

Технология iPowIR

для DC/DC-конвертеров нового поколения

С появлением на рынке каждого нового поколения более производительных процессоров перед конструкторами источников питания встают все более сложные задачи. Рост тактовых частот процессоров достигается путем снижения напряжения питания и экспоненциального роста потребляемого тока. Уже сейчас для питания ядра процессора необходимы токи 60 А и более, а напряжение питания стремительно приближается к уровню в один вольт. Для решения этой проблемы привлекаются все известные средства.

Владимир Башкиров

irmoscow@online.ru

Распределенная архитектура источника питания, включающая AC/DC-конвертер ~220/48 В (или 110/24 В) и набор DC/DC-конвертеров для питания конечных потребителей, позволяет максимально приблизить DC/DC-конвертер к нагрузке. Многофазные асинхронные DC/DC-конвертеры с изолированной структурой дают возможность при использовании транзисторов в корпусах для поверхностного монтажа преодолеть тепловой предел многослойных плат, наступающий при 20 А, и наращивать выходной ток конвертера до 50 А и более без применения дополнительных теплоотводов или охлаждения воздушным потоком. Современные технологии производства кристаллов силовых полевых транзисторов, оптимизированных для работы в узлах синхронного выпрямления DC/DC-конвертеров, позволяют обеспечивать высокий КПД при низких выходных напряжениях и высоких уровнях тока.

Вместе с тем все более жесткие требования по эффективности, цене и объемной плотности энергии побуждают конструкторов искать новые средства решения проблемы. Это прежде всего переход на более высокие рабочие частоты для снижения габаритов и использование более эффективных корпусов полупроводниковых приборов с низким сопротивлением выводов, низким термическим сопротивлением и высоким отношением площади кристалла к площади корпуса.

Переход на более высокие рабочие частоты повышает роль паразитных факторов в общем балансе потерь и требует постоянного роста квалификации конструктора. Серийно выпускаемые полевые приборы уже достигли предела отношения площади кристалла к площади корпуса. Для сдвоенных МОП-транзисторов в корпусе SO-8 оно составляет 40 %, а для приборов Dual Fetky, объединяющих в одном корпусе все полупроводниковые приборы синхронного выпрямителя, — 60 %.

Более высокие уровни интеграции играют ключевую роль в решении этих проблем. Новые технологии, создаваемые компанией International Rectifier, ориентированы на извлечение выгоды из мультикристалльного корпусирования для создания путей к новым уровням плотности энергии. Одной из них является технология, получившая название iPOWIR.

Технология iPOWIR — путь к достижению эталонных характеристик DC/DC конвертеров

Эта технология была разработана компанией IR с целью создания серии функционально законченных мультичиповых модулей, включающих ШИМ-контроллеры, драйверы, ключевые и пассивные элементы. Сегодня модули новой серии объединяют в себе практически все элементы DC/DC-конвертера за исключением выходных индуктивностей и емкостей. По замыслу разработчиков, новая технология должна радикально улучшить все характеристики DC/DC-конвертеров для удовлетворения возрастающих требований на длительную перспективу, задав эталонный уровень функциональных возможностей, КПД, плотности монтажа, уровня выходных токов и напряжений. Приборы новой серии должны стать своего рода элементарными «кирпичиками» для построения однофазных или многофазных конвертеров. Использование их позволит конструктору резко сократить время проектирования, исключив из этого процесса сложный этап отработки топологии элементарного конвертера.

Новая технология вобрала в себя все достижения компании IR последних лет в области корпусирования, технологии производства микросхем драйверов и контроллеров синхронных выпрямителей, технологии производства кристаллов МОП-транзисторов и схемотехники DC/DC-конвертеров.

Для корпусирования приборов новой серии используются усовершенствованные высокоэффективные малогабаритные BGA-корпуса.

При сборке модулей используются кристаллы МОП-транзисторов, произведенные по разработанной IR новейшей технологии производства кристаллов StripTrench с вертикальным расположением затвора и полосковой формой структуры. Эта технология, в отличие от используемых на рынке технологий StripFET и TrenchFET, позволяет существенно (на 25–30 %) снизить потери на проводимость и переключение, повысить перегрузочную способность (энергию лавинного пробоя) и уменьшить площадь кристалла.

Для приборов новой серии были спроектированы микросхемы ШИМ-контроллеров и драйверов затворов МОП-транзисторов, оптимизированные для достижения максимально возможной эффективности узлов синхронного выпрямления при ультранизких выходных напряжениях.

Схемные решения и состав мультичиповых модулей были оптимизированы, исходя из достижения минимальной площади многофазных конвертеров, их максимальной простоты и широких функциональных возможностей.

Приборы, производимые по технологии iPOWIR, должны занять на рынке нишу со средним уровнем интеграции и уровнем стоимости решения (0,50–0,70 \$/A) по сравнению с решениями на дискретных элементах (0,25–0,45 \$/A) и гибридными модулями с высокой степенью интеграции (0,75–1,00 \$/A).

В первую очередь они предназначены для применения в серверах высокого уровня, устройствах хранения данных, рабочих станциях, телекоммуникационных системах и устройствах передачи данных — там, где последствия выхода из строя гораздо дороже, чем отказавшее оборудование.

В настоящее время в состав серии входят 4 прибора.

Модуль iP2001 предназначен для использования в многофазных сильноточных DC/DC-конвертерах.

Модуль iP1001 предназначен как для использования в многофазных DC/DC-конвертерах, так и для применения в узлах питания Hi-End ноутбуков и специализированных мобильных устройств.

Модули iP6001, iP6002 предназначены для использования в backlight-конвертерах (устройства подсветки ЖК-дисплеев), Hi-End ноутбуках и специализированных мобильных устройствах, где необходим широкий диапазон димминга (регулирования мощности на люминесцентной лампе) при минимальных габаритах.

В данной статье рассмотрены особенности первых двух приборов как наиболее интересных с точки зрения конструкторов источников питания.

Модуль iP2001 — мини-блок для построения сильноточных DC/DC-конвертеров

Модуль iP2001 представляет собой устройство, размещенное в корпусе типа BGA (рис. 1) с габаритами 11x11x3 мм. Его применение позволяет исключить из схемы 11 наиболее критичных для характеристик понижающего DC/DC-конвертера с неизолированной структурой элементов на фазу, упростить печатную плату и уменьшить ее площадь (почти в 4 раза).

Этот модуль содержит в своем составе все элементы DC/DC-конвертера, за исключением ШИМ-контроллера, выходного дросселя и конденсатора — драйвер затворов, управляющий и выпрямительный МОП-транзисторы синхронного выпрямителя, шунтирующий выпрямительный транзистор, диод Шоттки, необходимые пассивные элементы (рис. 2).



Рис. 1. Общий вид корпуса минимодуля

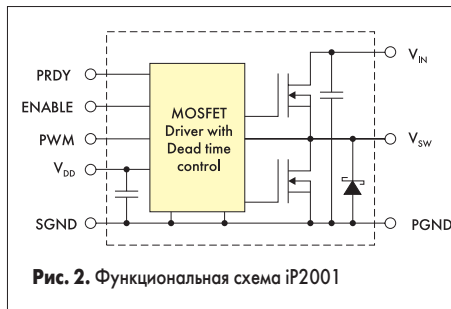


Рис. 2. Функциональная схема iP2001

Мини-блок iP2001 обеспечивает выходной ток 20 А. Рабочий диапазон входных напряжений 5–12 В. Выходные напряжения могут быть установлены в пределах от 0,9 до 2 В.

При управлении от внешнего ШИМ-контроллера iP2001 способен работать на частотах от 150 кГц до 1 МГц. Параллельное соединение модулей в асинхронных многофазных конвертерах позволяет значительно

повышать выходной ток и эквивалентную частоту многофазного конвертера. Поскольку на рынке имеются ШИМ-контроллеры для 1-4-фазных конвертеров, максимальный выходной ток многофазного конвертера в настоящее время ограничен 80 А. Пример реализации 4-фазного конвертера на выходной ток 80 А, частотой в фазе 500 кГц (эквивалентная частота конвертера 2 МГц) с исполь-

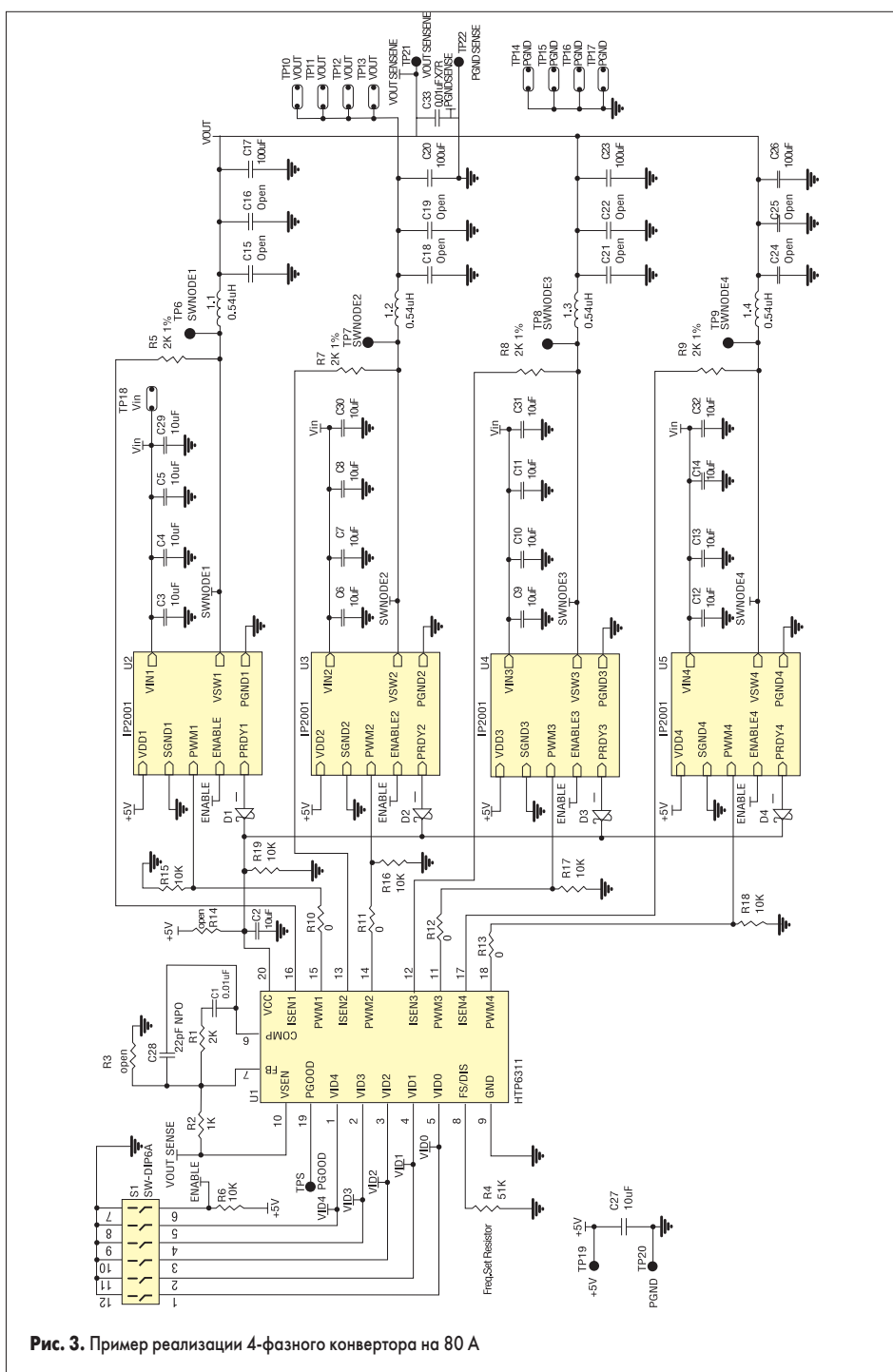


Рис. 3. Пример реализации 4-фазного конвертера на 80 А

зование многофазного контроллера HIP6311 представлен на рис. 3.

Помимо того что новый прибор способен обеспечить ультранизкие выходные напряжения и работать на недостижимых ранее частотах переключения, он повышает эффективность DC/DC до рекордной величины. В силовых DC/DC-конвертерах, где каждый процент эффективности достается большим трудом, iP2001 обеспечивает

подавляющее преимущество по КПД — более 10 %. Это демонстрируют графики на рис. 4.

В 4-фазном конвертере (рис. 3) со входным напряжением 12 В и выходным 1,6 В при частоте в фазе 500 кГц пиковый КПД (ток 30-40 А) составляет 92 %, а при полном токе 80 А — 89 %. В то же время в конвертере, собранном на дискретных элементах (используются кристаллы, произведенные по той же технологии), пи-

ковый КПД составляет 82 % при токах 30-40 А и снижается до 78 % на предельном токе 75 А. При повышении рабочей частоты до 1 МГц пиковый КПД снижается до 86 %, а КПД при полной нагрузке — до 84 %. Высокая эффективность работы модуля является следствием достаточно низкого уровня потерь минимизации влияния паразитных факторов. При работе на частоте 500 кГц и полном выходном токе 20 А мощность потерь в нем лежит в диапазоне 3-4 Вт (рис. 5) и увеличивается максимально до 5,5 Вт на частоте 1 МГц.

Важной особенностью модуля iP2001 является широкая зона безопасной работы (рис. 6). При отсутствии теплоотвода или охлаждения воздушным потоком и выходном токе 20 А он способен работать при температурах корпуса 98 °C на частоте 250 кГц, 90 °C на частоте 500 кГц, 78 °C на частоте 1 МГц.

Модуль iP1001 — мини-блок функционально законченного DC/DC конвертера

Модуль iP1001 представляет собой устройство, размещенное в корпусе типа BGA, с габаритами 14x14x3 мм.

Этот модуль содержит в своем составе все элементы для построения функционально законченного DC/DC-конвертера. Вместо драйвера транзисторов синхронного выпрямителя в нем применен комбинированный ШИМ-контроллер/драйвер (рис. 7).

Рабочий диапазон входных напряжений модуля 5-12 В. Выходные напряжения могут быть установлены в пределах от 0,925 В до 2 В с точностью 1 % заданием 5-разрядного параллельного кода по входам D0-D4. Помимо этого, выходное напряжение внешними элементами может быть установлено на большую величину (до 3,3 В).

Рабочие частоты фиксированы (200 или 300 кГц). Модуль имеет блокировку работы по пониженному напряжению, защиту от перенапряжения и перегрузки по току и имеет вывод PGOOD для контроля работоспособности. Нагрузочная способность модуля до 20 А при температуре корпуса 90 °C (рис. 8).

Для создания полностью законченного DC/DC-конвертера iP1001 необходимо дополнить только выходной емкостью и индуктивностью. Его применение позволяет исключить 20 наиболее критичных для схемы конвертера элементов.

По сравнению с решениями на дискретных элементах применение iP1001 позволяет более чем на 5 % повысить КПД. При входном напряжении 12 В, выходном 1,3 В на частоте 300 кГц пиковый КПД составляет 95 %, а при полной нагрузке 20 А — 86 % (рис. 9). При увеличении выходного напряжения до 3,3 В пиковый КПД растет до 97 %, а при нагрузке 12 А — до 95 %. Такого рода приложения актуальны в периферийной аппаратуре новых поколений. Мощность потерь на полном токе 20 А составляет 4-5 Вт.

На рис. 10 представлен пример реализации однофазного DC/DC-конвертера на плате с размерами 45x65 мм.

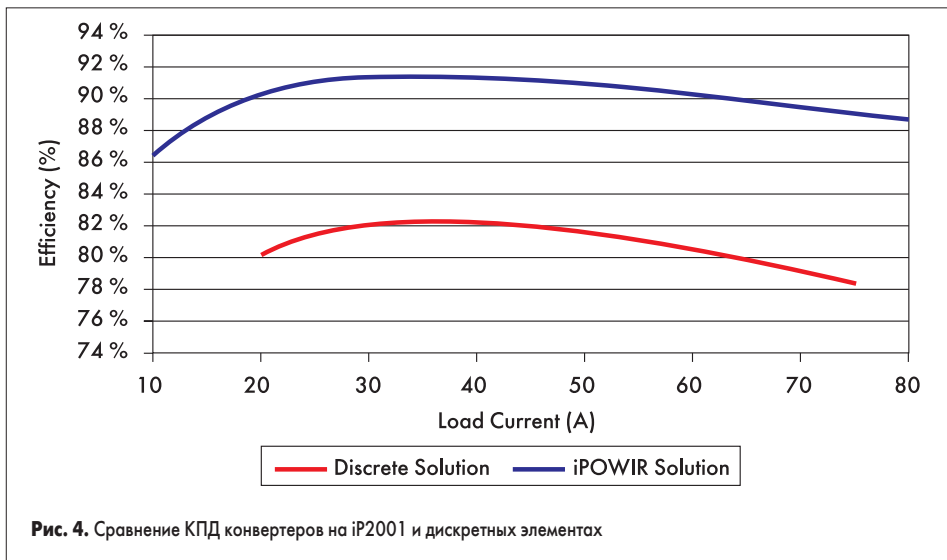


Рис. 4. Сравнение КПД конвертеров на iP2001 и дискретных элементах

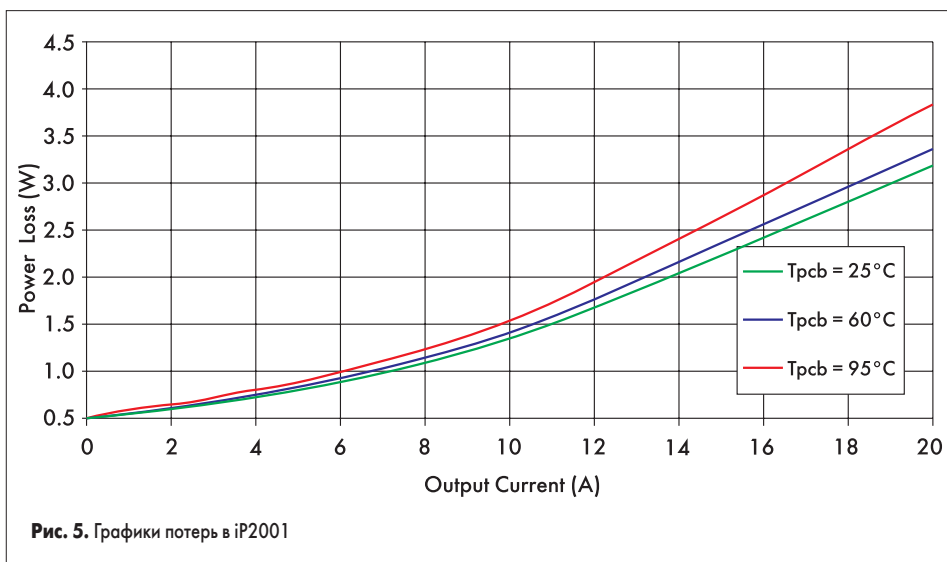


Рис. 5. Графики потерь в iP2001

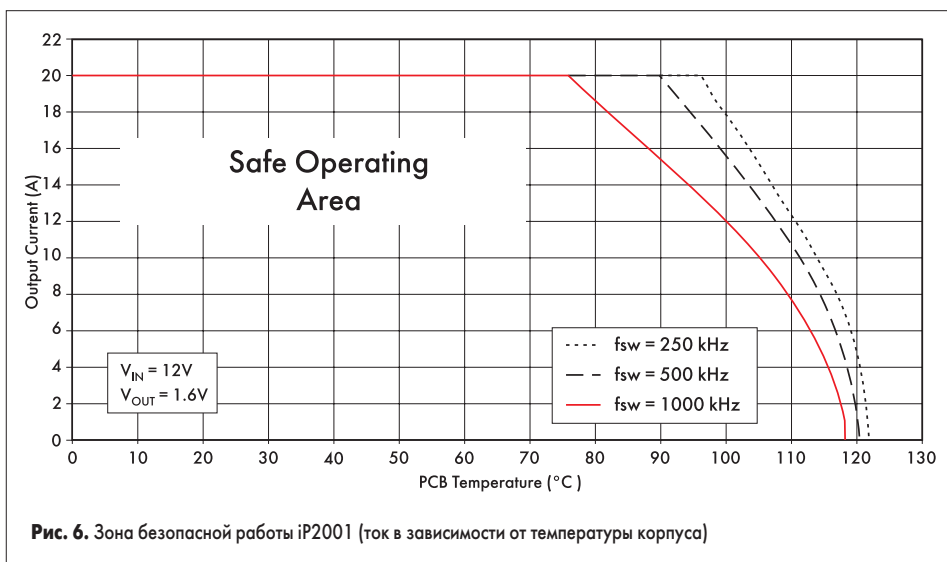


Рис. 6. Зона безопасной работы iP2001 (ток в зависимости от температуры корпуса)

Литература

1. Recommended design, integration and rework guidelines for IR's iPOWIR technology BGA packages. Application note AN-1028.
2. Optimizing a PCB layout for an iPOWIR technology design. Application note AN-1029.
3. Applying iPOWIR products in your thermal environment. Application note AN-10.
4. Reference Design IRDCiP2001-A.
5. Reference Design IRDCiP2001-B.
6. Reference Design IRDCiP2001-C.

Технологии монтажа приборов новой серии полностью совместимы с технологиями монтажа приборов в стандартных корпусах BGA. Рекомендации по выбору топологии печатной платы и ее проектированию, монтажу корпусов подробно рассмотрены в документации [1-3]. Для упрощения освоения новой технологии компания IR разработала серию многофазных демонстрационных конвертеров на базе микроблока iP2001:

- IRDCiP2001-A — 2-фазный конвертер на ток 40 А с рабочей частотой фазы 500 кГц;
- IRDCiP2001-B — 3-фазный конвертер на ток 60 А с рабочей частотой фазы 500 кГц;
- IRDCiP2001-C — 4-фазный конвертер на ток 80 А с рабочей частотой фазы 500 кГц.

Пример расположения элементов на плате (для 4-фазного конвертера) приведен на рис. 11.

Подробные описания этих конвертеров приведены в технической документации [4-6].

Компания IR первой приступила к созданию новой технологии производства мини-модулей для DC/DC-конвертеров. Несмотря на то, что ее примеру последовали многие компании, технология iPOWIR на сегодняшний день является самой эффективной. Наиболее близкие аналоги для модуля iP2001 разработаны компаниями Philips и Volterra. Модуль PIP201-12M компании Philips использует корпус MicroLeadFrame с размерами 10x10 мм. Степень интеграции ниже, чем у iP2001, — в состав входят только полевые транзисторы и драйвер. Компания анонсировала нагрузочную способность 12 А при типовых приложениях (питание ядра процессора) и возможность работы на частотах переключения до 1 МГц (ток ниже 10 А). В силу меньшей нагрузочной способности при реализации высокоточных конвертеров потребуется вдвое больше модулей этого типа (до 8 для 80 А) и сопоставимых по габаритам элементов выходных цепей (конденсаторов, дросселей). Так как на рынке имеются многофазные конвертеры, способные управлять максимально 4 фазами, то потребуется две микросхемы вместо одной. Дополнительно возрастает площадь и усложняется проектирование печатной платы, так как на ней должны быть размещены все критичные пассивные элементы, не вошедшие в состав модуля.

Компания Volterra разработала два модуля в корпусе BGA на токи 7 и 12 А с частотой переключения до 1 МГц. Степень интеграции — как у модулей Philips. Для реализации конвертера, равноценного конвертеру на iP2001 с током 80 А, потребуется от 8 до 12 модулей, 2-3 ШИМ-контроллера и большое количество пассивных элементов. Системное решение получится еще более сложным, чем предыдущее.

У технологии iPOWIR большое будущее. Помимо рассмотренных приложений существует обширный круг задач, где она может быть успешно применена.

Поэтому несмотря на то, что новая серия мини-модулей компании IR превосходит по своим характеристикам конкурирующие приборы, она будет совершенствоваться и расширяться в расчете на новые уровни требований и возможные приложения.

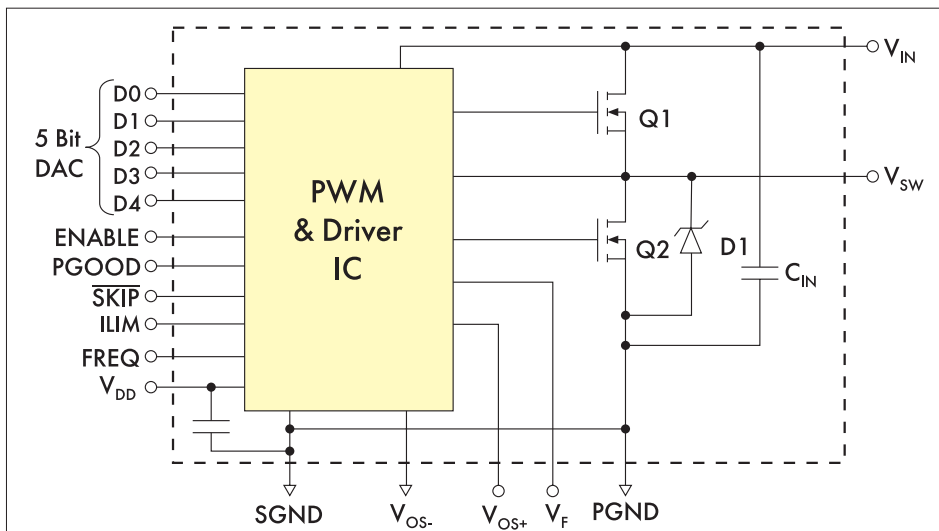


Рис. 7. Функциональная схема iP1001

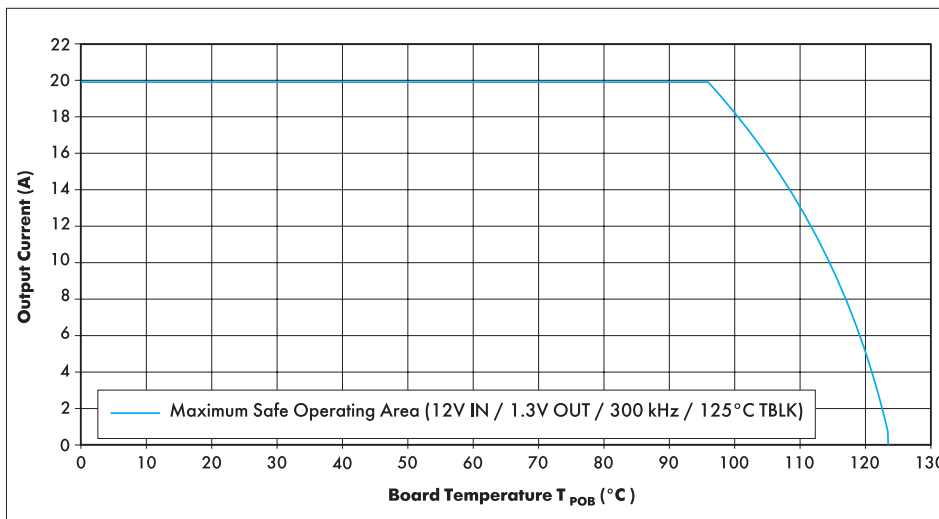


Рис. 8. Зона безопасной работы iP1001

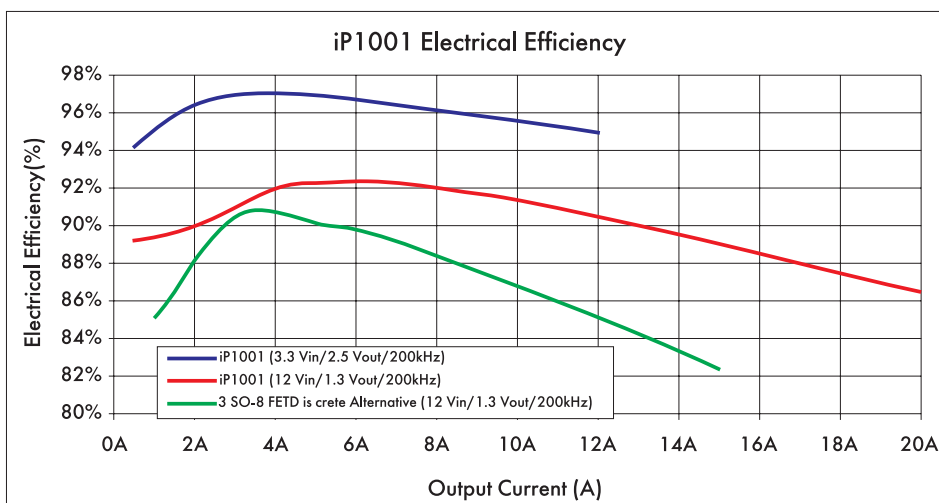


Рис. 9. Сравнение КПД iP1001 и конвертера на дискретных элементах

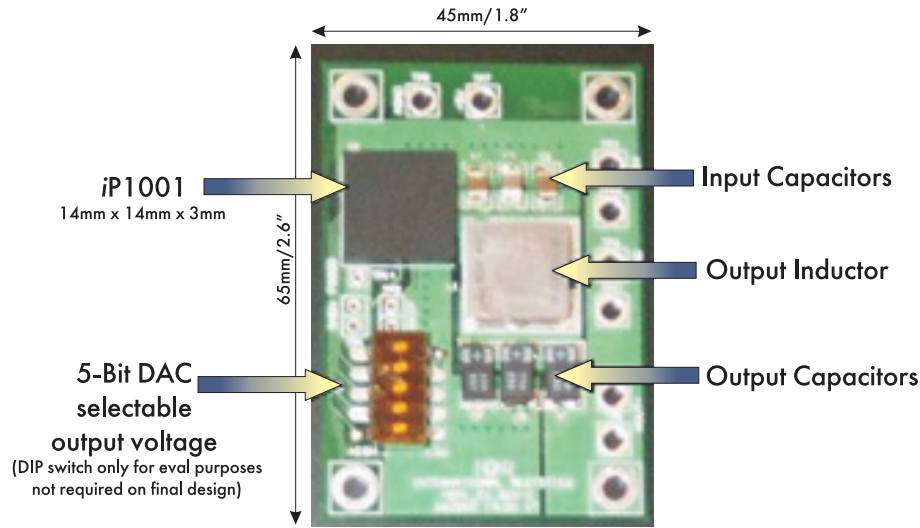


Рис. 10. Демонстрационный конвертер на iP1001

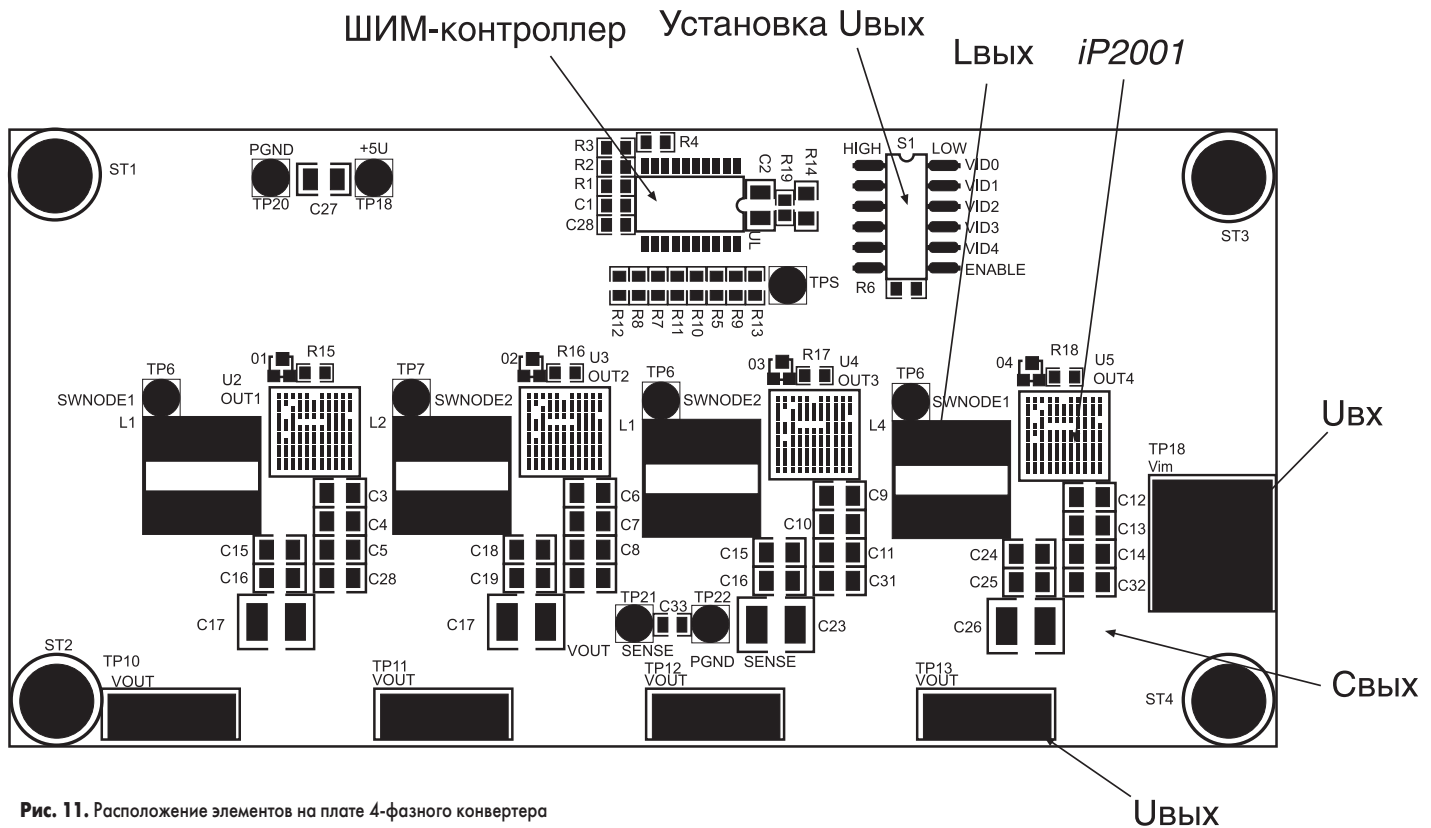


Рис. 11. Расположение элементов на плате 4-фазного конвертера