



Министерство образования Республики Беларусь  
Филиал Учреждения образования «Брестский  
государственный технический университет»  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора Филиала  
БрГТУ Политехнический колледж  
по учебной работе

\_\_\_\_\_ С. В. Маркина

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

для выполнения домашней контрольной работы  
для учащихся специальности

2-39 02-32 «Проектирование и производство радиоэлектронных средств»

\_\_\_\_\_ заочная форма обучения \_\_\_\_\_

(форма обучения<sup>\*</sup>)

Разработал П.Н. Дмитрук, преподаватель Филиала БрГТУ Политехнический колледж.

Методические указания разработаны на основании типовой учебной программы по дисциплине «Микропроцессорная техника»

---

(название программы)

утверждённой Министерством образования Республики Беларусь 10.12.2008 года

(кем и когда)

---

Методические указания обсуждены и рекомендованы к использованию на заседании цикловой комиссии радиотехнических дисциплин

\_\_\_\_\_Протокол №\_\_\_\_\_

Председатель цикловой комиссии \_\_\_\_\_

(подпись)

Л.П.Бойко

(инициалы, фамилия)

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 Общие методические указания по изучению дисциплины .....</b>         | <b>4</b>  |
| <b>2 Требования к оформлению и выполнению домашней контрольной работы</b> | <b>6</b>  |
| <b>3 Перечень рекомендуемых источников.....</b>                           | <b>8</b>  |
| <b>4 Задания домашней контрольной работы .....</b>                        | <b>9</b>  |
| Задание 1 .....   | 9         |
| Задание 2 .....   | 10        |
| Задание 3 .....   | 11        |
| Задание 4 .....   | 13        |
| Задание 5 .....   | 15        |
| <b>5 Методические указания по выполнению заданий.....</b>                 | <b>17</b> |
| Выполнение задания 1 .....  | 17        |
| Выполнение задания 2 .....  | 19        |
| Выполнение задания 3 .....  | 21        |
| Выполнение заданий 4 и 5 .....  | 25        |
| <b>6 Критерии оценки домашней контрольной работы .....</b>                | <b>26</b> |

## **1 Общие методические указания по изучению дисциплины**

Основной формой изучения дисциплины является самостоятельная работа учащихся над учебниками и учебными пособиями. Учебным планом предусмотрены установочные и обзорные занятия. Установочные занятия проводятся перед изучением дисциплины с целью ознакомления учащихся с его содержанием и методикой его дальнейшего изучения. Обзорные занятия проводятся в период лабораторно-экзаменационной сессии после самостоятельного изучения учащимися дисциплины с целью помочь систематизировать знания, полученные в процессе изучения, и ответить на возникшие при этом вопросы. Кроме этого по основным разделам курса учащийся может получить консультацию по всем вопросам теории дисциплины.

Вопросы, подробно изложенные в учебной литературе, в данных методических указаниях не рассматриваются, указывается лишь рекомендуемый учебник.

Изучить каждую тему рекомендуется в такой последовательности. На первом этапе внимательно и вдумчиво прочитать в учебной литературе содержание всей темы, обратив внимание на общий подход к изучаемому вопросу. На втором этапе материал должен быть изучен во всех подробностях. Для самоконтроля усвоения материала необходимо ответить на вопросы для самоконтроля.

Программой дисциплины «Микропроцессорная техника» предусматривается изучение принципов построения схем логических устройств; принципов действия и основных характеристик узлов микроЭВМ, построенных на базе современных интегральных серий; технических основ организации микропроцессорной техники и современных компьютеров; перспектив развития микропроцессорной техники при решении научно-исследовательских, организационно-экономических и производственных задач.

В результате изучения дисциплины, в соответствии с Образовательным стандартом специальности, учащиеся должны

### **знать на уровне представления:**

классификацию, характеристики, принцип действия электронной вычислительной техники;

виды информации и способы представления ее в электронно-вычислительных машинах, форматы данных и кодирование информации;

принципы программного управления и системное программное обеспечение (на примере машинно-ориентированного языка Ассемблер),

современное состояние и перспективы развития микропроцессорной техники.

### **знать на уровне понимания:**

функциональный состав микропроцессорных систем; основы организации микропроцессорных систем; арифметические и логические основы электронно-вычислительных машин;

архитектуру типовых микропроцессоров, систему и процедуры выполнения микрокоманд;

**уметь:**

различать типовые структуры микропроцессоров; определять конфигурацию микропроцессоров; составлять простые программы на современном машинно-ориентированном языке программирования;

выполнять арифметические действия с двоичными числами в различных формах представления;

осуществлять синтез логических устройств различной сложности; строить схемы логических устройств на базе реальных логических схем; строить блоки постоянных и оперативных запоминающих устройств; строить несложные микропроцессорные системы на базе серийных микропроцессорных комплексов;

составлять программы на языке Ассемблер.

## **2 Требования к оформлению и выполнению домашней контрольной работы**

При оформлении работ следует придерживаться следующих требований:

1. Контрольная работа выполняется на стандартных листах формата А4 с пронумерованными страницами одним из следующих способов:

- машинописным, текст печатается на одной стороне листа с одинарным интервалом, шрифт 14,
- рукописным чертёжным шрифтом по ГОСТ 2.304 с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм; следует писать чётко, чёрной пастой, тушью или чернилами;
- машинным, с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ. Текст печатается с одинарным интервалом, размер шрифта 14.

2. Контрольная работа включает:

- титульный лист;
- содержание;
- основную часть;
- список использованных источников.

3. Титульный лист является первым листом и оформляется в соответствии с приложением Д Стандарта предприятия СТП БГПК 001– 2011.

4. Текстовая часть домашней контрольной работы также оформляется в соответствии со Стандартом предприятия СТП БГПК 001– 2011.

5. Последовательность заполнения листов домашней контрольной работы должна выдерживаться в соответствии с заданием. Условие каждого задания должно быть приведено полностью.

7. Все рисунки и таблицы должны быть пронумерованы сквозной нумерацией.

8. После выполнения последнего задания должен быть приведен список использованных источников.

9. Домашняя контрольная работа помещается в папку с верхним прозрачным листом, либо в папку-скоросшиватель, либо листы работы могут быть скреплены с помощью степлера или ниток.

10. Работа должна быть выполнена и предоставлена на рецензию своевременно, в соответствии с учебным графиком. После получения зачтенной работы необходимо внести дополнения и исправления по замечаниям рецензии.

Если работа не зачтена, учащийся дорабатывает ее в соответствии с рекомендациями преподавателя. Доработка производится в той же контрольной работе после рецензии преподавателя.

11. При затруднении в выполнении какого – либо задания учащийся может обратиться к преподавателю за консультацией.

12. Вариант контрольного задания определяется по двум последним цифрам шифра (номера зачётной книжки) учащегося из таблицы вариантов контрольной работы. Число на пересечении указанных строки и столбца определяет номер варианта для всех заданий контрольной работы.

Таблица для определения вариантов домашней контрольной работы

| Цифра зачетки  |          | Последняя |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|--|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|  |          | <b>0</b>  | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>8</b> | <b>9</b> |
| П<br>р<br>е<br>д<br>п<br>о<br>с<br>л<br>е<br>д<br>н<br>я | <b>0</b> | 1         | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       |
|  | <b>1</b> | 11        | 12       | 13       | 14       | 15       | 16       | 17       | 18       | 19       | 20       |
|  | <b>2</b> | 21        | 22       | 23       | 24       | 25       | 26       | 27       | 28       | 29       | 30       |
|  | <b>3</b> | 31        | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        |
|  | <b>4</b> | 10        | 11       | 12       | 13       | 14       | 15       | 16       | 17       | 18       | 19       |
|  | <b>5</b> | 20        | 21       | 22       | 23       | 24       | 25       | 26       | 27       | 28       | 29       |
|  | <b>6</b> | 30        | 31       | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        |
|  | <b>7</b> | 9         | 10       | 11       | 12       | 13       | 14       | 15       | 16       | 17       | 18       |
|  | <b>8</b> | 19        | 20       | 21       | 22       | 23       | 24       | 25       | 26       | 27       | 28       |
| <b>9</b>   | 29       | 30        | 31       | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        |          |

### **3 Перечень рекомендуемых источников**

- [1] Калабеков Б. А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002.
- [2] Калабеков Б. А., Мамзев И.А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы. – М.: Радио и связь, 1987.
- [3] Лысиков Б. Г. Цифровая и вычислительная техника: Учеб. – Мн.: УП Экоперспектива, 2002.
- [4] Угрюмов Е. П. Цифровая схемотехника. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2002.
- [5] Цифровые интегральные микросхемы: Справ./М.И. Богданович и др. – Мн.: Беларусь, 1996.
- [6] Цифровая и вычислительная техника. Учебник для вузов/Под ред. Евреинова Э. В. – М.: Радио и связь, 1991.



## 4 Задания домашней контрольной работы

### Задание 1

а) Записать числа **A** и **B**, представленные в десятичной системе счисления перевести в

1) 12-разрядные двоичные числа, которые будут состоять из целой и дробной частей;

2) 4-разрядные восьмеричные числа;

3) 3-разрядные шестнадцатеричные числа;

| Старшая цифра номера варианта | Младшая цифра номера варианта |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                               | 0                             | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
| 0                             |                               | 84,92 | 79,47 | 85,34 | 89,45 | 74,47 | 68,61 | 71,63 | 64,38 | 63,48 |
|                               |                               | 18,65 | 23,65 | 43,67 | 45,36 | 56,29 | 46,72 | 32,85 | 28,56 | 52,95 |
| 1                             | 39,56                         | 64,68 | 48,47 | 29,87 | 49,38 | 38,79 | 29,83 | 47,59 | 42,54 | 49,96 |
|                               | 59,61                         | 51,40 | 63,89 | 73,67 | 72,85 | 91,37 | 49,79 | 71,55 | 50,69 | 54,59 |
| 2                             | 23,99                         | 37,78 | 57,93 | 59,23 | 39,77 | 67,41 | 56,87 | 38,95 | 67,23 | 43,79 |
|                               | 67,73                         | 56,48 | 39,74 | 34,67 | 58,87 | 35,78 | 31,99 | 66,89 | 41,68 | 39,56 |
| 3                             | 46,74                         | 81,39 |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                               | 64,47                         | 54,67 |       |       |       |       |       |       |       |       |

б) Заменить цифры в полученных в задании 1 в пунктах б) и в) числах этих систем счисления соответственно двоичными триадами и тетрадами, чтобы удостовериться, что в каждом случае получены двоичные изображения десятичных чисел **A** и **B** ограниченным числом разрядов дробной части;

в) Представить двоичные числа **A** и **B** в форме с плавающей запятой, отведя под мантиссу со знаком 13 двоичных разрядов, под порядок со знаком – б;

г) Просуммировать числа из задания 3 в обратном и дополнительном модифицированных кодах для всех случаев сочетания знаков слагаемых ( $A > 0, B > 0$ ), ( $A > 0, B < 0$ ), ( $A < 0, B > 0$ ), ( $A < 0, B < 0$ ). Обратить внимание на случаи денормализации мантиссы, для которых порядок суммы должен быть изменен после нормализации.

## Задание 2

Упростить логическое выражение. Осуществить переход к стандартному базису (отрицание только над логическими переменными) и построить схему из функциональных элементов.

| № варианта | Задание  |
|------------|--|
| 1.         | $\psi = (\overline{A_2} \rightarrow (\overline{A_1} \wedge A_2)) \vee \overline{\overline{A_3}} \vee \overline{\overline{A_2}}$  |
| 2.         | $\psi = ((\overline{\overline{A_2}} \wedge A_1) \rightarrow A_2 \wedge A_1) \wedge \overline{\overline{A_3}}$  |
| 3.         | $\psi = A_2 \wedge \overline{A_1} \wedge \overline{\overline{A_2}} \downarrow A_3 \wedge \overline{A_2}$   |
| 4.         | $\psi = (\overline{A_1} \rightarrow A_2 \wedge \overline{\overline{A_2}} \vee \overline{\overline{A_1}}) \wedge \overline{\overline{A_1}} \wedge \overline{\overline{A_2}}$  |
| 5.         | $\psi = (\overline{A_1} \vee \overline{\overline{A_2}} \downarrow A_2) \wedge \overline{\overline{A_1}} \wedge \overline{\overline{A_2}}$  |
| 6.         | $\psi = (\overline{A_1} \downarrow (\overline{\overline{A_2}}   A_1)) \wedge \overline{A_2} \wedge \overline{\overline{A_1}}$  |
| 7.         | $\psi = (\overline{A_1} \downarrow (\overline{\overline{A_2}} \vee A_1)) \vee \overline{\overline{A_3}} \wedge \overline{\overline{A_1}}$  |
| 8.         | $\psi = (\overline{A_1} \wedge (\overline{\overline{A_2}} \rightarrow A_1)) \downarrow \overline{\overline{A_3}}$  |
| 9.         | $\psi = (\overline{A_3} \rightarrow (\overline{\overline{A_2}} \downarrow A_3))   \overline{\overline{A_3}} \wedge \overline{\overline{A_1}}$  |
| 10.        | $\psi = \overline{\overline{A_3}} \downarrow (\overline{A_3} \rightarrow A_1 \wedge A_2)$  |
| 11.        | $\psi = \overline{A_1} \rightarrow \overline{\overline{A_2}} \wedge A_1 \vee \overline{\overline{A_3}}$  |
| 12.        | $\psi = \overline{\overline{A_1}} \wedge \overline{\overline{A_2}} \vee A_1 \rightarrow A_2 \wedge A_3$  |
| 13.        | $\psi = \overline{\overline{A_3}} \wedge \overline{\overline{A_2}} \rightarrow (A_2 \wedge A_3) \vee \overline{A_1}$   |
| 14.        | $\psi = (\overline{A_1} \wedge \overline{A_2} \rightarrow A_1) \downarrow \overline{\overline{A_2}} \vee A_3$  |
| 15.        | $\psi = (A_3 \downarrow A_1 \wedge \overline{\overline{A_2}}) \rightarrow \overline{\overline{A_3}}$   |
| 16.        | $\psi = (\overline{A_3} \rightarrow (\overline{\overline{A_2}} \wedge A_1))   \overline{\overline{A_1}} \wedge \overline{\overline{A_2}}$  |
| 17.        | $\psi = \overline{\overline{\overline{\overline{A_1}}}} \wedge \overline{\overline{\overline{\overline{A_2}}}} \rightarrow \overline{\overline{\overline{\overline{A_3}}}} \vee \overline{\overline{\overline{\overline{A_1}}}}$ |
| 18.        | $\psi = (\overline{A_1} \wedge A_2 \rightarrow A_3) \wedge \overline{\overline{A_3}} \wedge \overline{\overline{A_2}}$   |

| № варианта | Задание  |
|------------|--|
| 19.        | $\psi = (\overline{A_1} \downarrow (\overline{A_2} \wedge A_1)) \rightarrow \overline{A_3}$                          |
| 20.        | $\psi = A_1   (A_2 \vee \overline{A_3}) \vee \overline{A_3} \wedge \overline{A_1}$                                   |
| 21.        | $\psi = (\overline{A_1} \rightarrow A_2) \wedge \overline{A_3} \wedge \overline{A_1} \vee A_2$                       |
| 22.        | $\psi = (\overline{A_1} \rightarrow (\overline{A_2} \wedge \overline{A_1}))   \overline{A_3}$                        |
| 23.        | $\psi = (\overline{A_1}   A_1 \wedge \overline{A_2}) \rightarrow \overline{A_3}$                                     |
| 24.        | $\psi = (\overline{A_1} \rightarrow (\overline{A_2} \vee A_1))   \overline{A_3} \vee \overline{A_2}$                 |
| 25.        | $\psi = (\overline{A_1} \vee A_1 \wedge \overline{A_2}) \wedge \overline{A_3}   \overline{A_2}$                      |
| 26.        | $\psi = (\overline{A_1} \rightarrow A_2) \wedge \overline{A_3} \wedge \overline{A_2} \vee A_3$                       |
| 27.        | $\psi = A_1 \rightarrow (A_2   (A_3 \downarrow \overline{A_2}))$   |
| 28.        | $\psi = (\overline{A_1} \rightarrow A_2) \downarrow \overline{A_3}   A_1$  |
| 29.        | $\psi = (\overline{A_1} \wedge \overline{A_1} \vee \overline{A_2}) \rightarrow \overline{A_3} \wedge \overline{A_2}$ |
| 30.        | $\psi = (\overline{A_1} \wedge \overline{A_2} \rightarrow \overline{A_2})   \overline{A_3}$                          |
| 31.        | $\psi = (\overline{A_2} \wedge \overline{A_3} \rightarrow \overline{A_2})   \overline{A_3} \wedge \overline{A_1}$    |

### Задание 3

Разработать и построить комбинационную логическую схему. Для этого:

а) составить таблицу истинности для функции алгебры логики (ФАЛ) 4-х переменных ( $x_4, x_3, x_2, x_1$ ), заданной в виде десятичного числа в Таблице;

б) записать совершенную дизъюнктивную нормальную форму (СДНФ) для заданной ФАЛ;

в) минимизировать полученное выражение с помощью карт Карно;

г) составить логическую схему в заданном базисе логических элементов (ЛЭ).

| № вар | ФАЛ   | Базис ЛЭ |
|-------|-------|----------|
| 1.    | 35408 | 2ИЛИ-НЕ  |
| 2.    | 37640 | 2И-НЕ    |
| 3.    | 28960 | 2ИЛИ-НЕ  |
| 4.    | 7180  | 2И-НЕ    |
| 5.    | 12676 | 2ИЛИ-НЕ  |
| 6.    | 24620 | 2И-НЕ    |
| 7.    | 9604  | 2ИЛИ-НЕ  |
| 8.    | 33601 | 2И-НЕ    |
| 9.    | 19474 | 2ИЛИ-НЕ  |
| 10.   | 33176 | 2И-НЕ    |
| 11.   | 28681 | 2ИЛИ-НЕ  |
| 12.   | 24961 | 2И-НЕ    |
| 13.   | 20745 | 2ИЛИ-НЕ  |
| 14.   | 5176  | 2И-НЕ    |
| 15.   | 52240 | 2ИЛИ-НЕ  |
| 16.   | 2099  | 2И-НЕ    |
| 17.   | 1194  | 2ИЛИ-НЕ  |
| 18.   | 24713 | 2И-НЕ    |
| 19.   | 12344 | 2ИЛИ-НЕ  |
| 20.   | 18513 | 2И-НЕ    |
| 21.   | 1698  | 2ИЛИ-НЕ  |
| 22.   | 33052 | 2И-НЕ    |
| 23.   | 25098 | 2ИЛИ-НЕ  |
| 24.   | 25860 | 2И-НЕ    |
| 25.   | 24589 | 2ИЛИ-НЕ  |
| 26.   | 41112 | 2И-НЕ    |
| 27.   | 21792 | 2ИЛИ-НЕ  |
| 28.   | 18451 | 2И-НЕ    |
| 29.   | 2353  | 2ИЛИ-НЕ  |
| 30.   | 1620  | 2И-НЕ    |
| 31.   | 29704 | 2ИЛИ-НЕ  |

#### Задание 4

Дать ответ на поставленный вопрос в соответствии с вариантом.

1. Назначение, классификация, области применения дешифраторов. Синтез схем одноступенчатых (линейных) дешифраторов. Схема прямоугольного дешифратора. Схема пирамидального дешифратора.
2. Дешифраторы. Сравнительная оценка различных видов дешифраторов. Расширение разрядности дешифратора. Примеры интегральных схем дешифраторов.
3. Коммутаторы, их классификация. Назначение и принцип работы мультиплексоров. Расширение разрядности мультиплексора. Применение мультиплексоров. Проектирование схем мультиплексоров с различным числом входных и выходных сигналов. Примеры интегральных схем мультиплексоров.
4. Коммутаторы, их классификация. Назначение и принцип работы демультимплексоров. Расширение разрядности демультимплексора. Дешифраторы в качестве демультимплексоров. Применение демультимплексоров. Проектирование схем мультиплексоров и демультимплексоров с различным числом входных и выходных сигналов. Примеры интегральных схем демультимплексоров.
5. Цифровые компараторы, их классификация и принцип работы. Таблицы истинности компараторов. Построение схем одноразрядных и многоразрядных компараторов.
6. Преобразователи кодов: назначение, условные обозначения, виды. Принцип действия преобразователей кодов в различных базисах. Примеры интегральных микросхем преобразователей кодов.
7. Цифровая индикация. Статическая индикация. Динамическая индикация.
8. Нетактируемые триггеры, их характеристика, временные диаграммы.
9. Синхронные RS-триггеры, одноступенчатые, двухступенчатые, статические и динамические.
10. Статические и динамические, одноступенчатые и двухступенчатые D – триггеры. Примеры интегральных микросхем D - триггеров, их применение.
11. Универсальные JK - триггеры, реализация на их основе триггеров других типов. Примеры интегральных микросхем JK – триггеров.
12. Счетные T – триггеры, их временные диаграммы. Реализация T-триггера на различных типах триггеров.
13. Назначение, классификация и характеристики регистров. Принцип построения и работы регистров. Регистры приема, хранения и сдвигающие. Примеры ИМС регистров.
14. Асинхронные суммирующие, вычитающие и реверсивные двоичные счетчики. Примеры интегральных микросхем асинхронных счетчиков

15. Синхронные суммирующие, вычитающие, реверсивные счетчики.  
Примеры интегральных микросхем синхронных счетчиков

16. Счетчики с последовательным переносом. счетчики с параллельным переносом.

17. Счетчики с произвольным коэффициентом пересчета различных типов.

18. Программируемые логические структуры.

19. Статические ОЗУ. ОЗУ со словарной организацией.

20. Статические ОЗУ. ОЗУ с одnorазрядной организацией.

Нарращивание разрядности ОЗУ.

21. Динамические ОЗУ, их особенности, регенерация ДОЗУ.

22. Масочные, однократно программируемые, репрограммируемые постоянные запоминающие устройства. Запоминающие устройства на основе БИС, СБИС.

23. АЦП последовательного счёта.

24. Времяимпульсный АЦП.

25. Кодоимпульсный АЦП.

26. АЦП двойного интегрирования.

27. ЦАП с двоично-взвешенными резисторами.

28. ЦАП с резисторной матрицей R-2R, суммирующей токи.

29. Основные характеристики АЦП и ЦАП. Примеры БИС, СБИС аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей.

30. АЛУ. Назначение АЛУ. Структура АЛУ. ИМС К155ИПЗ – как пример АЛУ.

31. Принцип работы ячейки флеш-памяти (транзистор с плавающим затвором, чтение и запись данных). NOR и NAND конструкции флеш-памяти. Многоуровневые ячейки.

## Задание 5

Дать ответ на поставленный вопрос в соответствии с вариантом.

1. Семейства микроконтроллеров ARM и их назначение. Устройство микроконтроллеров. Ядра Cortex-M0/M3/M4F.
2. Особенности архитектуры базовых моделей PIC.
3. Особенности архитектуры базовых моделей AVR.
4. Периферийные блоки микроконтроллеров ARM: ввод-вывод общего назначения, тактирование.
5. Принципы работы микроконтроллеров AVR: временная диаграмма тактирования и циклов выполнения программы, организация памяти программ и стека.
6. Принципы работы микроконтроллеров PIC: временная диаграмма тактирования и циклов выполнения программы, организация памяти программ и стека.
7. Микроконтроллеры PIC: организация памяти данных.
8. Микроконтроллеры AVR: организация памяти данных.
9. Микроконтроллеры AVR: регистры специального назначения.
10. Микроконтроллеры PIC: регистры специального назначения.
11. Микроконтроллеры AVR: особенности выполнения команд (выборка команд, прямая и косвенная адресации).
12. Микроконтроллеры PIC: особенности выполнения команд (выборка команд, прямая и косвенная адресации).
13. Микроконтроллеры PIC: организация работы с внешними устройствами – порты ввода/вывода.
14. Микроконтроллеры AVR: организация работы с внешними устройствами – порты ввода/вывода.
15. Микроконтроллеры PIC и AVR: модуль таймера и регистр таймера.
16. Контроллер прерываний NVIC в ядре Cortex-M. Вектора прерываний. Приоритеты. Флаги прерываний в контроллерах STM.
17. Микроконтроллеры PIC и AVR: память данных в ППЗУ (EEPROM).
18. Микроконтроллеры PIC и AVR: организация прерываний.
19. Микроконтроллеры PIC и AVR: специальные функции.
20. Микроконтроллеры PIC и AVR: система команд – перечень и формат команд.
21. Микроконтроллеры PIC и AVR: система команд – команды работы с байтами и битами.
22. Микроконтроллеры PIC и AVR: система команд – команды управления и работы с константами.
23. Система тактирования микроконтроллера ARM и методы её настройки
24. Широтно-импульсная модуляция. Применение ШИМ для управления электронными устройствами.

25. Особенности реализации ШИМ на микроконтроллере. Сглаживание. Специальные режимы работы таймеров.
26. Интерфейс UART на микроконтроллере PIC. Принцип работы шины UART, протокол передачи данных.
27. Интерфейс UART на микроконтроллере AVR. Принцип работы шины UART.
28. События блока UART на микроконтроллерах STM32.
29. Протоколы SPI и I2C, их принципы работы в микроконтроллере AVR.
30. Протоколы SPI и I2C, их принципы работы в микроконтроллере PIC.
31. Протоколы SPI и I2C, их принципы работы в микроконтроллере ARM.



## 5 Методические указания по выполнению заданий

### Выполнение задания 1

К выполнению задания 1 целесообразно приступить после изучения темы "Арифметические основы цифровой техники". Материал данной темы подробно освещён в [1], с. 72...92, [2], с. 151...166, [3], с. 9...19, 23...34, 87...94.

Изучите примеры перевода чисел, представленные в учебниках. Затем приступайте к решению задания 1.

Правила и примеры перевода чисел в десятичную систему счисления из двоичной и шестнадцатеричной систем счисления приведены в [1], с. 73, [2], с.151, 152, 155, 156.

Рассмотрим пример перевода шестнадцатеричного числа A5F,C83 в десятичную систему счисления

$$A5F,C83_{16} = 10 \times 16^2 + 5 \times 16^1 + 15 \times 16^0 + 12 \times 16^{-1} + 8 \times 16^{-2} + 3 \times 16^{-3} = 2655,7819824_{10}$$

Переводить десятичные числа в двоичную систему счисления можно различными способами. Наиболее простым является следующий способ.

Целую часть числа последовательно делят на два до тех пор, пока частное от последовательного деления станет равно 0. Результат перевода состоит из цифр остатков, причём последний остаток будет представлять старший разряд в записи целой части двоичного числа.

Дробную часть переводят путём последовательного умножения на два. Результат перевода дробной части получают из цифр, стоящих слева от запятой в частичных произведениях.

Целая часть числа переводится точно, дробная – приближенно. Точность перевода дробной части зависит от числа знаков после запятой. Рассмотрим пример. Перевести десятичное число 283,64 в двоичную систему счисления с точностью семь знаков после запятой.

Переводим целую часть числа:

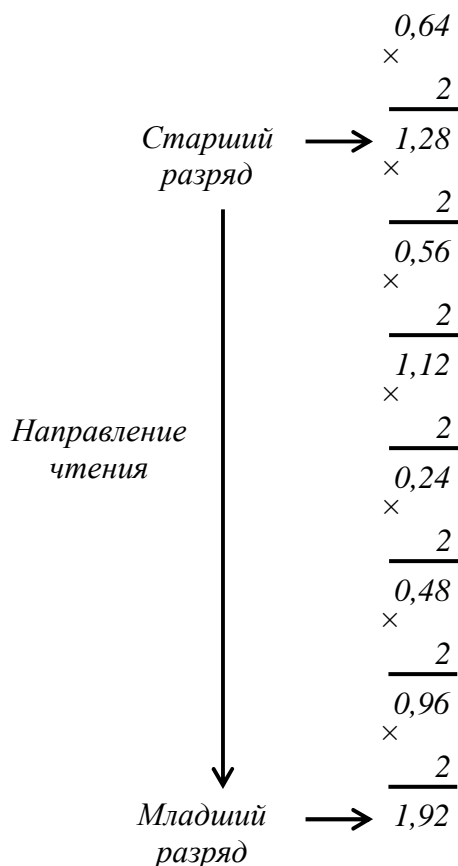
$$\begin{array}{r}
 283 \quad \underline{|} \quad 2 \\
 \hline
 282 \quad 141 \quad \underline{|} \quad 2 \\
 \hline
 140 \quad 70 \quad \underline{|} \quad 2 \\
 \hline
 1 \quad 70 \quad 35 \quad \underline{|} \quad 2 \\
 \hline
 0 \quad 34 \quad 17 \quad \underline{|} \quad 2 \\
 \hline
 1 \quad 16 \quad 8 \quad \underline{|} \quad 2 \\
 \hline
 1 \quad 8 \quad 4 \quad \underline{|} \quad 2 \\
 \hline
 0 \quad 4 \quad 2 \quad \underline{|} \quad 2 \\
 \hline
 0 \quad 2 \quad 1 \quad \underline{|} \quad 2 \\
 \hline
 0 \quad 0 \quad 1 \quad \underline{|} \quad 2 \\
 \hline
 0 \quad 0 \quad 0
 \end{array}$$

Младший разряд  $\swarrow$   
 Направление чтения  
 $\searrow$  Старший разряд

Запишем результат перевода целой части:

$$283_{10} = 100011011_2$$

Переводим дробную часть числа, умножая последовательно на два только дробь, стоящую справа от запятой.



Запишем результат перевода дробной части, читая сверху вниз, выбирая только цифру перед запятой:  $0,64_{10} = 0,1010001_2$ . Перевод дробной части производим до седьмого знака после запятой.

Полный результат перевода:

$$283,64_{10} = 100011011,1010001_2.$$

Для получения дополнительного кода отрицательного двоичного числа в знаковом разряде записывается 1, инвертируются цифры всех разрядов и к младшему разряду прибавляется 1. Для положительных двоичных чисел в знаковом разряде записывается 0, а цифры всех разрядов остаются без изменения. Знаковый разряд отделяется от значащих цифр точкой. Суммируются значащие цифры и знаковые разряды.

Результат суммирования имеет знак минус (в знаковом разряде суммы 1), поэтому требуется обратное преобразование из дополнительного кода, которое выполняется по тому же правилу. При этом 1 в знаковом разряде заменяется на знак минус, цифры всех разрядов инвертируются и к младшему разряду прибавляется 1.

### Пример

Обычная запись двоичного числа

Обычная запись двоичного числа

$$\begin{array}{r} N_1 = + 111,011 \quad \text{Первое слагаемое} \\ - N_2 = - 001,001 \quad \text{Второе слагаемое} \\ \hline N_3 = + 110,010 \quad \text{Сумма} \end{array}$$

При обычной записи из числа  $N_1$  вычитается число  $N_2$  и результату присваивается знак плюс.

Дополнительный код

$$\begin{array}{r} + [N_1]_{\text{доп.}} = 0. 111,011 \quad \text{Первое слагаемое в дополнительном коде} \\ + [N_2]_{\text{доп.}} = 1. 110,111 \quad \text{Второе слагаемое в дополнительном коде} \\ \hline [N_3]_{\text{доп.}} = 1 \ 0. 110,010 \quad \text{Сумма в дополнительном коде} \\ \leftarrow \text{Отбрасывается} \\ N_3 = + 110,010 \quad \text{Сумма в обычной записи} \end{array}$$

Результат суммирования имеет знак плюс (в знаковом разряде суммы 0), поэтому обратное преобразование из дополнительного кода не требуется. При этом 0 в знаковом разряде заменяется на знак плюс.

Обратите внимание, что результаты суммирования при обычной записи и в дополнительном коде должны совпадать.

Следует помнить, что дополнительный код отрицательного двоичного числа и обратное преобразование из дополнительного кода производится по одному правилу. Для положительных двоичных чисел кодируется только знак.

### Выполнение задания 2

Предварительно изучите тему "Логические основы цифровой техники" по [1], с. 4...18, [3], с. 38...52.

При упрощении логических формул, как правило, исключают операции эквиваленции, импликации, штрих Шеффера и стрелку Пирса и осуществляют переход к стандартному базису логических функций, содержащему операции конъюнкции, дизъюнкции и отрицания. При этом добиваются, чтобы отрицания стояли только над отдельными переменными, а сами переменные или их отрицания связывались операциями дизъюнкции и конъюнкции.

Указанные преобразования можно осуществить с помощью логических правил, таких как

$$P|Q \sim \overline{P \wedge Q}, \overline{P \wedge Q} \sim \overline{P} \vee \overline{Q}, P \downarrow Q \sim \overline{P \vee Q}, \overline{P \vee Q} \sim \overline{P} \wedge \overline{Q}, \\ P \leftrightarrow Q \sim (P \rightarrow Q) \wedge (Q \rightarrow P), P \rightarrow Q \sim \overline{P} \vee Q, \overline{\overline{P}} \sim P \text{ и др.}$$

Рассмотрим пример упрощения следующей логической функции:

$$\psi = (\overline{A_1} \rightarrow (\overline{A_2} \wedge A_1)) \wedge \overline{\overline{A_3} \wedge \overline{A_2}}.$$

Используя закон двойного отрицания, получим

$$(\overline{A_1} \rightarrow (A_2 \wedge A_1)) \wedge \overline{A_3} \wedge \overline{A_2}.$$

Применяя закон де Моргана, имеем

$$(\overline{A_1} \rightarrow (A_2 \wedge A_1)) \wedge (\overline{\overline{A_3} \vee \overline{A_2}}).$$

Еще раз применим закон двойного отрицания:

$$(\overline{A_1} \rightarrow (A_2 \wedge A_1)) \wedge (A_3 \vee A_2).$$

Используя эквивалентность для импликации  $H_1 \rightarrow H_2 = \overline{H_1} \vee H_2$ , переходим к стандартному базису:

$$(\overline{\overline{A_1}} \vee (A_2 \wedge A_1)) \wedge (A_3 \vee A_2).$$

Применим закон двойного отрицания и закон поглощения и получим упрощенную эквивалентную формулу

$$A_1 \wedge (A_3 \vee A_2).$$

Таким образом,  $(\overline{A_1} \rightarrow (\overline{A_2} \wedge A_1)) \wedge \overline{\overline{A_3} \wedge \overline{A_2}} = A_1 \wedge (A_3 \vee A_2)$ .

Для проверки эквивалентности составим таблицы истинности. В таблице должно быть  $2^n = 2^3 = 8$  ( $n$  — число переменных) различных наборов логических переменных  $A_1, A_2, A_3$ . Для всех наборов логических переменных  $A_1, A_2$  и  $A_3$  должны получиться одинаковые значения результатов логических операций, стоящих в левой и правой частях рассматриваемой эквивалентности.

Для левой части получим следующую таблицу истинности:

| $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $\overline{A_1}$ | $\overline{A_2}$ | $\overline{A_3}$ | $A_2 \wedge A_1$ | $\overline{A_1} \rightarrow (A_2 \wedge A_1)$ | $\overline{A_3} \wedge \overline{A_2}$ | $\overline{\overline{A_3} \wedge \overline{A_2}}$ | $\psi$ |
|-------|-------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|---|--|---|--------|
| 0     | 0     | 0     | 1                | 1                | 1                | 0                | 0   | 1                                      | 0   | 0      |
| 0     | 0     | 1     | 1                | 1                | 0                | 0                | 0   | 0                                      | 1   | 0      |
| 0     | 1     | 0     | 1                | 0                | 1                | 0                | 0   | 0                                      | 1   | 0      |
| 0     | 1     | 1     | 1                | 0                | 0                | 0                | 0   | 0                                      | 1   | 0      |
| 1     | 0     | 0     | 0                | 1                | 1                | 0                | 1   | 1                                      | 0   | 0      |
| 1     | 0     | 1     | 0                | 1                | 0                | 0                | 1   | 0                                      | 1   | 1      |
| 1     | 1     | 0     | 0                | 0                | 1                | 1                | 1   | 0                                      | 1   | 1      |
| 1     | 1     | 1     | 0                | 0                | 0                | 1                | 1   | 0                                      | 1   | 1      |

Для правой части:

| $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $A_3 \vee A_2$ | $A_1 \wedge (A_3 \vee A_2)$ |
|-------|-------|-------|----------------|-----------------------------|
| 0     | 0     | 0     | 0              | 0                           |
| 0     | 0     | 1     | 1              | 0                           |
| 0     | 1     | 0     | 1              | 0                           |
| 0     | 1     | 1     | 1              | 0                           |
| 1     | 0     | 0     | 0              | 0                           |
| 1     | 0     | 1     | 1              | 1                           |
| 1     | 1     | 0     | 1              | 1                           |
| 1     | 1     | 1     | 1              | 1                           |

Сравнивая значения выражений в левой и правой частях для всех наборов логических переменных  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$ , убеждаемся в правильности полученного ответа.

### Выполнение задания 3

Предварительно изучите тему "Логические основы цифровой техники" по [1], с. 4...18, [2], с. 95...150 или [3], с. 38...52.

1 В заготовку для таблицы истинности ФАЛ вписать значения функции, для этого переводим указанное в задании число в двоичное и начиная с младшего разряда вписываем значения функции ФАЛ. Например известно, что значение ФАЛ равно 22391. Переводим это число в двоичное получаем 0101011101110111. Полученные значения вписываем в колонку значений ФАЛ, получаем

| Номер набора аргументов | Наборы аргументов |       |       |       | ФАЛ |
|-------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-----|
|                         | $x_4$             | $x_3$ | $x_2$ | $x_1$ | $F$ |
| 0                       | 0                 | 0     | 0     | 0     | 1   |
| 1                       | 0                 | 0     | 0     | 1     | 1   |
| 2                       | 0                 | 0     | 1     | 0     | 1   |
| 3                       | 0                 | 0     | 1     | 1     | 0   |
| 4                       | 0                 | 1     | 0     | 0     | 1   |
| 5                       | 0                 | 1     | 0     | 1     | 1   |
| 6                       | 0                 | 1     | 1     | 0     | 1   |

| Номер набора аргументов | Наборы аргументов |       |       |       | ФАЛ |
|-------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-----|
|                         | $x_4$             | $x_3$ | $x_2$ | $x_1$ |     |
| 7                       | 0                 | 1     | 1     | 1     | 0   |
| 8                       | 1                 | 0     | 0     | 0     | 1   |
| 9                       | 1                 | 0     | 0     | 1     | 1   |
| 10                      | 1                 | 0     | 1     | 0     | 1   |
| 11                      | 1                 | 0     | 1     | 1     | 0   |
| 12                      | 1                 | 1     | 0     | 0     | 1   |
| 13                      | 1                 | 1     | 0     | 1     | 0   |
| 14                      | 1                 | 1     | 1     | 0     | 1   |
| 15                      | 1                 | 1     | 1     | 1     | 0   |

## 2 Получение СДНФ

### Правило перехода к СДНФ:

Для любого набора, на котором  $F = 1$ , записывается произведение всех аргументов, причём если в данном наборе аргумент равен нулю, то записывают его инверсию. Затем производится логическое сложение полученных произведений.

В нашем случае имеем

$$F = \overline{x_4}x_3x_2x_1 + x_4\overline{x_3}x_2x_1 + x_4x_3\overline{x_2}x_1 + x_4x_3x_2\overline{x_1} + x_4x_3x_2x_1 + \overline{x_4}\overline{x_3}x_2x_1 + \overline{x_4}x_3\overline{x_2}x_1 + \overline{x_4}x_3x_2\overline{x_1} + \overline{x_4}x_3x_2x_1 + x_4\overline{x_3}x_2x_1 + x_4x_3\overline{x_2}x_1 + x_4x_3x_2\overline{x_1} + x_4x_3x_2x_1$$

3 Нанесите значения заданной логической функции на карту Карно и проведите минимизацию.

Для нанесения значений логической функции на карту Карно изучите рисунок 1, на котором указано распределение наборов аргументов по клеткам карты Карно.

|          |    |          |    |    |    |
|----------|----|----------|----|----|----|
|          |    | $X_2X_1$ |    |    |    |
|          |    | 00       | 01 | 11 | 10 |
| $X_4X_3$ | 00 | 0        | 1  | 3  | 2  |
|          | 01 | 4        | 5  | 7  | 6  |
|          | 11 | 12       | 13 | 15 | 14 |
|          | 10 | 8        | 9  | 11 | 10 |

Рис. 1 – Распределение наборов аргументов по клеткам карты Карно.

Нанесём значения логической функции  $F(x_4x_3x_2x_1)$  на карту Карно (рисунок 2) и проведём минимизацию. При этом следует помнить, что в замкнутые области можно объединять одну, две, четыре, восемь и т.д. клеток. В результат минимизации входят только те аргументы, которые не меняют значение для всех клеток замкнутой области. Если значение аргумента равно 0, то его символ записывается со знаком отрицания.

|          |    |          |    |    |    |
|----------|----|----------|----|----|----|
|          |    | $X_2X_1$ |    |    |    |
|          |    | 00       | 01 | 11 | 10 |
| $X_4X_3$ | 00 | 1        | 1  | 0  | 1  |
|          | 01 | 1        | 1  | 0  | 1  |
|          | 11 | 1        | 0  | 0  | 1  |
|          | 10 | 1        | 1  | 0  | 1  |

Рис. 2 – Карта Карно для минимизации логической функции  $F$  в МДНФ.

Запишем результат минимизации в МДНФ.

$$F_{(МДНФ)}(X_4X_3X_2X_1) = \bar{X}_1 \vee \bar{X}_2 \cdot \bar{X}_4 \vee \bar{X}_2 \cdot \bar{X}_3. \quad (1)$$

Результат минимизации запишите в минимальной конъюнктивной нормальной форме (МКНФ). Карта Карно для минимизации логической функции в МКНФ представлена на рисунке 3.

|          |    |          |     |    |    |
|----------|----|----------|-----|----|----|
|          |    | $X_2X_1$ |     |    |    |
|          |    | 00       | 01  | 11 | 10 |
| $X_4X_3$ | 00 | 1        | 1   | 0  | 1  |
|          | 01 | φ        | 1 1 | 0  | 1  |
|          | 11 | 1        | 0   | 0  | 1  |
|          | 10 | 1        | 1   | 0  | 1  |

Рис. 3 – Карта Карно для минимизации логической функции в МКНФ.

При записи результата минимизации в МКНФ аргументы следует брать с инверсией, если их значения равны 1. Запишем результат минимизации в МКНФ.

$$F_{11(\text{МКНФ})}(X_4 X_3 X_2 X_1) = (\overline{X}_1 \vee \overline{X}_2) \cdot (\overline{X}_1 \vee \overline{X}_3 \vee \overline{X}_4) \quad (2)$$

2. Запишем логическую функцию (1) через логическую операцию И-НЕ, используя правило де Моргана. Изучите [1], с. 13, 65 или [2], с.102, 142...144, учебное пособие.

$$\begin{aligned} F(X_4 X_3 X_2 X_1) &= \overline{X}_1 \vee \overline{X}_2 \cdot \overline{X}_4 \vee \overline{X}_2 \cdot \overline{X}_3 = \\ &= \overline{\overline{\overline{X}_1 \vee \overline{X}_2 \cdot \overline{X}_4 \vee \overline{X}_2 \cdot \overline{X}_3}} = \overline{\overline{X}_1 \cdot \overline{X}_2 \cdot \overline{X}_4 \cdot \overline{X}_2 \cdot \overline{X}_3} = \\ &= X_1 | (\overline{X}_2 | \overline{X}_4) | (\overline{X}_2 | \overline{X}_3). \end{aligned} \quad (3)$$

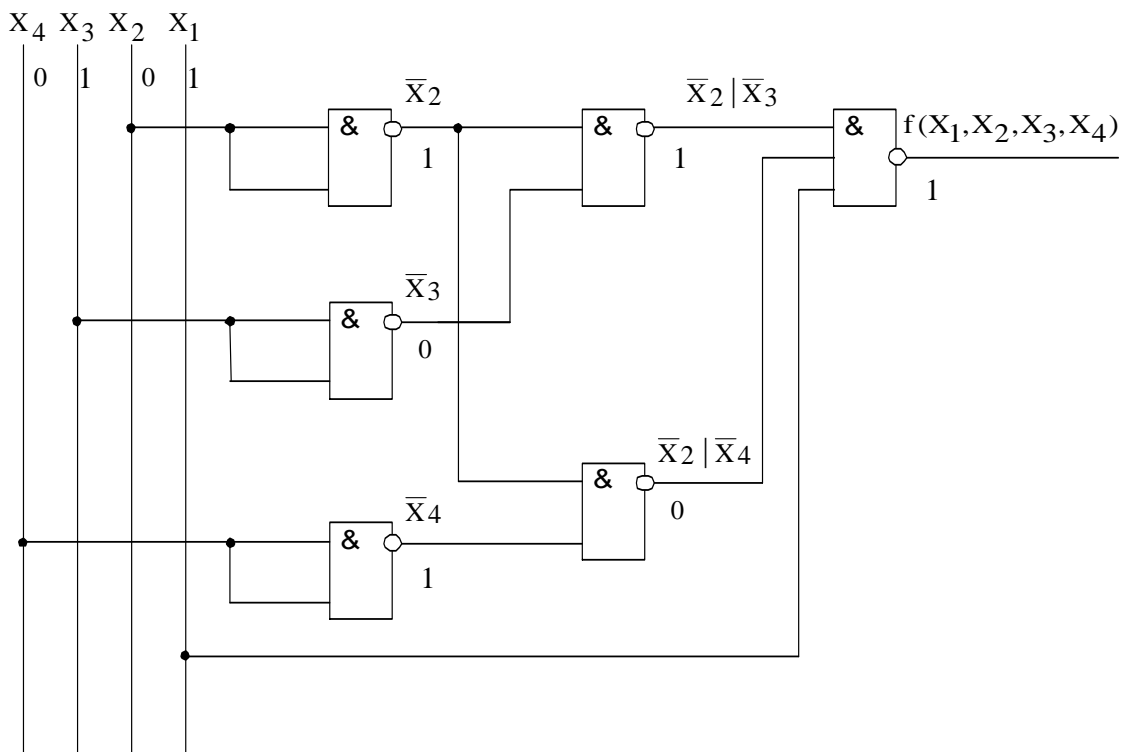
3. Для построения логической схемы устройства по выражению (3) потребуется:

- 1) два логических элемента 2 И-НЕ;
- 2) один логический элемент 3 И-НЕ;
- 3) три логических элемента НЕ, полученных на базе логических элементов 2 И-НЕ.

Особенности построения логических схем в базисе И-НЕ изучите по [1], с. 66...69 или [2], с.144, 145.

Логическая схема устройства в базисе И-НЕ, построенная по логической функции (3), представлена на рисунке 4.





#### Выполнение заданий 4 и 5

Выполнение заданий 4 и 5 подразумевает письменный ответ на поставленные теоретические вопросы. Ответы следует давать в полном объеме, при необходимости приводить рисунки и диаграммы для полноты ответа. При подготовке ответов следует изучить материал из нескольких источников, затем его обобщить и дать ответ на поставленные вопросы.

## 6 Критерии оценки домашней контрольной работы

Критерии оценки результатов учебной деятельности учащихся заочного отделения при выполнении домашней контрольной работы по учебной дисциплине «Микропроцессорная техника»

| <i>Результат усвоения учебного материала по дисциплине</i>   | <i>оценка результатов учебной деятельности.</i> |
|--|---|
| <p>Работа выполнена не в полном объеме или не соответствует заданию. Вопросы не раскрыты или раскрыты частично. Много нарушений в последовательности, логичности изложения материала. Ответы на контрольные вопросы безграмотны или обоснованы безграмотно. Допущено множество конструктивных, технологических, математических ошибок. Контрольная работа и ее графическая часть оформлены неаккуратно, небрежно, с множественными грамматическими и стилистическими ошибками, нарушениями требований стандартов ЕСКД и ЕСТД. Учащийся не способен обосновать принятые решения или не владеет материалом, изложенном в ответах на контрольные вопросы.</p> | <p><i>не зачтено</i></p>                        |
| <p>Работа выполнена в полном объеме и соответствует заданию. Материал изложен последовательно, логично, грамотно. Соблюдена в целом логика и последовательность изложения материала. Ответы на контрольные вопросы с технической точки зрения обоснованы достаточно полно и достаточно убедительно и являются результатом исследовательской, творческой работы учащегося с учетом известных направлений в развитии науки и техники. Контрольная работа и ее графическая часть оформлены аккуратно, в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и ЕСТД</p>  | <p><i>зачтено</i></p>                           |