

ПРОБЛЕМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ И ТРАССИРОВКИ ПЛАТ С АЦП И СХЕМ СО СМЕШАННЫМИ СИГНАЛАМИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ОДНОВРЕМЕННОЙ МИНИМИЗАЦИИ РАДИОЧАСТОТНЫХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ

Многим разработчикам долгое время не удавалось достичь желаемых характеристик схем с аналого-цифровыми преобразователями (АЦП) и они приходили к выводу, что получение приводимых в технической документации характеристик вообще невозможно на практике.

Виной тому неудачная техника заземления в схемах с быстродействующими АЦП и схемах со смешанными сигналами, которая приводит к чрезмерным помехам, в случае если токи сигналов цифровых цепей находят себе пути в аналоговой области схемы (через общий полигон или заземляющий слой).

Существует много способов организации заземления в схемах с АЦП и в схемах со смешанными сигналами, и каждый разработчик на этот счет имеет свое мнение. Выбор того или иного метода заземления обычно опирается на опыт, приведший к положительным результатам. У популярной техники заземления схем с АЦП, основанной на разделении полигонов заземления, которая дает превосходные первичные шумовые характеристики, есть свои недостатки. Она подходит для получения хороших шумовых характеристик от быстродействующих АЦП, однако не годится с точки зрения повышенного уровня электромагнитных и радиочастотных помех.

В этой статье мы обсудим, как осуществить заземление, чтобы добиться хорошего соотношения динамических характеристик и минимального уровня радиочастотных и электромагнитных шумов. Предметом нашего внимания станут скин-эффект (skin effect) и эффект наводки (proximity effect).

Скин-эффект

Мы знаем, что электрический ток выбирает путь наименьшего импеданса. На относительно низких частотах это путь наименьшего сопротивления. В этом случае постоянный и низкочастотный токи заполняют весь объем проводника. В случае с полигоном металлизации ток распространяется таким образом, чтобы заполнить весь его объем, и сопротивление этого полигона зависит от площади его поперечного сечения.

Однако, как только частота сигнала достигает нескольких МГц, путем наименьшего импеданса становится путь наименьшей индуктивности. При протекании переменного тока через проводник переменное магнитное поле вокруг него сильнее у центра проводника и ослабевает пропорционально расстоянию от центра. Результатом этого является более высокая индуктивность в центре проводника, уменьшающаяся с увеличением расстояния от центра, которая вынуждает переменный ток течь пре-

имущественно у поверхности проводника или по его поверхности. Это явление известно как скин-эффект [4]. Суть скин-эффекта заключается в том, что для высоких частот эффективная площадь поперечного сечения проводника ниже, чем можно предположить, и реактивная составляющая импеданса проводника на самом деле больше, чем сопротивление, которое показал бы омметр. Реактивная составляющая сопротивления плоского проводника (такого как дорожка печатной платы) определяется формулой:

$$R_{ac} = \frac{2.61 \times 10^{-7} \sqrt{f \times \rho_r}}{2 \times (w + h)}$$

где:

R_{ac} – реактивное сопротивление, Ом/мм;

f – частота, Гц;

ρ_r – удельное сопротивление проводника (ρ_r меди = 1.00);

w – ширина печатного проводника в миллиметрах;

h – высота печатного проводника в миллиметрах.

Из этой формулы следует, что при частоте сигнала 40 МГц типовая дорожка печатной платы шириной 0.15 мм и высотой 0.04 мм имела бы реактивное сопротивление 0.043 W на сантиметр. Удвоение толщины (высоты) дорожки до 0.08 мм увеличит площадь поперечного сечения проводника в 2 раза, уменьшив его реактивное сопротивление всего на 17 %. Если же удвоить ширину дорожки (до 0.3 мм), то удвоится и общая площадь проводника и площадь его поперечного сечения. Реактивное сопротивление в этом случае уменьшится на 44 %. Таким образом, очевидно, что на высоких частотах общая площадь поверхности проводника важнее, чем площадь его поперечного сечения.

С ростом частоты скин-эффект становится более выраженным, при этом проводник может быть как полым и тонкостенным (рис. 1).

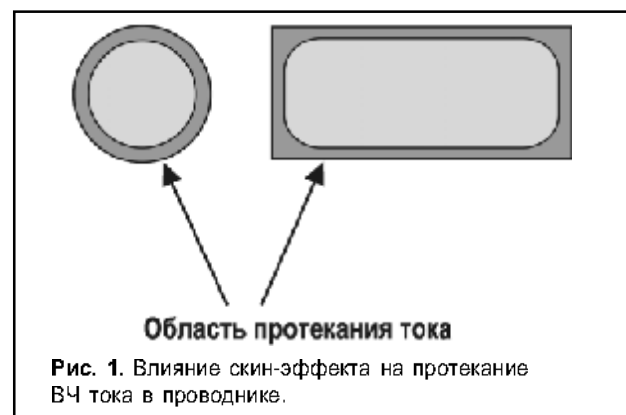


Рис. 1. Влияние скин-эффекта на протекание ВЧ тока в проводнике.

Индуктивность дорожки или проводника вынуждает ток течь только по его поверхности, вследствие чего эффективная площадь сечения проводника радикально уменьшается, что в свою очередь приводит к росту сопротивления проводника с ростом частоты. Но это не единственный эффект, определяющий реактивное сопротивление проводника.

Эффект «близости»

Магнитное поле, создаваемое вытекающими и втекающими токами, вынуждает их течь как можно ближе друг к другу минимизируя область прохождения сигнала и количество энергии, необходимой для создания и поддержания магнитного поля. Это заставляет втекающий ток в смежном слое (смежный слой или полигон земли) течь в этом слое по пути, пролегающему как можно ближе к соответствующему вытекающему току. Результатом является протекание втекающего тока в узкой области проводника находящейся под или над проводником несущим соответствующий вытекающий ток.

Зависимость плотности тока в смежном слое от расстояния до проводника, несущего вытекающий ток, определяется как [5]:

$$I_{RP} = \frac{i}{H \times \pi \times (1 + (D/H)^2)}$$

где:

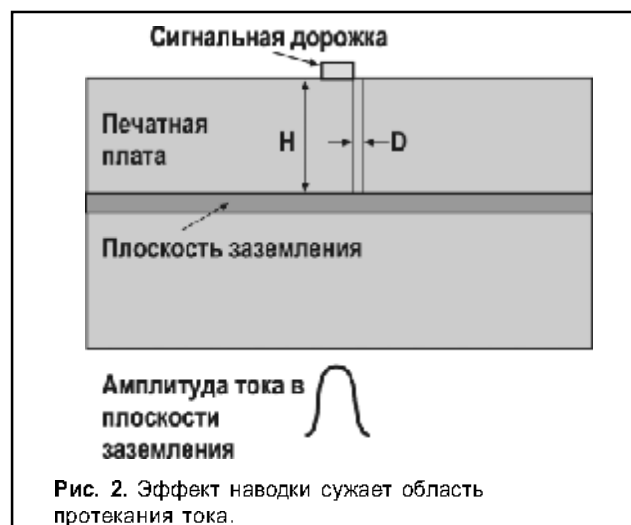
I_{RP} – плотность тока в смежном слое на горизонтальном удалении D от дорожки с вытекающим током;

i – ток сигнала;

H – высота сигнальной дорожки над смежным проводником;

D – горизонтальное удаление от края дорожки.

График, построенный по этой формуле, показывает, что плотность тока в смежном слое быстро уменьшается с ростом расстояния от края сигнальной дорожки (рис. 2). Факт, что втекающий ток в смежном слое имеет тенденцию течь очень близко к вытекающему току, известен как эффект наводки или «близости» (proximity effect) [5].



Кроме того, эффект наводки заставляет вытекающий ток течь главным образом на той стороне проводника, которая находится ближе всего к втекающему току, а обратный ток – течь главным образом на той стороне несущего его проводника, которая находится ближе всего к вытекающему току.

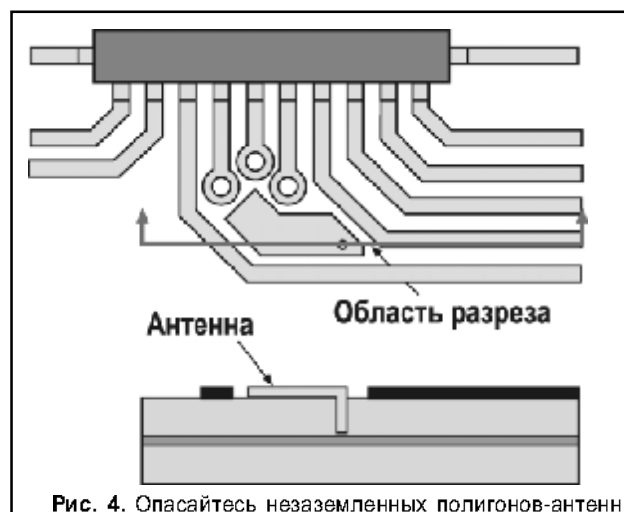
Объединяясь, скин-эффект и два типа эффекта наводки сужают токонесущую область проводника до очень малой, по сравнению с полной площадью сечения, части проводника (рис. 3). Так как ток течет лишь в этом малом участке проводника, реактивное сопротивление будет намного выше ожидаемого.



Излучение

Проводники, по которым протекает ток, становятся источниками излучения, уровень которого является функцией их длины и расстояния между ними. Иначе говоря, излучение проводников является функцией площади петли прохождения тока. Не имеет значения, является ли один из проводников (или оба) частью провода, дорожки или полигона печатной платы. Излучение растет с увеличением площади петли. Область петли прохождения сигнала образует петлевую излучающую антенну.

Незаземленный или заземленный только в одной точке полигон на печатной плате может представлять собой антенну, которая будет излучать энергию. Рис. 4 иллюстрирует такого рода антенну.



В данном случае, чтобы избавиться от излучения необходимо при помощи переходного отверстия соединить этот полигон с заземляющим слоем в противоположной его части или избавиться от полигона вообще.

Приведенные выше рекомендации специалистов компании National Semiconductor в сочетании с уже известными концепциями и требованиями к заземлению и трассировке плат лежат в основе эффективной разработки устройств и позволяют достичь требуемых параметров при минимальном уровне электромагнитных и радиочастотных помех.

Материал подготовлен специалистами компании Rainbow Technologies. Дополнительную информацию можно найти на сайте: www.national.com

Литература:

1. National Edge Technical Journal, November 2004 edition, «The problem of ADC and mixed-signal grounding and layout for dynamic performance while minimizing RFI/EMI», Nicholas Gray, Staff Applications Engineer.

Ссылки:

1. «Attack The Noise Gremlins That Plague High-Speed ADCs», ELECTRONIC DESIGN, December 17, 1999, p107ff.

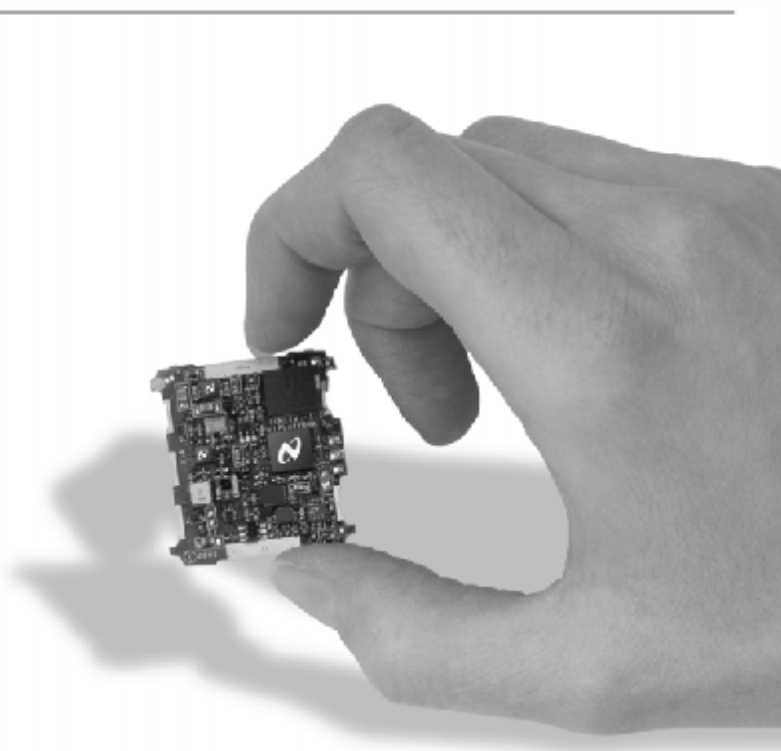
2. «Maintaining Signal Integrity Enhances ADC Circuit Performance», ELECTRONIC DESIGN, May 1, 2000, p115ff.

3. «Pay Attention To The Clock And Output Bus To Improve High-Speed ADC Designs», ELECTRONIC DESIGN, June 26, 2000, p137ff.

4. «High-Speed Digital Design: A Handbook of Black Magic», Howard Johnson & Martin Graham Prentis Hall, 1993, pg 151ff.

5. «High-Speed Digital Design: A Handbook of Black Magic», Howard Johnson & Martin Graham Prentis Hall, 1993, pg 158.

Стратегические инженерные решения



National Semiconductor
The Sight & Sound of Information

Быстродействующие АЦП с низким уровнем потребления мощности

- Двойные 8 битовые АЦП со скоростью преобразования 1 GSPS
- Потребляемая мощность в рабочем режиме 1.6 Вт, в режиме пониженного потребления - 20 мВт
- Выходы удвоенной скорости данных
- Режим чередования для удвоенной частоты выборок

RAINBOW
TECHNOLOGIES

www.rtcs.ru
www.ibutton.ru
www.rainbow.by

Москва	Винь	Киев	Санкт-Петербург	Екатеринбург	Новосибирск
тел. (095) 757 8893 факс (095) 757 8893 info@rainbow.msk.ru	тел. (+37517) 249 5270 факс (+37517) 245 8812 shc@rainbow.by	тел. (+38044) 490 9238 факс (+38044) 490 5182 cnp@rainbow.com.ua	тел. (812) 324 0932 факс (812) 314 9885 spb@rainbow.msk.ru	тел. (343) 261 5446 факс (343) 261 5446 ura@rainbow.msk.ru	тел. (3832) 119 087 факс (3832) 119 087 nsk@rainbow.msk.ru