

Двухканальный DC/DC-конвертор

с широким диапазоном регулирования выходного напряжения

Виктор Жданкин

victor@prosoft.ru

Введение

В первом квартале 1995 года объемы производства микропроцессоров и микросхем памяти с номинальным значением напряжения питания 3,3 В в первый раз превысили объемы производства аналогичных изделий с напряжением питания 5 В. После этого события спрос на низковольтные преобразователи напряжения начал увеличиваться с возрастающей скоростью. Между 1997 и 2002 годами, когда совокупный годовой прирост общемирового рынка DC/DC-конверторов (преобразователей) был около 9,2 %, этот же показатель для низковольтных DC/DC-конверторов составил 35,5 %. К концу 1998 года объемы сбыта низковольтных преобразователей и устройств с выходом 5 В сравнялись. Микросхемы, созданные по новым технологиям, как правило, ориентированы на низковольтные преобразо-

ватели и предъявляют к ним специальные технические требования. Например, в то время как 5-вольтовые ИС допускают нестабильность питания до 5 %, многие новые низковольтные устройства требуют более высокой стабильности и точности регулирования питающего напряжения. К тому же, в низковольтных системах меняются требования к помехоустойчивости, нестабильности по току, удельной мощности, КПД преобразователей. Этот разброс требований создает проблемы как для разработчиков систем, так и для производителей DC/DC-конверторов.

В настоящее время ожидается, что тенденция перехода к еще более низким номиналам питающих напряжений ускорится. Фактически для современных микропроцессоров необходимо питающее напряжение двух номиналов: 1,5 В для памяти и 2,5 В для реализации логических функций. «На подходе» системы, предусматривающие использование специализированных ИС с еще более низким номиналом питания 0,9 В и системы с высоким объемом компонентов, работающих от напряжения 1,5 В.

Следует отметить, что понятия «технология 3,3 В» или «технология 2,5 В» и т. п. используются в широком смысле и подразумевают близкие по значению номиналы. Например, «технология 3,3 В» предполагает номиналы 3; 3,3; 3,45; 3,6 В и т. д.

Преимущества применения стандартных DC/DC-конверторов в распределенных системах электропитания очевидны. Но как можно предлагать стандартные преобразователи при отсутствии реальной стандартизации номиналов выходных напряжений? Производство огромной номенклатуры преобразователей, отличающихся значениями выходных напряжений, например, на сотни милливольт, экономически не выгодно ни для производителей этих изделий, ни для разработчиков систем.

Ситуация усугубляется тем, что точные значения уровней напряжения для низковольтных схем не установлены. Разработчик зачастую должен подбирать уровень напряжения позднее, в процессе разработки, для того чтобы оптимизировать рабочие режимы схемы или согласовать использование полупроводниковых микросхем разных производителей. В этих условиях применение стандартного DC/DC-конвертора с непереключаемым (фиксированным) выходным напряжением становится проблематичным из-за ограниченной функциональной гибкости таких конверторов и высокой стоимости дополнительных технических решений.

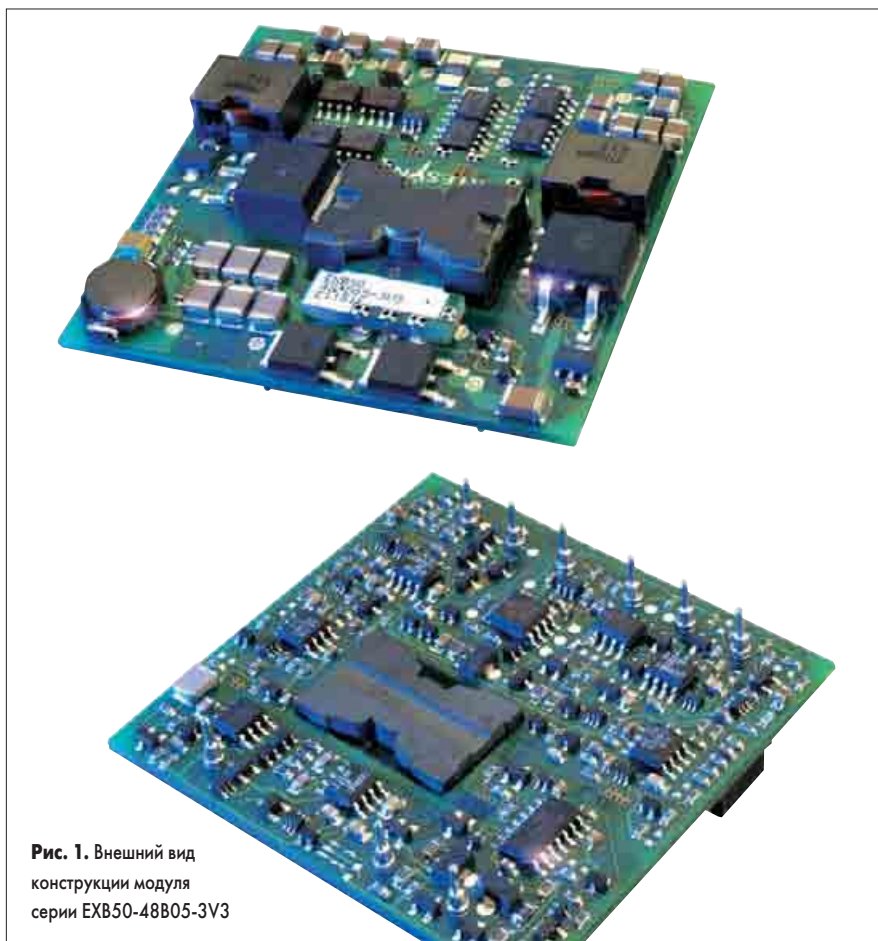


Рис. 1. Внешний вид конструкции модуля серии EXB50-48B05-3V3



Рис. 2. Результирующий график безопасной рабочей зоны конвертера при охлаждении воздушным потоком

Наиболее рациональным решением в описанной ситуации является обеспечение возможности регулирования в широком диапазоне выходного напряжения конвертера.

Компания Artesyn Technologies недавно представила новые преобразователи с такой возможностью, реализованной в виде сервисной функции. Подробнее рассмотрим один из них — DC/DC-конвертер EXB50-48D05-3V3.

Основные характеристики EXB50-48D05-3V3

Двухканальный DC/DC-преобразователь EXB50-48D05-3V3 поставляется с установленными номинальными значениями выходных питающих напряжений 5 и 3,3 В постоянного тока. В конвертере использованы синхронные выпрямители (МОП-транзисторы), вследствие чего обеспечивается более высокий, чем у традиционных устройств, КПД (типичные значения от 85 до 88,5 %) при работе в широком диапазоне токов нагрузки. Выходные каналы являются независимыми друг от друга, и значение выходного напряжения каждого из каналов можно установить любым в диапазоне от 1,5 до 5,25 В. Эта особенность обеспечивает значительную гибкость в применении изделия.

Данный преобразователь разработан в соответствии с жесткими требованиями телекоммуникационных стандартов, диапазон входных напряжений 36–75 В, диэлектрическая прочность гальванической изоляции выходных цепей от шин источника входной электроэнергии составляет 1500 В. Устройства серии EXB50 отвечают всем требованиям международных стандартов безопасности. Они включают в качестве пункта спецификации возможность работы в режиме холостого хода, поэтому пригодны для применения в широком диапазоне токов нагрузки. Компактный модуль питания с бескорпусной конструкцией [1] имеет стандартную для промышленных применений форму типа «half brick» с традиционной цоколевкой, что обеспечивает конструктивную совместимость с другими устройствами. Внешний вид конструкции модуля серии EXB50-48B05-3V3 показан на рис. 1.

Конвертер EXB50-48D05-3V3 имеет номинальное значение выходной мощности 50 Вт, но значения токов нагрузки по каждой неза-

Таблица 1. Некоторые допустимые сочетания выходных напряжений и токов нагрузки для конвертера EXB50-48D05-3V3

Выход 1		Выход 2		Суммарная выходная мощность, Вт
Выходное напряжение, В	Ток нагрузки, А	Выходное напряжение, В	Ток нагрузки, А	
5,0	7,5	3,3	2,5	45,8
5,0	2,5	3,3	7,5	37,3
5,25	7,5	5,25	2,5	52,5
3,3	2,5	1,5	7,5	19,5

висимой выходной цепи определяют фактические ограничения по выходу. Каждый канал имеет максимальное значение тока нагрузки 7,5 А. При охлаждении воздушным потоком сумма выходных токов преобразователя составляет 15 А (результатирующий график безопасной рабочей зоны показан на рис. 2). Если воздушный поток отсутствует, то суммарное значение выходного тока равно 10 А (результатирующий график безопасной рабочей зоны показан на рис. 3). Некоторые допустимые сочетания выходных напряжений и токов нагрузки показаны в таблице 1.

Следует заметить, что безопасные рабочие области, примеры выходных напряжений и токов приведены для температурных опорных точек в пределах допусков, указанных в перечне технических характеристик изделия.

Реализация регулирования выходного напряжения

Преобразователи серии EXB50 обеспечивают возможность регулирования выходных напряжений четырьмя различными способами. Напряжение каждого выходного канала может быть назначено выше или ниже номинального значения, установленного при изготовлении. Для этого используется внешний постоянный резистор, который подключается между выходом Trim и «плюсом» регулируемого выхода для установки выходного напряжения ниже номинального значения или между выводом Trim и «минусом» выхода для установки выходного напряжения выше номинала. Обратите внимание, что данный кон-



Рис. 3. Результирующий график безопасной рабочей зоны конвертера при отсутствии охлаждения воздушным потоком

вертер для каждого выходного канала имеет независимые функции регулирования напряжения, то есть каждый из каналов может регулироваться отдельно и независимо от другого, при этом выходные напряжения обоих могут быть установлены выше или ниже номинального значения или один канал устанавливается выше, а другой — ниже номинала. Этот способ регулирования показан на рис. 4 а. Требуемый номинал резистора для выхода с номинальным значением напряжения 5 В может быть выбран с помощью графиков, приведенных рис. 5, а для выхода с номинальным напряжением 3,3 В — на рис. 6.

Иногда требуется непрерывно изменять выходное напряжение как выше, так и ниже напряжения, установленного при изготовлении преобразователя. Это можно легко сделать путем подключения внешнего потенциометра,

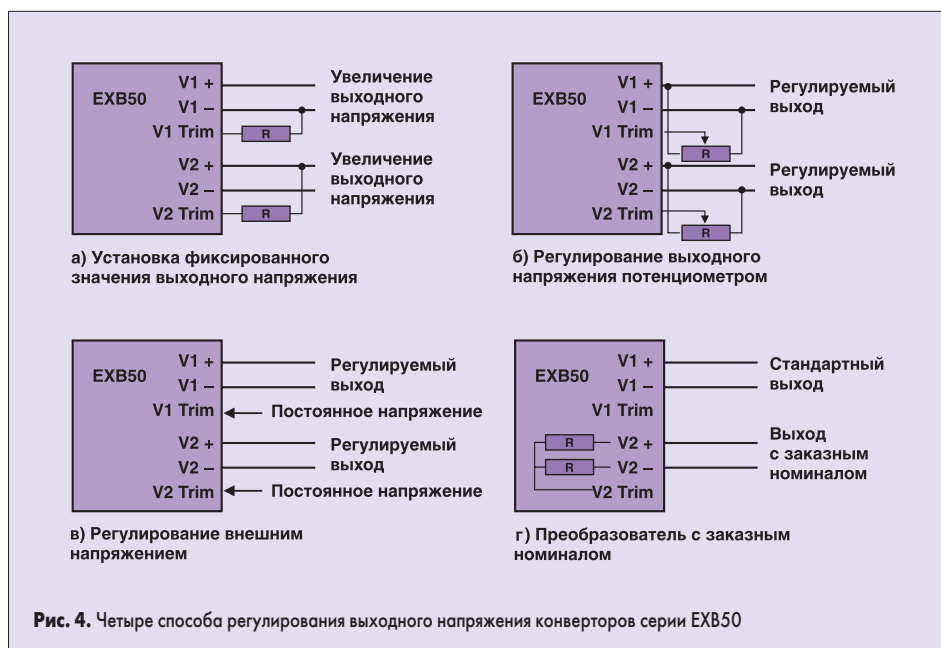
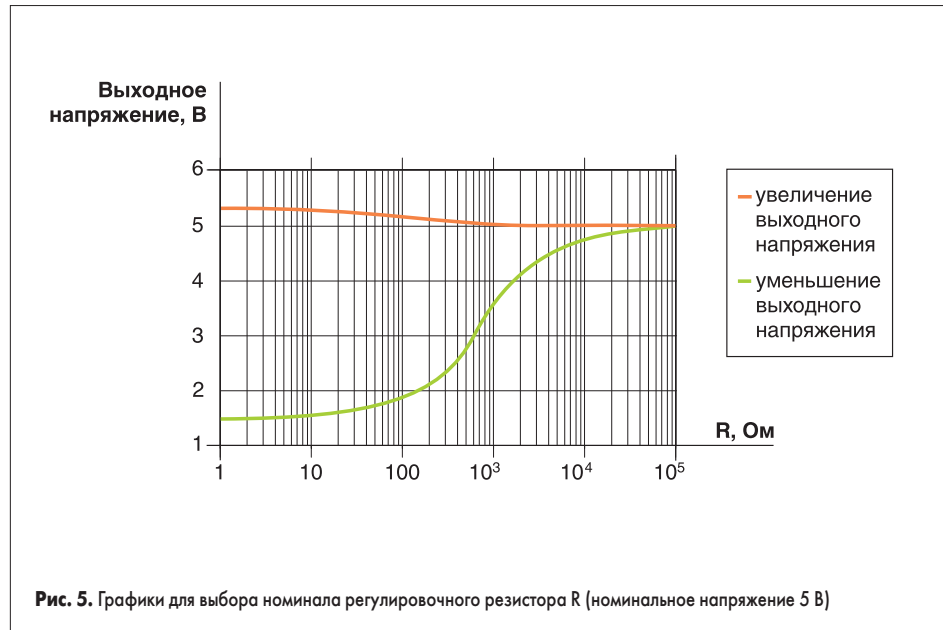


Рис. 4. Четыре способа регулирования выходного напряжения конвертеров серии EXB50



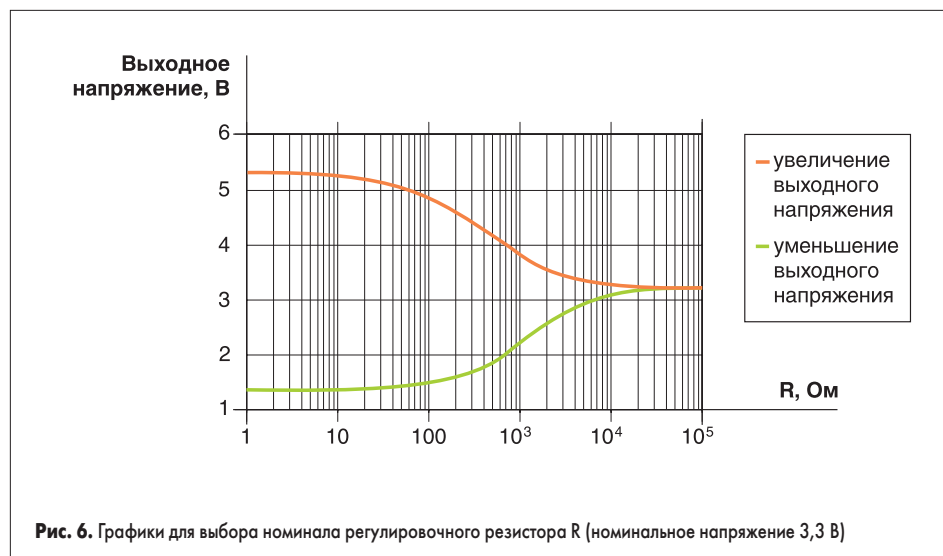
как показано на рис. 4 б. Выходное напряжение каждого канала цепи может регулироваться в диапазоне от 1,5 до 5,25 В. Рассмотрим примеры выбора номиналов регулировочных резисторов и обеспечения требуемых выходных напряжений (рис. 7). Канал с номинальным напряжением 5 В преобразован в выход с напряжением, непрерывно изменяемым посредством потенциометра 10 кОм, который подключен между выводами выходного напряжения конвертора, с движком, который подключен к выводу Trim. Значение выходного напряжения 2,5 В устанавливается в канале с номинальным напряжением 3,3 В посредством резистора номиналом 2 кОм, подключенного между положительным выходным зажимом и зажимом Trim. Номинал резистора выбран из графика, приведенного рис. 6.

Третьим способом регулирования выходного напряжения является подача напряжения на вывод Trim преобразователя (рис. 4 в). Подстроечное напряжение отсчитывается относительно отрицательного выхода напряжения. Преобразователь имеет линейную зависимость выходного регулируемого напряжения от подстроечного (рис. 8).

Четвертым способом регулирования напряжения является установка определенного

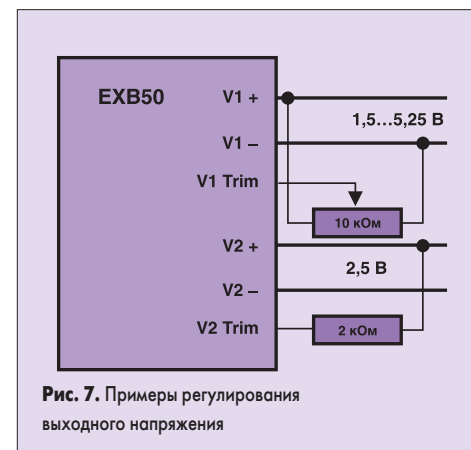
значения на заводе компании Artesyn Technologies согласно требованиям заказчика (рис. 4 г). При этом устраняется необходимость в применении внешних резисторов, но полученный преобразователь имеет уникальный номинал выходного напряжения. Выходные напряжения такого преобразователя могут по-прежнему регулироваться посредством внешних резисторов или путем подачи напряжения, но регулировочные характеристики для каждого типа таких изделий с одинаковыми номиналами выходного напряжения будут уникальными. Ожидается, что данный способ будет применяться не очень часто, поскольку существуют простые и гибкие способы внешней регулировки напряжения.

На рис. 9 показан пример применения постоянных резисторов для регулирования напряжения в обоих выходных каналах. Резистор 4 кОм устанавливает выходное напряжение 4,5 В в канале с номиналом 5 В, а резистор 1,15 кОм — 3,8 В в канале с номинальным значением выходного напряжения 3,3 В. Эти значения сопротивлений резисторов получены из графиков, приведенных на рис. 5 и 6 соответственно. В другом примере, показанном на рис. 10, для установки требуемых значений



выходных напряжений используется напряжение разных уровней, прикладываемое к выводам Trim. В этом случае выходное напряжение канала с номиналом 5 В устанавливается в значение 3,8 В, а канала с номиналом 3,3 В — в значение 1,5 В путем подачи уровней напряжения, определенных по графикам, приведенным на рис. 8.

Максимальное значение тока нагрузки для каждого выходного канала конвертора остается равным 7,5 А и не изменяется при регулировании выходного напряжения. Встроенный регистратор превышения выходного напряжения автоматически отслеживает уставку выходного напряжения, поэтому в тех случаях, когда установленное выходное напряжение выше номинала, отключения конвертора не происходит, а при пониженных выходных напряжениях обеспечивается защита от превышения установленного значения. Пороговое значение напряжения срабатывания схемы защиты от превышения выходного напряжения номинально составляет 125 % от установленного выходного напряжения, в худшем случае лежит в диапазоне от 120 до 130 %.



Энергетические параметры конвертора (выходная мощность и КПД) изменяются при регулировании выходных напряжений. В частности, регулирование изменяет не только величину, но и распределение мощности рассеяния в конвертере, поэтому в таком случае разработчик должен повторно проверить специфицированные места перегрева конвертора при реальных условиях работы системы и убедиться, что конструкция находится в нормальном тепловом режиме.

Преимущества широкого диапазона регулирования выходного напряжения

В статье уже была продемонстрирована гибкость применения преобразователей с двумя выходными каналами, которая достигается благодаря возможности регулирования выходного напряжения в широком диапазоне. Существуют и другие преимущества, которые делают использование подобных преобразователей экономически выгодным. В частности, эти устройства предоставляют разработчику системы электропитания возможность быстро изменять значения выходных напряжений на разных этапах проектирования и макетирования для разных модулей и узлов без приобре-

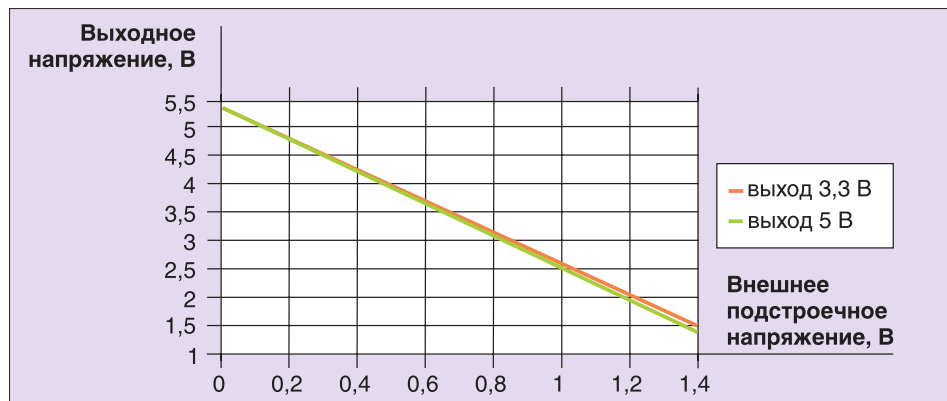


Рис. 8. Зависимость выходного регулируемого напряжения от напряжения подстроечного

тения дополнительных DC/DC-конверторов. Это оказывает позитивное влияние на время разработки, а также сокращает сроки поступления изделий на рынок, что ведет к уменьшению себестоимости. Дополнительное снижение себестоимости достигается на этапе эксплуатации: простое регулирование выходных напряжений на месте посредством переключки или резисторов значительно дешевле, чем замена одного конвертора на другой.

На рис. 11 показан пример использования EXB50, когда один из его выходов конфигурируется так, что значения выходных напряжений могут задаваться цифровым способом посредством установки переключки. Это создает возможности, аналогичные возможностям модуля с микропроцессорным регулированием напряжения, благодаря цифро-аналоговому преобразователю, который трансформирует позиционный код переключки в постоянное напряжение подстройки выходного канала конвертора. Эта идея может быть развита до построения систем с внутрисистемным регулированием рабочего напряжения по шине управления, как это показано на рис. 12. Такое решение может быть использовано для уменьшения рабочих напряжений, а следовательно, энергопотребления, в случае когда система находится в режиме неполной нагрузки. Определение предельно допустимых значений рабочих напряжений аппаратуры является штатным методом проверки устойчивости системы во время заключительных и корректности ее работы. Применение в системе конверторов типа EXB50 позволяет реализовать такие проверки в качестве встроенных функций системы. Требуются только один внешний резис-

тор и соответствующая ячейка переключки для проверки каждого значения в диапазоне работоспособности.

В качестве примеров применения данных конверторов рассмотрим два случая. На рис. 13 представлен один из наиболее распространенных способов регулирования выходного напряжения, когда необходимо перестраивать канал низкого напряжения в зависимости от требуемых питающих напряжений различных схем, которые могут быть установлены в систему. С помощью переключки выходное напряжение может быть легко установлено ниже или выше номинала 3,3 В. В другом случае (рис. 14), применяя только два конвертора, можно сформировать четырехканальный источник питания, каждый из каналов которого способен перекрыть диапазон от 1,5 до 5,25 В. Это метод лабораторных источников питания и автоматических испытательных систем.

Выводы

Двухканальные DC/DC-конверторы серии EXB50 характеризуются рядом параметров, которые позволяют рекомендовать их для системных применений, а в некоторых случаях подобные преобразователи оказываются просто незаменимыми. Несомненные и экономические выгоды от их использования. Наиболее значительным и уникальным свойством устройств серии EXB50 является возможность регулирования выходного напряжения в широком диапазоне.

Подробнее технические характеристики преобразователей серии описаны в [2], а особенности их применения — в [3].

Литература

1. Виктор Жданкин. Преимущества бескорпусных преобразователей постоянного тока // Современные технологии автоматизации. — 1998. — № 4. — С. 72–80.
2. Long Form Data Sheet EXB50 Dual Series. — USA: Artesyn Technologies, 2001.
3. EXB50 Dual Series/ Application Note 127 Rev. 01. — August 2001. — USA: Artesyn Technologies, 2001.

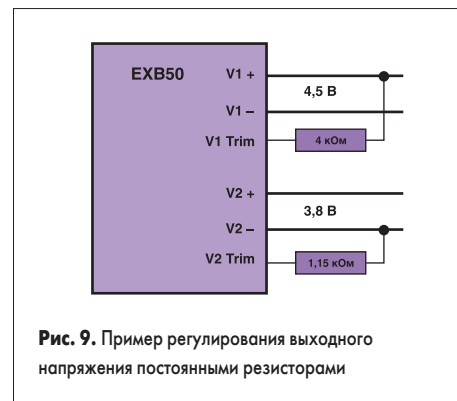


Рис. 9. Пример регулирования выходного напряжения постоянными резисторами

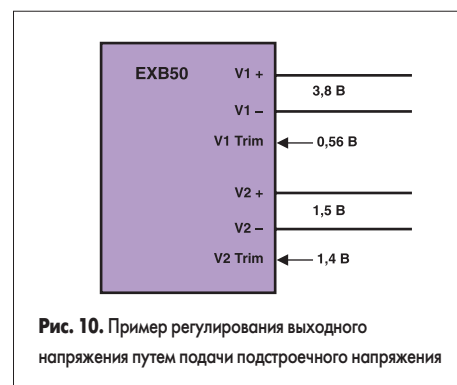


Рис. 10. Пример регулирования выходного напряжения путем подачи подстроечного напряжения

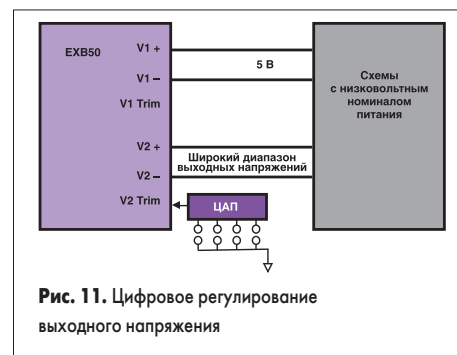


Рис. 11. Цифровое регулирование выходного напряжения

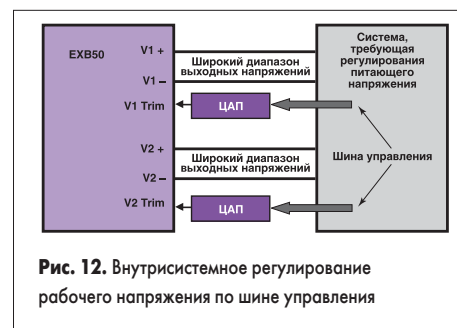


Рис. 12. Внутрисистемное регулирование рабочего напряжения по шине управления

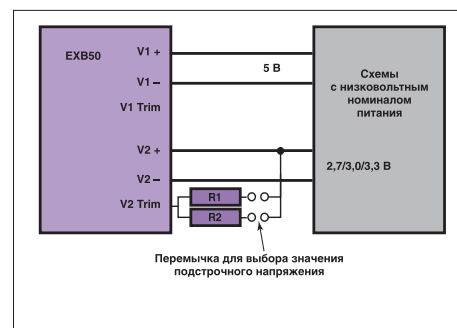


Рис. 13. Регулирование канала низкого напряжения для получения разных значений выходного напряжения, выбираемых с помощью переключки

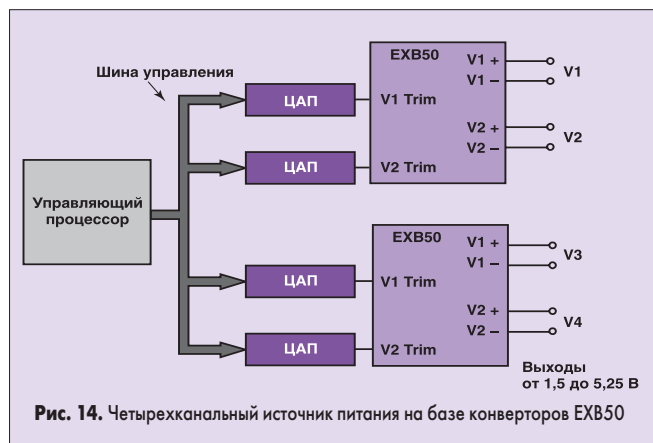


Рис. 14. Четырехканальный источник питания на базе конверторов EXB50

Краткие технические характеристики DC/DC конвертора EXB50-48D05-3V3

Диапазон регулирования выходного напряжения	Для каждого канала	1,5...5,25 В
Отклонение номинала выходного напряжения	Для каждого канала	±0,5% (макс.)
Нестабильность по напряжению	При изменении входного напряжения в заданных пределах	U _{вых.1} ±0,5% U _{вых.2} ±0,5%
Нестабильность по току	При изменении тока нагрузки от 0 до максимального значения	±0,5%
Минимальное значение тока нагрузки	Для каждого канала	0
Пульсация выходного напряжения и шумы в полосе частот 20 МГц	Для каждого канала	150 мВ (от пика до пика), максимум 30 мВ, среднеквадратическое действующее значение
Переходная характеристика при скачке тока нагрузки	От 3 до 5А (1 А/10 мкс) и обратно	150 мВ 400 мкс
Защита от короткого замыкания	Для каждого канала	15 А (действующее значение) непрерывного действия с автоматическим переходом в номинальный режим работы

Электромагнитная совместимость

ETS 300 386-1 table 5	
Кондуктивные помехи	EN 55022 Level A с внешним фильтром
Помехи, излучаемые в эфир	EN 55022
Устойчивость:	
• электростатический разряд через воздух	EN 61000-4-2 8 кВ (NP), 15 кВ (RP)
• электростатический разряд через входные цепи	EN 61000-4-2 6 кВ (NP), 8 кВ (RP)
• быстрые переходные процессы/пачки импульсов в сети питания	EN 61000-4-4 2 кВ (NP), 4 кВ (RP)
• быстрые переходные процессы/пачки импульсов в цепи сигналов	EN 61000-4-4 2 кВ (NP), 4 кВ (RP)
• излучение радиочастот	EN61000-4-3 10 В/м (NP)
Броски напряжения в питающей сети	EN 61000-4-5 500 В (RP)
Кондуктивные радиопомехи, индуцированные полями радиочастот в линиях питающей сети	EN 61000-4-6 10 В (NP)
Кондуктивные радиопомехи, индуцированные полями радиочастот в линиях сигналов	EN 61000-4-6 10 В (NP)
Переходные процессы на входе	ETS 300 132-2, ETR 283

Примечание. NP — нормальное функционирование (нет никаких последствий для работы устройства); RP — ограниченные возможности функционирования (возможны некоторые небольшие отклонения выходного напряжения, но сохраняются проектные характеристики устройства).

Входные параметры

Диапазон входного напряжения	48 В номинальное значение	36...75 В
Входной ток	В режиме холостого хода	100 мА (макс.)
	В «дежурном» режиме	4 мА (макс.)
Напряжение включения схемы защиты от понижения входного напряжения	Все входы	34 В (тип.)
Напряжение выключения схемы защиты от понижения входного напряжения	Все входы	33 В (тип.)
Активный уровень входа дистанционного включения/отключения (ON/OFF) – высокий:		
• логическая совместимость	Открытый коллектор	
• включение	Свободный вход или уровень напряжения >3,2 В	
• отключение	< 0,4 В	
Активный уровень входа дистанционного включения/отключения (ON/OFF) – низкий (для модели EXB50-48D05-3V3-R):		
• логическая совместимость	Открытый коллектор	
• включение	0,4 В (макс.)	
• отключение	Открытый коллектор или уровень напряжения > 3,2 В	

Выходные параметры

Номинальное значение выходного напряжения, В		Ток нагрузки, А		Пороговое напряжение срабатывания защиты от превышения выходного напряжения, В	
1	2	1	2	1	2
5	3,3	7,5	7,5	6,25	4,12

Основные параметры

КПД		89% (тип.)
Основная изоляция	Первичная цепь/вторичная цепь	1500 В (постоянный ток)
Входной предохранитель (48 В)		4 А (инерционный)
Рабочая частота	Фиксированная	300 кГц
Безопасность		IEC60950, ГОСТ Р 50377-92
Возгораемость материала		UL94V-0
Вес		42 г
Среднее время наработки на отказ	MIL-HDBK-217	Примерно 262 000 ч

Эксплуатационные характеристики

Диапазон рабочих температур	-40...+100°C (с принудительным охлаждением), -40...+70°C (с естественной конвекцией)
Диапазон температур хранения	-40...+120°C
Относительная влажность	10...100%, с конденсацией влаги