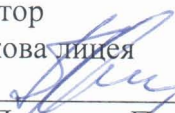


Государственное бюджетное нетиповое образовательное учреждение  
«Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных»  
Аничков лицей

СОГЛАСОВАНО


Директор  
Аничкова Лицей

  
\_\_\_\_\_ Н.Ф. Трубицын  
Протокол Педагогического совета  
№ 2 от « 15 » декабря 2014



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор  
ГБНОУ «СПБ ГДТЮ»

  
\_\_\_\_\_ М.Р. Кагунова  
Приказ № 314  
от « 10 » 02 2015

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ (ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ)  
ПРОГРАММА  
«ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ»

Срок реализации программы: 1 год  
Возраст обучающихся: 14-18 лет

Автор-составитель:  
Жуковский Артем Валерьевич  
педагог дополнительного образования

Рассмотрено Методическим советом  
ГБНОУ «СПБ ГДТЮ»  
Протокол № 4 от « 05 » 02 2015 г.

Санкт-Петербург  
2015

## Содержание

<b>ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....</b>	<b>3</b>
Актуальность Программы .....	3
Цели и задачи Программы .....	3
Особенности организации образовательного процесса.....	4
Формы организации образовательного процесса .....	4
Формы оценки результативности реализации программы.....	5
Ожидаемый результат .....	5
<b>УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН (72 учебных часа).....</b>	<b>6</b>
<b>СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ (72 учебных часа).....</b>	<b>6</b>
<b>МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ .....</b>	<b>8</b>
Нормативное обеспечение .....	8
Учебно-методические пособия .....	8
Диагностические и контрольные материалы.....	8
Средства обучения.....	8
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>10</b>
Литература для педагога .....	10
Литература для учащихся .....	10
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>11</b>
Приложение 1. Критерии оценки результативности .....	11
Приложение 2. Бланки оценки результативности освоения программы .....	12
Приложение 3. Пример лабораторной работы.....	14

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Представленная дополнительная общеобразовательная (общеразвивающая) программа «Основы проектирования радиоэлектронных систем» (далее — Программа) разработана как часть Комплексной программы ЮКК, рассчитанной на несколько лет обучения.

Направленность представленной Программы — **научно-техническая**.

Программа предназначена для изучения основ проектирования радиоэлектронных систем на основе стандартных аппаратных средств (радиоэлектронных устройств).

### **Актуальность Программы**

В Юношеском клубе космонавтики им. Г.С. Титова реализуется Инновационный образовательный проект по созданию малого космического аппарата (МКА) «Ансат», нацеленный на решение конкретных научно-технических задач. В ходе реализации данного проекта совершенствуется и развивается техносфера учебного коллектива, повышается эффективность её использования в образовательном процессе. Создаются стенды для демонстрации и изучения принципов работы элементов МКА «Ансат», а также испытательные зонды, реализующие отдельные компоненты спутника.

Испытательный зонд – это аппарат, который не нуждается в управлении человеком и предназначен для проведения исследований в процессе спуска в атмосфере Земли. Испытательный зонд включает в себя измерительные датчики и устройства, микроконтроллеры для обработки информации и управления, средства передачи телеметрической информации и результатов экспериментов на удаленные пункты приема информации в режиме online, средства безопасного спуска.

Участвуя в проекте, школьники научатся ставить научные задачи, применять перспективные методы исследования, решать экспериментальные задачи, связанные с разработкой дополнительной полезной нагрузки МКА «Ансат».

Программа «Основы проектирования радиоэлектронных систем» в том числе ориентирована на изучение принципов создания испытательных зондов, анализа полученных данных и использования результатов исследований в практической деятельности.

Развитие радиоэлектронной промышленности привело к появлению на рынке множества сравнительно недорогих радиоэлектронных устройств (контроллеров, датчиков, исполнительных механизмов и т.п.). Именно этим определяются актуальность и необходимость получения навыков комплексирования различных систем из набора готовых радиоэлектронных устройств.

### **Цели и задачи Программы**

**Цель** Программы – формирование базовых знаний в сфере работы с современными радиоэлектронными устройствами, подготовка учащихся к применению радиоэлектронных систем как инструмента для решения практических научно-технических задач.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

#### **Обучающие:**

- формирование основ знаний о функционировании радиоэлектронных устройств;
- формирование практических навыков работы с радиоэлектронными устройствами;
- формирование основ знаний об алгоритмах взаимодействия различных устройств;
- обучение основам проектирования систем на базе радиоэлектронных устройств;
- ознакомление с основными нормативными документами (ГОСТ) в сфере радиоэлектроники, получение навыков работы с ними.

#### **Развивающие:**

- получение навыков работы с технической документацией, поиска, обработки и анализа информации;

- формирование навыков коллективной работы;
- формирование навыков самостоятельной работы.

***Воспитательные:***

- формирование информационной культуры у учащихся;
- формирование зоны личных научных и творческих интересов учащихся.

**Особенности организации образовательного процесса**

Образовательная среда Юношеского клуба космонавтики ориентирована на изучение современных наукоемких аэрокосмических и информационных технологий.

Программа, наряду с теоретическими занятиями, включает в себя практическую составляющую — лабораторные работы с использованием специализированных технических средств: микроконтроллеров, паяльных станций, измерительного оборудования.

Занятия по предлагаемой Программе не предполагают предварительных знаний в области радиоэлектроники, однако требуют определенных знаний по физике, информатике, владению персональным компьютером, поэтому программа адресована учащимся старших классов общеобразовательной школы.

Программа предлагается как обязательный курс всем учащимся **3 года обучения ЮОКК**, успешно сдавшим зачеты за 1 и 2 год обучения, и рассчитана на учащихся в возрасте **14-18 лет** (9-11 класс).

Программа рассчитана на **1 учебный год** по 2 часа в неделю, что составляет **72 учебных часа**, наполняемость группы **8-10 человек**.

**Формы организации образовательного процесса**

Занятия проводятся в групповой и индивидуально-групповой форме и включают:

- лекции и семинары;
- лабораторные работы, выполнение практических и тестовых заданий;
- работу с информацией в сети Интернет;
- индивидуальные консультации учащихся по подготовке материалов для участия в научно-практических конференциях и конкурсах;
- выполнение практических работ в рамках реализации научно-технических проектов.

Структура типового занятия по Программе – комбинированная и состоит из трех частей: вводной, основной и заключительной.

*Вводная часть* – теоретическое занятие, на котором ставится цель занятия, дается новый материал, а также объясняются условия выполнения практического задания.

*Основная часть* – выполнение практического задания, в ходе которого отрабатывается на практике новый и закрепляется ранее пройденный материал. Основная форма организации практических занятий – выполнение лабораторных работ в малых группах, а также индивидуальная работа с учащимися. Лабораторную работу необходимо выполнить, как правило, в течение одного занятия. Учащимся предоставляются радиоэлектронные устройства, макетные платы, измерительное оборудование. К концу практического занятия необходимо разработать схему и алгоритм работы радиоэлектронного комплекса, позволяющие получить заданный результат.

*Заключительная часть* – обсуждение, на котором подводятся итоги выполнения практической работы, разбираются ошибки, даются необходимые разъяснения.

**Формы оценки результативности реализации программы**

В ходе реализации Программы проводится контроль результативности:

- текущий – в течение всего учебного года;
- промежуточный – по каждому разделу программы и по итогам 1 полугодия;
- итоговый – в конце года по итогам освоения программы в целом.

Текущий контроль результативности освоения Программы проводится по балльно-рейтинговой системе. Для того чтобы объективно оценить результаты работы учащихся в учебный процесс вводится система разнообразных по форме и содержанию контрольных мероприятий:

1. Опросы (устные и письменные);
2. Тестовые задания;
3. Практические работы;
4. Лабораторные работы;
5. Зачетные занятия;
6. Представление результатов выполнения практических работ в рамках реализации научно-технических проектов;
7. Участие в научно-практических конференциях и конкурсах.

Контрольные мероприятия оцениваются определенным числом баллов. Промежуточный и итоговый рейтинг по Программе представляет собой сумму баллов, полученных учащимся за прохождение контрольных мероприятий. Итоговая оценка учащегося по Программе отражает результаты учебной работы в течение всего года. Критерии оценки и бланк оценки результативности приведены в Приложении.

По окончании Комплексной программы ЮКК учащиеся могут по желанию пройти процедуру сертификации по информационным технологиям и получить сертификат, подтверждающий полученные знания и навыки.

### **Ожидаемый результат**

В результате освоения данной Программы учащиеся:

- получают знания и практические навыки работы с радиоэлектронными устройствами;
- разберутся в алгоритмах взаимодействия различных устройств;
- обучатся основам проектирования систем на базе радиоэлектронных устройств;
- ознакомятся с основными нормативными документами (ГОСТ) в сфере радиоэлектроники и получат практические навыки работы с ними;
- получают навыки работы с технической документацией, а также разовьют навыки поиска, обработки и анализа информации;
- получат практические навыки коллективной работы;
- получат необходимые навыки для организации самостоятельной работы;
- повысят свою информационную культуру.

В идеальной модели у учащихся будет сформирована зона личных научных интересов.

## УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН (72 учебных часа)

№ п/п	Основные темы	Кол-во часов		Всего
		Теория	Практика	
1.	<b>Введение</b>	4		4
2.	<b>Знакомство с оборудованием для отладки электроники</b>			
	Знакомство с паяльными станциями, источниками постоянного тока. Получение навыков пайки.	2	2	4
	Знакомство с осциллографом. Получение навыков проведения измерений.	4	6	10
3.	<b>Знакомство с радиоэлектронными устройствами, на основе которых будет производиться проектирование</b>	6	8	14
4.	<b>Постановка задачи на проектирование, декомпозиция задачи</b>	6		6
5.	<b>Проектирование радиоэлектронной системы</b>			
	Разработка технического задания на проектирование	2	2	4
	Проектирование составных частей системы. Разработка алгоритмов взаимодействия.	6	8	14
	Разработка программы и методик оценки результата. Проверка разработанной системы.	2	6	8
6.	<b>Зачетные занятия. Промежуточная и итоговая аттестация учащихся</b>		4	4
7.	<b>Работа на плановых мероприятиях клуба и Дворца</b>		4	4
	<b>ИТОГО:</b>	<b>32</b>	<b>40</b>	<b>72</b>

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ (72 учебных часа)

- 1 **Введение**
  - 1.1 Техника безопасности при работе с оргтехникой.
  - 1.2 Теория: Современные тенденции в проектирование радиоэлектронных систем различного назначения. Обсуждение примеров.
  - 1.3 Теория: Основные подходы при проектировании радиоэлектронных систем (последовательность действий, методы описания алгоритмов).
  - 1.4 Теория: Знакомство с государственными стандартами (ГОСТ).
- 2 **Знакомство с оборудованием для отладки электроники**
  - 2.1 Техника безопасности при работе с паяльными станциями, измерительным оборудованием и инструментами.
  - 2.2 Теория: Основные термины и понятия, обзор лабораторного оборудования.
  - 2.3 Теория: Техника пайки при объемном и печатном монтаже.
  - 2.4 Теория: Осциллограф. Принцип работы, основные характеристики.

- 2.5 Теория: Проведение радиоизмерений при помощи цифрового осциллографа.
- 2.6 Практика № 1: Лабораторная работа «Настройка источника постоянного тока и подключение к нему тестовой платы».
- 2.7 Практика № 2: Лабораторная работа «Пайка электронных компонентов при объемном и печатном монтаже».
- 2.8 Практика № 3: Лабораторная работа «Настройка осциллографа и проведение измерений параметров сигнала от тестовой платы».

### **3 Знакомство с радиоэлектронными устройствами, на основе которых будет производиться проектирование**

- 3.1 Теория: Основные термины и понятия, обзор имеющихся радиоэлектронных устройств.
- 3.2 Теория: Изучение возможностей имеющихся радиоэлектронных устройств.
- 3.3 Практика № 4: Рассмотрение примеров использования радиоэлектронных устройств. Лабораторная работа «Измерение характеристик и наблюдение изменения сигналов с помощью осциллографа».

#### **4 Постановка задачи на проектирование, декомпозиция задачи**

- 4.1 Теория: Знакомство с заданием на проектирование. Обсуждение возможных путей выполнения поставленной задачи.
- 4.2 Теория: Декомпозиция задания на проектирование на простые задачи. Выбор необходимых радиоэлектронных устройств.

#### **5 Проектирование радиоэлектронной системы**

- 5.1 Теория: Знакомство с основными нормативными документами (ГОСТ 15.201, ГОСТ 2.105, ГОСТ 2.702).
- 5.2 Теория: Содержание и оформление технического задания на проектирование.
- 5.3 Теория: Основные подходы к разработке схем электрических структурных (Э1) и электрических функциональных (Э2). Оформление схем в соответствии с ГОСТ.
- 5.4 Теория: Основные подходы к разработке и оформлению алгоритмов взаимодействия радиоэлектронных устройств.
- 5.5 Теория: Основные подходы к разработке программ и методик испытаний.
- 5.6 Практика № 5: Разработка технического задания на проектирование и его оформление по ГОСТ.
- 5.7 Практика № 6: Разработка схем электрических структурных и электрических функциональных для составных частей системы.
- 5.8 Практика № 7: Разработка алгоритмов взаимодействия радиоэлектронных устройств.
- 5.9 Практика № 8: Лабораторная работа «Сборка макетов радиоэлектронной системы и её составных частей. Проведение испытаний».

#### **6 Зачетные занятия**

- 6.1 Подведение итогов, проверка усвоения материала
- 6.2 Обсуждение учебного курса в целом

#### **7 Работа на плановых мероприятиях клуба и Дворца**

# МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

## Нормативное обеспечение

1. Рабочая программа
2. Правила по работе учащихся в компьютерном классе
3. Инструкции по технике безопасности работы в компьютерном классе для учащихся
4. Инструкции по технике безопасности работы в компьютерном классе для педагогов
5. Инструкции по технике безопасности при работе с паяльными станциями, измерительным оборудованием и инструментами для учащихся
6. Нормативная база Государственной системы научно-технической информации (ГСНТИ)
7. Государственные стандарты (ГОСТ 15.201, ГОСТ 2.105, ГОСТ 2.702)

## Учебно-методические пособия

1. Методическое пособие по выполнению практических и лабораторных работ по курсу «Основы проектирования радиоэлектронных систем»
2. Учебное пособие «Осциллограф. Основные принципы измерений»
3. Учебные пособия по радиоэлектронике, программированию микроконтроллеров;
4. Электронные учебники по радиоэлектронике;
5. Электронные ресурсы:
  - <http://habrahabr.ru/hub/diy/> – Блог «Сделай сам» проекта «Хабрахабр»
  - <http://arduino.cc> – Руководство по аппаратным и программным средствам Arduino
1. Мультимедийные презентации по темам курса
2. Библиотека рефератов клуба по информационным технологиям

## Диагностические и контрольные материалы

1. Критерии оценки результативности (Приложение 1)
2. Бланк оценки результативности реализации программы (Приложение 2)
3. Тестовые задания по разделам программы для текущего контроля
4. Зачетные тестовые задания
5. Лабораторные работы (Приложение 3)
6. Практические работы

## Средства обучения

### *Технические:*

1. компьютерный класс (15 ноутбуков + ноутбук преподавателя)
2. мультимедийное оборудование (проектор, экран, документ-камера)
3. паяльные станции и измерительное оборудование (рабочее место для 2-х человек):
  - Комплект дымоуловителя на два рабочих места System 300E – 1 шт.
  - Паяльная станция WS-81 – 2 шт.
  - Источник питания GPS-3303, 0-30V-3Ax2;5V3A,4xLED (Госреестр) – 2 шт.
  - Осциллограф цифровой TDS2022C, 2 канала x 200МГц
1. радиоэлектронные модули



***Программное обеспечение:***

1. редактор Geany
2. система программирования Arduino ID
3. программа-генератор звуковых частот

***Печатные:***

1. Методическое пособие по выполнению практических и лабораторных работ по курсу «Основы проектирования радиоэлектронных систем»
2. Учебное пособие «Осциллограф. Основные принципы измерений»
3. Библиотека рефератов клуба по информационным технологиям
4. Государственные стандарты
5. Периодический журнал LinuxFormat

***Электронные образовательные ресурсы:***

1. страница педагога на сайте Юношеского клуба космонавтики [www.april12.org](http://www.april12.org)
2. каталог образовательных ресурсов в сети Интернет по радиоэлектронике
3. каталог образовательных ресурсов в сети Интернет по информатике и ИКТ
4. образовательный ресурс <http://arduino.cc>

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Литература для педагога

1. Разработка устройств на микроконтроллерах AVR: шагаем от "чайника" до профи, Белов А.В., 2013
2. Измерительные устройства на базе микропроцессора ATmega (+ материалы на сайте), Г. Шонфелдер, К. Шнайдер, О. И. Кокорева, БХВ-Петербург, 2012
3. Микроконтроллеры AVR в радиолюбительской практике. А. В. Белов, изд. Наука и техника, 2009
4. Программирование и отладка C/C++ приложений микроконтроллеров ARM, Магда Ю.С., ДМК Пресс, 2012
5. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino, У. Соммер, В. К. Букирев, БХВ-Петербург, 2012

#### *Электронные ресурсы:*

6. [www.gsnti-norms.ru/norms/](http://www.gsnti-norms.ru/norms/) - Нормативная база ГСНТИ (Государственной системы научно-технической информации). Министерство промышленности, науки и технологии Российской Федерации
7. <http://habrahabr.ru/hub/diy/> – Блог «Сделай сам» проекта «Хабрахабр»
8. <http://arduino.cc> – Руководство по аппаратным и программным средствам Arduino
9. <http://robot-kit.ru/articles.php>
10. [dvrobot.ru](http://dvrobot.ru)

### Литература для учащихся

1. Занимательная электроника, Юрий Ревич, БХВ-Петербург, 2009
2. Занимательные проекты на базе микроконтроллеров tinyAVR, Д. Гадре, Н. Мэлхотра, А. Лашкевич, БХВ-Петербург, 2012

#### *Электронные ресурсы:*

3. [www.arduino.ru](http://www.arduino.ru)
4. <http://madeelectronics.ru/uchebnik/> – электроника для начинающих

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1. Критерии оценки результативности

Контрольные мероприятия оцениваются определенным числом баллов.

1. Тестовые задания (проверка теоретических знаний):

<i>Количество баллов</i>	<i>Критерии</i>
0	Тестовое задание не выполнялось
1	Тестовое задание выполнено не полностью, с недочетами, теоретический материал освоен частично
2	Тестовое задание выполнено полностью, с небольшими недочетами и с обращением за помощью к педагогу, теоретический материал практически освоен
3	Тестовое задание выполнено полностью самостоятельно без помощи педагога в, теоретический материал практически освоен

2. Практические и лабораторные работы (работа с оборудованием), зачетные задания:

<i>Количество баллов</i>	<i>Критерии</i>
0	Практическая/лабораторная работа не выполнялась
1	Практическая/лабораторная работа выполнена не полностью, с большими недочетами, практический материал не освоен
2	Практическая/лабораторная работа выполнена не полностью, с недочетами, практический материал освоен частично
3	Практическая/лабораторная работа выполнена полностью, с небольшими недочетами, практический материал освоен
4	Практическая/лабораторная работа выполнена в полном соответствии с заданием в указанное время с обращением за помощью к педагогу, практический материал освоен
5	Практическая/лабораторная работа выполнена в полном соответствии с образцом в указанное время без помощи педагога, практический материал освоен

Промежуточный и итоговый рейтинг по Программе представляет собой сумму баллов, полученных учащимся за прохождение контрольных мероприятий и бонусных баллов.

Бонусные баллы (до 5) учащийся может получить за:

1. хорошую посещаемость,
2. грамотное и аккуратное ведение конспекта,
3. участие в научно-практических конференциях и конкурсах
4. представление результатов выполнения практических работ в рамках реализации

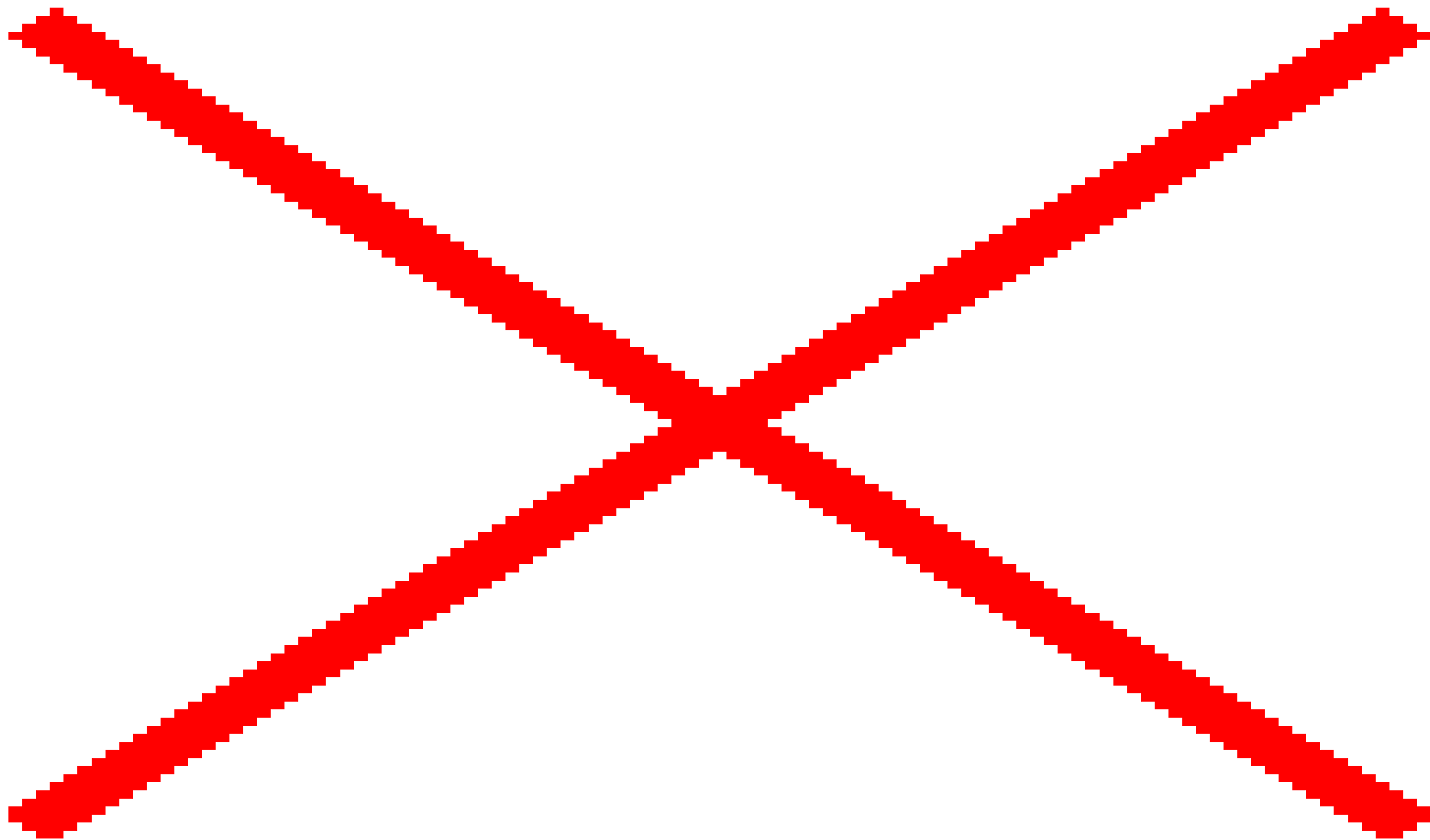
Итоговая оценка учащегося по Программе (% от максимально возможного итогового балла) отражает результаты учебной работы в течение всего года:

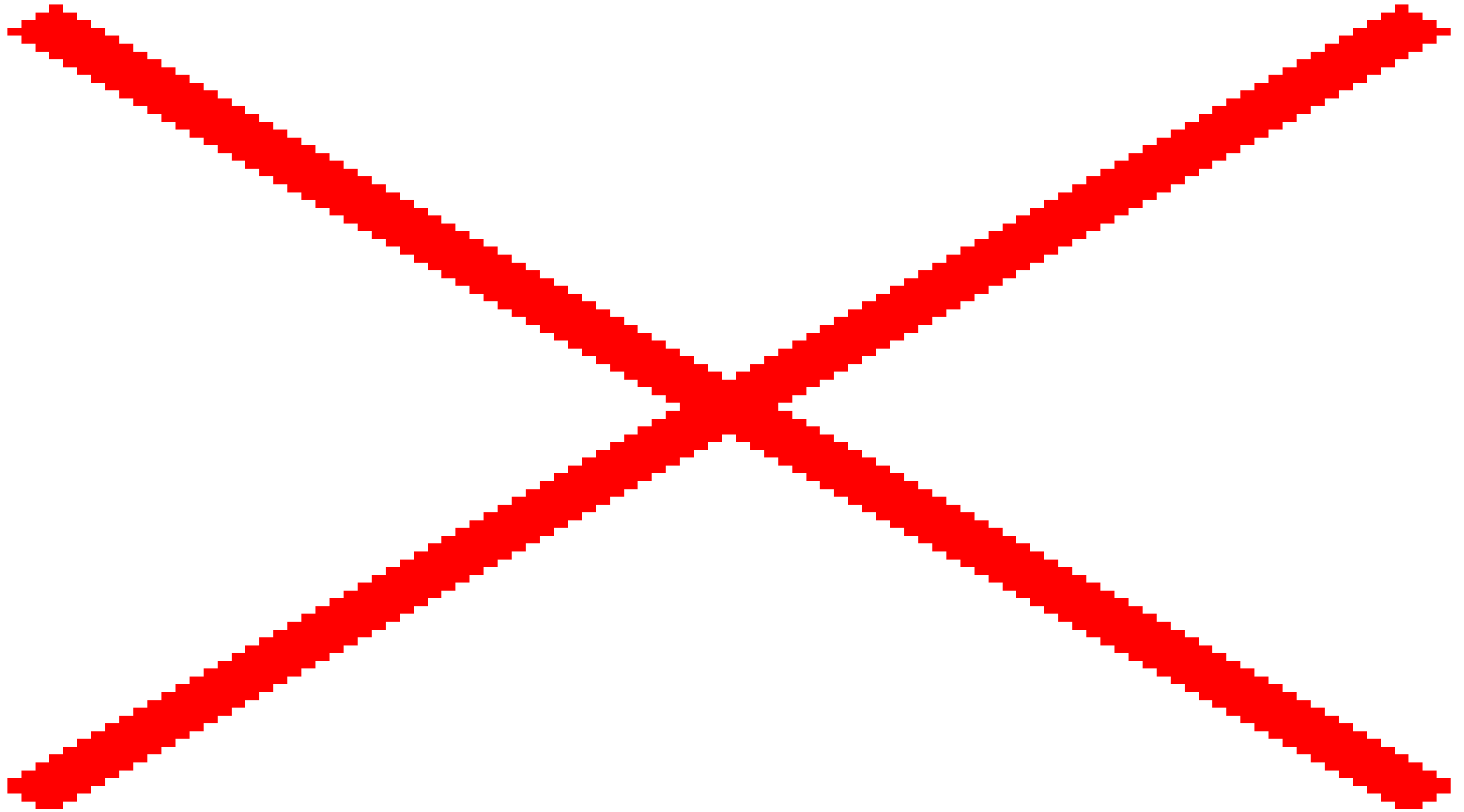
100-70% – высокий уровень освоения программы

69-50% – средний уровень освоения программы

49- 30% – низкий уровень освоения программы

**Приложение 2. Бланки оценки результативности освоения программы**





## Приложение 3. Пример лабораторной работы

### Лабораторная работа «Настройка осциллографа и проведение измерений параметров сигнала от тестовой платы»

#### Подготовка стенда

Стенд представляет собой цифровой осциллограф, оба входа которого подключены через переходник - разветвитель к выходу звуковой карты ноутбука (первый канал левый, второй – правый). Параллельно осциллографу подключены активные колонки. При необходимости можно вывести изображение с экрана осциллографа на монитор. На ноутбуке запущена программа – звуковой генератор, позволяющая получить на выходе одного из каналов сигнал с переменной частотой и амплитудой (громкостью).

#### 1. Получение изображения сигнала на экране осциллографа

При помощи ручек регулировки амплитуды и частоты сигнала, развертки и вертикального и горизонтального перемещения (без использования автонастройки) необходимо добиться четкого изображения исследуемого сигнала на экране осциллографа.

#### 2. Измерение амплитуды сигнала

После получения четкого изображения исследуемого сигнала необходимо разместить изображение таким образом, чтобы минимальный уровень сигнала совпал с одной из нижних линий на экране осциллографа, как показано на рис. 1.

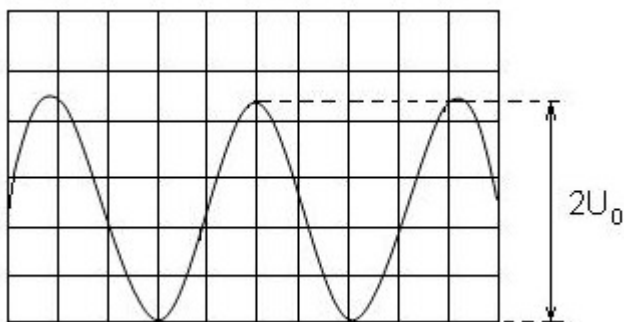


Рис.1

Затем при помощи ручки регулировки амплитуды («V/Дел.») добиться максимальной высоты изображения сигнала, при которой изображение помещается на экране осциллографа.

Для измерения амплитуды сигнала необходимо убедившись, что ручка плавной регулировки усиления стоит в крайнем левом положении, сосчитать высоту изображения на экране осциллографа по изображенной на ней шкале и умножить это значение на величину коэффициента. Коэффициент соответствует положению ручки регулировки амплитуды.

Предположим, что размах вертикального отклонения сигнала составляет 4,6 деления (как на рисунке выше), а переключатель регулировки амплитуды («V/Дел.») установлен в положение «0,1». Тогда амплитуда сигнала (половина размаха) составляет:

$$U = (4,6 \times 0,1) / 2 = 0,23 \text{ В}$$

#### 3. Измерение частоты сигнала

По аналогии с предыдущим измерением необходимо получить четкое изображение сигнала и разместить его таким образом, чтобы один из максимумов совпал с пересечением вертикальной и горизонтальной линии в левой части экрана, а ручка частоты («Время/Дел.») была установлена в таком положении, чтобы на экране целиком отображался один из периодов (следующий максимум).

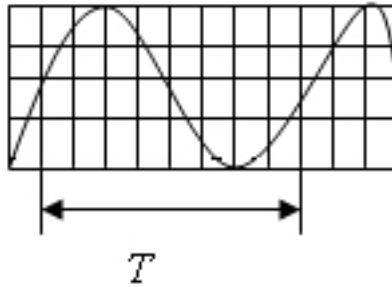


Рис.2

Для измерения периода сигнала необходимо убедившись, что ручка плавной регулировки частоты стоит в крайнем левом положении, сосчитать расстояние по горизонтали от одного максимума до другого (впрочем можно использовать любую точку кривой) и умножить это значение на величину коэффициента. Коэффициент соответствует положению ручки регулировки частоты.

Предположим, что период изображения сигнала составляет 6,4 деления (как на рисунке выше), а переключатель регулировки частоты («Время/Дел.») установлен в положение «20 мкс». Тогда период сигнала равен:

$$T = 6,4 \times 20 = 128 \text{ мкс} = 1,28 \cdot 10^{-4} \text{ с}$$

А частота:

$$F = 1 / T \approx 7800 \text{ Гц}$$

#### 4. Получение фигур Лиссажу

Для выполнения этой задачи необходимо подключить к осциллографу еще один генератор (второй канал звуковой карты). При этом переключатель режима синхронизации устанавливается в положение «1:1», а переключатель развертки - в положение «Внеш.».

При этом на экране должна появиться сложная кривая, находящаяся внутри прямоугольного контура. При помощи регулировки амплитуды для каждого из каналов необходимо добиться их равенства. Затем, зафиксировав частоту одного из каналов и меняя частоты второго получаем на экране при небольшом отличии частот замкнутые кривые, называемые фигурами Лиссажу.

#### 5. Дополнительное задание. «Oscillofun»

После просмотра фигур Лиссажу, задаем для обоих выходов одинаковую частоту и уровень сигнала (максимальный), регулировками осциллографа получаем круг. Затем на ноутбуке закрываем программу «Звуковой генератор» и запускаем музыкальный файл «oscillofun.flac». После просмотра – обсуждение на тему «Как это работает».