

Сдвоенный контроллер синхронного выпрямителя MP6922

от Monolithic Power Systems

В статье представлен новый контроллер MP6922 синхронного выпрямителя для импульсного источника питания от компании Monolithic Power Systems. Контроллер предназначен для использования совместно с N-канальными MOSFET и не требует дополнительных внешних компонентов (модификация MP6922DSE).

Александр Щерба

Monolithic Power Systems (MPS) — один из мировых лидеров в разработке и производстве интегральных схем для высокоэффективных компонентов аналоговой и силовой электроники. Одним из ключевых направлений компании является выпуск микросхем для DC/DC- и AC/DC-преобразователей различного применения, в том числе преобразователей для питания мощных светодиодов и контроллеров импульсных источников питания (ИП), включая контроллеры синхронного выпрямления мощных ИП.

Одной из основных характеристик ИП является его эффективность. Для ИП повышенной мощности высокая эффективность преобразования может существенно влиять на уменьшение его габаритных размеров. Дело в том, что для мощного ИП с небольшим КПД понадобится громоздкая система охлаждения, что, в свою очередь, может также существенно увеличить вес прибора.

В настоящее время во вторичной цепи импульсного ИП используется схема выпрямления на мощных диодах Шоттки (рис. 1). По сравнению с обычными диодами Шоттки отличаются высоким быстродействием и низким падением напряжения в прямом направлении — до 0,4 В и менее. Однако даже такое небольшое падение напряжения на диоде может значительно повлиять на КПД всего ИП.

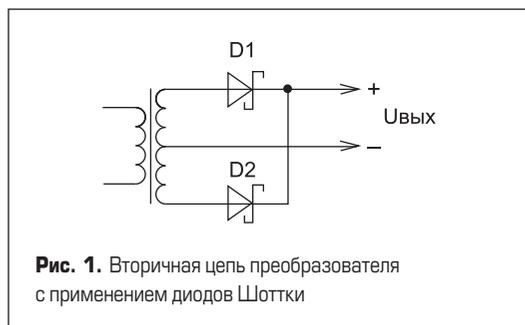


Рис. 1. Вторичная цепь преобразователя с применением диодов Шоттки

Так, при выходном напряжении 3,3 В и токе нагрузки 20 А снижение КПД будет более 10%, а рассеиваемая мощность на диоде составит 8 Вт, что потребует дополнительных мер по отводу тепла от выпрямительного диода.

Эффективным способом избавиться от перечисленных недостатков, присущих диодной схеме выпрямления, и добиться повышения эффективности КПД преобразования является использование синхронной схемы выпрямления. В такой схеме вместо диода используется мощный силовой ключ (МОП-транзистор) и специальная схема управления, которая замыкает силовой ключ в фазы выпрямления (рис. 2). Сопротивление канала мощного полевого транзистора составляет несколько миллиом, и падение напряжения на нем будет много ниже, чем падение напряжения на диоде Шоттки в прямом направлении.

Как правило, для схем синхронного выпрямления применяется N-канальный транзистор — из-за его низкой стоимости по сравнению с P-канальным транзистором с аналогичными характеристиками (рис. 2). Так, например, для N-канального

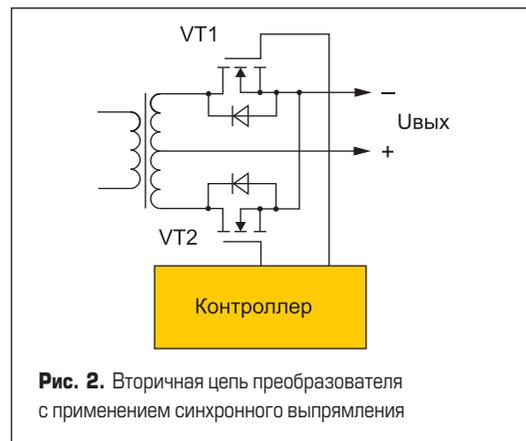


Рис. 2. Вторичная цепь преобразователя с применением синхронного выпрямления

МОП-транзистора SI7174 при токе 20 А с сопротивлением $R_{DS(ON)} = 0,007$ Ом рассеиваемая на транзисторе мощность составит 2,8 Вт, что позволит отказаться от радиатора и использовать отвод тепла через печатную плату.

При применении схем с синхронным выпрямлением с использованием полевых транзисторов нужно учитывать ряд особенностей. Мощные полевые транзисторы в своем составе имеют встроенный диод, включенный параллельно каналу сток-исток (*N*-канальный, анодом к истоку). Этот диод служит защитным целям, он используется для шунтирования паразитного диода полевого транзистора. Поэтому в схемах с синхронным выпрямлением полевой транзистор включают в инверсном режиме работы.

Еще одной конструктивной особенностью является наличие паразитных емкостей затвор-исток и затвор-сток. Тут необходимо решить несколько проблем. Во-первых, из-за наличия этих емкостей включение транзистора происходит с некоторой задержкой, такая же задержка может произойти при закрытии транзистора, что может повлиять на эффективность преобразования и на увеличение электромагнитных помех. Во-вторых, в мощных ключах паразитные емкости могут достигать несколько тысяч пикофард, и при высокой частоте преобразования контроллер в момент переключения транзистора должен обеспечить на затворе ток в несколько ампер. В этих двух случаях мы можем с некоторым опережением подавать отпирающее и запирающее напряжение на затвор транзистора, но алгоритм работы контроллера не должен допустить сквозных токов.

Для обеспечения эффективной работы синхронного выпрямителя с двумя плечами компания MPS выпустила контроллер MP6922A, предназначенный для управления двумя *N*-канальными МОП-транзисторами с частотой переключения до 300 кГц. Контроллер позволяет работать как со стандартными МОП-транзисторами, так и с поддерживающими логические уровни (Logic Level). Контроллер поддерживает стандарт Energy Star и обеспечивает ток потребления в спящем режиме менее 600 мкА.

Работа MP6922A начинается, как только начинает течь ток через защитный диод силового ключа, при этом будет иметь место отрицательное значение напряжения U_{ds} между U_d и U_s (порядка -500 мВ, что ниже порогового значения -30 мВ). После задержки порядка 200 нс контроллер замкнет МОП-ключ, после чего основной ток пойдет через силовой ключ. В случае если нагрузка синхронного выпрямителя небольшая (рис. 3а), падение напряжения на силовом ключе будет постепенно уменьшаться с 30 мВ до нуля, после чего с задержкой 20 нс контроллер снимет с ключа открывающее напряжение. Для предотвращения ложного срабатывания следующее замыкание ключа не может произойти ранее 1,6 мкс.

Если ток на нагрузке высокий, падение напряжения U_{ds} на ключе некоторое время будет увеличиваться (при пиковом токе на-

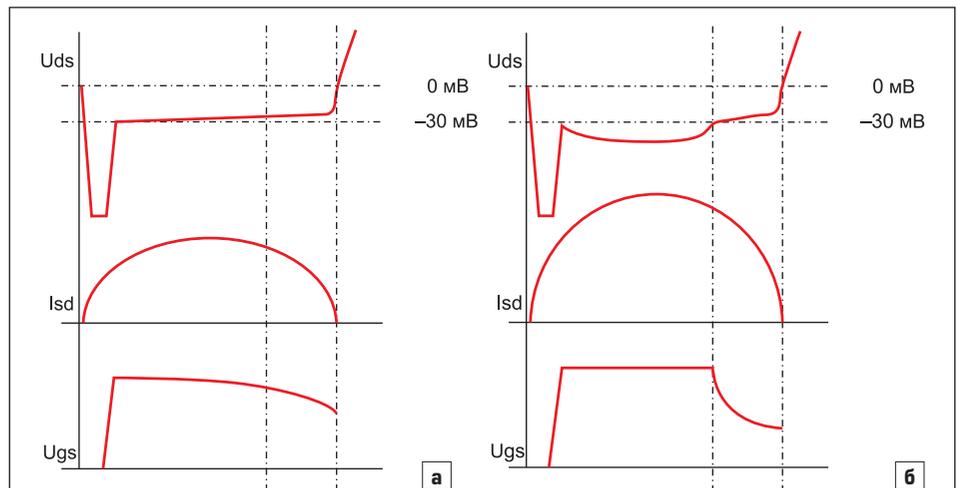


Рис. 3. Диаграмма работы плеча синхронного выпрямителя: а) с низкой нагрузкой; б) с высокой нагрузкой (U_{ds} — падение напряжения на встроенном в МОП-транзистор диоде (сток-исток); I_{sd} — ток, протекающий через выпрямляющую цепь (транзистор и диод); U_{gs} — напряжение на затворе транзистора (затвор-сток))

грузки 20 А и сопротивлении канала МОП-транзистора $R_{DS(ON)} = 0,007$ Ом достигнет $U_{ds} = -140$ мВ), а затем, с уменьшением тока, начнет падать, и как только напряжение U_{ds} повторно достигнет порогового значения -30 мВ, контроллер снимет напряжение с затвора силового ключа (рис. 3б). За счет паразитной емкости на затворе произойдет плавное снижение напряжения на затворе ключа с последующим его закрытием.

Контроллер MP6922A ведет мониторинг режима работы полевого ключа и в зависимости от нагрузки подстраивает необходимые задержки и параметры. Так, в случае мало-мощной нагрузки (рис. 3б), если включение МОП-транзистора происходит на время менее 2,2 мкс в течение времени 160 мкс (для контроллера MP6922AGS с корпусом SOIC14 это время может быть скорректировано внешним резистором), контроллер переходит в специ-

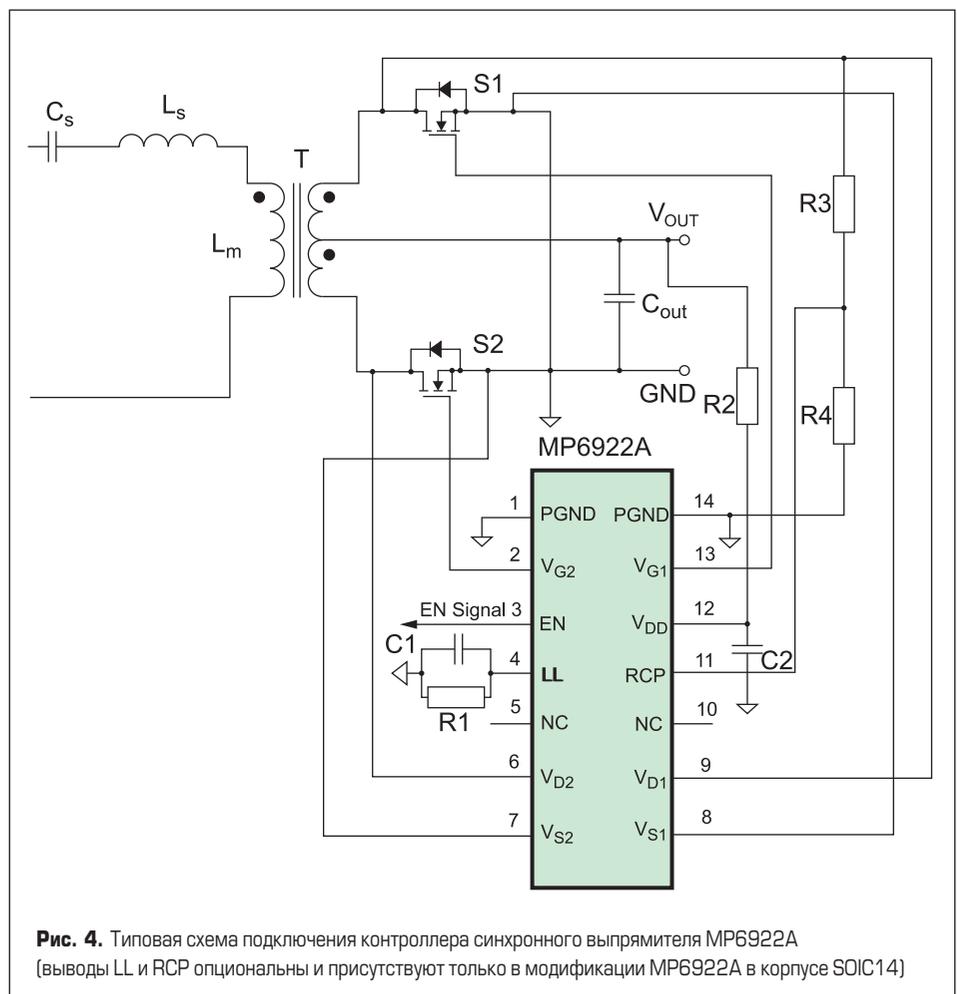


Рис. 4. Типовая схема подключения контроллера синхронного выпрямителя MP6922A (выводы LL и RCP опциональны и присутствуют только в модификации MP6922A в корпусе SOIC14)

альный режим, в котором будет помогать встроенным в транзистор диодам, включая силовые ключи при падении напряжения на диоде более 300 мВ. Если в ходе работы потребляемая нагрузкой мощность возрастет, и ключ будет замыкать цепь на время более 2,4 мкс, контроллер перейдет в «нормальный» режим работы.

При работе резонансного преобразователя с высокой частотой вторичная цепь может перейти в режим непрерывного тока (Continuous Current Mode, CCM). В этом случае существует высокая вероятность возникновения сквозного тока прежде, чем контроллер снимет управляющее напряжение с затвора транзистора; при этом

в силовой цепи будут наблюдаться выбросы напряжения. Для мониторинга выбросов используется дополнительный вывод RCP, подключенный в цепь вторичной обмотки импульсного трансформатора через делитель R3 и R4 (рис. 4). При превышении напряжения на выводе RCP порога $U_{RCP} = 3$ В работа силовых ключей будет прекращена на время $T_{RCP} = 150$ мкс.

Заключение

Применение синхронного выпрямления в мощных импульсных преобразователях является необходимым условием повышения эффективности работы. Для управ-

ления силовыми ключами синхронного выпрямителя необходим контроллер, который должен иметь высокую надежность и обеспечивать необходимые характеристики с учетом особенностей работы мощных МОП-транзисторов. Контроллер MP6922A обладает интеллектуальной системой, которая подстраивает режим работы силовых ключей исходя из мощности, потребляемой нагрузкой, и позволяет увеличить КПД преобразования при малых нагрузках.

Литература

1. www.monolithicpower.com