

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.14 «РАДИОАВТОМАТИКА»**

Специальность

11.05.01 Радиозлектронные системы и комплексы

Специализация

Радиозлектронные системы передачи информации

Квалификация (степень) выпускника

Инженер

Форма обучения

Очная

Нальчик 2025

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

Таблица 1

Код и формулировка компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУН)
ОПК-1. Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.	ОПК-1.1. Способен использовать рационалистический подход к изучению предметов и явлений в конкретных областях науки. ОПК-1.2. Способен выбирать и объединять полученные знания в целостную систему. ОПК-1.3. Способен использовать методы и процедуры для обоснования решений практических задач.	Знать: фундаментальные законы природы и основные физические математические законы.
		Уметь: применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.
		Владеть: навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач.

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 5 семестре

№	Оценочное средство	Форма проведения	Порядок проведения	Максимальное количество баллов	Критерии оценивания
1 семестр					
1	Лабораторная работа №1 «Знакомство с программным обеспечением Logisim»	Выполняется в компьютерном классе, использованием персонального компьютера программы Logisim.	Работа включает в себя несколько заданий, выполняется студентами самостоятельно	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
2	Лабораторная работа №2 «Построение двоичного сумматора в программе Logisim».	Выполняется в компьютерном классе, использованием персонального компьютера программы Logisim.	Работа включает в себя несколько заданий, выполняется студентами самостоятельно	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
3	Лабораторная работа №3 «Элементарные устройства памяти».	Выполняется в компьютерном классе, использованием персонального компьютера программы Logisim.	Работа включает в себя несколько заданий, выполняется студентами самостоятельно	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 «Работа со встроенной библиотекой «Арифметика» в Logisim».	Выполняется в компьютерном классе, использованием персонального компьютера программы Logisim.	Работа включает в себя несколько заданий, выполняется студентами самостоятельно	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 «Исследование характеристик типовых линейных звеньев систем радиоавтоматики».	Выполняется в компьютерном классе, использованием персонального компьютера программы Electronics Workbench.	Работа включает в себя несколько заданий, выполняется студентами самостоятельно	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 «Исследование качественных показателей систем радиоавтоматики».	Выполняется в компьютерном классе, использованием персонального компьютера программы Electronics Workbench.	Работа включает в себя несколько заданий, выполняется студентами самостоятельно	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 «Исследование системы автоматической регулировки усиления».	Выполняется в компьютерном классе, использованием персонального компьютера программы Electronics Workbench.	Работа включает в себя несколько заданий, выполняется студентами самостоятельно	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 «Исследование системы фазовой автоподстройки частоты».	Выполняется в компьютерном классе, использованием персонального компьютера программы Electronics Workbench.	Работа включает в себя несколько заданий, выполняется студентами самостоятельно	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	Практическое занятие 1 «Типовые звенья систем радиоавтоматики»	Решение задач по радиоавтоматике	Работа включает в себя несколько заданий, выполняется студентами самостоятельно	3	3- все задачи решены верно. 2 - не все задачи решены верно, есть незначительные погрешности в вычислениях. 1 – несколько задач не решены, или имеются существенные ошибки в вычислениях. 0 – ни одна задача не решена верно.
10	Практическое занятие 2 «Типовые звенья систем радиоавтоматики»	Решение задач по радиоавтоматике	Работа включает в себя несколько заданий, выполняется студентами самостоятельно	3	3- все задачи решены верно. 2 - не все задачи решены верно, есть незначительные погрешности в вычислениях. 1 – несколько задач не решены, или имеются существенные ошибки в вычислениях. 0 – ни одна задача не решена верно.
11	Практическое занятие 3 «Передающие функции линейных непрерывных	Решение задач по радиоавтоматике	Работа включает в себя несколько заданий, выполняется студентами	3	3- все задачи решены верно. 2 - не все задачи решены верно, есть незначительные

	систем»		самостоятельно		погрешности в вычислениях. 1 – несколько задач не решены, или имеются существенные ошибки в вычислениях. 0 – ни одна задача не решена верно.
12	Практическое занятие 4 «Устойчивость замкнутых автоматических систем»	Решение задач по радиоавтоматике	Работа включает в себя несколько заданий, выполняется студентами самостоятельно	3	3- все задачи решены верно. 2 - не все задачи решены верно, есть незначительные погрешности в вычислениях. 1 – несколько задач не решены, или имеются существенные ошибки в вычислениях. 0 – ни одна задача не решена верно.
13	Практическое занятие 5 «Устойчивость замкнутых автоматических систем»	Решение задач по радиоавтоматике	Работа включает в себя несколько заданий, выполняется студентами самостоятельно	3	3- все задачи решены верно. 2 - не все задачи решены верно, есть незначительные погрешности в вычислениях. 1 – несколько задач не решены, или имеются существенные ошибки в вычислениях. 0 – ни одна задача не решена верно.
14	Практическое занятие 6 «Оценка качества переходного процесса»	Решение задач по радиоавтоматике	Работа включает в себя несколько заданий, выполняется студентами самостоятельно	3	3- все задачи решены верно. 2 - не все задачи решены верно, есть незначительные погрешности в вычислениях. 1 – несколько задач не решены, или имеются существенные ошибки в вычислениях. 0 – ни одна задача не решена верно.

15	Практическое занятие 7 «Точность действия автоматических систем»	Решение задач по радиоавтоматике	Работа включает в себя несколько заданий, выполняется студентами самостоятельно	3	3- все задачи решены верно. 2 - не все задачи решены верно, есть незначительные погрешности в вычислениях. 1 – несколько задач не решены, или имеются существенные ошибки в вычислениях. 0 – ни одна задача не решена верно.
	Практическое занятие 8 «Показатели качества типовых систем радиоавтоматики»	Решение задач по радиоавтоматике	Работа включает в себя несколько заданий, выполняется студентами самостоятельно.	3	3- все задачи решены верно. 2 - не все задачи решены верно, есть незначительные погрешности в вычислениях. 1 – несколько задач не решены, или имеются существенные ошибки в вычислениях. 0 – ни одна задача не решена верно.
10	Тесты 1	с применением ДТ	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС.	3	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
11	Тесты 2	с применением ДТ	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС.	3	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
12	Коллоквиум 1	письменная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума, решают задачи.	3	3– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична, задачи решены верно; 2 – ответы в основном правильные, но содержат незначительные ошибки, не все задачи решены верно. 1- ответы недостаточно полные, задачи не решены. 0 – ответы

					отсутствуют или полностью неверные, задачи не решены.
13	Коллоквиум 2	письменная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума, решают задачи.	3	3– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична, задачи решены верно; 2 – ответы в основном правильные, но содержат незначительные ошибки, не все задачи решены верно. 1- ответы недостаточно полные, задачи не решены. 0 – ответы отсутствуют или полностью неверные, задачи не решены.
	Итого:			60	

Карта распределения баллов в рамках промежуточной аттестации

№	Оценочное средство	Форма проведения	Порядок проведения	Максимальное количество баллов	Критерии оценивания
8 семестр					
2	Билет для зачета	Устный опрос.	Билет содержит теоретических вопроса.	2 Теоретические вопросы – 30 баллов.	Критерии оценивания теоретических вопросов: 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. От 19 до 24 баллов: Базовое владение предметом, умение последовательно раскрыть основную мысль вопроса, грамотное применение терминов, наличие существенных элементов анализа и

					<p>обобщений, но недостаточное развертывание или отдельные неточности. 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, 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.</p>
--	--	--	--	--	---

3. Оценочные материалы для текущего и промежуточного контроля успеваемости

3.1. Оценочные материалы для текущего контроля

Лабораторная работа №1

Знакомство с программным обеспечением Logisim

Цель работы: познакомиться с интерфейсом программной среды Logisim, изучить основные инструменты данной программы.

Задание

Необходимо построить схему, представленную на рисунке 13, в программной среде Logisim.

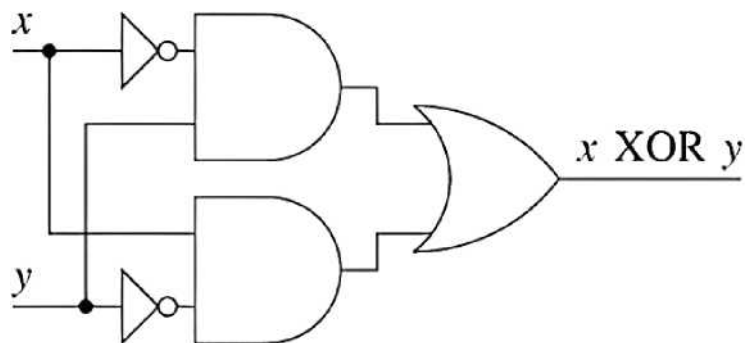


Рисунок 13. Схема для построения

Ход работы

1. На рабочем столе открываем программное обеспечение Logisim.
2. Для начала необходимо добавить два элемента *И* из библиотеки данной программы:
 - 2.1. Для этого нажмите на инструмент *Элемент И* на панели инструментов (D, предпоследний инструмент в списке). Затем щёлкните в области редактирования там, где хотите поместить первый элемент.
 - 2.2. Необходимо оставить свободное место для других элементов слева. Затем нажмите на инструмент *Элемент И* снова и поместите второй элемент *И* под первым.
 - 2.3. Получается схема, представленная на рисунке 14.
3. Обратите внимание на пять точек на левой стороне элемента *И*. Это элементы для подсоединения проводов. В данной работе используется только два из них (для схемы Иключающее *ИЛИ*).
4. Теперь необходимо добавить следующие элементы. Сначала щёлкните на инструмент *Элемент ИЛИ* (!>), затем щёлкните там, куда хотите его поместить.

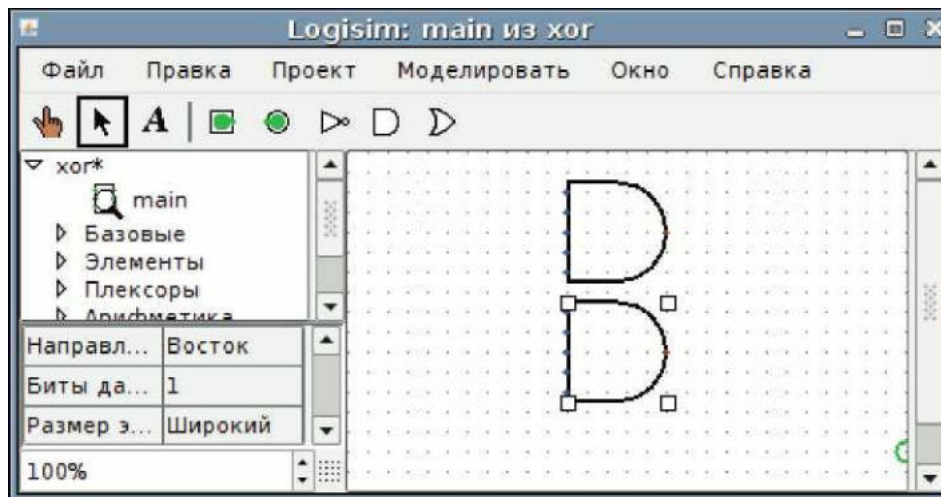


Рисунок 14. Элементы И

5. После этого расположите два элемента *HE* на холсте (на панели инструментов нажмите *Элемент HE* (O»)) и поместите его на рабочее пространство и затем повторите действие для второго элемента *HE*. В результате проделанной работы получится набор из элементов, представленный на рисунке 15 [4].

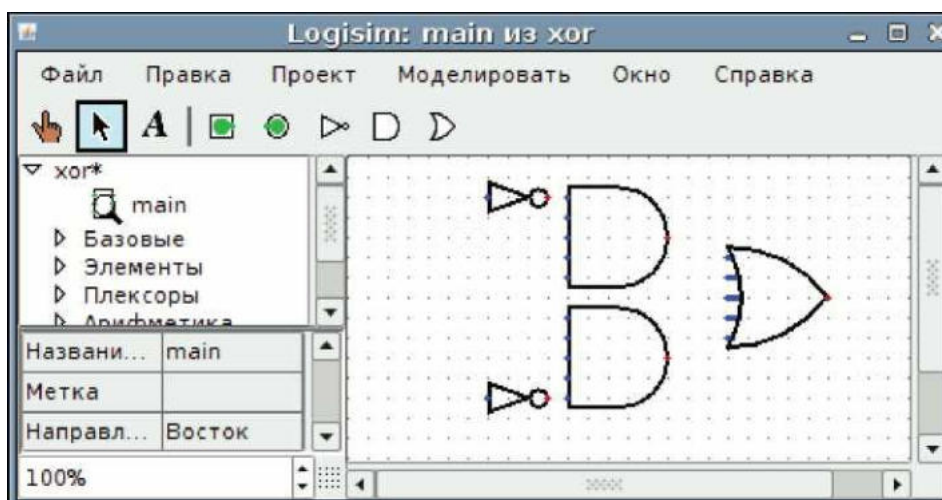


Рисунок 15. Элементы *HE*, *И*, *ИЛИ*

Необходимо располагать элементы ровно, друг за другом, чтобы схема была аккуратно построена и хорошо читалась. В дальнейшем элементы будут соединяться проводами, поэтому можно оставить немного пространства между ними.

6. После того как все необходимые элементы выбраны, следует добавить в чертёж два входа *x* и *y*. Выберите инструмент *Добавить входной контакт (C)* и разместите контакты. Вам также нужно разместить выходной контакт рядом с выходом *Элемента ИЛИ*, используя инструмент *Добавить выходной контакт (O)* (рис.16).

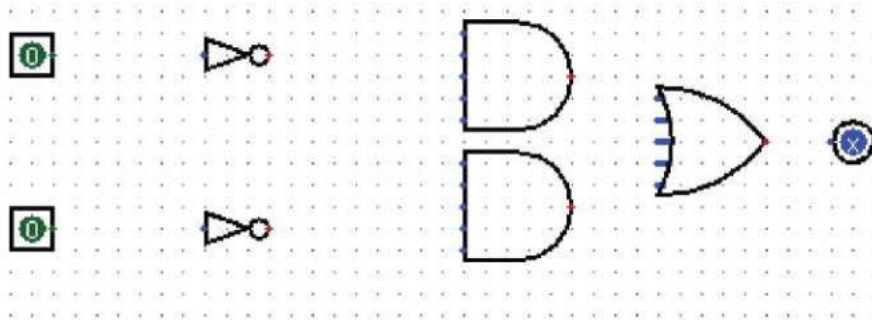


Рисунок 16. Элементы НЕ, И, ИЛИ, входной и выходной контакты

Для изменения местоположения объекта можно выбрать его с помощью инструмента *Правка* (к) и перетащить в нужное место. Также можно удалить элемент полностью, выбрав *Удалить* из меню *Правка* или нажав клавишу *Delete*.

7. После того как все компоненты закреплены на рабочем пространстве, можно начинать добавление проводов. Для этого потребуется инструмент *Правка* (к). Необходимо подвести курсор к точке, где подключается провод у элемента. При наведении курсора на данную точку, появляется зелёный кружок. Затем нажмите кнопку мыши и проведите провода к необходимым элементам.

7.1. Провода в Logisim должны быть горизонтальными или вертикальными. Чтобы соединить верхний вход с элементом НЕ, а затем с элементом И, нужно добавить три разных провода.

Logisim автоматически подключает провода к элементам и друг к другу. Когда вы рисуете провода, то можете увидеть несколько синих или серых проводов. Синий показывает, что значение в этой точке "неизвестно", а серый показывает, что провод не подключен ни к чему. В этом нет ничего особенного в процессе построения схемы. Но когда построение схемы будет закончено, то ни один из проводов не должен быть синего или серого цвета (только не присоединённые ответвления элемента ИЛИ останутся синими).

Если остались синий или серый провод, когда схема уже построена, значит что-то сделано не верно. Важно, чтобы подключение было правильным. Logisim отображает маленькие точки на компоненте, чтобы показать, куда подключать провода. Когда схема будет собрана, то вы увидите, что точки стали из синих светло- или тёмно-зелёными.

7.2. После того как будут подключены все провода, то они будут светло- или тёмно-зелёного цвета (рис.17).

8. Для того чтобы схема была проста для понимания и быстро читалась, то необходимо подписать некоторые ее элементы. Для этого выберите инструмент *Текст* (А). Чтобы подписать входной контакт, то лучше нажать курсором непосредственно на входном контакте, чтобы при изменении в схеме набранный текст двигался вместе с контактом. Затем то же самое повторить для выходного контакта. По желанию можно подписать другие элементы, а также можно просто в любом свободном месте сделать необходимые для себя записи, например, указать название схемы (рис.18).

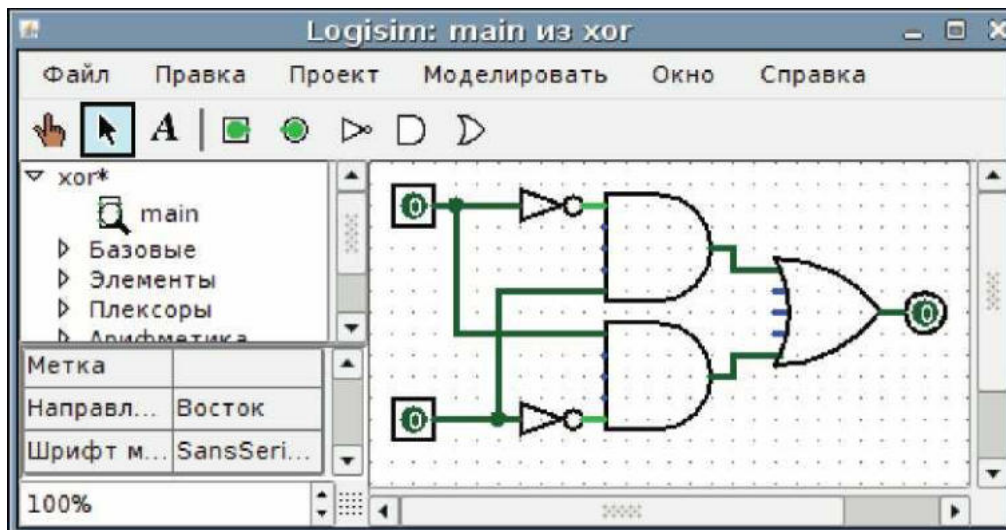


Рисунок 17. Подключение проводов в программе Logisim

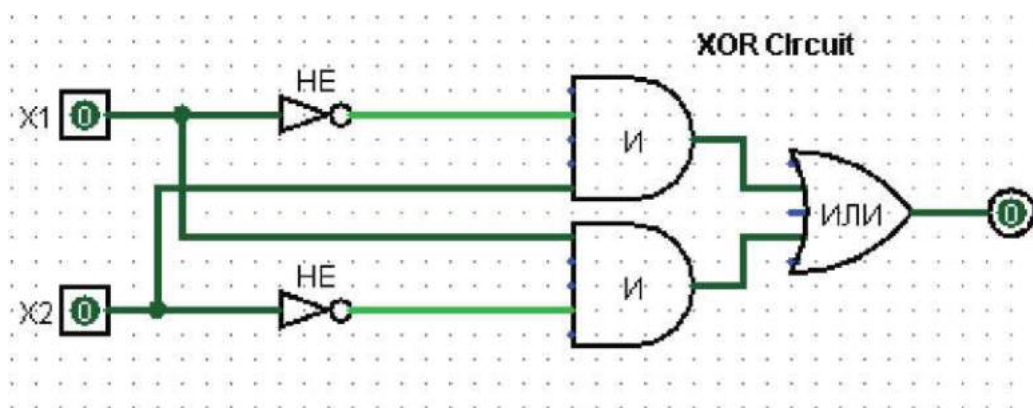


Рисунок 18. Готовая схема

9. Последний необходимый шаг в данной лабораторной работе - проверка схемы. Проверка нужна, чтобы удостовериться, что собранная схема действительно работает.

На рисунке 18 видно, что на обоих входных контактах нули, и на выходном контакте также. Это говорит о том, что схема вычисляет «0», когда на обоих входах «0».

Попробуем другую комбинацию входов. Выберите инструмент *Нажатие* и начните менять значения на входах, нажимая на них. Каждый раз, когда нажимаете на вход, его значение будет переключаться. Например, нажмите сначала на нижний вход (рис. 19).

Можно увидеть, что цвет проводов меняется в зависимости от входного значения. Если значение «1», то цвет будет светло-зелёный, иначе тёмнозелёный. Также можно увидеть, что при изменении входного значения, выходное значение сменилось на «1».

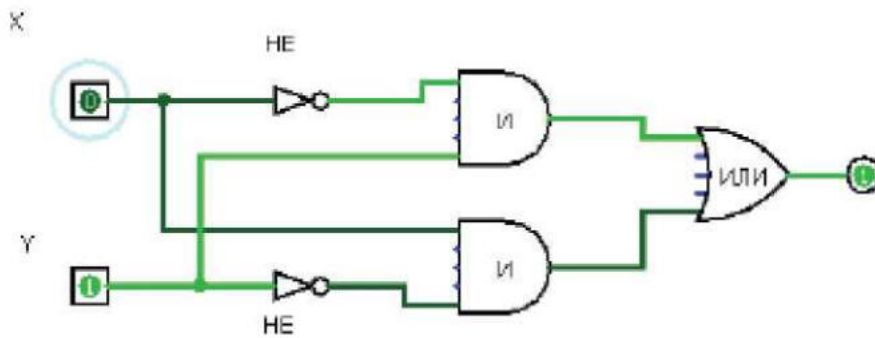


Рисунок 19. Схема при $X=0, Y=1$

10. Затем необходимо проверить остальные комбинации (рис. 20, рис. 21). Для этого в программе нужно вызвать таблицу истинности (рис. 22) и сверить входные и выходные значения.

11. После проверки можно убедиться, что все выходные значения соответствуют таблице истинности данной функции. Значит, схема работает корректно.

12. После выполнения данной лабораторной работы студенту необходимо сохранить файл и показать преподавателю. Затем подготовить отчет о выполненной работе, где будут прописаны цель работы, ход работы и выводы [4].

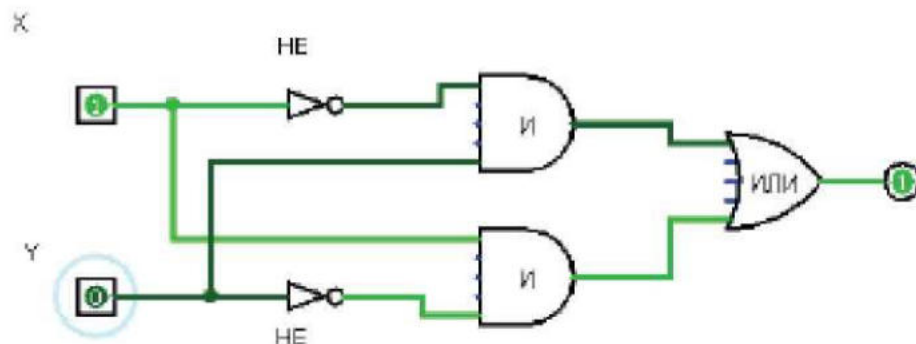


Рисунок 20. Схема при $X=1, Y=0$

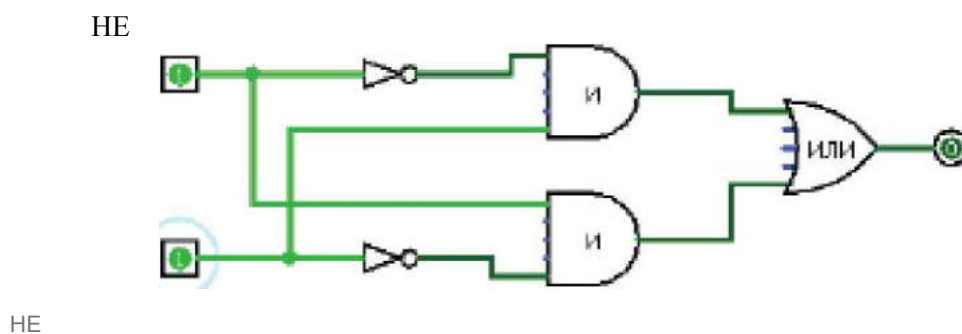


Рисунок 21. Схема при $X=1, Y=1$

	$x \text{ XOR } y$
00	0
01	1
10	1
11	0

Рисунок 22. Таблица истинности

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Построение двоичного сумматора в программе Logisim

Цель работы:

Изучить правила выполнения арифметических действий над двоичными числами и исследовать принципы построения двоичных сумматоров.

Ход работы

Основным элементом, используемым в двоичных арифметических элементах, является полусумматор. Начнем с так называемой схемы сравнения:

1. Запустите программу Logisim.
2. С помощью «Панели инструментов» постройте схему сравнения (см. рис. 23).

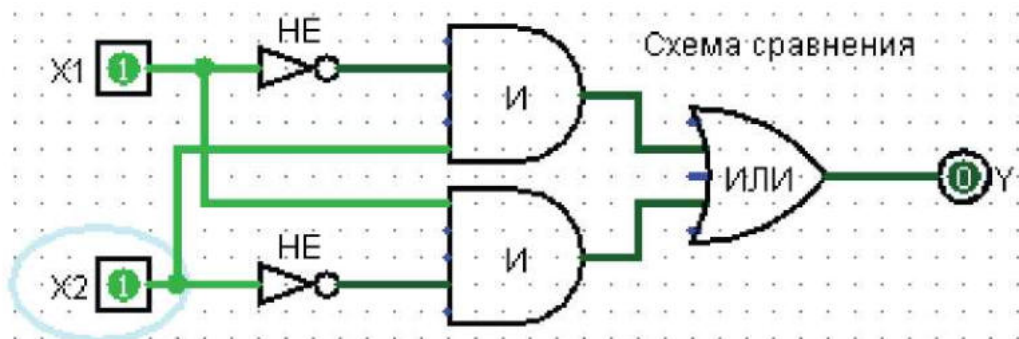


Рисунок 23. Схема сравнения

3. С помощью «Таблицы атрибутов» задать метки: вход X1 и X2, логические И, ИЛИ и НЕ, выход Y.

4. Проводник - Базовые - Инструмент Текст: Подписать схему, как «Схема сравнения».

5. С помощью инструмента «Изменять значения в схеме» поэкспериментируйте с подачей на входы X1 и X2 логической единицы 1 и логического 0.

6. По команде: Проект - Анализировать схему, получить Таблицу истинности схемы сравнения (рис. 24).

X1	X2	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Рисунок 24. Таблица истинности

Схема сравнения получает младший разряд числа при сложении двух двоичных чисел (бит) без учета переноса! Например: $1 + 1 = 0$ младший разряд, перенос 1.

7. С помощью инструмента «Добавить схему» + добавим схему



«Полусумматор» (рис. 25).

Рисунок 25. Полусумматор

Старший разряд- перенос

8. Проект - Анализировать схему - получить Таблицу истинности

■ Младший разряд

■ X2 0

полусумматора (рис. 26).

Схема, позволяющая складывать два двоичных числа (бит), называется полусумматором. В нашем случае P - перенос, S - младший разряд, остаток. Однако при сложении двух двоичных чисел недостаточно использовать полусумматор, т. к. полусумматор не имеет входа для учета переносов из других разрядов.

	X1	X2	Pi	S
C	0	0	0	0
	1	0	0	1
0	0	1	1	0
1	1	1	1	0

Рисунок 26. Таблица истинности полусумматора

9. Добавить схему «Сумматор» +

10. Используя подсхему «Полусумматор», построить «Сумматор» (рис. 27).

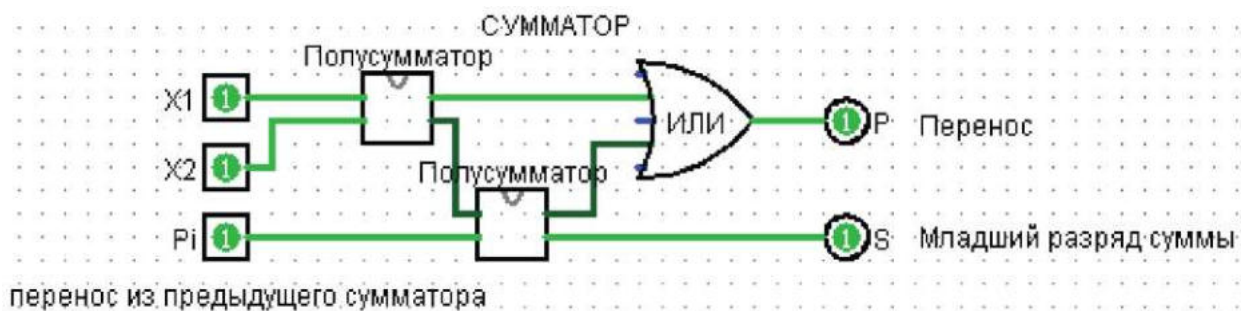


Рисунок 27. Сумматор

11. По команде: Проект - Анализировать схему получить Таблицу истинности «Сумматора» (рис. 28).

X1	X2	Pi	p	S
0	0	0	0	0
0	0		0	1
0	1	0	0	1
0	1		1	0
1	0	0	0	1
1	0		1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

Рисунок 28. Таблица истинности «Сумматора»

12. Построим схему из 4-х сумматоров, которые позволят складывать два четырехразрядных числа (рис. 29).

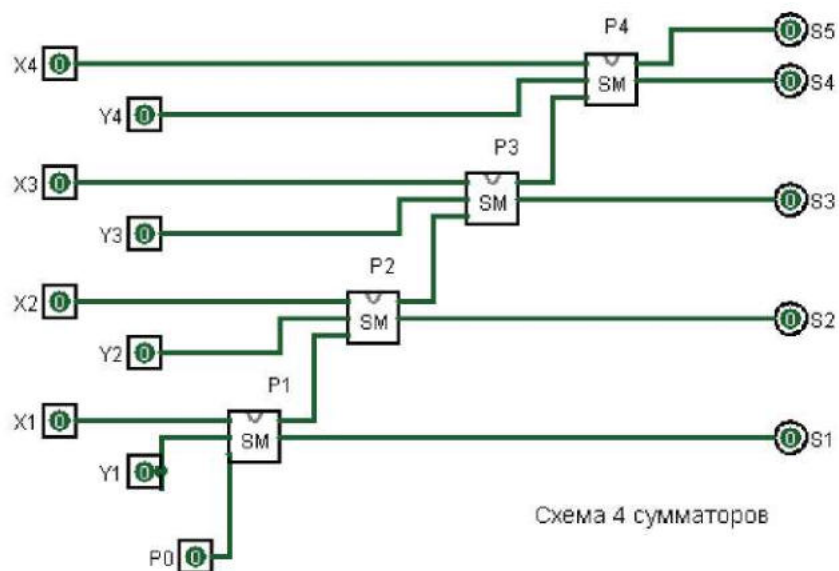


Рисунок 29. Схема из 4-х сумматоров

Где:

- X1 и Y1 слагаемые первого сумматора, X2 и Y2 - второго и т. д.;
- S1, S2, S3 .. S5 - младший разряд суммы;
- P1, P2, P3 и P4 - перенос, старший разряд сумматора 1, 2, 3 и 4;
- P0 - всегда равно 0, т. к. в первом сумматоре складываются первые двоичные числа X1 и Y1, переноса нет.

В нашем примере выполняем сложение двух четырехразрядных чисел: $0001 + 0001 = 00010$

$$X4 X3 X2 X1 + Y4 Y3 Y2 Y1 \quad S5 S4 S3 S2 S1 \quad 0001 + 00010000$$

13. Проверить схему при следующих входных данных:

$$\begin{array}{r} 1001 X_i \\ + 0011 Y_i \\ \hline 01100 S_i \end{array}$$

Самостоятельно построить схему, позволяющую складывать 8 разрядов двоичных чисел.

После выполнения данной лабораторной работы студенту необходимо сохранить файл и показать преподавателю. Затем подготовить отчет о выполненной работе, где будут прописаны цель работы, ход работы и выводы [4].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Элементарные устройства памяти

Для временного хранения информации в цифровых схемах применяют различные устройства памяти.

Из простейших устройств памяти мы рассмотрим три класса: триггеры, регистры и счётчики. Все эти устройства есть во встроенной библиотеке Logisim «Память». Они могут быть асинхронными и синхронными. В данном

курсе будем работать только с синхронными устройствами.

У каждого синхронного устройства есть синхронизирующий (тактовый) вход. Любое изменение внутреннего состояния устройства происходит только в тот момент, когда уровень сигнала на тактовом входе меняется (в таком случае говорят, что тактовый вход срабатывает).

Триггер - простейшее устройство памяти (последовательностное устройство), хранящее один бит информации. Иными словами, триггер может иметь только два разных внутренних состояния - «0» или «1». В англоязычной литературе триггер называют «flip-flop». Существует четыре вида триггеров: D (data), T (toggle), JK (jump-kill) и RS (reset-set). Эти названия даны по названиям входов триггеров. Кроме этих входов каждый триггер имеет два выхода - Q (прямой) и Q' (инверсный); значение на прямом выходе всегда совпадает со внутренним состоянием триггера, а значение на инверсном - противоположное. Каждый из четырёх типов триггеров имеет разное поведение. Таблицы истинности для них приведены в таблице 8.

Q' означает значение, противоположное значению, хранимому в триггере в данный момент.

Можно дать словесное описание поведения триггеров:

D-триггер: когда тактовый вход срабатывает, значение, хранящееся в триггере, мгновенно становится значением входа D (данные).

Таблица 8 - Триггеры

D-триггер		T-триггер		JK-триггер			RS-триггер		
D	Q	T	Q	J	K	Q	S	R	Q
0	0	0	Q	0	0	Q	0	0	Q
1	1	1	Q'	0	1	0	0	1	0
				1	0	1	1	0	1
				1	1	Q'	1	1	?

T-триггер: когда тактовый вход срабатывает, значение, хранящееся в триггере, меняется или остаётся прежним в зависимости от того, какое значение на входе T (переключение): «1» или «0».

JK-триггер: когда тактовый вход срабатывает, значение, хранящееся в триггере, меняется, если на входах J и K единица; остаётся прежним, если на них 0; если значения на них различны, то значение становится единицей, если на входе J (прыжок) - «1»; или нулём, если на входе K (забой) - «1».

RS-триггер: когда тактовый вход срабатывает, значение, хранящееся в триггере, остаётся неизменным, если на входах R и S - «0»; становится «0», если на входе R (сброс) - «1», и становится «1», если на входе S (установка) - «1». Поведение не определено, если на обоих входах «1». (В Logisim значение триггера остается неизменным.)

Физически триггеры реализуются на логических элементах (то есть в конечном итоге на транзисторах в составе интегральных схем), включенных, как правило, не совсем обычным для них способом - их выходы так или иначе соединяются с их входами. Как говорилось выше, триггеры могут быть синхронными и асинхронными. Тактовый вход триггеров и других устройств памяти в Logisim обозначается треугольником; в случае, когда вход нужно пометить буквой или строкой, используют «C» или «Clock». Синхронные триггеры, как правило, содержат большее количество логических элементов. Иногда синхронными ошибочно называют также особую разновидность триггеров, имеющих разрешающий вход. Изменение внутреннего состояния такого триггера происходит, когда на разрешающем входе «1». Этот вход иногда называют синхронизирующим, но на самом деле он таковым не является. На схемах ниже разрешающий вход отмечен буквой «E» (от англ. enable).

Асинхронные триггеры (с разрешающим входом или без него) иногда называют «прозрачными» (чаще в англоязычной литературе - “transparent”), а синхронные - «непрозрачными» (англ. “non-transparent” или “opaque”). Это связано с тем, что если на разрешающий вход (если таковой имеется) «прозрачного» триггера подать единицу, то, помимо записи в память триггера, входной сигнал будет непосредственно подаваться на выход триггера (то есть можно сказать, что триггер будет работать в качестве повторителя). Если при этом сигнал на входе зависит от сигнала на выходе (то есть выход и вход триггера связаны через внешнюю схему, не содержащую синхронных устройств), то схема начнёт возбуждаться. Иными словами, если в схеме есть своего рода «замкнутый круг», то чтобы предотвратить возбуждение схемы, нужно «разорвать» этот круг хотя бы в одном месте синхронным устройством (например, синхронным триггером).

На схемах представлены различные реализации триггеров на логических элементах (рис. 30, рис. 31, рис. 32, рис. 33) На рисунке 33 показан D-триггер, использующий специальную «надстройку» над RS-триггером, делающую его синхронным. Однако существует общая техника построения 30

синхронных триггеров из триггеров с разрешающим входом - двухступенчатые триггеры (англ. master-slave flip-flop). В таком триггере соединены два триггера, на разрешающие входы которых подаются противоположные значения.

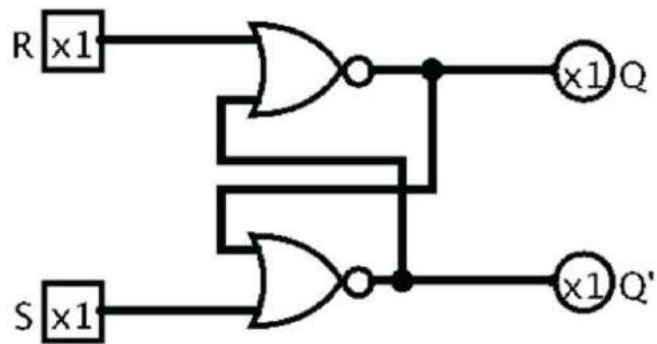


Рисунок 30. Асинхронный RS-триггер

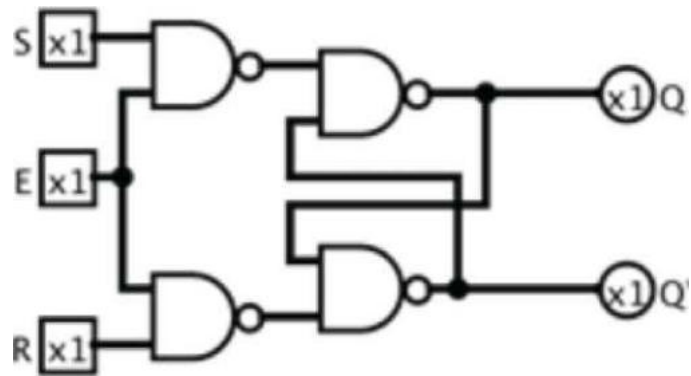


Рисунок 31. RS-триггер с разрешающим входом

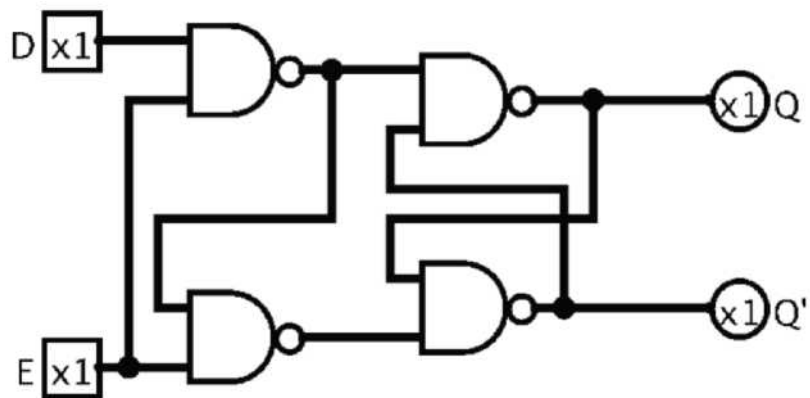


Рисунок 32. D-триггер с разрешающим входом

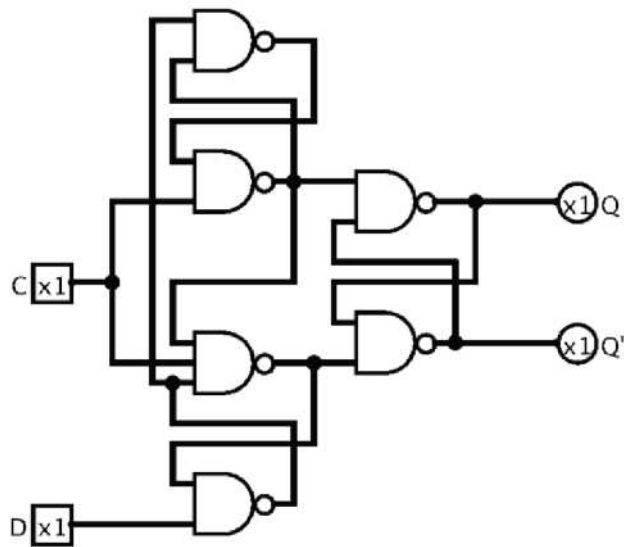


Рисунок 33. Синхронный D-триггер

Двухступенчатый синхронный D-триггер показан на рисунке 34. При поступлении на его тактовый вход переднего фронта обновится только состояние на выходе первой ступени, а обновление состояния всего триггера произойдет при заднем фронте.

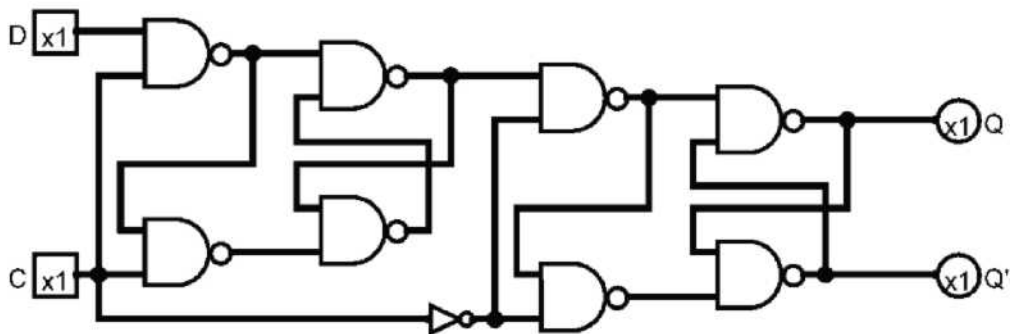


Рисунок 34. Двухступенчатый синхронный D-триггер

При моделировании триггеров на логических элементах в Logisim следует установить флажок «Добавить шум к задержкам компонентов» в окне параметров проекта. Это нужно сделать для того, чтобы имитировать неравномерность реальных схем. Например, RS-триггер, построенный с использованием двух элементов ИЛИ-НЕ, будет возбуждаться без этой случайности, так как оба элемента будут обрабатывать свои входы «нога в ногу». До подачи первого значения на входы состояние некоторых триггеров будет неопределенным, и Logisim будет показывать значение ошибки на выходах. Это особенности работы Logisim, на практике таких проблем не возникает.

Регистр - последовательностное логическое устройство, используемое для хранения n-разрядных (многобитных) двоичных слов (чисел) и выполнения преобразований над ними. Не считая счетчиков, в рамках данного курса мы будем использовать регистры только для хранения информации (компонент

Logisim «Регистр»). Такой регистр имеет многобитный вход для загрузки данных, тактовый вход и многобитный выход, на который всегда поступает значение, сохранённое в регистре. В первом приближении можно представить себе синхронный регистр для хранения n -разрядных слов как группу из n -синхронных D-триггеров с соединёнными тактовыми входами.

Счётчик - последовательностное логическое устройство, на выходы которого поступает двоичный код (многобитное значение), определяемый числом поступивших на его тактовый вход импульсов. Компонент Logisim «Счётчик», по сути, является регистром, который меняет хранимое значение на единицу при поступлении очередного тактового импульса. Кроме того, у него имеются два дополнительных входа («загрузка» и «счёт»), которые позволяют выбирать его поведение - увеличивать значение, уменьшать его или работать как обычный регистр.

В библиотеке Logisim «Память» есть компонент «Генератор случайных чисел». При срабатывании тактового входа он подаёт на выход очередное значение заданной разрядности из псевдослучайной последовательности [5].

Чтобы сделать в Logisim триггер, регистр или счётчик асинхронным, нужно установить для его атрибута «Срабатывание» значение «Высокий уровень». В таком случае тактовый вход будет работать как разрешающий, и устройство станет «прозрачным».

Более подробную информацию о работе устройств памяти вообще и в Logisim, в частности, можно найти на страницах справки по библиотеке Logisim (библиотека «Память»).

Задание 1. Реализовать в Logisim асинхронный RS-триггер на логических элементах. Убедиться в том, что его поведение соответствует описанному в таблице и совпадает с поведением RS-триггера из встроенной библиотеки Logisim. Значения на входных контактах можно изменять инструментом «Нажатие».

Задание 2. Повторить задание 1 для RS-триггера с разрешающим входом.

Задание 3. Повторить задание 1 для D-триггера с разрешающим входом.

Задание 4. Повторить задание 1 для синхронного D-триггера.

Задание 5. Спроектировать асинхронный 8-разрядный регистр с разрешающим входом на основе D-триггера из задания 3.

Требования к выполнению работы: все задания выполняются в одном файле проекта Logisim; каждое самостоятельное устройство должно быть оформлено в виде отдельной схемы с осмысленным названием входов и выходов, а также самой схемы.

После выполнения данной лабораторной работы студенту необходимо сохранить файл и показать преподавателю.

Для защиты данной работы студенту необходимо показать работу устройств в соответствии с таблицей истинности (если таблица не открывается, то воспользоваться калькулятором). Затем подготовить отчет о выполненной работе, где будут прописаны цель работы, ход работы и выводы [5].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Работа со встроенной библиотекой «Арифметика» в Logisim

Группу битов можно рассматривать как отдельные разряды многобитного значения, которое, в свою очередь, можно рассматривать как двоичное представление целого числа.

В Logisim группу однобитных проводов можно объединить в пучок; в таком случае можно говорить, что пучок передаёт многобитное значение или целое число. При записи двоичного представления целого числа, нули и единицы записывают начиная со старшего разряда (бита), а при нумерации битов «нулевым» считают младший (последний в записи) бит.

Однако таким очевидным способом можно представлять только неотрицательные целые числа. Существует несколько способов представления отрицательных целых чисел с помощью многобитных двоичных значений: прямой код, дополнительный код, дополнение до 1 и некоторые другие. Самым удобным, а потому самым популярным способом представления является дополнительный код, который также называют дополнением до 2 (англ. two's complement). Рассмотрим его подробно на примере восьмибитных значений.

При представлении неотрицательных чисел, восемью битами можно представить $2^8 = 256$ различных чисел: от 0 до 255 включительно. При использовании дополнительного кода, теми же восемью битами можно представить числа от -128 до 127, при этом ноль и положительные числа имеют в старшем разряде «0», а отрицательные - «1». Алгоритм нахождения противоположного по знаку значения для положительного числа в дополнительном коде показан с примерами в таблице 9.

Крайне важно понимать, что дополнительный код - это не способ «превратить» положительное число в отрицательное, а лишь способ интерпретации двоичного значения. Одну и ту же последовательность бит определённой длины можно интерпретировать как положительное число, если рассматривать её как беззнаковое представление, или как отрицательное число, если считать её числом, записанным в дополнительном коде. Чтобы чётче уяснить этот момент, рассмотрим обе интерпретации для нескольких восьмибитных чисел (табл. 10).

Таблица 9 - Алгоритм нахождения отрицания в дополнительном коде

Действие	Пример 1	Пример 2
1. Начиная справа, найти первую «1»	0101001 (41)	0101100 (44)
2. Инвертировать все биты слева от неё	1010111 (-41)	1010100 (-44)

Таблица 10 - Примеры представления чисел в дополнительном коде

Двоичное значение	Представление в дополнительном коде	Беззнаковое представление
00000000	0	0
00000001	1	1
...
01111110	126	126
01111111	127	127
10000000	-128	128
10000001	-127	129
10000010	-126	130
...
11111110	-2	254
11111111	-1	255

Главное преимущество дополнительного кода - многие арифметические операции над числами, представленными в дополнительном коде, осуществляются цифровыми устройствами так же, как и над беззнаковыми числами. Попробуем сложить двоичные числа 00000001 и 10000001, считая, что это беззнаковое представление, то есть складываться будут десятичные числа 1 и 129. Двоичный результат сложения - 10000010, и если интерпретировать это значение как беззнаковое, то оно означает 130, что соответствует действительности. С другой стороны, если бы мы интерпретировали слагаемые как числа в дополнительном коде, то складывали бы 1 и -127. Результат 10000010 в дополнительном коде означает -126, что снова соответствует действительности ($1 + (-127) = -126$).

В Logisim есть встроенная библиотека «Арифметика», содержащая компоненты для выполнения арифметических операций над многобитными

двоичными значениями. Вы можете задавать разрядность этих значений. Почти все компоненты из библиотеки «Арифметика» дают правильные результаты, если интерпретировать и операнды, и результат или как беззнаковые числа, или как числа в дополнительном коде. Исключение составляет компонент «Делитель» - он осуществляет беззнаковое деление. Компонент «Компаратор», сравнивающий два значения, имеет атрибут «Формат числа», который позволяет задать, как следует интерпретировать входные значения. Компонент «Отрицатель» позволяет находить противоположное по знаку число (отрицание) в дополнительном коде. Более подробно о каждом компоненте можно прочитать в справке по библиотеке Logisim «Арифметика».

Обратите внимание, что при преобразовании значения с меньшей разрядностью (например, восьмибитного) в значение с большей разрядностью (например, шестнадцатибитное), представленных в дополнительном коде, старшие биты нового значения (восемь бит в нашем случае) нужно заполнить нулями или единицами в зависимости от того, является число положительным или отрицательным. Для этой цели можно использовать компонент Logisim «Расширитель битов» (библиотека «Проводка»), со значением «Знак» для атрибута «Тип расширения».

В библиотеке Logisim «Проводка» есть компонент «Датчик», который отображает многобитные значения с возможностью выбирать представление значения: двоичное, восьмеричное, беззнаковое десятичное, знаковое десятичное (дополнительный код) и шестнадцатеричное. Это крайне удобный компонент при отладке схем, связанных с арифметикой.

Все компоненты, выполняющие арифметические операции (сумматор, вычитатель, множитель, делитель и т.д.), - комбинационные логические устройства, а значит, могут быть реализованы на логических элементах. Рассмотрим принципы их построения.

Начнём с сумматора. Вспомним, как осуществляется сложение «столбиком»:

$$\begin{array}{r} 1234 \\ + 5678 \end{array}$$

$$6912$$

Точки стоят над разрядами, которые принимают единицу от предыдущего (младшего) разряда, так как сумма цифр предыдущего разряда больше 9. Правила сложения одинаковы для любой позиционной системы счисления, поэтому сложение «столбиком» в двоичной системе будет выглядеть точно также:

$$\begin{array}{r} 11011100 \quad (220) \\ + 01001110 \quad (78) \\ \hline 100101010 \quad (298) \end{array}$$

В отличие от десятичной системы, в двоичной системе при сложении цифр одного разряда могут получиться только числа 0, 1, 10 (2), 11 (3). В соответствующий разряд результата попадает младшая цифра этого числа, а старшая цифра передаётся для сложения со следующим разрядом. Эта старшая цифра называется *битом переноса* (англ. *carry bit*). Обратите внимание, что в результате сложения в данном примере получается двоичное значение длиной больше 8 битов. Однако выход сумматора с восьмибитными входами тоже восьмибитный, поэтому дополнительный старший бит не попадёт в результат сложения, и результат, вообще говоря, будет неверным. Но бит переноса из самого старшего разряда восьмибитного значения будет единицей, и этот бит, как правило, подаётся на специальный выход сумматора, и при необходимости может быть учтён при разработке схемы.

Получается, что элементарное устройство для выполнения сложения над одним разрядом должно принимать на вход две цифры из слагаемых (A и B) и бит переноса из предыдущего разряда (C_{in} - carry in), а на выходе давать цифру для соответствующего разряда результата (S - sum) и бит переноса в следующий разряд (C_{out} - carry out). Это устройство называется *полным одноразрядным сумматором* (англ. *1-bit full adder*). Составив таблицу истинности для этих двух булевых функций от трёх переменных, получим реализацию полного сумматора (рис. 35).

Следующий шаг - построить на основе нескольких одноразрядных сумматоров многоразрядный сумматор, способный складывать многобитные значения. Самое очевидное решение - подавать бит переноса с выхода C_{out} каждого полного одноразрядного сумматора на вход C_{in} сумматора следующего разряда. Получившееся в результате устройство - многоразрядный сумматор с последовательным переносом (англ. *ripple carry adder*), его блок-схема показана на рисунке 36. Такой многоразрядный сумматор прост в реализации, но он очень медленный: каждый одноразрядный сумматор должен дожидаться бита переноса из предыдущего разряда, то есть сумматоры соединены последовательно, а значит, задержки элементов одноразрядных сумматоров суммируются. В результате общая задержка многоразрядного сумматора получается огромной.

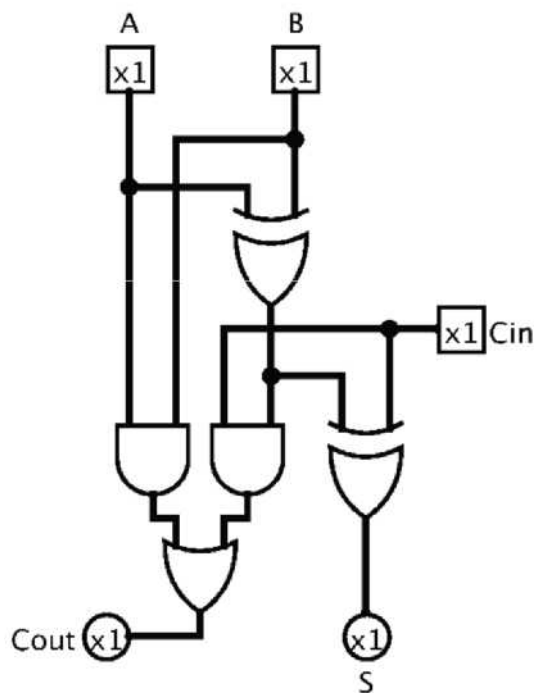


Рисунок 35. Полный одноразрядный сумматор

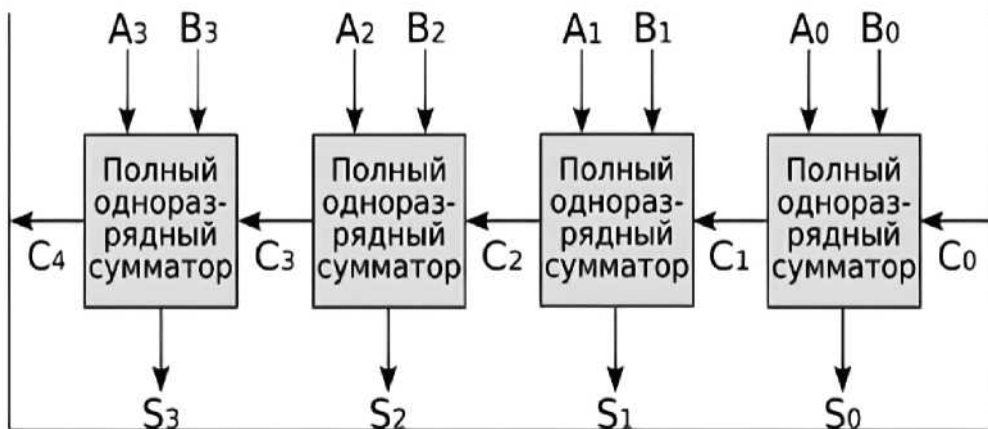


Рисунок 36. Четырёхразрядный сумматор с последовательным переносом

Существует многоразрядный сумматор с параллельным переносом (англ. carry look-ahead adder), называемый также схемой ускоренного переноса, обладающий значительно меньшей общей задержкой. Полные одноразрядные сумматоры в составе схемы ускоренного переноса имеют небольшое отличие от одноразрядных сумматоров, описанных выше - вместо того, чтобы подавать на выход один бит переноса, они выдают два бита - G (generate) и P (propagate). Бит G - единица, если данный разряд генерирует бит переноса, и может быть вычислен как $G_i = A_i \cdot B_i$. Здесь и далее латинские буквы с индексами означают однобитные значения, индексы - номера разрядов, а знаки умножения и сложения обозначают логическое умножение и сложение (т. е. операции И и

ИЛИ). Бит Р - единица, если данный разряд распространяет (пропускает в старший разряд) бит переноса, и может быть вычислен как $P_i = A_i \text{ ф } V_i$ (знак ф означает исключающее ИЛИ), что с учётом некоторых особенностей схемы ускоренного переноса может быть заменено выражением $P_i = A_i + V_i$.

Значение бита переноса для разряда может быть вычислено из значений битов G, P и бита переноса предыдущего разряда следующим образом: $C_{i+1} = G_i + P_i \cdot C_i$. Зная это, попробуем спроектировать четырёхразрядную схему быстрого переноса. Запишем выражения для битов переноса каждого разряда:

$$C_1 = G_0 + P_0 \cdot C_0$$

$$C_2 = G_1 + P_1 \cdot C_1$$

$$C_3 = G_2 + P_2 \cdot C_2$$

$$C_4 = G_3 + P_3 \cdot C_3$$

Подставляя C_1 в C_2 , затем C_2 в C_3 , а затем C_3 в C_4 , получим расширенные выражения:

$$C_i = G_0 + P_0 \cdot C_0$$

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций	2
Таблица 1	2
Знакомство с программным обеспечением Logisim	9
Цель работы: познакомиться с интерфейсом программной среды Logisim, изучить основные инструменты данной программы.	9
Задание	9
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	18
Элементарные устройства памяти	18
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	34
1.1. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА	44
1.2. РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ	45
1.3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ	45
1.4. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ	46
1.5. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА	46
1.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	46
1.1. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА	47
1.2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ	48
Статическая система.	48
Астатическая система.	48
1.3. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ	48

1.4.	УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА	49
1.5.	КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	49
	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОА № 7	49
	Цель работы: Исследование статических и динамических характеристик системы автоматической регулировки усиления (АРУ).	49
1.1.	ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА	49
	ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА	55
	РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ	57
	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ	57
	Задача 1	58
	Задача 2	58
	Задача 3	58
	Задача 7	60
	Задача 8	60
	Задача 9	61
	Задача 10	61
	Задача 11	62
	Задача 12	62
	Задача 13	62
	Задача 14	63
	Задача 15	63
	Задача 16	64
	Задача 17	64
	Задача 18	64
	Задача 19	65
	Задача 20	65
	Задача 21	66
	Задача 22	66
	Задача 23	66
	Задача 24	67
	Задача 25	67
	Задача 26	68
	Задача 27	68
	Задача 28	68
	Задача 29	69
	Задача 30	69
	Задача 31	69

Задача 32	70
Задача 33	70
Задача 34	71
Задача 35	71
Задача 36	71
Задача 37	72
Задача 38	72
Задача 39	73
Задача 40	73
Задача 41	73
Задача 42	74
Задача 43	74
Задача 44	75
Задача 45	75
Задача 46	75
Задача 47	76
Задача 48	76
Задача 49	77
Задача 50	77
Задача 51	78
Задача 52	78
Задача 53	78
Задача 54	79
Задача 55	79
Задача 56	80
Задача 57	80
Вопросы, выносимые на коллоквиум	95
1 коллоквиум	95

Обратите внимание, что теперь ни один бит переноса не зависит от предыдущего (кроме C_0 , который подаётся в схему извне), а значит, все они вычисляются параллельно, что очень существенно сокращает общую задержку схемы. Общая блок-схема четырёхразрядного сумматора с параллельным переносом приведена на рисунке 37.

Используя тот же метод, можно объединить четыре четырёхразрядных сумматора в шестнадцатиразрядный (рис. 38). Биты G_i и P_i , которые схемы ускоренного переноса будут посылать в вышестоящую схему, вычисляются по формулам:

$$P_G = P_0 \cdot P_i \cdot P_2 \cdot P_3$$

$$G_G = G_3 + G_2 \cdot P_3 + G_i \cdot P_2 \cdot P_3 + G_0 \cdot P_i \cdot P_2 \cdot P_3$$

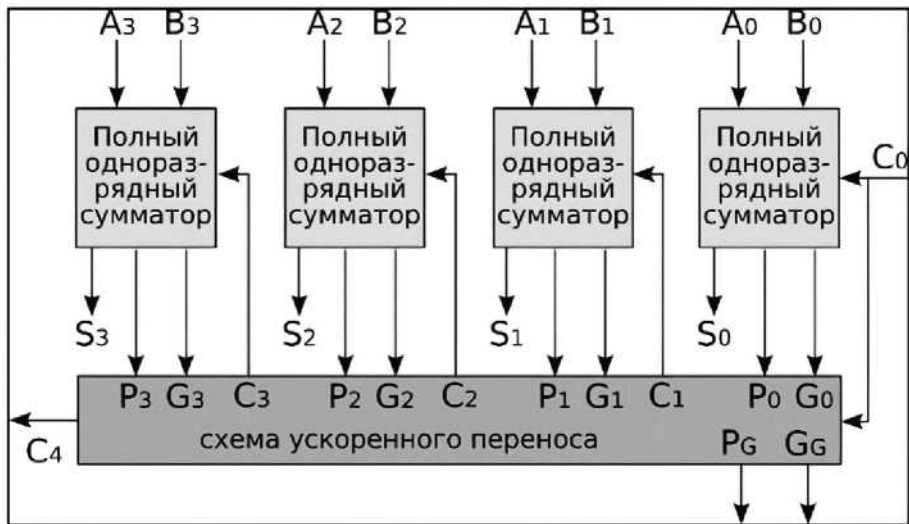


Рисунок 37. Четырёхразрядный сумматор с параллельным переносом

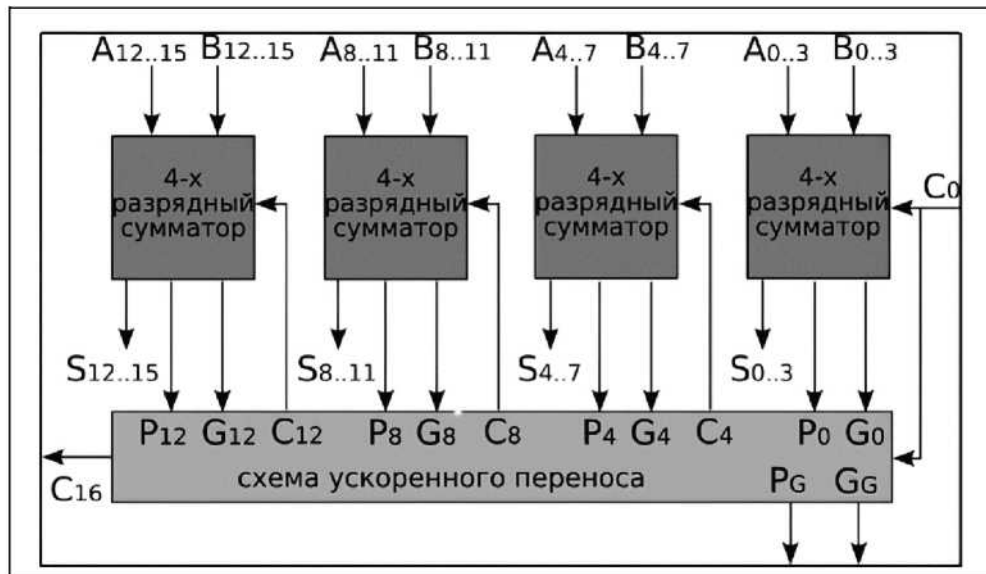


Рисунок 38. Шестнадцатиразрядный сумматор с параллельным переносом

Несмотря на то, что на этих блок-схемах схемы ускоренного переноса принимают на входах биты с разными индексами, их внутреннее устройство полностью идентично и реализует шесть приведённых выше формул.

С помощью Logisim можно проследивать распространение сигнала по схеме; это полезно сделать, чтобы сравнить общую задержку сумматоров с последовательным и параллельным переносом. Для этого нужно в меню «Моделировать» снять флажок «Моделирование включено», затем выбрать

пункт «Сбросить моделирование», и далее последовательно выбирать пункт «Шаг моделирования», наблюдая распространение сигнала.

Пользуясь приведённым здесь математическим аппаратом, можно спроектировать многоразрядный сумматор с параллельным переносом любой разрядности непосредственно (без иерархической структуры), однако сложность устройства с увеличением разрядности будет расти очень быстро.

Существует два подхода к проектированию устройства для вычитания (вычитателя, англ. subtractor). Первый состоит в том, чтобы спроектировать аналог полного одноразрядного сумматора для вычитания и использовать его в многоразрядных вычитателях. Такое устройство (*полный одноразрядный вычитатель*) будет передавать старшим разрядам не бит переноса, а *бит займа* (англ. borrow bit). Схема полного одноразрядного вычитателя показана на рисунке 39. Его входы: X - уменьшаемое, Y - вычитаемое, Bin (borrow in) - вход займа; выходы: D (difference) - разность, Bout (borrow out) - выход займа. Трёхвходовый элемент исключающее ИЛИ выдаёт единицу, когда на нечётном количестве входов единица.

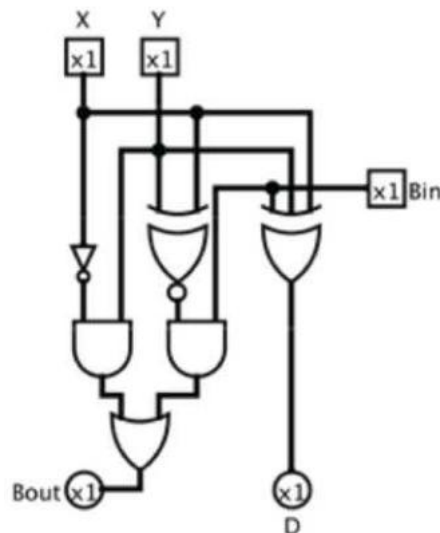


Рисунок 39. Полный одноразрядный вычитатель

Построение многоразрядного вычитателя с последовательным займом ничем не отличается от построения аналогичного сумматора. Такой вычитатель будет работать и с беззнаковой интерпретацией чисел и с дополнительным кодом.

Второй подход - воспользоваться тем фактом, что вычитание - это сложение с числом, противоположным по знаку вычитаемому ($X - Y = X + (-Y)$). В вычитателе, построенном по такому принципу, сначала для вычитаемого будет находиться противоположное по знаку значение (в дополнительном коде; этот алгоритм описан выше), а затем будет производиться сложение с помощью любого многоразрядного сумматора.

При построении устройства для умножения чисел (множителя) в первую очередь нужно помнить, что разрядность результата в два раза больше, чем 41

разрядность сомножителей. Обычная практика - выдавать старшую и младшую половины результата на разные многобитные выходы, так что каждый из них имеет разрядность исходных данных (сомножителей). Построение множителя - задача весьма сложная; мы рассмотрим только самый простой вариант реализации, он использовался в самых первых компьютерах. Для этого вспомним умножение «столбиком»:

$$\begin{array}{r} 123 \\ \times 456 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 738 \quad (123-6) \\ 615 \quad (123-5, \text{ сдвинутое на одну позицию влево}) \\ + 492 \quad (123-4, \text{ сдвинутое на две позиции влево}) \end{array}$$

$$56088$$

Умножение в двоичной системе будет производиться тем же способом:

$$\begin{array}{r} 1110 \quad (14 \text{ в двоичном представлении}) \\ \times 1011 \quad (11 \text{ в двоичном представлении}) \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1110 \quad (1110-1) \\ 1110 \quad (1110-1, \text{ сдвинутое на одну позицию влево}) \\ 0000 \quad (1110-0, \text{ сдвинутое на две позиции влево}) \\ + 1110 \quad (1110-1, \text{ сдвинутое на три позиции влево}) \end{array}$$

$$10011010 \quad (154 \text{ в двоичном представлении})$$

Иными словами, нужно только умножать (а умножение сводится либо к копированию первого множителя, либо к заполнению всех разрядов нулями), сдвигать полученные произведения и последовательно складывать их. Это можно делать потактово (тогда множитель перестанет быть комбинационным устройством), или реализовав все операции в виде одного комбинационного устройства (оно будет иметь очень большую общую задержку, так как сумматоры будут включены последовательно). Поскольку левые сдвиги осуществляются на заранее известные количества позиций, то их реализация даже не будет требовать логических элементов - лишь копирование значений со входов множителя на входы сумматоров со смещением. Поскольку у нас уже есть готовые сумматоры, реализация множителя по описанному алгоритму не составит труда. Обратите внимание, что разрядность сумматоров, как и разрядность результата, в два раза больше разрядности исходных сомножителей.

Множитель, реализующий такой принцип, будет правильно работать только для беззнаковых чисел; если интерпретировать сомножители и результат как числа

в дополнительном коде, результат будет неверным при хотя бы одном отрицательном сомножителе.

Реализация устройства для целочисленного деления (с остатком) является весьма сложной задачей; мы не будем рассматривать её в этом курсе. Напомним только, что как и в случае с умножением, результатом деления двух чисел разрядности n будут *два* числа разрядности: n - частное и остаток; как правило, они выводятся на разные выходы [5].

Задание 1. Спроектировать в Logisim полный одноразрядный сумматор.

Задание 2. Спроектировать 8-разрядный сумматор с последовательным переносом, используя одноразрядный сумматор из задания 1.

Задание 3. Спроектировать 4-разрядный сумматор с параллельным переносом, используя видоизменённый полный одноразрядный сумматор.

Задание 4. Спроектировать 8-разрядный сумматор с параллельным переносом, используя два 4-разрядных сумматора из задания 3.

Задание 5. Спроектировать 16-разрядный сумматор с параллельным переносом, используя четыре 4-разрядных сумматора из задания 3.

Задание 6. Спроектировать полный одноразрядный вычитатель.

Задание 7. Спроектировать 8-разрядный вычитатель с последовательным займом, используя одноразрядный вычитатель из задания 6.

Требования к выполнению работы: все задания выполняются в одном файле проекта Logisim; каждое задание должно быть оформлено на отдельной вкладке в виде отдельной схемы с осмысленным названием всех входов и выходов и самой схемы.

После выполнения данной лабораторной работы студенту необходимо сохранить файл и показать преподавателю.

Для защиты данной работы студенту необходимо показать работу устройств в соответствии с таблицей истинности (если таблица не открывается, то воспользоваться калькулятором). Затем подготовить отчет о выполненной работе, где будут прописаны цель работы, ход работы и выводы [5].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТИПОВЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЗВЕНЬЕВ СИСТЕМ РАДИОАВТОМАТИКИ

Цель работы: исследование частотных и переходных характеристик типовых линейных звеньев систем радиоавтоматики.

1.1. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА

На рис. 1.1 приведена схема лабораторного макета для исследования частотных и переходных характеристик типовых звеньев систем радиоавтоматики.

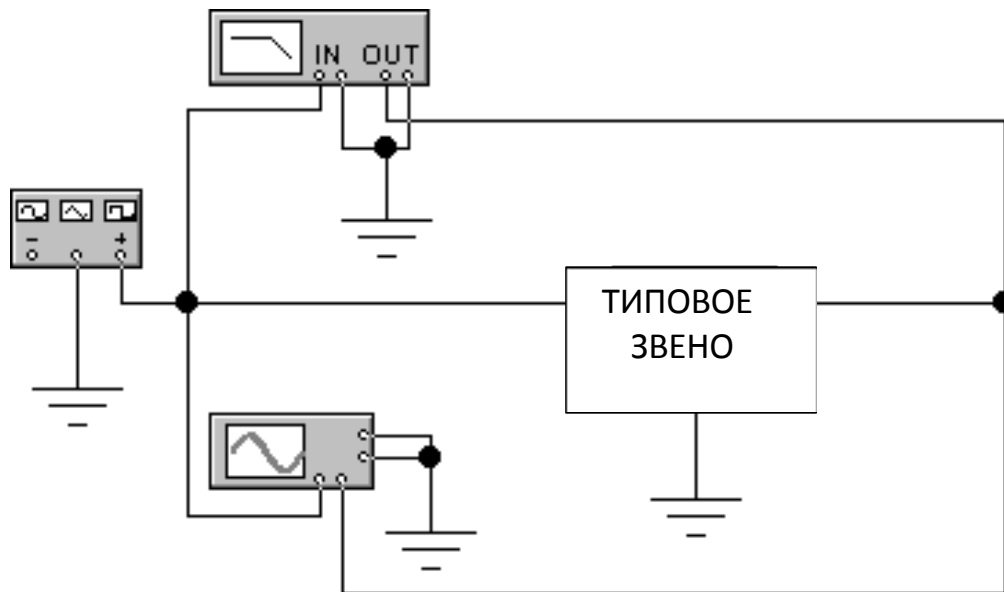


Рис. 1.1. Схема лабораторного макета

Схема макета содержит обобщенное типовое звено в виде подсхемы и контрольно измерительные приборы: функциональный генератор, осциллограф и измеритель АЧХ и ФЧХ. Для исследования частотных характеристик типовых звеньев используется измеритель АЧХ и ФЧХ, для исследования переходных характеристик — функциональный генератор и осциллограф.

1.2. РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ

Рассчитать и построить асимптотические ЛАЧХ и ЛФЧХ, переходные характеристики типовых звеньев систем радиоавтоматики (пропорционального, аperiodического 1-го порядка, аperiodического 2-го порядка, интегрирующего, дифференцирующего, форсирующего и запаздывающего), схемы которых приведены в табл. 1.8, для всех положений тумблеров S. Определить сопрягающие частоты, частоты среза, а для колебательного звена - коэффициент демпфирования ζ .

1.3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

1. Вызвать EWB из среды WINDOWS на экране, выбрать команду Open из меню, а затем открыть папку —Радиоавтоматика| в которой находятся файлы лабораторных макетов для исследования частотных и переходных характеристик типовых звеньев систем радиоавтоматики. Запуск программы анализа производится кнопкой —Пуск|.

2. Измерить и построить АЧХ и ФЧХ, ПХ типовых звеньев систем радиоавтоматики: пропорционального, аperiodического 1-го порядка, аperiodического 2-го порядка, интегрирующего, дифференцирующего, форсирующего и запаздывающего для всех положений тумблеров S.

3. По экспериментальным частотным характеристикам определить коэффициенты передачи, частоты среза, сопрягающие частоты, а по ним – постоянные времени. Сравнить расчетные и экспериментальные частотные характеристики.

4. По экспериментальным переходным характеристикам определить время установления, характер зависимостей, а для колебательного звена – время установления первого максимума, длительность переходного процесса, перерегулирование, меру колебательности, частоту колебаний. Сравнить расчетные и экспериментальные переходные характеристики.

1.4. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

При выборе диапазона часто для измерения частотных характеристик необходимо ориентироваться на величины постоянных времени звеньев, а также на сопрягающие частоты и частоты среза.

При исследовании переходных характеристик необходимо помнить, что длительность входных импульсов должна превышать длительность переходных процессов в звеньях.

1.5. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

В отчете экспериментальные и расчетные логарифмические частотные характеристики и переходные характеристики для каждого звена строятся, соответственно, на одном рисунке.

Выводы должны быть сделаны по каждому пункту исследований и должны содержать: ссылки на рисунки, характер зависимостей, физическое и теоретическое объяснение зависимостей, сравнительный анализ.

1.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое передаточная функция, какова её связь с частотными и переходными характеристиками?
2. Какие типовые воздействия Вы знаете? Дайте определение, запишите математические выражения.
3. Какие звенья систем радиоавтоматики относятся к типовым звеньям? Перечислите эти звенья
4. Что такое логарифмические и асимптотические логарифмические частотные характеристики типовых звеньев? На какой частоте и чему равна максимальная погрешность представления ЛАЧХ апериодического звена асимптотической ЛАЧХ?

5. Что такое годограф типового звена? Постройте годограф для апериодического звена второго порядка.
6. Какие параметры типовых звеньев определяют по логарифмическим частотным характеристикам?
7. Какие показатели качества переходного процесса определяют по переходным характеристикам?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМ РАДИОАВТОМАТИКИ

Цель работы: Исследование качественных показателей замкнутых статической и астатической систем радиоавтоматики.

1.1. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА

На рис. 2.1 приведена схема лабораторного макета для исследования частотных и переходных характеристик систем радиоавтоматики. Схема макета содержит обобщенную систему радиоавтоматики в виде подсистемы и контрольно-измерительные приборы: функциональный генератор, осциллограф и измеритель АЧХ и ФЧХ. Для исследования частотных характеристик систем радиоавтоматики используется измеритель АЧХ и ФЧХ, для исследования переходных характеристик - функциональный генератор и осциллограф.

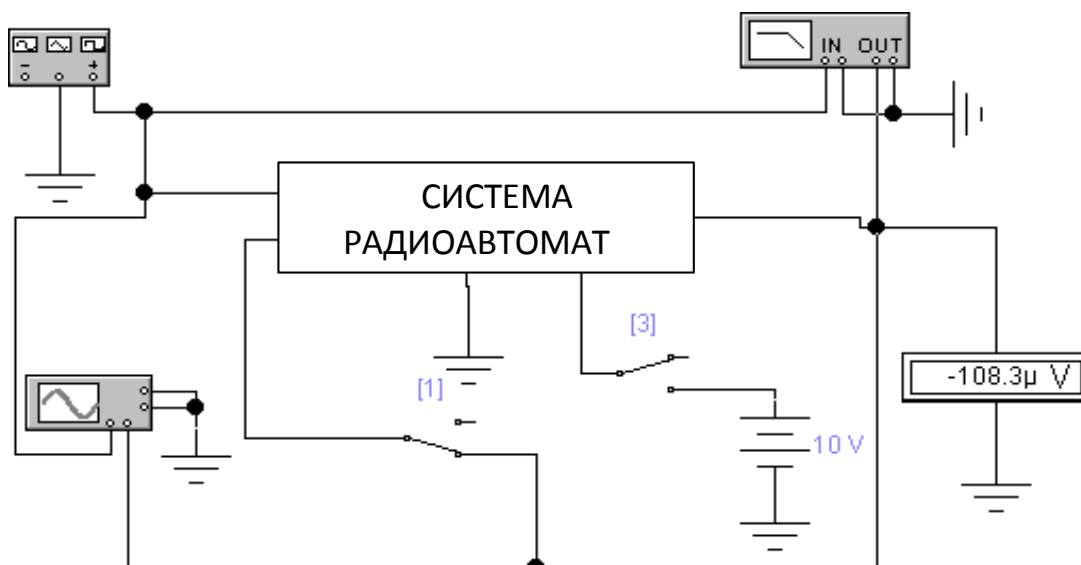


Рис. 2.1. Схема лабораторного макета

1.2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Вызвать EWB, выбрать команду Open из меню, а затем открыть папку —Радиоавтоматика в которой находятся файлы лабораторных макетов для исследования частотных и переходных характеристик систем радиоавтоматики. Запуск программы анализа производится кнопкой —Пуск.

Статическая система.

1. Измерить ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы и по ним определить запасы устойчивости по фазе и усилению для обоих положений тумблера.
2. Измерить ЛАЧХ замкнутой системы для обоих положений тумблера.
3. Исследовать качественные показатели переходного процесса замкнутой системы для обоих положений тумблера.
4. Проанализировать влияние запасов устойчивости по фазе и усилению на ЛАЧХ замкнутой системы и качество переходного процесса.
5. Исследовать влияние возмущающего воздействия на ошибку регулирования статической системы.

Астатическая система.

1. Измерить ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы и по ним определить запасы устойчивости по фазе и усилению для обоих положений тумблера.
2. Измерить ЛАЧХ замкнутой системы для обоих положений тумблера.
3. Исследовать качественные показатели переходного процесса замкнутой системы для обоих положений тумблера.
4. Проанализировать влияние запасов устойчивости по фазе и усилению на ЛАЧХ замкнутой системы и качество переходного процесса.
5. Исследовать влияние возмущающего воздействия на ошибку регулирования астатической системы.

1.3. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

При выборе диапазона часто для измерения частотных характеристик необходимо ориентироваться на величины постоянных времени звеньев, а также на сопрягающие частоты и частоты среза.

При исследовании переходных характеристик необходимо помнить, что длительность входных импульсов должна превышать длительность переходных процессов в звеньях.

1.4. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

В отчете экспериментальные и расчетные логарифмические частотные характеристики и переходные характеристики для каждого звена строятся, соответственно, на одном рисунке.

Выводы должны быть сделаны по каждому пункту исследований и должны содержать: ссылки на рисунки, характер зависимостей, физическое и теоретическое объяснение зависимостей, сравнительный анализ.

1.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные показатели качества работы систем радиоавтоматики.
2. Какие системы радиоавтоматики Вы знаете? Статическая точность их работы.
3. Устойчивость систем радиоавтоматики. Что такое критерии устойчивости? Какие критерии устойчивости Вы знаете?
4. Сформулируйте критерий устойчивости Михайлова.
5. Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста.
6. Сформулируйте критерий устойчивости Гурвица.
7. Определите запасы устойчивости на основе логарифмических характеристик.
8. Определите показатели качества переходного процесса и частотные показатели.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОА № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГУЛИРОВКИ УСИЛЕНИЯ

Цель работы: Исследование статических и динамических характеристик системы автоматической регулировки усиления (АРУ).

1.1. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА

На рис. 3.1 приведена схема лабораторного макета для исследований статических и динамических характеристик системы АРУ.

Схема макета содержит регулируемый усилитель (РУ), усилитель напряжения (У), амплитудный детектор (АД), фильтр нижних частот (ФНЧ) и контрольно-измерительные приборы: осциллограф, источник немодулированного и источник амплитудно-модулированного сигналов, источник постоянного напряжения и вольтметр постоянного напряжения. Схема макета содержит три тумблера: тумблер 1 подключает к входу системы АРУ источник немодулированного или источник амплитудно-модулированного сигналов, тумблеры 2 и 3 - замыкают или размыкают цепь обратной связи, а также при разомкнутой системе подключают к входам управления РУ источники постоянного напряжения.

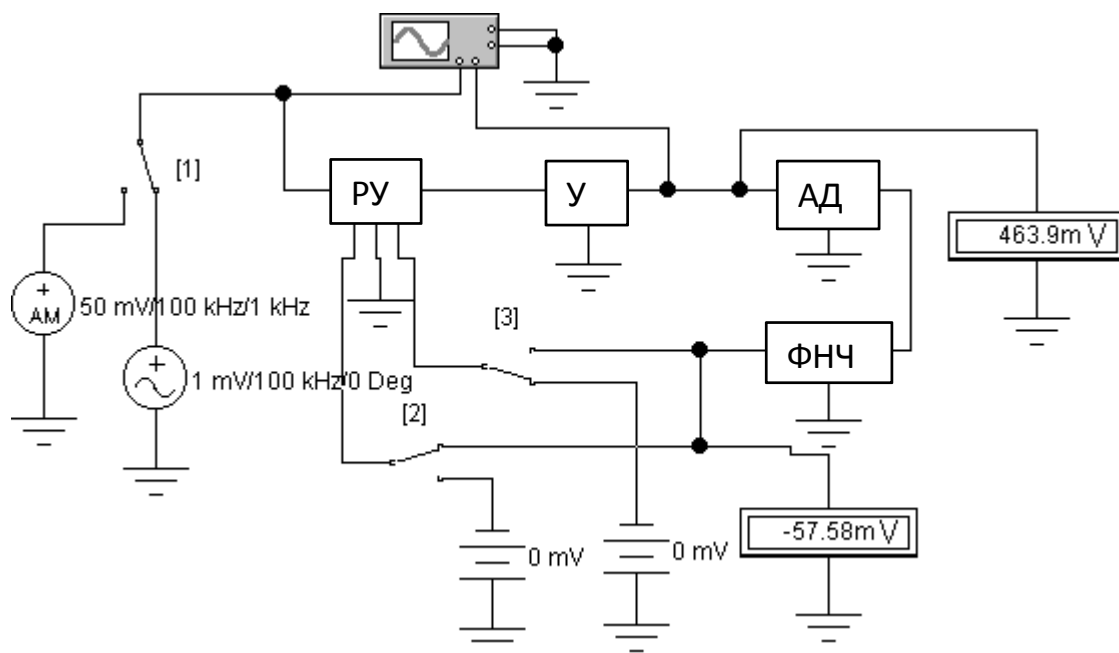


Рис. 3.1– Схема лабораторного макета

На рис. 3.2 приведена принципиальная схема РУ, в котором используется режимная регулировка усиления. Регулируемый усилитель с двумя входами управления E_{y1} и E_{y2} содержит дифференциальный каскад на транзисторах $VT1$ и $VT3$ и регулируемый источник тока на транзисторе $VT2$ управляемый напряжением.

У – инвертированный усилитель на основе операционного усилителя, принципиальная схема которого приведена на рис. 3.18а.

АД – диодный амплитудный детектор, принципиальная схема которого приведена на рис. 3.18б.

ФНЧ, принципиальная схема которого приведена на рисунке 19, содержит инвертированный усилитель на основе операционного усилителя с дискретным (тумблер 4) коэффициентом усиления и фильтра нижних частот на основе RC – звена с дискретными (тумблер 5-8) постоянными времени.

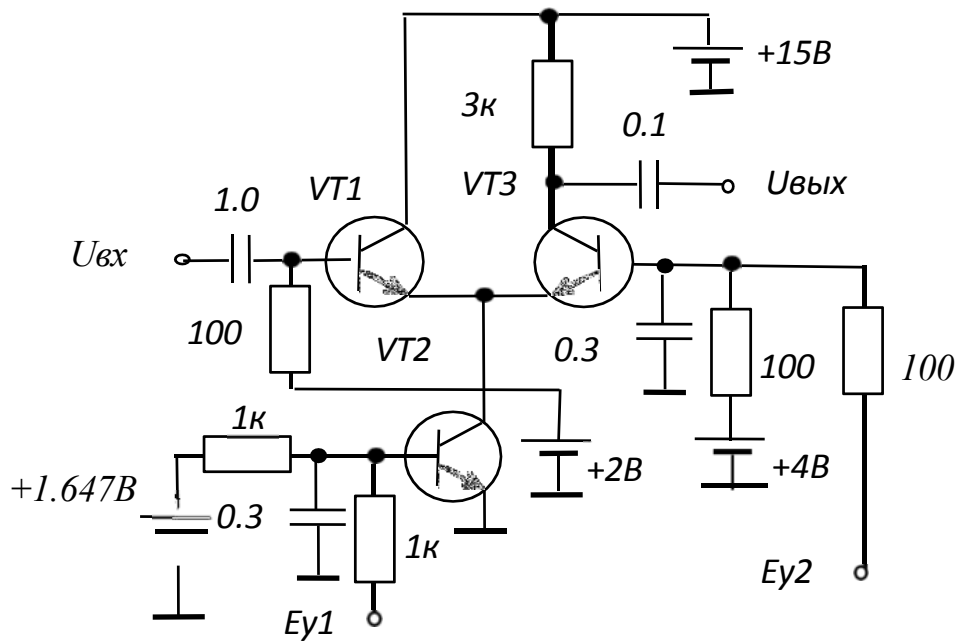
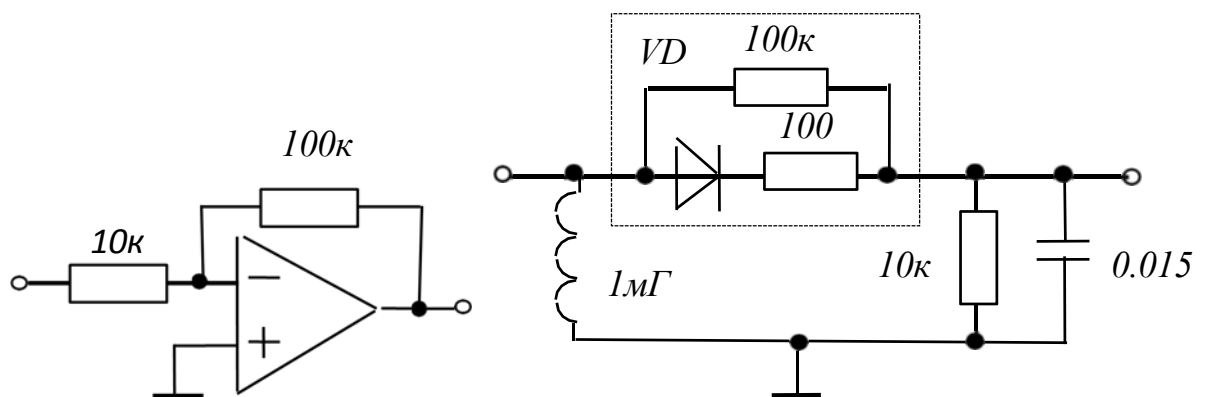


Рис. 3.2 - Принципиальная схема регулируемого усилителя



а) б)
 Рис. 3.3 - Принципиальные схемы: а) усилителя напряжения, б) амплитудного детектора

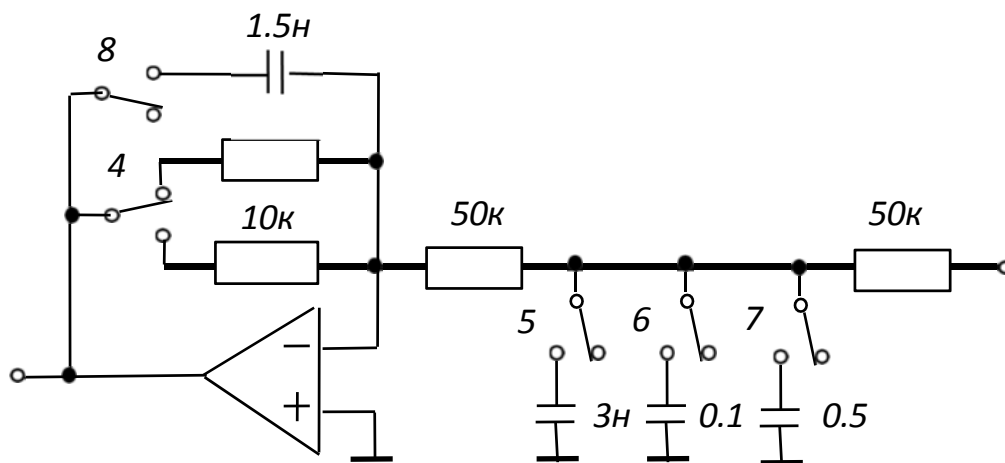


Рис. 3.4 - Принципиальная схема ФНЧ

РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ

Рассчитать и построить регулировочные характеристики РУ, приведенного на рис. 3.17, при подаче управляющего напряжения на вход E_{y1} , на вход E_{y2}

и одновременно на входы E_{y1} и E_{y2} для тока в рабочей точке $I_K 0 \quad 3\text{mA}$.

Найти максимальное входное напряжение РУ, если напряжение источника питания усилителя напряжения равно 15В.

Рассчитать и построить регулировочную характеристику системы АРУ при подаче управляющего напряжения на вход E_{y1} , на вход E_{y2} и одновременно на входы E_{y1} и E_{y2} для двух значений коэффициента

передачи усилителя ФНЧ и $E_3 0.5\text{В}$. На основе регулировочных характеристик системы АРУ рассчитать эффективности работы системы АРУ.

Для трех значений ТФ оценить устойчивость и определить допустимую амплитуду напряжения $U_{BX Д}$, при которой система находится на границе устойчивости.

Для емкости тумблера 6, найденном значении $U_{BX Д}$ и $F_M 1000\text{Гц}$ рассчитать коэффициент демодуляции АМ - сигнала.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Измерить регулировочные характеристики разомкнутой системы АРУ для немодулированного сигнала, подавая управляющее напряжение с помощью источника постоянного напряжения на вход E_{y1} , на вход E_{y2} и одновременно на входы E_{y1} и E_{y2} .

Измерить амплитудную характеристику разомкнутой системы АРУ, задавая входное напряжение с помощью генератора немодулированного сигнала. Определить с помощью осциллографа максимально допустимое входное напряжение, при котором появляются искажения выходного сигнала.

Измерить регулировочные характеристики системы АРУ при подаче управляющего напряжения на вход E_{y1} , на вход E_{y2} и одновременно на входы E_{y1} и E_{y2} для двух значений коэффициента передачи усилителя ФНЧ (тумблеры 6-8 отключены).

Исследовать нелинейные искажения в замкнутой системе АРУ при амплитудно-модулированном сигнале на входе для различных постоянных времени ФНЧ. Определить быстродействие системы АРУ и коэффициент демодуляции АМ - сигнала.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

При измерении АХ и регулировочных характеристик фиксируются показания генератора немодулированного сигнала, источника постоянного напряжения и вольтметра, включенного на выходе системы АРУ.

При исследовании искажений немодулированного и амплитудно-модулированного сигналов устанавливается соответствующая развертка осциллографа.

УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Выводы должны быть сделаны по каждому пункту исследований и должны содержать: ссылки на рисунки, характер зависимостей, физическое и теоретическое объяснение зависимостей, сравнительный анализ.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Какая АРУ называется инерционной? Усиленной? Задержанной?

Каким параметром регулировочной характеристики оценивается эффективность АРУ, от чего он зависит?

Объясните причины демодуляции АМ – сигнала на выходе замкнутой системы АРУ.

Объясните причины потери устойчивости замкнутой системы АРУ.

основе операционного усилителя и моста Вина.

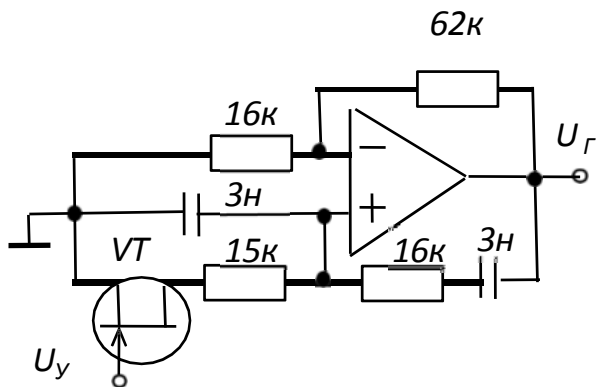


Рис. 4.14 – Принципиальная схема RC-генератора на основе моста Вина

На рис. 4.15 приведены принципиальные схемы ФД и ФНЧ на основе операционных усилителей.

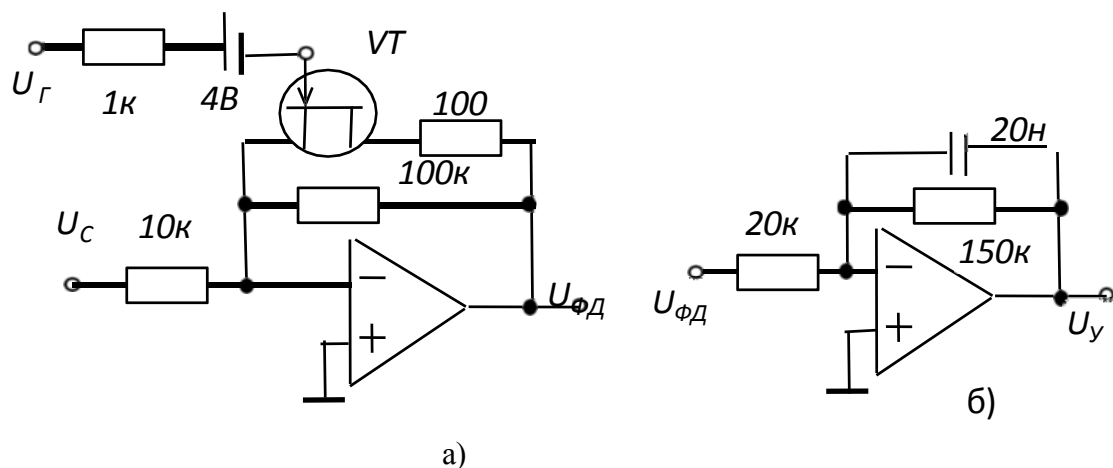
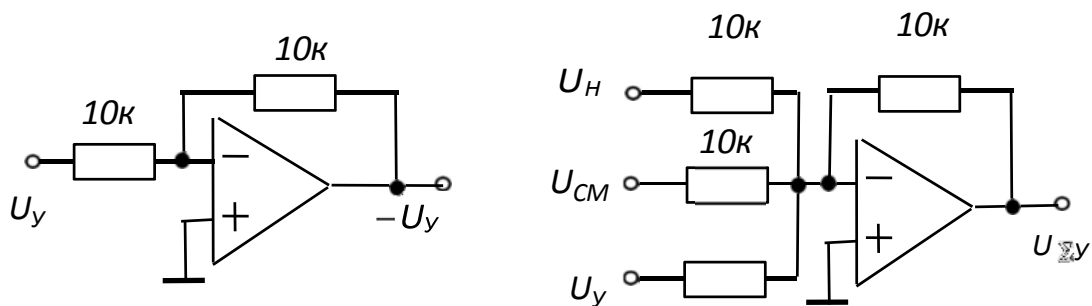


Рис. 4.15 – Принципиальные схемы ФД (а) и ФНЧ (б)

На рис. 4.16 приведены принципиальные схемы усилителя-инвертора и сумматора на основе операционных усилителей.



а)

б)

Рис. 4.16 – Принципиальные схемы Уинв (а) и СУМ (б)

РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ

1. Рассчитать и построить регулировочную характеристику ПГ, приведенного на рисунке 14, для сопротивления канала полевого транзистора при напряжении на затворе равном нулю $R_0 = 2\text{кОм}$ и напряжении отсечки $U_{ОТС} = 2\text{В}$.
2. По построенной регулировочной характеристике определить передаточную функцию управляемого элемента (крутизну) K_U .
3. Рассчитать максимальное напряжение управления $U_{У МАХ}$, полосу удержания $П_U$, полосу захвата $П_З$ и построить регулировочную характеристику системы ФАПЧ для значения напряжения смещения на затворе $U_{СМ} = 0.5\text{В}$.
4. Оценить устойчивость работы системы ФАПЧ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

1. Измерить регулировочную характеристику ПГ для разомкнутой системы ФАПЧ для значения напряжения смещения на сумматоре $U_{СМ} = 0.5\text{В}$ (на затворе -0.5В), задавая значения напряжения настройки U_N от -1В до $+1\text{В}$.
2. Измерить с помощью осциллографа регулировочную характеристику управления замкнутой системы ФАПЧ для значения напряжения смещения на сумматоре $U_{СМ} = 0.5\text{В}$, задавая напряжение настройки U_N треугольной формы с помощью функционального генератора.
3. Определить по регулировочной характеристике управления замкнутой системы ФАПЧ максимальные напряжения управления $U_{У МАХ}$ на частотах $f_{УВ}$, $f_{УН}$, $f_{ЗВ}$, $f_{ЗН}$, полосу удержания $П_U$, полосу захвата $П_З$ и построить регулировочную характеристику системы ФАПЧ.

4. Измерить регулировочные характеристики системы ФАПЧ в режиме слежения и вне режима слежения.

Практическое занятие №1

Типовые звенья систем радиоавтоматики

Задача 1

Передаточная функция звена

$$K(p) = \frac{1 + T_1 p}{1 + T_2 p}.$$

Записать дифференциальное уравнение.

Задача 2

Дифференциальное уравнение, описывающее линейное звено, имеет вид

$$T_1 T_2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + (T_1 + T_2) \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = x(t).$$

Найти передаточную функцию звена.

Задача 3

ЛАХ звена имеет вид (рис. 3.1).

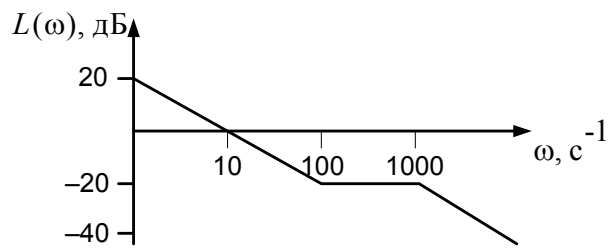


Рис. 3.1

Найти передаточную функцию звена.

Задача 4

ЛАХ звена имеет вид (рис. 4.1).

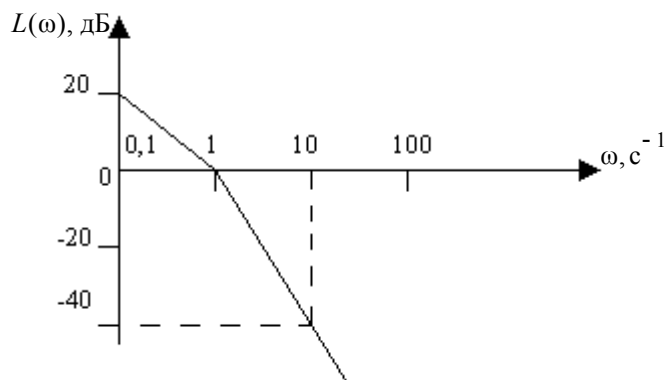


Рис. 4.1

Найти передаточную функцию звена.

Задача 5

Передаточная функция звена

$$K(p) = \frac{10(1+p)}{p^2}.$$

Записать выражения для асимптотической ЛАХ и ФЧХ. Построить графики ЛАХ и ЛФХ звена.

Задача 6

ЛАХ звена имеет вид (рис. 6.1).

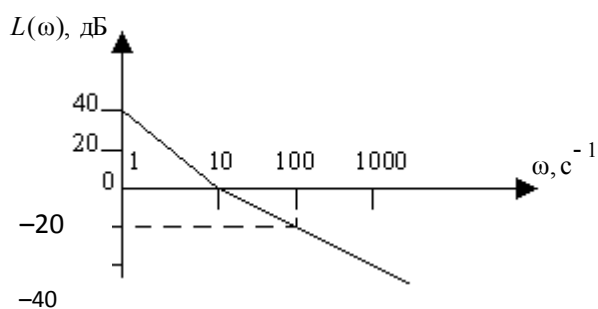


Рис. 6.1

Найти передаточную функцию.

Задача 7

Передаточная функция звена

$$K(p) = \frac{2(1 + 0,01p)}{(1 + p)(1 + 0,1p)}$$

Записать выражения для асимптотической ЛАХ и ФЧХ. Построить графики ЛАХ и ЛФХ звена.

Задача 8

Найти передаточную функцию звена, представленного структурной схемой (рис. 8.1).

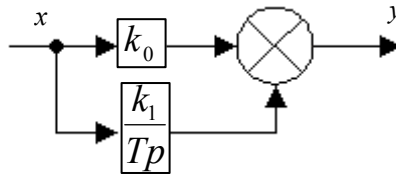


Рис. 8.1

Построить график АФХ (годограф) при $k_0 = 10$, $k_1 = 2$; $T = 1$ с.

Задача 9

Найти передаточную функцию, АЧХ и ФЧХ звена, представленного структурной схемой (рис. 9.1). Построить графики АЧХ и ФЧХ.

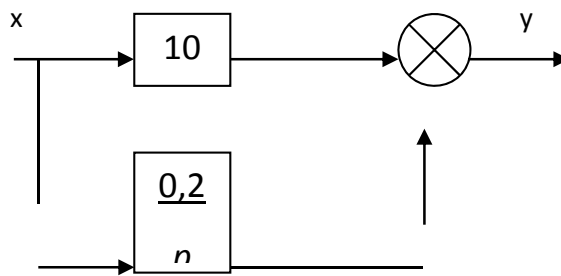


Рис. 9.1

Задача 10

ЛАХ звена имеет вид (рис. 10.1).

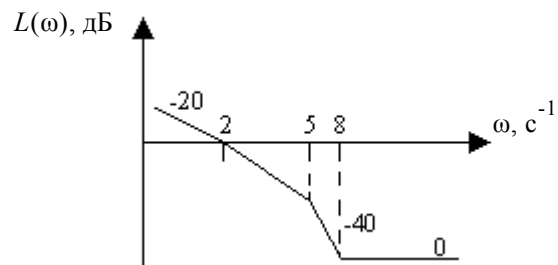


Рис. 10.1

Найти передаточную функцию звена.

Практическое занятие №2

Типовые звенья систем радиоавтоматики

Задача 11

Передаточная функция звена

$$K(p) = \frac{10(1 + 0,1p)}{p(1 + p)}$$

Найти переходную характеристику $h(t)$ и построить ее график.

Задача 12

Передаточная функция звена

$$K(p) = \frac{5 + 0,005p}{(1 + 0,1p)(1 + 0,05p)}$$

Записать выражения для асимптотической ЛАХ и ФЧХ. Построить графики ЛАХ и ЛФХ звена.

Задача 13

Определить АЧХ замкнутой системы (рис. 13.1)

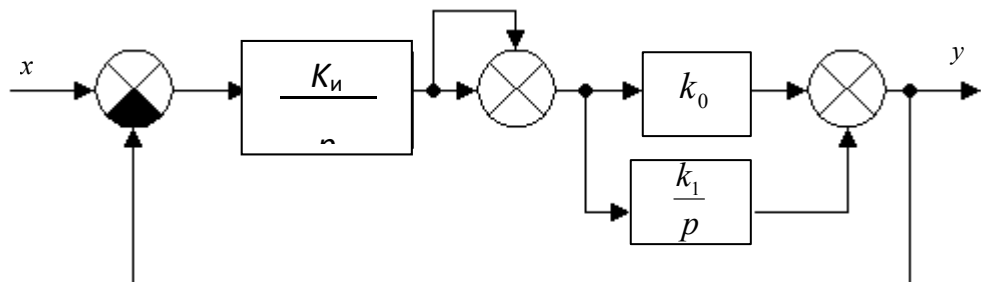


Рис. 13.1

Построить график $K_3(\omega)$ при значениях параметров $k_0 = 1$; $k_1 = 10 \text{ с}^{-1}$; $k_{и}=2 \text{ с}^{-1}$.

Задача 14

Определить АЧХ и ФЧХ системы, заданной структурной схемой

(рис. 14.1).

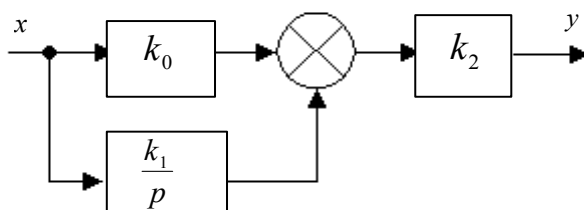


Рис. 14.1

Построить графики $K(\omega)$ и $\varphi(\omega)$ при значениях параметров $k_0 = 10$; $k_1 = 100 \text{ с}^{-1}$, $k_2 = 0,2$.

Задача 15

Определить ЛАХ и ФЧХ системы, заданной структурной схемой

(рис. 15.1)

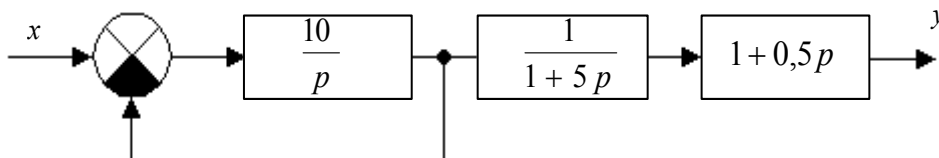


Рис. 15.1

Построить графики ЛАХ и ЛФХ.

Задача 16

Найти передаточную функцию $K_{xy}(p)$ замкнутой системы (рис. 16.1).

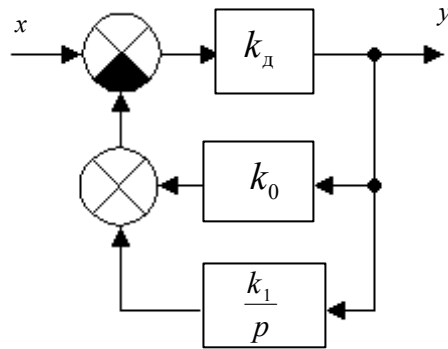


Рис. 16.1

Задача 17

Для замкнутой системы (рис. 17.1) найти АЧХ $K_{xy}(\omega)$ и построить ее график при значениях параметров $k = 10 \text{ с}^{-1}$, $T = 0,1 \text{ с}$.

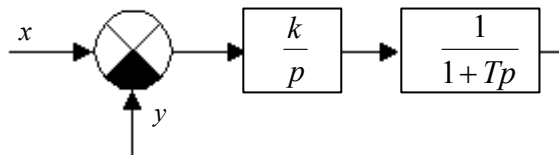


Рис. 17.1

Задача 18

Для замкнутой системы (рис. 18.1) найти переходную характеристику и построить ее график.

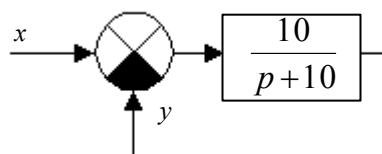


Рис. 18.1

Задача 19

ЛАХ разомкнутой системы имеет вид (рис. 19.1).

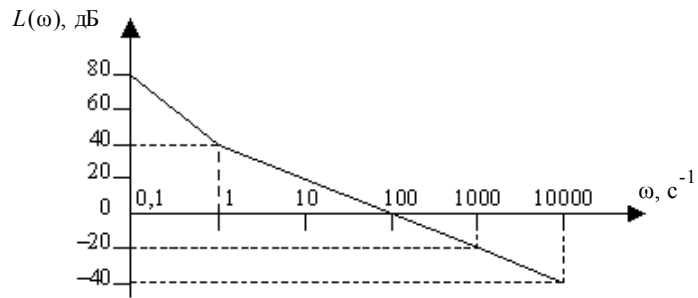


Рис. 19.1

Найти ФЧХ разомкнутой системы и построить ее график.

Задача 20

ЛАХ разомкнутой системы имеет вид (рис. 20.1).

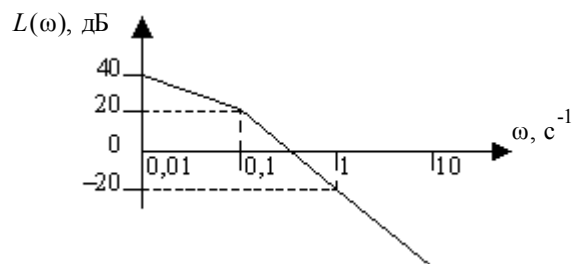


Рис. 20.1

Найти АЧХ замкнутой системы и построить ее график.

Практическое занятие №3

Передаточные функции линейных непрерывных систем

Задача 21

Найти передаточную функцию разомкнутой системы, ЛАХ которой представлена на рис. 21.1. Построить годограф $K_p(j\omega)$.

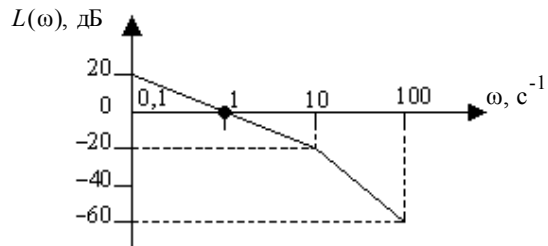


Рис. 21.1

Задача 22

Для заданной структурной схемы (рис. 22.1) найти передаточную функцию, ЛАХ и ФЧХ разомкнутой системы. Построить графики ЛАХ и ЛФХ разомкнутой системы, полагая $k_d = 0,1$; $k_0 = 10$; $k_1 = 10$; $T = 0,1$ с; $k_2 = 100$ с⁻¹.

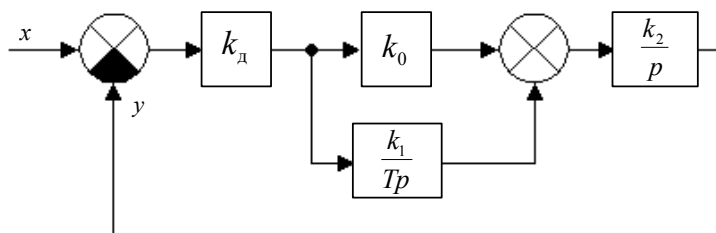


Рис. 22.1

Задача 23

ЛАХ разомкнутой системы имеет вид (рис. 23.1).

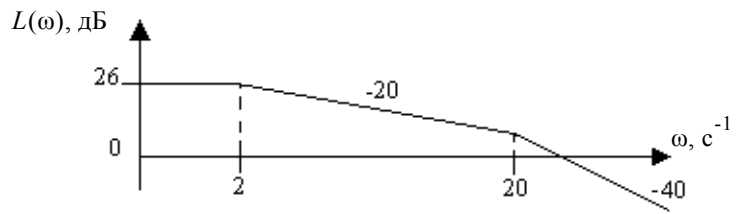


Рис. 23.1

Найти: а) АЧХ и ФЧХ разомкнутой системы и построить их графики; б) передаточную функцию замкнутой системы.

Задача 24

ЛАХ разомкнутой системы имеет вид (рис. 24.1).

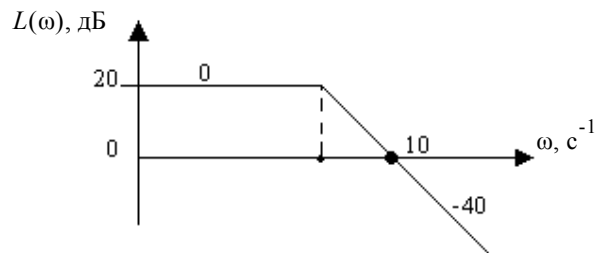


Рис. 24.1

Найти: а) АЧХ разомкнутой системы, построить ее график; б) передаточную функцию замкнутой системы.

Задача 25

ЛАХ разомкнутой системы имеет вид (рис. 25.1).

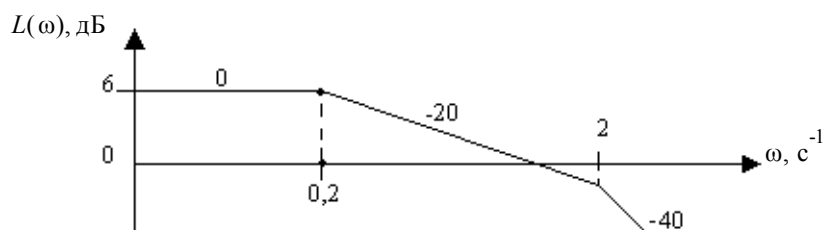


Рис. 25.1

Найти передаточную функцию и АЧХ замкнутой системы.

Задача 26

Найти передаточную функцию замкнутой системы, если асимптотическая ЛАХ разомкнутой системы определяется как

$$L(\omega) = \begin{cases} -40 \lg(0,1\omega) & \text{при } \omega \leq 2 \text{ c}^{-1}; \\ -40 \lg(0,1\omega) + 20 \lg(0,5\omega) & \text{при } \omega > 2 \text{ c}^{-1}. \end{cases}$$

Задача 27

Передаточная функция разомкнутой системы

$$K(p) = \frac{8}{(1+p)^3}.$$

Найти: а) АФХ разомкнутой системы и построить ее график (годограф); б) передаточную функцию замкнутой системы.

Задача 28

Найти АЧХ замкнутой системы (рис. 28.1) и построить ее график.

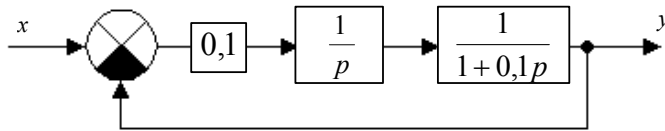


Рис. 28.1

Практическое занятие №4

Устойчивость замкнутых автоматических систем

Задача 29

Для заданной структурной схемы (рис. 29.1) построить ЛАХ и ЛФХ разомкнутой системы. Определить запас устойчивости по фазе и усилению при $k_0 = 0,01$; $k_1 = 10 \text{ с}^{-1}$.

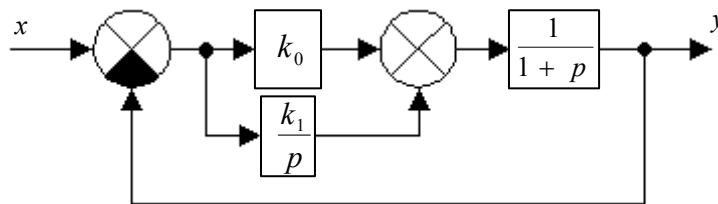


Рис. 29.1

Задача 30

Выбрать значение параметра T , при котором обеспечивается приемлемый запас устойчивости системы (рис. 30.1).

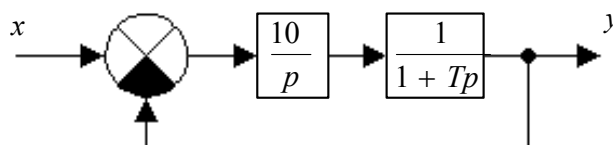


Рис. 30.1

Задача 31

Передаточная функция разомкнутой системы

$$K_p(p) = \frac{100(1 + 0,05p)}{p^2(1 + 0,01p)}.$$

Определить запас устойчивости для замкнутой системы.

Задача 32

Передаточная функция разомкнутой системы

$$K_p(p) = \frac{K}{p(1 + 20p)}.$$

Выбрать значение параметра K , обеспечивающее приемлемый запас устойчивости для замкнутой системы

Задача 33

Передаточная функция разомкнутой системы

$$K_p(p) = \frac{K}{(1 + p)^3}.$$

Найти значение параметра K из условия, что запас по фазе для замкнутой системы $\Delta\varphi \geq \pi/4$ рад, а запас по усилению $\Delta L \geq 6$ дБ.

Практическое занятие №5

Устойчивость замкнутых автоматических систем

Задача 34

ЛАХ разомкнутой системы имеет вид (рис. 34.1).

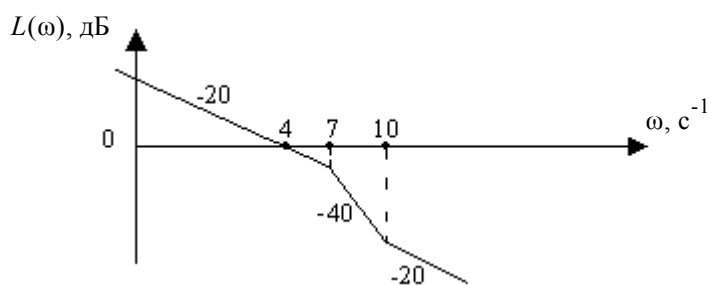


Рис. 34.1

Определить запас устойчивости замкнутой системы.

Задача 35

ЛАХ разомкнутой системы имеет вид (рис. 35.1).

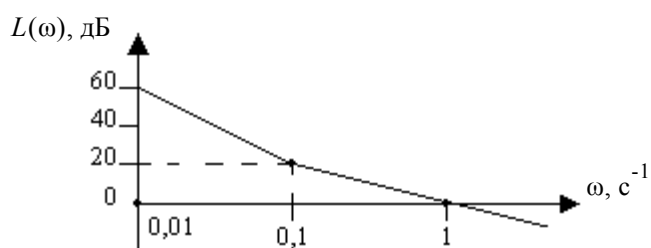


Рис. 35.1

Определить запас устойчивости замкнутой системы.

Задача 36

ЛАХ разомкнутой системы имеет вид (рис. 36.1).

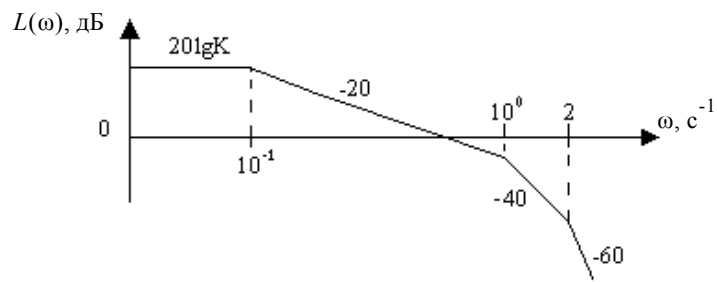


Рис. 36.1

Определить значение параметра K , при котором обеспечиваются запас устойчивости по усилению не менее 6 дБ и по фазе не менее 30 град (для замкнутой системы).

Задача 37

ЛАХ разомкнутой системы имеет вид (рис. 37.1).

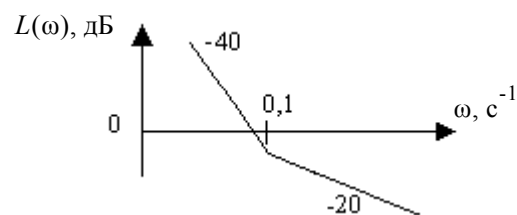


Рис. 37.1

Определить значение коэффициента усиления разомкнутой системы, при котором запас по фазе $\Delta\varphi = \pi/6$ рад (для замкнутой системы).

Практическое занятие №6

Оценка качества переходного процесса

Задача 38

Для замкнутой системы (рис. 38.1) найти переходную характеристику, определить быстродействие и перерегулирование при $T = 0,2$ с.

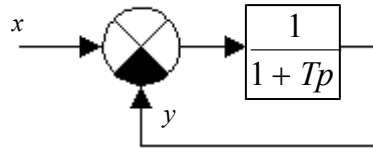


Рис. 38.1

Задача 39

Для замкнутой системы (рис. 39.1) определить значение параметра k , при котором обеспечивается заданное время переходного процесса: $t_n < 0,01$ с.

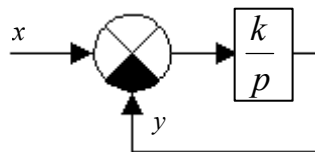


Рис. 39.1

Практическое занятие №7

Точность действия автоматических систем

Задача 40

Найти установившуюся ошибку в следящей системе (рис. 40.1), полагая, что воздействие $x(t) = 20 + 2t - 0,5t^2$.

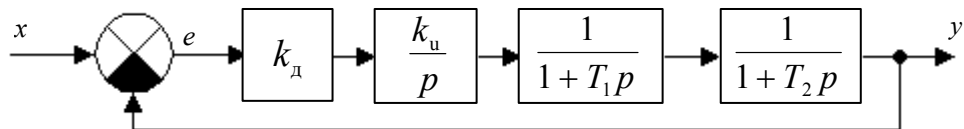


Рис. 40.1

Задача 41

Для системы с передаточной функцией

$$K_{xe}(p) = \frac{T_1 T_2 p^3 + (T_1 + T_2) p^2 + p}{T_1 T_2 p^3 + (T_1 + T_2) p^2 + p + K_1}$$

найти статическую ошибку, ошибку по скорости и ошибку по ускорению.

Задача 42

Для систем, ЛАХ которых представлены на рис. 42.1, *а, б, в, г*, найти установившуюся ошибку слежения при задающем воздействии $x(t) = x_0 + v_x t + 0,5 \dot{v}_x t^2$.

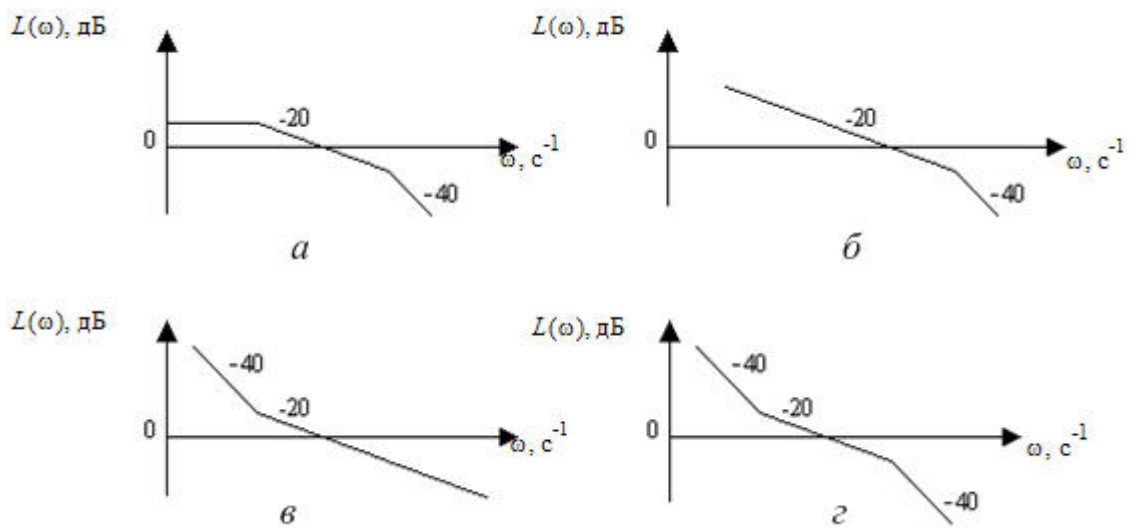


Рис. 42.1

Задача 43

Для замкнутой системы (рис. 43.1) найти шумовую полосу, а также установившуюся ошибку при задающем воздействии $x(t) = 1 + 0,5t$.

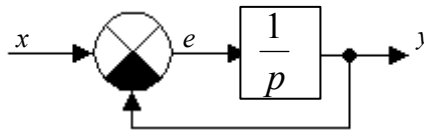


Рис. 43.1

Задача 44

Передаточная функция разомкнутой системы

$$K_p(p) = \frac{K_1}{p(1+p)}.$$

Найти шумовую полосу замкнутой системы при условии, что запас устойчивости по фазе $\Delta\varphi = \pi/4$ рад.

Задача 45

Передаточная функция разомкнутой системы

$$K_p(p) = \frac{K_1}{p}.$$

Найти шумовую полосу замкнутой системы при условии, что скоростная ошибка слежения $e_{ск} < 0,01\%$ от скорости v_x изменения параметра x .

Задача 46

Для замкнутой системы (рис. 46.1) найти шумовую полосу, а также установившуюся ошибку при задающем воздействии $x(t) = 20 - t$.

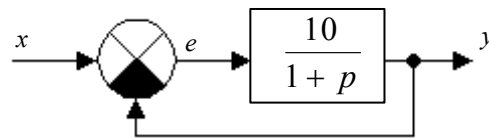


Рис. 46.1

Задача 47

Для замкнутой системы (рис. 47.1) определить значение параметра K_0 , при котором обеспечивается заданная точность: дисперсия шумовой ошибки равна квадрату установившейся статической ошибки. Задающее воздействие $x(t) = 10$, а спектральная плотность белого шума $N_0 = 0,1 \text{ Гц}^{-1}$.

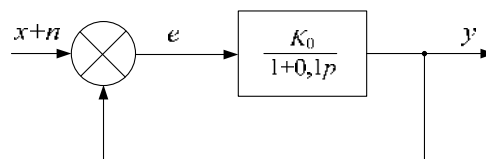


Рис. 47.1

Задача 48

ЛАХ разомкнутой системы имеет вид (рис. 48.1).

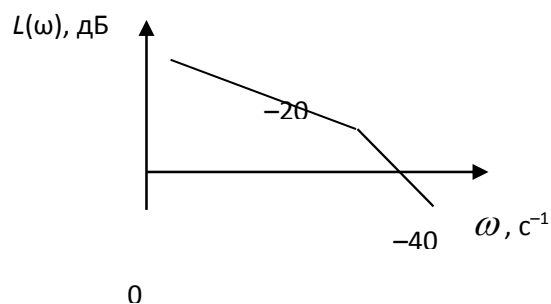


Рис. 48.1

Определить параметры системы, при которых шумовая полоса замкнутой системы равна 1Гц, а запас устойчивости по фазе $\Delta\varphi \geq \pi/6$ рад.

Задача 49

Провести оптимизацию системы (рис. 49.1) по параметру K , используя критерий минимума среднего квадрата ошибки. Воздействие $x(t) = x_0$, а помеха – белый шум с энергетическим спектром N_0 Гц⁻¹.

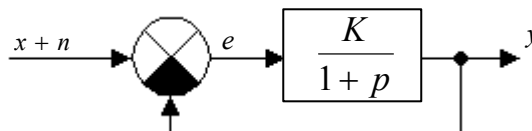


Рис. 49.1

Задача 50

Провести оптимизацию системы (рис. 50.1) по параметру K , используя критерий минимума среднего квадрата ошибки. Воздействие $x(t) = 0,2 - t$, а помеха – белый шум с энергетическим спектром $N_0 = 0,5$ Гц⁻¹.

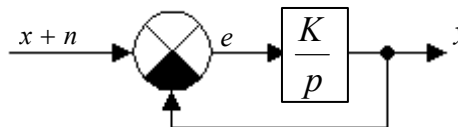


Рис. 50.1

Практическое занятие №8

Показатели качества типовых систем радиоавтоматики

Задача 51

Определить запас устойчивости и ошибку слежения системы АПЧ (рис. 51.1), полагая задающее воздействие $\Delta f_c(t) = 10 - \nu_f t$ ($\nu_f = 5$ Гц/с); $k_d = 0,5$ В/кГц; $k_r = 25$ кГц/В

$$K_\phi(p) = \frac{10(1 + 0,1p)}{p(2 + 1,6p)}$$

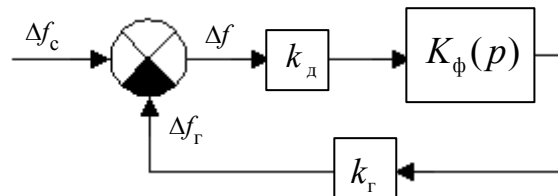


Рис. 51.1

Задача 52

Выбрать структуру ФНЧ и параметры системы ФАПЧ (рис. 52.1), обеспечивающие заданные показатели качества: быстродействие $t_n \leq 10^{-2}$ с; перерегулирование $\varepsilon \leq 30\%$; ошибку слежения $\varphi \leq 0,01$ рад при скорости $\nu_\varphi = 0,5$ рад/с.

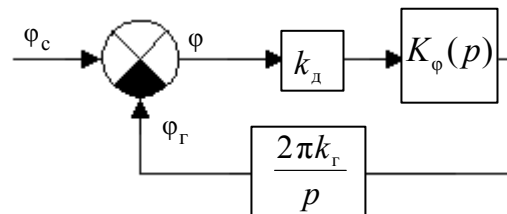


Рис. 52.1

Задача 53

Для системы слежения за задержкой, представленной структурной схемой (рис. 53.1) определить значение параметра $K_1 = k_d K$, при котором обеспечиваются заданные показатели качества: быстродействие $t_n \leq 10^{-2} \text{с}$; перерегулирование $\varepsilon \leq 30\%$; ошибка слежения $\Delta\tau \leq 0,2 \text{ мкс}$ при скорости $v_\tau = 1,2 \text{ мкс/с}$.

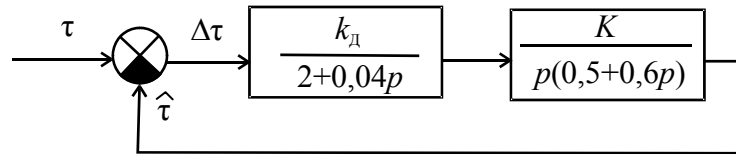


Рис. 53.1

Задача 54

Определить запас устойчивости, шумовую полосу и ошибку системы слежения за задержкой (рис. 54.1), полагая задающее воздействие $\tau(t) = 0,1 + v_\tau t$ ($v_\tau = 0,5 \text{ мкс/с}$); $k_d = 5 \text{ В/мкс}$; $K = 40$; $k_p = 0,2 \text{ мкс/В}$; $T_1 = 0,001 \text{ с}$; $T_2 = 0,02 \text{ с}$.

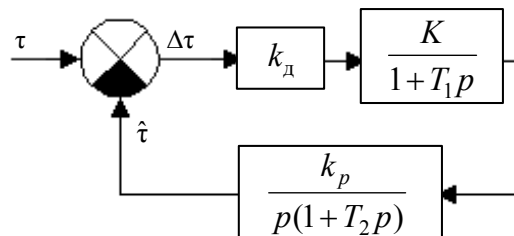


Рис. 54.1

Задача 55

Определить запас устойчивости, шумовую полосу, быстродействие и ошибку системы ССН (рис. 55.1), полагая воздействие $\alpha(t) = v_\alpha t - \dot{v}_\alpha t^2 / 2$ ($v_\alpha = 10 \text{ град/с}$; $\dot{v}_\alpha = 2 \text{ град/с}^2$); $k_d = 0,25 \text{ В/град}$; $k_{иу} = 0,5 \text{ град/В}$;

$$K_\phi(p) = \frac{100(1+0,5p)}{p}$$

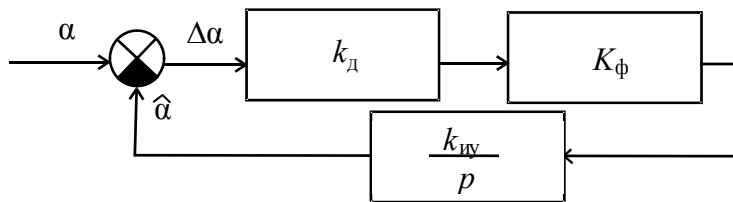


Рис. 55.1

Задача 56

Выбрать структуру ФНЧ и параметры системы АПЧ (рис. 56.1), обеспечивающие заданные показатели качества: быстродействие $t_n \leq 10^{-3}$ с; перерегулирование $\varepsilon = 0$; ошибку слежения $\Delta f \leq 1$ Гц при скорости $v_f = 100$ Гц/с.

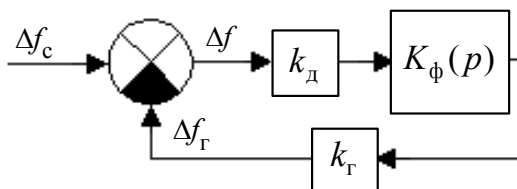


Рис. 56.1

Задача 57

Определить запас устойчивости, шумовую полосу и ошибку слежения системы ФАПЧ (рис. 57.1), полагая воздействие $\varphi_c(t) = \Omega t + \dot{\Omega} t^2 / 2$; ($\Omega = 0,4$ рад/с; $\dot{\Omega} = 0,2$ рад/с²); $k_d = 5$ В/рад; $k_r = 45$ Гц/В

$$K_{\phi}(p) = \frac{(0,2 + 0,05p)}{p}$$

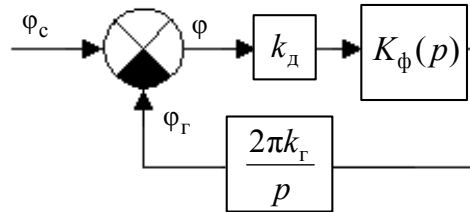


Рис. 57.1

Вопросы для тестирования

I: 1.

S: Система радиоавтоматики, использующая регулирования по отклонению называется

- : закрытой
- : завязанной
- : запертой
- +: замкнутой
- : открытой
- : разомкнутой

I: 2.

S: Система радиоавтоматики, использующая регулирования по возмущению называется

- : закрытой
- : завязанной
- : запертой
- : замкнутой
- : открытой
- +: разомкнутой

I: 3.

S: Замкнутая система радиоавтоматики использует регулирования по

- +: отклонению
- : производной
- : накоплению
- : включению
- : выключению

-: возмущению

I: 4.

S: Разомкнутая система радиоавтоматики использует регулирования по

-: отклонению

-: производной

-: накоплению

-: включению

-: выключению

+: возмущению

I: 5.

S: В непрерывной системе радиоавтоматики сигнал ошибки это — ... функция времени.

-: линейная

-: производная

-: прерывистая

-: дискретная

-: интегральная

+: непрерывная

I: 6.

S: В дискретной системе радиоавтоматики сигнал ошибки это — ... функция времени.

-: линейная

-: производная

+: прерывистая

-: нелинейная

-: интегральная

-: непрерывная

I: 7.

S: В замкнутой системе управления

-: все входы замкнуты на землю

-: все входы замкнуты между собой

-: выход замкнут на землю

-: замкнута петля положительной обратной связи

-: нет внешних воздействий

+: замкнута петля отрицательной обратной связи

I: 8.

S: В разомкнутой системе управления

-: цепь питания разомкнута

-: разомкнуты все входные цепи

-: разомкнуты все выходные цепи

+: разомкнута петля отрицательной обратной связи

I: 9.

S: Для описания статической модели используется следующий математический аппарат:

- + : Алгебраические уравнения
- : Дифференциальные уравнения
- : Передаточные функции
- : Частотные характеристики

I: 10.

S: Для описания статической модели используется следующий математический аппарат:

- + : Алгебраические уравнения
- : Дифференциальные уравнения
- : Передаточные функции
- : Частотные характеристики

I: 11.

S: Для описания динамической модели используется следующий математический аппарат:

- : Алгебраические уравнения
- + : Дифференциальные уравнения
- : Передаточные функции
- : Частотные характеристики

I: 12.

S: Полоса захвата – это

+ : начальная расстройка, при которой система ЧАПЧ входит в режим автоподстройки.

- : диапазон частот входного сигнала, внутри которого система ЧАПЧ находится в режиме автоподстройки.

- : максимальное отклонение частоты гетеродина при входе системы ЧАПЧ в режим автоподстройки

I: 13

S: Система радиоавтоматики, использующая регулирования по отклонению называется

- : закрытой
- : завязанной
- : запертой
- + : замкнутой
- : открытой
- : разомкнутой

I: 14.

S: Система радиоавтоматики, использующая регулирования по возмущению называется

- : закрытой
- : завязанной
- : запертой
- : замкнутой
- : открытой
- + : разомкнутой

I: 15.

S: Замкнутая система радиоавтоматики использует регулирования по

- + : отклонению
- : производной
- : накоплению
- : включению
- : выключению
- : возмущению

I: 16.

S: Разомкнутая система радиоавтоматики использует регулирования по

- : отклонению
- : производной
- : накоплению
- : включению
- : выключению
- + : возмущению

I: 17.

S: В непрерывной системе радиоавтоматики сигнал ошибки это — ... функция времени.

- : линейная
- : производная
- : прерывистая
- : дискретная
- : интегральная
- + : непрерывная

I: 18.

S: В дискретной системе радиоавтоматики сигнал ошибки это — ... функция времени.

- : линейная
- : производная
- + : прерывистая
- : нелинейная
- : интегральная
- : непрерывная

I: 19,

S: В замкнутой системе управления

- : все входы замкнуты на землю
- : все входы замкнуты между собой
- : выход замкнут на землю
- : замкнута петля положительной обратной связи
- : нет внешних воздействий
- + : замкнута петля отрицательной обратной связи

I: 20,

S: В разомкнутой системе управления

- : цепь питания разомкнута
- : разомкнуты все входные цепи
- : разомкнуты все выходные цепи
- +: разомкнута петля отрицательной обратной связи

I: 21,

S: Для описания статической модели используется следующий математический аппарат:

- +: алгебраические уравнения
- : дифференциальные уравнения
- : передаточные функции
- : частотные характеристики

I: 22,,

S: Для описания статической модели используется следующий математический аппарат:

- +: алгебраические уравнения
- : дифференциальные уравнения
- : передаточные функции
- : частотные характеристики

I: 23,

S: Для описания динамической модели используется следующий математический аппарат:

- : алгебраические уравнения
- +: Дифференциальные уравнения
- : передаточные функции
- : частотные характеристики

I: 24,

S: Полоса захвата – это

- +: начальная расстройка, при которой система ЧАПЧ входит в режим автоподстройки.
- : диапазон частот входного сигнала, внутри которого система ЧАПЧ находится в режиме автоподстройки.
- : максимальное отклонение частоты гетеродина при входе системы ЧАПЧ в режим автоподстройки

I: 25,

S: Математическая функция, заданная условиями:

$$1(t) = 0 \text{ при } t < 0, \text{ и } 1(t) = 1 \text{ при } t > 0,$$

это — ... функция.

- : нулевая ступенчатая
- +: единичная ступенчатая
- : цифровая ступенчатая единичная ступенчатая функция - $1(t)$

I: 26.

S: Единичная ступенчатая функция является распространенным видом ... воздействия для автоматических систем.

-: ВЫХОДНОГО

+: ВХОДНОГО

-: усиленного

-: промежуточного единичная ступенчатая функция - 1(t)

I: 27.

S: Переходы от одного установившегося состояния к другому в системах РА описываются ... функцией.

-: нулевой ступенчатой

+: единичной ступенчатой

-: цифровой ступенчатой

-: промежуточной ступенчатой

I: 28.

S:

Дельта-функция Дирака $\delta(t) \rightarrow \dots$ при $t = 0$.

-: 0

-: 1

+: ∞

I: 29.

S:

Дельта-функция Дирака $\delta(t) = \dots$ при $t \neq 0$.

+: 0

-: 1

-: ∞

I: 30.

S:

Дельта-функция Дирака $\delta(t) \rightarrow \infty$ при $t = \dots$.

+: 0

-: 1

-: ∞

I: 31.

S:

Дельта-функция Дирака $\delta(t) = 0 \dots$ при $t \neq \dots$.

+: 0

-: 1

-: ∞

I: 32.

S: Дельта-функция Дирака — это импульс с бесконечной амплитудой, площадь которого принимается равной

-: 0

+: 1

-: ∞

I: 33.

S: Дельта-функция Дирака — это импульс с ... амплитудой, площадь которого принимается равной 1.

-: нулевой

+: бесконечной

-: единичной

I: 34.

S: Единичная ступенчатая функция ... для практической реализации с высокой точностью.

-: сложна

+: легка

-: невозможна

I: 35.

S: Дельта-функцию Дирака ... для практической реализации с высокой точностью.

+: сложна

-: легка

-: невозможна

I: 36.

S: Для теоретического описания систем РА и их моделирования дельта-функцию Дирака можно грубо представить с помощью N ступенчатых функций, где $N = \dots$.

+: 2

-: 1

-: 0

-: 3

-: ∞

I: 37.

S: Переходный процесс на выходе типового звена или линейной системы возникает при подаче на вход ... функции.

-: нулевой ступенчатой

+: единичной ступенчатой

-: цифровой ступенчатой

-: промежуточной ступенчатой

I: 38.

S: При подаче на вход типового звена или линейной системы единичной

ступенчатой функции на выходе возникает ... процесс.

- : прямой
- : обратный
- +: переходный
- : передаточный
- : усилительный
- : шумовой

I: 39.

S: Переходный процесс на выходе типового звена или линейной системы, возникающий при подаче на вход короткого импульса, который, в приближении, можно рассматривать как

- : единичную ступенчатую функцию
- : гармоническую
- +: дельта-функцию Дирака
- : гамма-функцию
- : усилительный

I: 40.

S: Регулированием по внешнему воздействию применяется в ... системах РА.

- : замкнутых
- +: незамкнутых

I: 41.

S: Регулированием по отклонению применяется в ... системах РА.

- +: замкнутых
- : незамкнутых

I: 42.

S: В системах РА, содержащих замкнутый и разомкнутый контуры регулирования реализуется принцип

- +: комбинированного регулирования
- : регулирования по отклонению
- : регулирования по внешнему воздействию

I: 43.

S: При анализе качества работы систем РА исходят из того, что структурная схема системы

- +: известна
- : неизвестна

I: 44.

S: При анализе качества работы систем РА исходят из того, что параметры звеньев системы

- +: известны
- : неизвестны

I: 45.

S: При анализе качества работы систем РА исходят из того, что структурная схема и параметры звеньев системы

+ : известны

- : неизвестны

I: 46.

S: Законы изменения помех в системах РА, как правило, заранее

+ : известны

- : неизвестны

I: 47.

S: О показателях качества системы РА судят по реакции переходного процесса на ... сигнал.

+ : скачкообразный

- : гармонический

- : шумовой

- : аналоговый

- : цифровой

- : экспоненциальный

I: 48.

S: По реакции системы РА на скачкообразный сигнал судят о показателях качества

+ : переходного процесса.

- : усиления

- : стабилизации частоты

- : точности настройки

- : детектирования

- : модуляции

I: 49.

S: Частотные показатели качества работы системы РА определяются при ... входном сигнале.

- : скачкообразной

+ : гармоническом

- : шумовом

- : аналоговом

- : цифровом

- : экспоненциальном

I: 50.

S: Гармоническим входным сигналом в определяются ... показатели качества работы системы РА.

- : амплитудные

+ : частотные

- : переходные

- : передаточные
- : усилительные
- : шумовые

I: 51.

S: Качество работы систем РА относительно случайных сигналов и помех характеризуется по ... ошибке.

- : средней
- +: среднеквадратической
- : случайной
- : систематической
- : относительной
- : абсолютной

I: 52.

S: По среднеквадратической ошибке характеризуется качество работы систем РА относительно ... сигналов.

- : гармонических
- +: случайных
- : аналоговых
- : цифровых
- : скачкообразных
- : экспоненциальных

I: 53.

S: Интервал времени с момента подачи входного сигнала до момента, когда выходной сигнал будет отличаться от его установившегося значения не более чем на 5 % это — длительность

- : периода колебаний
- +: переходного процесса
- : работы системы РА
- : безотказной работы системы РА
- : включения
- : выключения

I: 54.

S: Установившееся значение выходного сигнала системы РА вычисляется по теореме

- +: о конечном значении
- : Котельникова
- : о среднем
- : о конечных разностях
- : Найквиста
- : Берга

I: 55.

S: По теореме о конечном значении вычисляется ... значение выходного сигнала системы РА.

+: установившееся

-: среднее

-: среднеквадратичное

-: абсолютное

-: относительное

-: первоначальное

I: 56.

S: Частотные показатели качества работы систем РА определяются по АЧХ ... системы.

+: замкнутой

-: разомкнутой

-: идеальной

-: выключенной

-: недонапряженной

-: перенапряженной

I: 57.

S: Частотные показатели качества работы систем РА определяются по ... замкнутой замкнутой системы.

+: АЧХ

-: ВАХ

-: АПЧ

-: АПЧГ

-: ФЧХ

-: ФАПЧ

I: 58.

S: По АЧХ замкнутой замкнутой системы определяются ... показатели качества работы систем РА.

+: частотные

-: амплитудные

-: переходные

-: передаточные

-: усилительные

-: шумовые

I: 59.

S: Полоса пропускания относится к ... показателям качества работы систем РА.

+: частотным

-: амплитудным

- : переходным
- : передаточным
- : усилительным
- : шумовым

I: 60.

S: Резонансная частота это – частота, соответствующая максимуму АЧХ ... системы РА.

- +: замкнутой
- : разомкнутой
- : идеальной
- : выключенной
- : недонапряженной
- : перенапряженной

I: 61.

S: Резонансная частота это — частота, соответствующая максимуму ... замкнутой системы РА.

- +: АЧХ
- : ВАХ
- : АПЧ
- : АПЧГ
- : ФЧХ
- : ФАПЧ

I: 62.

S: Резонансная частота это – частота, соответствующая ... АЧХ замкнутой системы РА.

- +: максимуму
- : минимуму
- : среднему значению
- : среднеквадратичному значению
- : постоянному значению
- : нулю

I: 63.

S: Частота, соответствующая максимуму АЧХ замкнутой системы РА это — ... частота.

- +: резонансная
- : минимальная
- : максимальная
- : средняя
- : среднеквадратичная
- : модулированная

I: 64.

S: Резонансная частота характеризует частоту колебаний в ... процессе.

+: переходном

-: гармоническом

-: среднеквадратичном

-: динамическом

-: статическом

-: астатическом

I: 65.

S: Частоту колебаний в переходном процессе характеризует ... частота.

+: резонансная

-: минимальная

-: максимальная

-: средняя

-: среднеквадратичная

-: модулированная

I: 66.

S: В диапазоне частот среза и пропускания логарифмическая АЧХ разомкнутой системы РА имеет наклон ... дБ/дек.

+: 20

-: 0

-: 10

-: 40

-: 1

-: 6

I: 67.

S: В диапазоне частот среза и пропускания логарифмическая АЧХ разомкнутой системы РА имеет наклон 20

+: дБ/дек

-: Б/дек

-: дБ/окт

-: Б/окт

I: 68.

S: В диапазоне частот среза и пропускания логарифмическая ... разомкнутой системы РА имеет наклон 20 дБ/дек.

+: АЧХ

-: ВАХ

-: АПЧ

-: АПЧГ

-: ФЧХ

-: ФАПЧ

I: 69.

S: В диапазоне частот среза и пропускания ... АЧХ разомкнутой системы РА имеет наклон 20 дБ/дек.

+ : логарифмическая

- : экспоненциальная

- : линейная

- : гармоническая

- : разомкнутая

I: 70.

S: О показателях качества системы РА судят по реакции переходного процесса на ... сигнал.

+ : скачкообразный

- : гармонический

- : шумовой

- : аналоговый

- : цифровой

- : экспоненциальный

I: 71.

S: По реакции системы РА на скачкообразный сигнал судят о показателях качества

+ : переходного процесса.

- : усиления

- : стабилизации частоты

- : точности настройки

- : детектирования

- : модуляции

I: 72.

S: Частотные показатели качества работы системы РА определяются при ... входном сигнале.

- : скачкообразной

+ : гармоническом

- : шумовом

- : аналоговом

- : цифровом

- : экспоненциальном

I: 73.

S: Гармоническим входным сигналом определяются ... показатели качества работы системы РА.

- : амплитудные

+ : частотные

- : переходные

- : передаточные

-: усилительные

-: шумовые

I: 74.

S: Качество работы систем РА относительно случайных сигналов и помех характеризуется по ... ошибке.

-: средней

+: среднеквадратической

-: случайной

-: систематической

-: относительной

-: абсолютной

I: 75.

S: По среднеквадратической ошибке характеризуется качество работы систем РА относительно ... сигналов.

-: гармонических

+: случайных

-: аналоговых

-: цифровых

-: скачкообразных

-: экспоненциальных

Вопросы, выносимые на коллоквиум

1 коллоквиум

1. Общая характеристика систем радиоавтоматики.
2. Примеры систем радиоавтоматики.
3. Описание систем радиоавтоматики как систем автоматического регулирования (следающих систем).
4. Функциональная схема обобщенной СРА.
5. Структурная схема обобщенной СРА.
6. Линейные и нелинейные следающие системы, непрерывные, дискретные и цифровые следающие системы.
7. Описание непрерывных линейных следающих систем во временной и частотной областях. Дифференциальные уравнения, метод пространства состояний.
8. Передаточные функции, частотные характеристики.
9. Устойчивость линейных следающих систем: условия устойчивости при описании систем во временной и частотной областях, алгебраические и частотные критерии устойчивости (Гурвица, Михайлова, Найквиста).
10. Анализ переходных процессов.

11. Метод логарифмических характеристик.
12. Методы коррекции следящих систем.
13. Дискриминатор и фильтр в контуре следящей системы.
14. Особенности анализа нелинейных систем.
15. Метод линеаризации.
16. Гармоническая линеаризация.
17. Статистическая линеаризация.
18. Применение теории марковских процессов для анализа нелинейных систем.
19. Описание дискретных линейных следящих систем разностными уравнениями.

2 коллоквиум

1. Передаточные функции дискретных линейных систем, частотные характеристики.
2. Понятие о дискретных эквивалентах непрерывных систем.
3. Устойчивость дискретных линейных следящих систем и методы ее анализа.
4. Анализ переходных процессов.
5. Анализ характеристик дискретных линейной следящей системы в установившемся режиме при детерминированных воздействиях.
6. Дискриминатор, накопление отсчетов в дискриминаторе.
7. Типы дискриминаторов дискретных систем радиоавтоматики: временной частотный, фазовый, угловой.
8. Дискретный сглаживающий фильтр.
9. Типы сглаживающих фильтров в контуре типовых следящих систем радиоавтоматики (с одним, двумя и тремя дискретными интеграторами и др.).
10. Общая характеристика цифровых СРА.
11. Цифровые дискриминаторы.
12. Цифровые фильтры.
13. Цифровые генераторы опорного сигнала.
14. Методы анализа цифровых следящих систем.
15. Примеры построения цифровых следящих систем.
16. Общие понятия об оптимальных системах фильтрации радиоавтоматики и методах их синтеза. Оптимальная винеровская фильтрация.
17. Оптимальная фильтрация по Калману-Бьюси.
18. Дискретные фильтры Калмана.
19. Общие понятия об оптимальных нелинейных системах фильтрации.
20. Расширенный фильтр Калмана: математическое описание, обобщенная структурная схема, оптимальный дискриминатор.

Вопросы к экзамену по дисциплине «Радиоавтоматика»

1. Обратная связь, ее роль в повышении эффективности управления.
2. Достоинства и недостатки управления с обратной связью.
3. Классификация систем управления по виду уравнений, описывающих динамику системы (непрерывные, дискретные, линейные, нелинейные, стационарные, нестационарные и др.).
4. Классификация систем управления по характеру процессов в функциональных элементах систем управления (аналоговые, цифровые, цифро-аналоговые и др.).
5. Классификация систем управления по наличию внутри системы локальных контуров управления и характеру связей между ними (многоконтурные системы, системы с перекрестными связями и др.).
6. Система автоматического управления и ее составные элементы.
7. Функциональная схема радиоавтоматической системы.
8. Функциональные схемы радиоавтоматических следящих систем: системы углового сопровождения, системы частотной и фазовой автоподстройки, системы слежения за временным положением сигнала.
9. Принципы работы радиоавтоматических следящих систем и основные области их применения.
10. Обобщенная математическая модель радиоавтоматической системы.
11. Измерители рассогласования радиотехнических параметров (дискриминаторы) и их статистические эквиваленты.
12. Дискриминационная и флуктуационная характеристики дискриминаторов и их зависимость от отношения сигнал/шум.
13. Линеаризация дифференциальных уравнений.
14. Операторные методы описания звеньев и систем.
15. Применение преобразований Фурье и Лапласа.
16. Представление динамических систем через типовые динамические звенья.
17. Передаточные функции, частотные и временные характеристики типовых динамических звеньев.
18. Понятие о передаточной функции разомкнутой системы.
19. Асимптотические амплитудно-частотные и фазо-частотные логарифмические характеристики разомкнутой системы.
20. Передаточные функции замкнутой системы по ошибке, по выходу, по ошибке относительно мешающего воздействия; отрицательная и положительная обратные связи.
21. Импульсная переходная (весовая) функция замкнутой системы, как ее описание во временной области.
22. Векторно-матричная форма описания процессов в линейных системах управления в пространстве состояний.
23. Понятие о технических средствах определения отклика динамических систем, описанных таким образом.

24. Понятия о наблюдаемости, управляемости, идентифицируемости и адаптируемости.
25. Понятие устойчивости и ее физический смысл.
26. Астатизм дискретных систем.
27. Методы оценки быстродействия дискретных систем.
28. Математическое описание цифровых систем управления.
29. Методы анализа цифровых систем управления.
30. Цифровые дискриминаторы параметров радиотехнического сигнала и их статистические эквиваленты.
31. Структура оптимального фильтра.
32. Соединение дискретных звеньев и передаточные функции этих соединений.
33. Системы радиоавтоматики (СРА), их функциональные и структурные схемы
34. Математические методы описания непрерывных линейных следящих систем
35. Методы анализа линейных следящих систем.
36. Математическое описание нелинейных СРА непрерывного регулирования.
37. Математическое описание дискретных линейных следящих систем.
38. Методы анализа линейных дискретных следящих систем.
39. Математическое описание нелинейных дискретных следящих систем.
40. Цифровые РАС.