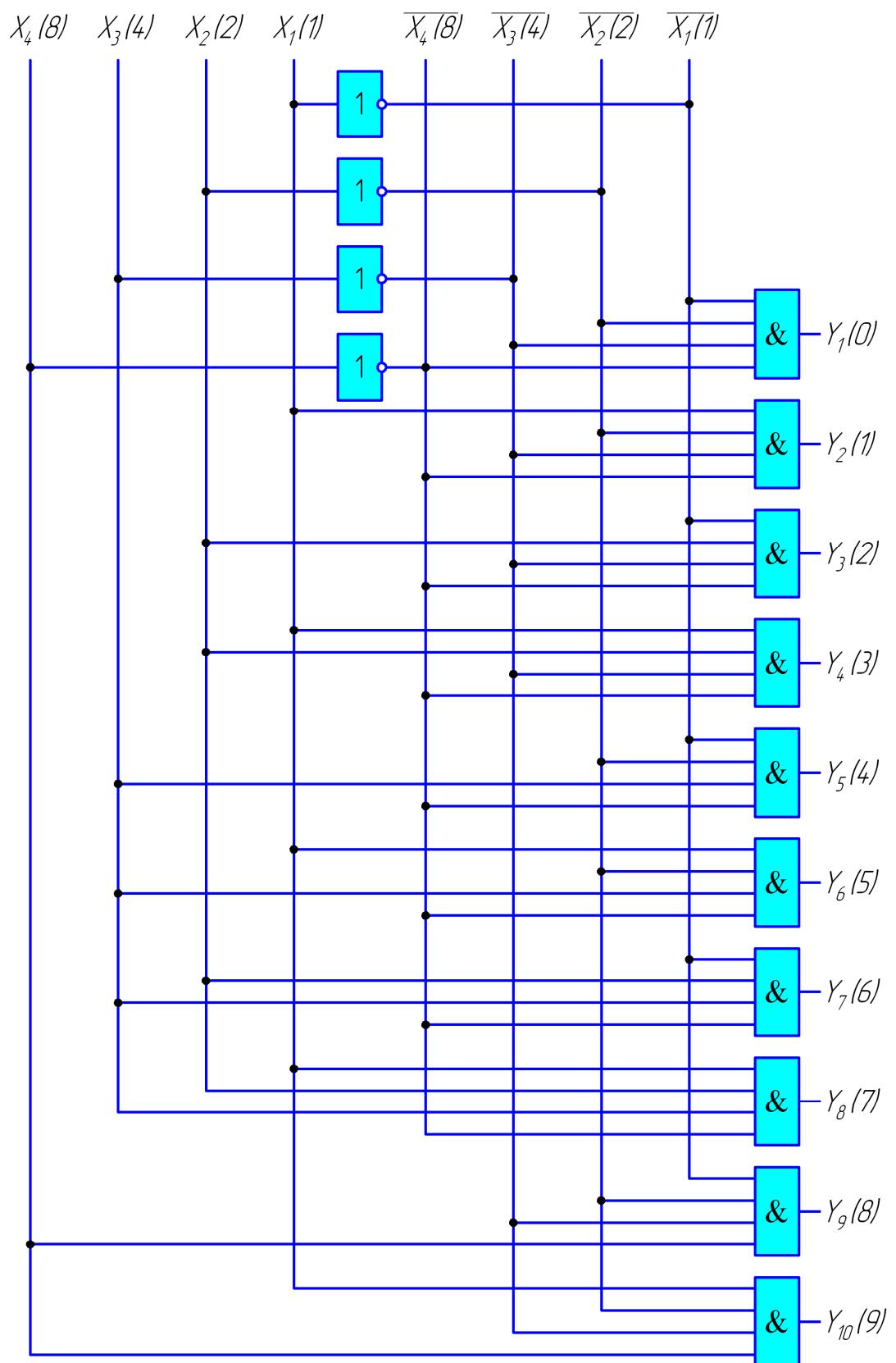


Рисунок 3.4 – Схема десятичного дешифратора

3.4 Семисегментные дешифраторы

Часто дешифрация двоичного кода в десятичный сигнал не является удобной для восприятия информации. Это объясняется тем, что при нарастании разрядности отображаемого числа появляется вероятность ошибочного определения переданного числа человеком, а так же информационная панель требует наличия большого пространства. В связи с этим широкое распространение получили семисегментные индикаторы. Семисегментные индикаторы дают возможность отображать арабские цифры, что в свою очередь способствует быстрому определению переданного числа.

Информационная часть семисегментного индикатора представлена на рисунке 3.5б. Как видно индикатор состоит из семи независимых ячеек. Каждая ячейка обозначается своей латинской буквой $a \dots g$. На рисунке 3.5а представлена схема преобразования десятичного сигнала в семисегментный код. В качестве исходного сигнала поступающего на семисегментный дешифратор берется сигнал, поступающий от выходов $Y_1 \dots Y_{10}$ десятичного дешифратора. Для преобразования десятичного сигнала в семисегментный код применяются логические элементы с функцией ИЛИ-НЕ. Такая схема преобразования справедлива для семисегментного индикатора с общим катодом. Если индикатор с общим анодом, то логические элементы должны быть с функцией ИЛИ.

Семисегментный дешифратор работает следующим образом. Как отмечалось ранее, только на одном из выходов десятичного дешифратора может образовываться сигнал высокого уровня, это означает, что если на выходе Y_1 будет сигнал высокого уровня, то на выходах $Y_2 \dots Y_{10}$ будет сигнал низкого уровня.

Для того чтобы на индикаторе отображалась цифра «0» необходимо погасить ячейку g , для этого на выходе логического элемента, управляющего этой ячейкой, необходимо создать сигнал низкого уровня. Это реализуется подачей на вход логического элемента ИЛИ-НЕ сигнала высокого уровня Y_1 . Если требуется отобразить цифру «1», то необходимо погасить ячейки a , $d \dots g$. В этом случае сигнал высокого уровня Y_2 должен поступать на входы соответствующих логических элементов, чтобы на их выходах сформировался сигнал низкого уровня. Аналогичная ситуация будет происходить с индикацией других арабских цифр.

Семисегментный и десятичный дешифратор обычно находятся под общим корпусом, что существенно облегчает монтаж микросхем реализующих данную функцию.

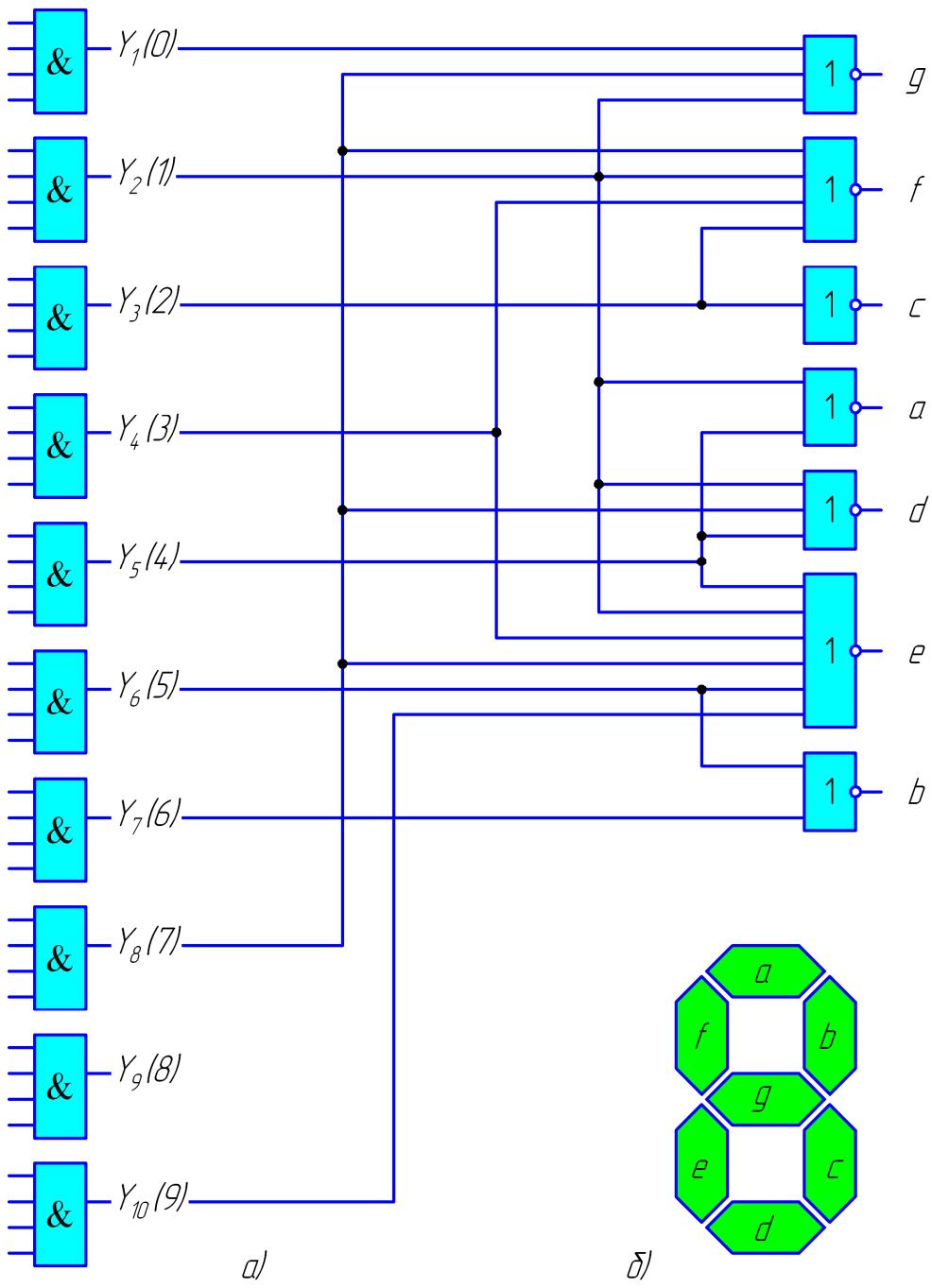


Рисунок 3.5 – Схема семисегментный дешифратор

3.5 Микросхема К176ИД1

Микросхема К176ИД1 является классическим дешифратором, который преобразует в двоичный код в десятичный сигнал. Внешний вид микросхемы представлен на рисунке 3.6а. Микросхема имеет 16 контактов и относится к КМОП серии. Условное графическое изображение на схеме представлено на рисунке 3.6б.

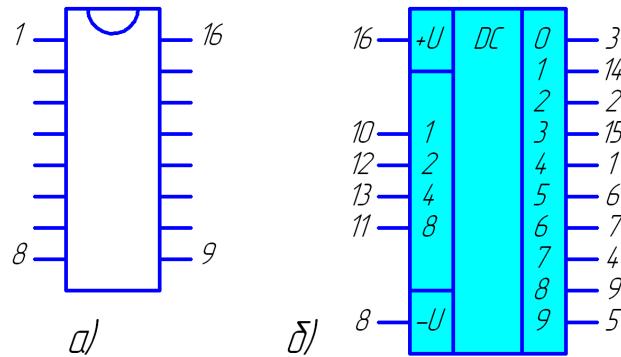


Рисунок 3.6 – Микросхема К176ИД1

$+U$ – вход питания микросхемы. Этот вход подключают к положительному контакту источника тока.

$-U$ – вход питания микросхемы. Этот вход подключают к отрицательному контакту источника тока.

1, 2, 4, 8 – входы четырехзначного двоичного сигнала.

0...9 – выходы десятичного сигнала.

На рисунке 3.7 представлена схема подключения микросхемы К176ИД1. В схему входят следующие электрические элементы: GB1 – источник постоянного тока; SA1…SA4 – двухпозиционные переключатели; DD1 – микросхема К176ИД1; HL1…HL10 – индикаторные светодиоды; R1…R4 – резисторы; R5 – резистор ограничивающий ток светодиодов.

Работа микросхемы заключается в преобразовании четырехразрядного двоичного кода, поступающего на входы 1, 2, 4, 8 в десятичный код, снимаемый с выходов 0…9. За переключение четырех разрядного двоичного кода отвечают четыре переключателя SA1…SA4. Переключатель SA1 отвечает за первую цифру (вход 1), а переключатель SA4 отвечает за четвертую цифру (вход 8). Разомкнутое положение переключателя говорит о том, что подается сигнал низкого уровня (лог. 0), замкнутое положение, соответствует сигналу высокого уровня (лог. 1).

Рассмотрим несколько вариантов четырехразрядного двоичного кода поступающего на входы 1, 2, 4, 8 и понаблюдаем за работой микросхемы.

Предположим, все переключатели SA1…SA4 находятся в разомкнутом состоянии, это значит что на входы 1, 2, 4, 8 поступает двоичный код 0000 (см. рис. 3.7). В этом случае сигнал высокого уровня (лог. 1) появится на выходе 0 (контакт 3). Между контактом 3 и общим проводом возникнет разность потенциалов, и светодиод HL1 начнет светиться. На всех остальных выходах 1…9 сохранится сигнал низкого уровня (лог. 0), и светодиоды HL2…HL10 будут находиться в неактивном состоянии.

Если замкнуть переключатель SA2, а все остальные переключатели оставить в выключенном состоянии, то на входы 1, 2, 4, 8 будет поступать

двоичный код 0010. В этом случае сигнал высокого уровня (лог. 1) появится на выходе 2 (контакт 2). Это будет означать, что в переводе в десятичную систему на вход поступает цифра 2. Между контактом 2 и общим проводом возникнет разность потенциалов, и светодиод $HL3$ начнет светиться. На всех остальных выходах 1...9 сохранится сигнал низкого уровня (лог. 0), и светодиоды, подключенные к выходным контактам, будут находиться в неактивном состоянии.

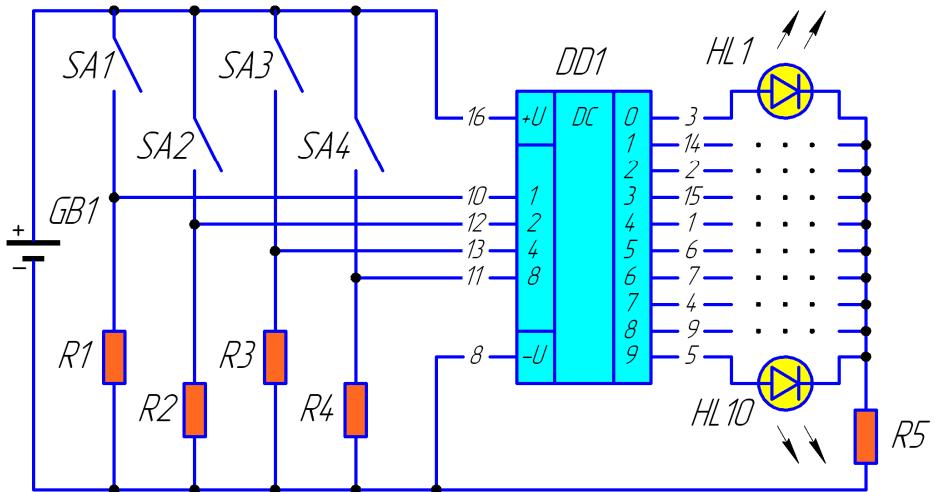


Рисунок 3.7 – Схема подключение микросхемы К176ИД1

Если замкнуть переключатели $SA1\dots SA3$, а переключатель $SA4$ оставить в выключенном состоянии, то на входы 1, 2, 4, 8 будет поступать двоичный код 0111. В этом случае сигнал высокого уровня (лог. 1) появится на выходе 7 (контакт 4). Это будет означать, что в переводе в десятичную систему на вход поступает цифра 7, следовательно, загорится светодиод $HL8$.

Если замкнуть все переключатели $SA1\dots SA4$, то на входы 1, 2, 4, 8 будет поступать двоичный код 1111. в этом случае ни один из светодиодов не будет находиться в активном состоянии. Так как такая конфигурация не предусмотрена такой микросхемой.

3.6 Микросхема К176ИД2

Микросхема К176ИД2 является классическим дешифратором, который преобразует в двоичный код в цифровую информацию, отображаемую на семисегментном индикаторе. Внешний вид микросхемы представлен на рисунке 3.8а. Микросхема имеет 16 контактов и относится к КМОП серии. Условное графическое изображение на схеме представлено на рисунке 3.8б.

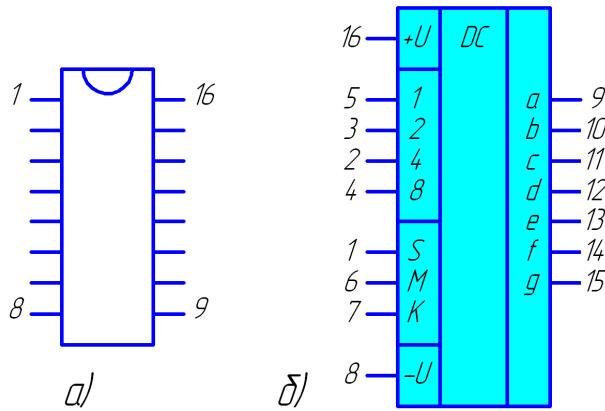


Рисунок 3.8 – Внешний вид и структура микросхемы К176ИД2

+U – вход питания микросхемы. Этот вход подключают к положительному контакту источника тока.

-U – вход питания микросхемы. Этот вход подключают к отрицательному контакту источника тока.

1, 2, 4, 8 – входы двоичного кода.

a...g – выходы, подключаемые к входам семисегментного индикатора.

S – вход управления.

Если на вход S подается сигнала высокого уровня (лог. 1), то семисегментный индикатор отображает информацию, подаваемую на входы 1, 2, 4, 8.

Если на вход S подается сигнала низкого уровня (лог. 0), то на индикаторе фиксируется последняя информация, которая была до подачи сигнала низкого уровня на вход S. Изменение сигнала подаваемого на входы 1, 2, 4, 8 не приведет к изменению индикации индикатора.

M – вход инверсии. Если к выходам a...g подключен индикатор с общим катодом, то на вход M надо подать сигнал низкого уровня (лог. 0). Если индикатор с общим анодом, то на ход M надо подать сигнал высокого уровня.

K – вход блокировки.

При подаче на вход K сигнала низкого уровня (лог. 0), выходы a...g будут открыты, следовательно, индикатор будет отображать информацию.

При подаче на вход K сигнала высокого уровня (лог. 1), выходы a...g закроются, следовательно, индикатор перестанет отображать информацию.

На рисунке 3.9 представлена схема подключения микросхемы К176ИД2. В схему входят следующие электрические элементы: GB1 – источник постоянного тока; SA1...SA4 – двухпозиционные переключатели; DD1 – микросхема К176ИД2; HL1 – семисегментный индикатор с общим катодом; R1...R4 – резисторы.

Работа микросхемы заключается в преобразовании четырехразрядного двоичного кода, поступающего на входы 1, 2, 4, 8 в десятичный код с

отображением на семисегментном индикаторе. За переключение четырех разрядного двоичного кода отвечают четыре переключателя $SA1 \dots SA4$. Переключатель $SA1$ отвечает за первую цифру (вход 1), а переключатель $SA4$ отвечает за четвертую цифру (вход 8). Разомкнутое положение переключателя говорит о том, что подается сигнал низкого уровня (лог. 0), замкнутое положение, соответствует сигналу высокого уровня (лог. 1).

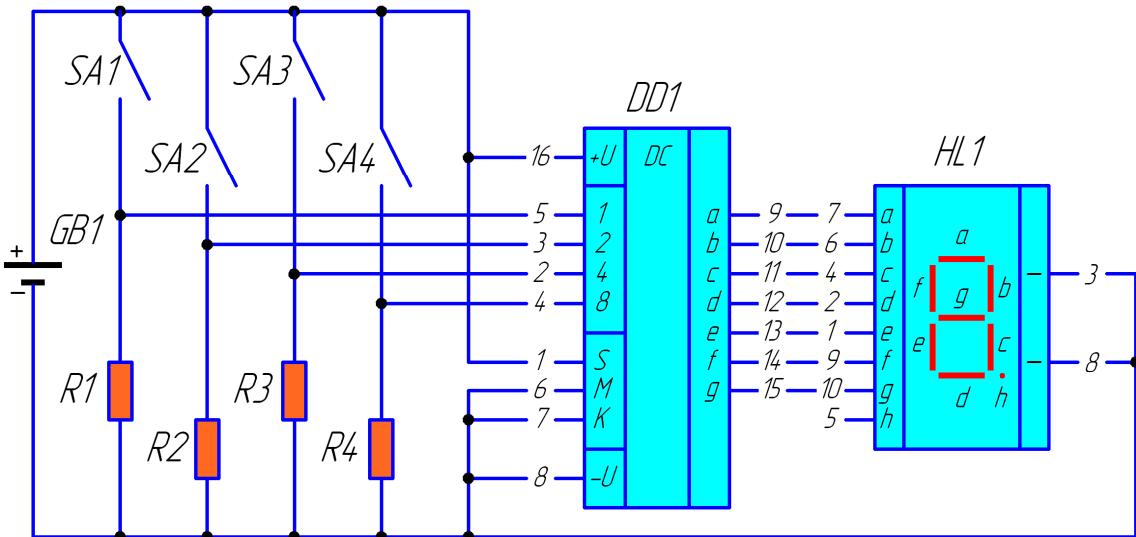


Рисунок 3.9 – Схема подключение микросхемы К176ИД2

В схеме принимает участие семисегментный индикатор с общим катодом, следовательно, необходимо на вход M подать сигнал низкого уровня (лог. 0). Для этого подключаем вход M к отрицательному полюсу источника тока $GB1$.

На вход K подаем сигнала низкого уровня (лог. 0), а на вход S подается сигнала высокого уровня (лог. 1), следовательно, индикатор будет отображать информацию.

Рассмотрим несколько вариантов четырехразрядного двоичного кода поступающего на входы 1, 2, 4, 8 и понаблюдаем за работой микросхемы.

Предположим, все переключатели $SA1 \dots SA4$ находятся в разомкнутом состоянии, это значит что на входы 1, 2, 4, 8 поступает двоичный код 0000. В этом случае на индикаторе будет отображаться цифра «0», так как в активном состоянии будут выходы $a \dots f$, а выход g будет неактивен.

При замыкании переключателя $SA3$ на входы 1, 2, 4, 8 поступает двоичный код 0100. В этом случае на индикаторе будет отображаться цифра «4». Дальнейшее переключение между комбинациями 0000 и 1001 приведет к отображению цифр от «0» до «9».

Если все переключатели $SA1 \dots SA4$ находятся в замкнутом состоянии, это значит что на входы 1, 2, 4, 8 поступает двоичный код 1111. В этом случае на индикаторе не будет отображаться информация, так как в двоичной системе подается цифра «16», индикатор не способен отобразить данную информацию.

3.7 Контрольные вопросы

- 1) Что такое шифратор?
- 2) Что такое дешифратор?
- 3) Какие виды шифраторы существуют и в чем их отличие между собой?
- 4) Где и для чего применяются дешифраторы?
- 5) Какие виды дешифраторы существуют и в чем их отличие между собой?
- 6) Какие логические элементы входят в состав шифраторов и дешифраторов?

4 ТРИГГЕРЫ

4.1 Общие сведения

Триггер – это устройство, которое может долго находиться в одном из двух состояний устойчивого равновесия и скачкообразно переходить из одного состояния в другое по сигналу извне.

Триггер это простейшее цифровой устройство с памятью и способностью хранить один бит информации (лог. 1 или лог. 0). В основе любого триггера находится регенеративная цепочка из двух инверторов. Триггер имеет два выхода: прямой Q и инверсный \bar{Q} . Число входов зависит от структуры и функций, выполняемых триггером.

По способу записи информации триггеры делятся на асинхронные и синхронные триггеры. У асинхронных триггеров запись информации (переключение триггера) происходит под действием информационных сигналов. Такие триггеры имеют только информационные входы. У синхронных триггеров запись информации происходит под действием разрешающих сигналов синхронизации.

Триггеры применяются в качестве элемента памяти в вычислительных машинах и автоматических устройствах, в качестве базовых элементов в счетчиках и таймерах, в качестве связующих элементов между датчиками и приемными устройствами.

Существует несколько видов триггеров, среди которых можно выделить следующие триггеры: RS – триггеры и D – триггеры. Каждый из этих триггеров обладает своими достоинствами и недостатками, которые определяют их сферу применения. В данном учебном пособии будут рассмотрены RS – триггеры и D – триггеры.

4.2 RS-триггер

RS-триггер – это триггер с раздельной установкой высокого и низкого уровня сигнала на выходе. На рисунке 4.1 представлена структура RS-триггера собранная на двух логических элементах $DD1.1$ и $DD1.2$. В первом случае (см. рис. 4.1а) в качестве основы применяются логические элементы с функцией И-НЕ, а во втором случае (см. рис. 4.1б) логические элементы с функцией ИЛИ-НЕ. Условное графическое изображение RS-триггера представлено на рисунке 4.1в.

Каждый RS-триггер имеет два информационных входа S и R . Вход S (Set – установка) предназначен для установки на выходе Q сигнала высокого уровня (лог. 1), на выходе \bar{Q} в это время будет сигнал низкого уровня (лог. 0). Вход R (Reset – сброс) предназначен для сброса сигнала высокого уровня с

выхода Q и установки на нем сигнала низкого уровня (лог. 0). Такой RS-триггер является асинхронным.

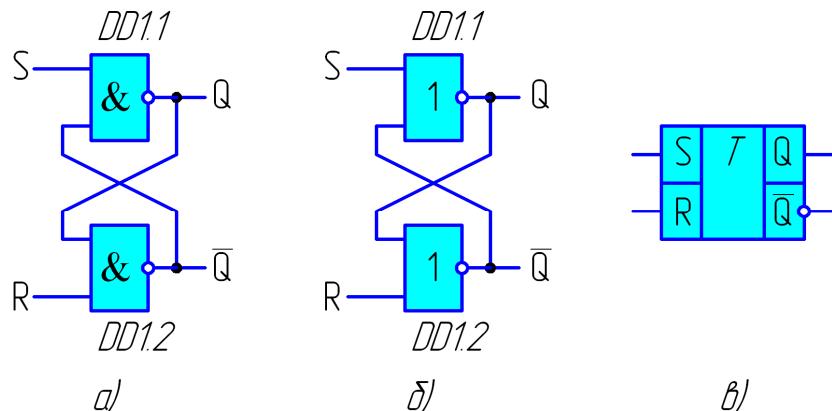


Рисунок 4.1 – Структура RS-триггера

RS-триггеры можно собирать на не только на логических элементах с разной функцией, но и на логических элементах разных серий (ТТЛ и КМОП).

На рисунке 4.2 представлена схема подключения RS-триггера собранного на логических элементах И-НЕ серии ТТЛ. Схема состоит из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока; $SA1$ и $SA2$ – переключатели; $DD1.1$ и $DD1.2$ – логические элементы микросхемы K155ЛА3; $HL1$ и $HL2$ – светодиоды; $R1$ и $R2$ – токоограничительные резисторы. Контакты 1 и 5 образуют информационные входы S и R , а контакты 3 и 6 – информационные выходы Q и \bar{Q} . Через контакты 7 и 14 на логические элементы поступает питание.

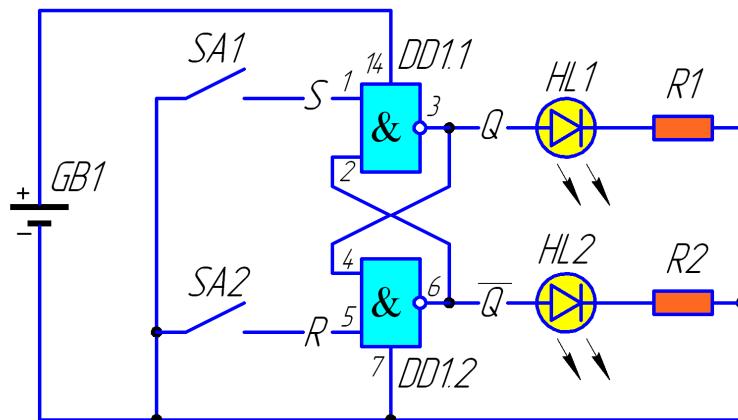


Рисунок 4.2 – Подключение RS-триггера на логических элементах ТТЛ

Такой RS-триггер является несинхронным, так как не имеет входов синхронизации и обладает двумя информационными входами S и R . При подключении такого триггера к источнику тока $GB1$, при условии, что оба переключателя $SA1$ и $SA2$ разомкнуты, произвольно на одном выходе появится сигнал низкого уровня, а на другом сигнал высокого уровня. Следовательно,

один из светодиодов будет гореть, на одном из выходов Q или \bar{Q} будет сигнал высокого уровня (лог. 1).

При замыкании контактов переключателя $SA1$, на вход S будет подан сигнал низкого уровня (лог. 1). Следовательно, вне зависимости от того, какой уровень сигнала был на выходе Q , на нем появится высокий уровень. Так это будет сигнализироваться светодиодом $HL1$, который будет гореть. Светодиод $HL2$ при этом не будет гореть. При размыкании контактов переключателя $SA1$, триггер останется в том же состоянии, в котором был после замыкания контактов $SA1$.

Далее замкнем контакты переключателя $SA2$, на вход R начнет поступать сигнал низкого уровня, в результате сигнал высокого уровня появится на выходе \bar{Q} , а на выходе Q установится сигнал низкого уровня. Светодиод $HL1$ погаснет, а $HL2$ начнет светиться. После размыкания контактов переключателя $SA2$, триггер останется в том же состоянии, в котором был при замкнутом переключателе $SA2$. Повторное замыкание контактов $SA2$ не приведет к изменению уровней сигнала на выходах Q и \bar{Q} .

На рисунке 4.2 представленная схема подключения RS-триггера собранного на логических элементах И-НЕ серии ТТЛ. Схема состоит из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока; $SA1$ и $SA2$ – переключатели; $DD1.1$ и $DD1.2$ – логические элементы микросхемы К561ЛЕ5; $HL1$ и $HL2$ – светодиоды; $R1$ и $R2$ – токоограничительные резисторы; $R3$ и $R4$ – резисторы. Резисторы $R3$ и $R4$ обеспечивают контакт входов микросхемы КМОП с отрицательным полюсом источника тока, так как входы микросхем КМОП серии не должны «висеть в воздухе». Контакты 1 и 6 образуют информационные входы S и R , а контакты 3 и 4 – информационные выходы Q и \bar{Q} . Через контакты 7 и 14 на логические элементы поступает питание.

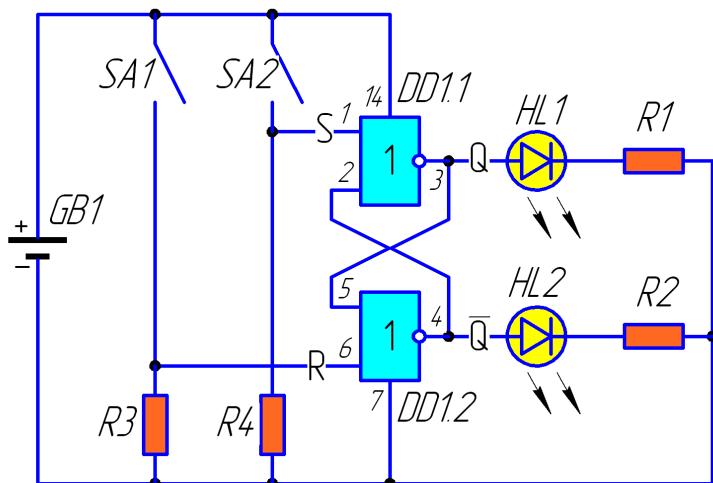


Рисунок 4.3 – Подключение RS-триггера на логических элементах КМОП

Как и в случае с RS-триггером на логических элементах ТТЛ, RS-триггер на элементах КМОП при подключении его к источнику тока, так же произвольным образом выставит высокие и низкие уровни на выходах Q и \bar{Q} при условии, что оба переключателя будут в разомкнутом состоянии. Следовательно, один из светодиодов будет в активном состоянии.

При замыкании переключателя $SA1$ сигнал высокого уровня будет поступать на контакт 6 входа R и на выходе \bar{Q} , вне зависимости от состояния выхода Q , будет сигнал высокого уровня. В результате светодиод $HL2$ будет гореть, а светодиод $HL1$ будет выключен. Размыкание контакта $SA1$ не повлечет за собой изменение в состоянии выходов Q и \bar{Q} , на них сохранятся уровни сигнала, который был до размыкания контактов переключателя $SA1$.

После замыкания контактов переключателя $SA2$, сигнал выходов Q и \bar{Q} изменяется на противоположные, так как на вход S будет поступать сигнал высокого уровня. В результате, на выходе Q появится сигнал высокого уровня, а на выходе \bar{Q} сигнал низкого уровня. В этом случае в активном состоянии будет светодиод $HL1$, а светодиод $HL2$ перейдет в неактивное состояние.

Размыкание и последующее замыкание контактов переключателя $SA2$ не приведет к смещению уровней выходов Q и \bar{Q} в противоположную сторону. Смена уровней сигнала произойдет после замыкания противоположного переключателя $SA1$.

Неопределенность в момент включения триггера в некоторых случаях является их недостатком. Поэтому, в тех случаях, когда требуется исключить неопределенность в установке выходов Q и \bar{Q} , на один из входов, обычно на R , подают информационный сигнал, такой чтобы на выходе \bar{Q} был сигнал высокого уровня (см. рис. 4.4).

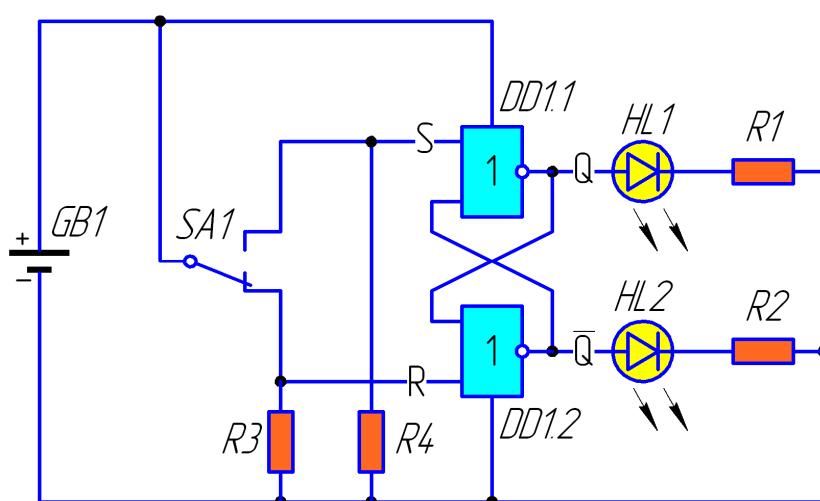


Рисунок 4.4 – Схема исключения неопределенности при включении триггера в цепь.

В данном случае применяется двухпозиционный трехконтактный переключатель (кнопка) $SA1$. В таком случае один вход будет замкнут, а другой разомкнут и наоборот. Такое включение исключит неопределенность при включении триггера.

4.3 D-триггер

D-триггер – это триггер с одним информационным входом D , и одним входом синхронизации C . D-триггеры являются синхронными и могут быть реализованы по различным схемам.

На рисунке 4.5а показана схема D-триггера на логических элементах И-НЕ. D-триггер состоит из цепочки элементов образующих RS-триггер $DD1.1$ и $DD1.2$, а также обвязки из двух логических элементов $DD1.3$ и $DD1.4$, которые формируют информационный вход D и вход синхронизации C . D – информационный вход (Data input). На него подается информация, предназначенная для записи в триггер. C – вход синхронизации (Clock input), обеспечивающий поступление информации с входа D на выходы Q и \bar{Q} .

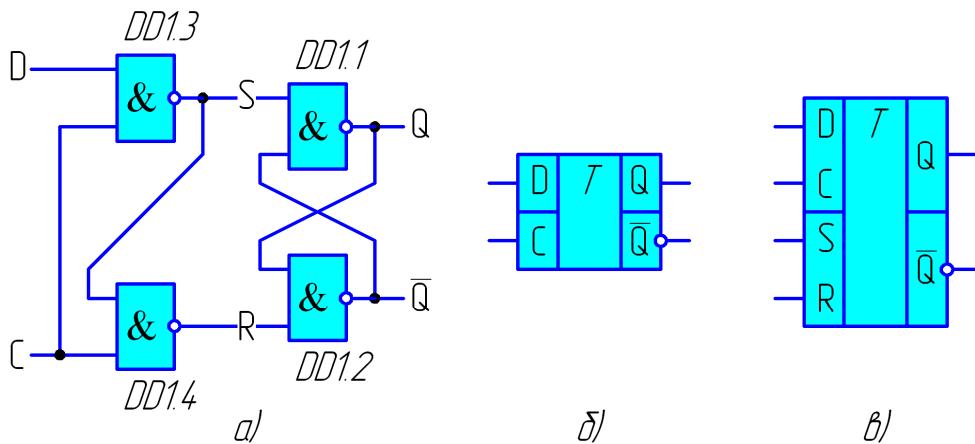


Рисунок 4.5 – Структура D-триггера

На рисунке 4.5б представлено условное графическое изображение D-триггера. Такие триггеры самостоятельно редко встречаются, обычно они являются частью структуры счетчика или выполняют какую-то определенную функцию. Если D-триггер выступает, как самостоятельный элемент то его выполняют комбинированным (см. рис. 4.5в). Такой триггер имеет дополнительные два выхода S и R . Благодаря такой конструкции D-триггер становится универсальным.

На рисунке 4.6 представлена схема включения D-триггера собранного на элементах КМОП серии. В схему входят следующие элементы: $GB1$ – источник постоянного тока; $SA1$ и $SA2$ – переключатели; $DD1.1$ – комбинированный D-триггер микросхемы K561TM2; $HL1$ и $HL2$ – светодиоды; $R1$ и $R2$ – резисторы; $R3$ и $R4$ – токоограничительные резисторы.

Микросхема K561TM2 содержит два D-триггера, поэтому для сохранения работоспособности входы второго D-триггера необходимо привязать к отрицательному полюсу источника тока через дополнительный резистор.

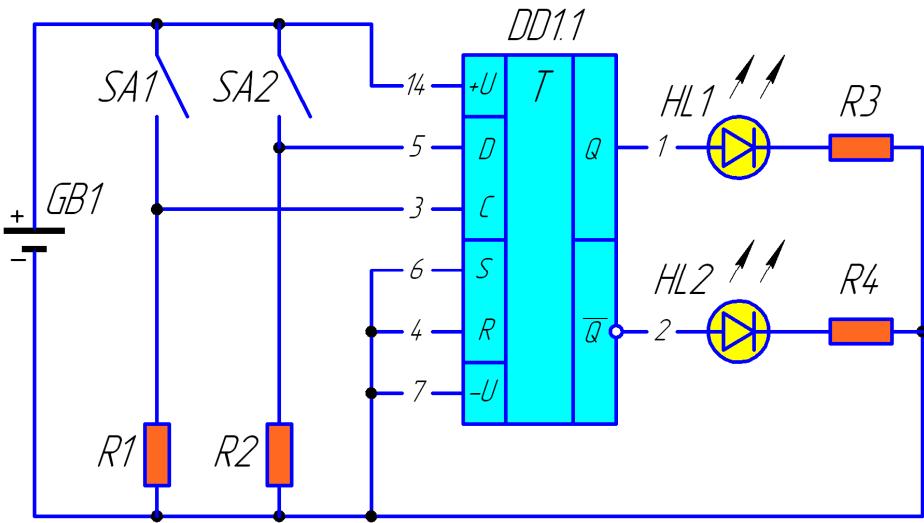


Рисунок 4.6 – Подключение D-триггера

Входы S и R напрямую соединяются с отрицательным полюсом источника тока, поэтому на эти входы подан сигнал низкого уровня. Когда переключатели $SA1$ и $SA2$ разомкнуты, то на входы C и D также поступает сигнал низкого уровня, так как они соединены с отрицательным полюсом источника тока через резисторы $R1$ и $R2$.

При подключении D-триггера к источнику тока $GB1$, то на выходах \bar{Q} и Q произвольно устанавливаются сигналы высокого и низкого уровня. Предположим на выходе Q сигнал высокого уровня, следовательно, будет гореть светодиод $HL1$, а светодиод $HL2$ будет выключен. Если замкнуть переключатель $SA2$, а переключатель $SA1$ оставит разомкнутым, то выходы \bar{Q} и Q не поменяют свои уровни сигнала.

Если замкнуть переключатель $SA1$, а переключатель $SA2$ оставит разомкнутым, то выходы \bar{Q} и Q не поменяют свои уровни сигнала. Это произойдет потому, что на вход D подавался сигнал низкого уровня, следовательно, при подаче на вход C сигнала высокого уровня, сигнал на входе D перешел на вход Q . Светодиод $HL1$ погас, а светодиод $HL2$ активировался. Повторное замыкание переключателя $SA1$ не приведет к изменению выходного сигнала на выходах \bar{Q} и Q .

Если замкнуть переключатель $SA2$ и подать на вход D сигнал высокого уровня, а затем замкнуть переключатель $SA1$, то на выходе Q вновь появится сигнал высокого уровня. Повторное замыкание переключателя $SA1$ не приведет к изменению выходного сигнала на выходах \bar{Q} и Q .

В результате можно сделать вывод, что переключение сигналов на выходах \bar{Q} и Q D-триггера будет происходить тогда, когда на входе D и выходе Q будут разные по уровню сигналы, и на вход C будет поступать сигнал высокого уровня.

Если инверсный выход \bar{Q} соединить с входом данных D , то будет происходить следующая картина (см. рис. 4.7). В схему входят следующие элементы: $GB1$ – источник постоянного тока; $SA1$ – переключатель; $DD1.2$ – комбинированный D-триггер микросхемы K561TM2; $HL1$ – светодиод; $R1$ – резистор; $R2$ – токоограничительный резистор.

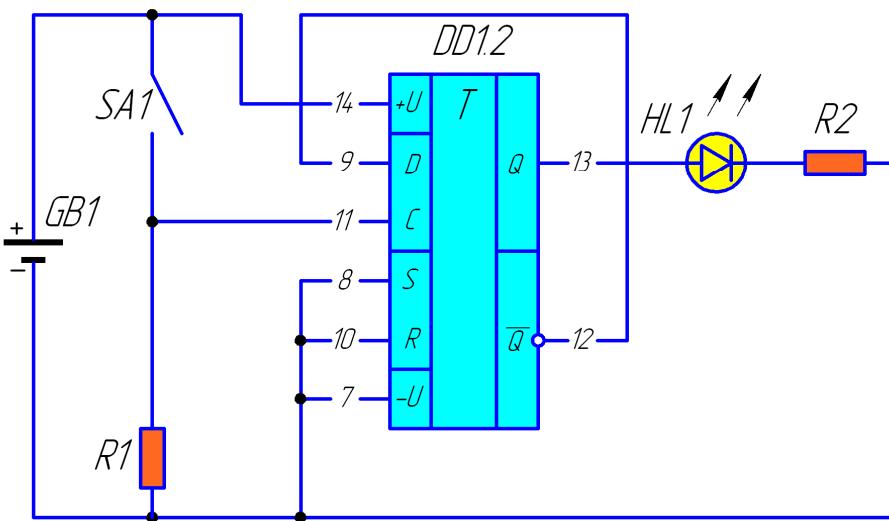


Рисунок 4.7 – Преобразование D-триггера

В этом случае при каждом замыкании переключателя $SA1$ будет происходить переключение сигналов на выходах \bar{Q} и Q . Это будет происходить потому, что после каждого замыкания $SA1$ на выход Q будет поступать сигнал с входа D , но при этом после замыкания переключателя на вход D будет поступать противоположный сигнал с выхода \bar{Q} . И при следующем замыкании переключателя $SA1$ будет происходить запись этого сигнала на D-триггере.

Частота импульсов поступающих на вход C на выходе Q будет ровно в два раза меньше, при таком соединении D-триггера (см. рис. 4.7). но данная схема имеет один недостаток. Так как у переключателя $SA1$ будет возникать эффект «Дребезг контактов».

4.4 Дребезг контактов

Дребезг контактов – это явление, которое возникает при размыкании или замыкании контактов переключателей. При переключении контактные пластины не сразу переходят в противоположное состояние, а некоторое время

под действием сил упругости и неровности поверхности, многократно соприкасаются между собой, образуя шумы (см. рис. 4.8).

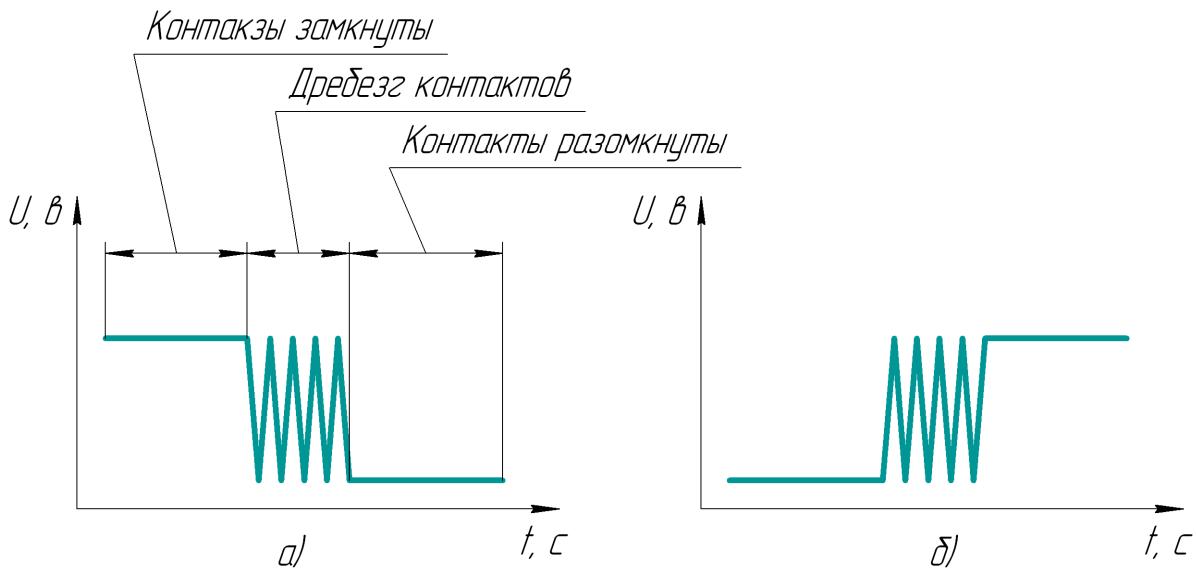


Рисунок 4.8 – Дребезг контактов: а – при размыкании контактов; б – при замыкании контактов

Дребезг протекает считанные доли секунды и практически незаметен. Если в процессе эксплуатации не требуется строго отслеживания состояния контактов, например, включение или выключение лампы освещения, то дребезг контактов не является приоритетным и его наличие ни как не отражается на работе устройств. В тех случаях, когда число нажатия является приоритетным, например, в счетчиках импульсов, то тут наличие дребезга выходит на первый план.

При замыкании или размыкании переключателя или датчика, реализующего данную функцию, человек или машина делают одно нажатие, то переключатель делает в это время, благодаря дребезгу, несколько (два и более) переключений. Вследствие чего формируется несколько ложных импульсов (сигналов). Счетные устройства, которые принимают сигналы с датчика или переключателя фиксируют все импульсы, которые произошли во время дребезга, в результате человек или машина подали один сигнал, а счетчик выдал результат, например, семь сигналов.

Для того чтобы исключить влияние дребезга на входе счетчиков или других устройств в разрыв между переключателем (датчиком) и входом регистра импульсов ставится RS-триггер.

Как отмечалось ранее, если на информационный входов S подать сигнал высокого уровня, то повторение сигнала, без сброса на входе R не приведет к изменению состояния выходов Q и \bar{Q} . Следовательно, как только прошел первый сигнал дребезга контактов, RS-триггер его зафиксировал и передал его дальше по цепи, другие импульсы дребезга не фиксируются.

На рисунке 4.9 приведена схема, позволяющая устраниить влияние дребезга контактов на входе D-триггера. В схему входят следующие элементы: $GB1$ – источник постоянного тока; $SA1$ – переключатель; $DD1.1$ и $DD1.2$ – логические элементы микросхемы К561ЛЕ5; $DD2.1$ – комбинированный D-триггер микросхемы К561ТМ2; $HL1$ – светодиод; $R1$ и $R2$ – резистор; $R3$ – токоограничительный резистор.

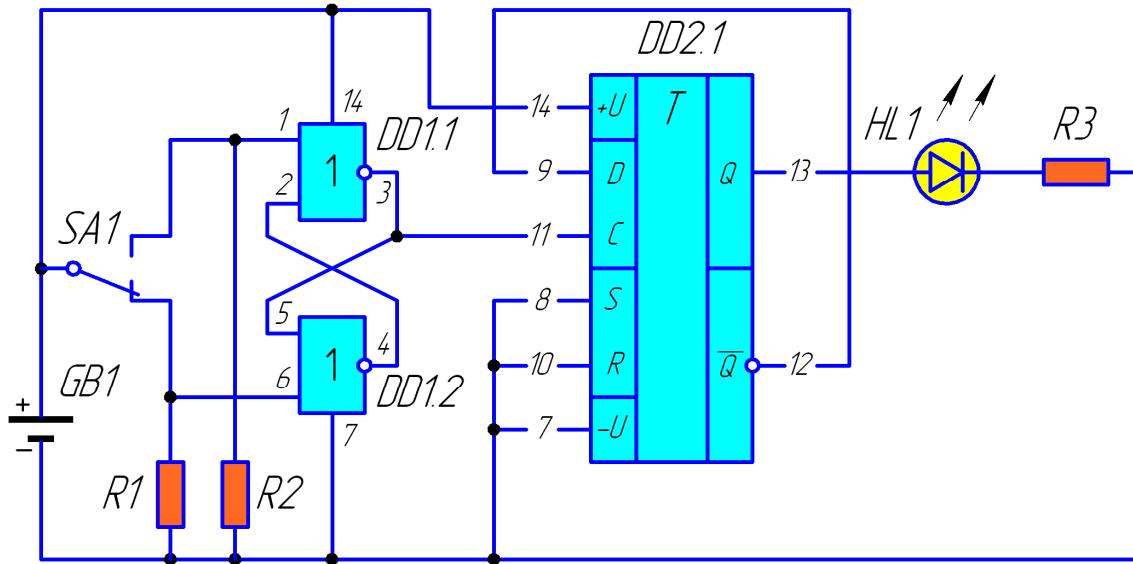


Рисунок 4.9 – Схема устранения влияния дребезга контактов на входе D-триггера

Элементы $DD1.1$ и $DD1.2$ будут образовывать RS-триггер, где контакт «1» будет входом S , а контакт «6» вход R . Контакт «3» будет выходом Q , а контакт «4» будет выходом \bar{Q} . При таком соединении двухпозиционный трехполюсной переключатель $SA1$ будет подавать на вход R элемента $DD1.1$ сигнал высокого уровня, следовательно, на выходе \bar{Q} будет сигнал высокого уровня, а на выходе Q сигнал низкого уровня.

При переключении контактов $SA1$ сигналы на выходах Q и \bar{Q} сменятся на противоположные, когда на вход S будет подан сигнал высокого уровня. Если разомкнуть контакты переключателя $SA1$ и снова их замкнуть, но не подать на вход R сигнал высокого уровня, то сигналы на выходах Q и \bar{Q} не изменятся.

Повторное замыкание контактов имитирует дребезг контактов и как видно, не происходит смещение сигналов на выходах Q и \bar{Q} в противоположную сторону.

4.5 Контрольные вопросы

- 1) Что такое триггер?
- 2) Какие бывают виды триггеров?

- 3) Какими достоинствами и недостатками обладают RS-триггеры и D-триггеры?
- 4) Что такое дребезг контактов?
- 5) К каким последствиям приводит дребезг контактов?
- 6) Как можно подавить дребезг контактов на входе цифровой микросхемы?
- 7) Как работает RS-триггер?
- 8) Как работает D-триггер?

5 СЧЕТЧИКИ

5.1 Общие сведения

Счетчик (электронный) – это электронное устройство, которое предназначено для определения количества импульсов поданных на вход и преобразования его в двоичный код на выходе.

В основу счетчиков входят D-триггеры, которые осуществляют преобразование подаваемых импульсов на вход в двоичный код на выходе. Но кроме D-триггеров, в основу счетчика могут быть положены и другие триггерные системы.

Счетчики осуществляют связь между источником импульсов (датчик или кнопка) и устройством, которое отображает информацию или управляет каким либо исполнительным механизмом.

На производстве счетчики применяются для определения числа изготовленных деталей, расхода материала, скорости подвижных частей станков, линейного перемещения рабочих органов и определения времени.

По характеру работы счетчики можно разделить на две группы: складывающие счетчики и вычитающие счетчики (таймеры). Каждый из этих счетчиков своими особенностями и применяется в той или иной сфере деятельности.

5.2 Складывающий счетчик

Складывающий счетчик – это счетчик, который прибавляет единичный импульс, поданный на вход, к предыдущему количеству импульсов, поданных ранее.

На рисунке 5.1 представлена схема двоичного складывающего счетчика. Схема состоит из следующих элементов: *GB1* – источник постоянного тока; *SA1* и *SA2* – переключатели; *DD1.1* и *DD1.2* – логические элементы микросхемы K561ЛЕ5, образующие RS-триггер; *DD2* и *DD3* – D-триггеры микросхемы K561TM2; *HL1...3* – индикаторные светодиоды; *R1...3* – резисторы; *R4...6* – токоограничительные резисторы.

Данный счетчик состоит из последовательного соединения трех D-триггеров. Такой счетчик предназначен выводить трехзначный двоичный код, следовательно, он может сосчитать до восьми поданных импульсов, на восьмом импульсе произойдет обнуление счета. Временная диаграмма импульсов поступающих на счетчик и индикация двоичного кода представлена на рисунке 5.2. Где: *X* – импульсы поступающие вход счетчика, источником импульсов является переключатель *SA1*; *Y1...3* – Сигналы появляющиеся на выходах D-триггеров, эти сигналы образуют трехзначный двоичный код.

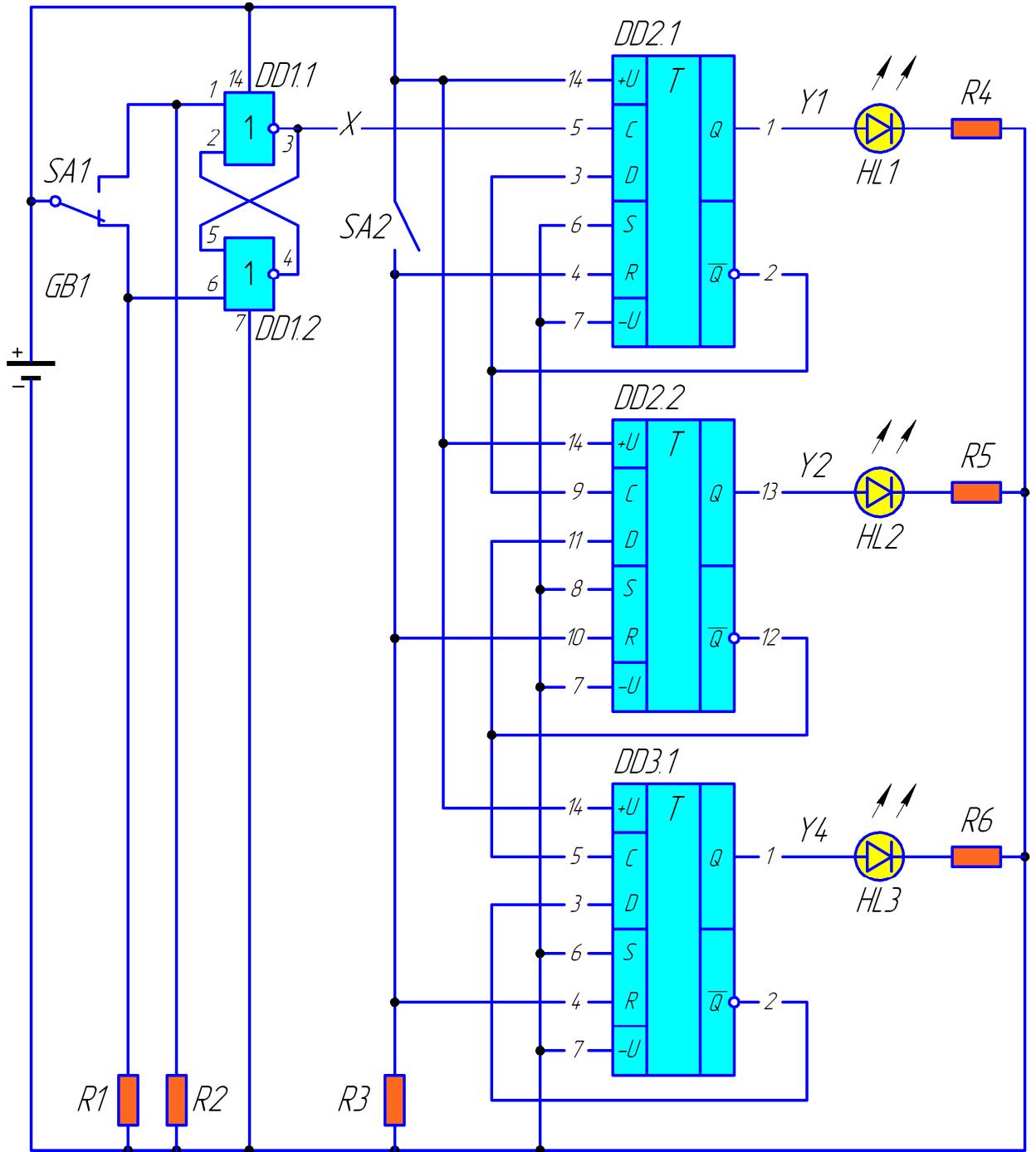


Рисунок 5.1 – Схема складывающего счетчика

При включении счетчика произвольно некоторые сигналы $Y1\dots3$ могут иметь высокие уровни, следовательно, светодиоды, питаемые от этих сигналов, будут светиться. Чтобы сбросить счетчик в нулевое состояние, применяется переключатель $SA2$. Когда счетчик находится в нулевом состоянии, на всех выходах \bar{Q} и D находится сигнал высокого уровня (лог. 1), а на выходах Q сигнал низкого уровня (лог. 0). Светодиоды $HL1\dots3$ высыпят двоичный код 000.

При подаче первого импульса $X=1$ на вход C триггера $DD2.1$ поступит сигнал высокого уровня. Сигнал (лог. 1) с входа D триггера $DD2.1$ перейдет на

выход Q . На выходе \bar{Q} сигнал изменится на противоположный (лог. 0) и поступит на вход D элемента $DD2.1$ и вход C триггера $DD2.2$. Сигнал $Y1$ на выходе Q ($DD2.1$) примет высокий уровень и активирует светодиод $HL1$. Светодиоды $HL1\dots 3$ высыпят двоичный код 001 (см. рис. 5.2).

При подаче второго импульса $X = 2$ на вход C триггера $DD2.1$ поступит сигнал высокого уровня. Сигнал (лог. 0) с входа D триггера $DD2.1$ перейдет на выход Q . На выходе \bar{Q} сигнал изменится на противоположный (лог. 1) и поступит на вход D элемента $DD2.1$ и вход C триггера $DD2.2$. На выходе Q элемента $DD2.2$ появится сигнал высокого уровня (лог. 1). Сигнал $Y1$ примет низкий уровень, а сигнал $Y2$ приобретет высокий уровень и активирует светодиод $HL2$. Светодиоды $HL1\dots 3$ высыпят двоичный код 010 (см. рис. 5.2).

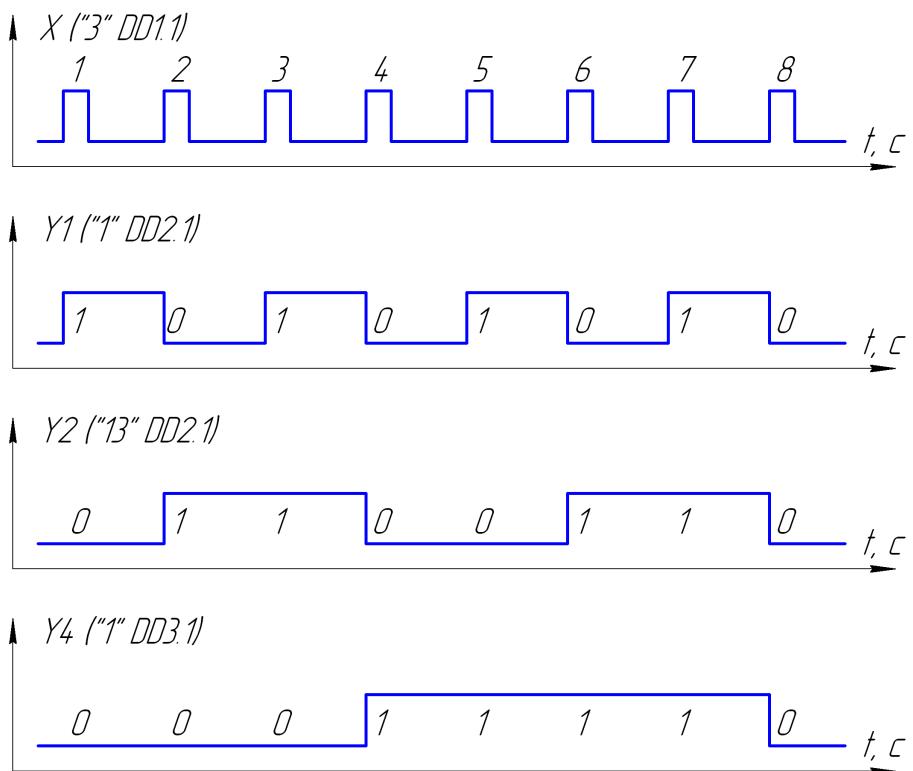


Рисунок 5.2 – Диаграмма работы складывающего счетчика

При четвертом импульсе $X = 4$ в работу включится третий триггер $DD3.1$, так как на его вход C поступит сигнал высокого уровня (лог. 1) с выхода \bar{Q} элемента $DD2.2$. На выходе Q третьего триггера $DD3.1$ появится сигнал высокого уровня $Y4$, в результате активируется светодиод $HL3$. Другие светодиоды погаснут, так как на их входах D , на третьем импульсе $X = 3$, был низкий уровень сигнала (лог. 0). Светодиоды $HL1\dots 3$ высыпят двоичный код 100 (см. рис. 5.2).

Постепенное заполнение триггеров будет продолжаться до наступления восьмого импульса $X = 8$. В это момент на всех входах D на седьмом импульсе $X = 7$ сформируется сигнал низкого уровня (лог. 0). Светодиоды $HL1\dots 3$

высветят двоичный код 111 (см. рис. 5.2). Поэтому восьмой импульс $X = 8$ все выходные сигналы (Y_1 , Y_2 и Y_4) переведет в низкий уровень. Счетчик обнулится и на светодиодах высветится двоичный код 000 (см. рис. 5.2).

Если в данную схему добавить четвертый D-триггер, то такой счетчик будет способен считать до шестнадцати, при котором счетчик перейдет в нулевое состояние. Увеличение числа триггеров на один приведет к увеличению счета счетчика в два раза.

5.3 Вычитающий счетчик

Вычитающий счетчик (таймер) – это счетчик, который вычитает единичный импульс, поданный на вход, из предыдущего числа импульсов, заданных или оставшихся импульсов.

Таймеры могут быть конструктивно рассчитаны на определенное число, от которого пойдет счет, но чаще всего максимальное значение задается внешним образом. Для этого существуют специальные входы, на которые подается число в двоичной форме, от которого пойдет отрицательный счет таймера.

На рисунке 5.3 представлена схема двоичного вычитающего счетчика без специальных входов. Схема состоит из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока; $SA1$ и $SA2$ – переключатели; $DD1.1$ и $DD1.2$ – логические элементы микросхемы К561ЛЕ5, образующие RS-триггер; $DD2$ и $DD3$ – D-триггеры микросхемы К561ТМ2; $HL1\dots3$ – индикаторные светодиоды; $R1\dots3$ – резисторы; $R4\dots6$ – токоограничительные резисторы.

Данный таймер состоит из последовательного соединения трех D-триггеров. Такой счетчик предназначен отображать трехзначный двоичный код, следовательно, максимальное число от которого пойдет счет является семь. На восьмом импульсе таймер вернется к максимальному значению (двоичный код 111). Временная диаграмма импульсов поступающих на таймер и индикация двоичного кода представлена на рисунке 5.4. Где: X – импульсы поступающие вход вычитающего счетчика, источником импульсов является переключатель $SA1$; $Y1\dots3$ – Сигналы появляющиеся на выходах D-триггеров, эти сигналы образуют трехзначный двоичный код.

Отличием схемы счетчика на рисунке 5.3 от схемы счетчика 5.1 является то, что светодиоды $HL1\dots3$ подключаются к выходам \bar{Q} каждого триггера, а не к выходу Q .

При включении счетчика не все сигналы $Y1\dots3$ могут иметь высокие уровни, следовательно, для перевода таймера для максимального счета необходимо воспользоваться переключателем $SA2$. В результате на всех

выходах \bar{Q} появится высокий уровень и светодиоды $HL1\dots3$ высветят двоичный код 111.

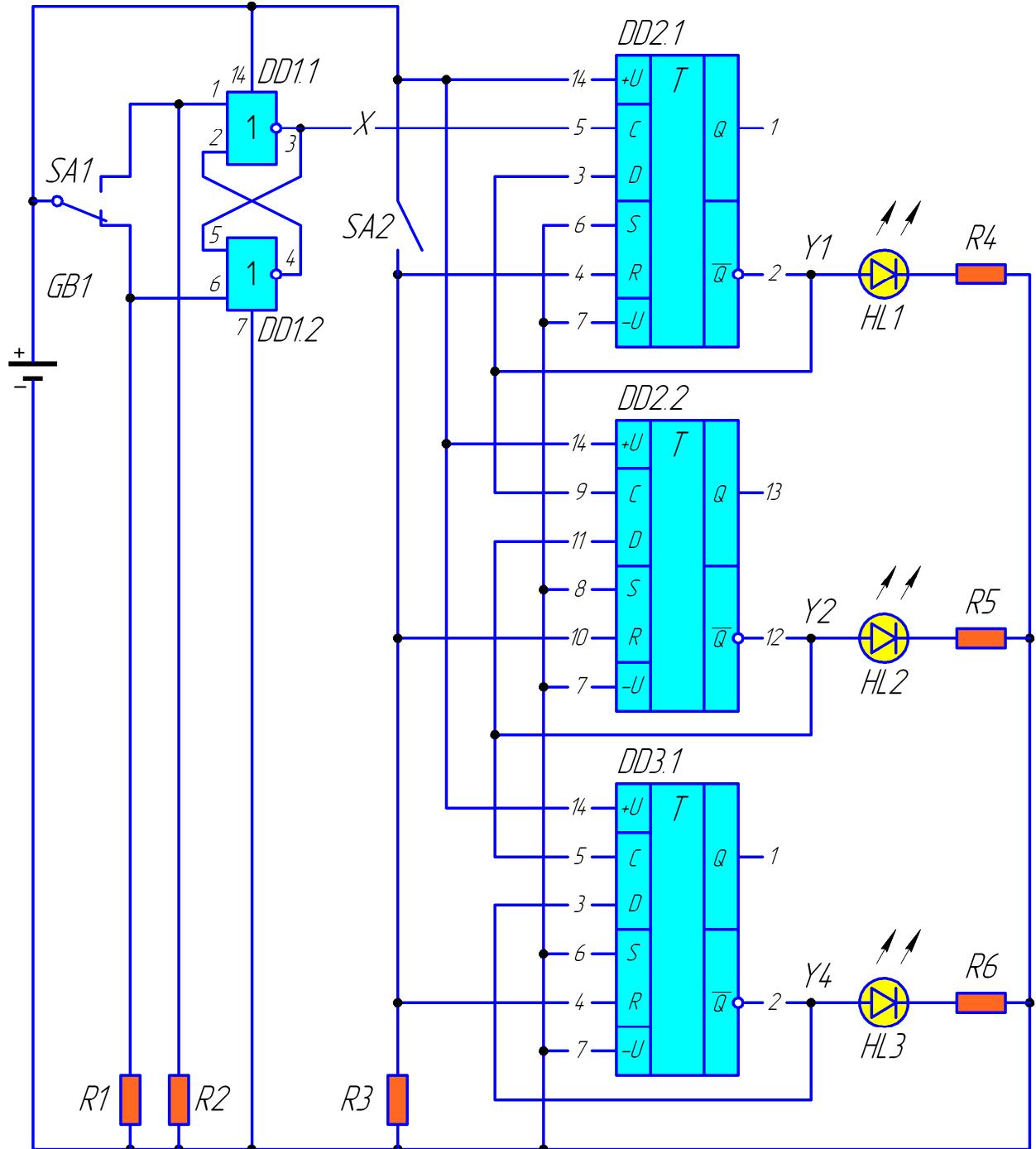


Рисунок 5.3 – Схема вычитающего счетчика (таймера)

При подаче первого импульса $X = 1$ на вход C триггера $DD2.1$ поступит сигнал высокого уровня. Сигнал (лог. 1) с входа D триггера $DD2.1$ перейдет на выход Q . На выходе \bar{Q} сигнал изменится на противоположный (лог. 0) и поступит на вход D элемента $DD2.1$ и вход C триггера $DD2.2$. Сигнал $Y1$ на выходе \bar{Q} ($DD2.1$) будет иметь низкий уровень, следовательно, светодиод $HL1$ погаснет. Светодиоды $HL1\dots3$ высветят двоичный код 110 (см. рис. 5.4).

При подаче второго импульса $X = 2$ на вход C триггера $DD2.1$ поступит сигнал высокого уровня. Сигнал (лог. 0) с входа D триггера $DD2.1$ перейдет на выход Q . На выходе \bar{Q} сигнал изменится на противоположный (лог. 1) и поступит на вход D элемента $DD2.1$ и вход C триггера $DD2.2$. На выходе Q элемента $DD2.2$ появится сигнал высокого уровня (лог. 1). Сигнал $Y1$ выхода \bar{Q} примет высокий уровень, а сигнал $Y2$ приобретет низкий уровень, светодиод $HL2$ погаснет. Светодиоды $HL1\dots 3$ высветят двоичный код 101 (см. рис. 5.4).

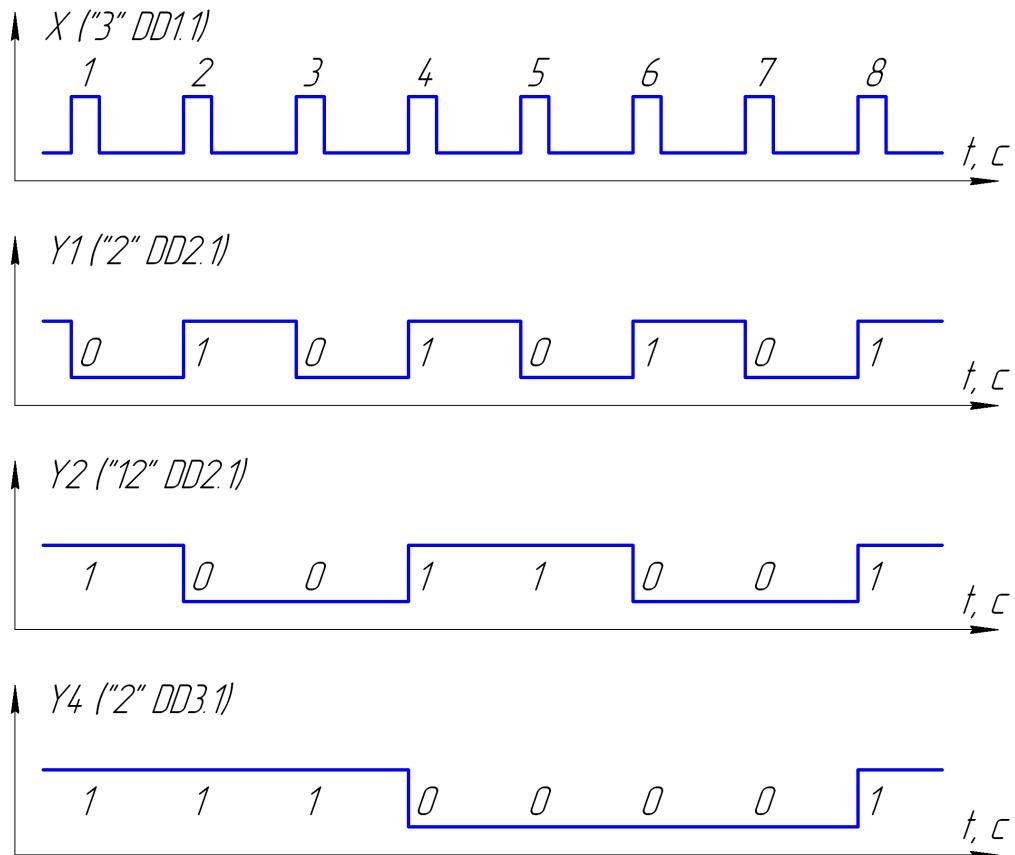


Рисунок 5.4 – Диаграмма работы вычитающего счетчика

При четвертом импульсе $X = 4$ в работу включится третий триггер $DD3.1$, так как на его вход C поступит сигнал высокого уровня (лог. 1) с выхода \bar{Q} элемента $DD2.2$. На выходе \bar{Q} третьего триггера $DD3.1$ появится сигнал низкого уровня $Y4$, в результате светодиод $HL3$ погаснет. Другие светодиоды перейдут в активное состояние. Светодиоды $HL1\dots 3$ высветят двоичный код 011 (см. рис. 5.4).

Постепенное обнуление триггеров будет продолжаться до наступления восьмого импульса $X = 8$. В это момент на всех входах D на седьмом импульсе $X = 7$ сформируется сигнал низкого уровня (лог. 0). Светодиоды $HL1\dots 3$ высветят двоичный код 000 (см. рис. 5.4). Поэтому восьмой импульс $X = 8$ все выходные сигналы ($Y1$, $Y2$ и $Y4$) переведет в высокий уровень. Таймер будет

переведен в начальное состояние и на светодиодах высветится двоичный код 111 (см. рис. 5.4).

Если в данную схему добавить четвертый D-триггер, то такой таймер будет способен вести счет от шестнадцати. Увеличение числа триггеров на один приведет к увеличению максимального счета таймера в два раза.

5.4 Микросхема K561ИЕ10

Микросхема K561ИЕ10 имеет 16 контактов и содержит два независимых четырехразрядных двоичных счетчика. Внешний вид микросхемы приведен на рисунке 5.5а, а функциональная структура представлена на рисунке 5.5б.

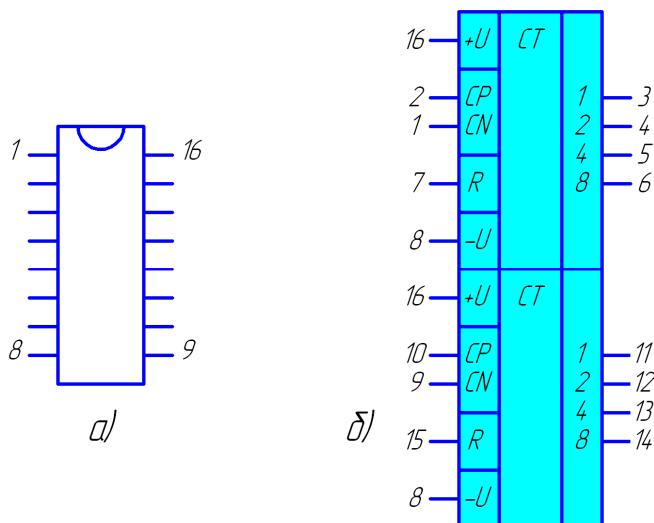


Рисунок 5.5 – Внешний вид и структура микросхемы K561ИЕ10

Описание входов и выходов микросхемы K561ИЕ10:

+U и -U – контакты питания микросхемы. Напряжение питания составляет 3...15 В.

1, 2, 4, 8 – информационные выходы двоичного счетчика. На этих выходах отображается результат счета в четырехразрядной двоичной форме.

CP и CN – информационные входы счетчика. На эти входы поступает сигнал число импульсов, на котором необходимо определить (сосчитать).

Счетчик будет воспринимать сигналы с входа CP, если на вход CN будет подан сигнал низкого уровня (лог. 0). В этом случае счет будет происходить на спаде между высоким и низким уровнем сигнала на входе CP.

Счетчик будет воспринимать сигналы с входа CN, если на вход CP будет подан сигнал высокого уровня (лог. 1). В этом случае счет будет происходить на подъеме между низким и высоким уровнем сигнала на входе CN.

R – вход сброса. При подаче на это вход сигнала высокого уровня (лог. 1) произойдет обнуление выходов 1, 2, 4, 8. На этих выходах будет сигнал низкого уровня (лог. 0).

Схема подключения микросхемы представлена на рисунке 5.6. Схема состоит из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока; $SA1$ и $SA2$ – переключатели; $DD1.1$ и $DD1.2$ – логические элементы микросхемы K561ЛЕ5, образующие RS-триггер; $DD2.1$ – сегмент четырехразрядного двоичного счетчика микросхемы K561ИЕ10; $HL1\dots4$ – индикаторные светодиоды; $R1\dots3$ – резисторы; $R4\dots7$ – токоограничительные резисторы.

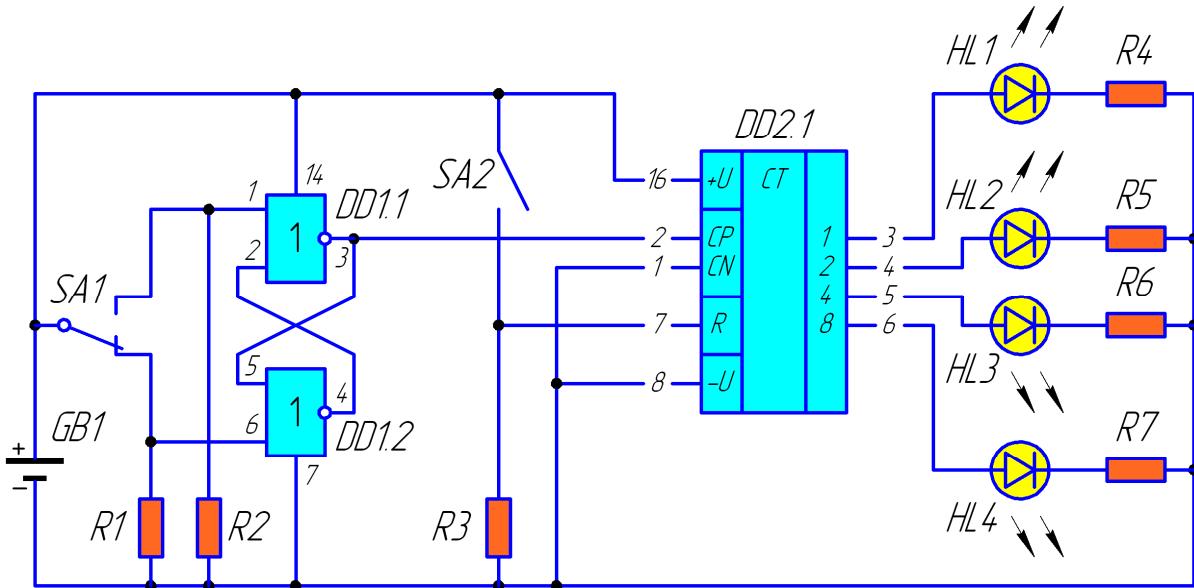


Рисунок 5.6 – Схема подключения микросхемы K561IE10

Логические элементы $DD1.1$ и $DD1.2$ образуют RS-триггер и подавляют дребезг контактов, возникающий при замыкании и размыкании контактов переключателя $SA1$. Переключатель $SA2$ применяется для сброса счетчика в нулевое состояние.

В данной схеме на информационный вход CN подается сигнал низкого уровня путем подключения его к отрицательному полюсу источника тока $GB1$. Это означает, что на вход CP будут поступать импульсы, которые следует сосчитать. Счет будет происходить на переходе с высокого уровня на низкий уровень сигнала.

На рисунке 5.7 представлена диаграмма работы микросхемы K561IE10. На этой диаграмме представлена зависимость состояния выходных сигналов на выходах $1, 2, 4, 8$ от состояния входного сигнала на входе CP .

Как видно из диаграммы, после первого импульса поданного на вход CP , сигнал высокого уровня (лог.1) появится на выходе 1 (контакт «3») микросхемы $DD2.1$, на других информационных выходах будет сигнал низкого уровня (лог.0). Так же о состоянии выходов будут сигнализировать светодиоды. Светодиод $HL1$ будет активен, а $HL2\dots4$, не будут гореть.

После второго импульса поданного на вход CP , сигнал высокого уровня (лог.1) появится на выходе 2 (контакт «4») микросхемы $DD2.1$, на других

информационных выходах будет сигнал низкого уровня (лог.0). В это раз будет активен светодиод *HL2*, остальные светодиоды будут выключены.

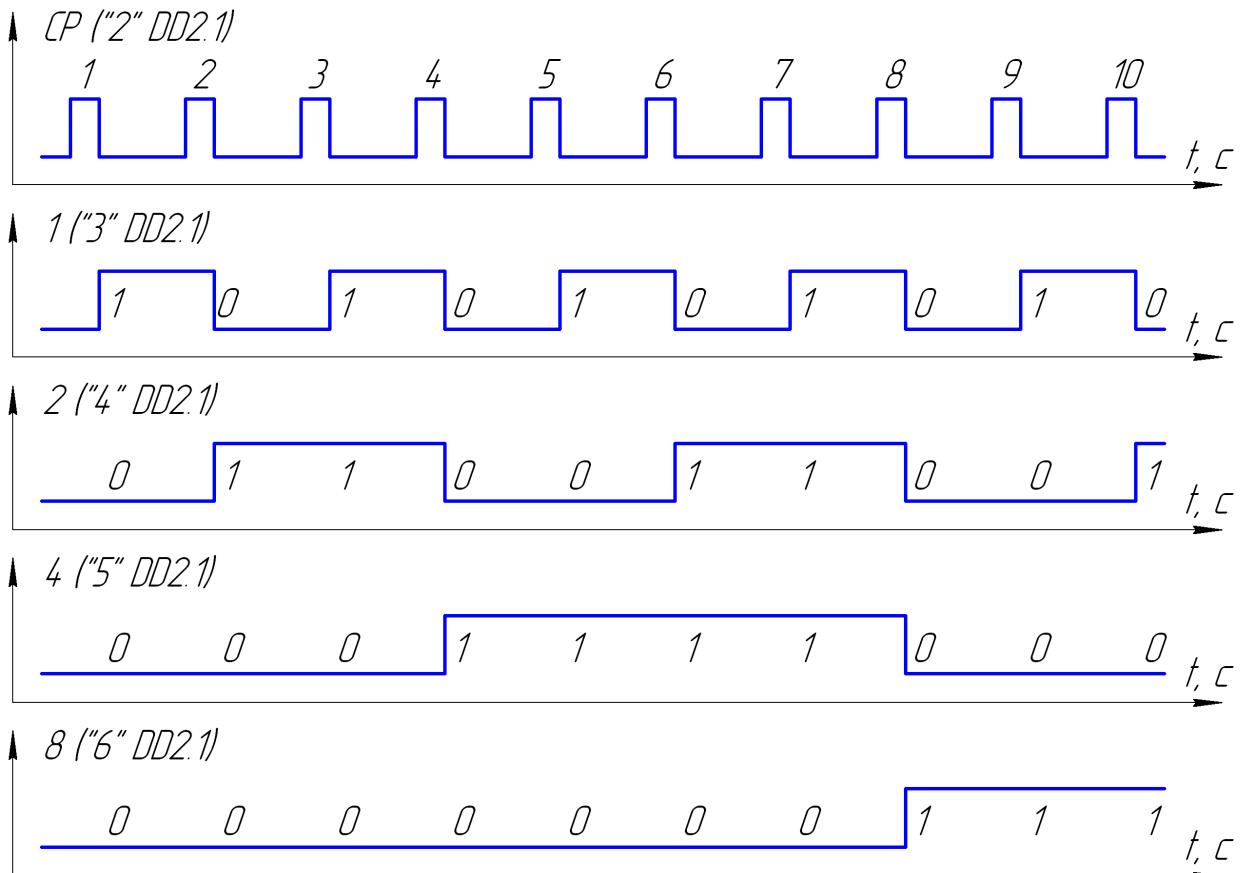


Рисунок 5.7 – Диаграмма работы микросхемы K561IE10

При спаде четвертого импульса, поданного на вход *CP*, сигнал высокого уровня перейдет на выход *4* (контакт «5»), а на других выходах будет наблюдаться низкий уровень сигнала. А на спаде восьмого сигнала, на входе *CP*, в активное состояние перейдет светодиод *HL4*, так как на выходе *8* (контакт «6») появится высокий уровень (лог.1).

Высокий уровень сигнала на выходе *8* (контакт «6») будет до подачи шестнадцатого импульса на вход *CP*. На этом импульсе счетчик дойдет до максимума счета и обнулится, в результате все светодиоды погаснут.

Счетчик представленный на рисунке 5.6 способен вести счет импульсов только до шестнадцати, для того, что бы расширить предел счета двоичного счетчика необходимо добавить информационные выходы.

На рисунке 5.8 представлена схема, на которой приведен вариант увеличения предела счета двоичного счетчика. Расширение пределов счета достигается за счет добавления дополнительной секции *DD2.2*. Данная секция *DD2.2* в точности повторяет секцию *DD2.1*, так как они располагаются в одном корпусе микросхемы K561IE10.

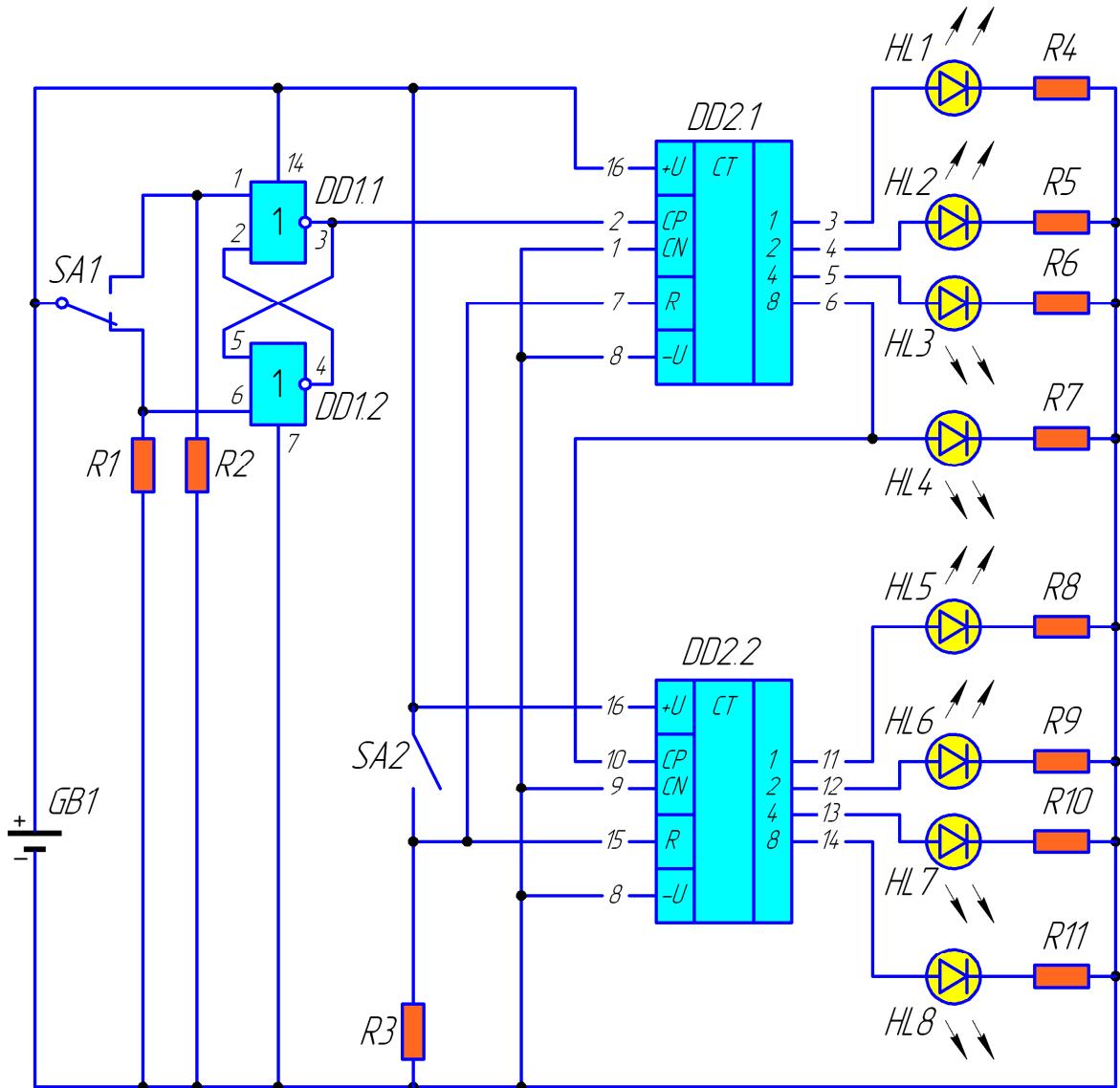


Рисунок 5.8 – Схема расширения пределов счета двоичного счетчика

В данном случае вход CP сегмента $DD2.2$ подключается к выходу 8 (контакт «6») сегмента $DD2.1$. В результате после подачи на вход CP элемента $DD2.1$, сигнал высокого уровня на выходе 8 (контакт «6») перейдет в низкий уровень. Это даст первый импульс на входе CP элемента $DD2.2$, вследствие чего высокий уровень сигнала появится на выходе 1 (контакт «3») микросхемы $DD2.2$. В активном состоянии будет находиться светодиод $HL5$.

Двоичный счетчик, изображенный на рисунке 5.8, способен вести счет до двухсот пятидесяти шести. При наступлении данного импульса счетчик обнулится, так как дойдет до максимального числа, который может подсчитать. Дальнейшее добавление сегментов микросхемы К561ИЕ10 еще в несколько раз увеличит предел счета двоичного счетчика.

5.5 Микросхема К561ИЕ8

На практике двоичные счетчики не являются удобными для восприятия численного значения, полученного на выходе счетчика. Выходом из данной ситуации может служить применение десятичного счетчика. Десятичные счетчики на выходе предоставляют информацию в десятичной системе счисления, что является удобным для определения числа импульсов, поданных на вход.

В качестве примера десятичного счетчика предлагается микросхема К561ИЕ8. Внешний вид микросхемы приведен на рисунке 5.9а, а функциональная структура представлена на рисунке 5.9б. Данная микросхема объединяет в себе две взаимно работающие сборки: двоичный счетчик и десятичный дешифратор. В результате счетчик производит подсчет импульсов поступающих на вход и переводит их в четырех разрядный десятичный код, а дешифратор преобразует двоичный код в информационный десятичный сигнал на выходе.

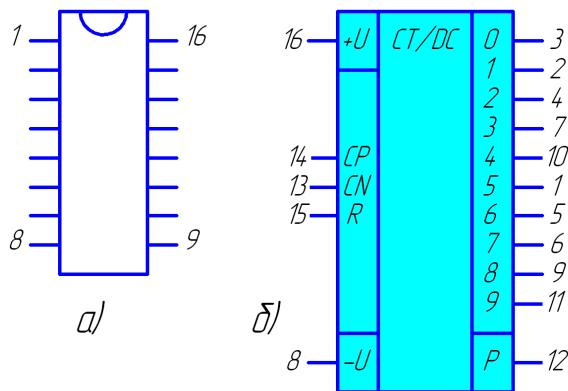


Рисунок 5.9 – Внешний вид и структура микросхемы К561ИЕ8

Описание входов и выходов микросхемы К561ИЕ8:

+U и -U – контакты питания микросхемы. Напряжение питания составляет 3...15 В.

0...9 – информационные выходы десятичного счетчика. На этих выходах отображается результат счета в десятичной форме. Это значит, что только на одном выходе будет сигнал высокого уровня, а на других выходах сигнал низкого уровня.

P – информационный выход переноса десятичного счетчика. На этом выходе формируется сигнал высокого уровня, когда на вход счетчика поступает десятый импульс.

CP и CN – информационные входы счетчика. На эти входы поступает сигнал число импульсов, на котором необходимо определить (сосчитать).

Счетчик будет воспринимать сигналы с входа CP , если на вход CN будет подан сигнал низкого уровня (лог. 0). В этом случае счет будет происходить на спаде между высоким и низким уровнем сигнала на входе CP .

Счетчик будет воспринимать сигналы с входа CN , если на вход CP будет подан сигнал высокого уровня (лог. 1). В этом случае счет будет происходить на подъеме между низким и высоким уровнем сигнала на входе CP .

R – вход сброса. При подаче на это вход сигнала высокого уровня (лог. 1) произойдет обнуление счетчика, в результате чего сигнал высокого уровня появится на выходе 0 (контакт «3»). На всех остальных выходах будет сигнал низкого уровня.

Схема подключения микросхемы K561IE8 представлена на рисунке 5.10. Схема состоит из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока; $SA1$ – переключатель тактовых импульсов; $SA2$ – переключатель сброса; $DD1.1$ и $DD1.2$ – логические элементы микросхемы K561LE5, образующие RS-триггер; $DD2$ – микросхема K561IE8; $HL1\dots10$ – индикаторные светодиоды; $R1\dots3$ – резисторы; $R4$ – токоограничительный резистор.

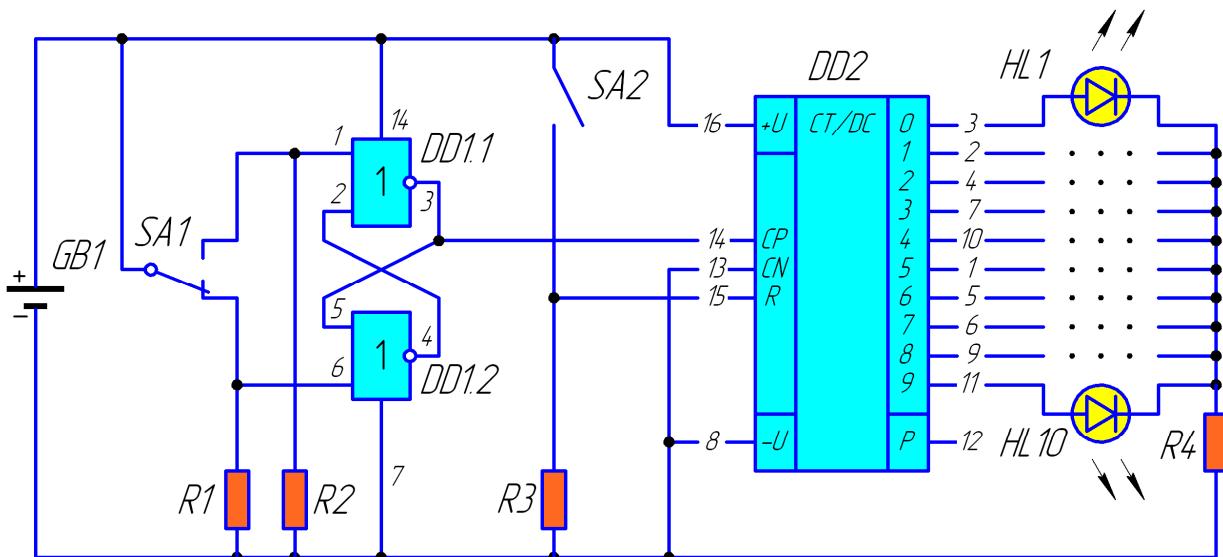


Рисунок 5.10 – Схема подключения микросхемы K561IE8

Как и в предыдущем варианте (см. рис. 5.6), микросхема получает импульсы от RS-триггера на вход CP , следовательно, информационные выходы будут менять свой информационный сигнал при переходе входного сигнала с высокого уровня на низкий уровень. Так как только один из светодиодов может иметь на выходе сигнал высокого уровня, то все индикаторные светодиоды $HL1\dots10$ подключены к одному резистору $R4$.

В тот момент, когда на вход CP не поступил, ни один импульс, сигнал высокого уровня будет наблюдаться на выходе 0 (контакт «3»), в результате в активном состоянии будет находиться светодиод при отсутствии входного импульса $HL1$ (см. рис. 5.11).

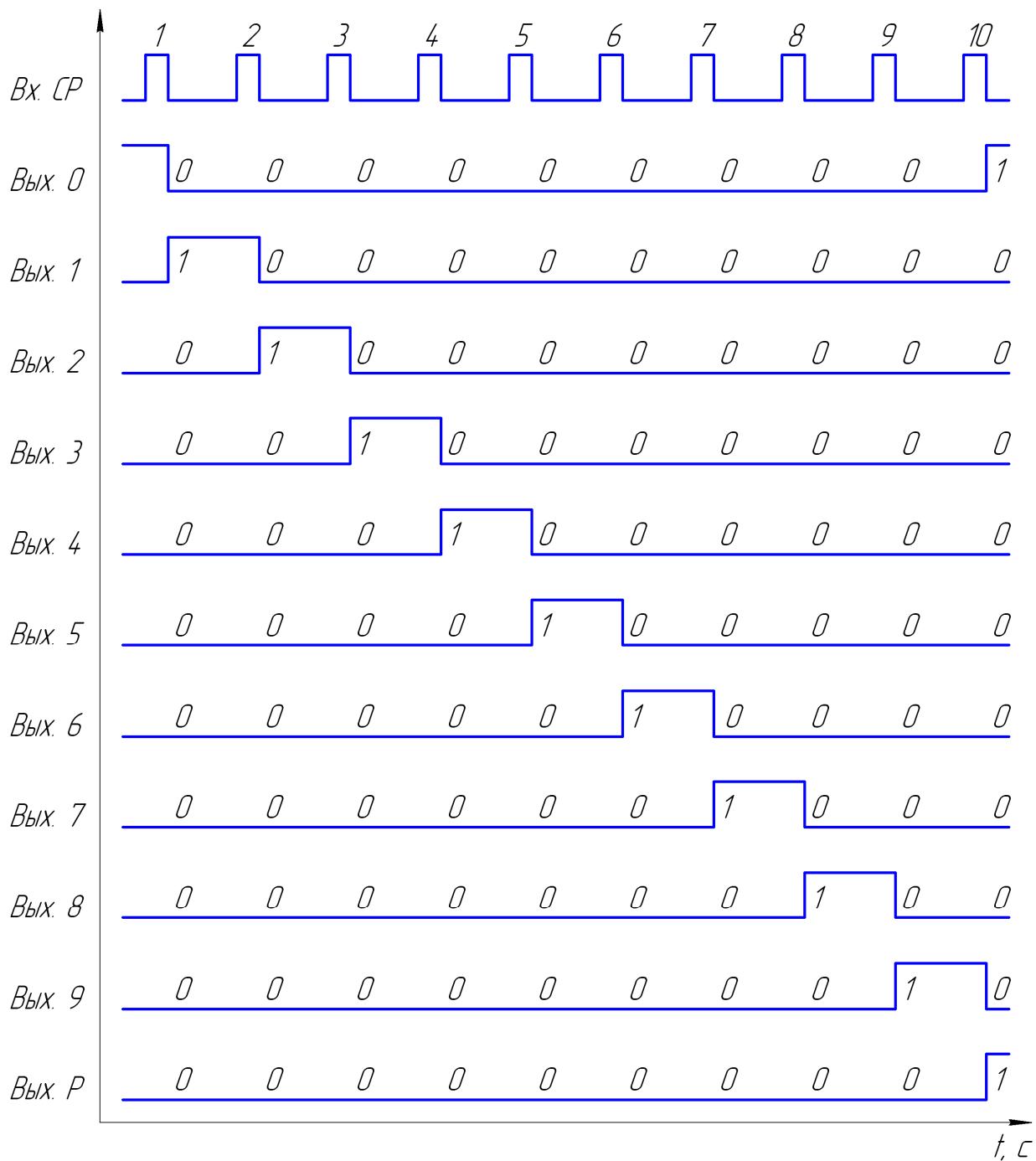


Рисунок 5.11 – Диаграмма работы микросхемы K561IE8

После подачи одного импульса на вход *CP*, счетчик его сосчитает и переведет информационный сигнал высокого уровня с выхода 0 на выход 1, о чем так же проинформирует включившийся светодиод *HL2*. Следующий импульс обнулит сигнал на выходе 1 и переведет сигнал логической единицы на выход 2.

При дальнейшем поступлении сигналов на вход *CP*, будет наблюдаться попеременная активация и выключение светодиодов, подключенных к информационным выходам 0...9. При этом будет наблюдаться эффект «бегущей волны».

При достижении десятого импульса, поданного на вход CP , сигнал высокого уровня с выхода 9 переместится на выход 0, но при этом на выходе P сигнал с низкого уровня изменится на высокий уровень. Это будет означать, что счетчик досчитал до десяти поданных импульсов и готов передать сигнал дальше (см. рис5.11).

Счетчик, приведенный на рисунке 5.10 способен вести счет в пределах от 0 до 10, если требуется увеличить разрядность счетчика, то необходимо добавить еще одну или несколько микросхемы-счетчик. Вариант расширения счета десятичного счетчика на один порядок приведен на рисунке 5.12.

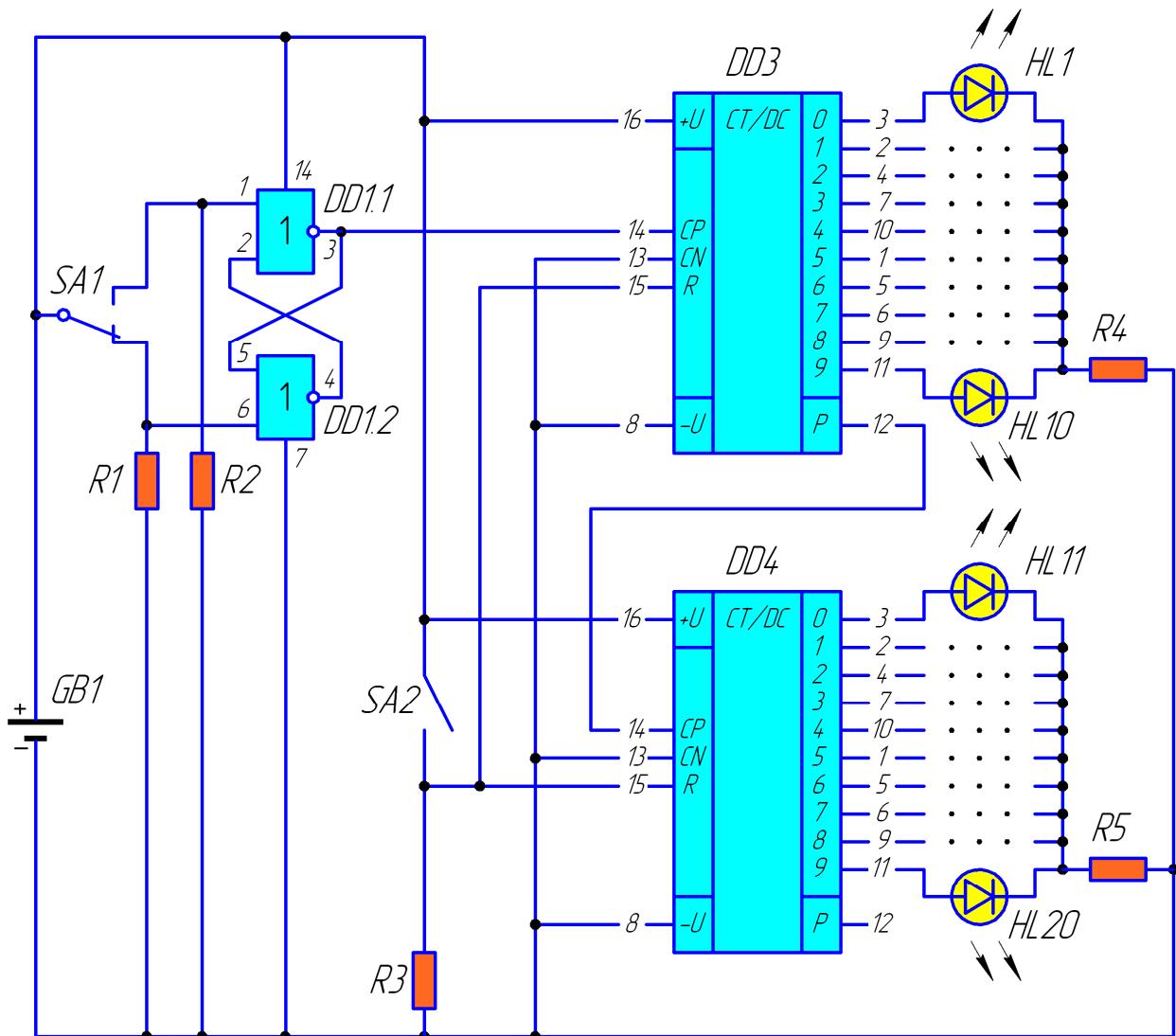


Рисунок 5.12 – Схема расширения пределов счета десятичного счетчика

Схема подключения микросхемы K561IE8 представлена на рисунке 5.12. Схема состоит из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока; $SA1$ – переключатель тактовых импульсов; $SA2$ – переключатель сброса; $DD1.1$ и $DD1.2$ – логические элементы микросхемы K561LE5, образующие RS-триггер; $DD3$, $DD4$ – микросхемы K561IE8; $HL1\dots 20$ – светодиоды; $R1\dots 3$ – резисторы; $R4$, $R5$ – токоограничительные резисторы.

Для увеличения счета на один порядок необходимо подключить вход CP десятичного счетчика $DD4$ к информационному выходу P счетчика $DD3$. В результате счетчик $DD4$ будет регистрировать каждый десятый счетный импульс, поступающий на вход CP микросхемы $DD3$. Таким образом, при поступлении десятого импульса на выходе 1 микросхемы $DD4$ появится сигнал высокого уровня и светодиод $HL12$ активируется.

Предположим, что на вход CP микросхемы $DD3$ поступило двадцать пять импульсов, то в таком случае будет активна следующая пара светодиодов $HL13$ и $HL6$. Это произойдет, потому что на выходах 2 микросхемы $DD4$ и 5 микросхемы $DD3$ будут высокие уровни сигнала.

В результате можно сделать вывод что счетчик, приведенный на рисунке 5.12 способен вести счет от 0 до 99. при подаче сотового импульса на вход CP микросхемы $DD3$ произойдет обнуление счетчика и на выходе P микросхемы $DD4$ появится сигнал высокого уровня.

5.6 Микросхемы К176ИЕ3 и К176ИЕ4

Информация, отображаемая на десятичных счетчиках, является более информативной, чем на двоичных счетчиках, но в тех случаях, когда необходимо оперативно определить точное количество импульсов поданных на счетчик, может пройти некоторое время. В таких случаях более информативным может оказаться десятичный счетчик с информационными выходами на семисегментный индикатор.

В этом случае можно привести две микросхемы отвечающие данным требованиям: К176ИЕ3 и К176ИЕ4. Эти микросхемы, как и микросхема К561ИЕ8 содержать в себе двоичный счетчик и дешифратор с выходом на семисегментный индикатор. Микросхема К176ИЕ3 способна отображать цифры в пределах 0...5, а микросхема К176ИЕ4 работает с диапазоном цифр в пределах 0...9.

Внешний вид обоих микросхем приведен на рисунке 5.13а, а функциональная схема приведена на рисунках 5.13б и 5.13в на микросхемы К176ИЕ3 и К176ИЕ4 соответственно. Так как К176ИЕ3 и К176ИЕ4 имеют схожие структурные схемы то описание входов и выходов будут приведены вместе.

Описание входов и выходов микросхем К176ИЕ3 и К176ИЕ4:

+ U и - U – контакты питания микросхемы. Напряжение питания составляет 3...15 В.

$a...g$ – информационные выходы десятичного счетчика. На этих выходах отображается результат счета в арабских цифрах. Это значит, что одновременно на нескольких выходах будет сигнал высокого уровня, а на других выходах сигнал низкого уровня.

P – информационный выход переноса десятичного счетчика. На этом выходе формируется сигнал высокого уровня, когда на вход счетчика поступает десятый импульс.

f₂ – информационный выход, на котором появится сигнал высокого уровня, когда на счетчик поступает второй импульс.

f₄ – информационный выход, на котором появится сигнал высокого уровня, когда на счетчик поступает четвертый импульс.

Выходы *f₂* и *f₄* применяются в создании электронных часов с циферблатом, рассчитанным на формат «23:59».

C – информационные входы счетчика. На эти входы поступает сигнал число импульсов, на котором необходимо определить (сосчитать), при этом счет будет происходить на подъеме между низким и высоким уровнем сигнала на входе *C*.

R – вход сброса. При подаче на это вход сигнала высокого уровня (лог. 1) произойдет обнуление счетчика, в результате чего сигнал высокого уровня появится на выходе *0* (контакт «3»). На всех остальных выходах будет сигнал низкого уровня.

S – вход выбора типа индикатора.

Если к выходам *a*...*g* подключается семисегментный индикатор с общим катодом, то на вход *S* надо подать сигнал низкого уровня путем подключения его к общему проводу или к входу питания *-U* микросхемы.

Если к выходам *a*...*g* подключается семисегментный индикатор с общим анодом, то на вход *S* надо подать сигнал высокого уровня путем подключения его к входу питания *+U* микросхемы.

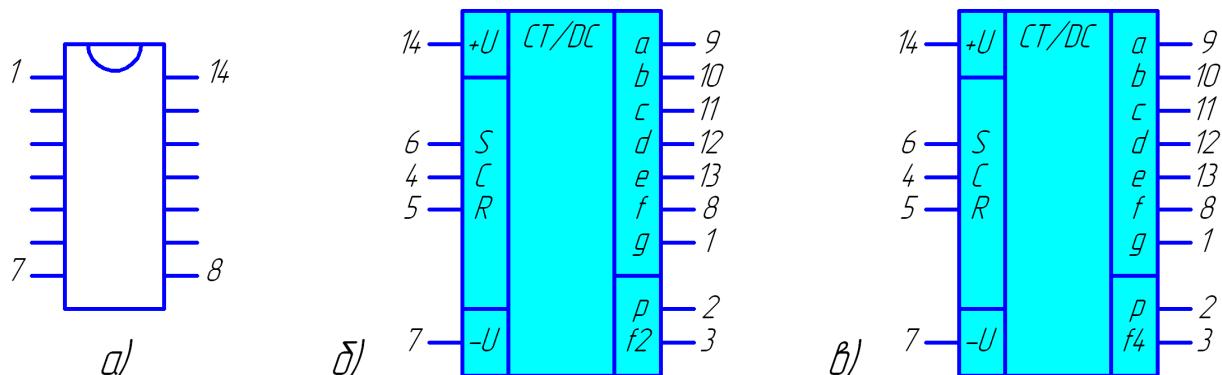


Рисунок 5.13 - Внешний вид и структура микросхем К176ИЕ3 и К176ИЕ4

Так как микросхемы К176ИЕ3 и К176ИЕ4 имеют схожие структуры и одноименные входы и выходы за исключением выходов *f₂* и *f₄*, то способ подключения микросхем можно рассмотреть на примере одной из микросхем. На рисунке 5.14 представлена схема счетчика с выходом на семисегментный индикатор с общим анодом. Схема состоит из следующих элементов: *GB1* –

источник постоянного тока; $SA1$ – переключатель тактовых импульсов; $SA2$ – переключатель сброса; $DD1.1$ и $DD1.2$ – логические элементы микросхемы K561ЛЕ5, образующие RS-триггер; $DD2$ – микросхема K176ИЕ4; $HL1$ – семисегментный индикатор с общим анодом FYS-8012BG; $R1\dots 3$ – резисторы.

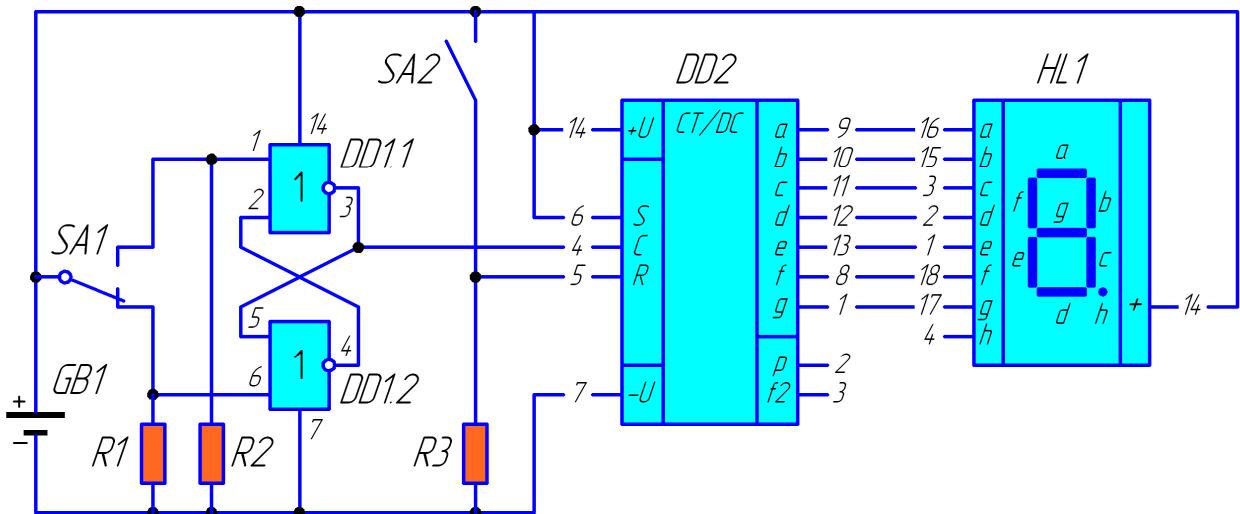


Рисунок 5.14 – Схема подключения микросхемы K176ИЕ4

Как и в предыдущих случаях, счетчик может отражать некоторую информацию, поэтому его следует обнулить, для этого используют переключатель $SA2$. В этом случае семисегментный индикатор $HL1$ отобразит цифру «0», так как сигналы низкого уровня (лог. 0) будут на выходах $a\dots f$. Так же можно проследить присутствие сигналов высокого и низкого уровня на диаграмме, представленной на рисунке 5.15.

При подаче первого единичного сигнала на сход C часть выходов $d\dots g$ приобретет сигналы высокого уровня (лог. 1), а выходы b и c сохранят низкий уровень сигнала (лог. 0). На семисегментном индикаторе $HL1$ будет гореть цифра «1».

При подаче второго импульса на вход C часть на семисегментном индикаторе высветится цифра «4», а так же на выходе $f4$ появится сигнал высокого уровня (см. рис. 5.15). Обычно этот выход $f4$ не используется, поэтому в большинстве случаев к нему ничего не подключается.

При подаче десятого импульса на сход C счетчик обнулится и на выходах $a\dots f$ появится сигнал низкого уровня, на индикаторе будет отображаться цифра «0». Также в это момент на выходе P появится высокий уровень сигнала (см. рис. 5.15).

Счетчик представленный на рисунке 5.14 может вести счет в пределах от 0 до 10. Если требуется повысить разрядность счетчика, то необходимо присоединить дополнительные микросхемы-счетчики. В качестве примера реализующего такое решение представлена схема на рисунке 5.16.

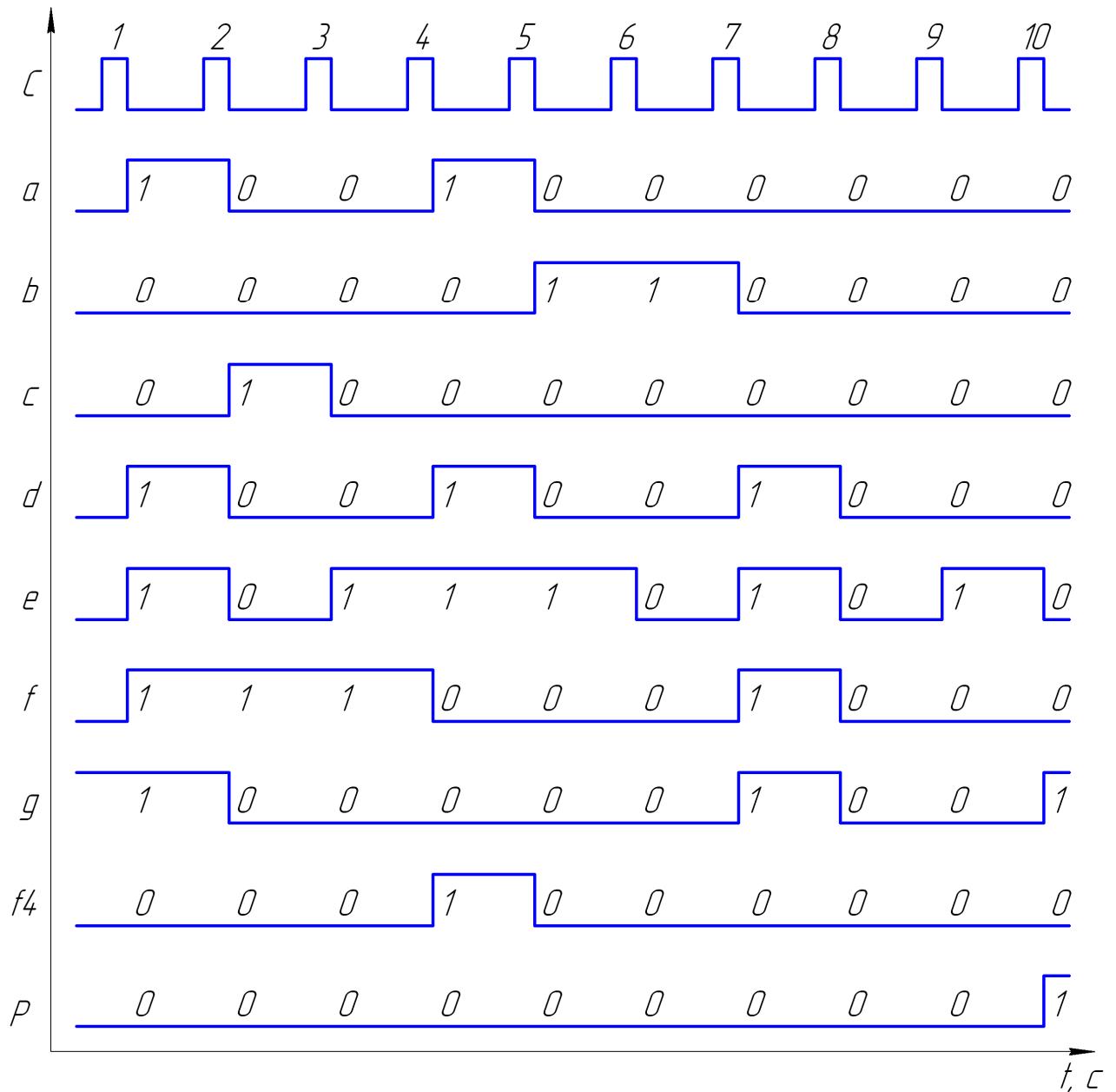


Рисунок 5.15 - Диаграмма работы микросхемы К176ИЕ4

Схема состоит из следующих элементов: *GB1* – источник постоянного тока; *S41* – переключатель тактовых импульсов; *S42* – переключатель сброса; *DD1.1* и *DD1.2* – логические элементы микросхемы К561ЛЕ5, образующие RS-триггер; *DD2* – микросхема К176ИЕ4; *DD3* – микросхема К176ИЕ3; *HL1* и *HL2* – семисегментные индикаторы с общим анодом FYS-8012BG; *R1…3* – резисторы.

Схема счетчика, представленного на рисунке 5.16, предназначена для ведения счета в пределах от 0 до 59. При подаче шестидесятого импульса на вход *C* микросхемы *DD2* произойдет обнуление счетчика, так как микросхема *DD3* способна вести счет только до шестого импульса поданного на вход *C* микросхемы *DD3*.

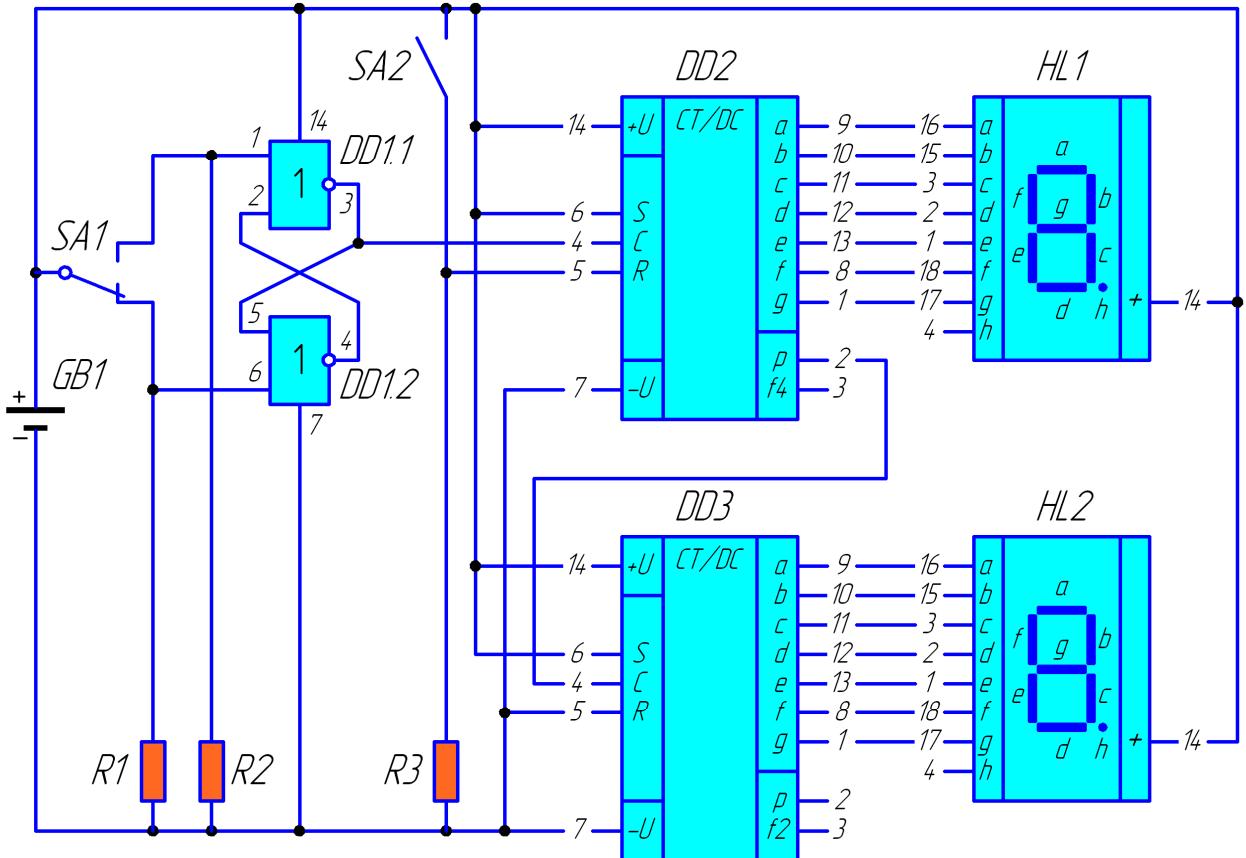


Рисунок 5.16 – Схема расширения пределов счета десятичного счетчика

Для передачи каждого десятого импульса на вход C микросхемы $DD3$ необходимо подключить его к выходу P микросхемы $DD2$.

В этом случае при подаче десятого импульса на вход C микросхемы $DD2$ произойдет перенос счетного десятого импульса на вход C микросхемы $DD3$ и на индикаторе $HL2$ высветится цифра «1», а на индикаторе $HL1$ высветится цифра «0». При подаче двадцатого импульса, на индикаторе $HL2$ высветится цифра «2». Изменение цифры на индикаторе будет происходить при каждом десятом импульсе на входе C микросхемы $DD2$.

Если в схему включить три микросхемы К176ИЕ4 и соединить их между собой через выходы переноса P и информационные входы C , то можно добиться счета от 0 до 999. Следовательно, присоединяя дополнительную микросхему можно увеличивать кратность счетчика.

5.7 Контрольные вопросы

- 1) Что такое счетчики?
- 2) Какие виды счетчиков бывают?
- 3) Какие элементы составляют базовую цепочку счетчика?
- 4) В какой форме счетчик предоставляет информацию на выходе?
- 5) Как происходит расширение пределов счета счетчика?

- 6) Где находят свое применение счетчики?
- 7) Как называются входы микросхем счетчиков?
- 8) Как отличается работа счетчика при подаче сигналов на вход CP и CN ?
- 9) Сколько надо микросхем-счетчиков каждого вида надо применить, чтобы счетчик мог считать до 150?

6 КОМПАРАТОРЫ

6.1 Общие сведения

Компаратор – это устройство, предназначенное для сравнения двух сигналов.

Основой компаратора является операционный усилитель, который выполняет основную функцию сравнения двух поступающих на вход сигналов.

Операционный усилитель – это усилитель постоянного тока с двумя входами и одним выходом и обладающий коэффициентом усиления, стремящимся к бесконечности.

На производстве компараторы являются связующим звеном между датчиками и цифровой электроникой, которая обрабатывает сигнал. Компараторы принимают непрерывно изменяющийся сигнал и преобразуют его в цифровой сигнал высокого или низкого уровня.

С помощью этих устройств можно следить за уровнем жидкости, шума или за другими параметрами, можно измерять диаметр деталей или делать другие измерения.

На рисунке 6.1 представлены варианты изображения операционного усилителя. Оба эти варианта и их модификации можно встретить на электрических схемах. Также операционный усилитель может иметь и другие входы, которые предназначены для коррекции поступающего сигнала.

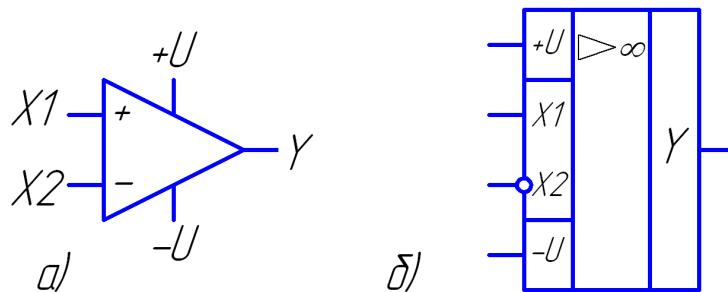


Рисунок 6.1 – Условные графические изображения операционного усилителя на электрических схемах

Описание входов и выходов операционного усилителя:

$+U$ и $-U$ – контакты питания микросхемы.

X_1 – неинвертирующий информационный вход аналогового сигнала.

X_2 – инвертирующий информационный вход аналогового сигнала.

Y – информационный выход цифрового сигнала. Сигнал высокого уровня на выходе операционного усилителя будет в том случае, если напряжение на инвертирующем входе будет меньше напряжения на неинвертирующем входе.

Если напряжение на инвертирующем входе будет выше опорного напряжения, то на выходе будет сигнал низкого уровня.

На один из входов $X1$ или $X2$ подается опорное напряжение, а на другой вход подается непрерывно изменяющийся сигнал, следовательно, операционный усилитель будет сравнивать непрерывно изменяющийся сигнал с опорным сигналом.

6.2 Микросхема LM358

Микросхема имеет 8 контактами и содержит два независимых операционных усилителя, внешний вид представлен на рисунке 6.2а, а функциональная структура представлена на рисунке 6.2б.

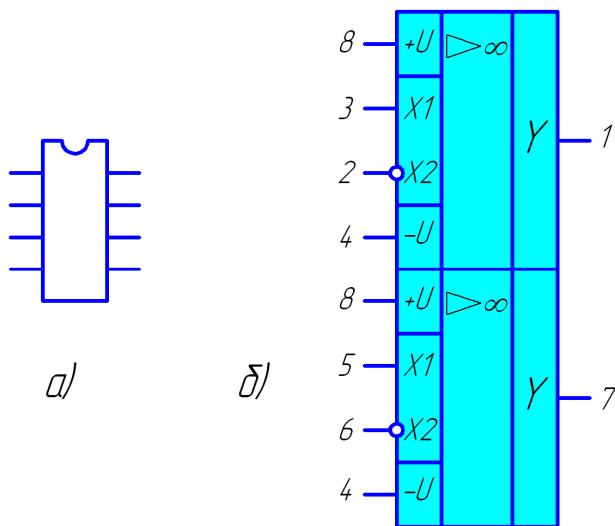


Рисунок 6.2 – Внешний вид и структура микросхемы LM358

Для пояснения работы операционного усилителя необходимо рассмотреть схему представленную на рисунке 6.3. Схема состоит из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока; $DA1.1$ – операционный усилитель микросхемы LM358; $HL1$ – индикаторная лампа; $VT1$ – биполярный транзистор; $R1 \dots 3$ – резисторы; $R4$ – фоторезистор; $R5$ – токоограничительный резистор биполярного транзистора.

Эта схема представляет собой компаратор, где резисторы $R1$ и $R2$ образуют делитель напряжения и формируют опорное напряжение на входе $X1$, при этом их сопротивления равны $R1 = R2$. Цепочка из резистора $R3$ и фоторезистора $R4$ образуют непрерывно изменяющийся сигнал на входе $X2$, так как сопротивление фоторезистора зависит от освещенности фотослоя.

Рассмотрим два варианта: первый вариант отражает нахождение фоторезистора в темноте, когда на него не попадает свет и второй, когда фоторезистор освещен источником света.

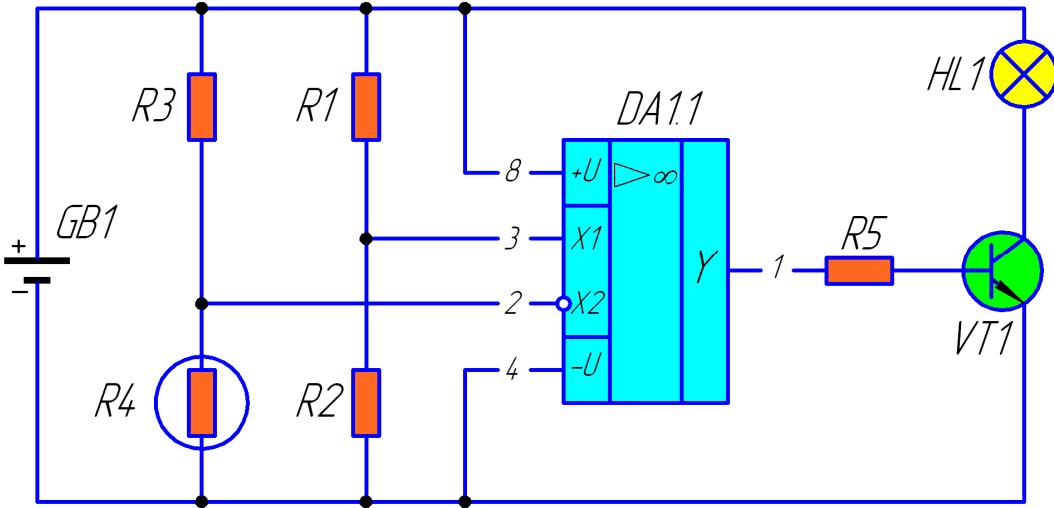


Рисунок 6.3 – Схема включения операционного усилителя

В первом случае на фоторезистор не падает свет, следовательно, его сопротивление будет максимальным. Сопротивление резистора R_3 подобрано таким образом, что оно немного меньше темнового сопротивления фоторезистора R_4 . В результате того, что сопротивление фоторезистора будет больше чем на резисторе R_3 , то напряжение на фоторезисторе R_4 будет больше чем на резисторе R_3 .

Когда напряжение фоторезистора R_3 поступает на вход X_2 , оно сравнивается с напряжением на входе X_1 . В результате входное напряжение на входе X_2 будет больше чем на входе X_1 ($U_{X_2} > U_{X_1}$), следовательно, на выходе Y будет сигнал низкого уровня (лог. 0). При низком уровне сигнала на базу транзистора VT_1 не будет поступать ток, поэтому транзистор VT_1 будет закрыт, и лампа HL_1 не будет светиться.

Во втором случае фоторезистор R_4 будет освещен, следовательно, его сопротивление уменьшится в несколько раз. Это вызовет падение напряжения на фоторезисторе R_4 на несколько вольт. В результате облучения светом, на вход X_2 будет поступать уменьшенное напряжение и в этот раз оно будет меньше опорного $U_{X_2} < U_{X_1}$. Это приведет к появлению на выходе Y сигнала высокого уровня (лог. 1). Высокий уровень сигнала передаст на базу транзистора VT_1 ток и транзистор откроется. Лампа HL_1 начнет светиться.

Графически работу компаратора на рисунке 6.3 можно изобразить следующим образом (см. рис. 6.4а). В тех местах, где линия сигнала X_2 будет пересекать линию опорного сигнала X_1 , будет происходить изменение выходного сигнала Y .

Схема компаратора изображенная на рисунке 6.3 имеет качественный недостаток. В промежутке между переходом от неосвещенного состояния в освещенный режим, может произойти образование многократного пересечения сигналом X_2 уровень сигнала X_1 , так как сигнал X_2 будет содержать шум из-

за неравномерности поступающего света. Следовательно, произойдет несколько изменений сигнала Y (см. рис. 6.4б).

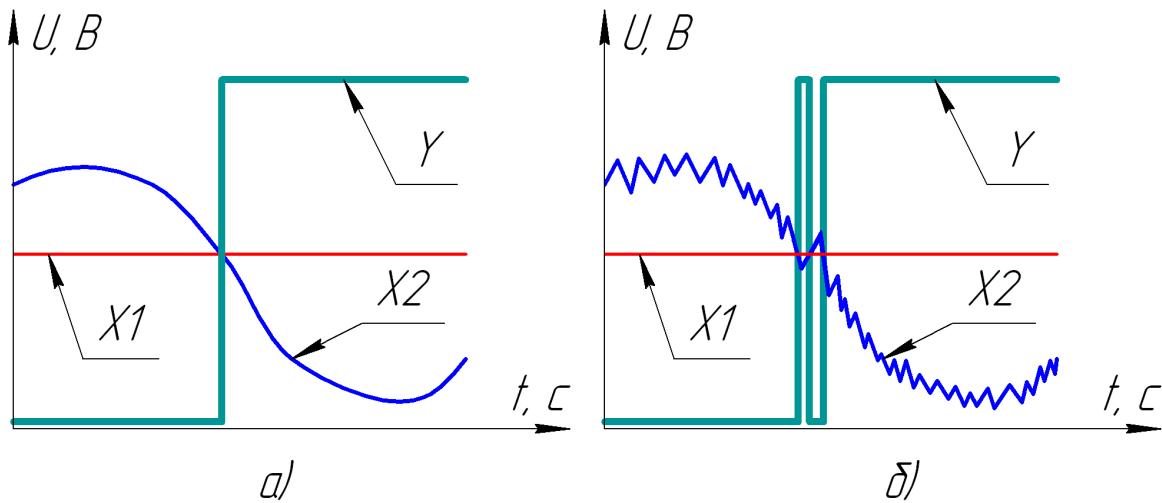


Рисунок 6.4 – Диаграмма работы компаратора

Такое явление равносильно дребезгу контактов на кнопочном переключателе. Для устранения такого явления в схему включается обратная связь (см. рис. 6.5). Схема состоит из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока; $DA1.1$ – операционный усилитель микросхемы LM358; $HL1$ – индикаторная лампа; $VT1$ – биполярный транзистор; $R1\dots 3$ и $R6$ – резисторы; $R4$ – фоторезистор; $R5$ – токоограничительный резистор биполярного транзистора.

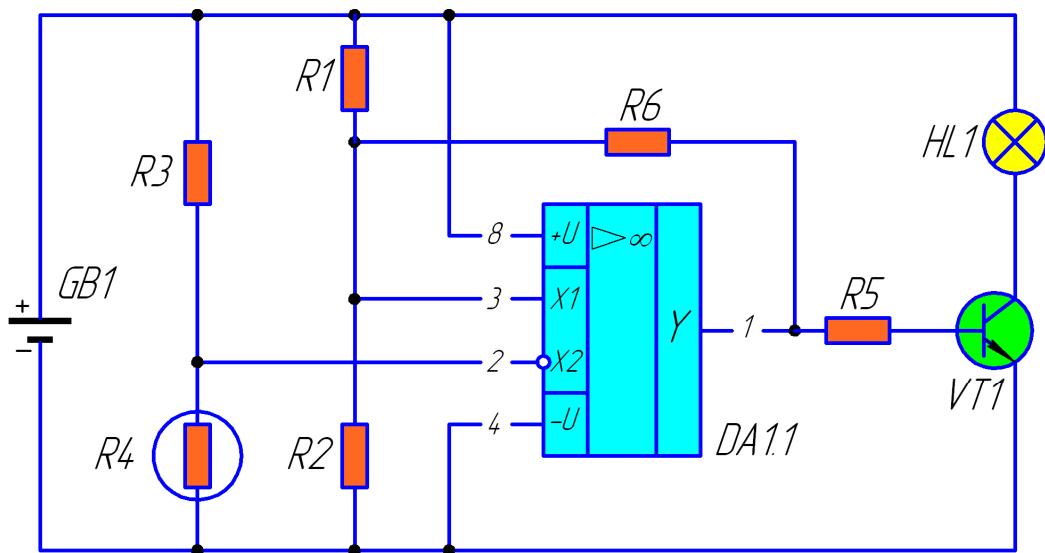


Рисунок 6.5 – Добавление обратной связи

В этом случае резистор $R6$ подключается к выходу Y и образует обратную связь. В результате получается два уровня опорного напряжения. Нижний уровень опорного напряжения будет действовать, когда сигнал на выходе будет низкого уровня, а второй уровень опорного напряжения

возникнет, когда на выходе Y будет высокий уровень сигнала. В результате появится стабильность выходного сигнала и нечувствительность к шумам непрерывно изменяющегося сигнала.

Если входной изменяющийся сигнал подать на несколько операционных усилителей и на каждом усилителе настроить свое опорное напряжение, то можно отслеживать изменения входного изменяющегося сигнала. На рисунке 6.6 представлена схема двухуровневого индикатора освещенности собранного на двух операционных усилителях. Схема состоит из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока; $DA1.1$ и $DA1.2$ – операционные усилители микросхемы LM358; $HL1$ и $HL2$ – светодиоды; $R1…3$ и $R6$ – резисторы; $R7$ – фоторезистор; $R4$ и $R5$ – токоограничительные резисторы.

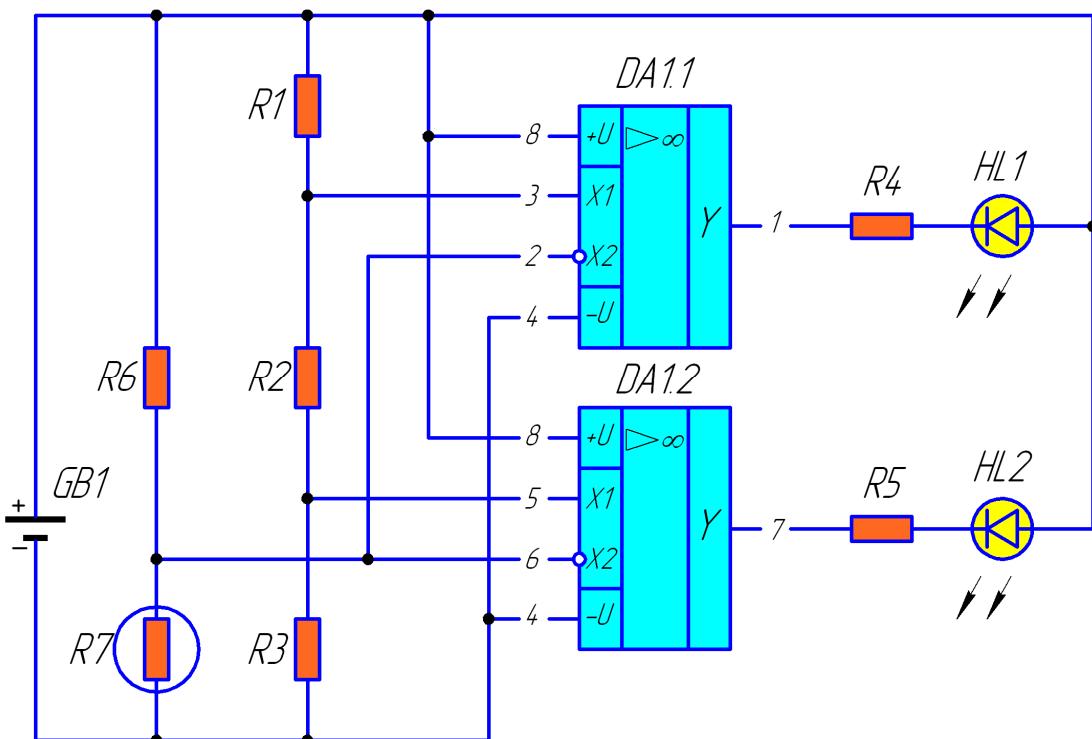


Рисунок 6.6 – Схема двухуровневого индикатора освещенности.

Резисторы $R1…3$ формируют два опорных напряжения, а фоторезистор $R7$ выступает в качестве датчика освещенности. Уровня сигнала отображается индикаторными светодиодами $HL1$ и $HL2$.

При таком соединении операционных усилителей может возникнуть три варианта индикации входного сигнала:

- 1) напряжение на фоторезисторе больше опорного напряжения входа $X1$ на элементе $DA1.1$;
- 2) напряжение на фоторезисторе меньше опорного напряжения входа $X1$ на элементе $DA1.1$, но больше опорного напряжения входа $X1$ на элементе $DA1.2$;
- 3) напряжение на фоторезисторе меньше опорного напряжения входа $X1$ на элементе $DA1.2$.

В первом случае на выходах Y каждого операционного усилителя $DA1.1$ и $DA1.2$ будет сигнал низкого уровня, так как напряжение на инвертирующем входе $X2$ будет выше опорного напряжения на неинвертирующем входе $X1$. Оба светодиода в этом случае будут в активном состоянии.

Во втором случае напряжение фоторезистора $R7$ будет располагаться между двумя опорными напряжениями операционных усилителей, следовательно, на выходе Y элемента $DA1.1$ будет сигнал высокого уровня, а на выходе Y элемента $DA1.2$ будет сигнал низкого уровня. В таком случае светодиод $HL1$ будет выключен, а светодиод $HL2$ будет активен.

В третьем случае на выходах Y каждого операционного усилителя $DA1.1$ и $DA1.2$ будет сигнал высокого уровня, следовательно, оба светодиода будут в выключенном состоянии.

Если в место фоторезистора установить другой датчик и увеличить количество операционных усилителей, то можно отслеживать уровни других параметров.

В плане автоматизации производства, такая схема (см. рис. 6.6) при замене фоторезистора $R7$ контактным датчиком может служить индикатором обрабатываемого диаметра на металлорежущем станке. Поле допуска будет ограничено верхним и нижним опорным напряжением, следовательно, выход сигнала за пределы этих опорных напряжений будет сигналом о негодности детали.

6.3 Контрольные вопросы

- 1) Что такое операционный усилитель?
- 2) Что такое компаратор?
- 3) Как называются входы операционного усилителя?
- 4) В состав, каких устройств входят операционные усилители?
- 5) Что необходимо чтобы происходил процесс сравнения двух сигналов?
- 6) Как надо соединить операционные усилители, чтобы можно было отслеживать величину переменного входного сигнала?
- 7) Какими должны быть входные сигналы, чтобы на выходе операционного усилителя был сигнал высокого уровня?

7 ГЕНЕРАТОРЫ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ

7.1 Общие сведения

Генераторы прямоугольных импульсов – это такие генераторы, которые на выходе создают сигнал, способный принимать два устойчивых значения высокого и низкого уровня.

Существует несколько способов создания таких генераторов, среди которых можно выделить следующие:

- 1) мультивибраторы;
- 2) генераторы на логических элементах;
- 3) генераторы на специализированных микросхемах;
- 4) кварцевые генераторы.

Каждый из этих генераторов имеет свою специфику и сферу применения, всё зависит от требований, которые предъявляются к этим генераторам.

На производстве генераторы применяются:

- 1) для работы с часовыми механизмами (таймеры и секундомеры);
- 2) для определения частоты вращения или скорости подвижных частей;
- 3) для управления сервоприводом;
- 4) для управления шаговыми двигателями.

7.2 Мультивибраторы

Мультивибратор – это автогенератор электрических прямоугольных импульсов.

На рисунке 10.7 представлена схема мультивибратора. Где: $VT1$ и $VT2$ – биполярные транзисторы; $C1$ и $C2$ – конденсаторы; $GB1$ – источник постоянного тока; $R1$ и $R2$ – резисторы; R_a и R_b – резисторы играющие роль нагрузки.

Мультивибратор может быть симметричным и не симметричным. Мультивибратор считается симметричным, когда $C1 = C2$ и $R1 = R2$, если одно из условий не выполняется, то мультивибратор не симметричный. Так же обязательным требованием является соблюдения неравенства $R1 > R_a$.

Мультивибраторы находят применение в радио электронике как источники импульсов, которые повторяются через равные промежутки времени. Генераторы в измененной форме применяются в часах, таймерах и других устройствах.

При включении мультивибратора схема перейдет в активное состояние, при котором оба транзистора открыты, и конденсаторы начинают заряжаться. После того как конденсаторы зарядились до определенного значения, транзисторы закрываются и мультивибратор переходит в генерацию

импульсов. Предположим, что в начальный момент транзистор $VT1$ открыт, а $VT2$ закрыт. Конденсатор $C1$ заряжается через резистор $R1$, а конденсатор $C2$ разряжен. После того как напряжение на конденсаторе $C1$ поднимется до определенного значения, транзистор $VT2$ откроется, а транзистор $VT1$ закроется. Конденсатор $C2$ начнет заряжаться через резистор $R2$, а начнет разряжаться. После того как напряжение на конденсаторе поднимется до определенного значения, произойдет обратное переключение транзисторов $VT1$ и $VT2$, и цикл повторится.

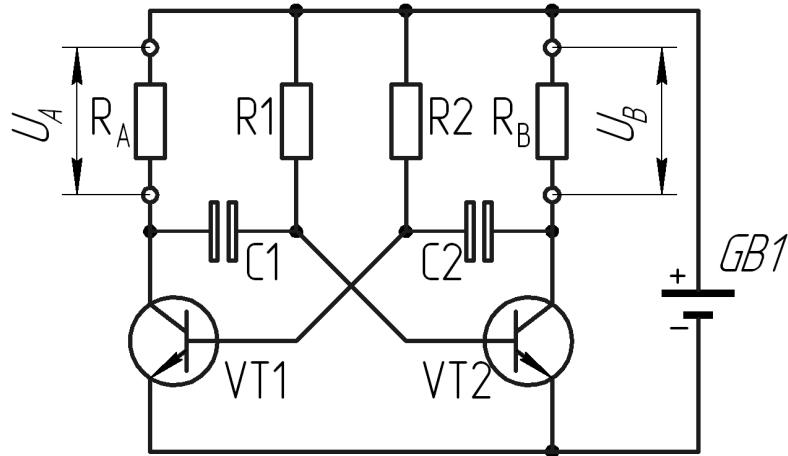


Рисунок 7.1 – Схема симметричного мультивибратора

Если транзистор $VT1$ открыт, то через нагрузку R_A протекает ток и напряжение на контактах R_A принимает значение логической единицы (см. рис 10.8). Если транзистор $VT1$ закрыт, то через нагрузку R_A не протекает ток и напряжение на контактах R_A принимает значение логического нуля. Аналогичная картина с нагрузкой R_B .

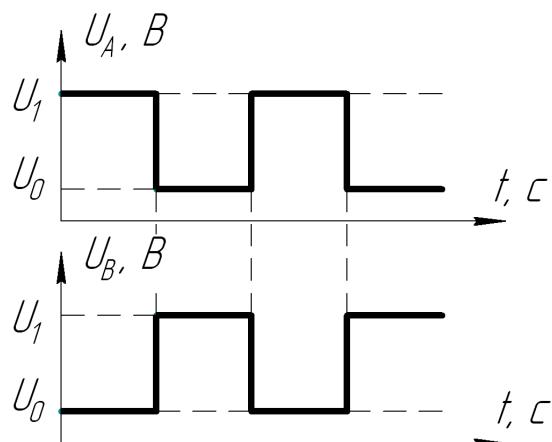


Рисунок 7.2 – Изменение значения напряжения на нагрузке

Частота переключения (переход из открытого состояния в закрытое и обратно) зависит от номиналов резисторов $R1$ и $R2$ и емкости конденсаторов $C1$, и $C2$. Если увеличить емкость конденсаторов $C1$ и $C2$ то увеличится время

их зарядки, следовательно увеличится время открытого и закрытого состояния транзисторов $VT1$ и $VT2$. Если увеличить номинал резисторов $R1$ и $R2$ то увеличится время их зарядки конденсаторов $C1$ и $C2$, следовательно, увеличится время открытого и закрытого состояния транзисторов $VT1$ и $VT2$.

7.3 Генераторы на логических элементах

Генераторы на логических элементах являются самыми простыми генераторами, собранными на микросхемах, так как содержат минимальное количество элементов в связке. Существует много вариантов реализации таких генераторов, но в качестве базовых элементов выступают инверторы с функциями НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ.

На рисунке 7.3 представлена схема генератора прямоугольных сигналов, собранного на логических элементах. Схема состоит из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока; $SA1$ – переключатель; $D1.1$ и $D1.2$ – логические элементы К561ЛА7 с функцией И-НЕ; $C1$ – конденсатор; $HL1$ и $HL2$ – светодиоды; $R1$ и $R2$ – токоограничительные резисторы; $R3$ – резистор ограничивающий скорость заряда конденсатора.

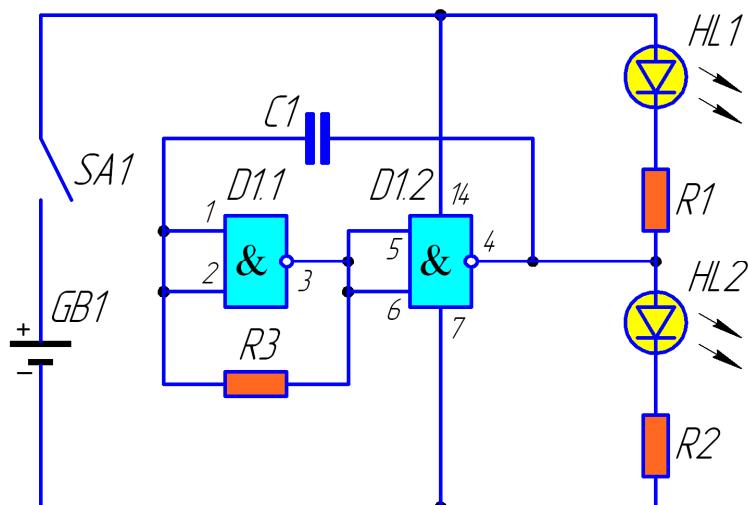


Рисунок 7.3 – Генератор прямоугольных импульсов на логических элементах

Схема работает следующим образом. Предположим на выходах элемента $D1.1$ сигнал высокого уровня (лог. 1), следовательно, на выходе элемента $D1.2$ будет сигнал низкого уровня (лог. 0). Это приведет к тому, что конденсатор $C1$ начнет заряжаться через резистор $R3$. Входы элемента $D1.1$ будут следить за напряжением на конденсаторе $C1$. Так как на выходе $D1.2$ будет низкий уровень сигнала, то между контактом «4» и отрицательным полюсом источника тока $GB1$ будет минимальное напряжение, и светодиод $HL2$ не будет светиться. Но в это же время между контактом «4» и положительным полюсом источника тока $GB1$ будет наблюдаться напряжение равное напряжению источника тока $GB1$, следовательно, светодиод $HL1$ будет гореть.

Когда напряжение на конденсаторе достигнет уровня логической единицы (сигнала высокого уровня), то на выходе элемента $D1.1$ появится сигнал низкого уровня, а на выходе элемента $D1.2$ появится сигнал высокого уровня. Это приведет к постепенному разряду конденсатора $C1$. На выходе $D1.2$ низкий уровень сигнала сменился высоким уровнем, следовательно, между контактом «4» и отрицательным полюсом источника тока $GB1$ появилось напряжение, и светодиод $HL2$ активировался, а светодиод $HL1$ погас.

После того как напряжение на конденсаторе упадет до значения логического нуля, генератор поменяет высокие и низкие уровни на выходах элементов $D1.1$ и $D1.2$. Светодиод $HL2$ погаснет, а $HL1$ начнет светиться. Конденсатор $C1$ опять начнет заряжаться и цикл повторится.

Изменяя номиналы резистора $R3$ и конденсатора $C1$ можно увеличивать или уменьшать частоту переключения генератора. Увеличение емкости конденсатора приведет к уменьшению времени его заряда, следовательно, частота импульсов генератора увеличится. Увеличение сопротивления резистора увеличит время заряда конденсатора, следовательно, частота импульсов генератора уменьшится.

На рисунке 7.4 представлена схема подключения генератора, собранного на логических элементах к двоичному счетчику импульсов. Схема состоит из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока; $SA1$ и $SA2$ – переключатели; $D1.1$ и $D1.2$ – логические элементы K561ЛА7 с функцией И-НЕ; $D2.1$ – сегмент микросхемы K561ИЕ10 (двоичный счетчик); $C1$ – электролитический конденсатор; $HL1\dots5$ – светодиоды; $R1$ – резистор ограничивающий скорость заряда конденсатора; $R2\dots7$ – токоограничительные резисторы.

На этой схеме генератор прямоугольных импульсов собран на логических элементах $D1.1$ и $D1.2$, и цепочке из резистора $R1$ и конденсатора $C1$. Выход генератора напрямую соединен с входом счетчика $D2.1$, генератор не создает дребезга контактов, следовательно, защитных устройств можно не применять. Переключатель $SA2$ применяется для сброса счетчика, переключатель $SA1$ для запуска генератора. Светодиод $HL1$ является индикатором импульсов генератора, а светодиоды $HL2\dots5$ оповещают о количестве импульсов, которые произвел генератор.

Как отмечалось ранее, счетчик через вход CP производит счет импульсов на переходе импульса высокого уровня в низкий уровень, следовательно, в момент выключения светодиода $HL1$ будет происходить запись числа импульсов на счетчике $D2.1$ в двоичной форме и отображаться светодиодами $HL2\dots5$.

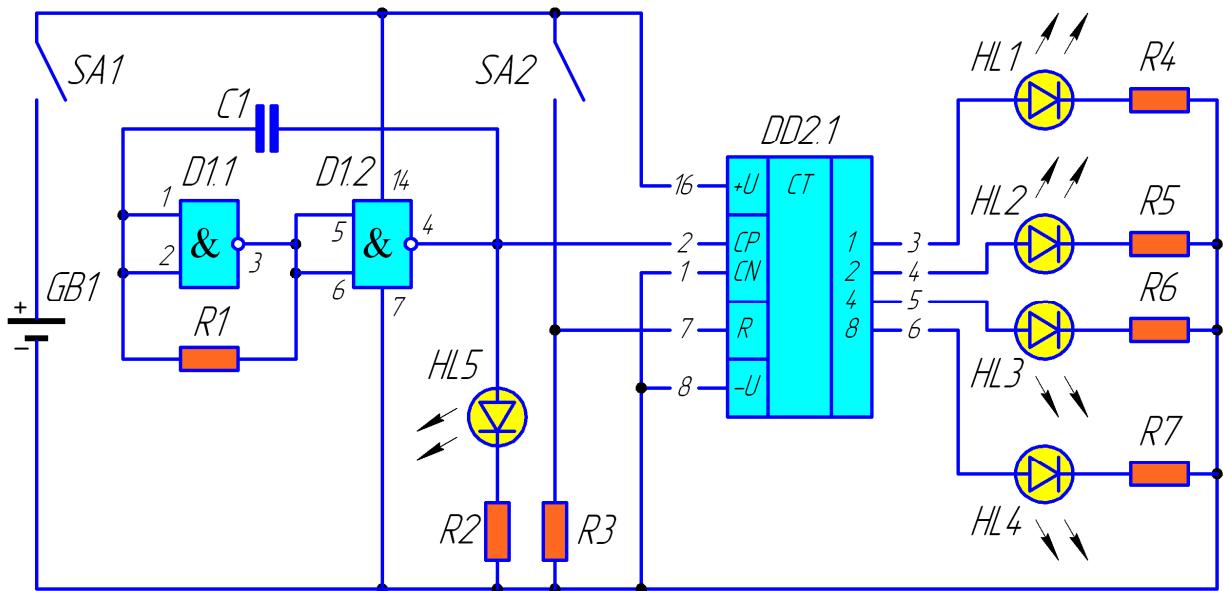


Рисунок 7.4 – Подключение генератора к счетчику импульсов

Счетчик, собранный на микросхеме D2.1 может вести счет до пятнадцати, так как на шестнадцатом импульсе, произведенном генератором, произойдет сброс счетчика.

7.4 Генератор на специализированной микросхеме K1006ВИ1

Микросхема K1006ВИ1 имеет зарубежный аналог NE555N. эта микросхема является аналоговой и может преобразовывать переменный зашумленный сигнал на входе в цифровой сигнал высокого или низкого уровня. На рисунке 7.5а представлен внешний вид микросхемы, а на рисунке 7.5б приведена функциональная структура.

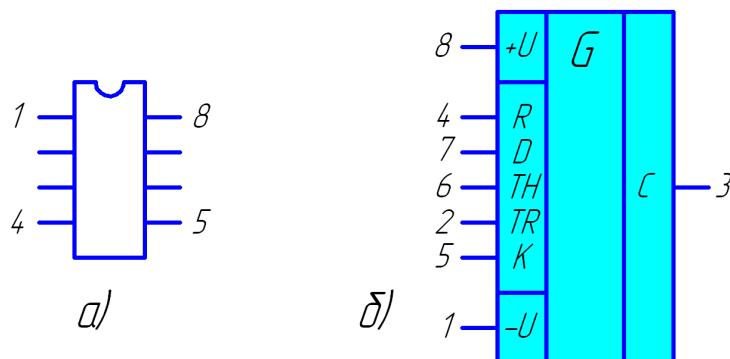


Рисунок 7.5 – Внешний вид и структура микросхемы K1006ВИ1 (NE555N)

Описание входов и выходов микросхемы K561ИЕ10:

+U и -U – контакты питания микросхемы.

C – выход прямоугольных сигналов.

K – вход контроля. Через это вход происходит управление длительностью импульсов на выходе.

R – вход сброса. При подаче на этот вывод сигнала низкого уровня (не более 0,7В) произойдет сброс и на выходе *C* микросхемы установится сигнал низкого уровня. Если режим сброса не предусмотрен, то его подключают к положительному полюсу источника тока.

D – вход разряда. Через этот вход происходит разряд конденсатора во внешней цепи во времязадающей цепочке. Если на выходе *C* высокий уровень сигнала, то конденсатор разряжается, если низкий уровень, то конденсатор заряжается.

TH – вход остановки. При подаче на этот вход сигнала высокого уровня, на выходе *C* установится сигнал низкого уровня. На этот вход можно подавать переменный сигнал.

TR – вход запуска. При подаче на этот вход сигнала низкого уровня, на выходе *C* установится сигнал высокого уровня. На этот вход можно подавать переменный сигнал.

На рисунке 7.6 представлен генератор прямоугольных импульсов собранный на микросхеме K1006ВИ1 (NE555N). Схема состоит из следующих элементов: *GB1* – источник постоянного тока; *SA1* – переключатель; *DA1* – микросхема K1006ВИ1 (NE555N); *C1* – электролитический конденсатор; *C2* – керамический конденсатор; *HL1* и *HL2* – светодиоды; *R1* и *R2* – токоограничительные резисторы; *R3* и *R4* – резисторы.

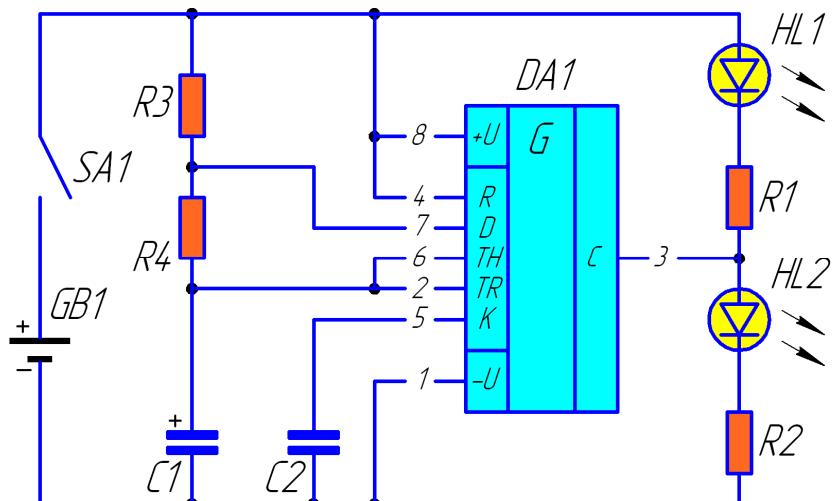


Рисунок 7.6 – Генератор прямоугольных импульсов на микросхеме K1006ВИ1 (NE555N)

Резисторы *R3*, *R4* и конденсатор *C1* составляют времязадающую цепочку, от параметров этих элементов зависит частота и длительность импульсов на выходе *C*.

При замыкании контактов переключателя *SA1* генератор включится и на вход *TR* поступит сигнал низкого уровня, следовательно, на выходе *C* появится

сигнал высокого уровня. В активном состоянии будет находиться светодиод $HL2$, а светодиод $HL1$ будет выключен. Конденсатор $C1$ начнет заряжаться.

Когда конденсатор зарядится, на вход TH поступит сигнал высокого уровня, следовательно, на выходе C появится сигнал низкого уровня. При этом вход D генератора соединится напрямую с отрицательным полюсом источника тока, и конденсатор $C1$ начнет разряжаться через резистор $R4$. В активном состоянии будет находиться светодиод $HL1$, а светодиод $HL2$ будет выключен.

Как только конденсатор разрядится, на вход TR будет подан сигнал низкого уровня, в результате на выходе C вновь появится сигнал высокого уровня. Цикл повторится.

На рисунке 7.7 представлена схема подключения генератора к приемнику прямоугольных сигналов, в качестве которых выступает счетчик импульсов. Схема состоит из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока; $SA1$ и $SA2$ – переключатели; $DA1$ – микросхема K1006ВИ1 (NE555N); $DD2$ – микросхема K561ИЕ8; $C1$ – электролитический конденсатор; $C2$ – керамический конденсатор; $HL1\dots10$ – светодиоды; $R1$ и $R2$ – резисторы; $R3$ – резистор сброса счетчика; $R4$ – токоограничительный резистор.

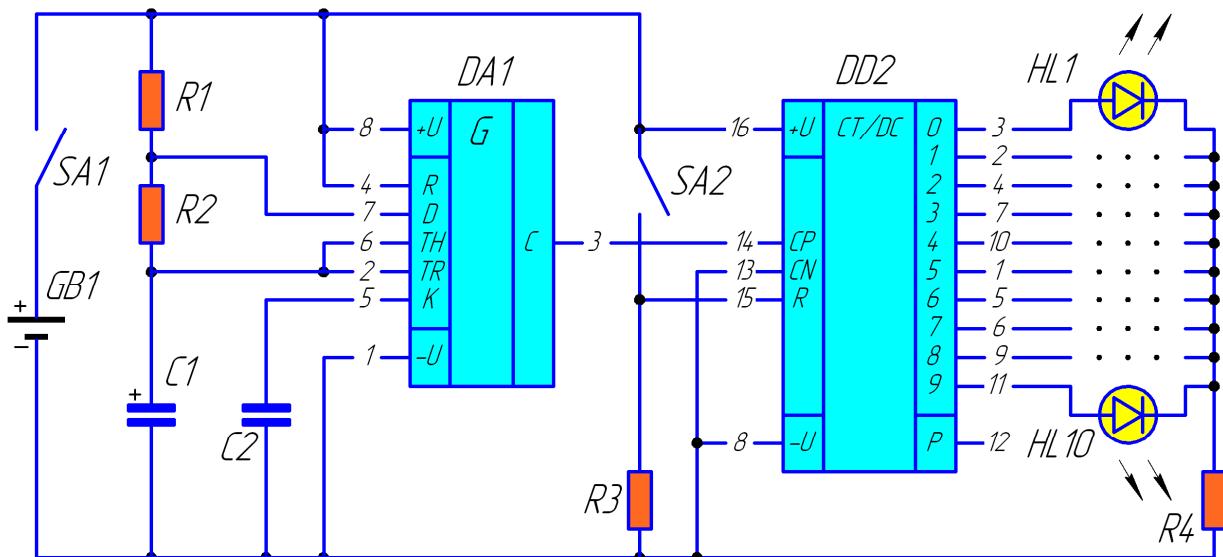


Рисунок 7.7 – Подключение генератора к счетчику импульсов

Резисторы $R1$, $R2$ и конденсатор $C1$ составляют времязадающую цепочку, от параметров этих элементов зависит частота и длительность импульсов на выходе C .

При включении генератора K1006ВИ1 на выходе C появятся прямоугольные импульсы, которые будут поступать на одноименный вход C микросхемы-счетчика K561ИЕ8. На спаде сигнала каждого нового импульса поданного на вход C будет происходить перемещение сигнала высокого уровня с одного выхода на последующий выход, в зависимости от очередности выходов. На выходах 0…9 будет наблюдаться эффект «бегущей волны», то есть

поочередное строго определенное переключение выходов. Индикация переключений будет отображаться светодиодами *HL1...10*.

Если вместо микросхемы К561ИЕ8 подключить счетчик-десифратор и добавить элементы коммутации (биполярные или полевые транзисторы), то можно управлять частотой вращения шаговым двигателем. Так же с помощью генератора импульсов можно управлять сервоприводом, угол поворота которого зависит от продолжительности импульса.

7.5 Контрольные вопросы

- 1) Что такое генератор прямоугольных импульсов?
- 2) С помощью, каких устройств можно создать генератор прямоугольных импульсов?
- 3) Для чего на производстве применяются генераторы прямоугольных импульсов?
- 4) От каких параметров зависит частота и длительность импульсов генератора?
- 5) Как работает генератор импульсов на логических элементах?
- 6) Как работает генератор импульсов на микросхеме К1006ВИ1 (NE555N)?

8 ДРАЙВЕРЫ ДВИГАТЕЛЕЙ

8.1 Общие сведения

Драйвер двигателя – это устройство, которое преобразует сигнал малой мощности, поступающий на вход, в сигнал на выходе, который управляет двигателем.

В автоматизации производства без управления двигателями нельзя добиться выполнение технологических процессов изготовления той или иной детали, так как электродвигатели являются источником движения и перемещения рабочих органов станков в настоящее время.

Существует много самых различных схем для управления электродвигателями постоянного и переменного тока. Они различаются как мощностью, так и элементной базой, на основе которой они выполнены. Сфера, в которой применяется та или иная схема управления диктует комплектацию и надежность данных схем.

Управление любым электродвигателем постоянного или переменного тока заключается в выполнении следующих основных операций:

- 1) включение и выключение двигателя;
- 2) изменение частоты вращение приводного вала двигателя;
- 3) реверсирование или изменение направления вращения двигателя.

Каждая из этих операций требует наличия определенных вспомогательных устройств. Наиболее интересной из этих операций является реверсирование двигателя, так как выполнение первых двух операций не является сложной и не требует наличия, в большинстве случаев, дорогостоящего оборудования.

В автоматизации производства всё чаще применяются двигатели постоянного тока, так как они обеспечивают большой крутящий момент и управление ими не требует наличия специфического оборудования в отличии от двигателей переменного тока.

8.2 Варианты реверсирования двигателей постоянного тока

Для реверсирования двигателя постоянного тока можно применять следующие электрические элементы: переключатели, реле, транзисторы и другие вспомогательные элементы. Рассмотрим каждый из этих способов.

На рисунке 8.1 представлена схема двоичного складывающего счетчика. Схема состоит из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока; $SA1$ – двухпозиционный шестиполюсной переключатель; $M1$ – двигатель постоянного тока с постоянными магнитами в составе индуктора.

Схема представленная на рисунке 8.1 обеспечивает реверс двигателя за счет переключения между выходными контактами переключателя $SA1$. Выходные контакты соединены, так что при переключении полюса источника тока $GB1$ меняются местами и двигатель вращается в противоположную сторону.

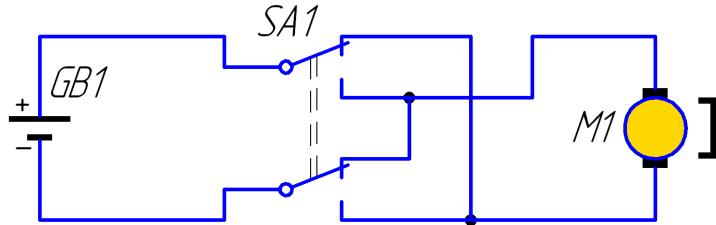


Рисунок 8.1 – Реверсирование с помощью переключателя

Такая схема подходит для управления маломощными двигателями, так как цепь двигателя напрямую проходит через переключатель, которым управляет оператор. Так же такая схема не обеспечивает возможность управления автоматически, управление осуществляется вручную.

Для того чтобы разделить цепь двигателя и управление его реверсом в схему можно включить электромагнитные реле (см. рис. 8.2). Схема состоит из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока; $K1$ и $K2$ – электромагнитные реле; $K1.1$ и $K2.1$ – механические контакты электромагнитных реле; $SB1$ и $SB2$ – кнопочные переключатели; $M1$ – двигатель постоянного тока с постоянными магнитами в составе индуктора.

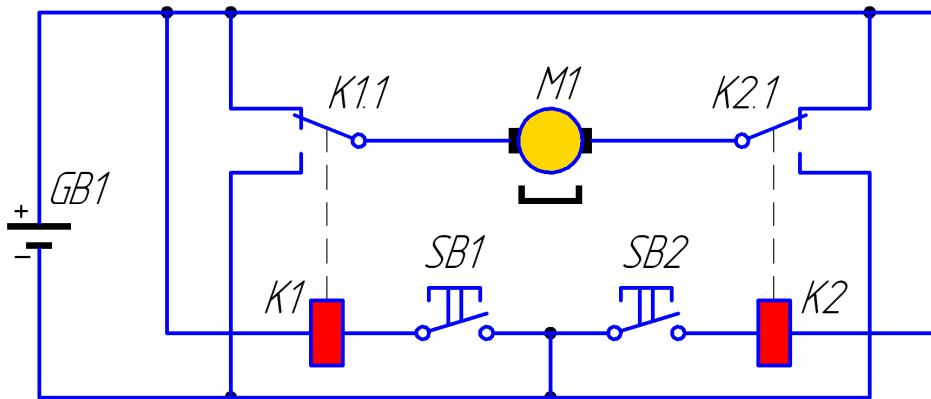


Рисунок 8.2 – Реверсирование с помощью электромагнитного реле

В тот момент, когда ни одна кнопка $SB1$ и $SB2$ не нажата, на реле $K1$ и $K2$ не поступает ток и контакты реле $K1.1$ и $K2.1$ находятся в первичном положении (см. рис. 8.2). В таком положении оба контакта двигателя $M1$ соединяются с положительным полюсом источника тока $GB1$, следовательно, вал двигателя не вращается.

Если нажать на кнопку $SB1$, то через реле $K1$ потечет ток и контакты реле $K1.1$ перейдут в противоположное положение. При этом один контакт

двигателя окажется подключенным к отрицательному полюсу источника тока, а другой будет подключен к положительному полюсу. Такое подключение вызовет вращение вала двигателя M_1 .

Если нажать кнопку SB_2 , а кнопку SB_1 отпустить, то подключение двигателя измениться на противоположное. Это произойдет потому, что полярность подключения двигателя M_1 изменится, и он начнет вращаться в противоположную сторону.

Если одновременно нажать на две кнопки SB_1 и SB_2 , то обе клеммы двигателя M_1 окажутся подключенными к отрицательному полюсу источника тока, следовательно, двигатель вращаться не будет.

Такая схема обеспечивает безопасность оператора, но не позволяет датчикам или электронике напрямую управлять двигателем, так как для управления реле потребуются усилители.

Схема представленная на рисунке 8.3 обеспечивает управление двигателем постоянного тока с помощью полупроводниковых элементов, в данном случае с помощью биполярных транзисторов. Схема состоит из следующих элементов: GB_1 – источник постоянного тока; R_1 и R_2 – токоограничительные резисторы; SB_1 и SB_2 – кнопочные переключатели; $VT_1 \dots 4$ – биполярные резисторы; M_1 – двигатель постоянного тока с постоянными магнитами в составе индуктора.

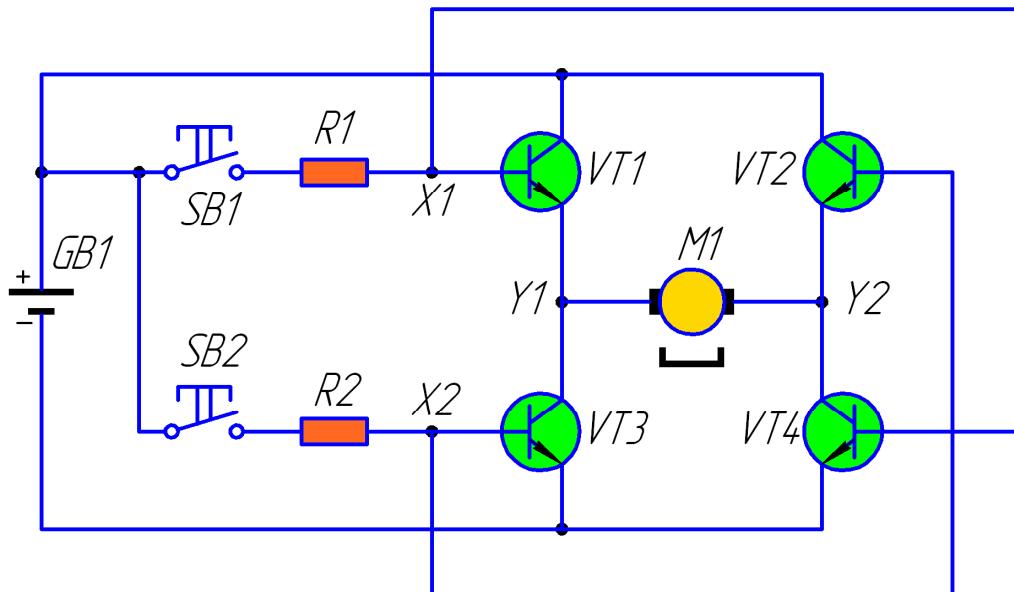


Рисунок 8.3 – Реверсирование с помощью транзисторов

В данной схеме биполярные транзисторы работают в режиме электронного ключа, это значит, что они принимают два вида сигнала (высокого и низкого уровня). Принцип управления двигателем M_1 аналогичен управлению двигателем на рисунке 8.2, только в место контактов реле применяются биполярные транзисторы.

Когда кнопки $SB1$ и $SB2$ не нажаты, то транзисторы находятся $VT1\dots4$ в закрытом состоянии, так как на контакты $X1$ и $X2$ будет поступать сигнал низкого уровня (лог. 1). Транзисторы не будут пропускать через себя ток. Вал двигателя не будет вращаться.

Если нажать кнопку $SB1$, то ток через резистор $R1$ будет поступать на базу транзистора $VT1$ и $VT4$. Эти транзисторы откроются, и через них начнет протекать тока. Контакт $Y1$ окажется подключенным к положительному полюсу, а контакт $Y2$ окажется подключенным к отрицательному полюсу источника тока $GB1$. Вал двигателя начнет вращаться.

Если нажать кнопку $SB1$, то двигатель начнет вращаться в противоположную сторону. В этом случае будет задействована другая пара транзисторов $VT2$ и $VT3$, которые будут находиться в открытом состоянии. Транзисторы $VT1$ и $VT4$ в этом случае будут закрыты.

Вместо биполярных транзисторов могут использоваться полевые транзисторы, которые могут пропустить через себя большой ток и минимальное падение напряжения на себе.

Если вместо кнопок поставить датчики или обеспечит контакт с программируемым контроллером, то такая схема управления двигателем будет работать автоматически. Схема, приведенная на рисунке 8.3, является упрощенным вариантом драйвера двигателей реализуемого на специальных микросхемах.

8.3 Микросхема драйверов двигателя L293D

Микросхема L293D содержит два драйвера, каждый из которых управляет отдельным двигателем. Эта микросхема управляет маломощными двигателями с потреблением тока до 0,6А на каждый двигатель. На рисунке 8.4а представлен внешний вид микросхемы, а на рисунке 8.4б функциональная структура микросхемы L293D.

Описание входов и выходов микросхемы L293D:

$+U$ – контакт питания микросхемы, подключаемый к положительному полюсу источника тока. Напряжение питания составляет 5 В.

$+U_D$ – контакт питания драйверов двигателей, подключаемый к положительному полюсу источника тока.

$+U_S$ – контакт питания двигателей, подключаемый к положительному полюсу источника тока. Напряжение питания составляет 4,5…36 В.

$-U$ – информационные выходы двоичного счетчика. На этих выходах отображается результат счета в четырехразрядной двоичной форме.

$X1$ и $X2$ – информационные входы драйверов. На эти входы подаются сигналы, обеспечивающие включение и реверс двигателей.

$Y1$ и $Y2$ – информационные выходы драйверов. Через эти выходы на двигатели поступает управляющий сигнал.

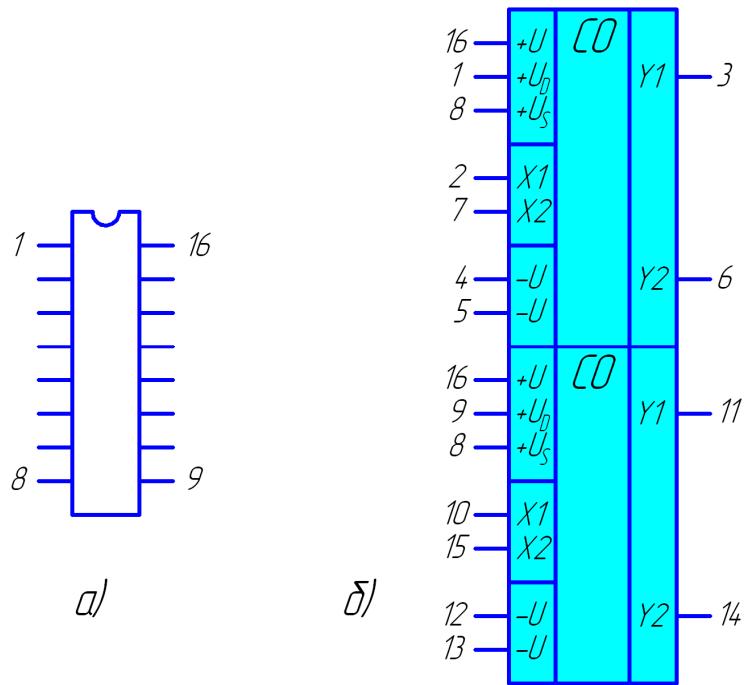


Рисунок 8.4 – Микросхема L293D

Схема подключения одного из сегментов микросхемы драйверов двигателя L293D представлена на рисунке 8.5. Схема состоит из следующих элементов: $GB1$ – источник постоянного тока, питающий микросхему и драйвер; $GB2$ – источник постоянного тока, питающий двигатель; $M1$ – двигатель постоянного тока с постоянными магнитами в составе индуктора; $D1.1$ – сегмент микросхемы L293D; $HL1$ и $HL2$ – светодиоды; $BL1$ и $BL2$ – фототранзисторы; $R1 \dots 4$ – токоограничительные резисторы.

Пара, состоящая из светодиода $HL1$ и фототранзистора $BL1$, образует оптический датчик. Такой же парой является связка светодиода $HL2$ и фототранзистора $BL2$. Этот датчик реагирует на приближающийся объект, если светодиод и фототранзистор расположены под углом друг к другу, и при приближении объекта, отраженный свет падает на фотоэлемент. Так же датчик может реагировать на наличие непрозрачного объекта между светодиодом и фототранзистором, если они направлены друг на друга.

Если на базу фототранзисторов $BL1$ и $BL2$ не попадает свет, то на входы $X1$ и $X2$ подается сигнал низкого уровня (лог. 0). На выходах $Y1$ и $Y2$ в этом случае формируется сигнал низкого уровня, следовательно, вал двигателя не вращается.

Если на базу фототранзистора $BL1$ попадет свет от светодиода $HL1$, то на вход $X1$ поступит сигнал высокого уровня. При этом на базу фототранзистора $BL2$ не должен попадать свет. На выходе $Y1$ сигнал изменится на противоположный, а именно приобретет высокий уровень. Сигнал на выходе

Y_2 останется низкого уровня, следовательно, возникнет разность потенциалов, и вал двигателя начнет вращаться.

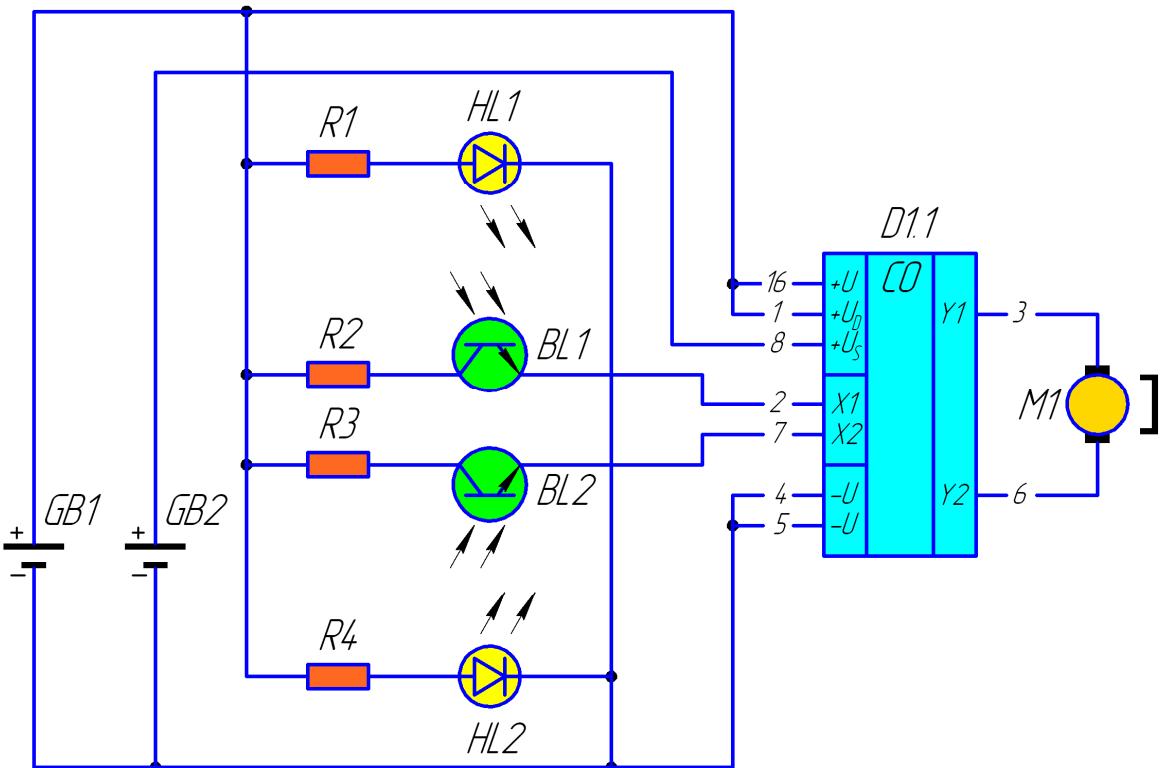


Рисунок 8.5 – Схема подключения микросхемы драйверов двигателя L293D

Если осветить базу фототранзистора BL_2 , а базу фототранзистора BL_1 закрыть от источника света, то двигатель начнет вращаться в противоположную сторону. Это произойдет потому, что на выходе Y_2 будет сигнал высокого уровня, а на выходе Y_1 будет сигнал низкого уровня.

Если задействовать оба драйвера микросхемы L293D, то можно собрать простого робота реагирующего на свет и двигающегося в сторону света. На рисунке 8.6 представлена схема, реализующая данную функцию. Схема состоит из следующих элементов: GB_1 – источник постоянного тока, питающий микросхему и драйверы; GB_2 – источник постоянного тока, питающий двигатели; M_1 и M_2 – двигатели постоянного тока с постоянными магнитами в составе индуктора; D_1 – микросхема L293D; HL_1 и HL_2 – светодиоды; BL_1 и BL_2 – фототранзисторы; $R_1 \dots 4$ – токоограничительные резисторы.

Такая схема обеспечивает движение робота только вперед, так как на входы X_2 обоих драйверов не поступает сигнал и на них сформирован низкий уровень сигнала. На выходе Y_2 каждого драйвера будет низкий уровень сигнала. При этом сигнал на выходе Y_1 может изменяться с низкого уровня на высокий уровень и обратно.

Если на белой поверхности начертить черную линию и датчики BL_1 и BL_2 со светодиодами HL_1 и HL_2 расположить по обе стороны от нее, то такой

робот будет двигаться по линии. Если один из датчиков попадет на черную линию при ее повороте, то один из двигателей остановится и обеспечит поворот всей платформы за счет другого работающего двигателя.

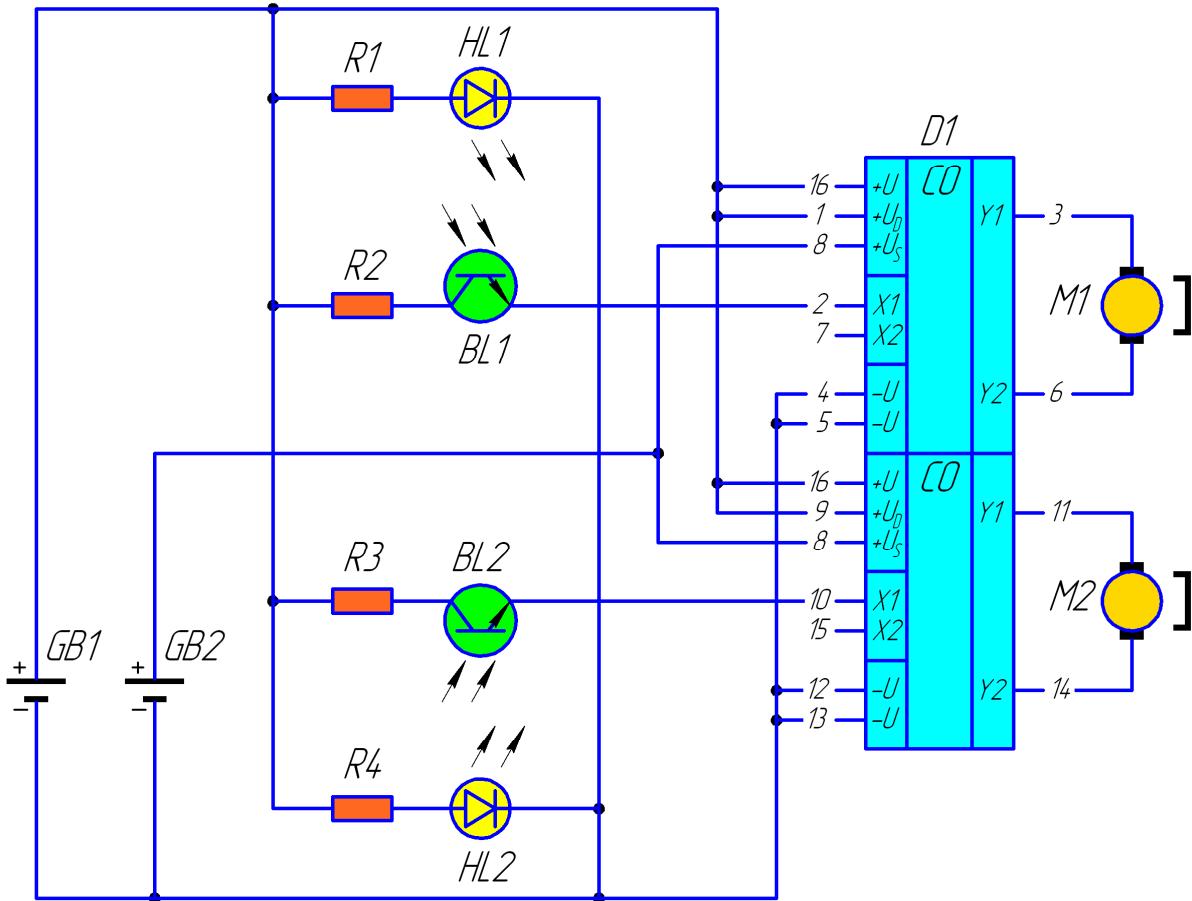


Рисунок 8.6 – схема управления двумя двигателями с помощью микросхемы L293D

Если источники света будут отсутствовать на платформе, а фотоэлементы будут направлены в сторону предполагаемого расположения источника света, то появления света в этой области вызовет поворот платформы и дальнейшее движение робота к ней.

В место оптического датчика может быть использован индуктивный датчик на эффекте Холла. В этом случае платформа будет способна двигаться по магнитной линии встроенной в пол. Магнитная линия может обеспечивать разные направления движения за счет обесточивания некоторых ветвей магнитной сетки. Такой способ направления подвижных платформ реализован на заводе автомобильной компании Volkswagen в городе Дрезден (Германия). Где роботы двигаются по магнитной карте состоящей из 60 000 магнитов, которая встроенной в пол завода.

8.4 Контрольные вопросы

- 1) Что такое драйвер двигателей?

- 2) Какие функции реализовывает драйвер двигателей?
- 3) С помощью, каких устройств можно реверсировать двигатель постоянного тока?
- 4) Как происходит реверсирование двигателя постоянного тока с применением биполярных транзисторов?
- 5) Какая микросхема приводится в качестве примера драйвера двигателей?
- 6) Как осуществляется реверсирование двигателя подключенного к драйверу двигателей?
- 7) Какие виды датчиков могут быть подключены к драйверу двигателей?

9 СЛОВАРЬ

Генераторы прямоугольных импульсов – это такие генераторы, которые на выходе создают сигнал, способный принимать два устойчивых значения высокого и низкого уровня.

Дешифратор – это устройство, которое преобразует двоичный код в выходной информационный сигнал.

Драйвер двигателя – это устройство, которое преобразует сигнал малой мощности, поступающий на вход, в сигнал на выходе, который управляет двигателем.

Дребезг контактов – это явление, которое возникает при размыкании или замыкании контактов переключателей.

Компаратор – это устройство, предназначенное для сравнения двух сигналов.

Микросхема – это устройство, состоящее из электрических элементов электрически соединенных между собой, но имеющих разные функциональные назначения, объединенных под одним неразъемным корпусом.

Микросхема цифровая – это микросхема, которая предназначена для обработки цифрового сигнала. Цифровые микросхемы работают с двоичным кодом.

Микросхемы аналоговые – это микросхемы, которые предназначены для обработки аналогового сигнала.

Мультивибратор – это автогенератор электрических прямоугольных импульсов.

Сигнал – это напряжение, который поступает на вход или снимается с выхода микросхемы.

Сигнал аналоговый – это сигнал, который непрерывно изменяется во времени и имеет широкий диапазон своего изменения.

Сигнал высокого уровня – это сигнал, величина напряжения, которого близка к напряжению питания микросхемы.

Сигнал низкого уровня – это сигнал, величина напряжения которого близка и ровна нулю.

Сигнал цифровой – это сигнал, который может принимать одно из устойчивых состояний: высокий или низкий уровень сигнала.

Счетчик (электронный) – это электронное устройство, которое предназначено для определения количества импульсов поданных на вход и преобразования его в двоичный код на выходе.

Счетчик вычитающий (таймер) – это счетчик, который вычитает единичный импульс, поданный на вход, из предыдущего числа импульсов, заданных или оставшихся импульсов.

Счетчик складывающий – это счетчик, который прибавляет единичный импульс, поданный на вход, к предыдущему количеству импульсов, поданных ранее.

Триггер – это устройство, которое может долго находиться в одном из двух состояний устойчивого равновесия и скачкообразно переходить из одного состояния в другое по сигналу извне.

Триггер-D – это триггер с одним информационным входом, и одним входом синхронизации.

Триггер-RS – это триггер с раздельной установкой высокого и низкого уровня сигнала на выходе.

Усилитель операционный – это усилитель постоянного тока с двумя входами и одним выходом и обладающий коэффициентом усиления, стремящимся к бесконечности.

Шифратор – это устройство, которое преобразует входной информационный сигнал в двоичный код.

Элемент логический – это такой элемент, который может выполнять одну из функций алгебры логики с использованием двоичного кода.