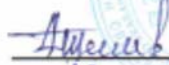


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный  
университет им. Х.М. Бербекова»  
(КБГУ)

Институт электроники, робототехники и искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП

 Р.Ш. Тешев  
«12» февраля 2025 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

---

**Б1.О.26.01. СХЕМОТЕХНИКА ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ**

Специальность

**11.05.01 Радиозлектронные системы и комплексы**

Специализация

**Радиозлектронные системы передачи информации**

Квалификация выпускника

**Инженер**

Форма обучения

**очная**

Форма обучения

**Очная**

Нальчик 2025

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

*Таблица 1*

<b>Код и формулировка компетенции</b>	<b>Индикаторы достижения</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУН)</b>
<p><b>ПК-2.</b> Способен использовать контрольно-измерительную технику и работать с конструкторской, технической, эксплуатационной документацией.</p>	<p><b>ПК-2.1.</b> Способен работать с конструкторской, технической, эксплуатационной документацией по обслуживанию радиоэлектронных систем. <b>ПК-2.2.</b> Способен использовать возможности контрольно-измерительной аппаратуры и методы обработки результатов измерений. <b>ПК-2.3</b> Способен применять современные пакеты прикладных программ для обработки результатов.</p>	<p><b>Знать</b> способы работы с конструкторской, технической, эксплуатационной документацией по обслуживанию радиоэлектронных систем. <b>Уметь</b> использовать возможности контрольно-измерительной аппаратуры и методы обработки результатов измерений. <b>Владеть</b> способами применения современных пакетов прикладных программ для обработки результатов.</p>
<p><b>ПК-3.</b> Способен к проведению диагностики и проверки на работоспособность при эксплуатации составных частей радио-электронных систем и комплексов</p>	<p><b>ПК-3.1</b> Способен составлять алгоритм проведения диагностических операций, оценивать точность и достоверность результатов <b>ПК-3.2</b> Способен диагностировать и оценивать техническое состояние радиоэлектронных устройств и составных частей радиоэлектронных систем и комплексов. <b>ПК-3.3</b> Способен использовать необходимые виды и формы эксплуатационной документации для представления результатов диагностики.</p>	<p><b>Знать</b> Способы составления алгоритмов проведения диагностических операций, оценивать точность и достоверность результатов <b>Уметь</b> диагностировать и оценивать техническое состояние радиоэлектронных устройств и составных частей радиоэлектронных систем и комплексов. <b>Владеть</b> способами использования необходимых видов и форм эксплуатационной документации для представления результатов диагностики.</p>

## **2 Шкала оценивания планируемых результатов обучения**

### **2.1 Текущий контроль**

Оценка результатов текущей успеваемости в рамках контрольных точек осуществляется посредством 70-балльной системы, при этом за добросовестное посещение занятий обучающийся может набрать до 10 баллов, за качественное прохождение оценочных мероприятий - до 60 баллов.

**Таблица 2**

**Карта распределения рейтинговых баллов в рамках текущего контроля в 6 семестре**

№	Оценочное средство	Форма проведения	Порядок проведения	Максимальное количество баллов	Критерии оценивания
1	Лабораторная работа №1 «Изучение способов задания логических уровней, сигналов и их индикации».	смешанная	Работа включает в себя комплекс заданий, выполняется студентами попарно.	2	2 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
2	Лабораторная работа №2 «Изучение основных и базовых логических элементов».	смешанная	Работа включает в себя комплекс заданий, выполняется индивидуально	2	2 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
3	Лабораторная работа №3 «Изучение мультиплексоров»	смешанная	Работа включает в себя комплекс заданий, выполняется индивидуально	3	3- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 2 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно

4	Лабораторная работа №4 «Изучение дешифратора и преобразователя двоичного кода в десятичный».	смешанная	Работа включает в себя комплекс заданий, выполняется индивидуально.	3	3- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 2 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
5	Лабораторная работа №5 «Изучение асинхронного триггера, синхронного двухтактного триггера».	смешанная	Работа включает в себя комплекс заданий, выполняется индивидуально.	3	3- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 2 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно

6	Лабораторная работа №6 «Изучение асинхронного счетчика и синхронного реверсивного счетчика».	смешанная	Работа включает в себя комплекс заданий, выполняется индивидуально.	3	3- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 2 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
7	Лабораторная работа №7 «Изучение параллельного, последовательного и универсального регистров».	смешанная	Работа включает в себя комплекс заданий, выполняется индивидуально.	3	3- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 2 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно

8	Лабораторная работа №8 «Изучение одноразрядного и четырехразрядного ОЗУ, ПЗУ».	смешанная	Работа включает в себя комплекс заданий, выполняется индивидуально.	3	3- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 2 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
9	Лабораторная работа №9 «Изучение одновибратора, таймера в режиме ждущего одновибратора».	смешанная	Работа включает в себя комплекс заданий, выполняется индивидуально.	3	3- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 2 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно

1 0	Лабораторная работа №10 «Изучение мультивибратора на основе одновибраторов, таймера».	смешанная	Работа включает в себя комплекс заданий, выполняется индивидуально.	3	3- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 2 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
	Лабораторная работа №10 «Изучение мультивибратора на основе одновибраторов, таймера»	смешанная	Работа включает в себя комплекс заданий, выполняется индивидуально.	3	3- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 2 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно

	Лабораторная работа №11 «Изучение ЦАП на основе матрицы»	смешанная	Работа включает в себя комплекс заданий, выполняется индивидуально	3	3- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 2 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
	Лабораторная работа №12 «Изучение параллельного АЦП и схемы выборки-хранения»	смешанная	Работа включает в себя комплекс заданий, выполняется индивидуально	3	3- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 2 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно

	Лабораторная работа №13 «Изучение сумматоров, цифрового компаратора и схемы контроля четности»	смешанная	Работа включает в себя комплекс заданий, выполняется индивидуально.	3	3- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 2 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
	Лабораторная работа №14 «Изучение принципов построения и схемотехники элементов ТТЛ»	смешанная	Работа включает в себя комплекс заданий, выполняется индивидуально.	3	3- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 2 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
1 1	Тесты по 1 контрольной точке	с применением ДТ	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС.	5	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
1 2	Тесты по 2 контрольной точке	с применением ДТ	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС.	5	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов

1 4	Коллоквиум по 1 контрольной точке	письменная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума	5	5– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична; 4 – ответы в основном правильные, но содержат незначительные ошибки; 3- ответы недостаточно полные; 2 – ответы частичные, содержат ошибки или требуют наводящих вопросов; 1-ответы не на все вопросы, частичные. 0 – ответы отсутствуют или полностью неверные.
--------	-----------------------------------	------------	--	---	---

	Коллоквиум по 2 контрольной точке	письменная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума	5	5– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична; 4 – ответы в основном правильные, но содержат незначительные ошибки; 3- ответы недостаточно полные; 2 – ответы частичные, содержат ошибки или требуют наводящих вопросов; 1-ответы не на все вопросы, частичные. 0 – ответы отсутствуют или полностью неверные.
	<b>Итого:</b>			<b>60</b>	

**Карта распределения рейтинговых баллов в рамках промежуточной аттестации**

<b>№</b>	<b>Оценочное средство</b>	<b>Форма проведения</b>	<b>Порядок проведения</b>	<b>Максимальное количество баллов</b>	<b>Критерии оценивания</b>
----------	---------------------------	-------------------------	---------------------------	---------------------------------------	----------------------------

1	Экзаменационный билет	Устный опрос	Билет содержит 3 теоретических вопроса. На теоретические вопросы студент должен ответить устно.	Теоретические вопросы – 30 баллов.	<p><b><u>Критерии оценивания теоретических вопросов:</u></b></p> <p>25 до 30 баллов: Глубокий уровень владения материалом, точное знание ключевых концепций, способность анализировать и интерпретировать факты, грамотно строить высказывания, привести примеры, свободно оперировать терминологией.</p> <p>От 19 до 24 баллов: Базовое владение предметом, умение последовательно раскрыть основную мысль вопроса, грамотное применение терминов, наличие существенных элементов анализа и обобщений, но недостаточное развертывание или отдельные неточности.</p> <p>От 13 до 18 баллов: Частичное освоение материала, попытка объяснить основной смысл вопроса, использование некоторых базовых терминов, но отсутствие глубокого понимания сложных моментов, логические недостатки изложения,</p>
---	-----------------------	--------------	---	------------------------------------	--

					отсутствие выводов. От 7 до 12 баллов: Ошибочные представления, слабо выраженное владение основными понятиями, значительные затруднения в интерпретации вопросов, существенные фактологические ошибки, отсутствие обоснованных выводов и примеров. От 0 до 6 баллов: Полное непонимание темы, неспособность сформулировать адекватный ответ, грубые ошибки, несоответствие требованиям задания.
--	--	--	--	--	--

### 3. Оценочные материалы для текущего и промежуточного контроля успеваемости

#### 3.1. Оценочные материалы для текущего контроля

#### Лабораторная работа №1

##### Изучение способов задания логических уровней, сигналов и их индикации

1. Изучить теоретический материал, достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы, привести схему лабораторной работы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Согласно указанного рисунка выполнить электрические соединения модулей для изучения способа задания логических уровней. После проверки правильности соединений схемы включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть» модуля «Модуль питания и измерений», включить переключатель питания модуля «Задание сигналов и логические элементы».

3. Изменяя положение тумблера (положение 1 и 0) заносить значения напряжения  $U_{\text{вых}}$  в табл. 1.

Таблица 1

Тумблер SA1	
Положение тумблера	$U_{\text{вых}}$ , В
1	
0	

4. Повторить работы для других тумблеров SA2...SA10 (по указанию преподавателя).
5. Согласно рисунку выполнить электрические соединения модулей для изучения способа задания логического сигнала при помощи схемы формирования импульсов «без дребезга». После проверки правильности соединений схемы преподавателем включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть» модуля «Модуль питания и измерений», включить переключатель питания модуля «Задание сигналов и логические элементы». Нажимая на кнопку SB1 заносить значение напряжения  $U_{\text{вых}}$  в таблицу. Повторить работы для других кнопок SB2...SB4 (по указанию преподавателя). Сделать вывод о способах задания логических уровней и логических сигналов.

### **Контрольные вопросы**

1. Приведите определение логической переменной. Какие значения она может принимать?
2. Что общего и каковы различия статического и импульсного способов задания логического нуля и логической единицы?

## **Лабораторная работа №2**

### Изучение основных и базовых логических элементов

1. Согласно рисунку выполнить электрические соединения модулей для изучения передаточной характеристики логического элемента И. После проверки правильности соединений схемы преподавателем включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть» модуля «Модуль питания и измерений», включить переключатель питания модуля «Задание сигналов и логические элементы». Установить ручку регулировки изменяемого сопротивления нагрузки  $R_H$  в положение максимального значения сопротивления. Тумблер SA1 переключить в положение «1».

2. Изменяя входное напряжение  $U_{\text{вх}}$  от 0 В до +5 В, заносить значения входного  $U_{\text{вх}}$  (PV1) и выходного  $U_{\text{вых}}$  (PV2) напряжений в табл. 1. Провести не менее 10 измерений.

Таблица 1

$U_{\text{вх}}, \text{В}$	$U_{\text{вых}}, \text{В}$
0	
...	
5	

3. Используя данные табл. 1, построить амплитудно-передаточную характеристику логического элемента И. Повторить работы для других логических элементов.

4. Согласно рисунку выполнить электрические соединения модулей для изучения входной характеристики логического элемента И. После проверки правильности соединений схемы преподавателем включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть» модуля «Модуль питания и измерений», включить переключатель питания модуля «Задание сигналов и логические элементы». Установить ручку регулировки изменяемого сопротивления нагрузки  $R_H$  в положение максимального значения сопротивления. Изменяя входное напряжение  $U_{\text{вх}}$  от 0 В до +5 В, заносить значения входного  $U_{\text{вх}}$  (PVI) напряжения и тока  $I_{\text{вх}}$  (PA1) в табл. 2 Провести не менее 10 измерений. Используя данные табл. 2 построить входную характеристику логического элемента И. Повторить работы для других логических элементов.

Таблица 2.

$I_{\text{вх}}, \text{А}$	$U_{\text{вых}}, \text{В}$
$I_1$	
...	
$I_n$	

Задавая различные комбинации входных логических переменных X1 и X1, X3 и X4 контролировать выходной сигнал Y при помощи светодиода на выходе буферного элемента. Заполнить таблицу истинности схемного И (табл. 3).

Таблица 3.

Схемное И	X1	X2	X3	X4	Y
	0	0	0	0	
	0	0	0	1	
	0	0	1	0	
	0	0	1	1	
	0	1	0	0	
	0	1	0	1	
	0	1	1	0	
	0	1	1	1	
	1	0	0	0	
	1	0	0	1	
	1	0	1	0	
	1	0	1	1	
	1	1	0	0	
	1	1	0	1	
	1	1	1	0	
	1	1	1	1	

Сравнить амплитудно-передаточные, входные и выходные характеристики, таблицы истинности различных логических элементов, привести временные диаграммы, сделать вывод. Сравнить экспериментальные и справочные таблицы истинности, сделать вывод.

### ***Контрольные вопросы***

1. Приведите определение логической переменной и логического сигнала. 2. Какие значения они могут принимать?
3. Приведите определение и пример таблицы истинности.
4. Какие логические элементы являются базовыми?
5. Приведите основные операции булевой алгебры. Приведите способы задания логической функции.
6. Приведите УГО базовых логических элементов.
7. Приведите методику построения схемы логического устройства при помощи логической функции.
8. Приведите классификацию логических устройств по принципу действия.
9. Приведите динамические параметры логических элементов.

### **Лабораторная работа №3 Изучение мультиплексоров**

1. Выполнить электрические соединения модулей для изучения мультиплексора типа 74НС153N. После проверки правильности соединений схемы преподавателем включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть» модуля «Модуль питания и измерений», включить переключатели питания соответствующих модулей.

Состояния выходов  $Y_A$  и  $Y_B$  контролировать при помощи светодиодов на выходе буферных элементов. Для задания логических уровней на входах разрешения  $\overline{E_A}$  и  $\overline{E_B}$  соединять соответствующие выводы с выходом +5В (логическая 1) или общим выводом (логический 0) модуля «Модуль питания». Задавая различные комбинации логических уровней на входах данных  $I_{1A}$ — $I_{4A}$ ,  $I_{1B}$ — $I_{4B}$ , адресных  $S_0$ ,  $S_1$  и разрешения  $\overline{E_A}$ ,  $\overline{E_B}$  заполнить таблицу истинности мультиплексора типа 74НС153N(табл. 1)

Таблица 1

Выбор входа		Вход данных					Выход $Y$
S0	S1	$E$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	

3. Выполнить электрические соединения модулей для изучения мультиплексора типа 74НС151N. После проверки правильности соединений схемы преподавателем включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть» модуля «Модуль питания и измерений», включить переключатели питания соответствующих модулей.

Состояния выходов  $\bar{Y}$  и  $Y$  контролировать при помощи светодиодов на выходе буферных элементов. Для задания логических уровней на адресном входе S2 и входе разрешения  $\bar{E}$  соединять соответствующие выводы с выходом +5В (логическая 1) или общим выводом (логический 0) модуля «Модуль питания». Задавая различные комбинации логических уровней на входах данных  $I_1...I_8$ , адресных S0...S2 и разрешения  $\bar{E}$ , заполнить таблицу истинности мультиплексора типа 74НС151N (табл. 2). После оформления черновика и проверки результатов преподавателем необходимо выключить питание комплекта, предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю. Сравнить экспериментальные и справочные таблицы истинности, привести временные диаграммы, сделать вывод.

Таблица 2.

Выбор			Разрешение $\bar{E}$	Выход	
S2	S1	S0		$Y$	$\bar{Y}$

**Контрольные вопросы**

1. Приведите определение мультиплексора?
2. Приведите УГО мультиплексоров, используемых в лабораторной работе.
3. Укажите область применения мультиплексоров.
4. Назначение входов разрешения мультиплексоров.

#### Лабораторная работа №4

##### Изучение дешифратора и преобразователя двоичного кода в десятичный

Выполнить электрические соединения модулей для изучения дешифратора типа 74LS145N. После проверки правильности соединений схемы преподавателем включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть», включить переключатели питания соответствующих модулей. Состояния выходов a, b, c, d, e, f, g контролировать при помощи семисегментного индикатора на выходе дешифратора, свечение сегментов индикатора соответствует наличию низкого уровня (логического 0) на соответствующих выходах дешифратора. Задавая различные комбинации логических уровней на входах 1, 2, 4, 8,  $\overline{KI}$ ,  $\overline{G0}$  заполнить таблицу истинности мультиплексора типа 74LS247N, в графу «индикация» заносить символ, соответствующий входному двоичному коду, отображаемый на индикаторе. Сравнить экспериментальные и справочные таблицы истинности, привести временные диаграммы, сделать вывод.

##### Контрольные вопросы

1. Приведите определение дешифратора.
2. Приведите УГО изучаемых дешифраторов.
3. В чём основное отличие между дешифраторами типа 74LS5145N и 74LS247N?

#### Лабораторная работа №5

##### Изучение асинхронного триггера, синхронного двухтактного триггера

Выполнить электрические соединения модулей для изучения работы асинхронного RS-триггера. После проверки правильности соединений схемы преподавателем включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть» модуля «Модуль питания и измерений», включить переключатели питания соответствующих модулей.

Состояния выходов Q и  $\overline{Q}$  триггера контролировать при помощи светодиодов на выходе буферных элементов. Задавая различные комбинации логических уровней на входах  $\overline{S}$  и  $\overline{R}$  заполнить таблицу режимов работы асинхронного RS-триггера (табл. 1).

Таблица 1.

Вход		Выход		Режим работы
$\overline{S}$	$\overline{R}$	Q	$\overline{Q}$	
0	0			
1	0			
0	1			
1	1			

Состояния выходов Q и  $\overline{Q}$  триггера контролировать при помощи светодиодов на выходе буферных элементов. Задавая различные комбинации логических уровней на входах S, R и подавая тактовые импульсы на вход C заполнить таблицу режимов работы синхронного RS-триггера.

Аналогично изучить работу D-триггера, JK-триггера, T-триггера. Сравнить экспериментальные и справочные таблицы режимов работы триггеров, привести временные диаграммы, сделать вывод.

#### Лабораторная работа №6

##### Изучение асинхронного счетчика и синхронного реверсивного счетчика

Выполнить электрические соединения модулей для изучения асинхронного счетчика, реализованного на одноктактных триггерах. После проверки правильности соединений схемы преподавателем включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть» модуля «Модуль питания и измерений», включить переключатели питания соответствующих модулей. Состояния выходов Q0...Q3 контролировать при помощи светодиодов на выходе буферных элементов. Подавая тактовые импульсы на вход С и задавая логические уровни на входе  $\bar{R}$  заполнить таблицу последовательности двоичного счета асинхронного счетчика, реализованного на одноктактных триггерах (табл. 1).

Таблица 1

В х о д	$C$												
	$\bar{R}$												
В ы х о д	$Q0$												
	$Q1$												
	$Q2$												
	$Q3$												

Выполнить электрические соединения модулей для изучения четырехразрядного двоично-десятичного реверсивного счетчика типа 74НС192Е.

Задавая различные комбинации логических уровней на входах D0...D3, R,  $\bar{PE}$  счетчика и подавая тактовые импульсы на входы +1, -1 заполнить таблицу режимов работы четырехразрядного двоично-десятичного реверсивного счетчика типа 74НС192Е (табл. 2). Обратите внимание, по какому перепаду тактового импульса происходит изменение состояния счетчика.

Таблица 2

Режим	Вход								Выход					
	R	$\bar{PE}$	+1	-1	D0	D1	D2	D3	1	2	4	8	$\geq 9$	$\leq 0$

Сравнить экспериментальные и справочные таблицы режимов работы асинхронного и реверсивного счетчиков, привести временные диаграммы, сделать вывод.

### **Контрольные вопросы**

1. Приведите определение двоичного счетчика.
2. К какому виду логических устройств относятся счетчики?
3. Приведите основные параметры и признаки классификации счетчиков.
4. Какие операции могут выполнять счетчики?

## **Лабораторная работа №7**

### **Изучение параллельного, последовательного и универсального регистров**

Выполнить электрические соединения модулей для изучения параллельного регистра типа 74НС374N. После проверки правильности соединений схемы преподавателем включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть» модуля «Модуль питания и измерений», включить переключатели питания соответствующих модулей.

Состояния выходов Q0... Q3 контролировать при помощи светодиодов на выходе буферных элементов. Задавая различные комбинации логических уровней на входах D0...D3,  $\overline{E0}$  регистра и подавая тактовые импульсы на вход С, заполнить таблицу режимов работы регистра типа 74НС374N (табл. 1).

Таблица 1

Режим	Вход						Выход			
	$\overline{E0}$	С	D0	D1	D2	D3	Q0	Q1	Q2	Q3

Задавая различные комбинации логических уровней на входах D0...D3, S0, S1, DR, DL,  $\overline{R}$  регистра и подавая тактовые импульсы на вход С, заполнить таблицу режимов работы сдвигового регистра типа 74НСТ194Е (табл.2).

Таблица 2

Режим	Вход							Выход			
	С	$\overline{R}$	S1	S0	DR	DL	D <sub>n</sub>	Q0	Q1	Q2	Q3

Сравнить экспериментальные (и справочные таблицы режимов работы параллельного и сдвигового регистров, привести временные диаграммы, сделать вывод.

### **Контрольные вопросы**

1. К какому виду логических устройств относятся регистры.
2. Приведите определение двоичного регистра.
3. Какие операции могут выполнять регистры.
4. Приведите классификацию регистров по способу приема информации.
5. Приведите логические схемы и условные обозначения параллельного и сдвигающего регистров.

### **Лабораторная работа №8**

#### **Изучение одноразрядного и четырехразрядного ОЗУ, ПЗУ**

Выполнить электрические соединения модулей для изучения одноразрядного ОЗУ типа К155РУ5. После проверки правильности соединений схемы преподавателем включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть» модуля «Модуль питания и измерений», включить переключатели питания соответствующих модулей. Состояния выхода D0 контролировать при помощи светодиода на выходе буферного элемента. Для задания логических уровней на входах  $\overline{CS1}$ ,  $\overline{CS2}$ , CS3 соединять соответствующие выводы с выходом +5В (логическая 1) или общим выводом (логический 0) модуля «Модуль питания». Задавая различные комбинации логических уровней на входах A0...A3, B0...B3,  $\overline{CS1}$ ,  $\overline{CS2}$ , CS3,  $\overline{WE}$ , D<sub>вх</sub> одноразрядного ОЗУ, заполнить таблицу режимов работы одноразрядного ОЗУ типа К155РУ5.

Таблица 1

Вход				Выход	Режим работы
$\overline{CS1}$	$\overline{CS2}$	CS3	$\overline{WE}$	D <sub>вх</sub>	
				D0	

Выполнить электрические соединения модулей для изучения ОЗУ типа K155PY2. После проверки правильности соединений схемы преподавателем включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть» модуля «Модуль питания и измерений», включить переключатели питания соответствующих модулей. Состояния выходов  $\overline{Q0} \dots \overline{Q3}$  контролировать при помощи светодиодов на выходе буферных элементов. Задавая различные комбинации логических уровней на входах A0..A3, D0...D3,  $\overline{CS}$ , и  $\overline{WE}$  ОЗУ, заполнить таблицу режимов работы ОЗУ типа K155PY2 (табл. 2).

Таблица 2

Режимы работы	Вход			Выход
	$\overline{CS}$	$\overline{WE}$	D <sub>n</sub>	$\overline{Q}_n$

Сравнить экспериментальные и справочные таблицы режимов работы, памяти ЗУ, сделать вывод.

### Контрольные вопросы

1. Приведите основные типы запоминающих устройств.
2. Приведите определение ОЗУ, ПЗУ.
3. Приведите параметры ЗУ.
4. Приведите определение масочного ПЗУ.
5. Приведите УГО запоминающих устройств различных типов.

## Лабораторная работа №9

### Изучение одновибратора, таймера в режиме ждущего одновибратора

Выполнить электрические соединения модулей для изучения одновибратора типа 74LS123N.

Состояния выходов Q и  $\overline{Q}$  контролировать при помощи светодиодов на выходе буферных элементов. Задавая различные комбинации логических уровней на входах  $\overline{A}$ , B и  $\overline{R}$  одновибратора, заполнить графу «Выход» (Q и  $\overline{Q}$ ) таблицы режимов работы одновибратора типа 74LS123N. Переменный резистор R1 установить в минимальное положение (ручку регулировки повернуть влево до упора). В минимальном положении сопротивление  $R_{1\text{мин}} = 390 \text{ Ом}$ . Измерить внешним секундомером или внешним осциллографом длительность выходного импульса  $t_{\text{эсп}}$ . Рассчитать длительность выходного импульса  $t_{\text{расч}}$  по формуле:  $t_{\text{расч}} = 0,45R1C1$ , где  $t_{\text{расч}}$  – длительность импульса, с;  $C1 = 100 \text{ мкФ}$ .

Таблица 1.

R <sub>t</sub>	Вывод 2 «Запуск»	Вывод 3 «Выход»	t <sub>эсп,С</sub>	t <sub>расч,С</sub>
R1	1/0			
	0			
	1			
R2	1/0			
	0			
	1			
...	...			
R1  R2  R3	1/0			
	0			
	1			

Сравнить экспериментальную и справочную таблицы режимов работы одновибратора типа 74LS123N, привести временные диаграммы. Сравнить экспериментальные t<sub>эсп</sub> и расчетные t<sub>расч</sub> длительности импульса одновибратора, сделать вывод. Сравнить экспериментальные t<sub>эсп</sub> и расчетные t<sub>расч</sub> длительности импульса таймера в режиме ждущего одновибратора сделать вывод.

### **Контрольные вопросы**

1. Приведите определение одновибратора.
2. Приведите основное отличие одновибратора от мультивибратора?
3. Приведите формулу расчета длительности выходного импульса ждущего одновибратора типа 74LSX23N.
4. Как получить различные скважности импульсных сигналов на выходе таймера?
5. Приведите определение коэффициента заполнения (скважности) импульсов.

## **Лабораторная работа №10**

### **Изучение мультивибратора на основе одновибраторов, таймера**

Выполнить электрические соединения модулей для изучения генератора на основе таймера. После проверки правильности соединений схемы преподавателем включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть» модуля «Модуль питания и измерений», включить переключатели питания соответствующих модулей. Состояния выхода 3 контролировать при помощи светодиода на выходе буферного элемента. Переменный резистор R1 установить в минимальное положение (ручку регулировки повернуть влево до упора). В минимальном положении сопротивление R1<sub>мин</sub> = 15кОм. Измерить внешним секундомером частоту f<sub>эсп</sub> выходного сигнала. При измерении f<sub>эсп</sub> секундомером вести счет количества и импульсов на выходе генератора в течение 60 секунд, занести значение n в табл. 10.2. Определить частоту f<sub>эсп</sub> =  $\frac{n}{60}$ , значение f<sub>эсп</sub> занести в табл. 1.

Таблица 1

R1	n	f <sub>эсп, Гц</sub>	t <sub>и, с</sub>	t <sub>п, с</sub>	f <sub>эсп2, Гц</sub>	f <sub>расч, Гц</sub>
15 кОм						
26 кОм						
37 кОм						

Внешним осциллографом измерить длительность импульса t<sub>и</sub> и длительность паузы t<sub>п</sub> импульсного сигнала на выходе генератора. Используя данные табл. 10.2 рассчитать частоту f<sub>эсп</sub> согласно выражению:

$$f_{\text{эсп2}} = \frac{1}{t_{\text{и}} + t_{\text{п}}}$$

Рассчитать частоту f<sub>расч</sub> выходного сигнала для значений сопротивления переменного резистора R1, приведенных в табл. 10.2, согласно выражению:

$$f_{\text{расч}} = \frac{1,44}{(R2 + 2R1)C}$$

где  $R_2 = 1 \text{ кОм}$ ,  $C = 20 \text{ мкФ}$ .

Сравнить экспериментальные и справочные таблицы режимов работы схемы мультивибратора на основе двух одновибраторов, включенных по кольцевой схеме, и генератора на основе таймера. Сравнить экспериментальные  $f_{\text{эксп}}$  и расчетные  $f_{\text{расч}}$  длительности импульса генератора, сделать вывод.

#### Контрольные вопросы

1. Приведите определение мультивибратора.
2. Поясните принцип работы мультивибратора.
3. Приведите формулу расчета частоты выходного сигнала генератора на основе таймера?
4. Какие существуют принципиальные отличия между схемами автоколебательных и ждущих мультивибраторов?
5. Какую роль в схемах мультивибраторов выполняют конденсаторы?

### Лабораторная работа №11

#### Изучение ЦАП на основе матрицы

Выполнить электрические соединения модулей для изучения ЦАП на основе матрицы R-2R. Рассчитать значения выходного напряжения  $U_{\text{расч}}$  при различных комбинациях тумблеров SA1...SA4 используя формулы:

$$U_{\text{расч}} = \frac{U_{\text{оп}} \cdot D}{16},$$

$$D = p_1 + 2p_2 + 8p_4,$$

где  $D$  – десятичное значение комбинации тумблеров;  $p_1$  – значение 1 или 0, при соответствующем положении тумблера «1»;  $p_2$  – значение 1 или 0, при соответствующем положении тумблера «2»;  $p_3$  – значение 1 или 0, при соответствующем положении тумблера «4»;  $p_4$  – значение 1 или 0, при соответствующем положении тумблера «8»;  $U_{\text{оп}}$  – опорное напряжение ( $U_{\text{оп}} = 5 \text{ В}$ ). Расчётные данные  $U_{\text{расч}}$  занести в табл. 1. В соответствии с табл. 1 последовательно устанавливая указанные комбинации тумблеров, заносить показания вольтметра PV1 ( $U_{\text{эксп}}$ ) в соответствующие ячейки той же таблицы.

Таблица 1

№ комбинации	Положение тумблеров				$U_{\text{эксп}}$	$U_{\text{расч}}$
	1	2	4	8		
1	0	0	0	0		
2	1	0	0	0		
3	0	1	0	0		
4	1	1	0	0		
5	0	0	1	0		
6	1	0	1	0		
7	0	1	1	0		
8	1	1	1	0		
9	0	0	0	1		
10	1	0	0	1		
11	0	1	0	1		
12	1	1	0	1		
13	0	0	1	1		
14	1	0	1	1		
15	0	1	1	1		
16	1	1	1	1		

Сравнить экспериментальные  $U_{\text{эксп}}$  и расчётные  $U_{\text{расч}}$  данные (табл. 1), сделать вывод.

#### Контрольные вопросы

1. Какую функцию выполняет цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП)?

2. Назовите разновидности ЦАП.
3. Для чего к выходу ЦАП с суммированием токов подключают операционный усилитель?
4. Приведите схему ЦАП на основе матрицы R-2R.

### Лабораторная работа №12

#### Изучение параллельного АЦП и схемы выборки-хранения

Собрать схему лабораторного стенда для изучения параллельного АЦП. Плавно увеличивая напряжение на входе схемы (ручкой регулировки «0...+5В» модуля «Модуль питания») наблюдать последовательное загорание светодиодов на выходе компараторов DA1...DA7 (индикация срабатывания компараторов) и загорание светодиодов на выходе шифратора приоритета DD1 (индикация трехразрядного двоичного кода). Заполнить табл. 12.1 при изменении входного напряжения  $U_{вх}(PV1)$  в диапазоне от 0 до +5 В. Свечение светодиода на соответствующем выходе компаратора DA1...DA7 соответствует логическому 0. Свечение светодиода на соответствующем выходе шифратора приоритета DD1 соответствует логической 1. Использовать: PV1 – вольтметр модуля «Модуль питания и измерений».

Таблица 1

Результаты измерений порогов переключения ЦАП

Выходы DA1...DA7	$U_{вх}, В$	$U_{расч}, В$	Выходы шифратора приоритета DD1		
			1	2	3

Рассчитать уровни напряжения  $U_{расч}$ , на инвертирующих входах компараторов DA1...DA7, при которых происходит переключение АЦП:

$$U_{расч} = U_{оп} \frac{1 + 2n}{14},$$

где  $U_{оп}$  – опорное напряжение ( $U_{оп} = 5 В$ );  $n$  – десятичный код, соответствующий двоичному коду светодиодного индикатора. Полученные значения занести в табл. 1.

Сравнить экспериментальные  $U_{вх}$  и расчетные  $U_{расч}$  (табл. 1) значения напряжения, при которых происходит переключение компараторов DD1...DD7, сделать вывод.

#### Контрольные вопросы

1. Какие принципиальные погрешности вносятся в процессе аналого-цифрового преобразования (АЦП)?
2. Приведите классификацию АЦП по методам преобразования.
3. Какой тип АЦП является наиболее быстродействующим?
4. Приведите принцип работы схемы выборки-хранения.

### Лабораторная работа №13

#### Изучение сумматоров, цифрового компаратора и схемы контроля четности

Выполнить электрические соединения модулей для изучения работы цифрового компаратора. Использовать: SA1...SA8 – тумблеры модуля «Задание сигналов и логические элементы». После проверки правильности соединений схемы преподавателем включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть» модуля «Модуль питания и измерений».

Включить переключатели питания соответствующих модулей. Состояния выходов  $A > B$ ,  $A < B$ ,  $A = B$  контролировать при помощи светодиодов на выходе буферных элементов (рис. 13.8). Задавая различные комбинации логических уровней на входах  $A_0...A_3$  и  $B_0...B_3$  заполнить таблицу истинности цифрового компаратора (табл. 1).

Таблица 1

Вход сравнения данных				Выход		
$A_3, B_3$	$A_2, B_2$	$A_1, B_1$	$A_0, B_0$	$A > B$	$A < B$	$A = B$

Сравнить экспериментальные и справочные таблицы истинности арифметических устройств, сделать вывод.

### Контрольные вопросы

1. К какому виду логических устройств относятся арифметические устройства?
2. Приведите определение единицы переноса.
3. Какую функцию выполняет полусумматор?
4. В чем отличие полусумматора от одноразрядного сумматора?
5. Какую функцию выполняет двухразрядный сумматор?
6. В чем основное отличие многоразрядных сумматоров параллельного и последовательного действий?
7. Назначение цифрового компаратора.
8. Назначение схемы контроля четности.

### Лабораторная работа №14

#### Изучение принципов построения и схемотехники элементов ТТЛ

Выполнить электрические соединения модулей для изучения схемотехники логического элемента И-НЕ с Z-состоянием. После проверки правильности соединений схемы преподавателем включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть» модуля «Модуль питания и измерений», включить переключатели питания соответствующих модулей. Напряжения  $U_{B3}$  на базе транзистора VT3 (гнездо XS1),  $U_{B4}$  на базе транзистора VT4 (гнездо XS2) и  $U_Y$  на выходе Y измерять вольтметром PV1. Задавая различные комбинации логических уровней на входах схемы A и  $\overline{E1}$  в табл. 1 значения напряжений  $U_{B3}$ ,  $U_{B4}$  и  $U_Y$ . Светодиод, индицирующий состояние выхода Y, светится при логической единице на выходе элемента и не светится при логическом нуле на выходе.

Таблица 1

A	$\overline{E1}$	$U_{B3,B}$	$U_{B4,B}$	$U_Y,B$
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

Сравнить экспериментальные и справочные таблицы истинности логических элементов, сделать вывод.

### Контрольные вопросы

1. Приведите определение логической переменной и логического сигнала. Какие значения они могут принимать?
2. Что такое таблица истинности? Приведите пример.
3. Приведите основные операции булевой алгебры.
4. Приведите схему базового элемента И-НЕ ТТЛ и его таблицу истинности.
5. Чем определяется логический порог ТТЛ?
6. Опишите, как ведёт себя выходной каскад вентиля ТТЛ в состоянии низкого уровня.
7. Опишите, как ведёт себя выходной каскад вентиля ТТЛ в состоянии высокого уровня.
8. Как зависит ток потребления биполярных ТТЛ элементов от их быстродействия?

### **Контрольная работа №1**

*Каждый обучающийся получит индивидуальный билет, включающий 3 вопроса. Перечень вопросов приведен ниже.*

1. Способы представления цифровой информации.
2. Арифметические коды. Алгоритмы реализации арифметических операций.
3. Основы булевой алгебры. Логические функции.
4. Способы минимизации и композиции функции.
5. Элементы цифровых микросхем.
6. Общая методика синтеза комбинационных схем.
7. Преобразователи кодов.
8. Шифраторы и дешифраторы.
9. Мультиплексоры и демультиплексоры. Схемы сравнения кодов.
10. Полусумматор. Комбинационные сумматоры. АЛУ.
11. Триггеры как простейшие логические автоматы. Бистабильные ячейки, анализ работы.
12. Основные типы триггеров. Синтез и анализ функционирования триггеров.
13. Основные классы последовательностных схем, методы проектирования.
14. Регистры. Счетчики.
15. Генераторы кодов. Примеры их анализа и синтеза.
16. Программируемые логические матрицы, их использование для реализации логических функций.
17. Способы реализации специализированных БИС с малой тиражностью выпуска.
18. Типовая структура МП, принцип его работы.

### **Контрольная работа 2**

*Каждый обучающийся получит индивидуальный билет, включающий 3 вопроса. Перечень вопросов приведен ниже.*

1. Регистры МП.
2. Взаимодействие АЛУ и регистров. Регистр признаков.
3. Счетчик команд, реализация условных и безусловных переходов.
4. Стековая память, ее функции. Машинные циклы. Система команд МП.
5. Микроконтроллеры, особенности их структуры и функционирования.
6. Микропроцессорные системы, их архитектура, основные узлы и блоки.
7. Интерфейсные устройства.
8. Организация ввода и вывода. Прерывания.
9. Реализация прямого доступа к памяти.
10. Аналоговые функции, сигналы, цепи.
11. Основные и специальные АФ.
12. Номенклатура аналоговых интегральных микросхем.

13. Принципы аналоговой схемотехники.
14. Операционные усилители и аналоговые устройства на их основе.
15. Схемотехнические варианты ОУ. Основные характеристики и параметры ОУ, методы их измерения.
16. Простейшие варианты ЦАП.
17. Схемотехника типовых ЦАП, их параметры. Методы улучшения характеристик ЦАП.
18. Схемотехника типовых АЦП, их параметры. Параллельные преобразователи.

### Вопросы для тестирования

1. Какие операционные схемы используют для разработки сумматоров, вычитателей, умножителей и делителей

- a) логические элементы (вентили)
- b) триггера (защелки)
- c) регистры команд

Ответ: a) логические элементы (вентили)

2. Тактируемый JK-триггер. Если подать на  $J=1$ ,  $K=1$ ,  $C=1$ . Что будет на прямом выходе Q

- a) инверсия предыдущего результата
- b) 10
- c) 1
- d) 0
- e) хранение предыдущего результата

Ответ: a) инверсия предыдущего результата

3. Тактируемый T-триггер. Если подать на  $T=1$ ,  $C=1$ . Что будет на прямом выходе Q

- a) инверсия предыдущего результата
- b) 10
- c) 1
- d) 0
- e) хранение предыдущего результата

Ответ: a) инверсия предыдущего результата

4. Триггер – это (2 верных ответа)

- a) часть электронной логической схемы, выполняющая элементарную логическую функцию
- b) устройство для обработки цифровых сигналов, характеризуется тем, что сигнал на выходе схемы определяется сигналами на входах
- c) схема для запоминания одного бита информации
- d) схема, для которой сигнал на выходе определяется не только сигналом на входе, но и зависит от предыдущего состояния.

Ответ: c) схема для запоминания одного бита информации

5. Определение счетчика

- a) схема для временного хранения информации
- b) схема для обеспечения синхронной работы ЭВМ
- c) схема для преобразования параллельного кода в последовательный
- d) схема для преобразования двоичного кода на входе схемы в управляющий сигнал на одном из выходов
- e) схема для выполнения операции сложения в самом младшем разряде

Ответ: b) схема для обеспечения синхронной работы ЭВМ

6. Определение мультиплексора

- a) схема для обеспечения синхронной работы ЭВМ
- b) схема для преобразования параллельного кода в последовательный
- c) схема для преобразования двоичного кода на входе схемы в управляющий сигнал на одном из выходов

Ответ: b) схема для преобразования параллельного кода в последовательный

7. Отличие сумматора от полусумматора

- a) сумматор для преобразования параллельного кода в последовательный
- b) сумматор выполняет операции сложения в старших разрядах
- c) сумматор для преобразования двоичного кода на входе схемы в управляющий сигнал на одном из выходов

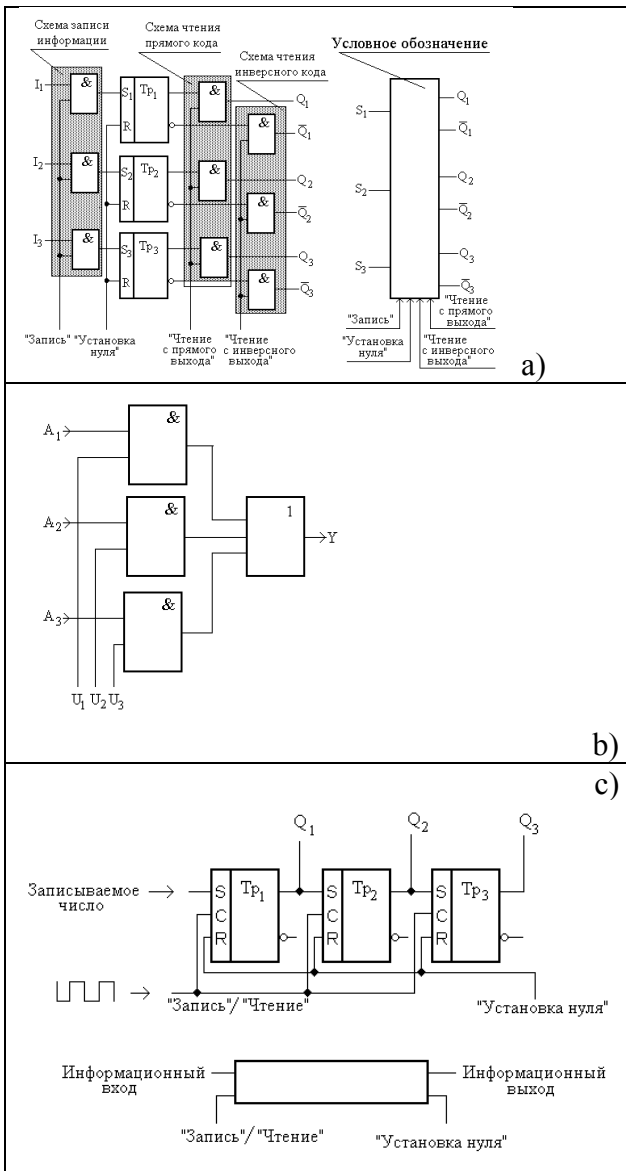
Ответ: b) сумматор выполняет операции сложения в старших разрядах

7. Отличие полувычитателя от вычитателя

- a) схема для выполнения операции вычитания в самом младшем разряде
- b) схема для временного хранения информации
- c) схема для преобразования параллельного кода в последовательный
- d) схема для выполнения операции вычитания в старших разрядах

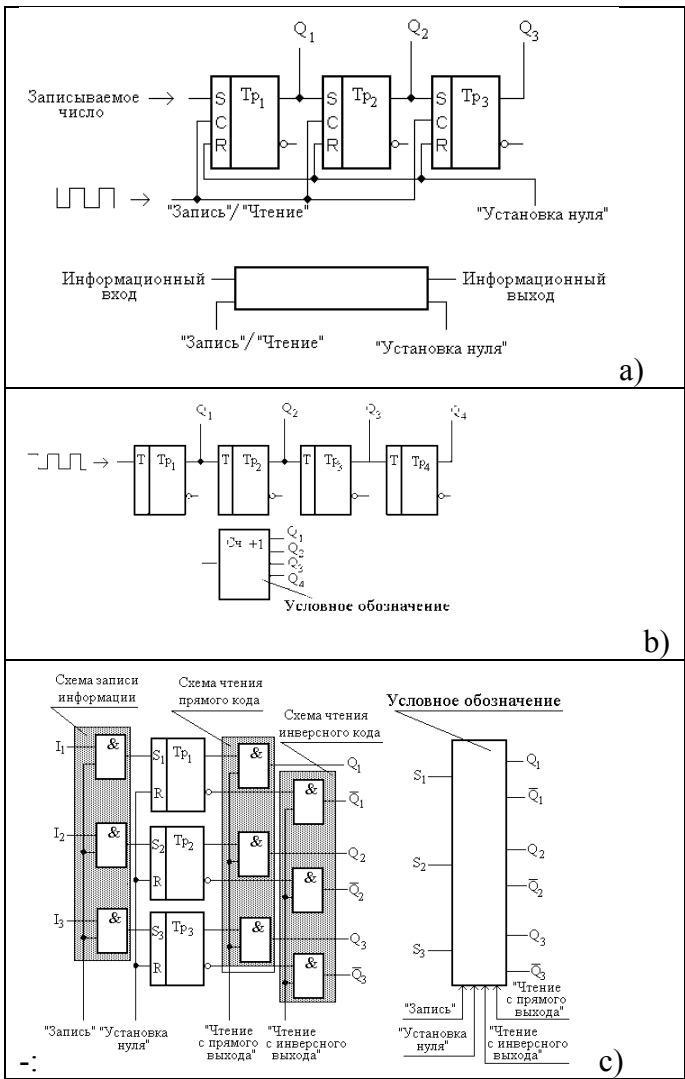
Ответ: a) схема для выполнения операции вычитания в самом младшем разряде

8. На каком рисунке приведена схема трехразрядного регистра сдвига приведен на рисунке



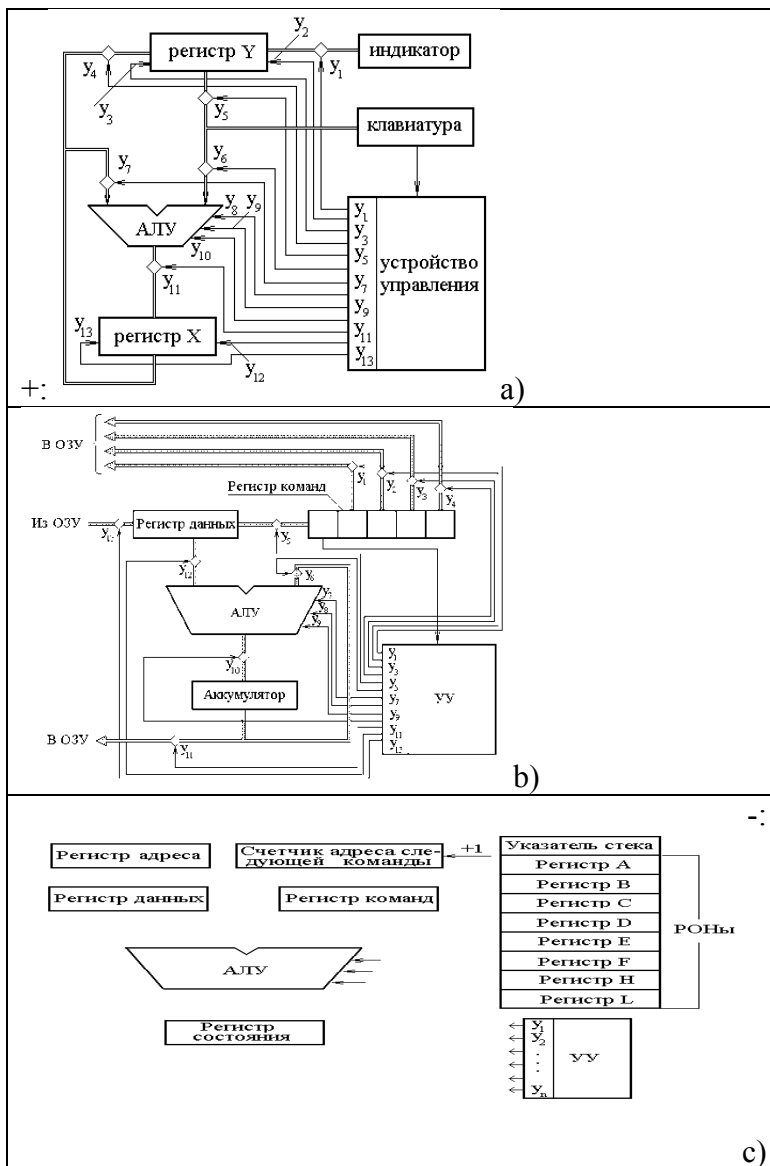
Ответ: в)

9. На каком рисунке приведена схема и условное обозначение четырехразрядного счетчика от нуля до пятнадцати, построенного на Т-триггерах



Ответ: а)

10. На каком риунке приведена схема микрокалькулятора



Ответ: а)

## 1.2 Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам. В каждом билете 3 теоретических вопроса. Задачи для промежуточной аттестации берутся из банка задач, приведенных в оценочных материалах текущего контроля, случайным образом.

### Вопросы к экзамену

1. Способы представления цифровой информации.
2. Арифметические коды. Алгоритмы реализации арифметических операций.
3. Основы булевой алгебры. Логические функции. Способы минимизации и композиции функции.
4. Элементы цифровых микросхем.
5. Общая методика синтеза комбинационных схем.
6. Преобразователи кодов.
7. Шифраторы и дешифраторы.
8. Мультиплексоры и демультимплексоры. Схемы сравнения кодов.
9. Полусумматор. Полувычитатель. Схема и принцип работы.
10. Комбинационные сумматоры. Многоразрядные сумматоры с ускоренным переносом.
11. Арифметико-логические устройства.
12. Триггеры как простейшие логические автоматы. Бистабильные ячейки, анализ работы.

13. Основные типы триггеров. Синтез и анализ функционирования триггеров.
14. Основные классы последовательностных схем, методы проектирования.
15. Основные классы комбинационных схем, методы проектирования.
16. Регистры. Счетчики. Генераторы кодов. Примеры их анализа и синтеза.
17. Программируемые логические матрицы, их использование для реализации логических функций.
18. Способы реализации специализированных БИС с малой тиражностью выпуска.
19. Программируемые логические схемы, их структура и элементная база, проектирование цифровых устройств на базе программируемых логических схем. Микросхемы памяти.
20. Типовая структура МП, принцип его работы.
21. Регистры МП. Взаимодействие АЛУ и регистров. Регистр признаков. Счетчик команд, реализация условных и безусловных переходов. Стековая память, ее функции. Машинные циклы. Система команд МП.
22. Микроконтроллеры, особенности их структуры и функционирования.
23. Микропроцессорные системы, их архитектура, основные узлы и блоки.
24. Интерфейсные устройства. Организация ввода и вывода. Прерывания. Реализация прямого доступа к памяти.
25. Аналоговые функции, сигналы, цепи. Основные и специальные АФ.
26. Номенклатура аналоговых интегральных микросхем. Принципы аналоговой схемотехники.
27. Операционные усилители и аналоговые устройства на их основе.
28. Основные характеристики и параметры ОУ, методы их измерения.
29. Простейшие варианты ЦАП. Схемотехника типовых ЦАП, их параметры.
30. Методы улучшения характеристик ЦАП.
31. Схемотехника типовых АЦП, их параметры. Параллельные преобразователи.