

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ СИГНАЛОВ В ПЕЧАТНЫХ УЗЛАХ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

**А.В. Горина, А.А. Прозорова, студенты 3-го курса кафедры КИПР,
Научный руководитель Т.Н. Пушкарёв, техник кафедры КИПР
г. Томск, ТУСУР, РКФ, каф. КИПР, Prozorova.Anna2015@yandex.ru
<<Проект ГПО КИПР-1601-Обеспечение целостности сигналов в печатных узлах
поверхностного монтажа>>**

В традиционном понимании термин «целостный» означает «полный и нетронутый». Таким образом, целостный цифровой сигнал должен иметь четкие и быстрые переходы стабильные и четкие логические уровни, точные соотношения во времени, а кроме того в нем не должно быть переходных процессов. По причинам, которые будут объяснены далее, создание и поддержание полных и нетронутых сигналов в цифровых системах становится все более затруднительным. Сохранение целостности цифровых сигналов стало настоящей необходимостью для разработчиков систем.

Проектируемое оборудование требует минимального числа ошибок или полного их отсутствия. Другими словами, проектирование методом проб и ошибок больше неприменимо. Ни одна печатная плата не может быть изготовлена без использования специализированного программного обеспечения, облегчающего анализ целостности сигналов, предшествующий трассировке платы [1].

Рассмотрение проблем целостности сигнала.

Прежде всего, искажения свойственны высокочастотным сигналам, с частотой 1 ГГц и более. Это связано с эффектами резонансов и отражений на отдельных сегментах проводников, переходных отверстий, разветвлений на плате, а также на входах приемников. Повышение частоты ведёт к увеличению скоростей изменения токов dl/dt и напряжений dV/dt в цепях аппаратуры. Это означает, что проблемы, не оказывающие никакого влияния на низкочастотные проекты, могут иметь катастрофические последствия в проектах следующего поколения быстродействующих узлов;

Эффективное решение проблем целостности сигнала базируется на понятиях полных сопротивлений меж соединений. Если мы имеем глубокое представление о полном сопротивлении и сможем установить при конструировании соответствие параметров конструкции печатной платы и соответствующих полных сопротивлений, то можно устранить проблемы целостности сигнала на этапе проектирования [2-4].

Задачи целостности сигнала предусматривают рассмотрение цифрового сигнала как аналогового с произвольными искажениями его формы, которые вызваны физическими особенностями распространения сигнала в реальной конструкции платы.

Результатами выполнения этих задач являются:

- для концептуальной стадии – рекомендации относительно реализуемости требований технического задания по быстродействию; рекомендации по выбору материалов и технологии изготовления;
- для стадии схемотехнического проектирования – уточнение требований к электрическим параметрам микросхем; получение рекомендаций по установке помехоподавляющих элементов; получение рекомендаций по выбору корпусов микросхем; платы и сборки печатного узла;
- для стадии топологического проектирования – выработка топологических норм и рекомендаций для трассировки платы; получение данных для расположения компонентов на плате; определение требований к шинам питания и заземления и рекомендации по их расположению; определение структуры МПП; определение требованиям к экранам и их расположению [4].

В программе Altium Designer имеется модуль Signal Integrity, который позволяет проводить анализ целостности сигналов как на посттопологическом, так и на предтопологическом уровне проектирования.

Но, прежде чем приступить к моделированию в Altium Designer выделим те проблемы, с которыми сталкиваются разработчики при проектировании плат на современной элементной базе. В реальных, действующих цифровых устройствах двоичным сигналам присущи аналоговые атрибуты, обусловленные сложным взаимодействием многочисленных элементов схемы, от выходных параметров формирователя до согласования путей распространения сигналов.

Основные виды неполадок:

- нарушения амплитуды. В число нарушений амплитуды входят «звон» (колебания), спад вершины (уменьшение амплитуды в начале импульса) и уменьшение амплитуды по всей длине импульса;
- искажения фронтов. Искажения фронтов могут быть вызваны неудачной топологией печатной платы, как описано ранее, неправильным согласованием или даже применением некачественных полупроводниковых устройств. В число искажений фронта входят выбросы, скругленный фронт, «звон», затянутый фронт и другие искажения;
- нестабильность фронтов. Нестабильность фронтов возникает, когда в цифровом сигнале происходят малые смещения фронтов от цикла к циклу. Это может повлиять на точность соблюдения временных соотношений и синхронизации в цифровых системах;
- отражения. Отражения могут появиться вследствие неправильного согласования и неудачной топологии печатной платы. Исходящий сигнал отражается в направлении источника и накладывается на следующие импульсы;
- перекрёстные помехи. Перекрёстные помехи возникают, когда длинные проводники проходят рядом; это приводит к связи между ними через взаимную ёмкость и индуктивность. Кроме того, значительные токи и резкие фронты приводят к увеличению уровня электромагнитного излучения и, следовательно, перекрёстных помех;
- колебания в шине заземления. Колебания в шине заземления, вызванные избыточным током (или сопротивлением источника питания и возвратных путей по заземлению), могут вызвать смещение опорного уровня схемы при протекании больших токов [5].

Многие из перечисленных проблем можно обнаружить и исправить, используя модуль Signal Integrity в программе Altium Designer. Так можно обнаружить два главных источника шумов и взаимных помех в высокоскоростном печатном монтаже: отражения (Reflection) и перекрёстные помехи (Crosstalk). Анализ целостности сигналов в программе Altium Designer можно выполнить на этапе схемы (предтопологический анализ) и на этапе платы (посттопологический). Причём в первом случае программа не учитывает расположение печатных проводников по слоям и использует усреднённое значение для длины и волнового сопротивления проводников. На схемном уровне устранение проблем, связанных с целостностью сигналов, решаются путём согласования линий передачи и входных/выходных сопротивлений микросхем.

Таким образом, модуль Signal Integrity предтопологического анализа позволяет выполнить предварительный расчет и оценить проект на этапе проектирования печатного узла, смоделировать возможное его поведение при воздействии критических сигналов и выработать рекомендации по обеспечению целостности сигналов.

Список литературы

1. В.Р. Асланянц, Анализ целостности сигналов. М.: Владимир, 2011. 123 с.
2. Джонсон Г., Грэхем М. Конструирование высокочастотных цифровых устройств. М.: Вильямс, 2006. 624 с.
3. Джонсон Г., Высокоскоростная передача цифровых данных. М.: Вильямс, 2005. 1024 с.
4. Кечиев Л.Н., Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры. М.: Группа ИТД, 2007. 616 с.
5. Altium Designer – Обеспечение целостности сигнала на печатной плате [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.goo.gl/F6lGVM> (дата обращения 10.11.2016)