

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Профиль «Электронные системы»
Кейс № 5 Система управления мощностью постоянного тока

ИНФОРМАЦИЯ О КЕЙСЕ ДЛЯ УЧАСТНИКОВ:

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

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ УРОВЕНЬ ПОДГОТОВКИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КЕЙСА:

КОМПЕТЕНЦИЯ	РЕКОМЕНДУЕМЫЙ УРОВЕНЬ ПОДГОТОВКИ
<i>Исследование принципов и технологий</i>	<p>Знать: основные законы школьного курса «электричество/электроника» и правил обращения с электротехническими приборами в части техники безопасности, закона Ома, правил Кирхгофа, правила мощностных характеристик электронных компонентов и проводов.</p> <p>Уметь: применять на практике знания по электронике, читать документацию на микросхемы, отладочные платы и электронную компонентную базу (транзистор, резистор, конденсатор и т.д.), разбираться в технической документации.</p>
<i>Схемотехническое моделирование и конструирование ЭС</i>	<p>Знать: правила проектирования ЭС в графических редакторах (Altium Designer), принципы работы осциллографа, генераторов сигнала, компаратора, полевого транзистора. Правила расчёта мощностных характеристик.</p> <p>Уметь: работать в Altium Designer моделирования и проектирования ЭС, разрабатывать и производить печатные платы (односторонние).</p>

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Профиль «Электронные системы»
Кейс № 5 Система управления мощностью постоянного тока

<i>Разработка программно-аппаратного обеспечения для обработки экспериментальных данных</i>	<p>Знать: основы программирования на отладочных платах с микроконтроллером (Atmega, Arduino, STM32, HAL и др.)</p> <p>Уметь: анализировать прикладные задачи, определять наиболее подходящие структуры данных и алгоритмы для их решения.</p>
<i>Постановка и проведение эксперимента и измерений</i>	<p>Знать: правила работы с электрическими приборами.</p> <p>Уметь: пользоваться цифровыми, аналоговыми и механическими измерительными приборами для подтверждения соответствия разработанного устройства техническому заданию.</p>

1. Актуальность

В современном мире часто требуется ограничить мощность потребителей постоянного тока с минимальными тепловыми потерями. Примером таких устройств являются электромоторы, светодиоды, лампы накаливания и другие. Для выполнения такой задачи лучше всего подходят устройства, ограничивающие потребляемую мощность путём широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Широтно-импульсная модуляция имеет множество вариаций по практическому использованию в различных отраслях промышленности, таких как авиация, автомобилестроение, робототехника и т. д.

Некоторые возможности применения ШИМ-сигнала: управление скоростью вращения и положением двигателя, регулирование яркости света, регулирование напряжения переменного и постоянного тока, обеспечение регулируемых профилей ускорения и замедления для двигателей, снижение электромагнитных помех, создание блоков питания.

2. Техническое задание

Команде участников олимпиады предлагается разработать электронное устройство плавного управления мощностью осветительных устройств или электромоторов сети постоянного тока 12 В. Управление мощностью нагрузки должно осуществляться с помощью потенциометра. Устройство должно включать в себя три подсистемы, питающиеся от 12 В постоянного напряжения: генератор пилообразного сигнала, используя компаратор; преобразователь, основанный на компараторе, преобразующий пилообразный сигнал от предыдущего генератора в прямоугольный, с изменяемой шириной импульса (ШИМ), управляемый потенциометром; полевой МОП-транзистор (MOSFET), усиливающий выходной ШИМ сигнал до тока нагрузки. Частота ШИМ модуляции должна быть выше 400

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Профиль «Электронные системы»
Кейс № 5 Система управления мощностью постоянного тока**

Гц для обеспечения безопасности для глаз подключенной световой нагрузки и для уменьшения помех при питании электромотора. Разрабатываемый прототип устройства должен быть энергоэффективным, т.е. обеспечивать минимальный нагрев при работе. Прототип должен быть выполнен на одной печатной плате. Допускается использование отладочной платы.

Схемотехническая часть

Краткая теория: компаратор — это микросхема, у которой есть два входа и которая сравнивает значения напряжения на них. Если значение напряжения на входе обозначенным плюсом больше, чем на входе обозначенным минусом, то на выходе компаратора появляется положительное напряжение. На схеме компаратор обозначается так:

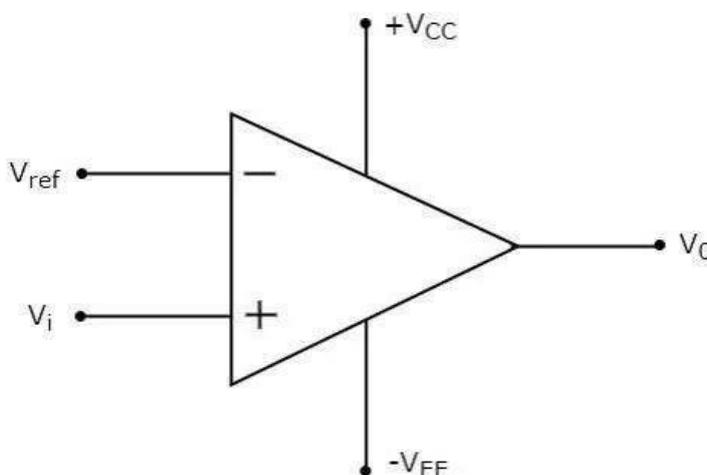


Рисунок 1 – Условное обозначение компаратора.

С помощью компараторов можно построить генератор пилообразного сигнала и преобразовать этот сигнал в ШИМ. Такие сигналы должны выглядеть так:

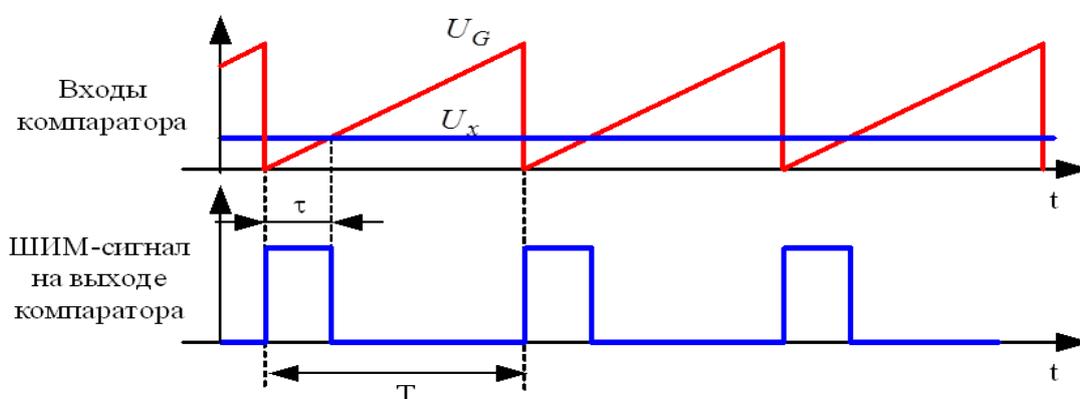


Рисунок 2 – Форма сигналов на компараторе.

Принципиальная схема устройства из трёх подсистем представлена на рисунке 2:

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Профиль «Электронные системы»
Кейс № 5 Система управления мощностью постоянного тока

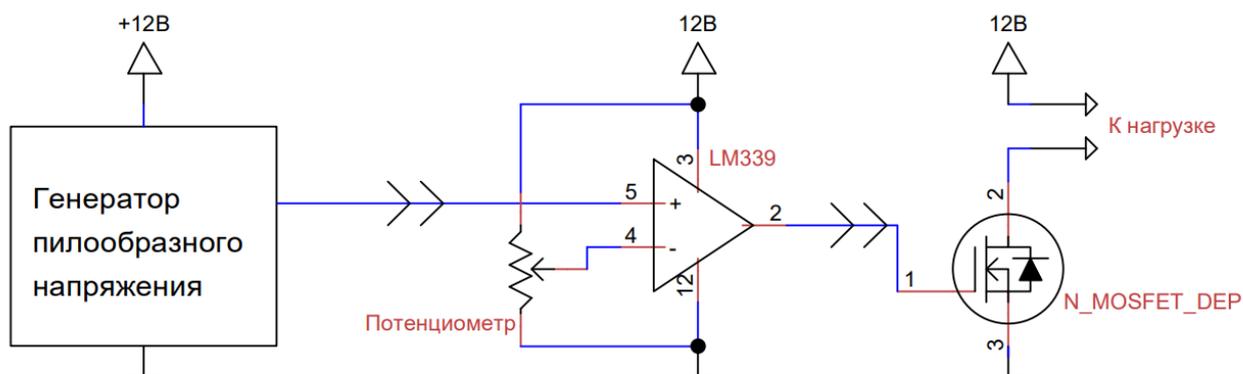


Рисунок 3 – Принципиальная схема устройства

Надо отметить, что нельзя подключать полевые транзисторы к выходу компаратора напрямую. Затвор полевого транзистора является ёмкостной нагрузкой. Это означает что, при резкой подаче напряжения на затвор ничего не ограничивает силу тока, и сила тока в пике обязательно превысит максимально допустимую силу тока на выходе компаратора. Поэтому необходимо подключать затвор полевых транзисторов, как минимум, через резистор. Также после отключения выхода компаратора необходимо отключить полевой транзистор подтянув его затвор к истоку (земле).

3. Технические требования к разрабатываемому изделию:

Требования к назначению изделия: прототип устройства предназначен для управления (ограничения) мощности потребителей постоянного тока.

3.1. Функциональные требования:

- Изменение мощности тока нагрузки должно производиться путём поворота потенциометра.
- Частота ШИМ должна быть не ниже 400Гц.
- Степень изменения мощности должна быть визуальна различима за счёт изменения яркости свечения светодиода, ламп накаливания и скорости вращения электромотора, подключенной к устройству. Энергоэффективность устройства должна быть теоретически обоснована и определяться органолептическим способом. Компоненты устройства не должны перегреваться и не иметь активной системы охлаждения. Допускается иметь радиатор охлаждения на полевом МОП-транзисторе. Предпочтительно иметь радиатор охлаждения на светодиоде.

3.2. Конструктивные требования:

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Профиль «Электронные системы»
Кейс № 5 Система управления мощностью постоянного тока**

- Устройство может быть выполнено в виде прототипа на печатной плате, сделанной штучным методом (ЛУТ или методом фотолитографии) или на макетной плате.
- Устройство не должно включать в себя печатную плату, выполненную промышленным методом на производстве, а также готовых решений задания, производимых серийно.
- Каждый функциональный модуль устройства из трёх должен питаться от одного и того же источника питания 12 В.

3.3. Исследовательское задание:

- Провести теоретическое исследование методов решения поставленной задачи.
- Провести исследование изменения характеристик визуально с использованием светодиода, лампы накаливания и электромотора.
- Провести исследование изменения характеристик с помощью аналогового пина Arduino AREF.
- Должны быть приведены осциллограммы сигналов на выходе из генератора пилообразного напряжения, на выходе генератора ШИМ сигнала, на затворе полевого МОП-транзистора и на стоке полевого МОП-транзистора относительно общей земли (допускается использование самодельного делителя напряжения при работе с осциллографом).

4. Регламент испытаний

Методика проведения испытаний:

1. Разместить устройство на столе.
2. Подключить устройство к блоку питания 12 В.
3. Подготовить различные нагрузки: светодиод, лампу накаливания и электромотор.
4. Подготовить осциллограф, настроить необходимый режим измерения, подключить осциллограф к земле устройства.
5. Поочередно подключить различные нагрузки. Продемонстрировать результат работы устройства.
6. Провести измерения при подключенной световой нагрузке (светодиод ИЛИ лампа накаливания), сигналов на выходе из генератора пилообразного напряжения, на выходе генератора ШИМ сигнала, на затворе полевого МОП-транзистора и на стоке

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Профиль «Электронные системы»
Кейс № 5 Система управления мощностью постоянного тока**

полевого МОП-транзистора. Также провести и показать измерения на стоке транзистора при подключенном электромоторе.

7. Провести измерения посредством написания программного кода для получения характеристик цепи с помощью аналогового пина Arduino AREF.

8. Выключить устройство.

5. Материалы и оборудование

Примерный комплект оборудования, материалов и комплектующих включает:

	Наименование
	Печатная плата собственного изготовления или макетная плата
	МОП-транзистор n-типа (MOSFET)
	Счетверённый компаратор lm339 или отдельные компараторы
	Набор резисторов
	Набор конденсаторов
	Потенциометр
	Блок питания 12 В
	Набор проводов
	Светодиод 12 В
0	Лампа накаливания 12 В
1	Электромотор 12В
2	Персональный компьютер
3	Плата с микроконтроллером Arduino UNO
4	Прочее

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Профиль «Электронные системы»
Кейс № 5 Система управления мощностью постоянного тока**

6. Требования к представлению решения кейса

Документация в обязательном порядке должна включать в себя:

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 схемы разработанного устройства в виде изображений блок-схемы, электрической принципиальной схемы, монтажной схемы, топологии собственной разработанной печатной платы (если имеется). В дополнение к презентации в пакет документации могут быть приложены ссылки на устройство и принцип работы генератора пилообразной волны, его SPICE модель, файлы со схемотехнической моделью устройства.
6. Фотографии разработанного устройства и его составных частей.
7. Видеоролик, демонстрирующий функционирование разработанного устройства в соответствии с регламентом испытаний. На видео необходимо продемонстрировать прохождение каждого, описанного в регламенте, испытаний 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.). 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 отчетливо 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

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Профиль «Электронные системы»
Кейс № 5 Система управления мощностью постоянного тока**

видеозаписи однозначно понять результат выполнения задания, принимается решение не в пользу участника.

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

9. Список литературных источников.

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

1. Монк Саймон, Шерц Пауль. Электроника. Теория и практика. – М.: Издательство БХВ. ISBN, 978-5-9775-3847-3. – 1168 с.

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

3. Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника. Принципы и применения: пер. с англ.: Учебное пособие в 2 т. Т2. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2012. – 784 с.

4. Варламов С. Д., Зильберман А. Р., Зинковский В. И. Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах. — М.: МЦНМО, 2009. — 184 с. ISBN 978-5-94057-467-5.

5. Измерения в электронике: Справочник /сВ. А. Кузнецов, В. А. Долгов, В. М. Коневских и др.; Под ред. В. А. Кузнецова. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 512 с.:

6. Все о прототипировании. URL: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base>.