

Михаил Новиков (г. Москва)

VIPER:

1) VERTICAL INTELLIGENT POWER ENHANCED REGULATOR; 2) ГАДЮКА



Часто система питания электронного прибора содержит множество звеньев с потенциальной развязкой и обратными связями. Применяв микросхемы управления AC/DC-преобразованием семейства VIPer, можно максимально упростить топологию вторичных источников питания, а также повысить их надежность при уменьшении стоимости.

Уже долгое время компания STMicroelectronics выпускает интеллектуальные микросхемы управления преобразователями напряжения. Классическая схема преобразователя AC/DC имеет большое количество дискретных элементов, что приводит к увеличению размеров конечного устройства и затрудняет его последующий ремонт. Одним из способов решения проблемы является использование компактных микросхем с наибольшим количеством интегрированных элементов. Применение силовых транзисторов с вертикальной структурой позволило совместить в одном корпусе не только схему управления транзистором и схему его защиты, но и сам высокочастотный силовой транзистор.

За несколько лет комбинированные микросхемы источников питания серии VIPer от компании STMicroelectronics хорошо зарекомендовали себя на рынке. С каждым годом их популярность растет, поскольку идет постоянное обновление и расширение линейки.

Интеграция в одном кристалле ШИМ-контроллера и высоковольтного МДП-транзистора, а также встроенных в микросхему схем защиты от перегрузки по току и перегрева позволяет значительно повысить надежность источников питания, построенных с использованием микросхем семейства VIPer. Уменьшение числа компонентов упрощает процесс конструирования, а также позволяя понизить общую стоимость разработки и производства источников питания.

Область применения микросхем семейства VIPer — практически все возможные бытовые источники питания мощностью до 100 Вт: зарядные устройства, источники питания для светодиодных источников света, а также вторичные источники питания для всевозможной бытовой электроники. Именно по этой

причине популярность данного типа микросхем постоянно увеличивается

Ранее в журнале Новости Электроники [1] были описаны микросхемы серии VIPer17, однако стоит более подробно остановиться на всем семействе микросхем VIPer, а также — на новинках от STMicroelectronics.

Основным достоинством микросхем семейства VIPer является совмещение силового ключа и системы управления в едином корпусе. Первые представители семейства до сих пор активно используются в преобразовательной технике за счет постоянно снижающейся стоимости и довольно большого функционала.

Например, микросхемы серии VIPer22, рассчитанные на преобразователи мощностью до 20 Вт (в корпусе DIP8) имеют встроенную защиту по току транзистора, а также встроенную защиту от срыва управления при работе на холостой ход.

Структура микросхемы представлена на рис. 1.

Как видно из структурной схемы, микросхема имеет систему запуска от высокого потенциала в виде источника тока, подключенного к стоку силового транзистора, схему слежения за напряжением питания, а также защиту от сверхвысоких токов, проходящих через силовой транзистор.

Вывод FB необходим для заведения обратной связи. Однако в данной микросхеме осуществляется параметрический контроль выходного напряжения, поскольку напряжение на входе FB лишь регулирует максимальное значение тока через транзистор.

На рынке микросхемы серии VIPer22 представлены в двух корпусных исполнениях: DIP8 и SO8. Причем максимальная мощность преобразователя, построенного на микросхеме в корпусе DIP8, может достигать 20 Вт.

В большинстве случаев предоставленных функций достаточно для построения источника питания, однако он должен быть спроектирован только по схеме с фиксированной частотой.

Современные нормы по энергоэффективности и защите окружающей среды требуют повышения энергоэффективности устройств. Для удовлетворения повышенным нормам было разработано семейство микросхем управления преоб-

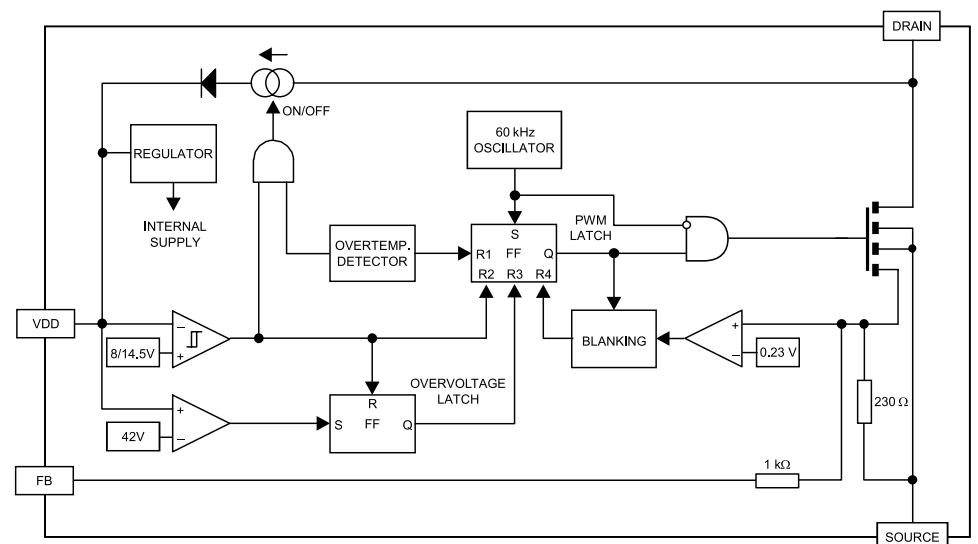


Рис. 1. Структура микросхемы VIPer22

Таблица 1. Основные параметры семейства VIPerPlus

Наименование	Корпус	Сопротивление канала Rds(on), Ом	Максимальное значение тока стока, мА	Максимально допустимое напряжение, В	Напряжение питания, В	Схема применения	Частота, кГц
VIPER15LN	DIP-7	24	400	800	8,5...23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 150
VIPER15HN	DIP-7	24	400	800	8,5...23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 225
VIPER15LD	SO16N	24	400	800	8,5...23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 150
VIPER15HD	SO16N	24	400	800	8,5...23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 225
VIPER15LDTR	SO16N	24	400	800	8,5...23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 150
VIPER15HDTR	SO16N	24	400	800	8,5...23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 225
VIPER16LN	DIP-7	24	400	800	8,5...23(1)	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER16HN	DIP-7	24	400	800	8,5...23(1)	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER16LD	SO16N	24	400	800	8,5...23(1)	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER16HD	SO16N	24	400	800	8,5...23(1)	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER16LDTR	SO16N	24	400	800	8,5...23(1)	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER16HDTR	SO16N	24	400	800	8,5...23(1)	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER17LN	DIP-7	24	400	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER17HN	DIP-7	24	400	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER17LD	SO16N	24	400	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER17HD	SO16N	24	400	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER17LDTR	SO16N	24	400	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER17HDTR	SO16N	24	400	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER25LN	DIP-7	7	700	800	8,5...23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 150 кГц
VIPER25HN	DIP-7	7	700	800	8,5...23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 225 кГц
VIPER25LD	SO16N	7	700	800	8,5...23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 150 кГц
VIPER25HD	SO16N	7	700	800	8,5...23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 225 кГц

Таблица 1. Основные параметры семейства VIPerPlus (окончание)

Наименование	Корпус	Сопротивление канала Rds(on), Ом	Максимальное значение тока стока, мА	Максимально допустимое напряжение, В	Напряжение питания, В	Схема применения	Частота, кГц
VIPER25LDTR	SO16N	7	700	800	8,5...23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 150 кГц
VIPER25HDTR	SO16N	7	700	800	8,5...23	Квазирезонансная	Переменная, ограничена 225 кГц
VIPER26LN	DIP-7	7	700	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER26HN	DIP-7	7	700	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER26LD	SO16N	7	700	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER26HD	SO16N	7	700	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER26LDTR	SO16N	7	700	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER26HDTR	SO16N	7	700	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER27LN	DIP-7	7	700	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER27HN	DIP-7	7	700	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER27LD	SO16N	7	700	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER27HD	SO16N	7	700	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER27LDTR	SO16N	7	700	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER27HDTR	SO16N	7	700	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER28LN	DIP-7	7	800	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER28HN	DIP-7	7	800	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER28LD	SO16N	7	800	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER28HD	SO16N	7	800	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115
VIPER28LDTR	SO16N	7	800	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	60
VIPER28HDTR	SO16N	7	800	800	8,5...23	Схемы с постоянной частотой коммутации	115

разователями VIPerPlus. Они выполнены на основе инновационного MOSFET-транзистора SuperMESH (напряжение пробоя 800 В) и современного ШИМ-контроллера. Их применение в AC/DC-преобразователях является гарантом эффективной и надежной работы. Кроме того, за счет снижения количества внешних компонентов использование микросхем VIPerPlus позволяет снизить себестоимость конечного устройства.

Семейство включает в себя интегральные схемы VIPer15/16/25/27/28, основными достоинствами которых являются:

- Возможность построения схем как на топологии с постоянной частотой коммутации, так и квазирезонансных схем,
- Минимальное потребление энергии в дежурном режиме,
- Минимально возможное количество элементов обвязки,
- Комбинированная внутренняя структура (технологический процесс 0,35 мкм для системы управления и вертикальная пентодная структура для силового транзистора),
- Наличие ШИМ-контроллера с флуктуацией частоты для снижения электромагнитного эмиссионного излучения,
- Увеличенное максимальное допустимое напряжение транзистора,
- В зависимости от модели, контроллеры могут работать на фиксированных частотах или в квазирезонансном режиме,
- Встроенный ограничитель тока с регулируемой контрольной точкой,
- Безопасный режим автоматического перезапуска при обнаружении сбоев,
- Гистерезисная схема отключения при перегреве.

Как видно из рис. 2, каждая микросхема рассчитана на соответствующую топологию схемы преобразователя, а так же на определенную мощность конечного устройства.

Основные параметры представителей семейства VIPerPlus представлены в табл. 1.

Рассмотрим более подробно свойства микросхемы VIPer25 и пример ее применения. Данная микросхема предназначена для использования в источниках питания, работающих по квазирезонансной схеме. Подобные преобразователи используются в зарядных устройствах для переносных приложений, а также в драйверах светодиодов и в источниках питания низкой и средней мощности.

Микросхема выпускается в двух корпусах: SO16 и DIP7. Выводы стока транзистора находятся близко друг к другу. Это сделано специально для увеличения отвода тепла от силового транзистора за счет «залитой» медью

области под контактными площадками микросхемы.

Среди особенностей микросхемы VIPer25 можно выделить:

- Расширенный диапазон входных напряжений (вплоть до 800 В) позволяет использовать их в универсальных источниках питания, которые можно подключить к напряжению любого стандарта (85...265 В, 50...60 Гц);
- Контроллер топологии квазирезонансной схемы;
- Потребление в режиме ожидания менее 50 мВт;
- Ограничение тока силового транзистора;
- Ограничение напряжения нагрузки;
- Защита от низкого напряжения на входе.

Внутренняя структура микросхемы представлена на рис. 3. Микросхема VIPer25 включает в себя:

- ШИМ-контроллер со слежением за током;
- Детектор нуля тока для работы в квазирезонансном режиме;
- Схему запуска с функцией плавного пуска;
- Встроенный генератор;
- Схему ограничения тока;
- Схему защиты от низкого напряжения;
- Схему автоматического перезапуска;
- Схему защиты по температуре.

Основными входами, на которых необходимо заострить внимание, являются:

- Vdd — Напряжение питания схемы управления. В начальный момент работы через данный вывод микросхемы идет заряд внешнего конденсатора питания.
- ZCD — Многофункциональный вывод.

— Может выполнять функцию детектора нулевого тока трансформатора. Это необходимо для определения мо-

мента размагничивания трансформатора в квазирезонансных схемах.

— Резистор, подключенный между данным выводом и нулевым потенциалом, может определять максимальный ток стока силового транзистора.

— Резистор, подключенный между данным выводом и выводом дополнительной обмотки, будет регулировать максимальный ток транзистора с учетом напряжения на входе устройства.

— вывод может выполнять функцию защиты от повышенного напряжения

• FB — Вход, определяющий скважность импульсов управления транзистором. Внутренний источник тока создает опорный ток для формирования ШИМ сигнала. Если напряжение на данном выходе меньше порога, то включается режим работы защиты от холостого хода.

• BR-Вход защиты. Если напряжение на данном входе опускается до значения VBRth, микросхема выключается и остается в таком состоянии до тех пор, пока напряжение не дорастет до напряжения VBRth + VBRhyst. В случае, если данная функция не используется, целесообразно подключить вывод к нулевому потенциалу.

Полнофункциональная схема подключения микросхемы VIPer25 показана на рис. 4.

Рассмотрим особенности работы микросхемы.

Высоковольтная часть. Встроенный силовой транзистор способен выдерживать напряжение 800 В и имеет сопротивление канала 7 Ом при температуре 25°C. Он имеет SenseFet-структуру, позволяющую измерять ток истока практически без потерь мощности. Драйвер, управляющий транзистором, контролирует ток его затвора. Это гарантирует оптимальное включение силового ключа, а также способствует уменьшению высокочастотных помех. В те моменты, когда силовой



Рис. 2. Сводный график представителей семейства VIPerPlus

транзистор выключен, его затвор подключается к нулевому потенциалу, что предотвращает самопроизвольное включение ключа.

Включение микросхемы. Внутренняя структура содержит в себе запускающий источник тока. Он служит для заряда конденсатора, подключенного к выводу Vdd и для запуска микросхемы. Источник тока включается только если напряжение на стоке транзистора достигло порогового значения V_{drain_start} . В случае перезапуска после аварии, ток источника ограничивается значением 0,6 мА для увеличения времени заряда конденсатора.

Когда напряжение Vdd достигает порогового значения (V_{ddon}), начинает переключаться силовой транзистор, а внутренний источник тока работать перестает. Микросхема питается энергией, запасенной в конденсаторе C_{vdd} , до тех пор, пока не начнет работать схема основного питания (обычно напряжение Vdd берется с дополнительной обмотки трансформатора).

Ограничение выходного тока. VIPer25 – микросхема для построения импульсных источников питания со слежением по току. В случае если ток, зарегистрированный схемой SenseFet, достигает значения I_{dlim} , силовой транзистор выключается. Увеличить значение I_{dlim} с помощью внешних элементов невозможно, однако его можно уменьшить. Для этого необходимо между выходом ZCD и нулевым потенциалом подключить сопротивление. Причем, максимальный ток транзистора прямо пропорционален сопротивлению, подключенному к выводу ZCD.

Более подробно о системе ограничения тока транзистора можно прочитать на сайте STMicroelectronics, а также – в описании к микросхеме VIPer25.

В случае работы схемы в квазирезонансном режиме вывод ZCD действует как детектор нулевого тока трансформатора.

Защита от перенапряжения. Микросхема VIPer25 имеет встроенную логику для слежения за выходным напряжением. Сигнал о выходном напряжении микросхема считывает и со входа ZCD

Таблица 2. Оценочные наборы

Наименование	Используемая ИС	Мощность источника питания, Вт	Стабилизированный выход	Входное переменное напряжение, В	Топология
EVALVIPer17H-6W	VIPer17HN	6	12 В	85...270	Изолированная обратнoходовая
EVALVIPer17L-7W	VIPer17LN	7	12 В	85...270	Изолированная обратнoходовая
EVALVIP17-SWCHG	VIPer17HN	5	5 В	85...270	Обратнoходовая
STEVAl-ILL017V1	VIPer17xN	2	500 мА	176...264	Неизолированная обратнoходовая

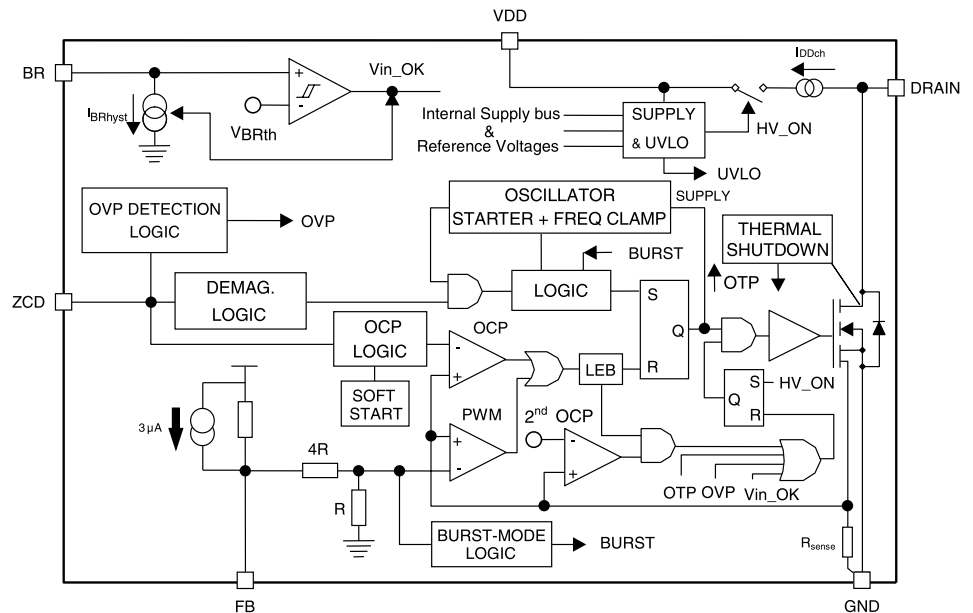


Рис. 3. Внутренняя структура микросхемы VIPer25

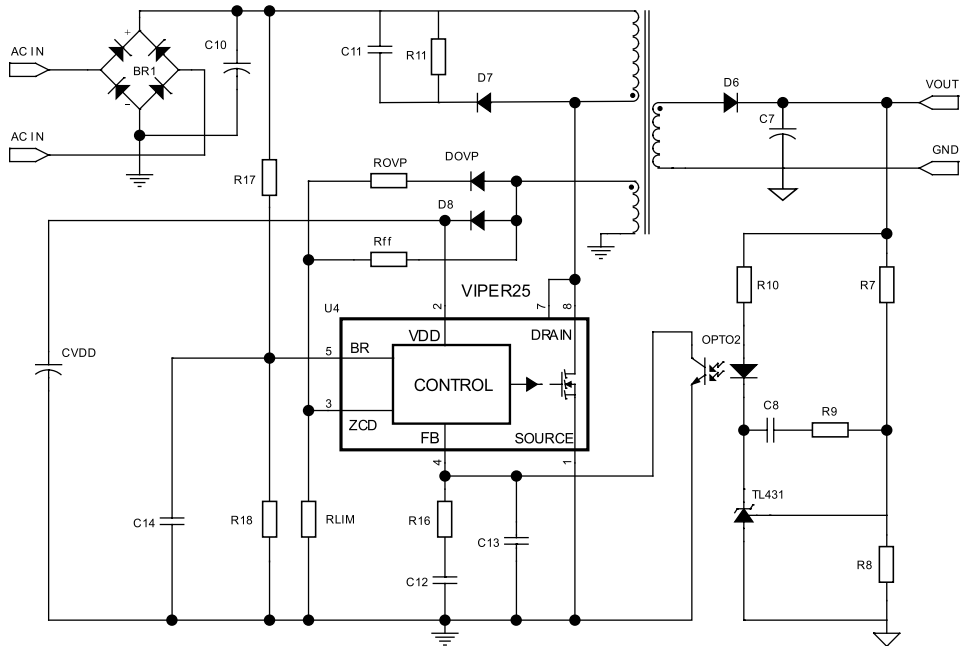


Рис. 4. Полнофункциональная схема подключения микросхемы VIPer25

в моменты времени, когда силовой транзистор выключен.

Когда силовой транзистор выключен, напряжение на дополнительной обмотке трансформатора пропорционально выходному напряжению.

В случае если напряжение окажется больше порогового значения, микросхема перейдет в режим перезапуска.

Обобщение по выводу ZCV. В общем случае, при подключении всего

четырёх внешних элементов (рис. 5), микросхема VIPer25 будет выполнять следующие функции:

- Ограничение выходного тока в заданном уровне;
- Ограничение выходного напряжения;
- Уменьшение потерь на силовом ключе за счет обеспечения работы в квазирезонансном режиме.

Обратная связь и защита от перегрузки. Сигнал с вывода FB микросхемы поступает на ШИМ-компаратор, который срабатывает в моменты включения и выключения силового транзистора.

Как видно из структурной схемы VIPer25 (рис 4), параллельно ШИМ-компаратору подключен компаратор ОСР (*Over Current Protection*), который отвечает за обеспечение защиты от перегрузки.

Принцип работы следующий: при увеличении нагрузки напряжение на входе FB увеличивается. Если оно достигает порогового уровня $V_{fb\lim}$, ток стока, ограниченный значением $I_{D\lim}$, начинает заряжать внешний конденсатор C_{fb} . Если напряжение на нем достигнет определенного порогового уровня, схема защитит микросхему, и она перейдет к режим автоматического перезапуска.

Таким образом, за счет одного внешнего конденсатора можно организовать защиту микросхемы от перегрузки.

Работа преобразователя на холостой ход. В случае если нагрузка

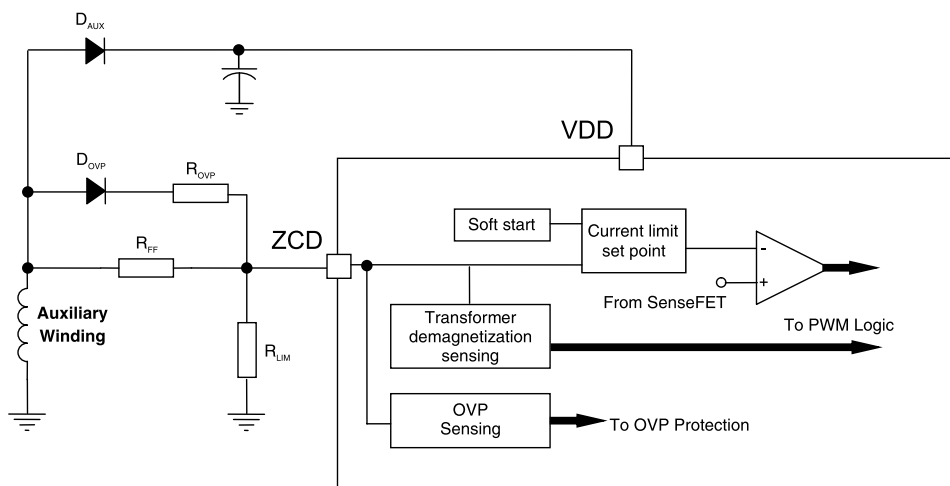


Рис. 5. Полнофункциональное подключение вывода ZCD

уменьшается или отключена вовсе, напряжение на входе обратной связи fb также уменьшается. Если оно достигнет порогового значения $V_{fb\lim}$, силовой транзистор перестанет включаться, что приведет к увеличению напряжения на входе fb. И после того, как напряжение достигнет определенного порога, транзистор снова включится.

В данном случае получается, что частота включения и выключения преобразователя резко уменьшится и в некоторых случаях может достичь сотен герц. Это приводит к резкому уменьшению потерь.

Выводы по микросхеме VIPer25.

Микросхема VIPer25 идеально подходит для построения схем питания мощностью до 20 Вт с входным напряжением

230 В, 50 Гц. Малое количество внешних элементов позволяет выполнить преобразователь в компактном корпусе, а также упростить процесс проектирования, производства и возможного последующего ремонта. Однако микросхема содержит многоуровневую систему защиты от сверхтоков и перенапряжений, что увеличивает ее отказоустойчивость и сильно уменьшает возможный вывод ее из строя.

Множество предоставленных компанией STMicroelectronics схем применения позволит без дополнительных затрат времени построить работоспособные источники питания на различные выходные напряжения. Например, всевозможные зарядные устройства для переносных устройств, блоки вторичного питания для электроники и т.д.

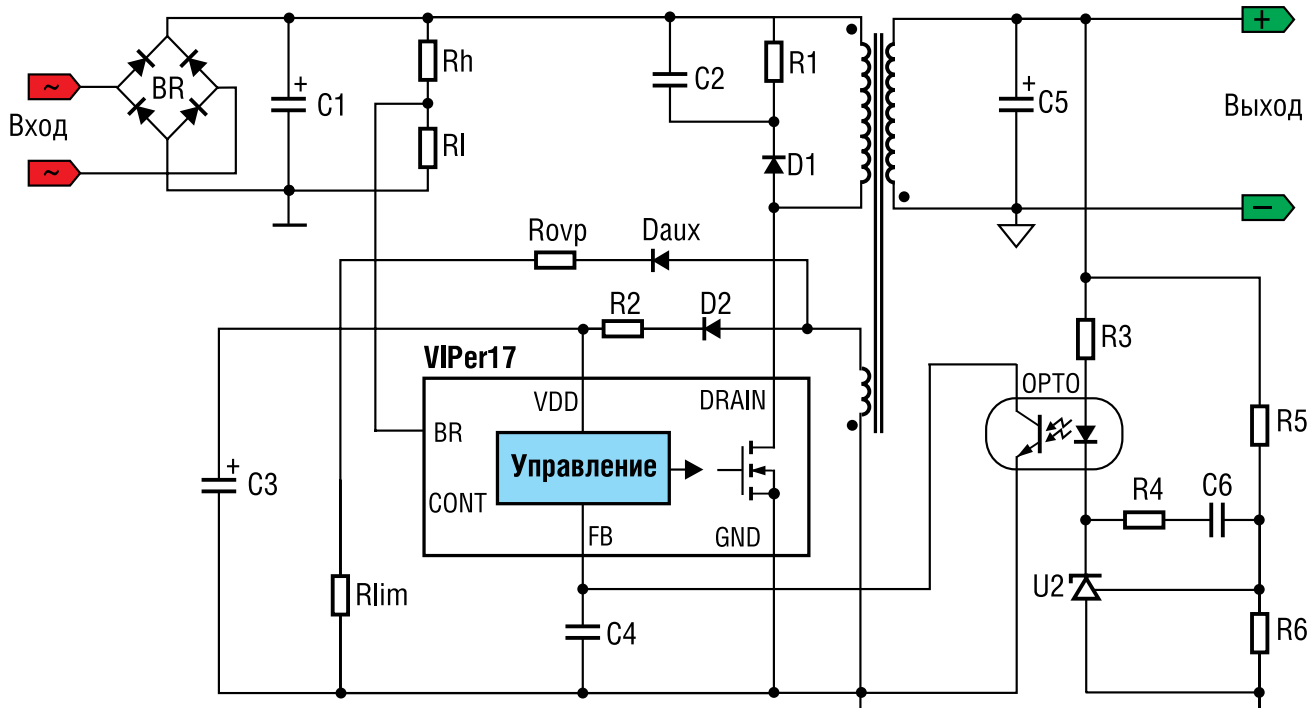


Рис. 6. Пример сетевого источника питания на основе ИС VIPer17L



Рис. 7. Оценочный набор STEVAL-ILL017V1

STMicroelectronics предоставляет детальное описание принципа работы микросхемы, что позволяет при наличии соответствующих навыков довольно свободно использовать ее для всевозможных нестандартных решений.

Инженеры компании STMicroelectronics постоянно работают над микросхемами семейства VIPer. В микросхемах VIPerPlus реализовано большее количество защит и дополнительных функций по сравнению с микросхемами VIPer. Также появилась возможность использовать их в квазирезонансных схемах, что привело к увеличению КПД конечных устройств и уменьшению их габаритов.

Важным преимуществом семейства VIPer по сравнению с контроллерами других производителей является чрезвычайно широкий диапазон рабочего цикла — от 0 до 90%.

Частую источники питания, построенные на микросхемах других производителей, требуют небольшой балластной нагрузки, чтобы источник не вышел за пределы регулирования при работе в режиме холостого хода. У VIPer этот недостаток отсутствует. Находясь в режиме холостого хода, они переходят в режим отдельных импульсов тока, по-

зволяющий осуществить регулирование напряжения на нагрузке по значению напряжения на дополнительной обмотке трансформатора.

Нельзя не отметить и улучшенные тепловые характеристики микросхем семейства VIPer. Тепловое сопротивление корпуса Pentawatt достигает 60°C/Вт, а корпуса PowerSO-10 — 50°C/Вт. При этом корпуса очень удобны при применении технологии поверхностного монтажа и могут быть установлены на контактную медную площадку на поверхности печатной платы с широкой подложкой, соединенной со стоком мощного транзистора.

Компания STMicroelectronics предоставляет для разработчиков пакеты автоматизированного расчета параметров источника питания на основе VIPer (*VIPerXXX Design Software*). При использовании специального программного обеспечения VIPer Software, которое может быть бесплатно предоставлено разработчикам, работа еще более упрощается. Интуитивно понятный интерфейс программы позволяет задать любой из параметров расчета стабилизатора (вплоть до температуры сердечника трансформатора), получить на выходе готовую схему и перечень элементов и посмотреть параметры работы стабилизатора в виде осциллограмм и графиков.

Пример применения VIPer17

На рисунке 6 показан пример реализации сетевого ИП (изолированный обратноходовой AC/DC-преобразователь) мощностью 7 ватт с универсальным входом и выходом 12 В/600 мА. Схема выполнена на основе 60 кГц трансформатора. Здесь предусмотрены несколько резисторов для настройки защиты ИП, в т.ч. R2, R4, R5 задают порог блокировки при снижении входного напряжения (данная функция в указанном положении переключки J3 неактивна), R3 задает порог ограничения тока, а R14 совместно с R3 задает порог сра-

батывания защиты от перенапряжения. Цепь обратной связи по напряжению выполнена на основе источника опорного напряжения шунтового типа (TL431) и оптопары PC817 (или ее аналога TLP621), что типично для любого изолированного обратноходового преобразователя.

Поддержка проектирования VIPer17

Для ускорения проектирования импульсных ИП на основе ИС VIPer17 компания STMicroelectronics предлагает несколько оценочных наборов, информация о которых представлена в таблице 2. Каждая из этих опорных разработок демонстрирует примеры реализации нескольких практических разработок обратноходовых преобразователей с выходным напряжением 5 и 12 В. Одна из опорных разработок (STEVAL-ILL017V1) (рисунок 7) демонстрирует пример реализации источника питания мощной светодиодной нагрузки со стабилизацией на выходе тока, а не напряжения.

Также необходимо отметить, что ИС VIPer17 еще не поддерживается доступной на сайте STMicroelectronics версией 2.24 программы для проектирования обратноходовых преобразователей VIPer Switch Mode Power Supply Design.

Литература

1. Новости Электроники №2 2009 г.
2. Low Power Off Line SMPS Primary Switcher. http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00084384.pdf.
3. Monolithic Off-Line Chips To Meet New Efficiency Standards. http://www.st.com/stonline/products/families/power_management/ac_dc_conversion/high_voltage_converters/related_info/viper22a.htm.
3. High-voltage converters. http://www.st.com/stonline/products/families/power_management/ac_dc_conversion/high_voltage_converters/high_voltage_converters.htm.
4. VIPerPlus. <http://www.st.com/stonline/domains/support/presentations/viperplus/viperplus.htm>.
4. Brownout protection in low power designs. <http://energyefficiency.wordpress.com/2007/09/11/brownout-protection-in-low-power-designs/>.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: analog.vesti@compel.ru