

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЯТИ САМЫХ ПОПУЛЯРНЫХ ПРИЁМОВ ОТЛАДКИ С ПОМОЩЬЮ КОМБИНИРОВАННОГО ОСЦИЛЛОГРАФА

BECOME MORE EFFICIENT AT FIVE COMMON DEBUG TASKS USING AN INTEGRATED OSCILLOSCOPE

Скотт Дэвидсон (Scott Davidson), Tektronix

Современные схемы смешанных сигналов становятся всё сложнее, доставляя множество хлопот инженерам. Разработчики встраиваемых систем износили уже не одну пару сапог в поисках эффективных методов диагностики и отладки новейших схем. К этим проблемам относятся разработка источников питания и измерение их КПД, встраивание в схемы беспроводных устройств или выявление источников шума, влияющих на параметры устройства.

Ситуация осложняется тем, что отладка современных устройств вынуждает работать со смешанными сигналами — от постоянного тока до РЧ, с аналоговыми и цифровыми сигналами, с последовательными и параллельными шинами. В не столь далёком прошлом для этого потребовалась бы целая стойка приборов, каждый из которых обладал бы своим собственным интерфейсом и требованиями к настройке.

Но с изменением требований к тестированию встраиваемых систем менялись и контрольно-измерительные приборы, что стало особенно заметным с появлением комбинированных осциллографов. Опрос пользователей осциллографов показал, что кроме осциллографов, они несколько раз в месяц пользовались следующими приборами:

Tektronix®

- Цифровой вольтметр 87 %;
- Генератор сигналов 68 %;
- Анализатор спектра 45 %;
- Логический анализатор 33 %;
- Анализатор протокола 15 %.

Это говорит о том, что осциллограф — центральный прибор большинства разработчиков — должен предлагать более широкий набор функций и возможностей, поддерживающих эффективную проверку и отладку встраиваемых систем. Учитывая эту потребность, производители контрольно-измерительного оборудования начали выпускать комбинированные осциллографы, объединяющие в одном компактном корпусе несколько измерительных приборов, позволяющих анализировать сигналы как во временной, так и в частотной области.

Новейшим представителем осциллографов этого класса на современном рынке является Tektronix MDO3000 (рис. 1), объединяющий в себе шесть приборов, а также уникальную, встроенную в осциллограф независимую систему захвата. Кроме осциллографа он поддерживает функции логического анализатора, анализатора протокола,

генератора сигналов произвольной формы и стандартных функций и цифрового вольтметра. Но как такой прибор работает на практике? Может ли он реально заменить несколько отдельных приборов? Пытаясь ответить на эти вопросы, мы использовали этот осциллограф для выполнения следующих пяти распространённых операций:

1. Поиск аномалий сигнала;
2. Проверка последовательных и параллельных шин;
3. Поиск источников шума;
4. Проверка возможности работы с зашумленными сигналами;
5. Проверка импульсных источников питания.

Естественно, рассматриваемый вариант может отличаться от ваших потребностей и условий, поэтому тщательно изучите технические характеристики в свете своих текущих задач. Но, учитывая снижение цен до уровня «стандартных» цифровых осциллографов и широкое применение во встраиваемых системах беспроводных интерфейсов, можно с уверенностью сказать, что комбинированные осциллографы пришли к нам надолго и отражают будущее направление развития осциллографов.

ПОИСК АНОМАЛИЙ СИГНАЛА

Поиск и захват аномалий сигнала может быть одной из сложнейших задач в процессе отладки. Мало заметные или редко происходящие аномалии всего лишь одного сигнала могут поставить крест на надёжной работе схемы.

И как это часто случается, проверяя сигналы на отлаживаемой плате, мы замечаем на осциллограмме какие-то слабо заметные детали, соответствующие редко происходящим событиям, совершенно не похожим на цифровой сигнал. Применение дисплеев с градацией яркости помогает убедиться, что в сигнале присутствуют редкие аномалии, но они исчезают с экрана слишком быстро, чтобы измерить их параметры. И хотя бесконечное послесвечение может помочь в изучении одного сигнала, оно неприемлемо для быстрого обзора сигналов всей схемы.



Рис. 1. Комбинированный осциллограф Tektronix MDO3000 предлагает шесть приборов в одном компактном корпусе

Чтобы можно было обнаруживать аномалии сигнала в масштабе всей схемы и оценивать частоту их появления, в осциллографы был добавлен режим быстрого захвата с градацией по цвету. Этот режим повышает скорость захвата до 280 000 осциллограмм в секунду, чего вполне достаточно для захвата любой аномалии. Как показано на рис. 2, дисплей с цветовой градацией выделяет наиболее часто появляющиеся сигналы красным цветом, а наиболее редко — синим. На этом 3,3-вольтовом сигнале видны редкие узкие импульсы или глитчи. Искажённые импульсы малой амплитуды (ранты), незначительно превышающие 1 В, тоже выделены синим цветом. Теперь можно применить запуск по рантам для выделения и захвата всех рантов.



Рис. 2. Функция FastAcq показывает аномалии сигнала на дисплее с градацией цвета

Но как часто появляются ранты? Органы управления передней панели предлагают доступ к ручным и автоматическим средствам навигации с такими функциями, как панорамирование и изменение масштаба, которые позволяют исследовать даже длинные фрагменты сигнала. Однако ручная навигация по длинным записям сигнала может быть весьма трудоёмкой и подверженной ошибкам. Прокручивая вручную миллионы точек, можно легко упустить нужное событие. Но даже если вы нашли несколько аномалий в результате ручной прокрутки, можно ли с уверенностью сказать, что ничего не было пропущено?



Рис. 3. Стабилизация развертки смешанных сигналов путём запуска по пакету данных с шестнадцатеричным значением В0

Решение заключается в автоматическом поиске всех проявлений указанного события. Описание искомого события выполняется аналогично описанию условий запуска. Затем осциллограф автоматически помечает каждое событие и позволяет перемещаться между

метками с помощью кнопок со стрелками на передней панели.

В данном случае условия запуска по рантам были скопированы в условия автоматического поиска, что позволило обнаружить три ранта, отстоящие друг от друга примерно на 3,25 мс. Вооружившись данной информацией, мы смогли сопоставить эти аномалии с событиями, происходящими с такой же частотой, и выявить причину их возникновения.

ПРОВЕРКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ И ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ШИН

Для отладки встраиваемых систем, включая системы с последовательными и параллельными шинами, комбинированный осциллограф предлагает весьма полезные инструменты, в том числе анализатор протокола для работы с последовательными шинами и логический анализатор для работы с параллельными шинами.

В качестве последовательной шины в данном примере используется шина SPI. Поскольку эта шина достаточно проста, осциллографу нужно захватить всего три сигнала, составляющие эту шину.

После простого определения нескольких параметров последовательной шины, таких как пороговые уровни и конфигурация последовательных сигналов, осциллограф автоматически декодирует данные шины, сберегая многие часы времени и избавляя вас от дорогостоящих ошибок, возможных при ручном декодировании данных шины.

В рассматриваемой схеме данные последовательной шины SPI поступают в последовательно-параллельный преобразователь. Для проверки временных соотношений между сигналами последовательной и параллельной шин мы захватили восемь сигналов параллельной шины с помощью цифровых каналов осциллографа. После задания нескольких параметров шины, осциллограф автоматически декодировал сигналы шины и отобразил полученную информацию. Осциллограф может одновременно декодировать и отображать данные до двух параллельных или последовательных шин. Синхронизированное отображение двух шин позволяет ясно увидеть временные соотношения между данными последовательной и параллельной шин. В большинстве случаев значения данных параллельной шины изменяются в соответствии с данными последовательной шины сразу после передачи последовательного пакета.

Для облегчения отладки мы установили запуск по сигналам последовательной шины, чтобы стабилизировать отображение развертки и захватить конкретные события на последовательной шине. В данном случае запуск был настроен на захват сигналов при каж-

дой передаче по последовательной шине шестнадцатеричного значения В0. Как видно на рис. 3, при передаче по последовательной шине значения В0, состояние параллельной шины не меняется. Дальнейшие исследования показали, что схема работала не совсем так, как ожидалось.

ПОИСК ИСТОЧНИКОВ ШУМА ВО ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМАХ

Ещё одной распространённой задачей является поиск источников шума. Встроенный анализатор спектра позволяет выполнять отладку в нескольких областях с помощью одного прибора. В данном примере в процессе проверки сигналов схемы было обнаружено, что на один из низкочастотных сигналов наложен другой сигнал очень высокой частоты. Используя функцию измерения по курсору во временной области, мы увидели высокий уровень шума на частоте около 900 МГц.

Переключившись на встроенный анализатор спектра, мы использовали пробник ближнего поля для захвата излучаемых сигналов. Центральная частота анализатора спектра была настроена на 900 МГц, а полоса обзора на 2 МГц. Для настройки этих и других РЧ параметров на передней панели имеется специальная клавиатура. Затем мы медленно перемещали петлевую антенну ближнего поля над печатной платой и искали максимальный уровень сигнала с частотой 900 МГц. Самый большой уровень был обнаружен на выходе генератора тактовой частоты, встроенного в ПЛИС (рис. 4).

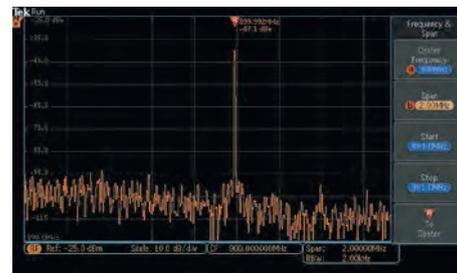


Рис. 4. Сильное излучение частотой 900 МГц было обнаружено на выходе ПЛИС

Для дальнейшего анализа можно воспользоваться режимом спектрограммы, который позволяет наблюдать изменения спектра во времени. В данном случае сигнал был весьма стабилен. Исследовав топологию ПЛИС, мы установили, что этот сигнал соответствует девятой гармонике тактовой частоты 100 МГц интерфейса Ethernet — неудачная разводка печатной платы привела к возникновению электромагнитной связи с другими сигналами схемы.

ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ РАБОТЫ С ЗАШУМЛЕННЫМИ СИГНАЛАМИ

Ещё одной повседневной задачей является проверка работоспособности в неблагоприятных условиях. С помощью генератора сигналов можно соз-

дать специальные сигналы для проверки предельных возможностей конкретного устройства по обработке зашумленных сигналов.

В данном примере с помощью комбинированного осциллографа измерялся предельный уровень шума входного сигнала приёмника последовательной шины CAN. Сначала с помощью аналогового канала осциллографа был захвачен живой сигнал шины CAN и загружен в память редактора встроенного генератора сигналов произвольной формы и стандартных функций.



Рис. 5. Захват поврежденных пакетов на выходе приёмника последовательной шины, индицирующих битовые ошибки

Затем генератор сигналов произвольной формы был использован для циклического воспроизведения захваченного сигнала и подачи его на вход исследуемого приёмника. Последовательный сигнал с выхода приёмника захватывался каналом 3 осциллографа, декодировался и отображался на экране. В данном примере мы использовали запуск по сигналу последовательной шины для получения стабильного изображения развертки.

После этого к последовательному сигналу был добавлен гауссовский шум, и при этом контролировался последовательный сигнал на выходе приёмника в поиске искаженных или поврежденных данных, содержащих битовые ошибки. Этот процесс показан на рис. 5.

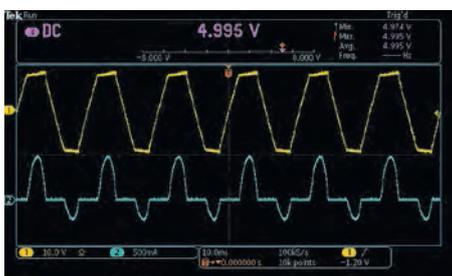


Рис. 6. Мониторинг выходного постоянного напряжения с помощью цифрового вольтметра. Осциллограмма входного переменного напряжения показана жёлтым цветом, а осциллограмма тока — синим

Исследования декодированного выходного сигнала приёмника показали, что приёмник работает хорошо при уровнях шума до 40% от амплитуды последовательного сигнала, но когда уровень шума достигает 45-50% от амплитуды сигнала, то появляется значительное число ошибок. Этот ме-

тод измерения хорошо подходит для быстрой проверки предельных возможностей приёмников по обработке зашумленных сигналов.

ПРОВЕРКА ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Измерения параметров цепей питания с помощью осциллографа позволяют любому пользователю быстро получить точные и воспроизводимые результаты, даже если он редко сталкивается с такими измерениями. Этот пример демонстрирует широко распространенные измерения характеристик источников питания и рассказывает, как выполнить их с помощью автоматических функций комбинированного осциллографа, встроенного цифрового вольтметра, дифференциальных и токовых пробников.



Рис. 7. Здесь показаны коммутационные потери мощности и энергии

В данном примере на рис. 6 показаны осциллограммы входного напряжения (жёлтая) и тока (синяя) преобразователя переменного напряжения в постоянное. Встроенный 4-разрядный цифровой вольтметр настраивался на мониторинг постоянного напряжения. Статистические характеристики в правой части дисплея цифрового вольтметра показывают, что выходное напряжение очень стабильно, а графическое представление сигнала позволяет визуально оценивать изменения напряжения. Затем было использовано программное обеспечение для измерения параметров цепей питания, чтобы определить такие характеристики входного напряжения, как мощность, пик-фактор и коэффициент мощности. Это позволило оценить влияние источника питания на сеть переменного тока, к которой он подключен. Здесь были использованы измерения гармоник тока для частотного анализа входного тока как в графической, так и в табличной форме.

Другим ключевым параметром источников питания являются коммутационные потери в силовых ключах, что является основным фактором, ограничивающим КПД источников питания. В данном случае измерялось дифференциальное напряжение на полевом транзисторе (жёлтая осциллограмма), а также ток, протекающий через ключ (синяя осциллограмма). Затем рассчитывалась мгновенная мощность (красная осциллограмма на рис. 7), и на

экран выводились коммутационные потери мощности и энергии.

И, наконец, измерение области безопасной работы позволяет автоматически контролировать и отбраковывать силовые ключи при разных входных и выходных параметрах. Сравнивая напряжение, ток и мгновенную мощность ключа с предельными значениями можно убедиться, что надёжность устройства не снизится в результате выхода за пределы спецификаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные встраиваемые системы мало похожи на те, которые существовали всего несколько лет назад. В основном это связано с добавлением функций беспроводной связи. Сегодня большинство разрабатываемых и выпускаемых систем содержат хотя бы один из беспроводных интерфейсов, таких как Wi-Fi, Bluetooth или ZigBee. От устройств ввода, таких как мышь или клавиатура, до контроллеров умного дома и потоковых медиаплееров потребители требуют удобств, предоставляемых беспроводными устройствами. Тестирование таких систем подразумевает, что разработчики должны работать со смешанными сигналами — от постоянного тока до РЧ, с аналоговыми и цифровыми сигналами, с последовательными и параллельными шинами.

В ответ на эту потребность производители контрольно-измерительного оборудования предложили комбинированные осциллографы, содержащие целый набор приборов в одном компактном корпусе. Как показано в статье, такие осциллографы могут решать множество традиционных отладочных задач — от выявления источников излучаемых помех до проверки импульсных источников питания.

With complexity on the rise, modern mixed signal designs are proving to be a worthy adversary to designers. Embedded design engineers are having to wear multiple hats in order to efficiently troubleshoot and debug the latest designs. Debugging today's designs requires working in a mixed domain environment, from DC to RF, with analog and digital signals, and serial and parallel buses. That means a modern measuring device should be combined and needs to give designers a more comprehensive set of functions and features to support efficient verification and debugging of embedded designs. To meet this need Tektronix has developed a new integrated oscilloscope MDO3000 that combines 6(!) instruments in a single small, portable package able to provide insight into both time and frequency domains. Find more in the present article.