

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 17.07.2023 00:14:57

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eaabbf73e945df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и средств связи

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

« 25 » 07 2023 г.  
О.Г. Локтионова



### ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ В САПР СЛОЖНОГО КОМБИНАЦИОННОГО УЗЛА

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине  
«Схемотехническое проектирование цифровых систем с  
использованием САПР»

УДК 621.382

Составители: О.Г., Бондарь, Е.О. Брежнева

Рецензент

Доктор технических наук, профессор Чернецкая И. Е.

**Проектирование и исследование в САПР сложного комбинационного узла:** методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Схемотехническое проектирование цифровых систем с использованием САПР» / Юго-Зап. гос. ун-т.; сост.: О.Г. Бондарь, Е.О. Брежнева. - Курск, 2023. - 12 с.

Приводится методика, программа исследования цифровых устройств с использованием системы автоматизированного проектирования (САПР) и варианты заданий.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по специальностям автоматики и электроники (УМО АЭ).

Предназначены для студентов направления подготовки магистров 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 25.09.23. Формат 60×84 1/16.  
Усл. печ. л. 0,69. Уч.-изд. л. 0,63. Тираж 100 экз. Заказ 928. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

**СОДЕРЖАНИЕ**

Цель и задачи практического занятия.....	4
Планируемые результаты обучения.....	4
Необходимые материально-техническое оборудование и материалы.....	5
Методические рекомендации по выполнению заданий.....	5
Алгоритм выполнения заданий .....	8
Варианты заданий .....	9
Форма отчета обучающегося .....	9
Шкала оценивания и критерии оценивания.....	10
Список вопросов для самоконтроля.....	10
Литература .....	13

## Цель и задачи практического занятия

**Целью** практического занятия является изучение принципа работы сложного комбинационного узла, на примере семисегментного дешифратора, и изучение методов поиска неисправностей в комбинационных устройствах.

### Задачи практического занятия:

1. Познакомиться со способами формального описания и моделирования цифровых систем.
2. Научиться выполнять компьютерное моделирование цифровых устройств в САПР.
3. Приобрести навыки оценки параметров цифровых устройств и освоить методики их исследования и проектирования с применением средств моделирования в САПР.

### Планируемые результаты обучения

В ходе выполнения практических работ формируются следующие компетенции: ПК-1 - способен производить математическое и физическое моделирование процедур ЦОС (построение алгоритмов и графов автоматов), структурно-параметрический синтез цифровых систем с использованием САПР (Matlab, Multisim, SPICE), в том числе для малых космических аппаратов.

Обучающийся должен

**знать:**

- способы формального описания и моделирования цифровых систем;
- последовательность и методы решения задач проектирования цифровых устройств;
- способы оценки характеристик и параметров элементной базы и узлов цифровых устройств;

**уметь:**

- выполнять компьютерное моделирование цифровых устройств в САПР на схемотехническом уровне;
- выбирать элементную базу, обеспечивающую требуемые характеристики;

***владеть:***

- навыками оценки параметров цифровых устройств с применением средств моделирования;
- методикой исследования и проектирования цифровых устройств в среде автоматизированного проектирования электронных средств.

### **Необходимые материально-техническое оборудование и материалы**

1. Microsoft Windows Professional 7 Russian (Upgrade Academic OPEN1 License No Level № 60803556 - 13 копий);
2. LibreOffice (LGPL v3);
3. Circuit Design Suite 12.0 (Academy license № M76X44651);
4. Антивирус Касперского (или ESETNOD);
5. ПК (Processor i5-2500, RAM DDR3 4 GB, HDD 320 GB, DVD RW, TFT-монитор 24” 1920x1080).

### **Методические рекомендации по выполнению заданий**

Изучить характеристики, параметры и схемы включения семисегментных светодиодных индикаторов [3,4,5]. Выбрать по [3] матрицы, удовлетворяющие требованиям задания.

Вариант задания выбрать в соответствии с таблицей.

Шифраторы – это устройства сжатия информации. Они преобразуют  $M$ -разрядный код с  $K_M$  избыточными состояниями (безразличными) в  $N$ -разрядный с  $K_N$  безразличными состояниями,  $N < M$ ,  $K_N < K_M$ .

Обратное преобразование – дешифрация. Обычно говорят «шифратор из  $M$  в  $N$ », если осуществляется преобразование  $M$ -разрядного кода в  $N$ -разрядный.

Шифраторы служат для сжатия информации при обмене между различными устройствами, при вводе с клавиатуры шестнадцатеричных, десятичных, восьмеричных цифр.

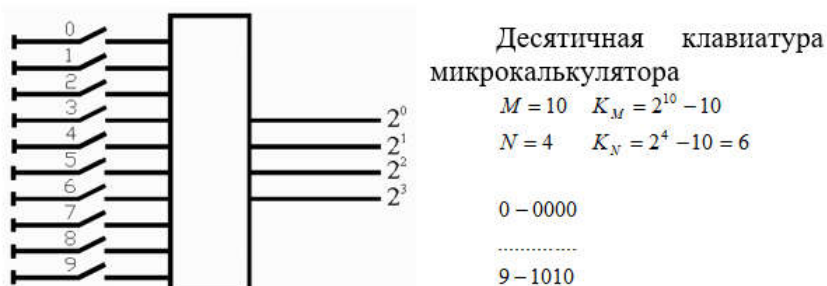


Рисунок 1 – Принцип работы дешифратора

Дешифраторы используются для обратного преобразования из кода меньшей разрядности в код большей разрядности. Часто используются дешифраторы в **унитарный** код. При этом могут быть реализованы выходные сигналы как минтермы входных или макстермы (последние чаще). Дешифратор называется неполным, если реализуется неполный набор минтермов (макстермов).

Для примера рассмотрим элементное проектирование унарного дешифратора 3→8. На рисунке 2 представлена схема дешифратора и его таблица функционирования.

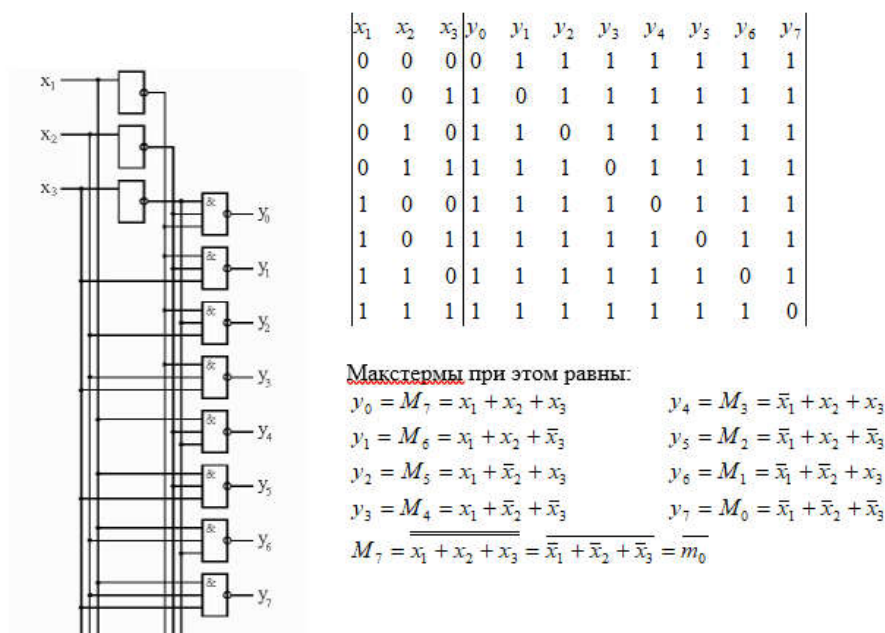


Рисунок 2 - Элементное проектирование унарного дешифратора 3→8

Конечно, можно было реализовать дешифратор и на трехходовых схемах ИЛИ.

В различных сериях ИС широко представлены дешифраторы 2→4 (155ИД4, 555ИД4), 3→8 (555ИД7), 4→16 (155ИД3), 4→10 (155ИД1).

Помимо них широко распространены дешифраторы двоично-десятичного в семисегментный код (514ИД2, ИД1, К176ИД2). Иногда подобные дешифраторы встраиваются в счетчики (К176ИЕ4). Назначение таких дешифраторов – обслуживание сегментных индикаторов. На рисунке 3 приведено стандартное расположение сегментов в таких индикаторах и генерирование цифр с их помощью.



Рисунок 3 - Стандартное расположение сегментов в индикаторах и генерирование цифр с их помощью

Пользуясь этим рисунком и таблицей 1 двоично-десятичных кодов, можно составить таблицу истинности для дешифратора.

Таблица 1

Десят. число	Двоично-десятичный код				Семисегментный код						
	$a_3$	$a_2$	$a_1$	$a_0$	A	B	C	D	E	F	G
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0
6	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
$A_{10}$	$a_3$	$a_2$	$a_1$	$a_0$	A	B	C	D	E	F	G

Таблица 2 – Таблица истинности

	A				B				C				D			
	·00	·01	·11	·10	·00	·01	·11	·10	·00	·01	·11	·10	·00	·01	·11	·10
00·	1	0	1	1	1	1	1	1								
01·	0	1	1	1	1	0	1	0								
11·	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10·	1	1	X	X	1	1	X	X			X	X			X	X

Аналогично минимизируя функцию каждого выхода можно затем построить схему дешифратора методом элементного синтеза.

### Алгоритм выполнения заданий

1. Составить таблицу истинности для дешифратора, преобразующего двоично-десятичный код в семисегментный код.
2. Выбрать состав базовых элементов с учетом библиотеки элементов Multisim и заданного базиса.
3. Провести минимизацию функции, заданной таблично с учетом выбранного базиса и привести функцию к выбранному базису.
4. Начертить функциональную электрическую схему дешифратора.
5. По величину тока сегмента светодиодного индикатора (ориентируясь на справочные значения), рассчитать величину резисторов, включённых последовательно с сегментами светодиодной матрицы.
6. Проверить условия работоспособности логических элементов выходной ступени дешифратора с семисегментным индикатором.
7. Принять меры для удовлетворения условий работоспособности (при необходимости).
8. Загрузить программу «Multisim». Создать новый файл под именем Comb3. Построить схему, разработанную в п.4. Подключить ко входу схемы генератор цифровых кодов. К выходам дешифратора подключить семисегментный индикатор.
9. Задать последовательность из 10 возбуждающих сигналов



от 0 до 9.

10. В пошаговом режиме проверить правильность функционирования. После устранения найденных ошибок повторно провести тестирование разработанной схемы.

11. Провести измерение величины тока сегмента и полного тока индикатора для наихудшего случая.

### Варианты заданий

Номер варианта определяется по алфавитному списку группы.

Вариант	Тип матрицы	Базис	Ток сегмента, мА
1	С разобшёнными катодами	И-НЕ	5-10
2	С разобшёнными анодами	ИЛИ-НЕ	5-10
3	С разобшёнными катодами	И-НЕ	15-20
4	С разобшёнными анодами	ИЛИ-НЕ	15-20
5	С разобшёнными катодами	И-НЕ	5
6	С разобшёнными анодами	ИЛИ-НЕ	5
7	С разобшёнными катодами	И-НЕ	2-4
8	С разобшёнными анодами	ИЛИ-НЕ	2-4
9	С разобшёнными катодами	И-НЕ	10
10	С разобшёнными анодами	ИЛИ-НЕ	10
11	С разобшёнными катодами	И-НЕ	20
12	С разобшёнными анодами	ИЛИ-НЕ	20

### Форма отчета обучающегося

Отчет должен включать:

1. Исходную функцию, заданную в табличной форме.
2. Аналитическое выражение минимизированных логических функций для каждого сегмента.
3. Перечень выбранных логических элементов для построения схемы и функциональную электрическую схему дешифратора.
4. Все промежуточные (при необходимости) и окончательные временные диаграммы, снятые с экрана логического анализатора.
5. Скриншоты работающей схемы для каждого состояния индикатора при пошаговом режиме работы.
6. Письменные ответы на все вопросы.

## Шкала оценивания и критерии оценивания

**Шкала оценивания:** 4-х балльная.

**Критерии оценивания:**

**4 балла** (или оценка «отлично») выставляется обучающемуся, если он самостоятельно выполнил практическую работу, оформил отчет в соответствии с предъявляемыми требованиями; полно ответил на все вопросы по практической работе.

**3 баллов** (или оценка «хорошо») выставляется обучающемуся, если он самостоятельно выполнил практическую работу, оформил отчет в соответствии с предъявляемыми требованиями; испытывает затруднения при ответе менее чем на 10% вопросов по практической работе.

**2 баллов** (или оценка «удовлетворительно») выставляется обучающемуся, если он самостоятельно выполнил практическую работу, оформил отчет в соответствии с предъявляемыми требованиями; испытывает затруднения при ответе на 20-30% вопросов по практической работе.

**0-1 баллов** (или оценка «неудовлетворительно») выставляется обучающемуся, если он не проявлял самостоятельности при выполнении практической работы; оформление отчета не соответствует предъявляемым требованиям (не соответствует ГОСТ, содержит не все пункты); испытывает затруднения при ответе более чем на 50% вопросов по практической работе.

### Список вопросов для самоконтроля

1. Каковы максимальные выходные токи логических интегральных схем, выбранной вами серии элементов?
2. Как зависит ток светодиода от величины напряжения на нём? Привести типичную ВАХ сегмента светодиодной матрицы.
3. Что произойдёт при несоответствии токов сегмента светодиодной матрицы и выходного тока логического элемента?
4. Как воспользоваться тем обстоятельством, что логическая функция является не полностью определенной.

5. Как влияет тип светодиодной матрицы (общий анод/катод) на способ подключения его к выводам цифровых схем?

6. Как отразятся на работе светодиодного индикатора возникающие в устройстве риски сбоя?

7. Дешифратор реализует 7 логических функций от одного и того же набора входных переменных. Как воспользоваться этим при минимизации устройства?

8. Изобразите эквивалентную схему цепи питания одного сегмента светодиодного индикатора. Проанализируйте по ней возможные причины разной яркости сегментов и их значимость.

9. Понятия декомпозиции сложного комбинационного устройства.

10. Проиллюстрировать горизонтальный (поразрядный метод декомпозиции).

11. Минимизации логических функций. Критерий минимизации.

12. Аналитический способ минимизации.

13. Связь между графическим представлением функции в виде гиперкуба и картами Карно.

14. Свойства карт Карно.

15. Минимизация с помощью карт Карно.

16. Построение минимальной дизъюнктивной нормальной формы функции – каноническая задача минимизации. Абсолютно минимальные формы представления функций.

17. Что даёт минимизация комбинационного устройства (влияние на параметры схемы)?

18. В каком случае минимизация приводит к повышению быстродействия устройства?

19. В каких случаях минимизация противопоказана?

20. Частично определённые функции и их практические примеры.

21. Каковы особенности минимизация частично определенных функций?

22. Каковы особенности минимизации системы нескольких функций.

23. Структурный синтез комбинационных цифровых устройств. Понятие формализации задания.

24. Последовательность проектирования комбинационного устройства. Сущность и содержание основных этапов проектирования.

25. С какой целью осуществляется приведение логической функции к выбранному базису?

26. Какие базисы реализуются одним логическим элементом?

27. Что называют типовыми комбинационными функциональными узлами?

28. Дешифраторы и шифраторы. Определение.

29. Условные обозначения дешифраторов.

30. Функциональная схема дешифратора со стробированием.

31. Функциональная схема дешифратора.

32. Примеры применения дешифраторов.

33. Способы наращивания размерности дешифраторов. Каскадное соединение.

34. Способы наращивания размерности дешифраторов. Матричное соединение.

35. Типовые комбинационные функциональные узлы. Шифраторы. Приоритетные шифраторы. Условные обозначения.

36. Функциональная схема шифратора.

37. Функциональная схема приоритетного шифратора.

38. Что называется мультиплексором?

39. Условное обозначение мультиплексора. Примеры применения.

40. Функциональная схема мультиплексора.

41. Особенность реализации КМОП-мультиплексоров.

42. Объясните особенность некоторых мультиплексоров КМОП типа коммутировать аналоговые сигналы.

43. Почему не реализуются в виде типовых узлов демультимплексоры?

44. Наращивания размерности мультиплексоров.

45. Построение универсальных логических модулей на основе мультиплексоров.

46. Цифровые компараторы. Назначение, условное графическое обозначение.

47. Сумматоры. Назначение, условное графическое обозначение.

48. Одноразрядный сумматор. Функциональная схема.

49. Сумматор с последовательным переносом. Оценка задержки.

50. Сумматор с параллельным переносом. Принцип построения.

## Литература

1. Батоврин, В.К. LabVIEW: Практикум по цифровым элементам вычислительной и информационно-измерительной техники: Лабораторный практикум / В.К. Батоврин, А.С. Бессонов, В.В. Мошкин. - М.: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики”, 2011. - 118 с.

2. Угрюмов, Е. П. Цифровая схемотехника [Текст] : учебное пособие / Е. П. Угрюмов. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 800 с.

3. Бондарь, О.Г. Учебно-методический комплекс «Схемотехника». [Электронный документ]: Справочники: Справочник по светоизлучающим полупроводниковым приборам. – Курск. ЮЗГУ, Сервер кафедры КП и СС //main/sensey/b/start\_00.

4. Опадчий, Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника [Текст]: учебник для вузов / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; под ред. О. П. Глудкина. - М.: Горячая Линия - Телеком, 2000. - 768 с.

5. Гусев, В.Г. Электроника [Текст] / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. 2-е изд. - М.: Высш.шк., 1991. - 622 с.

6. Фридман, А. Теория и проектирование переключательных схем [Текст] / А. Фридман, П. Менон. – М.: Изд-во «Мир». – 1978, 584 с.

3. Норенков, И. П. Автоматизированное проектирование [Электронный ресурс] / И. П. Норенков : Серия учебных пособий «Информатика в техническом университете». – М., 1990, 188 с. Режим доступа: [http://window.edu.ru/window\\_catalog/files/r23981/cad.p](http://window.edu.ru/window_catalog/files/r23981/cad.p)