

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 17.07.2024 00:44:17

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eab75e943df4a4851fda56d089

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

О.Г. Локтионова  
« 25 » 08 2023 г.



## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМБИНАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА В САПР

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

Курск – 2023

УДК 621.382

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

Рецензент

Доктор технических наук, профессор Чернецкая И. Е.

**Проектирование и моделирование комбинационного устройства в САПР:** 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. - 11 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. 0,64. Уч.-изд. л. 0,58. Тираж 100 экз. Заказ 926. 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 .....	6
Варианты заданий .....	8
Форма отчета обучающегося .....	9
Шкала оценивания и критерии оценивания.....	9
Список вопросов для самоконтроля .....	10

## Цель и задачи практического занятия

**Целью** практического занятия является получение навыков построения функциональных схем цифровых устройств по логическим выражениям и изучение приемов моделирования комбинационных устройств.

### 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**

1. После запуска программы Multisim в разделе Options/Global Preferences/Components выбрать стандарт DIN (западноевропейский).

2. При построении функциональных схем источники питания к интегральным схемам не подключаются.

3. Выходы генератора слов нумеруются сверху – вниз, слева – направо. Целесообразно зеркально развернуть генератор по горизонтали. Для этого вызвать меню вспомогательной кнопкой мыши при курсоре, позиционированном на генераторе и выбрать пункт Flip Horizontal.

4. Настройка генератора слов начинается с вызова панели настройки двойным щелчком на изображении генератора. Для организации коротких циклических последовательностей следует при инициализации генератора кодов задать адрес первого и последнего генерируемого кода (Set Initial Position, Set Final Position)

и выбрать циклический режим. Это достигается выделением соответствующей позиции в окне генерируемых кодов генератора слов (Word Generator) и вызовом меню вспомогательной кнопкой мыши. Текущий код устанавливается записью в соответствующей строке генератора слов нужной кодовой комбинации.

5. Нумерация разрядов кодовых слов осуществляется справа – налево (традиционно).

6. Способ представления кодовых слов предварительно следует задать в позиции Display. Наибольшую наглядность имеет двоичный способ представления благодаря однозначному соответствию между позицией бита в кодовом слове и номером контакта. Однако для удобства ввода установите десятичную кодировку слов, а после набора смените кодировку на двоичную. Поинтересуйтесь в какой из позиций двоичного кода значения изменяются чаще. Это позволит идентифицировать переменные на временной диаграмме.

7. Настройка логического анализатора начинается с вызова панели настройки двойным щелчком главной кнопки мыши на изображении анализатора.

8. Основные настройки – частота тактирования ( $\text{Clock Rate} = (10-100) \times f_{\text{такт}}$ ) количество выборок до начала отображения ( $\text{Pre-trigger} = 1$ ) и после его завершения ( $\text{Post-trigger} = 80-800$ ), масштаб, выраженный в количестве тактов на деление ( $\text{Clock/Div} = 10-100$ ). Целесообразно поэкспериментировать с настройками, чтобы «почувствовать» их влияние на временные диаграммы.

9. Следует помнить, что Clock Rate определяет частоту дискретизации цифровых сигналов, т.е. временное разрешение. Ошибка измерения любых временных интервалов определяется этой установкой.

### **Алгоритм выполнения заданий**

1. Повторить правила построения минтермов и макстермов функции  $n$  – переменных. Повторить правила построения СДНФ и СКНФ таблично заданной функции.

2. В соответствии с номером рабочей станции выбрать логическую функцию из таблицы вариантов заданий. Представить таблицу для выбранной функции.

3. Записать выражения для логической функции в совершенных дизъюнктивной и конъюнктивной нормальных формах.

4. Начертить функциональную электрическую схему комбинационного устройства для любого из полученных логических выражений. При этом необходимо, пользуясь справочником по цифровым интегральным схемам, выбрать ИС с соответствующим числом входов. ИС с необходимым числом входов можно синтезировать из ИС с меньшим числом входов.

5. Загрузить программу «Multisim». Создать новый файл под именем Comb1. Выбрать ТТЛ модель интегральных схем. Построить схему, разработанную при домашней подготовке. Подключить ко входу схемы генератор цифровых кодов **Word Generator**. Для наблюдения сигналов подключить логический анализатор **Logic Analyzer**.

– На входы каналов 1-4 подать соответственно входные сигналы X0-X2 и выходной сигнал Y.

– На входы каналов 5,6,... - подать сигналы с выходов конъюнкторов.

6. Задать последовательность входных цифровых сигналов из 8 слов от 0 до 7. Установить пакетный режим (Burst). Частоту генератора установить  $F_{\text{такт}} = 1$  КГц.

7. Настроить цифровой анализатор в соответствии с п. 7-8 методических указаний.

8. Задать режим идеальной - быстрой цифровой симуляции (Simulate/Digital Simulation Setting/Ideal). Запустить симуляцию (Simulate/Run или через кнопку молнии на панели инструментов). Отрегулировать установки симуляции исходя из удобства наблюдения диаграмм.

9. Сохранить временные диаграммы, наблюдаемые на экране логического анализатора. Сопоставить значения исходной функции и полученные при моделировании для одних и тех же наборов входных переменных. При несоответствии провести анализ схемы и устранить ошибки. После устранения ошибок повторно провести исследование разработанной схемы.

10. Задать тип используемых ИС - КМОП (с напряжением питания 4В). Установить частоту генератора кодовых последовательностей  $F_{\text{такт}} = 10$  МГц. Сохранить полученные

временные диаграммы. Сравнить с исходными. Объяснить различия в диаграммах.

11. Методом деления интервала с нижней рабочей границей и нижней нерабочей границей пополам определить верхнюю рабочую частоту спроектированной схемы с погрешностью не свыше 10%.

### Варианты заданий

Таблица 1. Варианты заданий к практической работе для первой подгруппы.

№ п/п	X2	X1	X0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
0	0	0	0	1				1				1	
1	0	0	1		1				1				1
2	0	1	0		1	1	1			1			1
3	0	1	1				1	1		1	1		
4	1	0	0	1		1		1			1	1	
5	1	0	1	1	1				1				
6	1	1	0			1			1	1			
7	1	1	1				1				1	1	1

Таблица 2. Варианты заданий к практической работе для второй подгруппы.

№ п/п	X2	X1	X0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
0	0	0	0								1	1	
1	0	0	1	1	1						1		
2	0	1	0				1	1	1		1	1	
3	0	1	1	1	1			1					1
4	1	0	0		1	1		1					
5	1	0	1	1		1			1	1			1
6	1	1	0			1	1		1	1			
7	1	1	1				1			1		1	1



## Форма отчета обучающегося

1. Номер варианта и исходную функцию, заданную в табличной форме.
2. Аналитическое выражение логической функции с комментариями в СДНФ и СКНФ.
3. Перечень выбранных логических элементов для построения схемы, исходную и конечную функциональные электрические схемы комбинационного устройства. Исходная схема получена в результате синтеза, а конечная после устранения всех ошибок.
4. Все промежуточные (при необходимости) и окончательные временные диаграммы (скриншоты с экрана логического анализатора) для частоты исследования 1 кГц, 10 МГц и предельной рабочей частоты.
5. Преобразованные в табличную форму значения функции, полученные из временных диаграмм. Реальные значения функции вносятся в дополнительные столбцы таблицы в графы экспериментальных значений функции.
6. Письменные ответы на контрольные 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. Как измерить величину задержки выходного сигнала?
2. Какова абсолютная погрешность при измерении задержки?
3. Как уменьшить величину погрешности при измерении задержки?
4. Какова задержка сигнала в спроектированной комбинационной схеме?
5. Объяснить разницу в величинах задержек выходного сигнала для разных его фаз.
6. Каковы правила формирования индексов минтермов и макстермов?
7. Как выбирается значение первичного терма при записи  $i$ -го минтерма?
8. Как выбирается значение первичного терма при записи  $i$ -го макстерма?
9. Какие минтермы и макстермы входят в логическое выражение функции, заданной таблично?
10. Сколько логических элементов образуют максимально длинную цепочку функциональной схемы комбинационного устройства при отсутствии ограничений на количество входов?
11. Как построить элемент ЗИЛИ из элементов 2ИЛИ?
12. Назовите функции алгебры логики 2-х переменных?
13. Приведите основные свойства функции логического умножения.
14. Приведите основные свойства функции логического сложения.

15. Приведите таблицу истинности функции сложения по модулю 2.
16. Проиллюстрируйте примером свойство поглощения логических переменных.
17. Сформулируйте ассоциативный закон.
18. Сформулируйте дистрибутивный закон.
19. Что называется минтермом логической функции?
20. Приведите основные свойства минтермов?
21. Сколько минтермов имеет логическая функция?
22. Что называется макстермом логической функции?
23. Приведите основные свойства макстермов?
24. Сколько макстермов имеет логическая функция?
25. По какой причине в алгебре логики ограничиваются изучением свойств функций одной и двух переменных?
26. Сформулируйте теорему разложения.
27. Что такое базисные функции?
28. Что называется функционально полным базисом?