

Как снизить эффект дребезга земли в сборках печатных плат

По материалам компании
Sierra Circuits
Перевод: Сергей ШИХОВ
sergey@accont.ru

В конструкциях печатных плат следует учитывать все потенциальные источники помех. Дребезг земли является одной из них в сборках печатных плат. При сборке все компоненты и проводящие дорожки должны быть присоединены к заземлению, но из-за некоторых несоответствий между разными точками заземления в цепи может появиться разность потенциалов. В статье рассматриваются причины возникновения дребезга земли и методы, которые позволяют предотвратить его появление.

Что такое «дребезг земли» в сборках печатных плат?

Все заземляющие точки в сборках печатных плат должны иметь одинаковый потенциал. Однако по разным причинам напряжение контрольных точек заземления может меняться. Это явление и называется дребезгом земли.

В идеале для интегральной схемы, установленной на печатную плату, должно выполняться условие, при котором разница потенциалов между выводом источника напряжения и заземлением микросхемы равна разнице потенциалов между выводом источника напряжения и заземлением печатной платы. На практике эти разности потенциалов не всегда одинаковы. Прежде чем мы подробно объясним причины этого явления, давайте рассмотрим эффективные методы заземления печатного узла.

Как правильно заземлить печатную плату?

В больших электрических системах, например в оборудовании для электрических подстанций или передающем оборудовании, возвратный тракт тока напрямую соединен с физической землей. Такой метод называется прямым заземлением. Однако для многих электронных цепей он неприменим. Так, сборки печатных плат в автомобилях или летательных аппаратах изолированы от физического заземления, поэтому их проектируют с использованием точек или плоскостей, поддерживающих потенциал земли, чтобы обеспечить возвратный токовый тракт платы. Этот способ называется непрямым заземлением.

Кратко рассмотрим заземления разных типов в печатных платах.

Заземление на шасси (корпус)

Общая точка заземления, подключенная к металлическому корпусу устройства, называется заземлением на шасси. В ней собираются вместе все точки заземления на печатной плате, что обеспечивает защиту от поражения электрическим током и физическую защиту устройства, так как предотвращает протекание тока через поверхность корпуса. Таким образом, контуры заземления, наводящие электромагнитные поля, не образуются.

Земля логических сигналов (сигнальная земля)

Сигнальная земля — точка на печатной плате, относительно которой измеряются сигналы. Эта контрольная точка обычно находится на поверхности платы и соединяется с внутренним заземляющим слоем. Поскольку при использовании заземления такого типа воз-

можна инъекция шума в этих точках, они размещаются на самой печатной плате, а не изолируются в другом месте.

Корректность выполнения сигнальных заземлений очень важна, особенно для плат, которые работают с точными низкими напряжениями, например в медицинском оборудовании. В таких печатных платах даже малейшие шумовые сигналы могут привести к нарушению целостности сигнала. Аналоговые и цифровые части одной платы можно присоединять к одному и тому же сигнальному заземлению.

Плоскость заземления

Плоскость заземления — слой в сборке печатной платы, удерживающий потенциал 0 В, работающий как опорная плоскость и отвод для возвратных токов, циркулирующих на плате. Сигнальные точки заземления, располагающиеся на поверхности, подключаются к плоскости заземления через переходные отверстия. Таким образом, плоскость заземления обеспечивает эффективный возврат сигнала и напряжения, сокращая уровень помех. Еще более эффективный способ — сохранять непрерывность плоскостей заземления, так как это позволяет избежать образования петель заземления, а значит, возникновения альтернативных трактов возврата тока.

Заземление через заземляющий электрод

Заземление через электрод — это прямое заземление от платы к физической земле. Данный метод используется в платах электронных приборов, так как короткие замыкания или другие дефекты, например когда токоведущий компонент соприкасается с шасси/крышкой оборудования, могут стать причиной поражения пользователя электрическим током. По этой причине все высоковольтные цепи требуют заземления.

Причина возникновения контуров заземления

Контуры заземления — это множественные возвратные тракты тока, появившиеся из-за разницы земляных потенциалов по всей цепи. При возникновении этого дефекта ток циркулирует по другим более коротким путям, чем желаемый возвратный тракт. В идеале все точки заземления и плоскости на печатной плате должны иметь одинаковый потенциал, но в реальности в выводах, соединяющих микросхему с платой, присутствует индуктивность, которая создает небольшие перепады напряжения и становится причиной дребезга земли.

Хотя наведенная паразитная индуктивность очень мала по величине, во многих цифровых логических устройствах, например транзисторах, ее возникновение нельзя игнорировать. В быстродействующ-

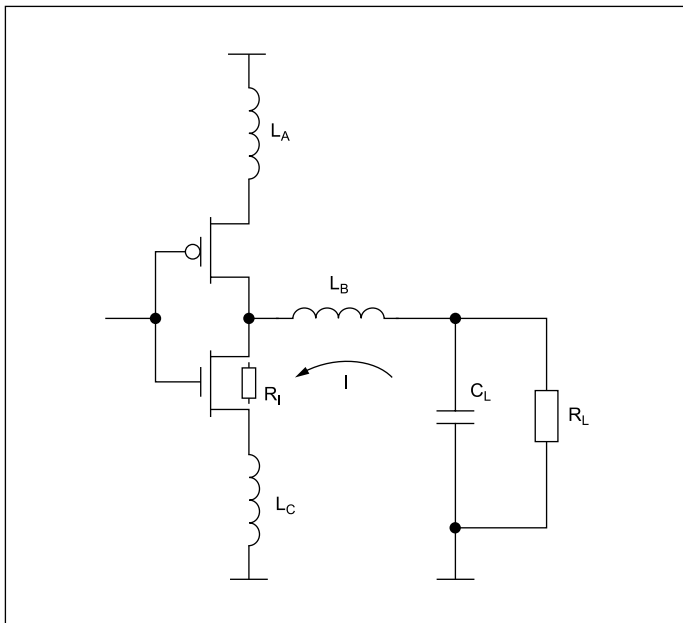


Рис. 1. Схема для иллюстрации дребезга земли

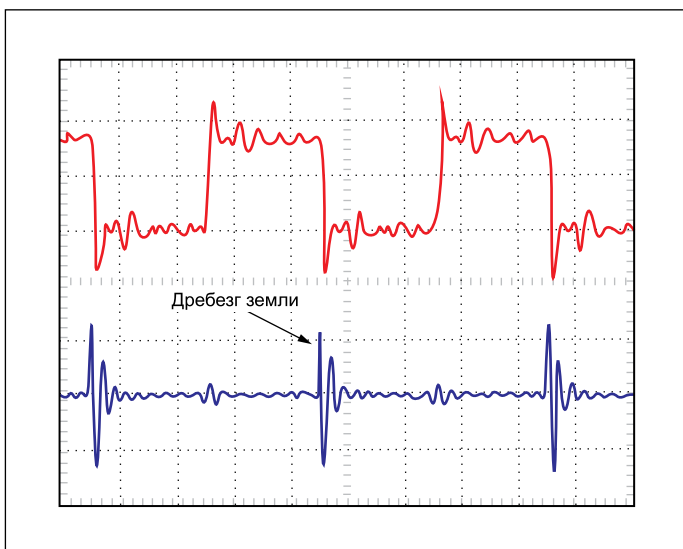


Рис. 2. Вид сигнала при дребезге земли

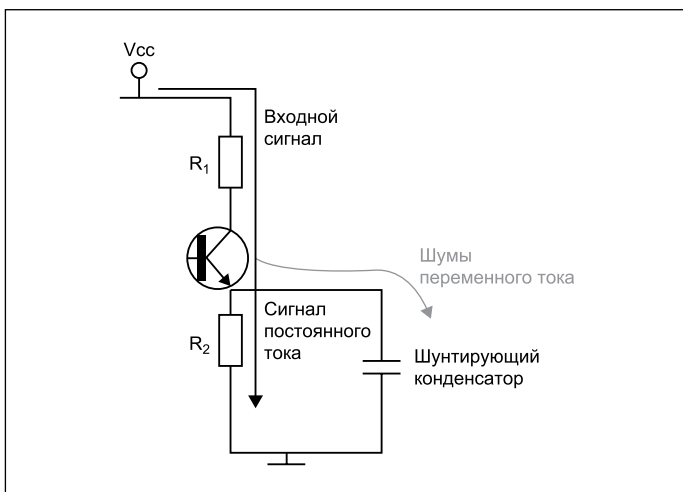


Рис. 3. Снижение шумов с помощью блокировочного конденсатора

щих коммутационных схемах с логическими элементами сигнальные напряжения переключаются между высоким логическим значением 1 и низким 0.

Когда напряжение цепи равно 1, выходное напряжение приближается к напряжению VCC. Если же напряжение равно 0, это значит, что выходное напряжение приближается к потенциалу земли (0 В). Из-за упомянутой выше индуктивности напряжение заземления начинает колебаться или изменяться до значений, отличных от 0 В, что и становится причиной возникновения дребезга земли.

Дребезг приводит к тому, что схема ошибочно интерпретирует низкий уровень (значение 0) как высокий (значение 1). Таким образом, нарушается работа цифровых логических устройств по всей плате.

Помимо этого, дребезг земли становится причиной возникновения шумов на печатной плате, что негативно влияет на целостность сигнала. При проектировании печатной платы необходимо устранить вероятность возникновения этого дефекта.

Как возникает дребезг земли?

Возникновение дребезга земли можно объяснить с помощью рис. 1, на котором показана логическая схема на комплементарных МОП-структурах, подключенная к выходной нагрузке с емкостью C_L и сопротивлением R_L . Другие параметры даны ниже:

- L_A — внутренняя индуктивность в силовом выводе корпуса;
- L_B — внутренняя индуктивность в выводе корпуса;
- L_C — внутренняя индуктивность в заземляющем проводе КМОП-корпуса;
- R_1 — выходное сопротивление КМОП ИС.

Рассмотрим случай, когда величина выходного напряжения изменяется с высокого (значение 1) до низкого (значение 0): ток течет со стороны нагрузки, и ее емкость разряжается. Протекание этого тока I через индуктивности L_B и L_C создает напряжение $V = L(dv/dt)$, из-за которого потенциал внутренней КМОП-земли отличается от потенциала земли внешней нагрузки. Таким образом, потенциал внутреннего опорного заземления выше по сравнению с нулевым потенциалом внешнего заземления. Эта разница проявляется в виде шума и влияет на работу переключающих устройств цепи.

Колебания дребезга цепи от земли, наблюдаемые с помощью осциллографа, показаны на рис. 2.

Колебания красного цвета сверху — сигнал от контактов ввода/вывода переключающего устройства. Нижняя кривая синего цвета отображает пики (шум) из-за возникшего дребезга земли.

Как снизить дребезг земли

Перед проектировщиками плат всегда стоит задача по снижению дребезга земли. Самый распространенный метод — установить в схему шунтирующий конденсатор, который позволит эффективно обходить скачки напряжения и шумы источника питания. Он подключается между контактами микросхемы VCC и GND.

Назначение шунтирующего конденсатора

Конденсатор ведет себя по-разному в цепях переменного и постоянного тока. В цепях постоянного тока он заряжается до тока питания, а затем полностью блокирует ток. В цепях переменного тока он обеспечивает тракт для сигналов переходных процессов на землю. Таким образом, дребезг земли или шумы, которые являются сигналами переходных процессов, направляются непосредственно на землю, а сигналы постоянного тока блокируются конденсатором и, следовательно, проходят через цепь (рис. 3).

При проектировании печатной платы необходимо учитывать следующие параметры:

- индуктивность выводов, которая является критическим фактором;
- максимальный ток конденсатора, который зависит от максимальной скорости нарастания импульсов;

- величину тока, потребляемого во время переключения с низкого на высокий логический уровень;
- использование многослойных керамических конденсаторов (MLCC).

Размещение шунтирующего конденсатора на печатной плате

Шунтирующий конденсатор устанавливается как можно ближе к выводу питания компонента. Этот конденсатор действует как локальный накопитель заряда для переключающих компонентов, например транзисторов. Дополнительные всплески напряжения накапливаются в этом конденсаторе и, соответственно, не циркулируют по цепи.

Следовательно, у всех точек заземления будет одинаковый потенциал, и шумы отражения от заземления не появятся. Дадим несколько рекомендаций по проектированию схем с шунтирующими конденсаторами:

- используйте широкие и короткие дорожки, а также переходные отверстия для подключения контактных площадок шунтирующего конденсатора к контактам питания и заземления, чтобы минимизировать индуктивность и улучшить прохождение тока;
- применяйте конденсаторы с поверхностным монтажом;
- разместите переходные отверстия рядом с контактными площадками конденсаторов.

Переходные отверстия заземления, специальные заземляющие плоскости и гальванические развязки являются важными способами заземления печатных плат высокой мощности и HDI плат.

Разница между шунтирующими и развязывающими конденсаторами

Конденсаторы широко используются в конструкциях печатных плат в качестве блокировочных и развязывающих компонентов. В таблице приведены различия между ними.

Таблица. Различия между шунтирующими и развязывающими конденсаторами	
Шунтирующий конденсатор	Развязывающий конденсатор
пропускает сигналы шума на землю	разделяет две цепи друг от друга
устанавливается между контактами питания и заземления	устанавливается параллельно источнику питания и нагрузке
закрывает сигнал переменного тока на землю	создает тракт с малым импедансом для высокочастотных сигналов

Советы по уменьшению дребезга земли на проектируемой плате

- Используйте технологию via-in-pads, в соответствии с которой переходные отверстия по возможности размещаются непосредственно под контактными площадками компонентов, если это допускается конструкцией платы.
- Уменьшите расстояние обратного тракта сигнала для снижения паразитной емкости. Для этого устанавливайте компоненты над их точками заземления.
- Не используйте сокетные платы для монтажа методом накрутки.
- Никогда не объединяйте переходные отверстия или дорожки заземления (рис. 4). Рекомендуется использовать отдельные переходные отверстия и дорожки для подключения к плоскости заземления.
- Не подключайте конденсаторы напрямую к выходам.
- Используйте метод передачи дифференциальными сигналами малых напряжений (LVSD) в качестве стандарта ввода/вывода, обеспечивающего широкую полосу пропускания и высокую помехоустойчивость.
- Выбирайте корпуса с короткими выводами, чтобы уменьшить последовательную индуктивность. Рекомендуется также применять BGA-компоненты.

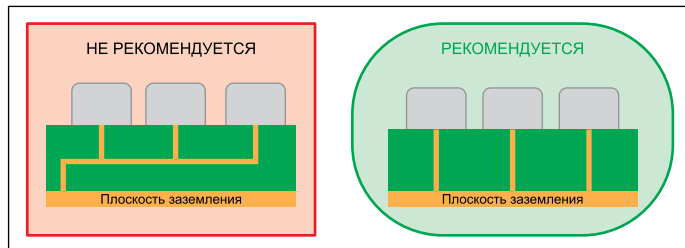


Рис. 4. Рекомендованные соединения для эффективного заземления

- Если позволяет конструкция, используйте сплошные заземляющие слои, чтобы уменьшить потери в активном сопротивлении и индуктивности. Избегайте разделения заземляющих плоскостей.
 - Старайтесь использовать переключающие компоненты с низким профилем корпуса, если это допускается конструкцией.
- Перечисленные рекомендации позволяют снизить дребезг земли, а значит, улучшить целостность сигнала. Удаление всех переходных шумов в цепи повышает эффективность передачи сигналов.



Комментарий специалиста

Сергей Шихов, директор по управлению проектами, А-КОНТРАКТ

Правильное и надежное заземление необходимо для обеспечения электромагнитной совместимости и улучшения целостности сигналов. Применение простых методов, описанных в этой статье, поможет в проектировании работоспособных электронных устройств.