

Модули V-I Chip корпорации Vicor — новый взгляд на конструирование систем вторичного электропитания. Часть 2

Владимир БЕЛОУРОВ
vib@efo.ru
Александр ЛЕОНОВ
alm@efo.ru

Напомним положения новой концепции построения источников питания, предложенной Vicor. В ее основе лежит принцип разделения функций источника питания, таких как стабилизация, изоляция, трансформация напряжения и преобразование питания до нужного уровня по модулям, каждый из которых является функционально законченным и может работать обособленно или в различных комбинациях в зависимости от решаемых задач. Примеры таких решений будут описаны в данной статье.

Новая архитектура получила название Factorized Power Architecture, сокращенно FPA. Кроме этого, в статье приняты следующие сокращения: промежуточная шина питания — Factorized Bus, Vf. Vf формируется с помощью модуля стабилизатора напряжения — PRM (Pre-Regulator Module) или BCM (Bus Converter Module) — формирователя питающей шины. Гальваническая развязка и необходимое напряжение для питания конечных устройств получается с помощью модулей VTM (Voltage Transformation Module). Модули с обобщенным названием VI Chip (PRM, VTM, BCM) — новые продукты на рынке источников питания, они имеют свои характерные особенности и функциональные возможности. Цель данной публикации — познакомить с этими особенностями,

а также возможностями, которые открываются при использовании этих продуктов. Конечно же, рамки статьи не позволяют детально ознакомиться со всеми нюансами и особенностями применения VI Chip, но все необходимое для проектирования материалы, включая схемы, чертежи, руководства по разводке печатных плат и пайке, доступны на сайте производителя — www.Vicor.com.

Чтобы представлять себе, какие задачи можно решать, применяя модули VI Chip, остановимся на назначении всех выводов и функциях, которые они выполняют. Из этого описания становятся понятными функциональные возможности VI Chip при работе как с отдельными модулями, так и в составе систем, а также некоторые особенности их подключения.

Неизолированный импульсный стабилизатор

Pre-Regulator Module (PRM) — неизолированный импульсный стабилизатор, в котором силовые ключи переключаются при нулевом напряжении на них, по технологии ZVS (Zero Voltage Switching). Особенность стабилизатора — поддержание выходного напряжения на одном уровне при изменении входного напряжения как ниже, так и выше выходного, то есть он является одновременно вольтодобавочным и вольтовывчитающим стабилизатором. PRM в архитектуре FPA выполняет функцию стабилизатора напряжения факторизованной шины (Vf) и, тем самым, регулирует выходное напряжение VTM при их совместной работе. Комбинация PRM и VTM создает изолированный, стабилизированный преобразователь DC/DC с местной обратной связью. PRM можно использовать и как отдельный стабилизатор с точностью стабилизации $\pm 0,2\%$ в случае, если в источнике не требуется гальваническая развязка.

Основные входные и выходные параметры PRM приведены в таблице 1.

Модули выпускаются в трех конструктивных исполнениях: с выводами J-Leads, для монтажа в отверстия и с интегрированным основанием-пластиной — серия VI Brick. Эти три модификации показаны на рис. 5 в 1-й части статьи. Существует два температурных диапазона эксплуатации: от -40 до $+100$ °C (исполнение «Т») и от -55 до $+100$ °C (исполнение «М»). КПД PRM > 95%; рабочая частота — 1,3 МГц. На рис. 1 представлено схематическое изображение модуля PRM с габаритными размерами и обозначение его выводов.

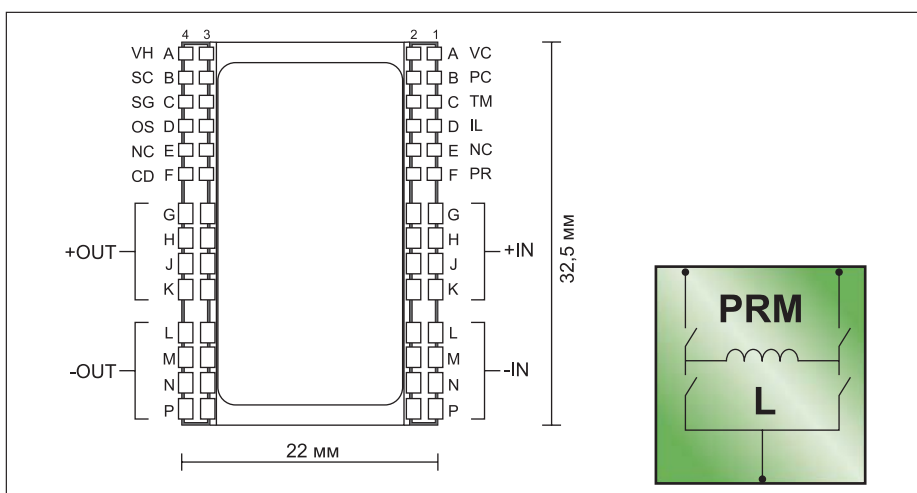


Рис. 1. Схематическое изображение модуля PRM и обозначение его выводов

Таблица 1. Основные входные и выходные параметры стабилизаторов PRM

PRM	Увх, В	Диапазон Увх, В	Увых, В	Мощность, Вт
P024F048T12AL	24	18–36	26–55	120
P036F048T12AL	36	18–60	26–55	120
P048F048T12AL	48	36–75	26–55	120
P048F048T24AL	48	36–75	26–55	240
P045F048T17AL	45	38–55	26–55	170
P045F048T32AL	45	38–55	26–55	320
MP028F036M12AL	28	16–50	26–50	120

Модуль MP028F036M12AL разработан и соответствует всем требованиям для использования в военной технике. Все PRM имеют выходное напряжение 26–55 В для согласования с входом последующих VTM, также возможно их применение с POL-конвертерами с Увх 24 и 48 В.

Особенность модуля — это возможность задавать и управлять его выходными параметрами с помощью встроенного контроллера, добавляя минимальное количество дополнительных элементов, необходимых для настройки режима работы.

-In/+In — входы питания Увх

Входы питания модуля от DC-источника имеют встроенную защиту от перенапряжения (OVP — Over Voltage Protection) и пониженного напряжения (UVP — Under Voltage Protection), которые защищают модуль, блокируя его, если входное напряжение находится вне пределов разрешенного диапазона. Заблокированный модуль периодически пытается перезапуститься и выходит на рабочий режим, как только Увх попадает в рабочий диапазон. Между -In и +In модуля рекомендуется ставить электролитический конденсатор с низкой добротностью или RC-цепочку для обеспечения низкого входного импеданса. PRM не имеет защиты от подачи напряжения обратной полярности.

+Out/-Out выходы

Выход PRM имеет встроенные защиты от перенапряжения (OVP), превышения выходного тока и короткого замыкания. Выход -Out внутри модуля через резистор соединен с -In. Таким образом измеряется ток через модуль. Благодаря этому PRM может контролировать максимальную выходную мощность и ток, не допуская перехода в опасные режимы работы, поэтому ни при каких условиях нельзя закорачивать выход -Out с входом -In.

VC — управление VTM

VC-порт служит для управления модулем VTM. Через него осуществляется подача начального импульса питания на VTM и синхронизация подъема напряжения при включении VTM. Через этот порт осуществляется обратная связь для компенсации напряжения на внутреннем выходном сопротивлении VTM — так называемая адаптивная обратная связь (adaptive loop). Другими словами, при увели-

чении тока через VTM за счет внутренней обратной связи увеличивается выходное напряжение на выходе PRM или, что то же самое, на Vf. К одному PC-порту без принятия дополнительных мер может быть подключено до двух VTM.

PC — primary control

Порт PC используется для дистанционного включения/выключения модуля. Для этого можно применять оптроны, транзисторы или реле. На PC не должны подаваться сигналы управления с частотой больше 1 Гц. Сигнал включения/выключения — логический, 0/5 В относительно -In.

При включении нескольких PRM параллельно их выводы PC должны быть объединены, для синхронизации старта. При неисправности или срабатывании защит (UVP, OVP, перегрузки по току, перегреву) на выводе PC появляются импульсы, индицирующие попытки модуля перезапуститься. Когда же неисправность устранена и модуль переходит в нормальный режим функционирования, импульсы исчезают.

I_L — установка предела срабатывания защиты по току

У PRM есть предварительно установленное, предельное значение выходного тока, по достижении которого срабатывает соответствующая защита, и модуль отключается. При этом на выводе PC появляются импульсы, сигнализирующие о неисправности. Вход I_L предназначен для регулировки предельного тока, который можно при необходимости понизить подключением резистора между выводами I_L и SG. Такая регулировка может потребоваться, например, для оптимизации предела мощности последующего VTM.

Если I_L оставить разомкнутым, то предельное значение тока будет определяться внутренними заводскими настройками, указанными в data sheet.

Вход чувствителен к шумам и помехам, поэтому если он не задействован, необходимо его шунтировать керамическим конденсатором 0,1 мкФ.

PR — порт для параллельного включения

Сигнал на PR-порте пропорционален выходной мощности PRM, и, благодаря этому, обеспечивается равномерная загрузка (равномерное разделение токов) двух PRM при их параллельном включении. Входы PR чувствительны к шумам и помехам, поэтому должны быть приняты определенные меры для их минимизации. Для этого входы PR должны быть связаны между собой соединением с низким импедансом и использованы блокировочные конденсаторы. Для создания более мощных массивов, то есть при включении более двух PRM параллельно, требуются дополнительные соединения, описание которых можно найти в соответствующих руководствах по применению. При этом один из PRM установ-

ливается «мастером», а остальные ведомыми. PRM становится ведомым, если соединить выводы SC и SG. Выводы PC всех модулей должны соединяться напрямую (без диодов) для обеспечения одновременного запуска.

VH — выход вспомогательного источника питания

VH управляется сигналом с PC и при нормальной работе модуля составляет стабилизированные 9 В относительно SG с максимальным током потребления 5 мА. Этот источник можно использовать, когда модуль включен, чтобы питать энергией внешние электрические схемы. VH — незащищенный порт. Поэтому необходимо проявлять осторожность, чтобы не превысить максимальное значение тока, так как в противном случае возможно повреждение модуля.

SC — вход управления

Напряжение на нагрузке можно устанавливать, подключая резистор или источник напряжения к входу SC. Скоростью нарастания выходного напряжения можно управлять за счет скорости нарастания напряжения на входе SC, например, подсоединяя к нему конденсатор. Таким образом можно ограничивать пусковой ток в емкостной нагрузке и обеспечивать «мягкий старт» VTM. Вход SC не защищен, поэтому превышение напряжения на нем может вывести из строя PRM.

OS — установочный вход

Используется для подстройки выходного напряжения — Vf за счет подключения резистора между выводами OS и SG. Расчет нужной величины резистора приводится в data sheet. Если резистор не подключен, то на выходе PRM будет приблизительно 1 В.

SG — сигнальная «земля»

Этот вход обеспечивает низкоиндуктивное соединение с -In. Напряжения входов OS, CD, SC, VH, I_L устанавливаются относительно SG. Напряжение между SG и -Out пропорционально току через PRM.

CD — компенсация напряжения

За счет подсоединения резистора между CD и SG осуществляется компенсация падения напряжения на выходном сопротивлении VTM и проводниках между PRM и VTM.

Модули — трансформаторы напряжения: VTM, ВСМ

VTM и ВСМ в архитектуре FPA выполняют роль трансформатора напряжения и усилителя тока, а также осуществляют гальваническую развязку. Преобразователи являются нестабилизированными, то есть их выходное напряжение пропорционально входному и определяется коэффициентом трансформации: K = Увых/Увх. Применена запатентованная технология преобразования энергии,

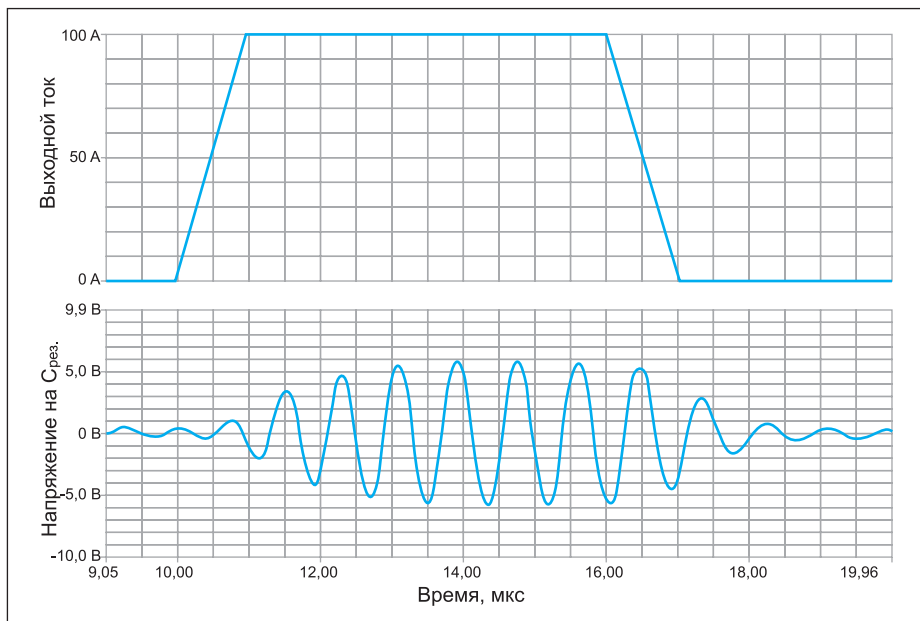


Рис. 2. Напряжение на резонансном контуре в зависимости от тока нагрузки

названная SAC (Sinus Amplitude Conversion), а VTM и BCM, соответственно, SAC-конвертерами. Функциональная схема SAC-конвертера приведена в первой части статьи. В основе технологии лежит резонансный метод преобразования, при котором на трансформаторе формируется синусоидальное напряжение постоянной частоты. Рабочая частота определяется $L \times C_{рез}$ контуром, где L — индуктивность рассеяния трансформатора, $C_{рез}$ — емкость. В отличие от ШИМ-преобразования, где коэффициент преобразования — «К» — лимитируется минимальной шириной импульсов (рабочим циклом) ключевых транзисторов, для SAC «К» может быть 1/32 и более и не зависит от величины входного напряжения. Встроенный контроллер только осуществляет переключение транзисторов в нужное время для достижения резонанса. Частота преобразования в SAC конвертерах Visog может достигать 3,5 МГц.

Высокая рабочая частота и резонансный метод преобразования позволяют достичь существенных преимуществ по сравнению с традиционными схемами. К этим преимуществам относятся меньшие габариты, пониженный уровень шумов, малое время отклика при изменениях нагрузки. Высокий КПД (>95%) и малое время отклика достигаются благодаря тому, что SAC-конвертер не стабилизирует выходное напряжение, то есть в нем отсутствуют внутренняя обратная связь и регулирующие элементы. Конвертер только обеспечивает трансформацию со стабильным фиксированным коэффициентом, не требуется дополнительное время для обработки возмущающего сигнала и не возникает проблем с обеспечением стабильности.

Также одной из особенностей SAC является то, что его выход является низкоимпеданс-

ным, за счет отсутствия последовательных с нагрузкой индуктивностей. Время отклика на изменение нагрузки с 0 до 80 А составляет менее 1 мкс. Низкий выходной импеданс — одно из ключевых требований для питания нагрузок большим током и низким напряжением. Импеданс SAC низкий (составляет 1–150 мОм в зависимости от К) и постоянный вплоть до частоты 1 МГц.

У SAC-конвертеров есть интересное свойство: емкость фильтра на выходе может быть заменена эквивалентной, в K^2 раз меньшей, поставленной на его входе. Иными словами, для BCM с $K = 1/32$ емкость на его входе, равная 1 мкФ, эквивалентна 1024 мкФ на выходе. Это свойство обуславливается тем, что короткое время отклика позволяет значительно (в K^2 раз) уменьшить количество запасаемой энергии для поддержания питания нагрузки. На рис. 2 и 3 представлен принцип работы SAC и переходные процессы на его выходе. Обращает на себя внимание то, что шкала времени на рис. 2б всего 200 нс на деление, и пульсации на нагрузке без подсоединения внешней емкости — не более 50 мВ, при этом время переходного процесса составляет всего ~1 мкс.

Выпускаются две разновидности SAC — VTM и BCM.

Отличие BCM от VTM в том, что VTM, в основном, предназначен и оптимизирован для работы совместно с модулем PRM. Такая пара представляет собой полнофункциональный DC/DC-конвертер. Для запуска VTM необходимо подать импульс на вывод PC, который формируется PRM, или нужно создать дополнительную схему запуска. BCM используются для формирования промежуточной шины для питания последующих piPOL-преобразователей или непосредственно нагрузки.

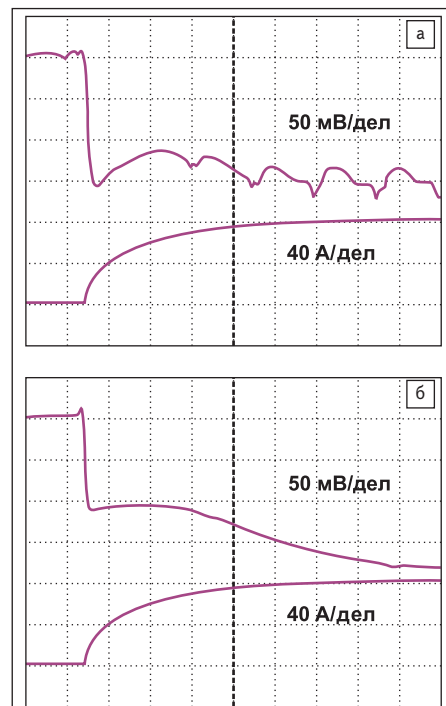


Рис. 3. Переходные процессы на выходе SAC при изменении нагрузки с 0 до 80 А:

- а) без выходной емкости;
б) с емкостью на выходе 100 мкФ

Технические характеристики и номенклатура VTM и BCM, выпускаемых в настоящее время

Размеры и конструкции модулей VTM и BCM такие же, как и у PRM. Схематическое изображение модуля PRM и обозначение его выводов показано на рис. 4.

Все VTM (табл. 2–4) имеют входное напряжение 48 В с диапазоном 26–55 В. Выпускаются модули, специфицированные для применения в военной технике, серии MVxxx с температурой эксплуатации от –55 °С и соответствующие MIL-стандартам. Компания Visog освоила и продолжает расширять линейку модулей VTM за счет выпуска модулей

Таблица 2. Основные входные и выходные параметры модулей VTM “Full-Chip”

VTM	Увх (номинал), В	Диапазон Увх, В	Увх (номинал), В	Диапазон Увх, В	Ивх, А	Температурный диапазон
V048F015T100	48	26–55	1,5	0,81–1,72	100	Т, М
V048F020T080	48	26–55	2	1,08–2,29	80	Т, М
V048F030T070	48	26–55	3	1,63–3,44	70	Т, М
V048F040T050	48	26–55	4	2,17–4,58	50	Т, М
V048F060T040	48	26–55	6	3,25–6,88	40	Т, М
V048F080T030	48	26–55	8	4,33–9,17	30	Т, М
V048F096T025	48	26–55	9,6	6,4–11	25	Т, М
V048F120T025	48	26–55	12	6,5–13,75	25	Т, М
V048F160T015	48	26–55	16	8,67–18,33	15	Т, М
V048F240T012	48	26–55	24	14–26,5	12	Т, М
V048F320T009	48	26–55	32	17,33–36,67	9	Т, М
V048F480T006	48	26–55	48	48–55	6	Т, М

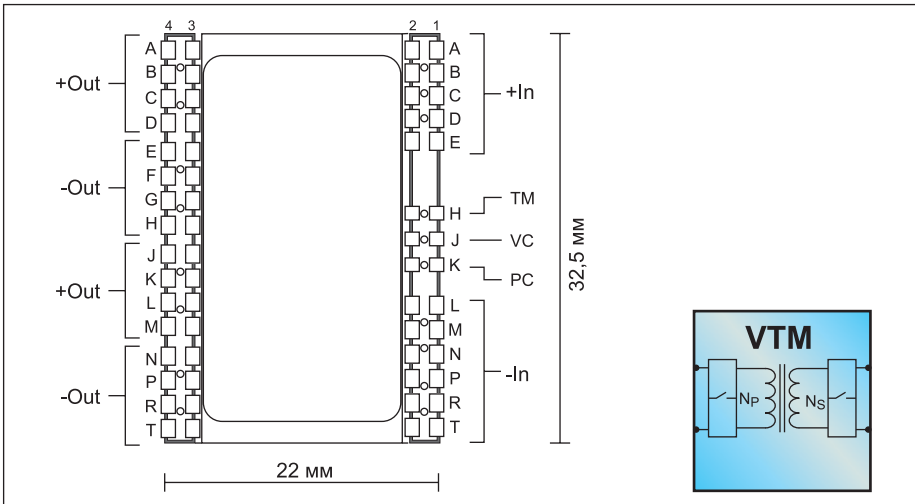


Рис. 4. Схематическое изображение модуля VTM и обозначение его выводов

«половинного размера» (“Half-Chip”) с габаритами и мощностью до 120 Вт серии VIV.

Высоковольтные ВСМ (табл. 5, 6) со входом 348 и 380 В созданы для работы совместно с корректором коэффициента мощности. Модуль VMB0004MFJ разработан и соответствует всем требованиям, предъявляемым для использования в военной технике с питанием от сети 270 В постоянного тока.

Описание выводов

Выводы +In/-In

На эти выводы должно подаваться входное напряжение в пределах, установленных в спецификации. Для VTM при напряжении ниже установленного или его кратковременном провале модуль выключается, и для его старта вновь необходимо подать импульс запуска длительностью не менее 10 мс, амплитудой 14 В на вывод VC. В ВСМ есть защита от пониженного напряжения. В VTM и ВСМ в случае превышения предела входного напряжения срабатывает соответствующая защита OVP, и модуль отключается.

VC — контрольный вход

Через него осуществляется подача импульса питания для включения. Если VTM работает совместно с PRM, то подьем его выходного напряжения синхронизируется с подъемом Uвых PRM. Кроме этого, вывод VC обеспечивает обратную связь на PRM по току нагрузки для компенсации падения напряжения на внутреннем сопротивлении, таким образом организуется адаптивная обратная связь.

PC — Primary Control

Вывод для дистанционного включения/отключения модуля управляется логическим сигналом. Отключение происходит при напряжении на входе менее 2,4 В. Управление можно осуществлять посредством оптопары, реле, транзистора с открытым коллектором. Выключенный модуль для повторного включения требует подачи импульса питания на VC. PC может служить и вспомогательным источником 5 В до 2,4 мА. При параллельном соединении модулей их выводы PC соединяют для обеспечения одновременного старта.

Таблица 3. Основные входные и выходные параметры модулей VTM половинного размера “Half-Chip”

VTM	Uвх (номинал), В	Диапазон Uвх, В	Uвых (номинал), В	Диапазон Uвых, В	Ивых, А	Температурный диапазон
VIV0102THJ	48	26–55	1,5	0,81–1,72	50	Т, М
VIV0103THJ	48	26–55	2	1,08–2,29	40	Т, М
VIV0104THJ	48	26–55	4	2,17–4,58	25	Т, М
VIV0105THJ	48	26–55	6	3,25–6,88	20	Т, М
VIV0101THJ	48	26–55	12	6,5–13,75	10	Т, М

Таблица 4. Входные и выходные параметры модулей VTM в Military-исполнении

VTM	Uвх (номинал), В	Диапазон Uвх, В	Uвых (номинал), В	Диапазон Uвых, В	Ивых, А	Температурный диапазон
MV036F011M100	36	26–50	1,1	0,82–1,55	100	М
MV036F015M080	36	26–50	1,5	1,1–2,0	80	М
MV036F022M055	36	26–50	2,2	1,63–3,1	55	М
MV036F030M040	36	26–50	3	2,2–4,1	40	М
MV036F045M027	36	26–50	4,5	3,3–6,2	27	М
MV036F060M020	36	26–50	6	4,3–8,3	20	М
MV036F072M017	32	26–50	7,2	6,4–10,0	16,6	М
MV036F090M013	36	26–50	9	6,5–12,5	13,3	М
MV036F120M010	36	26–50	12	8,7–16,6	10	М
MV036F180M007	36	26–50	18	13,0–25,0	6,7	М
MV036F240M005	36	26–50	24	17,4–33,0	5	М
MV036F360M003	36	26–50	36	26–50,0	3,3	М

Таблица 5. Основные параметры модулей ВСМ

ВСМ	Uвх (номинал), В	Диапазон Uвх, В	Uвых (номинал), В	Диапазон Uвых, В	Коэффициент передачи (К)	Мощность, Вт
B048F015T14	48	38–55	1,5	1,19–1,71	1/32	135
B048F030T21	48	38–55	3,0	2,38–3,43	1/16	210
B048F040T20	48	38–55	4,0	3,17–4,58	1/12	200
B048F060T24	48	38–55	6,0	4,75–6,87	1/8	240
B048F080T24	48	38–55	8,0	6,33–9,16	1/6	240
B048F096T24	48	38–55	9,6	7,60–11,0	1/5	240
B048F120T30	48	38–55	12,0	9,50–13,8	1/4	300
B048F160T24	48	38–55	16,0	12,7–18,3	1/3	240
B048F240T30	48	38–53	24,0	19,0–26,5	1/2	300
B048F320T30	48	38–55	32,0	25,3–36,7	2/3	300
B048F480T30	48	38–55	48,0	38,0–55,0	1	300

Таблица 6. Основные параметры модулей высоковольтных ВСМ

ВСМ	Uвх (номинал), В	Диапазон Uвх, В	Диапазон Uвых, В	Мощность, Вт
B352F110T24	348	330–365	10,3–11,4	240
B352F110T30	348	330–365	10,3–11,4	300
B384F120T30	380	360–400	11,25–12,5	300
VIB0001TFJ	348	330–365	10,3–11,4	300
VIB0002TFJ	380	360–400	45,0–50,0	300
VIB0003TFJ	348	330–365	41,25–45,62	325
VMB0004MFJ*	270	240–330	30–41,25	235

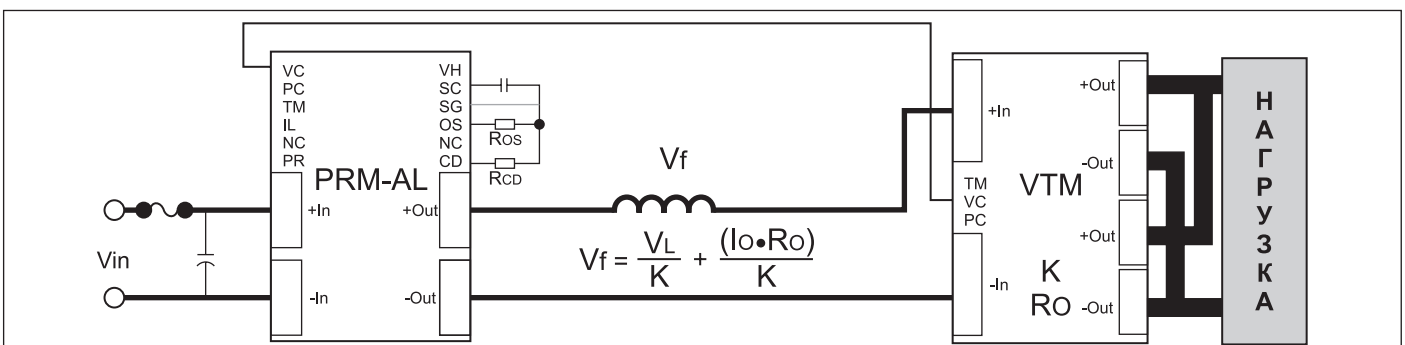


Рис. 5. Включение PRM и VTM по схеме с адаптивной обратной связью: V_L — напряжение на нагрузке; R_o , I_o — внутреннее сопротивление и ток VTM

При отключении VTM по причине срабатывания защиты на РС появляются импульсы, сигнализирующие о возникновении неисправности.

Выводы +Out/-Out

VTM и BCM имеют встроенную защиту от короткого замыкания, превышения предела тока на выходе и перегрева и не имеют внутренней защиты от включения входного напряжения в обратной полярности. Время срабатывания защиты от короткого замыкания составляет около 1 мкс.

Чтобы собрать полнофункциональный DC/DC-конвертер, модуль-стабилизатор PRM соединяют с модулем-трансформатором VTM. Напомним, что в VTM отсутствует обратная связь с выхода, другими словами, напряжение на его выходе не стабилизировано. Но, благодаря уникальному свойству PRM управлять своим выходным напряжением с учетом падения напряжения на внутреннем сопротивлении VTM, точность стабилизации

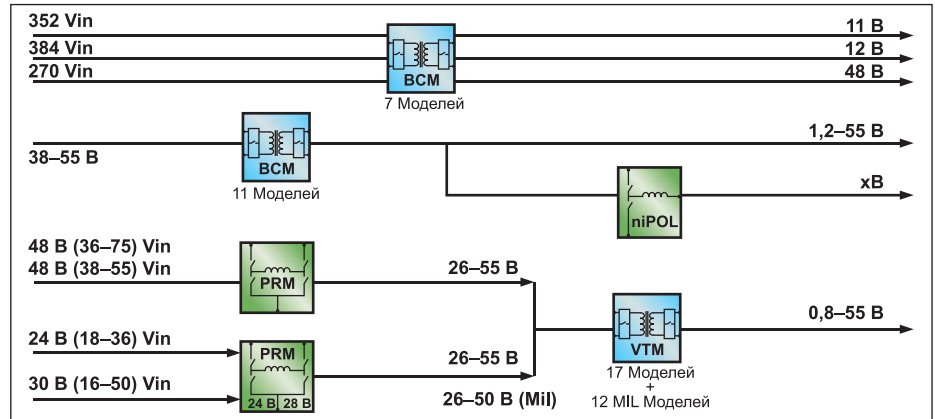


Рис. 6. Входные и выходные напряжения модулей PRM и BCM

пары PRM-VTM достигает $\pm 1\%$. На рис. 5 показана схема включения PRM и VTM с использованием адаптивной обратной связи. Адаптивная обратная связь активизируется за счет соединения выводов VC двух модулей.

Без этого соединения в PRM действует локальная обратная связь, напряжение на его выходе учитывает только величину выходного тока. Точность стабилизации на VTM при таком подключении составит $\pm 4\%$. При таком

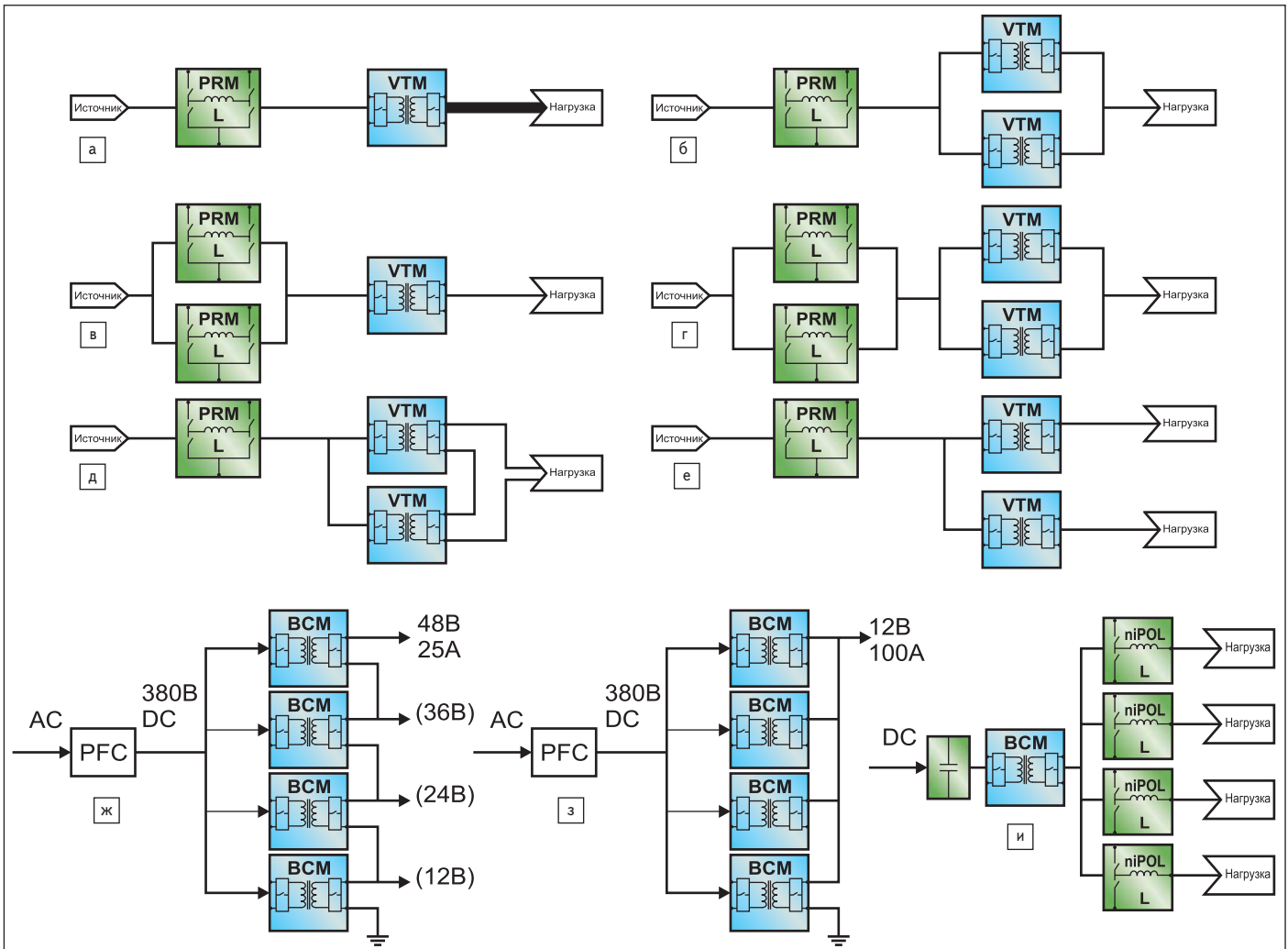


Рис. 7. Примеры схем включения модулей ViChip:

- а) стандартное включение PRM и VTM; б) PRM с параллельным включением двух VTM для увеличения выходного тока;
- в) 2 параллельных PRM с VTM для повышения выходной мощности до 300 Вт; г) массив из модулей;
- д) последовательное соединение до пяти VTM; е) система питания нескольких нагрузок различными напряжениями;
- ж) высоковольтные BCM; источник с 4 выходами; з) высоковольтные BCM; источник 12 В, 100 А; и) BCM и несколько niPol

единении каждый модуль фактически работает независимо друг от друга. Повысить точность стабилизации до $\pm 0,2\%$ можно путем введения обратной связи с нагрузки на PRM. Но для этого потребуются дополнительные элементы и необходимо обеспечить изоляцию в цепи обратной связи.

С помощью резистора R_{OS} устанавливается значение выходного напряжения VTM; R_{CD} компенсирует падение напряжения на выходном сопротивлении VTM и проводниках между PRM и VTM и VTM с нагрузкой.

К выводу SC можно подсоединить конденсатор, организовав таким образом «мягкий старт».

Описанные свойства и параметры VI Chip модулей PRM и VTM предоставляют в распоряжение разработчика множество возможностей для реализации источников питания и различных систем питания. На рис. 6 схематически показано, какими входными и выходными напряжениями можно оперировать при стандартном включении и использовании одиночных модулей.

VI Chip являются преобразователями с уникальными свойствами, благодаря которым можно создавать разнообразные системы питания. Технология и схемотехника, применяемая Visor, предоставляет каждому подключенному модулю управление всеми своими ресурсами и позволяет очень гибко осуществлять взаимодействие между собой. Модули можно включать параллельно для увеличения мощности; к одному PRM подключать несколько VTM; к VSM несколько piPOL-конвертеров и так далее. На рис. 7 схематически показаны несколько примеров таких систем.

Вопросы электромагнитной совместимости, фильтрация помех. Рассмотрение тепловых режимов

При выборе и конструировании источника питания обязательно возникают вопросы по обеспечению теплового режима модулей и обеспечения норм ЭМС. Visor не обходит стороной эти вопросы и предлагает свои решения.

Даже для лучших образцов DC/DC-конвертеров обычно нужны дополнительные фильтры, если необходимо вписаться в пределы, задаваемые стандартом по электромагнитной совместимости EN55022, класс «В». Хотя в конвертерах Visor преобразование энергии ведется в режиме переключения силовых транзисторов при нулевом токе, что значительно снижает уровень генерируемых помех, но в ряде случаев этого оказывается недостаточно. Не являются исключением и продукты VI Chip. Стандартным решением для борьбы с помехами является использование индуктивных и индуктивно-емкостных фильтров на входе конвертера. Но при этом разработчик должен самостоятельно рассчитывать параметры фильтра, грамотно сделать разводку, а элементы фильтра получаются достаточно крупных размеров.

Компания Picor — дочернее предприятие Visor — разрабатывает и производит модули, активные фильтры серии QPI, специально оптимизированные для работы совместно с VI Chip. Применение активных фильтров дает возможность подавлять синфазные и дифференциальные помехи с эффективностью не менее 40 и 60 дБ соответственно, на частоте 1 МГц, что достаточно просто позволяет решить задачу соответствия нормам стандарта EN55022 (В). КПД модулей достигает 99%. На рис. 8, 9 приведены характеристики коэффициента подавления синфазных и дифференциальных помех при использовании фильтров QPI. Метод активной фильтрации позволяет значительно уменьшить размеры модулей и избавиться от резонансных явлений, свойственных пассивным LC-фильтрам.

В таблице 7 представлены основные параметры фильтров. Модули предназначены для SMD-монтажа.

Фильтры серии MQPI-18 разработаны для использования в военной технике и по ЭМС соответствуют стандарту MIL-461E. Еще одной важной задачей по обеспечению надежности функционирования источника питания и, соответственно, всего электронного

устройства, признана необходимость защиты самого источника от импульсных помех и перенапряжений, которые могут присутствовать в первичной цепи и вывести элементы преобразователя из строя или нарушить его функционирование. Такую функцию с большей надежностью позволяют обеспечить фильтры M-FIAM7.

Еще один вопрос, который практически всегда приходится решать при разработке источника питания, — это обеспечение нормального температурного режима. Благодаря высокочастотной резонансной технологии SAC КПД VI Chip преобразователей довольно высок и составляет 92–97%. Для простого расчета можно принять, что надо рассеять 5% на каждые 100 Вт мощности. Выделяемое тепло в VI Chip равномерно распределяется по корпусу модуля, часть его мо-

Таблица 7. Основные параметры модулей фильтрации QPI и M-FIAM7

	Увх, В	Диапазон Увх, В	Максимальный ток, А	Температура эксплуатации, °С	Габариты, мм
QPI-9LZ	24/28	18–38	6	-40...+100	25×25×4,5
QPI-10LZ	48/60	32–76	6	-40...+100	25×25×4,5
QPI-11LZ	24/28	5–50	7	-40...+100	25×12,5×4,5
QPI-12LZ	48/60	10–80	7	-40...+100	25×12,5×4,5
MQPI-18	28	10–80	7	-55...+100	25×12,5×4,5
M-FIAM7	28	14–50	10	-55...+100	58×56×12,7

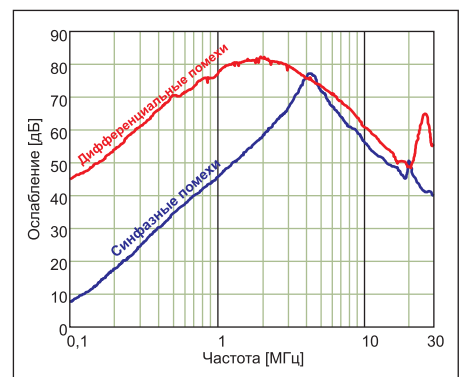


Рис. 8. Частотная характеристика подавления помех фильтра QPI-12

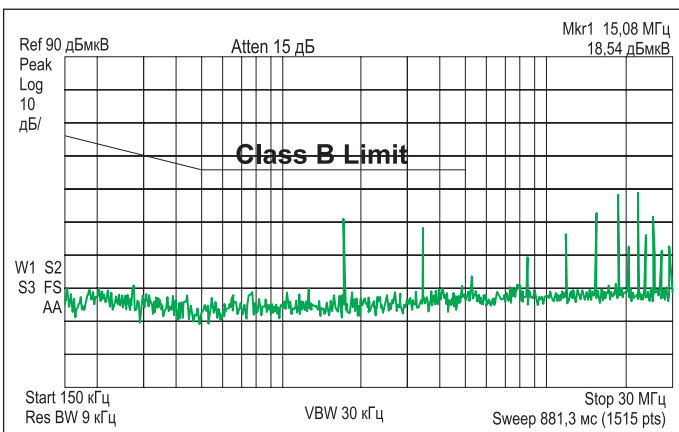


Рис. 9. Спектр помех на входе VSM с фильтром QPI-12 (ломаная линия соответствует нормам стандарта EN 55022 (В))

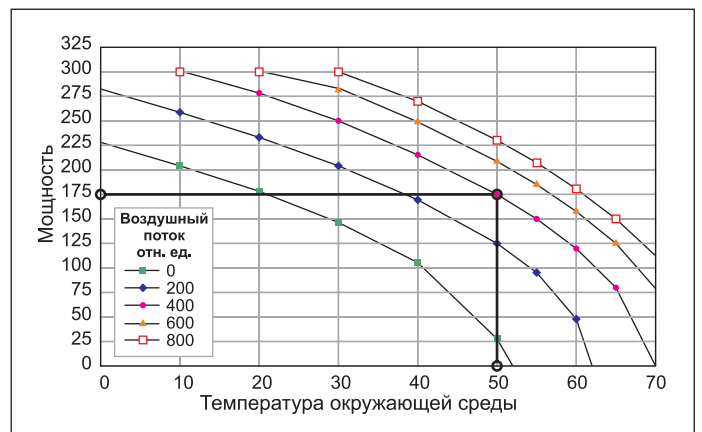


Рис. 10. Пример зависимости допустимой мощности от окружающей температуры модуля VSM без радиатора

жет быть отведена через выводы на печатную плату, а часть снята с поверхности. Во многих случаях, например, при использовании модулей в режимах неполной мощности или невысокой окружающей температуры, можно обойтись без дополнительных радиаторов. На рис. 10 приведены графики зависимости допустимой мощности модулей от окружающей температуры (derating curves) без радиатора. Такая зависимость доступна для каждого типа модулей и с радиаторами.

Максимально допустимая температура элементов модуля — 135 °С, а температура его поверхности не должна быть более 100 °С. Для охлаждения модуля используют специально разработанные Vicor радиаторы с двумя размерами ребер (6,3 и 11 мм) и двумя ориентациями ребер: вдоль и поперек длин-



Рис. 11. Модуль VI Chip с радиатором

ной стороны модуля. К радиатору прикреплена теплопроводящая прокладка для созда-

ния хорошего термодаткта; прижим к модулю и крепление к плате осуществляется подпружиненными винтами, как показано на рис. 11.

Заключение

VI Chip от компании Vicor — современный оригинальный продукт на рынке источников питания. Благодаря применению новейших достижений в области схемотехники и использованию современных технологий удалось создать продукты с уникальными электрическими и массо-габаритными параметрами. Применение VI Chip позволяет решать многие до настоящего времени трудновыполнимые задачи. Компания Vicor выпускает комплекты для разработки (evaluation boards) для всех своих продуктов. ■