

Маломощный обратноходовой преобразователь напряжения. Для дежурных источников и зарядных устройств.

*Импортозамещение по нашенски?*

(Всё приведенное ниже есть предварительный материал - недостаточно причесанный. Облагораживание и доп. пояснения имеют смысл при благосклонном внимании руководства. Выводы в конце основаны на реальных измерениях макета. )

Рассмотрена замена контроллеров с интегрированным ключом (КИК) для AC/DC преобразователей оригинальной схемой с Последовательным Питанием Контроллера (ППК) на микросхеме UC3842/3 и транзисторах типа 1N65 и 2N65.

Следует отметить, что предложенная схема Последовательного Питания Контроллера (ППК) содержит большее число деталей, но их доступность и низкая цена нивелирует этот недостаток. Так же ППК обеспечивает быстрый старт контроллера и экономичный режим работы. Все вместе: ППК, надежный контроллер UC3842/3, легкий транзистор 1N65L в корпусе SOT223 и низкая цена деталей делают такое решение хорошей альтернативой современным КИК.

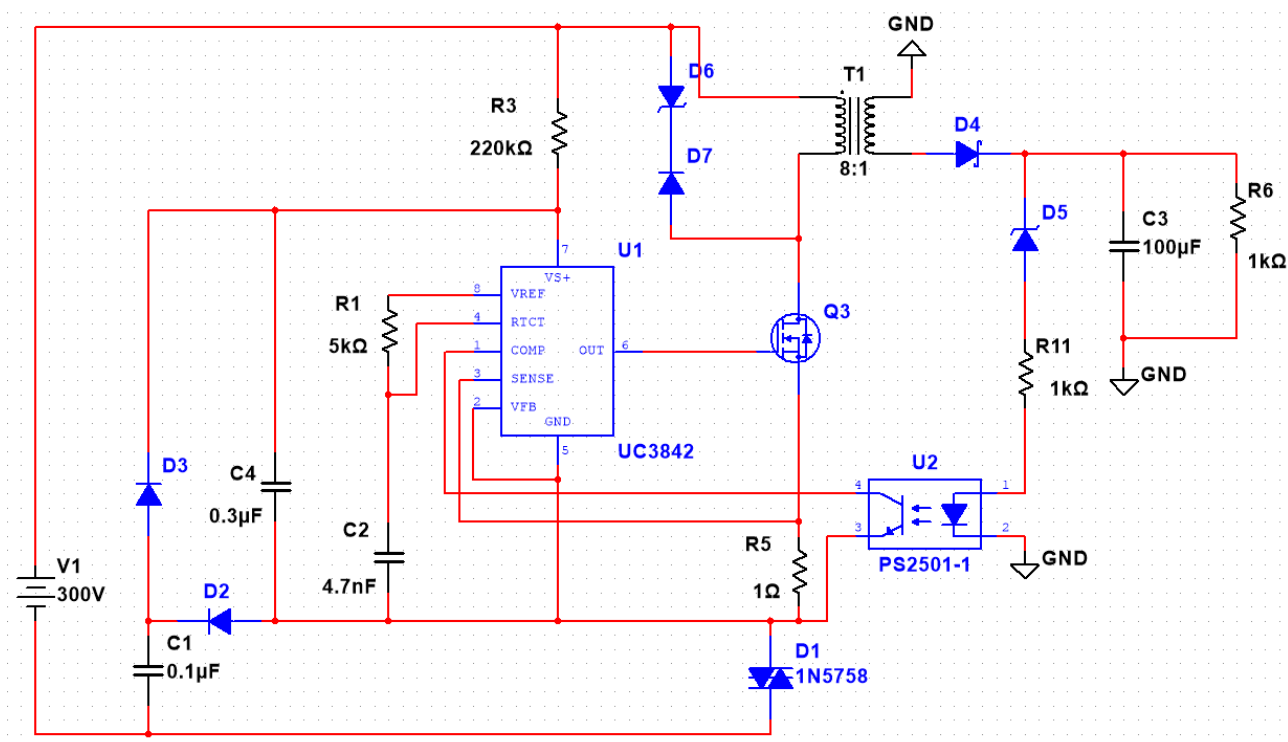
Контроллеры с интегрированным ключом стали развитием обратно ходовых ИП в область малых мощностей за счет низкого собственного потребления и компактности. Наличие встроенного ключа позволяет питать КИК от входной сети напрямую. Это сильно сократило число внешних деталей, позволило игнорировать нестабильность напряжения вспомогательной обмотки или вообще отказаться от неё. Также внедрены режим пропуска рабочих тактов (скип мод). Это снижает потребление контроллера и повышает КПД при малых нагрузках. Введены режимы засыпания контроллера (грин мод), что на XX позволяет снизить потребление КИК до единиц мВт.

Потребление UC3842 составляет 12-15 мА, что делает питание от сети невозможным. При плохой связи между обмотками трудно обеспечить питание на XX. Отсутствие режима скип мод повышает потребление источника питания ИП при малых нагрузках. Все это делает нецелесообразным или недостаточно компактным применение 3842 в источниках мощностью ниже 15-30 ватт. Схема ППК меняет ситуацию.

Принцип питания всех контроллеров включая КИК в отборе мощности параллельно силовому контуру. Отбор может производиться из входной сети, что типично для КИК, так и из выходной цепи через вспомогательную обмотку, что обычно для более мощных контроллеров. В первом случае схема очень проста, но мало эффективна. Во втором требуется дополнительная обмотка и детали, но и КПД выше. Современный КИК сочетают оба типа питания.

Схема ППК отбирает энергию для питания контроллера с помощью конденсатора C1 включенного последовательно с силовым контуром. Напряжение срабатывания динистора определяет напряжение питания контроллера. При срабатывании динистора накопленный в C1 заряд перебрасывается в конденсатор питания контроллера C4, а ток силового контура течет мимо C1 через динистор. До следующего такта контроллер работает неотличимо от классической схемы.

При малых токах силового контура контроллеру 3842 недостаточно энергии из C1 и он переходит в спящий режим. Благодаря малой емкости C4 перезапуск происходит через 0,5-1мсек. В течении этого времени контроллер не способен отслеживать изменение нагрузки, но за такое время перезапуска типовая емкость C3 на выходе ИП не дает напряжению опуститься даже при подключении полной нагрузки.



Упрощенная схема последовательного питания контроллера 3842/3.

Оригинальная схема последовательного питания контроллера ППК UC3842/3 позволяет обойти недостатки и получить дополнительные преимущества:

**1. цена.** В партии от 500 штук и более цена UC3843 +1N65 (110м) составляет соответственно 0,11+0,07\$ для приборов производства UMW. В Российской Федерации РФ цена на 30-100% выше. На дату 15,07,23 цена от чип и дип составляет 21+12 руб. Транзистор 2N65 (5,50м) стоит 13 руб. Микросхема NCP1014(100 шт. - цена от 1,2\$ и выше, встроенный ключ 110м) обеспечивает при разных условиях ИП мощностью от 6Вт до 19 Вт . Комплект 3843+2N65 (5,50м) даст 12-38 Вт. при аналогичных NCP1014 условиях.

**2. гибкость.** применение 4n65G (2,80м, DPAC, цена-17 руб.) расширяет мощность до 100 Ватт. С другой стороны при малых мощностях транзистор 1N65L (110м) SOT223 дает компактность при лучшем отводе тепла.

**3. температурный диапазон.** Контроллеры 3842/3 сохраняют работоспособность при -60 град (по результатом тестирования). Биполярная технология более устойчива к радиации.

**4. удешевление/упрощение трансформатора.** Требуется всего две обмотки. Отказ от вспомогательной обмотки дает возможность простой/автоматической намотки. Для КИК с питанием от сети так же возможен отказ от вспомогательной обмотки , но это ограничивает мощность контроллера величиной 10-20Вт. Так же питание от сети ведет к дополнительному нагреву КИК, ограничивает верхнюю рабочую температуру и снижает ресурс, о чем сообщает производитель.

**5. отличная совместимость с РОВ .** Реактивный Ограничитель Выброса (РОВ) есть реактивный LCD демпфер. РОВ монтируется на вторичной обмотке. РОВ очень эффективен на трансформаторах с секционированной намоткой или намоткой без чередования. То есть там, где коэффициент связи обмоток мал. Обычно если контроллер типа 3842 питается от вспомогательной обмотки то РОВ в режиме близком к XX шунтирует это питание и контроллер непрерывно пере стартует, тогда как контроллер типа NCP1014 переходит на питание от сети. Приведенная схема ППК позволяет вблизи XX нормально работать переходя в экономичный режим . Этот факт дает возможность применять более активное подавление выброса и использовать упрощенную намотку трансформаторов.

**6. стабилизация двух напряжений.** Схема последовательного питания создает для контроллера напряжение с отдельным каналом стабилизации на конденсаторе С1. Это дает стабильное напряжение как для контроллера на первичной стороне так и на вторичной стороне на нагрузке. Такое положение удобно при построении дежурного источника у которого есть потребители по обе стороны гальванического барьера.

**7. быстрый запуск контроллера.** В схеме ППК не требуется электролитический конденсатор большой емкости в цепи питания контроллера так как цепь питания контроллера последовательна с силовым контуром. Как только начинается работа силового контура — начинает поступать питание контроллера. Достаточно 0,33-1,0 мкФ по цепи питания контроллера. Это дает быстрый старт м/с на уровне 10-20 мсек.

**8. экономический режим.** Режим реализован во всех современных контроллерах. Он снижает потребление контроллера при малых нагрузках на выходе источника. Основным потребителем в КИК является затвор встроенного ключа. И пробрасывая часть коммутаций можно заметно снизить токи потребления. 3842 не обладает встроенным механизмом скип/грин мод. В схеме с ППК контроллер типа 3842/3 вблизи ХХ просто выключается и начинает потреблять 0,5мА. Следующий запуск произойдет после зарядки конденсатора питания до уровня включения. Если емкость конденсатора питания 1,0мкФ, контроллер 3843, а ток запуска 1мА. Время составит 1мсек. В это время контроллер не будет реагировать на увеличение нагрузки. Но в большинстве случаев выходные конденсаторы источника питания выбираются так, что за время 1мсек разряд на номинальную нагрузку составит не более 10% номинального напряжения, что вполне приемлемо и может быть легко скорректировано в любую сторону уменьшением времени или увеличением выходной емкости ИП.

**9. Работа на неограниченную емкость.** Это позволяет заряжать ионисторы и аккумуляторы с широким напряжением работы.

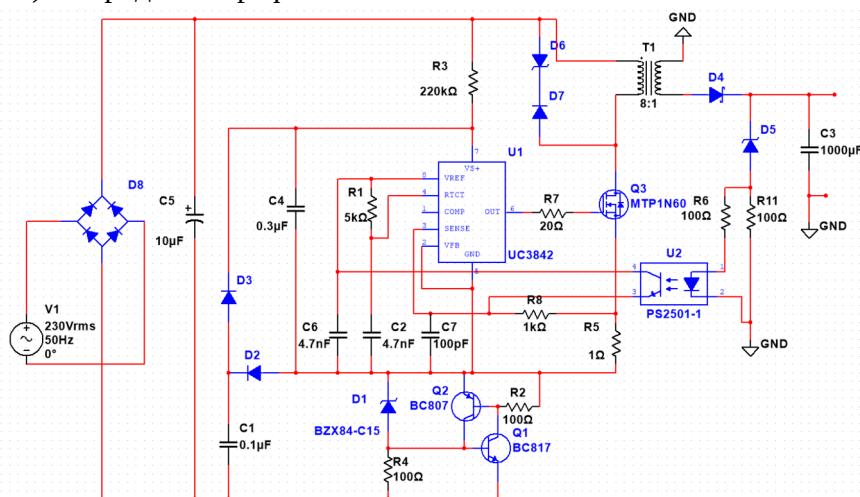
**10. универсальность.** Схема ППК может быть использована с другими контроллерами, в том числе и КИК для обеспечения питания схемы без использования дополнительной обмотки.

К неудобствам ППК можно отнести отсутствие на рынке подходящих динисторов. DB3 (1А,35В) – самый распространенный и недорогой из них может быть использован только при малых мощностях. Более подходящий по параметрам 1N5758 (2А и 20В) снят с производства. Поэтому наиболее целесообразным будет собирать динистор с четко заданными параметрами из двух комплементарных транзисторов и стабилитрона на 15-20В. Пары BC807/817 с током 0,5А и SS8050/8550 с током 1,5А наиболее подходят по цене и параметрам.

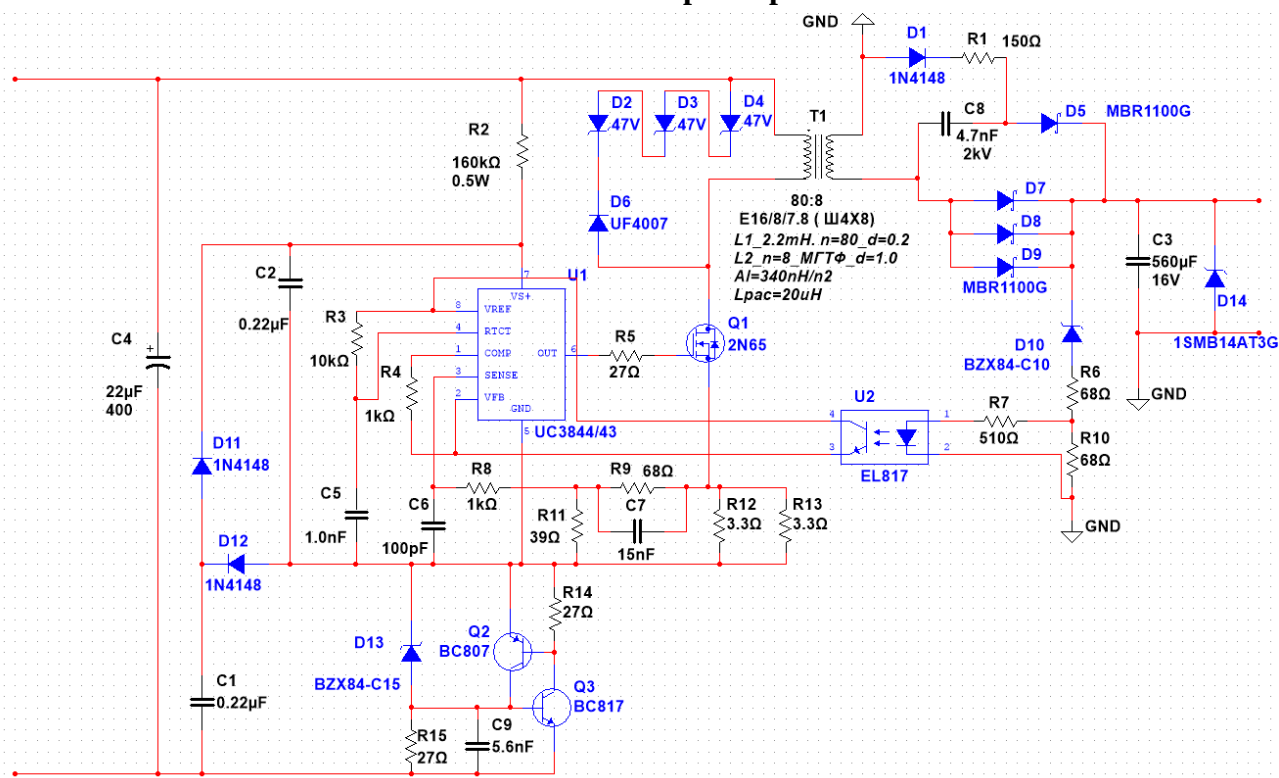
ИП - 6Вт. (22В/0,27А) - вспомогательный источник

ИП -15Вт. (12В/1,2А) - дежурный источник

ИП -10Вт. (5В/2А) - зарядка смартфона.



## Макет и параметры.



Макет собран из имеющихся деталей по приведенной выше схеме. Для исследования работы.

Поэтому:

**D2,D3,D4** – одна деталь - супрессор 150В/0,6кВт.

**D7,D8,D9** – одна деталь -трех амперный диод шоттки.

**R9,R11,C7** – ограничивают ток короткого замыкания. В данном блоке на КЗ работает старт/стоп режим и стартовый ток ограничен 0,6А. Если убрать указанную группу ток КЗ возрастет до 1,0-1,5А, что нормально.

**R8,C8** – детали фильтра CS и вопрос их избыточности еще не решен.

**D1,R1,C8,B5** — РОВ — реактивный ограничитель выброса. Нужен для повышения КПД на «плохих» трансформаторах. При намотке трансформатора с чередованием — избыточен. При намотке же трансформатора в секции (так технологичнее) и понижении связи между обмотками, R1 лучше заменить на недорогую индуктивность типа ЕС24 (цена 1,5-3,0 руб.) Агрессивность РОВ возрастет и выброс уменьшится.

**R5** – также может быть удален безболезненно, что приведет к незначительному росту звонов. Иногда удобен как перемычка при разводке.

**R4** – снижает порог компаратора тока с 1,0 В до 0,42 В. Здесь применен для удобства формирования тока КЗ. (делитель R9/R11/C7 возвращает размах рабочего тока к величине 1,0В. При подключении оптопары к выводу номер 1(сom), резистор не нужен.

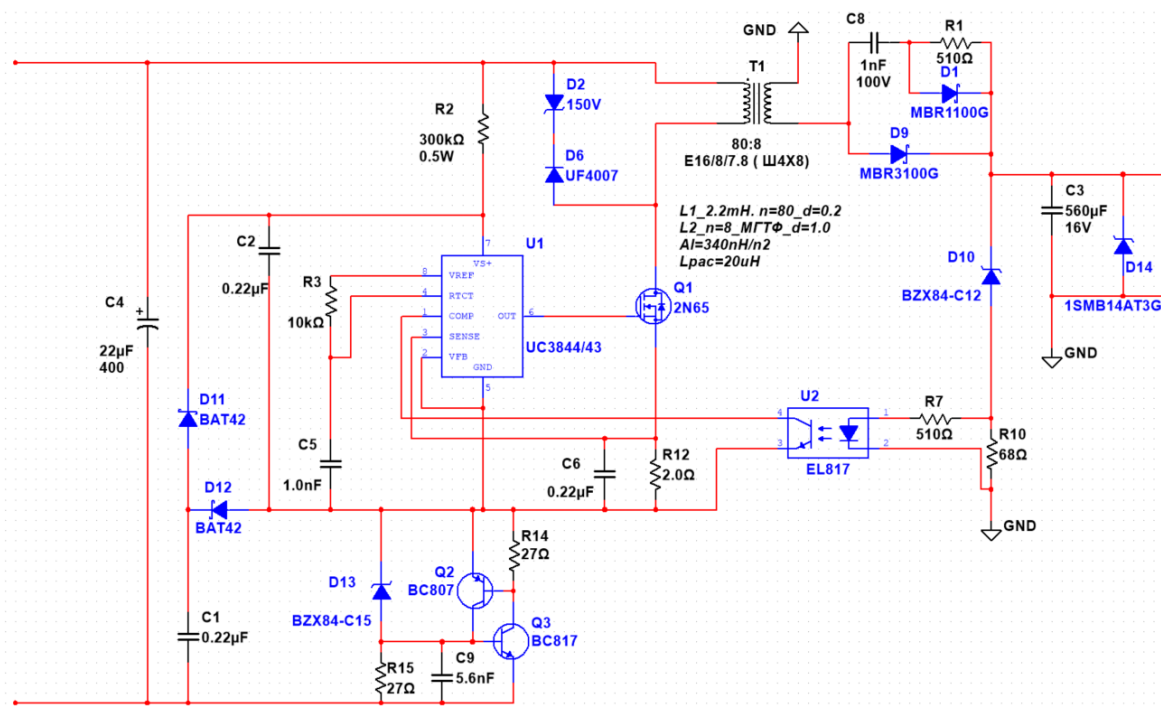
**R6** – служит для подгонки напряжения. При наличии нужного стабилитрона — избыточен.

**D11,D12** – сборка. То есть одна деталь. Можно на диодах Шоттки. В данной схеме ток ключа не более 0,5А в вершине пилы тока.

**R12,R13** – один резистор

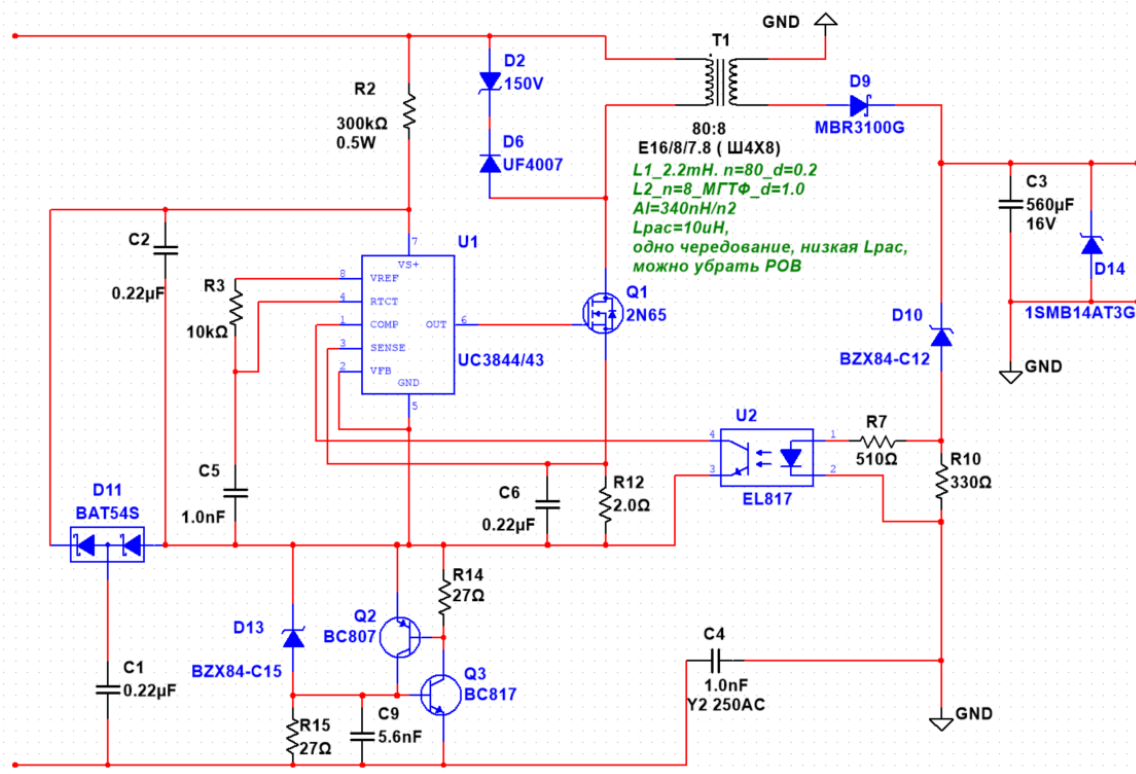
**Итого: 17 деталей** — кандидаты на удаление из конечного продукта.

Возможный вариант конечной схемы на рисунке ниже. На выходе RCD клампер вместо РОВ.



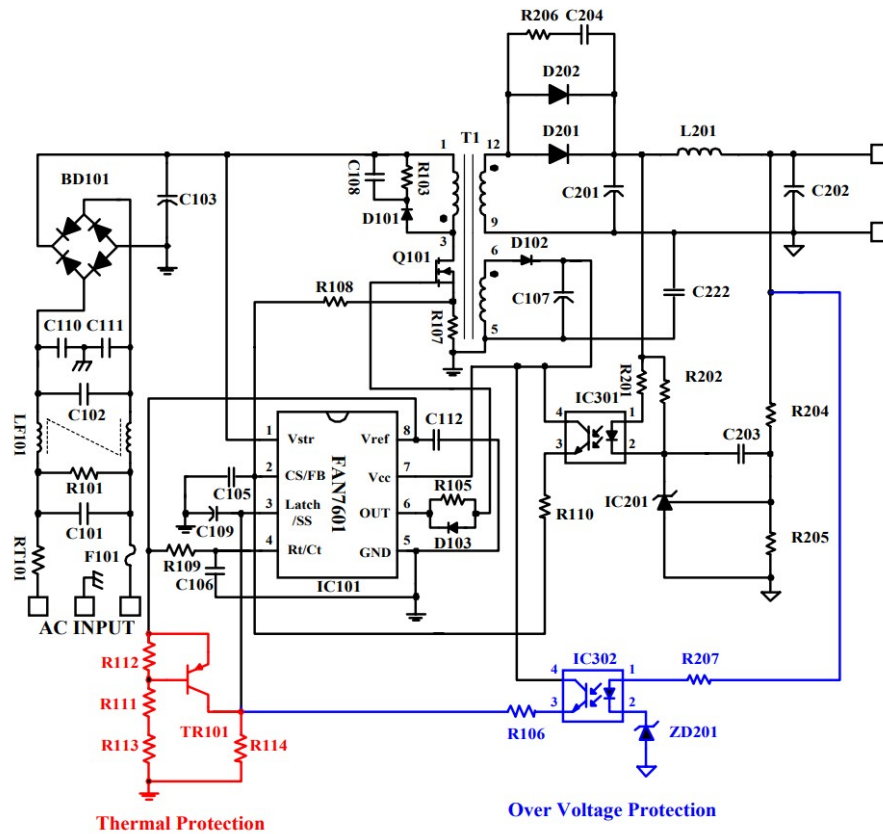
Вариант при хорошем трансформаторе с низким  $L_{pac} = 10\mu H$ . Можно отказаться от РОВ. Дежурка без входного конденсатора. Используется конденсатор основного блока. Y2 250 конденсатор C4 соединяет выходную землю и входной минус, а не минус контроллера. Пример ниже.

По сравнению с конкурентами схема отличается только диностором на дискетах и умножителем. Что не так много по площади.



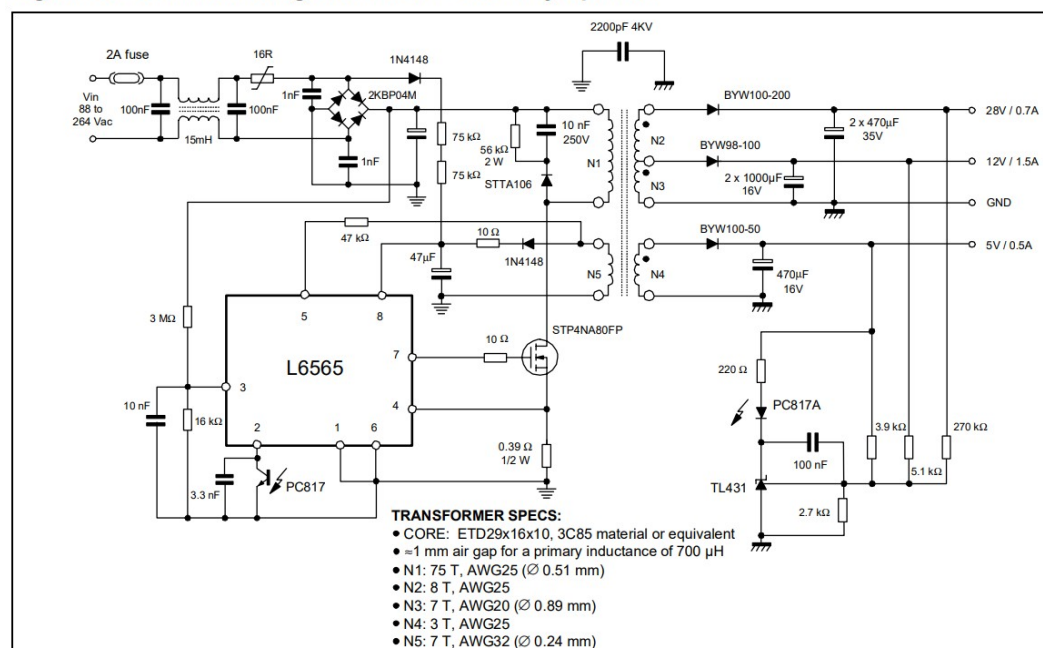
Внешняя времязадающая цепь R3,C5 - явное достоинство. Не требуется покупать отдельный контроллер с подходящей частотой. Итого — три-пять рублей денег и восемь деталей.

Типовая схема FAN7601 для сравнения. Дата выхода руководства по применению AN4129 -2003 год.



Пример на L6565 цена 21 руб мелкий опт – 2003год.

Figure 20. 40W Wide Range Mains SMPS for inkjet printer

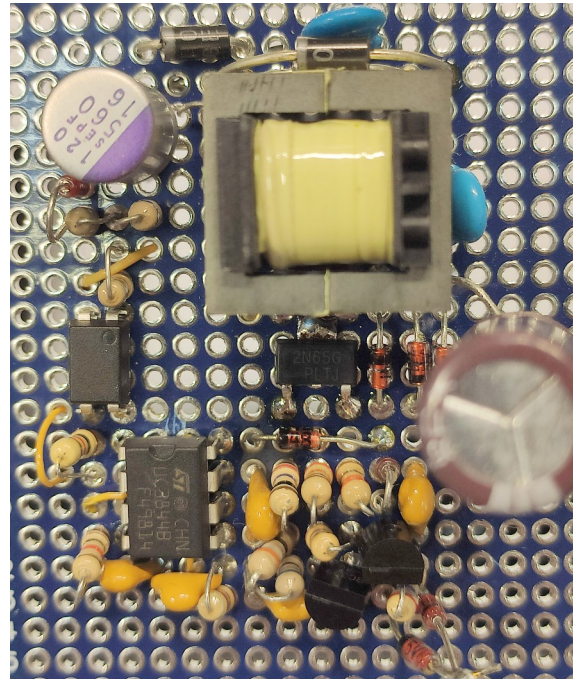
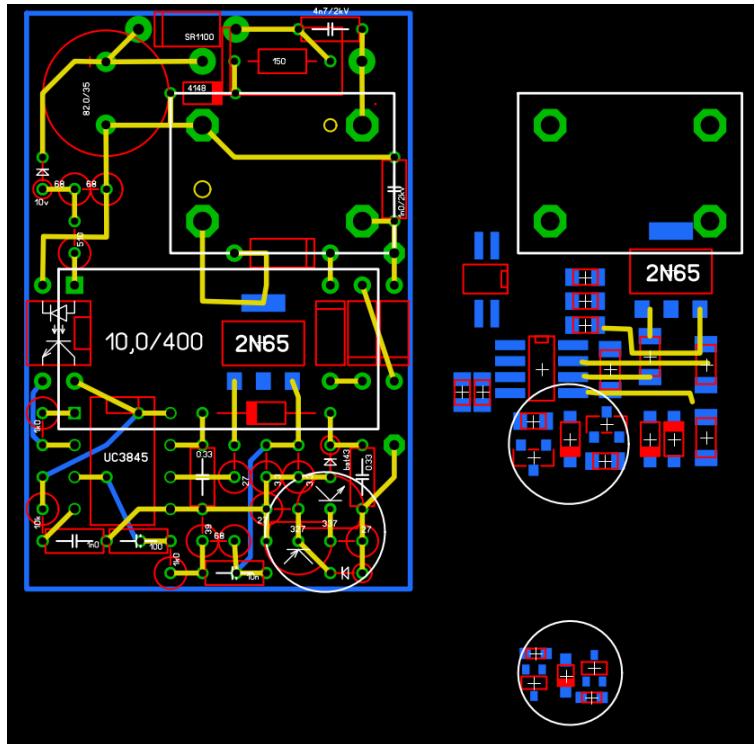




### Топология макета.

Белый круг обводит сборный динистор для сравнения площади разводки. Число деталей динистора уменьшить маловероятно. Высокое быстродействие при устойчивости к ложным срабатываниям требуют минимум 6 ти деталей. Все детали с одной стороны.

1. На дискретных элементах — слева.
2. На SOT23 транзисторах справа - часть разводки первичной стороны.
3. На SOT323 транзисторах только динистор — внизу справа.



Мощность 20Вт.

Выходное напряжение 13,5В.

Ток 1,5А Макс.

Частота работы 82кГц. Режим DCM при входном 300В.

Номинальная мощность 15Вт.

КПД 87,5%.

Трансформатор без чередования E16/8/7,8 - отечественный Ш4х8.

Ток короткого замыкания/старта — 0,6А. Устойчив к КЗ.

Время запуска контроллера - 2 мсек. От подачи сети.

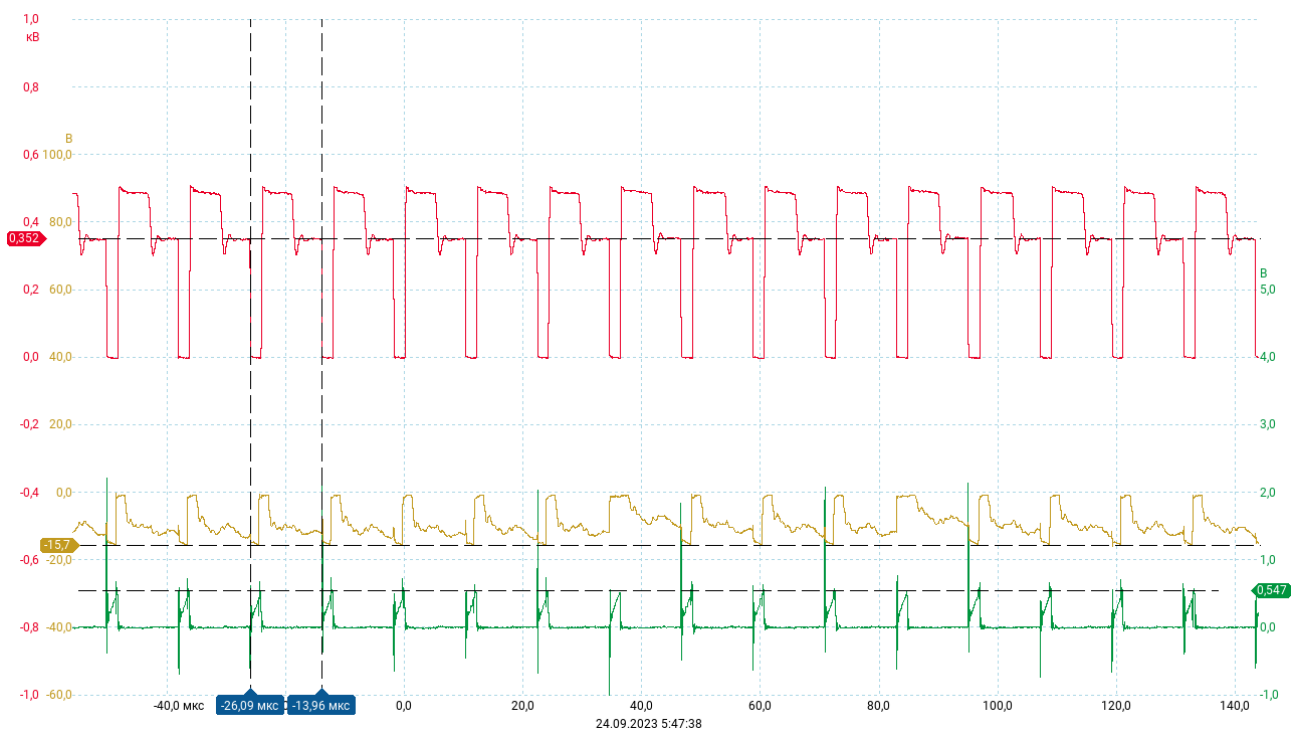
Без нагрузки переходит в режим грин/скип мод.

Потребление тока на ХХ в режиме грин/скип при входном напряжении 300В — 3,2мА. Из них 1,35мА сам преобразователь и 1,85мА — стартовый резистор 160кОм. Резистор старта выбирается из диапазона входных напряжений. Для сети AC 180-250В резистор может быть увеличен до 390кОм. А ток запуска снизится до 0,75 мА при 300В DC на входе. Тогда общая мощность на ХХ снизится до 650мВт. Что не далеко от требований современных стандартов. Пояснение - для запуска 3842 требуется превысить ток 0,5мА. Для заряда стартового конденсатора достаточно превышение на 0,1мА. Время запуска контроллера расчетное — составит 220 мсек. Имеет смысл в эконо варианте применения.

**Режим XX вход 280В.** Красный — сток. Зеленый — исток. Желтый — на C1 относительно земли. (видно нарастание (вниз) и срабатывание динистора (резко вверх) порог =16В.)

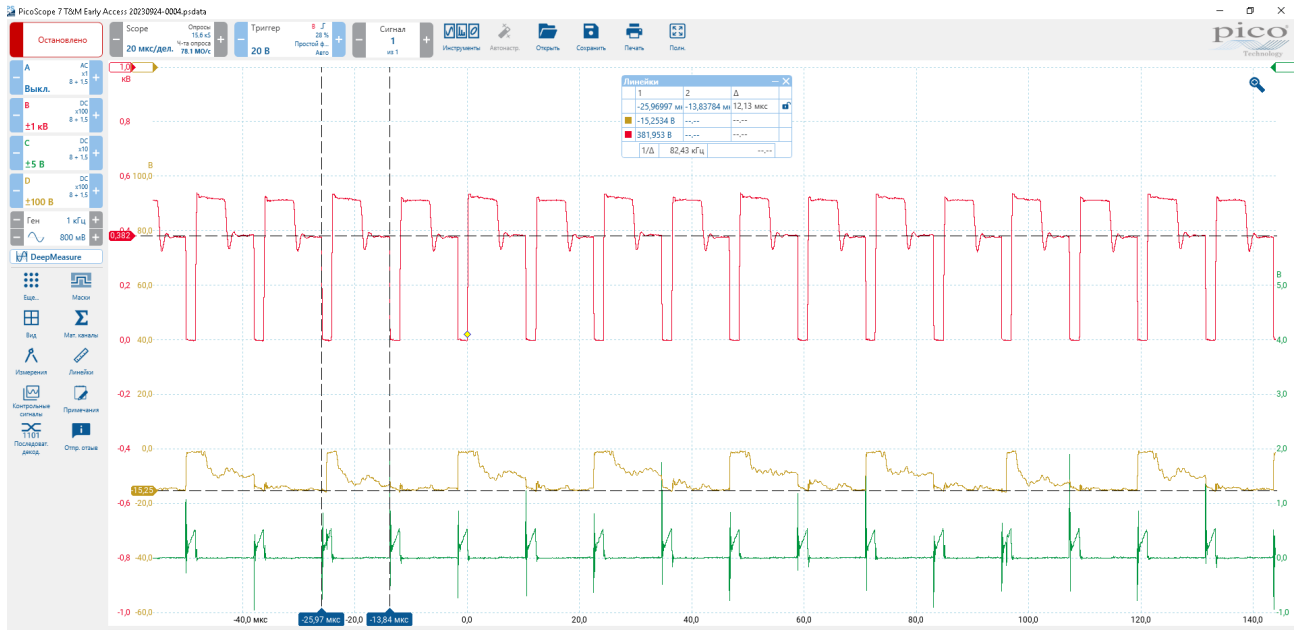


**Работа. Вход 350В нагрузка 60% (ток 0,55 А)**

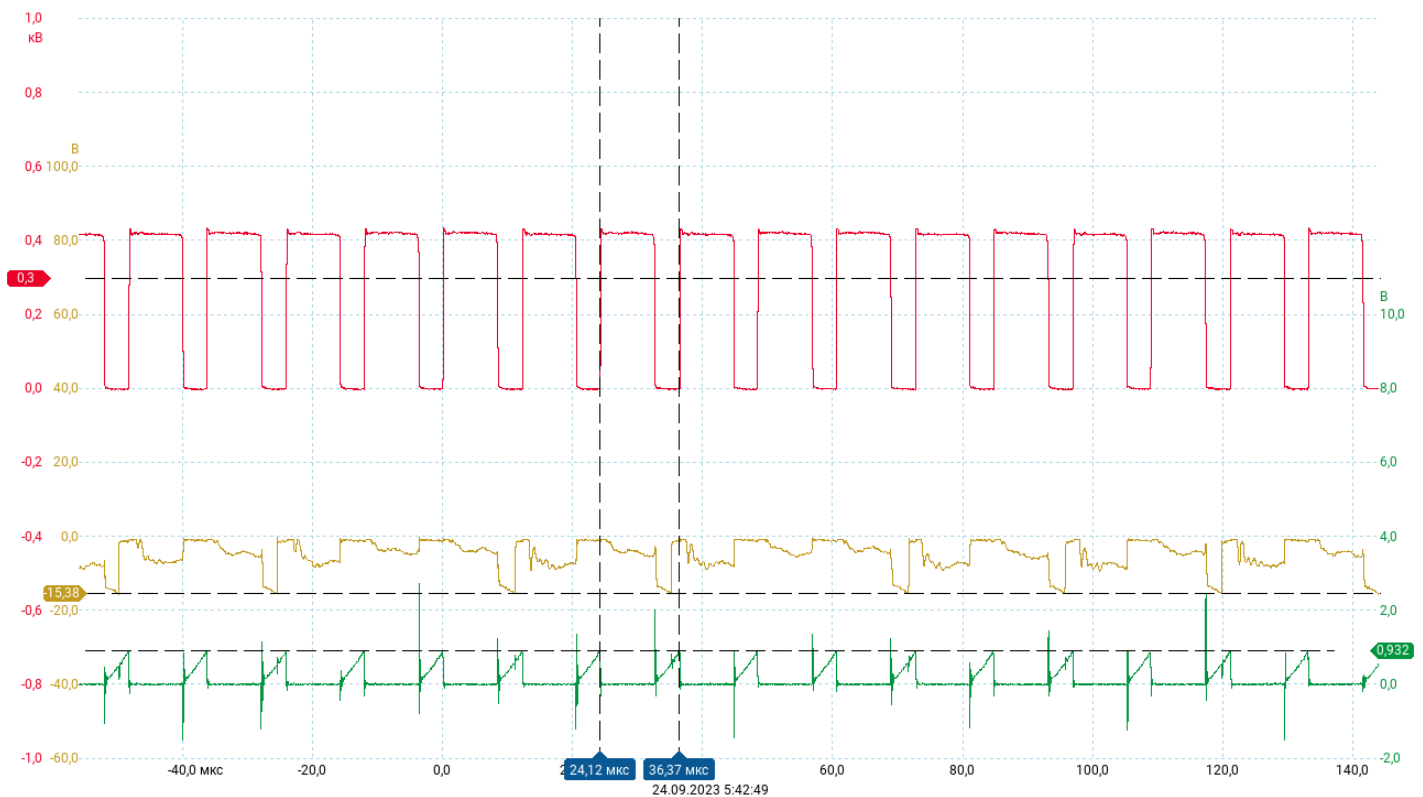




## Работа 2. Вход 332В



**Работа 3. Вход 280 ток 1,5А (максимум)** Хорошо видна работа динистора (желтая) Видно , что два из трех срабатываний — преждевременные. Подпитка должна происходить в каждом такте.



Осциллограммы приведены в ознакомительных целях.

## **Выводы:**

Для построения дежурных источников не нужно тратить время на поиск и проектирование на новых и ВСЕГДА уникальных контроллерах, создавая новые зависимости от поставщиков.

Используя UC3842/43 + 1n65/2n65/4n65 связку за скромные деньги и время можно достичь аналогичных результатов. Единственным заметным недостатком приведенного решения является большее количество деталей. Пример размещения динистора (ключевой элемент технологии) переведен выше. Не так уж и много места.

Среди достоинств — доступность комплектующих. Их наличия на складе фирмы уже сейчас. Наличие Российских аналогов всех деталей.

Большая надежность и более широкий температурный диапазон. (до - 60ти град АЕДон проверял. У 3842- нет ограничения )

НИЖАЙШАЯ цена трансформатора. Возможность намотки без краевой и межслойной изоляции. Возможность намотки в секции и автоматическая намотка. Большая индуктивность рассеяния легко компенсируется агрессивным РОВ, что возможно только при отсутствии обмотки питания контроллера. (отсутствие выброса на приведенной схеме прекрасно видно на осциллограммах.). Обычным схемам агрессивный РОВ мешает питать контроллер на ХХ и контроллер переходит в старт стоп или на внутреннее питание, если есть такое .

ШИРОКАЯ масштабируемость. От 5-и до 50ти Вт. (можно более, но уже не целесообразно, хотя просто и надежно)

Низкое потребление на ХХ. (здесь 0,6-0,9Вт на ХХ) Хотя и уступает лидерам. Важно при требованиях стандартам. Можно использовать КМОП версии достигая современной экономности. Есть аналоги и в России - UCC3800. Есть два предложения чип и дип FA5511N за 50 руб и FAN7601BM 15руб. Обе – КМОП.

Малое время запуска. Не требует спец схем для его сокращения.

Гибкость и полное управление параметрами без неожиданностей.

По совокупности достоинств чуть большая площадь является разумной платой за большой набор достоинств.

Схемное решение патентопригодно. Для внедрения нужно решение и поддержка руководства, подготовка руководства по применению и мастер класс.

**Гафаров Руслан 25.09.2023**

Прямой конкурент от ROHS – DK1203. 15Ватт за 23 рубля от чип и дип. (есть сомнения в надежности — микросхема бытовая) Только для некритичных изделий при огромном тираже.