

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

**Профиль «Электронные системы»**

**Кейс №1 Автоматизированный лабораторный стенд по изучению первого  
и второго законов Кирхгофа**

**ИНФОРМАЦИЯ О КЕЙСЕ ДЛЯ УЧАСТНИКОВ:**

<i>Компетенция</i>	<i>Сложность</i>			
<i>Исследование принципов и технологий измерений</i>				
<i>Схемотехническое моделирование и конструирование ЭС</i>				
<i>Разработка программно-аппаратного обеспечения для обработки экспериментальных данных</i>				
<i>Постановка и проведение эксперимента</i>				

**РЕКОМЕНДУЕМЫЙ УРОВЕНЬ ПОДГОТОВКИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КЕЙСА:**

<b>КОМПЕТЕНЦИЯ</b>	<b>РЕКОМЕНДУЕМЫЙ УРОВЕНЬ ПОДГОТОВКИ</b>
<i>Исследование принципов и технологий измерений</i>	<i>Знать: основные законы электрических цепей Уметь: пользоваться измерительными приборами электрической цепи</i>
<i>Схемотехническое моделирование и конструирование ЭС</i>	<i>Знать: основные характеристики электронной компонентной базы Уметь: пользоваться основными принципами построения электрических схем</i>
<i>Разработка программно-аппаратного обеспечения для обработки экспериментальных данных</i>	<i>Знать: основы программирования на отладочных платах с микроконтроллерами (ATmega, STM, ESP и т.д.) Уметь: формализовать прикладную задачу, выбирать для неё подходящие структуры данных и алгоритмы решения</i>
<i>Постановка и проведение эксперимента</i>	<i>Знать: метод сбора и метод анализа данных Уметь: фиксировать результаты полученной</i>

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Профиль «Электронные системы»**  
**Кейс №1 Автоматизированный лабораторный стенд по изучению первого  
и второго законов Кирхгофа**

	<i>зависимости физических величин в виде таблиц и графиков, делать выводы по результатам исследования</i>
--	---

**1. Актуальность**

Невозможно представить современный мир без техники, ведь каждый день человек использует по сотне электронных приборов, начиная с будильника, заканчивая сложными вычислительными устройствами. В основу всех расчётов электрических цепей постоянного и переменного тока входит применение первого и второго закона Кирхгофа. Методы, основанные на применении этих двух законов, активно используются при разработке сложных электрических цепей и являются основой систем автоматизированного проектирования электрических цепей.

Задачей современных инженеров является не только знание, умение и владение своей специализацией, но и способность к автоматизации с помощью разработки программного обеспечения тех или иных процессов. Основная цель данного кейса — разработать в учебных целях автоматизированный лабораторный стенд по изучению первого и второго закона Кирхгофа, который наглядно будет демонстрировать работу данных законов. Данный кейс применим при разработке автоматизированной системы контроля работоспособности и диагностики электрических цепей начиная от энергетической отрасли (на примере УКЦ-СИ, УЗО и т.д.) заканчивая различными видами машиностроения, судостроения и авиастроения.

При разработке кейса нужно чёткое понимание основных понятий: ветвь, узел, контур электрической цепи, электрический потенциал, падение напряжения, сила тока и источник электродвижущей силы, а также самих законов Кирхгофа.

Ветвь электрической цепи — участок электрической цепи, вдоль которого протекает один и тот же электрический ток.

Узел электрической цепи — место соединения трёх и более ветвей электрической цепи.

Контур электрической цепи — последовательность ветвей электрической цепи, образующая замкнутый путь, в которой один из узлов одновременно является началом и концом пути, а остальные встречаются только один раз.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Профиль «Электронные системы»

Кейс №1 Автоматизированный лабораторный стенд по изучению первого  
и второго законов Кирхгофа

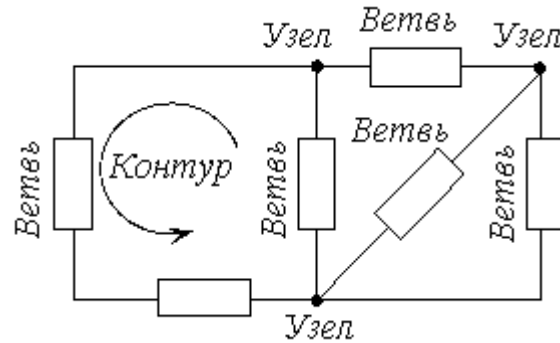


Рисунок 1. Топологические понятия

Электрический потенциал точки равен работе по переносу электрического заряда из бесконечности в данную точку. Электрическое напряжение (или падение напряжения) — разность потенциалов двух узлов.

Сила тока является силовой характеристикой электрического тока и характеризует скорость переноса электрических зарядов. На основании закона Ома это величину всегда можно вывести: сила тока в цепи прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению.

Электродвижущая сила (ЭДС) характеризует работу сторонних сил по разделению зарядов внутри источника электрической энергии (положительные заряды смещаются к зажиму с большим потенциалом, а отрицательные — к зажиму с меньшим потенциалом). Численно ЭДС равна разности потенциалов между зажимами источника при отсутствии в нём электрического тока.

I закон Кирхгофа алгебраическая сумма токов в узле электрической цепи равна нулю:

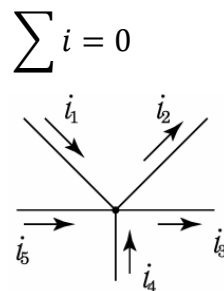


Рисунок 2. Первый закон Кирхгофа для узла

$$-i_1 + i_2 + i_3 - i_4 - i_5 = 0$$

II закон Кирхгофа алгебраическая сумма падений напряжений в контуре электрической цепи равна алгебраической сумме ЭДС в этом же контуре:

$$\sum iR = e$$

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Профиль «Электронные системы»

Кейс №1 Автоматизированный лабораторный стенд по изучению первого  
и второго законов Кирхгофа

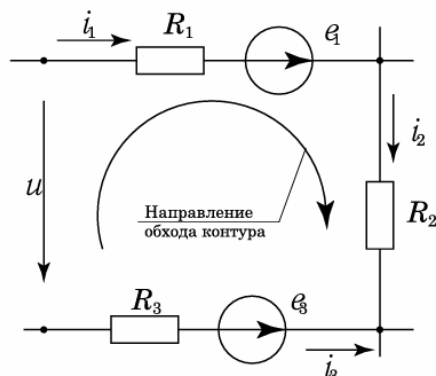


Рисунок 3. Второй закон Кирхгофа

$$i_1 R_1 + i_2 R_2 - i_3 R_3 - u = e_1 - e_3$$

## 2. Техническое задание

### *Проектная часть*

Разработать в симуляторе электрических цепей, электрическую схему, в которой используя первый и второй закон Кирхгофа и зная показания двух источников напряжения и сопротивления резисторов, можно определить токи, протекающие во всех ветвях. Электрическая схема должна состоять минимум из 3 независимых контуров. На основании данной электрической схемы, разработать прототип устройства на основе плат Arduino с фиксированной электрической цепью, в которой посредством потенциометров можно будет изменять сопротивление в ветвях. В устройстве должен быть предусмотрен вывод падения напряжения и силы тока, протекающего в ветвях, отображение которых производится посредством платы Arduino. В лабораторном стенде должна быть предусмотрена имитация двух источников ЭДС, а электрическая цепь должна быть спроектирована таким образом, чтобы пользователь мог на ней проверить действия первого и второго закона Кирхгофа. Также у пользователя устройства должна быть возможность изменять показания источников питания электрической цепи. При проектировании устройства разрешается пользоваться простейшей электронной-компонентной базой в виде резисторов, конденсаторов, диодов, транзисторов и т.п. Запрещается использование готовых модулей для плат Arduino, за исключением модулей вывода информации.

### *Исследовательская часть*

1) Провести исследования, подтверждающие первый и второй закон Кирхгофа посредством разработанной, в симуляторе электрических цепей, электрической схемы устройства:

Москва  
2024/2025 уч. г.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
Профиль «Электронные системы»  
Кейс №1 Автоматизированный лабораторный стенд по изучению первого  
и второго законов Кирхгофа**

---

- При различных величинах сопротивлений в ветвях (минимум 5 различных комбинаций)
- При различных выходных напряжениях источников ЭДС (минимум 5 различных комбинаций, среди которых должно быть одно изменение направления полярности)
- 2) Провести исследования, подтверждающие первый и второй закон Кирхгофа посредством измерительных приборов (вольтметр, амперметр, омметр и т.д.) на разработанной электрической схеме:
  - При различных величинах сопротивлений в ветвях (минимум 5 различных комбинаций)
  - При различных выходных напряжениях источников ЭДС (минимум 5 различных комбинаций, среди которых должно быть одно изменение направления полярности)
- 3) Провести исследования, подтверждающие первый и второй закон Кирхгофа посредством разработанного устройства:
  - При различных величинах сопротивлений в ветвях (минимум 5 различных комбинаций)
  - При различных выходных напряжениях источников ЭДС (минимум 5 различных комбинаций, среди которых должно быть одно изменение направления полярности)

**3. Технические требования к разрабатываемому изделию:**

1) **Требования к назначению изделия:** прототип устройства предназначен для наглядной демонстрации работы первого и второго закона Кирхгофа.

2) **Функциональные требования:**

Изменение сопротивления в ветвях допускается посредством изменения показания потенциометров.

При всех возможных комбинациях сопротивление в ветвях не должно опускаться ниже допустимого минимального уровня во избежание короткого замыкания.

При проектировании исследуемой электрической цепи необходимо использовать два источника питания.

С помощью микроконтроллеров серии ATmega должны выводиться величины силы тока и падения напряжения в исследуемых ветвях.

С помощью плат Arduino должно производиться управление источником питания исследуемой схемы.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
Профиль «Электронные системы»  
Кейс №1 Автоматизированный лабораторный стенд по изучению первого  
и второго законов Кирхгофа**

---

Допустимая погрешность устройства — не более 1%.

Устройство должно просчитывать и показывать работу первого и второго законов Кирхгофа на выбранном контуре и узле.

**3) Конструктивные требования:**

Прототип устройства должен представлять собой единый блок, объединяющий устройства ввода/вывода информации и исследуемую схему.

Устройство не должно включать в себя готовые отладочные платы по измерению силы тока и напряжения.

Устройство не должно включать в себя готовые отладочные платы по управлению напряжения питания в исследуемой электрической цепи.

**Задачи (этапы)**

- 1) Изучить основные принципы работы первого и второго законов Кирхгофа.
- 2) Изучить правила работы с измерительными приборами.
- 3) Изучить основные характеристики и основы программирования плат Arduino.
- 4) Разработать схему устройства: показать схему, объяснить принцип её функционирования, объяснить выбор электронной компонентной базы.
- 5) Разработать программный алгоритм и реализовать его.
- 5) Создать опытный образец: собрать прототип устройства.
- 5) Провести исследовательскую часть кейса и при необходимости скорректировать работу прототипа при наличии недопустимой погрешности.
- 6) Сформулировать вывод по проведённым исследованиям.

**4. Регламент испытаний**

Методика проведения испытаний:

1. Разместить устройство на столе.
2. Включить устройство.
3. Запустить процесс снятия показаний при различных значениях сопротивления ветвей с помощью разработанного устройства и измерительных приборов (минимум 5 различных комбинаций).
4. Запустить процесс снятия показаний при различных значениях напряжения источников питания исследуемой электрической цепи с помощью разработанного устройства и измерительных приборов (минимум 5 различных комбинаций, среди которых должно быть одно изменение направления полярности).

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

## Профиль «Электронные системы»

### Кейс №1 Автоматизированный лабораторный стенд по изучению первого и второго законов Кирхгофа

---

5. Продемонстрировать выполнение законов Кирхгофа.
6. Выключить устройство.

#### 5. Материалы и оборудование

1. Беспаячные макетные платы.
2. Блок питания.
3. Набор проводов и/или перемычек.
4. Плата с микроконтроллером (ATmega, STM, ESP и т.д.).
5. Персональный компьютер.
6. Простейшая электронная компонентная база (резисторы, конденсаторы, кнопки).

#### 6. Требования к представлению решения кейса

Разрабатываемый прототип устройства должен представлять собой единую работающую систему в соответствии с техническими требованиями. Должна быть представлена документация и видеодемонстрация.

В предоставляемой документации должно присутствовать:

- 1) Титульный лист (школа, авторы, название кейса, название команды, руководитель).
- 2) Цель и задачи работы.
- 3) Описание команды, распределение ролей, функций и обязанностей каждого участника команды.
- 4) Общее описание функций разработанного решения (теоретическое описание функций, которое реализует разработанное устройство) и изложение принципов проводимых измерений.
- 5) Описание используемых аппаратных и программных узлов, модулей, фреймворков и других инструментов.
- 6) Описание схемы разработанного устройства в виде изображений электрической принципиальной схемы. При наличии допускаются монтажные схемы, топологии собственной разработанной печатной платы.
- 7) Алгоритм разработанного программного обеспечения в виде блок-схем или подробным текстовым описанием со ссылками на листинг программы.
- 8) Код разработанного программного обеспечения должен быть представлен в виде ссылки на репозиторий проекта с кодом в системе контроля версий (может использоваться

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

## Профиль «Электронные системы»

### Кейс №1 Автоматизированный лабораторный стенд по изучению первого и второго законов Кирхгофа

---

github, gitlab и др.) или в виде листинга программы в текстовом варианте. Любые архивы с загруженными исходными кодами (.zip, .rar и т.п.) загружать в другие хранилища данных запрещается. В работе должна быть отображена программная среда разработки и её версия.

9) Фотографии разработанного устройства и его составных частей, демонстрирующая правильность собранной схемы, ссылка на видеоролик с демонстрацией.

10) Результаты исследовательской части и вывод по проведённым исследованиям.

11) Заключение, анализ функционирования разработанного устройства, предложения по возможному улучшению устройства.

12) Список литературных источников.

Видеоролик должен демонстрировать технические требования к разрабатываемому изделию в соответствии с техническим заданием и проводимые испытания в соответствии с регламентом испытаний. На видео необходимо продемонстрировать прохождение каждого, описанного в регламенте, испытания в соответствии с условиями. Видео испытаний готового решения должно однозначно подтверждать авторство участников (во время записи ролика необходимо чётко произнести название команды, ФИО участников, номер школы, ФИО руководителя). Видеоролик располагается на стороннем видеохостинге (ВКонтакте, Rutube и др.). Ссылка на видеоролик располагается в репозитории в системе контроля версий (может использоваться github, gitlab и др.). Весь порядок испытаний от подготовки к испытаниям до завершения последнего этапа должен быть записан на видео одним дублем без склейки и монтажа. В течение всего видео в кадре должны быть разработанная командой система и, как минимум, один из участников команды, выполняющий все операции с системой. Вход и выход участников, передача инструмента, деталей и других вещей из кадра недопустимо. Допускается использование второй камеры для более детализированной демонстрации ключевых моментов. Видео должно быть со звуком, на котором отчётливо слышны подаваемые голосовые команды и действия команды. На видеозаписи должны быть хорошо различимы все элементы, влияющие на оценивание результативности: размер устройства/устройств, инициализация устройства/устройств, результат действий устройства/устройств согласно испытаниям. В случае если эксперты не смогут по видеозаписи однозначно понять результат выполнения задания, принимается решение не в пользу участника.



**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
Профиль «Электронные системы»  
Кейс №1 Автоматизированный лабораторный стенд по изучению первого  
и второго законов Кирхгофа**

---

**7. Методические материалы (необходимые программы, ссылки, научная литература, онлайн курсы и т.д.)**

1. Родюков М.С., Микаева С.А., Брысин А.Н., Филинов В.В. Электротехника, конспект лекций, Московский технологический университет (МИРЭА), Кафедра электротехники, 2018.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: пер. с англ. Изд. 2-е. – М.: Издательство БИНОМ. 2016. – 704 с.
3. Саймон Монк. Програмируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами, Издательский дом «Питер», 2017.
4. Arduino. Быстрый старт. Первые шаги по освоению Arduino, Мак-скит 2015.
5. Соколов С. В., Титов Е. В., Электроника [Электронный ресурс]: - Москва: Горячая линия-Телеком, 2017.
6. Бабенко В. П., Битюков В. К. Схемотехника источников вторичного питания [Электронный ресурс]: практикум. - М.: РТУ МИРЭА, 2019.
7. Е. Д. Шабалдин, Г. К. Смолин, В. И. Уткин, А. П. Зарубин Метрология и электрические измерения: учебное пособие / Е. Д. Шабалдин [и др.]; под ред. Е. Д. Шабалдина. 2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2013. 320 с. ISBN 978-5-8050-0510-8.