Отладка последовательных шин при проектировании встраиваемых систем

ТРЕВОР СМИТ (TREVOR SMITH), менеджер по развитию рынка, отделение по осциллографам, компания Tektronix

Несмотря на большое количество преимуществ, достигаемых во встраиваемых системах при переходе от параллельной шины к последовательной, существует ряд трудностей, с которыми сталкивается разработчик. С помощью традиционного контрольно-измерительного оборудования намного труднее отследить требуемое событие — практически невозможно определить, какая информация поступает, глядя на аналоговый сигнал. Кроме того, это затратный по времени и сопряженный с ошибками процесс — при диагностике вручную декодировать длительную последовательность поступающих с шины сигналов. Осциллографы DPO 3000 Series коренным образом изменили эту ситуацию.

Встраиваемые системы окружают нас буквально повсюду — начиная с будильников, банкоматов, мобильных телефонов, компьютерных принтеров и контроллеров противоблокировочной тормозной системы и заканчивая микроволновыми печами, DVD-плеерами, КПК и программируемыми логическими контроллерами (ПЛК), используемыми в промышленной автоматизации и для мониторинга.

Во встраиваемых системах используются разные типы устройств, связь между которыми и внешним миром традиционно осуществляется с помощью параллельных шин. Однако все чаще в функциональных блоках встраиваемых систем на смену широким параллельным шинам приходят последовательные по следующим причинам: уменьшается площадь платы за счет снижения количества сигнальных трактов, снижается стоимость, уменьшается энергопотребление и количество корпусных выводов, передача дифференциальных сигналов способствует улучшению помехозащищенности, а также широко доступны компоненты, использующие стандартные последовательные интерфейсы.

Несмотря на то, что последовательные шины обладают рядом преимуществ, имеются и серьезные трудности, с которыми сталкивается разработчик встраиваемых систем просто потому хотя бы, что данные по большей степени передаются последовательно, а не параллельно.

СРАВНЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ АРХИТЕКТУР

В параллельной архитектуре у каждого компонента шины имеется свой сигнальный тракт. Значения адреса или данных, отправленные через шину, передаются одновременно, что позволяет относительно просто выполнить запуск по интересующему событию с помощью функций State или Pattern, которые имеются в большинстве осциллографов и логических анализаторов. Кроме того, появляется возможность быстро оценить данные, полученные на экране осциллографа или логического анализатора.

Даже в таком простом последовательном интерфейсе как I^2C значительно сложнее наблюдать передаваемые через шину сигналы, чем в параллельном протоколе. I^2C использует разные линии синхросигнала и данных, следовательно в этом случае можно, по крайней мере, воспользоваться тактовым сигналом в качестве опорного. Однако по-прежнему потребуется найти начало сообщения, вручную проверить и записать значение данных на каждом восходящем фронте синхросигнала, а затем организовать биты в структуру сигнала.

Может потребоваться до двух минут, чтобы только декодировать единственное сообщение в длинной последовательности данных, однако понять, является ли оно искомым, трудно. Хорошо, если бы запуск выполнялся при получении сообщения с искомым содержимым, однако те возможности запуска развертки по уровню или событию, которые годами использовались в осциллографах и логических анализаторах, уже не годятся для этой задачи. Они предназначены для наблюдения за логическими сигналами, поступающими одновременно по нескольким каналам. Для работы на последовательной шине схемы запуска должны обрабатывать последовательности кодов длиной в десятки или сотни символов. Даже если триггеры имели бы такую возможность, было бы совсем не просто программировать их по каждому состоянию. Должен существовать какой-то более совершенный способ!

Осциллографы серии Tektronix DPO 3000 Series позволяют решить эту проблему. Далее мы обсудим, как использовать эти приборы в соответствии с наиболее распространенными низкоскоростными стандартами последовательных протоколов для разработки встраиваемых систем.

РАБОТА С I^2C-ШИНОЙ

I^2C — общепризнанный стандарт связи во встраиваемых системах. Благодаря модулю DPO3EMBD, анализирующему последовательные коды, серия приборов DPO3000 является мощным средством для разработки встраиваемых систем с использованием шин I^2C. С помощью этого осциллографа можно определить линии данных и синхросигналов, а также их логические уровни, после чего легко выполнить запуск прибора по

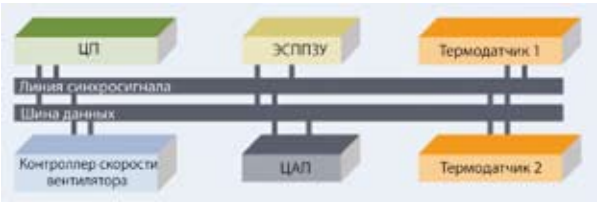

Рис. 1. ***Пример использования шины I^2C***

требуемому событию и интерпретировать полученные данные.

В качестве примера рассмотрим встраиваемую систему на рисунке 1. Шина I²C соединена с несколькими устройствами, среди которых ЦП, ЭСППЗУ, контроллер скорости вентилятора, ЦАП и два термодатчика.

Это устройство возвратили на доработку, поскольку оно непрерывно перегревалось и отключалось. В первую очередь была проведена проверка контроллера вентиляторов и собственно вентиляторов, но оказалось, что они работают должным образом. Далее проверили исправность термодатчиков. Контроллер скорости вентилятора периодически опрашивал два термодатчика (расположенных в разных частях устройства) и определял скорость вращения вентилятора для регулировки внутренней температуры. Можно было предположить, что один или оба термодатчика давали неверные показания. Для того чтобы оценить взаимодействие между этими датчиками и контроллером, было произведено подключение к I²C и подключение шин — к осциллографу DPO 3000 Series. Известно, что адреса датчиков на шине I²C — 00 и 50, поэтому запускающему событию задали адрес 00 (контроллер скорости вентилятора опрашивал датчик о текущей температуре). Снимок экрана с полученными данными показан на рисунке 2.

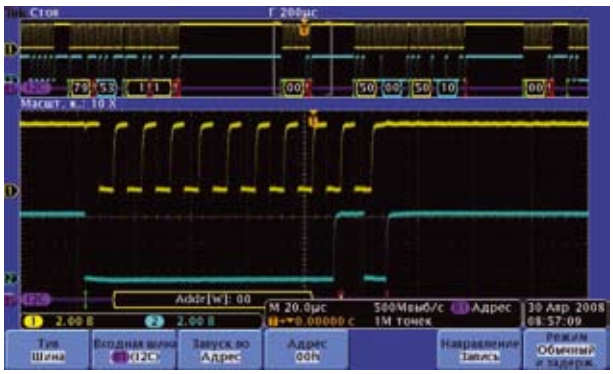

Рис. 2. ***Декодирование сигнала шин данных и адреса I²C***

В этом случае канал 1 (желтый цвет) соединен с линией синхросигнала, а канал 2 (голубой цвет) — с шиной данных. Фиолетовым цветом показана шина I²C. В верхней части дисплея отображены все данные: захвачена «вспышка активности». В нижней и большей части дисплея отображается та же информация в увеличенном виде. Как видно, осциллограф декодировал содержимое каждого сообщения, прошедшего через шину.

Глядя на принятые сигналы, можно увидеть, что действительно произошел запуск записи на адрес 00 (см. слева внизу дисплея). Однако не было получено подтверждения приема после попытки отправить запись термодатчику. Затем проверили термодатчик по адресу 50 и получили желаемую информацию. Почему первый термодатчик не ответил контроллеру вентилятора? Оказалось, одна из адресных шин платы была неправильно распаяна. Термодатчик был не в состоянии подсоединиться к шине, что в итоге привело к перегреву блока. Эта скрытая неисправность была довольно-таки легко обнаружена благодаря триггеру I²C-шины и функции декодирования осциллографа 3000 Series.

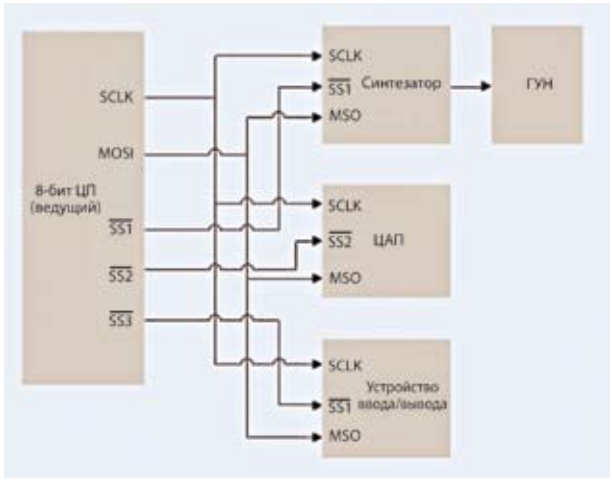

Рис. 3. ***Синтезатор контролируется через шину SPI***

РАБОТА С SPI-ШИНОЙ

Шина SPI находится среди широкого числа компонентов, обычно используемых при разработке встраиваемой системы. Модуль DPO3EMBD позволяет выполнять запуск, анализ и декодирование сигналов, проходящих через шину SPI. Рассмотрим в качестве примера встраиваемую систему, изображенную на рисунке 3. Шина SPI подключена к синтезатору, ЦАП и устройству ввода/вывода. Синтезатор подключен к ГУН, генерирующему тактовый сигнал с частотой 2,5 ГГц для остальной части системы. Предполагается, что синтезатор при запуске программируется центральным процессором. Однако что-то в системе работает некорректно, т.к. на шине ГУН генерируется сигнал частотой 3 ГГц.

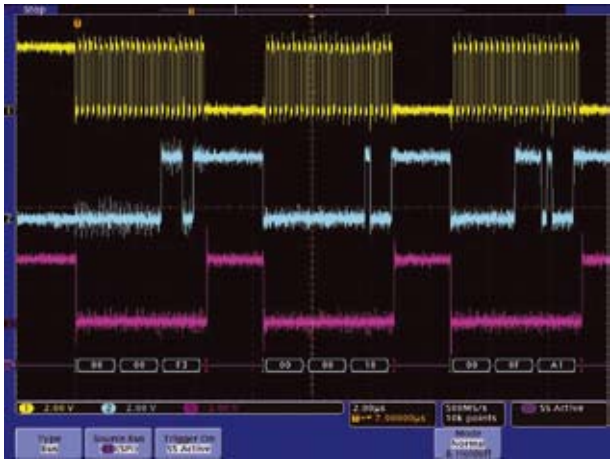

Рис. 4. ***Корректное сообщение синтезатора***

Для устранения неисправности сначала проверили, есть ли сигнал между ЦП и синтезатором, т.е. имеется ли физическое соединение между этими устройствами — оказалось, имеется. Далее была проанализирована текущая информация, передаваемая через SPI-шину для программирования синтезатора. Для захвата этой информации осциллограф был установлен на запуск по сигналу Slave Select от синтезатора и включение испытываемого устройства на получение команд программирования.

Канал 1 (желтый цвет) — линия синхросигнала, а канал 2 (голубой цвет) — линия MOSI, канал 3 — линия SS. Чтобы определить, правильно ли программируется устройство, следует обратиться к спецификации на синтезатор. Первые три сообщения на шине инициируют запуск синтезатора, определяют коэффициент деления и записывают эти данные. В соответствии со спецификацией последний полубайт в первых трех передачах должен принимать соответственно значения 3, 0 и 1, а не 0, 0 и 0. Все нули в конце сообщений означают одну из наиболее распространенных ошибок с SPI-шиной при программировании битов в каж-

Видеть полную картину...

с новым мощно заряженным функциями инструментом для отладки смешанных сигналов.

Познакомьтесь с дополнением к линейке - НОВЫМ осциллографом Tektronix серии DPO3000.

Осциллограф смешанных сигналов серии MSO4000 Рабочие характеристики	
Модели	MSO4032, MSO4034, MSO4054, MSO4104
Диапазон частот	модели 1 ГГц, 500 МГц, 350 МГц
Количество каналов	2 или 4 аналоговых и 16 цифровых
Объем памяти	10 М точек на всех аналоговых и цифровых каналах
Частота оцифровки	До 5 ГГц (аналог.) / До 16.5 ГГц (цифр.)
Дисплей	10.4 дюймов (264 мм) XGA
Запуск и декодирование последовательных шин	I²C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, LIN, FlexRay

Осциллограф серии DPO4000 Рабочие характеристики	
Модели	DPO4104, DPO4054, DPO4034
Диапазон частот	модели 1 ГГц, 500 МГц, 350 МГц
Количество каналов	2 или 4 аналоговых
Объем памяти	10 М точек на всех каналах
Частота оцифровки	До 5 ГГц на всех каналах
Дисплей	10.4 дюймов (264 мм) XGA
Запуск и декодирование последовательных шин	I²C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, LIN, FlexRay

НОВЫЙ Осциллограф серии DPO3000 Рабочие характеристики	
Модели	DPO3054, DPO3052, DPO3034, DPO3032, DPO3014, DPO3012
Диапазон частот	модели 500 МГц, 300 МГц, 100 МГц
Количество каналов	2 или 4 аналоговых
Объем памяти	5 М точек на всех каналах
Частота оцифровки	2.5 ГГц на всех каналах
Дисплей	9 дюймов (229 мм) WVGA widescreen
Запуск и декодирование последовательных шин	I²C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, LIN

Смотрите дальше.
Испытайте виртуальный прибор:
www.tektronix.com/bigpicture

Наблюдайте полную картину и решайте Ваши задачи быстрее с осциллографами Tektronix серий MSO И DPO. Это семейство осциллографов, мощно заряженное функциями, с диапазоном частот до 1 ГГц обеспечивает высокую производительность и расширенные возможности для упрощения Ваших задач. С навигатором Wave Inspector® Вы можете легко осуществлять поиск и просматривать записи сигнала беспрецедентной длины. Крупный дисплей высого разрешения четко отображает всю информацию и улавливает глитчи, которые могли быть пропущенны на другом приборе. Совместите это с встроенными возможностями по запуску и декодированию последовательных потоков данных, и отлаживть смешанные сигналы станет просто как никогда.

Tektronix®
Enabling Innovation

© 2006 Tektronix, Inc. All rights reserved. Tektronix products are covered by U.S. and foreign patents, issued and pending. TEKTRONIX and the Tektronix logo are registered trademarks and Wave Inspector is a trademark of Tektronix, Inc.

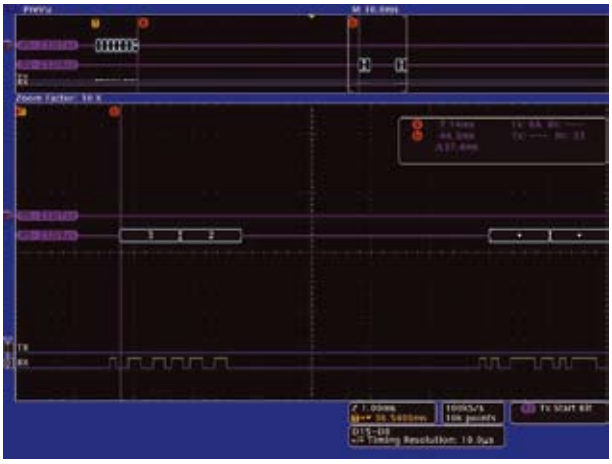

Рис. 5. ***Измерение времени задержки между сообщениями на двух шинах RS-232***

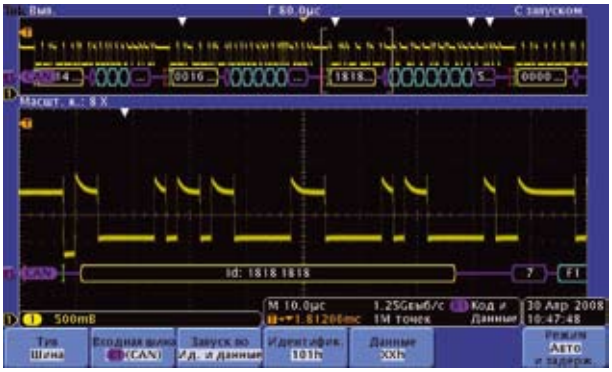

Рис.6. ***Запуск идентификатора и данных на CAN-шине и декодирование всех сообщений в последовательности данных***

дом 24-битном слове в обратном порядке. После устранения неисправности в программе сигнал принял вид, показанный на рисунке 4, а ГУН начал правильно работать на частоте 2,5 ГГц.

РАБОТА С ШИНОЙ RS-232

RS-232 — широко распространенный стандарт последовательной передачи данных на относительно небольшие расстояния. Известны схожие стандарты, например RS-422 и RS-485, которые в отличие от RS-232 используют дифференциальные сигналы. Модуль DPO3COMP позволяет выполнять запуск по сигналам и анализ при последовательной передаче данных через шину RS-232. На осциллографе удобно просматривать данные RS-232, RS-422, RS-485 или UART, не используя с этой целью компьютер или специализированный декодер.

В данном примере было выбрано декодирование ASCII; прибор DPO 3000 Series позволяет также отображать данные RS-232 в двоичном или шестнадцатеричном виде. Предположим, что имеется некое устройство, которое опрашивает датчик о данных на шине RS-232. Датчик не отвечает. Требуется понять: датчик не получает запросы, или он их игнорирует.

Сначала были проверены линии Tx и Rx, и определена используемая шина — RS-232. Затем осциллограф был установлен на запуск, соответствующий запросу на данные, который направлялся по линии Tx. Полученная информация показана на рисунке 5.

На рисунке видна линия Tx на цифровом канале 1 и линия Rx — на цифровом канале 0, однако куда больший интерес представляют декодированные данные, которые отображены над необработанными сигналами. Эти сигналы были увеличены, чтобы заметить отклик со стороны датчика. На рисунке виден запрос по линии Tx и отклик по линии Rx. Курсоры показывают, что ответ приходит через 37 мс после окончания запроса. Увеличение времени ожидания контроллера позволяет устранить эту неполадку, т.к. у датчика появляется больше времени на то, чтобы дать ответ.

РАБОТА С CAN-ШИНОЙ

Модули DPO3AUTO и DPO3AUTOMAX позволяют выполнять запуск по сигналам и анализ при последовательной передаче данных через CAN-шину.

Предположим, водитель автомашины нажимает кнопку, чтобы открыть окно. Требуется рассчитать время между моментом, когда находящийся в дверце машины CAN-модуль отдал команду, и моментом, когда окно стало опускаться. Для определения метки модуля CAN, а также данных, связанных с командой «Опустить окно», можно установить запуск сигнала на искомый информационный кадр.

Измерение времени срабатывания в данном примере представляет собой исключительно простую задачу, как видно из рисунка 6. Белые треугольники на экране — метки, которые были поставлены на сигнале в качестве опорных точек. Эти метки можно добавлять или убирать с дисплея с помощью кнопки Set/Clear, расположенной на передней панели осциллографа. При нажатии кнопок Previous и Next на той же панели осуществляется переход от одной метки к другой, что упрощает навигацию между интересующими событиями в последовательности данных.

Представим, что эту задачу требуется выполнить, не имея перечисленных функций. Без запуска CAN-шины придется установить запуск по кнопке, выполнить захват сигнала достаточно большой длины, затем вручную произвести покадровое декодирование до обнаружения искомого кадра. На эти операции могут потребоваться десятки минут или даже часов.

РАБОТА С LIN-ШИНОЙ

Шина Local Interconnect Network (LIN) — экономичная замена CAN-шины в тех приложениях, где стоимость, универсальность и скорость последней избыточны. Обычно эти приложения служат для передачи данных между интеллектуальными датчиками и исполнительными механизмами, используемыми, например, в блоках управления дверными окнами, замками, датчиками дождя, оконными дворниками, в температурном корректоре и т.д. Поддержка LIN-шины прибором 3000 Series выполняется с помощью автоматического модуля последовательной синхронизации и анализа DPO3AUTO. Осциллографы этой серии обладают возможностью определять и декодировать две последовательные шины одновременно.

Вернемся к примеру с CAN-шиной и представим, что управление дверным окном осуществляется с помощью шины LIN. При нажатии кнопки открывания окна на LIN-шине устройства, находящегося в водительской дверце, инициируется сообщение, которое передается по центральной CAN-сети. В этом случае можно установить запуск по соответствующему событию и наблюдать трафик по мере его прохождения через систему от одной шины к другой. Функция запуска по сигналу от LIN-шины модели 3000 Series позволяет обнаружить требуемые данные быстрее, чем прежде.

Таким образом, из приведенных примеров видно, что благодаря мощным функциям запуска, декодирования и поиска осциллографа DPO 3000 Series разработчики могут эффективно решать задачи, возникающие при построении встраиваемых систем.