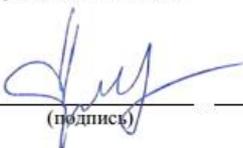




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

**Институт наукоемких технологий и передовых материалов (Школа)**

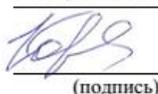
«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

  
(подпись)

Саранин А.А.  
(Ф.И.О. рук. ОП)

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента  
Общей и экспериментальной физики

  
(подпись)

Короченцев А.А.  
(Ф.И.О.)

« 15 » декабря 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Цифровая электроника

**Направление подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника**  
магистерская программа

«Электроника и наноэлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)»

**Форма подготовки: очная**

курс 1 семестр 2

лекции – 18 час.

практические занятия - 18 час.

лабораторные работы – 0 час.

в том числе с использованием МАО лек. 0 /пр. 0 /лаб. 0 час.

в том числе в электронной форме лек. час./пр. час./лаб. час.

всего часов аудиторной нагрузки 36 час.

в том числе с использованием МАО 0 час.

в том числе контролируемая самостоятельная работа \_\_\_0\_ час.

в том числе в электронной форме \_\_\_\_\_ час.

самостоятельная работа 36 час.

в том числе на подготовку к экзамену - 0 час.

контрольные работы (количество) – 0 час.

курсовая работа / курсовой проект – 0 час.

зачет – 2 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 959.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол № 3 от «29» ноября 2021 г.

Директор департамента общей и экспериментальной физики ИНТиПМ: к.ф.-м.н., доцент  
Короченцев В.В.

Составитель: к.ф.-м.н., доцент, Стеблий М.Е.

Владивосток  
2022

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента: \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента: \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## Аннотация дисциплины

### «Цифровая электроника»

Учебная дисциплина «Цифровая электроника» предназначена для магистрантов 1 курса магистратуры 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, магистерской программы «Электроника и наноэлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)».

Дисциплина «Цифровая электроника» входит в часть формируемую участниками образовательных отношений цикла дисциплин образовательной программы, и является факультативной дисциплиной (ФТД.В.01), реализуется на 1 курсе, в 2 семестре, завершается зачетом. Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 З.Е. (72 часа). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 час.), практические занятия (18 час.), самостоятельная работа студента (36 час.), зачет.

Язык реализации – русский.

**Цель** изучения дисциплины - ознакомление с особенностями современных принципов построения цифровой электроники и типами возможных архитектур.

#### **Задачи:**

- изучение принципов построения и проектирования приборов цифровой электроники;
- освоение методов диагностики в наноэлектронике используя цифровые приборы и системы;
- установление взаимосвязи между структурными свойствами материалов и их магнитными характеристиками и проводимостью при помощи средств цифровой электроники.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Производственно-	ПК-12 Способен осуществлять авторское сопровождение	ПК-12.1 осуществляет авторское сопровождение разрабатываемых систем электронной техники

технологический	разрабатываемых устройств, приборов и системы электронной техники на этапах проектирования и производства	ПК-12.2 применяет принципы авторского сопровождения разрабатываемых систем электронной техники
Научно-педагогический	ПК-13 Способен проводить лабораторные и практические занятия со студентами, руководить курсовым проектированием и выполнением выпускных квалификационных работ бакалавров	ПК-13.1 использует современные образовательные технологии в учебном процессе
		ПК-13.2 проводит учебные и консультативные занятия со студентами

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-12.1 осуществляет авторское сопровождение разрабатываемых систем электронной техники	<u>Знает</u> нормативную документацию и требования к осуществлению авторского сопровождения разрабатываемых систем электронной техники
	<u>Умеет</u> осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых систем электронной техники на этапах проектирования и производства
	<u>Владеет</u> навыками сопровождения разрабатываемых систем электронной техники на основе своего авторства
ПК-12.2 применяет принципы авторского сопровождения разрабатываемых систем электронной техники	<u>Знает</u> принципы авторского сопровождения разрабатываемых систем электронной техники
	<u>Умеет</u> применять принципы авторского сопровождения разрабатываемых устройств, приборов и систем электронной техники
	<u>Владеет</u> навыками осуществления авторского сопровождения разрабатываемых устройств, приборов и систем электронной техники
ПК-13.1 использует современные образовательные технологии в учебном процессе	<u>Знает</u> современные образовательные технологии
	<u>Умеет</u> выделить наиболее подходящую образовательную технологию в соответствии со своей научно-педагогической задачей
	<u>Владеет</u> педагогическими навыками, отвечающими современным требованиям учебного процесса
ПК-13.2 проводит учебные и консультативные занятия со студентами	<u>Знает</u> основы коммуникаций со студентами в учебной и консультативной деятельности, требования к курсовому проектированию и выполнению выпускных квалификационных работ бакалавров
	<u>Умеет</u> проводить лабораторные, практические и консультативные занятия со студентами, осуществлять руководство курсовыми и выпускными квалификационными работами бакалавров
	<u>Владеет</u> методами и приемами проведения учебных и консультативных занятий со студентами, навыками руководства курсовыми и выпускными квалификационными работами бакалавров

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лекционные занятия (10 часов, в том числе с использованием МАО – 10 часов)

Тема 1. Digital electronics in industrial automation systems / Цифровая

## **электроника в системах промышленной автоматизации (2 час., МАО - 2 час.)**

### **Цифровая электроника как инструмент для промышленной автоматизации**

- Актуальность курса;
- Промышленная электроника — фундамент автоматизации и роботизации;
- История и вехи развития;
- Специфика отрасли;
- Системный подход к изучению курса;
- Структуры схемотехнических и аппаратно-программных решений;
- Тенденции развития промышленной электроники и систем автоматизации;
- Архитектура систем промышленной автоматизации;
- Понятие автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП);
- Интегрированная информационно-управляющая система предприятия;
- Подсистемы АСУ и уровни управления;
- Требования к архитектуре;
- Построение архитектуры;
- Распределенные системы автоматизации;
- Разработка, проектирование и внедрение системы автоматизации.

### **Тема 2. Sensors and measuring devices / Датчики и измерительные устройства (2 час., МАО - 2 час.)**

- Датчики устройств дискретной автоматики: индуктивные датчики приближения, емкостные датчики приближения, механические конечные выключатели, фотоэлектрические датчики;
- Датчики устройств управления непрерывными процессами: тока, скорости и положения, ускорения, момента, давления, температуры;
- Датчики магнитного поля: магниторезистивные датчики, датчики Холла и датчики Виганда.

### **Тема 3. Subsystems for the collection and processing of information / Подсистемы сбора и обработки информации (2 час., МАО - 2 час.)**

- Основные параметры измерительной системы;
- Структура системы сбора данных. Обработка сигналов: аналоговый сигнал, цифровой сигнал, цифро-аналоговое преобразование;
- Основные компоненты одного измерительного канала;
- Датчики. Основные виды измеряемых величин, стандартные аналоговые и цифровые сигналы;
- Обзор аппаратных измерительных средств;
- Обзор программных средств для систем сбора и обработки информации;
- Возможности пакета LabVIEW;
- Основы работы с Arduino. Разработка электронных устройств в программной оболочке Arduino IDE;

#### **Тема 4. Actuators / Исполнительные устройства (2 час., МАО - 2 час.)**

- Классификация исполнительных устройств, основные понятия и определения;
- Пневматические и гидравлические исполнительные устройства;
- Электрические исполнительные устройства.

#### **Тема 5. Logic Elements of Логические элементы цифровой электроники (2 час., МАО - 2 час.)**

- Дополнительные логические операции, используемые в цифровой электронике: отрицание конъюнкции (штрих Шеффера), отрицание дизъюнкции (стрелка Пирса), исключаящее или (либо). Таблицы истинности.
- Базовые логические элементы цифровой электроники: конъюнктор, дизъюнктор, инвертор, элемент Шеффера, элемент Пирса, сумматор по модулю
- Общий принцип обозначения логических элементов.
- Функционально полные системы логических элементов: булевский базис, базис Шеффера, базис Пирса. Реализация полного набора базовых логических элементов с помощью каждого из трех базисов.

## II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

**Практические занятия (26 часов, в том числе с использованием MAO – 26 часов)**

**ТЕМА 1. Frequency analysis / Частотный анализ (2 часа, MAO – 2 часа).**

**Цель:** открыть и запустить прибор.

1. Запустите LabVIEW (Пуск→Все программы→ National Instruments LabVIEW 8.0). Появится диалоговое окно Getting Started.

2. Выберите Find Examples. На экране появиться диалоговое окно поиска примеров ВП (рис. 1.1), разбитых по категориям.

3. Перейдите на закладку **Browse** (Обзор). Отметьте пункт **Directory Structure**. В списке примеров выберите папку **Apps**, в которой откройте библиотеку **Fereqresp.lib** и дважды щелкните на **Frequency Response VI**. Появится лицевая панель ВП Частотный анализ.

4. На инструментальной панели нажмите кнопку **Run**. Данный ВП моделирует посылку сигнала к измерительному прибору и регистрацию его отклика. Реакцию прибора в частотной области можно будет увидеть на графике лицевой панели.

5. С помощью инструмента УПРАВЛЕНИЕ измените значение уставки амплитуды **Amplitude**. Изменить значение можно, либо переместив указатель кнопки в нужное положение, либо используя стрелки изменения значений элемента управления, либо введя число непосредственно в дисплей элемента.

Если число введено непосредственно в дисплей элемента, то необходимо нажать кнопку **Enter**, появившуюся на инструментальной панели. Иначе число не будет введено.

6. Нажать кнопку **Run** и запустить ВП. Изменяя значения других средств управления, находящихся на панели, исследовать работу ВП.

**Блок-диаграмма**

7. Перейдите на блок-диаграмму. Для этого выберите в главном

меню **Window**→ **ShowDiagram** или введите **<Ctrl-E>** с клавиатуры. Блок-диаграмма содержит несколько основных объектов, включая подпрограммы ВП, функции и структуры.

8. С помощью инструмента **УПРАВЛЕНИЕ** дважды щелкните по иконке **DMM**.

Эта иконка – графическое представление подпрограммы **DemoFluke 8840A VI**. После двойного щелчка откроется подпрограмма и на экране появится её лицевая панель. Дизайн лицевой панели напоминает мультиметр. Вот почему программы LabVIEW называются виртуальными приборами. Создавая модульные приложения LabVIEW, можно изменять только части приложения и/или многократно использовать эти части в других приложениях. Например, эта подпрограмма моделирует действие комбинированного прибора **DemoFluke**, но пользователь может внести в него изменения, чтобы получить новые функции.

9. Выберите в главном меню пункты **File**→**Close** и закройте **DemoFluke8840AVI**.

10. Закройте ВП Frequency Response VI.

## **ТЕМА 2. Creating LabVIEW routines / Создание подпрограмм LabVIEW (4 часа, МАО – 4 часа).**

**Цель:** Создать иконку и настроить соединительную панель для возможности использования ВП в качестве подпрограммы ВП.

В этом уроке представлена последовательность действий по созданию иконки и настройке соединительной панели для созданного ВП, который переводит значение измеренной температуры из °C в °F.

### **Лицевая панель**

1. Выберите пункт главного меню **File**»**Open**, укажите папку **d:\student\фамилия\** и выберите файл *Преобразование C в F (начало).vi*. Если закрыты все ВП, следует нажать кнопку **OpenVI** (Открыть ВП)

в диалоговом окне **LabVIEW**.

2. Щелкните правой кнопкой мыши по иконке ВП и в контекстном меню выберите пункт **Edit Icon** (Редактирование иконки). Появится диалоговое окно редактора иконки **IconEditor**.

3. Дважды щелкните правой кнопкой мыши по инструменту **ВЫБОР**.

4. Нажав кнопку **<Delete>** очистите область редактирования иконки.

5. Дважды щелкните по инструменту **ПРЯМОУГОЛЬНИК** (показан слева), чтобы обвести область редактирования границей выбранного цвета.

6. Создайте следующую иконку:

a. Введите текст инструментом **ВВОД ТЕКСТА**, который показан слева.

b. Напечатайте «С» и «F»

c. Для выбора размера шрифта дважды щелкните левой кнопкой мыши по инструменту **ВВОД ТЕКСТА**.

d. Чтобы нарисовать стрелку, воспользуйтесь инструментом **КАРАНДАШ**.

e. Для передвижения текста и стрелки по полю редактирования иконки используйте инструмент **ВЫБОР** и стрелки на клавиатуре.

f. В разделе **Copy from** (Копировать) выберите **B & W** (черно-белую) иконку и **256 Colors** (256-цветный режим) для создания черно-белой иконки, которую LabVIEW использует в случае отсутствия цветного принтера.

g. В разделе **Copy from** (Копировать) выберите **16 Colors** и **256 Colors**.

h. После завершения редактирования иконки нажмите кнопку **ОК** и закройте **Icon Editor**. Новая иконка появится в правом верхнем углу обеих панелей.

7. Перейдите на лицевую панель, щелкните правой кнопкой мыши на иконке и выберите пункт **Show Connector** (Показать поля ввода/вывода данных) из контекстного меню. Количество отображаемых LabVIEW полей ввода/вывода данных соответствует количеству элементов на лицевой панели. Например, лицевая панель этого ВП имеет два элемента **ГрадС** и **ГрадF** и LabVIEW выводит в соединительной панели два поля, показанные слева.
8. Элементам управления и отображения данных назначьте соответственно поля ввода и вывода данных.
- a. В пункте главного меню **Help** (Помощь) выберите **ShowContext Help** (контекстную подсказку) и выведите на экран окно Context Help (контекстной справки) для просмотра соединений.
- b. Щелкните левой кнопкой мышки на левом поле соединительной панели. Инструмент УПРАВЛЕНИЕ автоматически поменяется на инструмент СОЕДИНЕНИЕ, а выбранное поле окрасится в черный цвет.
- c. Щелкните левой кнопкой мыши по элементу Град С. Левое поле станет оранжевым и выделится маркером.
- d. Щелкните курсором по свободному пространству. Маркер исчезнет, и поле окрасится в цвет данных типа соответствующего элемента управления.
- e. Щелкните левой кнопкой мыши по правому полю соединительной панели и элементу Град F. Правое поле станет оранжевым.
- f. Щелкните курсором по свободному пространству. Оба поля останутся оранжевыми.
- g. Наведите курсор на область полей ввода/вывода данных. Окно **ContextHelp** (контекстной справки) покажет, что оба поля соответствуют типу данных двойной точности с плавающей запятой.
9. Выберите пункт главного меню File»Save. Сохраните ВП под

именем *Преобразование C в F.vi*, он будет использоваться позднее.

10. Выберите пункт главного меню File»Close. Закройте ВП.

### **ТЕМА 3. Multiple Repetitions and Loops / Многократные повторения и циклы (4 часа, МАО – 4 часа).**

**Цель:** использование терминала выходных данных цикла While. Создайте ВП, который генерирует случайные числа до тех пор, пока одно из них не окажется равным значению, введенному в элемент управления. При этом должно отображаться количество итераций, выполненное циклом.

#### **Лицевая панель**

1. Откройте новую лицевую панель. Создайте лицевую панель, разместив на ней элементы управления и отображения.

**а.** Поместите на лицевую панель числовой элемент управления, находящийся на палитре **Controls»Numeric**. Назовите элемент **Заданное число для сравнения**. Этот элемент задает число, с которым будет проводиться сравнение.

**б.** Поместите на лицевую панель числовой элемент отображения, находящийся на палитре **Controls»Numeric**. Назовите элемент **Текущее случайное число**. Этот элемент отображает текущее значение, выданное функцией **Генератор случайных чисел**.

**с.** Поместите еще один числовой элемент отображения на лицевую панель. Назовите элемент **Кол-во итераций**. Этот элемент показывает номер текущей итерации.

#### **Установка диапазона данных**

Чтобы значения элемента **Заданное число для сравнения** не выходили за рамки диапазона значений, выдаваемых функцией **Генератор случайных чисел**, следует использовать диалоговое окно **Data Range**.

Выполните следующие шаги для настройки диапазона выходных значений элемента **Заданное число для сравнения** от 0 до 100000 с шагом изменения 1 и значением по умолчанию равным 50.

2. Щелкните правой кнопкой мыши по элементу **Заданное число для сравнения**. Из контекстного меню выберите пункт **Data Range**. Появится диалоговое окно, показанное ниже.

3. Снимите выделение с пункта **UseDefaults** (использовать значения по умолчанию).

4. Выберите пункты, показанные в этом примере диалогового окна.

a. Установите **DefaultValue** (значение по умолчанию) равным 50.

b. Установите **Minimum Value** (минимальное значение) равным 0 и выберите **Coerce**.

c. Установите **Maximum Value** (максимальное значение) равным 10000 и выберите **Coerce**.

d. Установите **Increment** (значение приращения) равным 1 и выберите **Coerce to Nearest**.

5. Выберите раздел **Format and Precision** (формат и точность).

#### **Установка количества знаков после запятой**

По умолчанию, LabVIEW отображает числовые элементы управления и отображения в виде десятичных чисел с точностью до двух знаков после запятой (3,14). С помощью опции **Format&Precision** можно изменить точность и вид представления значений элементов (**научная нотация**, **инженерная нотация**, **формат времени**).

6. Щелкните правой кнопкой мыши по элементу **Текущее случайное число** и выберите в контекстном меню пункт **Format&Precision**. Появится следующее диалоговое окно **Format&Precision**.

7. Сделайте настройки, показанные ниже. В поле ввода **Digits of Precision**

следует ввести значение 0.

8. Повторите шаги 6 и 7 для элементов отображения **Текущее случайное число** и **Кол-во итераций**.

### Блок-диаграмма

9. Создайте блок-диаграмму

Поместите на блок-диаграмму функцию **Random Number** (Генератор случайных чисел), расположенную на палитре **Функций** в разделе **Function» Programming» Numeric**. Эта функция генерирует случайные числа в пределах от 0 до 1

Поместите на блок-диаграмму функцию **Multiply** (Умножение), расположенную в палитре **Функций** в разделе **Function» Programming» Numeric**. Эта функция умножает текущее значение с выхода функции **Random Number** (Генератор случайных чисел) на 10000.

Создайте константу. Для этого следует навести курсор на поле ввода данных функции **Multiply** (Умножение), щелкнуть по нему правой кнопкой мыши и выбрать в контекстном меню пункт **Create» Constant** С помощью инструмента **ВВОД ТЕКСТА** присвойте ей значение 10000.

Поместите на блок-диаграмму функцию **Round To Nearest** (Округление до ближайшего целого), расположенную в палитре **Функций** в разделе **Function» Numeric**. Эта функция будет округлять полученное в пределах от 0 до 10000 случайное число до ближайшего целого числа.

Поместите на блок-диаграмму функцию **Not Equal?** ( $\neq$ ), расположенную в палитре **Функций** в разделе **Function» Programming» Comparison**. Эта функция предназначена для

сравнения случайного числа с числом, введенным в элемент управления Заданное число для сравнения. Если значения не равны, функция выдает значение TRUE.

Поместите на блок-диаграмму цикл **While**, расположенный в палитре Функций в разделе **Function»Programming»Structures**. Наведите курсор на терминал условия выхода, щелкните по нему правой кнопкой мыши и выберите пункт **Continue if True** (Продолжение если Истина).

Подсоедините терминал счетчика итераций к границе области цикла **While**. На границе цикла появится синий прямоугольник. Терминал выходных данных цикла присоединен к функции приращения. При выполнении цикла счетчик итераций получает приращение равное 1. После завершения цикла значение счетчика итераций передается на выход через терминал выхода цикла. Вне тела цикла значение счетчика итераций увеличивается на единицу для отображения количества выполненных итераций.

Поместите на блок-диаграмму функцию Increment (Приращение на 1), расположенную в палитре Функций в разделе **Function»Programming»Numeric**. Эта функция добавляет 1 к значению счетчика итераций после завершения выполнения цикла. Следует обратить внимание, что на терминале элемента Кол-во итераций имеется серая точка, означающая, что LabVIEW автоматически осуществляет преобразование типа данных счетчика итераций к типу данных терминала элемента Кол-во итераций. Подробнее о приведении типов данных можно прочитать в разделе В "Цикл For (с фиксированным числом итераций)".

**10.** Сохраните ВП под именем *Подсчет итераций.vi*.

## Запуск ВП

**11.** Перейдите на лицевую панель и измените значение элемента Заданное число для сравнения.

**12.** Запустите ВП. Измените значение элемента Заданное число для сравнения и запустите ВП снова. При этом элемент **Текущее случайное число** обновляется после каждой итерации цикла, потому что его терминал данных расположен внутри тела цикла. Значение же элемента **Кол-во итераций** обновляется после завершения цикла, потому что терминал данных этого элемента расположен вне тела цикла.

**13.** Чтобы посмотреть, как ВП обновляет значения элементов отображения информации, необходимо запустить ВП в режиме анимации. Для этого следует нажать на инструментальной панели кнопку **Highlight Execution**, показанную слева. Режим отладки анимирует поток данных, проходящих по блок-диаграмме. Таким образом, имеется возможность наблюдать изменения значений на каждом этапе их генерации.

**14.** Измените значение элемента Заданное число для сравнения таким образом, чтобы оно с увеличением на 1 выходило за установленный диапазон значений от 0 до 10000.

**15.** Запустите ВП. Lab VIEW автоматически приведет новое значение к ближайшему значению в указанном диапазоне входных данных элемента.

**16.** Закройте ВП.

**ТЕМА 4. Processing of data arrays / Работа с массивами данных (4 часа, МАО – 4 часа).**

**Цель:** создание массивов и знакомство с функциями обработки массивов.

Выполните следующие шаги для создания ВП, который формирует массив случайных чисел, масштабирует полученный массив и выделяет из него подмножество.

### Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и создайте лицевую панель, как показано ниже.

a. В палитре **Controls»Modern»Array, Matrix& Cluster** выберите шаблон массива.

b. Созданному массиву присвойте имя **Массив случайных чисел**.

c. Поместите внутрь шаблона массива цифровой элемент отображения, расположенный в палитре **Controls»Numeric**.

d. С помощью инструмента ПЕРЕМЕЩЕНИЕ измените размер массива таким образом, чтобы он содержал 10 элементов.

e. Нажмите и удерживайте клавишу **<Ctrl>** и, перемещая элемент **Массив случайных чисел**, создать две его копии.

f. Копиям присвойте имена **Конечный Массив** и **Подмножество Массива**.

g. Создайте три цифровых элемента управления и присвойте им имена **Масштабный коэффициент**, **Старт подмножества** и **Количество элементов подмножества**.

h. Щелкните правой кнопкой мыши по элементам **Старт подмножества** и **Количество элементов подмножества**, в контекстном меню выберите пункт **Representation**, затем пункт **I32**.

### Блок-диаграмма

2. Постройте блок-диаграмму, как показано ниже.

Выберите функцию **Random Number (0-1)**, расположенную в палитре **Functions»Programming»Numeric**. Эта функция будет

генерировать случайное число в пределах от 0 до 1. Выберите цикл **For**, расположенный в палитре **Functions»Programming»Structures**. Этот цикл на терминале выхода накапливает массив из 10 случайных чисел. Терминалу количества итераций присвойте значение 10. Выберите функцию **Array Subset**, расположенную в палитре **Functions»Programming»Array**. Эта функция выдает подмножество массива, начиная со значения, введенного в элементе **Старт подмножества** и будет содержать количество элементов, указанное в элементе **Количество элементов подмножества**.

3. Сохраните ВП под именем *Работа с массивами.vi*  
**Запуск ВП**

4. Перейдите на лицевую панель, измените значения элементов управления и запустите ВП. Цикл **For** совершит 10 итераций. **Каждая итерация** создаст случайное число и сохранит его в терминале выхода **из цикла**. В элементе **Массив случайных чисел** отобразится массив из 10 случайных чисел. ВП умножит каждое значение этого массива на число, введенное в элемент управления **Масштабный коэффициент**, для создания массива, отображаемого в индикаторе **Конечный массив**. ВП выделит подмножество из получившегося массива, начиная со значения в элементе **Старт подмножества**, длиной, указанной в элементе **Количество элементов подмножества**, и отобразит это подмножество в индикаторе **Подмножество массива**.

5. Закройте ВП.

**ТЕМА 5. Work with clusters / Работа с кластерами (4 часа, МАО – 4 часа).**

**Цель:** Создание кластеров на лицевой панели. Используя функции

обработки кластеров, собирать и демонтировать кластеры

### Лицевая панель

1. Откройте новый ВП и создайте лицевую панель, как показано ниже.

a. Поместите на лицевую панель кнопку «Стоп» и круглый светодиод.

b. Из палитры **Controls»Modern»Array, Matrix& Cluster** выберите шаблон кластера.

c. Объекты лицевой панели, показанные на иллюстрации, поместите в шаблон кластера.

d. Создайте и переименуйте копию элемента **Кластер** в **Модифицированный Кластер**. После этого щелкните правой кнопкой мыши по границе шаблона кластера **Модифицированный Кластер** и выберите из контекстного меню пункт **Change to Indicator**.

e. Повторите пункт d для создания элемента **Маленький кластер**. Измените его, как показано на рисунке.

2. Проверьте порядковые номера элементов в кластерах **Кластер** и **Маленький кластер**. Порядковые номера элементов кластера **Модифицированный кластер** и **Кластер** должны совпадать.

a. Щелкните правой кнопкой мыши по границе шаблона каждого кластера, из контекстного меню выберите пункт **Reorder Controls in Cluster**.

b. Установите Порядковые номера элементов

### Блок-диаграмма

3. Создайте блок-диаграмму, как показано на рис. 6.3.

Из палитры **Functions»Programming»Cluster** выберите функцию **Unbundle**. Эта функция разъединяет кластер. Измените размер этой

функции до **четырёх** полей ввода данных или соедините терминал данных кластера с функцией для автоматического добавления полей ввода данных.

Из палитры **Functions» Programming» Cluster** выберите функцию **Bundle**. Эта функция объединит элементы в кластер **Маленький кластер**.

Из палитры **Functions» Programming» Cluster** выберите функцию **Unbundle by Name**. Эта функция выделит два элемента из кластера **Кластер**. Измените размер функции до двух полей вывода данных.

Если имена в полях вывода данных отличаются от показанных на иллюстрации, следует щелкнуть правой кнопкой мыши по имени элемента и в контекстном меню войти в раздел **SelectItem**.

Из палитры **Functions» Programming» Numeric** выберите функцию **Increment**. Эта функция добавит 1 к значению элемента **Число**.

Из палитры **Functions» Programming» Boolean** выберите функцию **Not**. Эта функция выдаст логическое отрицание элемента **Логический1**.

Из палитры **Functions» Programming» Cluster** выберите функцию **BundlebyName**. Эта функция изменит значения элементов **Число** и **Логический** в кластере **Кластер** и создаст кластер **Модифицированный кластер**. Измените размер этой функции на два поля ввода данных. Если имена в полях вывода данных отличаются от показанных на иллюстрации, следует щелкнуть правой кнопкой мыши по имени элемента и в контекстном меню войти в раздел **Select Item**.

4. Сохраните ВП под именем *Работа с кластерами, vi*

5. Перейдите на лицевую панель и запустите ВП.

6. Поменяйте значения элементов в кластере **Кластер** и запустите ВП.

## **ТЕМА 6. Temperature monitoring / Мониторинг температуры (4 часа, MAO – 4 часа).**

**Цель:** приобретение навыков по использованию графика Диаграмм для получения и отображения данных.

### **Лицевая панель**

**1.** Откройте новый ВП и создайте лицевую панель

**1.1** Выберите график Диаграмм (**Waveform Chart**) из палитры **Controls»Modern»Graphs** поместите его на лицевую панель.

**1.2.** Щелкните правой кнопкой мыши на графике Диаграмм и настройте параметры в соответствии с рис. 7.2 и 7.3.

**1.3** Поместите на лицевую панель ВП кнопку «СТОП», останавливающую выполнения измерений; числовой индикатор для отображения температуры в данный момент времени и индикатор в виде градусника.

**1.4** Переименуйте оси графика на «Время» (ось X) и «Температура» (Ось Y).

**1.5** Измените диапазон отображаемых значений оси температуры на 0–30 °С.

### **Блок-диаграмма**

**2** Перейдите на блок-диаграмму, выбрав пункт главного меню **Window»ShowDiagram** и создайте блок-схему, изображённую на рис. 7.8.

**2.1** Поместите на бланк блок-диаграммы компонент **DAQ Assistant**. Он находится в палитре **MeasurementI/O» DAQmx– DataAcquisition**.

**2.2** После помещения компонента появится окно выбора задачи DAQ Assistant (рис. 7.5). В появившемся окне раскройте список задач аналогового ввода (**Analog**

**Input**) и выберите задачу измерения напряжения (**Voltage**). Нажмите кнопку **Next**.

**2.3** Новое открывшееся окно (рис. 7.6) позволяет выбрать канал измерения. Выберите из списка **ai0** и нажмите кнопку **Finish**.

**2.4** Далее открывается окно настройки параметров измерения (рис. 7.7).  
Задайте параметры как показано на рис. 7.7.

На вкладке **Settings**:

- диапазон измеряемого напряжения (**SignalInputRange**) от 0 В (**Min**) до 10 В (**Max**);
- конфигурация входных терминалов (**Terminal Configuration**) – измерение с **общим заземлённым проводом (RSE)**. На вкладке **Task Timing** выберите способ измерения **одна выборка по запросу (1 Sample(OnDemand))**. Нажмите кнопку **Ok**. Настройка параметров измерения закончена.

**2.5** Поместите на блок-диаграмму элементы, численно преобразующие измеренное напряжение в температуру по формуле.

**2.6** Дополнительно разместите **числовой индикатор** и **индикатор в виде термометра**. Соедините параллельно с **Waveform Chart**.

**2.7** Для задания интервала измерения поместите ВП **WaiteUntilNext ms Multiple** из палитры **Time & Dialog**. Создайте константу с значением 1000 мс и соедините со входом ВП.

**2.8** Сохраните прибор с именем *Измерение температуры.vi*.

**2.9** Запустите прибор и наблюдайте за изменением графика, нагревая датчик температуры пальцами рук.

**2.10** Ознакомьтесь с другими настройками **Waveform Chart**.

**ТЕМА 7. Writing data table / Запись таблицы данных (4 часа, MAO – 4 час).**

**Цель:** Сохранить 2D массив в текстовый файл в виде таблицы так, чтобы он был доступен редактору электронной таблицы. В упражнении 9-4 строка была отформатирована таким образом, что позиция табулятора разделял столбцы, а

символ конца строки разделял строки. Выполните следующие шаги для изучения ВП, который сохраняет числовой массив в файл в формате, доступном для редактора электронных таблиц.

### Лицевая панель

1. Создайте лицевую панель ВП.

### Блок-диаграмма

2. Создайте блок-диаграмму:

- ВП **Sine Pattern VI**, расположенный в палитре **Functions»Signal Processing»Signal Generation** выдает числовой массив из 128 элементов, содержащий значения синусоидального сигнала. Константа 90,0 определяет фазу гармонического сигнала.

- ВП **Uniform White Noise VI**, расположенный в палитре **Functions»Signal Processing»Signal Generation** выдает числовой массив из 128 элементов, содержащий значения шумового сигнала.

•	Функция	Build Array,	расположенная в	палитре
<b>Functions»Programming»Array</b> , компонует 2D массив из массивов				
синуса, шума и косинуса.				
<b>Массивсинуса</b>	...			
<b>Массившума</b>	...			
<b>Массивкосинуса</b>	...			

- Функция **Transpose 2D Array**, расположенная в палитре **Functions»Programming»Array**, перестраивает элементы 2D массива так, что элемент  $[i, j]$  становится элементом  $[j, i]$ .

- ВП **Write To Spreadsheet File VI**, расположенный в палитре **Functions» Programming»File I/O**, форматирует 2D массив в строку таблицы символов и записывает строку в файл. Формат строки показан на рисунке, где стрелка  $\rightarrow$  показывает позицию

табулятора, а символ параграфа ¶ показывает окончание строки символов.

- Функция **NumberToFractionalString**, расположенная в папке **Functions»Programming»String»String/Number Conversion**, преобразует массив чисел в массив строк, которые отображаются в таблице.

### Запуск ВП

3. Запустите ВП. ВП генерирует 2D массив из 128 строк и 3 столбцов. Первый столбец содержит данные осциллограммы синуса, второй – осциллограммы шума, третий столбец – данные осциллограммы косинуса. ВП выводит осциллограммы каждого столбца и отображает данные в виде таблицы. После вывода данных на экран появляется диалоговое окно.

4. Введите имя файла *осциллограмма.vi* и нажмите на кнопку Save или ОК. Позднее этот файл будет использоваться.

5. Закройте ВП.

**Примечание** В этом примере сохраняются в файл только три массива. Для добавления большего количества массивов следует увеличить количество полей ввода данных функции **BuildArray**.

### Дополнительная часть

Откройте файл текстовым редактором или редактором электронных таблиц и просмотрите его содержимое.

6. Откройте текстовый редактор.

7. Откройте файл *осциллограммам*. Данные синуса представлены в первом столбце, шум – во втором, косинус – в третьем.

8. Выйдите из текстового редактора или редактора электронных таблиц и вернитесь в LabVIEW.

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ БУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Цифровая электроника» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

Трудоемкость дисциплины составляет 108 часов, из них 36 аудиторной работы.

### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Частотный анализ	ПК-12, ПК-13	знает	Практическая работа	зачет, вопросы 1-7
			умеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 1
			владеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 1
2	Создание подпрограмм LabVIEW	ПК-12, ПК-13	знает	Практическая работа	зачет, вопросы 8-11
			умеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 2
			владеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 2
3	Многokратные повторения и циклы	ПК-12, ПК-13	знает	Практическая работа	зачет, вопросы 12-13
			умеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 3

			владеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 3
4	Работа с массивами данных	ПК-12, ПК-13	знает	Практическая работа	зачет, вопросы 14-15
			умеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 4
			владеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 4
5	Работа с кластерами	ПК-12, ПК-13	знает	Практическая работа	зачет, вопросы 16-17
			умеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 5
			владеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 5
6	Мониторинг температуры	ПК-12, ПК-13	знает	Практическая работа	зачет, вопросы 18-19
			умеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 6
			владеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 6
7	Запись таблицы данных	ПК-12, ПК-13	знает	Практическая работа	зачет, вопросы 20-21
			умеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 7
			владеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 7

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Рег, Д. Промышленная электроника [Электронный ресурс] : учебник / Д. Рег. — Электрон. дан. — Москва : ДМК Пресс, 2011. — 1136 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/891>
2. Джеймс Рег Промышленная электроника [Электронный ресурс]/ Джеймс Рег— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2017.— 1136 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63583.html> — ЭБС «IPRbooks»
3. Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. Теория автоматического управления: учебное пособие для вузов / Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 219с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:307461&theme=FEFU>
4. Растворова И.И. Электроника и наноэлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Растворова И.И., Терехов В.Г.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский горный университет, 2016.— 205 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71712.html> — ЭБС «IPRbooks»
5. Трушин В.Н., Андреев П.В., Фаддеев М.А. Рентгеновский фазовый анализ поликристаллических материалов. Электронное учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. - 89 с.  
<http://window.edu.ru/resource/210/79>

### **Дополнительная литература**

1. Мордасов Д.М. Промышленная интеллектуальная собственность и патентование материалов и технологий [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Мордасов Д.М., Мордасов М.М.— Электрон. текстовые данные.— Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 128 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63898.html> — ЭБС «IPRbooks»
2. Немцов М.В. Электротехника и электроника : учебник для вузов по направлениям подготовки и специальностям в области техники и технологии/ Москва : КноРус, 2012. – 560 с.— Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:837906&theme=FEFU>
3. Легостаев Н.С. Материалы электронной техники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Легостаев Н.С.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский

- государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2014.— 239 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72057.html> — ЭБС «IPRbooks»
4. Легостаев Н.С. Микроэлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Легостаев Н.С., Четвергов К.В.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2013.— 172 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72131.html> — ЭБС «IPRbooks»
5. Коновалов Б.И. Электропитание ЭВМ [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Коновалов Б.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2015.— 177 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72230.html> — ЭБС «IPRbooks»

#### **Нормативно-правовые документы**

1. ГОСТ Р 57700.6-2017 Численное моделирование физических процессов. Термины и определения в области бессеточных методов численного моделирования.
2. ГОСТ 19693-74 Межгосударственный стандарт. Материалы магнитные. Термины и определения.
3. ГОСТ 15971-90. Системы обработки информации. Термины и определения
4. ГОСТ 8.417-02. ГСИ. Единицы величин.
5. ГОСТ Р 8.563-96. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений.

#### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине может использоваться стандартное программное обеспечение компьютерных учебных классов (Windows, Microsoft Office). Также необходим программный пакет LabView для выполнения программ, созданных на графическом языке программирования «G» фирмы National Instruments.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

В общей трудоемкости дисциплины 108 часов (3 ЗЕ); аудиторные лекционные занятия составляют 10 часов, практические – 26 часов. По дисциплине предусмотрена внеаудиторная самостоятельная работа в объеме 72 часа на весь курс дисциплины.

В процессе обучения студент должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы обычно составляет по времени 35% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которыми каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины или на кафедре.

Главное в период обучения своей специальности – это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на следующий день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием как успешной учебы, так и последующей работы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Организация деятельности студента.

*Практическая работа.* Перед выполнением практических работ студенты должны ознакомиться с теоретическим материалом по текущей теме. Если при изучении данного материала возникли вопросы, проконсультироваться с преподавателем. Прочитать инструкцию по выполнению практической работы.

Составить план выполнения для достижения поставленных задач. В случае затруднений необходимо обратиться к преподавателю. Следуя составленному плану, начать выполнение практической работы. После выполнения каждого этапа, необходимо сделать анализ полученных результатов. Если результат удовлетворяет всем требованиям, указанным в задании, перейти к следующему этапу. В противном случае, если результат не удовлетворяет требованиям задания, приводит к некорректным выводам и/или ответам, необходимо проанализировать причины, приведшие к ошибкам. Работа над ошибками является одним из условий процесса совершенствования знаний и навыков а, следовательно, успешной учебы и работы.

После выполнения всех этапов практической работы нужно составить отчет о проделанной работе. Представить данный отчет на проверку преподавателю.

*Самостоятельная работа.* Выполнение самостоятельной работы студентами необходимо для успешного закрепления изученного материала и навыков моделирования, приобретенных на практических работах. Процесс выполнения схож с практическими работами, с одним отличием – отсутствует возможность текущей консультации с преподавателем по возникающим ошибкам, либо трудностям. Благодаря этому студент начинает приобретать навыки самостоятельного анализа и решения проблем, что позволяет лучше усвоить материал. Перед выполнением самостоятельной работы прочитать поставленное задание и составить план действий для его выполнения. Следуя составленному плану, начать выполнение самостоятельной работы. Анализ полученных результатов, необходим после выполнения каждого этапа. Если результат удовлетворяет всем требованиям, указанным в задании, перейти к следующему этапу. После выполнения всех этапов самостоятельной работы нужно оформить результаты в виде отчета. Представить данный отчет на проверку преподавателю на практическом занятии.

## VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### ДИСЦИПЛИНЫ

Практические занятия проводятся в компьютерных классах лабораторного корпуса (корпус L). На компьютерах должен быть установлен программный пакет LabView для выполнения практических заданий. Для обработки результатов моделирования и анализа результатов можно использовать стандартные программы для построения графиков в операционной системе Windows.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L551	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Количество персональных компьютеров для организации учебного процесса - 10 Количество посадочных рабочих мест для студентов - 30	Microsoft Office365/Microsoft/США/Платное ПО Microsoft Teams/Microsoft/США/Платное ПО Blender/Blender Foundation/Нидерланды/Бесплатное ПО PyCharm/JetBrains/Прага /Бесплатное ПО

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

#### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-2 недели	Подготовка к практической работе №1	8 час.	Работа на занятии
2	3-4 недели	Подготовка к практической работе №2	8 час.	Работа на занятии
3	5-6 недели	Подготовка к практической работе №3	8 час.	Работа на занятии
4	7-8 недели	Подготовка к практической работе №4. Выполнение самостоятельного задания по теме 1	8 час.	Работа на занятии
5	9-10 недели	Подготовка к практической работе №5	8 час.	Работа на занятии
6	11-12 недели	Выполнение самостоятельного задания по теме 2	8 час.	Проверка домашней работы

7	13-14 недели	Подготовка к практической работе №6	8 час.	Работа на занятии
8	15-16 недели	Выполнение самостоятельного задания по теме 3	8 час.	Проверка домашней работы
9	17-18 недели	Подготовка к практической работе №7	8 час.	Работа на занятии
Итого			72 час.	

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению**

Задания и методические рекомендации для самостоятельной работы обеспечивают подготовку практическим занятиям, а также закрепление материала по пройденным темам. Их полное содержание приведено в программе и методических указаниях. Методические указания к практическим занятиям в электронном виде и печатном виде берутся у ведущего преподавателя.

#### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Результаты самостоятельной работы отражаются в кратких отчетах, где приводятся результаты каждого из практических занятий и заданий для самостоятельной работы. Отчеты по практическим занятиям и самостоятельной работе предоставляются преподавателю в электронном виде (где необходимо, компьютерное моделирование и построение графиков с помощью вычислительных средств) или письменном виде (если занятие проводится без использования компьютеров).

К представлению материалов по результатам практических занятий предъявляются следующие требования.

Структура краткого отчета по результатам практического занятия и самостоятельной работы.

Если для данного занятия необходимо предоставить материалы в электронной форме, то они подготавливаются как текстовые документы в редакторе MS Word.

Краткий отчет по результатам практического занятия, либо самостоятельной работы должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе исходный код моделируемой задачи, построенные графики, расчеты, необходимые пояснения и иллюстрации микромагнитной структуры и т.д.

Структурно краткий отчет по результатам практического занятия, либо самостоятельной работы состоит из следующих частей:

✓ Исходные данные к выполнению заданий – обязательная компонента отчета, начинается с новой страницы, содержат указание варианта, тему, план работы и т.д.);

✓ Основная часть – материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т.д.

✓ Выводы – обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);

Краткий отчет по результатам практического занятия и самостоятельной работы оформляется по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ.

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении кратких отчетов:

- набор текста (если необходим отчет в электронной форме);
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);
- набор и оформление математических выражений (формул);

Если набор текста осуществляется на компьютере, то необходимо придерживаться следующих требований:

- ✓ печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- ✓ интервал межстрочный – полуторный;
- ✓ шрифт – Times New Roman;
- ✓ размер шрифта – 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- ✓ выравнивание текста – «по ширине»;
- ✓ поля страницы – левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм;
- ✓ нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами;
- ✓ режим автоматического переноса слов, за исключением заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Графическая информация: изображения микромагнитной структуры, графики, диаграммы моделей, схемы, экранные формы и т.п., должны отвечать требованиям визуальной наглядности представления иллюстративного материала как по размерам графических объектов, так и разрешающей способности отображения текстов, цветовому оформлению и другим важным пользовательским параметрам.

Рекомендуется в среде программного приложения mmDisp OOMMF настроить параметры масштабирования и цветовой схемы для наглядного отображения микромагнитной структуры.

Приведенные в отчет изображения рекомендуется отмасштабировать для заполнения страницы отчета «по ширине».

Изображения и графики в кратком отчете оформляются как рисунки, с заголовками, помещаемыми ниже области рисунков.

## Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

### Оценивание результатов практических занятий и самостоятельных работ

проводится по критериям:

- полнота и качество выполненных заданий;
- владение методами и приемами микромагнитного моделирования в исследуемых вопросах, применение специализированных программных средств (если необходимо);
- отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы или задачи;
- отсутствие значительных ошибок в приводимых количественных результатах.

### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-12.1 осуществляет авторское сопровождение разрабатываемых систем электронной техники	Знает	современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий; теоретические основы схемотехники; основные разделы физики полупроводников; перспективные направления цифровой электроники; основные методы обработки цифровых сигналов.
	Умеет	пользоваться теоретическими основами схемотехники для расчета параметров электрической цепи; применять теоретические знания для математического описания модели, соответствующей конкретному экспериментальному случаю; определять перспективные направления цифровой электроники, в которых используются или могут использоваться методы автоматизации.
	Владеет	навыками обработки цифрового сигнала; навыками практического использования методов программирования для управления цифровым оборудованием; навыками применения современных подходов для тестирования цифровых устройств; способами и навыками, позволяющими определять перспективные направления цифровой электроники применения в системах автоматизации и управления.

ПК-12.2 применяет принципы авторского сопровождения разрабатываемых систем электронной техники	Знает	<p>основные алгоритмы проведения экспериментов с использованием цифрового оборудования;</p> <p>основные программные пакеты для обработки и анализа цифрового сигнала;</p> <p>примеры использования цифровых устройств для решения специфических задач, включая автоматическое наблюдения за технологическими процессами;</p> <p>основные этапы планирования экспериментальных исследований;</p> <p>методики проведения экспериментальных измерений.</p>
	Умеет	<p>планировать основные этапы экспериментальных измерений с помощью цифрового оборудования;</p> <p>использовать методики проведения экспериментальных исследований на практике;</p> <p>применять основные алгоритмы проведения экспериментальных измерений на устройствах с цифровым управлением;</p> <p>выбирать соответствующие способы планирования времени, аудиторного фонда, фонда оборудования для успешной организации экспериментальных исследований.</p>
	Владеет	<p>навыками планирования экспериментальных исследований с помощью цифрового оборудования;</p> <p>навыками самостоятельного проведения исследовательской работы с помощью цифровых устройств;</p> <p>навыками использования цифровой электроники в системах автоматизации и управления.</p>
ПК-13.1 использует современные образовательные технологии в учебном процессе	Знает	<p>основные особенности использования цифрового оборудования в системах автоматизации;</p> <p>основные способы и форматы представления цифровых данных;</p> <p>основы написания исходного кода управления цифровым оборудованием;</p> <p>основы работы в программе LabView.</p>
	Умеет	<p>анализировать выходные данные на цифровом оборудовании;</p> <p>проводить анализ цифрового сигнала;</p> <p>составлять управляющий код для работы цифрового устройства.</p>
	Владеет	<p>программным обеспечением LabView для обработки и визуализации результатов измерения цифрового оборудования;</p> <p>навыками написания базовых конструкций для</p>

		реализации автоматизированной работы оборудования.
ПК-13.2 проводит учебные и консультативные занятия со студентами	Знает	современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий; современные тенденции развития промышленной электроники.
	Умеет	ориентироваться в современных методах информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности выявлять противоречия, проблемы; ориентироваться в основных проблемах в области развития промышленной электроники и информационных технологий.
	Владеет	методами анализа проблем в области развития современной промышленной электроники, и средства их решения; навыками производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматизации, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления.

### Контроль достижений целей курса

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Частотный анализ	ПК-12 ПК-13	знает	Практическая работа	зачет, вопросы 1-7
			умеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 1
			владеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 1
2	Создание подпрограмм LabVIEW	ПК-12 ПК-13	знает	Практическая работа	зачет, вопросы 8-11
			умеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 2
			владеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 2

3	Многokратные повторения и циклы	ПК-12 ПК-13	знает	Практическая работа	зачет, вопросы 12-13
			умеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 3
			владеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 3
4	Работа с массивами данных	ПК-12 ПК-13	знает	Практическая работа	зачет, вопросы 14-15
			умеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 4
			владеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 4
5	Работа с кластерами	ПК-12 ПК-13	знает	Практическая работа	зачет, вопросы 16-17
			умеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 5
			владеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 5
6	Мониторинг температуры	ПК-12 ПК-13	знает	Практическая работа	зачет, вопросы 18-19
			умеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 6
			владеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 6
7	Запись таблицы данных	ПК-12 ПК-13	знает	Практическая работа	зачет, вопросы 20-21
			умеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 7
			владеет	Практическая работа	зачет, задание, тип 7

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	критерии	показатели	баллы
ПК-12.1 осуществляет авторское сопровождение разрабатываемых систем электронной техники	<u>Знает</u> нормативную документацию и требования к осуществлению авторского сопровождения разрабатываемых систем электронной техники	Способность пересказать и объяснить учебный теоретический материал с достаточной степенью научной точности и полноты, с приведением примеров	Знает основы схемотехники; Знаком с основными разделами физики полупроводников; Знает, как определить возможные перспективные направления цифровой электроники; Знает, как можно решить наиболее типовые научные и инновационные задачи, связанные с цифровой электроникой.	60-74
	<u>Умеет</u> осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых систем электронной техники на этапах проектирования и производства	Уметь систематизировать научную информацию в области цифровой электроники, выполнять типовые задачи для обработки цифрового сигнала	Умеет самостоятельно использовать теоретические знания схемотехники применения цифрового оборудования; Умеет проводить анализ выходных данных цифрового оборудования; Умеет на практике определить возможные перспективные направления электроники для применения методов автоматизации; Умеет решать типовые научные и инновационные задачи в областях электроники для достижения конкретного результата.	75-89
	<u>Владеет</u> навыками сопровождения разрабатываемых систем электронной техники на основе своего авторства	Владеет навыками практического использования основ схемотехники для решения простых научно-инновационных задач в областях микроэлектроники и нанoeлектроники.	Владеет основами обработки цифрового сигнала; Владеет навыками интерпретации результатов измерения цифрового оборудования; Владеет навыками практического использования основ схемотехники на практике; Владеет навыками применения современных подходов для исследования методов оцифровки сигнала; Владеет способами и навыками, позволяющими определять перспективные направления электроники, в которых активно используются или могут использоваться методы автоматизации.	90-100
ПК-12.2 применяет принципы авторского сопровождения разрабатываемых систем электронной	<u>Знает</u> принципы авторского сопровождения разрабатываемых систем электронной техники	Может пересказать и объяснить учебный теоретический материал с достаточной степенью научной точности и полноты, с приведением примеров	Знает основные алгоритмы проведения экспериментальных исследований магнитных свойств; Знает программные пакеты для работы с цифровым сигналом; Знает основные примеры использования методов автоматизации на	60-74

техники			современном производстве; Знает основные этапы планирования экспериментальных исследований; Знаком с базовыми методиками проведения экспериментальных исследований с использованием цифрового оборудования.	
	<u>Умеет</u> применять принципы авторского сопровождения разрабатываемых устройств, приборов и систем электронной техники	Уметь проводить измерений с помощью цифрового оборудования	Умеет проводить планирование основных этапов экспериментальных исследований с использованием цифрового оборудования; Производить простые действия, касающиеся стандартных приемов обработки цифрового сигнала; Умеет применять основные методы проведения экспериментальных исследований на устройствах с цифровым управлением.	75-89
	<u>Владеет</u> навыками осуществления авторского сопровождения разрабатываемых устройств, приборов и систем электронной техники	Владеет навыками использования цифрового оборудования для аналитики и прогнозирования экспериментальных результатов	Владеет навыками планирования экспериментальных исследований на цифровом оборудовании; Владеет навыками самостоятельного проведения исследовательской работы с помощью цифровых приборов; Владеет навыками использования цифровых устройств для автоматизации эксперимента; Владеет навыками решения задач средней сложности в одном из программных пакетов в соответствии с программой курса.	90-100
ПК-13.1 использует современные образовательные технологии в учебном процессе	<u>Знает</u> современные образовательные технологии	Ориентироваться в современных методах информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности выявлять противоречия, проблемы приведением примеров	Знает основные методы используемые в информационных технологиях; Знает основные особенности применения информационных технологий в цифровой электронике; Знает основные способы и форматы представления данных; Знает основы написания исходного кода в программе LabView; Знает основные команды для управления цифровым устройством с помощью программы LabView.	60-74
	<u>Умеет</u> выделить наиболее подходящую образовательную технологию в соответствии со своей научно-педагогической задачей	Умеет планировать, также частично организовывать простые исследования с использованием цифровых приборов	Умеет анализировать результаты измерения цифрового прибора; Умеет проводить расчеты, которые необходимы формирования конечного результата эксперимента; Умеет самостоятельно составлять исходный код задачи для автоматизированного управления измерительными приборами.	75-89
	<u>Владеет</u>	Владеет навыками	Владеет программным обеспечением	90-100

	педагогическими навыками, отвечающими современным требованиям учебного процесса	организации, планирования и проведения научных исследований в области физики с использованием цифровых приборов и программного обеспечения LabView	LabView необходимым для обработки и визуализации результатов исследования, выполненного с помощью цифрового оборудования; Уверенно владеет навыками написания базовых конструкций для реализации вычислительных процедур по обработке большого массива данных; Владеет приемами решения основных физических и математических задач в программном пакете LabView.	
ПК-13.2 проводит учебные и консультативные занятия со студентами	<u>Знает</u> основы коммуникаций со студентами в учебной и консультативной деятельности, требования к курсовому проектированию и выполнению выпускных квалификационных работ бакалавров	Знаком с современными тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий	Способность на базовом уровне описать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий	60-74
	<u>Умеет</u> проводить лабораторные, практические и консультативные занятия со студентами, осуществлять руководство курсовыми и выпускными квалификационным и работами бакалавров	Способен самостоятельно ориентироваться в современных методах информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности выявлять противоречия, проблемы	Способность ориентироваться в современных методах информационных технологий, для выявления противоречий, проблем	75-89
	<u>Владеет</u> методами и приемами проведения учебных и консультативных занятий со студентами, навыками руководства курсовыми и выпускными квалификационным и работами бакалавров	Владеет основными навыками расчета и проектирования блоков и устройств систем автоматизации и управления и проектирования систем автоматизации и управления	Владеет способностью применять на практике навыки расчета и проектирования блоков и устройств систем автоматизации и управления и проектирования систем автоматизации и управления; Владеет навыком использования методов оптимизации и планирования для успешной организации исследований.	90-100

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

**Промежуточная аттестация** магистрантов проводится в виде зачета или экзамена по окончании каждого семестра. Объектом контроля являются умение создавать корректную модель реального объекта, анализировать результаты моделирования и представлять полученные данные в доступной графической форме.

По форме, содержанию и предъявляемым требованиям зачет и экзамен одинаковы, с разницей лишь в выставляемой оценке: «зачет» / «незачет»; «удовлетворительно», «хорошо», «отлично».

### **Текущая аттестация магистрантов.**

Текущая аттестация по дисциплине «Цифровая электроника» проводится в форме практических занятий и самостоятельных работ, по результатам которых производится оценка результатов обучения студентов. Оценка осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);

- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;

- результаты самостоятельной работы.

Оценивание результатов освоения дисциплины на этапе текущей аттестации проводится в соответствии с используемыми оценочными средствами и критериями.

## **Критерии оценки кратких отчетов по результатам практических занятий**

Оценивание результатов работы на практическом занятии, а также выполнения самостоятельной работы проводится при представлении краткого отчета в электронном или письменном виде по двухбалльной шкале: «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он представляет преподавателю краткий отчет, удовлетворяющий требованиям по поставленным заданиям, демонстрирует владение методами и приемами теоретических и/или практических аспектов работы.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он не владеет методами и приемами теоретических и/или практических аспектов, рассматриваемых на занятии, допускает существенные ошибки в работе, представляет неполный отчет по выполнению заданий.

### **Критерии выставления зачета студенту по дисциплине «Цифровая электроника»:**

Оценка зачета (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
«зачтено» 61-100 баллов	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
«не зачтено» 0-60 баллов	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, путается в докладах практических заданий. Как правило, оценка «не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## Оценочные средства для промежуточной аттестации

### Вопросы на зачет

1. Основные принципы системного подхода в АСУ.
2. Тенденции развития промышленной электроники и систем автоматизации.
3. Интегрированная информационно-управляющая система предприятия. Подсистемы АСУ и уровни управления.
4. Построение и требования к архитектуре АСУ. Распределенные системы автоматизации.
5. Этапы разработки, проектирования и внедрения АСУ.
6. Датчики устройств дискретной автоматики: индуктивные и емкостные датчики приближения.
7. Датчики устройств дискретной автоматики: механические конечные выключатели и фотоэлектрические датчики.
8. Датчики устройств управления непрерывными процессами: тока, скорости и положения.
9. Датчики устройств управления непрерывными процессами: ускорения и момента.
10. Датчики устройств управления непрерывными процессами: давления и температуры.
11. Основные параметры измерительной системы.
12. Структура системы сбора данных.
13. Основные компоненты измерительного канала.
14. Основные виды измеряемых величин, аналоговые сигналы.
15. Программные средства для систем сбора и обработки информации.
16. Классификация исполнительных устройств, основные понятия и определения.
17. Электрические исполнительные устройства.
18. Предназначение промышленных локальных сетей.
19. Устройства связи. Основные используемые стандарты и концепции.
20. Аппаратные и программные средства разработки человеко-машинных интерфейсов.
21. Технология проектирования систем автоматизации на базе ПЛК.

## Типы контрольных заданий на зачете

1. Проведите синтез счетчика с коэффициентом счета 5 на сдвиговом регистре. Дополните схему счетчика схемами выхода из неиспользуемых состояний. Постройте вычитающий счетчик на трехразрядном сдвиговом регистре. К построенному по любому из вышеперечисленных пунктов счетчику постройте схему индикации счета на семисегментном индикаторе.
2. Разработайте четырехразрядный регистр памяти на синхронных JK-триггерах с очисткой.
3. Постройте на синхронных RS-триггерах трехразрядный регистр сдвига вправо с очисткой. Постройте таблицу состояний регистра.
4. Постройте на синхронных RS-триггерах с очисткой трехразрядный регистр сдвига влево. Постройте таблицу состояний регистра.
5. Постройте четырехразрядный кольцевой регистр на RS-триггерах. Постройте таблицу состояний регистра.
6. Используя справочную литературу, ознакомьтесь с реальными регистрами логик ТТЛ, ЭСЛ, КМОП.
7. Задайте тип триггеров счетчика. Синтезируйте двоичный суммирующий счетчик с  $K_{сч}=6$ . Составьте таблицу обхода состояний. Нарисуйте осциллограммы счетчика. Повторите пункт 1 для построения счетчика, работающего в одном из кодов таблицы кодов.

## Оценочные средства для текущей аттестации

Типовые задания для самостоятельной работы студентов

### **Тема 1. Программы на языке графического программирования LabVIEW. Виртуальные приборы Быстрого Преобразования Фурье.**

*Задача 1.1.* Разработать ВП, который моделирует алгоритм однополосной модуляции. Для генерации информационного сигнала использовать какой-либо ВП из набора Signal Signal Generation, генерирующий сигнал с широким спектром.

Сравнить → Processing 0 спектры сигналов  $x(t)$  и  $y(t)$  при различных соотношениях между несущей частотой и шириной спектра  $x(t)$ .

*Задача 1.2.* Разработать модель импульсной локационной системы. Для этого ввести блок генерации нескольких эхосигналов с различными задержками и амплитудами и добавить к ним аддитивный шум. Сравнить результаты выделения эхосигналов из шума с использованием согласованной фильтрации и без нее. Исследовать разные типы сигналов (простой радиоимпульс, ЛЧМ, шумовой сигнал с переменной шириной спектра).

*Задача 1.3.* Получить аналоговый сигнал, используя устройство сбора данных.

## **Тема 2. Межбуферная передача данных**

*Задача 2.1.* Получить массив данных, используя конфигурацию буферизированного ввода ограниченного количества данных. При использовании буферизированного ввода ограниченного количества данных LabVIEW задает, сколько точек необходимо получить и с какой частотой. После этого вся забота о тактировании ложится на DAQ устройство. При буферизированном вводе DAQ устройство управляет всеми аспектами сбора данных. В противоположность этому, при сборе данных с программным тактированием за управление сбором отвечает только компьютер, что может быть проблематично, если компьютер вдруг не сможет дать достаточного приоритета процессу сбора данных.

*Задача 2.2.* Получить осциллограммы, используя буферизированный сбор данных, и проанализировать эти данные для нахождения максимального и минимального значений. Данный ВП позволит вам найти максимальное и минимальное значения синусоидального сигнала. Эти значения помогут определить, работает ли генератор в пределах заявленных технических характеристик.

*Задача 2.3.* Использовать цифровой триггер для запуска операции непрерывного сбора данных.

## **Тема 3. Спектры эталонных сигналов**

*Задача 3.1.* Установите частоту дискретизации равной 100 и сгенерируйте

синусоидальный сигнал, в котором на один период приходится 100 точек (функция  $\sin(2*\text{Pi}*n/100)$  в программе). Чтобы понять, каким должен быть спектр достаточно вспомнить, что сигнал необходимо представить как сумму синусоид. Если сигнал уже синусоида, то можно ожидать, что на каждой частоте кроме частоты исходной синусоиды спектр будет равен 0. На нужной частоте будет высокий одинокий пик. Рассчитайте спектр с помощью программы, получилось ли то, что ожидалось? Подумайте, почему спектр фаз выглядит случайным? Как изменится спектр, если вместо синуса взять косинус?

*Задача 3.2.* Амплитудная модуляция это медленное изменение амплитуды колебаний. Ее используют, например, при радиосвязи. Именно в колебаниях амплитуды содержится передаваемая информация. Простой пример амплитудно-модулированного сигнала:

$$x(t) = (a + b \sin \omega_m t) \sin \omega_0 t \quad (1)$$

Здесь  $\omega_m$  - частота модуляции,  $\omega_0$  - частота основного сигнала или несущая частота,  $b$  называется глубиной модуляции.

Сигнал (1) не трудно записать в виде комбинации синусоид:

$$x(t) = a \sin \omega_0 t + \frac{1}{2} b \sin(\omega_0 + \omega_m)t + \frac{1}{2} b \sin(\omega_0 - \omega_m)t .$$

Таким образом, следует

ожидать появления трех пиков в спектре. Проверьте этот вывод с помощью программы. Определите расстояния между пиками и сравните их с заданной вами частотой модуляции.

*Задача 3.3.* Частотная модуляция – медленные изменения частоты сигнала также используется в радиосвязи. Так известные вам FM-радиостанции получили свое название от способа передачи сигнала – с помощью **F**requency **M**odulation (частотной модуляции). Простой пример такого сигнала:

$$x(t) = \sin(\omega_0 t + b \sin(\omega_m t))$$

Чтобы сообразить, какой здесь должен быть спектр, считайте, что  $b$  мало ( $b \ll \omega_0$ ) и запишите первые два члена разложения  $x(t)$  в ряд Тейлора в окрестности точки  $\omega_0 t$ . Гармоники с какими частотами будут присутствовать в этом разложении? Проверьте ваш вывод с помощью программы.