

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ**

**Профиль «Электронные системы»
Кейс №3 Исследование тензодатчика**

ИНФОРМАЦИЯ О КЕЙСЕ ДЛЯ УЧАСТНИКОВ:

Компетенция	Сложность			
<i>Исследование принципов и технологий измерений</i>				
<i>Схемотехническое моделирование и конструирование ЭС</i>				
<i>Разработка программного кода, в т.ч. для обработки экспериментальных данных</i>				
<i>Постановка и проведение эксперимента</i>				

**РЕКОМЕНДУЕМЫЙ УРОВЕНЬ ПОДГОТОВКИ ДЛЯ
РЕАЛИЗАЦИИ КЕЙСА:**

КОМПЕТЕНЦИЯ	РЕКОМЕНДУЕМЫЙ УРОВЕНЬ ПОДГОТОВКИ
<i>Исследование принципов и технологий измерений</i>	<p><i>Знать: основные законы школьного курса «электричество/электроника» в части закона Ома, правил Кирхгофа, правила расчёта операционного усилителя</i></p> <p><i>Уметь: пользоваться цифровыми, аналоговыми и механическими измерительными приборами для проведения исследования тензодатчика в ручном режиме</i></p>

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Профиль «Электронные системы» Кейс №3 Исследование тензодатчика

<i>Схемотехническое моделирование и конструирование ЭС</i>	<i>Знать: правила проектирования ЭС в графических редакторах, способы изготовления печатных плат в домашних условиях</i> <i>Уметь: работать в САПР моделирования ЭС, например, Multisim, Falstad, работать в САПР проектирования ЭС, например, AltiumDesigner, SolidWorks</i>
<i>Разработка программного кода, в т.ч. для обработки экспериментальных данных</i>	<i>Знать: синтаксис языка Си</i> <i>Уметь: работать с библиотеками функций, применять функции, работать в IDE, разбираться в документации на микроконтроллер и прилагающуюся библиотеку функций</i>
<i>Постановка и проведение эксперимента</i>	<i>Знать: правила расчёта погрешностей</i> <i>Уметь: применять на практике правила проведения эксперимента, правил расчёта погрешностей</i>

1. Формулировка задачи и её актуальность

В целях совершенствования навыков школьников по работе с современными измерительными приборами, построению математических зависимостей и автоматизации процессов измерений с помощью современных микроконтроллеров ставится задача исследовать поведение сигнала тензодатчика при деформации. Тензодатчик — основа любых современных весов, которые могут использоваться в бытовых и лабораторных целях. Полученные знания могут быть применены для создания лабораторных весов

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

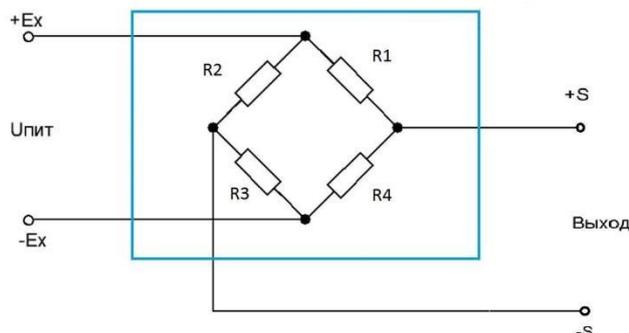
Профиль «Электронные системы» Кейс №3 Исследование тензодатчика

с дополнительными функциями: запись в файл многократных измерений, вывод на различные дисплеи, цифровые индикаторы, передача на другие устройства.

2. Техническое задание

Схемотехническая часть

Резисторы, сопротивление которых может изменяться в зависимости от их сжатия или растяжения, называются тензорезисторами. Тензодатчик представляет собой набор из четырёх тензорезисторов (рисунок 1) с равным номинальным сопротивлением, включённых в мостовую измерительную схему, при отсутствии нагрузки ток между точками S+ и S- не протекает. Говорят, что мост находится в равновесии, при появлении нагрузки



происходит попарное сжатие и растяжение резисторов, что приводит к разбалансировке моста и появлению разности потенциалов в точках S+ и S-.

Рисунок 1 – измерительный мост

Эта разность потенциалов мала для непосредственного считывания микроконтроллером и составляет порядка 10^{-3} Вольт. Для решения этой проблемы применяют нормирующий преобразователь — электрическую схему на операционных усилителях, которая будет усиливать сигнал до значений, фиксируемых АЦП микроконтроллера.

При подготовке к работе необходимо определить с помощью милливольтметра, какая разность потенциалов фиксируется на выходе

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Профиль «Электронные системы» Кейс №3 Исследование тензодатчика

тензодатчика без деформации и при нагрузке максимальной массой 10 кг. Следует учесть, что тензодатчик неидеален, и при подаче питания без деформации на выходе тензодатчика будет возникать некоторая разность потенциалов — это нормально. Таким образом будет определён желаемый коэффициент усиления.

После выбора необходимого коэффициента усиления необходимо рассчитать и смоделировать принципиальную электрическую схему нормирующего преобразователя. Разработка принципиальной электрической схемы допускается на простых операционных усилителях, например, LM358, а также на инструментальных усилителях таких, как AD620. Для инструментальных усилителей производитель обычно указывает в листе данных формулу для расчёта коэффициента усиления (рисунок 2), которая зависит от регулирующего резистора, его обычно обозначают R_G , в случае использования инструментальных усилителей указанную формулу предлагается вывести самостоятельно и объяснить при защите проекта.

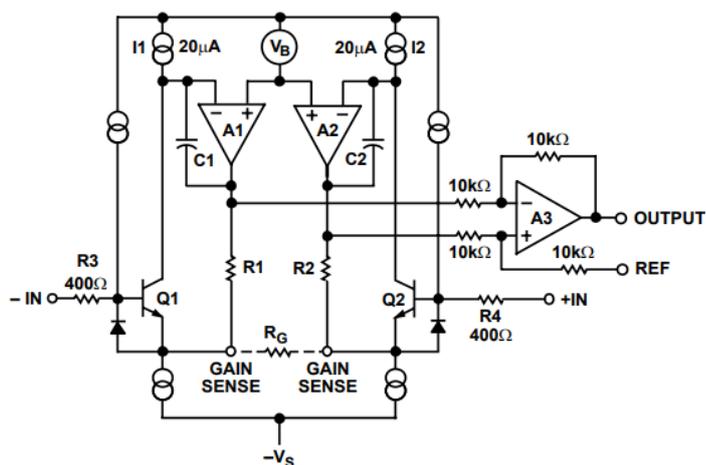


Рисунок 2 – схема инструментального усилителя AD620

Минимальная теория, необходимая для расчёта электрических схем с идеальными операционными усилителями (ОА):

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Профиль «Электронные системы» Кейс №3 Исследование тензодатчика

1. Напряжение на инвертирующем (+) и неинвертирующем (-) входах ОУ совпадает.

2. Входы ОУ не потребляют ток и не выдают его.

3. ОУ при усилении сигнала выдаст на выходе напряжение не более напряжения питания.

Таким образом, используя закон Ома и эти допущения можно рассчитать схему на рисунке 2.

Исследовательская часть

Будем считать, что напряжение на выходе нормирующего преобразователя зависит от измеряемой массы, воздействующей на тензодатчик, линейно, тогда

$$U = km,$$

где U – напряжение, m – измеряемая масса.

Экспериментальным методом, используя известные эталонные массы, мультиметр, необходимо определить коэффициент преобразования k и построить график функции $U(m)$.

Программная часть

Усиленный сигнал с тензодатчика необходимо подать на встроенный АЦП микроконтроллера (МК), далее необходимо написать программу, которая будет считывать значения АЦП в виде отсчётов АЦП и переводить в значение массы измеряемого объекта.

Требования по представлению финального результата

Кейс условно делится на две части: разработка электрической схемы и проведение исследования в ручном режиме и разработка программной части. Поэтапно выделяются следующие требования:

1. Должна быть разработана принципиальная электрическая схема, представленная в любом САПР, например, AltiumDesigner, SolidWorks.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Профиль «Электронные системы» Кейс №3 Исследование тензодатчика

2. ЭС должна быть смоделирована, например, в Multisim. Допускается использовать онлайн-симуляторы: Falstad и другие, если они позволяют смоделировать поведение выбранных электронных компонентов.

3. На основе ЭС и её симуляции должна быть разработана электронная плата нормирующего преобразователя, которая усиливает сигнал тензодатчика порядка в 1000 раз.

4. Далее необходимо провести исследование поведения тензодатчика в ручном режиме без использования микроконтроллера (провести градуировку), постройте график функции $U(m)$, используя мультиметр и эталонные массы. В качестве эталонной массы допускается использовать мерную ёмкость с водой, у которой известна масса тары. Определите коэффициент наклона k . При построении графика необходимо учесть погрешности измерений, погрешность разработанного нормирующего преобразователя допускается опустить, можно ограничиться приборной погрешностью мультиметра.

5. Необходимо провести эксперимент: измерить массу, которая не использовалась при градуировке, взять значение эталонной массы, поставить на тензодатчик, измерить напряжение и определить массу, но уже по графику. Массы должны совпасть, строгих требований не предъявляется, допускаемая ошибка — 10%.

6. В программной части необходимо, используя полученный на предыдущем этапе коэффициент наклона функции $U(m)$, написать программу, которая будет сразу переводить измеренное напряжение с нормирующего преобразователя в значение массы измеряемого объекта.

7. В программной части также необходимо провести эксперимент, взять эталонную массу, которая не использовалась в градуировке и измерить её с помощью микроконтроллера, опять же строгих требований не предъявляется, допускаемая ошибка — 10%.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Профиль «Электронные системы» Кейс №3 Исследование тензодатчика

3. Материалы и оборудование

1. Отладочные платы с МК ArduinoNano.
2. Тензодатчик 10kg.
3. Макетная плата.
4. Наборы резисторов.
5. Набор проводов Dupont FF, MM, FM.
6. Операционные усилители, например, LM358, OP07D.
7. Инструментальные усилители, например, AD620.
8. Мерная колба для воды.

4. Требования к оформлению результатов

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).
5. Описание используемых аппаратных и программных узлов, модулей, фреймворков и других инструментов.
6. Описание схемы разработанного устройства в виде изображений электрической принципиальной схемы, монтажной схемы, топологии собственной разработанной печатной платы (если имеется).
7. Алгоритм работы разработанного программного обеспечения в виде блок-схем.
8. Код разработанного программного обеспечения должен быть представлен в виде ссылки на репозиторий проекта с кодом в системе

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Профиль «Электронные системы» Кейс №3 Исследование тензодатчика

контроля версий (может использоваться github, gitlab и др.). Любые архивы с загруженными исходными кодам (.zip, .rar и т.п.) загружать в другие хранилища данных запрещается.

9. Фотографии разработанного устройства и его составных частей.

10. Видеоролик, демонстрирующий функционирование разработанного устройства и программного алгоритма в соответствии с требованиями к представлению финального результата. На видео необходимо продемонстрировать выполнение всех требований к результату. Видео испытаний готового решения должно однозначно подтверждать авторство участников (во время записи ролика необходимо четко 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. Демонстрация графика функции $U(m)$. Демонстрация работы АЦП микроконтроллера с переводом отсчётов АЦП в массу измеряемого

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Профиль «Электронные системы» Кейс №3 Исследование тензодатчика

объекта. В случае если эксперты не смогут по видеозаписи однозначно понять результат выполнения задания, принимается решение не в пользу участника.

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

12. Список литературных источников.

13. Методические материалы

1. Анализ и представление результатов эксперимента: Учебно-методическое пособие / Н.С. Воронова, С.Г. Бежанов, С.А. Воронов, Е.В. Хангулян, О.Ю. Цупко, А.И. Романов; Под общ. ред. Н.С. Вороновой. – М.: НИЯУ МИФИ, 2015. – 120 с.

2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: пер. с англ. Изд. 2-е. – М.: Издательство БИНОМ. 2016. – 704 с.

3. <https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/647583/>

4. <https://alexgyver.ru/lessons/>

5. робототехника18.pф

6. <https://www.falstad.com/circuit/>