Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Кафедра «Автоматизированный электропривод»

РАБОЧАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ
УСИЛИТЕЛЬ ТОКА НА ОСНОВЕ ОУ ДЛЯ ИК-СВЕТОДИОДА
13.03.02.П–477.05

Выполнили:
Студенты группы П-477
_____/М.Ю. Баранников/
_____/О.А. Клоков/
«____»_____2020 г.

Проверил
К.т.н., доцент
_____/Т.А. Функ/
«____»_____2020 г.

Работа защищена с оценкой
_____2020 г.

Челябинск 2020

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
				Документация общая		
				Вновь разработанная		
А4			13.03.02.П-4 77.05.01ВД	Ведомость рабочий документации	1	
А4			13.03.02.П-4 77.05.02.ПЗ	Пояснительная записка	16	
А4			13.03.02.П-4 77.05.03.ЭЗ	Схема электрическая принципиальная	3	
А4			13.03.02.П-4 77.05.03.ПЭ 3	Перечень элементов	1	
А4			13.03.02.П-4 77.05.04.ПП ТСЭ	Таблица связи элементов	1	
А3			13.03.02.П-4 77.05.04.ПП	Печатная плата	1	
А4			13.03.02.П-4 77.05.04.ПП 3D	Печатная плата 3D вид	1	

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.П-4 77.05.01ВД		
Разраб.		Баранников М.Ю.			УСИЛИТЕЛЬ ТОКА НА ОСНОВЕ ОУ ДЛЯ ИК-СВЕТОДИОДА	Лит	Лист 1 / Листов 1
Провер.		Функ Т.А.				ЮУрГУ Кафедра АЭП	
Н. контр.		Функ Т.А.					
Утверд.		Функ Т.А.					

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Кафедра «Автоматизированный электропривод»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
УСИЛИТЕЛЬ ТОКА НА ОСНОВЕ ОУ ДЛЯ ИК-СВЕТОДИОДА
13.03.02.П-477.05.02.ПЗ

Выполнили:
Студенты группы П-477
_____/М.Ю. Баранников/
_____/О.А. Клоков/
«____»_____2020 г.

Проверил
К.т.н., доцент
______/Т.А. Функ/
«____»_____2020 г.

Челябинск 2020

Аннотация

Баранников М.Ю., Клоков О.А. Усилитель тока на основе ОУ для ИК-светодиода. – Челябинск: ЮУрГУ, П-477, 2020, 16 с., 8 ил., 0 табл, библиогр. список – 3 наим., 0 прил, 2 чертеж ф. А4, 2 листа спецификации

Целями работы являются:

1. Закрепление знаний по методам автоматизированного проектирования электроприводов;

2. Приобретение навыка проектирования, выбора элементов и составления электрических схем систем электроприводов;

3. Знакомство с составом электрооборудования, последовательностью выбора элементов;

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ 5
2 ПРИНЦИП РАБОТЫ СХЕМЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ 6
2.1 Описание принципа работы схемы 6
2.2 Назначение функциональных элементов 6
2.3 Особенности настройки системы 6
3 МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ И ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМЫ 7
3.1 Моделирование системы 7
3.2 Выбор реальных компонентов системы 12
3.3 Расчёт толщины проводников для печатной платы 13
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 15
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 16

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение семестрового задания формируют следующие компетенции:

1) Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

2) Способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.

3) Способность составлять и оформлять типовую техническую документацию.

1 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ

На начальном этапе проектирования необходимо определиться, какие основные элементы должны входить в состав системы, а также требуют проведения расчета и выбора. Для этого составляется перечень основных элементов системы и на базе него рисуется функциональная схема системы.

Перечень основных элементов зависит от решаемой задачи, в данном случае от исходного задания на проектирование. Поэтому перед прорисовкой функциональной схемы необходимо выбрать и словесно описать требуемые основные элементы системы:

1. Операционный усилитель – многокаскадный усилитель с дифференциальным входом, предназначенный для выполнения математических операций с аналоговыми сигналами.
2. Цифровое управляющее устройств. В данной работе в качестве управляющего устройства выбираются микроконтроллеры фирмы Espressif Systems серии ESP-07[4].
3. ИК-передатчик. Позволяет управлять проектами на расстоянии совместно с ИК-приёмником.

Функциональная схема приведена на рисунке 2.1.

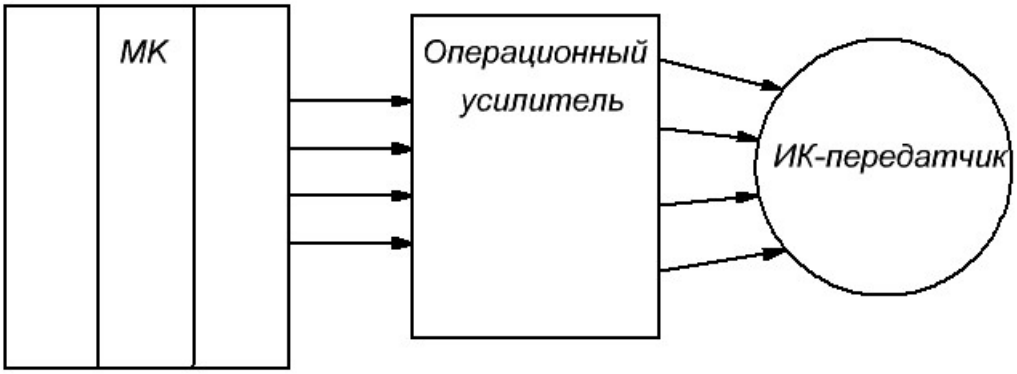


Рисунок 2.1 – Функциональная схема системы

2 ПРИНЦИП РАБОТЫ СХЕМЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

2.1 Описание принципа работы схемы

ИК светодиод (VD1) является объектом управления. Его анод подключен к балластному резистору (R1), который в свою очередь подключается к выходу операционного усилителя (DA1). Инверсный вход ОУ подключён к земле и неинверсный вход к резистору R3 и пину МК. Микроконтроллер (DD1) питает ОУ через пины VCC и GND.

2.2 Назначение функциональных элементов

Операционный усилитель. Предназначен для усиления тока ИК-передатчика.

Сопротивления:

- Входное сопротивление (Rвх) – величина, равная отношению $R_{ВХ} = \frac{\Delta U_{ВХ}}{\Delta I_{ВХ}}$. Измеренная со стороны одного из входов ОУ при заземленном другом.
- Выходное сопротивление определяется по нагрузочной (внешней) характеристике.

Микроконтроллер. Предназначен для управления системой.

2.3 Особенности настройки системы

Для корректной работы системы был применён метод компьютерного моделирование в среде Ansys Twin Builder. Twin Builder даёт возможность проверить и оптимизировать производительности электронных систем. Многообразие инструментов анализа формы сигнала дают возможность анализировать отклики, проводить измерения и подробно исследовать поведение систем. Описание процесса и результаты моделирования в среде Ansys Twin Builder приведены в разделе 3.

3 МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ И ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМЫ

3.1 Моделирование системы

Первый шаг расчёта системы – это построение электрической схемы. В работе использовали схему ОУ для усиления тока из методички Н.С. Кувшинова[2] Для этого воспользуемся библиотекой компонентов. В данной работе необходимо провести расчёты и настроить модель в двух вариантах, при идеальном и реальном ОУ.

Схема на идеальном ОУ состоит из следующих элементов:

- Источник постоянного тока I1 = 20 мА.
- Резисторы R1, R2, R3. Их значения выбираются в процессе моделирования.
- Идеальный ОУ.

Схема на реальном ОУ состоит из следующих элементов:

- Источник постоянного тока I1 = 20 мА.
- Источник постоянного напряжения E1 = 5 В.
- Резисторы R1, R2, R3. Их значения выбираются в процессе моделирования.
- Реальный ОУ.

На рисунке 3.1 и 3.2 изображены построенные схемы в среде Ansys Twin Builder.

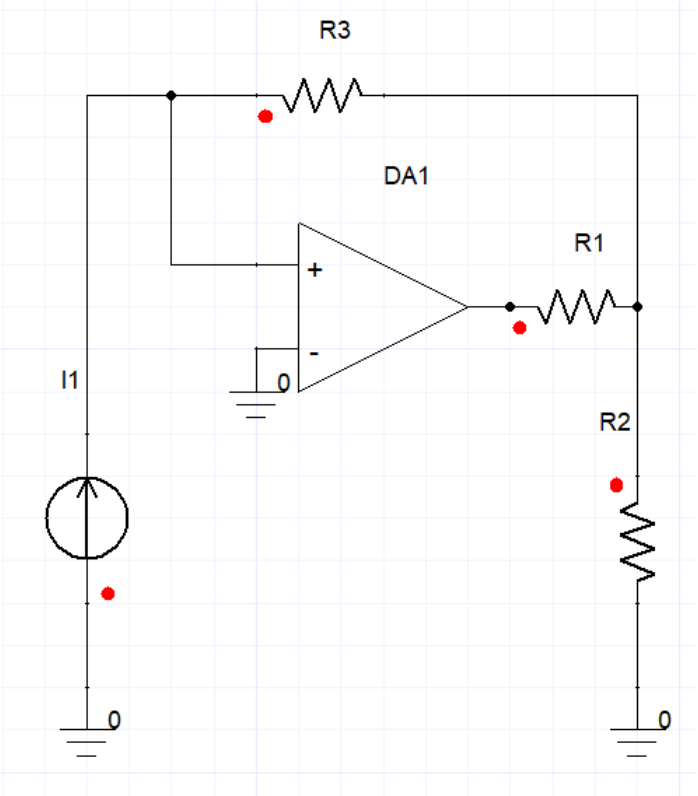


Рисунок 3.1 – Расчётная схема на идеальном ОУ

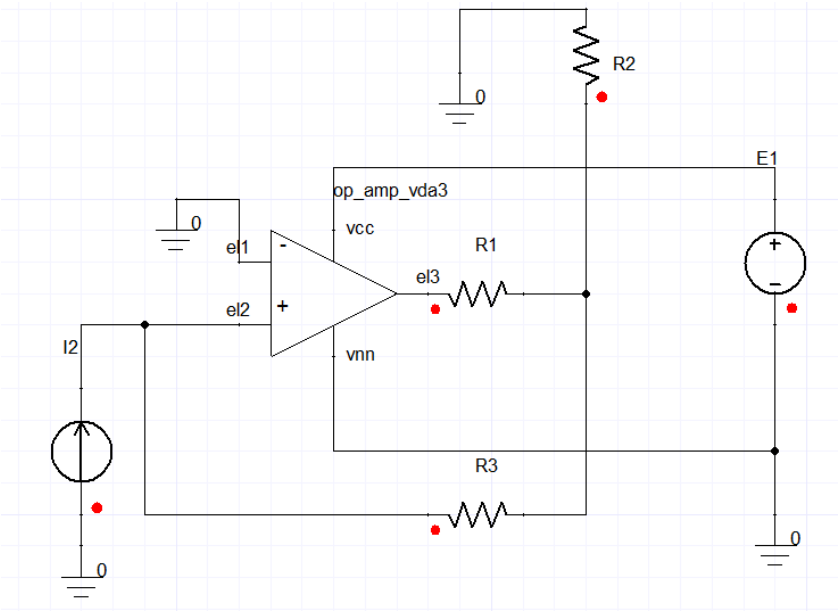


Рисунок 3.2 – Расчётная схема на реальном ОУ

Перед тем как начинать расчёт модели мы должны задать параметры моделирования. Для этого задаются вид, начало, конец, шаг моделирования. В нашем случае выбираем вид моделирования Transient Analysis, начало 0 мс, конец 40 мс, шаг 10 мкс. На рисунке 3.3 приведены настройки расчёта модели.

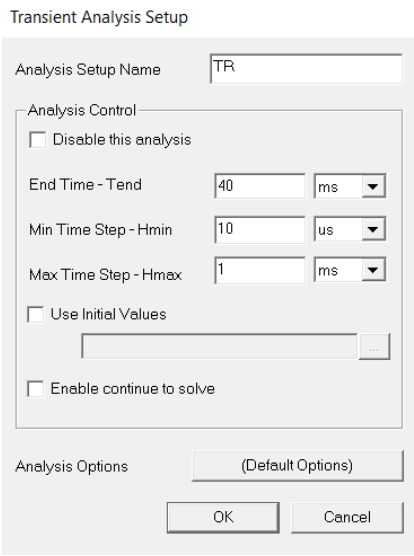


Рисунок 3.3 – Расчётная схема на реальном ОУ

Далее были проведены испытания модели при разных значения резисторов для того, чтобы определить оптимальный вариант. При входном токе 20 мА от МК, его необходимо усилить до 45 мА. Первоначальные расчёты (рисунки 3.4, 3.5) не показали необходимые результаты, как на реальном, так и на идеальному ОУ.

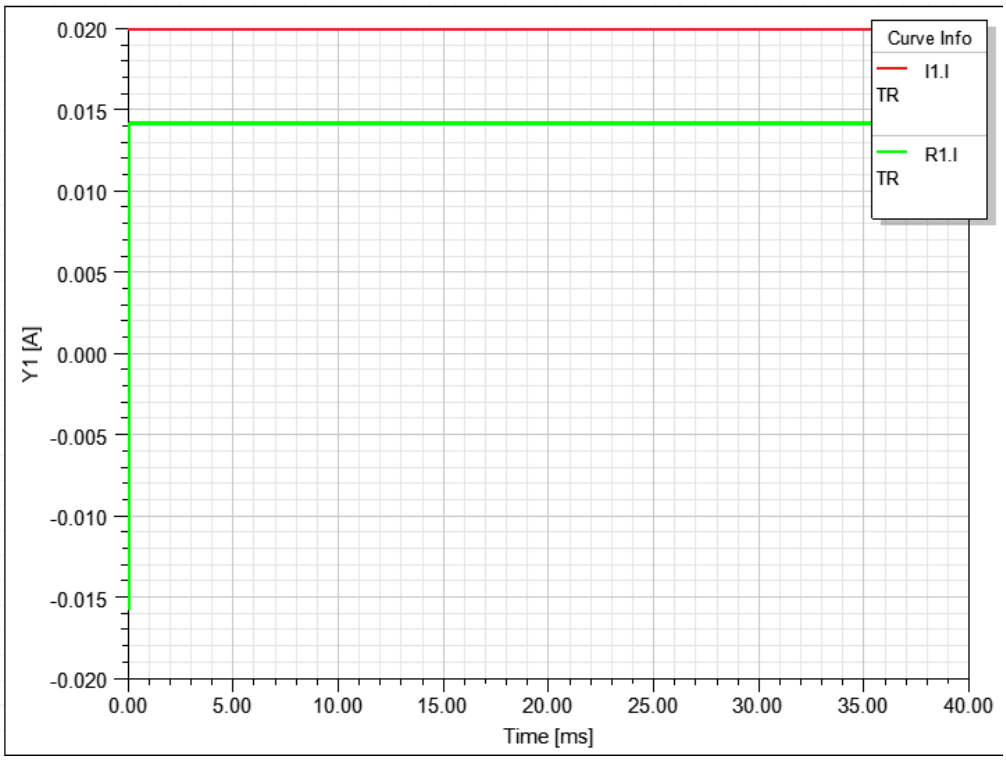


Рисунок 3.4 – Результаты моделирование идеального ОУ при R1=24 Ом, R2=100 Ом, R3=24 Ом

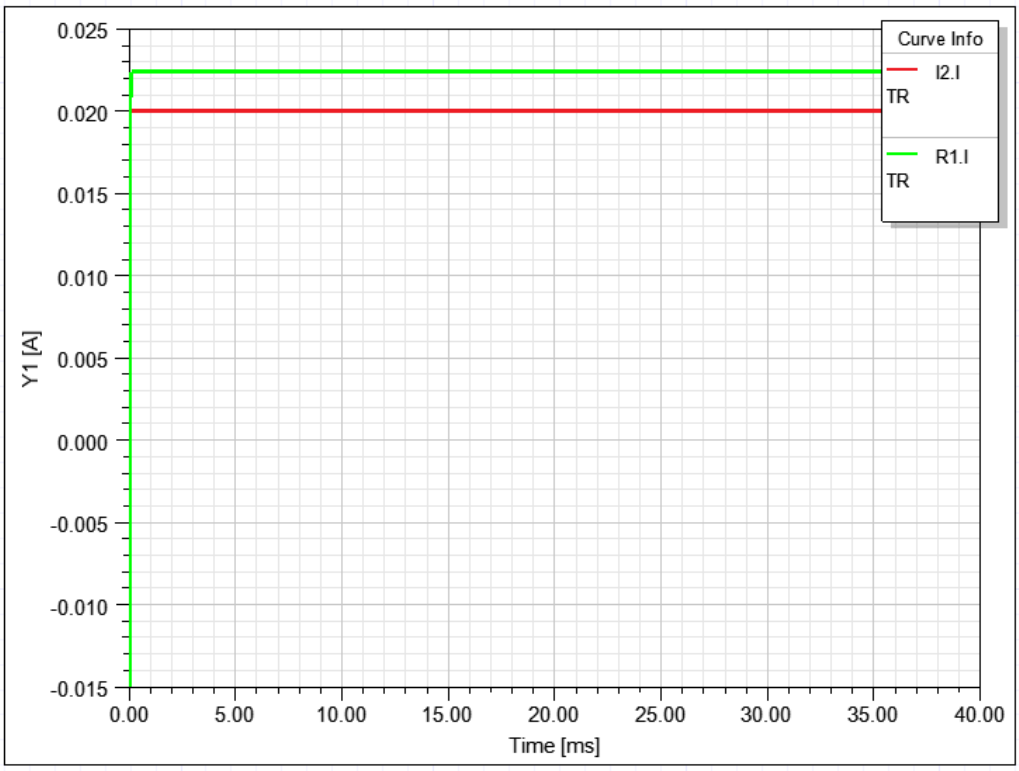


Рисунок 3.5 – Результаты моделирование реального ОУ при R1=24 Ом, R2=100 Ом, R3=24 Ом

При данных значениях не обеспечиваются необходимые токе на выходе ОУ. При моделировании идеального ОУ выходной ток был недостаточно высокого значения, а при моделировании реального ОУ выходной ток и вовсе оказался меньше входного.

После более точного расчёта, получилось достичь необходимое значение тока на выходе ОУ.

Оптимальные значения оказались следующими:

– для идеального ОУ: R1=68 Ом, R2=22 Ом, R3=180 Ом.
– для реального ОУ: R1=68 Ом, R2=22 Ом, R3=100 Ом.

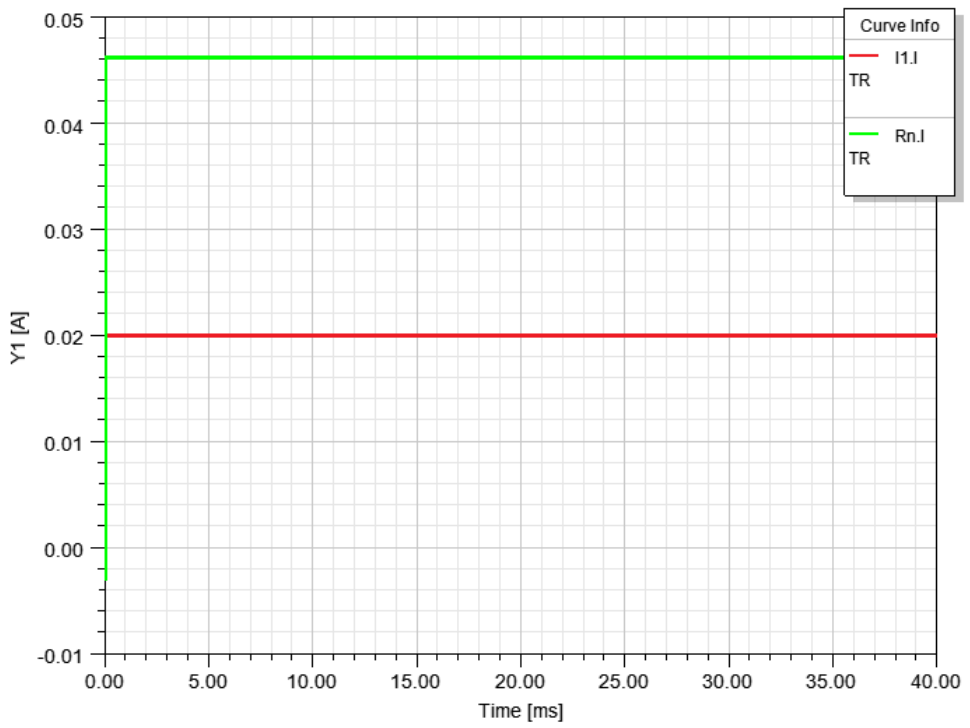


Рисунок 3.6 – Результаты моделирование идеального ОУ с оптимальными параметрами

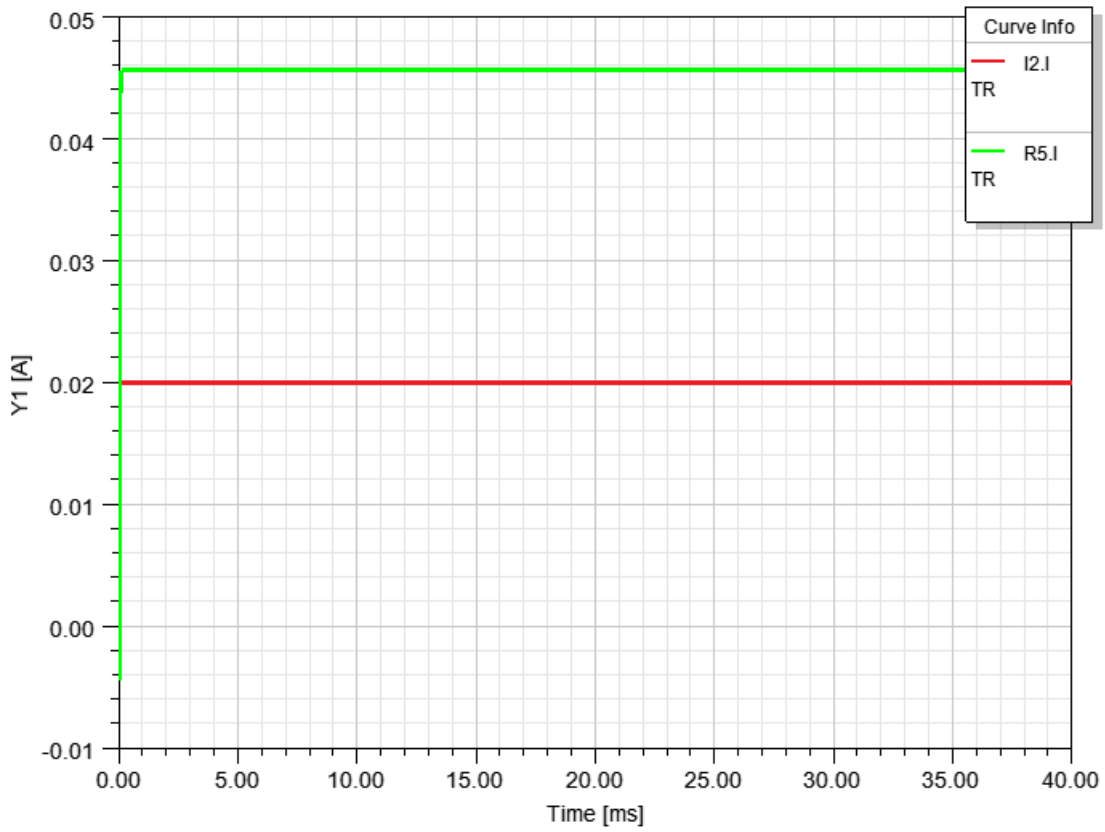


Рисунок 3.7 – Результаты моделирование реального ОУ с оптимальными параметрами

В результате проведённых расчётах электрической модели в среде Ansys Twin Builder, мы определили оптимальные параметры для всех элементов системы. Далее можно переходить к выбору реальных элементов и выполнению электрической принципиальной схемы.

3.2 Выбор реальных компонентов системы

Главным элементом схемы является микроконтроллер ESP-07[4] производителя Espressif Systems. Это WiFi модуль на базе однокристальной системы (SoC) ESP8266. Он имеет небольшие размеры по сравнению с другими модулями и ULP технологию. Модуль специально сконструирован для создания мобильных устройств и интернета вещей (IoT).

Объектом управления является ИК светодиод BL-L314IRBB[3] производителя Betlux Electronics. Серия светодиодов L314 представляет линейку круглых светодиодов диаметром 3 мм со сферической линзой. На нижней части корпуса имеется выступ диаметром 3.9 мм, предназначенный для удобства монтажа светодиода. Для исключения ошибки подключения светодиода анод имеет более длинный вывод. Светодиоды серии L314 выпускаются двух типов - с углом рассеивания 60 градусов и углом рассеивания 30 градусов. Светоотдача этих светодиодов колеблется в очень широких пределах и отображена в таблице. Диапазон рабочих температур находится в пределах от -40 до +80 градусов.

Операционный усилитель был выбран AD8005ARTZ-REEL7 фирмы Analog Devices. AD8005ARTZ-REEL7 является высокоскоростным усилителем с обратной связью по току и крайне малой мощностью. Он подходит для использования в контурных системах и системах с удаленным питанием. Эта производительность достигается при потреблении всего 400мкА тока. Эти функции увеличивают время работы высокоскоростных систем с батарейным питанием без ущерба для динамических характеристик. Обратная связь по току приводит к постоянному коэффициенту усиления 0.1дБ до 30МГц, в то время, как дифференциальный коэффициент усиления и фазовые ошибки составляют 0.11% и 0.4° соответственно.

Низкий уровень гармонических искажений в широком диапазоне частот с THD -63дБн на частоте 1МГц и -50дБн на частоте 10МГц. Диапазон напряжения питания ± 5В.

Резисторы были выбраны металлооксидные с номининальнми сопротивлениями для реального ОУ. Металлооксидные (металлодиэлектрические) постоянные резисторы являются аналогами отечественной серии сопротивлений С2-23. Предназначены для работы в цепях постоянного, переменного и импульсного тока.

Металлоксидные пленочные резисторы (metal oxide film resistors) отличает:

• высокая надежность и стабильность,

• широкий температурный диапазон,

• низкий уровень шумов,

• огнеупорное покрытие (для мощностей выше 0.5 Вт),

• цветная кодировка номинала,

• луженые выводы.

3.3 Расчёт толщины проводников для печатной платы

Прежде чем переходить к проектированию печатной платы, необходимо рассчитать и выбрать минимальную возможную толщину проводящего рисунка печатной платы. Для этого воспользуемся рекомендациями из ГОСТ Р 53429-2009 Платы печатные. Основные параметры конструкции[5].

Главное условнее по ГОСТ – это допустимая токовая нагрузка на элементы проводящего рисунка в зависимости от допустимого превышения температуры проводника относительно температуры окружающей среды.

Для фольги это значение от 100 до 250 А/мм^2, а для гальванической меди от 60 до 100 А/мм^2.

Пусть толщина дорожки = 35 мкм или 0,035 мм;

Максимальный ток протекающий по проводящему рисунку с учётом коэффициента запаса = 0,7 А.

Ширина проводника из таблицы номинальных размеров[5] = 0.25 мм.

Тогда по формуле 3.1 рассчитаем плотности тока

$$j = \frac{I}{S} \tag{3.1}$$

$$j = \frac{0{,}7}{0{,}035 \cdot 0{,}25} = 80\ \text{А/мм}^2$$

Следовательно, выбранная ширина проводящего рисунка удовлетворяет требования ГОСТ, и мы можем использовать, как фольгу, так и гальваническую медь в качестве материала проводника.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения работы, исходя из данных технического задания, выполнено проектирование электронного устройства с микропроцессорной системой управления была построена и рассчитана модель устройства в среде Ansys Twin Builder, выбраны основные элементы, построена электрическая схема, спроектирована печатная плата и построена её 3D модель в программе Altium Designer.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Функ Т.А., Валов А.В., Савостеенко Н.В., Бычков А.Е. Методы автоматизированного проектирования электроприводов. Учебное пособие. – Челябинск, Издательство ЮУрГУ, 2020. – 110 с.
2. Кувшинов, Н.С. Схемы электрические принципиальные в инженерной графике: учебное пособие / Н.С. Кувшинов, А.Л. Хейфец. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 74 с.
3. www.chipdip.ru – Каталог электрических элементов
4. www.espressif.com/en/products/hardware/esp8266ex/overview – ESP8266 Overview. Espressif Systems.
5. ГОСТ Р 53429-2009 Платы печатные. Основные параметры конструкции.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Кафедра «Автоматизированный электропривод»

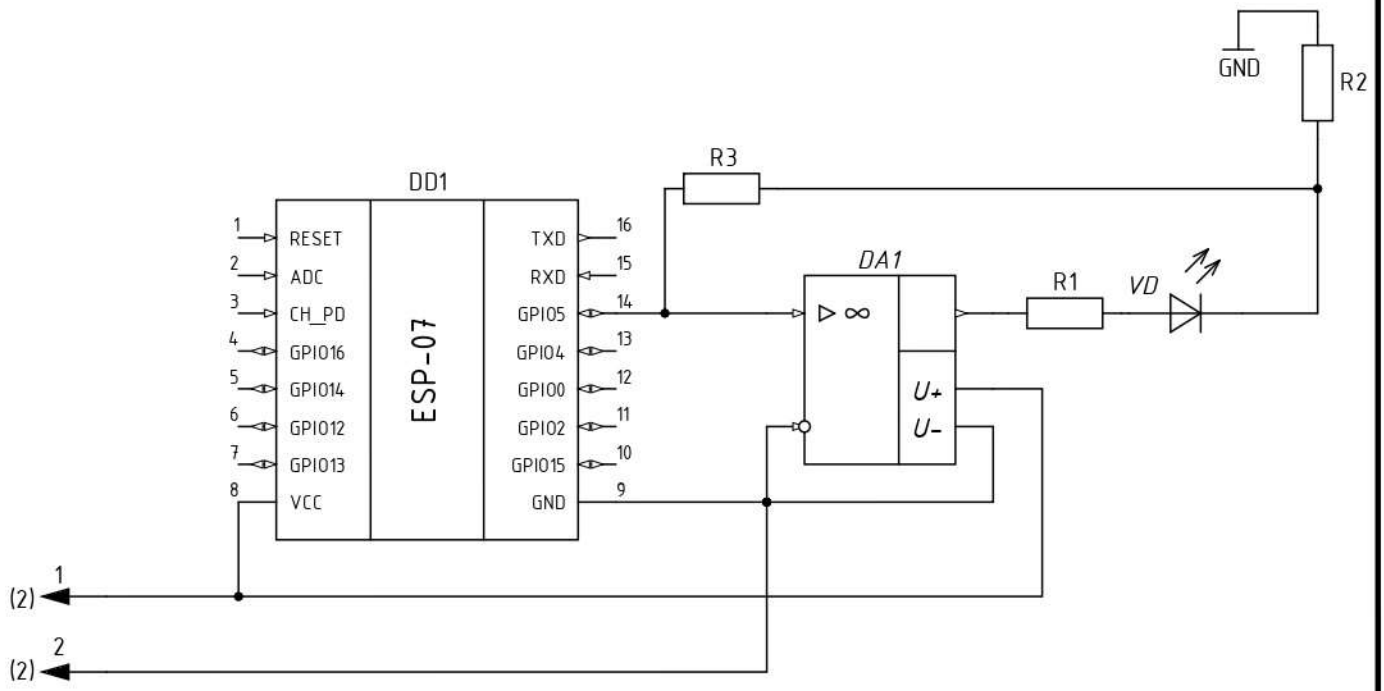
СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ
УСИЛИТЕЛЬ ТОКА НА ОСНОВЕ ОУ ДЛЯ ИК-СВЕТОДИОДА
13.03.02.П-477.05.03.Э3

Выполнили:
Студенты группы П-477
_____/М.Ю. Баранников/
_____/О.А. Клоков/
«____»_____2020 г.

Проверил
К.т.н., доцент
_____/Т.А. Функ/
«____»_____2020 г.

Работа защищена с оценкой
_____2020 г.

Челябинск 2020



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Баранников		
Пров.		Функ Т.А.		
Т.контр.				
Реценз.				
Н.контр.		Функ Т.А.		
Утв.		Функ Т.А.		

13.03.02.П-477.05.03.ЭЗ

УСИЛИТЕЛЬ ТОКА НА ОСНОВЕ ОУ ДЛЯ ИК-СВЕТОДИОДА.

Схема электрическая пренципиальная

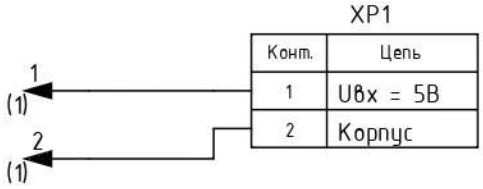
Литера	Масса	Масштаб
0		

Лист	Лист	Листов	Листов

ЮУрГУ
Кафедра АЭП

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А4



Конт.	Цепь
1	Uвх = 5В
2	Корпус

Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
	Микросхемы		
DD1	ESP-07	1	
DA1	AD8005ARTZ-REEL7	1	
	Резисторы		
R1	С2-23-68 Ом, 2 Вт, ±5%	1	
R2	С2-23-22 Ом, 2 Вт, ±5%	1	
R3	С2-23-100 Ом, 2 Вт, ±5%	1	
	Диоды		
VD	BL-L314IRBB	1	
	Соединения контактные		
UZ1	PLS-2 (DS1021-1x2)	1	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.02.П-477.05.03.ПЭ 3			
Разраб.		Баранников М.Ю.			УСИЛИТЕЛЬ ТОКА НА ОСНОВЕ ОУ ДЛЯ ИК-СВЕТОДИОДА	Лит	Лист	Листов
Пров.		Функ Т.А.				У	1	2
Н. контр.		Функ Т.А.			Перечень элементов	ЮУрГУ Кафедра АЭП		
Утв.		Функ Т.А.						

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Кафедра «Автоматизированный электропривод»

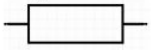
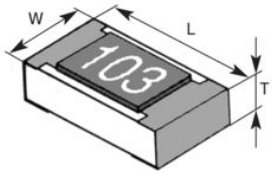
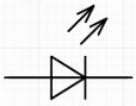
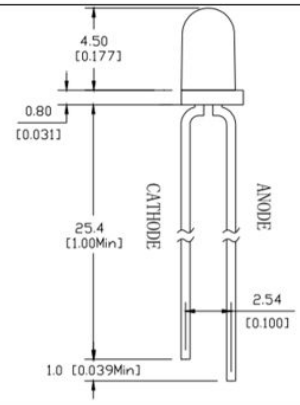
ПЛАТА ПЕЧАТНАЯ
УСИЛИТЕЛЬ ТОКА НА ОСНОВЕ ОУ ДЛЯ ИК-СВЕТОДИОДА
13.03.02.П-477.05.04.ПП

Выполнили:
Студенты группы П-477
_____/М.Ю. Баранников/
_____/О.А. Клоков/
«____»_____2020 г.

Проверил
К.т.н., доцент
_____/Т.А. Функ/
«____»_____2020 г.

Работа защищена с оценкой
_____2020 г.

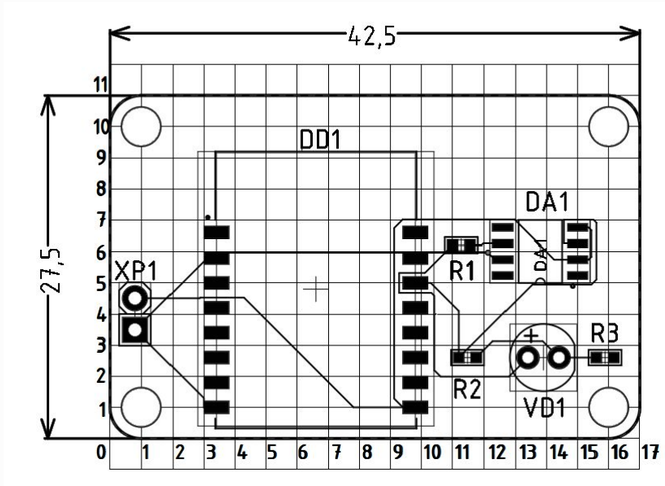
Челябинск 2020

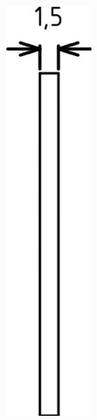
Наименование	Обозначение	Размеры элемента	Посадочное место на печатной плате
Резисторы 2 Вт. (SMD–элементы)	Rx (где x – порядковый номер элемента) 		
ИК-Светодиод, низковольтный.	VDx (где x – порядковый номер элемента) 		

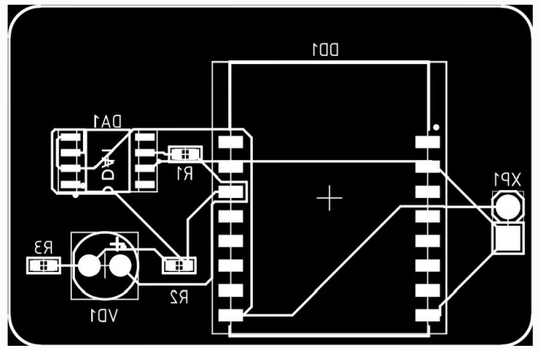
Размер	0603	0805	1206
L мм	1.55	2.0	3.2
W мм	0.8	1.25	1.6
T мм	0.5	0.5	0.5

Размеры
0805 =0.080 x 0.50
L x W в дюймах

13.03.02.П-477.05.04.ПП







Условное обозначение отверстий	Диаметр отверстий, мм	Диаметры контактных площадок, мм	Кол-во отверстий
●	0,8	2	3
■	0,8	2	1

1. Плату изготовить химическим методом.
2. Плата должна соответствовать ГОСТ Р 53432-2009.
3. Шаг координатной сетки 2,5 мм.
4. Ширина проводников 0,5 мм.
5. Зазор между проводниками не менее 1 мм (U=5В, I=0.1А).
6. 3Д вид - стр 2.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Баранников		
Пров.		Функ Т.А.		
Т.контр.				
Н.контр.		Функ Т.А.		
Утв.		Функ Т.А.		

13.03.02.П-477.05.04.ПП

УСИЛИТЕЛЬ ТОКА НА ОСНОВЕ ОУ ДЛЯ ИК-СВЕТОДИОДА.

Плата печатная

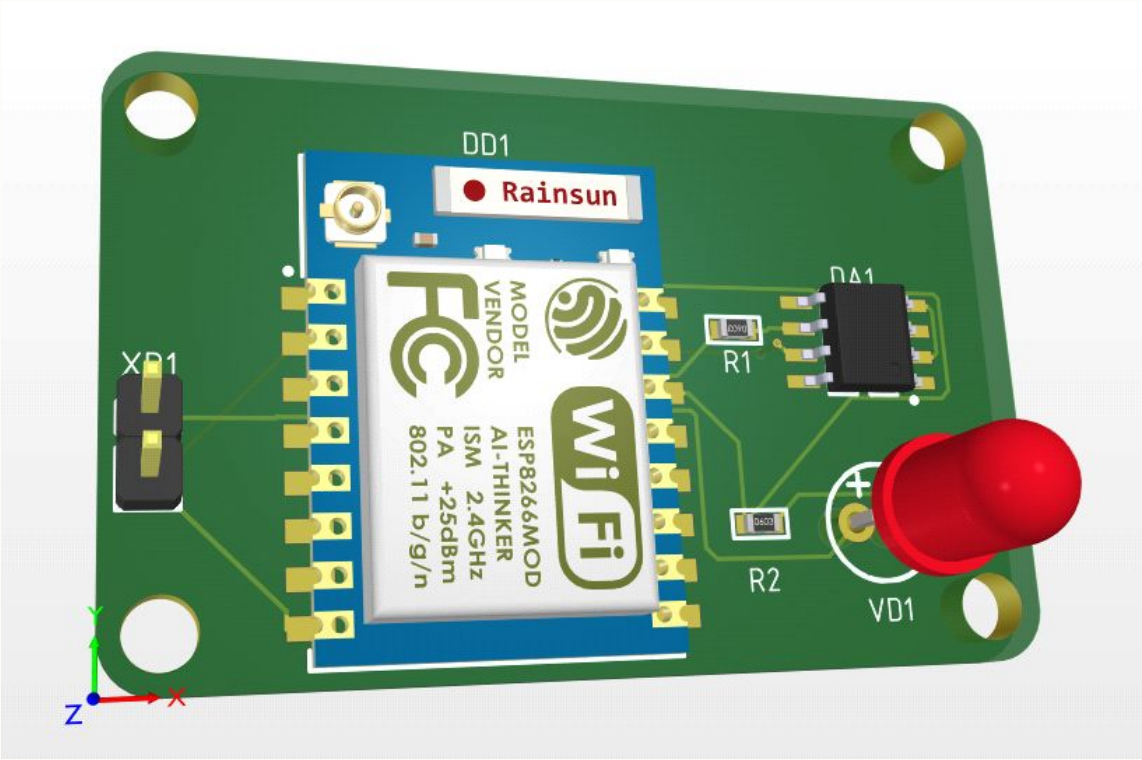
Лит.	Масса	Масштаб
У		1:1
Лист 1	Листов 2	

ЮУрГУ
Кафедра АЭП

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Копировал
Формат А3

13.03.02.П-477.05.04.ПП 3D



Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.02.П-477.05.04.ПП 3D	Лист 2

Копировал Формат А4