

Применение LM2596 в устройствах и разводка платы

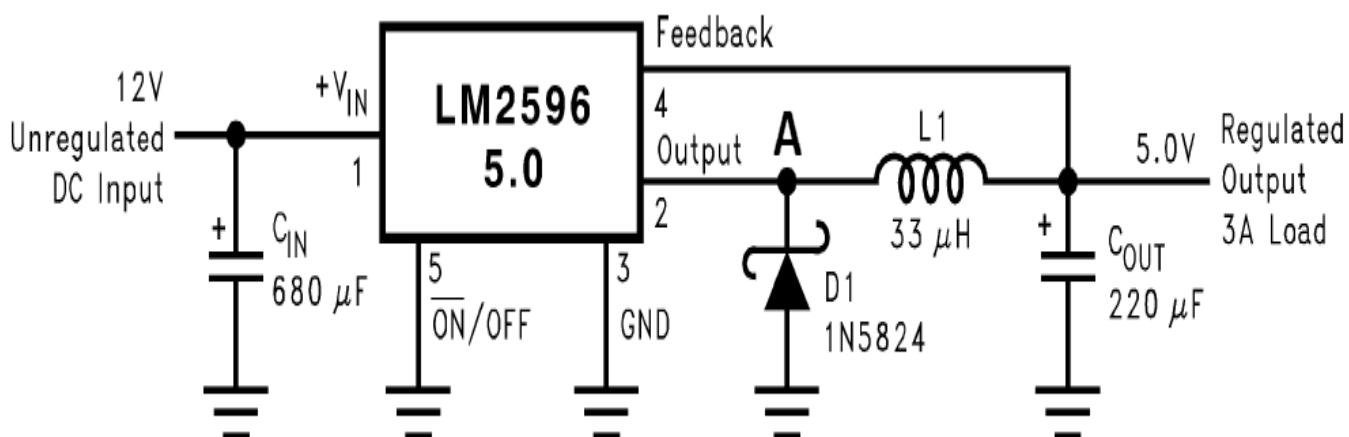
Источник напряжения

Схема

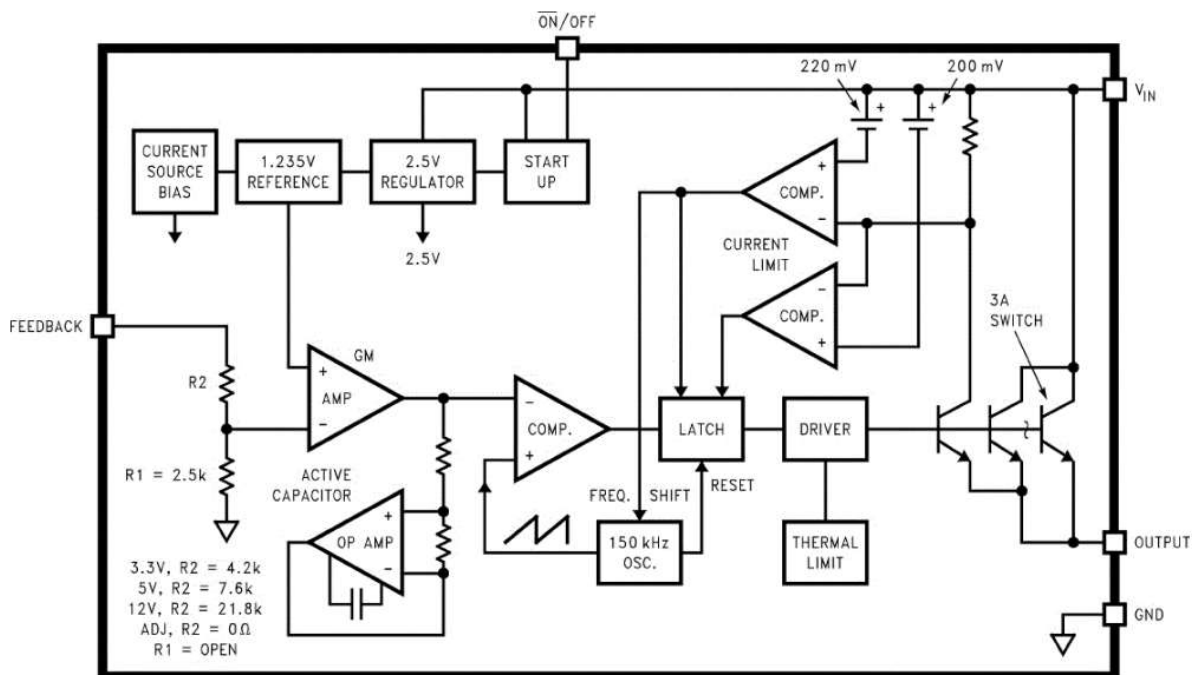
Микросхема удобна в применении в качестве **step-down конвертера**: мощный биполярный ключ находится внутри, осталось добавить остальные компоненты регулятора — быстрый диод, индуктивность и выходной конденсатор, также возможно поставить входной конденсатор — всего 5 деталей.

В версии LM2596ADJ также потребуется схема задания выходного напряжения, это два резистора или один переменный резистор.

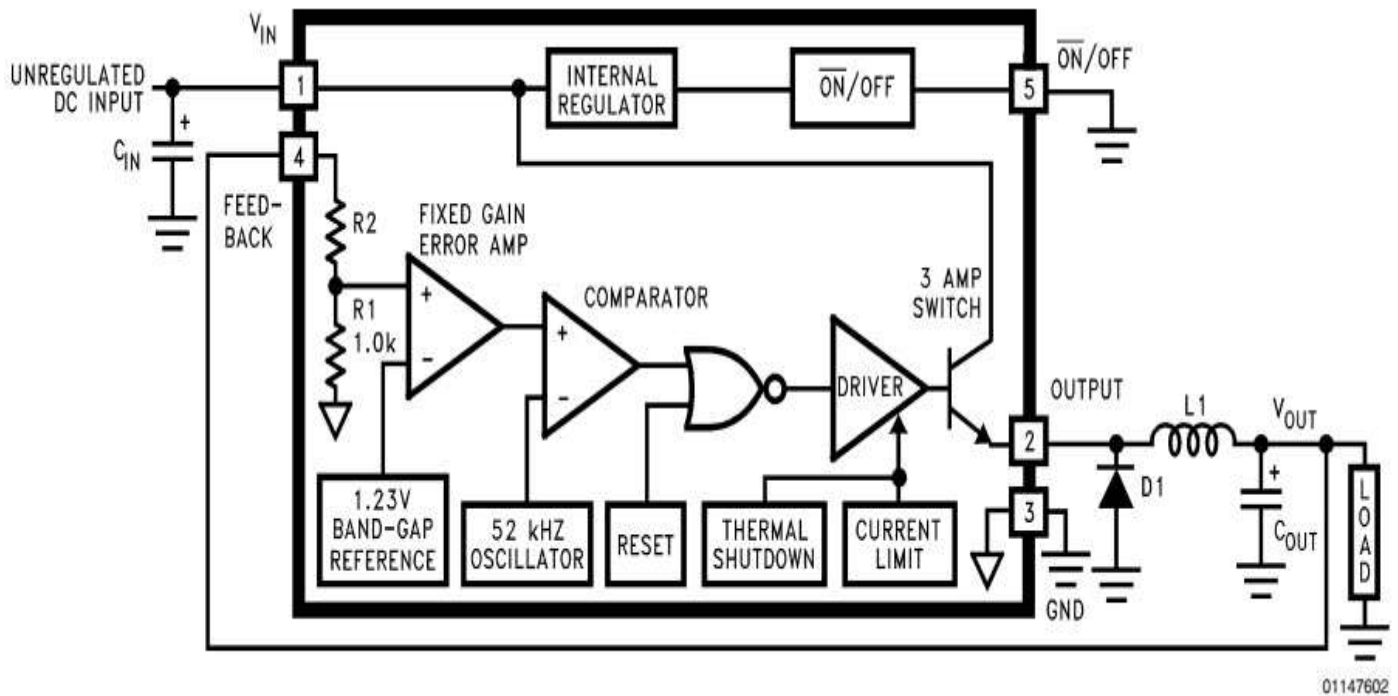
Схема понижающего преобразователя напряжения на основе LM2596:



Внутреннее строение LM2596:



Вся схема вместе:



Здесь можно [скачать даташит/datasheet на LM2596](#).

Принцип работы: управляемый **ШИМ-сигналом** мощный ключ внутри устройства посылает импульсы напряжения на индуктивность. В точке А $x\%$ времени присутствует полное напряжение, и $(1-x)\%$ времени напряжение равно нулю. LC-фильтр сглаживает эти колебания, выделяя постоянную составляющую, равную $x \cdot$ напряжение питания. Диод замыкает цепь, когда транзистор выключен.

Подробное описание работы

Индуктивность противится изменению тока через неё. При появлении напряжения в точке А дроссель создаёт большое отрицательное напряжение самоиндукции, и напряжение на нагрузке становится равно разности напряжения питания и напряжения самоиндукции. Ток индуктивности и напряжение на нагрузке постепенно растут.

После пропадания напряжения в точке А дроссель стремится сохранить прежний ток, текущий из нагрузки и конденсатора, и замыкает его через диод на землю — он постепенно падает. Таким образом, напряжение на нагрузке всегда меньше входного напряжения и зависит от скважности импульсов.

Выходное напряжение

Модуль выпускается в четырёх версиях: с напряжением 3.3В (индекс –3.3), 5В (индекс – 5.0), 12В (индекс –12) и регулируемая версия LM2596ADJ. Имеет смысл везде применять именно настраиваемую версию, поскольку она в большом количестве есть на складах электронных компаний и вы вряд ли столкнётесь с её дефицитом — а она требует дополнительно лишь два копеечных резистора. Ну и конечно, версия на 5 вольт тоже пользуется популярностью.

LM2596SX-3.3/NOPB 2010	TI	TO-263 (D2PAK)	135.24 112.42 101.43	< 20 20-50 > 50	—	923
LM2596SX-5.0/NOPB 2007	TI	TO-263-5	116.48 96.83 87.36	< 20 20-50 > 50	—	8163
LM2596SX-ADJ/NOPB 2006	TI	TO-263-5	114.40 95.09 85.80	< 20 20-50 > 50	—	3363

Количество на складе — в последнем столбце.

Можно сделать задание выходного напряжения в виде DIP-переключателя, хороший пример этого приведён [здесь](#), либо в виде поворотного переключателя. В обоих случаях потребуется батарея точных резисторов — зато можно настраивать напряжение без вольтметра.

Корпус

Существует два варианта корпусов: корпус для планарного монтажа TO-263 (модель LM2596S) и корпус для монтажа в отверстия TO-220 (модель LM2596T). Я предпочитаю применять планарную версию LM2596S, поскольку в этом случае радиатором является сама плата, и отпадает необходимость покупать дополнительный внешний радиатор. К тому же её механическая стойкость гораздо выше, в отличие от TO-220, которую обязательно надо к чему-то привинчивать, хотя бы даже к плате — но тогда проще установить планарную версию. Микросхему LM2596T-ADJ я рекомендую использовать в блоках питания, потому что с её корпуса легче отвести большое количество тепла.

Сглаживание пульсаций входного напряжения

Можно использовать как эффективный «интеллектуальный» стабилизатор после выпрямления тока. Поскольку микросхема следит непосредственно за величиной выходного напряжения, колебания входного напряжения вызовут обратно пропорциональное изменение коэффициента преобразования микросхемы, и выходное напряжение останется в норме.

Из этого следует, что при использовании LM2596 в качестве понижающего преобразователя после трансформатора и выпрямителя, входной конденсатор (т.е. тот который стоит сразу после диодного моста) может иметь небольшую ёмкость (порядка 50-100мкФ).

Выходной конденсатор

Благодаря высокой частоте преобразования выходной конденсатор тоже не обязан иметь большую ёмкость. Даже мощный потребитель не успеет значительно посадить этот конденсатор за один цикл. Проведём расчёт: возьмём конденсатор в 100мкФ, 5В выходного напряжения и нагрузку, потребляющую 3 ампера. Полный заряд конденсатора $q = C \cdot U = 100 \cdot 10^{-6} \text{ мкФ} \cdot 5 \text{ В} = 500 \cdot 10^{-6} \text{ мкКл}$.

За один цикл преобразования нагрузка заберёт из конденсатора $dq = I \cdot t = 3 \text{ А} \cdot 6.7 \text{ мкс} = 20 \text{ мкКл}$ (это всего 4% от полного заряда конденсатора), и тут же начнётся новый цикл, и преобразователь засунет в конденсатор новую порцию энергии.

Самое главное — не используйте в качестве входного и выходного конденсатора танталовые конденсаторы. У них прямо в даташитах пишут — «не использовать в цепях питания», потому что они очень плохо переносят даже кратковременные превышения напряжения, и не любят импульсные высокие токи. Используйте обычные алюминиевые электролитические конденсаторы.

Эффективность, КПД и тепловые потери

КПД не так высок, поскольку в качестве мощного ключа используется биполярный транзистор — а он имеет ненулевое падение напряжения, порядка 1.2В. Отсюда и падение эффективности при маленьких напряжениях.

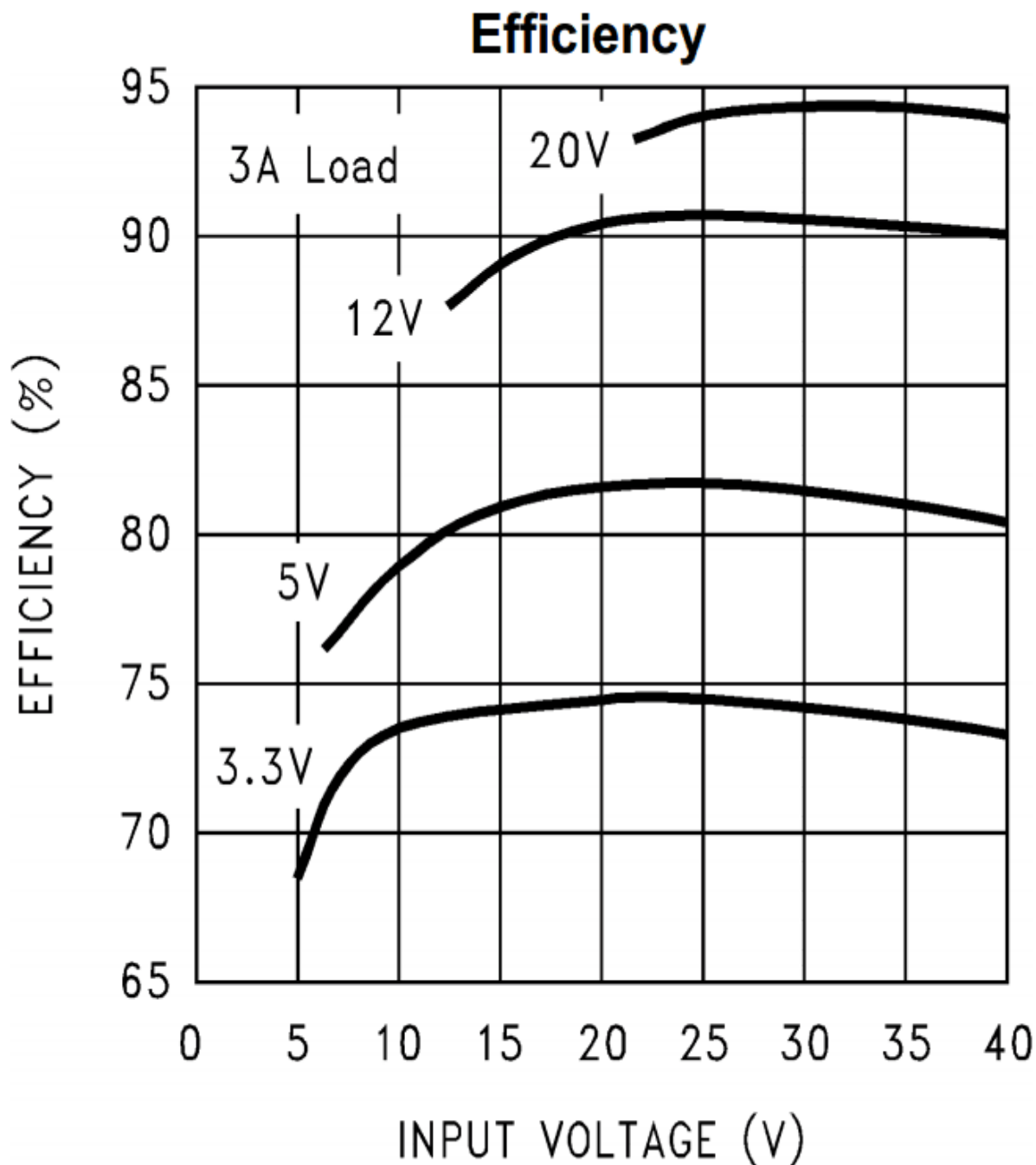


Figure 5.

Как видим, максимальная эффективность достигается при разности входного и выходного напряжений порядка 12 вольт. То есть, если нужно уменьшить напряжение на 12 вольт — в тепло уйдёт минимальное количество энергии.

Что такое **эффективность преобразователя**? Это величина, характеризующая токовые потери — на выделение тепла на полностью открытом мощном ключе по закону Джоуля-Ленца и на аналогичные потери при переходных процессах — когда ключ открыт, допустим, лишь

наполовину. Эффекты от обоих механизмов могут быть сравнимы по величине, поэтому не нужно забывать про оба пути потерь. Небольшая мощность идёт также на питание самих «мозгов» преобразователя.

В идеальном случае, при преобразовании напряжения с U_1 до U_2 и выходном токе I_2 выходная мощность равна $P_2 = U_2 \cdot I_2$, входная мощность равна ей (идеальный случай). Значит, входной ток составит $I_1 = U_2 / U_1 \cdot I_2$.

В нашем же случае преобразование имеет эффективность ниже единицы, поэтому часть энергии останется внутри прибора. Например, при эффективности η выходная мощность составит $P_{out} = \eta \cdot P_{in}$, а потери $P_{loss} = P_{in} - P_{out} = P_{in} \cdot (1 - \eta) = P_{out} \cdot (1 - \eta) / \eta$. Конечно, преобразователь вынужден будет увеличить входной ток, чтобы поддерживать заданные выходные ток и напряжение.

Можно считать, что при преобразовании 12В -> 5В и выходном токе 1А потери в микросхеме составят 1.3 ватта, а входной ток будет равен 0.52А. В любом случае это лучше любого линейного преобразователя, который даст минимум 7 ватт потерь, и потребит из входной сети (в том числе на это бесполезное дело) 1 ампер — в два раза больше.

Кстати, микросхема **LM2577** имеет в три раза меньшую частоту работы, и её эффективность несколько выше, поскольку меньше потерь в переходных процессах. Однако, ей нужны в три раза более высокие номиналы дросселя и выходного конденсатора, а это лишние деньги и размер платы.

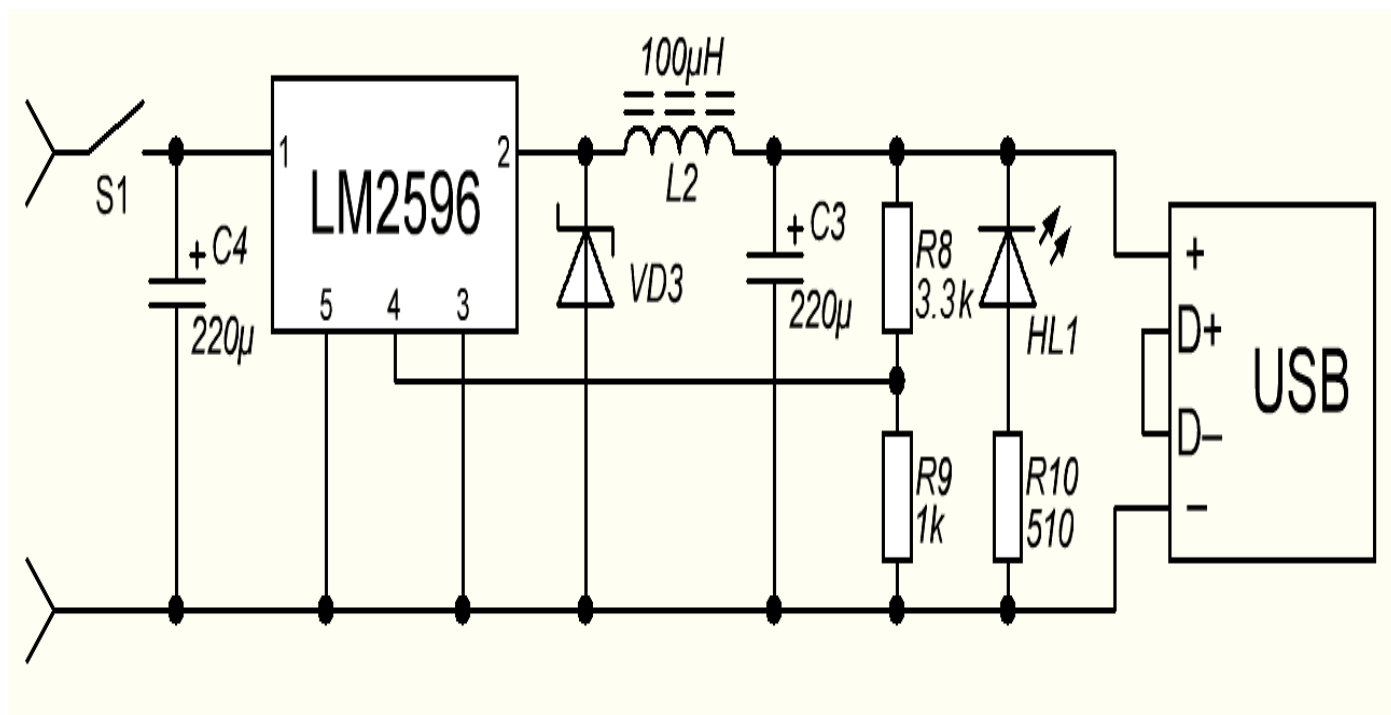
Увеличение выходного тока

Несмотря на и так довольно большой выходной ток микросхемы, иногда требуется ещё БОЛЬШОЙ ток. Как выйти из этой ситуации?

1. Можно запараллелить несколько преобразователей. Конечно, они должны быть настроены точно на одно и то же выходное напряжение. В таком случае нельзя обойтись простыми SMD-резисторами в цепи задания напряжения Feedback, нужно использовать либо резисторы с точностью 1%, либо вручную задавать напряжение переменным резистором. Если нет уверенности в маленьком разбросе напряжений — лучше параллелить преобразователи через небольшой шунт, порядка нескольких десятков миллиом. Иначе вся нагрузка ляжет на плечи преобразователя с самым высоким напряжением и он может не справиться.
2. Можно использовать хорошее охлаждение — большой радиатор, многослойная печатная плата большой площади. Это даст возможность поднять ток до 4.5А.
3. Наконец, можно **вынести мощный ключ** за пределы корпуса микросхемы. Это даст возможность применить полевой транзистор с очень маленьким падением напряжения, и здорово увеличит как выходной ток, так и КПД.

USB-зарядник на LM2596

Можно сделать очень удобный походный USB-зарядник. Для этого необходимо настроить регулятор на напряжение 5В, снабдить его USB-портом и обеспечить питание зарядника. Я использую купленный в Китае радиомодельный литий-полимерный аккумулятор, обеспечивающий 5 ампер-часов при напряжении 11.1 вольта. Это очень много — достаточно для того чтобы **8 раз** зарядить обычный смартфон (не учитывая КПД). С учётом КПД получится не меньше 6 раз.



Не забудьте замкнуть контакты D+ и D- гнезда USB, чтобы сообщить телефону что он подключен к заряднику, и передаваемый ток неограничен. Без этого мероприятия телефон будет думать, что он подключен к компьютеру, и будет заряжаться током в **500mA** - очень долго. Более того, такой ток может даже не скомпенсировать ток потребления телефона, и аккумулятор вовсе не будет заряжаться.

Также можно предусмотреть отдельный вход 12В от автомобильного аккумулятора с разъёмом прикуривателя — и переключать источники каким-либо переключателем. Советую установить светодиод, который будет сигнализировать что устройство включено, чтобы не

забыть выключить батарею после полной зарядки — иначе потери в преобразователе полностью посадят резервную батарею за несколько дней.

Такой аккумулятор не слишком подходит, потому что он рассчитан на высокие токи — можно попробовать найти менее сильноточную батарею, и она будет иметь меньшие размеры и вес.

Стабилизатор тока

Регулировка выходного тока

Возможна только в версии с настраиваемым выходным напряжением (LM2596ADJ). Кстати, китайцы делают и такую версию платы, с регулировкой напряжения, тока и всевозможной индикацией — готовый модуль стабилизатора тока на LM2596 с защитой от КЗ, можно купить под названием xw026fr4.



Если вы не хотите применять готовый модуль, и желаете сделать эту схему самостоятельно — ничего сложного, за одним исключением: у микросхемы нет возможности управления током, однако её можно добавить. Я объясню, как это сделать, и попутно разьясню сложные моменты.

Применение

Стабилизатор тока — штука, нужная для питания мощных светодиодов (кстати — мой проект микроконтроллерного **драйвера мощного светодиода**), лазерных диодов, гальваники, заряда аккумуляторов. Как и в случае со стабилизаторами напряжения, есть два типа таких устройств — линейный и импульсный.

Классический линейный стабилизатор тока — это LM317, и он вполне хорош в своём классе — но его предельный ток 1.5А, для многих мощных светодиодов этого недостаточно. Даже если уموцнить этот стабилизатор внешним транзистором — потери на нём просто неприемлемы. Весь мир катит бочку на энергопотребление лампочек дежурного питания, а тут LM317 работает с КПД 30% 😊 Это не наш метод.

А вот наша микросхема — удобный драйвер импульсного преобразователя напряжения, имеющий много режимов работы. Потери минимальны, поскольку не применяется никаких линейных режимов работы транзисторов, только ключевые.

Изначально она предназначалась для схем стабилизации напряжения, однако несколько элементов превращают её в стабилизатор тока. Дело в том, что микросхема всецело полагается на сигнал «Feedback» в качестве обратной связи, а вот что на него подавать — это уже наше дело.

В стандартной схеме включения на эту ногу подаётся напряжение с резистивного делителя выходного напряжения. 1.2В — это равновесие, если Feedback меньше — драйвер увеличивает скважность импульсов, если больше — уменьшает. Но ведь можно на этот вход подать напряжение с токового шунта!

Шунт

Например, на токе 3А нужно взять шунт номиналом не более 0.1Ом. На таком сопротивлении этот ток выделит около 1Вт, так что и это много. Лучше запараллелить три таких шунта, получив сопротивление 0.033Ом, падение напряжения 0.1В и выделение тепла 0.3Вт.

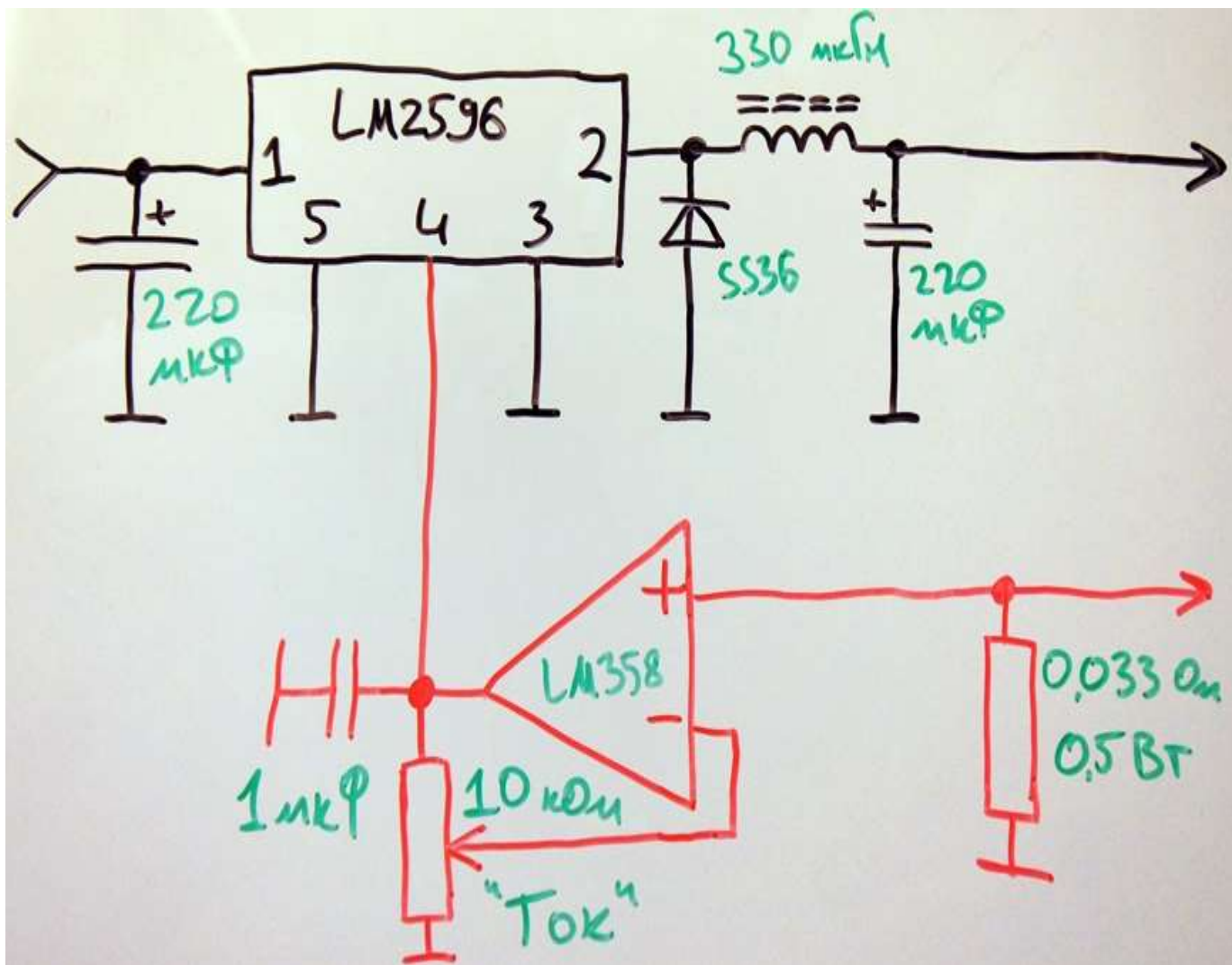
Однако, вход Feedback требует напряжение 1.2В — а мы имеем лишь 0.1В. Ставить бОльшее сопротивление нерационально (тепла будет выделяться в 150 раз больше), поэтому остаётся как-то увеличить это напряжение. Делается это с помощью операционного усилителя.

Неинвертирующий усилитель на ОУ

Классическая схема, что может быть проще?

Объединяем

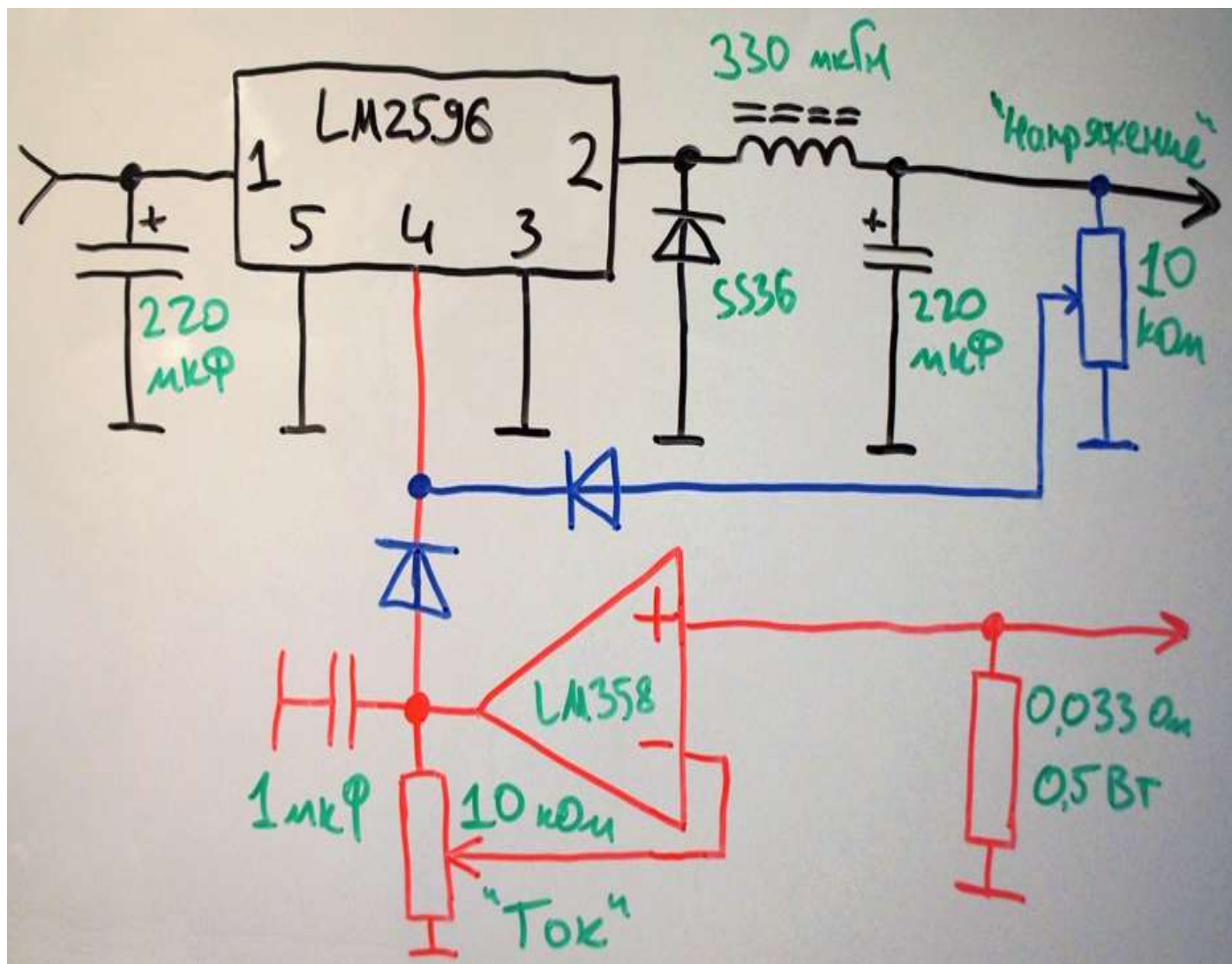
Теперь объединяем обычную схему преобразователя напряжения и усилитель на ОУ LM358, к входу которого подключаем токовый шунт.



Мощный резистор 0.033 Ом — это и есть шунт. Его можно сделать из трёх резисторов 0.1 Ом, соединённых параллельно, а для увеличения допустимой рассеиваемой мощности — используйте SMD-резисторы в корпусе 1206, поставьте их с небольшим промежутком (не вплотную) и постарайтесь максимально оставить слой меди вокруг резисторов и под ними. На выход Feedback подключен небольшой конденсатор, чтобы устранить возможный переход в режим генератора.

Регулируем и ток и напряжение

Давайте заведём на вход Feedback оба сигнала — и ток, и напряжение. Для объединения этих сигналов воспользуемся обычной схемой монтажного «И» на диодах. Если сигнал тока выше сигнала напряжения — он будет доминировать и наоборот.



Пару слов о применимости схемы

Вы не можете регулировать выходное напряжение. Хотя невозможно регулировать одновременно и выходной ток, и напряжение — они пропорциональны друг другу, с коэффициентом «сопротивление нагрузки». А если блок питания реализует сценарий вроде «постоянное выходное напряжение, но при превышении тока начинаем уменьшать напряжение», т.е. CC/CV — то это уже зарядное устройство.

Максимальное напряжение питания схемы — 30В, поскольку это предел для LM358. Можно расширить этот предел до 40В (или 60В с версией LM2596-HV), если питать ОУ от стабилизатора.

В последнем варианте в качестве суммирующих диодов необходимо использовать диодную сборку, поскольку в ней оба диода сделаны в рамках одного технологического процесса и на одной пластине кремния. Разброс их параметров будет гораздо меньше разброса параметров отдельных дискретных диодов — благодаря этому мы получим высокую точность отслеживания значений.

Также нужно внимательно следить за тем, чтобы схема на ОУ не возбудилась и не перешла в режим генерации. Для этого старайтесь уменьшить длину всех проводников, а особенно дорожки, подключенной к 2 выводу LM2596. Не располагайте ОУ вблизи этой дорожки, а диод SS36 и конденсатор фильтра расположите ближе к корпусу LM2596, и обеспечьте минимальную площадь петли земли, подключенной к этим элементам — необходимо обеспечить минимальную длину пути возвратного тока «LM2596 -> VD/C -> LM2596».

Применение LM2596 в устройствах и самостоятельная разводка платы

О применении микросхемы в своих устройствах не в виде готового модуля я подробно рассказал в другой статье, в которой рассмотрены: выбор диода, конденсаторов, параметров дросселя, а также рассказал про правильную разводку и несколько дополнительных хитростей.

Возможности дальнейшего развития

Улучшенные аналоги LM2596

Проще всего после этой микросхемы перейти на **LM2678**. По сути — это тот же самый stepdown преобразователь, только с полевым транзистором, благодаря которому КПД поднимается до 92%. Правда, у него 7 ног вместо 5, и он не pin-to-pin совместимый. Тем не менее эта микросхема очень похожа, и будет простым и удобным вариантом с улучшенной эффективностью.

L5973D — довольно старая микросхема, обеспечивающая до 2.5А, и немного более высокий КПД. Также у неё почти в два раза выше частота преобразования (250 кГц) — следовательно, требуются меньшие номиналы индуктивности и конденсатора. Однако, я видел что с ней происходит, если поставить её напрямую в **автомобильную сеть** — довольно часто выбивает помехами.

ST1S10 — высокоэффективный (КПД 90%) DC–DC stepdown преобразователь.

- Требуется 5–6 внешних компонентов;
- Сделан по схеме синхронного преобразования (т.е. вместо Step–down схемы применён полумост);
- Эффективность работы при малых нагрузках увеличена за счёт режима пропуска импульсов;
- Есть схема слежения за температурой и нагрузкой — отключается при критическом нагреве и при коротком замыкании;
- Работает на большой частоте — 900 кГц. Есть тактовый вход, позволяющий манипулировать частотой — например, при низкой нагрузке уменьшить частоту, при высокой увеличить. Также можно устроить spread frequency — хаотически менять частоту, чтобы уменьшить интенсивность шума в эфире, «размазав» этот шум по спектру.
- У него нет защиты от КЗ. Причём под «защитой» я имею в виду не защиту преобразователя (а он сам по себе прочный и стойкий), а защиту нагрузки. Есть много свидетельств тому, что при КЗ в нагрузке он выжигает нагрузку полностью 😊 Поэтому его не стоит использовать для экспериментов, а только для проверенных устройств — или ставить предохранитель.

ST1S14 — высоковольтный (до 48 вольт) контроллер. Большая частота работы (850 кГц), выходной ток до 4А, выход Power Good, высокий КПД (не хуже 85%) и схема защиты от превышения тока нагрузки делают его, наверное, лучшим **преобразователем для питания сервера** от 36–вольтового источника.

Если требуется максимальный КПД — придётся обращаться к неинтегрированным stepdown DC–DC контроллерам. Проблема интегрированных контроллеров в том, что в них никогда не бывает классных силовых транзисторов — типичное сопротивление канала не выше 200мОм. Однако если взять контроллер без встроенного транзистора — можно выбрать любой транзистор, хоть AUIRFS8409–7P с сопротивлением канала в пол–миллиома 😊

DC-DC преобразователи с внешним транзистором

Хорошо зарекомендовал себя LTC1624, правда он довольно дорог и его тяжело найти — он уже устарел. Его аналог, MAX1627 — контроллер в корпусе SO-8, требует 5 внешних компонентов и P-канальный полевик.

Следующая часть

Применение LM2596 в устройствах и разводка платы

31.05.2014 Питание Catethysis

В [прошлой статье](#) я говорил о готовом преобразователе на базе этой микросхемы. Теперь поговорим о внедрении микросхемы в своё устройство: необходимые элементы обвязки, рекомендации по выбору номиналов и разводке платы, и всё такое.

Расчёт элементов обвязки для импульсного источника питания

Для начала, определимся с входным и выходным напряжением, а также выходным током. Пускай это будет 12 вольт → 3.3 вольт при 3А. Значит, разница напряжений вход-выход составит порядка 9 вольт.

Сначала подбираем индуктивность. Её значение зависит от тока (при маленьком — 6, при большом — 11), но в среднем — 8 микрогенри на 1 вольт разницы напряжений вход-выход. Так что нам понадобится дроссель на $9 \text{ вольт} * 8 \text{ мкГн/вольт} = 72 \text{ мкГн}$ — ближайшее значение 68 мкГн, но стоит взять больше. Предельный постоянный ток катушки должен быть больше выходного тока микросхемы.

Если вы собрались самостоятельно изготовить дроссель — сначала следует его рассчитать. Первое — это выбор подходящего провода. Исходите из плотности 6 А/мм², т.е. в нашем случае понадобится провод сечением 0.5мм². Правильнее если это будет многожильный провод или литцендрат — уменьшатся потери на скин-эффект. Я предлагаю использовать плотность меньше обычных 8 А/мм², поскольку охлаждение будет затруднено (т.к. катушку надо будет залить каким-то клеем или компаундом), но ещё важнее что эффективное сечение провода уменьшится из-за скин-эффекта.

Теперь рассчитываем сам сердечник, воспользуемся его справочными данными. Нас интересует параметр A_l — он показывает индуктивность в нГн на квадратный виток. Т.е. необходимое число витков будет равно корню из (требуемая индуктивность)/ A_l . Допустим, Epcos R10x6x4 из материала N87 имеет $A_l = 900 \text{ нГн/вит}^2$. Значит, для получения индуктивности 72мкГн нужно намотать 9 витков. Однако, сердечник может не выдержать получающееся магнитное поле, и уйти в насыщение. Также, поскольку дроссель работает с ненулевой постоянной составляющей тока, нужно либо пропиливать небольшой зазор в сердечнике, либо использовать сердечник из порошкового железа.

Теперь нужно выбрать выходной конденсатор. Таблица ёмкостей приведена в [даташите](#), я продублирую её здесь.

**LM2596 Fixed Voltage Quick Design
Component Selection Table**

Conditions			Inductor	Output Capacitor
Output Voltage (V)	Load Current (A)	Max Input Voltage (V)	Inductance (μ H)	Nichicon PL Series (μ F/V)
3.3	3	5	22	560/16
		7	22	560/35
		10	22	680/35
		40	33	470/35
	2	6	22	470/35
		10	33	330/35
		40	47	270/50
5	3	8	22	560/16
		10	22	560/25
		15	33	330/35
		40	47	270/35
	2	9	22	560/16
		20	68	180/35
		40	68	180/35
12	3	15	22	470/25
		18	33	330/25
		30	68	180/25
		40	68	180/35
	2	15	33	330/25
		20	68	180/25
		40	150	82/25

Выбор диода — самое простое. Нужно применить диод Шоттки или Ultrafast с предельным током минимум на 30% больше максимального тока индуктивности, и пробивным напряжением минимум на 25% больше максимального напряжения питания.

Выходной ток и напряжение

Модуль обеспечивает до 3 ампер (по даташиту — до 3.4 ампер, но стоит ограничиться меньшим. Мы не знаем параметров диода и дросселя — они могут быть выбраны на пределе). Впрочем, мы можем сами вычислить это значение.

Эффективность в режиме 12В → 5В @ 3А составляет 80%. Проводим термодинамические расчёты: площадь платы конвертера равна 9см², к тому же плата двухсторонняя. Значит, термосопротивление «кристалл — окружающая среда» будет равно примерно 35 град/Вт.

Температура кристалла не должна быть выше 150 градусов. При температуре окружающей среды в 25 градусов это градиент в 125 градусов, который соответствует выделению тепла в $125/35 = 3.57\text{Вт}$. Это — те 20% энергии, которые остались внутри кристалла. На нагрузку ушли остальные 80%, т.е. 14.3Вт. При напряжении 5 вольт это ток 2.9 А.

КПД преобразователя сильно зависит от напряжения нагрузки (при 3.3В — до 75%, при 5В — до 80%, при 12В — до 90%, при 20В — до 95%), и немного зависит от входного — её максимум достигается при питании 20–30 вольтами. Конечно, нет никакого смысла гонять конвертер при небольшой разнице напряжений — его эффективность падает до 70%. Для получения большой мощности установите микросхему на радиатор, или примените двухстороннюю плату (а лучше — ещё больше слоёв меди), и соедините эти слои множеством переходных отверстий.

У модуля есть вход выключения, при котором устройство переходит в режим stand-by и потребляет меньше 0.1мА.

Конвертер качественно следит за точностью напряжения нагрузки — на всём диапазоне входных напряжений выходное не отклоняется сильнее 0.1%. Для установки выходного напряжения необходимо использовать резистивный делитель, дающий на вход feedback точно 1.23В. В нерегулируемых версиях такой делитель встроен в микросхемы.

Высокая частота преобразования (150 кГц) позволяет использовать индуктивность и конденсатор небольшого номинала и размера, правда не получится поставить самый дешёвый дроссель (материал дросселя должен иметь маленькую площадь петли гистерезиса, иначе на каждом цикле перемагничивания будет рассеиваться много тепла). Видимо, китайцы как раз на нём экономят — потому что он ощутимо греется на 3 амперах.

Неизвестен предельный ток этого дросселя, а он очень важен — даже при небольшом превышении сердечник дросселя уйдёт в насыщение, срезая фронты и обогащая сигнал высшими гармониками. Выходной конденсатор в их версии преобразователя поставлен точно не low ESR, поэтому фильтровать их он будет плохо. Имеет смысл зашунтировать выход керамикой около 1мкФ, установленной как можно ближе к выходу.

В устройстве присутствует несколько защит. Когда температура кристалла превышает предел 150 градусов, срабатывает термозащита и транзистор выключается. Также есть слежение за выходным током — при его превышении (выше 4.6А) устройство переходит на более низкую частоту, уменьшая потери в транзисторе, но при этом немного портится выходное напряжение. Этот порог немного увеличивается с ростом его температуры, но не заходит за предел 4.8А.

Некоторые замечания по применению

Линию feedback располагайте как можно дальше от индуктивности, и ни в коем случае не залезайте ей в магнитный поток рассеяния дросселя — на неё наведутся помехи, которые вполне могут вывести стабилизатор в режим генератора. Резисторы задания напряжения в случае adj версии нужно располагать ближе к входу feedback микросхемы, чем к индуктивности.

Необходимо обеспечить кратчайший путь прохождения большого тока, особенно ВЧ (диод, дроссель и конденсатор). Входной и выходной конденсаторы желательно расположить как можно ближе к конвертеру, а диод и дроссель — вообще вплотную к ней и близко друг у другу.

Нельзя водить эти проводники петлями, следует обеспечить малоиндуктивный путь. Например, подойдут короткие толстые проводники, а ещё лучше — целые плоскости меди. Более того, можно сделать двухстороннюю плату, тогда землю можно провести по нижней стороне платы, а все плюсовые проводники — по верхней.

Заодно такие обширные медные плоскости обеспечат хорошее «испарение» тепла.

Дроссель используйте с как можно меньшим потоком рассеяния — т.е. стержневые не подходят. Подходящими будут тороидальные или броневые, несколько хуже — Ш-типа.

Время срабатывания диода очень важно. Нужно использовать Шоттки (у них ещё и маленькое падение напряжения), либо UltraFast. Слишком быстрые ВЧ диоды тоже плохи — они генерируют широкий спектр помех.

Товарищ stalker29218 сделал на LM2596 [аудиоусилитель D-класса](#), просто подавая аудиосигнал на вход Feedback, и назвал эту микросхему «холодным транзистором». Необычный подход, однако вряд ли стоит повторять эту конструкцию; хотя ничего волшебного тут нет, поскольку по сути — эта микросхема работает просто ШИМ-драйвером, управляемым напряжением. Такая схемотехника хороша и в усилителе (без обратной связи), и в стабилизаторе напряжения (будучи охваченной петлёй ООС) — это доказательство того, что на вход Feedback можно подавать что вам заблагорассудится (сверяясь с даташитом на LM2596, чтобы не выйти за пределы)

Плавное включение

Интересен режим замедленного старта: на вход ON/OFF подключается RC-цепь (заряжаемая напряжением питания), и регулятор включается только после заряда конденсатора. Задержка пропорциональна постоянной времени RC-цепи. Это очень удобно при наличии нескольких одинаковых конвертеров, питающихся одним источником, поскольку при включении такой конвертер потребляет много энергии на заряд выходного конденсатора. Этот вариант также описан в даташите на LM2596.

Также к нему может быть подключен мощный потребитель с большим пусковым током (например, какой-либо двигатель), и одновременное включение всех таких цепей вызовет сильноточный импульс, сажая источник питания. Поэтому такие конвертеры будет правильным включать с разной задержкой — например, с разным номиналом резистора времязадающей RC-цепи.

Я использовал его во многих устройствах, и могу порекомендовать для максимально широкого применения. Конечно, при изготовлении изделия в конечном варианте логичнее будет не повторять этот регулятор на плате, а использовать более интересные stepdown-микросхемы вроде L5973D или ST10S.

Теперь о минусах преобразователя

1. Необходим внешний диод. Непонятно, почему его нельзя было сразу поместить внутрь корпуса.
2. Конвертер простой и дешёвый, поэтому применён биполярный транзистор который и обуславливает не очень большую эффективность прибора. Если нужны малые потери — перейдите на что-то с полевым ключом внутри, а может и с встроенным диодом. Хотя можно поставить большой радиатор и добиться бОльшей выходной мощности.
3. Нет модуляции рабочей частоты, как «у взрослых». Без хаотического размытия частоты нельзя добиться низких значений ВЧ-выбросов и радишума.
4. Частота всё-таки не слишком высокая. Существуют драйверы и с частотой 1МГц — им нужен совсем микро-дрессель, но возникают проблемы выбора ВЧ комплектующих вроде транзистора и диода.
5. Существуют микросхемы на полевых транзисторах с синхронным преобразованием (т.е. полумост), они гораздо экономичнее.

С другой стороны, все минусы уравниваются тем что это одна из самых простых и дешёвых микросхем для импульсных источников питания, и она подходит практически для любых не очень ответственных применений.