

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-23
Морозова. Д. С.
Руководитель:
ст. преподаватель
Хисамов В.Т.

Москва, 2024

Оглавление

ЧАСТЬ 1. РАССЧЕТ ЛИНЕЙНОГО СТАБИЛИЗАТОРА.....	5
Задание 1. Линейный стабилизатор с регулируемым выходом	5
1.1 Выбор стабилизатора	5
1.2 Расчет параметров пассивных компонентов.....	7
1.3 Выбор пассивных компонентов с учётом номинального ряда (E24 и E96)....	8
1.4 Разработка схемы электрической принципиальной.....	8
1.5 Расчет тока потребителя на фиксированную нагрузку.....	10
1.6 Расчет мощности, рассеиваемой на стабилизаторе.....	10
1.7 Моделирование	10
Задание 2. Линейный стабилизатор с фиксированным выходом	11
2.1 Расчет потребляемого тока и мощности, рассеиваемой на нагрузке	11
2.2 Выбор стабилизатора	12
2.3 Расчет температуры нагруженного стабилизатора	13
2.4 Расчет параметров пассивных компонентов.....	14
2.5 Выбор пассивных компонентов с учетом номинального ряда (E96 и E24)...	15
2.6 Разработка электрической схемы принципиальной.....	15
2.7 Моделирование в LTspice.....	16
Задание 3. Линейный стабилизатор с низким падением напряжения (LDO)....	17
3.1 Изучение спецификации	17
3.1.1 Наименование доступных корпусов с указанием максимальной рассеивающей мощности.....	17
3.1.2 Допустимый диапазон входных напряжений	19
3.1.3 Допустимый диапазон регулируемого выходного напряжения	20
3.1.4 Максимальный выходной ток	20
3.1.5 Зависимость падения напряжения на LDO стабилизаторе от какого-либо параметра	20
3.1.6 Описание каждого вывода стабилизатора LDO	21
3.1.7 Формульные соотношения, для определения номиналов «обвязки»	22
3.1.8 «ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS» - допустимый рабочий диапазон	22
3.2 Выбор произвольных входного и выходного напряжения.....	22
3.3 Расчет сопротивления нагрузки	22
3.4 Разработка схемы электрической принципиальной.....	22
3.5 Моделирование	24
ЧАСТЬ 2. РАСЧЕТ ИСПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ.....	25
Задание 1. Рассчитать импульсный преобразователь напряжения с регулируемым выходом	25
1.1. Выбор преобразователя	25
1.2. Расчет параметров пассивных компонентов.....	26

1.3.	Расчет тока потребляемого на фиксированную нагрузку	30
1.4.	Разработка схемы электрической принципиальной.....	31
Задание 2. Рассчитать импульсный преобразователь напряжения с фиксированным выходом.....		31
2.1.	Выбор преобразователя	31
2.2.	Расчет параметров пассивных компонентов.....	33
2.3.	Разработка схемы электрической принципиальной.....	37
ЧАСТЬ 3. СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ПИТАНИЯ.....		38
1.	Вариант задания.....	38
2.	Оценка уровня выходного напряжения импульсного стабилизатора 1	38
3.	Выбор линейных стабилизаторов	38
3.1.	Линейный стабилизатор напряжения VDD	38
3.1.1.	Вводные данные для подбора.....	38
3.1.2.	Обоснование выбора	38
3.1.3.	Расчет мощности, выдаваемой в нагрузку	38
3.1.4.	Расчет мощности, рассеиваемой на стабилизаторе.....	38
3.1.5.	Расчет суммарной мощности, потребляемой стабилизатором	38
3.2.	Линейный стабилизатор напряжения VDDA	39
3.3.	Линейный стабилизатор напряжения VCCINT	39
3.3.1.	Вводные данные для подбора.....	39
3.3.2.	Обоснование выбора	39
3.3.3.	Расчет мощности, выдаваемой в нагрузку	39
3.3.4.	Расчет мощности, рассеиваемой на стабилизаторе.....	39
3.3.5.	Расчет суммарной мощности, потребляемой стабилизатором	39
3.4.	Линейный стабилизатор напряжения VCCO	39
3.4.1.	Вводные данные для подбора.....	39
3.4.2.	Обоснование выбора	39
3.4.3.	Расчет мощности, выдаваемой в нагрузку	39
3.4.4.	Расчет мощности, рассеиваемой на стабилизаторе.....	40
3.4.5.	Расчет суммарной мощности, потребляемой стабилизатором	40
3.5.	Линейный стабилизатор напряжения CCAUX	40
3.5.1.	Вводные данные для подбора.....	40
3.5.2.	Обоснование выбора	40
3.5.3.	Расчет мощности, выдаваемой в нагрузку	40
3.5.4.	Расчет мощности, рассеиваемой на стабилизаторе.....	40
3.5.5.	Расчет суммарной мощности, потребляемой стабилизатором	40
4.	Оценка выходного тока импульсного стабилизатора 1	40
5.	Выбор импульсного стабилизатора 1	41

5.1.	Вводные данные для подбора.....	41
5.2.	Обоснование выбора	41
6.	Выбор импульсных стабилизаторов 2 и 3	41
6.1.	Выбор импульсного стабилизатора для ОУ1.	41
6.1.1.	Вводные данные для подбора.....	41
6.1.2.	Обоснование выбора	41
6.2.	Выбор импульсных стабилизаторов для ОУ2.	41
6.2.1.	Вводные данные для подбора.....	41
6.2.2.	Обоснование выбора	41
7.	Итоговая структурная схема.....	42
8.	Итоговая схема электрическая принципиальная.....	42
9.	Оценка выходного тока ИП.....	47
ЧАСТЬ 4. СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ПИТАНИЯ ДЛЯ МК И ОУ		49
1.	Микроконтроллер.....	49
2.	Датчик.....	50
3.	Дисплей	51
4.	Операционный усилитель.....	52
5.	Линейные и импульсные стабилизаторы	52
6.	Разработка принципиальной электрической схемы.....	54
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ		56

ЧАСТЬ 1. РАССЧЕТ ЛИНЕЙНОГО СТАБИЛИЗАТОРА

Задание 1. Линейный стабилизатор с регулируемым выходом

В рамках курсовой работы нужно выбрать линейный стабилизатор с регулируемым выходным напряжением, удовлетворяющий параметрам из таблицы 1.

Таблица 1 — Параметры для подбора линейного стабилизатора с регулируемым выходом

№	U _{in min} , В	U _{in max} , В	U _{out nom} , В	I _{out} , мА	Company
13	12,5	18	6	210	Analog Devices

1.1 Выбор стабилизатора

Чтобы подобрать необходимый стабилизатор был использован сайт дистрибутера chipdip.ru. В разделе «Стабилизаторы напряжения и тока» были применены фильтры по бренду Analog Devices, и по выходному напряжению. Были выбраны все диапазоны, включающие в себя 6 В. В силу небольшого количества подходящих вариантов на этом этапе и отсутствия некоторых опций для фильтра, таких как, например, входное напряжение, остальные характеристики проверялись непосредственно по спецификации.

The screenshot shows a search interface for chipdip.ru. On the left, there are four filter panels:

- Бренд**: Set to Analog Devices (checked).
- Полярность**: Not selected.
- Тип выхода**: Not selected.
- Выходное напряжение, В**: Set to 0...15, 1.2...5.8, and 1.21...20 (checked).

On the right, four products are listed:

- LT1963AEQ#PBF, LDO Voltage Regulators 1.5A, L N, Fast Trans Resp LDO Regs**
Бренд: Analog Devices
Тип выхода: Регулируемый
Количество выходов: 1
Выходное напряжение, В: 1.21...20
Максимальный ток нагрузки, А: 1.5
Падение напряжения при вых, В (A): 0.55(1.5)
Максимальное входное напряжение, В: 20
Рабочая температура, °C: -40...+125
Корпус: D2PAK-5/TO-263-5
- ADP3367ARZ, Linear Voltage Regulators LOW DROPOUT LINEAR VOLTAGE REGULATOR**
Бренд: Analog Devices
Тип выхода: Регулируемый
Количество выходов: 1
Выходное напряжение, В: 1.3...16
Максимальный ток нагрузки, А: 0.3
Падение напряжения при вых, В (A): 0.5(0.3)
Максимальное входное напряжение, В: 16.5
Рабочая температура, °C: -40...+85
Корпус: SOIC-8
- LT3014BE55#TRMPBF, LDO Voltage Regulators 20mA, 3V to 80V L Drop uP Lin Reg**
Бренд: Analog Devices
Тип выхода: Регулируемый
Количество выходов: 1
Выходное напряжение, В: 1.22...60
Максимальный ток нагрузки, А: 0.02
Падение напряжения при вых, В (A): 0.57(0.02)
Максимальное входное напряжение, В: 80
Рабочая температура, °C: -40...+125
Корпус: TSOT-23-5
- ADP3367ARZ, Линейный регулятор с малым падением напряжения и регулировкой выходного напряжения, 1.3:16В, [SO-8]**
Бренд: Analog Devices
Полярность: Положительная
Тип выхода: Регулируемый
Количество выходов: 1
Выходное напряжение, В: 1.3...16
Максимальный ток нагрузки, А: 0.3

Each product listing includes a price (1 890 ₽, 1 770 ₽, 1 330 ₽, 1 000 ₽), quantity selection, and a "В корзину" (Add to cart) button.

Рисунок 1 — Скриншот фильтров для линейного стабилизатора с регулируемым выходом с сайта chipdip.ru

LT3042EMSE#TRPBF, Линейный регулятор напряжения с низким шумом, Ultrahigh PSRR, ADJ, 200mA [MSOP-10 EP]

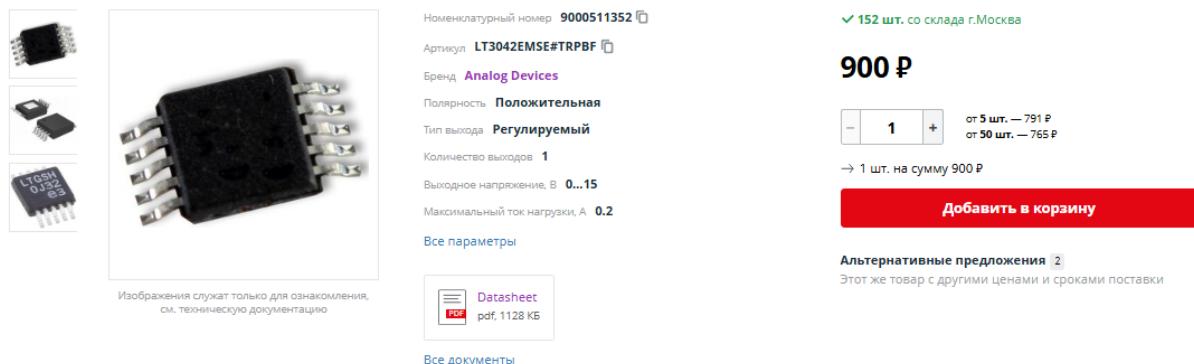


Рисунок 2 — Скриншот страницы стабилизатора LT3042 с сайта chipdip.ru

Из предложенных вариантов был выбран стабилизатор LT3042EMSE#TRPBF. На рисунке 3 представлено общее описание характеристик стабилизатора. Выбранный стабилизатор удовлетворяет параметрам индивидуального задания: $U_{in\ min} = 12,5$ В, $U_{in\ max} = 20$ В (input voltage range: 1.8V to 20V), $U_{out} = 6$ В (output voltage range: 0V to 15V), $I_{out} = 210$ мА (output current: 200mA). Стабилизатор подходит по параметру выходного тока, т.к. допускается запас в диапазоне (20 \div 100) %.

FEATURES

- Ultralow RMS Noise: $0.8\mu V_{RMS}$ (10Hz to 100kHz)
- Ultralow Spot Noise: $2nV/\sqrt{Hz}$ at 10kHz
- Ultrahigh PSRR: 79dB at 1MHz
- Output Current: 200mA
- Wide Input Voltage Range: 1.8V to 20V
- Single Capacitor Improves Noise and PSRR
- 100 μ A SET Pin Current: $\pm 1\%$ Initial Accuracy
- Single Resistor Programs Output Voltage
- High Bandwidth: 1MHz
- Programmable Current Limit
- Low Dropout Voltage: 350mV
- Output Voltage Range: 0V to 15V
- Programmable Power Good
- Fast Start-Up Capability
- Precision Enable/UVLO
- Parallelable for Lower Noise and Higher Current
- Internal Current Limit with Foldback
- Minimum Output Capacitor: 4.7 μ F Ceramic
- Reverse Battery and Reverse Current Protection
- 10-Lead MSOP and 3mm \times 3mm DFN Packages

APPLICATIONS

- RF Power Supplies: PLLs, VCOs, Mixers, LNAs
- Very Low Noise Instrumentation
- High Speed/High Precision Data Converters
- Medical Applications: Imaging, Diagnostics
- Precision Power Supplies
- Post-Regulator for Switching Supplies

DESCRIPTION

The LT[®]3042 is a high performance low dropout linear regulator featuring LTC's ultralow noise and ultrahigh PSRR architecture for powering noise sensitive RF applications. Designed as a precision current reference followed by a high performance voltage buffer, the LT3042 can be easily paralleled to further reduce noise, increase output current and spread heat on the PCB.

The device supplies 200mA at a typical 350mV dropout voltage. Operating quiescent current is nominally 2mA and drops to <<1 μ A in shutdown. The LT3042's wide output voltage range (0V to 15V) while maintaining unity-gain operation provides virtually constant output noise, PSRR, bandwidth and load regulation, independent of the programmed output voltage. Additionally, the regulator features programmable current limit, fast start-up capability and programmable power good to indicate output voltage regulation.

The LT3042 is stable with a minimum 4.7 μ F ceramic output capacitor. Built-in protection includes reverse battery protection, reverse current protection, internal current limit with foldback and thermal limit with hysteresis. The LT3042 is available in thermally enhanced 10-Lead MSOP and 3mm \times 3mm DFN packages.

All registered trademarks and trademarks are the property of their respective owners. Patents Pending.

Рисунок 3 — Описание стабилизатора LT3042 из спецификации

1.2 Расчет параметров пассивных компонентов

На рисунке 4 представлена типовая схема подключения стабилизатора. Согласно спецификации, минимальная, и при том оптимальная, емкость конденсаторов для стабильной работы – 4,7 мкФ. Так, необходимо рассчитать сопротивление резистора R_{SET} .

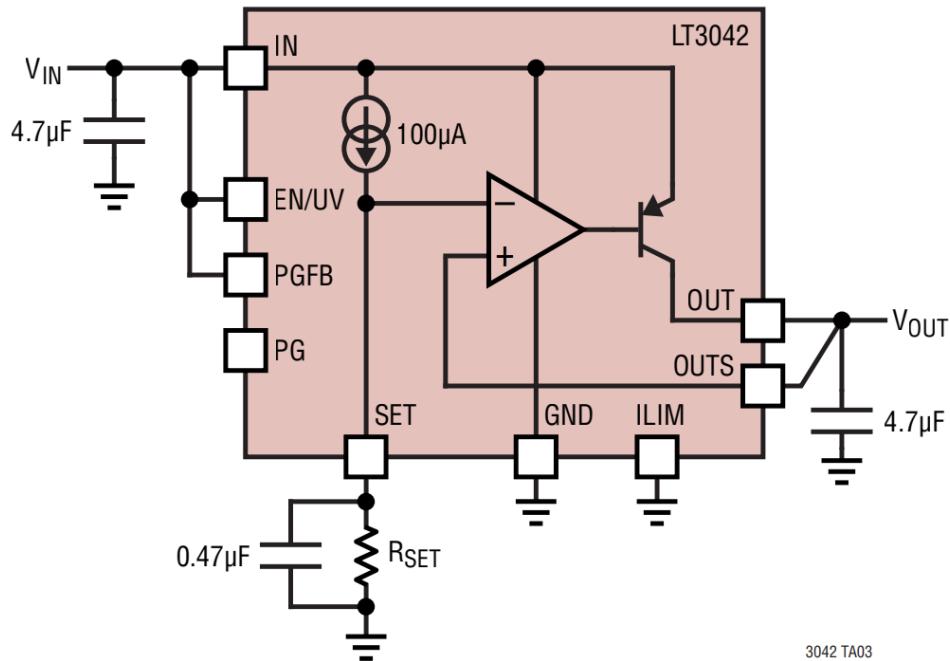


Рисунок 4 — Типовая схема подключения стабилизатора LT3042 из спецификации

В спецификации не приложено формулы для вычисления сопротивления R_{SET} , но предлагается таблица (рис. 5) для стандартных выходных уровней напряжения. Исходя из нее, найдем сопротивление R_{SET} по формуле (1)

$$R_{SET} = 10 \times U_{out\ nom} \times 10^3 \quad (1)$$

$$R_{SET} = 10 \times 6 \times 10^3 = 60 \text{ к}\Omega$$

V_{OUT} (V)	R_{SET} (kΩ)
2.5	24.9
3.3	33.2
5	49.9
12	121
15	150

Рисунок 5 — Величины сопротивления резистора R_{SET} для стандартных выходных уровней напряжения из спецификации стабилизатора LT3042

1.3 Выбор пассивных компонентов с учётом номинального ряда (E24 и E96)

Из номинальных рядов E24 и E96 подберем ближайшие по величине аналоги рассчитанных ранее пассивных компонентов. Возьмем резистор из ряда E96 номиналом 60,4 кОм и конденсатор из ряда E24 номиналом 4,7 мкФ. Пересчитаем значение выходного напряжения U_{out} :

$$U_{out} = \frac{R_{SET}}{10^3 \times 10} = \frac{60400}{10^3 \times 10} = 6,04 \text{ В}$$

Посчитаем абсолютное отклонение ΔU_{out} и относительное отклонение δU_{out} выходного напряжения U_{out} от номинального $U_{out\ nom}$ используя формулы (2) и (3)

$$\Delta U_{out} = U_{out} - U_{out\ nom} \quad (2)$$

$$\delta U_{out} = \frac{\Delta U_{out}}{U_{out\ nom}} \quad (3)$$

$$\Delta U_{out} = 6,04 - 6 = 0,04 \text{ В}$$

$$\delta U_{out} = \frac{0,04}{6} \approx 0,007$$

Таким образом, отклонение выходного напряжения составляет допустимые 0,007 %.

1.4 Разработка схемы электрической принципиальной

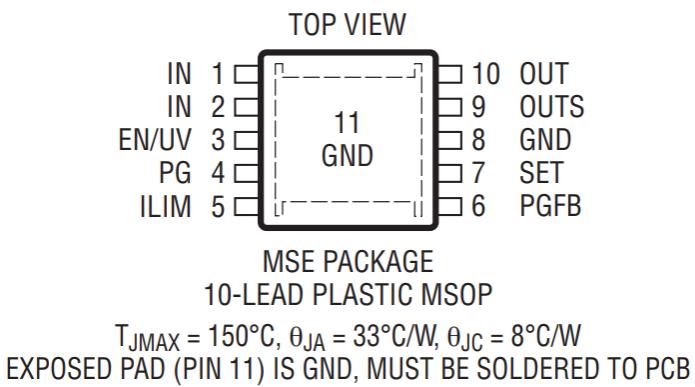


Рисунок 6 — Конфигурация стабилизатора LT3042 из спецификации

Используя типовую схему подключения (рисунок 4), рассчитанные номиналы пассивных компонентов и конфигурацию стабилизатора (рисунок 6), разработана принципиальная электрическая схема (рисунок 7).

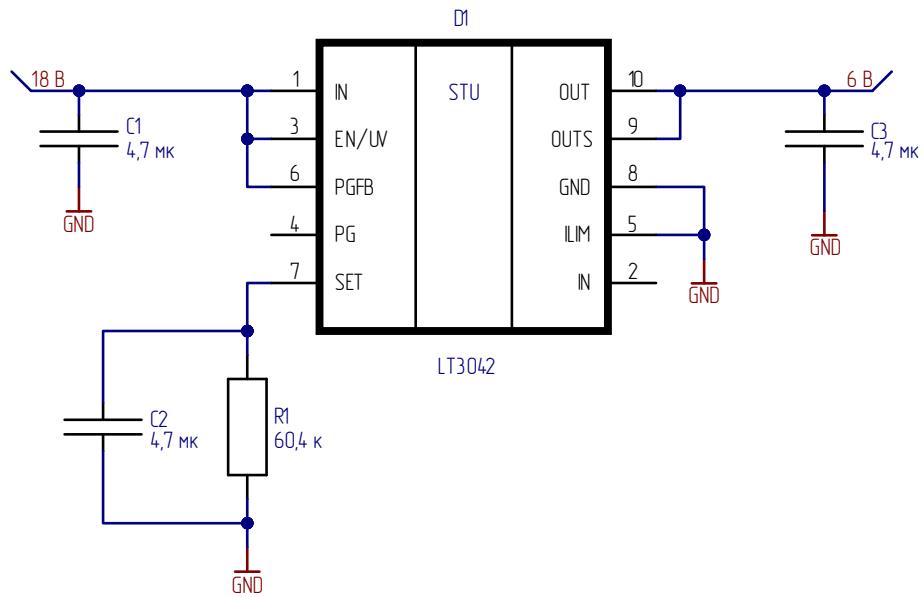


Рисунок 7 — Схема электрическая принципиальная стабилизатора LT3042

Согласно разделу PIN FUNCTIONS спецификации LT3042 пины 2 и 4 можно оставить неподключенными.

PIN FUNCTIONS

IN (Pins 1, 2): Input. These pins supply power to the regulator. The LT3042 requires a bypass capacitor at the IN pin. In general, a battery's output impedance rises with frequency, so include a bypass capacitor in battery-powered applications. While a 4.7 μ F input bypass capacitor generally suffices, applications with large load transients may require higher input capacitance to prevent input supply droop. Consult the Applications Information section on the proper use of an input capacitor and its effect on circuit performance, in particular PSRR. The LT3042 withstands reverse voltages on IN with respect to GND, OUTS and OUT. In the case of a reversed input, which occurs if a battery is plugged-in backwards, the LT3042 acts as if a diode is in series with its input. Hence, no reverse current flows into the LT3042 and no negative voltage appears at the load. The device protects itself and the load.

EN/UV (Pin 3): Enable/UVLO. Pulling the LT3042's EN/UV pin low places the part in shutdown. Quiescent current in shutdown drops to less than 1 μ A and the output voltage turns off. Alternatively, the EN/UV pin can set an input supply undervoltage lockout (UVLO) threshold using a resistor divider between IN, EN/UV and GND. The LT3042 typically turns on when the EN/UV voltage exceeds 1.24V on its rising edge, with a 170mV hysteresis on its falling edge. The EN/UV pin can be driven above the input voltage and maintain proper functionality. If unused, tie EN/UV to IN. Do not float the EN/UV pin.

PG (Pin 4): Power Good. PG is an open-collector flag that indicates output voltage regulation. PG pulls low if PGFB is below 300mV. If the power good functionality is not needed, float the PG pin. A parasitic substrate diode exists between PG and GND pins of the LT3042; do not drive PG more than 0.3V below GND during normal operation or during a fault condition.

Рисунок 8 — Раздел PIN FUNCTIONS из спецификации LT3042

1.5 Расчет тока потребителя на фиксированную нагрузку

Чтобы определить корректность работы стабилизатора в соответствии со спецификацией, вычислим ток потребления I_R при сопротивлении нагрузки $R_{нагр} = 100 \text{ Ом}$:

$$I_R = \frac{U_{\text{out nom}}}{R_{\text{нагр}}} = \frac{6}{100} = 0,06 \text{ А}$$

Так, значение $I_R = 0,06 \text{ А}$. Из спецификации - значение выходного тока LT3042 $I_{\text{out}} = 200 \text{ мА}$, следовательно, можно утверждать, что стабилизатор способен обеспечить необходимый ток в нагрузку по уровню напряжения 6 В.

1.6 Расчет мощности, рассеиваемой на стабилизаторе

Оценим рассеиваемую на стабилизаторе мощность P_{stab} :

$$P_{\text{stab}} = (U_{\text{in max}} - U_{\text{out nom}}) \times I_{\text{out}} = (18 - 6) \times 0,2 = 2,4 \text{ Вт}$$

1.7 Моделирование

В среде LTspice собрана принципиальная схема подключения стабилизатора (рисунок 9). Сам стабилизатор LT3042 в готовом виде был взят из категории components.

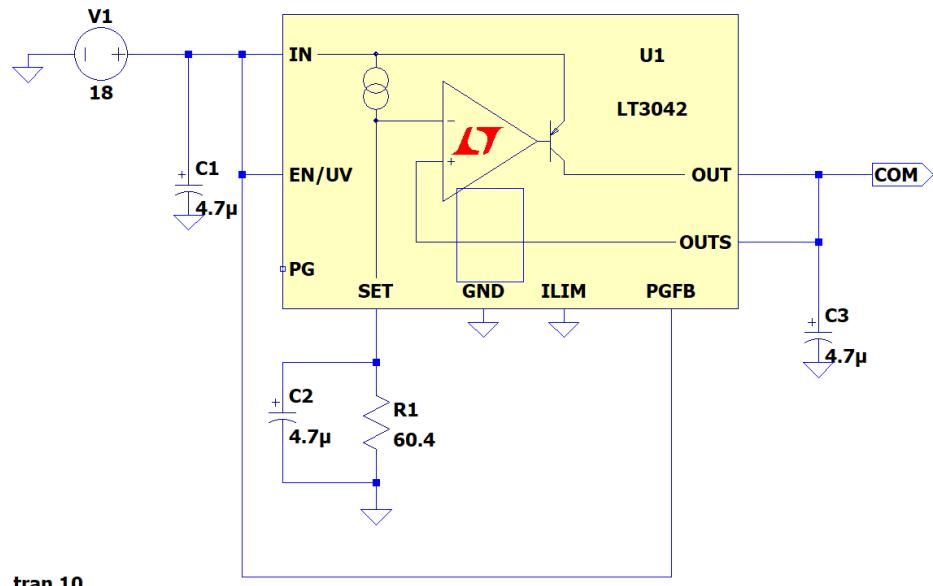


Рисунок 9 — Принципиальная схема подключения стабилизатора LT3042 в среде LTspice

После запуска симуляции была получена осцилограмма работы стабилизатора (рисунок 10). Видно, что стабилизатор стablyно поддерживает уровень напряжения примерно 6,04 В, что соответствует расчетам выше.

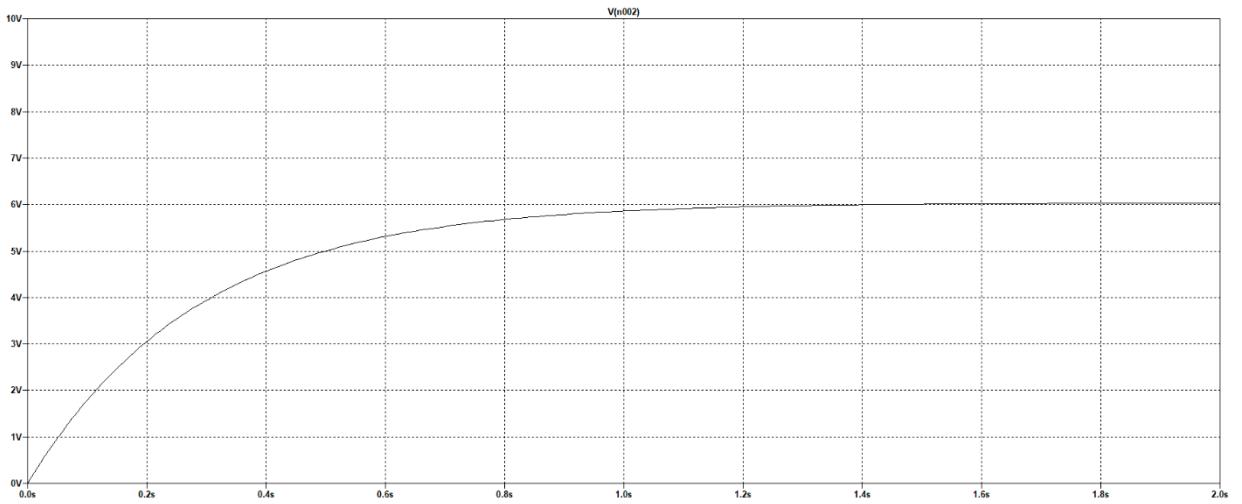


Рисунок 10 — Осциллограмма выходного напряжения стабилизатора LT3042 в среде LTspice

Задание 2. Линейный стабилизатор с фиксированным выходом.

2.1 Расчет потребляемого тока и мощности, рассеиваемой на нагрузке

Для подбора стабилизатора с параметрами из таблицы 2, выполним расчет тока, протекающего через нагрузку и стабилизатор, и мощность, рассеиваемую на них используя формулы (5), (6) и (7).

Таблица 2 — Параметры для подбора линейного стабилизатора с фиксированным выходом

№	U _{in min} , В	U _{in max} , В	U _{out nom} , В	R _{нагр} , Ом	Company
13	10,5	13	5	11	Analog Devices

$$I = \frac{U_{out\ nom}}{R_{нагр}} \quad (5)$$

$$I = \frac{5}{11} \approx 0,5 \text{ А}$$

$$P_{нагр} = U_{out\ nom} \times I \quad (6)$$

$$P_{нагр} = 5 \times 0,5 = 2,5 \text{ Вт}$$

$$P_{стаб} = (U_{in\ max} - U_{out\ nom}) \times I \quad (7)$$

$$P_{стаб} = (13 - 5) \times 0,5 = 4 \text{ Вт}$$

Выполним проверку расчетов, вычислив мощность, потребляемую источником используя формулы (8) и (9).

$$P = P_{стаб} + P_{нагр} \quad (8)$$

$$P = 2,5 + 4 = 6,5 \text{ Вт}$$

$$U_{in\ max} \times I = (U_{in\ max} - U_{out\ nom}) \times I + U_{out\ nom} \times I \quad (9)$$

$$U_{in\ max} \times I = (13 - 5) \times 0,5 + 5 \times 0,5 = 6,5 \text{ Вт}$$

Таким образом, расчеты выполнены корректно.

2.2 Выбор стабилизатора

Чтобы подобрать необходимый стабилизатор был использован сайт дистрибутера chipdip.ru. В разделе «Стабилизаторы напряжения и тока» были применены фильтры по бренду Analog Devices, и по выходному напряжению 5 В. Остальные характеристики проверялись непосредственно по спецификации.

Фильтры:

- Бренд:** Analog Devices
- Полярность:** Положительная
- Тип выхода:** Фиксированный
- Количество выходов:** 1
- Выходное напряжение, В:** 5
- Максимальный ток нагрузки, А:** 0.2
- Падение напряжения при токе, В (A):** 0.4(0.2)
- Максимальное входное напряжение, В:** 12
- Рабочая температура, °C:** -25...+125
- Корпус:** SOIC-8

Результаты:

- ADP3303ARZ-5-REEL, Высокоточный регулятор с малым падением напряжения, 5В, 200mA (SO-8)**
Бренд: Analog Devices
Полярность: Положительная
Тип выхода: Фиксированный
Количество выходов: 1
Выходное напряжение, В: 5
Максимальный ток нагрузки, А: 0.2
Падение напряжения при токе, В (A): 0.4(0.2)
Максимальное входное напряжение, В: 12
Рабочая температура, °C: -25...+125
Корпус: SOIC-8
- ADP7182ACPZ-5.0-R7, Стабилизатор с малым падением напряжения, фиксированный, -2.7В - 28В, -185мВ, 5В/-200mA, LFCSP-8**
Бренд: Analog Devices
Полярность: Отрицательная
Тип выхода: Фиксированный
Количество выходов: 1
Выходное напряжение, В: 5
Максимальный ток нагрузки, А: 0.2
Падение напряжения при токе, В (A): 0.185(0.2)
Максимальное входное напряжение, В: 28
Рабочая температура, °C: -40...+125
Корпус: LFCSP-WD-8(3x3)
- ADP7104ARDZ-5.0-R7, Преобразователи линейные (LDO) SOIC8**
Бренд: Analog Devices
Тип выхода: Фиксированный
Количество выходов: 1
Выходное напряжение, В: 5
Максимальный ток нагрузки, А: 0.5
Падение напряжения при токе, В (A): 0.55(0.5)
Максимальное входное напряжение, В: 20
Рабочая температура, °C: -40...+125
Корпус: SOIC-8 EP

Рисунок 11 — Скриншот фильтров для линейного стабилизатора с фиксированным выходом с сайта chipdip.ru

ADP7104ARDZ-5.0-R7, Преобразователи линейные (LDO) SOIC8

Номенклатурный номер: 8017563440 | Артикул: ADP7104ARDZ-5.0-R7 | Бренд: Analog Devices | Тип выхода: Фиксированный | Количество выходов: 1 | Выходное напряжение, В: 5 | Максимальный ток нагрузки, А: 0.5 | Рабочая температура, °C: -40...+125 | Все параметры

Изображения служат только для ознакомления, см. техническую документацию

515 шт., срок 4-5 недель | 930 ₽ | от 10 шт. — 720 ₽ | от 30 шт. — 613 ₽ | от 100 шт. — 515.55 ₽ | 1 шт. на сумму 930 ₽ | Добавить в корзину

Альтернативные предложения: 4 | Этот же товар с другими ценами и сроками поставки

PDF | ADP7104 | pdf, 1246 kB

Рисунок 12 — Скриншот страницы стабилизатора ADP7104 с сайта chipdip.ru

Из предложенных вариантов был выбран стабилизатор ADP7104. На рисунке 13 представлено общее описание характеристик стабилизатора. Выбранный стабилизатор удовлетворяет параметрам индивидуального задания: $U_{in\ min} = 10,5$ В, $U_{in\ max} = 13$ В (input voltage range: 3.3 V to 20V) $U_{out} = 5$ В (fixed output voltage: 5 V).

GENERAL DESCRIPTION

The [ADP7104](#) is a CMOS, low dropout linear regulator that operates from 3.3 V to 20 V and provides up to 500 mA of output current. This high input voltage LDO is ideal for regulation of high performance analog and mixed signal circuits operating from 19 V to 1.22 V rails. Using an advanced proprietary architecture, it provides high power supply rejection, low noise, and achieves excellent line and load transient response with just a small 1 μ F ceramic output capacitor.

The [ADP7104](#) is available in seven fixed output voltage options and an adjustable version, which allows output voltages that range from 1.22 V to $V_{IN} - V_{DO}$ via an external feedback divider.

The [ADP7104](#) output noise voltage is 15 μ V rms and is independent of the output voltage. A digital power-good output allows power system monitors to check the health of the output voltage. A user programmable precision undervoltage lockout function facilitates sequencing of multiple power supplies.

The [ADP7104](#) is available in 8-lead, 3 mm \times 3 mm LFCSP and 8-lead SOIC packages. The LFCSP offers a very compact solution and also provides excellent thermal performance for applications requiring up to 500 mA of output current in a small, low-profile footprint.

Рисунок 13 — Описание стабилизатора ADP7104 из спецификации

2.3 Расчет температуры нагруженного стабилизатора

Используя расчеты из пункта 2.1 и формулы в разделе thermal data, рассчитаем максимально допустимую температуру работы стабилизатора

$$T_J = T_A + P_D \times \theta_{JA} \quad (10)$$

где T_J – максимальная температура
 T_A – температура окружающей среды
 P_D – рассеиваемая мощность на стабилизаторе
 θ_{JA} – тепловой коэффициент

Возьмем температуру окружающей среды 30 °C, тепловой коэффициент θ_{JA} возьмем из таблицы, приложенной в спецификации. Исходя из модели стабилизатора LDO SOIC8, тепловой коэффициент будет равен 48,5.

Table 4. Thermal Resistance

Package Type	θ_{JA}	θ_{JC}	Ψ_{JB}	Unit
8-Lead LFCSP	40.1	27.1	17.2	°C/W
8-Lead SOIC	48.5	58.4	31.3	°C/W

Рисунок 14 — Тепловые коэффициенты для стабилизатора ADP7104 из спецификации

По формуле (10) получим:

$$T_J = 30 + 4 \times 48,5 = 224 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Таким образом, 224 °C максимальная температура работы стабилизатора. Согласно спецификации (рисунок 15), такая высокая температура допускается и обеспечивается большим входным напряжением.

THERMAL CONSIDERATIONS

In applications with low input-to-output voltage differential, the ADP7104 does not dissipate much heat. However, in applications with high ambient temperature and/or high input voltage, the heat dissipated in the package may become large enough that it causes the junction temperature of the die to exceed the maximum junction temperature of 125°C.

Рисунок 15 — Фрагмент из спецификации стабилизатора ADP7104

2.4 Расчет параметров пассивных компонентов

На рисунке 16 изображена типовая схема подключения выбранного стабилизатора. Согласно спецификации (рисунок 17), EN/UVLO пин соединим с пином VIN для автоматического запуска стабилизатора, а пин PG оставим открытым и, соответственно, уберем резистор.

TYPICAL APPLICATION CIRCUITS

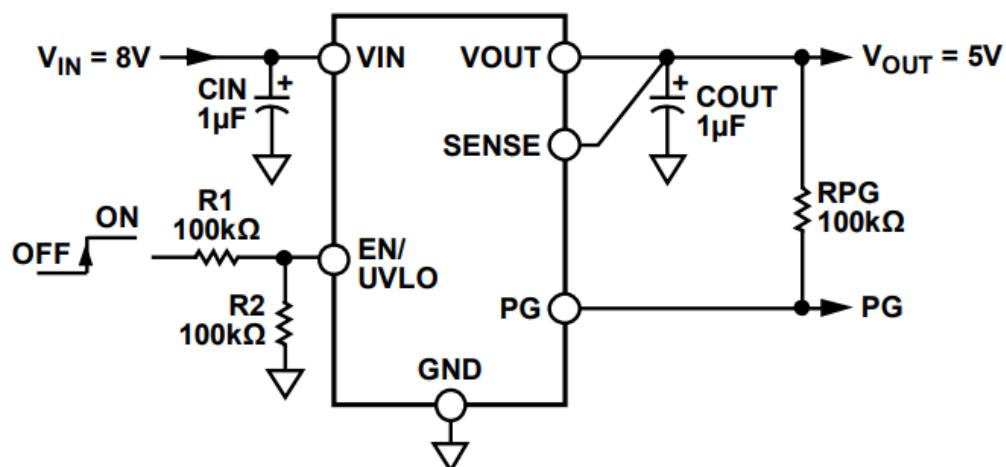


Рисунок 16 — Типовая схема подключения ADP1704 из спецификации

Table 5. Pin Function Descriptions

Pin No.	Mnemonic	Description
1	VOUT	Regulated Output Voltage. Bypass VOUT to GND with a 1 μ F or greater capacitor.
2	SENSE/ADJ	Sense (SENSE). Measures the actual output voltage at the load and feeds it to the error amplifier. Connect SENSE as close as possible to the load to minimize the effect of IR drop between the regulator output and the load. This function applies to fixed voltages only. Adjust Input (ADJ). An external resistor divider sets the output voltage. This function applies to adjustable voltages only.
3	GND	Ground.
4	NC	Do Not Connect to this Pin.
5	EN/UVLO	Enable Input (EN). Drive EN high to turn on the regulator; drive EN low to turn off the regulator. For automatic startup, connect EN to VIN. Programmable Undervoltage Lockout (UVLO). When the programmable UVLO function is used, the upper and lower thresholds are determined by the programming resistors.
6	GND	Ground.
7	PG	Power Good. This open-drain output requires an external pull-up resistor to VIN or VOUT. If the part is in shutdown, current limit, thermal shutdown, or falls below 90% of the nominal output voltage, PG immediately transitions low. If the power-good function is not used, the pin may be left open or connected to ground.
8	VIN EPAD	Regulator Input Supply. Bypass VIN to GND with a 1 μ F or greater capacitor. Exposed Pad. Exposed paddle on the bottom of the package. The EPAD enhances thermal performance and is electrically connected to GND inside the package. It is highly recommended that the EPAD be connected to the ground plane on the board.

Рисунок 17 — Описание выводов стабилизатора ADP7104 из спецификации

Согласно разделу Specifications (рисунок 18), для стабильной работы возьмем $C_{OUT} = 1 \text{ мкФ}$ и $C_{IN} = 1 \text{ мкФ}$.

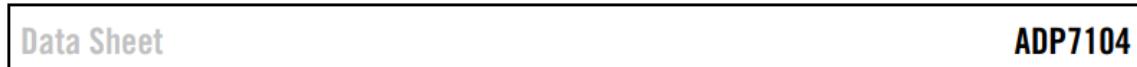


Рисунок 18 — Фрагмент раздела Specifications из спецификации ADP7104

2.5 Выбор пассивных компонентов с учетом номинального ряда (E96 и E24)

Из номинального ряда E24 возьмем конденсаторы емкостью 1 мкФ. Т.к. выходное напряжение стабилизатора фиксированное, пересчетов и отклонений приводить не требуется.

2.6 Разработка электрической схемы принципиальной

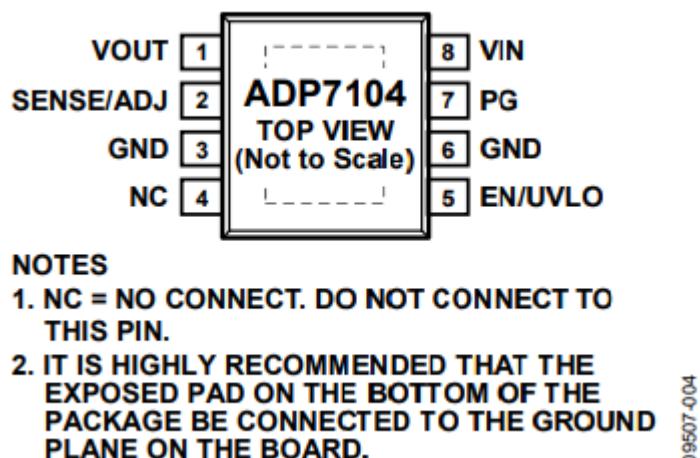


Рисунок 19 — PIN configurations из спецификации стабилизатора ADP7104

Используя выбранные в пункте 2.5 номиналы и конфигурацию стабилизатора (рисунок 19), была сделана принципиальная электрическая схема (рисунок 20)

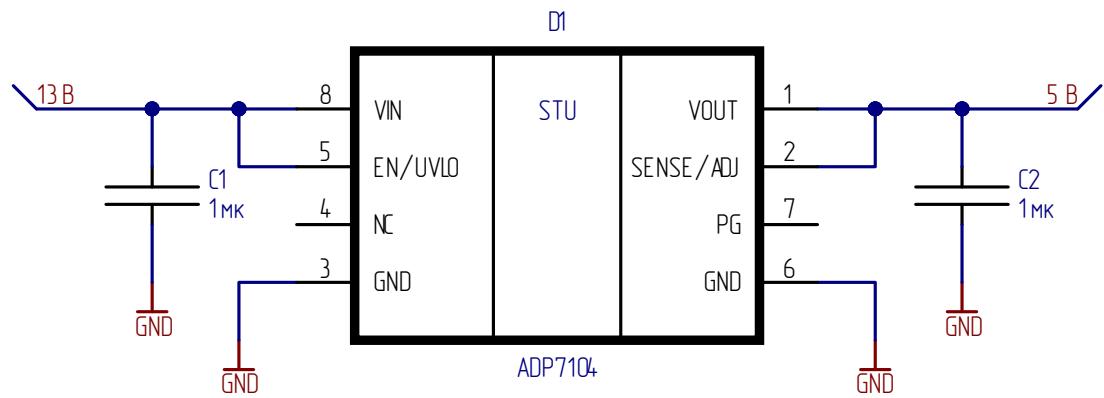


Рисунок 20 — Принципиальная электрическая схема стабилизатора ADP7104

2.7 Моделирование в LTspice

В среде LTspice собрана принципиальная схема подключения стабилизатора (рисунок 21). Сам стабилизатор LT3042 в готовом виде был взят из категории components.

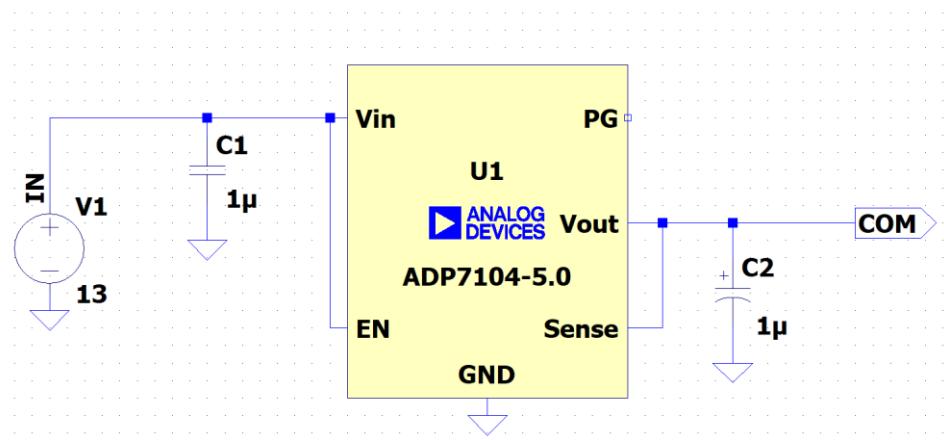


Рисунок 21 — Принципиальная электрическая схема стабилизатора ADP7104 в среде LTspice

После запуска симуляции была получена осциллограмма работы стабилизатора (рисунок 22). Видно, что стабилизатор стablyно поддерживает уровень напряжения примерно 5 В, что соответствует расчетам выше.

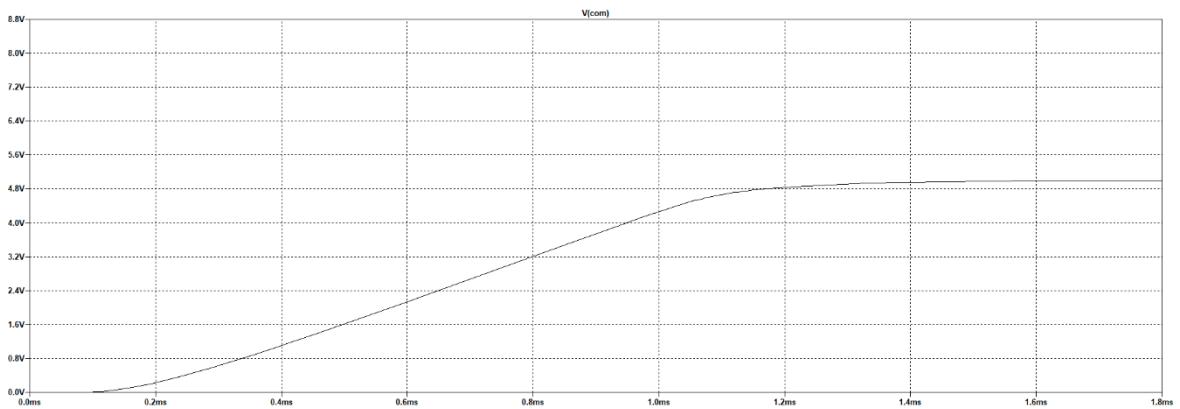


Рисунок 22 — Осциллографма выходного напряжения стабилизатора ADP7104 в среде LTspice

Задание 3. Линейный стабилизатор с низким падением напряжения (LDO)

3.1 Изучение спецификации

В рамках задания необходимо выделить из спецификации стабилизатора LT1085 основные положения.

3.1.1 Наименование доступных корпусов с указанием максимальной рассеивающей мощности

Согласно спецификации (рисунок 23, 24), стабилизаторы типа ADP1085 встречаются в следующих нескольких типах корпусов.

TO-220, $\theta_{JA} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C/Bt}$ (рисунок 25), т.е. при температуре окружающей среды $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$, рассеиваемая мощность будет 0,6 Вт

DD Pak, $\theta_{JA} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C/Bt}$ (рисунок 25), аналогично, рассеиваемая мощность будет 1 Вт.

TO-3, $\theta_{JA} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C/Bt}$ (рисунок 25), аналогично, рассеиваемая мощность будет 1,2 Вт.

ORDER INFORMATION

LEAD FREE FINISH	TAPE AND REEL	PART MARKING	PACKAGE DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE
LT1083CP#PBF	NA	LT1083CP	3-Lead Plastic TO-3P	Control: 0°C to 125°C Power: 0°C to 150°C
LT1084CP#PBF	NA	LT1084CP	3-Lead Plastic TO-3P	Control: 0°C to 125°C Power: 0°C to 150°C
OBSOLETE PACKAGE				
LT1084CT#PBF	NA	LT1084CT	3-Lead Plastic TO-220	Control: 0°C to 125°C Power: 0°C to 150°C
LT1084IT#PBF	NA	LT1084IT	3-Lead Plastic TO-220	Control: -40°C to 125°C Power: -40°C to 150°C
LT1085CT#PBF	NA	LT1085CT	3-Lead Plastic TO-220	Control: 0°C to 125°C Power: 0°C to 150°C
LT1085IT#PBF	NA	LT1085IT	3-Lead Plastic TO-220	Control: -40°C to 125°C Power: -40°C to 150°C
LT1085CM#PBF	LT1085CM#TRPBF	LT1085CM	3-Lead Plastic DD	Control: 0°C to 125°C Power: 0°C to 150°C
LT1085IM#PBF	LT1085IM#TRPBF	LT1085IM	3-Lead Plastic DD	Control: -40°C to 125°C Power: -40°C to 150°C
LEAD BASED FINISH	TAPE AND REEL	PART MARKING	PACKAGE DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE
LT1083CP	NA	LT1083CP	3-Lead Plastic TO-3P	Control: 0°C to 125°C Power: 0°C to 150°C
LT1084CP	NA	LT1084CP	3-Lead Plastic TO-3P	Control: 0°C to 125°C Power: 0°C to 150°C
OBSOLETE PACKAGE				
LT1084CT	NA	LT1084CT	3-Lead Plastic TO-220	Control: 0°C to 125°C Power: 0°C to 150°C
LT1084IT	NA	LT1084IT	3-Lead Plastic TO-220	Control: -40°C to 125°C Power: -40°C to 150°C
LT1085CT	NA	LT1085CT	3-Lead Plastic TO-220	Control: 0°C to 125°C Power: 0°C to 150°C
LT1085IT	NA	LT1085IT	3-Lead Plastic TO-220	Control: -40°C to 125°C Power: -40°C to 150°C
LT1085CM	LT1085CM#TR	LT1085CM	3-Lead Plastic DD	Control: 0°C to 125°C Power: 0°C to 150°C
LT1085IM	LT1085IM#TR	LT1085IM	3-Lead Plastic DD	Control: -40°C to 125°C Power: -40°C to 150°C

Рисунок 23 — Корпусы разных моделей стабилизаторов LT1083, LT1084, LT1085

ORDER INFORMATION

LEAD BASED FINISH	TAPE AND REEL	PART MARKING	PACKAGE DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE
LT1083CK	NA	LT1083CK	2-Lead TO-3 Metal Can	Control: 0°C to 125°C Power: 0°C to 150°C
LT1083MK	NA	LT1083MK	2-Lead TO-3 Metal Can	Control: -55°C to 150°C Power: -55°C to 200°C
LT1084CK	NA	LT1084CK	2-Lead TO-3 Metal Can	Control: 0°C to 125°C Power: 0°C to 150°C
LT1084MK	NA	LT1084MK	2-Lead TO-3 Metal Can	Control: -55°C to 150°C Power: -55°C to 200°C
LT1085CK	NA	LT1085CK	2-Lead TO-3 Metal Can	Control: 0°C to 125°C Power: 0°C to 150°C
LT1085MK	NA	LT1085MK	2-Lead TO-3 Metal Can	Control: -55°C to 150°C Power: -55°C to 200°C
OBSOLETE PACKAGE				

Рисунок 24 — Корпусы разных моделей стабилизаторов LT1083, LT1084, LT1085

PIN CONFIGURATION

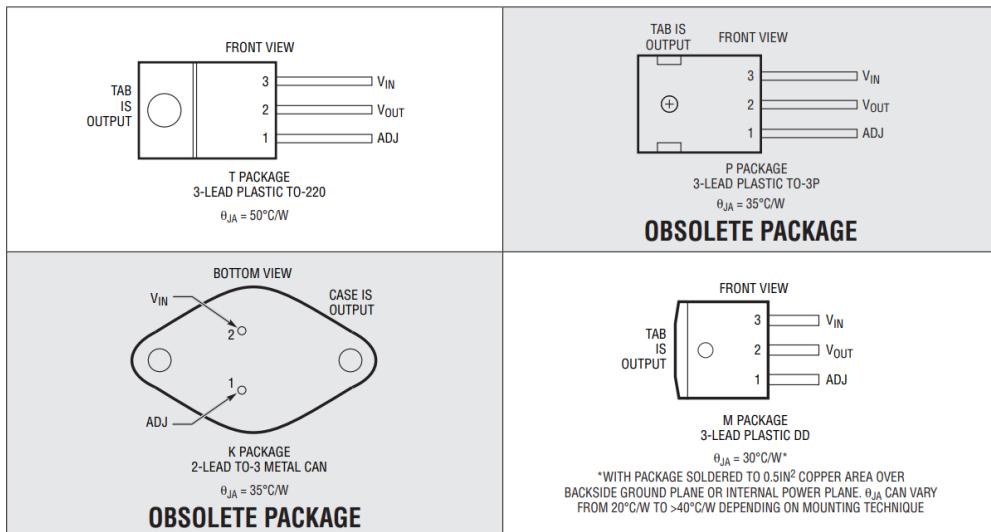


Рисунок 25 — Типы корпусов для стабилизаторов LT1085

Максимальная рассеиваемая мощность на стабилизаторах серии LT1085 составляет 30 Вт (рисунок 26).

Note 3: Line and load regulation are guaranteed up to the maximum power dissipation (60W for the LT1083, 45W for the LT1084 (K, P), 30W for the LT1084 (T) and 30W for the LT1085). Power dissipation is determined by the input/output differential and the output current. Guaranteed maximum power dissipation will not be available over the full input/output voltage range.

Рисунок 26 — Фрагмент из раздела электрических характеристик стабилизаторов LT1083, LT1084, LT1085

Для стабилизатора LT1085 соответственно подходит корпус T package с 0,6 Вт рассеиваемой мощности

3.1.2 Допустимый диапазон входных напряжений

Разность между входным и выходным напряжением, согласно спецификации (рисунок 27), лежит в диапазоне 1,5 В и 25 В (максимальное падение для LT1085 составляет 1,5 В). Для этого диапазона минимальное напряжение составит 1,25 В. Согласно таблице корпусов (рисунок 23), а точнее температурным диапазонам, LT1085 соответствует категории C-Grades, т.е. максимальное напряжение будет 30 В. Таким образом диапазон входных напряжений будет от 2,75 В до 30 В.

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Reference Voltage	$I_{OUT} = 10\text{mA}, T_J = 25^\circ\text{C}$, $(V_{IN} - V_{OUT}) = 3\text{V}$, $10\text{mA} \leq I_{OUT} \leq I_{FULL_LOAD}$, $1.5\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 25\text{V}$ (Notes 4, 6, 7)	1.238	1.250	1.262	V

Рисунок 27 — Фрагмент электрических характеристик стабилизаторов LT1083, LT1084, LT1085 из спецификации

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Note 1)

Power Dissipation	Internally Limited	M-Grades: (OBSOLETE)
Input-to-Output Voltage Differential C-Grades.....	30V	Control Section -55°C to 150°C
I-Grades.....	30V	Power Transistor -55°C to 200°C
M-Grades (OBSOLETE)	35V	Storage Temperature Range -65°C to 150°C
Operating Junction Temperature Range (Note 9) C-Grades: Control Section	0°C to 125°C	Lead Temperature (Soldering, 10 sec)..... 300°C
Power Transistor.....	0°C to 150°C	
I-Grades: Control Section.....	-40°C to 125°C	
Power Transistor.....	-40°C to 150°C	

PRECONDITIONING

100% thermal shutdown functional test.

Рисунок 28 — Максимальные значения электрических и тепловых параметров стабилизаторов LT1083, LT1084, LT1085 из спецификации

3.1.3 Допустимый диапазон регулируемого выходного напряжения

Используя данные предыдущего пункта, получим допустимый диапазон выходного напряжения от 1,25 В до 28,5 В.

3.1.4 Максимальный выходной ток

Согласно таблице выходных токов (рисунок 29), максимальный выходной ток составит 3 А.

DEVICE	OUTPUT CURRENT*
LT1083	7.5A
LT1084	5.0A
LT1085	3.0A

Рисунок 29 — Выходные токи для стабилизаторов LT1083, LT1084, LT1085

3.1.5 Зависимость падения напряжения на LDO стабилизаторе от какого-либо параметра

Согласно описанию (рисунок 31), падение напряжения описывается функцией тока нагрузки, согласно графику на рисунке 32. По таблице электрических характеристик (рисунок 30), при достижении $I_{OUT}=I_{FULL_LOAD}$, получаем минимальное падение 1,5 В, что видно на графике.

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Dropout Voltage	$\Delta V_{REF} = 1\%$, $I_{OUT} = I_{FULL_LOAD}$ (Notes 5, 6, 8)	1.3	1.5		V

Рисунок 30 — Фрагмент электрических характеристик стабилизаторов LT1083, LT1084, LT1085

DESCRIPTION

The LT®1083 series of positive adjustable regulators are designed to provide 7.5A, 5A and 3A with higher efficiency than currently available devices. All internal circuitry is designed to operate down to 1V input-to-output differential and the dropout voltage is fully specified as a function of load current. Dropout is guaranteed at a maximum of 1.5V at maximum output current, decreasing at lower load currents. On-chip trimming adjusts the reference voltage to 1%. Current limit is also trimmed, minimizing the stress on both the regulator and power source circuitry under overload conditions.

Рисунок 31 — Фрагмент раздела description из спецификации

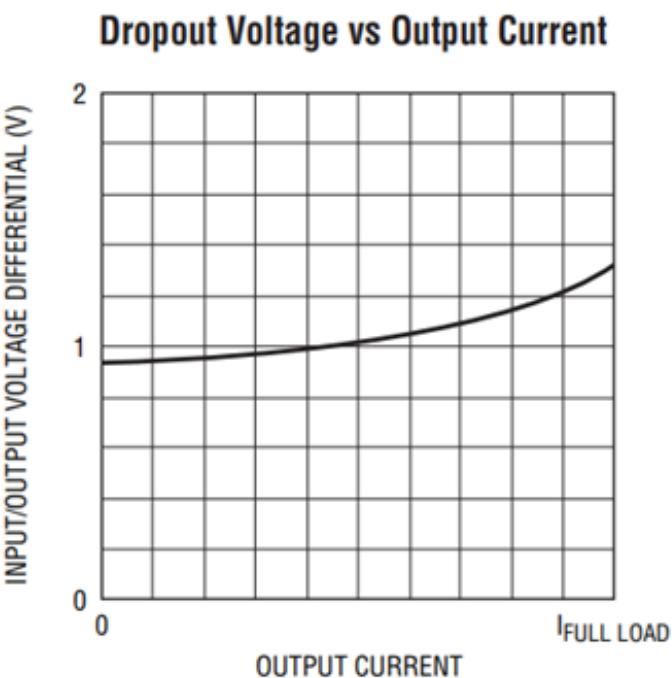


Рисунок 32 — График зависимости падения напряжения от выходного тока для стабилизаторов LT1083, LT1084, LT1085

3.1.6 Описание каждого вывода стабилизатора LDO

Из пункта 3.1.1 имеем, что стабилизатор LT1085CT#PBF идет в корпусе T package, а из конфигурации (рисунок 25), что он имеет 4 вывода: VIN, VOUT, ADJ и TAB.

VIN – вывод для входного напряжения. Для стабильной работы стабилизатора необходимо подключить конденсатор емкостью 10 мкФ и землю.

VOUT – вывод для выходного напряжения. Для стабильной работы стабилизатора необходимо подключить конденсатор емкостью 10 мкФ и землю.

ADJ – вывод для регулирования выходного напряжения. Не нуждается в заземлении и подключении конденсаторов, если не требуется улучшение подавления пульсации. В ином случае выбираем стабилизатор из таблицы рекомендованных емкостей (рисунок 33).

TAB – вывод для подключения диагностического оборудования. Рекомендуется заземлить.

Recommended Capacitor Values

INPUT	OUTPUT	ADJUSTMENT
10µF	10µF Tantalum, 50µF Aluminum	None
10µF	22µF Tantalum, 150µF Aluminum	20µF

Рисунок 33 — Рекомендованные емкости конденсаторов на выводах стабилизаторов LT1083, LT1084, LT1085

3.1.7 Формульные соотношения, для определения номиналов «обвязки»

Согласно спецификации, формула для определения номиналов «обвязки» имеет вид:

$$V_{\text{OUT}} = V_{\text{REF}} \times \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_{\text{ADJ}} \times R_2 \quad (11)$$

Где V_{OUT} – выходное напряжение

V_{REF} – опорное напряжение

R_1, R_2 – сопротивления резисторов

I_{ADJ} – ток вывода ADJ, константа. В силу небольшой его величины, в большинстве случаев его можно опустить

3.1.8 «ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS» - допустимый рабочий диапазон

Согласно рисунку 28, допустимый рабочий диапазон стабилизатора LT1085 (C Grades) от -40 °C до 125 °C для Control Section и от -40 °C до 150 °C для Power Transistor.

3.2 Выбор произвольных входного и выходного напряжения

С учетом диапазона из пункта 3.1.2, возьмем $U_{\text{in}} = 20$ В и $U_{\text{out}} = 15$ В.

3.3 Расчет сопротивления нагрузки

Воспользуемся формулой (5), чтобы рассчитать сопротивление нагрузки $R_{\text{nагр}}$ такое, что потребление тока составляло бы половину от максимального допустимого значения, т.е. 1,5 А.

$$R_{\text{nагр}} = \frac{U_{\text{out}}}{I} = \frac{15}{1,5} = 10 \text{ Ом}$$

3.4 Разработка схемы электрической принципиальной

Из номинального ряда E96 возьмем сопротивление резистора R_1 равное 121 Ом, сопротивление $R_{\text{nагр}}$ равное 6,04 Ом и конденсаторы из ряда E24 емкостью 10 мкФ. Из таблицы на рисунке 27 возьмем $V_{\text{REF}} = 1,25$ В. Используя формулу (11) рассчитаем значение R_2 .

$$V_{\text{OUT}} = V_{\text{REF}} \times \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$\frac{R2}{R1} = \frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1$$

$$R2 = \left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right) \times R1 = \left(\frac{15}{1,25} - 1 \right) \times 121 = 1331 \text{ Ом}$$

Из номинального ряда E96 возьмем сопротивление R2 равное 1,33 кОм.
Таким образом, используя типовую схему подключения из спецификации (рисунок 35), получена принципиальная электрическая схема стабилизатора LT1085 (рисунок 34)

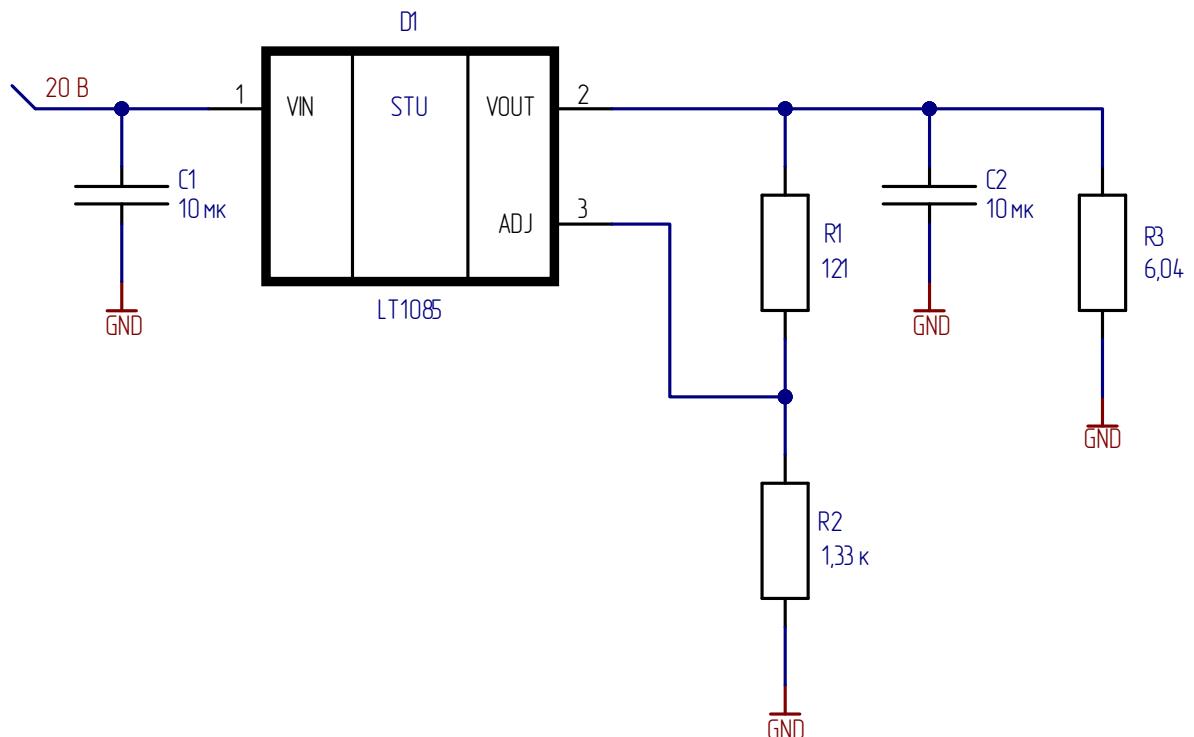


Рисунок 34 — Схема электрическая принципиальная стабилизатора LT1085

5V, 7.5A Regulator

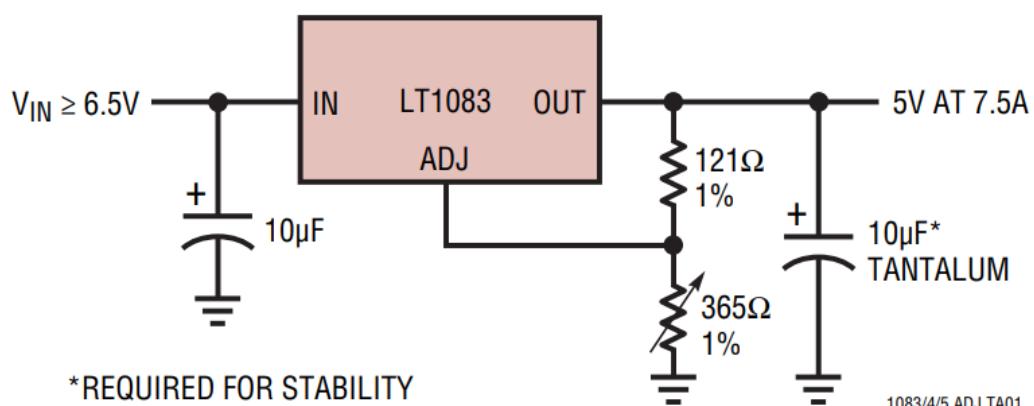


Рисунок 35 — Типовая схема подключения из спецификации стабилизаторов LT1083, LT1084, LT1085

3.5 Моделирование

В среде LTspice собрана принципиальная схема подключения стабилизатора (рисунок 36).

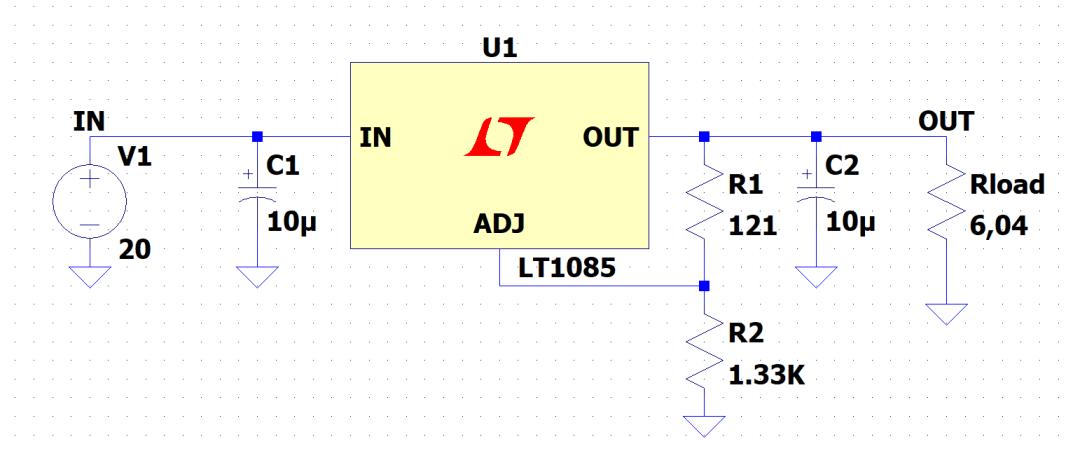


Рисунок 36 — принципиальная электрическая схема в среде LTspice стабилизатора LT1085

После запуска симуляции была получена осциллограмма работы стабилизатора (рисунок 37). Видно, что стабилизатор стablyно поддерживает уровень напряжения примерно 14,5 В, что соответствует погрешностям номинальных рядов.

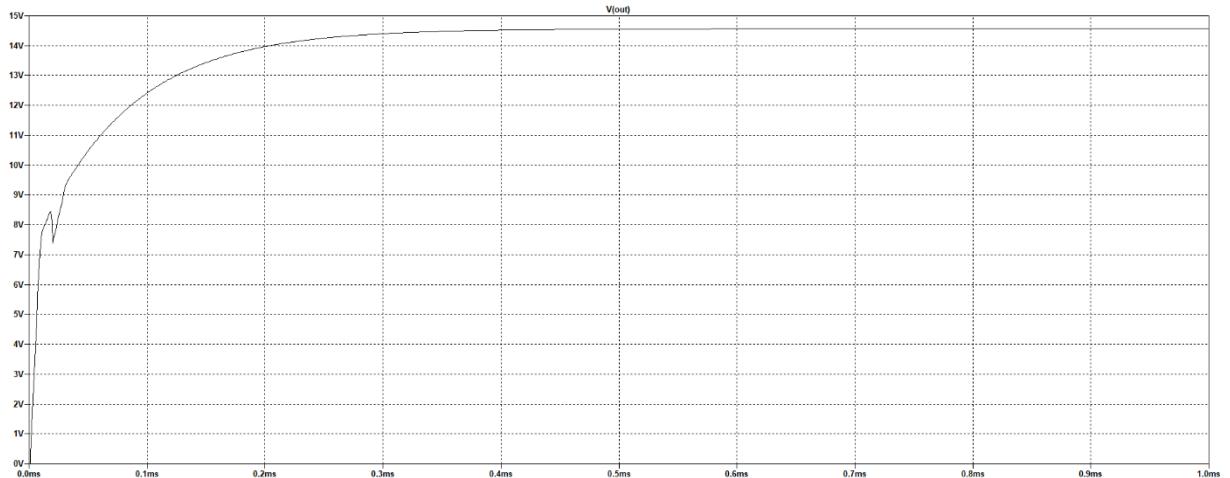


Рисунок 37 — Осциллограмма выходного напряжения стабилизатора LT1085 в среде LTspice

ЧАСТЬ 2. РАСЧЕТ ИСПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Задание 1. Рассчитать импульсный преобразователь напряжения с регулируемым выходом

1.1. Выбор преобразователя

В рамках задания необходимо выбрать импульсный преобразователь напряжения с регулируемым выходным напряжением, удовлетворяющий параметрам из таблицы 3.

Таблица 3 — Параметры для подбора линейного преобразователя с регулируемым выходом

№	U _{in min} , В	U _{in max} , В	U _{out nom} , В	I _{out} , мА	Company
13	11	15	7	415	Texas Instruments

Чтобы подобрать необходимый преобразователь был использован сайт дистрибутера chipdip.ru. В разделе «DC-DC Преобразователи» были применены фильтры по бренду Texas Instruments, по выходному току 0,4 А и выходное напряжение 7 В.

The screenshot shows a search results page for '1A step down 7 V'. The search bar at the top contains the query. Below it, there's a sorting dropdown set to 'Рекомендаем' (Recommended). The results list four products from Texas Instruments:

- TPS561201DDCR, Step-down type Fixed 760mV~7V 1A 4.5V~17V TSOT-23-6 DC-DC Converters ROHS**
Бренд: Texas Instruments
8-9 недель, 23560 шт. +
48 ₽ × [] 5 [+] **В корзину**
от 50 шт. — 39 ₽
от 150 шт. — 35 ₽
от 500 шт. — 29.24 ₽
- TPS561208DDCR, Step-down type Adjustable 760mV~7V 1A 4.5V~17V TSOT-23-6 DC-DC Converters ROHS**
Бренд: Texas Instruments
8-9 недель, 2228 шт. +
91 ₽ × [] 2 [+] **В корзину**
от 10 шт. — 71 ₽
от 30 шт. — 63 ₽
от 100 шт. — 52.04 ₽
- TPS628501QDRLRQ1, Step-down type Adjustable 2.7V~6V 1A 0.6V~5.5V SOT-583 DC-DC Converters**
Бренд: Texas Instruments
6-7 недель, 523 шт. +
320 ₽ × [] 1 [+] **В корзину**
от 10 шт. — 210 ₽
от 30 шт. — 174 ₽
от 100 шт. — 140.52 ₽
- TPS628501QDRLRQ1, Step-down type Adjustable 2.7V~6V 1A 600mV~5.5V SOT-583 DC-DC Converters ROHS**
Бренд: Texas Instruments
8-9 недель, 523 шт. +
280 ₽ × [] 1 [+] **В корзину**
от 10 шт. — 240 ₽
от 30 шт. — 204 ₽
от 100 шт. — 174.43 ₽

Рисунок 38 — Скриншот фильтров с сайта дистрибутера chipdip.ru

LM2675MX-ADJ/NOPB, DC-DC преобразователь, Step-Down, U_{вх.=}7...40В, U_{вых.=}ADJ, I_{вых.=} 1А, 260кГц [SOIC-8.]

The screenshot shows the product page for the LM2675MX-ADJ/NOPB. It includes:

- Изображения**: Three small images of the component package.
- Номенклатурный номер**: 9000987019
- Артикул**: LM2675MX-ADJ/NOPB
- Бренд**: Texas Instruments
- Серия**: LM2675
- Тип устройства**: DC-DC конвертер Step-Down
- Конфигурация выхода**: Positive
- Топология**: Buck
- Тип выхода**: Регулируемый
- Все параметры**
- Datasheet**: pdf, 1489 KB
- Специальное предложение**: 12 шт. со склада г.Москва
- Цена**: 370 ₽
- Количественные скидки**: от 15 шт. — 332 ₽
от 150 шт. — по запросу
- Добавить в корзину**
- Альтернативные предложения**: 5

Рисунок 39 — Скриншот страницы преобразователя LM2675 с сайта дистрибутера chipdip.ru

Из предложенных вариантов был выбран преобразователь LM2675. На рисунке 40 представлено общее описание характеристик преобразователя. Преобразователь удовлетворяет параметрам индивидуального задания: $U_{in\ min} = 11, $U_{in\ max} = 15 (input voltage range: 8 V to 40 V), $U_{out} = 7 (output voltage range: 1.28 V to 37 V), $I_{out} = 415 (1 A load current).$$$$

1 Features

- Efficiency up to 96%
- Available in 8-Pin SOIC, PDIP, and 16-Pin WSON Package
- Requires only 5 External Components
- 3.3-V, 5-V, 12-V, and Adjustable Output Versions
- Adjustable Version Output Voltage Range: 1.21 V to 37 V
- $\pm 1.5\%$ Maximum Output Voltage Tolerance Over Line and Load Conditions
- Ensured 1-A Output Load Current
- Wide Input Voltage Range: 8 V to 40 V
- 260-kHz Fixed Frequency Internal Oscillator
- TTL Shutdown Capability, Low-Power Standby Mode
- Thermal Shutdown and Current Limit Protection

2 Applications

- Simple High Efficiency (>90%) Step-Down (Buck) Regulator
- Efficient Preregulator for Linear Regulators
- Positive-to-Negative Converter

3 Description

The LM2675 series of regulators are monolithic integrated DC-DC converter circuits built with a LMDMOS process. These regulators provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving a 1-A load current with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3 V, 5 V, 12 V, and an adjustable output version.

Requiring a minimum number of external components, these regulators are simple to use and include patented internal frequency compensation and a fixed frequency oscillator.

The LM2675 series operates at a switching frequency of 260 kHz, thus allowing smaller-sized filter components than what would be needed with lower frequency switching regulators. Because of its very high efficiency (>90%), the copper traces on the printed-circuit board are the only heat sinking needed.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM2675	SOIC (8)	5.00 mm × 6.20 mm
	PDIP (8)	10.16 mm × 6.60 mm
	WSON (16)	5.00 mm × 5.00 mm

Рисунок 40 — Фрагмент описания из спецификации LM2675

Вычислим ток потребления $I_{нагр}$ при сопротивлении нагрузки $R_{нагр} = 10 \Omega$:

$$I_{нагр} = \frac{U_{out\ nom}}{R_{нагр}} = \frac{7}{10} = 0,7 \text{ A}$$

Так, значение $I_{нагр} = 0,7$ А. Значение выходного тока из спецификации LM2675 $I_{LOAD\ MAX} = 1$ А, следовательно, можно утверждать, что преобразователь способен обеспечить необходимый ток в нагрузку по уровню напряжения 7 В.

1.2. Расчет параметров пассивных компонентов

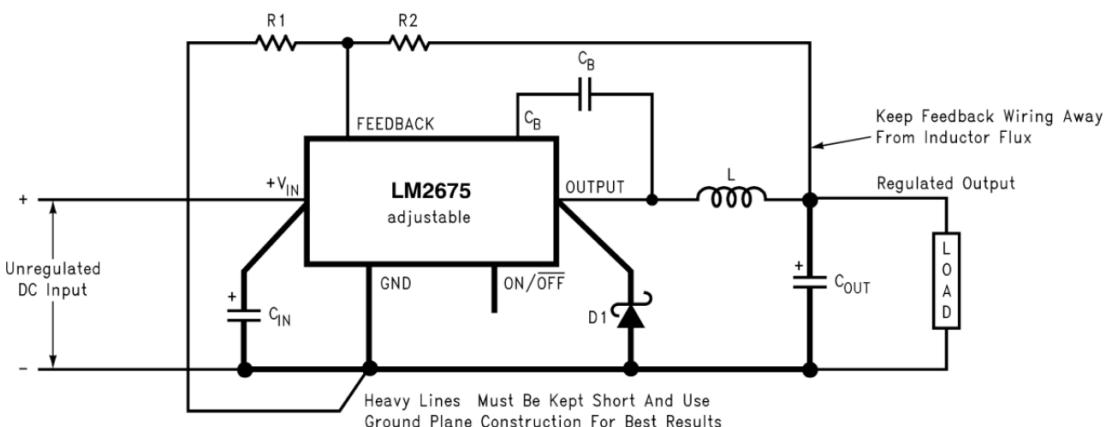


Рисунок 41 — Типовая схема подключения стабилизатора LM2675

Согласно спецификации (рисунок 49), ток и напряжение на входном конденсаторе рассчитывается по формулам (12), (13).

$$I_C = 0,5 \times I_{\text{нагр}} \quad (12)$$

$$I_C = 0,5 \times 0,7 = 0,35 \text{ A}$$

$$U_C \geq 1,25 \times U_{in \ max} \quad (13)$$

$$U_C \geq 1,25 \times 15$$

$$U_C \geq 18,75 \text{ В}$$

A low ESR aluminum or tantalum bypass capacitor is needed between the input pin and ground to prevent large voltage transients from appearing at the input. This capacitor must be located close to the IC using short leads. In addition, the RMS current rating of the input capacitor must be selected to be at least $\frac{1}{2}$ the DC load current. The capacitor manufacturer data sheet must be checked to assure that this current rating is not exceeded. The curves shown in [Figure 20](#) show typical RMS current ratings for several different aluminum electrolytic capacitor values. A parallel connection of two or more capacitors may be required to increase the total minimum RMS current rating to suit the application requirements.

For an aluminum electrolytic capacitor, the voltage rating must be at least 1.25 times the maximum input voltage. Caution must be exercised if solid tantalum capacitors are used. The tantalum capacitor voltage rating must be twice the maximum input voltage. [Table 9](#) and [Table 5](#) show the recommended application voltage for AVX TPS and Sprague 594D tantalum capacitors. TI recommends that they be surge current tested by the manufacturer. The TPS series available from AVX, and the 593D and 594D series from Sprague are all surge current tested. Another approach to minimize the surge current stresses on the input capacitor is to add a small inductor in series with the input supply line.

Рисунок 42 — Фрагмент из спецификации LM2675 из раздела о выходном конденсаторе

Подберем емкость входного конденсатора, используя график на рисунке 43. Т.к. $I_C = 0,35 \text{ A}$ и $U_C \geq 18,75 \text{ В}$, возьмем $C_{IN} = 100 \text{ мкФ}$.

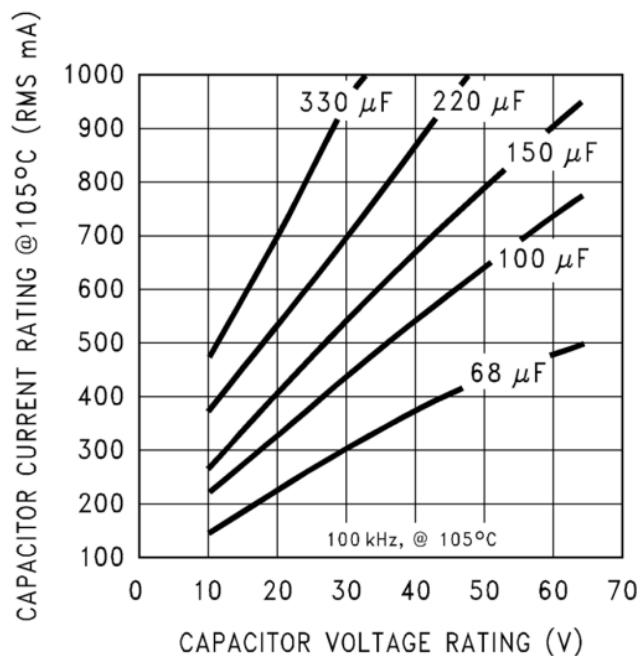


Рисунок 43 — График зависимости I_C от V_C для различных емкостей входного конденсатора из спецификации LM2675

Согласно спецификации (рисунок 44), boost- конденсатор C_B возьмем емкостью 0,01 мкФ.

9.2.1.2.5 Boost Capacitor (C_B)

This capacitor develops the necessary voltage to turn the switch gate on fully. All applications must use a 0.01- μ F, 50-V ceramic capacitor.

Рисунок 44 — Фрагмент из спецификации LM2675 из раздела о boost-конденсаторе

Согласно спецификации (рисунок 45), ток и обратное напряжение на диоде рассчитывается по формулам (14), (15).

$$I_D \geq 1,3 \times I_{\text{нагр}} \quad (14)$$

$$I_D \geq 1,3 \times 0,7$$

$$I_D \geq 0,91 \text{ A}$$

$$U_{RD} \geq 1,25 \times U_{in\ max} \quad (15)$$

$$U_{RD} \geq 1,25 \times 17$$

$$U_{RD} \geq 21,25 \text{ В}$$

In normal operation, the average current of the catch diode is the load current times the catch diode duty cycle, 1-D (D is the switch duty cycle, which is approximately the output voltage divided by the input voltage). The largest value of the catch diode average current occurs at the maximum load current and maximum input voltage (minimum D). For normal operation, the catch diode current rating must be at least 1.3 times greater than its maximum average current. However, if the power supply design must withstand a continuous output short, the diode must have a current rating equal to the maximum current limit of the LM2675. The most stressful condition for this diode is a shorted output condition (see [Table 4](#)). In this example, a 1-A, 20-V Schottky diode provides the best performance. If the circuit must withstand a continuous shorted output, TI recommends a Schottky diode of higher current.

The reverse voltage rating of the diode must be at least 1.25 times the maximum input voltage. Because of their fast switching speed and low forward voltage drop, Schottky diodes provide the best performance and efficiency. This Schottky diode must be located close to the LM2675 using short leads and short printed circuit traces.

Рисунок 45 — Фрагмент документации LM2675 из раздела о диоде

Подберем диод, используя рисунок 46. Т.к. $I_D \geq 0,91 \text{ A}$ и $V_{RD} \geq 21,25 \text{ В}$, возьмем диод SR103.

V _R	1-A DIODES		3-A DIODES	
	SURFACE MOUNT	THROUGH HOLE	SURFACE MOUNT	THROUGH HOLE
20 V	SK12	1N5817	SK32	1N5820
	B120	SR102	—	SR302
30 V	SK13	1N5818	SK33	1N5821
	B130	11DQ03	30WQ03F	31DQ03
40 V	MBRS130	SR103	—	—
	SK14	1N5819	SK34	1N5822
40 V	B140	11DQ04	30BQ040	MBR340
	MBRS140	SR104	30WQ04F	31DQ04
50 V	10BQ040	—	MBRS340	SR304
	10MQ040	—	MBRD340	—
50 V	15MQ040	—	—	—
	SK15	MBR150	SK35	MBR350
50 V	B150	11DQ05	30WQ05F	31DQ05
	10BQ050	SR105	—	SR305

Рисунок 46 — Виды диодов для параметров U_{RD} и I_D из спецификации LM2675

Для расчета индуктивности необходимо рассчитать постоянную индуктора по формуле (16)

$$E \times T = (U_{in\ max} - U_{out} - 0,25) \times \frac{U_{out} + 0,5}{U_{in\ max} - 0,25 + 0,5} \times \frac{1000}{260} \quad (16)$$

$$E \times T = (15 - 7 - 0,25) \times \frac{7 + 0,5}{15 - 0,25 + 0,5} \times \frac{1000}{260} = 14,7 \text{ В} \times \text{мкс}$$

Для нахождения индуктивности катушки воспользуемся рисунком 47. Т.к. E×T = 14,7 В×мкс и I_{нагр} = 0,7 A, возьмем L = 47 мГн.

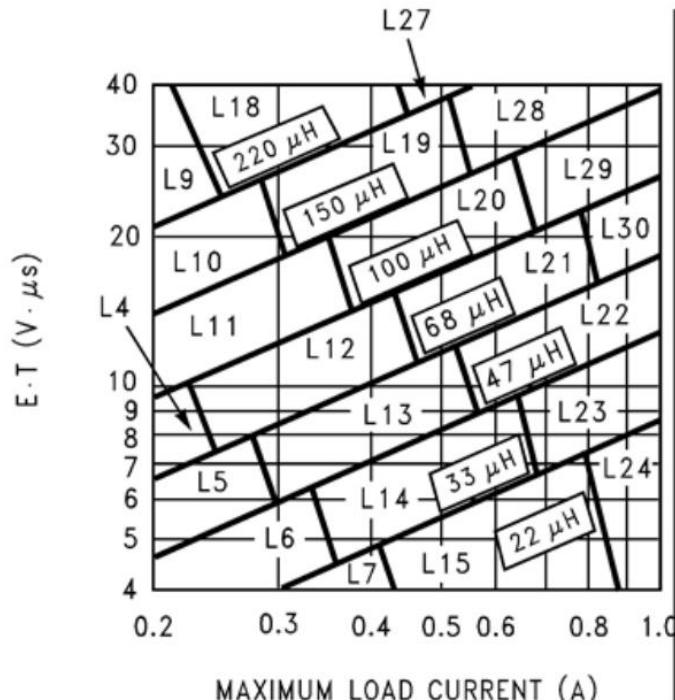


Рисунок 47 — График зависимости E×T от I_{нагр} для различных индуктивностей из спецификации LM2675

Подберем выходной конденсатор, используя рисунок 48. Т.к. $U_{out\ nom} = 7$ В и $L = 47$ мкГн, возьмем конденсатор $C7 = 150$ мкФ.

CASE STYLE ⁽¹⁾	OUTPUT VOLTAGE (V)	INDUCTANCE (μ H)					
		22	33	47	68	100	150
SM and TH	1.21 to 2.5	—	—	—	—	C1	C2
SM and TH	2.5 to 3.75	—	—	—	C1	C2	C3
SM and TH	3.75 to 5	—	—	C4	C5	C6	C6
SM and TH	5 to 6.25	—	C4	C7	C6	C6	C6
SM and TH	6.25 to 7.5	C8	C4	C7	C6	C6	C6
SM and TH	7.5 to 10	C9	C10	C11	C12	C13	C13
SM and TH	10 to 12.5	C14	C11	C12	C12	C13	C13
SM and TH	12.5 to 15	C15	C16	C17	C17	C17	C17
SM and TH	15 to 20	C18	C19	C20	C20	C20	C20
SM and TH	20 to 30	C21	C22	C22	C22	C22	C22
TH	30 to 37	C23	C24	C24	C25	C25	C25

Рисунок 48 — Типы выходных конденсаторов для различных выходных напряжений и индуктивносетей из спецификации LM2675

Чтобы получить на выходе 7 В, рассчитаем сопротивления резистора R_2 по формуле (17). Возьмем типовое опорное напряжение $U_{ref} = 1,21$ В и $R_1 = 10$ кОм.

$$R_2 = R_1 \times \left(\frac{U_{out\ nom}}{U_{ref}} - 1 \right) \quad (17)$$

$$R_2 = 10 \times \left(\frac{7}{1,21} - 1 \right) = 47,8 \text{ кОм}$$

Таким образом, согласно номинальному ряду Е24, $R_1 = 10$ кОм и $R_2 = 47$ кОм. Пересчитаем U_{out} , используя значения из номинальных рядов

$$U_{out} = U_{ref} \times \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = 1,21 \times \left(1 + \frac{47}{10} \right) = 6,897 \text{ В}$$

Посчитаем абсолютное отклонение ΔU_{out} и относительное отклонение δU_{out} выходного напряжения U_{out} от номинального $U_{out\ nom}$ используя формулы (2) и (3)

$$\Delta U_{out} = U_{out} - U_{out\ nom} = 7 - 6,897 = 0,103 \text{ В}$$

$$\delta U_{out} = \frac{\Delta U_{out}}{U_{out\ nom}} = \frac{0,103}{7} = 0,02$$

Таким образом относительная погрешность составляет допустимые 2 %.

1.3. Расчет тока потребляемого на фиксированную нагрузку

Вычислим ток потребления $I_{nагр}$ при сопротивлении нагрузки $R_{nагр} = 10$ Ом:

$$I_{nагр} = \frac{U_{out}}{R_{nагр}} = \frac{6,897}{10} = 0,6897 \text{ А}$$

Так, значение $I_{\text{нагр}} = 0,6897$ А. Значение выходного тока из спецификации LM2675 $I_{\text{LOAD MAX}} = 1$ А, следовательно, можно утверждать, что преобразователь способен обеспечить необходимый ток в нагрузку по уровню напряжения 6,897 В.

1.4. Разработка схемы электрической принципиальной

PIN			I/O	Pin Functions	
NAME	D, P	NHN		DESCRIPTION	
C_B	1	1	I	Boot-strap capacitor connection for high-side driver. Connect a high quality 470-nF capacitor from C_B to V_{SW} pin.	
FB	4	8	I	Feedback sense input pin. Connect to the midpoint of feedback divider to set V_{OUT} for adjustable version or connect this pin directly to the output capacitor for a fixed output version.	
GND	6	11, 12	—	Power ground pins. Connect to system ground. Ground pins of C_{IN} and C_{OUT} . Path to C_{IN} must be as short as possible.	
NC	2, 3	2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 13	—	No connect pins.	
ON/OFF	5	9	I	Enable input to the voltage regulator. High = ON and low = OFF. Pull this pin high or float to enable the regulator.	
V_{IN}	7	14	I	Supply input pin to collector pin of high side FET. Connect to power supply and input bypass capacitors C_{IN} . Path from V_{IN} pin to high frequency bypass C_{IN} and GND must be as short as possible.	
V_{SW}	8	15, 16	O	Source pin of the internal High Side FET. This is a switching node. Attached this pin to an inductor and the cathode of the external diode.	

Рисунок 49 — Функции выводов из спецификации LM2675

Таким образом, используя типовую схему подключения из спецификации (рисунок 41), функции выводов (рисунок 49) и рассчитанные номиналы, получена принципиальная электрическая схема стабилизатора LM2595 (рисунок 50).

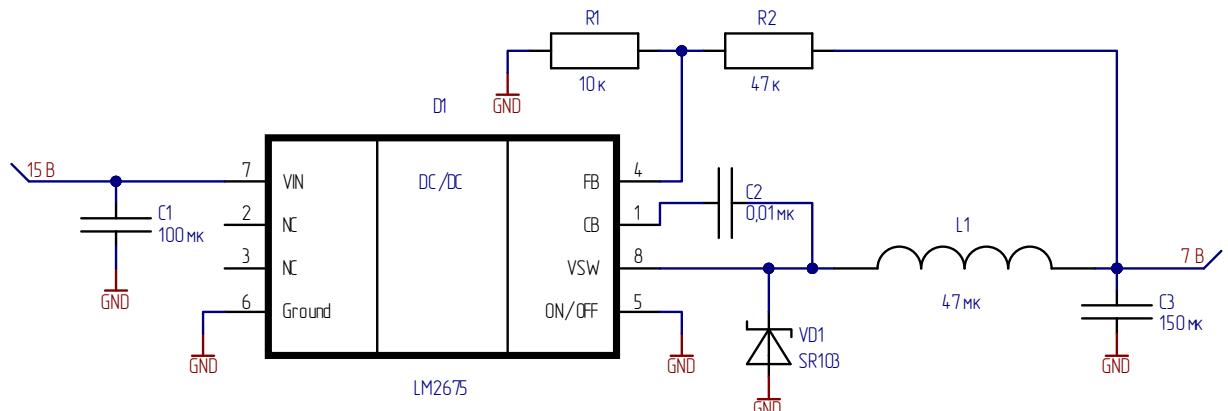


Рисунок 50 — Принципиальная электрическая схема преобразователя LM2675

Задание 2. Рассчитать импульсный преобразователь напряжения с фиксированным выходом

2.1. Выбор преобразователя

В рамках задания необходимо выбрать импульсный преобразователь напряжения с фиксированным выходным напряжением, удовлетворяющий параметрам из таблицы 4.

Таблица 4 — Параметры для подбора линейного преобразователя с фиксированным выходом

№	$U_{\text{in min}}, \text{В}$	$U_{\text{in max}}, \text{В}$	$U_{\text{out nom}}, \text{В}$	$R_{\text{нагр}}, \text{Ом}$	Company
13	13	17	5	8	Texas Instruments

Чтобы подобрать необходимый преобразователь был использован сайт дистрибутера chipdip.ru. В разделе «DC-DC Преобразователи» были применены фильтры по бренду Texas Instruments, по типу выхода и выходному напряжению 5В.

Сортировка: Рекомендовано Хиты продаж Дешевле Дороже Количество

поиск: понижающий преобразователь 5В

ЛМ2595S-5.0/NOPB, DC-DC преобразователь понижающий 5В 1А 150кГц [D2PAK-5.]

Бренд: Texas Instruments
Серия: LM2595
Тип устройства: DC-DC конвертер Step-Down
Конфигурация выхода: Positive
Топология: Buck
Тип выхода: Фиксированный
Количество выходов: 1
Входное напряжение (Мин): В: 4.5
Входное напряжение (Макс): В: 40
Выходное напряжение (Мин/Фикс): В: 5
Выходной ток: А: 1
Частота переключения, кГц: 150
Синхронный выпрямитель: Нет
Рабочая температура, °C: -40...+125
Корпус: D2PAK-5/TQ-263-5

ЛМ2672MX-5.0/NOPB, DC-DC преобразователь понижающий 5В 1А SIMPLE SWITCHER [SOIC-8.]

Бренд: Texas Instruments
Серия: LM2672
Тип устройства: DC-DC конвертер Step-Down
Конфигурация выхода: Positive
Топология: Buck
Тип выхода: Регулируемый
Количество выходов: 1
Входное напряжение (Мин): В: 6.5
Входное напряжение (Макс): В: 40
Выходное напряжение (Мин/Фикс): В: 1.21
Выходное напряжение (Макс): В: 37
Выходной ток: А: 1
Частота переключения, кГц: 260
Синхронный выпрямитель: Нет
Рабочая температура, °C: -40...+125
Корпус: SOIC-8(0.154")

Рисунок 51 — Скриншот фильтров с сайта дистрибутера chipdip.ru

LM2595S-5.0/NOPB, DC-DC преобразователь понижающий 5В 1А 150кГц [D2PAK-5.]

Изображения служат только для ознакомления, см. техническую документацию

Номенклатурный номер 2727257093

Артикул LM2595S-5.0/NOPB

Бренд Texas Instruments

Серия LM2595

Тип устройства DC-DC конвертер Step-Down

Конфигурация выхода Positive

Топология Buck

Тип выхода Фиксированный

Все параметры

490 ₽

27 шт. со склада г.Москва

от 5 шт. — 439 ₽
от 50 шт. — по запросу

→ 1 шт. на сумму 490 ₽

Добавить в корзину

Альтернативные предложения 1
Этот же товар с другими ценами и сроками поставки

Посмотреть аналоги 1
Товары со схожими характеристиками

Рисунок 52 — Скриншот страницы преобразователя LM2595 с сайта дистрибутера chipdip.ru

Из предложенных вариантов был выбран преобразователь LM2595. На рисунке 53 представлено общее описание характеристик преобразователя. Преобразователь удовлетворяет параметрам индивидуального задания: $U_{in\ min} = 13$ В, $U_{in\ max} = 17$ В (Input Voltage Range Up to 40 V), $U_{out} = 5$ В (fixed output voltages of 3.3 V, 5 V, 12 V)

1 Features

- 3.3-V, 5-V, 12-V, and Adjustable Output Versions
- Adjustable Version Output Voltage Range, 1.2 V to 37 V $\pm 4\%$ Maximum Over Line and Load Conditions
- Available in TO-220 and TO-263 Surface-Mount Packages
- Ensured 1-A Output Load Current
- Input Voltage Range Up to 40 V
- Requires Only 4 External Components
- Excellent Line and Load Regulation Specifications
- 150-kHz Fixed-Frequency Internal Oscillator
- TTL Shutdown Capability
- Low Power Standby Mode, I_Q , Typically 85 μA
- High Efficiency
- Uses Readily Available Standard Inductors
- Thermal Shutdown and Current-Limit Protection

2 Applications

- Simple High-Efficiency Step-Down (Buck) Regulator
- Efficient Preregulator for Linear Regulators
- On-Card Switching Regulators
- Positive-to-Negative Converter

3 Description

The LM2595 series of regulators are monolithic integrated circuits that provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving a 1-A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3 V, 5 V, 12 V, and an adjustable output version.

Requiring a minimum number of external components, these regulators are simple to use and include internal frequency compensation, and a fixed-frequency oscillator.

The LM2595 series operates at a switching frequency of 150 kHz, thus allowing smaller-sized filter components than what would be needed with lower-frequency switching regulators. Available in a standard 5-pin TO-220 package with several different lead bend options, and a 5-pin TO-263 surface-mount package. Typically, for output voltages less than 12 V, and ambient temperatures less than 50°C, no heat sink is required.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM2595	TO-263 (5)	10.16 mm × 8.42 mm
	TO-220 (5)	14.986 mm × 10.16 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Рисунок 53 — Фрагмент описания из спецификации LM2595

Вычислим ток потребления $I_{\text{нагр}}$ при сопротивлении нагрузки $R_{\text{нагр}} = 8 \Omega$:

$$I_{\text{нагр}} = \frac{U_{\text{out nom}}}{R_{\text{нагр}}} = \frac{5}{8} = 0,625 \text{ A}$$

Так, значение $I_{\text{нагр}} = 0,625 \text{ A}$. Значение выходного тока из спецификации LM2595 $I_{\text{LOAD MAX}} = 1 \text{ A}$, следовательно, можно утверждать, что преобразователь способен обеспечить необходимый ток в нагрузку по уровню напряжения 5 В.

2.2. Расчет параметров пассивных компонентов

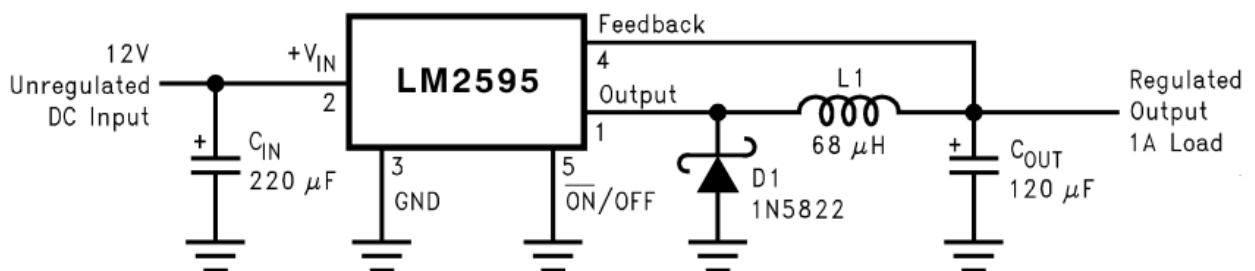


Рисунок 54 — Типовая схема подключения LM2595

Согласно спецификации (рисунок 55), ток и напряжение на входном конденсаторе рассчитывается по формулам (18), (19).

$$I_C = 0,5 \times I_{\text{нагр}} \quad (18)$$

$$I_C = 0,5 \times 0,625 = 0,3125 \text{ A}$$

$$U_C \geq 1,25 \times U_{\text{out}} \quad (19)$$

$$U_C \geq 1,25 \times 5$$

$$U_C \geq 6,25 \text{ В}$$

Selecting an input capacitor requires consulting the manufacturer's data sheet for maximum allowable RMS ripple current. For a maximum ambient temperature of 40°C, a general guideline would be to select a capacitor with a ripple current rating of approximately 50% of the DC load current. For ambient temperatures up to 70°C, a current rating of 75% of the DC load current would be a good choice for a conservative design. The capacitor voltage rating must be at least 1.25 times greater than the maximum input voltage, and often a much higher voltage capacitor is required to satisfy the RMS current requirements.

Рисунок 55 — Фрагмент из спецификации LM2595 из раздела о входном конденсаторе

Подберем емкость входного конденсатора, используя график на рисунке 56. Т.к. $I_C = 0,3125 \text{ А}$ и $U_C \geq 6,25 \text{ В}$, возьмем $C_{IN} = 220 \mu\text{F}$.

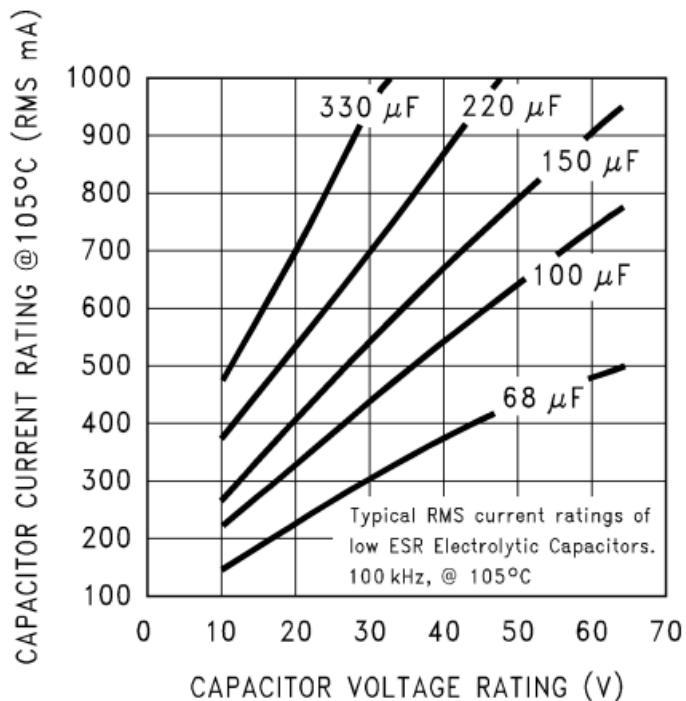


Рисунок 56 — График зависимости I_C от V_C для различных емкостей входного конденсатора из спецификации LM2595

Согласно спецификации (рисунок 57), ток и обратное напряжение на диоде рассчитывается по формулам (20), (21).

$$I_D \geq 1,3 \times I_{\text{нагр}} \quad (20)$$

$$I_D \geq 1,3 \times 0,625$$

$$I_D \geq 0,8125 \text{ А}$$

$$U_{RD} \geq 1,25 \times U_{in \ max} \quad (21)$$

$$U_{RD} \geq 1,25 \times 17$$

$$U_{RD} \geq 21,25 \text{ В}$$

The catch diode current rating must be at least 1.3 times greater than the maximum load current. Also, if the power supply design must withstand a continuous output short, the diode must have a current rating equal to the maximum current limit of the LM2595. The most stressful condition for this diode is an overload or shorted output condition.

See [Table 2](#). In this example, a 3-A, 20-V, 1N5820 Schottky diode will provide the best performance, and will not be overstressed even for a shorted output.

The reverse voltage rating of the diode must be at least 1.25 times the maximum input voltage.

Рисунок 57 — фрагмент документации LM2595 из раздела о диоде

Подберем диод, используя рисунок 58. Т.к. $I_D \geq 0,8125$ А и $V_{RD} \geq 21,25$ В, возьмем диод SR102, учитывая, что для выходных напряжений 5 В и меньше в спецификации рекомендуется использовать диод Шоттки.

VR	1-A DIODES				3-A DIODES			
	SURFACE MOUNT		THROUGH HOLE		SURFACE MOUNT		THROUGH HOLE	
	SCHOTTKY	ULTRA FAST RECOVERY	SCHOTTKY	ULTRA FAST RECOVERY	SCHOTTKY	ULTRA FAST RECOVERY	SCHOTTKY	ULTRA FAST RECOVERY
20 V	SK12	All of these diodes are rated to at least 50 V	1N5817	All of these diodes are rated to at least 50 V	SK32	All of these diodes are rated to at least 50 V	1N5820	All of these diodes are rated to at least 50 V
			SR102				SR302	
							MBR320	
30 V	SK13	All of these diodes are rated to at least 50 V	1N5818	All of these diodes are rated to at least 50 V	SK33	All of these diodes are rated to at least 50 V	1N5821	All of these diodes are rated to at least 50 V
	MBRS130		SR103				MBR330	
			11DQ03				31DQ03	
40 V	SK14	All of these diodes are rated to at least 50 V	1N5819	All of these diodes are rated to at least 50 V	SK34	All of these diodes are rated to at least 50 V	1N5822	All of these diodes are rated to at least 50 V
	MBRS140						SR304	
	10BQ040		SR104				MBR340	
50 V	10MQ040	MURS120	11DQ04	MUR120	30WQ04	MURS320	31DQ04	MUR320
	MBRS160	10BF10	SR105		SK35	30WF10	SR305	30WF10
	or 10BQ050		MBR150		MBR360		MBR350	
More	10MQ060		11DQ05		30WQ05		31DQ05	

Рисунок 58 — Виды диодов для параметров U_{RD} и I_D из спецификации LM2595

Для нахождения индуктивности катушки воспользуемся рисунком 53. Т.к. $U_{in\ max} = 17$ В и $I_{nагр} = 0,625$ А, возьмем $L = 100$ мГн.

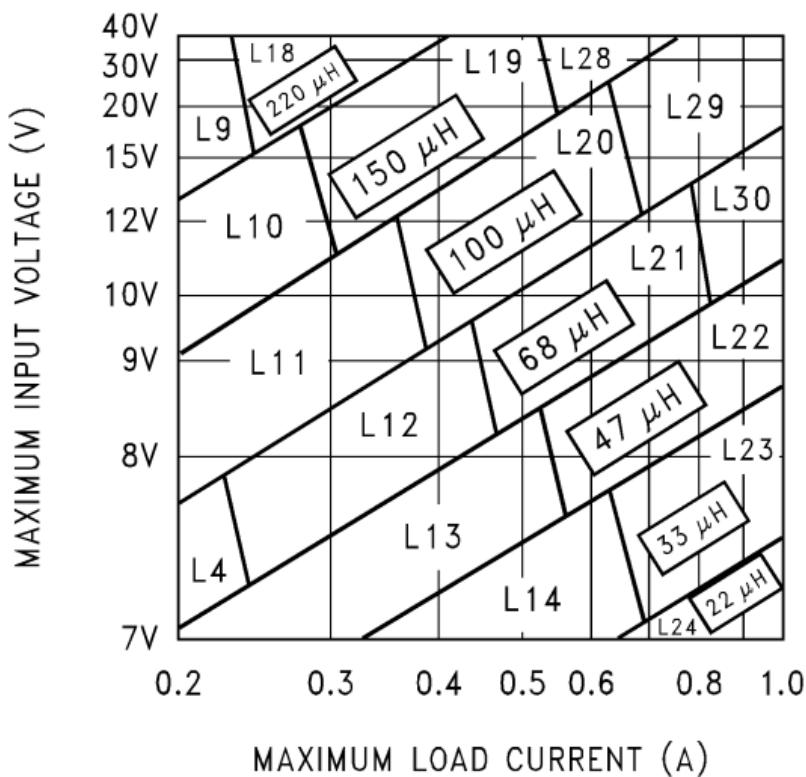


Рисунок 59 — График зависимости $V_{in\ max}$ от $I_{nагр}$ для различных индуктивностей из спецификации LM2595

Для нахождения емкости выходного конденсатора воспользуемся рисунком 60. Т.к. $U_{out} = 5$ В, $I_{nагр} = 0,625$ А и $U_{in\ max} = 17$ В, возьмем $C_{out} = 180$ мкФ, учитывая, что в спецификации допускается использование значений, близких к действительным.

CONDITIONS			INDUCTOR		OUTPUT CAPACITOR			
					THROUGH-HOLE ELECTROLYTIC		SURFACE-MOUNT TANTALUM	
OUTPUT VOLTAGE (V)	LOAD CURRENT (A)	MAX INPUT VOLTAGE (V)	INDUCTANCE (μH)	INDUCTOR (#)	PANASONIC HFQ SERIES (μF/V)	NICHICON PL SERIES (μF/V)	AVX TPS SERIES (μF/V)	SPRAGUE 595D SERIES (μF/V)
3.3	1	5	22	L24	330/16	330/16	220/10	330/10
		7	33	L23	270/25	270/25	220/10	270/10
		10	47	L31	220/25	220/35	220/10	220/10
		40	68	L30	180/35	220/35	220/10	180/10
	0.5	6	47	L13	220/25	220/16	220/10	220/10
		10	68	L21	150/35	150/25	100/16	150/16
		40	100	L20	150/35	82/35	100/16	100/20
5	1	8	33	L28	330/16	330/16	220/10	270/10
		10	47	L31	220/25	220/25	220/10	220/10
		15	68	L30	180/35	180/35	220/10	150/16
		40	100	L29	180/35	120/35	100/16	120/16
	0.5	9	68	L21	180/16	180/16	220/10	150/16
		20	150	L19	120/25	1200/25	100/16	100/20
		40	150	L19	100/25	100/25	68/20	68/25
12	1	15	47	L31	220/25	220/25	68/20	120/20
		18	68	L30	180/35	120/25	68/20	120/20
		30	150	L36	82/25	82/25	68/20	100/20
		40	220	L35	82/25	82/25	68/20	68/25
	0.5	15	68	L21	180/25	180/25	68/20	120/20
		20	150	L19	82/25	82/25	68/20	100/20
		40	330	L26	56/25	56/25	68/20	68/25

Рисунок 60 — Емкости выходного конденсатора для параметров U_{out} , $I_{nагр}$, $U_{in\ max}$ и L из спецификации LM2595

2.3. Разработка схемы электрической принципиальной

Таким образом, используя типовую схему подключения из спецификации (рисунок 54) и рассчитанные номиналы, получена принципиальная электрическая схема стабилизатора LM2595 (рисунок 61).

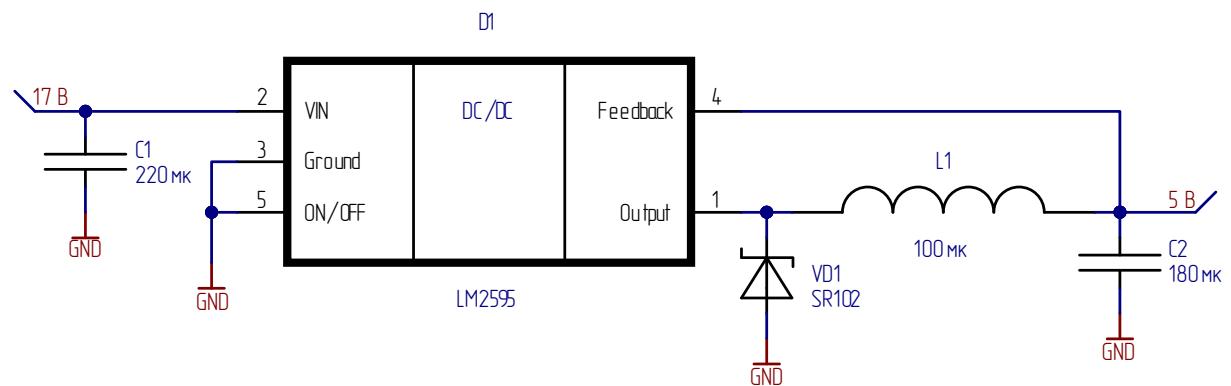


Рисунок 61 — Принципиальная электрическая схема преобразователя LM2595

ЧАСТЬ 3. СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ПИТАНИЯ

1. Вариант задания

В рамках этой части необходимо разработать схему формирования питания согласно параметрам из варианта 13.

Уровни напряжений: $U_{bx} = 26$ В, $U_{mk\ Vdd} = 5$ В, $U_{mk\ Vdda} = 5$ В, $U_{plis\ Vcco} = 2,5$ В, $U_{plis\ Vccint} = 0,8$ В, $U_{plis\ Vccaux} = 1,25$ В, $+U_{oy1\ Vdda} = 20$ В, $+U_{oy2\ Vdda} = 16$ В, $-U_{oy2\ Vdda} = -16$ В

Токи потребления: $I_{mk\ Vdd} = 200$ мА, $I_{mk\ Vdda} = 60$ мА, $I_{plis\ Vcco} = 150$ мА, $I_{plis\ Vccint} = 70$ мА, $I_{plis\ Vccaux} = 110$ мА, $+I_{oy1\ Vdda} = 20$ мА, $+I_{oy2\ Vdda} = 5$ мА, $-I_{oy2\ Vdda} = 5$ мА.

2. Оценка уровня выходного напряжения импульсного стабилизатора 1

Для МК и ПЛИС необходимо сформировать 5 В, 2,5 В, 0,8 В, 1,25 В. Максимальное из них — 5 В, т.е. выходное напряжение импульсного стабилизатора 1 должно составить примерно 7 В.

3. Выбор линейных стабилизаторов

В рамках этого пункта, необходимо подобрать линейные стабилизаторы для всех уровней напряжения.

3.1. Линейный стабилизатор напряжения VDD

Линейный стабилизатор 1 формирует напряжения для VDD. Т.к. для VDD и VDDA необходим одинаковый уровень в 5 В, для них возьмем один стабилизатор, учитывая токи потребления.

3.1.1. Вводные данные для подбора

Параметры для подбора стабилизатора: $U_{bx} = 7$ В, $U_{вых} = 5$ В, $I_{вых} = 260$ мА (сумма $I_{mk\ Vdd}$ и $I_{mk\ Vdda}$).

3.1.2. Обоснование выбора

Был выбран стабилизатор ADP7104ARDZ-5.0-R7. Выбранный стабилизатор удовлетворяет параметрам: $U_{bx} = 7$ В, (input voltage range: 3.3 V to 20V), $U_{вых} = 5$ В (fixed output voltage: 5 V), $I_{вых} = 260$ мА (500 mA output current). Корпус стабилизатора — 8-SOIC-EP.

Так, ADP7104 подходит по всем параметрам.

3.1.3. Расчет мощности, выдаваемой в нагрузку

Используя формулу (6), рассчитаем мощность $P_{нагр}$, выдаваемую на нагрузку.

$$P_{нагр} = U_{вых} \times I_{вых} = 5 \times 0,26 = 1,3 \text{ Вт}$$

3.1.4. Расчет мощности, рассеиваемой на стабилизаторе

Используя формулу (7), рассчитаем мощность $P_{пacc}$, рассеиваемую на стабилизаторе

$$P_{пacc} = (U_{bx} - U_{вых}) \times I_{вых} = (7 - 5) \times 0,26 = 0,52 \text{ Вт}$$

3.1.5. Расчет суммарной мощности, потребляемой стабилизатором

Используя формулу (8), рассчитаем суммарную мощность P , потребляемую стабилизатором

$$P_{1,2} = P_{нагр} + P_{пacc} = 1,3 + 0,52 = 1,82 \text{ Вт}$$

3.2. Линейный стабилизатор напряжения VDDA

Для VDDA используется тот же стабилизатор, что и для VDD.

3.3. Линейный стабилизатор напряжения VCCINT

Линейный стабилизатор 3 формирует напряжения для VCCINT.

3.3.1. Вводные данные для подбора

Параметры для подбора стабилизатора: $U_{\text{вх}} = 7 \text{ В}$, $U_{\text{вых}} = 2,5 \text{ В}$, $I_{\text{вых}} = 150 \text{ мА}$.

3.3.2. Обоснование выбора

Был выбран стабилизатор LP2985AIM5-2.5/NOPB. Выбранный стабилизатор удовлетворяет параметрам: $U_{\text{вх}} = 7 \text{ В}$, (input voltage range: 2.5 V to 16V), $U_{\text{вых}} = 2,5 \text{ В}$ (fixed output voltage: 2.5 V), $I_{\text{вых}} = 150 \text{ мА}$ (150 mA output current). Корпус стабилизатора —SOT-23-5.

Так, LP2985 подходит по всем параметрам.

3.3.3. Расчет мощности, выдаваемой в нагрузку

Используя формулу (6), рассчитаем мощность $P_{\text{нагр}}$, выдаваемую на нагрузку.

$$P_{\text{нагр}} = U_{\text{вых}} \times I_{\text{вых}} = 2,5 \times 0,15 = 0,375 \text{ Вт}$$

3.3.4. Расчет мощности, рассеиваемой на стабилизаторе

Используя формулу (7), рассчитаем мощность $P_{\text{пacc}}$, рассеиваемую на стабилизаторе

$$P_{\text{пacc}} = (U_{\text{вх}} - U_{\text{вых}}) \times I_{\text{вых}} = (7 - 2,5) \times 0,15 = 0,675 \text{ Вт}$$

3.3.5. Расчет суммарной мощности, потребляемой стабилизатором

Используя формулу (8), рассчитаем суммарную мощность P , потребляемую стабилизатором

$$P_3 = P_{\text{нагр}} + P_{\text{пacc}} = 0,375 + 0,675 = 1,05 \text{ Вт}$$

3.4. Линейный стабилизатор напряжения VCCO

Линейный стабилизатор 4 формирует напряжения для VCCO.

3.4.1. Вводные данные для подбора

Параметры для подбора стабилизатора: $U_{\text{вх}} = 7 \text{ В}$, $U_{\text{вых}} = 0,8 \text{ В}$, $I_{\text{вых}} = 70 \text{ мА}$.

3.4.2. Обоснование выбора

Был выбран стабилизатор LT3042EMSE. Выбранный стабилизатор удовлетворяет параметрам: $U_{\text{вх}} = 7 \text{ В}$, (input voltage range: 1.8 V to 20V), $U_{\text{вых}} = 0,8 \text{ В}$ (Output Voltage Range: 0 V to 15 V), $I_{\text{вых}} = 150 \text{ мА}$ (Output Current: 200 mA). Корпус стабилизатора — MSOP-10 EP

Так, LT3042 подходит по всем параметрам.

3.4.3. Расчет мощности, выдаваемой в нагрузку

Используя формулу (6), рассчитаем мощность $P_{\text{нагр}}$, выдаваемую на нагрузку.

$$P_{\text{нагр}} = U_{\text{вых}} \times I_{\text{вых}} = 0,8 \times 0,07 = 0,056 \text{ Вт}$$

3.4.4. Расчет мощности, рассеиваемой на стабилизаторе

Используя формулу (7), рассчитаем мощность $P_{\text{пacc}}$, рассеиваемую на стабилизаторе

$$P_{\text{пacc}} = (U_{\text{вх}} - U_{\text{вых}}) \times I_{\text{вых}} = (7 - 0,8) \times 0,07 = 0,434 \text{ Вт}$$

3.4.5. Расчет суммарной мощности, потребляемой стабилизатором

Используя формулу (8), рассчитаем суммарную мощность P , потребляемую стабилизатором

$$P_4 = P_{\text{нагр}} + P_{\text{пacc}} = 0,056 + 0,434 = 0,49 \text{ Вт}$$

3.5. Линейный стабилизатор напряжения ССАUX

Линейный стабилизатор 5 формирует напряжения для VCCAUX.

3.5.1. Вводные данные для подбора

Параметры для подбора стабилизатора: $U_{\text{вх}} = 7 \text{ В}$, $U_{\text{вых}} = 1,25 \text{ В}$, $I_{\text{вых}} = 110 \text{ мА}$.

3.5.2. Обоснование выбора

Был выбран стабилизатор LT3042EMSE. Выбранный стабилизатор удовлетворяет параметрам: $U_{\text{вх}} = 7 \text{ В}$, (input voltage range: 1.8 V to 20V), $U_{\text{вых}} = 1,25 \text{ В}$ (Output Voltage Range: 0 V to 15 V), $I_{\text{вых}} = 110 \text{ мА}$ (Output Current: 200 mA). Корпус стабилизатора — MSOP-10 EP

Так, LT3042 подходит по всем параметрам.

3.5.3. Расчет мощности, выдаваемой в нагрузку

Используя формулу (6), рассчитаем мощность $P_{\text{нагр}}$, выдаваемую на нагрузку.

$$P_{\text{нагр}} = U_{\text{вых}} \times I_{\text{вых}} = 1,25 \times 0,11 = 0,1375 \text{ Вт}$$

3.5.4. Расчет мощности, рассеиваемой на стабилизаторе

Используя формулу (7), рассчитаем мощность $P_{\text{пacc}}$, рассеиваемую на стабилизаторе

$$P_{\text{пacc}} = (U_{\text{вх}} - U_{\text{вых}}) \times I_{\text{вых}} = (7 - 1,25) \times 0,11 = 0,6325 \text{ Вт}$$

3.5.5. Расчет суммарной мощности, потребляемой стабилизатором

Используя формулу (8), рассчитаем суммарную мощность P , потребляемую стабилизатором

$$P_5 = P_{\text{нагр}} + P_{\text{пacc}} = 0,1375 + 0,6325 = 0,77 \text{ Вт}$$

4. Оценка выходного тока импульсного стабилизатора 1

Для оценки выходного тока, найдем выходную мощность на импульсном стабилизаторе 1, просуммировав мощности всех линейных стабилизаторов.

$$P_{\text{имп вых}} = P_{1,2} + P_3 + P_4 + P_5 = 1,82 + 1,05 + 0,49 + 0,77 = 4,13 \text{ Вт}$$

Зная выходное напряжение 7 В, найдем выходной ток

$$I_{\text{имп вых}} = \frac{P_{\text{имп вых}}}{U_{\text{имп вых}}} = \frac{4,13}{7} = 0,59 \text{ А}$$

Так, на выходе импульсного стабилизатора 1 необходимо сформировать $U_{\text{имп вых}} = 7 \text{ В}$ и $I_{\text{имп вых}} = 0,59 \text{ А}$.

5. Выбор импульсного стабилизатора 1

Импульсный стабилизатор 1 формирует напряжения всех линейных стабилизаторов.

5.1. Вводные данные для подбора

Параметры для подбора стабилизатора: $U_{\text{вх}} = 26 \text{ В}$, $U_{\text{вых}} = 7 \text{ В}$, $I_{\text{вых}} = 0,59 \text{ А}$.

5.2. Обоснование выбора

Был выбран стабилизатор LM2675MX-ADJ/NOPB. Стабилизатор удовлетворяет параметрам: $U_{\text{in}} = 26 \text{ В}$ (input voltage range: 8 V to 40 V), $U_{\text{out}} = 7 \text{ В}$ (output voltage range: 1.28 V to 37 V), $I_{\text{out}} = 590 \text{ мА}$ (1 A load current). Корпус стабилизатора: SOIC-8.

Так, LM2675 подходит по всем параметрам.

6. Выбор импульсных стабилизаторов 2 и 3

В рамках этого пункта, необходимо подобрать импульсные стабилизаторы для операционных усилителей.

6.1. Выбор импульсного стабилизатора для ОУ1.

Импульсный стабилизатор 2 формирует напряжение и ток для операционного усилителя 1.

6.1.1. Вводные данные для подбора

Параметры для подбора стабилизатора: $U_{\text{вх}} = 26 \text{ В}$, $U_{\text{вых}} = 20 \text{ В}$, $I_{\text{вых}} = 20 \text{ мА}$.

6.1.2. Обоснование выбора

Был выбран стабилизатор LM2675MX-ADJ/NOPB. Стабилизатор удовлетворяет параметрам: $U_{\text{in}} = 26 \text{ В}$ (input voltage range: 8 V to 40 V), $U_{\text{out}} = 20 \text{ В}$ (output voltage range: 1.28 V to 37 V), $I_{\text{out}} = 20 \text{ мА}$ (1 A load current). Корпус стабилизатора: SOIC-8.

Так, LM2675 подходит по всем параметрам.

6.2. Выбор импульсных стабилизаторов для ОУ2.

Импульсный стабилизаторы 3 и 4 формируют напряжение и ток для операционного усилителя 2.

6.2.1. Вводные данные для подбора

Параметры для подбора стабилизатора: $U_{\text{вх}} = 26 \text{ В}$, $U_{\text{вых}} = 16 \text{ В}$, $I_{\text{вых}} = 5 \text{ мА}$ и $U_{\text{вх}} = 26 \text{ В}$, $U_{\text{вых}} = -16 \text{ В}$, $I_{\text{вых}} = -5 \text{ мА}$.

6.2.2. Обоснование выбора

Был выбран стабилизатор MC33063ADR. Стабилизатор удовлетворяет параметрам: $U_{\text{in}} = 26 \text{ В}$ (input voltage range: 3 V to 40 V), $U_{\text{out}} = 16 \text{ В}$ (output voltage range: 1.25 V to 40 V), $I_{\text{out}} = 5 \text{ мА}$ (output current 1.5 A). Корпус стабилизатора: SOIC-8.

Так, MC33063 подходит по всем параметрам. Сделаем так, что третий будет формировать положительные напряжения и ток, а четвертый — отрицательные.

7. Итоговая структурная схема

Итоговая структурная схема представлена на рисунке 62.

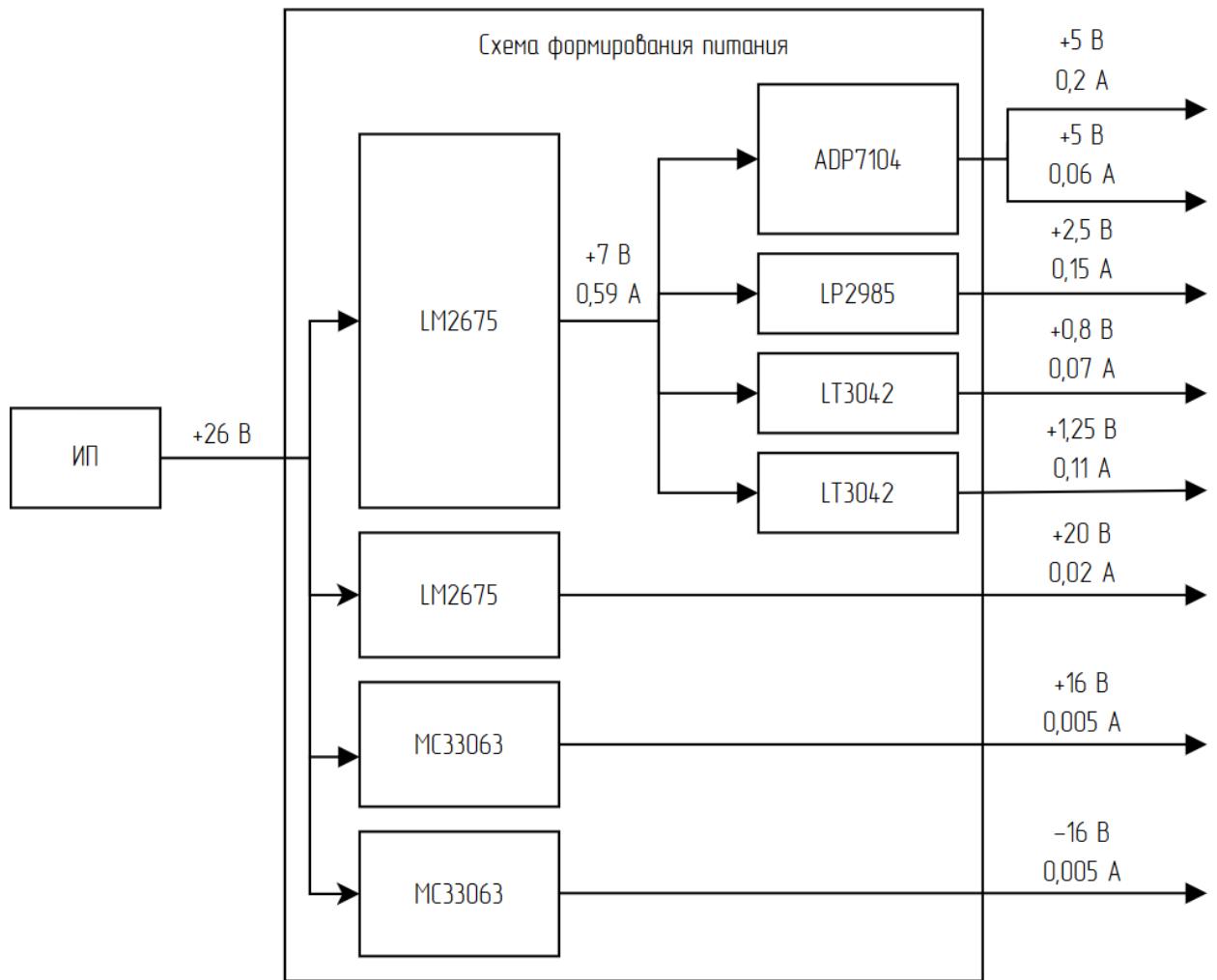


Рисунок 62 – Итоговая структурная схема формирования питания

8. Итоговая схема электрическая принципиальная

Номиналы пассивных компоненты для стабилизаторов LM2675, ADP7104 и LT3042 рассчитываются таким же образом, как и в предыдущих частях.

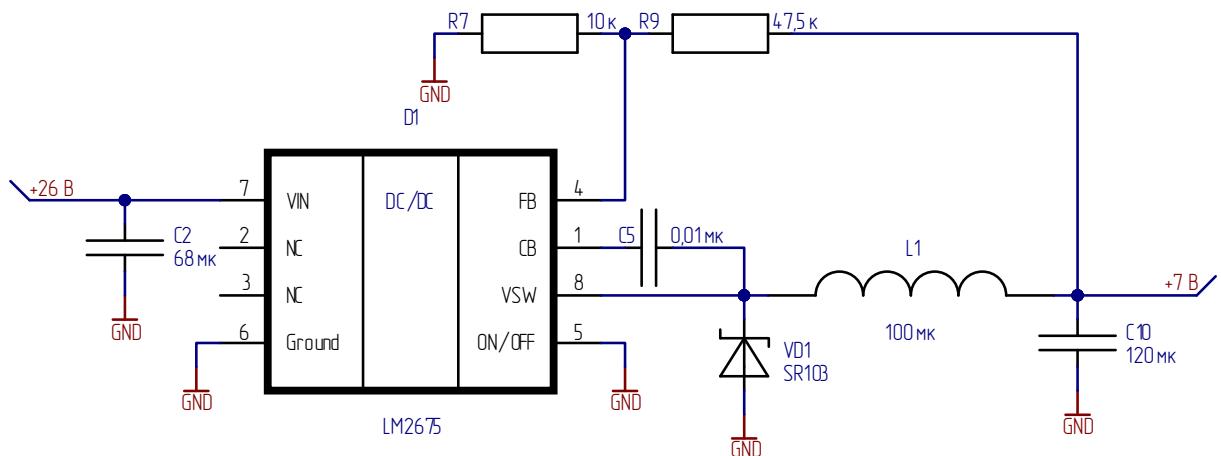


Рисунок 63 — Принципиальная электрическая схема импульсного преобразователя 1 LM2675

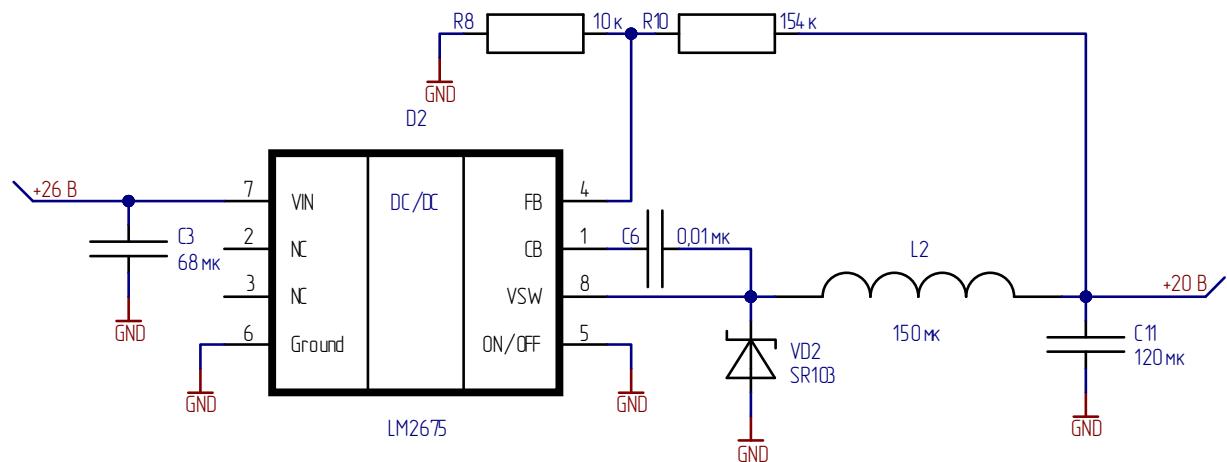


Рисунок 64 — Принципиальная электрическая схема импульсного преобразователя 2 LM2675

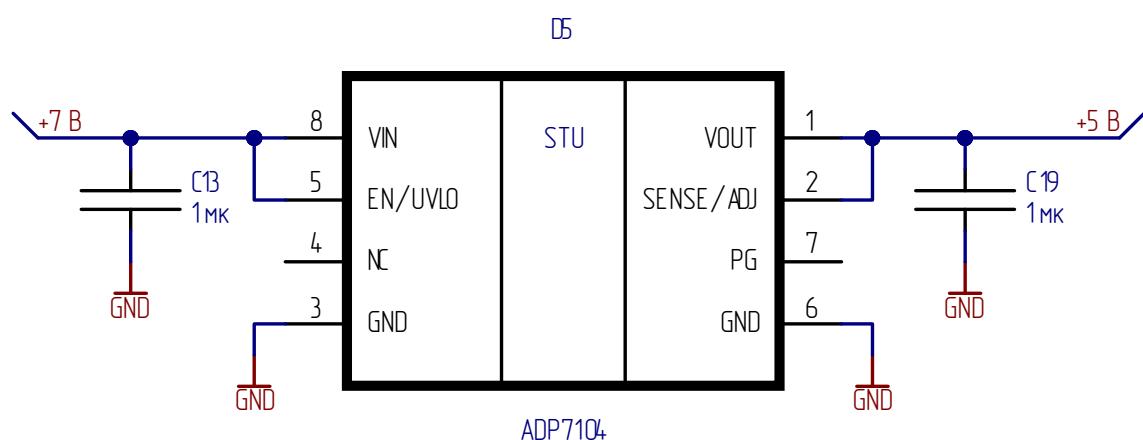


Рисунок 65 — Принципиальная электрическая схема линейного преобразователя 1 ADP7104

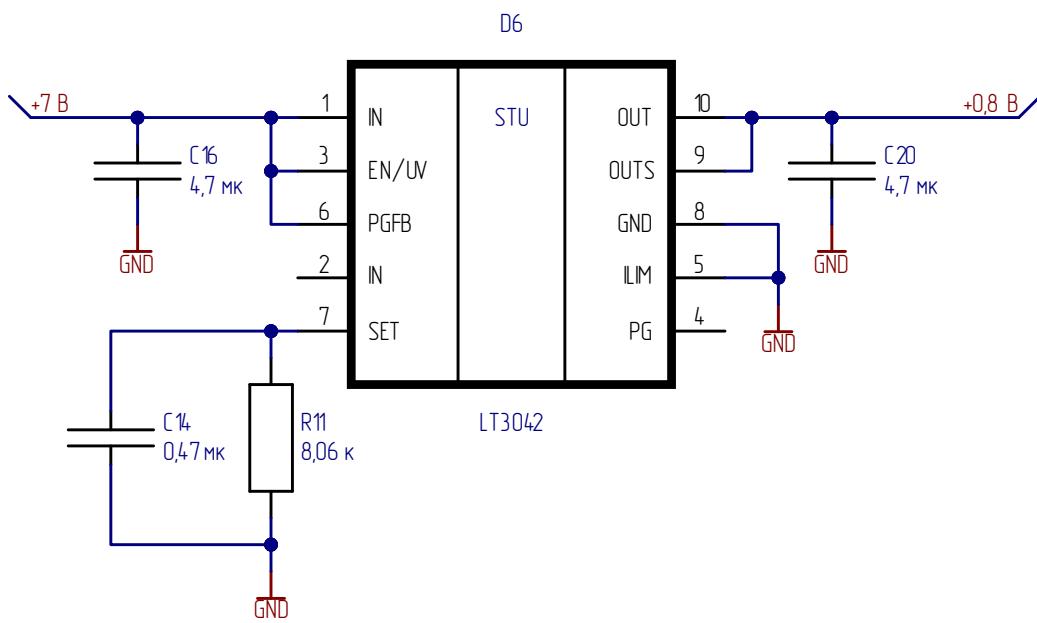


Рисунок 66 — Принципиальная электрическая схема линейного преобразователя 4 LT3042

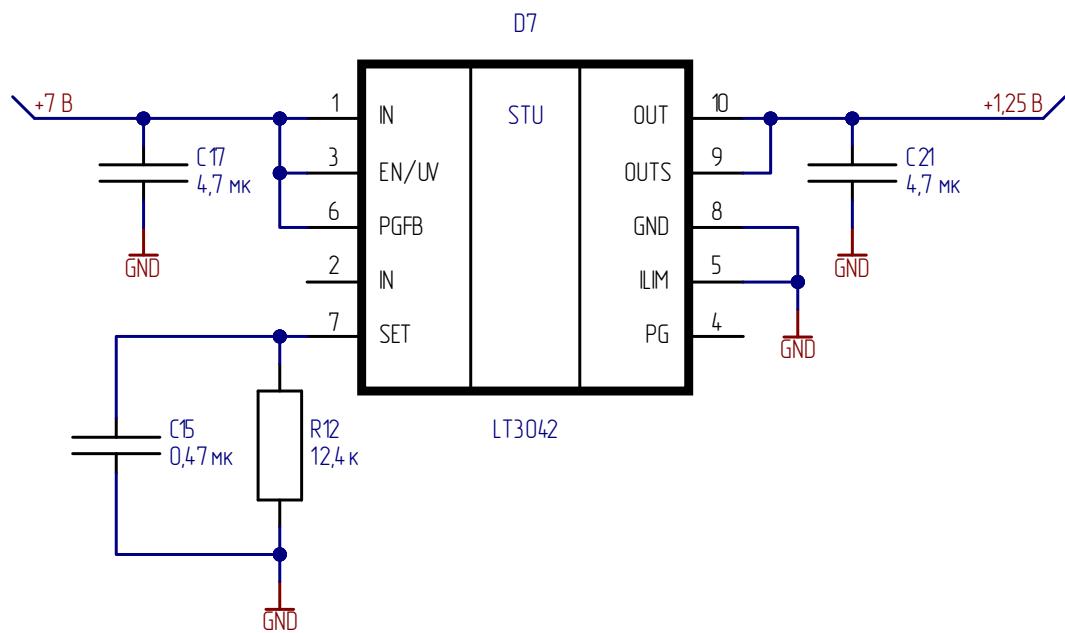


Рисунок 67 — Принципиальная электрическая схема линейного преобразователя 5 LT3042

Для стабилизатора MC33063, формирующего положительное напряжение, номиналы рассчитываем по формулам из спецификации:

$$R_{CS} = \frac{0,3}{2I_{out}} = \frac{0,3}{0,01} = 30 \text{ Ом}$$

$$C_T = 4 \times 10^{-5} \times t_{on} = 4 \times 10^{-5} \times \left(\frac{1}{f} - \frac{\frac{1}{f}}{\frac{U_{out} + U_F}{U_{in} - U_{sat} - U_{out}} + 1} \right) =$$

$$= 4 \times 10^{-5} \times \left(\frac{1}{500 \times 10^3} - \frac{\frac{1}{500 \times 10^3}}{\frac{16+1}{26-1-16} + 1} \right) = 52 \text{ пФ}$$

$$L = \frac{U_{in} - U_{sat} - U_{out}}{2I_{out}} \times t_{on} = \frac{26 - 1 - 16}{0,01} \times 1,3 \times 10^{-6} = 1170 \text{ мкГн}$$

$$C_o = \frac{2I_{out} \frac{1}{f}}{8} = \frac{0,01 \times \frac{1}{500 \times 10^3}}{8} = 2500 \text{ пФ}$$

$$R_2 = \left(\frac{U_{out}}{1,25} - 1 \right) \times R_1 = \left(\frac{26}{1,25} - 1 \right) \times 10 = 118 \text{ кОм}$$

Таким образом получим $C_{in} = 100 \text{ мкФ}$, $R_{CS} = 30,1 \text{ Ом}$, $C_T = 52,3 \text{ пФ}$, $L = 1180 \text{ мкГн}$, $C_O = 2500 \text{ пФ}$, $R_1 = 10 \text{ кОм}$, $R_2 = 118 \text{ кОм}$.

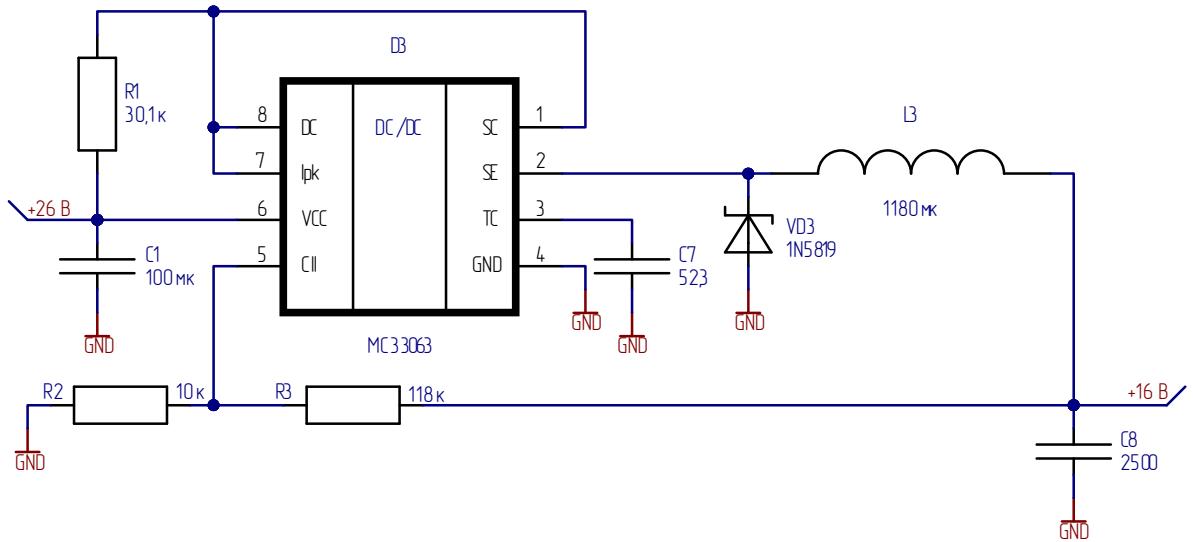


Рисунок 68 — Импульсный преобразователь 3 MC33063

Для MC33063, формирующего отрицательное напряжение, номиналы пассивных компонентов рассчитываем по формулам из спецификации:

$$R_{CS} = \frac{0,3}{2I_{out} \times \left(\frac{|U_{out}| + U_F}{U_{in} - U_{sat}} + 1 \right)} = \frac{0,3}{0,01 \times \left(\frac{16+1}{26-1} + 1 \right)} = 17,8 \text{ Ом}$$

$$C_T = 4 \times 10^{-5} \times t_{on} = 4 \times 10^{-5} \times \left(\frac{1}{f} - \frac{\frac{1}{f}}{\frac{|U_{out}| + U_F}{U_{in} - U_{sat}} + 1} \right) =$$

$$= 4 \times 10^{-5} \times \left(\frac{1}{500 \times 10^3} - \frac{\frac{1}{500 \times 10^3}}{\frac{16+1}{26-1} + 1} \right) = 32,4 \text{ пФ}$$

$$L = \frac{U_{in} - U_{sat}}{2I_{out} \times (\frac{|U_{out}| + U_F}{U_{in} - U_{sat}} + 1)} \times t_{on} = \frac{26 - 1}{0,01 \times (\frac{16 + 1}{26 - 1} + 1)} \times 8 \times 10^{-7} = 1190 \text{ мкГн}$$

$$C_O = 9 \times I_{out} \times t_{on} = 9 \times 0,005 \times 8 \times 10^{-7} = 0,036 \text{ мкФ}$$

$$R_2 = \left(\frac{U_{out}}{1,25} - 1 \right) \times R_1 = \left(\frac{26}{1,25} - 1 \right) \times 10 = 118 \text{ кОм}$$

Таким образом получим $C_{in} = 100 \text{ мкФ}$, $R_{CS} = 17,8 \text{ Ом}$, $C_T = 32,4 \text{ пФ}$, $L = 1180 \text{ мкГн}$, $C_O = 0,036 \text{ мкФ}$, $R_1 = 10 \text{ кОм}$, $R_2 = 118 \text{ кОм}$.

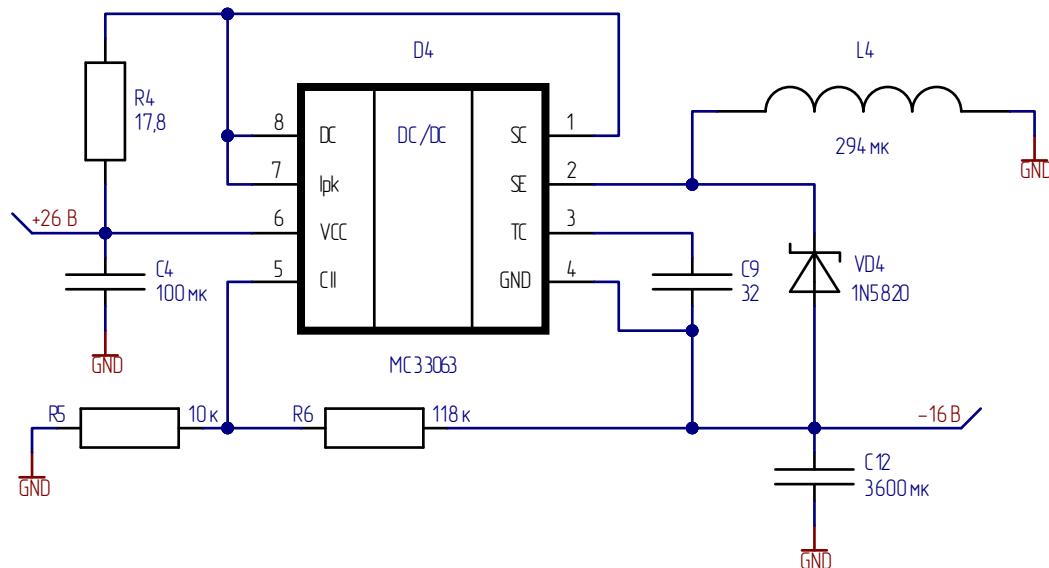


Рисунок 69 — Принципиальная электрическая схема импульсного преобразователя 4 MC33063

Для обоих MC33063 возьмем резисторы 1N5820, рекомендуемые в спецификации.
Для LP2985 возьмем номиналы, рекомендуемые спецификацией, т.е. $C_{in} = 1 \text{ мкФ}$, $C_{out} = 2,21 \text{ мкФ}$, $C_{BYPASS} = 0,01 \text{ мкФ}$.

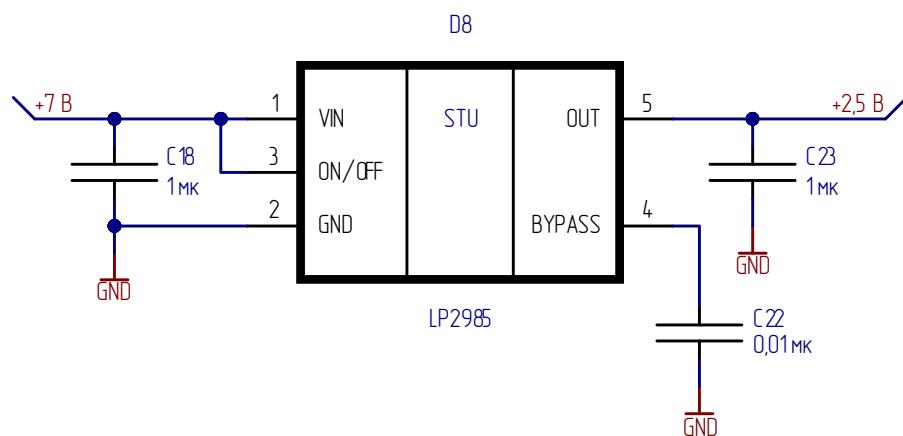


Рисунок 70 — Принципиальная электрическая схема линейного преобразователя 3 LP2985

Таким образом, используя схемы подключения, рассчитанные номиналы и структурную схему, получена принципиальная электрическая схема формирования питания (рисунок 71).

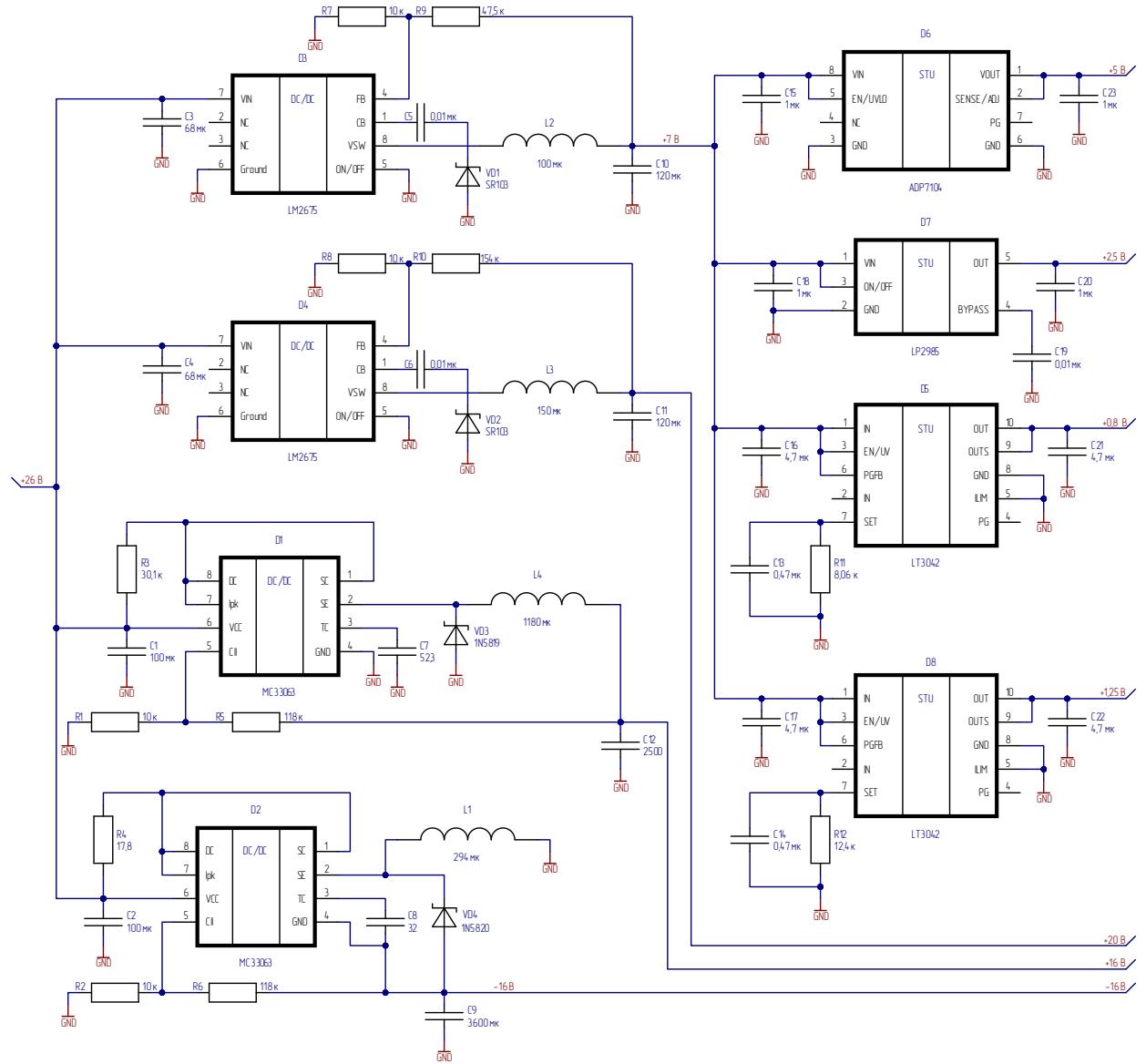


Рисунок 71 – Принципиальная электрическая схема формирования питания

9. Оценка выходного тока ИП

Потребители относительно источника питания — импульсные стабилизаторы. Рассчитаем мощность потребления каждого из них

$$P_{\text{имп} 1} = U_{\text{вых} 1} \times I_{\text{вых} 1} = 7 \times 0,59 = 4,13 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{имп} 2} = U_{\text{вых} 2} \times I_{\text{вых} 2} = 20 \times 0,02 = 0,4 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{имп} 3} = U_{\text{вых} 3} \times I_{\text{вых} 3} = 16 \times 0,005 = 0,08 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{имп} 4} = |U_{\text{вых} 4}| \times I_{\text{вых} 4} = 16 \times 0,005 = 0,08 \text{ Вт}$$

Просуммируем полученные мощности импульсных стабилизаторов, выразим и найдем входной ток:

$$P_{\text{вх}} = P_{\text{имп } 1} + P_{\text{имп } 2} + P_{\text{имп } 3} + P_{\text{имп } 4} = 4,13 + 0,4 + 0,08 + 0,08 = 4,69 \text{ Вт}$$

$$I_{\text{вх}} = \frac{P_{\text{вх}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{4,69}{26} = 0,18 \text{ А}$$

Таким образом входной ток для схемы формирования питания составляет 0,18 А.

ЧАСТЬ 4. СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ПИТАНИЯ ДЛЯ МК И ОУ

В рамках этой части необходимо разработать схему питания на базе микроконтроллера и операционного усилителя по параметрам из таблицы 5.

Таблица 5 — Параметры для подбора линейного преобразователя с фиксированным выходом

№	Напряжение питания, В	Семейство МК	ОУ	Интерфейс датчика	Интерфейс дисплея
13	+12	PIC18	MC33078P	I2C	UART

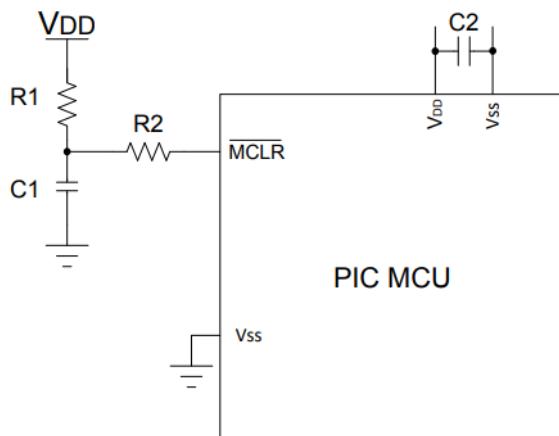
1. Микроконтроллер

Из семейства PIC18 был выбран PIC18F04Q40-EST.

Для тактирования возьмем резонатор HC-49S на 8 МГц, его емкость нагрузки составляет 20 пФ. Следовательно, возьмем значения конденсаторов при резонаторе по 22 пФ каждый.

Пусть к схеме подключается красный диод, тогда возьмем резистор сопротивлением 220 Ом. Для подключения кнопки возьмем резистор сопротивлением 4,7 кОм.

Для фильтрации питания и схемы сброса воспользуемся рекомендациями из спецификации (рисунок 72).



Key:

- C1: 0.1 μ F, 20V ceramic (recommended)
- R1: 10 k Ω (recommended)
- R2: 100 Ω to 470 Ω (recommended)
- C2: 0.1 μ F, 20V ceramic (required)

Рисунок 72 – Рекомендованная схема подключения из спецификации PIC18F04Q40

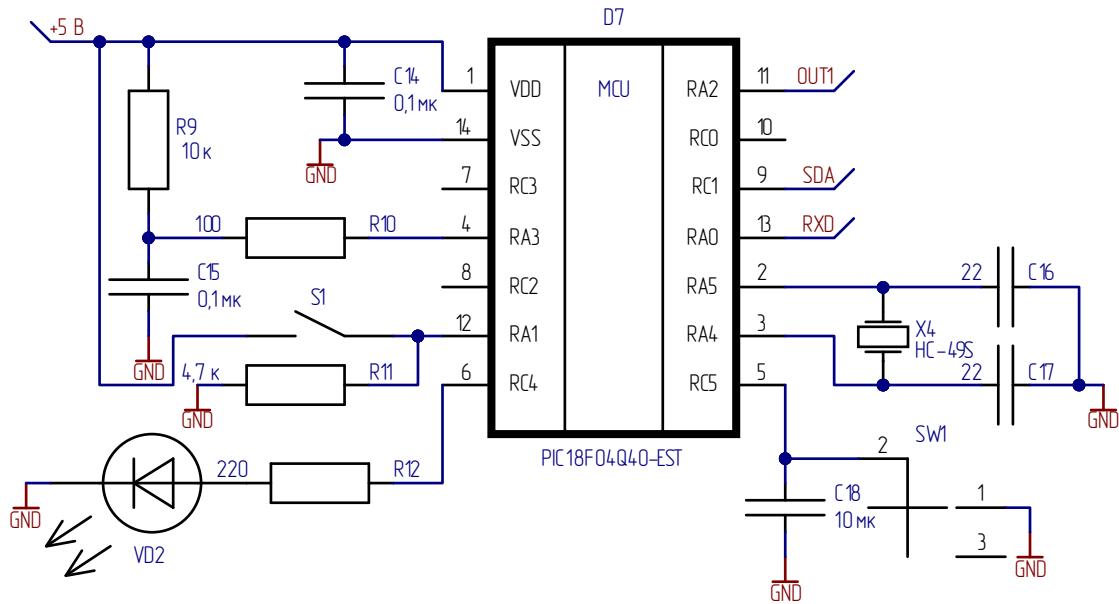


Рисунок 73 – Принципиальная электрическая схема подключения микроконтроллера PIC18F04Q40

2. Датчик

Из датчиков с интерфейсом I²C был выбран TC74. Согласно спецификации, возьмем выходной конденсатор емкостью 5 пФ.

Выходы SDA и SCLK подключим к выводам RC0 и RC1 микроконтроллера соответственно, согласно рисунку 73.

I/O	14-Pin SOIC/TSSOP	A/D	Reference	Comparator	ZCD	Timers/SMT	16-Bit PWM/CCP	CWG	CLC	SPI	I ² C	UART	DSM	IOC	Interrupts	Basic
RA0	13	ANA0	DAC1OUT1	C1IN0+	—	—	—	—	—	SS2(1)	—	—	—	IOCA0	—	ICDDAT ICSPDAT
RA1	12	ANA1	VREF+ (ADC) VREF+ (DAC1) VREF+ (DAC2)	C1IN0- C2IN0-	—	—	—	—	—	—	—	MDSRC(1)	IOCA1	—	ICDCLK ICSPCLK	
RA2	11	ANA2	VREF- (ADC) VREF- (DAC1) VREF- (DAC2) DAC1OUT2	—	ZCDIN	T0CKI(1)	—	CWGIN(1)	—	—	—	—	—	IOCA2	INT0(1)	—
RA3	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	IOCA3	—	MCLR V _{PP}
RA4	3	ANA4	—	—	—	T1G(1)	—	—	CLCIN3(1)	—	—	RX3(1)	—	IOCA4	INT1(1)	CLKOUT SOSC1 OSC2
RA5	2	ANA5	—	—	—	T1CKI(1) T2IN(1) SMT1WIN(1)	PWM1ERS(1)	—	—	—	—	CTS3(1)	—	IOCA5	INT2(1)	CLKIN SOSC1 OSC1
RC0	10	ANC0	—	C2IN0+	—	SMT1SIG(1)	—	—	SCK1(1)	SCL1(3,4)	—	—	—	IOCC0	—	—
RC1	9	ANC1	—	C1IN1- C2IN1-	—	T4IN(1)	PWM2ERS(1)	—	CLCIN2(1)	SDI1(1)	SDA1(3,4)	RX2(1)	—	IOCC1	—	—
RC2	8	ANC2 ADACT(1)	—	C1IN2- C2IN2-	—	—	PWM3ERS(1)	—	—	—	—	CTS2(1)	MDCARL(1)	IOCC2	—	—
RC3	7	ANC3	—	C1IN3- C2IN3-	—	—	PWMIN2(1)	—	CLCIN0(1)	SS1(1)	—	—	—	IOCC3	—	—
RC4	6	ANC4	—	—	—	T3G(1)	—	—	CLCIN1(1)	SCK2(1)	—	CTS1(1)	—	IOCC4	—	—
RC5	5	ANC5	—	—	—	T3CKI(1)	CCP1IN(1) PWMIN1(1)	—	—	SDI2(1)	—	RX1(1)	MDCARH(1)	IOCC5	—	—
VDD	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	VDD
VSS	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	VSS

Рисунок 74 – Функции выводов из спецификации PIC18F04Q40

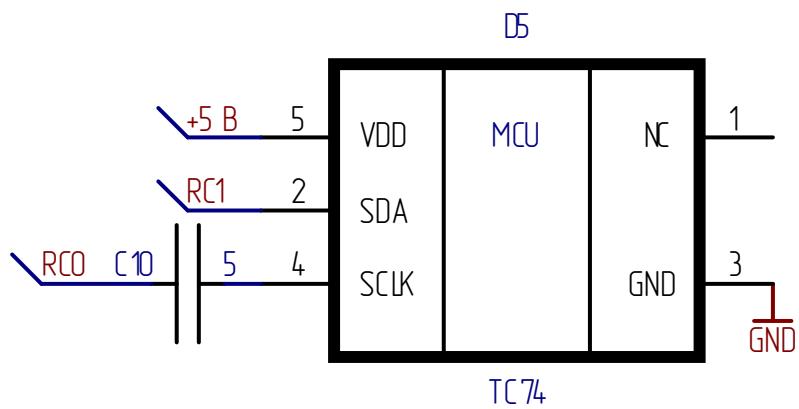


Рисунок 75 – Принципиальная электрическая схема подключения датчика TC74

3. Дисплей

Из дисплеев с интерфейсом UART был выбран diymore 4bit UART TTL. Подключим вывод RXD дисплея к выводу TXD МК (т.е. любому выводу A), согласно рисункам 74 и 75.



Рисунок 76 – Схема подключения из спецификации diymore

RxyPPS	Output Source	Available Output Ports						
		14-Pin Devices			20-Pin Devices			
		A	—	C	A	B	C	
0x22	I2C1 SDA ⁽¹⁾	A	—	C	A	B	C	
0x21	I2C1 SCL ⁽¹⁾	A	—	C	A	B	C	
0x20	SPI2 SS	A	—	C	A	B	C	
0x1F	SPI2 SDO	A	—	C	A	B	C	
0x1E	SPI2 SCK	A	—	C	A	B	C	
0x1D	SPI1 SS	A	—	C	A	B	C	
0x1C	SPI1 SDO	A	—	C	A	B	C	
0x1B	SPI1 SCK	A	—	C	A	B	C	
0x1A	C2OUT	A	—	C	A	B	C	
0x19	C1OUT	A	—	C	A	B	C	
0x18	UART3 RTS	A	—	C	A	B	C	
0x17	UART3 TXDE	A	—	C	A	B	C	
0x16	UART3 TX	A	—	C	A	B	C	
0x15	UART2 RTS	A	—	C	A	B	C	
0x14	UART2 TXDE	A	—	C	A	B	C	
0x13	UART2 TX	A	—	C	A	B	C	
0x12	UART1 RTS	A	—	C	A	B	C	
0x11	UART1 TXDE	A	—	C	A	B	C	
0x10	UART1 TX	A	—	C	A	B	C	

Рисунок 77 – Соответствие функций выводов к их типу из спецификации PIC18F04Q40

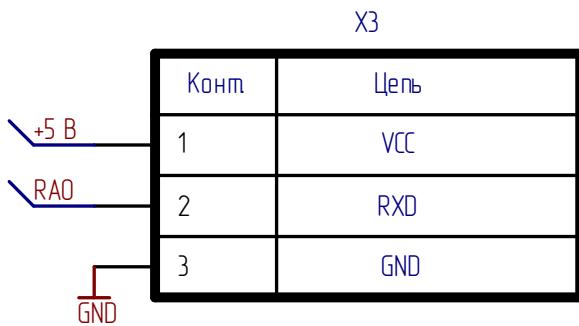


Рисунок 78 – Соответствие функций выводов к их типу из спецификации PIC18F04Q40

4. Операционный усилитель

Т.к. на микроконтроллере доступен только аналогово-цифровой преобразователь, на вход ОУ подадим сигнал из контактного поля, коэффициент преобразования сделаем 0,1, а выход операционного усилителя подадим на микроконтроллер.

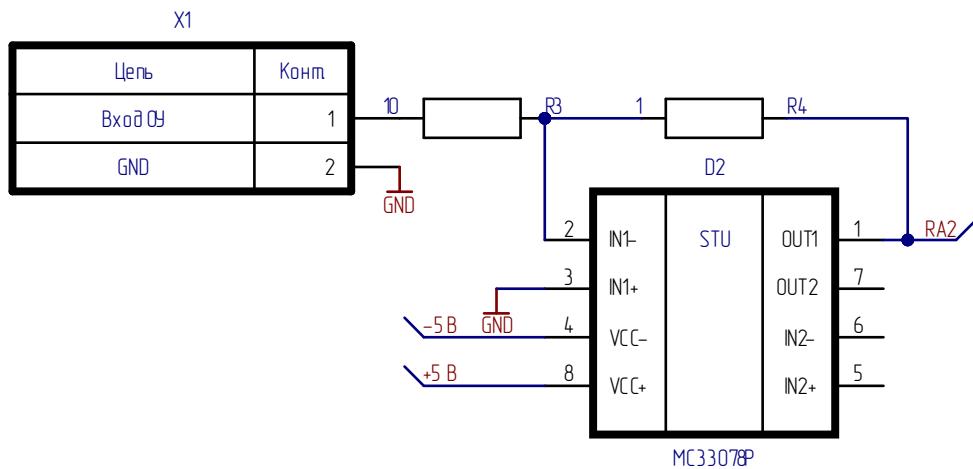


Рисунок 79 – Принципиальная электрическая схема операционного усилителя MC33078P

5. Линейные и импульсные стабилизаторы

Чтобы запитать выбранный МК PIC18F04Q40 и ОУ MC33078, необходимо сформировать из входного напряжения 12 В положительное и отрицательное напряжение 5 В.

Для формирования напряжения 5 В используем импульсный стабилизатор LM 2675 и линейный стабилизатор ADP7104. Для формирования напряжения -5 В используем импульсный стабилизатор MAX17579ATC и линейный стабилизатор ADP7182

Схемы и формулы для расчета номиналов пассивных компонентов для LM2675 и ADP7104 аналогичны таковым из предыдущих частей.

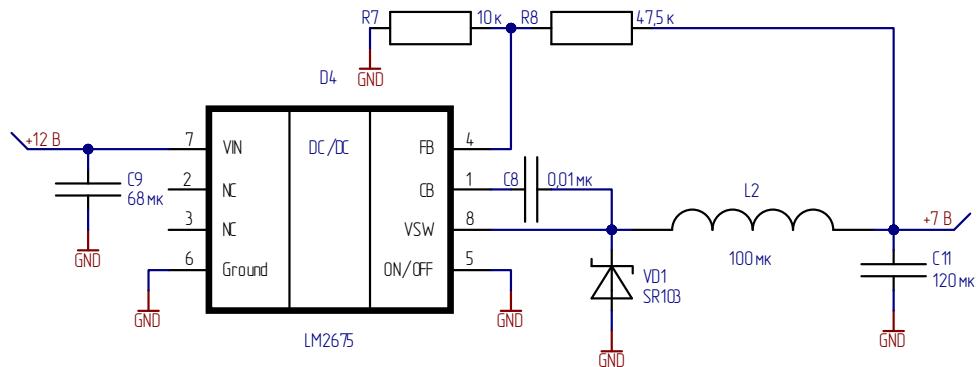


Рисунок 80 – Принципиальная электрическая схема импульсного преобразователя LM2675

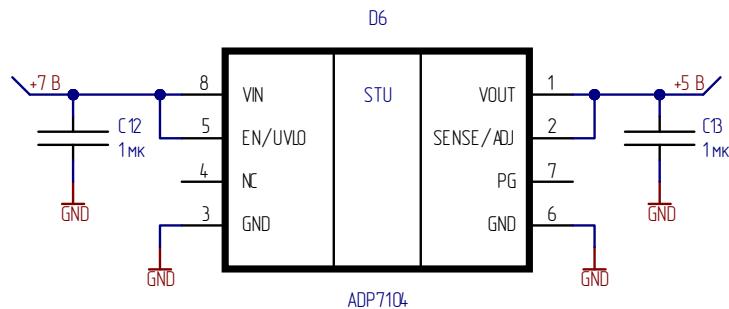


Рисунок 81 – Принципиальная электрическая схема линейного преобразователя ADP7104

Схему подключения MAX17679ATC возьмем из спецификации и рассчитаем номиналы резисторов, формирующих выходное напряжение. Согласно спецификации, минимально допустимое сопротивление резистора $R_{TOP} = 5,6 \times |U_{OUT}|$ кОм. Таким обозом, возьмем $R_{TOP} = 47$ кОм. R_{BOT} рассчитаем по формуле из спецификации:

$$R_{BOT} = \frac{R_{TOP} \times 0,9}{|U_{OUT}| - 0,9} = \frac{47 \times 0,9}{7 - 0,9} = 6,9 \text{ кОм}$$

Так, возьмем $R_{BOT} = 6,8$ кОм.

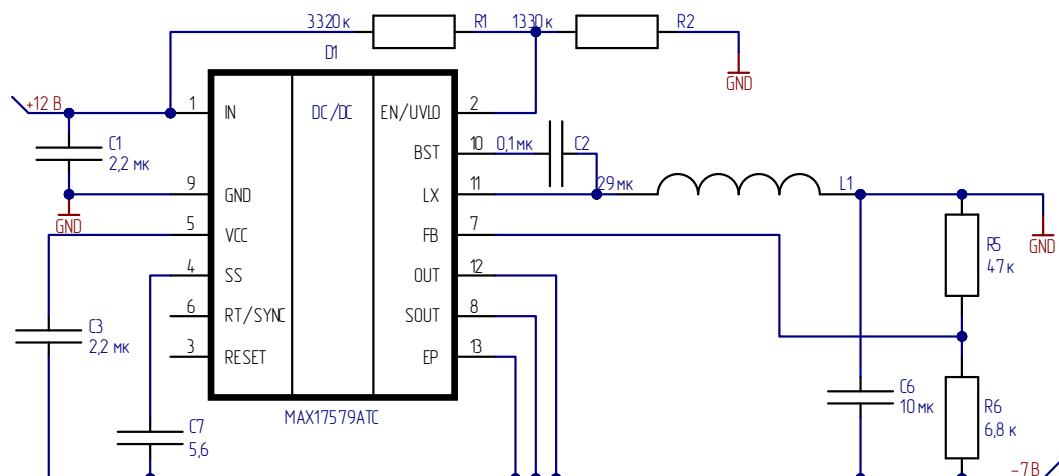


Рисунок 82 – Принципиальная электрическая схема импульсного преобразователя MAX17679ATC

Для стабилизатора ADP7182 возьмем типовую схему подключения и номиналы компонентов из спецификации.

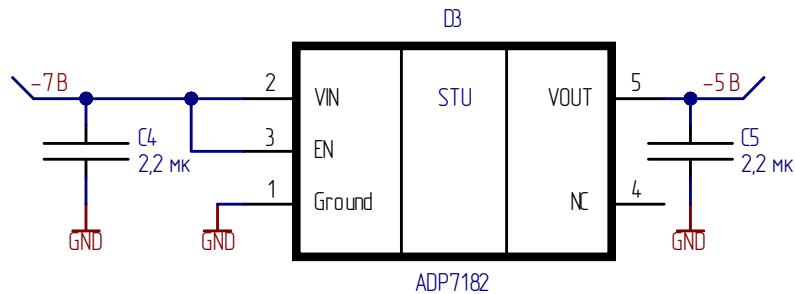


Рисунок 83 – Принципиальная электрическая схема линейного преобразователя ADP7182

Т.к на микроконтроллере присутствует только аналогово-цифровой преобразователь

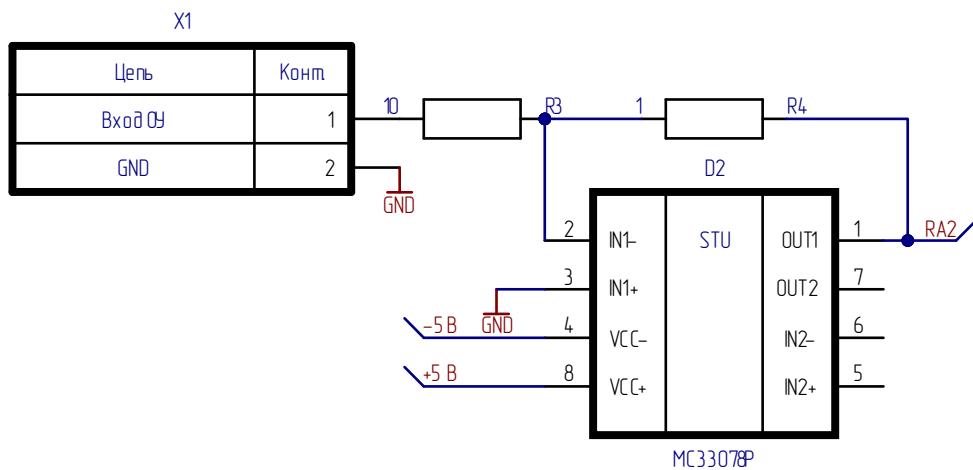


Рисунок 84 – Принципиальная электрическая схема операционного усилителя MC33078P

6. Разработка принципиальной электрической схемы

Используя типовые схемы подключения и формулы из спецификаций, получена принципиальная электрическая схема формирования питания (рисунок 85).

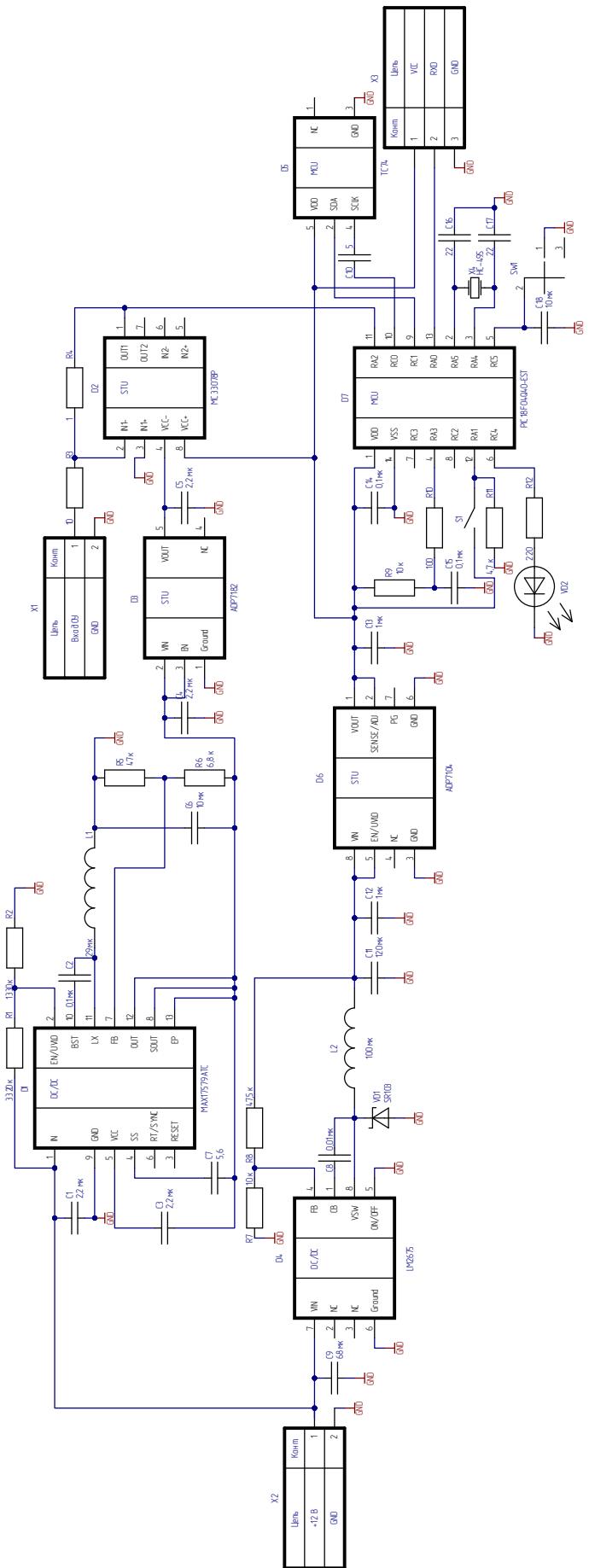


Рисунок 85 – Принципиальная электрическая схема формирования для МК и ОУ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Analog Devices: сайт. – URL: <http://www.analog.com> (дата обращения: 15.11.2025). – Текст: электронный.
- 2 Texas Instruments: сайт. – URL: <http://www.ti.com> (дата обращения: 15.11.2025). – Текст: электронный.
- 3 Mouser Electronics: сайт. – URL: <http://www.mouser.com> (дата обращения: 15.11.2025). – Текст: электронный.
- 4 ЧИП и ДИП: сайт. – URL: <http://www.chipdip.ru> (дата обращения: 15.11.2025). – Текст: электронный.
- 5 ГОСТ 7.32-2017. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
- 6 ГОСТ 2.702-2011 — ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.