

Первый из шестнадцати — DC/DC до 66 Вт в размере 1/16 Brick

Николай ЛИШМАНОВ
Nikolay.Lishmanov@symmetron.ru

Ни для кого не секрет, что рынок телекоммуникационного оборудования в России развивается волнообразно. Его подъемы совпадают с принятием правительственных программ развития, появлением новых инфраструктур, введением новых технологий и стандартов передачи данных или заключением сделок по региональному развитию между крупными операторами услуг связи. Таким образом, предугадать технические потребности и масштаб будущего производства удается с трудом. В связи с этим часто выигрывает тот производитель, который сумеет максимально быстро разработать и произвести оборудование под внезапно появившиеся на рынке требования. И сделать это помогает максимальная унификация элементарной базы в тех блоках оборудования, которые не уникальны для данного конкретного приложения. Одним из важнейших таких блоков является источник питания.

Введение

Каждая новая серия стационарного телекоммуникационного оборудования, априори, должна быть лучше предыдущей, иначе ее появление лишено смысла. «Лучше» в данном случае означает, что она должна коммутировать и обрабатывать больше потоков, с большей скоростью, в меньших (или в крайнем случае — в тех же) габаритах и, в идеале, потреблять при этом меньше мощности. Требования противоречивые в основном в аспекте физического размещения

компонентов на печатной плате. Больше количество портов, элементов защиты, микросхем физического согласования и более мощные и крупные процессоры (или большее их число) позволяет удовлетворить условия по производительности оборудования, но оставляет крайне мало места для источника питания. А увеличенная термонапряженность устройства требует крайне аккуратно подходить к расчету мощности и надежности этого блока.

Исходя из этих соображений, автор счел необходимым познакомить читателя

с новой серией источников питания ULS производства Murata Power Solutions и рассказать не столько об их номинальных характеристиках, сколько о тонкостях их применения, учет которых позволит инженерам сэкономить одну-две недели при разработке нового поколения оборудования.

Основные характеристики

Серия ULS DC/DC-преобразователей (рис. 1), появившихся в портфолио Murata PS в марте 2010 года, до сих пор остается самой развитой линейкой среди аналогичных источников формата 1/16 brick других производителей. Их основные параметры:

- до 66 Вт в корпусе 1/16 brick (33×23 мм);
- прочность изоляции вход/выход: 2,25 кВ DC;
- КПД до 91%;
- широкий диапазон входного напряжения: 36–75 В;
- номинальные выходные напряжения: 3,3, 5, 12, 15 В с подстройкой ±10%;
- стабильность на холостом ходу и во всех номинальных режимах без использования внешних компонентов;
- развитая система защиты;
- обилие опциональных исполнений.

Физическая совместимость

У инженеров, которые уже имели опыт работы с модулями питания стандарта DOSA формата 1/4 brick (Quarter-Brick — 56,4×36,8 мм) и 1/8 brick (Eighth-Brick — 56,4×22,6 мм), не будет проблем в освоении



Рис. 1. Внешний вид преобразователя серии ULS

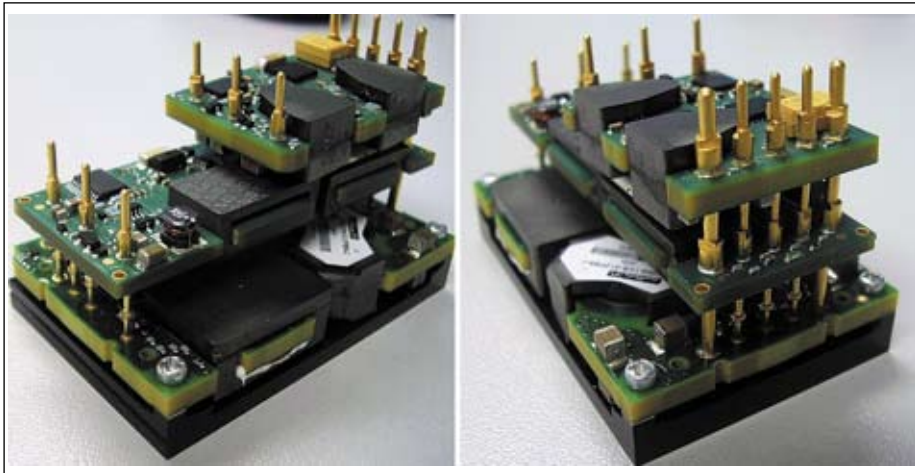


Рис. 2. Совместимость входов (слева) и выходов (справа) источников типоразмеров 1/4, 1/8 и 1/16 brick

нового модуля. Назначение и относительное расположение выводов не изменилось, просто расстояние между входным и выходным рядом выводов сократилось на 22,9 мм (рис. 2, 3).

При этом даже тем разработчикам, которые пока «не стеснены» в месте на печатной плате и применяют модули питания 1/8 brick мощностью 40–60 Вт, автор настоятельно рекомендует сделать элементарную доработку топологии и добавить три отверстия входного ряда параллельно имеющимся.

Рекомендация относительно переноса именно выводов входного напряжения диктуется, в основном, следующими соображениями:

- Все источники серии — понижающие, а значит, входные токи всегда меньше выходных. Следовательно, падение напряжения на проводниках проявляется незначительно.
- Входное напряжение имеет широкий диапазон, и несколько десятков милливольт, падающих на дорожке, не имеют значения.
- Шумы входного контура, благодаря малым токам, воздействуют на близлежащие сигнальные цепи значительно меньше, нежели выходные — с большими токами.
- Появляется возможность максимально приблизить источник к потребителю и не трассировать дополнительно удаленную обратную связь.

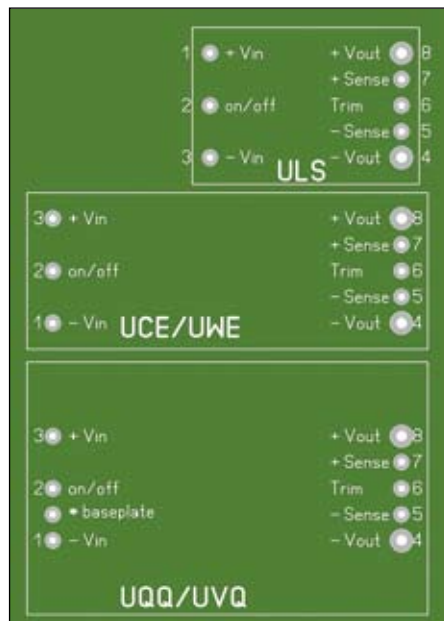


Рис. 3. Назначение выводов и размеры источников

Пример трассировки приведен на рис. 4.

Еще один аргумент в пользу «двойного стандарта» чисто экономический: преобразователь серии ULS, при прочих равных, дешевле аналогичных 1/8 brick, например UCE и ULE.

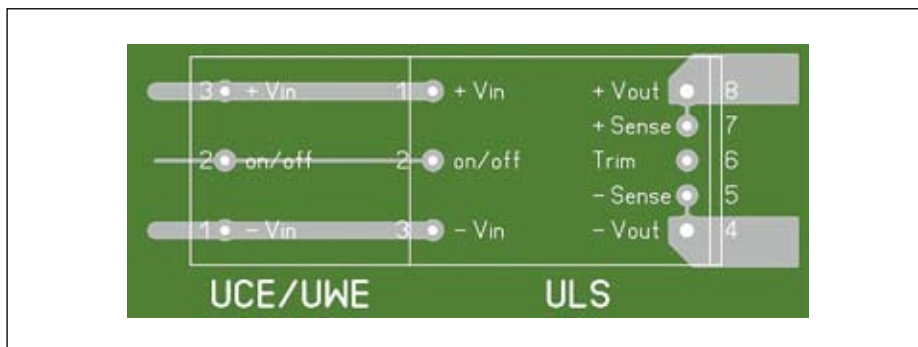


Рис. 4. Пример универсальной трассировки

Логика работы

Для обеспечения энергоэффективности конечного устройства и возможности организации удаленного управления в преобразователях серии ULS реализована поддержка логического включения и отключения. В различных сетях и устройствах встречаются различные системы питания. В зависимости от этого более удобным бывает использовать отрицательную (*N*) или положительную (*P*) логику включения преобразователя.

Если управляющий вывод не задействован, то при отрицательной (*N*) логике преобразователь выключен, а при положительной (*P*) — включен.

Если управляющий вывод замкнут на минус (ноль) питания или смещение относительно нуля очень мало (подробнее — в технической документации), то при отрицательной (*N*) логике преобразователь включен, а при положительной (*P*) — выключен.

Наконец, если на управляющий вход подано положительное напряжение (но не более 15 В — это важно!), то при отрицательной (*N*) логике преобразователь выключен, а при положительной (*P*) — включен.

Нагляднее эти отличия можно продемонстрировать с помощью упрощенной таблицы.

Таблица. Логика управления DC/DC

| Тип логики | -V _{in} | Не подключен | +V _{in} (<15 В) |
|------------|------------------|--------------|--------------------------|
| p | Выкл. | Вкл. | Вкл. |
| n | Вкл. | Выкл. | Выкл. |

Следует также помнить, что сигнал включения при отрицательной логике должен быть как можно более близок к отрицательному выводу (нулю питания). То есть при использовании в качестве ключевого элемента, допустим, биполярного транзистора, его коллектор будет соединен с управляющим (on/off) выводом, а эмиттер — отдельной дорожкой непосредственно с выводом -V_{in} преобразователя, но не с общей отрицательной шиной в любой другой точке платы. Это требование следует соблюдать из-за наличия достаточно ощутимых помех и омических падений напряжения на дорожках платы, которые могут привести к нестабильности работы логики включения/отключения.

В том случае, если не планируется использовать функцию логического отключения, рекомендуется развести на плате пару близкорасположенных площадок между выводами -V_{in} и on/off. Это дает возможность использовать оба типа преобразователей, что значительно снижает риски срыва комплектации. То есть при наличии преобразователей с *N*-логикой эти площадки просто запаиваются припойным мостиком или перемычкой. А при наличии преобразователей с *P*-логикой остаются незапаиваемыми.

Если же функция отключения все же нужна, то установленный между on/off и -V_{in} ма-

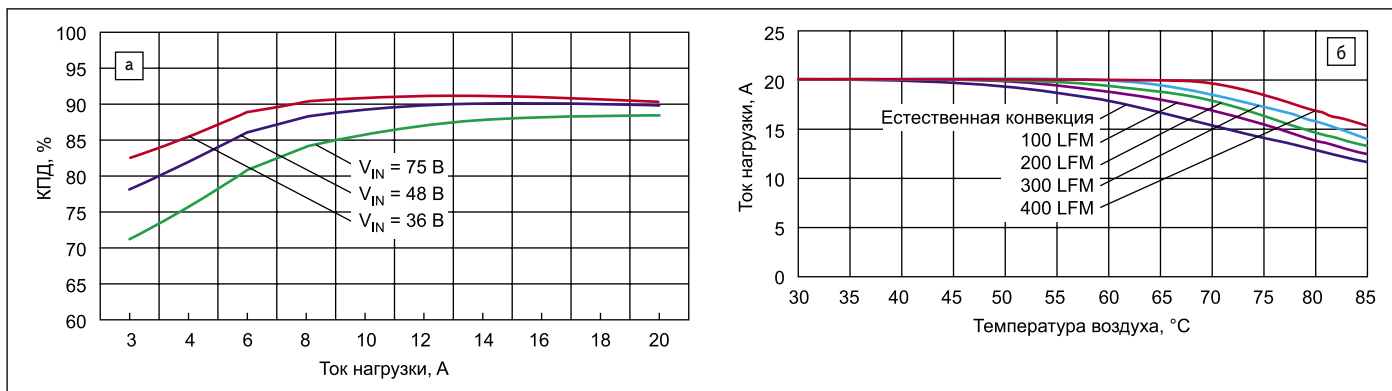


Рис. 5. Характеристические кривые эффективности:

а) зависимость КПД от напряжения питания и тока нагрузки при 25 °С; б) зависимость максимального тока от температуры воздуха на уровне моря ($V_{IN} = 48\text{ В}$, продольный поток)

ломощный ключ, как правило, управляется логикой. В таком случае при наличии управляющего контроллера или специализированного супервизора питания для адаптации к конкретной модели DC/DC следует программно поменять управляющий бит.

Доступные модификации

Для начала приведем пример расшифровки наименования конкретной модели:

ULS-3.3/20-D48NMH-C.

Здесь ULS — серия преобразователей в корпусе 1/16 brick.

3.3 — номинальное выходное напряжение 3,3 В. Может быть также 5, 12, 15.

20 — номинальный ток 20 А. Соответственно, 12 А при 5 В, 5 А при 12 В, 2 А при 15 В.

D — 2:1 (double) диапазон напряжений питания. Также бывает 4:1 (Q) — у других серий.

48 — напряжение питания 48 В. Вместе с «D» означает диапазон 36–75 В. N — отрицательная логика включения/выключения. Также возможна «P» — положительная.

M — SMD-версия. При отсутствии буквы — версия выводного монтажа.

H — версия с защитным лаковым покрытием платы. Очень часто встречается на складе производителя в свободном доступе, то есть в мире пользуется большей популярностью. Устойчива к пыли, конденсату и т. п.

C — бессвинцовый безгалогенный стандарт RoHS-6. Бывает Y — RoHS-5. Для России, в большинстве случаев, значения не имеет.

Отдельно следует отметить два момента:

- Во-первых, модели с формулой мощности 15/2, то есть с номинальным выходным напряжением 15 В и максимальным током 2 А, реально существуют и серийно выпускаются, хотя и не внесены в техническую документацию. Причины этой ситуации не до конца ясны, но, возможно, массовость выпуска этой модели под вопросом. Однако по запросу она доступна у официальных дистрибьюторов.
- Во-вторых, что касается версии «H» с защитным лаковым покрытием. При прочих равных она, бесспорно, предпочтительнее. Производитель значительно чаще держит ее на складе, что говорит о ее популярности в Северной Америке и Азии. Но она примерно на доллар дороже.

Расчет максимальной мощности

Отличие технической документации Murata Power Solutions — приведение подробных характеристик для каждой конкретной модели, а также описание методологии снятия этих характеристик. Особенно важна такая точность для расчета теплового режима и реальной мак-

симальной мощности преобразователя. Не следует ограничиваться прочтением лишь первой страницы технической документации: может сложиться ошибочное мнение, что, например, преобразователь ULS-3.3/20-D48 будет выдавать в нагрузку 66 Вт в диапазоне температур окружающего воздуха от -40 до $+85$ °С. Это не так, и это касается всех моделей и всех производителей. Если бы такое условие выполнялось, то это фактически означало бы, что, с тепловой точки зрения, существует запас мощности для данной модели. А значит, существует и неиспользованный коммерческий и конкурентный потенциал.

Задача инженера — здраво оценить те данные, которые он имеет в распоряжении, и сделать из них правильные выводы.

Вернемся к примеру ULS-3.3/20-D48. Кривые снижения мощности для этой модели приведены на рис. 5.

Так, например, при работе в весьма тяжелых условиях в шкафу телекоммуникационного оборудования, при температуре воздуха 70 °С, входном напряжении 48 В и отсутствии обдува выходной ток преобразователя составит всего 15 А, то есть на 25% меньше номинального.

Поэтому для обеспечения нормальной работоспособности при повышенных температурах необходимо грамотно подходить к вопросу принудительного охлаждения или закладывать повышенный запас мощности. Второе привлекательнее с инженерной точки зрения, но экономически совершенно неоправданно. Ведь средний вентилятор минимум на порядок дешевле самого бюджетного DC/DC аналогичной мощности.

Чтобы не ошибиться в выборе вентилятора, следует четко понимать размерность и соотношения между аэродинамическими величинами. Так, Murata Power Solutions нормирует снижение мощности при различных скоростях потока в LFM. LFM — линейный фут в минуту — характеризует линейную скорость потока воздуха и качественно аналогичен отечественному «м/с». Linear Feet = 0,305 м; минута, соответственно, равна 60 с.

Пример пересчета 100 LFM:

$$100 \text{ LFM} = 100 \times 0,305 / 60 = 0,508 \text{ м/с.}$$

Для многих вентиляторов производители приводят номинальную производительность — CFM — кубические футы в минуту.

Соответственно:

$$1 \text{ CFM} = 1 \times (0,305)^3 / 60 = 0,4729 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Для наглядности (и чтобы величины стали интуитивно понятны и осязаемы) приведем пример расчета широко известного 80-мм вентилятора Zalman F-1, чья производительность в Silent-mode (малошумящий режим при питании 5,5 В) — 20,6 CFM или, в соответствии с вычисленным выше коэффициентом:

$$20,6 \text{ CFM} = 20,6 \times 0,4729 \times 10^{-3} = 9,742 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Производительность пересчитывается в линейную скорость через размер продуваемого окна. То есть, если считать поток вплотную к крыльчатке вентилятора равномерным, то его скорость можно рассчитать через площадь крыльчатки. Учитывая, что внешний диаметр примерно 80 мм, а диаметр ступицы крыльчатки примерно 40 мм, площадь окна:

$$S = \pi \times ((80/2)^2 - (40/2)^2) = 3768 \text{ мм}^2 = 0,0376 \text{ м}^2.$$

Тогда линейная скорость потока вплотную к вентилятору ZF-1 в малозадающем режиме:

$$V = (9,742 \times 10^{-3}) / 0,0376 = 0,259 \text{ м/с}.$$

То есть, если суммарная продуваемая площадь зазоров между компонентами в устройстве больше площади окна вентилятора, то его производительность вполне можно принимать равной документированной. Если меньше — создается значительное аэродинамическое сопротивление и производительность вентилятора падает. Следует учитывать, что скорость потока по радиальному удалению от оси падает, а также зависит от квазиканалов, образованных компонентами. То есть на пути потока следует размещать наиболее нагревающиеся компоненты оборудования — теплоотводы микросхем физического уровня, теплоотвод центрального чипсета и источник питания.

Для снятия характеристик источников питания Murata Power Solutions использует камеру с коллиматором, обеспечивающим ламинарный поток воздуха с равномерным нагревом и измерением температуры потока, набегающего на преобразователь. Схема такой установки и результат тепловизионной съемки приведены на рис. 6.

По тепловой картине в данном случае хорошо видно, что наиболее перегретым элементом является силовой ключ обратногоходового преобразователя, так как поток воздуха к нему загорает выступивший ферритовый сердечник развязывающего планарного трансформатора. То есть на фотографии, по сути, приведен наихудший случай установки преобразователя. Автор же рекомендует устанавливать его таким образом, чтобы поток шел от входа к выходу (но тогда возникает небольшая проблема с одним из транзисторов синхронного выпрямителя, расположенным между ферритами) или от длинной стороны с отрицательными выводами к выходу (но тогда возникает проблема с одним из транзисторов синхронного выпрямителя, расположенным между ферритами) или от длинной стороны с положительными (от 1-го к 3-му выводу). При таком направлении ферриты имеют достаточно аэродинамичные закругления, что должно положительно сказаться на их охлаждении и создаст минимум препятствий для протекания воздуха к прочим компонентам преобразователя.

Существует два условия для окончания испытания — нагрев любого из компонентов до предельно допустимой рабочей температуры и срабатывание тепловой защиты преобразователя в зависимости от того, какой фактор наступает первым. Конечно, первой отработывает защита от перегрева, так как факты теплового разрушения преобразователей этой серии в мире единичны и, как правило, связаны с внешними воздействиями, а не с некорректной работой защиты.

Кроме того, расчетная наработка на отказ более 3,2 млн часов позволяет утверждать, что DC/DC-преобразователь серии ULS не станет узким местом в надежности всей системы и прослужит долгие

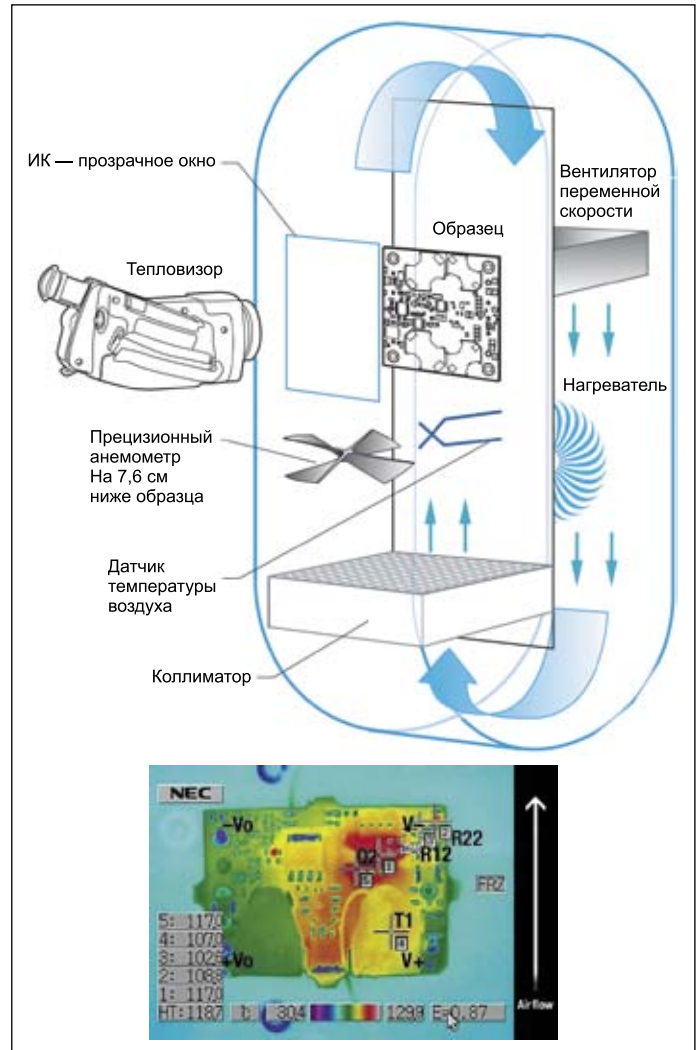


Рис. 6. Схема испытательной термокамеры

годы, если потребуется — десятилетия, но лишь при условии, что инженер грамотно оценит режимы работы и требования системы. Автор же, в свою очередь, надеется, что проведенный краткий обзор тонкостей использования позволит разработчику избежать досадных ошибок и провести такую оценку достаточно точно и с минимальными затратами сил и времени.

Литература

1. <http://www.murata-ps.com/data/power/uls.pdf>
2. Smith B. DC/DC: Mid-High Power Products.
3. Knauber P. Package, Power, Board Space are the Design Considerations. EPN_ Supplements, March 26. 2010.