Минобрнауки России

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования   
«Национальный исследовательский университет   
«Московский институт электронной техники»

Институт микроприборов и систем управления

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине: «Электротехника»

на тему: «Разработка схемы формирования питания»

Выполнил:

студент гр. ИВТ-22

Лыков И.А.

Руководитель:

ст. преподаватель

Хисамов В.Т.

Москва, 2024

Оглавление

[Часть 1. Расчет линейного стабилизатора 4](#_Toc163550989)

[Задание 1. Линейный стабилизатор с регулируемым выходом 4](#_Toc163550990)

[1.1 Выбор стабилизатора 4](#_Toc163550991)

[1.2 Расчет параметров пассивных компонентов 4](#_Toc163550992)

[1.3 Выбор пассивных компонентов с учётом номинального ряда (E24) 5](#_Toc163550993)

[1.4 Разработка схемы электрической принципиальной 5](#_Toc163550994)

[1.5 Расчёт тока потребления на фиксированную нагрузку 6](#_Toc163550995)

[1.6 Расчёт мощности, рассеиваемой на стабилизаторе 6](#_Toc163550996)

[Задание 2. Линейный стабилизатор с фиксированным выходом 6](#_Toc163550997)

[2.1 Расчёт потребляемого нагрузкой тока и мощности, рассеиваемой на нагрузке 6](#_Toc163550998)

[2.2 Выбор стабилизатора 7](#_Toc163550999)

[2.3 Расчёт температуры нагруженного стабилизатора 7](#_Toc163551000)

[2.4, 2.5 Расчёт параметров пассивных компонентов 8](#_Toc163551001)

[2.6 Разработка схемы электрической принципиальной 8](#_Toc163551002)

[Задание 3. Линейный стабилизатор с низким падением напряжения 8](#_Toc163551003)

[3.1 Изучение спецификации 9](#_Toc163551004)

[3.2 Общие характеристики 9](#_Toc163551005)

[3.3 Выбор произвольных входного и выходного напряжения 11](#_Toc163551006)

[3.4 Расчёт сопротивления нагрузки 12](#_Toc163551007)

[3.5 Разработка схемы электрической принципиальной 12](#_Toc163551008)

[Часть 2. Расчёт импульсного преобразователя напряжения 13](#_Toc163551009)

[Задание 1. Рассчитать импульсный преобразователь напряжения с регулируемым выходом 13](#_Toc163551010)

[1.1 Выбор преобразователя 13](#_Toc163551011)

[1.2 Расчёт параметров пассивных компонентов 14](#_Toc163551012)

[1.3 Расчёт тока потребления на фиксированную нагрузку 15](#_Toc163551013)

[1.4 Разработка схемы электрической принципиальной 15](#_Toc163551014)

[Задание 2. Рассчитать импульсный преобразователь напряжения с фиксированным выходом 16](#_Toc163551015)

[2.1 Выбор преобразователя 16](#_Toc163551016)

[2.2 Расчёт параметров пассивных компонентов 17](#_Toc163551017)

[2.3 Разработка схемы электрической принципиальной 18](#_Toc163551018)

[Часть 3. Схема формирования питания 19](#_Toc163551019)

[Задание 19](#_Toc163551020)

[1. Фрагменты из таблиц с вариантом задания 20](#_Toc163551021)

[2. Оценка уровня выходного напряжения импульсного стабилизатора 1 21](#_Toc163551022)

[3. Выбор линейных стабилизаторов 21](#_Toc163551023)

[4. Оценка выходного тока импульсного стабилизатора 1 24](#_Toc163551024)

[5. Выбор импульсного стабилизатора 1 25](#_Toc163551025)

[6. Выбор импульсных стабилизаторов 2 и 3 26](#_Toc163551026)

[7. Итоговая схема формирования питания с учётом выбранных компонентов 27](#_Toc163551027)

[8. Оценка выходного тока ИП (источника питания) 34](#_Toc163551028)

[Список источников 35](#_Toc163551029)

# Часть 1. Расчет линейного стабилизатора

## Задание 1. Линейный стабилизатор с регулируемым выходом

Параметры для подбора линейного стабилизатора:  
, , , .

### 1.1 Выбор стабилизатора

Выбран линейный стабилизатор LM217MDT-TR компании STMicroelectronics. Параметры этого устройства удовлетворяют параметрам моего варианта.

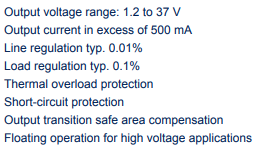


Рисунок 1 — Характеристики LM217MDT-TR

### **1.2 Расчет параметров пассивных компонентов**

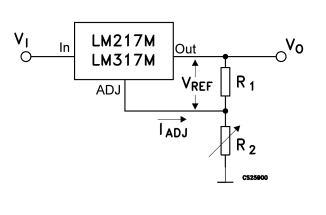
**

Рисунок 2 — Схема для расчета пассивных компонентов LM217MDT-TR

Расчётная формула для KM217MDT-TR:

, вторым слагаемым можно пренебречь, так как значение тока на adj пине будет незначительным. Пусть , подставим в уравнение и найдем .

### 1.3 Выбор пассивных компонентов с учётом номинального ряда (E24)

Номиналы для — 240 и 1.5к Ом соответственно. Вернемся к формуле вычисления выходного напряжения, чтобы удостовериться в верности выбранных значений компонентов.

=

### 1.4 Разработка схемы электрической принципиальной



Рисунок 3 — Схема линейного стабилизатора напряжения на базе микросхемы LM217MDT-TR

### 1.5 Расчёт тока потребления на фиксированную нагрузку

### 1.6 Расчёт мощности, рассеиваемой на стабилизаторе

## Задание 2. Линейный стабилизатор с фиксированным выходом

Параметры для подбора линейного стабилизатора:  
, , , .

### 2.1 Расчёт потребляемого нагрузкой тока и мощности, рассеиваемой на нагрузке

т

Проверка корректности выполненных расчётов с учётом того, что стабилизатор подключен с нагрузкой последовательно, соответственно ток I в цепи одинаков, а полное падение напряжения складывается из падения напряжения на стабилизаторе и падения на нагрузке. Соответственно, мощность, потребляемая от источника питания, равна сумме мощностей, рассеиваемых на стабилизаторе и нагрузке.

### 2.2 Выбор стабилизатора

Был выбран линейный стабилизатор KF50BDT-TR компании STMicroelectronics. Параметры этого устройства удовлетворяют параметрам моего варианта.

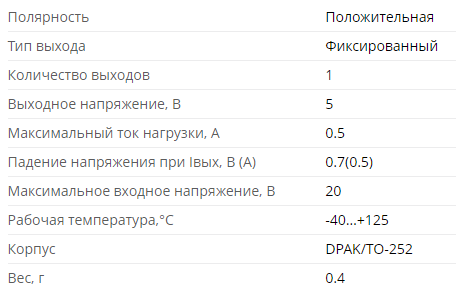


Рисунок 4 — Характеристики стабилизатора KF50BDT-TR

### 2.3 Расчёт температуры нагруженного стабилизатора

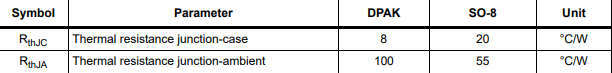


Рисунок 5 — Термическое сопротивления в зависимости от корпуса KF50BDT-TR

Был выбран корпус DPAK.

### 2.4, 2.5 Расчёт параметров пассивных компонентов

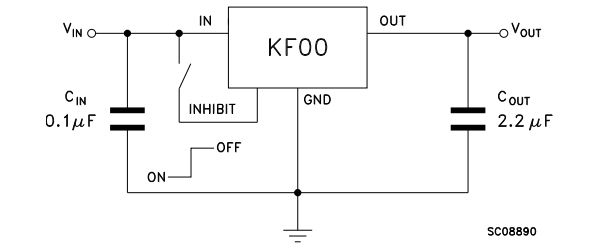


Рисунок 6 — Схема для расчета пассивных компонентов KF50BDT-TR

Данная схема с рассчитанными пассивными компонентами была приведена в спецификации.

### 2.6 Разработка схемы электрической принципиальной



Рисунок 7 — Схема линейного стабилизатора напряжения на базе микросхемы KF50BDT-TR

## Задание 3. Линейный стабилизатор с низким падением напряжения

P/N стабилизатора: NCV8711ASNADJT1G.

### 3.1 Изучение спецификации

NCV8711ASNADJT1G –­­ регулируемый стабилизатор напряжения, с входным напряжением от 2,7 В до 18 В, выходным напряжением 1,2–17 В/100 мА.

### 3.2 Общие характеристики

#### 3.2.1 Наименование доступных корпусов с указанием максимальной рассеивающей мощности

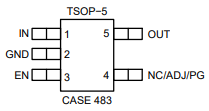


Рисунок 8 — Корпус TSOP-5 стабилизатора NCV8711

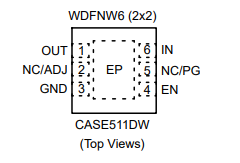


Рисунок 9 — Корпус WDFNW6(2x2) NCV8711

#### 3.2.2 Допустимый диапазон входных напряжений



Рисунок 11 — Допустимый диапазон входных напряжений NCV8711ASNADJT1G

#### 3.2.3 Допустимый диапазон регулируемого выходного напряжения



Рисунок 11 — Допустимый диапазон регулируемого выходного напряжения NCV8711ASNADJT1G

#### 3.2.4 Максимальный выходной ток



Рисунок 12 — Максимальный выходной ток NCV8711ASNADJT1G

#### 3.2.5 Зависимость падения напряжения на LDO стабилизаторе от какого-либо параметра

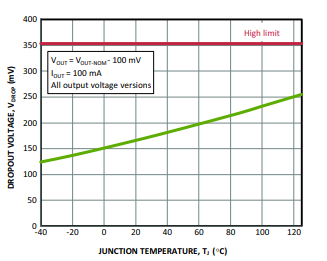


Рисунок 13 — Зависимость падения напряжения от температуры NCV8711ASNADJT1G

#### 3.2.6 Описание каждого вывода стабилизатора LDO

IN — вывод, на который подается входное напряжение.

OUT — вывод, с которого идет выходное напряжение.

— вывод, который используется для включения или отключения работы устройства.

GND — земля.

NC — вывод используется для установки регулируемого выходного напряжения путем подключения его к внешним резисторам.

ADJ — вывод, регулирующий выходное напряжение.

PG — этот вывод определяет, установлено ли напряжение в пределах нормы.

#### 3.2.7 Формульные соотношения, для определения номиналов «обвязки»

* Выходное напряжение и соответствующая схема

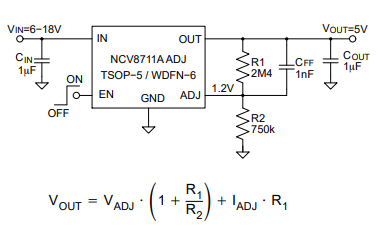


Рисунок 14 — Пример использования стабилизатора с регулируемым выходным напряжением

#### 3.2.8 «ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS» - допустимый рабочий диапазон

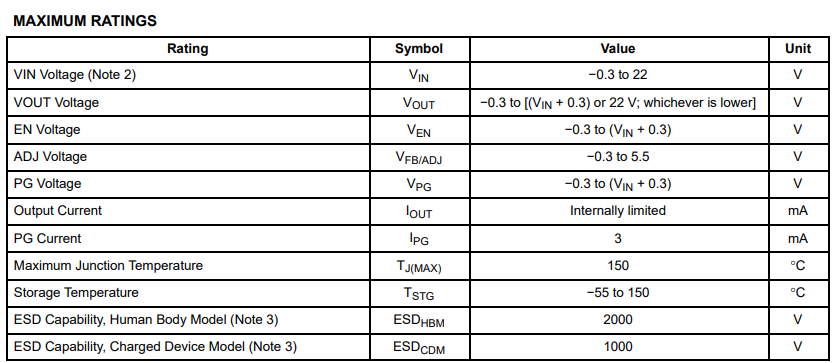


Рисунок 15 — Абсолютные максимальные показатели NCV8711ASNADJT1G

### 3.3 Выбор произвольных входного и выходного напряжения

### 3.4 Расчёт сопротивления нагрузки

### 3.5 Разработка схемы электрической принципиальной



Рисунок 16 — Схема линейного стабилизатора напряжения на базе микросхемы NCV8711ASNADJT1G

# Часть 2. Расчёт импульсного преобразователя напряжения

## Задание 1. Рассчитать импульсный преобразователь напряжения с регулируемым выходом

Параметры для подбора импульсного преобразователя:  
, , , .

### 1.1 Выбор преобразователя

Был выбран импульсный повышающий/понижающий преобразователь напряжения с регулируемым выходом LM2575GR-ADJ, удовлетворяющий параметрам моего варианта.

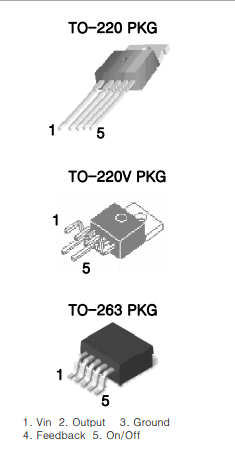


Рисунок 17 — Доступные корпуса преобразователя напряжения LM2575GR-ADJ

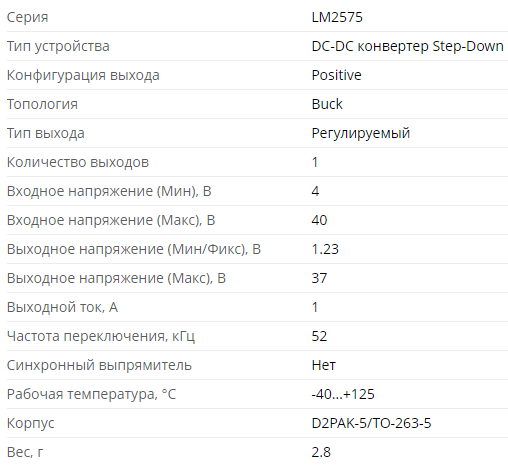


Рисунок 18 — Характеристики LM2575GR-ADJ

### 1.2 Расчёт параметров пассивных компонентов

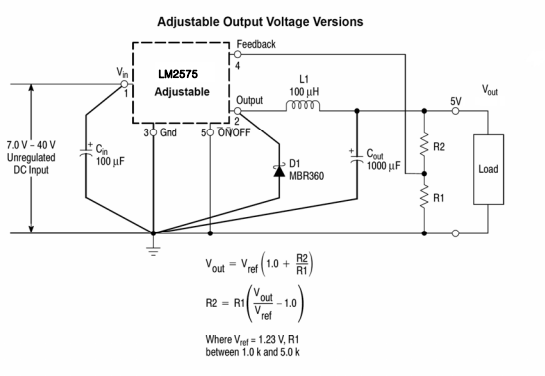


Рисунок 19 — Схема для расчета пассивных параметров LMR2575

Согласно номинальному ряду Е24, для был подобран номинал 7,5 кОм, а для — 2 кОм.

### 1.3 Расчёт тока потребления на фиксированную нагрузку

, а именно , следовательно преобразователь не выдержит такую нагрузку. Чтобы стал меньше , надо либо уменьшить напряжение на выходе, либо повысить сопротивление нагрузки.

### 1.4 Разработка схемы электрической принципиальной



Рисунок 20 — Схема импульсного преобразователя напряжения на базе микросхемы LM2575GR-ADJ

## Задание 2. Рассчитать импульсный преобразователь напряжения с фиксированным выходом

Параметры для подбора импульсного преобразователя:  
, , , .

### 2.1 Выбор преобразователя

Я выбрал импульсный повышающий/понижающий преобразователь напряжения с фиксированным выходом MAX5035AASA+, удовлетворяющий параметрам моего варианта. В технической спецификации представлен преобразователь в корпусе SOIC-8.

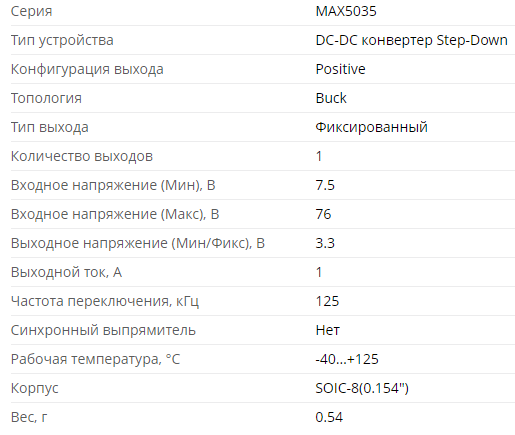


Рисунок 21 — Характеристики MAX5035AASA+

### 2.2 Расчёт параметров пассивных компонентов

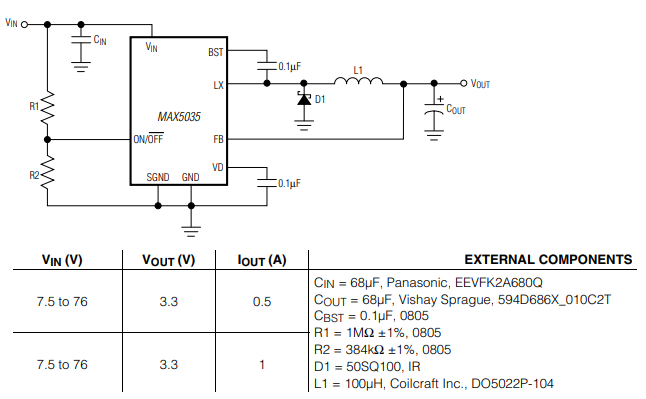


Рисунок 22 — Схема для расчета параметров пассивных компонентов MAX5035AASA+

Схема и соответствующие номиналы пассивных компонентов приведены в спецификации.

= 0,33 А

, а именно , следовательно преобразователь выдержит такую нагрузку.

### 2.3 Разработка схемы электрической принципиальной



Рисунок 23 — Схема импульсного преобразователя напряжения на базе микросхемы MAX5035AASA+

# Часть 3. Схема формирования питания

## Задание

Разработать схему формирования питания как составную часть устройства Х с заданными характеристиками.

Схема должна обеспечивать необходимые уровни напряжения для перечисленных ниже узлов схемы.

Описание структурных блоков устройства Х в части питания, для которого в данной части курсовой работы необходимо разработать схему формирования питания:

1. Микроконтроллер (далее МК)
   1. VD (питание цифровой части МК, обычно в спецификации называется VDD)
   2. VA (питание аналоговой части МК, обычно в спецификации называется VDDA)
2. Программируемая логическая интегральная схема (далее ПЛИС)
   1. VCCINT (напряжение питания ядра)
   2. VCCO (напряжение питания блоков ввода-вывода)
   3. V CCAUX (вспомогательное напряжение питания)
3. Операционный усилитель (Operational Amplifier, OA) с однополярным питанием («Single-supply», далее ОУ-1) +V (положительное питание ОУ)
4. Операционный усилитель (Operational Amplifier, OA) с двухполярным питанием («Dual-supply», далее ОУ-2)
   1. +V (положительное питание ОУ)
   2. -V (отрицательное питание ОУ)

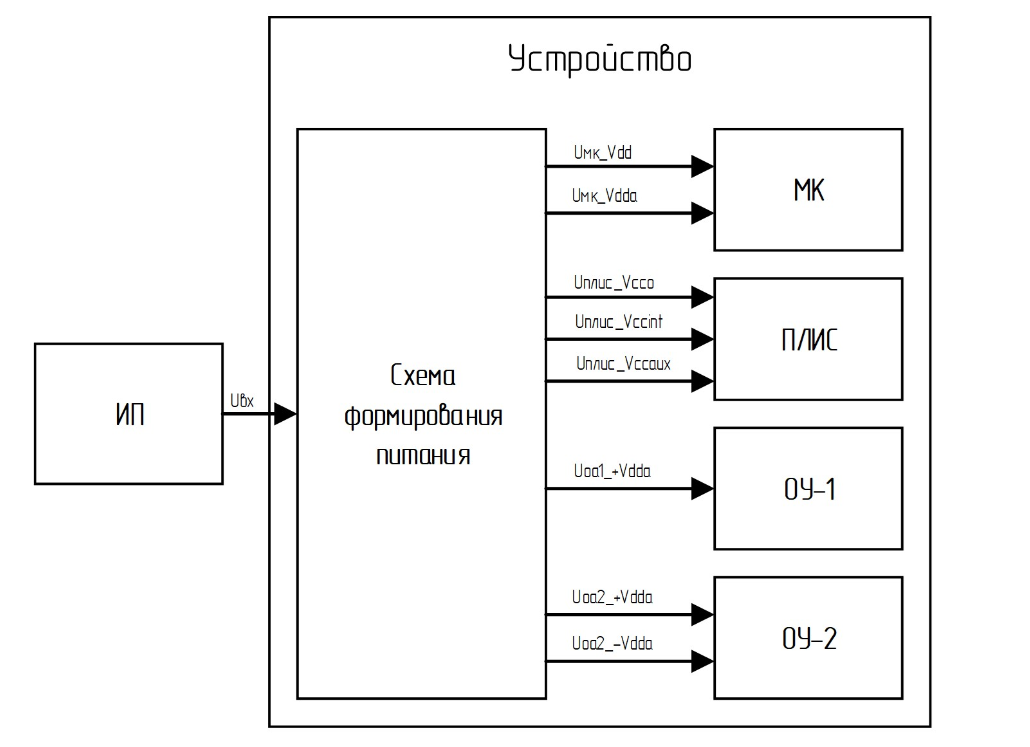


Рисунок 24 — Структурная схема устройства X

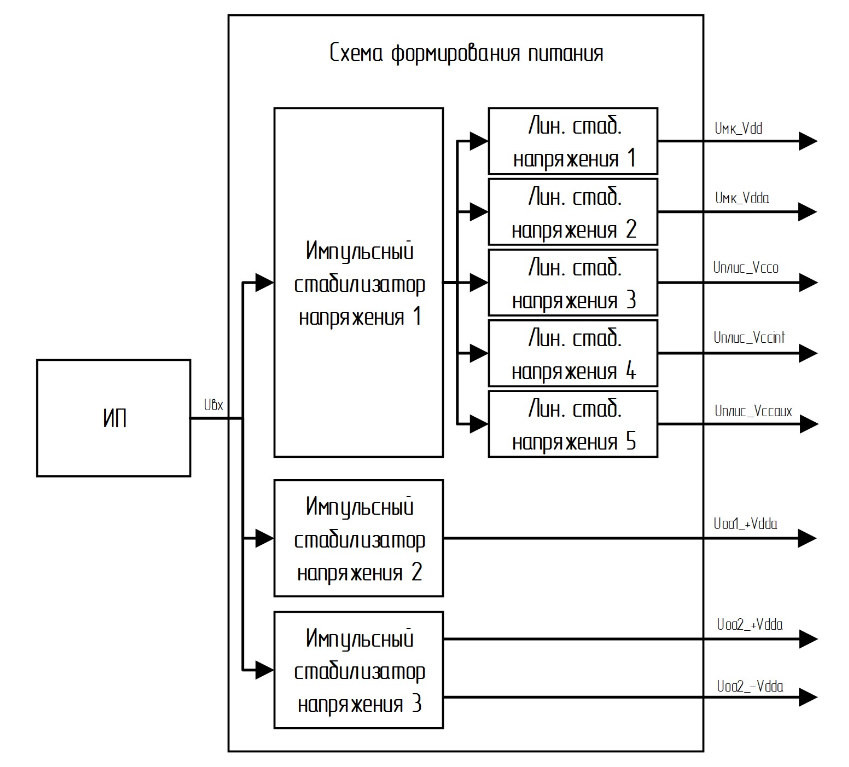


Рисунок 25 — Предлагаемая схема формирования питания

### 1. Фрагменты из таблиц с вариантом задания

Уровни напряжений для схемы формирования питания:

= 26 В, = 3,3 В, = 3,3 В, = 3,3 В, = 1 В, = 1,5 В, = 11 В, = 14 В,

= -14 В.

Токи потребления для схемы формирования питания:

= 160 мА, = 30 мА, = 300 мА, = 80 мА, = 110 мА, = 10 мА, = 10 мА, = 10 мА.

### 2. Оценка уровня выходного напряжения импульсного преобразователя 1

Максимальное напряжение, которое требуется сформировать для МК и ПЛИС равно 3,3 В, согласно моему варианту. Величина падения напряжения на линейном стабилизаторе варьируется от 1 В до 2 В. Допустим, эта величина будет равна 1,7 В. То есть, на выходе импульсного преобразователя необходимо сформировать напряжение приблизительно:

.

### 3. Выбор линейных стабилизаторов

#### 3.1 Вводные данные для выбора стабилизатора ()

* Для выбора линейного стабилизатора 1 выберу , , ;
* Для линейного стабилизатора 2 выберу , , ;
* Для линейного стабилизатора 3 выберу , , ;
* Для линейного стабилизатора 4 выберу , , ;
* Для линейного стабилизатора 5 выберу , , .

#### 3.2 Обоснование выбора данного стабилизатора

* Линейный стабилизатор 1: NCP114ASN330T1G. Его параметры:

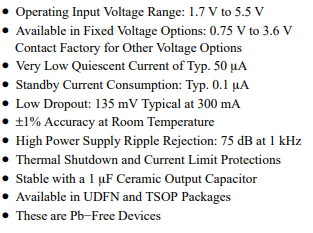


Рисунок 26 — Параметры стабилизатора NCP114ASN330T1G

* Линейный стабилизатор 2: MCP1702T-3302E/MB. Его параметры:



Рисунок 27 — Параметры стабилизатора MCP1702T-3302E/MB

* Линейный стабилизатор 3: KF33BD-TR. Его параметры:

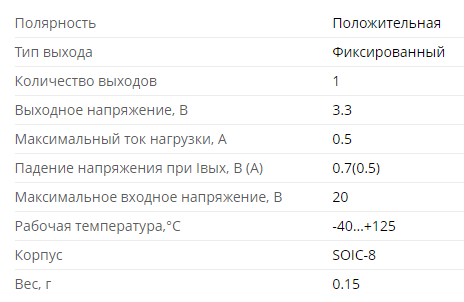


Рисунок 28 — Параметры стабилизатора KF33BD-TR

* Линейный стабилизатор 4: LD39015M10R. Его параметры:

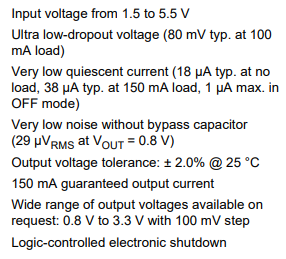


Рисунок 29 — Параметры стабилизатора LD39015M10R

* Линейный стабилизатор 5: MAX603ESA+T. Его параметры:

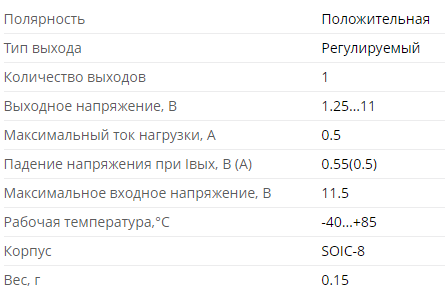


Рисунок 30 — Параметры стабилизатора MAX603ESA+T

Сравнив выбранные параметры и параметры каждого из линейных стабилизаторов, делаю вывод, что данные стабилизаторы подходят.

#### 3.3 Расчёт мощности, выдаваемой в нагрузку

#### 3.4 Расчёт рассеивающей на стабилизаторе мощности

#### 3.5 Расчёт суммарной мощности, потребляемой стабилизатором и нагрузкой

### 4. Оценка выходного тока импульсного преобразователя 1

Для оценки выходного тока импульсного преобразователя 1 необходимо оценить мощность потребителей после импульсного преобразователя. Просуммировав мощности всех линейных стабилизаторов, можно оценить – требуемую выходную мощность импульсного преобразователя 1.

### 5. Выбор импульсного преобразователя 1

#### 5.1 Вводные данные для выбора преобразователя

#### 5.2 Обоснование выбора данного преобразователя

Я выбрал импульсный преобразователь LM2575HVT-5.0. Его параметры:

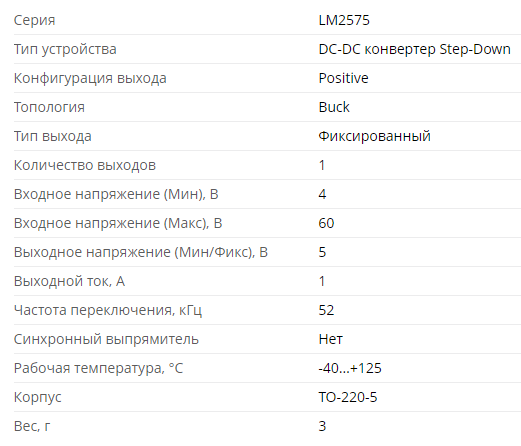


Рисунок 31 — Параметры стабилизатора LM2575HVT-5.0

Сравнив выбранные параметры и параметры преобразователя, делаю вывод, что он подходит.

### 6. Выбор импульсных преобразователей 2 и 3

#### 6.1 Вводные данные для выбора стабилизатора

* Для выбора импульсного преобразователя 2 выберу , , ;
* Для выбора импульсного преобразователя 3 выберу , , .

#### 6.2 Обоснование выбора данного стабилизатора

* Импульсный преобразователь 2: LM2575GR-ADJ. Его параметры:

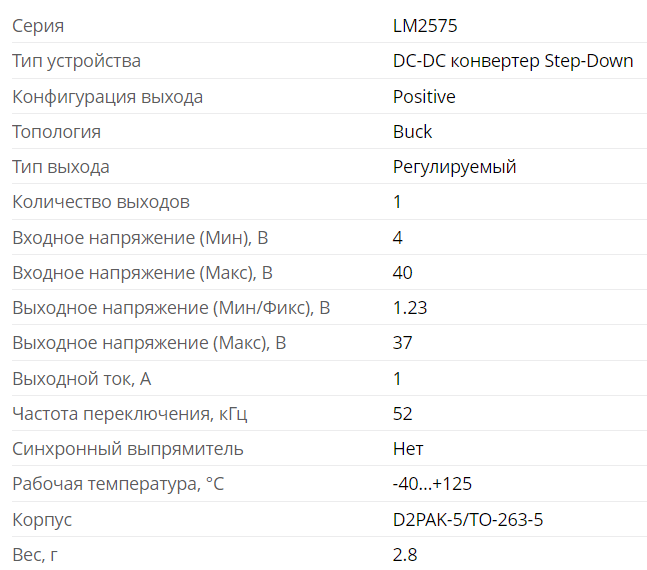


Рисунок 32 — Параметры стабилизатора LM2575GR-ADJ

* Импульсный преобразователь 3: LM2591HVS-ADJ. Его параметры:

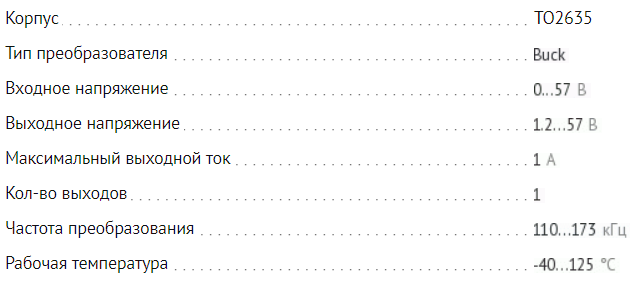


Рисунок 33 — Параметры стабилизатора LM2591HVS-ADJ

Сравнив выбранные параметры и параметры стабилизаторов 2 и 3, делаю вывод, что данные стабилизаторы подходят.

### 7. Итоговая схема формирования питания с учётом выбранных компонентов

* Линейный стабилизатор 1: NCP114ASN330T1G

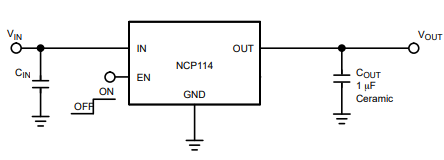


Рисунок 34 — Пример использования NCP114ASN330T1G

В технической документации предлагается взять .

* Линейный стабилизатор 2: KF33BD-TR

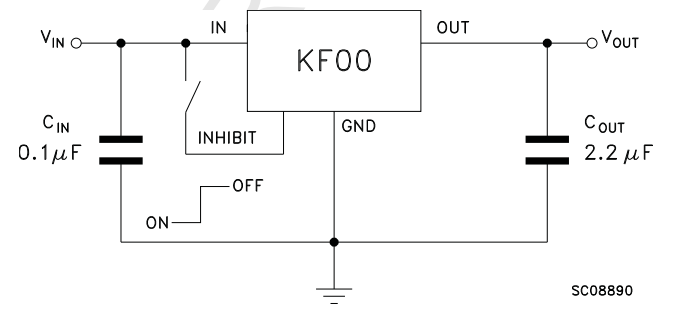


Рисунок 35 — Пример использования KF33BD-TR

Данная схема с рассчитанными пассивными компонентами была приведена в спецификации.

* Линейный стабилизатор 3: MAX603ESA+T

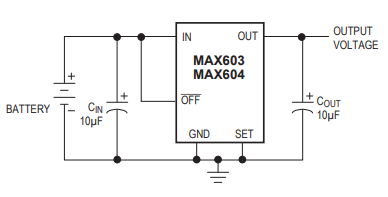


Рисунок 36 — Пример использования MAX603ESA+T

Данная схема с рассчитанными пассивными компонентами была приведена в спецификации.

* Линейный стабилизатор 4: LD39015M10R

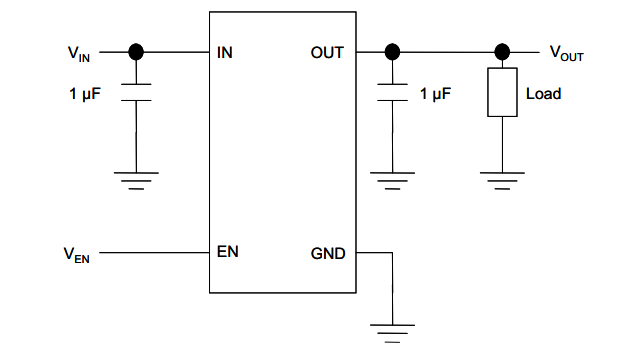


Рисунок 37 — Пример использования стабилизатора LD39015M10R

Данная схема с рассчитанными пассивными компонентами была приведена в спецификации.

* Линейный стабилизатор 5: MCP1702T-3302E/MB

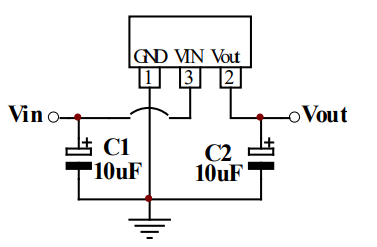


Рисунок 38— Пример использования стабилизатора MCP1702T-3302E/MB

Данная схема с рассчитанными пассивными компонентами была приведена в спецификации.

* Импульсный преобразователь 1: LM2575HVT-5.0

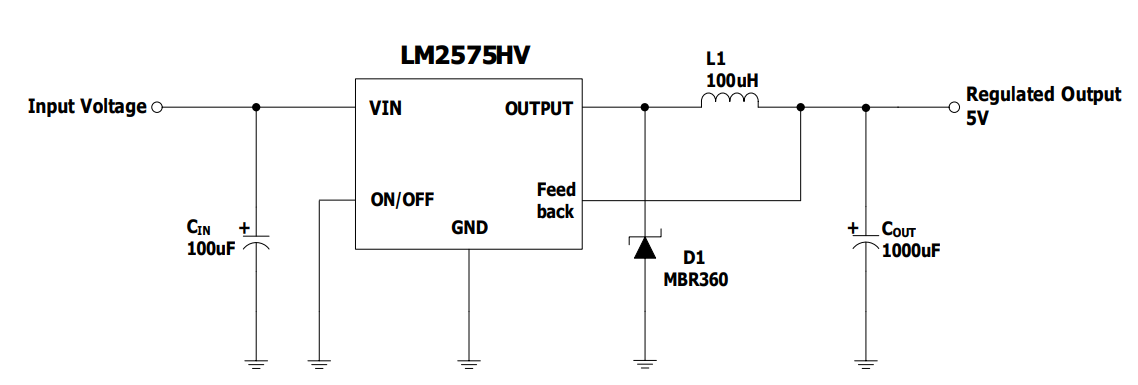


Рисунок 39 — Пример использования LM2575HVT-5.0

Данная схема с рассчитанными пассивными компонентами была приведена в спецификации.

* Импульсный преобразователь 2: LM2575GR-ADJ

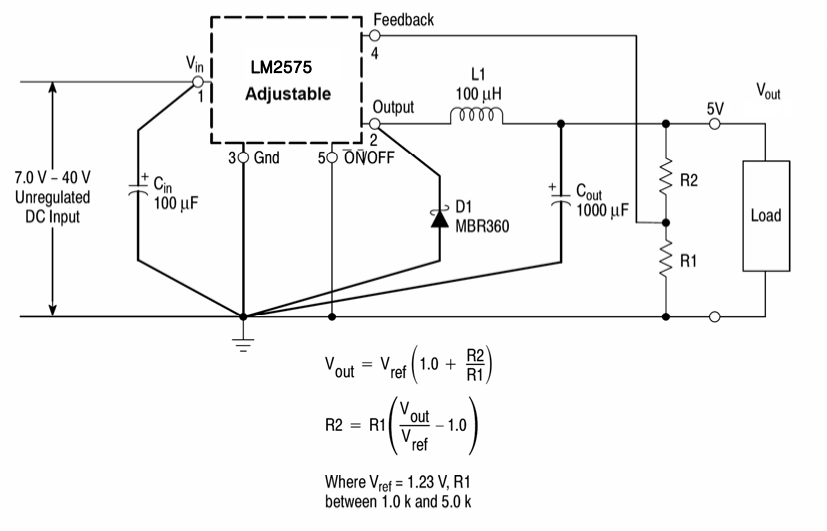


Рисунок 40 — Пример использования LM2575GR-ADJ

, вторым слагаемым можно пренебречь, так как значение тока на adj пине будет незначительным. Пусть , подставим в уравнение и найдем .

Согласно ряду Е96, для и были подобраны номиналы 2 кОм и 16,2 кОм соответственно.

* Импульсный преобразователь 3: LM2591HVS-ADJ

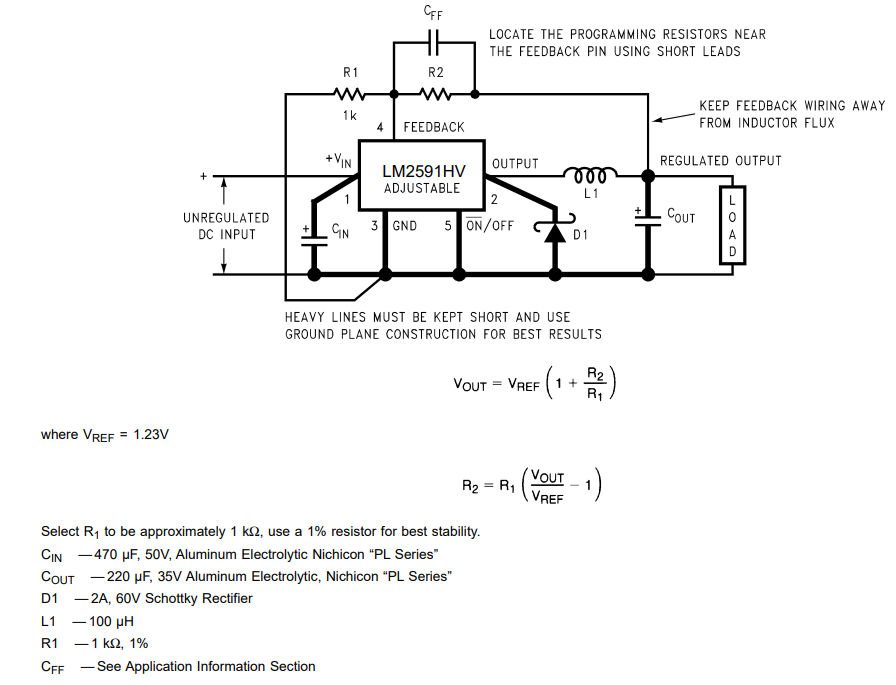


Рисунок 41 — Пример использования LM2591HVS-ADJ

, , , диод 1N589, , , . Осталось рассчитать по формуле на рисунке выше.

По ряду Е96 выбран с номиналом 10,5 кОм.

Остался выход -Uоу2\_Vdda. Найти импульсный преобразователь с двумя выходами, удовлетворяющий условиям моего варианта, мне не удалось, но к уже готовому выходу второго импульсного преобразователя можно подключить инвертирующий импульсный преобразователь, получив отрицательное напряжение.

* Инвертирующий импульсный преобразователь: ICL7662CBA+T



Рисунок 42 — Параметры ICL7662CBA+T

Этот преобразователь подходит.

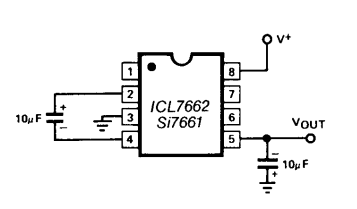


Рисунок 43 — Пример использования ICL7662CBA+T

Данная схема с рассчитанными пассивными компонентами была приведена в спецификации.

Ниже представлена итоговая схема формирования питания.



Рисунок 44 — Схема формирования питания, разработанная в САПР Altium Designer (часть 1)



Рисунок 45 — Схема формирования питания, разработанная в САПР Altium Designer (часть 2)

### 8. Оценка выходного тока ИП (источника питания)

# Список источников

**1.** Техническая документация линейного стабилизатора LM217MDT-TR // STMicroelectronics [электронный ресурс]. URL: https://www.st.com/resource/en/datasheet/lm217m.pdf (дата обращения: 21.03.2024).

**2.** Техническая документация линейного стабилизатора KF50BDT-TR // STMicroelectronics [электронный ресурс] URL: https://www.st.com/resource/en/datasheet/kfxx.pdf (дата обращения: 21.03.2024).

**3.** Техническая документация линейного стабилизатора NCV8711ASNADJT1G // Onsemi [электронный ресурс] URL: https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/ncv8711-d.pdf (дата обращения: 21.03.2024).

**4.** Техническая документация импульсного преобразователя LM2575GR-ADJ // HTC Korea [электронный ресурс] URL: https://www.htckorea.co.kr/Datasheet/Step-down/LM2575.pdf (дата обращения: 26.03.2024).

**5.** Техническая документация импульсного преобразователя MAX5035AASA+ // chipdip [электронный ресурс] URL: https://static.chipdip.ru/lib/291/DOC012291415.pdf (дата обращения: 26.03.2024).

**6.** Техническая документация линейного стабилизатора NCP114ASN330T1G // chipdip [электронный ресурс] URL: https://static.chipdip.ru/lib/847/DOC011847349.pdf (дата обращения: 02.04.2024).

**7.** Техническая документация линейного стабилизатора MCP1702T-3302E/MB // chipdip [электронный ресурс] URL: https://static.chipdip.ru/lib/363/DOC011363760.pdf (дата обращения: 02.04.2024).

**8.** Техническая документация линейного стабилизатора KF33BD-TR // chipdip [электронный ресурс] URL: https://static.chipdip.ru/lib/972/DOC015972020.pdf (дата обращения: 02.04.2024).

**9.** Техническая документация линейного стабилизатора LD39015M10R // chipdip [электронный ресурс] URL: https://static.chipdip.ru/lib/479/DOC011479370.pdf (дата обращения: 02.04.2024).

**10.** Техническая документация линейного стабилизатора MAX603ESA+T // chipdip [электронный ресурс] URL: https://static.chipdip.ru/lib/316/DOC011316972.pdf (дата обращения: 02.04.2024).

**11.** Техническая документация импульсного преобразователя LM2575HVT-5.0 // chipdip [электронный ресурс] URL: https://static.chipdip.ru/lib/990/DOC019990554.pdf (дата обращения: 04.04.2024).

**12.** Техническая документация импульсного преобразователя LM2591HVS-ADJ // chipdip [электронный ресурс] URL: https://static.chipdip.ru/lib/071/DOC001071168.pdf (дата обращения: 04.04.2024).

**13.** Техническая документация импульсного преобразователя ICL7662CBA+T // chipdip [электронный ресурс] URL: https://static.chipdip.ru/lib/141/DOC011141613.pdf (дата обращения: 04.04.2024).