

# **Задание 1**

Если у нас потребляемая мощность 1,8 Вт, а напряжение 3,2В,  
то  $I = P/U = 1,8 / 3,2 = 0,5625 \text{ A}$

## **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 KBR310

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, мА 5
- е) Максимальное прямое напряжение, В 1.1
- ж) при  $I_{pr.}, \text{A} 1.5$
- з) Максимальное время обратного восстановления, мкс -
- и) Общая емкость  $C_d, \text{пФ} 25$
- к) Рабочая температура, С  $-55...+150$
- л) Способ монтажа ТНТ
- м) Корпус КВР
- н) Вес, г 1

3) Диод выпрямительный 1N4003, 1A 200В [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, If(AV) (А) 1
- д) Максимальное прямое напряжение при T<sub>j</sub>=25 °C, V<sub>f</sub> при If (B) 1.1
- е) Максимальный обратный ток при T<sub>j</sub>=25 °C, I<sub>r</sub> при V<sub>r</sub> (мкА) 10
- ж) Рабочая температура PN-перехода (°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

с) Input Voltage, Min: 4.2 V  
т) Line Regulation: 0.04%/V  
у) Load Regulation: 0.5%  
ф) Manufacturer: STMicroelectronics  
х) 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  
aa) Polarity: Positive  
бб) Product Category: Linear Voltage Regulators  
вв) Product Type: Linear Voltage Regulators  
гг) PSRR / Ripple Rejection - Typ: 80 dB  
дд) Series: LM317L  
еe) 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  
pp) Output Voltage 1.2 to 37 V  
cc) Polarity Positive  
тт) Reference Voltage 1.3 V  
yy) Brand STMicroelectronics  
фф) Factory Pack Quantity 8000  
xx) 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  
aaa) 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 |
| ooo) | 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, мм 20
- м) Вес, г 3

- 6) Конденсатор ECAP (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; ТHT; 16BDC

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, % ±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 THT
- 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 MO-200 (C2-23) 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  $\mu$ 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: 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 использование 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.

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

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

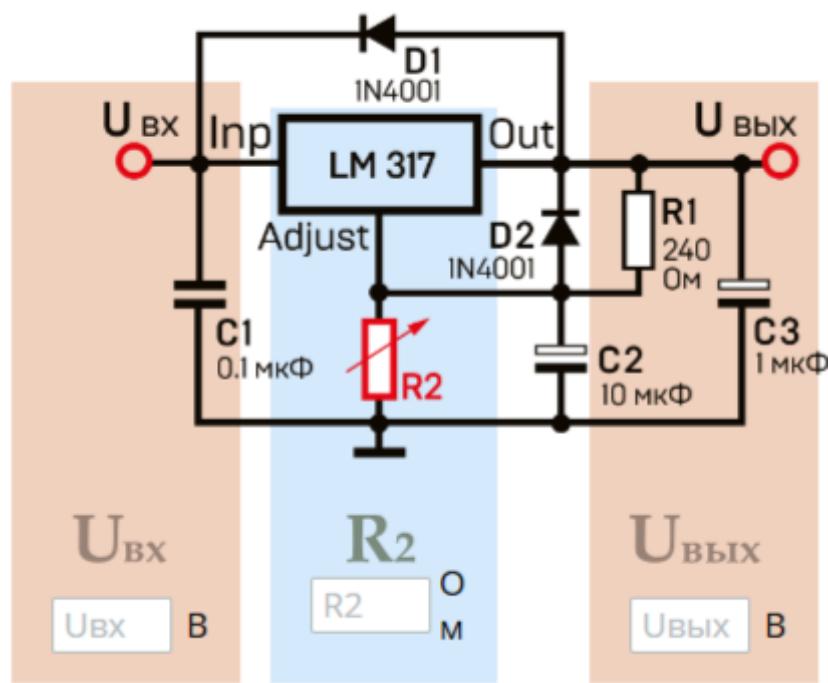
Емкость конденсатора равна 2866 мкФ

Берем конденсатор К50-35 на 3300мкФ.

### Линейный регулятор

Нам необходимо 3,3 В для нагрузки на выходе стабилитрона, 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  $U_{\text{вх}}$  (от конденсаторов фильтра питания).
- Конденсатор C2 снижает уровень пульсаций на выходе микросхемы и влияет на скорость реакции стабилизатора на изменение выходного напряжения  $U_{\text{вых}}$ .
- 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 ( $I_{\text{adj}}$ ) паразитный, производитель указывает его в диапазоне от 50 до 70 мА.
- Опорное напряжение  $U_{\text{ref}} = 1.25$  вольт. Изменяя значение R2, мы можем устанавливать требуемое значение выходного напряжения ( $U_{\text{вых}}$ ).
- 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<sub>1</sub> у нас есть (К50-35), но большей емкости.

В качестве C<sub>2</sub> возьмем конденсатор ECAP (К50-35 мини), 10мкФ, 16В, а на место C<sub>3</sub> - ED1C102MNN1020 на 1мкФ.

Расчет:

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

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

Умножаем все выражение на 0,00006

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

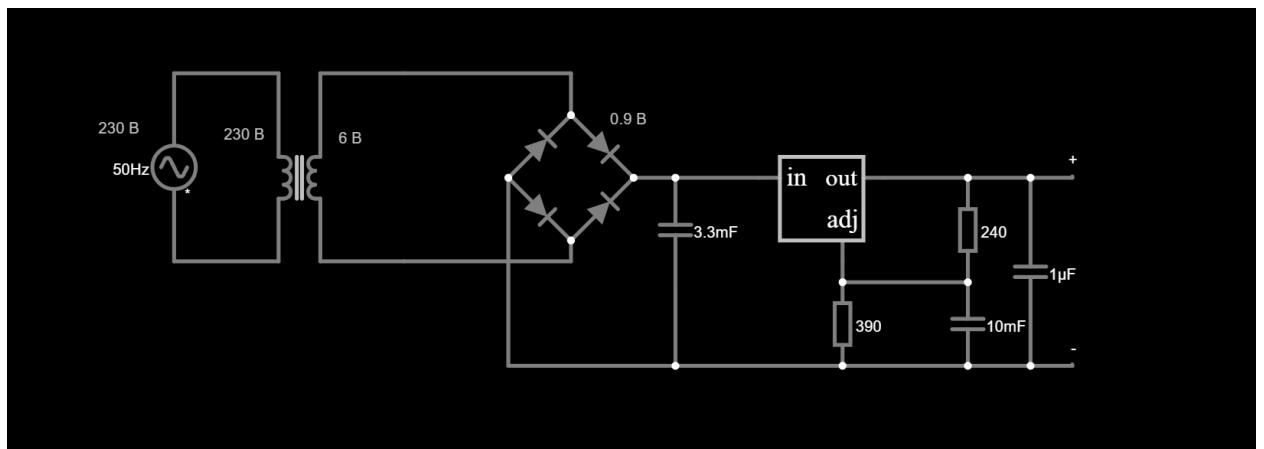
$$R_2 = \frac{34167 * R_1}{20833 + R_1}$$

Возьмем максимальное рекомендуемое значение  $R_1 = 240$  Ом, мощностью  $I * V_{ref} = 0,6$  А \* 1,25 В = 0,75 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  $0,65 \times 2 \approx 1,3$  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 помошнее 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.

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

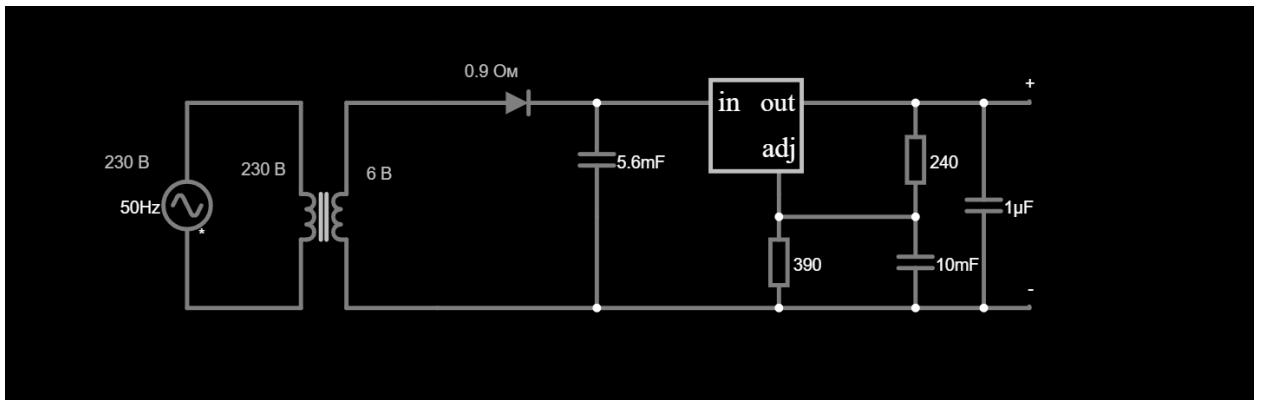
Тогда  $C = 6400 * 0,6 \text{ А} / 7,5 \text{ В} * 0,1 = 5120 \text{ мкФ}$

Емкость конденсатора равна 5120 мкФ

Берем конденсатор EKYB160ELL562ML25S, 5600  $\mu\text{F}$  16 V.

### **Линейный регулятор**

Расчеты аналогичны расчетам в подразделе 2.1( стр. 7)



## 2.4. Достоинства и недостатки варианта 2

Даная схема весьма неудобна, т.к конденсатор будет очень быстро разряжаться на 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.

