

Задание 1

Если у нас потребляемая мощность 1,8 Вт, а напряжение 3,2В,

то $I = P/U = 1,8 / 3,2 = 0,5625$ А

1. Компоненты

Элементная база:

- 1) Трансформатор ТП1201, Трансформатор, 6В, 1.8А

Ссылка на компонент: <https://www.chipdip.ru/product/tp1201-transformator-6v-1.8a-elektron-kompleks-34212>

datasheet: <https://static.chipdip.ru/lib/898/DOC003898343.pdf>

Технические параметры

- а) Тип трансформатора тп
- б) Выходное напряжение, В 6
- в) Выходной ток, А 1.8
- г) Мощность, Вт 11
- д) Вес, г 235

- 2) Диодный мост КВР310

datasheet: <https://static.chipdip.ru/lib/812/DOC059812734.pdf>

Технические параметры диодного моста:

- а) Максимальное постоянное обратное напряжение, В 1000
- б) Максимальное импульсное обратное напряжение, В 1000
- в) Максимальный прямой(выпрямленный за полупериод) ток, А 3
- г) Максимальный допустимый прямой импульсный ток, А 80
- д) Максимальный обратный ток, мкА 5
- е) Максимальное прямое напряжение, В 1.1
- ж) при $I_{пр.}, А$ 1.5
- з) Максимальное время обратного восстановления, мкс -
- и) Общая емкость Сд, пФ 25
- к) Рабочая температура, С -55...+150
- л) Способ монтажа ТНТ
- м) Корпус КВР
- н) Вес, г 1

3) Диод выпрямительный 1N4003, 1A 200V [DO-41 / DO-204AC.]

<https://www.chipdip.ru/product/1n4003-diod-vypryamitelnyy-1a-200v-do-41-do-204ac-diotec-9000461660>

datasheet: <https://static.chipdip.ru/lib/702/DOC011702902.pdf>

Технические параметры

- а) Кол-во диодов в корпусе 1
- б) Конфигурация диода Одиночный
- в) Максимальное постоянное обратное напряжение, В 200
- г) Максимальный (средний) прямой ток на диод, $I_f(AV)$ (А) 1
- д) Максимальное прямое напряжение при $T_j=25^\circ\text{C}$, V_f при I_f (В) 1.1
- е) Максимальный обратный ток при $T_j=25^\circ\text{C}$, I_r при V_r (мкА) 10
- ж) Рабочая температура PN-прехода ($^\circ\text{C}$) -65...+175
- з) Корпус DO-204AL/DO-41
- и) Вес, г

4) Линейный регулятор LM317LZ

ссылка на компонент: <https://www.chipdip.ru/product/lm317lz-st-microelectronics-8001785435>

datasheet: <https://static.chipdip.ru/lib/448/DOC029448303.pdf>

Технические параметры

- а) Корпус to92
- б) кол-во в упаковке 2500
- в) Выходное напряжение макс. (рег. выход) 37
- г) Выходное напряжение мин. (рег.выход) 1.2
- д) Выходное напряжение, В (фикс) 1.2
- е) Макс. входное напряжение, В 40
- ж) Мин. входное напряжение, В 4.2
- з) Номин. выходной ток, А 0.1
- и) Падение напряжения вх/вых, В 3
- к) Полярность включения положительная
- л) Рабочая температура 0...+125
- м) Точность, % 1
- н) Число регуляторов в корпусе 1
- о) Brand: STMicroelectronics
- п) Factory Pack Quantity: Factory Pack Quantity: 2500
- р) Input Voltage, Max: 40 V

c) Input Voltage, Min: 4.2 V
 т) Line Regulation: 0.04%/V
 y) Load Regulation: 0.5%
 ф) Manufacturer: STMicroelectronics
 x) Maximum Operating Temperature: +125 C
 ц) Minimum Operating Temperature: 0 C
 ч) Mounting Style: Through Hole
 ш) Number of Outputs: 1 Output
 щ) Output Current: 1.5 A
 ы) Output Type: Adjustable
 э) Output Voltage: 1.2 V to 37 V
 ю) Package / Case: TO-92-3
 я) Packaging: Bulk
 аа) Polarity: Positive
 бб) Product Category: Linear Voltage Regulators
 вв) Product Type: Linear Voltage Regulators
 гг) PSRR / Ripple Rejection - Typ: 80 dB
 дд) Series: LM317L
 ее) Subcategory: PMIC-Power Management ICs
 жж) Function Standard
 зз) Lead Finish Matte Tin
 ии) Line Regulation 0.04%/V
 кк) Load Regulation 0.5%/Vo
 лл) Maximum Output Current 0.05 A
 мм) Mounting Through Hole
 нн) Number of Outputs 1
 оо) Operating Temperature 0 to 125 °C
 пп) Output Type Adjustable
 рр) Output Voltage 1.2 to 37 V
 сс) Polarity Positive
 тт) Reference Voltage 1.3 V
 уу) Brand STMicroelectronics
 фф) Factory Pack Quantity 8000
 хх) Height 4.95 mm(Max)
 цц) Input Voltage MAX 40 V
 чч) Input Voltage MIN 4.2 V
 шш) Length 4.95 mm(Max)
 щщ) Manufacturer STMicroelectronics
 ыы) Maximum Operating Temperature +125 C
 ээ) Minimum Operating Temperature 0 C
 юю) Mounting Style Through Hole
 яя) Output Current 100 mA
 ааа) Package / Case TO-92
 ббб) Packaging Reel
 ввв) Product Category Linear Voltage Regulators
 ггг) PSRR / Ripple Rejection - Typ 80 dB

ддд)	RoHS Details
еее)	Series LM317L
жжж)	Width 3.94 mm(Max)
ззз)	Тип выхода фиксированный
иии)	Accuracy 0.7%
ккк)	Package Type TO-92
ллл)	Pin Count 3
ммм)	Regulator Function Linear
ннн)	Regulator Type Step-Down Converter
ооо)	Вес, г 0.25

- 5) Конденсатор электролитический алюминиевый K50-35, 3300мкФ, 10В, 105°C, 20%, 13x20мм, Low imp, JRC1A332M05001300200000B,
 ссылка на компонент: <https://www.chipdip.ru/product/k50-35-3300mkf-10v-105-c-20-13x20mm-low-imp-jb-capacitors-9000565780>
 datasheet: <https://www.chipdip.ru/product/k50-35-3300mkf-10v-105-c-20-13x20mm-low-imp-jb-capacitors-9000565780>

Технические параметры

- а) Тип JRC
- б) Рабочее напряжение,В 10
- в) Номинальная емкость 3300
- г) Единица измерения мкф
- д) Допуск номинальной емкости,% 20
- е) Рабочая температура,С -55...105
- ж) Тангенс угла потерь,% 0.19
- з) Ток утечки макс.,мкА 0.02
- и) Выводы/корпус радиал.пров.
- к) Диаметр корпуса D,мм 13
- л) Длина корпуса L,мм20
- м) Вес, г 3

- б) Конденсатор ЕСАР (K50-35 мини), 10мкФ, 16В, 4x7мм, JRK1C100M01500400070000B, Конденсатор электролитический алюминиевый миниатюрный

ссылка на компонент: <https://www.chipdip.ru/product/ecap-k50-35-mini-10mkf-16v-4x7mm-jb-capacitors-9000261763>

datasheet: <https://static.chipdip.ru/lib/649/DOC038649420.pdf>

Технические параметры

- а) Тип JRK мини.
- б) Рабочее напряжение, В 16
- в) Номинальная емкость 10
- г) Единица измерения мкФ
- д) Допуск номинальной емкости, % 20
- е) Рабочая температура, С -55...105
- ж) Тангенс угла потерь, % 0.1
- з) Ток утечки макс., мкА 4
- и) Выводы/корпус радиал. пров.
- к) Диаметр корпуса D, мм 4
- л) Длина корпуса L, мм 7
- м) Вес, г 0.4
- 7) Конденсатор ED1C102MNN1020, Конденсатор: электролитический; с низким импедансом; ТНТ; 16ВDC

ссылка на компонент: <https://www.chipdip.ru/product/ed1c102mnn1020-kondensator-elektroliticheskiy-s-elite-8002517381>

Технические параметры

- а) Тип Electrolytic
- б) Рабочее напряжение, В 16
- в) Номинальная емкость 1
- г) Допуск номинальной емкости, % $\pm 20\%$
- д) Рабочая температура, С -40...105°C
- е) Impedance 46mΩ
- ж) Kind of capacitor low ESR
- з) Manufacturer Elite
- и) Max. forward impulse current 1.4A
- к) Mounting ТНТ
- л) Nominal life 3000h
- м) Terminal pitch 5mm
- н) Вес, г 2.11

- 8) Резистор МО-200 (С2-23) 2Вт, 240 Ом, 5%, Резистор металлооксидный

ссылка на компонент: <https://www.chipdip.ru/product/mo-200-s2-23-2vt-240-om-5-rezistor-metallooksidnyy-43461>

datasheet: <https://static.chipdip.ru/lib/055/DOC000055622.pdf>

Технические параметры

- а) Тип С2-23
- б) Номин.сопротивление 240

- в) Единица измерения Ом
- г) Точность, % 5
- д) Мощность, Вт 2
- е) Макс.рабочее напряжение,В 750
- ж) Рабочая температура,С -55...155
- з) Длина корпуса L,мм 15.5
- и) Ширина (диаметр) корпуса W(D),мм 5
- к) Монтаж в отв.
- л) Вес, г 1

- 9) резистор МО-200 (С2-23) 2Вт, 390 Ом, 5%, Резистор металлооксидный
 ссылка на компонент: <https://www.chipdip.ru/product/mo-200-s2-23-2vt-390-om-5-rezistor-metallooksidnyy-11247>
 datasheet: <https://static.chipdip.ru/lib/055/DOC000055622.pdf>

Технические параметры

- а) Тип С2-23
- б) Номин.сопротивление 390
- в) Единица измерения Ом
- г) Точность, % 5
- д) Мощность, Вт 2
- е) Макс.рабочее напряжение,В 750
- ж) Рабочая температура,С -55...155
- з) Длина корпуса L,мм 15.5
- и) Ширина (диаметр) корпуса W(D),мм 5
- к) Монтаж в отв.
- л) Вес, г 0.98

- 10) конденсатор EKYB160ELL562ML25S, 5600 μ F 16 V Aluminum Electrolytic
 Capacitors Radial, Can 10000 Hrs @ 105°C

ссылка на компонент: <https://www.chipdip.ru/product/ekyb160ell562ml25s-5600-f-16-v-aluminum-chemi-con-8024403614>

datasheet: <https://static.chipdip.ru/lib/892/DOC039892422.pdf>

Технические параметры

- а) Рабочее напряжение,В 16
- б) Номинальная емкость 5600
- в) Единица измерения мкф
- г) Допуск номинальной емкости,% 20%
- д) Диаметр корпуса D,мм 16 mm
- е) Brand: Chemi-Con

- ж) ESR: 20 mOhms
- з) Factory Pack Quantity: 500
- и) Lead Spacing: 7.5 mm
- к) Lead Style: Straight
- л) Life: 10000 Hour
- м) Manufacturer: Chemi-Con
- н) Maximum Operating Temperature: +105 C
- о) Minimum Operating Temperature: -40 C
- п) Packaging: Bulk
- р) Product Category: Aluminium Electrolytic Capacitors-Radial Leaded
- с) Product Type: Electrolytic Capacitors
- т) Product: Low Impedance Electrolytic Capacitors
- у) Ripple Current: 3.14 A
- ф) Subcategory: Capacitors
- х) Termination Style: Radial
- ц) Type: Miniature Aluminum Electrolytic Capacitor

2. Варианты решения

2.1. 1 вариант

Схема двухполупериодный выпрямитель (с использованием диодного моста)

Мы взяли чуть помощнее трансформатор, чтобы конденсатор успел заряжаться.

Пиковое постоянное напряжение после диодного моста

Напряжение для конденсатора выбирается исходя из максимального пикового напряжения, которое на нем может возникнуть. Конденсатор у нас стоит после диодного моста, поэтому необходимо рассчитать данное напряжение.

$U(\text{выходное после диодного моста}) = U(\text{входное для диодного моста}) * \sqrt{2} - U(\text{падение напряжения на мосте})$.

$\sqrt{2}$ — коэффициент для получения амплитудного значения из действующего пульсирующего напряжения.

У нас ток, как в прямом, так и в обратном направлениях проходит через два диода, значит

Общее падение напряжения будет $2 * 0,9 \text{ В} = 1,8 \text{ В}$

Тогда

$6 \text{ В} * \sqrt{2} - 1,8 \text{ В} = 6,7 \text{ В}$ максимальное напряжение на конденсаторе, которое м.б. после диодного моста.

Посчитаем емкость сглаживающего конденсатора:

$C = 3200 * I(\text{ток нагрузки}) / U(\text{напряжение нагрузки}) * K(\text{коэффициент пульсации})$

Для большинства типов аппаратуры коэффициент пульсаций берется 0,1.

Тогда $C = 3200 * 0,6 \text{ А} / 6,7 \text{ В} * 0,1 = 2866 \text{ мкФ}$

Емкость конденсатора равна 2866 мкФ

Берем конденсатор К50-35 на 3300мкФ.

Линейный регулятор

Нам необходимо 3,3 В для нагрузки на выходе стабилизатора, а у нас 6,7 В. Добавим в нашу схему линейный регулятор LM-317.

На Рис. 1 указана рекомендуемая схема подключения LM-317.

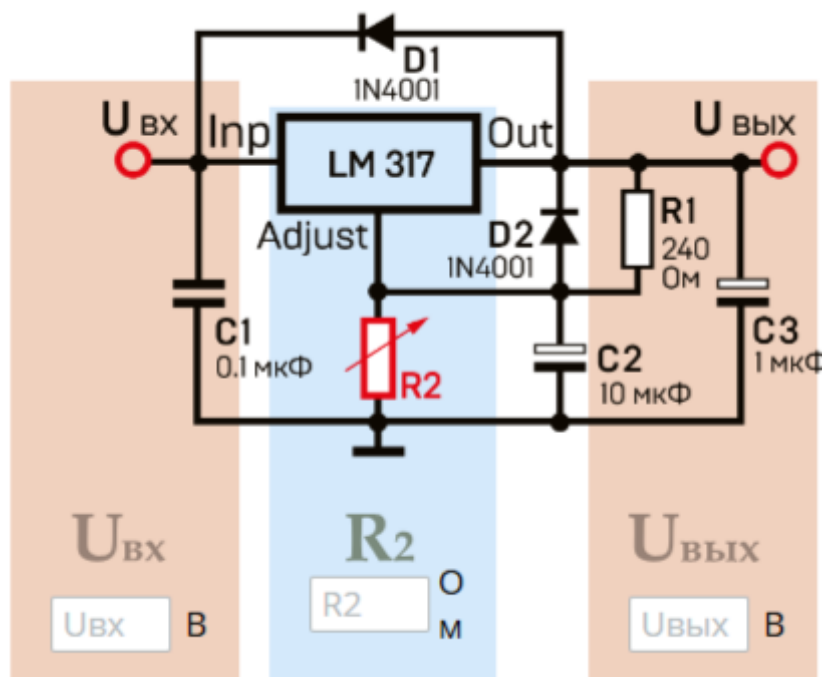


Рис. 1 - Схема подключения LM-317

Согласно расчетам из datasheet (<https://www.chipdip.ru/calc/ic-stabilizers?uin=6&r2=333&uout=3&f=0>) применим формулу:

$$V_0 = V_{ref}(1 + R_2/R_1) + I_{adj} * R_2$$

Где V_0 - выходное требуемое напряжение 3,3 В

Описание расчета стабилизатора напряжения:

- Для защиты микросхемы от короткого замыкания по входу и выходу, предназначены диоды D1 (по входу) и D2 (по выходу). Производитель допускает работу стабилизатора без использования защитных диодов если напряжение на выходе не превышает 25 вольт.
- Конденсатор C1 рекомендуется, если стабилизатор не находится в непосредственной близости от источника входного напряжения $U_{вх}$ (от конденсаторов фильтра питания).
- Конденсатор C2 снижает уровень пульсаций на выходе микросхемы и влияет на скорость реакции стабилизатора на изменение выходного напряжения $U_{вых}$.
- Резисторы R1 и R2 необходимы для установки выходного напряжения. Для стабильности выходного напряжения сопротивление R1 не должно быть выше 240 Ом. Ток, на втором выводе микросхемы (I_{adj}) паразитный, производитель указывает его в диапазоне от 50 до 70 мкА.
- опорное напряжение $U_{ref} = 1.25$ вольт. Изменяя значение R2, мы можем устанавливать требуемое значение выходного напряжения ($U_{вых}$).
- Для максимальной реализации выходных параметров ИМС необходимо осуществлять контактирование резисторного делителя обратной связи и выходного конденсатора (R1, R2, C3) как можно ближе к выходу ИМС, а саму ИМС рекомендуется устанавливать в непосредственной близости к нагрузке.
- При использовании дополнительного радиатора, рассеиваемая мощность не должна превышать 10 Вт. При этом температура кристалла микросхемы должна быть не более 130 °C.
- Важно помнить и не превышать установленные производителем выходные характеристики. В случае превышения тока нагрузки, сработает цепочка защиты.

Мы работаем с U меньшим 25 вольт, поэтому диоды в свою схему не включаем.

Конденсатор C_1 у нас есть (K50-35), но большей емкости.

В качестве C_2 возьмем конденсатор ECAP (K50-35 мини), 10мкФ, 16В, а на место C_3 - ED1C102MNN1020 на 1мкФ.

Расчет:

Подставляем $V_0 = 3,3$ В и $V_{ref} = 1,25$ В, возьмем среднее значение $I_{adj} = 0,00006$ А из диапазона 50 -70 мкА.

$$3,3 = 1,25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + 0,00006 * R_2$$

Умножаем все выражение на 0,00006

$$34167 = 20,833 * \frac{R_2}{R_1} + R_2$$

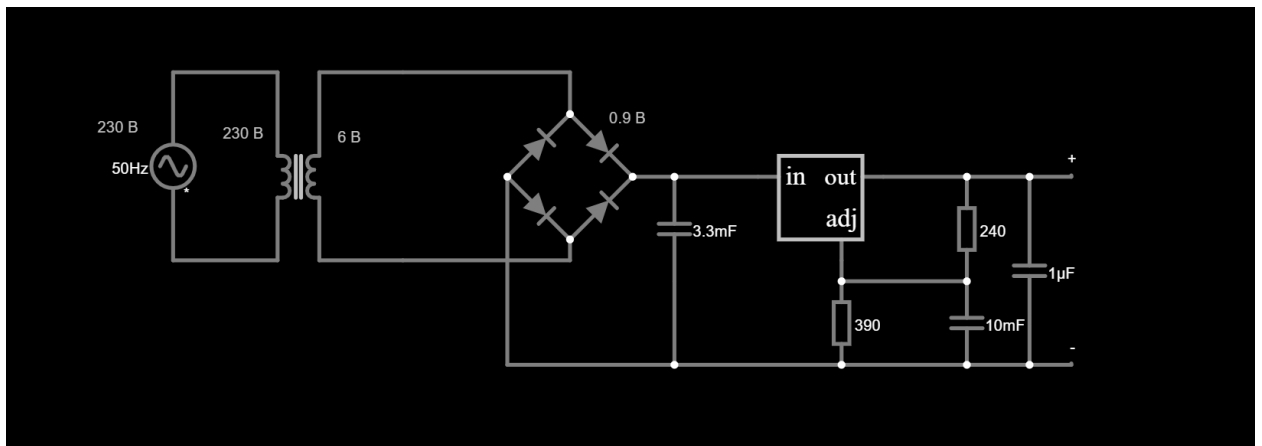
$$R_2 = \frac{34167 * R_1}{20833 + R_1}$$

Возьмем максимальное рекомендуемое значение $R_1 = 240 \text{ Ом}$, мощностью $I * V_{ref} = 0,6 \text{ А} * 1,25 \text{ В} = 0,75 \text{ Вт}$. Подойдет резистор МО-200 (С2-23) 2Вт, 240 Ом,

Тогда

$$R_2 = \frac{34167 * 240}{20833 + 240} = 389,12 \text{ Ом}$$

Возьмем резистор МО-200 (С2-23) 2Вт, 390 Ом,



2.2. Достоинства и недостатки варианта 1

Минусы:

1) Двойное падение напряжения на диодах по сравнению с однополупериодным выпрямлением.

Это происходит, потому что ток в итоге проходит через два диода.

Например, прямое напряжение на кремниевых диодах в двухполупериодном выпрямителе не менее $0,65 * 2 \approx 1,3 \text{ В}$. Это нежелательно в низковольтных схемах.

2) Удваиваются потери энергии, рассеиваемой в виде тепла, на диодах, что снижает КПД мощных низковольтных выпрямителей.

Частично этот недостаток можно преодолеть за счёт использования диодов Шоттки с малым прямым падением напряжения.

3) При выходе из строя одного из диодов (обрыве) схема превращается в однополупериодный выпрямитель, что может быть сразу не замечено.

4) На выходе двухполупериодного выпрямителя получается пульсирующий ток, а не строго постоянный.

Для сглаживания пульсаций необходимо использовать сглаживающий фильтр, который в простом варианте может

состоять из одного конденсатора. Ёмкость конденсатора должна быть такой, чтобы конденсатор не успевал быстро разрядиться.

5) Если пульсации должны быть малыми, или сопротивление нагрузки мало, то необходима чрезмерно большая ёмкость конденсатора,

что может вызвать недопустимый нагрев вентиля и выход его из строя.

Плюсы:

1) Более высокая эффективность по сравнению с однополупериодным выпрямителем. Двухполупериодные выпрямители могут одновременно использовать как положительный, так и отрицательный полупериоды, что повышает КПД.

2) Более высокое среднее выходное напряжение — выходное напряжение постоянного тока двухполупериодного выпрямителя составляет примерно 0,637 пикового напряжения переменного тока, тогда как выходное напряжение однополупериодного выпрямителя — всего 0,318 В·м.

3) Лучший коэффициент использования трансформатора — двухполупериодные выпрямители могут более полно использовать мощность вторичной обмотки трансформатора, сократить потери ресурсов.

4) Меньшие пульсации выходного постоянного тока по сравнению с однополупериодным выпрямителем. Поскольку выходная частота двухполупериодного выпрямления в два раза превышает входную частоту переменного тока, колебания напряжения происходят быстрее, пульсации меньше, а результирующий постоянный ток более стабилен.

5) Требуется меньший фильтрующий конденсатор — поскольку амплитуда пульсаций ниже, а выходное напряжение относительно стабильно по сравнению с однополупериодным выпрямлением, для дальнейшего сглаживания формы сигнала требуется лишь меньший фильтрующий конденсатор.

2.3. 2 вариант

Схема однополупериодного выпрямителя(с одним диодом)

Мы взяли чуть помощнее трансформатор, чтобы конденсатор успел заряжаться.

Выходное напряжение трансформатора составляет 6 В.

Пиковое постоянное напряжение после диода

Напряжение для конденсатора выбирается, исходя из максимального пикового напряжения, которое на нем может возникнуть. Конденсатор у нас стоит после диода, поэтому необходимо рассчитать данное напряжение.

$U(\text{выходное после диода}) = U(\text{входное для диода}) * \sqrt{2} - U(\text{падение напряжения на диоде}).$

$\sqrt{2}$ — коэффициент для получения амплитудного значения из действующего пульсирующего напряжения.

У нас идет падение напряжения на диодном выпрямителе 1N4003, по datasheet максимальное прямое напряжение составляет 1 В, т.е. , как я понимаю, падение напряжение составляет максимум 1 В, возьмем несколько меньшее значение 0,9 В,

тогда

$6 \text{ В} * \sqrt{2} - 0,9 \text{ В} = 7,5 \text{ В}$ максимальное напряжение на конденсаторе, которое м.б. после диодного выпрямителя.

Посчитаем емкость сглаживающего конденсатора:

$C = 6400 * I(\text{ток нагрузки}) / U(\text{напряжение нагрузки}) * K(\text{коэффициент пульсации})$

Для большинства типов аппаратуры коэффициент пульсаций берется 0,1.

Тогда $C = 6400 * 0,6 \text{ А} / 7,5 \text{ В} * 0,1 = 5120 \text{ мкФ}$

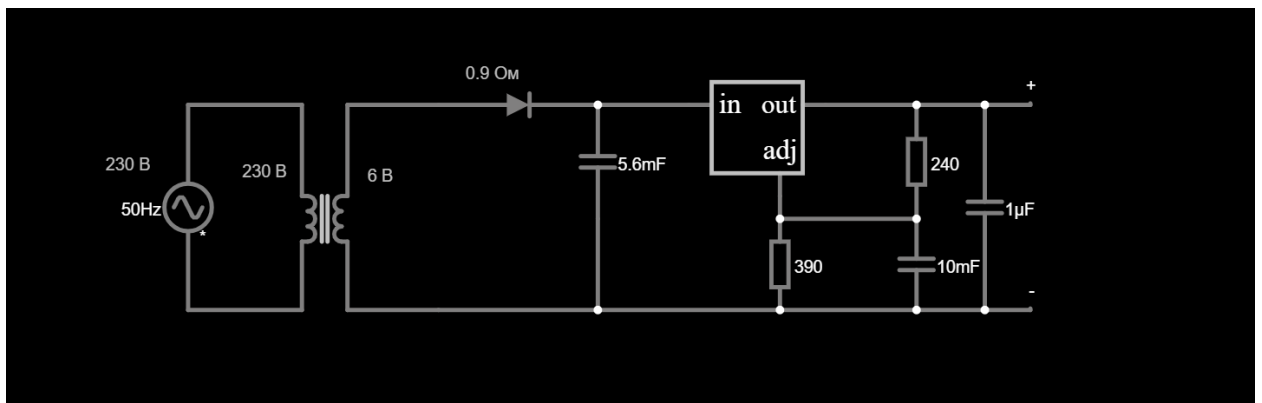
Емкость конденсатора равна 5120 мкФ

Берем конденсатор EKYB160ELL562ML25S, 5600 μF 16 V.

.

Линейный регулятор

Расчеты аналогичны расчетам в подразделе 2.1(стр. 7)



2.4. Достоинства и недостатки варианта 2

Данная схема весьма неудобна, т.к конденсатор будет очень быстро разряжаться н нагрузку и получим так называемые пульсации.

Данная схема нашла применение в других областях электроники, например для получения импульсов, если поставить

с схему компаратор, то можем получить серию прямоугольных импульсов частоты , заданных гармоническим сигналом

Минусы:

- 1) высокий коэффициент пульсаций,
- 2) низкий коэффициент полезного действия (КПД)
- 3) большие габариты.

Плюсы:

- 1) Простота. Схемотехническая схема проста и понятна.
- 2) Дешевизна. Поскольку требуется и используется минимальное количество компонентов, выпрямитель дешевле.
- 3) Простота использования. Благодаря простой конструкции устройство легко использовать.
- 4) Снижение падения напряжения и потерь мощности на выпрямителе. В однополупериодной схеме ток нагрузки

протекает через один вентиль, в то время как в мостовой схеме — через два последовательно соединённых вентиля.

