

Сверхминиатюрные изолированные DC/DC-преобразователи со стабилизированным выходом и ультранизким уровнем пульсаций

Алексей Кузьминов (Москва)

В статье приведены принципиальные схемы, рисунки печатных плат и фотографии изолированных DC/DC-преобразователей 5 В/5 В со стабилизированным выходом мощностью 1/4 и 1/2 Вт на основе контроллеров TPS61040/41 и SN6501. Описанные устройства отличаются сверхмалым уровнем пульсаций (до 0,5 мВ), миниатюрностью (до 7 × 11 мм) и низкой себестоимостью.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время выпускается огромное количество DC/DC-преобразователей, которые различаются между собой по многим параметрам. Наиболее важными параметрами, по мнению автора, являются входное/выходное напряжения, количество каналов (выходных напряжений), изоляция входного и выходного напряжения, мощность, габариты, уровень пульсаций выходного напряжения, наличие встроенного линейного стабилизатора напряжения и, конечно, цена.

Из всего многообразия DC/DC-преобразователей автора заинтересовали одноканальные DC/DC-преобразователи 5 В/5 В мощностью не более 1 Вт, а именно изолированные преобразователи со стабилизированным выходом мощностью 1/4 и 1/2 Вт, т.е. с выходным током не более 50 и 100 мА соответственно. Такие DC/DC-преобразователи, как правило, применяются для гальванической развязки интерфейсов (например, RS232, SPI и т.п.), а также для питания небольших устройств, в которых используются микроконтроллеры и высокоточные АЦП. Причём, если для питания интерфейсов достаточно мощности 1/4 Вт и не требуется стабильность выходного напряжения, то для питания устройств, в которых используются высокоточные АЦП, необходимы DC/DC-преобразователи мощностью не менее 1/2 Вт со встроенным линейным стабилизатором напряжения и уровнем пульсаций не более 10 мВ. По роду деятельности автору понадобилось несколько таких преобразователей для питания небольших устройств, в состав которых входили микроконтроллеры, сопряжённые с высокоточными АЦП.

Попытка приобрести готовые DC/DC-преобразователи с указанными параметрами не увенчалась успехом: уровень пульсаций выходного напряжения предлагаемых преобразователей, даже оборудованных встроенным линейным стабилизатором, превышал 50 мВ. Примерно такой уровень пульсаций имеют и более дешёвые, нестабилизированные DC/DC-преобразователи. Любопытно, что при мощности преобразователей в 1 Вт и менее их цена практически не зависит от мощности.

В связи с острой потребностью в DC/DC-преобразователях с указанными параметрами, была предпринята попытка разработать преобразователи своими силами, учитывая опыт конструирования подобных устройств [1]. В результате сконструированные DC/DC-преобразователи вполне оправдали ожидания по уровню пульсаций выходного напряжения, габаритам и себестоимости. Были реализованы два устройства: изолированный DC/DC-преобразователь 5 В/5 В мощностью в 1/4 Вт (с выходным током 50 мА) со стабилизированным выходом и уровнем пульсаций не более 5 мВ и изолированный DC/DC-преобразователь 5 В/5 В мощностью в 1/2 Вт (выходной ток 100 мА) со стабилизированным выходом и уровнем пульсаций не более 0,4...0,6 мВ (!). Оба преобразователя получились довольно миниатюрными, а стоимость комплектующих одного устройства не превысила 100 руб.

ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Ниже представлены принципиальные схемы изолированных DC/DC-преобразователей 5 В/5 В со стабили-

зированной выходом на базе контроллеров TPS61040/41 и SN6501 (или MAX253) с кратким пояснением функционирования.

ИЗОЛИРОВАННЫЙ DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ 5 В/5 В НА КОНТРОЛЛЕРЕ TPS61040/41

Микросхема контроллера TPS61040/41 компании Texas Instruments относится к так называемым повышающим DC/DC-преобразователям со встроенным ключом (максимальный ток до 400 мА) [2]. Существует также контроллер TPS61060, который пока не доступен для приобретения в РФ. Назначение подобных преобразователей – питание нескольких последовательно соединённых светодиодов от одной или нескольких батарей. Диапазон напряжения питания TPS61040/41 составляет 1,8...6 В. Микросхема TPS61040/41 достаточно популярна, доступна для приобретения, имеет многочисленные аналоги (например, LM2703, LT1615, AME5131, CAT4137, G5111T11, SP6690 и др. [3]) и относительно недорогая (в корпусе SOT23-5 стоит чуть более 1 долл. США, в корпусе SON-6 размером 2 × 2 мм – менее 1 долл.).

Стандартная схема включения TPS61040/41 приведена на рисунке 1. Частота работы преобразователя может достигать 1 МГц и более [4]. После рассмотрения принципа работы контроллера TPS61040/41 можно сделать следующий вывод. Если из схемы рис. 1 удалить компоненты R1, R2, CFF, CO и D1, а вход FB заземлить, то частота переключения транзистора (и скважность импульсов) будет определяться только индуктивностью L1 и таймером (400 нс), причём чем больше индуктивность L1, тем ниже частота переключения (и наоборот).

Частота переключения также определяется сопротивлением нагрузки: наличие гистерезиса в ограничивающем ток компараторе [4] приводит к тому, что частота изменяется скачкообразно почти в три раза во всём диа-

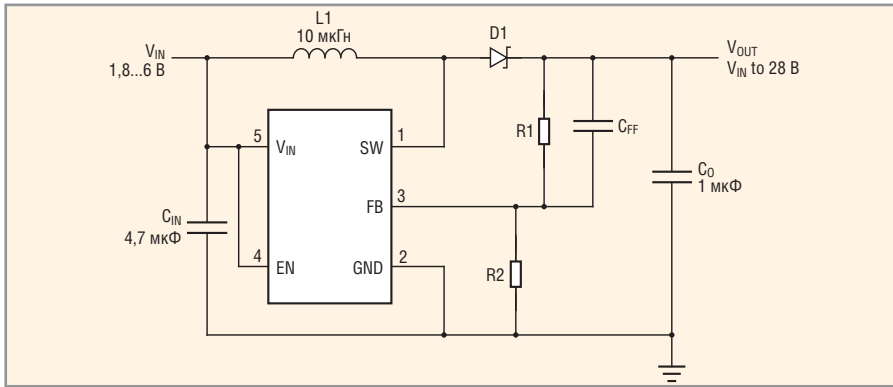


Рис. 1. Основная схема включения контроллера TPS61040/41[9]

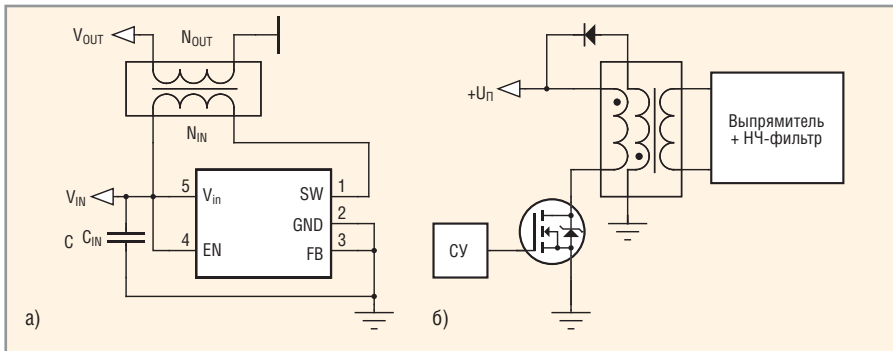


Рис. 2. Функциональные схемы однотактных прямоходовых преобразователей [5]

а – идеализированная схема, б – с дополнительной «размагничивающей» обмоткой

пазоне изменения тока нагрузки. Максимальная частота устанавливается при максимальном токе нагрузки и достигает 1 МГц. К сожалению, в описании контроллера TPS61040/41 это полезное свойство не документировано, хотя с ростом частоты лучше подавляются ВЧ-пульсации. Следует отметить, что не все аналоги контроллера TPS61040/41 переключают частоту. Например, в контроллере LM2703 частота постоянна, а изменяется только скважность импульсов.

Если заменить индуктивность L_1 трансформатором (см. рис. 2а), то выходное напряжение V_{OUT} вторичной обмотки этого трансформатора (в идеальном случае) будет определяться (в том числе) входным напряжением V_{IN} , соотношением обмоток N_{IN} и N_{OUT} , а частота – таймером (400 нс) и индуктивностью первичной обмотки (L_{IN}). Причём чем меньше будет индуктивность L_{IN} , тем выше будет частота.

Способ подключения трансформатора к контроллеру, показанный на рисунке 2а, используется в подавляющем большинстве схем, на основе которых строятся так называемые однотактные прямоходовые преобразователи (ОПП). Эти устройства на стороне вторичной обмотки содержат специальные схемы выпрямления, сглаживания выходного напряжения, сни-

жения уровня пульсаций (помимо сглаживающего LC-фильтра), а в некоторых случаях и линейные стабилизаторы со своими конденсаторами, препятствующими самовозбуждению.

На стороне первичной обмотки в ОПП используются специальные схемы, которые ограничивают выброс напряжения в индуктивности при выключении транзистора (показан на рисунке 3 красным цветом). Кроме того, для предотвращения насыщения сердечника трансформатора ОПП, показанного на рис. 2а, применяется схема рис. 2б (управление транзистором показано условно), содержащая дополнительную «размагничивающую» обмотку и диод. Эта обмотка должна быть включена встречно с основной (начало обмоток показано звёздочками). Количество витков основной и дополнительной обмоток, как правило, одинаково, однако оно может и различаться (вплоть до превышения в четыре раза). На рисунке 3 синим цветом показана зависимость напряжения первичной обмотки от времени при использовании дополнительной размагничивающей обмотки (схема рис. 2б). Как видно из графика, дополнительная обмотка (помимо размагничивающей функции) гасит выброс напряжения. Существуют и альтернативные схемы, выполняющие аналогичные функции [5].

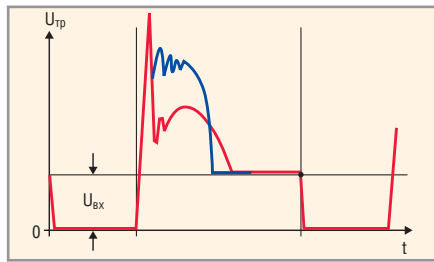


Рис. 3. Формы напряжений в первичной обмотке трансформатора (на стоке транзистора) [11]

Поскольку в нашем случае основными требованиями являются минимизация числа электронных компонентов и нагрева устройства, предпочтение было отдано схеме рис. 2б, на основе которой была построена реальная схема DC/DC-преобразователя (см. рис. 4).

В схеме на рисунке 4 использован трансформатор (TP1), который намотан проводом ПЭЛО 0,1 на ферритовом кольце M1000NM размером 5 × 3 × 1,5 мм. Каждая из первичных обмоток (одна рабочая, вторая – «размагничивающая») содержит по 10 витков провода и имеет индуктивность 16 мкГн, вторичная обмотка содержит 20 витков. Дроссель L1 намотан проводом ПЭЛО 0,1 на ферритовом кольце M2000NM размером 5 × 3 × 1,5 мм. Его обмотка содержит 60 витков и имеет индуктивность 1,2 мГн. Этот дроссель совместно с конденсаторами C4 и C2 образует LC-фильтр, подавляющий ВЧ-пульсации выпрямленного напряжения.

Сам выпрямитель выполнен по мостовой схеме на двух парах диодов Шоттки типа BAT54CW (VD2, VD3) с общим катодом и BAT54AW (VD4, VD5)

с общим анодом. В качестве линейного стабилизатора (DA2) использована микросхема NCP4626 компании On Semiconductor в корпусе XDFN6 размером 1,6 × 1,6 мм [6]. Несмотря на малый размер, такой корпус имеет большую мощность рассеивания тепла (640 мВт), чем корпус SOT23-6 (420 мВт) большего размера (3 × 3 мм). Дело в том, что на дне корпуса XDFN6 предусмотрена металлическая теплоотводящая площадка, которая механически и электрически связана с печатной платой (припаяна к ней и соединена с «землёй»). Все конденсаторы, используемые в схеме, – керамические, предназначенные для поверхностного монтажа; их размер и максимально допустимое напряжение указаны на схеме. Резистор R1 является начальной нагрузкой преобразователя на холостом ходу и ограничивает выходное напряжение выпрямителя на уровне 10 В. Размагничивающая обмотка соединена с входным напряжением через дополнительный диод Шоттки типа PMEG2020EJ (VD1) в корпусе SOD323 размером 2,5 × 1,2 мм. В качестве контроллера (DA1) использована микросхема TPS61040DBV в корпусе SOT23-5 размером 3 × 3 мм [4]. Малые размеры комплектующих позволили реализовать преобразователь на плате с габаритами 7 × 12 мм.

При использовании контроллера TPS61040DBV, имеющего максимальный ток выходного транзистора 400 мА, уровень пульсации выходного напряжения при нагрузке в 100 Ом (ток 50 мА) составил около 15 мВ.

При использовании микросхемы TPS61041DRV (DA1 на рис. 5) в новом корпусе SON-6 размером 2 × 2 мм (максимальный ток выходного транзистора ограничен значением в 250 мА), удалось снизить уровень пульсаций всего устройства до 5 мВ (размах). Снижение пульсаций объясняется тем, что частота работы микросхемы TPS61041 при максимальном токе нагрузки составляет около 1 МГц против примерно 600 кГц у микросхемы TPS61040. Корпус SON-6, несмотря на свой малый размер, рассеивает большую мощность (688 мВт), чем SOT23-6, за счёт теплоотводящей площадки. С увеличением тока нагрузки уровень пульсаций выходного напряжения не возрастает из-за повышения частоты преобразования.

Трансформатор (см. рис. 5) намотан тем же проводом и на таком же ферритовом кольце, что и для схемы рис. 4, но отличается числом витков. Каждая из двух первичных обмоток содержит по 11 витков провода и имеет индуктивность по 22 мкГн, вторичная обмотка содержит 22 витка. В остальном схема преобразователя на контроллере TPS61041 аналогична схеме на контроллере TPS61040 (см. рис. 4).

ИЗОЛИРОВАННЫЙ DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ 5 В/5 В НА КОНТРОЛЛЕРЕ SN6501

Контроллер SN6501 [7] является так называемым трансформаторным драйвером, предназначенным для изолированных DC/DC-преобразователей.

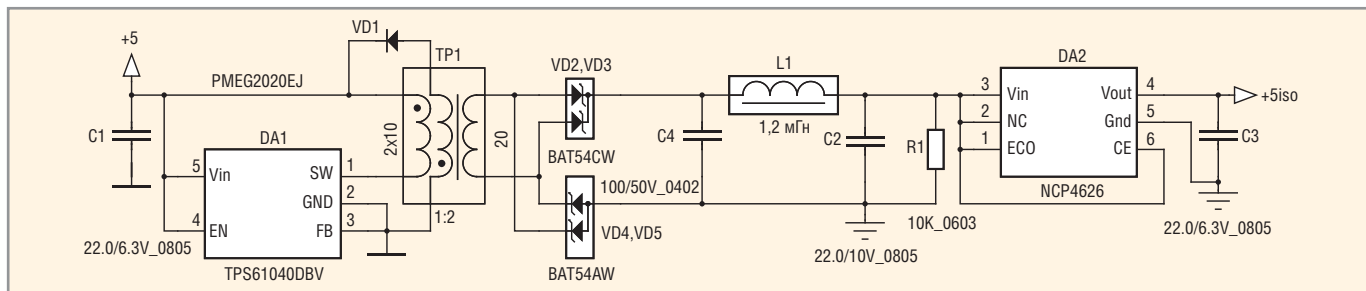


Рис. 4. Схема изолированного DC/DC-преобразователя 5 В/5 В на контроллере TPS61040DBV (корпус SOT23-5)

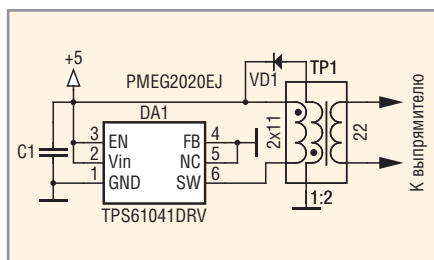


Рис. 5. Схема подключения к трансформатору контроллера TPS61041DRV (корпус SON-6)

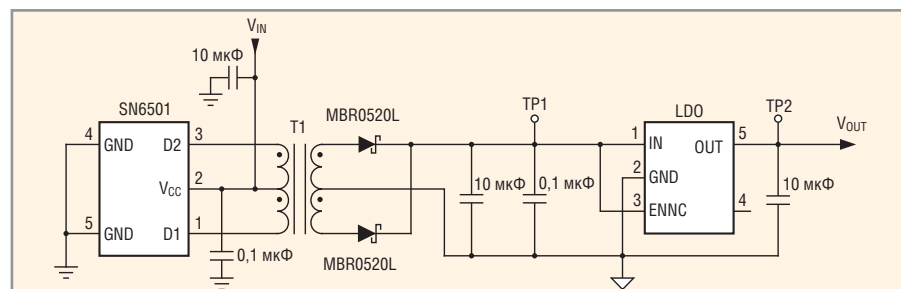


Рис. 6. Типовая схема включения контроллера SN6501 [7]

Это новейшая (2012 г.) разработка компании Texas Instruments. По своей структуре, принципу действия и основной схеме включения с трансформатором (см. рис. 6) SN6501 мало чем отличается от популярной микросхемы трансформаторного драйвера MAX253 [8]. Фактически SN6501 – несколько упрощенная версия MAX253, но с увеличенным выходным током (350 мА против 200 мА у MAX253), меньшим типовым значением сопротивления открытого транзистора (0,6 Ом против 1,5 Ом) и более высокой частотой преобразования при входном напряжении 5 В (410 и 620 кГц против 350 и 500 кГц соответственно). Но главное отличие SN6501 от MAX253 – более миниатюрный корпус. Если самым миниатюрным корпусом, в котором выпускается контроллер MAX253, является 8-μMAX размером 3 × 5 мм (MAX253EUA), то SN6501 размещён в корпусе SOT23-5 размером 3 × 3 мм. При максимальной рассеиваемой мощности 250 мВт (против 350 мВт у корпуса 8-μMAX), за счёт теплоотвода через «земляные» выводы (4 и 5 на рис. 6) преобразователь SN6501 в корпусе SOT23-5 нагревается до 40°C при

выходном токе 150 мА; при том же выходном токе MAX253EUA в корпусе 8-μMAX выдерживает всего несколько секунд, нагреваясь до 70°C, после чего выходит из строя.

Двухтактный режим работы SN6501 (как и MAX253) позволяет не заботиться о размагничивании сердечника. График типовой зависимости выходного напряжения от тока нагрузки при использовании схемы рис. 6 приведён на рисунке 7.

Незначительные, на первый взгляд, отличия электрических характеристик преобразователя SN6501 от MAX253, а также миниатюрный корпус первого, позволяют конструировать на основе SN6501 уникальные по своей простоте и миниатюрности DC/DC-преобразователи, обладающие ультранизким уровнем пульсаций выходного напряжения.

Стандартная схема выпрямления выходного напряжения, снятого с выходной обмотки трансформатора со средней точкой, с помощью двух диодов (см. рис. 6) кажется более экономичной по числу элементов по сравнению с мостовой схемой выпрямления (см. рис. 4). Однако схема со средней точ-

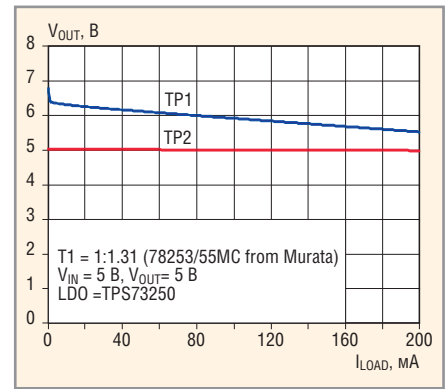


Рис. 7. График зависимости выходного напряжения в точках TP1 и TP2 (см. рис. 6) от тока нагрузки [7]

кой требует двух идентичных вторичных обмоток, тогда как мостовая схема – только одной. Поэтому в описываемых устройствах использована мостовая схема выпрямления на четырёх диодах.

Схема изолированного DC/DC-преобразователя 5 В/5 В со стабилизированным выходом и максимальным током нагрузки в 100 мА приведена на рисунке 8. В ней использован контроллер SN6501 (DA1), выпрямительные диоды PMEG2020 (VD1-VD4), стабилизатор с малым падением напряжения

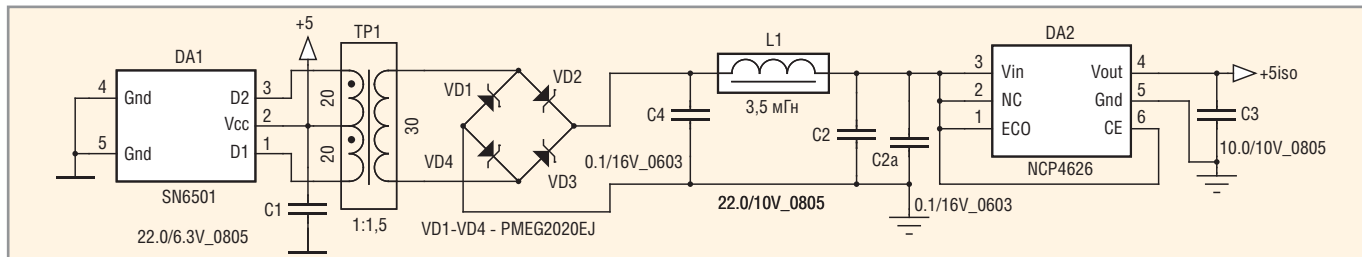


Рис. 8. Реальная схема изолированного DC/DC-преобразователя 5 В/5 В на контроллере SN6501

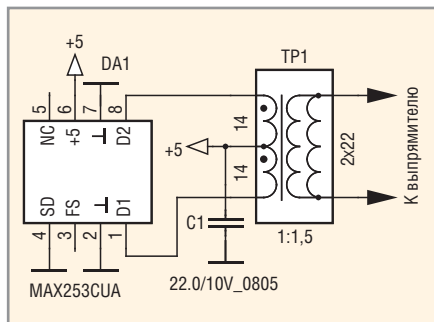


Рис. 9. Схема подключения MAX253 к трансформатору

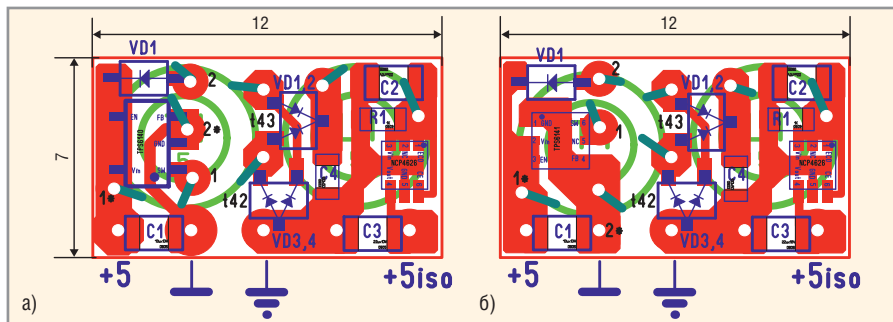


Рис. 10. Разводка плат DC/DC-преобразователей на контроллере TPS61040/41
а – в корпусе SOT23-5(TPS61040/41DBV), б – в корпусе SON-6(TPS61040/41DRV)

(0,15 В при токе 100 мА) NCP4626 (DA2) в малогабаритном корпусе XDFN6 размером 1,6 × 1,6 мм. Трансформатор TP1 намотан на ферритовом кольце размером 5 × 3 × 1,5 мм. Марка феррита – M2500HMC-1. Каждая из первичных обмоток содержит по 20 витков провода марки ПЭПШО-0,08 и имеет индуктивность около 200 мкГн. Этот провод, во-первых, имеет двойную изоляцию, во-вторых, при диаметре внутренней медной жилы 0,08 мм его внешний диаметр около 0,16 мм. По сравнению с ним, распространённый провод марки ПЭЛШО-0,06 имеет внешний диаметр около 0,19 мм. Такая разница является существенной, поскольку на ферритовое кольцо диаметром 4 мм (K4 × 2,5 × 1,2) можно намотать 80 витков провода ПЭПШО-0,08 до полного заполнения внешней цилиндрической поверхности кольца вместо 64 витков ПЭЛШО-0,06, что соответствует индуктивности около 1,5 мГн против 1 мГн. Кроме того, при зачистке провода ПЭПШО с помощью обжига, волокнистая обмотка этого провода (так же, как и провода ПЭЛО) не разматывается, а оплачивается каплей.

В схеме присутствует LC-фильтр на базе конденсаторов C4, C2 и C2a и дросселя L1, который существенно подавляет ВЧ-пульсации выпрямленного напряжения. Дроссель L1 намотан проводом ПЭЛО-0,1 на таком же кольце, что и основной трансформатор, содержит 80 витков провода и имеет индуктивность 3,5 мГн. Все конденсато-

ры – керамические для поверхностного монтажа; их размеры указаны на рисунке 8. Выпрямленное напряжение холостого хода составляет около 6 В. Это напряжение плавно снижается приблизительно до 5,4 В при нагрузке в 50 Ом, т.е. при токе 100 мА. Пульсации напряжения с частотой 500 кГц при токе в 100 мА составляет не более 0,5 мВ (!). Вместо кольца M2500HMC-1 K5 × 3 × 1,5 можно использовать более распространённое M2000HM K5 × 3 × 1,5. В этом случае каждая из двух первичных обмоток должна содержать по 23–24 витка провода ПЭПШО-0,08 (200 мкГн), а вторичная обмотка – до 40 витков этого же провода. При использовании кольца из феррита M2000HM пульсация возрастает до 2 мВ.

Для трансформатора можно взять достаточно распространённое и недорогое кольцо Ersos N87 R6,3 × 3,8 × 2,5. В этом случае каждая из двух первичных обмоток должна содержать по 4 витка провода ПЭЛ-0,125 (при этом индуктивность составляет 225 мкГн), а вторичная – 22 витка, намотанные двойным проводом того же диаметра. Электрические параметры преобразователя при этом соответствуют кольцу M2500HMC-1 K5 × 3 × 1,5, но габариты устройства увеличиваются, и на плате можно установить контроллер MAX253CUA в корпусе 8-μMAX. Схема подключения этого контроллера к аналогичному трансформатору показана на рисунке 9. При использовании контроллера MAX253 схема преобразователя остаётся прежней

(см. рис. 8), за исключением дросселя L1 на кольце M2000HM K4 × 2,5 × 1,2, обмотка которого содержит 80 витков провода ПЭПШО-0,08 и имеет индуктивность 1,5 мГн. При нагрузке в 50 Ом (выходной ток 100 мА) ВЧ-пульсации составляют около 7 мВ – сказывается более низкая рабочая частота контроллера MAX253.

Для дополнительного уменьшения габаритов преобразователя на базе SN6501 вместо диодов PMEG2020 можно использовать PMEG2010, а для дросселя L1 – кольцо M2000HM K4 × 2,5 × 1,2 (80 витков ПЭПШО-0,08; 1,5 мГн). Электрические параметры преобразователя сохраняются.

Эффективность работы трансформатора и, в конечном счете, уровень пульсаций выходного напряжения всего устройства зависит от того, насколько качественно произведена намотка кольца. Во-первых, после намотки первичных обмоток следует измерить их индуктивность, которая должна быть в пределах 195...210 мкГн. Во-вторых, после намотки вторичной обмотки необходимо измерить напряжение на входе линейного стабилизатора (DA2 на рис. 8), т.к. оно зависит от числа витков вторичной обмотки, качества намотки, марки феррита кольца и типа используемых выпрямительных диодов (PMEG2020 или PMEG2010). Это напряжение должно находиться в пределах 5,4...5,6 В при токе 100 мА. Если напряжение превышает 5,6 В, контроллер и диоды будут нагреваться и возрастет уровень пуль-

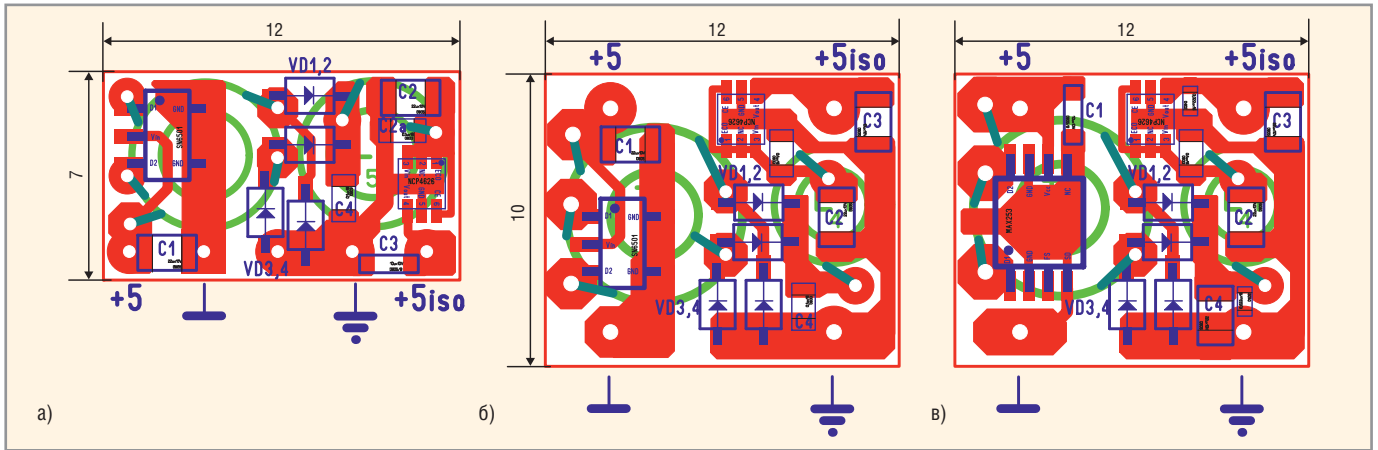


Рис. 11. Разводка плат DC/DC-преобразователей с использованием контроллера SN6501, кольца M2500HMC1 K5×3×1,5 (а) и EPCOS N87 R6,3×3,8×2,5(б); контроллера MAX253 и кольца EPCOS N87 R6,3×3,8×2,5 (в)

саций. Если напряжение менее 5,4 В, уровень пульсаций также возрастёт из-за фактического отключения линейного стабилизатора. Поэтому к выходу преобразователя необходимо подключить резистор 51 Ом мощностью 2 Вт и измерить входное напряжение стабилизатора. Если оно меньше 5,4 В, необходимо домотать несколько витков вторичной обмотки, если больше – отмотать. Идеальное напряжение на входе линейного стабилизатора – 5,5 В.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ УСТРОЙСТВ

Основой всех DC/DC-преобразователей, описанных в статье, является ВЧ-трансформатор на ферритовом кольце. Помимо трансформатора, на ферритовых кольцах изготовлены дроссели, подавляющие пульсации выходного напряжения. Практически все используемые ферритовые кольца – отечественные, марок M1000HM, M2000HM и M2500HMC-1, размером 5×3×1,5 мм. Исключением является кольцо марки EPCOS N87 размером

6,3×3,8×2,5 мм и одно кольцо марки M2000HM размером 4×2,5×1,2 мм, используемое для дросселя.

К сожалению, отечественные кольца изготавливаются без покрытия, имеют достаточно острые кромки и многочисленные неровности, поэтому нуждаются в скруглении острых кромок. У аккуратно обработанного кольца должны сохраняться как внешний, так и внутренний диаметр. Достаточно небольшого скругления кромок, чтобы не допустить повреж-

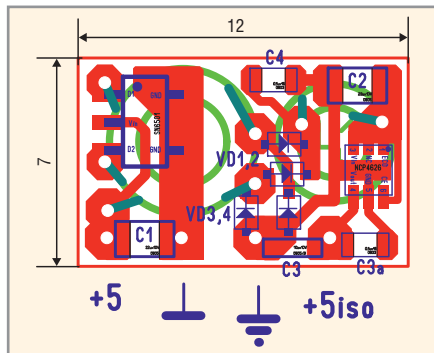


Рис. 12. Разводка платы DC/DC-преобразователя с использованием контроллера SN6501 и диодов PMEG2010AEB в корпусе SOD523

дения изоляции провода при намотке.

Кольцо EPCOS N87 R6,3 × 3,8 × 2,5 выполнено со скруглёнными кромками и имеет диэлектрическое покрытие из специального материала – парилена, выдерживающего относительно высокую температуру. Поэтому на это кольцо можно наматывать провод типа ПЭЛ.

На обработанные отечественные кольца также можно наматывать провод ПЭЛ, не боясь повредить его изоляцию, но рекомендуется использовать обмоточный провод с двойной изоля-

цией (ПЭЛШО, ПЭЛО или ПЭПШО). Если обработанное кольцо покрыть несколькими слоями цапонлака или обмотать двойным слоем ленты ФУМ, то с небольшим ухудшением надёжности можно использовать и провод типа ПЭЛ. В нашем случае хороший результат обеспечил провод ПЭЛ-0,125.

Обмотки должны быть выполнены следующим образом:

- на внешней цилиндрической поверхности кольца витки должны располагаться в один слой, без зазора («виток к витку»), на внутренней поверхности – возможно и в два слоя. Такая обмотка максимально захватывает магнитный поток;
- края обмоток должны быть хорошо закреплены, а выводы должны быть сосредоточены ближе к середине обмотки;
- между концами первичных и вторичных обмоток на внутренней поверхности кольца необходимо оставить зазор не менее 0,8...1 мм для достижения необходимой изоляции входного и выходного напряжения;
- обмотки со средней точкой следует наматывать двойным проводом. После намотки конец первой обмот-

ки необходимо соединить с началом второй – это и будет средняя точка.

Разводка всех печатных плат, приведённых в статье, сделана автором с использованием программы Sprint LayOut 5.1. Фотошаблоны плат напечатаны принтером Canon Pixma MG5140 на прозрачной плёнке Avery Zweckform Z2503, а сами платы изготовлены по технологии, подробно описанной в [9, 10].

После распайки компонентов плата промывается изопропиловым или техническим этиловым спиртом и покрывается несколькими слоями цапонлака. Трансформатор и дроссель приклеиваются к обратной стороне платы липкой двухсторонней лентой, цапонлаком или любым клеем, начиная от «Момент» и заканчивая эпоксидной смолой.

Для выводов устройств автор использовал позолоченные цапговые штыри типа PSLM-40 с шагом 2,54 мм. Тогда при проверке и настройке преобразователя легко вставляется в одну из сторон цапговой DIP-панельки. В серийных изделиях разъёмные соединения можно не применять.

На рисунках 10–12 показана разводка плат, а на рисунках 13–16 – фотографии готовых устройств. На рисун-

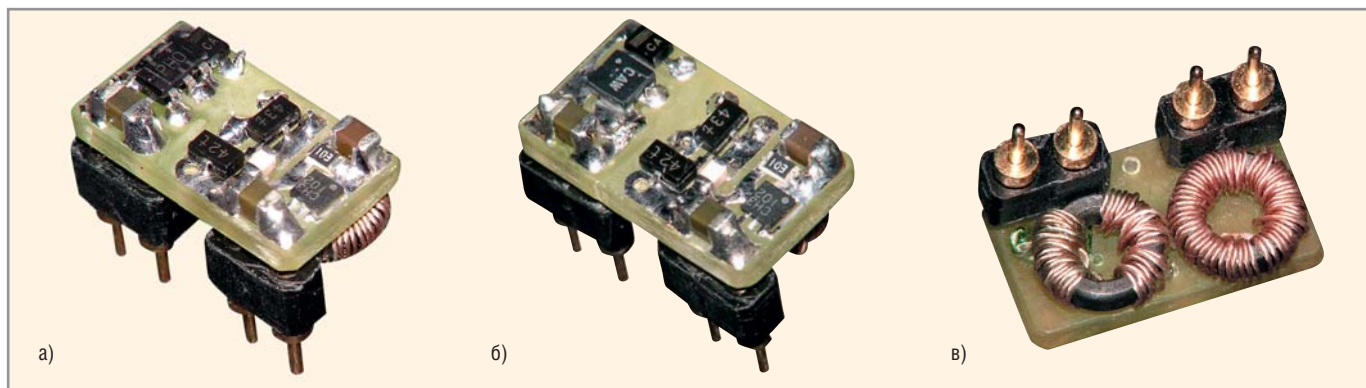


Рис. 13. Фотографии готовых устройств на контроллере TPS61040/41
а – в корпусе SOT23-5 (TPS61040DBV), б – в корпусе SON-6 (TPS61041DRV), в – обратная сторона устройств

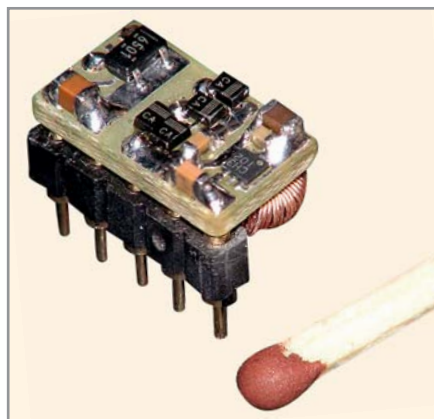


Рис. 14. Фотография изолированного DC/DC-преобразователя 5 В/5 В на контроллере SN6501 с использованием диодов PMEG2020

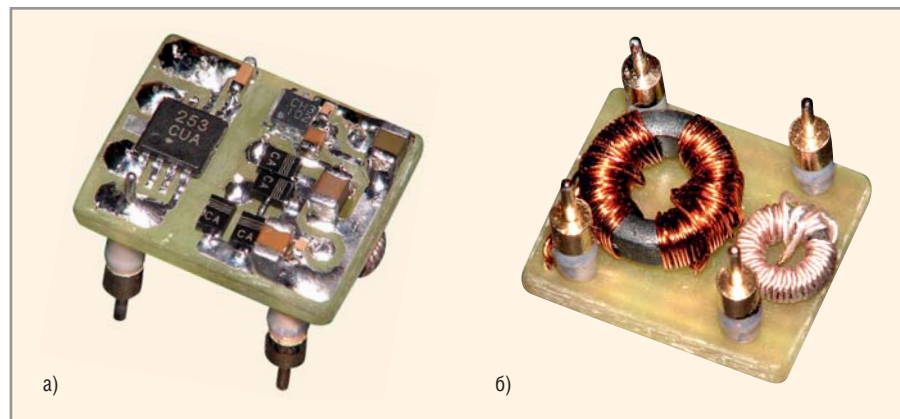


Рис. 15. Фотография изолированного DC/DC-преобразователя 5 В/5 В на контроллере MAX253 с кольцом EPCOS N87 R6,3 × 3,8 × 2,5
а – сторона платы с расположением компонентов, б – обратная сторона устройства

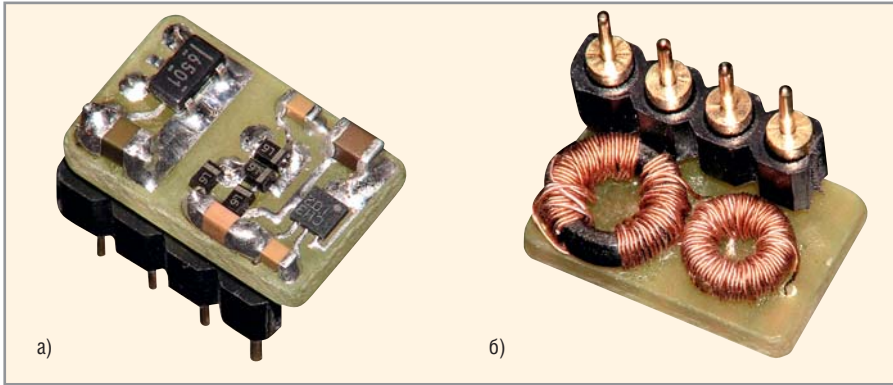


Рис. 16. Фотография изолированного DC/DC-преобразователя 5 В/5 В на контроллере SN6501 с использованием диодов PMEG2010AEB

а – вид устройства со стороны расположения компонентов, б – обратная сторона устройства

ке 14 для сравнения положена обычная спичка. Обратная сторона устройства, показанного на рисунке 14, аналогична рисунку 13в, поэтому не приводится. Устройство, разводка которого показана на рисунке 12, а фотографии – на рисунке 16, является самым миниатюрным (7 × 11 мм). В подрисуночных подписях приведена информация о разводке печатных плат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По сравнению с DC/DC-преобразователями, предлагаемыми многи-

ми фирмами, представленные в настоящей статье устройства отличаются миниатюрностью, сверхмалым уровнем пульсаций и низкой себестоимостью. Такие параметры получены благодаря использованию новейших микросхем (SN6501), простоте схемных решений и технологии изготовления, доступной даже новичку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьминов А. Применение ИС цифровых изоляторов ADUM7441 и ADUM3473 для галь-

ванической развязки интерфейса RS-232. Современная электроника. 2011. № 9.
 2. Староверов К. DC/DC-преобразователи со встроенным ключом от Texas Instruments. Новости электроники. 2007. № 18.
 3. www.chipfind.ru.
 4. TPS61040, TPS61041 Datasheet. 2010. www.ti.com.
 5. Мэк Р. Импульсные источники питания: Теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению. Додэка-XXI, 2008.
 6. NCP4626 Datasheet. 2010. www.onsemi.com.
 7. SN6501 Datasheet. 2012. www.ti.com.
 8. MAX253 Datasheet. 2010. www.maximic.com.
 9. Кузьминов А. Метод фоторепродуцирования для изготовления фотошаблона печатных плат в домашних условиях. Технологии в электронной промышленности. 2010. № 5–7.
 10. Кузьминов А. Изготовление устройств на печатных платах с высоким разрешением в домашних условиях. Технологии в электронной промышленности. 2010. № 8–10.
 11. Гончаров А. Начальная школа построения импульсных DC/DC-преобразователей (второй класс). Электронные компоненты. 2002. № 7.

