Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ   
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра РСС

**Разработка программно-управляемого источника питания СВЧ лазерного диода**

**ОТЧЕТ**

ПО РЕЗУЛЬТАТАМ

Производственной практики: технологической

(вид практики) (тип практики.)

|  |  |
| --- | --- |
|  | Обучающийся гр. 170М  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Д.А Маурер  (подпись) (И.О. Фамилия)  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (дата) |
| **\_\_\_\_\_\_\_\_\_**  (оценка)  М.П. | Руководитель практики от профильной организации:  Доцент каф. КСУП  (должность, ученая степень, звание)  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Шеерман Ф.И.  (подпись) (И.О. Фамилия)  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (дата) |
| **\_\_\_\_\_\_\_\_\_**  (оценка) | Руководитель практики от Университета:  Доцент каф. КСУП  (должность, ученая степень, звание)  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Коколов А.А.  (подпись) (И.О. Фамилия)  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (дата) |
|  |  |

Томск 2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное   
учреждение высшего образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ   
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра радиоэлектроники и систем связи (РСС)

|  |  |
| --- | --- |
|  | УТВЕРЖДАЮ  Зав. кафедрой РСС  Фатеев А. В.  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (подпись)  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. |

**ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ**на производственную практику: технологическую  
студенту гр. 170-М радиотехнического факультета  
Маурер Данилу Александровичу

**Тема практики:** Модуль питания СВЧ лазерного диода

**Цель практики:** Разработка модуля питания СВЧ лазерного диода.

Сроки прохождения практики: 14.02.2022 – 28.03.2022

**Совместный рабочий график (план) проведения практики**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Перечень заданий | Сроки выполнения |
| 1 | Определение требований к проектируемому устройству. | 14.02 – 21.02 |
| 2 | Разработка источника питания | 21.02 – 7.03 |
| 3 | Трассировка печатной платы | 7.03 – 21.03 |
| 4 | Оформление результатов практики | 21.03-28.03 |

Дата выдачи: «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Руководитель практики от университета

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Доцент каф. КСУП |  |  |  | Коколов А.А. |
| (должность) |  | (подпись) |  | (Ф.И.О.) |

Согласовано:

Руководитель практики от профильной организации

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Доцент каф. КСУП |  |  |  |  |
| (должность) |  | (подпись) |  | (Ф.И.О.) |
|  |  | М.П. |  |  |

Задание принял к исполнению «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2022 г.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Студент гр. 170-М |  |  |  | Маурер Д.А. |
|  |  | (подпись) |  | (Ф.И.О.) |

# Оглавление

[Оглавление 2](#_Toc99284633)

[1 Введение 3](#_Toc99284634)

[2 Определение требований к проектируемому устройству. 4](#_Toc99284635)

[3 Разработка источника питания 6](#_Toc99284636)

[3.1 Разработка схемы стабилизации тока. 6](#_Toc99284637)

[3.2 Разработка схемы измерения тока фотодиода. 9](#_Toc99284638)

[3.3 Разработка схемы управления. 10](#_Toc99284639)

[3.4 Разработка общей схемы 11](#_Toc99284640)

[4 Трассировка печатной платы 13](#_Toc99284641)

[Заключение 14](#_Toc99284642)

# Введение

Лазерные диоды стали играть фундаментальную роль в экспериментальной физике. Их низкая стоимость, эффективность и малый размер, среди прочего, сделали их стандартной частью многих экспериментов, также лазерные диоды, активно используются для передачи как цифровых, так и аналоговых сигналов по оптоволоконным линиям связи. Для проведения экспериментов, требуется разработать источник питания с возможностью настройки для лазерного диода.

# Определение требований к проектируемому устройству.

Устройство питания лазерного диода, должно обеспечивать два режима: стабилизацию выходного тока и стабилизацию выходной мощности.

Пределы выходного тока, были определены на основе вольт-амперной характеристики DFD лазерного диода, на основе InP, представленных на рисунке 2.1, проектируемый источник питания должен обеспечивать стабилизацию тока в диапазоне от 1 до 200 мА и стабилизацию оптической мощности до 15 мВ.

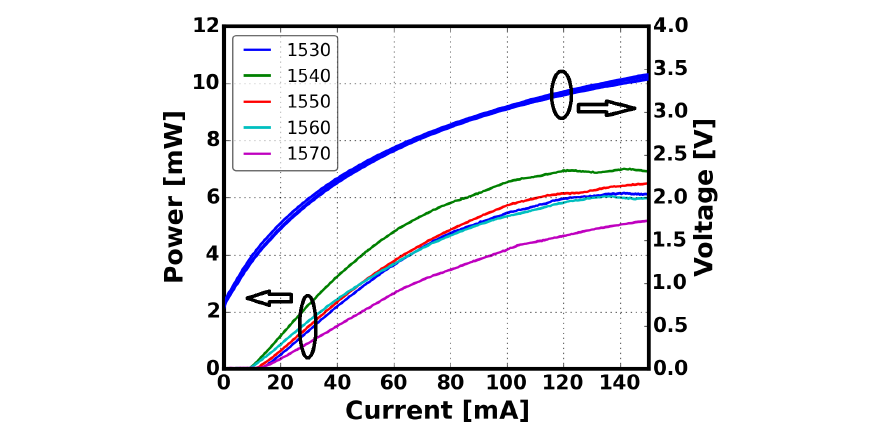


Рисунок 2.1 – Вольт-амперная характеристика лазерного диода

Для проведения экспериментов, требуется обеспечить программное управление с возможностью выбора режима стабилизации, определение уставки по току и по мощности, определение параметров плавного старта диода, мониторинг выходного тока и оптической мощности в реальном времени.

В качестве датчика оптической мощности будет использован PIN-фотодиод, характеристики которого представлены на рисунке 2.2. Чувствительность данного фотодиода составляет 0.8 А/Вт, что при оптической мощности 15 мВт, обеспечит выходной ток 12мА, без дополнительного смещения фотодиода.

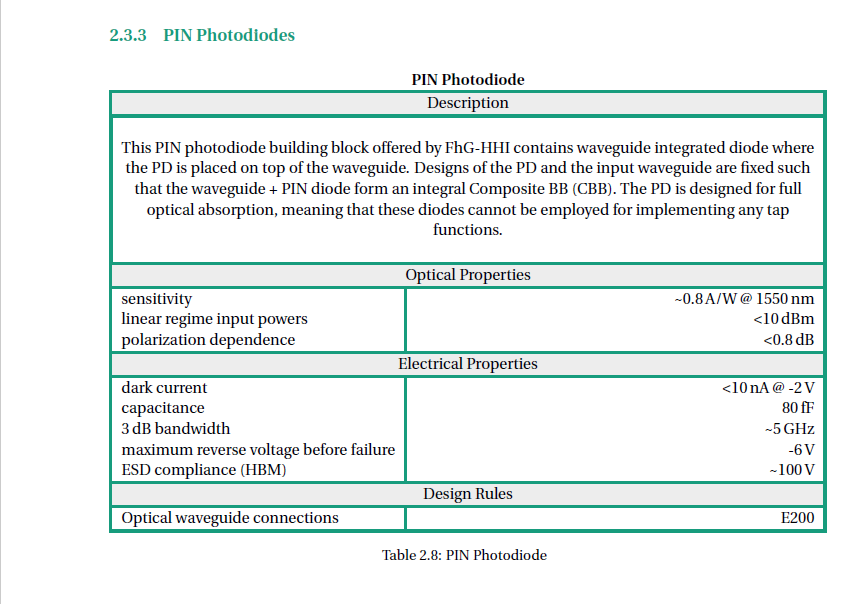


Рисунок 2.2 – Характеристики фотодиода.

Необходимо предусмотреть возможность подключения модулей, объединяющих лазерный и фотодиод в одном корпусе. В таких модулях, чаще всего, анод лазерного диода и катод фотодиода подключаются к общему проводу. Поэтому источник тока необходимо проектировать с учетом того, что нагрузка подключается одним выводом к общему проводу.

Требуемое напряжение питания схемы: 5В.

# Разработка источника питания

Источник питания лазерного диода, можно разбить на следующие устройства: устройство стабилизации тока, включающее в себя источник тока, и схему измерения тока; устройство измерения тока лазерного диода; устройство управления и связи с ПК.

## Разработка схемы стабилизации тока.

На основе требований, представленных в пункте 2, были рассмотрены следующие схемы источников токов.

Источник тока на основе полевого транзистора, схема которого представлена на рисунке 3.1. В качестве элемента регулирования тока, выступает полевой транзистор, на затвор которого подается управляющее напряжение. Измерение выходного тока происходит с шунта R1, и дифференциального усилителя U1. Данная схема имеет ряд недостатков: стабилизация тока в данном режиме, полностью будет происходить на устройстве управления: установка опорного напряжения V\_ref, и отслеживание выходного тока, что будет накладывать определенные требования к быстродействию ЦАП и АЦП устройства управления.

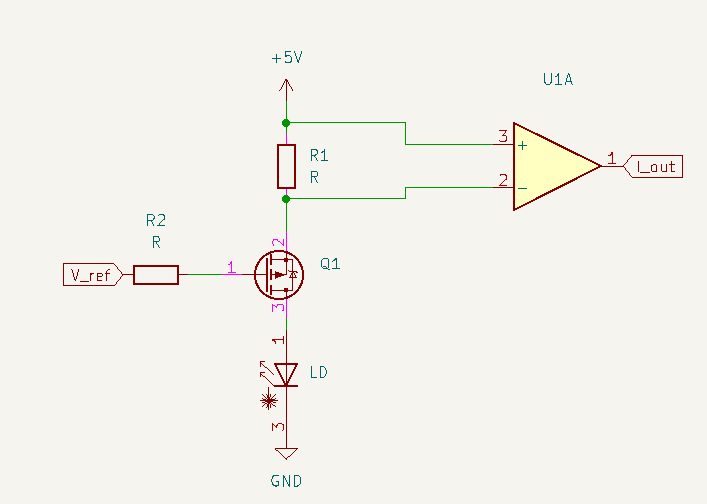


Рисунок 3.1 – Схема стабилизации тока

Следующая рассмотренная схема, представляет собой источник тока на полевом транзисторе, с операционным усилителем, охваченным отрицательной обратной связью. В данной схеме, за стабилизацию тока, отвечает операционный усилитель, а не устройство управление, это позволит упростить разработку программного обеспечения и снизить требования к устройству управления. Выходной ток данного стабилизатор определяется выражением: *I=* (5В – *V\_ref)/R1*

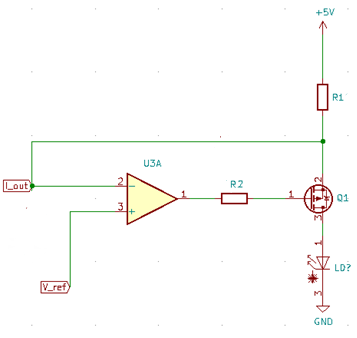


Рисунок 3.2 – Стабилизатор тока с операционным усилителем.

Для реализации данного решения был выбран полевой транзистор IRLML6402, характеристики которого представлены на рисунке 3.3. Данный транзистор имеет низкое сопротивление канала, низкое пороговое напряжение открытия, а также транзистор выполнен в маленьком корпусе SOT-23.

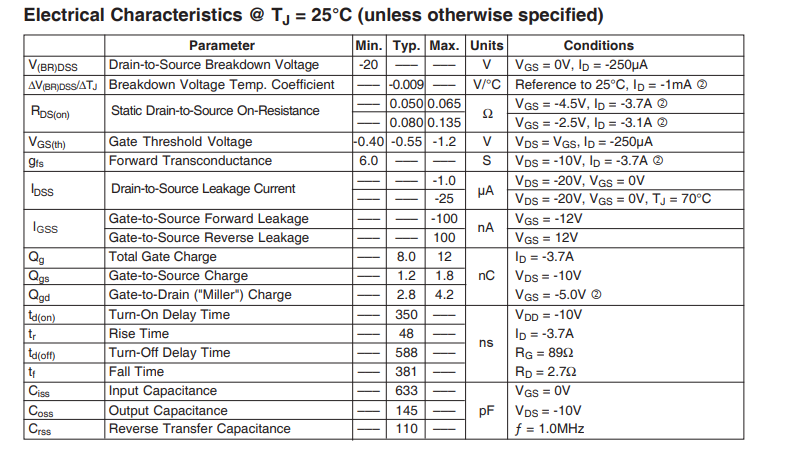


Рисунок 3.3 – Характеристики транзистора IRLML6402

В качестве операционного усилителя была выбрана микросхема MCP6002, характеристики которого представлены на рисунке 3.4.

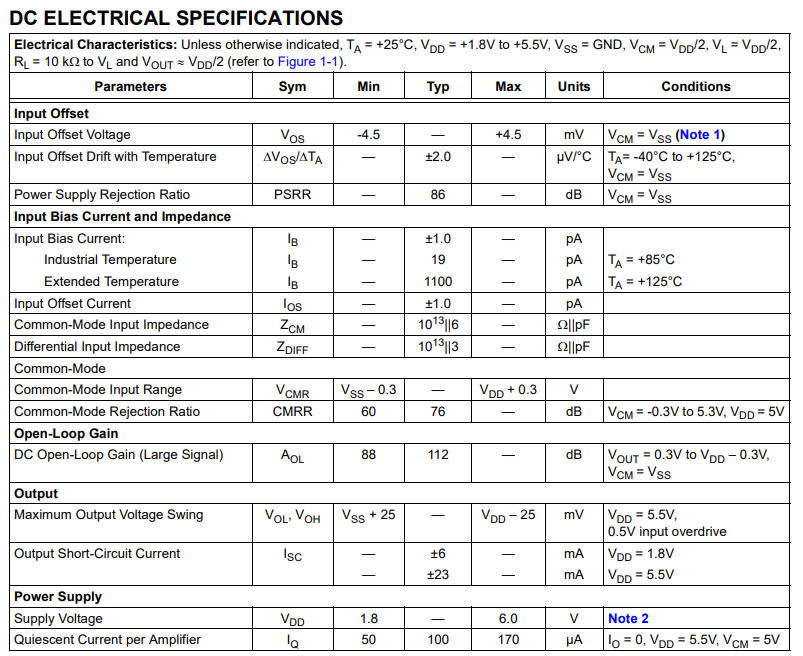
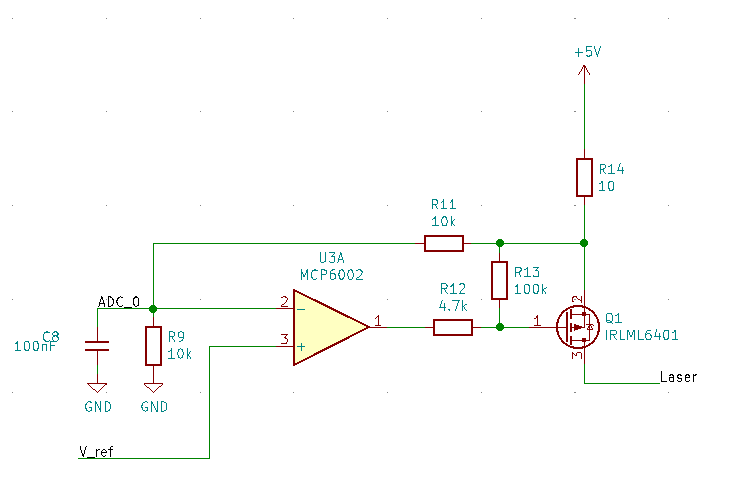


Рисунок 3.4 – Характеристики операционного усилителя MCP6002

Данный операционный усилитель может работать от однополярного источника питания, с напряжением от 1.8В до 6В. Выходы Rali-to-Rail, что обозначает, что напряжение на выходе может достигать напряжение питания. Итоговая схема стабилизатора тока представлена на рисунке 3.5.

  
Рисунок 3.5 – Схема стабилизатора тока

В данную схему был добавлен делитель напряжения, состоящий из резисторов R11 и R9. Выходной ток данной схемы определяется выражением *I=* (5В – 2*V\_ref)/R14.* Напряжение, для оцифровки текущего значения тока, будет измеряться с инвертирующего входа операционного усилителя, и определятся выражением *UADC=(5В-R14‧I)/2.*

## Разработка схемы измерения тока фотодиода.

Для измерения тока фотодиода, необходимо реализовать трансимпедансный усилитель. Данная схема преобразует малый входной ток, в выходное напряжение, которое в дальнейшем можно оцифровать при помощи АЦП. Схема трансимпедансного усилителя, приведена на рисунке 3.6.

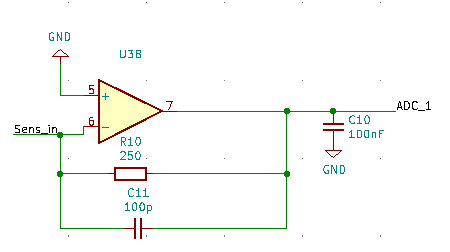


Рисунок 3.6 – Схема трансимпедансного усилителя

Схема, изображенная на рисунке 3.6, представляет собой преобразователь тока в напряжение, и обладает низким выходным сопротивлением. Выходное напряжение определяется выражением: *Uout=-Iphoto‧R10.* Таким образом, при максимальном значении тока в 12мА, выходное напряжение данного каскада составляет 3В.

## Разработка схемы управления.

В качестве основного управляющего узла будет выступать микроконтроллер, который должен выполнять следующие функции:

* задание опорного напряжения для источника тока
* измерение выходного тока
* измерение тока фотодиода
* стабилизация оптической мощности, на основе тока фотодиода
* связь с ПК для настройки и мониторинга выходных параметров.

К микроконтроллеру выдвигаются следующие требования:

* наличие аппаратных интерфейсов UART и I2C для связи с ПК
* наличие встроенного АЦП, для оцифровки напряжений
* возможность использовать свободно-распространяемые средства разработки и отладки, для задания опорного напряжение может быть использован ЦАП или ШИМ.

В качестве микроконтроллера был выбран STM32F030F4P6, в корпусе TSSOP20, представленного на рисунке 3.7. Данный микроконтроллер обладает интерфейсами UART, I2C, встроенным 12 разрядным многоканальным АЦП, несколькими аппаратными 32х разрядными таймерами, для генерации ШИМ.

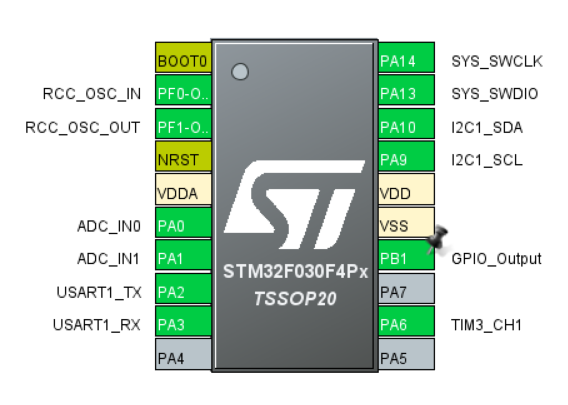


Рисунок 3.7 – Микроконтроллер STM32F030F4P.

## Разработка общей схемы

Общая схема, представленая на рисунке 3.8, включает в себя:

* трансимпедансный усилитель
* стабилизатор тока
* стабилизатор напряжения питания, для питания микроконтроллера
* микроконтроллер с внешним кварцем
* разъем для программирования и отладки
* выходы UART, I2C и разъем подключения лазерного модуля.

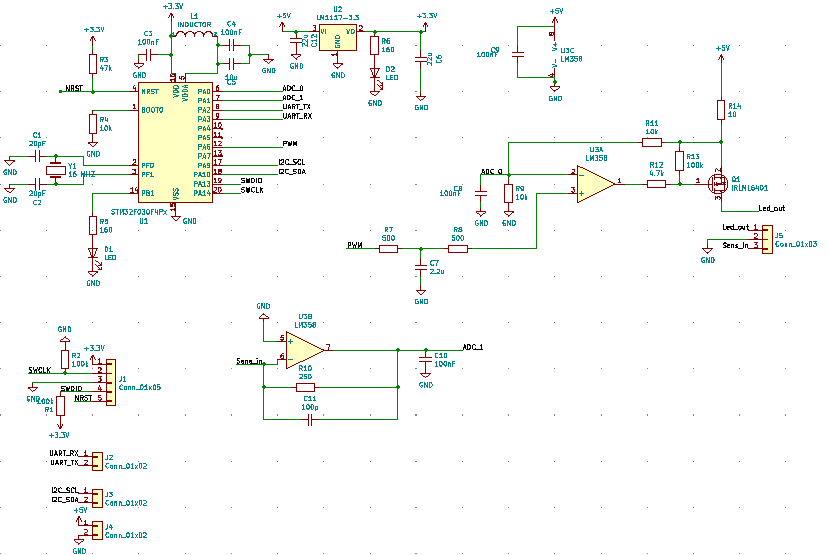


Рисунок 3.8 – Общая схема устройства

# Трассировка печатной платы

Для сборки и тестирования устройства, была разработана однослойная печатная плата, представленная на рисунке 4.1

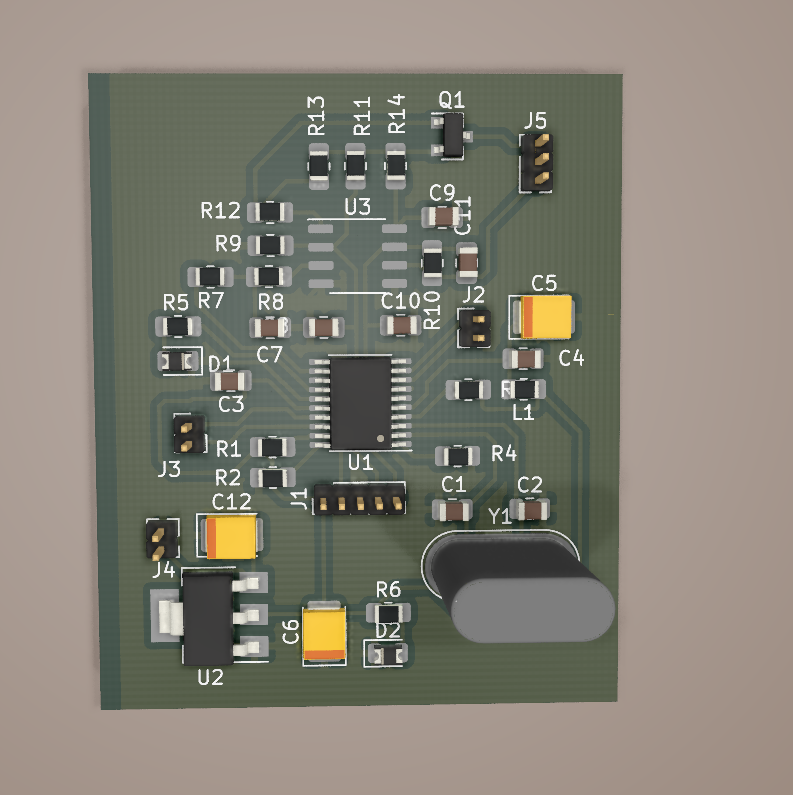


Рисунок 4.1 – Печатная плата устройства

Размеры устройства составляют: длина 45мм., ширина 35мм. Для уменьшения размеров можно разработать многослойную печатную плату, что уменьшит размеры, но сделает невозможным изготовление без применения специализированного оборудования.

# Заключение

В ходе выполнения практики, были изучены требования к источникам питания лазерных диодов, способы построения стабилизаторов тока и принципы измерения сигнала с фотодиода.

Была разработана схема устройства питания лазерного диода с программным управлением, с возможностью работы в режиме стабилизации оптической мощности или в режиме стабилизации тока.

Изучена современная элементная база. Выбраны компоненты для разработки макета устройства. Была спроектирована печатная плата для сборки устройства и дальнейшего тестирования устройства.