

Инструкции по разводке печатной платы для понижающих импульсных стабилизаторов, оптимизированных по уровню помех

Печатается с разрешения Analog Devices (www.analog.com)

Скотт Женг (США)

На примере топологии оценочной платы для ИС ADP1850 описаны общие правила разводки многослойных печатных плат импульсных стабилизаторов напряжения.

ВВЕДЕНИЕ

«Проблема помех!» – два слова, которые слышал каждый разработчик печатной платы, приступая к лабораторным испытаниям с целью выявления источника помех. И только позже выясняется, что помехи обусловлены неправильной разводкой печатной платы. Такие проблемы приводят к новой разводке, сдвигу графика и дополнительным расходам на разработку. Данная статья представляет инструкции по разводке печатной платы, позволяющие избежать этих действий.

Описание примера топологии импульсного стабилизатора, использующего двухканальный синхронный контроллер ADP1850, начинается с установления линий тока стабилизатора. Затем по линиям тока определяется расположение компонентов для проекта с низким уровнем помех.

ИНСТРУКЦИИ ПО РАЗВОДКЕ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Определение линий тока

В конструкциях импульсных преобразователей линии больших и малых токов находятся в непосредственной близости. Цепи переменного тока (ac) передают выбросы и помехи, большой

постоянный ток (dc) порождает значительные падения напряжения, а слаботочные межсоединения склонны воспринимать помехи. Ключом к правильной разводке печатной платы является определение критических соединений с последующей расстановкой всех компонентов и выделением достаточной площади меди, чтобы избежать искажения малых токов большими. Признаки плохой работы стабилизатора проявляются как нестабильность земляного потенциала и помехи, вносимые в ИС и остальную систему.

Рисунок 1 показывает упрощённую схему синхронного понижающего стабилизатора с импульсным контроллером и внешними силовыми элементами: рвущим ключом, дросселем, входным конденсатором, выходным конденсатором и блокировочным конденсатором. Стрелки на рисунке 1 показывают маршрут, по которому протекает большой импульсный ток. Цепи импульсного тока (DH, DL, BST и SW) выходят из контроллера и должны располагаться должным образом для снижения паразитной индуктивности. Эти соединения передают быстроизменяющиеся импульсные то-

ки, которые могут достигать более 3 А за несколько наносекунд. Минимизация петель с большими токами необходима для подавления наводимых помех и выходной колебательности.

Правильное расположение силовых элементов помогает избежать нежелательной паразитной ёмкости и индуктивности, которые обуславливают дополнительные помехи, выбросы, затухающую колебательность и нестабильность земляного потенциала. Малосигнальные цепи частотной коррекции и обратной связи восприимчивы к помехам, поэтому следует прокладывать их в отдалении от узлов коммутации и силовых компонентов для предотвращения нежелательных наводок.

Размещение компонентов на печатной плате

Топология платы важна для минимизации площади петли тока. Следует располагать силовые элементы так, чтобы ток протекал плавно, избегая острых углов и узких дорожек. Это помогает снизить паразитную ёмкость и индуктивность, устраняя, таким образом, нестабильность земляного потенциала. На рисунке 2 представлена топология печатной платы двухканального понижающего преобразователя на основе импульсного контроллера ADP1850. Места установки силовых элементов минимизируют площадь петли тока и паразитную индуктивность. Штриховые линии показывают сильноточные цепи. Для синхронных и асинхронных контроллеров применяется одна и та же методика размещения компонентов на печатной плате. В схеме асинхронного контроллера диоды Шоттки заменяют коротящий ключ.

СИЛОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ: МОП-ТРАНЗИСТОРЫ И КОНДЕНСАТОРЫ (ВХОДНЫЕ, БЛОКИРОВОЧНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ)

Формой волны тока в мощных ключах является импульс с очень высокой скоростью изменения тока dI/dt . Следовательно, цепь каждого отдельного ключа

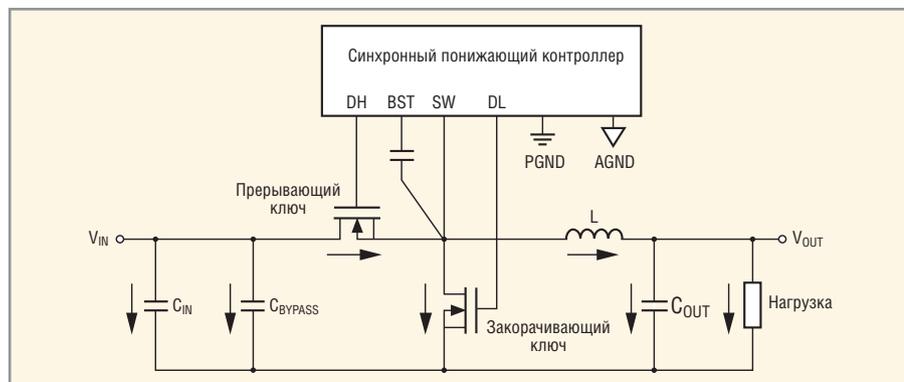


Рис. 1. Типичный импульсный стабилизатор

Показаны линии постоянного и переменного тока

ча должна быть как можно короче с целью минимизации помех, наводимых на контроллер, и передачи помех от петли индуктивности. При использовании пары полевых транзисторов в корпусах DPAK или SO-8 на одной стороне печатной платы, лучше всего развернуть их встречно. Это позволяет расположить узел коммутации на одной стороне пары и шунтировать исток транзистора рвущего ключа подходящим керамическим конденсатором. Обязательно устанавливайте шунтирующий конденсатор как можно ближе к МОП-транзисторам (см. рис. 2), чтобы минимизировать индуктивность петли через полевые транзисторы и конденсаторы.

Расположение входного блокировочного конденсатора и входного сглаживающего конденсатора существенно для управления нестабильностью земляного потенциала. Присоединяйте отрицательный вывод конденсатора выходного фильтра как можно ближе к выводу истока МОП-транзистора коротящего ключа. Это поможет минимизировать индуктивность петли, которая вносит свой вклад в нестабильность потенциала земляной шины. Конденсаторы Cb1 и Cb2 (см. рис. 2) являются керамическими блокировочными конденсаторами с рекомендуемыми номиналами от 1 до 22 мкФ. Добавьте параллельно конденсатор фильтра большего номинала, такой как CIN на рисунке 2.

УЧЁТ ТЕПЛОВЫХ ЭФФЕКТОВ И ЗЕМЛЯНЫЕ ШИНЫ

Эквивалентное последовательное сопротивление (ESR) мощных МОП-транзисторов, дросселей и сглаживающих конденсаторов вносит свой вклад в значительное тепловыделение в условиях больших нагрузок. Чтобы эффективно рассеивать тепло, в примере, показанном на рисунке 2, под этими силовыми компонентами расположены большие области меди.

Многослойная печатная плата лучше рассеивает тепло, чем двухслойная. Для улучшения тепловой и электрической проводимости используйте медь толщиной 70 мкм (2 унции на квадратный фут) поверх стандартных слоёв толщиной 35 мкм. Лучшему отводу тепла также способствуют несколько силовых шин заземления, соединённых вместе через отверстия. На рисунке 3 показано распределение силовой шины заземления по верхнему, третьему и четвёртому слоям в конструкции четырёхслойной печатной платы.

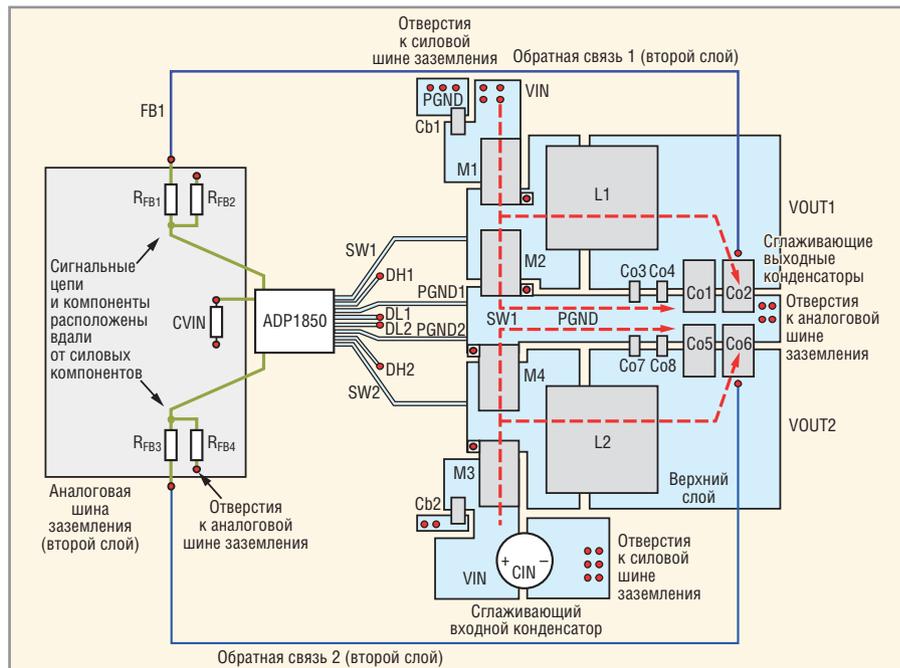


Рис. 2. Топология печатной платы понижающего преобразователя с двумя выходами, использующего импульсный контроллер ADP1850

Слой 1 – сигнальные и силовые цепи; слой 2 – аналоговая земляная шина; слои 3 и 4 – силовые шины. M1 и M2 – МОП-транзисторы в корпусах SuperSO8 рвущего и коротящего ключей соответственно для стабилизатора 1. Аналогичные функции выполняют M3 и M4 для стабилизатора 2. C0 – C8 – выходные конденсаторы. CIN является входным сглаживающим конденсатором. Cb1 и Cb2 – блокировочные многослойные керамические конденсаторы (MLCC)

Технология многослойной шины заземления изолирует сигналы, чувствительные к помехам. Как показано на рисунке 2, отрицательные выводы элементов частотной коррекции, конденсатор мягкого запуска, входные блокировочные конденсаторы и выходной резистивный делитель обратной связи подсоединены к аналоговой шине заземления

(AGND). Не подсоединяйте напрямую никаких силовых или высокочастотных импульсных цепей к изолированной аналоговой шине, которая является маломощной шиной заземления (через неё не протекают большие токи).

Отрицательные выводы всех силовых компонентов, таких как коротящий ключ, блокировочный конденса-

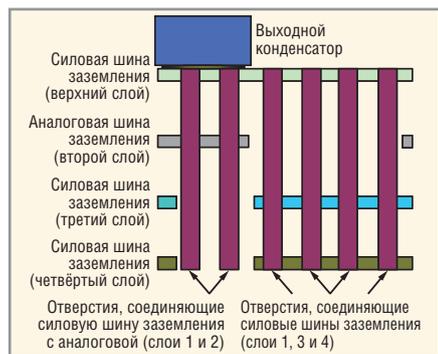


Рис. 3. Вид печатной платы в разрезе: соединение силовых шин заземления для улучшения рассеяния тепла

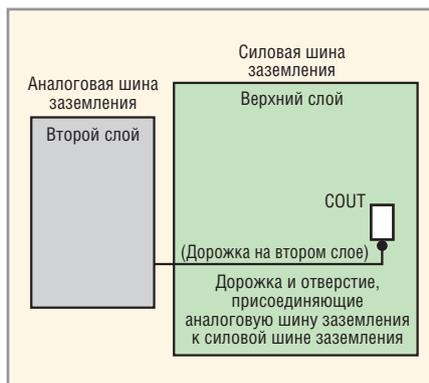


Рис. 4. Присоединение аналоговой шины заземления к силовой шине заземления

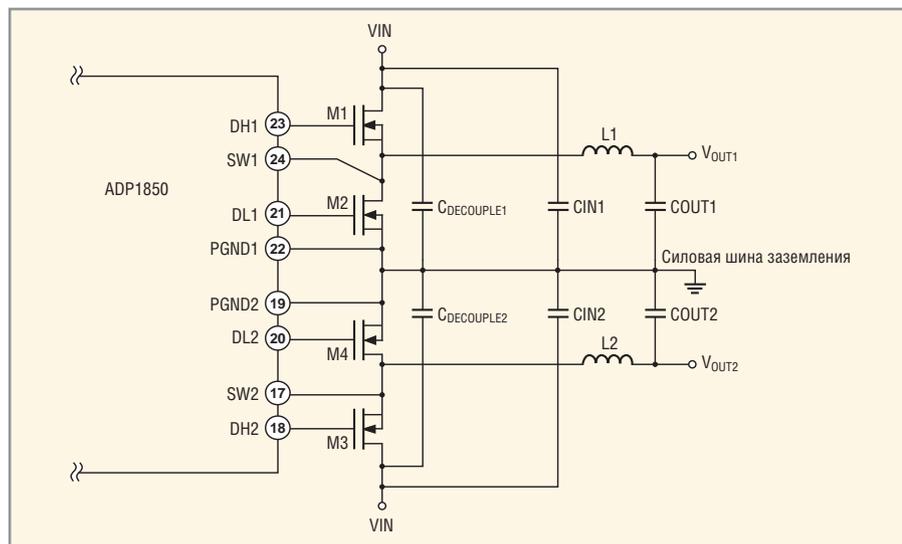


Рис. 5. Методы заземления для двух каналов

тор и конденсаторы входного и выходного фильтров, подсоединяйте к силовой шине заземления, которая передаёт большие токи.

Падение напряжения на шине заземления может быть достаточно большим, чтобы повлиять на точность выходного напряжения. Подсоединение аналоговой шины заземления к отрицательному выводу выходных конденсаторов через широкую дорожку (см. рисунок 4) значительно повышает выходную точность и коэффициент стабилизации. Аналоговая шина заземления простирается вплоть до выходного конденсатора, где – через отверстия – соединяется с силовой шиной заземления на отрицательном выводе выходного конденсатора.

На рисунке 2 показан другой способ соединения аналоговой и силовой шин заземления – через отверстия вблизи отрицательных выводов выходных сглаживающих конденсаторов. На рисунке 3 показан раз-

рез печатной платы в месте соединения шин.

Точочувствительные цепи

Правильная разводка токочувствительной цепи в импульсных стабилизаторах, работающих в токовом режиме¹, в значительной мере способствует подавлению нежелательных помех, которые приводят к погрешностям. В частности, в двухканальных стабилизаторах необходимо предпринимать особые меры для предотвращения любых перекрёстных помех.

Двухканальный понижающий контроллер ADP1850 использует сопротивление канала коротящего МОП-транзистора в открытом состоянии $R_{DS(ON)}$ в качестве элемента цепи обратной связи. При таком построении схемы измеряется ток через коротящий ключ между выводами SW и PGND контроллера. Помеха тока заземления в одном канале может перейти в смежный канал. Следовательно, важно со-

хранить дорожки SW и PGND как можно более короткими и расположить их близко к МОП-транзисторам для точного измерения тока. Обязательно выполните соединения с узлами SW и PGND по четырёхпроводной схеме, как показано на рис. 2 и 5. Соответствующая дорожка силовой шины заземления PGND присоединяется к истоку коротящего МОП-транзистора. Не подсоединяйте силовую шину заземления к выводу PGND микросхемы произвольным образом.

Напротив, в двухканальных контроллерах, работающих в режиме управления напряжением², например ADP1829, выводы PGND1 и PGND2 напрямую подсоединяются к силовой шине заземления при помощи отверстий.

Цепи ограничения тока и обратной связи

Выводы обратной связи (FB) и ограничения тока (ILIM) являются малосигнальными, поэтому они чувствительны к емкостным и индуктивным наводкам. Не прокладывайте дорожки обратной связи и ограничения тока вблизи дорожек с высокой скоростью изменения тока. Остерегайтесь дорожек, формирующих петли, которые увеличивают нежелательную индуктивность. Добавление небольшого многослойного керамического конденсатора развязки, например 22 пФ, между выводами ILIM и PGND способствует дополнительной фильтрации помех.

Узел коммутации

Узел коммутации (SW) является самым «шумным» местом в схеме импульсного стабилизатора, поскольку он передаёт большие переменные и постоянные напряжения и токи. Этот узел нуждается в большой площади меди, чтобы снизить резистивные падения напряжения. Установите МОП-транзистор и дроссель близко друг к другу на медной шине для минимизации последовательного сопротивления и индуктивности.

В приложениях, более чувствительных к электромагнитным помехам, шуму узла коммутации и «звону», можно воспользоваться простой демпфирующей цепью в виде последовательно включенных резистора и конденсатора (RSNUB и CSNUB на рисунке 6). Такая демпфирующая цепочка, установ-

¹ В этом режиме напряжение ошибки управляет током через ключ. – Прим. перев.

² В этом режиме напряжение ошибки непосредственно управляет скважностью импульсов. – Прим. перев.

ленная между узлом коммутации и силовой шиной заземления, подавляет колебательность на фронтах импульсов и уровень электромагнитных помех, при этом незначительно (на 0,2...0,4%) снижая общий КПД.

Цепи управления затворами

Дорожки управления затворами (DH и DL) также могут передавать быстроизменяющиеся токи, как правило, сопровождающиеся колебательностью и выбросами. Эти дорожки должны быть как можно короче. Лучше всего проложить их напрямую, избегая межслойных отверстий. Если без отверстий обойтись невозможно, используйте по два отверстия для каждой дорожки, чтобы снизить пиковую плотность тока и паразитную индуктивность.

Сглаживание импульсов управления затвором при помощи небольшого резистора (2...4 Ом), установленного последовательно с выводами DH и DL, также подавляет помехи и выбросы, увеличивая время фронта и спада импульсов и потери на переключение МОП-транзистора. Дополнительной мерой ослабления помех является резистор между выводами BST и SW (см.

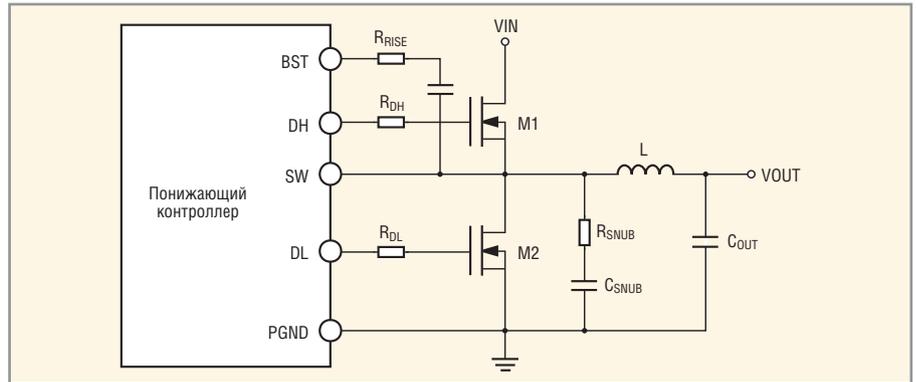


Рис. 6. Цепь демпфирования и затворные сопротивления

рис. 6). Резервирование пространства для затворных резисторов нулевого сопротивления в процессе разводки платы добавляет полезную гибкость во время испытаний.

Выводы

Учёт линий прохождения токов, чувствительности цепей и правильное размещение компонентов являются мерами для подавления помех в конструкциях печатных плат. Все оценочные платы компании Analog Devices для силовых приборов выполнены с учётом представленных инструкций, чтобы получить наилучшие

параметры. Документация на оценочные платы (UG-204 и UG-205) предоставляет подробную информацию, относящуюся к контроллеру ADP1850.

Отметим, что все импульсные источники питания имеют общие компоненты и схожие чувствительности линий тока. Следовательно, инструкции, приведённые в примере для понижающего стабилизатора в токовом режиме на основе контроллера ADP1850, напрямую применимы к топологиям импульсного повышающего стабилизатора и/или стабилизатора, работающего в режиме управления напряжением. ©