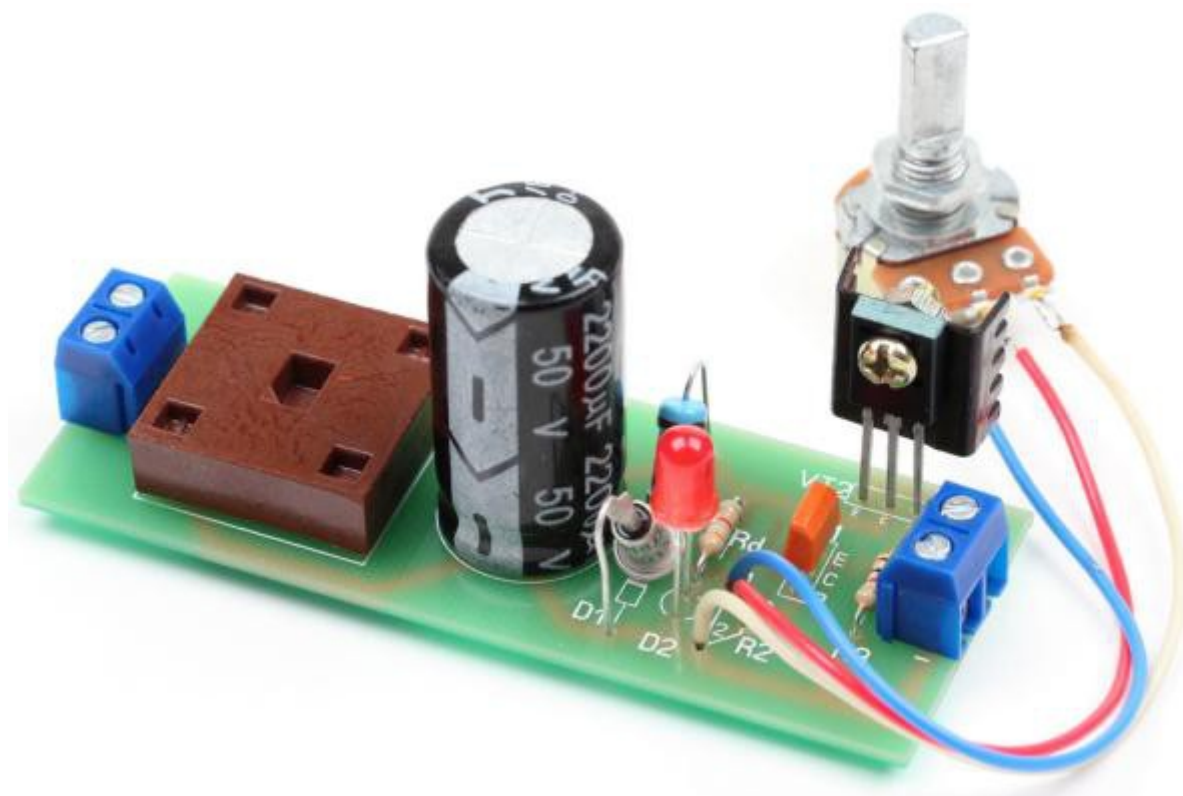


Радиоконструктор RKT-P02.

Стабилизированный регулируемый блок питания (0...12 В ; 1 А)

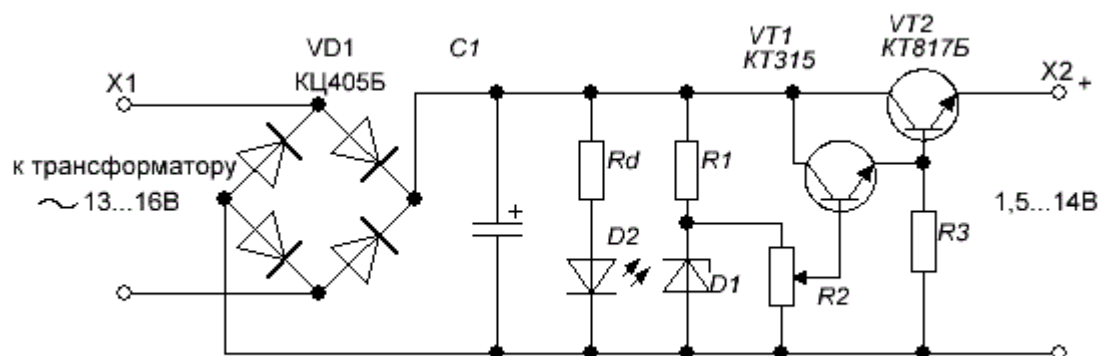


Печатная плата с компонентами и инструкцией в упаковке.

В самом деле - это самый простой регулируемый блок питания на свете!

Потратив меньше часа на его сборку вы получите стабилизированный регулируемый блок питания с выходным напряжением **0...12 В** и максимальным током нагрузки **1 А** для питания ваших конструкций.

Принципиальная схема



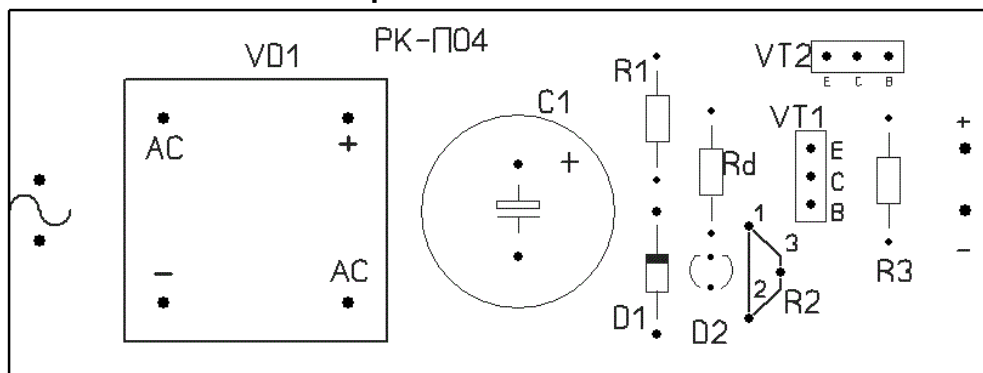
Этот набор создан на основе замечательной статьи на одном известном кошачьем сайте. В статье (см. ниже...) описывается самый простой стабилизированный блок питания, который только можно себе представить. И не просто описывается - во второй части этой статьи описываются все расчёты, которые необходимо выполнить при конструировании такого блока питания.

Разработчики только добавили в схему светодиод **D2** и балластный резистор **Rd** для светодиода. Светодиод будет показывать подачу напряжения на блок питания.

И да в набор добавлен маленький радиатор для транзистора **VT2** и крепёж для него, чтобы вы могли

испытать ваш блок питания сразу после сборки.

Схема расположения элементов



Характеристики:

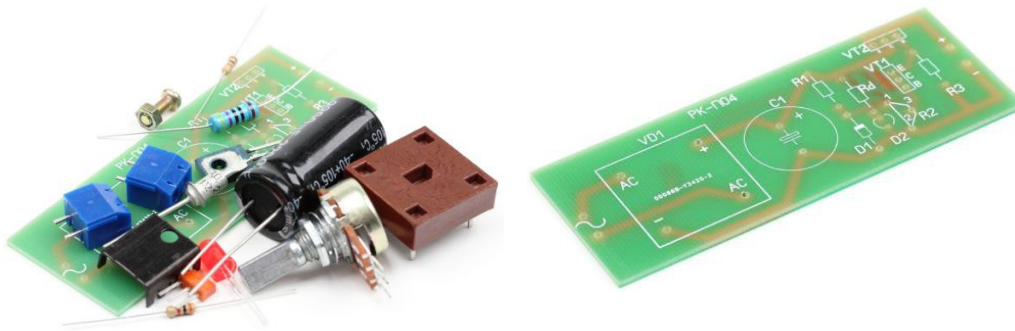
- Входное напряжение: 12...15 В;
- Выходное напряжение: 0...12 (± 1) В;
- Максимальный ток нагрузки: 1 А;
- Сложность: 1 балл;
- Время сборки: Около 1 часа;
- Размеры печатной платы: 81 x 31 x 2 мм;
- Упаковка: Блистер
- Размеры блистера: 200 x 122 x 38 мм;
- Размеры устройства: ~ 81 x 31 x 35 мм;
- Общая масса набора: ~ 200 г.

Комплект поставки:

- Плата печатная;
- Набор радиодеталей;
- Моточек монтажного провода для переменного резистора ($\sim 0,5$ м);
- Радиатор для микросхемы;
- Крепёж для радиатора (\sim Винт М3х20; гайка М3; шайба М3);
- **БОНУС!** Моточек трубчатого припоя ПОС-61 ($\sim 0,5$ м);
- Схема цоколёвки компонентов;
- Схема цветовой маркировки резисторов;
- Инструкция по сборке и эксплуатации.

Примечания:

- Для данного блока питания необходим понижающий трансформатор с напряжением на вторичной обмотке 12...15 В и током не менее 1 А.
- Подсоедините трансформатор к блоку питания через клеммник X1.
- Включите трансформатор в сеть.
- Светодиод D2 должен загореться, информируя о поступлении постоянного напряжения на блок питания.
- Переменным резистором R2 установите необходимое выходное напряжение.
- Подключите нагрузку - всё работает!



ЧАСТЬ 1

Блок питания

Да, да, я уже понял, что тебе не терпится - ты уже начитался теории, прочитал, что такое электрический ток, что такое сопротивление, узнал кто такой товарищ Ом и ещё много чего. И теперь ты хочешь резонно спросить: "И чего? Толк то в этом во всём какой? Куда это всё приложить то можно?". А возможно ты ничего этого и не читал, потому как это страшно скучно, но приложить руки к чему-то электронному всё-таки хочется. Спешу тебя обрадовать - сейчас мы как раз и займёмся тем, что приложим всё это как следует и спаяем первую реальную конструкцию, которая очень тебе пригодится в дальнейшем.

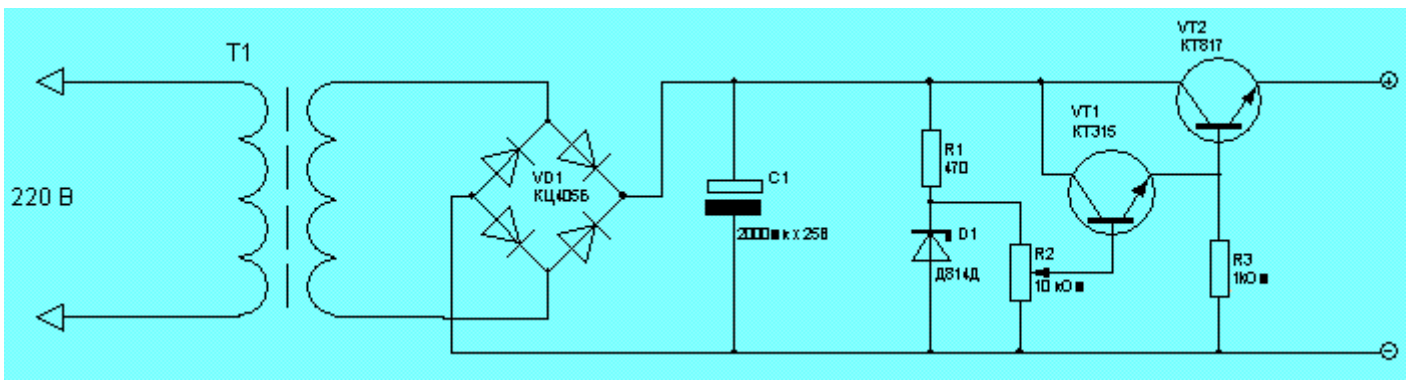
Делать мы будем блок питания для питания различных электронных устройств, которые мы соберём в дальнейшем. Ведь если мы сначала соберём, например, радиоприёмник - он всё равно работать не будет, пока мы не дадим ему питания. Так что, перефразируя известную поговорку - "блок питания - всему голова" (с) by Автор статьи.

Итак, приступим. Прежде всего зададимся начальными параметрами - напряжением, которое будет выдавать наш блок питания и максимальным током, который он способен будет отдать в нагрузку. То бишь, насколько мощную нагрузку можно будет к нему подключить - сможем ли мы подключить к нему только один радиоприёмник или же сможем подключить десять? Не спрашивайте меня зачем включать десять радиоприёмников одновременно - не знаю, я просто для примера сказал.

Для начала, давайте подумаем над выходным напряжением. Предположим, что у нас есть два радиоприёмника, один из которых работает от 9 Вольт, а второй от 12 Вольт. Не будем же мы делать два разных блока питания для этих устройств. Отсюда вывод - нужно сделать выходное напряжение регулируемым, чтобы его можно было настраивать на разные значения и питать самые разнообразные устройства.

Наш блок питания будет иметь диапазон регулировки выходного напряжения от 1,5 до 14 Вольт - вполне достаточно на первое время. Ну а ток нагрузки мы с вами примем равным 1 Амперу.

Схема нашего блока питания:



Проще не бывает, не правда ли? Итак, какие же детальки нам понадобятся, чтобы спаять эту схему?

Прежде всего, нам потребуется трансформатор с напряжением на вторичной обмотке 13...16 Вольт и током нагрузки не менее 1 Ампера. Он обозначен на схеме как T1.

Также нам понадобится диодный мостик VD1 - КЦ405Б или любой другой с максимальным током 1 Ампер.

Идём дальше - C1 - электролитический конденсатор, которым мы будем фильтровать и сглаживать выпрямленное диодным мостом напряжение, его параметры указаны на схеме.

D1 - стабилитрон - он заведует стабилизацией напряжения - ведь мы же не хотим, чтобы напряжение на выходе блока питания колебалось вместе с сетевым напряжением. Стабилитрон мы возьмем Д814Д или любой другой с напряжением стабилизации 14 вольт.

Ещё нам понадобятся постоянный резистор R1 и переменный резистор R2, которым мы будем регулировать выходное напряжение.

А так же два транзистора - КТ315 с любой буквой в названии и КТ817 тоже с любой буквой.

Для удобства, я загнал все нужные элементы в табличку, которую можно распечатать и вместе с этим листочком отправится в магазин на закупку (или найти эти компоненты или их аналоги **в нашем магазине**).

Обозначение на схеме	Номинал	Примечание
T1	Любой с напряжением вторичной обмотки 12...13 Вольт и током 1 Ампер	
VD1	КЦ405Б	Диодный мост. Максимальный выпрямленный ток не менее 1 Ампера
C1	2000 мкФ x 25 Вольт	Электролитический конденсатор
R1	470 Ом	Постоянный резистор, мощностью рассеивания 0,125...0,25 Вт
R2	10 кОм	Переменный резистор
R3	1 кОм	Постоянный резистор, мощностью рассеивания 0,125...0,25 Вт
D1	Д814Д	Стабилитрон. Напряжение стабилизации 14 В
VT1	КТ315	Транзистор. С любым буквенным индексом
VT2	КТ817	Транзистор. С любым буквенным индексом

Пять всё это можно как на плате, так и навесным монтажом - благо элементов в схеме совсем немного, но рекомендуется (для отладки схемы) собирать её на [бесплаечной макетной плате](#).

Транзистор VT2 необходимо обязательно установить на радиатор. Оптимальную площадь радиатора можно выбрать экспериментально, но она должна быть не меньше 50 кв. см.

При правильном монтаже схема совершенно не нуждается в настройке и начинает работать сразу.

Подключаем тестер или Вольтметр к выходу блока питания и устанавливаем резистором R2 необходимое нам напряжение.

Вот в общем-то и всё. Вопросы есть?

Ну например: "А почему резистор R1 - 100 Ом?" или, "почему два транзистора - неужели нельзя обойтись одним?". Нет?

Ну ладно, как хотите, но если всё-таки появятся, прочтите следующую часть этой статьи, где рассказывается о том, как рассчитывался этот блок питания и как рассчитать свой собственный.

ЧАСТЬ 2

Блок питания "Проще не бывает"

Ага, все-таки зашёл? Что, любопытство замучило? Но я очень рад. Нет, правда.

Располагайся поудобнее, сейчас мы вместе произведём некоторые нехитрые расчёты, которые нужны, чтобы сварганить тот блок питания, который мы уже сделали в первой части статьи.

Хотя надо сказать, что эти расчёты могут пригодиться и в более сложных схемах.

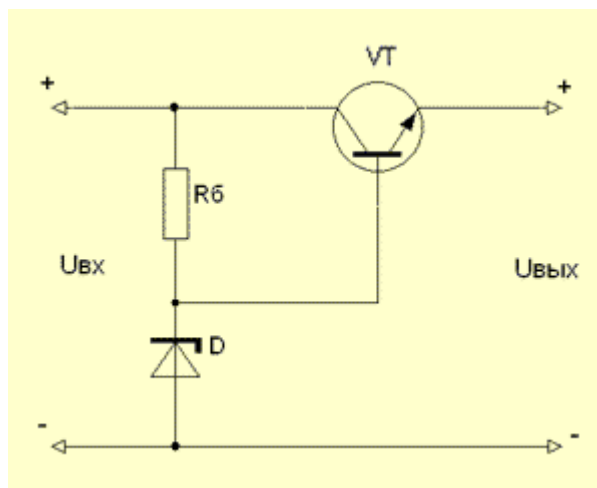
Итак, наш блок питания состоит из двух основных узлов:

- Выпрямителя, состоящего из трансформатора, выпрямительных диодов и конденсатора;
- Стабилизатора, состоящего из всего остального.

Как настоящие индейцы, начнём, пожалуй, с конца и рассчитаем сначала стабилизатор.

Стабилизатор

Схема стабилизатора показана на рисунке:



Это, так называемый **параметрический** стабилизатор. Состоит он из двух частей:

- Самого стабилизатора на стабилитроне D с балластным резистором R_б;
- Эмиттерного повторителя на транзисторе VT.

Непосредственно за тем, чтобы напряжение оставалось тем каким нам надо, следит стабилизатор, а эмиттерный повторитель позволяет подключать мощную нагрузку к стабилизатору.

Он играет роль как бы усилителя или если угодно - умощителя.

Два основных параметра нашего блока питания - напряжение на выходе и максимальный ток нагрузки.

Назовем их: **U_{вых}** (это напряжение) и **I_{max}** (это ток).

Для блока питания, который мы отгрохали в прошлой части, U_{вых} = 14 Вольт, а I_{max} = 1 Ампер.

Сначала нам необходимо определить какое напряжение U_{вх} мы должны подать на стабилизатор, чтобы на выходе получить необходимое U_{вых}.

Это напряжение определяется по формуле: $U_{вх} = U_{вых} + 3$

Откуда взялась цифра 3? Это падение напряжения на переходе коллектор-эмиттер транзистора VT. Таким образом, для работы нашего стабилизатора на его вход мы должны подать не менее 17 вольт.

Едем дальше.

Транзистор

Определим, какой нам нужен транзистор VT. Для этого нам надо определить, какую мощность он будет рассеивать.

Считаем: $P_{max} = 1.3(U_{вх} - U_{вых})I_{max}$

Тут надо учесть один момент. Для расчёта мы взяли максимальное выходное напряжение блока питания. Однако, в данном расчёте, надо наоборот брать минимальное напряжение, которое выдаёт БП. А оно, в нашем случае, составляет 1,5 Вольта. Если этого не сделать, то транзистор может накрыться медным тазом, поскольку максимальная мощность будет рассчитана неверно.

Смотри сам:

Если мы берём $U_{\text{вых}}=14$ Вольтам, то получаем $P_{\text{max}}=1,3*(17-14)*1=3,9$ Вт.

А если мы примем $U_{\text{вых}}=1,5$ Вольта, то $P_{\text{max}}=1,3*(17-1,5)*1=20,15$ Вт

То есть, если бы не учли этого, то получилось бы, что расчётная мощность в ПЯТЬ раз меньше реальной. Разумеется, транзистору это сильно не понравилось бы.

Ну вот, теперь лезем в справочник и выбираем себе транзистор.

Помимо только что полученной мощности, надо учесть, что предельное напряжение между эмиттером и коллектором должно быть больше $U_{\text{вх}}$, а максимальный ток коллектора должен быть больше I_{max} .

Я выбрал КТ817 - вполне приличный транзистор...

Фу, ну вроде с этим справились. Пошли дальше.

Считаем сам стабилизатор

Сначала определим максимальный ток базы свежесобранного транзистора (а ты как думал? в нашем жестоком мире потребляют все - даже базы транзисторов).

$$I_{\text{б max}}=I_{\text{max}} / h_{21\text{э min}}$$

$h_{21\text{э min}}$ - это минимальный коэффициент передачи тока транзистора и берётся он из справочника. Если там указаны пределы этого параметра - что то типа 30...40, то берётся самый маленький. Ну, у меня в справочнике написано только одно число - 25, с ним и будем считать, а что ещё остаётся?

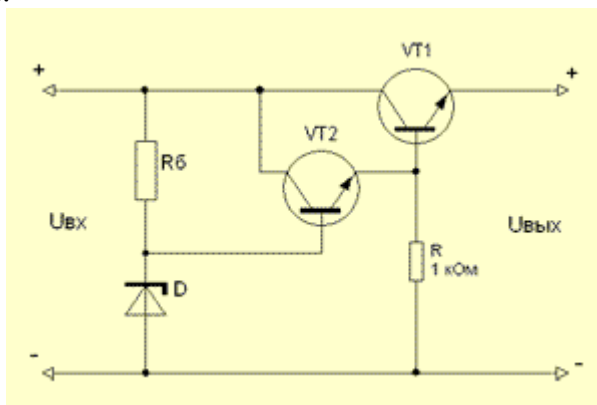
$$I_{\text{б max}}=1/25=0.04 \text{ А (или 40 мА)}, \text{ что не мало.}$$

Ну давайте будем теперь искать стабилитрон.

Искать его надо по двум параметрам - напряжению стабилизации и току стабилизации.

Напряжение стабилизации должно быть равно максимальному выходному напряжению блока питания, то есть 14 Вольтам, а ток - не менее 40 мА, то есть тому, что мы посчитали.

Полезли опять в справочник...



По напряжению нам страшно подходит стабилитрон **Д814Д**, к тому же он у меня был под рукой. Но вот ток стабилизации... 5 мА нам никак не годится. Чего делать будем? Будем уменьшать ток базы выходного

транзистора.

А для этого добавим в схему ещё один транзистор. Смотрим на рисунок. Мы добавили в схему транзистор VT2.

Сия операция позволяет нам снизить нагрузку на стабилитрон в $h_{21Э}$ раз. $h_{21Э}$, разумеется, того транзистора, который мы только что добавили в схему. Особо не думая, я взял из кучи железок КТ315.

Его минимальный $h_{21Э}$ равен 30, то есть мы можем уменьшить ток до $40/30=1.33$ мА, что нам вполне подходит.

Теперь посчитаем сопротивление и мощность балластного резистора R_6 :

$$R_6 = (U_{вх} - U_{ст}) / (I_{б \max} + I_{ст \min}),$$

где:

$U_{ст}$ - напряжение стабилизации стабилитрона,

$I_{ст \min}$ - ток стабилизации стабилитрона.

$$R_6 = (17-14) / ((1.33+5)/1000) = 470 \text{ Ом.}$$

Теперь определим мощность этого резистора:

$$P_{r6} = (U_{вх} - U_{ст})^2 / R_6,$$

то есть:

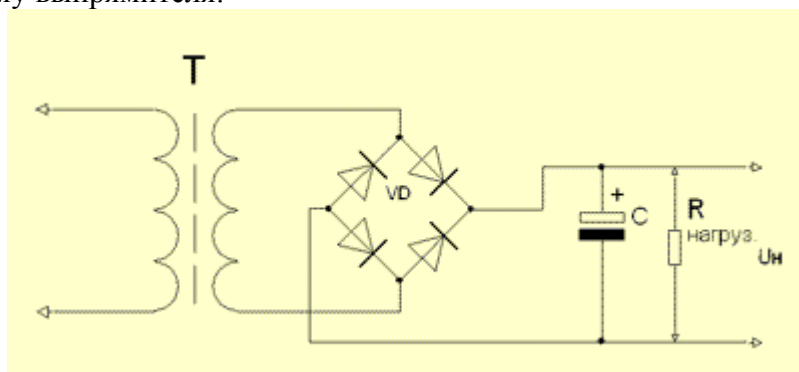
$$P_{r6} = (17-14)^2 / 470 = 0,02 \text{ Вт.}$$

Собственно и все. Таким образом, из исходных данных - выходного напряжения и тока, мы получили все элементы схемы и входное напряжение, которое должно быть подано на стабилизатор.

Однако не расслабляемся - нас ещё ждёт выпрямитель. Уж считать так считать, я так считаю (каламбур, однако).

Выпрямитель

Итак, смотрим на схему выпрямителя:



Ну, тут всё проще и почти на пальцах.

Учитывая то, что мы знаем, какое напряжение нам надо подать на стабилизатор - 17 вольт, вычислим

напряжение на вторичной обмотке трансформатора. Для этого пойдём, как и в начале - с хвоста. Итак, после конденсатора фильтра мы должны иметь напряжение 17 вольт.

Учитывая то, что конденсатор фильтра увеличивает выпрямленное напряжение в 1,41 раза, получаем, что после выпрямительного моста у нас должно получиться **17/1,41=12 Вольт**.

Теперь учтём, что на выпрямительном мосту мы теряем порядка 1,5-2 Вольт, следовательно, напряжение на вторичной обмотке должно быть 12+2=14 Вольт. Вполне может случиться так, что такого трансформатора не найдётся, не страшно - в данном случае можно применить трансформатор с напряжением на вторичной обмотке от 13 до 16 Вольт.

Едем дальше. Определим ёмкость конденсатора фильтра:

$$C_{\phi} = 3200 \cdot I_n / (U_n \cdot K_n,$$

где:

I_n - максимальный ток нагрузки;

U_n - напряжение на нагрузке;

K_n - коэффициент пульсаций.

В нашем случае:

$I_n = 1$ Ампер;

$U_n = 17$ Вольт;

$K_n = 0,01$.

$$C_{\phi} = 3200 \cdot 1 / 17 \cdot 0,01 = 18823.$$

Однако, поскольку за выпрямителем идёт ещё стабилизатор напряжения, мы можем уменьшить расчётную ёмкость в 5...10 раз. То есть 2000 мкФ будет вполне достаточно.

Осталось выбрать выпрямительные диоды или диодный мост.

Для этого нам надо знать два основных параметра - максимальный ток, текущий через один диод и максимальное обратное напряжение, так же через один диод.

Необходимое максимальное обратное напряжение считается так:

$$U_{обр \max} = 2U_n, \text{ то есть } U_{обр \max} = 2 \cdot 17 = 34 \text{ Вольта.}$$

А максимальный ток, для одного диода должен быть больше или равен току нагрузки блока питания. Ну а для диодных сборок в справочниках указывают общий максимальный ток, который может протекать через эту сборку.

Ну вот вроде бы и всё про выпрямители и параметрические стабилизаторы.

Впереди у нас стабилизатор для самых ленивых - на интегральной микросхеме и стабилизатор для самых трудолюбивых - компенсационный стабилизатор.

Блок питания

В этой части, как и обещалось, мы поговорим о ещё одном типе стабилизаторов - **компенсационном**. Как видно из названия (название видно, нет?), принцип действия их основан на компенсации чего-то чем-то как-то где-то. Чего и чем сейчас узнаем.

Для начала, рассмотрим схему простейшего компенсационного стабилизатора. Его схема более сложная, чем обычного параметрического, но совсем чуть-чуть:

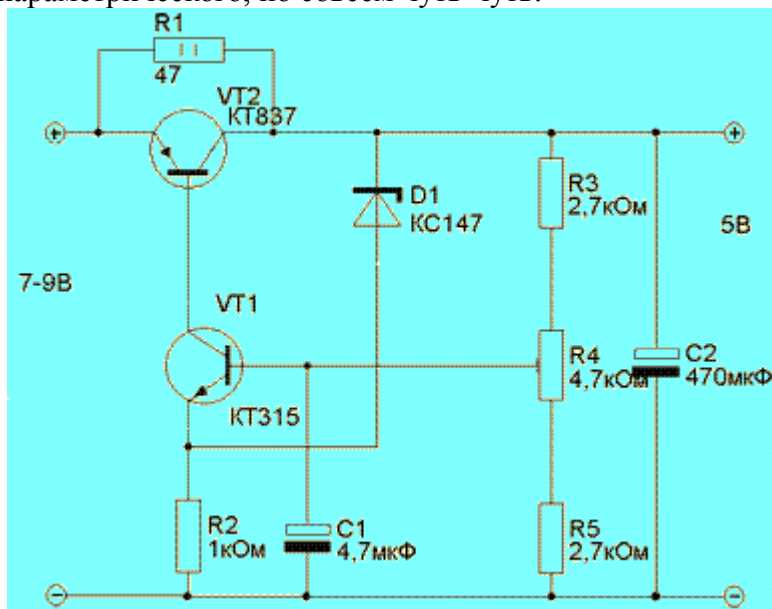


Схема состоит из следующих узлов:

Источник опорного напряжения (ИОН) на R 2, D 1, который сам по себе является параметрическим стабилизатором.

Делителя напряжения R3-R5.

Усилителя постоянного тока (УПТ) на транзисторе VT1.

Регулирующего элемента на транзисторе VT2.

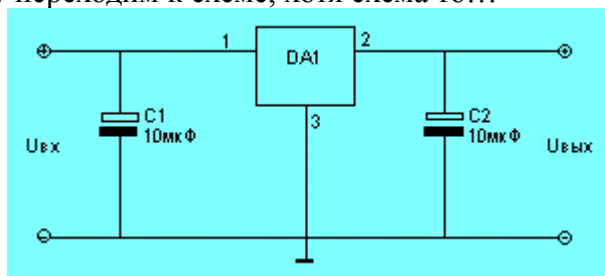
Работает весь этот зоопарк следующим образом. ИОН выдаёт опорное напряжение, равное напряжению на выходе стабилизатора на эмиттер VT1. Напряжение с делителя поступает на базу VT1. В результате, этому бедолаге приходится решать, что же делать с напряжением на коллекторе - то ли оставить всё как есть, то ли увеличить, то ли уменьшить. И чтобы сильно не морочиться, он поступает так - если напряжение на базе меньше опорного (которое на эмиттере), он увеличивает напряжение на коллекторе, открывая сильнее, таким образом, транзистор VT2 и увеличивая напряжение на выходе, если же напруга на базе больше опорного, то происходит обратный процесс.

В результате всей этой возни, напряжение на выходе остаётся неизменным, то есть стабилизированным, что и требуется. Причем, по сравнению с параметрическими стабилизаторами, коэффициент стабилизации у компенсационных значительно выше. Так же выше и КПД.

Резистор R4 нужен для подстройки в небольших пределах выходного напряжения стабилизатора.

Ну а теперь перейдём к сладкому - к стабилизаторам на микросхемах. Я их называю стабилизаторами для ленивых, поскольку на пайку такого стабилизатора уходит минуты две, если не меньше. Чтобы

сильно не тянуть резину, сразу переходим к схеме, хотя схема то...

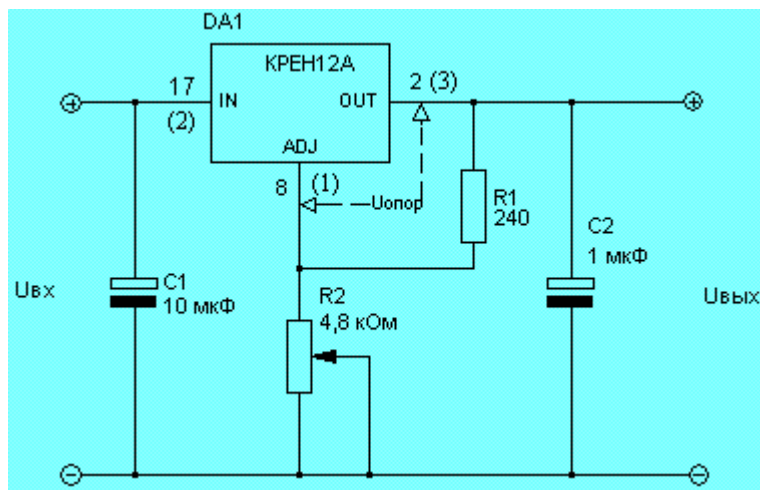


Итак, перед вами схема, которая до отвращения проста. В ней всего три элемента, причём обязательным является только один - микросхема DA1. Кстати, сказать, интегральные стабилизаторы по своей сущности являются компенсационными. Ну те-с, что же нам требуется? Только одно - знать напряжение, которое мы хотим получить от стабилизатора. Дальше мы идём в табличку и выбираем себе микросхемку по душе.

Микросхема	Напряжение стабилизации, В	Макс. ток, А	Расс. Мощн., Вт	Потребл. Ток, мА
(К)142ЕН5А	5±0,1	3,0	5	10
(К)142ЕН5Б	6±0,12	3,0		
(К)142ЕН5В	5±0,18	2,0		
(К)142ЕН5Г	6±0,21	2,0		
(К)142ЕН8А	9±0,15	1,5		
(К)142ЕН8Б	12±0,27			
(К)142ЕН8В	15±0,36			
К142ЕН8Г	9±0,36	1,0	6	10
К142ЕН8Д	12±0,48			
К142ЕН8Е	15±0,6			
(К)142ЕН11	1,2...37	1,5	4	7
(К)142ЕН12	1,2...37	1,5	1	5
КР142ЕН12А	1,2...37	1,0		
КР142ЕН18А	-1,2...26,5	1,0	1	5
КР142ЕН18Б	-1,2...26,5	1,5		

Напряжение на входе микросхемы должно быть как минимум на 3 Вольта выше, чем выходное, но не должно превышать 30 вольт. Ну собственно и всё.

Что, что? Тебе нужно не 15 Вольт, а 14? Экий ты капризный. Ну да ладно. В качестве поощрительного приза (правда, пока не знаю за что) расскажу ещё про одну схемку.



Разумеется, кроме стабилизаторов с фиксированным напряжением, существуют интегральные стабилизаторы, специально заточенные под регулируемое напряжение. Итак, внимание на схему!

Встречаем - КРЕН12А (можно и Б) - регулируемый стабилизатор напряжения 1,3...30 Вольт и максимальным током 1,5 А.

Кстати, у неё есть и буржуйский аналог - LM317 (на схеме нумерация выводов для неё дана в скобках). Входное напряжение не более 37 Вольт.

Если очень хочется, в этой схеме есть что посчитать. Во всяком случае, если у тебя не нашлось резистора 240 Ом, можно воткнуть и другой, при этом пересчитав резистор R2.

Для этого существует хитрая формула:

$$U_{\text{взх}} = U_{\text{опор}} \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) + I_{\text{опор}} R2$$

В формуле участвуют:

- $U_{\text{опор}} = 1,25 \text{ В}$ - внутреннее опорное напряжение микросхемы между 2-м и 8-м выводом, см. схему;
- $I_{\text{опор}}$ - управляющий ток, текущий через резистор R2.

Вообще говоря, формулу можно упростить, благодаря тому, что этот самый управляющий ток очень и очень мал - порядка 0,0055А, то есть на результат он практически не влияет:

$$U_{\text{взх}} = U_{\text{опор}} \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

Отсюда получаем, что:

$$R2 = \frac{R1(U_{\text{взх}} - U_{\text{опор}})}{U_{\text{опор}}}$$

Ну, теперь посчитаем.

Для начала возьмём МИНИМАЛЬНОЕ значение выходного напряжения, которое ты хочешь получить.

Итак, $R1=240 \text{ Ом}$, $U_{\text{вых}}=1,3 \text{ В}$, $U_{\text{опор}}=1,25 \text{ В}$. Тогда:

$$R2=240(1,3-1,25)/1,25 = 9,6 \text{ Ом}$$

После, берём МАКСИМАЛЬНОЕ напряжение, которое должен выдавать наш стабилизатор:

$$R1=240 \text{ Ом}, U_{\text{вых}}=30 \text{ В}, U_{\text{опор}}=1,25 \text{ В}$$

$$R2=240(30-1,25)/1,25=5500 \text{ Ом}, \text{ что есть } 5,5 \text{ кОм}.$$

Таким образом, для того чтобы напряжение на выходе стабилизатора изменялось от минимального до максимального нам нужно чтобы сопротивление резистора $R2$ изменялось от $9,6 \text{ Ом}$ до $5,5 \text{ кОм}$.

Подбираем ближайший к этому значению - у меня оказался - $4,8 \text{ кОм}$.

Такие вот пироги. Кстати, пока не забыл - микросхемы обязательно надо ставить на радиатор, иначе они сдохнут, причём довольно шустро. Правда грустно.

Внешне, микросхемка в корпусе КТ28-2 выглядит вот таким образом:



Хочу обратить особое внимание на то, что хотя LM317 и является полным функциональным аналогом КРЕН12А, расположение выводов у этих микросхем **НЕ СОВПАДАЕТ**, если КРЕН12 выполнена в вышеозначенном корпусе.

Расположение выводов микросхемы LM317. Так же располагаются выводы КРЕН12, если она выполнена в корпусе ТО-200:

