

Импульсные DC/DC-преобразователи компании Bothhand

Статья открывает цикл публикаций о продукции компании Bothhand — разработчике и производителе DC/DC-источников питания со стандартным рядом входных и выходных напряжений в диапазоне выходной мощности от 0,5 до 60 Вт. Компания Bothhand Enterprise Inc. основана на Тайване в 1992 году и уже хорошо знакома многим специалистам по другим типам выпускаемой продукции, в частности развязывающим трансформаторам (включая PoE) и Ethernet-разъемам в различных конструктивных исполнениях. В первой статье рассмотрена линейка наиболее популярных модулей питания серии BOB и ее технические характеристики.

Александр ЛЕОНОВ
alm@efo.ru

Введение

Источники питания (ИП) серии BOB выпускаются в одном конструктивном исполнении DIL24 (рис. 1 и 2) с выходной мощностью от 3 до 12 Вт. Эта серия реализована по стандартной топологии преобразования энергии, используемой другими производителями источников питания (Traco Power, Aimtec и др.). Причем ИП серии BOB — это более дешевая замена модулей TEN3, TEN5, TEN6, TEN8, TEN12 и др., неуступающая им в качестве исполнения и надежности работы.

Серия BOB включает в себя 3-, 5-, 8-, 12-Вт источники питания с различными входными диапазонами (2:1 и 4:1) и стандартным рядом выходных напряжений (табл. 1), но на этих сочетаниях параметров количество возможных производимых источников питания не ограничивается. Одно из преимуществ компании Bothhand заключается в том, что она принимает заказы на изготовление модулей питания по спецификации заказчика.

Технические характеристики модулей

По принципу действия DC/DC-конвертеры Bothhand являются импульсными преобразователями с гальванической развязкой, использующими ШИМ-метод преобразования с рабочей частотой 300 кГц.

Если подключить осциллограф между корпусом и «землей», то можно увидеть на корпусе сигнал ШИМ с установившимися переходными процессами (рис. 3), изменяющий свой вид в зависимости от входного напряжения и нагрузки. Чем ближе входное напряжение к границе входного рабочего диапазона, тем меньше амплитуда наведенного сигнала, с повышением же входного напря-

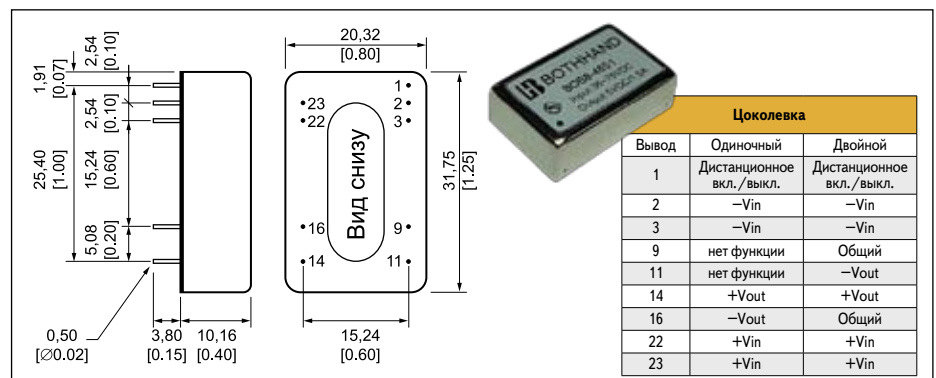


Рис. 1. Модули питания серии BOB с габаритными размерами и цоколевкой

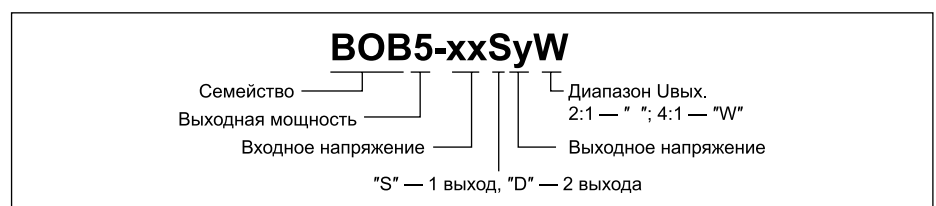


Рис. 2. Расшифровка наименования модулей питания Bothhand

Таблица 1. Стандартный ряд модулей серии BOB, выпускаемых серийно

Модель	Выходная мощность, Вт	Входное напряжение, В	Количество выходов	Выходное напряжение, В	Изоляция, В	Рабочий температурный диапазон, °С	Конструктивное исполнение / размеры, мм
BOB3W	3	9-36/18-75	1	3,3/5/12/15/±5/±12/±15	1500	-40...+85	DIL24 / 31,7×20×10
			2	3,3/5/12/15/±5/±12/±15			
BOB5	5	4,5-9/9-18/18-36/36-75	1	3,3/5/12/15/±5/±12/±15	1500	-40...+85	
			2	3,3/5/12/15/±5/±12/±15			
BOB5W	5	9-36/18-75	1	3,3/5/12/15/±5/±12/±15	1500	-40...+85	
			2	3,3/5/12/15/±5/±12/±15			
BOB8	8	9-18/18-36/36-75	1	3,3/5/12/15/±5/±12/±15	1500	-40...+85	
			2	3,3/5/12/15/±5/±12/±15			
BOB8W	8	9-36/18-75	1	3,3/5/12/15/±5/±12/±15	1500	-40...+85	
			2	3,3/5/12/15/±5/±12/±15			
BOB12	12	9-18/18-36/36-75	1	2,5/3,3/5/12/15/±12/±15	1500	-40...+85	
			2	2,5/3,3/5/12/15/±12/±15			
BOB12W	12	9-36/18-75	1	3,3/5/12/15/±5/±12/±15	1500	-40...+85	
			2	3,3/5/12/15/±5/±12/±15			

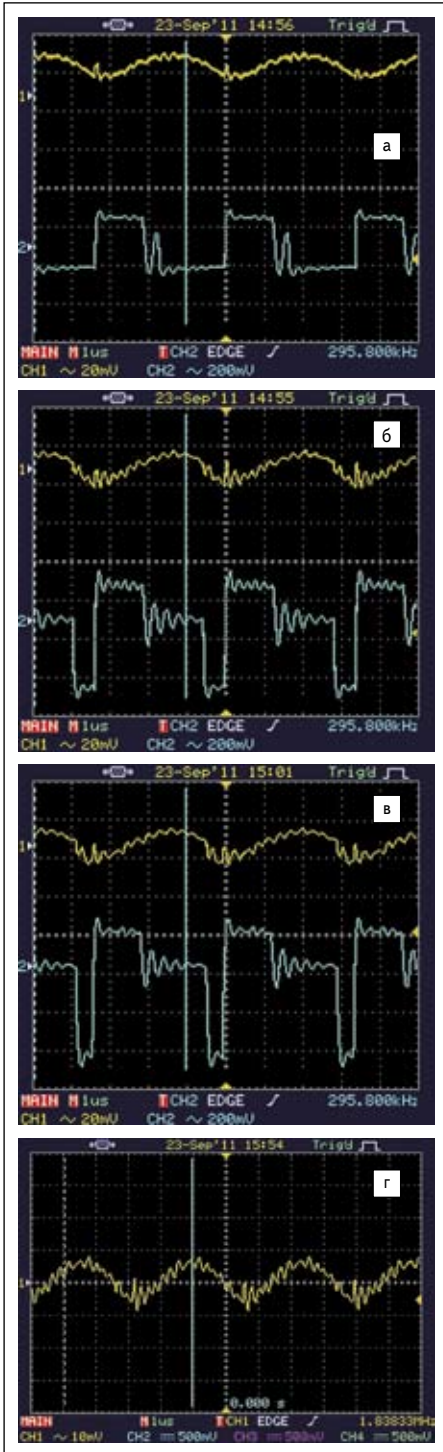


Рис. 3. Шумы и пульсации на выходе при полной нагрузке BOB5-24S1W:
 а) $U_{вх} = 9$ В; б) $U_{вх} = 24$ В; в) $U_{вх} = 36$ В;
 г) шумы и пульсации 10 мВ/дел., 1 мкс/дел.

жения амплитуда сигнала растет, при этом пульсации и шумы напряжения на выходе модуля практически неизменны и остаются на своем уровне.

Эти введенные на корпусе сигналы следует учитывать при разработке печатной платы, так как они могут внести небольшой уровень кондуктивных помех и электромагнитного излучения, от которого можно легко изба-

Таблица 2. Общая спецификация модулей серии BOB

Точность установки $U_{вых}$	$\pm 2\%$
Коэффициент стабилизации $U_{вых}$	$\pm 0,2\%$ (max)
Нестабильность $U_{вых}$ при изменении тока нагрузки	$\pm 1\%$ (max)
Выходные пульсации	20–85 мВ (max)
Рабочая частота	300 кГц (тип.)
КПД	86% (тип.)
Напряжение изоляции	1,5 кВ
Сопrotивление изоляции	109 МОм
Емкость изоляции	300 пФ (тип.)
Рабочий температурный диапазон	-40...+85 °С
MTBF (расчетное)	$3,76 \times 10^5$ ч
Материал корпуса	Медь с никелевым покрытием
Размеры	31,75×20,32×10,16 мм
Стандарт по технике безопасности	Соответствует EMI 55022/EMS 55024

виться, сделав под модулем «земляной» полигон, на который также заземлит корпус.

Рекомендация: не разводите сигнальные шины около силовой части или, по крайней мере, экранируйте их «земляными» полигонами (шумят все аналогичные источники питания).

Рабочий температурный диапазон модулей серии BOB составляет от -40 до +85 °С при максимальной температуре корпуса до +100 °С (табл. 2). Обратите внимание, что под температурой эксплуатации модуля понимается температура корпуса, а не температура окружающей среды. Если вы при любой температуре окружающей среды сможете обеспечить отвод тепла от модуля так, чтобы температура его корпуса оставалась в пределах спецификации и не выходила за пределы установленного диапазона, то модули будут работать в режимах, описанных производителем в спецификации.

В отличие от изделий некоторых других производителей (например, Cincon), модули Bothhand полностью герметичны, что позволяет им работать при относительной влажности воздуха до 95%. Они залиты специальным теплопроводящим компаундом, что дополнительно обеспечивает равномерное распределение тепла по всему объему модуля.

ИП Bothhand опционально снабжены функцией дистанционного выключения (Remove on/off), которую сегодня имеет большинство модулей питания. Тем не менее зачастую разработчик при поиске нового

или замене старого ИП на более совершенную модель, видя данную функцию, отказывается от использования такого модуля, если функция дистанционного выключения не была заложена в функционал изделия или просто не нужна. Возникают вопросы: как ее использовать, можно ли ее не подключать и не будет ли она влиять на работу модуля?

Найти аналогичный источник питания без этой функции несложно, но выигрыша в этом практически не будет. Дистанционное включение/выключение модуля питания не накладывает никаких ограничений на его использование. Эту функцию можно либо использовать, либо оставить неподключенной, что никак не повлияет на работу источника питания. При замыкании вывода on/off на «землю» или на низкопотенциальную шину от 0 до 1,2 В внутренняя логика выключит модуль; если же подать на вывод напряжение от 3,5 до 12 В, модуль будет находиться в состоянии готовности и быстрее запустится при подаче на него входного напряжения питания, так как КМОП-логика уже включила модуль в активный режим.

Тестовые измерения

Чтобы оценить параметры модулей серии BOB, были отобраны несколько моделей, у которых были измерены выходное напряжение, шумы и пульсации, КПД и частота преобразования. С помощью осциллографа и мультиметра измерялись значения на нескольких циклах включения и выключения модулей для получения достаточной выборки, граничные результаты которой в виде диапазона разброса параметров также приведены в таблице 3.

Тестировались несколько модулей семейства BOB, в частности, изделия BOB5-12S1 с $U_{вх} = 1$ (9–18) В (2:1) и BOB3-24S1W, BOB5-24S1W с расширенным диапазоном $U_{вх} = 24$ (9–36) В (4:1), а также BOB5-24S3W. Все результаты тестов этих модулей приведены в таблице 3, по ним можно судить о стабильности выходного напряжения, шумах и пульсациях при разных входных напряжениях.

Приведенные в таблице 3 данные показывают среднестатистическую оценку рабочих

Таблица 3. Результаты теста

ИТЕМ	BOB3-24S1W		BOB5-24S1W		BOB5-24S3W		BOB5-24S3W		
	$U_{вх} = 24$ (9–36) В; $U_{вых} = 5$ В/600 мА	$U_{вх} = 24$ (9–36) В; $U_{вых} = 5$ В/1 А	$U_{вх} = 24$ (9–36) В; $U_{вых} = 5$ В/1 А	$U_{вх} = 24$ (9–36) В; $U_{вых} = 5$ В/1 А	$U_{вх} = 24$ (9–36) В; $U_{вых} = 15$ В/0,3 А	$U_{вх} = 24$ (9–36) В; $U_{вых} = 15$ В/0,3 А	$U_{вх} = 24$ (9–36) В; $U_{вых} = 15$ В/0,3 А	$U_{вх} = 24$ (9–36) В; $U_{вых} = 15$ В/0,3 А	
Коэффициент стабилизации $U_{вых}$	Мин: 9	5,035–5,011	Мин: 18	5,040–5,018	Мин: 9	5,048–5,019	Мин: 9	14,839–14,878	
	Норма: 24	5,035–5,011	Норма: 24	5,035–5,018	Норма: 24	5,047–5,022	Норма: 24	14,836–14,875	
	Макс: 36	5,034–5,009	Макс: 36	5,034–5,011	Макс: 36	5,040–5,018	Макс: 36	14,828–14,865	
Нестабильность $U_{вых}$ при изменении тока нагрузки	24	Полная нагрузка	5,035–5,011	Полная нагрузка	5,045–5,018	Полная нагрузка	5,047–5,019	Полная нагрузка	14,836–14,875
		1/4 нагрузки	5,043–5,019	1/4 нагрузки	5,049–5,019	1/4 нагрузки	5,053–5,032	1/4 нагрузки	14,843–14,881
Шумы и пульсации 20 МГц BW (мВ от пика до пика)	24	27,2–28,8	24	25,2–26,8	24	23,2–24,8	24	28,8–30,4	
I_0 , мА	24	162,5–163,2	24	263,5–263,3	24	263,5–263,3	24	301,6–301,7	
КПД (%)	24	77,44–76,60	24	79,8–79,37	24	79,73–79,37	24	81,79–81,86	
F_{sw} , кГц	24	290,7–294,1	24	290,1	24	294,1	24	161,33–163,33	

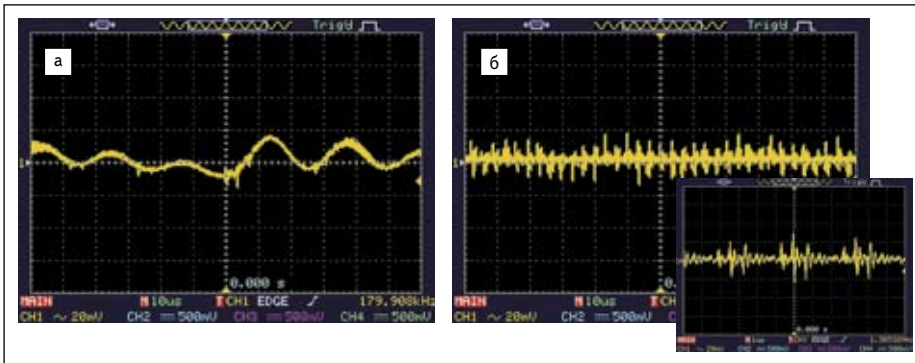


Рис. 4. Шумы и пульсации модулей: а) на холостом ходу; б) при полной нагрузке

Таблица 4. Уровень пульсации и вид выходного напряжения в зависимости от выходного фильтра

Пульсации			
Без внешних элементов pk-pk 88 мВ	 pk-pk 46 мВ	 pk-pk 36 мВ	 pk-pk 13 мВ
 TMR Run: 10.0MS/s Sample	 TMR Run: 10.0MS/s Sample	 TMR Run: 10.0MS/s Sample	 TMR Run: 10.0MS/s Sample

параметров, но не отражают динамику работы модулей. Рассмотрим более детально переходные процессы и режимы работы источников питания Bothhand.

Шумы и пульсации

Шумы и пульсации полностью соответствуют значениям, заявленным в Datasheet. Модуль BOB5-24S1W при полной нагрузке выдает выходное напряжение с пульсациями и шумами, генерируемыми ШИМ, не превышающими 25 мВ (рис. 3). Модули с большим номинальным выходным напряжением имеют большие пульсации, но их размах укладывается в 1–2% от номинального значения напряжения на выходе преобразователя.

Отметим, что уровень шумов пульсаций непосредственно зависит от реализации схемы выходного каскада, которая должна быть спроектирована с таким расчетом, чтобы одновременно стабилизировать и фильтровать выходное напряжение, но при этом хорошо отрабатывать переходные процессы и не вносить генерируемых помех. Это можно видеть на рис. 4, где модуль при работе на холостом ходу и на нагрузке имеет одинаковый уровень пульсаций, но разное количество генерируемых гармоник.

Естественно, уровень пульсаций можно снизить в несколько раз, дополнив выходной каскад внешними элементами (табл. 4). Но нужно учитывать, что при уменьшении уровня пульсаций будет увеличиваться количество гармоник, генерируемых за счет переходных процессов в реактивных элементах.

Рабочие диапазоны

На входе у модулей Bothhand имеется П-образный фильтр, снижающий уровень входных пульсаций и убирающий часть помех. В дополнение этот фильтр позволяет модулям выдерживать кратковременные скачки входного напряжения. Для моделей

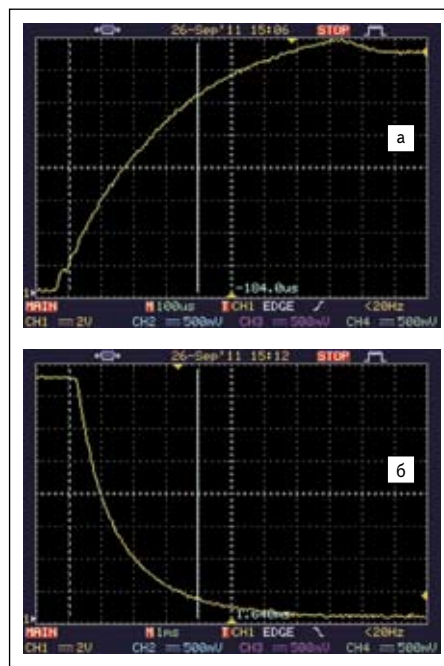


Рис. 5.
а) Включение модуля при полной нагрузке (100%);
б) выключение модуля при полной нагрузке (100%)

с диапазоном 4:1 импульсные и сетевые скачки напряжения могут достигать значений 50 В при $U_{вх} = 24$ (9–36) В и 100 В при $U_{вх} = 48$ (18–75) В при продолжительности до 100 мс без каких-либо последствий для преобразователя.

Все модули Bothhand гарантированно работают во всем рабочем диапазоне входного напряжения 2:1 — 12 (9–18), 24(18–36) и 48 (36–75) В или 4:1 — 24 (9–36) и 48 (18–75) В. Характерно, что при уменьшении входного напряжения ниже допустимого работоспособность модулей сохраняется. Маломощные модули с низким входным напряжением при плавном уменьшении $U_{вх}$ до 6 В продолжают выдавать выходное напряжение, а далее выходное напряжение начинает падать вместе с входным до уровня около 2–3 В до тех пор, пока модуль не отключится.

Чтобы запустить модуль после выключения, нужно повысить входное напряжение до 6–9 В, почти до нижней границы рабочего диапазона. При этом модуль без нагрузки может включиться раньше, чем с нагрузкой. Все испытанные источники питания Bothhand даже с нагрузкой без проблем включались на нижней границе диапазона входных напряжений.

Динамические характеристики модулей

Для большей наглядности динамических характеристик тестировался модуль с большим выходным напряжением BOB5-24S3W ($P_{вых} = 5$ Вт, $U_{вых} = 15$ В), так как на нем более заметны переходные процессы при запуске на холостом ходу, на полную нагрузку и при выключении модуля (рис. 5 и 6).

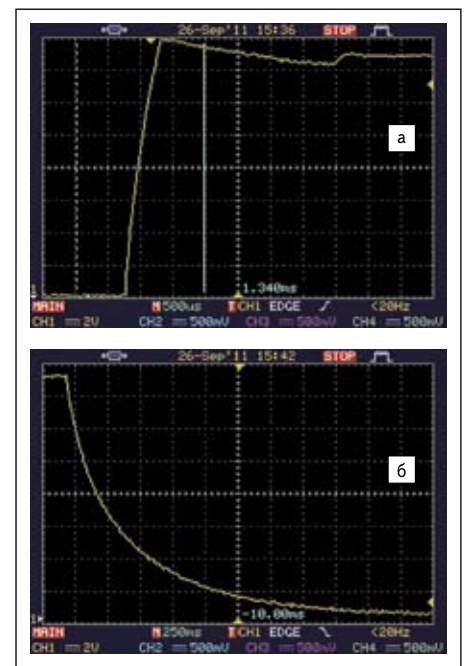


Рис. 6.
а) Включение модуля на холостом ходу (0%);
б) выключение модуля на холостом ходу (0%)

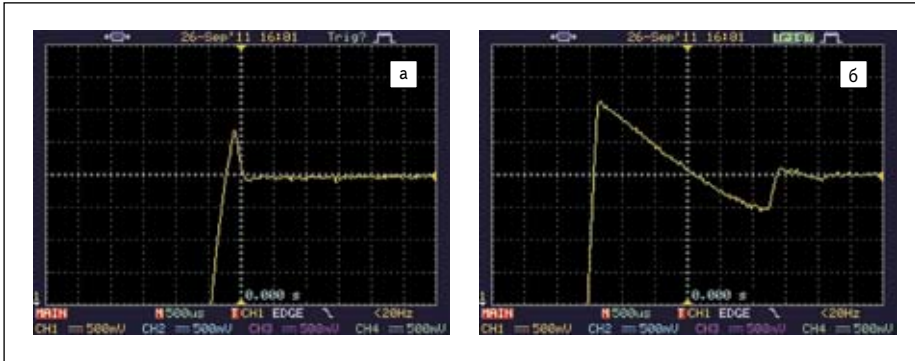


Рис. 7. Броски напряжения при включении модулей при: а) полной нагрузке; б) на холостом ходу в одинаковом масштабе

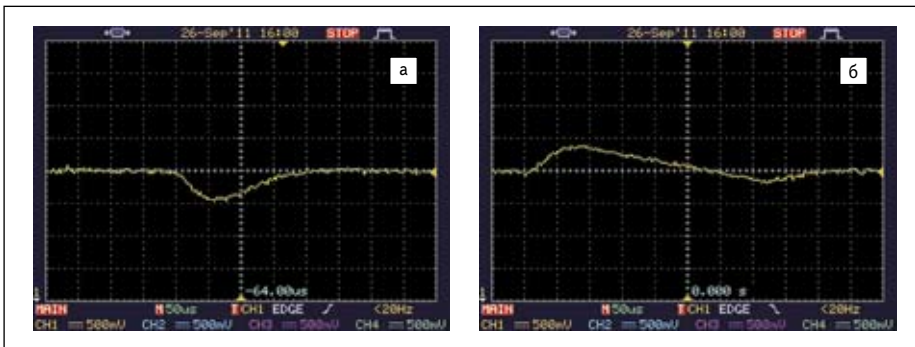


Рис. 8. а) Просадка напряжения при включении нагрузки (0–100%); б) переходный процесс при выключении нагрузки (100–0%)

Модули при включении, как на нагрузку, так и без нее, имеют небольшой скачок напряжения на выходе в пределах, прописанных в спецификации (1–4%). Это можно наблюдать на осциллограммах (рис. 5 и 6): при номинальном выходном напряжении в 15 В скачок составляет от 0,5 В на нагрузке и до 1,2 В на холостом ходу, а переходный процесс установления рабочего напряжения длится от 100 мкс до нескольких секунд на холостом ходу.

Переходный процесс при включенной нагрузке не имеет никаких пульсирующих скачков и выбросов напряжения, а значит, он не должен повлиять на подключаемые к источнику элементы нагрузки. Этого нельзя сказать о процессе на холостом ходу: он имеет несколько ступеней «выравнивания»

(стабилизации) выходного напряжения. Справедливости ради отметим, что это также ни на что не может повлиять, так как нагрузки нет. На осциллограммах (рис. 7) можно сравнить описанные процессы в одном масштабе.

Рассмотрим режимы работы этого же 15-В модуля и переходные процессы, создаваемые при увеличении и сбросе нагрузки.

При резком включении нагрузки от 0 до 100% происходит скачок тока, о чем свидетельствует «просадка» напряжения на осциллограмме (рис. 8а). Весь процесс установления длится 200 мкс, за которые модуль успевает отработать изменение нагрузки и стабилизировать выходное напряжение; при этом «просадка» не превышает 3% от номинального значения выходного на-

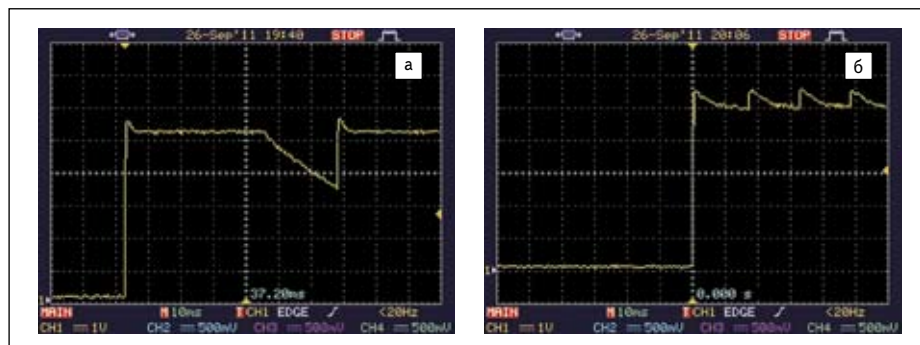


Рис. 9. Включение модуля на холостом ходу (0%): а) 5-Вт модуль на 5 В; б) 3-Вт модуль на 5 В

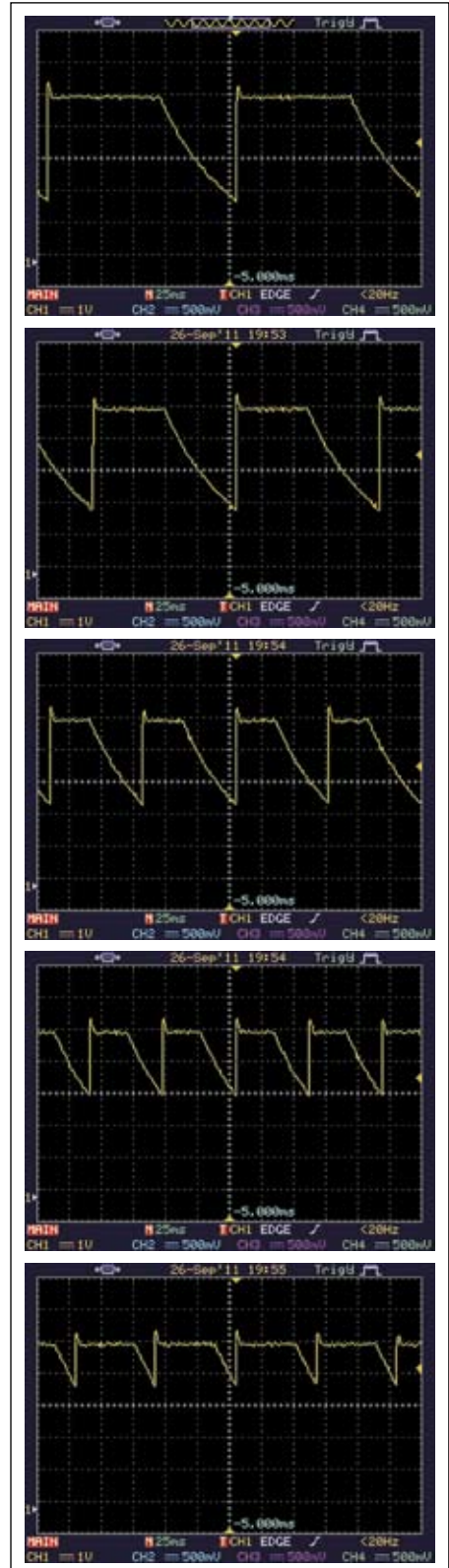


Рис. 10. Изменение ширины пульсации на выходе при изменении входного напряжения от 9 до 36 В

пряжения. При резком отключении нагрузки со 100 до 0% скачок напряжения также не превышает 3% (500 мВ) от номинала, а сам модуль переходит в режим работы на холостом ходу. Форма переходного процесса при сбросе нагрузки напоминает форму переход-

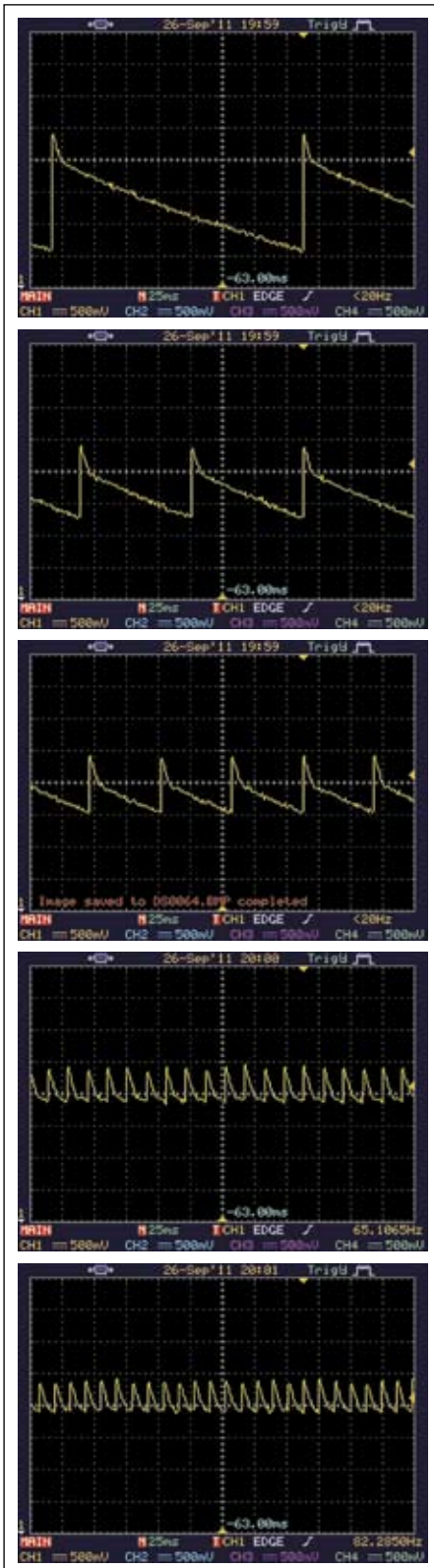


Рис. 11. Изменение ширины пульсации на выходе при изменении входного напряжения от 9 до 36 В

ного процесса при запуске, только выходное напряжение стабилизируется за более короткое время (около 450 мкс).

Также стоит отметить тот факт, что переходные процессы проходят плавно, без дополнительных пульсаций и импульсов, и мо-

дуль при таких динамических режимах ведет себя очень стабильно.

Динамические характеристики модулей на холостом ходу

Отдельно стоит обратить внимание на режим работы модулей на холостом ходу: некоторым из них для нормального запуска требуется минимальная нагрузка от 4 до 10 мА. Это связано с организацией обратной связи в преобразователях Bothhand. При работе без нагрузки модуль будет постоянно пытаться запуститься, выдавая на выход импульсы (рис. 9), которые могут создавать пульсации, мешающие чувствительным микросхемам. Эти импульсы повторяются с периодичностью ШИМ-модуля и при изменении входного напряжения также меняются (рис. 10, 11). Например, при повышении входного напряжения от 9 до 36 В, что как раз и показано на рис. 10 и 11, для стабилизации выходного напряжения (в данном случае 5 В, понижение напряжения) ШИМ-преобразователь должен сохранить количество энергии, передаваемой за один импульс. Чем выше входное напряжение, тем меньше ширина импульса, а значит, чтобы сохранить стабильность выходного напряжения при максимально допустимом входном, вместо больших емкостей выходного каскада проще увеличить частоту ШИМ-преобразования. Это мы и видим на осциллограммах, полученных при работе модуля на холостом ходу. Наблюдаемые изменения частоты следует учитывать при расчете длины дорожек печатной платы, так как при сбросе нагрузки шины питания могут вносить дополнительный уровень помех.

Избежать этого очень просто: достаточно подключить к модулю минимальную нагрузку, в качестве которой может быть использована дополнительная выходная емкость или RC-цепочка.

Температурные характеристики

Тестируемые при работе на полную нагрузку модули Bothhand практически не разогреваются. 12-Вт модуль с учетом КПД до 88% рассеивает 1,4 Вт и разо-

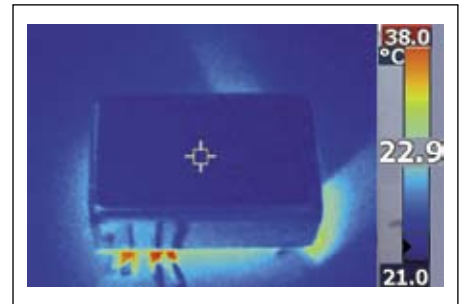


Рис. 12. Термограмма 3-Вт модуля из серии BOB

гревается до +40 °С; 3-Вт модуль с КПД до 80% рассеивает 0,5 Вт и разогревается до +23 °С. Это показано на термограмме (рис. 12). Видно, что температура поверхности корпуса распределена равномерно, что свидетельствует о качественной заливке модуля теплопроводящим компаундом. Преобразователь сохраняет свои рабочие характеристики во всем рабочем температурном диапазоне от -40 до +85 °С, только после +71 °С наблюдается снижение мощности (рис. 13).

Заключение

Мы рассмотрели лишь одно семейство импульсных источников питания компании Bothhand. В следующих статьях будут приведены описания и результаты тестирования других модулей. В заключение приведем краткую таблицу с данными других источников питания фирмы Bothhand (табл. 5).

Литература

1. Справочно-информационный портал по источникам питания — <http://powel.ru/producers/bothhand/>
2. Справочно-информационный портал компании Bothhand — <http://www.bothhand.com.tw/home.aspx>
3. Леонов А. Источники питания Agch для промышленности, медицинской техники и телекоммуникаций // Компоненты и технологии. 2009. № 10.

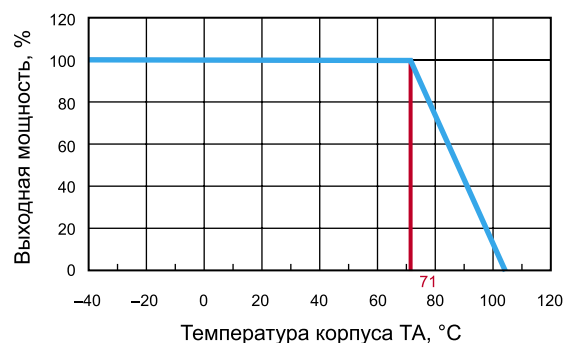


Рис. 13. Кривая мощности модулей серии BOB

Таблица 5. Стандартный ряд серийных модулей компании Bothhand

Корпус	Серии	Выходная мощность, Вт	Входное напряжение, В	Входной диапазон	Регулировка выхода	Изоляция, кВ	
SMD	SMD 16	CS	1,8	5/12	±10%	1 и 2	
	SMD 8, 10	SM1	1	5/12/24	±10%	1	
	SMD 10	SM1H	1	5/12/24	±10%	3	
	SMD 8, 10	ST1	1	5/12/24	±10%	1	
SIP	SIP 4	BA	0,5/1	5/12/24	1-10%	1	
	SIP 7	B1	1	5/12/24	±10%	1 и 3	
		B3	2	5/12/24	±10%	1 и 3	
		B4	1,5	5/12/24	±10%	V	1 и 3
	SIP 8	BMA1	1	5/12/15/24/28	±10%	1 и 6	
	B9	2	9-18/18-36/36-75	2:1	V	1	
DIP	DIP 4	BA	0,5/1	5/12/24	±10%	1	
	DIP 14	B1	1	5/12/24	1-10%	1 и 3	
		BMB1	1	48	±10%	1	
		B3	2	5/12/24	±10%	1 и 3	
		B4	1,5	5/12/24	±10%	V	1 и 3
	DIP 16	BB	1/2	9-18/18-36/36-75	2:1	V	1 и 3
	DIP 24	BC	1,5/2/3	5/12/24	±10%	V	1 и 3
		B5	1,5/2/3	5/12/24	±10%	V	1 и 3
		B6	1,5/2/3	9-18/18-36/36-75	2:1	V	1,5
		BOB3W	3	9-36/18-75	4:1	V	1,5
		BOB5	5	4,5-9,9/18/18-36/36-75	2:1	V	1,5
		BOB5W	5	9-36/18-75	4:1	V	1,5
		BOB8	8	9-18/18-36/36-75	2:1	V	1,5
		BOB8W	8	9-36,18-75	4:1	V	1,5
		BOB12	12	9-18/18-36/36-75	2:1	V	1,5
		BOB12W	12	9-36/18-75	4:1	V	1,5
	1"×1"	BRA 15W	15	9-36/18-75	4:1	V	1,5
		BRA 20W	20	9-36/18-75	4:1	V	1,5
	1"×2"	BUB10	10	9-18/18-36/36-75	2:1	V	1,5
		BUA10-110	10	66-166	3:1	V	1,5
		BUB12W	12	9-36/18-75	4:1	V	1,5
		BUA 15L	15	9-18/18-36/36-75	2:1	V	1,5
		BUB15	15	9-18/18-36/36-75	2:1	V	1,5
		BUB15W	15	9-36/18-75	4:1	V	1,5
		BUB20	20	9-18/18-36/36-75	2:1	V	1,5
		BUB20W	20	9-36/18-75	4:1	V	1,5
		BUC20W	20	9-36/18-75	4:1	V	1,5
		BUC30	30	9-18/18-36/36-75	2:1	V	1,5
	1,6"×2"	BVA25	25/30	9-18/18-36/36-75	2:1	V	1,5
		BVA30W	30	9-36/18-75	4:1	V	1,5
	2"×2"	BWA40	40	9-18/18-36/36-75	2:1	V	1,5
		BWC40W	40	9-36/18-75	4:1	V	1,5
BWC60		60	18-36/36-75	2:1	V	1,5	