

Электромагнитная совместимость и ограничения при конструировании печатных плат (часть 3)

Публикуется по: *Electromagnetic Compatibility and Printed Circuit Boards Constraints, Philips Semiconductors Application Note ESG 89001* (<http://www.semiconductors.philips.com/acrobat/applicationnotes/U89001.pdf>).

Перевод Владимира Семёнова (г. Великий Новгород)

В заключительной части статьи приведена информация об экранировании соединительных кабелей и фильтрации помех.

РАЗМЕЩЕНИЕ СОЕДИНИТЕЛЕЙ

Все разъёмы, обеспечивающие связь с другими устройствами, должны размещаться как можно ближе друг к другу. В этом случае синфазные токи, которые наводятся в кабелях, не будут проходить через проводники внутренних схем печатной платы (см. рис. 11). Кроме того, разность потенциалов между общими точками на печатной плате не будут возбуждать антенны-кабели.

Чтобы избежать таких синфазных эффектов, может потребоваться разделение заземлённой полоски около разъёмов, с одной стороны, и «земляной» плоскости и общих цепей других схем на печатной плате, с другой. Эта полоска должна быть, по возможности, соединена с металлическим корпусом изделия. Связь этой заземлённой полоски с другими «землями» допускается делать только через высокоимпедансную цепь: индуктивность, резистор, электромеханическое реле, оптоизолятор. Это будет объяснено при описании фильтровой цепи в разделе «Правильное использование и размещение фильтров и их деталей».

Вывод 9: Необходимо размещать все разъёмы как можно ближе друг к другу для того, чтобы избежать прохождения внешних токов через проводники или общие шины печатной платы.

Правильный выбор кабеля и соответствующего соединителя

Экранированные кабели имеют передаточный импеданс (см. рисунок 12). Кабель следует выбирать, учитывая амплитуду и частоту сигнала,

проходящих через него. Если кабели, выходящие из корпуса, несут данные с тактовой частотой более 10 кГц, экранирование этих кабелей является необходимым. Этот экран должен быть связан с «землёй» (металлическим корпусом изделия) на обоих концах провода, чтобы действовать как электрический и магнитный экраны.

Если используются отдельные «земли» (для разъёма и схемы), экран нужно соединить с «землёй» разъёма, а не со схемой.

Экран кабеля обычно не используется как путь возвратного тока. Исключение составляют коаксиальные кабели.



Рис. 11. Оптимальное размещение разъёмов на печатной плате

Используя пассивные фильтры последовательно во входных и выходных сигнальных цепях для уменьшения высокочастотных компонент, можно избежать необходимости в высококачественном экранировании и соответствующем разъёме.

Хороший экранированный кабель имеет передаточный импеданс не более чем $|j\omega \times 10 \text{ нГн/м}|$. Каждый провод имеет индуктивность в 1 нГн/мм. В случае, если экран такого кабеля при соединении к разъёму свёрнут в «косичку», её индуктивность будет уменьшать экранирующее действие

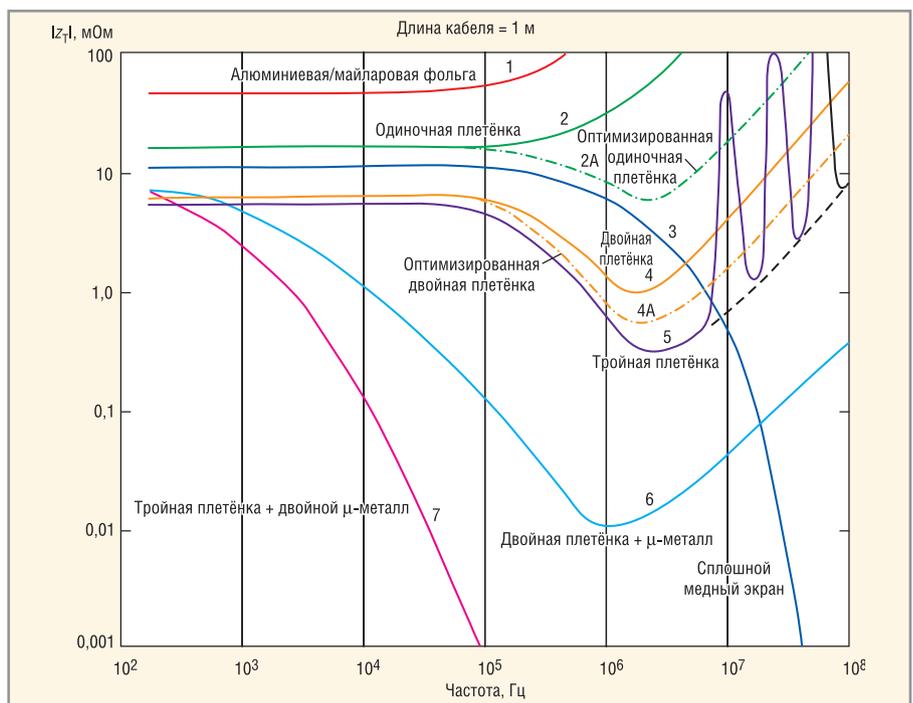


Рис. 12. Передаточный импеданс различных кабельных экранов

Передаточный импеданс Z_T представляет собой отношение между током, проходящим через экран от внешнего источника, и напряжением, наведённым на номинальном нагрузочном сопротивлении этого кабеля

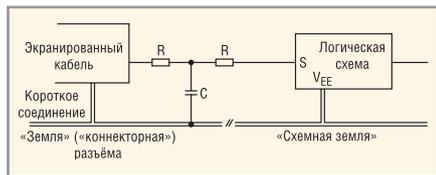


Рис. 13. Схема взаимосвязи и фильтрации экранированного кабеля по отношению к печатной плате

кабеля, увеличивая его передаточный импеданс.

Вывод 10: Хороший экранированный кабель заслуживает соответствующего разъёма.

Правильное использование и размещение фильтров и их деталей

Сужение спектра сигналов можно получить, используя низкочастотные RC-фильтры. В случае, если падение напряжения на последовательном резисторе недопустимо, следует использовать индуктивность с высокими потерями на радиочастотах. Низкочастотный LC-фильтр всегда проявляет резонансы, и, следовательно, следует сохранять его добротность низкой.

Фильтр можно использовать: 1) чтобы избежать излучения от печатной платы и 2) чтобы улучшить защиту платы от внешних воздействий, например, от излучения радиопередатчиков, из-за электростатических разрядов (ESD) и т.д.

Схема соединения экрана кабеля и низкочастотного RCR-фильтра дана на рисунке 13. Расположение элементов фильтра следует осуществлять таким образом, чтобы не нарушать требований к максимальным длинам проводников (см. табл. 7).

Вывод 11: Токи, которые не принадлежат к внутрисхемным сигналам, должны проходить по другому пути.

Вывод 12: Спектр сигнала должен быть ограничен до возможной наименьшей величины. Используйте самое медленное семейство логических микросхем, подходящих для данной задачи.

ДЕМОНСТРАЦИОННАЯ ПЕЧАТНАЯ ПЛАТА: ЭФФЕКТЫ РАЗВОДКИ И РАЗВЯЗКИ

Для того чтобы продемонстрировать эффекты сигнальных линий и их возвратных токов по отношению к магнитному излучению, была использована печатная плата формата EURO-card (100 × 160 мм).

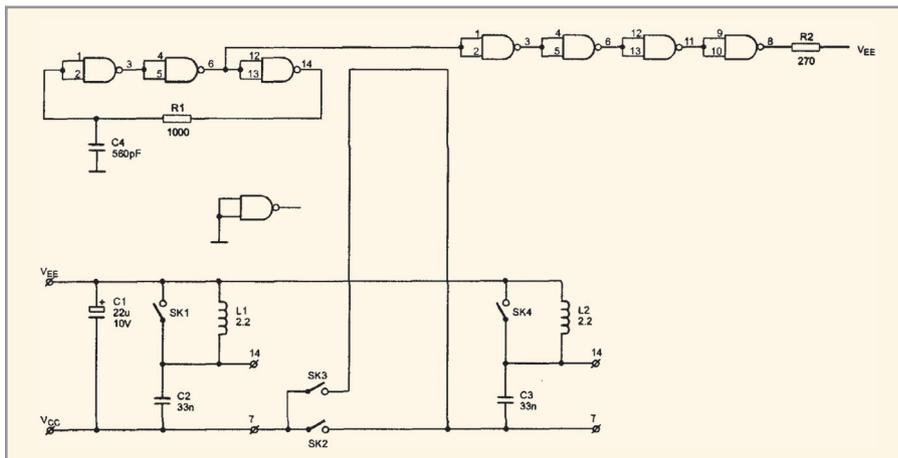


Рис. 14. Схема демонстрационной платы

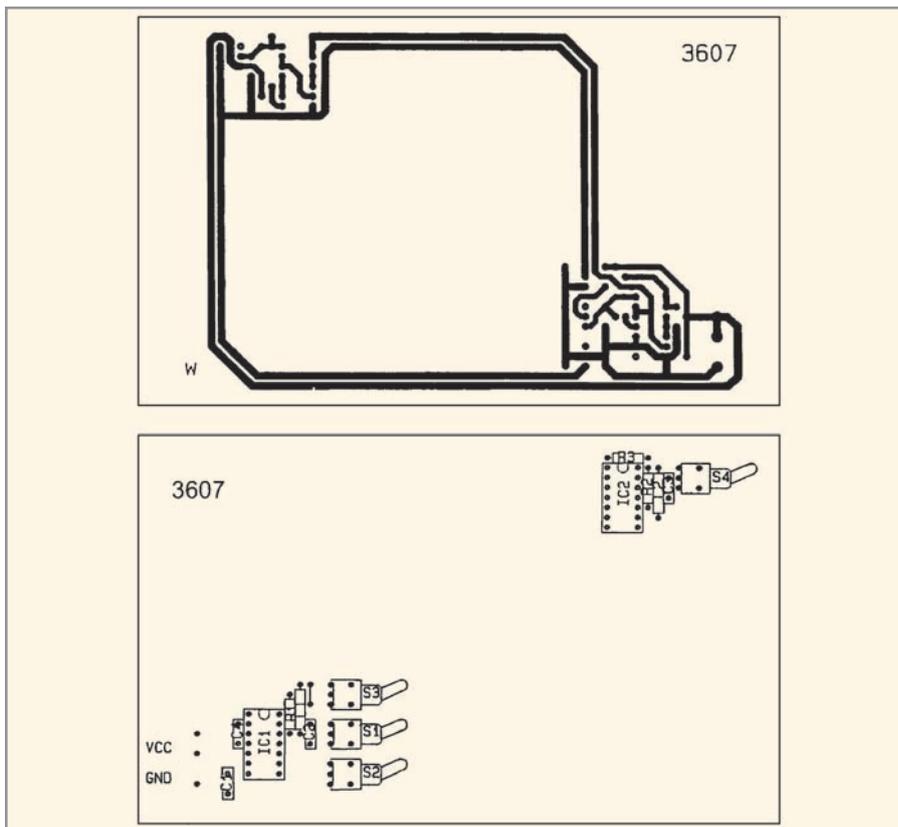


Рис. 15. Топология демонстрационной платы и расположение её компонентов

Плата содержит релаксационный генератор, созданный тремя инверторами (NANDs) и RC-цепочкой (1 кОм, 560 пФ), который генерирует прямоугольный сигнал. Частота определяется используемой логикой и её пороговыми напряжениями (в первую очередь, конечно, RC-цепочкой. – Прим. пер.). Этот генератор помещён в угол платы вместе с несколькими переключателями для того, чтобы изменять путь возвратного тока и развязку по питанию. В противоположном углу печатной платы в качестве емкостной нагрузки расположен другой счётверённый логический элемент И–НЕ. Эти элементы расположены каскадно

и изменяют свое состояние с некоторой задержкой. Последний элемент нагружен резистором. Развязку питания этой интегральной схемы также можно изменять.

Таблица 8. Список конфигураций переключателей на демонстрационной плате, используемых при измерении излучения

Ситуация	Положение переключателей			
	SW1	SW2	SW3	SW4
1	Вкл.	Вкл.	Выкл.	Вкл.
2	Вкл.	Вкл.	Вкл.	Вкл.
3	Вкл.	Выкл.	Вкл.	Вкл.
4	Выкл.	Выкл.	Вкл.	Выкл.

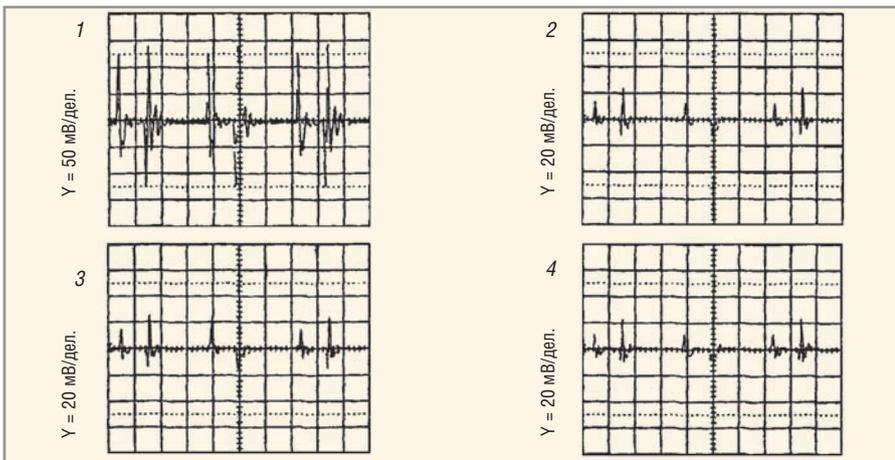


Рис. 16. Результаты временных измерений излучения демонстрационной платы в полосе пропускания 150 МГц

Скорость развёртки 0,5 нс/дел.

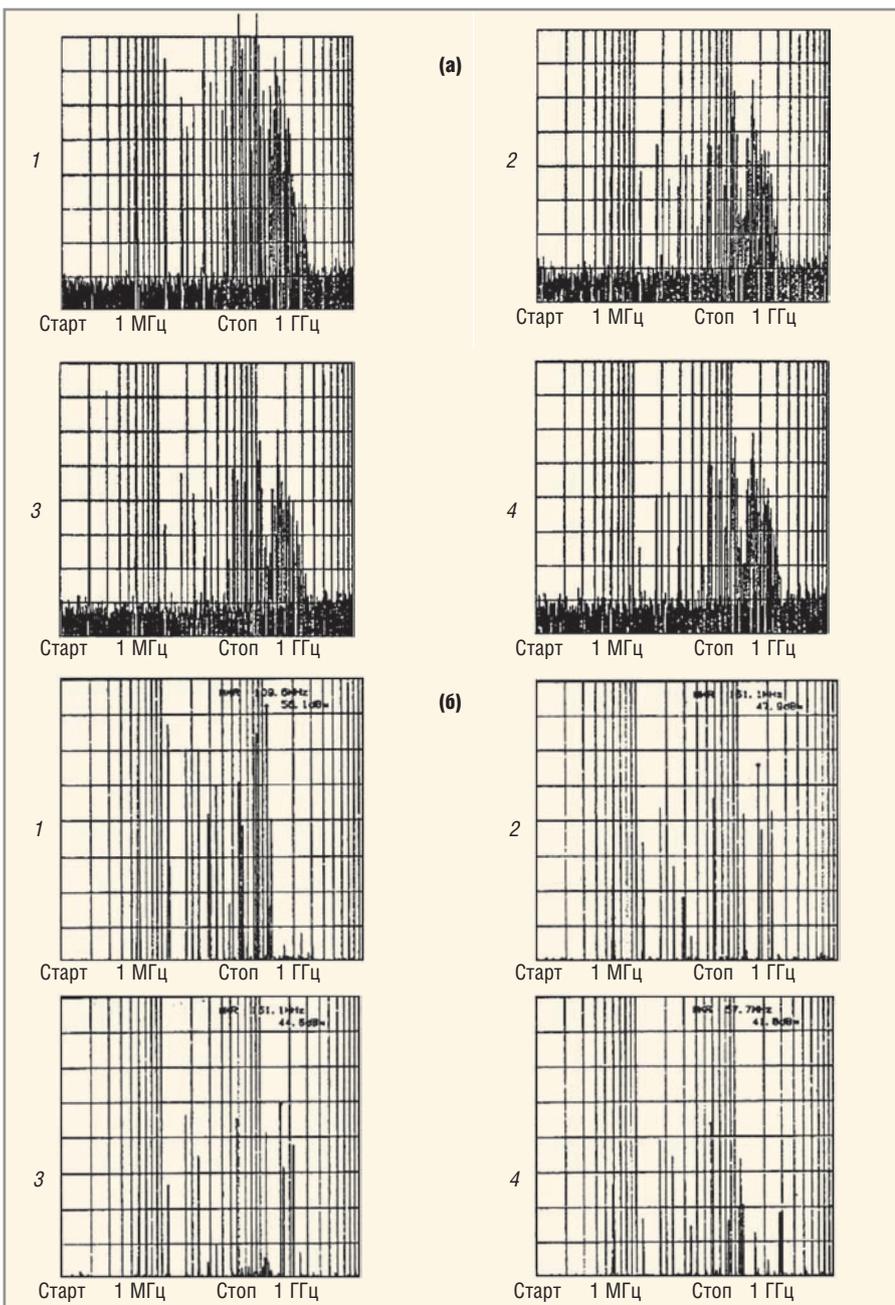


Рис. 17. Результаты частотных измерений излучения демонстрационной платы

а) пик-детектором; б) усредняющим детектором. REF 60 дБм, ATT 10 дБ, 5 дБ/дел.

Схема приведена на рисунке 14, а топология печатной платы и расположение компонентов – на рисунке 15.

Топология выбрана таким образом, чтобы проводники питания находились как можно ближе друг к другу. В соответствии с указаниями, данными выше, параллельно сигнальному проводнику помещается путь возвратного тока. На выводах питания каждой интегральной схемы добавляется развязывающий конденсатор. Посредством переключателей в цепь питания можно добавить или убрать последовательную индуктивность.

В таблице 8 показаны четыре положения переключателей:

Положение 1. Развязка питания происходит только посредством конденсаторов, и путь возвратного тока проходит через проводник питания V_{ee} (V_{dd}).

Положение 2. Развязка питания происходит только посредством конденсаторов, и путь возвратного тока проходит через проводник питания V_{ee} (V_{dd}), а также через проводник, параллельный сигнальному проводнику. Электромагнитная связь между сигналом и его возвратным током определяет прохождение только малой части возвратного тока через проводники питания.

Положение 3. Проводник питания, V_{ee} (V_{dd}), исключается, и I_{cc} и возвратный ток должны проходить через проводник, следующий рядом с линией сигнала. Высокочастотные компоненты возвратного тока всё же будут проходить через проводник V_{cc} (V_{ss}) благодаря развязывающим конденсаторам на выводах питания интегральной схемы.

Положение 4. При добавлении индуктивности с большими радиочастотными потерями последовательно с проводником питания V_{cc} ко всем интегральным схемам, все возвратные токи должны проходить через проводник, приближенный к линии сигнала, а излучение от контура на печатной плате уменьшается.

Эффекты, связанные с излучением, могут быть измерены во временной и частотной областях. Измерение в частотной области имеет преимущество в том, что можно показать разницу между ситуациями 3 и 4, слабо различимую на осциллографе.

Чтобы показать эти явления, используется осциллограф с полосой пропускания 150 МГц. Маленькая

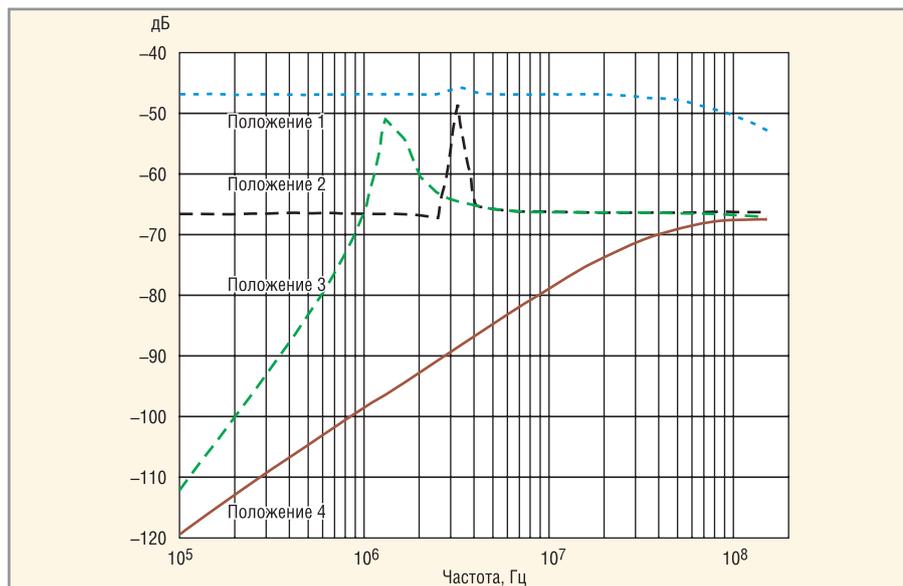


Рис. 18. Результаты анализа электромагнитного излучения демонстрационной платы в четырёх ситуациях с помощью программы PHILPAC

(электрически экранированная) петля используется как измерительный зонд. При отсутствии такого зонда можно использовать петлю, созданную путем использования пробника напряжения, в котором «земляной» щуп накоротко замкнут с измерительным. Эту «петлю» помещают на

печатную плату как вторичный контур около проводников питания. На осциллографе можно наблюдать влияние положений переключателей. Результаты измерений во временной области показаны на рисунке 16.

В случае, если используется спектральный анализатор, следует помес-

тить на печатную плату электрически экранированную измерительную петлю в качестве вторичного контура около проводников питания. На экране можно наблюдать влияние положений переключателей. Результаты измерений в частотной области показаны на рисунке 17.

Поведение печатной платы было смоделировано с помощью программы PHILPAC для синусоидального источника сигнала, и суммарный ток через проводники V_{ee} и V_{dd} показан на рисунке 18. В смоделированной схеме принята во внимание паразитная ёмкость дросселей, что привело к одинаковому результату на более высоких частотах в положениях 3 и 4. До тех пор, пока измерительный зонд находится вне зоны генератора, который сам по себе является источником излучения (а также благодаря переключателям), это влияние проявляется совершенно определённо.

Замечание: Поскольку излучение любой пассивной цепи является взаимным, те же результаты могли бы быть получены в случае исследования восприимчивости к электромагнитному излучению.



ChipEXPO

ОКТАБРЬ 18-20 -2005

3-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
РОССИЯ • МОСКВА • ЭКСПОЦЕНТР

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

Министерство промышленности и энергетики Российской Федерации
Министерство экономического развития и торговли Российской Федерации
Федеральное агентство по промышленности
Департамент науки и промышленной политики города Москвы
Московская торгово-промышленная палата

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ
 ЗАО «ЧипЭкспо», Россия,
 111141, Москва, ул. Перовская 19/2, стр. 3,
 тел./факс: (095) 368-1039, e-mail: info@chipexpo.ru
www.chipexpo.ru

МОСКВА, ЭКСПОЦЕНТР
18 - 21 октября 2005 г.