

Работа с зашумленным сигналом. Функции осциллографа, упрощающие измерения

Тревор Смит (Trevor Smith), менеджер по развитию рынка осциллографов в Европе

В статье описываются общие функции осциллографов, которые позволяют снизить шум во время измерения, включая новейшее средство, представленное только в осциллографах серии Tektronix MSO2000 и DPO2000 — перестраиваемый фильтр нижних частот FilterVu™.

ВВЕДЕНИЕ

Шум является широко распространенной классической проблемой. Практически всем, кто работает с электронными схемами, приходится уделять время борьбе с шумом — либо искать и устранять его источники, либо пытаться снизить его влияние на результаты измерений.

Число источников шума огромно — шумы могут возникать внутри схемы или наводиться извне, маскируя собой полезные сигналы. Возможно, вам приходилось сталкиваться с проблемами измерения низковольтных сигналов (порядка нескольких мВ), таких как сигналы радара или электрокардиографа.

Шум может затруднить измерение истинного напряжения сигнала и увеличить джиттер, мешая измерению временных характеристик. При необходимости получить чистую кривую для включения ее в отчет с целью четко продемонстрировать работу схемы шум также будет осложнять эту задачу.

Осциллограф имеет множество средств и функций, помогающих в борьбе с шумами. В данной статье описываются общие функции осциллографов, которые позволяют снизить шум во время измерения, включая новейшее средство, представленное только в осциллографах серии Tektronix MSO2000 и DPO2000. Перестраиваемый фильтр нижних частот FilterVu™ отфильтрует нежелательный шум, не лишая вас возможности регистрировать неперiodические выбросы во всей полосе осциллографа, что позволяет сосредоточиться на полезном сигнале и не пропустить высокочастотные составляющие.

ПРИМЕНЕНИЕ ОСЦИЛЛОГРАФА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЗАШУМЛЕННЫХ СИГНАЛОВ

Необходимость стабильной синхронизации

Прежде чем анализировать сигнал, требуется получить стабильное изображение, что может быть проблематично, если стабильной синхронизации мешают шумы. В большинстве осциллографов заложено несколько возможных решений этой проблемы.

Как правило, первым шагом на пути к стабильной синхронизации является проверка режимов связи по входу синхронизации и выяснение, какой из них работает лучше. Многие осциллографы Tektronix предлагают режимы связи с подавлением высоких частот (ВЧ), подавлением низких частот (НЧ) и с подавлением шума, каждый из которых можно использовать для получения стабильной синхронизации.

В режиме подавления высоких частот в тракт синхросигнала включается ФНЧ, который рассчитан на подавление всех высокочастотных выбросов или шумов. В режиме подавления низких частот в тракт синхросигнала включается ФВЧ, который подавляет все низкочастотные сигналы, которые могут вызвать ложное срабатывание синхронизации. В режиме подавления шума увеличивается гистерезис синхронизации, предотвращая запуск от случайных шумовых сигналов. Предсказать влияние этих режимов на конкретный сигнал достаточно трудно; попробуйте каждый из них и выясните, что работает лучше.

Кроме того, системы синхронизации многих осциллографов позволяют управлять задержкой срабатывания. Эта функция

задерживает запуск на указанное пользователем время. Если сигнал имеет периодический характер, попробуйте отрегулировать задержку так, чтобы избежать ложных срабатываний.

Если синхронизация по-прежнему нестабильна, во многих осциллографах имеется возможность ограничить полосу, пропуская сигнал через ФНЧ. ФНЧ имеет обычно минимальный набор настроек и, как правило, его частота среза не опускается ниже 20 МГц. Во многих случаях, например при отладке источников питания, такая частота может оказаться недостаточно низкой. Попробуйте добиться стабильной синхронизации, изменяя полосу пропускания.

Снижение зашумленности отображаемого сигнала

Добившись стабильной синхронизации, можно попытаться дополнительно улучшить изображение на экране осциллографа. Для этого используется несколько функций: ограничение полосы (описано выше), режим захвата с усреднением, режим захвата с высоким разрешением и перестраиваемый фильтр нижних частот FilterVu — новая функция осциллографов серии Tektronix MSO/DPO2000.

Ограничение полосы

В этом режиме полоса пропускания осциллографа ограничивается полосой частот полезного сигнала. Это значит, что частоты выше установленного предела будут подавляться или полностью исключаться из тракта синхронизации, а также из трактов захвата и отображения сигнала. Режим ограничения полосы можно использовать не только для получения стабильной синхронизации, но и для уменьшения зашумленности сигнала, отображаемого на экране осциллографа (см. рис. 1).

Применение режима ограничения полосы является простейшим способом подавления шумов и прекрасно работает, если все нежелательные шумы расположены на частотах, превышающих частоту среза фильтра. Однако в этом режиме могут исчезнуть и все ВЧ-выбросы.

Обычно осциллографы предлагают весьма ограниченные возможности регулировки полосы пропускания — в большинстве случаев частоту среза можно установить равной 250 МГц или 20 МГц.

Режим захвата с усреднением

При выключенном режиме захвата полезный сигнал зашумлен (см. рис. 2).

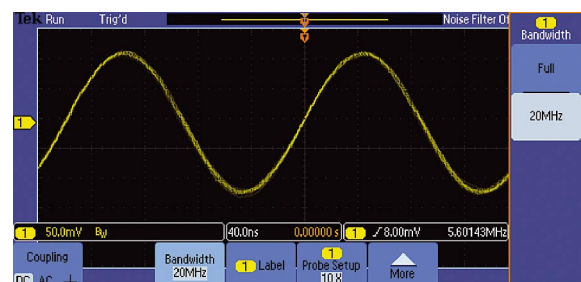


рис. 1. Режим ограничения полосы пропускания. Частота среза — 20 МГц

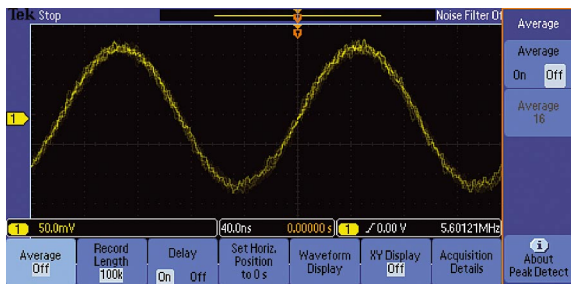


рис. 2. Вид осциллограммы синусоидального сигнала при выключенном режиме захвата. Сигнал заметно зашумлен

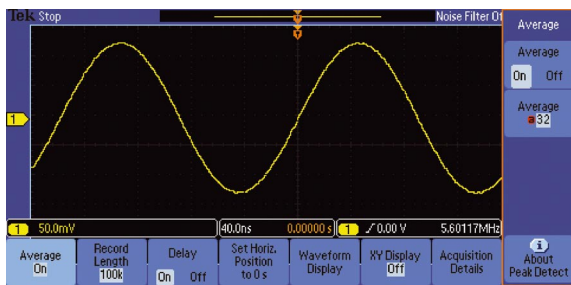


рис. 3. Вид осциллограммы синусоидального сигнала при включенном режиме захвата с 32-кратным усреднением

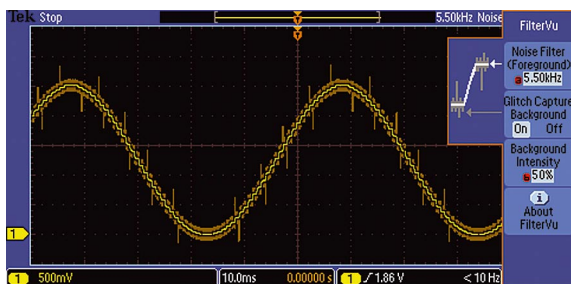


рис. 4. Использование фильтра FilterVu для наблюдения периодического сигнала

В режиме захвата с усреднением выполняется несколько полных захватов, а затем происходит поточечное усреднение для получения среднего напряжения в момент каждой выборки. Число захватов, участвующих в усреднении, выбирается пользователем. Шум, как правило, изменяется от выборки к выборке случайным образом и может оказаться как больше, так и меньше. При усреднении этих случайных величин по достаточно большому числу выборок они взаимно уничтожаются, создавая на экране стабильный сигнал (см. рис. 3). Для того чтобы воспользоваться режимом захвата с усреднением, полезный сигнал должен быть периодическим. Непериодические сигналы или однократные события усреднять нельзя.

Режим захвата с усреднением подавляет все некоррелированные события и случайный шум, даже на очень низких частотах. Причем он работает для всех скоростей развертки осциллографа.

Поскольку для создания одной усредненной осциллограммы следует захватить несколько образцов сигнала, скорость реакции изображения на изменение входного сигнала или на поворот рукоятки на передней панели может упасть. Это значит, что редкие выбросы, скорее всего, будут пропущены.

В некоторых случаях режим захвата с усреднением предпочтительней ограничения полосы, поскольку при этом сохраняется полная полоса пропускания осциллографа для захвата периодических высокочастотных событий.

Режим захвата с высоким разрешением

Некоторые осциллографы имеют режим захвата с высоким разрешением, который подобен режиму захвата с усреднением,

ем, поскольку в этом случае также используется усреднение для подавления шумов. В режиме захвата с высоким разрешением выполняется усреднение в интервале для каждого захвата, т.е. для создания одной точки усредняется несколько соседних выборок в пределах каждой захваченной осциллограммы. Это приводит к снижению высокочастотного шума, поскольку усреднение подавляет вызванные шумом быстрые флуктуации напряжения. Также в этом режиме снижается частота дискретизации, поскольку несколько выборок сливается в одну. В результате режим захвата с высоким разрешением работает только для медленных разверток, когда осциллограф имеет достаточный запас частоты дискретизации для отображения измеряемого сигнала.

В отличие от режима захвата с усреднением, режим захвата с высоким разрешением может использоваться для непериодических и однократных сигналов. И поскольку в этом режиме требуется захватить всего одну осциллограмму, режим захвата с высоким разрешением обеспечивает значительно большую скорость обновления изображения. Кроме того, объединение соседних выборок снижает вероятность наложения спектров при медленной развертке.

Поскольку режим захвата с высоким разрешением является разновидностью ФНЧ, можно пропустить высокочастотные выбросы сигнала. Кроме того, режим захвата с высоким разрешением пропускает некоторый высокочастотный шум, который может исказить форму сигнала и положения фронтов. И, как правило, информация о том, какие частоты были подавлены, в режиме захвата с высоким разрешением отсутствует.

Режим захвата с высоким разрешением может подавить некоторые нежелательные частоты, однако другие частоты могут остаться в связи с недостаточной частотной селективностью этого метода.

Цифровые фильтры

Некоторые осциллографы поддерживают последующую обработку сигнала с помощью цифрового сигнального процессора (DSP), которая позволяет вырезать из сигнала определенные шумовые частоты. При этом можно полностью контролировать фильтруемую частоту. И хотя эти фильтры обладают достаточной гибкостью, зачастую они медленны и подходят только для однократного захвата или медленных разверток. К тому же они могут отфильтровать интересные и важные выбросы или аномалии, а вы об этом даже не узнаете.

Перестраиваемый фильтр нижних частот FilterVu™

Осциллографы серии Tektronix MSO/DPO2000 имеют новую мощную функцию — перестраиваемый фильтр нижних частот FilterVu™, позволяющий отфильтровывать нежелательный шум. С помощью FilterVu можно выбрать частоту среза ФНЧ, через который будет проходить отображаемый сигнал. Но, несмотря на фильтрацию, имеется гарантия отсутствия потерь высокочастотных выбросов или сильного шума за счет ненавязчивой фоновой осциллограммы, отображающей обнаруженные пиковые значения сигнала (режим удержания мин./макс.) под чистой отфильтрованной осциллограммой (см. рис. 4).

Частоту среза ФНЧ можно настраивать с передней панели, что дает возможность контролировать степень подавления шума. Отображаемое значение частоты среза позволяет оценить спектр шума без применения трудоемкого быстрого преобразования Фурье (БПФ). Причем эту настройку можно выполнять даже для однократных осциллограмм после захвата, что позволяет тщательно исследовать полезный сигнал.

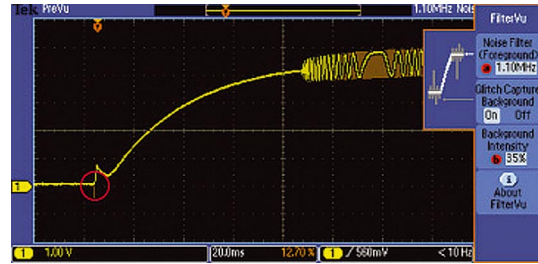
Кроме того, FilterVu предлагает столь же высокую скорость обновления изображения, как и режим захвата с высоким разрешением, обеспечивая гибкость и контроль, свойственные последующей цифровой обработке, и сохраняя фоновое изображение, на котором видны высокочастотные выбросы и сильные шумы.

Полученная с помощью пикового детектора фоновая кривая регистрирует выбросы сигнала в полной полосе пропускания осциллографа даже для однократных осциллограмм. Это значит, что любые выбросы, которые можно захватить с максимальной скоростью развертки, будут все-таки видны при исследовании сигнала с минимальной скоростью развертки.

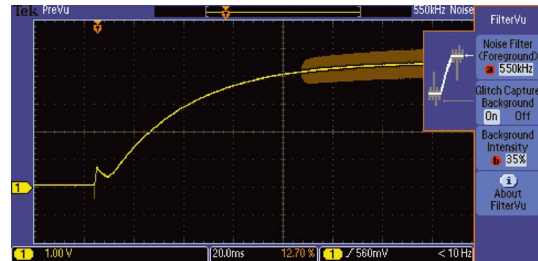
Подобно режиму захвата с высоким разрешением, фильтр FilterVu™ доступен не для всех скоростей развертки. С ее ускорением диапазон перестройки фильтра сужается. На самой быстрой развертке фильтр отключается вовсе, поскольку ФНЧ работает за счет сокращения числа выборок сигнала. Во многих режимах развертки осциллограф работает с пониженной частотой дискретизации, поэтому возникает множество лишних точек. Когда осциллограф работает с максимальной частотой дискретизации или близко к этой частоте, лишних точек образуется меньше, и возможности фильтрации FilterVu сокращаются. Для снижения шумов на максимальных скоростях развертки лучше использовать режим захвата с усреднением.

FilterVu можно применять к периодическим, непериодическим и однократным сигналам. Свойственный ему широкий диапазон перестройки частоты среза позволяет удалить достаточную часть шума, не оказывая существенного влияния на полезный сигнал. Аналогично режиму ограничения полосы, FilterVu может фильтровать низкие частоты (менее 1 МГц), но в отличие от режима захвата с высоким разрешением он не пропускает нежелательные верхние частоты, которые могут маскировать полезный сигнал. А благодаря фоновому изображению, полученному с помощью пикового детектора, которое защищает от потери важных выбросов, FilterVu является прекрасной заменой режима захвата с высоким разрешением (см. рис. 5 а, б).

Кроме того, FilterVu может снизить эффекты наложения спектров. При минимальной частоте фильтрации для каждой скорости развертки через фильтр проникает не более 1% высокочастотных составляющих, которые могут вызвать наложение спектров, если частота установлена на минимум, масштабирование выключено и выполняется захват. При этом подавляются только перекрывающиеся частоты, а не полезный сигнал.



а)



б)

рис. 5. Использование фильтра FilterVu для наблюдения непериодического сигнала: а) частота среза 1,1 МГц; б) частота среза 550 кГц

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Шум представляет собой постоянную и сложную проблему, присутствующую практически во всех электронных схемах. В статье были обсуждены некоторые функции осциллографов, которые можно использовать для оценки влияния шумов и их снижения во время измерения. Фильтр нижних частот FilterVu в осциллографах серии Tektronix MSO2000 и DPO2000 представляет собой мощный и гибкий инструмент с минимальным числом компромиссов, позволяющий эффективнее решать проблемы, связанные с шумом.

НОВОСТИ ВС | КОМПАНИЯ ТЕКТРОНИК ПРЕДСТАВИЛА ПЕРВЫЙ ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАКЕТ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСА SATA ВЕРСИИ 3.0 НА ФИЗИЧЕСКОМ УРОВНЕ



Генератор сигналов произвольной формы серии AWG5000B



Высокопроизводительные осциллограф и анализатор последовательных потоков данных серии DSA/DPO70000

появившиеся твердотельные накопители. Последняя генерация SATA позволит перемещать большие объемы данных с большей скоростью, что даст несомненные преимущества пользователям, работающим с большими объемами высококачественных фотографий, видеозаписей, музыки и других мультимедийных файлов. В результате повысится привлекательность этого быстрого и недорогого интерфейса и надолго утвердится его положение в цифровом мире в качестве стандарта для накопителей.

Компания Tektronix предлагает самые широкие в отрасли возможности для тестирования на физическом уровне высокоскоростных технологий последовательной передачи данных, включая SATA 6 Гбит/с. Например, генератор сигналов произвольной формы Tektronix AWG7000B с его секвенсором высокого разрешения способен уникальным образом взаимодействовать со сложными машинами для формирования тестовых сигналов для дисков и контроллеров, работающих на скорости 6 Гбит/с. Кроме того, осциллографы Tektronix серии DSA/DPO70000 являются единственными на рынке, способными захватывать сигналы со скоростью 6 Гбит/с вплоть до пятой гармоники и выше, что создает дополнительный запас точности для отладки и тестов на соответствие.

«Tektronix давно лидирует в сфере анализа и тестирования высокоскоростных последовательных интерфейсов и контрольно-измерительных решений», — сказал Ян Валентин (Ian Valentine), генеральный менеджер группы технологических решений компании Tektronix. — Заказчикам нужны средства тестирования новейших дисковых интерфейсов SATA. Наши передовые решения и рекомендации предлагают функции и тщательно продуманные процедуры, позволяющие полностью отлаживать и тестировать изделия нового стандарта SATA 6 Гбит/с. Мы продолжаем тесно сотрудничать с организацией SATA-IO и фирмами, входящими в ее состав, работая над новыми методиками, которые позволяют создать средства тестирования, способствующие быстрой разработке продуктов SATA 6 Гбит/с».

Айлин Престон (Eileen Preston), тел.: +44 (0)1344 392241; Eileen.preston@tektronix.com
www.tektronix.com