

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Иркутский государственный университет путей сообщения»

Сибирский колледж транспорта и строительства

Сборник практических работ по дисциплине

ПМ.01 Проектирование цифровых систем

МДК.01.01. Основы проектирования цифровой техники  
профессионального модуля  
для специальности  
09.02.01 Компьютерные системы и комплексы

Иркутск 2023

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИрГУПС и соответствует оригиналу

Подписант ФГБОУ ВО ИрГУПС Трофимов Ю.А.

00a73c5b7b623a969ccad43a81ab346d50 с 08.12.2022 14:32 по 02.03.2024 14:32 GMT+03:00

Подпись соответствует файлу документа



РАССМОТРЕНО:  
Цикловой методической  
Комиссией специальности  
09.02.01 Компьютерные  
системы и комплексы  
Протокол № 9  
«26» мая 2023 г.  
Председатель ЦМК: Арефьева Н.В.

Разработчик: Подгорнов С.В., преподаватель «СКТиС»

## Оглавление

Предисловие.....	4
Методические рекомендации-----	6
Пакет преподавателя-----	12
Список использованной литературы.....	13

## **Предисловие**

Цель данного пособия – помочь студентам выполнить практические работы, предусмотренные программой . Весь процесс выполнения работ включает в себя теоретическую подготовку, ознакомление с приборами и сборку схем, проведение опыта и измерений и сдачу зачета по выполненной работе.

### **Теоретическая подготовка**

Теоретическая подготовка необходимая для проведения эксперимента, должна проводиться студентом в порядке самостоятельной внеаудиторной работы. Ее следует начинать внимательным разбором руководства к данной работе, а для более глубокого изучения рассматриваемого явления рекомендуется обратиться к литературе, указанной в руководстве.

Особое внимание в ходе теоретической подготовки должно быть обращено на понимание сущности процесса.

Для самоконтроля в каждой работе приведены контрольные вопросы, на которые студент обязан дать четкие, правильные ответы.

Теоретическая подготовка завершается предварительным составлением отчета со следующим порядком записей:

- a. Титульный лист.
- b. Задание согласно варианту.
- c. Ход работы (включает рисунки, схемы, таблицы, основные формулы для определения величин, а так же расчетные формулы для определения погрешностей измеряемых величин).
- d. Результаты моделирования – результаты вывода на экран и временные диаграммы.
- e. Выводы о проделанной работе.

Работы выполняются по письменным инструкциям, которые приводятся в данном пособии. Каждая инструкция содержит краткие теоретические сведения, относящиеся к данной работе, перечень необходимого оборудования, порядок выполнения работы, контрольные вопросы и литературу.

Внимательное изучение методических указаний поможет выполнить работу.

Практикум является хорошей формой повторения, углубления и обобщения основных вопросов пройденного курса.

Сборник содержит задания для практических работ, имеющих целью более глубокое изучение дисциплины, систематизацию и закрепление полученных знаний и практических умений. Он предназначен для углубления и расширения теоретических и практических знаний; формирования умений использовать специальную, справочную литературу. В нем содержатся методические указания по выполнению предложенных заданий и список литературы, необходимой для изучения дисциплины.

Практические занятия, согласно рабочей программе, предусматривают 44 часа.

При этом осваиваются следующие общие и профессиональные компетенции

№№	Тема занятия	Часы	Компетенции
1	Кодирование чисел в различных системах счисления	2	ОК1-ОК9,
	Выполнение арифметических операций с многоразрядными двоичными кодированными числами со знаковым и без знакового разряда.	2	ОК 1.2.3.4.6.7.8.9
	Двоичная, 8-ричная, 16-ричная арифметика.	2	ОК 1.2.3.4.6.7.8.9
	Арифметические действия над числами с плавающей точкой	4	ОК 1.2.3.4.6.7.8.9
2	Схемная реализация минимальных ФАЛ минимизация и реализация ФАЛ в EWB	4	ОК 1.2.3.4.6.7.8.9
3	Синтез и анализ комбинационных схем.	2	ОК 1.2.3.4.6.7.8.9
4	Построение схем цифровых логических устройств методом синтеза.	2	ОК 1.2.3.4.6.7.8.9
	Реализация схем по ФАЛ, заданной различными способами. Согласование уровней сигналов при сопряжении разнотипных элементов. Синхронизация в цифровых устройствах.	2	ОК 1.2.3.4.6.7.8.9
5	Выполнение индивидуальных заданий по отработке навыков составления логического высказывания для построения логического устройства и минимизация переключательных функций аналитическим и графическим способами.	4	ОК 1.2.3.4.6.7.8.9
6	Исследование функциональных схем мультиплексора и демультиплексора на EWB и программной модели.	2	ОК1-ОК9
7	Исследование работы компаратора на EWB.	2	ОК1-ОК9
10	Синтез процессора с использованием принципа схемной логики	2	ОК1-9, ПК 1.1
11	Синтез процессора с использованием принципа программируемой логики	2	ОК1-9, ПК 1.1
12	Исследование работы RS -, D -, T - и JK – триггеров	4	ОК1-ОК9
13	Исследование функциональных схем параллельных и последовательных регистров на базе ИМС.	4	ОК1-ОК9
14	Исследование функциональных схем счетчиков	2	ОК1-ОК9
15	Исследование работы СБИС с программируемой структурой	2	ОК1,2,3,4,8,9, ПК1.1
	Итого	<b>44</b>	

## **Практическая работа № 1**

Перевод чисел в системах счисления

1. Цель работы: познакомиться с работой предложенных логических элементов
2. Выполнение работы:

Задание 1: перевести десятичное число 38 в 2СС, 8СС, 16СС

### **Варианты перевода**

- 1- подстановка веса В-Д  $101 \Rightarrow 4+0+1=5D$  (D->B)
- 2-  $18 = 16 \ 8 \ 4 \ 2 \ 1$  прикидка (D->B)  
 $1+0+0+1+0$
- 3- промежуточная сс, триады/тетрады (полубайт, nibбл)  $11,0101 \ 1 = 3,51h$  (B -> H,O,D)
- 4- делить на основание D-H  $33:16 = 2*16+1=21h$  (D -> H,O,D)

## **Практическая работа №2**

Представление данных в ЭВМ. Числа с фиксированной и плавающей точкой

1. Цель работы: познакомиться с работой предложенных логических элементов
2. Выполнение работы:

Задание 1: Перевести целые и числа с дробной частью из 2сс-8сс-10сс

a)  $10101B = 25O = 2^2 + 5 = 21D$       б)  $1,101 = 1,5O = 1*8^0 + 5*8^{-1} = 1 + 5/8 = 1,625D$   
 в)  $10,0101B = 2,24O = 2 + 2/8 + 4/64 = 2 + 0,25 + 0,0625 = 2,3125$   
 г)  $1,11001B = 1,62O = 1 + 6 * 1/8 + 2/64 = 1 + 0,75 + 0,03125 \sim 1,7813$

### **Контрольные вопросы:**

1. Что называется логическим элементом?
2. Что называется базисом?
3. Какой базис называется избыточным?
4. Какой базис используется в работе?
5. Изобразите элемент ЗИ-2ИЛИ-НЕ.
6. Запишите в аналитической форме функцию, реализуемую элементом 2И-ЗИЛИ-НЕ.
7. Где применяются логические элементы?

## **Практическая работа №3**

**Цель работы:** Минимизация. Синтез схемы по аналитическому выражению

### **Порядок выполнения работы**

1. Используя логические возможности элементов стенда или программы моделирования, разработать схемы для представленных ниже функций, реализовать их на стенде или ЭВМ и проверить правильность функционирования с помощью таблиц истинности, составленных по исходным

выражениям:

$$y = x ; y = x_1x_2x_3 ; y = x_1x_2 \vee x_3x_4 ;$$

$$y = x_1 \vee x_2 ; y = x_1x_2 ;$$

- 2) Произвести синтез схем для аналитически заданных функций в таблице 1, максимально используя возможности элементов стенда (компьютера) или ориентируясь при необходимости на элементы И-НЕ.

- 3) Составить таблицы истинности по исходным выражениям и проверить функционирование схем в статике с помощью стенда

- 4) Произвести минимизацию представленных в таблице 2 логических функций, осуществить синтез схем, составить таблицы истинности и реализовать на стенде или компьютере.

## Варианты

- 1  $y_1 = \overline{x_1} \vee x_2 \vee \overline{x_1}x_3$
- 2  $y_2 = \overline{x_1}x_2 \vee \overline{x_1}x_2 \vee x_1\overline{x_2}x_3$
- 3  $y_1 = \overline{x_1} \vee x_2x_3 \vee \overline{x_3}$
- 4  $y_2 = \overline{x_1}x_3 \vee x_1x_3 \vee x_1\overline{x_2}x_3$
- 5  $y_1 = \overline{x_1}\overline{x_2} \vee x_2 \vee \overline{x_1}\overline{x_3}$
- 6  $y_2 = x_1 \vee x_2 \vee \overline{x_1}\overline{x_2}x_3$
- 7  $y_1 = \overline{x_1}x_3 \vee x_1 \vee x_2\overline{x_3}$
- 8  $y_2 = \overline{x_1} \vee x_2x_3 \vee \overline{x_1}\overline{x_2}x_3$
- 9  $y_1 = \overline{x_1}\overline{x_3} \vee \overline{x_1} \vee x_2$
- 10  $y_2 = \overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee x_3 \vee \overline{x_1}x_4$
- 11  $y_1 = \overline{x_1}\overline{x_3} \vee x_2 \vee \overline{x_2}x_3$
- 12  $y_2 = \overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee x_3x_4 \vee \overline{x_4}$
- 13  $y = \overline{x_1}\overline{x_2}x_3 \vee \overline{x_1}x_2\overline{x_3}$
- 14  $\overline{x_1}\overline{x_2}\overline{x_3} \vee x_1\overline{x_2}\overline{x_3}$

## Контрольные вопросы:

- Что называется логическим выражением?
- Таблицы истинности?
- Проверить таблицу истинности по диаграмме.
- Какой базис используется в работе?
- Возможно ли получить таблицу истинности по аналитическому выражению?
- Запишите в аналитической форме функцию, реализуемую элементом 2И-ЗИЛИ-НЕ.
- Где применяются логические элементы?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Минимизация логических функций с помощью диаграмм Вейча (карт Карно)

Схемная реализация минимальных ФАЛ минимизация и реализация ФАЛ в EWB

### Ход работы

#### 1) Повторение теоретических основ (в парах, взаимопроверка).

- Какие формы представления ФАЛ применяют для минимизации (пример).
- Как перевести ФАЛ из табличного представления в форму карт Карно (пример).
- Как проверить избыточность минимизированной аналитическим методом ФАЛ?
- Какая логическая операция лежит в основе минимизации?

#### 2) Практическая часть

- Активировать EWB и ввести свой вариант ФАЛ в форме таблицы истинности.
- Аналитически минимизировать ФАЛ, а затем сделать это, используя средства EWB.

- Проверить избыточность полученных ФАЛ для обоих методов.
- Сравнить результаты

**Цель работы:** Изучение построения комбинационных дискретных автоматов в универсальных базисах "И-НЕ", "ИЛИ – НЕ".

### ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.

#### ПЕРЕВОД В БАЗИС И - НЕ.

Перевод функций, записанных в общем (Булевском) базисе И, ИЛИ, НЕ, в базис "И– НЕ" проводится с целью упрощения выполнения функций и использования однотипной элементной базы: микросхем И – НЕ.

Определим правила перевода функций, записанных в общем базисе, в базис И–НЕ. Такое преобразование проводится после минимизации системы функций (вар. 30)  $f_1=1,3,5,7$   $f_2=0,2$   $f_3=3,5$   $f_1$  минимизируем по Карно

	2x1			
x4x3	0	1	1	0
0				
1				
1				
0				

$$f_1 = x_1 \cdot \overline{x_4}, \quad f_2 = \overline{x_1} \cdot \overline{x_3} \cdot \overline{x_4}, \quad f_3 = x_1 \cdot x_3 \cdot \overline{x_4} \vee x_1 \cdot x_2 \cdot \overline{x_4}$$

Для построения схемы на интегральных элементах в базисе "И – НЕ" присваиваем знак двойной инверсии отдельным частям ИЛИ функции.

$$f_1 = \overline{\overline{x_1} \cdot \overline{x_4}} = \overline{x_1 / x_4} = [x_1 / (x_4 / x_4)] / [x_1 / (x_4 / x_4)]$$

$$f_2 = \overline{\overline{x_1} \cdot \overline{x_3} \cdot \overline{x_4}} = \overline{\overline{x_1} / \overline{x_3} / \overline{x_4}} = [\overline{x_1} / x_1] / [(x_3 / x_3) / (x_4 / x_4)] / [(\overline{x_1} / x_1) / (\overline{x_3} / x_3) / (\overline{x_4} / x_4)]$$

$$f_3 = \overline{\overline{x_1 \cdot x_3 \cdot \overline{x_4}}} \vee \overline{\overline{x_1 \cdot x_2 \cdot \overline{x_4}}} = [x_1 / x_3 / (x_4 / x_4)] / [x_1 / x_2 / (x_4 / x_4)]$$

Один знак инверсии используется для устранения в функции операции логического сложения, которая не может быть реализована в базисе "И – НЕ". Роль инверторов играют элементы "И – НЕ" с объединенными входами.

Алгоритм перевода функций, из дизъюнктивной формы в базис Шеффера ("И – НЕ"):

1. Заключить слагаемые в скобки.
2. Заменить знаки сложения и умножения на штрих Шеффера.
3. Одиночные слагаемые инвертировать.
4. При необходимости заменить инверсии переменных по одному из правил:

$$\overline{\overline{x}} = x / x$$

$$\overline{x \cdot x} = x / x$$

#### ПЕРЕВОД В БАЗИС ИЛИ – НЕ

после минимизации системы функций (вар. 30), получим

$$f_1 = x_1 \cdot \overline{x_4}, \quad f_2 = \overline{x_1} \cdot \overline{x_3} \cdot \overline{x_4}, \quad f_3 = x_1 \cdot x_3 \cdot \overline{x_4} \vee x_1 \cdot x_2 \cdot \overline{x_4}$$

присваиваем знак двойной инверсии отдельным частям или всей функции.

$$f_1 = \overline{\overline{x_1} \cdot \overline{x_4}} = \overline{\overline{x_1}} \vee \overline{\overline{x_4}} = (\overline{x_1}) \downarrow (\overline{x_4}) = (x_1 \downarrow 0) \downarrow (x_4 \downarrow 0)$$

$$f_2 = \overline{\overline{x_1} \cdot \overline{x_3} \cdot \overline{x_4}} = \overline{\overline{x_1}} \vee \overline{\overline{x_3}} \vee \overline{\overline{x_4}} = (x_1) \downarrow (x_3) \downarrow (x_4)$$

$$f_3 = \overline{\overline{x_1 \cdot x_3 \cdot x_4}} \vee \overline{\overline{x_1 \cdot x_2 \cdot x_4}} = (\overline{x_1 + x_3 + x_4}) \vee (\overline{x_1 + x_2 + x_4})$$

$$f_3 = [(\overline{x_1} \downarrow \overline{x_3} \downarrow x_4) \downarrow (\overline{x_1} \downarrow \overline{x_2} \downarrow x_4)] \downarrow 0 = [(x_1 \downarrow 0 \downarrow x_3 \downarrow 0 \downarrow x_4) \downarrow (x_1 \downarrow 0 \downarrow x_2 \downarrow 0 \downarrow x_4)] \downarrow 0$$

Один знак инверсии используется для устранения в функции логического умножения, которая не может быть реализована в базисе “ИЛИ -НЕ”. Для реализации инверторов в базисе “ИЛИ – НЕ” на один из входов подается логический нуль.

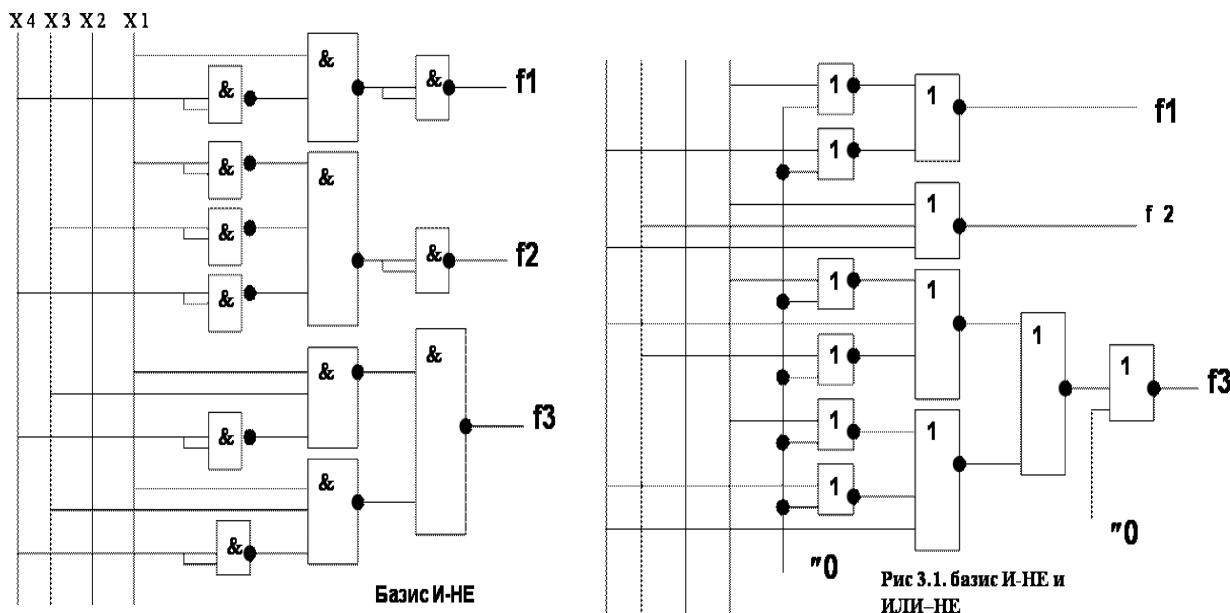
Алгоритм перевода функций, записанных в конъюнктивной форме в базис Пирса:

Заключить слагаемые в скобки.

1. Заменить знаки умножения и сложения на стрелку Пирса.
2. Одиночные слагаемые не инвертировать.
3. Заменить инверсии переменных по одному из правил:

$$\bar{x} = x \downarrow 0$$

$$\overline{x + x} = x \downarrow x$$



1. Син-

тез КДА согласно заданного варианта в общем базисе. (смотреть варианты работы № 1)

2. Перевод КДА в базис И- НЕ, ИЛИ НЕ.
3. Построение схем КДА в базисе И- НЕ, ИЛИ- НЕ.
4. Заключение.

### Контрольные вопросы

1. Функции и операции булевой алгебры.
2. Законы и правила булевой алгебры.
3. Способы описания логических схем.
4. Правила перевода в базисе И- НЕ

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Построение логической схемы по заданному логическому выражению. Синтез и анализ комбинационных схем.

**Цель работы:** Синтез схемы по аналитическому выражению

## Порядок выполнения работы

1. Используя логические программы Electronics Workbench разработать схему одной из представленных ниже различными способами функций.

2. По заданной в Вашем варианте аналитически заданной функции или сигнальной диаграмме составить таблицу истинности.

3. Провести минимизацию методом карт Карно.

4. Составить схему и реализовать ее на стенде.

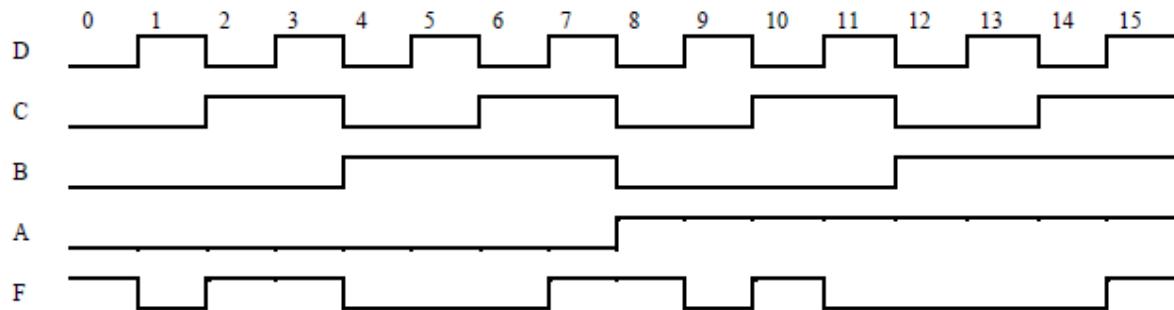
5. Проверить правильность функционирования реализованной схемы сличая полученную сигнальную диаграмму с исходной или с таблицей истинности (для функций, заданной аналитически)

6. Оформить

Варианты заданий

### Вариант 1

На логических элементах реализовать цифровое устройство, заданное временными диаграммами:



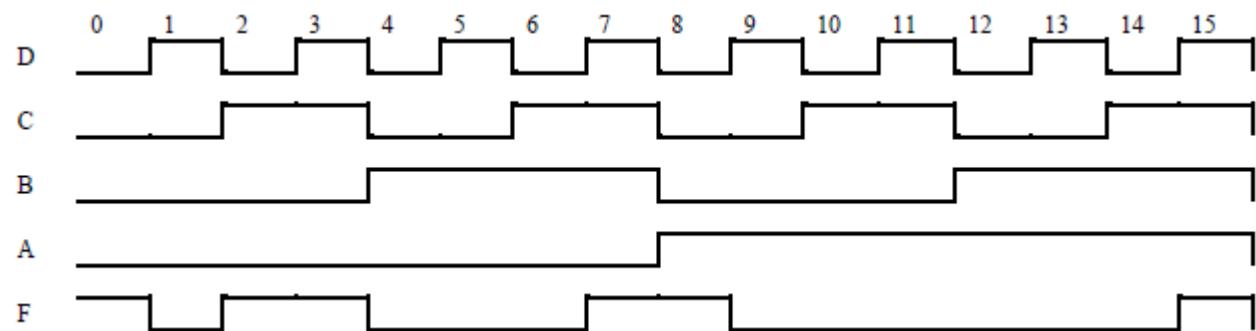
### Вариант 2

На логических элементах в Булевском базисе спроектировать цифровое устройство, реализующее булеву функцию

$$F = \overline{ABC} + \overline{ABC} + BCD$$

### Вариант 3

На логических элементах реализовать цифровое устройство, заданное временными диаграммами:



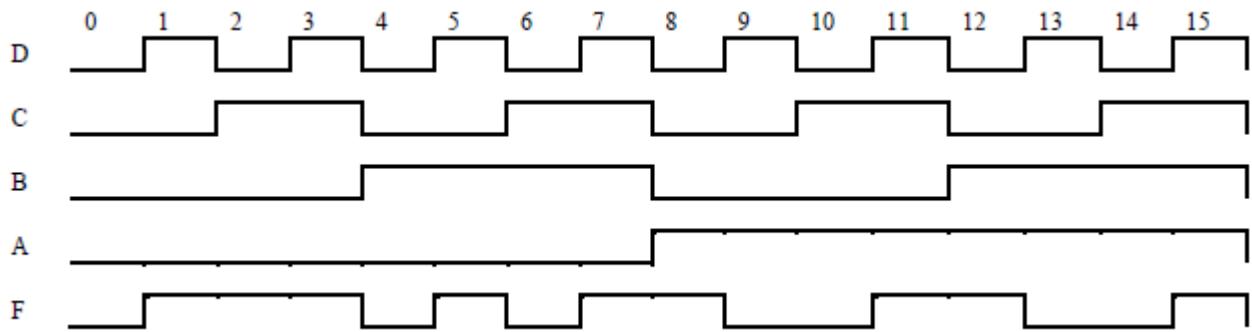
### Вариант 4

На логических элементах спроектировать цифровое устройство, реализующее булеву функцию

$$F = A \oplus B + ABCD + B \oplus D$$

### Вариант 5

На логических элементах реализовать цифровое устройство, заданное временными диаграммами:



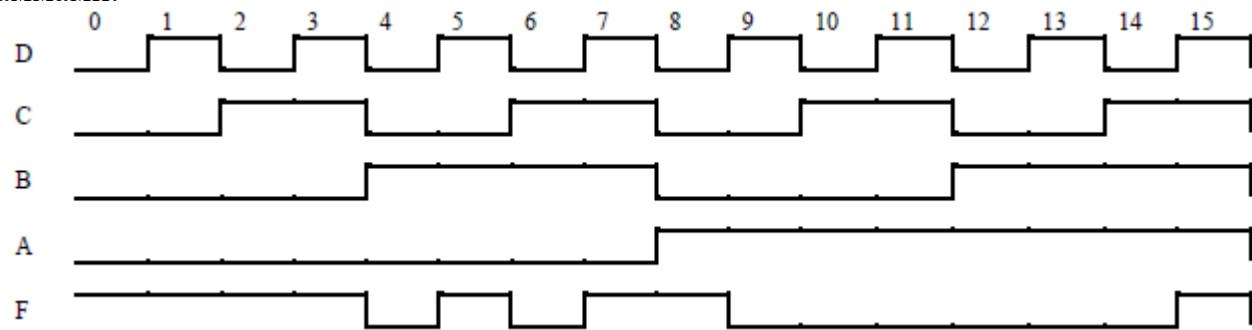
### Вариант 6

На логических элементах ТТЛ спроектировать цифровое устройство, реализующее булеву функцию

$$F = A\overline{B}C + \overline{B}CD + \overline{A}BCD + \overline{BC} + A\overline{B}\overline{C}\overline{D}$$

### Вариант 7

На логических элементах реализовать цифровое устройство, заданное временными диаграммами:



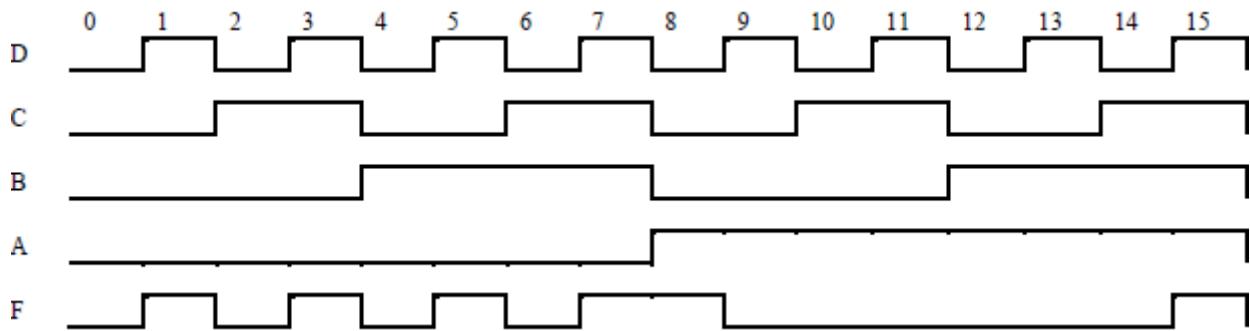
### Вариант 8

На логических элементах ТТЛ спроектировать цифровое устройство, реализующее булеву функцию

$$F = A\overline{B}C + \overline{B}CD + \overline{A}BCD + \overline{BC} + A\overline{B}\overline{C}\overline{D}$$

## Вариант 9

На логических элементах реализовать цифровое устройство, заданное временными диаграммами:



### Контрольные вопросы

1. Функции и операции булевой алгебры.
2. Законы и правила булевой алгебры.
3. Способы описания логических схем.
4. Правила перевода в базисе И-НЕ

### Пакет преподавателя

#### Выполнение и защита работ.

Работы проводятся с целью усвоения и закрепления практических умений и знаний, овладения профессиональными компетенциями. В ходе работы студенты приобретают умения, предусмотренные рабочей программой, учатся использовать и самостоятельно работать с оборудованием, проводить эксперименты, анализировать полученные результаты и делать выводы, опираясь на теоретические знания, подтверждать теоретические положения практическим опытом.

#### Критерии оценок работ

При оценивании работы студента учитывается следующее:

- качество выполнения работы;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

Каждый вид работы оценивается по 4-х бальной шкале.

**Оценка «5» (отлично)** ставится, за глубокое и полное овладение содержанием учебного материала, в котором студент свободно и уверенно ориентируется; за умение практически применять теоретические знания, высказывать и обосновывать свои суждения. Оценка «5» (отлично) предполагает грамотное и логичное изложение ответа. При этом студент выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасного труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

**Оценка «4» (хорошо)** ставится, если выполнены требования к оценке 5, студент полно освоил учебный материал, владеет научно-понятийным аппаратом, ориентируется в изученном материале, осознанно применяет теоретические знания на практике, грамотно излагает ответ, но содержание и форма ответа имеют два-три недочета (неточности), не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

**Оценка «3» (удовлетворительно)** ставится, если студент обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, не-последовательно, допускает неточности, в применении теоретических знаний при ответе на практико-ориентированные вопросы; не умеет доказательно обосновать собственные суждения, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

**Оценка «2» (неудовлетворительно)** ставится, если студент имеет разрозненные, бессистемные знания, допускает ошибки в определении базовых понятий, искажает их смысл; не может практически применять теоретические знания, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения произошли неправильно.

Во всех случаях оценка снижается, если студент не соблюдал требований правил безопасного труда.

### **Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы**

1. Проектирование цифровых устройств : учебник / А.В. Кистрин, Б.В. Костров, М.Б. Никифоров, Д.И. Устюков. — Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2019. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-906818-59-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1002587> (дата обращения: 13.06.2023). – Режим доступа: по подписке.

2. Черепанов, А. К. Микросхемотехника : учебник / А.К. Черепанов. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 292 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-015613-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1815967> (дата обращения: 13.06.2023). – Режим доступа: по подписке.

### **Дополнительные источники**

1. Титов, В. С. Проектирование аналоговых и цифровых устройств : учебное пособие / В.С. Титов, В.И. Иванов, М.В. Бобырь. - М. : ИНФРА-М, 2019. - 143 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/822](http://www.dx.doi.org/10.12737/822). - ISBN 978-5-16-009101-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/982322> (дата обращения: 13.06.2023). – Режим доступа: по подписке.

### **Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. <http://www.knigafund.ru/books/106073>
2. <http://www.ozon.ru/context/detail/id/17981415/>  
<http://madelectronics.ru/book/shemotekhnika/index-2.htm>
3. <http://www.knigafund.ru/books/106073>
4. <http://www.ozon.ru/context/detail/id/17981415/>
5. <http://madelectronics.ru/book/shemotekhnika/index-2.htm>

