

# ИЗОЛИРОВАННЫЙ ИЛИ НЕИЗОЛИРОВАННЫЙ DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ: ЧТО ВЫБРАТЬ?



Что предпочтительнее — разработать, изготовить или купить уже готовое устройство, настроенное и испытанное, со всеми необходимыми сертификатами и гарантиями, применительно к узлам и компонентам радиоэлектронной аппаратуры (РЭА)? Эта тема неоднократно поднималась на страницах разных изданий, в том числе и в журналах редакции «Компоненты и технологии». Применительно к DC/DC-преобразователям эта дилемма была рассмотрена автором настоящей статьи в [1]. Здесь преимущества варианта «купить» для большого числа конечных приложений с использованием импульсных источников питания были убедительно обоснованы. Однако «за бортом» остался вопрос: если купить, то что именно? Настоящая статья постарается восполнить этот пробел.

Взвесив еще раз все *pro et contra* касательно DC/DC-преобразователя и, как говорится, рассмотрев доводы сторон, мы пришли к однозначному выводу — выгоднее его купить. А чтобы купить именно то, что нам нужно, и не прогадать, нас должен, в первую очередь, интересовать определенный круг наиболее важных вопросов, большинство из которых весьма подробно рассмотрены в [2].

Хотя мелочей здесь нет, сведем проблему выбора DC/DC-преобразователя к нескольким понятным пунктам. Итак, что мы должны учесть:

1. назначение изделия, для которого мы выбираем DC/DC-преобразователь, и перечень сопутствующих стандартов безопасности, электромагнитной совместимости вкпе с выполнением требований по защите окружающей среды;
2. диапазон рабочих температур;
3. необходимый диапазон входных напряжений;
4. диапазон нагрузок по току;
5. необходимое номинальное выходное напряжение (напряжения) во всем диапазоне нагрузок и приемлемую точность его (их) поддержания, не забыв при этом учесть реакцию на изменение нагрузки (так называемый сброс/наброс), которая, из-за особенности петли регулирования конкретного типа преобразователя, может

вызвать недопустимый для нашего конечного изделия переходной процесс;

6. допустимую для нашего конечного решения площадь размещения преобразователя и максимальную высоту профиля, учитывая все необходимые для его конечной реализации элементы, т.е. рассматривать решение уже в виде законченного устройства;
7. приемлемый уровень КПД во всем диапазоне нагрузок;
8. надежность конечного решения DC/DC-преобразователя в реальных условиях эксплуатации;
9. граничную цену конечного решения DC/DC-преобразователя и определение его поставщика.

Хотя сегодня на рынке предлагаются DC/DC-преобразователи, как говорится, на любой вкус, цвет и кошелек, для начала все сводится к основному вопросу: покупаем мы изолированный или неизолированный DC/DC-преобразователь. Чтобы ясно понимать, о чем идет речь, кратко поясним: изолированный преобразователь подразумевает, что его выход и вход не имеют гальванической связи и разделены изоляционным барьером с той или иной диэлектрической прочностью. Этот параметр указывает на устойчивость изоляционного барьера к приложенному между его входом и выходом напряжению и, в большинстве случаев, определяет возможную область применения устройства. Соответственно, неизолированный преобразователь не обеспечивает гальванической развязки между его входом и выходом, и этот факт также является определяющим для областей его применения. Все изложенное — это глобальные различия, которые определяют схемотехнические решения, электрические характеристики и даже конструктивное исполнение преобразователей.

Понятно, что все это влияет на стоимость указанных типов DC/DC-преобразователей. Ответственному разработчику здесь необходимо пользоваться одним полезным правилом. Его любил повторять Бенджамин Франклин — великий американский политический деятель, чей портрет украшает купюру в \$100, дипломат, энциклопедист, писатель, журналист, издатель и изобретатель. Для справки: это он ввел об-



шепринятое теперь обозначение электрически заряженных состояний «+» и «-» и объяснил принцип действия лейденской банки, прародительницы всех современных конденсаторов, установив, что главную роль в ней играет диэлектрик, разделяющий ее токопроводящие обкладки. Он говорил: *A penny saved is a penny gained* («Сбереженный пенни — это заработанный пенни»), что очень хорошо описывает его отношение к оптимизации стоимости конечного продукта.

Давайте более пристально взглянем с этой позиции на различия преобразователей (что поможет нам впоследствии), взвесив еще раз все *pro et contra*, и остановимся на нужном нам конкретном решении преобразователя для конкретного конечного устройства. То есть попробуем уйти от характерного для разработчиков искушения типа: «А давайте-ка поставим сюда вот это, оно мне нравится!». Знакомый веский аргумент, не так ли?

Если обратиться к ценовому аспекту, то в общем плане выигрывают неизолированные преобразователи, что связано с их природой. Однако это не касается корпусированных, полностью законченных решений с входными и выходными фильтрами, отвечающих жестким требованиям по электромагнитной совместимости и имеющих высокую механическую устойчивость. Здесь ценовые отличия в значительной степени нивелируются. Что касается топологии неизолированных преобразователей, то нам доступны повышающие, понижающие, повышающее-понижающие и инвертирующие топологии, которые уже стали классикой и описаны многократно. С некоторой доработкой, используя трансформатор, мы можем получить на базе неизолированных преобразователей решения с несколькими, чаще двумя, выходными напряжениями, причем одно из таких напряжений будет изолированное, что дает целый ряд преимуществ, свойственных их изолированным собратьям. Пример такого нечасто встречающегося в технической литературе и на практике решения приведен на рис. 1 [3].

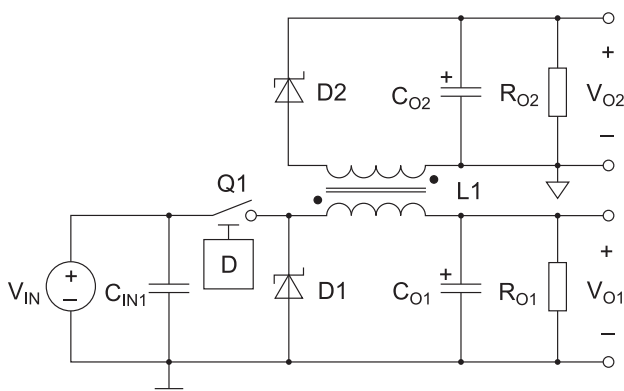


Рис. 1. Пример топологии неизолированного DC/DC-преобразователя с двумя выходными напряжениями

Данная топология эффективна, но для относительно малых токов в дополнительной цепи. Автор статьи использовал ее на практике для формирования двух напряжений 3,3 В (3,5 А) и -12 В (0,250 мА) и использовал как часть системы питания АТХ платы промышленного компьютера. Все это хорошо, но это не завершённое решение, которое можно купить в модульном исполнении. Самостоятельно же, как мы определили еще в начале статьи, делать что-либо преобразующее не выгодно — это и дорого, и долго, и результат не гарантирован, и нужно нанимать

специалистов в этом вопросе, которых у нас нет. Стоит отметить, что в виде неизолированных преобразователей, как правило, доступны только простейшие варианты, часть которых направлены на эффективную замену линейных стабилизаторов.

Что касается неизолированных преобразователей, они являются приемлемыми и оправданными для построения систем распределенного питания PoL (Point-of-Load), то есть тогда, когда нужно запитывать нагрузки в непосредственной близости их размещения, при небольших длинах шин промежуточного питания. Еще один из вариантов — это формирование питающих шин для плат небольших форм-факторов, где можно обойтись без разделения земель и, предпочтительно, нет гибридных решений, то есть там, где нет сочетания аналоговых и цифровых каскадов.

А что нам могут дать изолированные DC/DC-преобразователи? Для рядового разработчика, не очень вникающего в суть такой «мелочи», как DC/DC-преобразователь (что потом может ему аукнуться уже на завершающей стадии проекта), тем более в модульном исполнении, — это такой «черный ящик» с выводами, который просто выполняет нужную функцию, как тот же конденсатор или транзистор. Основная его функция — это создание соответствующего изоляционного барьера и выдача напряжения нужной мощности. Однако тут не все так просто и явно. Действительно, если вопрос упирается только в изоляционный барьер, как, например, это показано на примере использования изделий известной компании TRACO Electronic в медицинском оборудовании в [4], или в случае, когда по причине значительной удаленности от основного источника питания требуется разделение земель, то здесь выбора нет и все ясно. Более сложный вопрос касается, например, телекоммуникационного оборудования и систем с распределенным питанием при длинных промежуточных шинах, а также оборудования с каскадами смещенного типа.

Что нам могут предложить изолированные DC/DC-преобразователи? Как говорил Сергей Капица в увлекательной передаче нашей молодости «Очевидное — невероятное», — «Вопрос, конечно, интересный». Для его раскрытия обратимся к практическим примерам, приведенным в [5]. Дело в том, что изолированные преобразователи могут в ряде случаев с успехом заменить неизолированные, дав нам целый ряд преимуществ, часто весьма существенных, которые упростят проектирование конечного изделия.

Поскольку изолированный DC/DC-преобразователь имеет плавающий выход, так как он не привязан к общему проводу или, как мы часто говорим, к земле, то точно также можно считать, что имеет место и плавающий вход. Поэтому любой изолированный DC/DC-преобразователь может быть использован для того, чтобы инвертировать полярность напряжения шины питания. Если гальваническая развязка посредством изоляции не требуется, но имеется общая точка подключения, то любой выход может быть привязан к любому входу, а также к любому желаемому опорному напряжению. На рис. 2 [5] показаны две возможные конфигурации включения изолированных DC/DC-преобразователей для получения отрицательного напряжения на выходе из положительного напряжения на его входе, и наоборот. И если получить -15 В из +5 В можно и неизолированным DC/DC-преобразователем, то получить +5 В из -48 В уже не настолько просто.

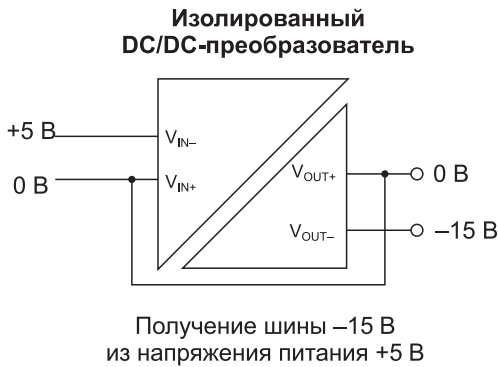
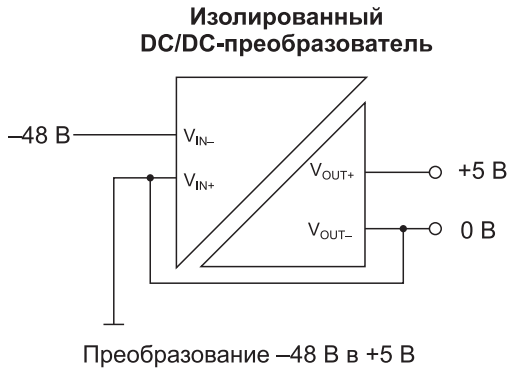


Рис. 2. Примеры преобразования полярности с использованием изолированного DC/DC-преобразователя

Существуют DC/DC-приложения, в которых гальваническая развязка через изоляцию не требуется, но требуется более высокое выходное напряжение, чем входное. В следующем примере, приведенном на рис. 3, показан удвоитель напряжения, выполненный на базе DC/DC-преобразователя, который продуцирует выходное напряжение, в два раза превышающее входное.

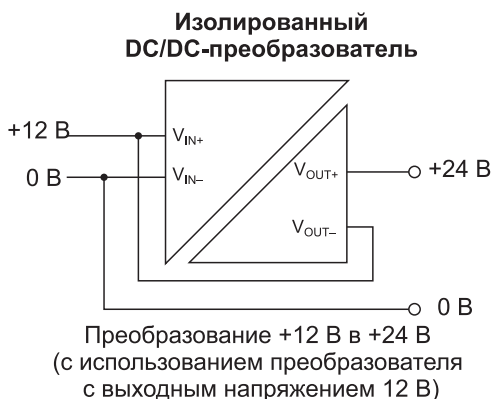


Рис. 3. Простой удвоитель напряжения

Преимущества здесь скрываются в, казалось бы, странном факте: если DC/DC-преобразователь рассчитан на мощность  $15\text{ Вт}$ , то при выходном напряжении, равном  $12\text{ В}$ , он обеспечит рабочий ток до  $1,25\text{ А}$ . Тем не менее это выходное напряжение находится выше входного напряжения  $12\text{ В}$ . Поэтому на нагрузку подается напряжение  $24\text{ В}$  с током  $1,25\text{ А}$ , то есть мы имеем общую мощность  $30\text{ Вт}$ .

Как известно, преимущество понижающих импульсных DC/DC-преобразователей над линейными заключается в том, что они потребляют по входу меньший ток, чем тот, который отдают в нагрузку. Если нам необходимо максимально просто реализовать внутренние шины от промежуточной, причем с хорошим КПД и неизбежной развязкой по земле, то лучше приведенного на рис. 4 варианта найти сложно.

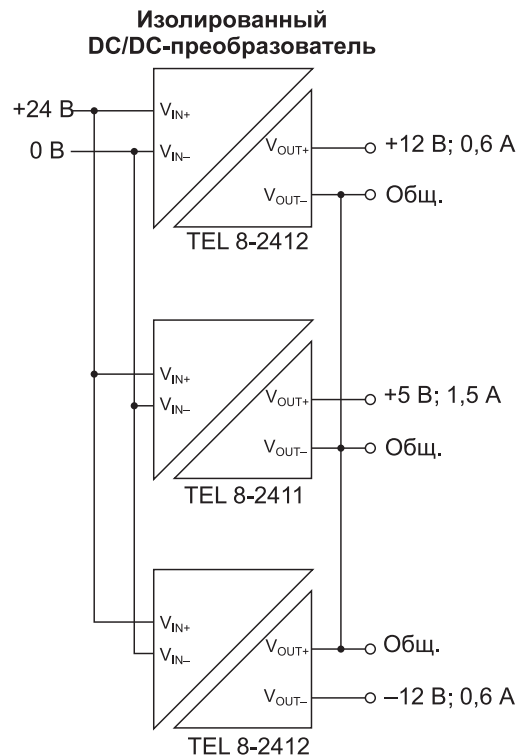


Рис. 4. Блок питания с тремя выходными напряжениями, использующий DC/DC-преобразователи (Внимание! Рисунок переделан под базу TRACO!)

И в заключение приведем еще один важный и полезный пример. Если вы имеете на плате «сборную солянку» из аналоговых и цифровых каскадов, которые, кроме того, имеют общую шину питания  $5\text{ В}$  и землю (т. е., на первый взгляд, разделить это нельзя), то для аналоговых интегральных схем могут возникнуть проблемы, вызванные значительным уровнем высокочастотных помех от цепей, несущих цифровые сигналы. Это особенно заметно в измерительных, аудио- или видеоприложениях. Что касается общего заземления, то оно часто требуется там, где аналоговые и цифровые части схемы используют один и тот же общий источник сигнала. Это достаточно часто делает невозможным их полное гальваническое разделение.

На рис. 5 приведена, казалось бы, лишняя смысла схема, которая осуществляет преобразование входного напряжения 5 В в выходное, равное тем же 5 В, причем это зачем-то делает изолированный преобразователь в неизолированном включении. Причина, почему эта схема на самом деле имеет смысл, заключается в особенностях и технических характеристиках таких DC/DC-преобразователей. И она помогает решить проблему.

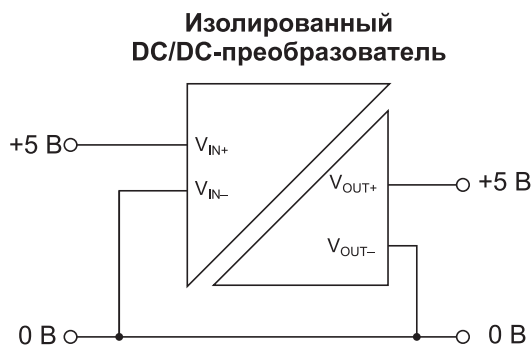


Рис. 5. Неизолированный преобразователь +5 В в +5 В постоянного тока для очистки шины +5 В

Суть решения заключается в том, что диапазон входного напряжения преобразователя составляет +5 В с некоторым уровнем неравномерности из флуктуаций и помех, а его выходное напряжение поддерживается на уровне  $5 \text{ В} \pm 0,8\%$ , поэтому такой преобразователь будет очищать не только шумы и помехи, но и любые небольшие вариации напряжения по его входу, подавляя броски и переходные процессы, неизбежно возникающие в цифровых каскадах.

Подобная схема (рис. 5) использовалась автором в одном из серийных изделий специального назначения, в котором на одной предельно компактной печатной плате находились микроконтроллер с цифровыми каскадами, высокочувствительный усилитель и аналоговые фильтры высоких порядков. Решение показало очень высокую эффективность при работе с сигналами уровнем в доли милливольт.

И в завершение если мы используем разделение по изоляции, например, на уровне требований для телекоммуникационной аппаратуры, то стоит ли гнаться и использовать DC/DC-преобразователи с очень высокой устойчивостью изоляционного барьера? Если вы не стеснены в средствах и заказчик спокойно воспринимает ваш полет фантазии, то это ваше право, можно даже заказать преобразователь с инкрустацией, и, поверьте, вам его изготовят и поставят. Только ответственному разработчику лучше все же пользоваться правилом Бенджамина Франклина.

Как уже было сказано в начале статьи, разработчикам предлагается множество DC/DC-преобразователей от большого числа изготовителей. Здесь нужно помнить, что скупой платит дважды, и для ответственных изделий не вестись на сомнительные предложения с низкими ценами. Если вы думаете, что за одним и тем же наименованием скрывается одно и то же решение, то глубоко ошибаетесь. Реплика известного бренда может иметь такой же только внешний вид и название. Наглядный пример приведен на рис. 6 [5].

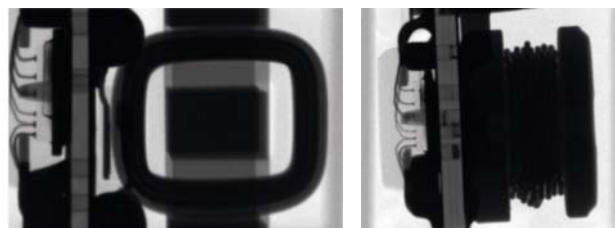


Рис. 6. Рентгеновский снимок фрагмента импульсного стабилизатора известного бренда (изображение слева) и реплики этого продукта, выполненные его конкурентом (изображение справа)

Как мы смогли убедиться, DC/DC-преобразователи, имеющие одинаковые названия, могут иметь совершенно разное конструктивное исполнение. Вот почему в начале статьи среди важнейших вопросов был упомянут поиск надежного поставщика. Так что лучше и спокойнее иметь дело с известными брендами, тогда вы с уверенностью за свои деньги получите именно то изделие, которое выполнит все ваши требования, и вам не придется краснеть ни перед заказчиком проекта, ни перед конечным потребителем разработанного вами изделия.

Одним из таких проверенным временем брендов является компания TRACO Electronic, которая в декабре 2016 г. выпустила на рынок линейку высококачественных преобразователей телекомовского направления TEL 8 мощностью 8 Вт [6], которые выпускаются под торговой маркой TRACO POWER (рис. 7).

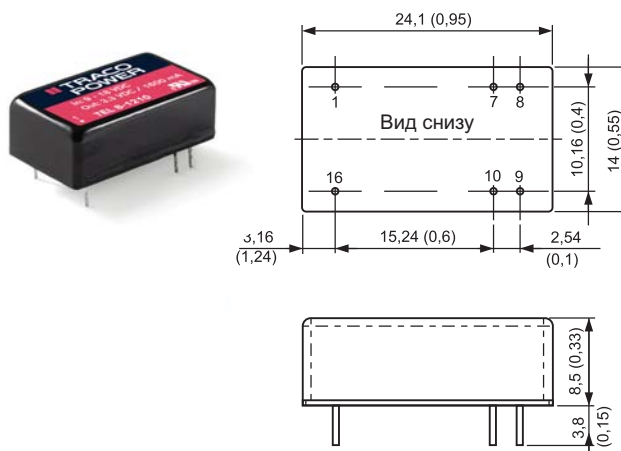


Рис. 7. Серия TEL 8 изолированных 8-Вт DC/DC-преобразователей компании TRACO Electronic

Данные преобразователи отличаются не только высокими техническими характеристиками и малыми габаритами, но и высокой надежностью (не менее 1 млн. ч), диэлектрической прочностью изоляции (1800 В/1 с и 1500 В/60 с), высокой точностью установки номинального выходного напряжения ( $\pm 2\%$ ) и его стабильностью (0,8% при изменении входного напряжения во всем диапазоне и 1% во всем диапазоне нагрузок — от нуля до максимальной), развитой защитой от перегрузок (150%) с самовосстановлением (hiccup), недопустимо низкого входного напряжения и электростатики

Таблица 1

Номер для заказа	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Входной ток, макс., мА	КПД, тип., %
TEL 8-1210 TEL 8-1211 TEL 8-1212 TEL 8-1213 TEL 8-1215 TEL 8-1222 TEL 8-1223	9–18 (ном. 12)	3,3 5 12 15 24 ±12 ±15	1600 1600 665 535 335 ±335 ±265	78 81 84 84 85 85 84
TEL 8-2410 TEL 8-2411 TEL 8-2412 TEL 8-2413 TEL 8-2415 TEL 8-2422 TEL 8-2423	18–36 (ном. 24)	3,3 5 12 15 24 ±12 ±15	1600 1600 665 535 335 ±335 ±265	78 82 85 85 86 85 86
TEL 8-4810 TEL 8-4811 TEL 8-4812 TEL 8-4813 TEL 8-4815 TEL 8-4822 TEL 8-4823	36–72 (ном. 48)	3,3 5 12 15 24 ±12 ±15	1600 1600 665 535 335 ±335 ±265	78 81 85 85 86 86 86

на уровне требований стандарта EN 61000-4-2 (по воздуху ±8 кВ, контакт ±6 кВ). Преобразователи серии TEL 8 отвечают требованиям по электромагнитной совместимости и устойчивы к воздействию внешних помех с напряженностью поля до 10 В/м (стандарт EN 61000-4-3). Преобразователи выполнены в металлических алюминиевых корпусах и, что немаловажно, с уже встроенным фильтром подавления электромагнитных помех по нормам стандарта EN55022 (класс А). Диапазон рабочих температур преобразователей серии TEL 8 –40...+80 °С с максимальной температурой корпуса до +105 °С. Преобразователи могут использоваться в аппаратуре, работающей на высоте до 4 000 м над уровнем моря, имеют все необходимые сертификаты по безопасности и выполняют требования Директивы RoHS. Основные электрические параметры, позволяющие сделать предварительный выбор нужного преобразователя, приведены в табл. 1. Полные данные преобразователей серии TEL 8 компании TRACO Electronic и ссылки для получения сертификатов доступны непосредственно в их спецификации [6].



#### Литература

1. Рентюк В. Изолированный DC/DC-преобразователь малой мощности: сделать или купить? // Электрик. 2012. № 12.
2. Рентюк В. Новые возможности современных DC/DC-преобразователей: особенности принятия решения по выбору и типовые применения // Электрик. 2015. № 7–9.
3. Designing Low-cost, Multiple Output DC-DC Converters. APPLICATION NOTE, Würth Elektronik eiSos 2013-09-10.
4. Рентюк В., Филатов В. Источники питания с высоким пробивным напряжением по изоляции. Безопасность превыше всего // Компоненты и технологии. 2016. № 3.
5. Steve Roberts. DC/DC BOOK OF KNOWLEDGE: Practical tips for the User. Second Edition, 2015.
6. DC/DC Converter TEL 8 Series, 8 Watt Rev. December 21, 2016. <http://assets.tracopower.com/20170126153146/TEL8/documents/tel8-datasheet.pdf>