

Отладка цифровых устройств

Практические советы и методы работы с цифровыми сигналами

С ростом быстродействия и уменьшением габаритов современных цифровых устройств, ошибки синхронизации и некоторые особенности физического уровня начинают порождать проблемы целостности сигнала. Если их своевременно не решить, эти проблемы могут стать причиной нарушения структуры данных. Вооружившись подходящим осциллографом и приведенными здесь советами, вы сможете анализировать сигналы в цифровых схемах быстрее, чем когда бы то ни было, и выявлять проблемы, связанные с целостностью сигналов.

Ошибки синхронизации

Ошибки синхронизации могут приводить к возникновению на шине неверных двоичных значений.

Конфликт сигналов шины

Симптомы: ранты, глитчи

Происходит том случае, когда два передатчика одновременно пытаются воспользоваться одной и той же линией шины. Обычно один из передатчиков должен перейти в высокоимпедансное состояние и не мешать другому передатчику передавать данные. Если один из них не перейдет в состояние высокого импеданса вовремя, оба передатчика начнут конкурировать за доступ к шине. В результате этой конкуренции на шине возникнет промежуточный уровень, лежащий между уровнями нуля и единицы.

Неустойчивость

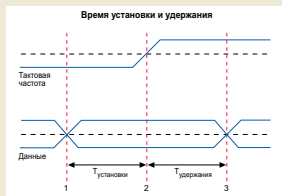
Симптомы: ранты, глитчи, неправильные логические уровни

Неопределенное или нестабильное состояние данных, вызванное нарушением синхронизации. В результате выходной сигнал может запаздывать или принимать некорректные значения, порождая ранты, глитчи или даже неправильные логические уровни.

Нарушение времени установки и удержания

Симптомы: глитчи, отсутствие перепадов

Тактируемое устройство требует, чтобы перед поступлением тактового импульса данные на его входе не изменялись в течение некоторого времени. Это время называют временем «установки». Аналогичным образом входные данные должны сохраняться в течение некоторого времени после фронта тактовой частоты. Это время называется временем «удержания». Нарушение требований к установке или удержанию может вызвать непредсказуемые глитчи на выходе устройства, или привести к полному отсутствию сигнала на выходе.



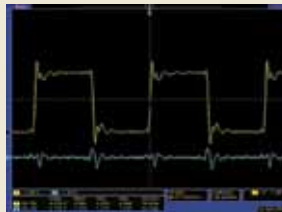
Проблемы физического уровня

Проблемы физического уровня обычно более заметны при наблюдении аналоговых характеристик сигнала. Эти проблемы могут порождать ошибки синхронизации или приводить к логическим ошибкам. Например, проблемы физического уровня могут возникать, когда сигнал малой амплитуды интерпретируется в неправильное логическое состояние, или когда пологие фронты вызывают сдвиг фазы импульсов. Эти явления обычно связаны со схемотехническими особенностями устройства или с неправильным согласованием линий передачи сигнала.

Выбросы в цепи «земли»

Симптомы: ранты, глитчи, ложные перепады

Выбросы в цепи «земли» представляют собой смещение потенциала земляного проводника, вызванное бросками тока в нем. Если несколько выходов устройства переключаются синхронно, они могут создать большие переходные токи в земляном проводнике. Падение напряжения на соединительных проводах, на земляном проводе и на обратном сигнальном проводе порождает скачок потенциала «земли» внутри устройства.



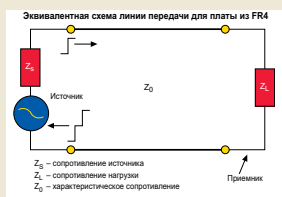
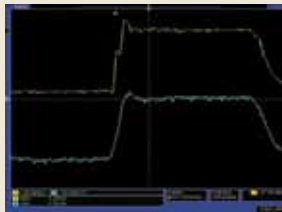
Отражения

Симптомы: глитчи, нарушение времени установки и удержания, искажения перепадов

Несогласованные линии или линии без оконечной нагрузки могут стать причиной глитчей и других искажений сигнала. Представьте соединительную линию в виде линии передачи, в которой прохождение сигнала туда и обратно занимает больше времени, чем длительность перепада ($2T_{\text{прод.}} > T_{\text{фронт.}}$).

Пример: для типичной печатной платы из материала FR4 скорость распространения равна примерно 150 мм/нс. При длительности фронта 1 нс, любая дорожка длиннее 70 мм может создавать эффект линии передачи.

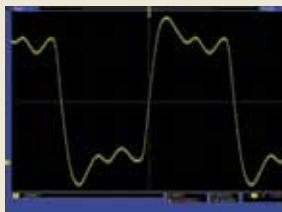
Входной и выходной (на стороне приемника) сигналы часто отличаются из-за отражений и звонов. Очень важно исследовать линию на стороне приемника.



Звон

Симптомы: звон, выбросы

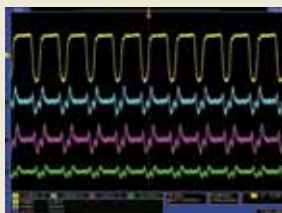
В условиях демпфированного резонанса в цепи могут возникать звоны и выбросы. Эту проблему может вызывать некорректная разводка линий питания или подключение к устройству длинных проводов питания и земли. Внимание: неправильное присоединение пробника тоже может вызывать звоны и выбросы.



Перекрестные помехи

Симптомы: глитчи, нарушение времени установки и удержания, ложные перепады

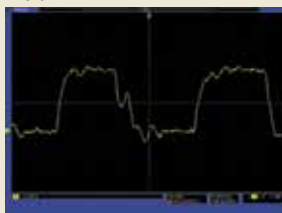
Возникают при появлении связи между асинхронными линиями и линиями тактовой частоты. Перекрестные помехи вызывают ложные перепады или «затягивают» фронты сигнала тактовой частоты, порождая ошибки синхронизации или нарушения времени установки и удержания. Эта проблема усугубляется с ростом крутизны фронтов. Внимание: длинный провод «земли» пробника может создавать ложные перекрестные помехи, поскольку длинные провода образуют петли большой площади.



Проблемы амплитуды и искажения фронтов

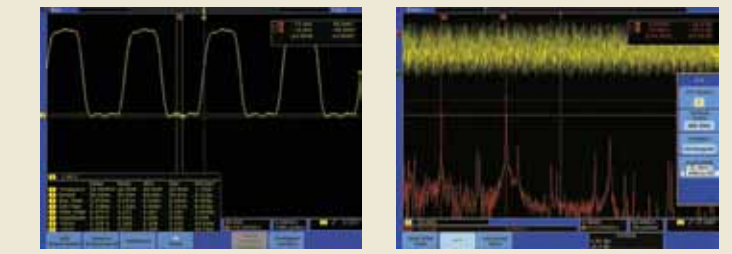
Симптомы: ранты, пологие фронты, звон, спад вершины импульса, скругления, выбросы

Эти проблемы связаны с аналоговыми характеристиками цифрового сигнала. Часто они обусловлены неудачной разводкой печатной платы, неправильным подключением оконечной нагрузки или даже качеством примененных в схеме полупроводниковых приборов.



Рекомендации по отладке

- Проверьте наличие симптомов, связанных с общими проблемами целостности сигнала, выбрав соответствующий режим запуска. После этого осциллограф будет непрерывно контролировать сигнал в поисках импульса, который не соответствует заданным параметрам. Если произойдет запуск, вы будете знать, что в сигнале присутствует аномалия.
- Настройте осциллограф на долговременный мониторинг сигнала (на ночь или даже на неделю), чтобы проверить стабильность схемы. Просто выберите подходящий режим запуска – осциллограф будет продолжать мониторинг до появления события запуска.
- Быстро найти моменты срабатывания запуска в исследуемом сигнале можно с помощью функции автоматического поиска. Это позволяет определить частоту появления события, по которому был настроен запуск.
- Внимательно анализируйте и перепроверяйте все обнаруженные ошибки сигнала для выявления исходных причин их возникновения с помощью инструментов для анализа сигнала, таких как автоматизированные измерительные функции и средства статистической обработки результатов измерений.
- Выявите источники шума в схеме, применив осциллограф с функцией быстрого преобразования Фурье (БПФ). С помощью БПФ выполняется анализ сигнала в частотной области, который показывает его составляющие частоты. Обладая этой информацией, вы сможете сопоставить эти частоты с частотами известных источников, таких как генераторы тактовой частоты, импульсные источники питания и т.п.
- Убедитесь, что по шине передаются корректные данные, для чего воспользуйтесь осциллографом с функцией автоматического декодирования сигналов последовательных и параллельных шин, запуска по этим сигналам и поиска по декодированным данным. Эти аналитические средства позволяют быстро проверить целостность данных, передаваемых по шине.



Осциллографы Tektronix серии MSO/DPO

- Верхняя граница полосы пропускания от 70 МГц до 1 ГГц
- До 4 аналоговых и 16 цифровых каналов
- Анализ сигналов параллельных и последовательных шин
- Всеобъемлющие средства для всех этапов отладки
- Быстрое **обнаружение** проблем благодаря технологии цифрового люминофора DPO®
- **Регистрация** событий с первого раза благодаря 125 разным комбинациям условий запуска, включая запуск по ранту, глитчу, длительности фронта и по нарушению времени установки и удержания
- Мгновенный **поиск** с помощью автоматизированной функции Wave Inspector®
- Быстрый и эффективный **анализ** сигналов благодаря 29 измерительным функциям, БПФ, функциям статистической обработки и многим другим возможностям



Дополнительная информация о настольных осциллографах серии MSO/DPO приведена на странице www.tektronix.com/bench