

Рекомендации по проектированию печатной платы для динамически программируемых аналоговых микросхем Anadigm

Александр ЩЕРБА
shcherba@prosoft.ru

В статье даны рекомендации по предотвращению наиболее распространенных ошибок при проектировании печатных плат для всех смешанных аналого-цифровых систем и особенно для динамически программируемых аналоговых интегральных микросхем Anadigm. Наши советы помогут разработчикам уменьшить шумы и повысить эффективность обработки аналоговых сигналов.

Программируемые аналоговые микросхемы Anadigm

Программируемые аналоговые микросхемы Anadigm имеют ряд новых уникальных возможностей при обработке аналоговых сигналов [1]. Первой из них является возможность перевести сложное аналоговое устройство в простой набор базовых модулей, выполняющих аналоговую обработку сигнала: это дает разработчикам аналоговый эквивалент программируемых логических схем (ПЛИС). Предоставляя аналоговый эквивалент логических вентилей, ПАИС Anadigm позволяет разработчикам создавать описания аналоговых функций, при этом они могут не думать о реализации их на низком уровне с помощью компонентов. Процесс проектирования аналоговых схем на таком уровне абстракции становится настолько простым, что даже неподготовленные специалисты, используя систему автоматизированного проектирования

AnadigmDesigner2, могут создавать сложные схемы, для разработки которых обычно нужно несколько недель или месяцев проектных работ [2].

Вторая возможность позволяет изменять, добавлять или удалять аналоговые функции по мере необходимости в реальном времени. С помощью динамической реконфигурации можно управлять аналоговыми функциями, которые будут обновляться в режиме реального времени, используя автоматически сгенерированный С-код или заранее подготовленные конфигурации. Параметры схемы изменяются на лету, за несколько тактов с помощью внешнего процессора, что не прерывает работу ПАИС, тем самым сохраняется целостность системы.

Наличие в составе аналоговой микросхемы цифровых блоков, предназначенных для управления конфигурационной логикой, может привести к возникновению помех в виде цифровых шумов в аналоговом сигнале. Поэтому при проектировании печатной платы для ПАИС Anadigm разработчик должен учитывать ряд требований к дизайну печатной платы, а также соблюдать рекомендации по размещению на ней компонентов [3].

Заземление и «земляная» шина

При проектировании печатной платы применяется несколько способов заземления. Одним из них является «рабочее заземление», при котором все платы и модули в системе используются совместно. При этом самую распространенную проблему в таких системах представляет общее сопротивление «земли», показанное на рис. 1.

Как видно на рис. 1, ток, протекающий на «землю» в цепи 1, потенциально может производить шум в цепи 2 путем модуляции потенциала «земли». Такие общие сопротивления «земли» создаются при подключении заземления последовательной цепочкой. Вместо этого рекомендуется заземляться соединением типа «звезда» (рис. 2б), при этом точка объединения «земляных» шин (системная «земля») от различных модулей и цепей обработки сигнала должна находиться как можно ближе к источнику тока. Кроме того, все «земляные» шины должны иметь максимальное сечение. Создание одной точки заземления — важная и очень сложная задача.

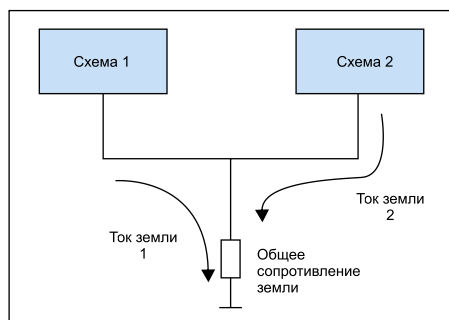


Рис. 1. Общее сопротивление «земли»

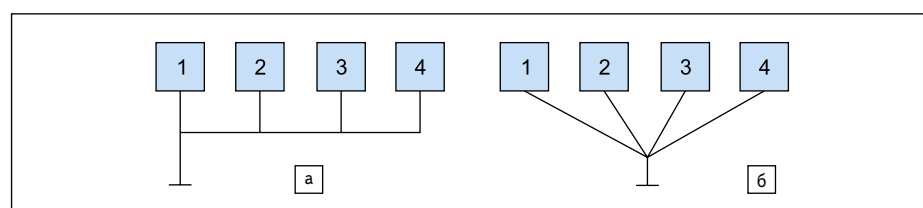


Рис. 2. Способы создания системной «земли»: а) соединение цепочкой; б) соединение типа «звезда»

Движение возвратных токов

Ток, протекающий по сигнальным цепям, создает такой же по величине ток, движущийся в обратном направлении по «земляной» шине, — так называемый возвратный (обратный) ток. Узкие участки дорожек на печатной плате могут создать условия, при которых обратный ток выберет путь с меньшим сопротивлением и широкой дорожкой (сечением), при этом создавая паразитный контур. С точки зрения уменьшения электромагнитных помех наилучшим вариантом будет движение обратного тока под сигнальной дорожкой или параллельно ей в непосредственной близости. При использовании многослойных печатных плат хорошим решением будет использование отдельного слоя, предназначенного для заземления, полностью заполненного медью. Этот слой из-за низкого сопротивления значительно уменьшит электромагнитные помехи, а также может служить электромагнитным экраном.

Дорожки обратных токов должны иметь минимальную индуктивность и сопротивление. Сопротивление узких дорожек будет вносить измеримое падение напряжения, которое будет изменять потенциал «земли», и если в цифровой системе эти изменения приемлемы, то для аналоговой системы они могут быть критичными.

Расположение цифровых и аналоговых компонентов на печатной плате

При размещении на одной печатной плате аналоговых и цифровых компонентов очень важно организовывать их в отдельные блоки, чтобы минимизировать взаимодействие между потенциально шумными цифровыми блоками и чувствительными аналоговыми схемами. Высокочастотные компоненты логики должны быть расположены близко друг к другу и близко к разъему, для того чтобы дорожки, по которым двигаются высокочастотные сигналы, были минимальной длины. Короткие дорожки уменьшают распределенную емкость и взаимную индуктивность между сигнальными дорожками. В то же время низкочастотные логические блоки можно расположить дальше на печатной плате. Таким же образом нужно поступить с элементами аналоговой схемы, компактно размещая высокочастотные части схем отдельно от низкочастотных.

На рис. 3 показаны два возможных оптимальных варианта расположения аналоговых и цифровых блоков на печатной плате. Во втором варианте тактовый (опорный) генератор расположен в центре, это сделано для того, чтобы использовать наиболее короткие проводники для соединения с цифровыми и аналоговыми блоками и мак-

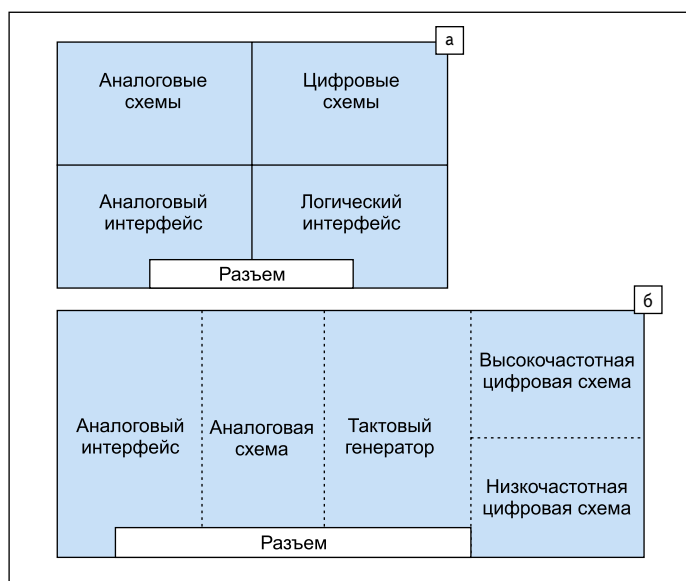


Рис. 3. Расположение аналоговых и цифровых блоков на печатной плате

симально избежать использования переходных отверстий. Более высокочастотные цифровые блоки расположены как можно дальше от аналоговых блоков, для того чтобы избежать электромагнитных помех.

Разделение цифровой и аналоговой «земли»

Отличный способ гарантировать минимальное взаимодействие между аналоговыми и цифровыми сигналами — это разделить аналоговую и цифровую «землю» на отдельные изолированные полигоны или слои многослойной печатной платы (МПП) и соединить их в системной заземляющей точке. При таком решении аналоговые блоки будут располагаться на аналоговых полигонах «земли» и питания, а цифровые — только на цифровых полигонах. При этом важно не допускать перекрытия полигонов аналоговых и цифровых цепей для предотвращения проникновения помех от работы цифровых компонентов в аналоговую схему (рис. 4).

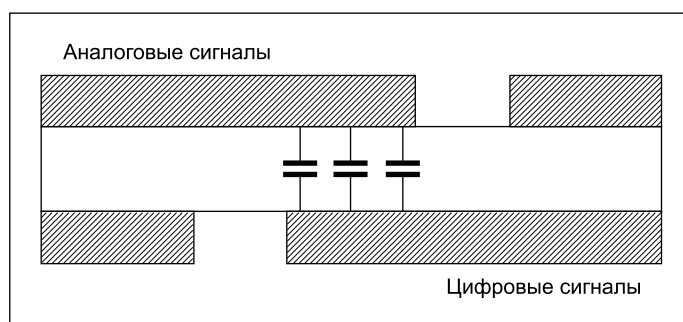


Рис. 4. Образование паразитных емкостей на печатной плате между аналоговыми и цифровыми полигонами

Многослойные печатные платы, использующие отдельные слои для питания и заземления, будут оптимальным вариантом, но не всегда практичным решением. При использовании двуслойной печатной платы участок «земли» должен быть увеличен на обеих сторонах печатной платы, все свободные участки можно заполнить медью с помощью полигонов. Трассировка предполагает заполнение медью, подключенной к земляной шине, свободных участков между сигнальными дорожками. Такое решение может значительно снизить электромагнитные помехи.

В 4-слойных печатных платах необходимо убедиться, что питание и заземление обеспечиваются двумя внутренними слоями. Такое размещение гарантирует хорошую электромагнитную развязку компонентов, установленных на внешних, противоположных слоях печатной платы, а внутренние слои будут служить экраном.

Смешанные сигналы, например преобразователей или ПАИС, должны быть расположены в аналоговой части платы, рядом с границей раздела цифровых и аналоговых компонентов, при этом ПАИС должна быть повернута цифровыми выводами к границе. Ранее рекомендовали устанавливать ПАИС Anadigm на самой границе, причем так, чтобы аналоговые выводы ПАИС находились на аналоговой части платы, а цифровые — на цифровой. Теперь это не рекомендуется, по нескольким причинам. Одной из причин является тот факт, что аналоговая и цифровая «земли» не могут быть полностью разделены на кристалле микросхемы, и не исключено, что «аналоговые» обратные токи потекут через «цифровые» выводы.

Питание цифровой и аналоговой части ПАИС

Настоятельно рекомендуется использовать отдельные источники питания для питания цифровых и аналоговых компонентов схем. Цифровой источник питания должен использоваться только для питания цифровых компонентов и блоков. Источник питания для аналоговых блоков можно использовать для смешанных схем, в которых

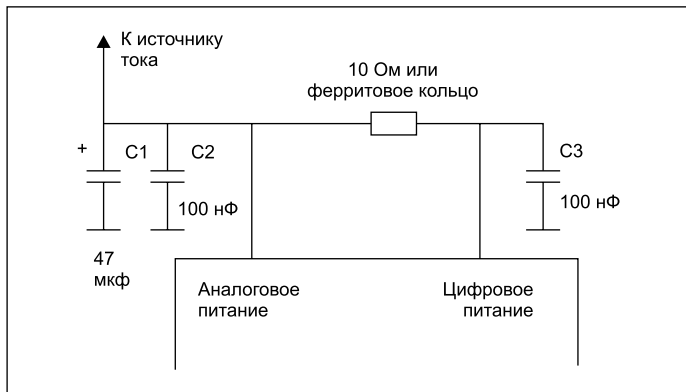


Рис. 5. Способ подключения аналоговых и цифровых блоков от одного источника питания

есть элементы как аналоговых, так и цифровых компонентов, таких как ПАИС Anadigm. При использовании одного источника питания для питания аналоговых и смешанных схем необходимо применять схему подключения, представленную на рис. 5.

Фильтрующие конденсаторы шунтируют высокочастотный и низкочастотный шум, возникающий на шине питания. Рекомендуется использовать керамические конденсаторы с низким сопротивлением — 10 или 100 нФ (диэлектрик X7R или аналогичный), соединяя их параллельно с электролитическим конденсатором 4,7 или 47 мкФ для каждой микросхемы. Керамические конденсаторы должны быть расположены максимально близко к выводу микросхемы и соединены короткими широкими проводниками. Применение керамического конденсатора необходимо для фильтрации высокочастотного шума, поэтому избегайте создания паразитных индуктивностей в цепях питания.

При выборе вариантов разводки шин питания и «земли» не допускайте образования замкнутых контуров (рис. 6), особенно это касается односторонних печатных плат. Такие замкнутые контуры будут служить своеобразной антенной, при этом чем больше будет площадь такого контура, тем больше будет уровень наведенных в нем помех. Размещайте шины «земли» и питания в таких случаях параллельно и близко друг к другу.



Рис. 6. Возникновение замкнутого контура, образованного шиной «земли» и питания

Тактирование схемы

Не размещайте несколько асинхронных тактовых генераторов на одной печатной плате, попытайтесь вывести тактовые сигналы из одного тактового генератора. ПАИС Anadigm содержит встроенный делитель тактовой частоты, это гарантирует, что все необходимые тактовые частоты могут быть получены от одного тактового генератора. Отключайте все неиспользованные генераторы и делители тактовой частоты. В случае применения нескольких тактовых генераторов их необходимо размещать на печатной плате компактно,

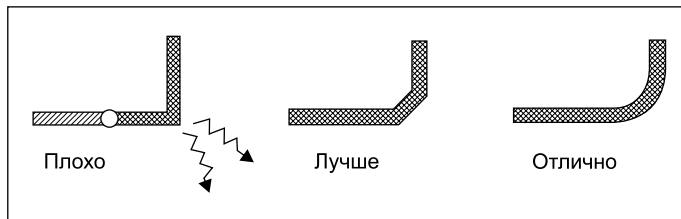


Рис. 7. Сглаживание углов проводников

раздельно друг от друга, изолируя их возвратные токи и максимально уменьшая сигнальные проводники. Использование различных методов экранирования тактовых генераторов положительно скажется на общих шумах схемы.

При проектировании печатных плат нужно избегать применения проводников с острыми углами и изгибами, которые могут создать отражение сигнала и концентрацию магнитных полей в месте изгиба. Это показано на рис. 7. Наличие чрезмерного числа переходных отверстий может создавать многочисленные паразитные индуктивности, по этой причине использовать переходные отверстия следует только в случае крайней необходимости.

ПАИС Anadigm, содержащие в себе смешанные сигналы (аналоговые и цифровые), должны быть расположены на аналоговом заземляющем полигоне, но максимально близко к цифровым компонентам. Это необходимо для того, чтобы длина проводников с цифровыми сигналами была минимальна. На рис. 8 представлены аналоговые и цифровые компоненты схемы, расположенные соответственно на аналоговом и цифровом заземляющем полигоне, они соединены с помощью «моста». Шина «земли» и цифровые сигналы от цифровой схемы будут проходить в ПАИС Anadigm через «мост», не образуя контур.

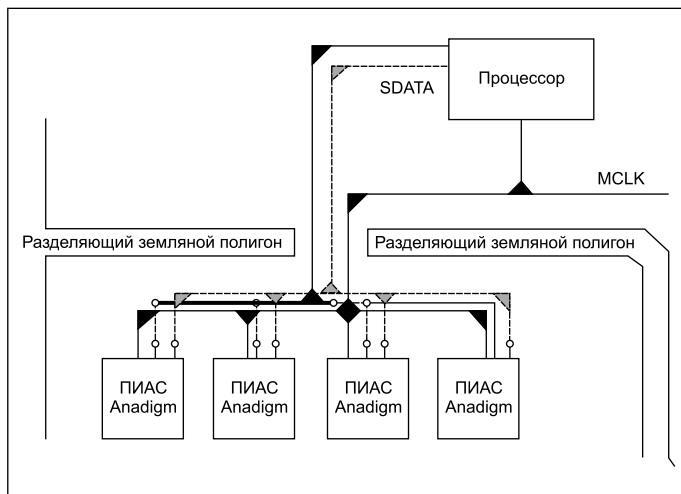


Рис. 8. Размещение ПАИС Anadigm на печатной плате

Выбор компонентов

Большинство аналоговых функций включено в ПАИС, но тем не менее некоторые внешние компоненты необходимо применять. К ним относятся:

- конденсаторы для питания;
- конденсаторы в сигнальном тракте;
- внешние усилители (если необходимо).

Фильтрующие конденсаторы по питанию должны иметь хорошие параметры на высоких частотах и обладать минимальным дрейфом характеристик от температуры и времени работы. По этой причине керамические конденсаторы с диэлектриком X7R и танталовые электролитические конденсаторы являются хорошим выбором.

Для цепей сигнального тракта рекомендуется использовать конденсаторы с диэлектриком NP0 или ZOG. Такие конденсаторы имеют низкий коэффициент изменения емкости в зависимости от приложенного к ним напряжения. Это свойство может быть очень важным при использовании конденсаторов во входных/выходных фильтрах. Иначе фильтр может менять свою частоту в течение одного периода синусоиды, что добавит искажения в сигнал [4].

Внешние усилители могут потребоваться для фильтрации или усиления слабого сигнала до приемлемого значения или смещения уровня входного сигнала на постоянную величину, равную VMR, что необходимо для работы ПАИС. Такие усилители должны работать в инвертирующем режиме, это связано с тем, что в неинвертирующем режиме многие операционные усилители вносят дополнительные искажения сигнала. Применение металлопленочных резисторов предпочтительней, чем использование углеродных резисторов.

Опорное напряжение ПАИС

Все ПАИС Anadigm используют опорное напряжение (VMR). Встроенный прецизионный источник опорного напряжения обеспечивает стабилизацию режимов работы всех узлов и привязку к абсолютным значениям выходных напряжений.

Применение эффективного и малошумящего источника опорного напряжения — очень важный момент при проектировании. Электромагнитные помехи, попадающие на вывод VMR, проходят без ограничений в аналоговые блоки ПАИС. По этой причине на вывод VMR следует устанавливать фильтрующие внешние керамические конденсаторы. Эти конденсаторы должны быть размещены как можно ближе к контактам микросхемы, по возможности сводя к минимуму площадь петли для уменьшения наведенных помех. Кроме того, это напряжение не предназначено для внешнего использования. Для использования этого напряжения внешними блоками рекомендуется использовать буферный усилитель, размещенный максимально близко к ПАИС. При необходимости для ПАИС Anadigm можно использовать внешнее опорное напряжение [5].

Заключение

Программируемые аналоговые схемы содержат на кристалле аналоговые и цифровые элементы. Правильный подход к проектированию печатной платы позволит максимально уменьшить электромагнитные помехи при работе схемы. Этот подход заключается в соблюдении следующих правил:

1. Не допускайте создания на печатной плате замкнутых контуров.
2. Применяйте дорожки питания с максимальным сечением и устанавливайте развязывающие конденсаторы по питанию для каждого активного компонента схемы.
3. Тщательно планируйте движение возвратных токов цифровых и аналоговых блоков, цифровые возвратные токи не должны проходить через аналоговую схему.
4. Используйте соединение типа «звезда» для «земляной» шины или применяйте многослойные печатные платы с отдельными слоями «земли» и питания.
5. Размещайте аналоговые и цифровые блоки, высокочастотные и низкочастотные компоненты отдельно друг от друга.
6. Используйте отдельные блоки питания для цифровой и аналоговой схемы.
7. Высокочастотные блоки размещайте компактно, используя сигнальные дорожки минимальной длины. ■

Литература

1. Щерба А. Динамическое программирование аналоговых схем Anadigm управляющим методом // Компоненты и технологии. 2010. № 12.
2. Щерба А. Программируемые аналоговые ИС Anadigm: применение конфигурируемых аналоговых модулей в составе программы AnadigmDesigner2 // Компоненты и технологии. 2007. № 12.
3. Design Considerations in Mixed Signal System Boards. App Note 202. Anadigm, 2002.
4. Щерба А. Построение входных и выходных цепей программируемых аналоговых схем Anadigm // Компоненты и технологии. 2008. № 12.
5. AN121E04/AN221E04 Field Programmable Analog Arrays. User Manual. UM021200-U007g. Anadigm, 2003.