

ОТЛАДКА И ПРОВЕРКА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СХЕМ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ СМЕШАННЫЕ СИГНАЛЫ

DEBUG AND VALIDATION OF HIGH PERFORMANCE MIXED SIGNAL DESIGNS

Тревор Смит (Trevor Smith)

Современные встраиваемые вычислительные системы постоянно наращивают мощность за счет применения высокоскоростных шин и стандартных подсистем, а также повышения степени интеграции ИМС. Но параллельно с этим растет их сложность и чувствительность к качеству сигнала, что замедляет диагностику и отладку.

И хотя многие технологии, широко применяемые в высокопроизводительных цифровых системах, опираются на существующие стандарты, основной целью тестирования является проверка синхронизации всех элементов и их взаимодействия в составе системы. Устройства могут состоять из нескольких подсистем, некоторые из которых должны взаимодействовать друг с другом и с внешним оборудованием. В этом случае приходится расширять тестирование, проверяя синхронность работы встроенных функций и взаимодействие подсистем друг с другом. Для такого тестирования нужны средства, позволяющие оценивать поведение не только отдельных элементов, но и всей системы в целом.

ОБЗОР ТЕСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ

Стараясь не отстать от постоянно растущей функциональности и производительности, инженеры зачастую вынуждены использовать в своих конструкциях как аналоговые, так и цифровые сигналы. Это усложняет тестирование, требуя применения специальных средств, позволяющих увидеть события, происходящие в разных контрольных точках тестируемого устройства. Например, для аналого-

Tektronix®

вых тестов нужны точные значения напряжений, используемые для измерения амплитуды, синхронизации, глазковых диаграмм и других параметров, необходимых для анализа физического уровня. В первую очередь для выполнения таких измерений используются осциллографы. Тесты цифровых систем используют только значения логических состояний и могут обойтись одной лишь временной информацией. Коррелированные по времени цифровые сигналы позволяют выполнять анализ на уровне шин или протоколов. Для тестирования и отладки цифровых систем может потребоваться запуск по определенным тактовым сигналам шины, таким как запись или чтение памяти. Обычно для тестирования цифровых систем применяются логические анализаторы с широким набором шинных функций.

Во многих случаях, когда схемотехники и программисты вместе диагностируют причины возникновения специфических проблем, может потребоваться просмотр проходящей по шине информации — как в электрическом представлении, так и на более высоком уровне абстракции, например, в виде декодированного протокола последовательной шины. Многие устройства содержат большое число аппаратных компонентов, которые выполняют различные функции и расположены в разных местах печатной платы. Для проверки взаимодействия

этих компонентов инженерам необходимо представить работу тестируемого устройства на системном уровне. Основная сложность заключается в оценке синхронности работы отдельных компонентов, а значит, контрольно-измерительное оборудование должно не только представлять и анализировать данные на высших уровнях абстракции, но и предоставлять точную информацию о временных соотношениях.



Рис. 2. MSO70000 обеспечивает коррелированное по времени представление аналоговых и цифровых сигналов

Осциллографы смешанных сигналов (MSO) позволяют измерять характеристики аналоговых сигналов с одновременным анализом событий шины и временных соотношений, что превращает их в идеальное средство отладки систем. Такие возможности MSO, как корреляция по времени, отображение состояний и классификация данных, существенно облегчают разработку и проверку схем, использующих смешанные сигналы.

КОРРЕЛЯЦИЯ АНАЛОГОВЫХ И ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ

Коррелированная по времени информация об аналоговых и цифровых сигналах может существенно повысить эффективность отладки и проверки. В системах управления, использующих смешанные сигналы, можно сопоставить работу управляющей программы с подачей входных и выходных аналоговых сигналов. В ходе системной отладки облегчается сопоставление ошибочных цифровых состояний (например, неправильных символов) с поведением сигналов на физическом уровне (например, джиттер, зависящий от характера данных).

Понимание контекста, в котором возникает то или иное событие, может существенно облегчить отладку цифровых систем. Например, к какой области памяти происходило обращение? Откуда пришел данный информационный

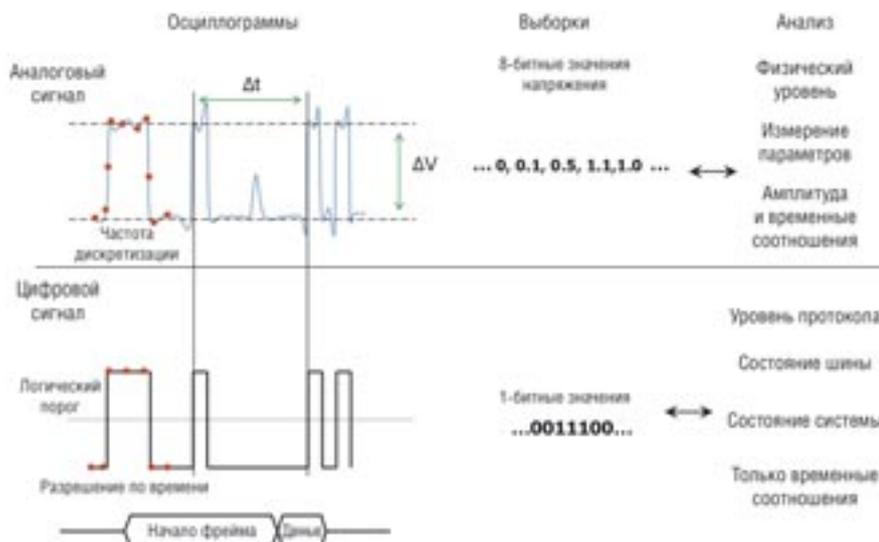


Рис. 1. Особенности цифровых и аналоговых измерений

пакет? В каком состоянии находилась ИМС в момент появления ошибки? Для выявления причины, вызвавшей ошибку, может потребоваться анализ низкого уровня и физического уровня, но более эффективным способом диагностики является понимание состояния системы в целом. Возможность различного представления сигналов в разных точках системы может существенно ускорить диагностику проблем.



Рис. 3. Запуск по циклу записи в память, использующий классификацию сигналов шины

Часто инженерам приходится анализировать конкретные типы циклических операций, например, целостность сигнала в цикле чтения или джиттер сигналов записи при обращении к конкретному банку памяти. Расширенные схемы сигнализации, применяемые, например, в устройствах DDR, могут сильно затруднить отладку. Если информация цикла распределяется по нескольким цифровым сигналам, то для ее захвата в реальном масштабе времени нужна сложная система запуска. В результате, эффективная отладка может включать обнаружение поврежденных сигналов только в течение циклов определенного типа. Для обнаружения поврежденных сигналов в реальном масштабе времени, например, глитчей во время циклов Чтения, можно применять функцию запуска по логическим ошибкам, использующую классификацию цифровых последовательностей.

ДОСТУП К СИГНАЛУ

Подключение пробника к устройству тоже порождает свои проблемы. Как правило, они связаны с небольшими физическими размерами устройства, большим числом контрольных точек на печатной плате и тем фактом, что любой



Рис. 4. Дифференциальные логические пробники P6780, подключенные к шине памяти GDDR5 на видеокарте

пробник обладает собственной электрической емкостью, влияющей на характеристики сигнала. Конструкция пробников должна обеспечивать минимальную емкостную нагрузку на исследуемую цепь, удобное подключение к устройству и быстрое сопоставление конкретного пробника (или наконечника) с сигналами на экране измерительного прибора.

Дифференциальные логические пробники, такие как Tektronix P6780, могут подключаться к небольшим переходным отверстиям или компонентам с помощью специальных припаиваемых переходников.

АНАЛОГОВЫЙ МУЛЬТИПЛЕКСОР

Осциллографы серии Tektronix MSO70000 впервые представили функцию аналогового мультиплексирования, получившую название iCapture. Она позволяет наблюдать сигналы, подключенные к любому из 16 выводов логического пробника, одновременно в аналоговом и

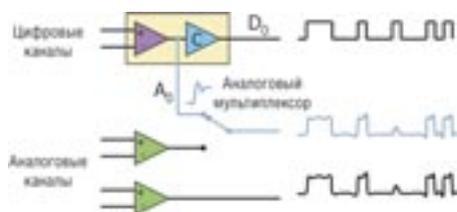


Рис. 5а. Блок-схема аналогового мультиплексора

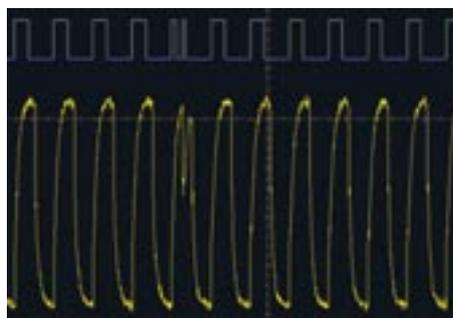


Рис. 5б. Цифровое и аналоговое представление глитча с помощью функции iCapture. Обе осциллограммы относятся к одному и тому же сигналу, полученному с одного пробника

цифровом представлении. Кроме того, функция iCapture обладает двумя большими преимуществами. Во-первых, не нужно подключать два пробника для одновременного просмотра сигнала в аналоговом и цифровом виде. Это позволяет свести к минимуму паразитное воздействие на исследуемый сигнал за счет снижения емкостной нагрузки, вносимой контрольно-измерительным оборудованием. Во-вторых, это повышает точность измерения и синхронизации по всем 16 цифровым каналам. Пользователь может переключать сигнал на аналоговый канал через стандартный интерфейс пользователя.

УСТРОЙСТВА, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ АНАЛОГОВЫЕ И ЦИФРОВЫЕ СИГНАЛЫ

Устройства, использующие смешанные сигналы, трудны в отладке и часто

требуют применения сложных методов измерения цифровых и аналоговых характеристик одновременно. Осциллографы смешанных сигналов позволяют анализировать цифровые и аналоговые сигналы и исследовать взаимодействие аппаратных и программных компонентов тестируемых систем. Приведенный ниже пример демонстрирует применение осциллографа MSO70000 для отладки высокоскоростной последовательной шины, использующей смешанные аналоговые и цифровые сигналы.

ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ ШИНЫ

Высокоскоростные последовательные шины, такие как PCI-Express, HDMI или SATA, существенно повышают скорость передачи данных и дают дополнительные преимущества, такие как снижение числа контактов и сокращение места, занимаемого на печатной плате. Общей чертой этих шин являются крутые фронты и малые длительности информационных импульсов. По мере широкого распространения в цифровых системах многогигабитных скоростей передачи данных, первоочередное внимание приходится уделять целостности сигнала, т.е. качеству сигнала, необходимому для нормального функционирования схемы. Даже один неверный бит в потоке данных может негативно повлиять на результат выполнения команды или транзакции.

Высокопроизводительные видеосистемы могут использовать широкое многообразие компонентов, таких как ресиверы, видеопроцессоры, запоминающие устройства и абонентские ТВ приставки с высокоскоростными последовательными интерфейсами. Типичная абонентская ТВ приставка оборудована интерфейсом HDMI, работающим на скорости 3,4 Гбит/с по всем трем информационным

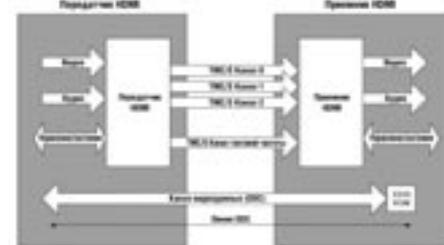


Рис. 6. Архитектура системы HDMI

линиям. На рис. 6 показана архитектура канала HDMI, включающая быстрые линии передачи тактовой частоты и данных, а также канал видеоданных (DDC), использующий сигнализацию I²C в стандартном режиме (10 МГц). Линия DDC используется для обмена информацией между Передатчиком и Приемником.

Эта схема потребовала отладки, поскольку выход на монитор периодически спонтанно отключался. Сначала была проверена функциональность физического уровня и измерен джиттер и глазковая диаграмма на каждой линии

передачи. После измерения высокоскоростных линий передачи данных и тактовой частоты был выполнен поиск кодов ошибок и поврежденных данных на управляющих линиях I²C. В нормальном режиме работы DDC использует адреса 0xA0 и 0xA1. Однако MSO70000 захватил и декодировал трафик I²C с неправильным адресом, изредка возникающий при включении питания. На рис. 7 показана линия SDATA в цифровом и аналоговом форматах, полученных с помощью функции iCapture осциллографа MSO70000. Аналоговое представление сигнала позволяет увидеть взаимное влияние линий и другие шумовые эффекты, отрицательно влияющие на трафик I²C.



Рис. 7. Глитч на линии SDATA шины I²C

Чтобы найти первичную причину этого глитча, были проанализированы соседние линии и выполнена оценка крутизны фронтов на каждой высокоскоростной линии. Анализ тенденции поведения фронтов в непосредственной близости от глитча позволил понять причину искажения сигнала. Минимальная



Рис. 8. После устранения взаимного влияния линий MSO70000 декодирует адрес 0xA0

зарегистрированная длительность фронта 53 пс оказалась значительно меньше типового значения, лежащего в системах HDMI в диапазоне от 90 до 100 пс. После этого схема была изменена так, чтобы снизить крутизну фронтов, а также были доработаны экранирующие линии тактовой частоты.

На рис. 8 показаны корректные транзакции I²C, включающие адреса 0xA0 и 0xA1 и бит подтверждения перед записью данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработчикам цифровых схем нужно быстро обнаруживать и анализировать разнообразные нарушения целостности сигнала, такие как взаимное влияние линий или джиттер, приводящие к таким ошибкам работы шины, как нарушение условий установки и удержания или потерянные пакеты. Вы-

сокоскоростные осциллографы смешанных сигналов, такие как осциллографы серии MSO70000 с разрешением по времени 80 пс, позволяют выполнять прецизионные измерения временных соотношений по 20 каналам одновременно, а функция iCapture позволяет быстро оценивать аналоговые характеристики цифровых каналов без подключения дополнительных пробников, что экономит время и снижает нагрузку на тестируемое устройство. Запуск по сигналам шины и декодирование ее содержимого позволяет быстро обнаруживать ошибочные состояния.

Высокоскоростные цифровые системы постоянно развиваются и становятся более сложными и более чувствительными к качеству сигналов, требуя больше времени на диагностику. Осциллографы MSO помогут повысить эффективность анализа и отладки, что ускорит продвижение продуктов на рынок.

High performance mixed analog and digital systems continue to evolve with increasing performance and complexity. Designers need to quickly find and analyze a wide range of problems from signal integrity issues to bus faults. This article explores time-saving techniques for design validation and debug in mixed signal environments.

ДАТЧИКИ ПОТЕНЦИОМЕТРЫ ДЖОЙСТИКИ

MegAuto MEGATRON RotaSet Controls

В основе автоматизации любого оборудования лежит использование различных датчиков и преобразователей. Особенно актуальной является проблема увеличения производительности небольших и недорогих машин. Более чем 40 лет MEGATRON представляет на мировом рынке экономичные механические и электрические преобразователи (датчики).

ДАТЧИКИ ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЖОЙСТИКИ БЕСКОНТАКТНЫЕ ДАТЧИКИ ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

БЕСКОНТАКТНЫЕ ДАТЧИКИ ВРАЩЕНИЯ ДАТЧИКИ ВРАЩЕНИЯ

КАТАЛОГИ ПРОДУКЦИИ НА САЙТЕ [WWW.IRIT.RU](http://www.irit.ru)

ИРИТ - ИРИТ - Москва, 115211, Казарское шоссе, дом 55, корпус 1
Телефон/факс: (495) 781-79-97
E-mail: sale@irit.ru
Internet: http://www.irit.ru

www.irit.ru
781-7997

Самый полный обзор измерительных приборов, представленных на российском рынке в настоящее время

Серия «Библиотека инженера» А.А. Афонский и В.П. Дьяконов «Измерительные приборы и массовые электронные измерения», «Цифровые анализаторы спектра, сигналов и логики»

Актуальная информация за минимум средств!

295 руб.

Приобрести книги можно в нашем Интернет-магазине www.kipib.ru