

# Десять критериев, которые надо учитывать при выборе осциллографа

Роберт ЛЭШЛИ (Robert LJESHLI)

В этой статье обсуждается десять наиболее важных характеристик, которые надо учитывать при выборе осциллографа. Кем бы ни был произведен прибор, всегда тщательно рассматривайте десять описанных здесь характеристик, и это поможет выбрать осциллограф в соответствии с вашими потребностями.

## Полоса пропускания

Полоса пропускания является наиболее важной характеристикой осциллографа, поскольку определяет диапазон сигналов, которые он может отображать. Кроме того, от ее уровня в большой степени зависит цена осциллографа.

Необходимая полоса пропускания определяется в основном скоростью нарастания фронтов сигнала, который нужно исследовать. Сейчас инженерам не часто нужно исследовать чисто синусоидальные сигналы, а наоборот, приходится работать с сигналами, содержащими высшие гармоники, частота которых превышает частоту основной гармоники сигнала. Таким образом, если осциллограф не будет обладать достаточной полосой, то вместо четких и крутых фронтов, вы увидите сильно закругленные перепады. А это, в свою очередь, отразится на точности измерений.

Полоса, занимаемая исследуемыми сигналами, также обуславливает полосу пропускания осциллографа, хотя и в меньшей степени, чем длительность фронтов. В современных цифровых осциллографах максимальная частота, которую они могут отобразить, определяется тактовой частотой системы. Если сигналы имеют пологие фронты (500 пс и больше), то для нормального отображения таких сигналов осциллограф должен иметь полосу пропускания, по крайней мере в два-три раза превышающую частоту сигнала.

**Покупая осциллограф, нужно остановить свой выбор на том приборе, который позволит выполнять работу эффективней и точнее. Впрочем, такой выбор может оказаться непростой задачей. Сравнение технических характеристик и возможностей осциллографов разных производителей зачастую оказывается длительным и трудоемким процессом. Однако описанные в этой статье концепции помогут вам ускорить процесс выбора и избежать типичных ошибок.**

Для более крутых фронтов частота сигнала меньше влияет на требования к полосе пропускания.

Кроме того, определяя потребность в полосе, нужно учитывать будущие требования, которые наверняка изменятся за время службы прибора. Выпускаемые компанией Agilent Technologies осциллографы Infiniium 90000A облегчают решение этой проблемы, позволяя расширять полосу пропускания осциллографа по мере необходимости.

## Число каналов

Чтобы точно определить необходимое число каналов, нужно тщательно проанализировать характер предстоящей работы. В современных схемах все чаще применяется цифровая обработка сигнала, и традиционных двух- и четырехканальных осциллографов зачастую бывает недостаточно. В современном цифровом мире применяются новые поколения устройств, возможности которых значительно расширены за счет встроенных функций обработки циф-

ровых сигналов и отладки цифровых схем. Такие осциллографы смешанного сигнала гармонично сочетают дополнительные шестнадцать цифровых каналов с двумя или четырьмя аналоговыми каналами традиционных осциллографов. В результате получается полнофункциональный осциллограф с числом каналов до двадцати, которые обеспечивают синхронную по времени регистрацию и просмотр сигналов.

## Частота дискретизации

На этот счет существует простое правило — частота дискретизации осциллографа должна не менее чем в 2,5 раза превышать аналоговую полосу. В идеальном случае она должна превышать аналоговую полосу в три раза и более.

Для получения высокой частоты дискретизации производители осциллографов часто используют чередование нескольких работающих в реальном времени АЦП. В общем случае чередование не создает проблем реконструкции сигнала, однако в случае не-

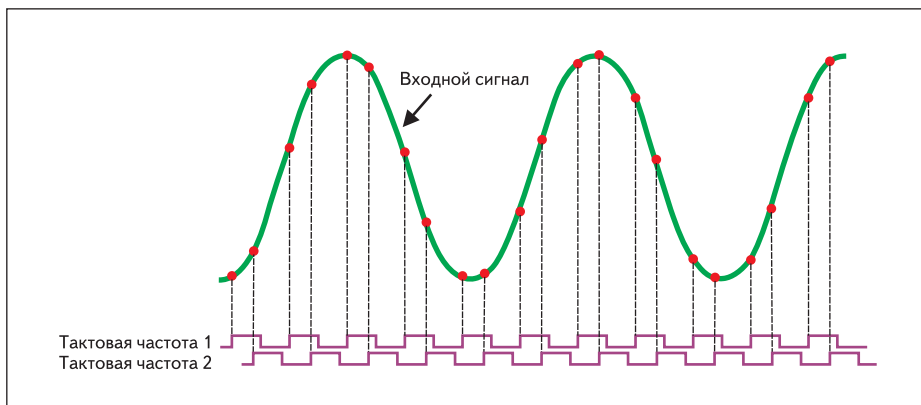


Рис. 1. Временная диаграмма, демонстрирующая неравномерное расположение выборок

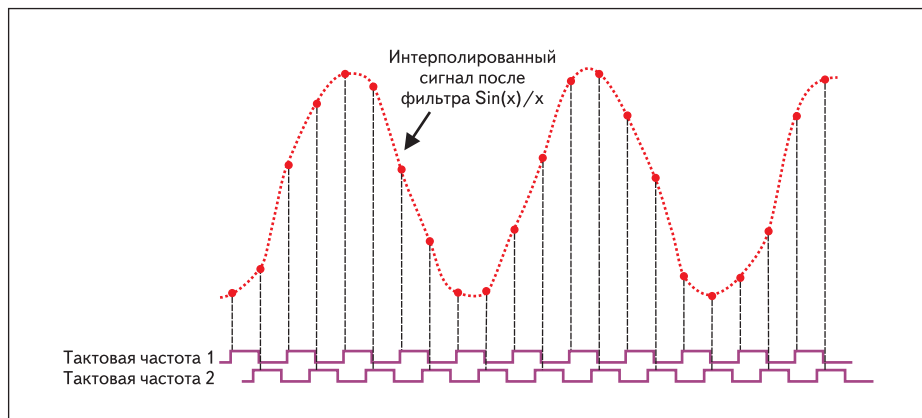


Рис. 2. Временная диаграмма, демонстрирующая искаженный реконструированный сигнал после фильтра  $\text{Sin}(x)/x$ , возникающий в результате неправильной задержки тактового сигнала

точного чередования форма сигнала может искажаться. Поэтому при покупке осциллографа важно выбрать такого производителя, который обеспечивает высокую точность чередования.

Согласно теореме дискретизации Найквиста (Котельникова), максимальная частотная составляющая дискретизируемого сигнала не должна превышать половины частоты дискретизации, и для корректной реконструкции сигнала выборки должны располагаться равномерно. Изображение на рис. 1 показывает искажения, возникающие в результате нарушения синхронизации чередующихся выборок. Это происходит потому, что задержанные по фазе тактовые частоты двух чередующихся АЦП сдвинуты друг относительно друга не точно на  $1/2$  периода дискретизации. Такая неточность порождает проблемы, связанные с тем, что выборки (красные точки) располагаются неравномерно, как того требует теорема дискретизации Найквиста. Процессор осциллографа исходит из предположения равномерного расположения выборок, и поэтому в ходе реконструкции фильтр  $\text{Sin}(x)/x$  осциллографа дает искаженный сигнал (рис. 2).

Таким образом, если используется чередование, особенно важно, чтобы чередующиеся АЦП были согласованы по вертикали и использовалась точная задержка тактирующих сигналов.

### Глубина памяти

АЦП осциллографа оцифровывает входные сигналы, и результирующие данные сохраняются в высокоскоростной памяти прибора. При выборе осциллографа важно понимать, как он использует эту сохраненную информацию.

Многие считают, что указанная максимальная частота дискретизации осциллографа относится ко всем скоростям развертки. На самом деле глубина памяти ограничена, и, следовательно, все осциллографы

вынуждены снижать частоту дискретизации по мере снижения скорости развертки. Чем больше глубина памяти осциллографа, тем больший интервал сигнала можно захватить с максимальной частотой дискретизации. При выборе устройства нужно обращать внимание на то, как частота дискретизации зависит от выбранной скорости развертки.

Чтобы рассчитать необходимую глубину памяти, нужно умножить время, которое должно отобразиться на экране, на частоту дискретизации, которую вы хотите получить. Если нужно анализировать более длительные интервалы с большим разрешением, глубина памяти должна быть больше.

После того как будет определена необходимая глубина памяти, не менее важно проверить, как работает осциллограф с максимальной глубиной памяти. Зачастую в этом режиме осциллографы начинают замедленно реагировать на команды управления, что может отрицательно сказаться на производительности. Перед покупкой прибора обязательно нужно оценить скорость его реакции с максимальной глубиной памяти, которую вы планируете установить.

### Скорость обновления

Другим важным фактором, влияющим на качество осциллографа, является скорость обновления. Скоростью обновления называется скорость, с которой осциллограф захватывает сигнал и обновляет изображение на экране. Следовательно, более высокая скорость обновления повышает вероятность регистрации редких событий, таких, скажем, как выбросы. Например, осциллограф серии Agilent InfiniiVision 7000 (рис. 3) обладает скоростью обновления до 100 000 раз в секунду.

Однако нужно с осторожностью подходить к сравнению скоростей обновления, так как обычно производители указывают максимальную скорость обновления, на которую способен их прибор. Тем не менее, для достижения заявленных характеристик зачастую требуется применение специальных режимов захвата. Эти специальные режимы могут существенно ограничивать такие характеристики осциллографа, как глубина памяти, частота дискретизации и качество отображения сигналов. Осциллографу Agilent InfiniiVision 7000 не требуется специальный режим захвата для достижения скорости 100 000 захватов в секунду.

### Возможности запуска

В большинстве случаев пользователи осциллографа применяют режим запуска по фронту. Однако в некоторых случаях могут оказаться полезными другие способы запуска.

Для разработчиков последовательных шин некоторые осциллографы оборудуются функциями запуска от таких последовательных шин, как SPI, CAN, USB, I<sup>2</sup>C, FlexRay и LIN. Такие расширенные возможности запуска могут сэкономить много времени в повседневной работе. А если нужно захватить редко происходящее событие? Синхронизация от выбросов позволяет осуществлять запуск от положительных и отрицательных выборок.



Рис. 3. Осциллограф серии Agilent InfiniiVision 7000 обладает скоростью обновления до 100 000 раз в секунду



Рис. 4. Осциллограф серии Agilent 90000A, единственный в отрасли осциллограф с трехуровневой системой запуска InfiniiScan Plus

сов или от импульсов, ширина которых больше или меньше указанного значения. Кроме того, многие современные осциллографы позволяют синхронизироваться от сигналов ТВ, HDTV и видеосигналов.

Осциллограф серии Agilent 90000A (рис. 4), который появился весной 2008 года, стал единственным в отрасли осциллографом со встроенным трехуровневым пользовательским запуском InfiniiScan Plus. Эта программно-аппаратная система синхронизации предоставляет пользователям широчайшие возможности.

В общем, нужно четко себе представлять, какого рода события вы собираетесь регистрировать, а затем выбрать осциллограф, обладающий необходимыми функциями синхронизации.

## Пробники

Выбор пробника также очень важен, поскольку полоса пропускания системы — комбинация осциллограф/пробник — ограничивается худшим из двух компонентов. Возьмем, например, осциллограф с полосой 1 ГГц и пассивный пробник с полосой 500 МГц. Такая комбинация не позволит воспользоваться полной полосой пропускания осциллографа, и вместо полосы 1 ГГц вы получите полосу 500 МГц, которая соответствует полосе пропускания пробника.

Кроме того, при каждом своем подключении пробник становится частью тестируемой схемы. При этом его наконечник представляет собой короткую линию передачи, создающую дополнительную нагрузку на тестируемое устройство.

Активные пробники не только обладают более широкой полосой, чем пассивные, но и смягчают описанное выше влияние на тестируемое устройство. Компания Agilent Technologies максимально снижает нагрузку и результирующие искажения сигнала, используя в своих активных пробниках резистивные «демпфирующие» наконечники.

Такие демпфирующие наконечники предотвращают чрезмерное снижение импеданса параллельного резонансного L-С контура и, следовательно, предотвращают звоны и искажения сигнала, вызванные нагрузкой.

Но, даже применяя пробники со специальными наконечниками, следите за тем, чтобы пробник позволял полностью использовать полосу пропускания осциллографа. Пробники Agilent InfiniiMax используют усилитель и позволяют подключать различные дифференциальные и несимметричные головки, сохраняя при этом полную полосу пропускания.

## Набор интерфейсов

Многие современные цифровые осциллографы оборудованы многочисленными интерфейсами, включая RS-232, LAN и USB 2.0. Если необходимо часто передавать данные из осциллографа в компьютер, важно, чтобы осциллограф имел хотя бы один из этих интерфейсов.

Некоторые осциллографы, такие как Agilent InfiniiVision 7000, позволяют экспортировать данные в файл .alb. Затем можно импортировать этот файл в программу просмотра, работающую на компьютере. Это может оказаться очень полезным, если работа осуществляется в составе группы, распределенной на большой географической территории, так как есть возможность передавать данные, захваченные одним осциллографом, другим членам группы, которые, в свою очередь, смогут анализировать эти сигналы на своих компьютерах.

Заблаговременное определение необходимых интерфейсов существенно сократит время, затрачиваемое на передачу и сохранение данных.

## Прикладное программное обеспечение

Автоматические измерения, встроенные функции анализа и дополнительные при-

кладные программы могут сэкономить время и облегчить работу.

Большинство осциллографов имеют математические и статистические функции и могут выполнять быстрое преобразование Фурье. Для «продвинутых» пользователей, занимающихся анализом сигналов, некоторые производители предлагают программные пакеты, которые позволяют настраивать сложные измерения или математические функции и выполнять последующую обработку сигнала прямо через интерфейс пользователя осциллографа.

Зачастую прикладные программы позволяют выполнять измерения, которые, в противном случае, вызвали бы очень большие затруднения. В качестве примера можно привести программное обеспечение Agilent InfiniiScan, которое является частью трехуровневой системы запуска осциллографов серии Agilent 90000A. Это ПО быстро выявляет нарушения целостности сигнала, выполняя сканирование нескольких тысяч сигналов и выделяя любые встреченные аномалии. Поэтому, выбирая осциллограф, важно изучить имеющееся программное обеспечение, чтобы не оказаться в ситуации, когда вам понадобятся функции или измерения, которые не может выполнить ПО вашего осциллографа.

## Простота управления

Рассмотрение описанных выше девяти аспектов, вероятно, сократит область поиска до ограниченного числа устройств, удовлетворяющих вашим требованиям. Теперь настало время испытать их в работе и непосредственно сравнить между собой. Возьмите осциллографы на время и в течение нескольких дней тщательно их изучите. Это позволит оценить простоту управления каждым осциллографом.

Оценивая простоту управления, надо ответить на несколько вопросов. Предусмотрены ли специальные органы управления для часто используемых функций, таких как чувствительность, скорость развертки, положение осциллограммы и уровень запуска? Сколько кнопок нужно нажать, чтобы перейти из одного режима в другой? Можно ли управлять осциллографом интуитивно, сосредоточив внимание на решении стоящей задачи?

Простой в обращении осциллограф избавит вас от массы неудобств.

## Заключение

Приобретая дорогое технологическое оборудование, важно быть уверенным в правильности принятого решения. Понимание описанных в этой статье десяти характеристик осциллографа позволит сделать более осмысленный выбор и найти осциллограф, максимально соответствующий вашим потребностям. ■