

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Исследовательский сектор**  
**Раздел «Электроника»**

**Кейс финальный № 1 Светодиоды и Li-Fi передача данных**

**1. Актуальность**

В современном мире множество устройств основывается на использовании полупроводниковых структур, которые имеют нелинейную зависимость протекающего тока по электронному компоненту от приложенного к нему напряжения. В связи с этим, одна из основных задач встающая перед инженерами в промышленной отрасли это снятие вольт-амперных характеристик (ВАХ) полупроводника, которые необходимы для точного расчёта и проектирования электрических схем. К особенностям эксплуатации всех электронных компонентов можно отметить, что вольт-амперная характеристика может изменяться от внешних факторов, например: температура, облучение различными видами электромагнитных волн и т.д.

Одним из примеров полупроводниковой структуры является светодиод. Светодиод, или светоизлучающий диод – это полупроводниковый диод на основе p-n или гетероперехода, излучающий кванты света при протекании через него прямого тока. При его обычном использовании учитываются две основные характеристики: вольт-амперная характеристика и зависимость интенсивности света от силы тока.

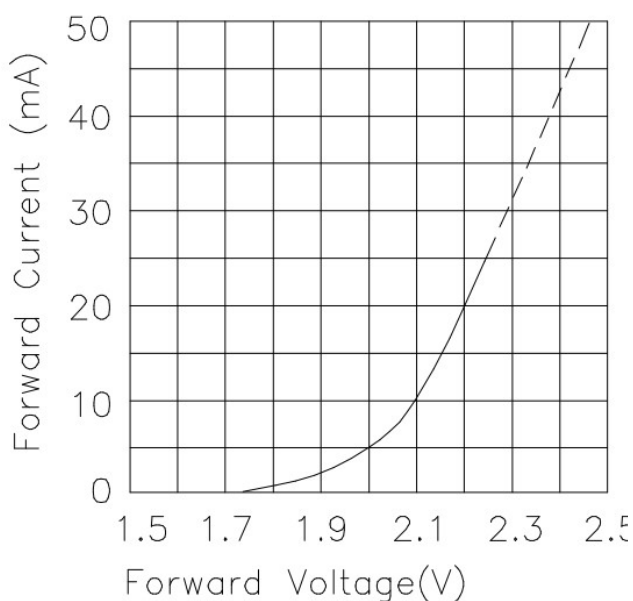


Рисунок 1. Пример вольт-амперной характеристики светодиода.

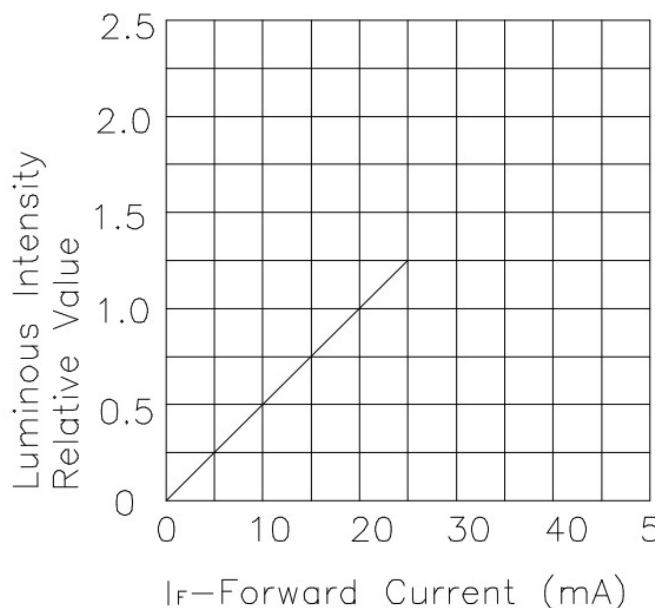


Рисунок 2. Пример и зависимость интенсивности света от силы тока светодиода.

В наши дни технологи передачи данных развиваются с очень большой скоростью в связи с растущими потребностями пользователей в количестве передаваемой информации. На сегодняшний день большое внимание уделяют оптическим каналам связи, характеризующимся высокой информационной пропускной способностью и хорошей помехоустойчивостью.

Одно из актуальных направлений проводимых исследований это Li-Fi передача данных (сокращение от light fidelity) – технология беспроводной связи, основой которой является открытый оптический канал связи, для передачи данных с использованием

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Исследовательский сектор**  
**Раздел «Электроника»**

---

**Кейс финальный № 1 Светодиоды и Li-Fi передача данных**

источников и приёмников оптического излучения. Это система световой связи, которая может передавать данные через видимый оптический диапазон, а также в ультрафиолетовом и инфракрасном спектре. Для организации передачи такого сигнала необходимо использовать амплитудную модуляцию. Стоит отметить, что при использовании такого типа передачи, очень важно согласовывать приёмник и источник сигнала на уровне электрических характеристик, способов кодировок и таймингов отправки и приёма пакетов данных.

Хотя передача данных по открытому оптическому каналу связи может показаться сложной, такую систему можно легко организовать с помощью обычного светодиода и фоторезистора. В данной задаче вам предлагается изучить основные характеристики полупроводниковых светодиодов в ручном и полуавтоматическом режиме, а также собрать свою собственную систему передачи данных по открытому оптическому каналу.

**Постановка исследовательской задачи:**

1) Разработать электрическую схему (схемы), позволяющую с помощью имеющегося оборудования:

- a) Снять вольт-амперную характеристику светодиода (изменение силы тока от приложенного напряжения). Ось абсцисс является осью напряжений (В), а ось ординат – осью токов (мкА). На осях должны быть обозначены единицы измерения изображаемых величин.
- b) Снять зависимость интенсивности света от силы тока на светодиоде. Данные показания должны отображаться в виде графиков. Ось абсцисс является осью токов (мкА), а ось ординат – осью интенсивности света (абстрактная величина). На осях должны быть обозначены единицы измерения изображаемых величин.
- c) Передать результаты исследований из предыдущих пунктов на станцию приема по открытому оптическому каналу связи.

Разработанные схемы должны быть представлена в виде картинок, загруженных из программы для моделирования электрических схем (Tinkercad, EasyEDA или аналоги) или выполненных доступным вам способом в электронном виде. Разработанные схемы должны позволять снимать данные в ручном (с помощью подключения мультиметра) или полуавтоматическом (с помощью платы Arduino Uno) режиме, а также передавать данные по открытому оптическому каналу связи.

**Исследование характеристик в ручном режиме:**

Необходимо составить две схемы: в первой, на светодиоде будет плавно изменяться падение напряжения, а во второй с использованием фоторезистора, где в результате увеличения освещённости будет возрастать падение напряжения на нем. Светодиод и фоторезистор физически устанавливаются вблизи друг от друга, для улучшения качества измерений. С помощью мультиметра снимаются показания падения напряжения на участках цепи. На основании математических расчётов составляются графики зависимости изменения силы тока от напряжения на светодиоде, и изменения интенсивности излучения от силы тока протекающего через светодиод. В качестве регулируемого источника питания рекомендуется использование 5 В разъёма платы Arduino Uno и комплекта резисторов.

**Исследование характеристик в полуавтоматическом режиме:**

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Исследовательский сектор**  
**Раздел «Электроника»**

---

**Кейс финальный № 1 Светодиоды и Li-Fi передача данных**

Необходимо разработать прототип устройства, где на светодиод производится плавная подача напряжения с платы Arduino и соответственно, происходит плавное увеличение его яркости. Интенсивность излучения светодиода определяется получением сигнала с фоторезистора, размещённого вблизи горящего светодиода. При каждом увеличении напряжения, платой Arduino должны быть сняты показания характеристик напряжения на разных участках цепи, некоторые из которых переводятся в показания падения напряжения, силы тока на определённых участках цепи и в показания интенсивности излучения.

Для корректной работы устройства в качестве плавного регулятора напряжения необходимо:

- a) Провести исследование параметров выходного сигнала с ШИМ-выхода с платы Arduino и выходного сигнала после сглаживания сигнала посредством RC-фильтра. Требуемые номиналы R и C для сборки фильтра необходимо подобрать самостоятельно из доступного комплекта оборудования.
- b) Провести программную или схемотехническую корректировку просадки падения напряжения при работе с конденсатором и ШИМ-сигналом.

На основании этих данных микроконтроллер серии ATmega должен передавать данные посредством использования COM порта или строить в готовом виде графики. В случае передачи данных через COM порт графики должны быть построены в сторонней программе.

**Исследование передачи данных по открытому оптическому каналу связи:**

Необходимо разработать макет устройства открытого оптического канала связи (Li-Fi передача данных), посредством использования светодиода и фоторезистора. Данный этап подразумевает добавления модуля по передачи данных в прототип устройства из второго этапа и создания устройства на основе платы Arduino Nano для приёма оптического сигнала. Задача первого модуля, отправлять данные, которые понадобятся для построения двух графиков, представленные во втором этапе. Задача второго модуля, принимать эти данные и отображать в виде готовых графиков или цифровых значений.

Для создания устройства можно пользоваться любым типом светодиодов, резисторов, конденсаторов и плат Arduino. Разрешено использовать следующее программное обеспечение: Arduino IDE, программы для работы с электронными таблицами и изображением.

**Технические требования к разрабатываемому изделию:**

**1) Требования к назначению изделия:** прототип устройства предназначен для исследования характеристик различных видов круглых светодиодов и передачи данных по открытому оптическому каналу связи.

**2) Функциональные требования:**

- 2.1. Устройство делится на два модуля: первый модуль по снятию данных и их передачи, второй модуль по приёму данных и их отображению.
- 2.2. При снятии данных, увеличение яркости светодиода производится путём сглаженного постепенного нарастания напряжения на входе электрической схемы.
- 2.3. Устройство снимает показания изменения силы тока и напряжения на светодиоде.
- 2.4. Устройство снимает показания изменения силы тока и интенсивности излучения светодиода.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Исследовательский сектор**  
**Раздел «Электроника»**

---

**Кейс финальный № 1 Светодиоды и Li-Fi передача данных**

- 2.5. Вывод информации должен быть представлен в виде данных в СОМ-порте или плоттере-порта.
- 2.6. Конечный вид информации должен быть представлен в виде графиков, с обозначенными единицами измерения по осям координат.

**3) Конструктивные требования:**

- 3.1. Модули прототипа устройства должны представлять собой единый блок, собранный на макетной плате.
- 3.2. В качестве светодиодов допустимо использование только устройств с круглым корпусом.
- 3.3. В качестве приёмной станции используется плата Arduino Nano.

**Представление результатов работы:**

1) Результаты проведённых исследований по каждому заданию собираются в виде единого отчёта в формате pdf документа, содержащего все необходимые построенные графики, зависимости и таблицы. Отчёт должен содержать:

- a) ФИО, а также коды участников команды.
- b) Принципиальную электрическую схему устройства.
- c) Снимки экрана или картинки построенных графиков с соответствующими параметрами и обозначенными единицами измерения.
- d) Таблицы с экспериментальными данными в соответствии с требованиями заданий (значение падения напряжения на светодиоде; сила тока, протекающего через светодиод; интенсивность излучения светодиода в зависимости от изменения показаний ШИМ-сигнала в восьмибитной системе счисления и т.д.).
- e) Снимки экрана и результаты передачи данных по открытому оптическому каналу связи.
- f) Фотографии разработанных устройств и схем по каждому из блоков.

2) Код программы для каждого из разработанных модулей предоставляется в виде исходного файла (одного или нескольких).

3) В случае использования сторонних программ для построения графиков - исходные файлы с данными и их обработкой.

Итоговые результаты будет необходимо загрузить в облачную директорию в соответствии с названием команды.

**Регламент испытаний**

1. Разместить устройство на столе.
2. Включить устройство.
3. Запустить процесс снятия показаний падения напряжения, силы тока, интенсивности излучения на светодиоде.
4. Продемонстрировать результаты снятых трёх показателей с конечными единицами измерения.
5. Продемонстрировать построение графиков вольт-амперной характеристики светодиода и график зависимости силы тока светодиода от интенсивности его излучения.
6. Продемонстрировать процесс передачи данных по открытому оптическому каналу связи.
7. Выключить устройство.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Исследовательский сектор**  
**Раздел «Электроника»**

---

**Кейс финальный № 1 Светодиоды и Li-Fi передача данных**

8. Продемонстрировать отчёт.
9. Ответить на вопросы жюри.

**Материалы и оборудование**

1. Беспаяечная макетная плата.
2. Набор проводов и/или перемычек.
3. Конденсаторы.
4. Фоторезисторы.
5. Резисторы.
6. Светодиоды.
7. Тактовая кнопка.
8. Плата Arduino Uno.
9. Плата Arduino Nano.
10. Провода для подключения платы Arduino к персональному компьютеру.
11. Персональный компьютер.
12. Программное обеспечение Arduino IDE.
13. Программа для работы с электронными таблицами.
14. Программа для работы с изображением.
15. Мультиметр

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

1. Чарльз Платт, Логические микросхемы, усилители и датчики для начинающих, СПб.: БХВ-Петербург, 2014.
2. Плеханов Л. П., Основы самосинхронных электронных схем, М.: Лаборатория знаний, 2015
3. Аверченков О. Е., Основы схемотехники аналого-цифровых устройств, ДМК Пресс, 2012.
4. Соколов С. В., Титов Е. В., Электроника [Электронный ресурс]:. - Москва: Горячая линия-Телеком, 2017.
5. Бабенко В. П., Битюков В. К.. Схемотехника источников вторичного питания [Электронный ресурс]: практикум. - М.: РТУ МИРЭА, 2019.
6. Саймон Монк. Програмируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами, Издательский дом "Питер", 2017.
7. Arduino. Быстрый старт. Первые шаги по освоению Arduino, Мак-скит 2015.
8. Водовозов А. М. Основы электроники. Учебное пособие, М.: Инфра-Инженерия, 2016.