

# Электромагнитная совместимость и разводка печатных плат.

## Часть 3

Данная статья представляет обзор материалов сайта [www.learnEMC.com](http://www.learnEMC.com), посвященных проблемам электромагнитной совместимости, а именно вопросам разводки проводящих дорожек, размещения компонентов и элементов на печатной плате, определению потенциальных источников и объектов воздействия электромагнитных помех для обеспечения нормального взаимодействия совместно работающих изделий на основе печатных плат. В первой части статьи рассмотрены основные стратегии для разводки печатных плат, вопросы определения потенциальных источников и «жертв» электромагнитного воздействия в различных схемах. Во второй части — вопросы, посвященные протеканию сигнальных токов по схеме, определению потенциальных антенн и механизмов связи. В третьей части статьи будут приведены рекомендации по конструированию печатных плат, размещению компонентов и разводке проводников для уменьшения проблемы электромагнитной совместимости.

Тодд Хьюбинг  
(Todd Hubing)  
Ненси Хьюбинг  
(Nancy Hubing)

Перевод: Ольга Очур

### Рекомендации по разработке печатных плат

Как уже говорилось в предыдущих частях статьи, многие разработчики ПП используют несколько рекомендаций по размещению компонентов и трассировке дорожек. Теперь, когда мы знаем немного больше об источниках шума, антеннах и механизмах связи на платах, то можем более пристально изучить данные рекомендации и понять, почему они важны и когда их необходимо использовать. Ниже приведено 16 советов по ЭМС для разработчиков ПП.

#### 1. Длина дорожек, проводящих высокоскоростные цифровые сигналы или тактовые сигналы, должна быть минимизирована

Высокоскоростные цифровые и тактовые сигналы часто становятся сильнейшими источниками шума. Чем больше длина дорожки, тем больше излучение от нее. Однако необходимо помнить, что площадь петли в целом важнее длины дорожки. Также нужно обеспечить хороший путь возврата высокочастотного тока, который будет находиться очень близко к каждой дорожке.

#### 2. Длина дорожки, присоединенной напрямую к разъемам, так называемым дорожкам ввода/вывода, должна быть минимизирована

Дорожки, присоединенные напрямую к разъемам, вероятнее всего станут путями прохождения энергии, которая в свою очередь будет воздействовать на элементы на плате и вне ее.

3. Сигналы с высокочастотным контентом не должны разводиться непосредственно под компонентом, используемым в качестве ввода/вывода платы. Дорожки, проложенные под компонентом, могут влиять на этот компонент посредством емкостной или индуктивной связи.

#### 4. Все разъемы должны быть расположены на одном краю или в одном углу платы

В большинстве конструкций разъемы представляют собой наиболее эффективные части антенны. Расположение их на одном краю платы упрощает контроль синфазного напряжения, которое наводится между разъемами, делая их частями антенны.

#### 5. Между разъемами ввода/вывода не должно располагаться никаких высокоскоростных схем

Даже если два разъема находятся на одном краю платы, высокоскоростные схемы, размещенные между ними, могут наводить синфазное напряжение, которое в свою очередь образует связь между разъемами, в результате чего возникает значительное излучение.

#### 6. Критические сигнальные или тактовые дорожки должны находиться в углублении между силовыми полигонами и полигонами заземления

Разводка дорожек на слое между двумя сплошными полигонами позволяет удерживать поле, возникающее от этих дорожек, и предотвратить возникновение нежелательных связей.

**7. Выбирайте активные цифровые компоненты, которые имеют максимально допустимую длительность переключения вне схемы**

Если длительность переключения колебаний цифрового сигнала меньше, чем должна быть, то напряжение на верхних гармониках может быть выше необходимого. Если длительность переключения используемой логической схемы меньше, чем нужно, его можно снизить, например с помощью добавочных сопротивлений.

**8. Все соединения от одного устройства, находящиеся вне платы, должны проводиться через один и тот же разъем**

Многие компоненты (а особенно большие СБИС) генерируют значительные синфазные помехи между различными контактами ввода/вывода. Если одно из этих устройств присоединено более чем к одному разъему, то синфазные помехи будут создавать нежелательные связи, образуя антенны. Устройство станет также более чувствительным к излучаемому шуму от данной антенны.

**9. Высокоскоростные, или чувствительные, дорожки должны трассироваться по крайней мере на расстоянии 2X от края платы, где X — это расстояние между дорожкой и путем возврата ее тока**

Электрическое и магнитное поля, связанные с данной дорожкой, которая в свою очередь находится очень близко к краю платы, гораздо хуже подавляются. От дорожек, расположенных слишком близко к краю платы, возникающие перекрестные помехи и связи от антенн и на антенны будут значительно больше.

**10. Пары дорожек с дифференциальными сигналами должны разводиться вместе и сохранять одинаковое расстояние до любого сплошного полигона**

Дифференциальные сигналы менее чувствительны к шуму и с меньшей вероятностью будут генерировать излучения, если они сбалансированы (то есть имеют одинаковую длину и содержат одинаковый импеданс относительно других проводников).

**11. Все силовые полигоны, или полигоны под напряжением, которые соответствуют одному и тому же полигону возврата питания (заземляющему), должны разводиться на одном слое**

Если, например, на плате используется три полигона с напряжениями 3,3, 3,3 для аналоговой схемы и 1 В соответственно, желательно уменьшить высокочастотные связи между этими полигонами. Размещение полигонов напряжения на одном слое обеспечит отсутствие нахлестов и пересечений между ними, а также более эффективную разводку дорожек, поскольку менее вероятно, что активные

устройства потребуют две различные величины напряжения в одном (не важно каком) положении на плате.

**12. Расстояние между двумя любыми силовыми полигонами на заданном слое должно составлять по крайней мере 3 мм**

Если два полигона на одном слое находятся слишком близко друг к другу, может возникнуть значительная высокочастотная связь. При неблагоприятных условиях, если между полигонами слишком маленькое расстояние, также могут появиться перегибы и короткие замыкания.

**13. На плате с силовыми и заземляющими полигонами использовать дорожки для соединения с питанием или «землей» нельзя. Соединения должны производиться с помощью переходных отверстий, прилежащих к силовым или заземляющим площадкам компонентов**

Дорожки на соединениях к полигонам, расположенные на разных слоях, занимают достаточно много места и увеличивают индуктивное сопротивление, которое в свою очередь ухудшит эффективность соединения.

**14. Если конструкция платы имеет больше одного слоя с полигонами для заземления, то любое соединение с «землей» в заданном местоположении должно производиться для всех слоев заземления и в том же месте**

Основной принцип здесь следующий: высокочастотные токи будут течь по возможности по наиболее выгодному (с наименьшей индуктивной сопротивляемостью) пути. Не пытайтесь направить течение этих токов только с помощью соединения с указанными полигонами.

**15. На заземляющих полигонах не должно быть зазоров или прорезей**

Обычно лучше всего иметь сплошной заземляющий полигон (полигон возврата сигнала) и слой, соответствующий этому полигону. На слоях, которые не соответствуют заземляющему полигону, должен производиться дополнительный возврат силового или сигнального тока, который в свою очередь должен быть изолирован по постоянному току от заземляющего полигона.

**16. Все силовые или заземляющие провода на плате, которые создают контакт (или связь) с шасси, кабелями или другими элементами антенны, должны быть связаны на высоких частотах**

Непредвиденные напряжения между различными проводниками, обычно условно называемыми «землей», являются первыми источниками излучения и причиной возникновения проблем с восприимчивостью.

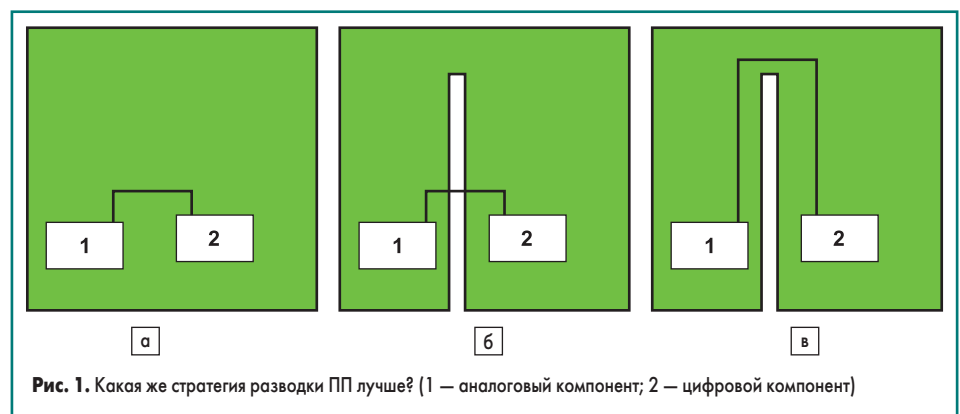
В дополнение к приведенным выше 16 советам разработчики плат часто используют рекомендации, характерные исключительно для их области. Например: «Схемы, генерирующие тактовые сигналы, использующие системы фазовой подстройки частоты, должны иметь свое собственное питание, полученное от питания платы с помощью ферритового кольца № 1234». Эти рекомендации основаны на опыте, который для одних специалистов может быть бесценным, а для других инженеров, не знающих или не понимающих причины этих рекомендаций, может стать лишь потерей времени, а в результате обернуться нефункциональным изделием. Очень важно понять физические основы каждого условия и рекомендации, которые вы хотите использовать.

Кроме того, для каждой конструкции важно определить потенциальные источники шумов, антенны и пути связи. Лучшие конструкции — это те, что удовлетворяют всем требованиям. Лучшие конструкции — те, что соответствуют всем необходимым характеристикам и имеют самую высокую надежность при самой низкой стоимости.

**Заключение**

Таким образом, мы получили список рекомендаций и понимание, почему и когда важно их использовать. Теперь давайте попробуем применить их для примеров разводки плат, приведенных на рис. 1.

Надеемся, вы сможете быстро отсеять альтернативу (рис. 1б), то есть конструкцию с дорожкой, пересекающей зазор на возвратном полигоне. Вариант (рис. 1а) использует самую короткую дорожку и поэтому является лучшим, поскольку зазор на заземляющем полигоне действительно не нужен. Если возникает проблема с низкочастотной прямой импедансной связью, вследствие чего применение зазора неизбежно, то предпочтительнее



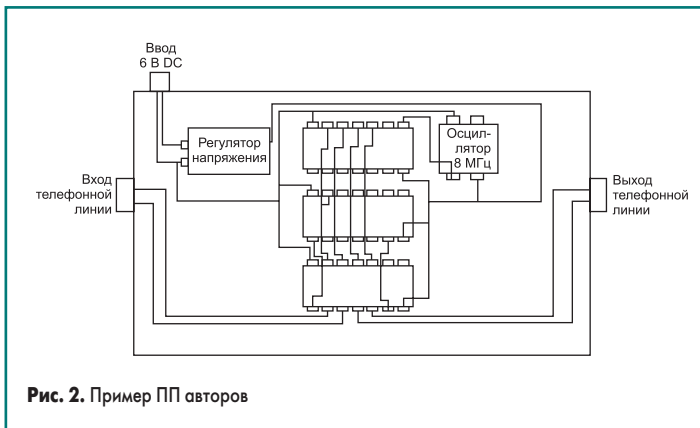


Рис. 2. Пример ПП авторов

использовать альтернативу (рис. 1в), которая почти так же хороша, как и (рис. 1а) в данной конструкции с разводкой одной дорожки. Помните, что длина микрополосковой сигнальной линии не столь важна, как общая площадь петли.

### Пример 1. Простая разводка однослойной платы

Авторы придумали устройство, которое сохраняет запись телефонного звонка, сделанного с этого телефона. Конструкция относительно проста и показана на рис. 2. Однако когда она была подключена к телефонной линии, излучение от устройства создавало помехи для телевизионного сигнала.

Данную конструкцию необходимо изменить так, чтобы снизить излучаемые помехи. Для этого можно сместить и/или добавить компоненты, однако должно быть соблюдено обязательное условие: использовать одностороннюю плату.

Начать нужно с определения потенциальных источников шумов и антенн. Конечно, 8-МГц тактовый сигнал является потенциальным источником шума, как и линии передачи данных. Устройство также может стать причиной возникновения значительных помех, влияющих на силовые линии. Потенциальные антенны — это три имеющихся разъема. В данной конструкции значительных излучений не возникнет, поскольку нет действительно больших элементов.

При перемещении компонентов необходимо постараться разместить все части антенны (в данном случае разъемы) на одной стороне платы.

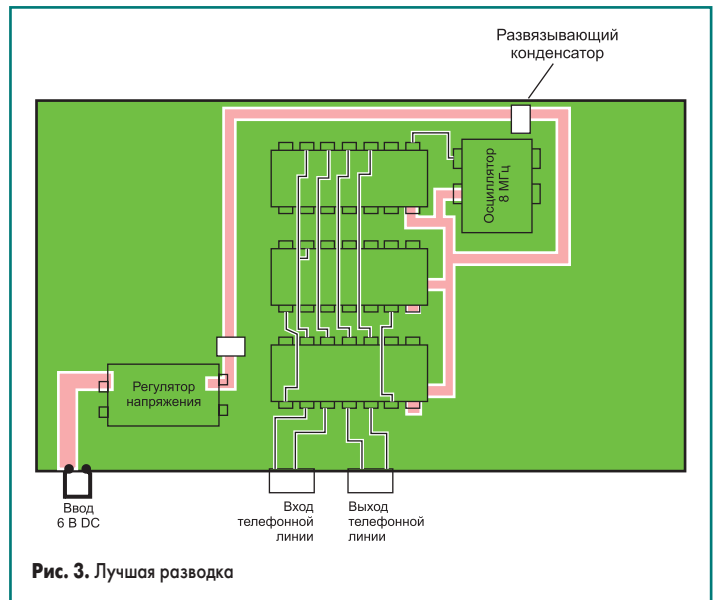


Рис. 3. Лучшая разводка

Кроме того, следует переориентировать компоненты для уменьшения длины дорожек. И наконец, необходимо заполнить пустое пространство на плате «землей» и убедиться, что каждая сигнальная дорожка имеет расположенный рядом путь для возврата тока.

Одно из решений проблемы показано на рис. 3. Сравним, как идет сигнальный ток 8 МГц в разводках, представленных на рис. 2 и 3. Этот ток идет от контакта тактового выхода осциллятора к контакту тактового входа верхней интегральной схемы, от заземляющего контакта верхней схемы к заземляющему контакту осциллятора. На рис. 3 эта петля значительно меньше. Надо обратить внимание, что здесь на разводке в той части полигона, которая находится между двумя любыми разъемами, нет возврата высокочастотного тока.

Конструкция на рис. 2 меньше соответствует требованиям по излучению и поэтому не может использоваться в готовых изделиях и продаваться. Конструкция на рис. 3 больше соответствует требованиям по излучению и не предполагает использования защитных покрытий и дорогих компонентов. И если на рынке возникнет потребность в таких устройствах, мы сможем предоставить платы для них.