



Рис. 3. Эталонный импульсный ток [1]

Таким образом, используя модель генератора ЭСР возможно смоделировать ток импульса ЭСР при контакте человеческого тела с электронным устройством. Сравнение результатов моделирования с приведенными значениями эталонного тока, указанного в МЭК, выявило погрешность 10% в пике на 2 нс (13,5 и 15 А), на 30 нс – 19% (6 и 7,4 А), на 60 нс – менее 5% (3,9 и 4 А). Средняя скорость убывания на участке от 20 нс до 80 нс составляет 0,2 А/с в схеме моделирования, на том же отрезке спад эталонной характеристики разрядного тока составляет около 0,3 А/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. IEC 61000-4-2: 2008. Testing and measurement techniques – ESD immunity test.
2. Caniggia S. Circuitual and numerical modeling of electrostatic discharge generators / S. Caniggia, F. Maradei // Industry Applications Conference. – 2005. – P. 1–5.

РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ДЛЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ

А.В. Жечева, магистрант

Научный руководитель М.Е. Комнатнов к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, ms8ann@gmail.com

В последнее время значимость электромагнитной совместимости (ЭМС) электронных схем и устройств значительно возросла, что повышает требования к электромагнитным свойствам оборудования.

Реализация ЭМС устройств начинается еще на этапе разработки схем и выбора компонентов. Неверные решения на ранних стадиях разработки часто могут быть скорректированы позднее со значительными финансовыми и временными затратами [1]. Понимание принципов работы схемы абсолютно необходимо для выполнения требований по ЭМС. Зачастую автоматическое расположение и трассировка не позволяют достичь приемлемых результатов с точки зрения ЭМС [2]. Поэтому вся ответственность в принятии решений по размещению критичных компонентов и трассировке межсоединений полностью возлагается на разработчика.

Целью данной работы представить рекомендации по проектированию печатных плат для аналого-цифровых систем.

На этапе проектирования печатной платы разработчиком используются несколько способов заземления. Одним из которых является «рабочее заземление», при этом все модули в системе используются совместно. Заземление рекомендуется осуществлять по типу «звезда», при котором точка объединения системной «земли» от различных модулей и цепей обработки сигнала должна быть приближена к источнику тока и все «земляные» соединения должны иметь максимальное сечение.

Протекающий по сигнальным цепям ток, создает равный по величине возвратный (обратный) ток, протекающий по «земляной» шине. Для уменьшения электромагнитных помех оптимальным вариантом является протекание в непосредственной близости обратного тока под сигнальным проводником или параллельно ему. При использовании многослойных печатных плат одним из решений является использование отдельного слоя, предназначенного для «земли» и полигона. Этот слой из-за низкого сопротивления значительно уменьшит электромагнитные связи, а также может служить электромагнитным экраном [3].

При проектировании аналоговых и цифровых компонентов на печатной плате следует организовывать их в отдельные блоки, для минимизации взаимодействия между чувствительными аналоговыми и цифровыми блоками. Высокочастотные логические компоненты следует располагать близко к друг другу и разъему, для того чтобы обеспечить минимальную длину межсоединений, по которым протекают высокочастотные токи и уменьшить распределенную емкость и взаимную индуктивность между сигнальными проводниками. Высокочастотные узлы схем необходимо размещать отдельно от низкочастотных [4]. На рис. 1 и 2 показаны возможные варианты расположения аналоговых и цифровых блоков на печатной плате.



Рис. 7. Расположение аналоговых и цифровых блоков на печатной плате [3]



Рис. 2. Расположение аналоговых и цифровых блоков с тактовым генератором на печатной плате [3]

На рис. 2 тактовый (опорный) генератор расположен в центре, это обеспечивает минимальную длину проводников для соединения аналоговых и цифровых блоков и позволяет избежать использования переходных отверстий. Высокочастотные цифровые блоки расположены как можно дальше от аналоговых блоков, для того чтобы избежать взаимных электромагнитных связей. Для обеспечения минимального взаимодействия между аналоговыми и цифровыми сигналами следует 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 электромагнитных помех от работы цифровых компонентов в аналоговую схему.

Таким образом, правильный подход к проектированию печатной платы позволит уменьшить электромагнитные помехи при работе схемы. Этот подход заключается в соблюдении следующих рекомендаций.

1. Не допустимо формирование на печатной плате замкнутых контуров.
2. Возвратные токи цифровой схемы не должны проходить через аналоговую схему.
3. Для заземления использовать соединение типа «звезда». В многослойных печатных платах необходимо создание отдельных слоев «земли» и питания.

4. Аналоговые и цифровые блоки, высокочастотные и низкочастотные узлы следует располагать отдельно друг от друга.

5. Проектируя высокочастотные блоки следует располагать компоненты наиболее компактно используя сигнальные трассы минимальной длины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боцман А.С. Обеспечение ЭМС радиоэлектронных модулей на этапе трассировки печатных плат / Боцман А.С., Жарикова И.В. // Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей связи. – 2016. – С. 31–33.

2. Сабунин А.Е. Размещение компонентов на плате и трассировка печатных проводников // Современная электроника. – 2009. – № 2. – С. 2–11.

3. Щерба А. Проектирование печатной платы для динамически программируемых аналоговых микросхем Anadigm // Компоненты и технологии. 2011. – № 11. – С. 57–60.

4. Мазжерина О.В. Многослойная печатная плата как основа конструкции / Филичев Г.О., Левченко В.И. // Наука, образование, бизнес. – 2014. – С. 333–336.

ОБЗОР СПОСОБОВ ПОСТРОЕНИЯ АДАПТИВНЫХ СЕТОК

М.А. Зуева, магистрант

*Научный руководитель С.П. Куксенко, к.т.н., доцент каф. ТУ
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, zueva_ria@mail.ru*

Жизнь современного человека сегодня практически невозможно представить без различных электронных, электротехнических и радиоэлектронных устройств, разнообразие которых с каждым годом становится все больше. Вместе с тем, работа этих технических средств (ТС), создает в большей или меньшей степени различные электромагнитные помехи. В результате действия таких помех возникают различные нарушения в работе оборудования, приводящие к выходу его из строя, авариям и сбоям. Поэтому обеспечение требований электромагнитной совместимости на сегодня одна из основных задач проектирования таких ТС. Часто прибегают к компьютерному моделированию, которое представляет огромный интерес, поскольку позволяет проводить предварительный расчет и анализ исследуемой модели. При этом одним из требований является обеспечение высокой точности расчетов при адекватных вычислительных затратах. Эта проблема может быть решена с помощью адаптивных сеток [1].

Цель работы – обзор особенностей построения адаптивных сеток.