

## Анализ целостности сигнала на печатной плате

*Кухарук В.С.*



Основной чертой развития цифровой техники в последние годы является повышение быстродействия. Этот факт ставит перед разработчиком электронных средств и, в том числе, печатных плат (ПП) ряд новых задач.

Понятие “высокое быстродействие” зависит от конкретного проекта, относительная граница высокого быстродействия при рассмотрении ПП может начинаться с частот 50 МГц или для фронта сигнала короче, 1 нс. При проектировании цифровых устройств с высоким быстродействием, особое значение приобретает учет характера пассивных элементов цепи, печатных проводников и корпусов интегральных схем (ИС), которые являются элементами конструкции цифрового устройства. При низких рабочих частотах эти конструктивные элементы не оказывают большого влияния на работу схемы. С повышением частоты они начинают непосредственно влиять на электрические характеристики схемы. Для систем телекоммуникаций, где требования к быстродействию особенно высоки, цифровые системы должны работать с сигналами, фронты которых составляют доли наносекунд, что соответствует частотам в сотни и тысячи мегагерц.

Анализ целостности сигнала (ЦС), распределения питания и проектирование с учетом электромагнитной совместимости (ЭМС) дает возможность раннее выявление проблем связанных с помехами на ПП.

### Основные причины искажения формы сигнала

*Задержка* распространения сигнала - это время, за которое сигнал доходит от передатчика до приемника. Причиной это задержки являются физические свойства трасс. Чем длиннее трасса, тем больше задержка. Это дополнительная задержка, помимо внутренней задержки логики в микросхемах. Задержка от разных передатчиков до разных приемников (рисунок 1):

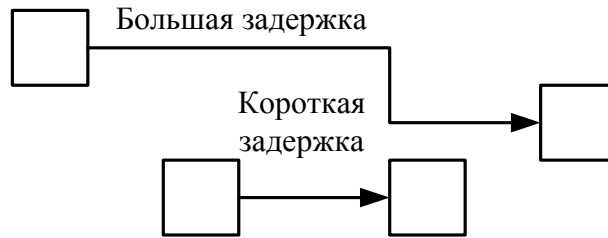


Рисунок 1. Задержка от разных передатчиков до разных приемников

Большая задержка может привести к логическим ошибкам при тестировании печатных плат. При слишком большой задержке, данные не могут достигнуть приемника до начала нового цикла синхросигнала. Это проявляется в ошибке данных, поскольку приемник не имеет корректного текущего состояния.

Решить проблемы с задержками можно или укорачивая трассы или перемещая трассы на слои, где удельная задержка распространения сигнала меньше.

*Сдвиг* сигнала - это разность во времени прибытия сигналов на разные приемники, когда все они получают сигнал от одного и того же передатчика (рисунок 2).

Решить проблемы с сдвигом сигнала можно если каждое плечо звезды трассируется с одинаковой задержкой.

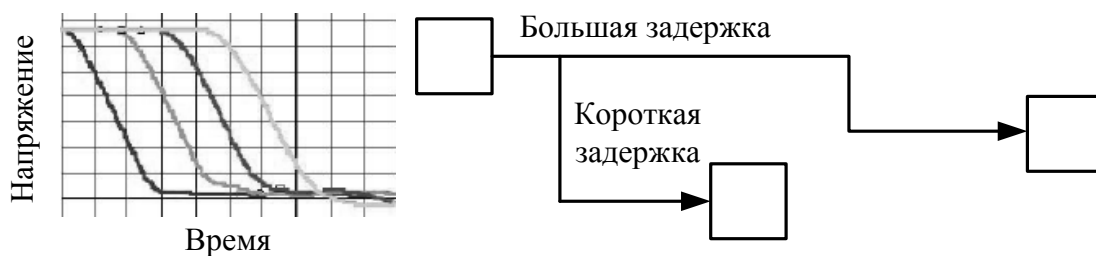


Рисунок 2. Сдвиг на различных приемниках из одного передатчика

Проблемы *целостности сигналов*, как правило, отмечают как повышающий выброс и понижающий выброс. Повышающий и понижающий выбросы (отражение) это минимальное и максимальное напряжение появляющееся после переключения сигнала между логическими уровнями (0 - VIL и 1 - VIH) и звон (рисунок 3).

“Звон” и время установления - это две родственных проблемы. Звон это наличие более одного понижающего выброса на одном и том же фронте сигнала. Время установления, это время необходимое, для того чтобы напряжение сигнала на приемнике установилось на приемлемом уровне. Для передатчиков с быстрым темпом переключения, время установления может быть во много раз длиннее, чем время фронта передатчика, приводя к временным проблемам.

Проблемы повышающего и понижающего выбросов можно решить с помощью согласования или удержания задержки на трассе более короткой, чем времена фронтов передатчиков.

Целостность сигнала зависит от фронта передатчика, который в свою очередь зависит от напряжения питания, температуры и изменения технологических параметров микросхем. Так же характеристики целостности сигналов также зависят от физических характеристик проводников на печатной плате, которые в свою очередь зависят от изменения технологических параметров изготовления печатных плат.

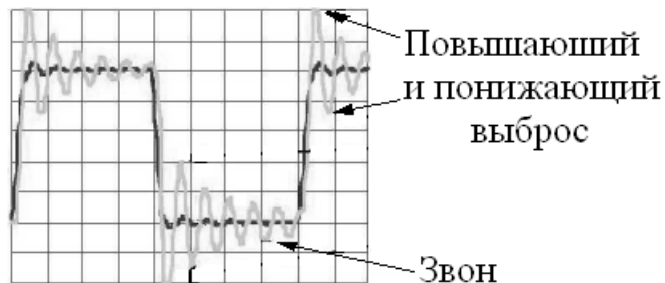


Рисунок 3. Выбросы и звон

*Перекрестные помехи* возникают из-за взаимовлияния между сигнальными проводниками. Это обусловлено свойствами передающих линий сигнальных проводников. Электромагнитные поля от передающей линии распространяются на соседние проводники. Линии электрического поля должны оканчиваться на другом куске металла, т.е. трассе или потенциальном слое (рисунок 4).

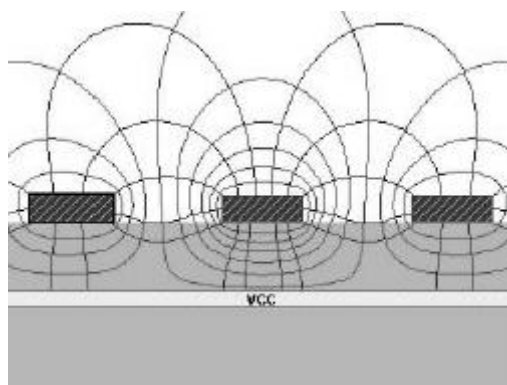


Рисунок 4. Перекрестные помехи

Обычно, переключающийся сигнал, являющийся причиной образования наведенного сигнала, называют “агрессор”, а цепь, получающую наведенный сигнал называют “жертвой”. Сигнал жертва может быть статичным или может быть переключающимся. Цепь жертва также может быть агрессором, поскольку влияния обоюдны. Если сигнал жертва статичен, то перекрестные помехи приведут к изменению напряжения в нем. Наводка будет маленькой на передатчике цепи жертвы, и больше на приемнике.

*ЭМС* рассматривает электромагнитные поля, распространяющиеся от передающей линии в пространство. Этот вопрос часто упоминается как "дальнее

поле", потому что измерения производятся на расстояниях, которые находятся далеко по сравнению с расстоянием между трассами на плате (рисунок 5).

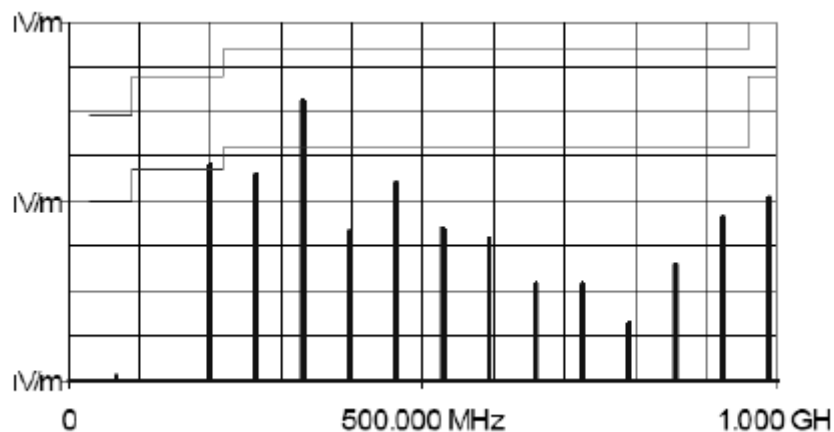


Рисунок 5. ЭМС

Электромагнитное Излучение (ЭМИ) это прием этих полей другой системой, такой как другая плата или антенна.

Многие типы электроники должны удовлетворять нормам ЭМС. Существует несколько регулирующих ведомств, таких как FCC (Federal Communications Commission) в США, CISPR (Европа) и VCCI (Япония). Медицинские инструменты и автомобильная электроника, наряду с другими отраслями промышленности имеют добавочные требования. Измерения ЭМС производятся с использованием антенны размещенной на расстоянии от платы. После этого плату передвигают вертикально и поворачивают для того, что найти максимальное излучение, в то время как сигнал переключается на своей нормальной частоте переключения. Плата не удовлетворяет требованиям ЭМС, если максимальное электромагнитное излучение превышает нормы ЭМС на любой частоте.

Существует три фундаментальных решения проблем целостности сигналов:

- *Технология:* Высокая скорость фронта передатчика увеличивает риск возникновения проблем целостности сигналов, перекрестных помех и ЭМС. Применение микросхем с меньшей скоростью фронта и увеличение мощности передатчика может решить проблемы качества сигнала.
- *Топология ПП:* Изменение стиля трассировки, уменьшение длины цепи или изменение характеристик передающих линий трасс, помогает в решении проблем с задержкой и сдвигом сигнала.
- *Согласование:* Оптимальное применение согласующих компонентов, не исполняющих какой-либо логической функции, требуется для согласования длинных цепей с быстрыми передатчиками.

Профессиональный анализ, сделанный инженерами фирмы "СКАТ поможет найти оптимальный компромисс при проектировании ПП.

Одним из важных направлений в создании ПП для цифровых электронных средств является реализация протоколов для высокоскоростной передачи данных: 1 Гбит/с с увеличением до 10 Гбит/с. При таких скоростях передачи информации добавляются новые задачи: учет дрожания фронтов сигнала (джиттер), разности появления выходных сигналов на выводах микросхемы (расфазировка), учет потерь в проводниках и диэлектрике платы, применение дифференциальной передачи сигналов.

Инженеры фирмы “СКАТ”, имеют опыт моделирования высокоскоростных приложений:

- PCI-X, PCI Express, AdvancedTCA
- DDR, DDR2, DDR3
- SATA
- LVDS, Gigabit Ethernet и т.д.

Применение моделирования на ранних стадиях проектирования ПП, уменьшает количество итераций и приводит к экономии денежных средств заказчика.