

10 шагов при выборе “правильного” цифрового осциллографа

В связи с появлением на рынке цифровых осциллографов различных производителей, выбор даже такого известного каждому инженеру прибора становится непростой задачей. При этом простое сравнение характеристик и возможностей осциллографов различных производителей может не дать ответа на вопрос, какой прибор лучше подойдет для решения ваших конкретных задач.

Процедура, описанная ниже, предназначена помочь вам как потенциальному покупателю сделать “правильный” выбор, избежав многих характерных ошибок. Следование данному алгоритму поможет вам оценить каждый прибор объективно.

При выборе осциллографа первый вопрос, который вас, возможно, интересует - это стоимость прибора. Стоимость цифровых осциллографов зависит от многих параметров, таких как, например, полоса пропускания, частота дискретизации, число каналов, объем памяти и т.д. Если при выборе прибора, вы будете ориентироваться только на его цену, то вы возможно

не будете удовлетворены его остальными параметрами. Наоборот, подумайте о ценности прибора, исходя из его

Шаг 1. Какой выбрать: аналоговый или цифровой?

Цифровые и аналоговые осциллографы имеют свои достоинства и недостатки. Постоянное совершенствование цифровых технологий позволило создать цифровые приборы более мощными и производительными по сравнению со своими аналоговыми собратьями. Кроме этого, разница в стоимости постоянно сокращается и цифровые осциллографы становятся все более и более доступными по цене.

Ниже перечислены достоинства и недостатки цифровых и аналоговых осциллографов.

Достоинства аналоговых осциллографов

- знакомый интерфейс
- мгновенное обновление экрана при отображении быстро-меняющихся сигналов во времени
- прямые, понятные средства

управления для часто используемых настроек (коэффициент чувствительности, коэффициент развертки, смещение сигнала, уровень запуска и т.д.)

- низкая стоимость

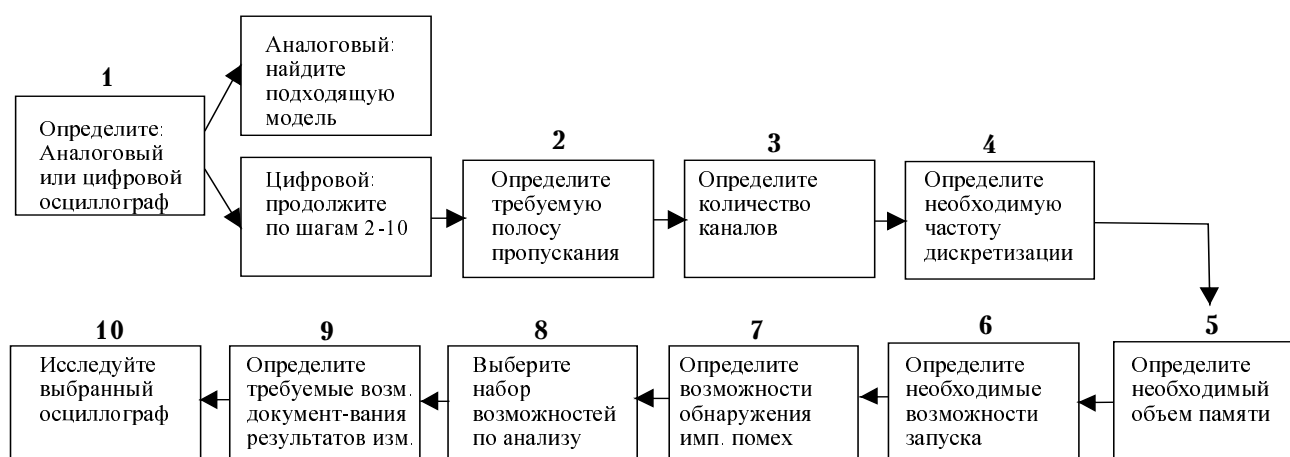
Недостатки аналоговых осциллографов

- низкая точность
- мерцание и/или тусклость экрана в зависимости от частоты сигнала и коэффициента развертки
- нет возможности отображения сигнала до запускающего момента
- ограниченная полоса пропускания
- высокая эксплуатационная стоимость
- ограниченные средства измерения параметров сигналов.

Достоинства цифровых осциллографов

- возможность “замораживания” изображения на произвольное время
- высокая точность измерений
- широкая полоса пропускания
- яркий, хорошо сфокусированный экран на любой скорости развертки
- возможность отображения сигнала

10 шагов при выборе “правильного” цифрового осциллографа



до запускающего момента (в “отрицательном” времени)

- возможность обнаружения импульсных помех
- автоматические средства измерения параметров сигналов
- возможность подключения к компьютеру, принтеру или плоттеру
- возможности математической и статистической обработки сигнала
- средства самодиагностики и самокалибровки.

Недостатки цифровых осциллографов

- более высокая стоимость
- более сложные в управлении

Если, взвесив все достоинства и недостатки аналоговых и цифровых приборов, вы решите, что только цифровые осциллографы имеют все необходимое для выполнения поставленной задачи, следуйте далее.

Шаг 2. Определите необходимую полосу пропускания

Приборы, которые измеряют переменные сигналы, имеют некоторую максимальную частоту, выше которой точность измерения начинает ухудшаться. Эта частота определяет полосу пропускания прибора и обычно определяется, как частота, на которой амплитуда сигнала уменьшается на 3дБ. Необходимая вам полоса пропускания определяется тем, какие сигналы вы собираетесь измерять и с какой точностью вы хотите получать результаты.

Для каждого цифрового осциллографа характерны две принципиально разные полосы пропускания: полоса для повторяющихся сигналов (или аналоговая), и полоса для однократных сигналов. Многие цифровые осциллографы имеют полосу пропускания для повторяющихся сигналов гораздо более высокую, чем, казалось бы, может обеспечить их частота дискретизации. Однако, если сигнал повторяется, то осциллографу не обязательно оцифровывать весь сигнал за один запуск. Осциллограф может воспроизвести такой сигнал за несколько запусков, каждый раз захватывая и отображая на экране только часть сигнала. (Этот процесс протекает обычно настолько быстро, что его очень трудно заметить). Таким образом, полоса пропускания повторяющихся сигналов не зависит от частоты дискретизации. Эта характеристика аналоговых усилителей цифрового осциллографа.

Полоса пропускания для однократных сигналов применима только для непериодических (или однократных) сигналов, которые захватываются и оцифровываются осциллографом за один такт. В этом случае полоса для однократных сигналов зависит от частоты дискретизации данного осциллографа. Соотношение между частотой дискретизации и полосой пропускания для однократных сигналов может изменяться. Если осциллограф имеет встроенные средства интерполяции, тогда это соотношение равно 4:1. В противном случае, чаще всего используется соотношение 10:1.

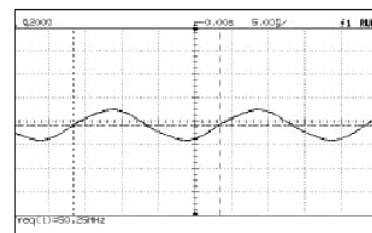
См. шаг 4 для дополнительной информации по частоте дискретизации.

Многие сигналы содержат частотные составляющие, которые по частоте во много раз превышают основную частотную составляющую исследуемого сигнала. Например, прямоугольный сигнал содержит частотные составляющие, которые, по крайней мере, в десять раз больше по частоте по сравнению с основной частотной компонентой. Осциллографы с большей полосой пропускания предоставят более детальную информацию об этих высокочастотных составляющих.

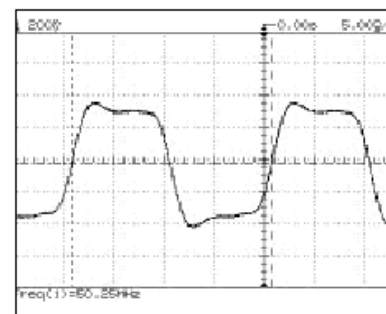
Копии экранов, изображенные в этом столбце, показывают один и тот же 50МГц прямоугольный сигнал, отображенный на четырех цифровых осциллографах с различной полосой пропускания.

Осциллограф с полосой пропускания 500МГц дает наиболее полную информацию о сигнале и имеет наилучшее воспроизведение фронтов сигнала. Осциллограф с полосой 150МГц воспроизводит сигнал со срезанными высокочастотными составляющими. Фронты сигналов кажутся более длинными, чем они есть на самом деле. Осциллограф с полосой 100МГц еще сильнее замедляет фронты. Кроме этого, заметьте уменьшение амплитуды. Когда сигнал отображается осциллографом с полосой меньшей, чем основная частотная составляющая прямоугольной волны, результирующий сигнал становится еще более искаженным.

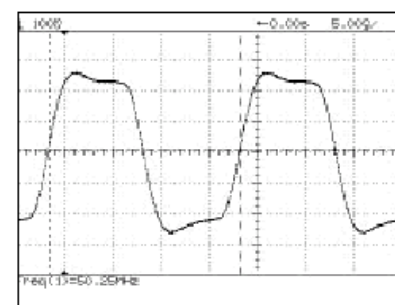
Как правило, полоса пропускания осциллографа должна быть *по крайней мере* в три раза больше по частоте по сравнению с основной частотной исследуемого сигнала.



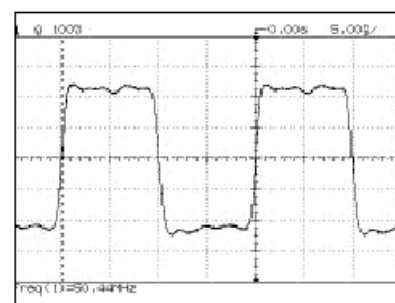
50МГц прямоугольный сигнал на экране 20МГц осциллографа



50МГц прямоугольный сигнал на экране 50МГц осциллографа



50МГц прямоугольный сигнал на экране 150МГц осциллографа



50МГц прямоугольный сигнал на экране 500МГц осциллографа

Даже еще большая полоса требуется для осциллографа для получения более высокой точности результатов. Чтобы провести точные измерения амплитуды, полоса пропускания осциллографа должна быть в десять раз больше, чем частота измеряемого сигнала.

Обычно справедливо следующее соотношение между длительностью фронта и частотной полосой сигнала:

$$T_r = 0.35 / \Delta f \text{ (в Гц)}$$

Для измерений временных параметров справедливо следующее правило: чем больше соотношение длительности фронта сигнала и фронта осциллографа, тем меньше ошибка измерения. См. таблицу ниже.

Соотношение T_r сигнала к T_r осциллографа	Вычисленная ошибка
1:1	41.4%
3:1	5.4%
5:1	2.0%
10:1	0.5%

Короче говоря, чем больше полоса пропускания вашего осциллографа (тем короче фронт), тем более точными будут результаты измерений.

Некоторые полезные замечания:

На точность результатов измерений также влияют параметры пробников

В спецификациях на некоторые осциллографы указываются наилучшие значения полосы пропускания для определенных диапазонов чувствительности

Полоса пропускания цифровых осциллографов имеют полосу до 50 ГГц.

Шаг 3. Определите необходимое количество каналов

Количество необходимых каналов зависит от исследуемого изделия. Двухканальные осциллографы - наиболее популярные модели. Однако, многие инженеры также считают четырехканальные осциллографы полезными для решения широкого круга задач.

Некоторые замечания:

Требуется ли Вам захватывать сигналы по нескольким каналам одновременно? Если да, выбирайте осциллограф с одновременным запуском или отдельными АЦП для каждого канала. Если исследуемые

сигналы повторяются, одновременный сбор данных по каналам не требуется.

Некоторые осциллографы, обозначенные в спецификации "2+2", имеют 2 основных канала и 2 дополнительных канала с ограниченной чувствительностью. В таком осциллографе имеется только 2 АЦП. Дополнительные каналы могут использоваться, например, для анализа цифровых сигналов.

На двухканальных осциллографах отдельный канал внешнего запуска бывает полезен, потому что в этом случае не требуется использовать основной канал для внешней синхронизации.

Если вы выполняете измерения временных параметров на цифровых каналах и обнаруживаете, что 4 канала недостаточно, то подумайте о приобретении логического анализатора. Хотя логические анализаторы проигрывают в разрешении по напряжению, они имеют большое число каналов и дополнительные возможности по запуску прибора и обработки информации.

Шаг 4. Определите необходимую частоту дискретизации

Для задач, связанных с измерением однократных или переходных процессов, частота дискретизации имеет первостепенное значение. Параметр "частота дискретизации" обозначает скорость, с которой осциллограф может оцифровывать входной сигнал. Более высокая частота дискретизации переводится в более широкую полосу пропускания для однократных сигналов и дает лучшее разрешение.

Большинство производителей осциллографов используют соотношение между частотой дискретизации и полосой для однократных сигналов на уровне 4:1 (если есть средства интерполяции) или 10:1 (без средств встроенной интерполяции) для предотвращения искажений сигнала или появления ложных сигналов.

Некоторые осциллографы имеют возможность настраивать частоту дискретизации и количество информации, отображаемой на экране осциллографа, независимо. Это позволяет поддерживать требуемое разрешение сигнала на экране.

Некоторые замечания:

Указанная в спецификации частота дискретизации может относиться к

характеристикам только одного канала. Некоторые осциллографы уменьшают частоту дискретизации, когда задействуются несколько каналов одновременно. Это увеличивает вероятность появления искаженных сигналов, если учитывать зависимость между частотой дискретизации и полосой пропускания для однократных сигналов.

Поскольку память осциллографа ограничена по объему, большинство осциллографов работают на максимальной частоте дискретизации только на самых быстрых скоростях развертки. На медленных скоростях развертки частота дискретизации автоматически уменьшается.

Когда исследуются однократные сигналы, объем памяти осциллографа имеет равнозначную значимость по сравнению с частотой дискретизации. Если требуется исследовать длительную последовательность импульсов, то потребуется осциллограф с большим объемом памяти, чтобы зафиксировать весь сигнал с необходимым разрешением.

Частота дискретизации не связана с частотой обновления экрана

Шаг 5. Определите необходимый объем памяти

Требуемый объем памяти зависит от общей длительности сигнала, которого необходимо исследовать, и желаемого разрешения. Если необходимо исследовать продолжительные по времени сигналы с высоким разрешением, то потребуется память большего объема. Это позволит поддержать более высокую частоту дискретизации на медленных коэффициентах развертки, уменьшая, тем самым, вероятность искажения сигнала и получая больше информации об исследуемом сигнале.

Подсчитать требуемый объем памяти можно исходя из следующего соотношения:

$$\text{Объем памяти} = \text{промежуток времени (с)} / \text{разрешение (с)}$$

Недостаток осциллографа с большим объемом памяти заключается в том, что большой объем памяти может сильно замедлить реакцию такого осциллографа на действия оператора или изменение входного сигнала. Это, в свою очередь, делает такой осциллограф очень неудобным в эксплуатации и непрактичным для решения многих задач.

Шаг 6. Определите требуемые возможности по запуску прибора

Для большинства пользователей осциллографов общего назначения запуск по фронту (перепаду) бывает достаточным. Однако для решения более сложных задач могут потребоваться дополнительные возможности по запуску. Для применений, связанных с цифровыми устройствами, может потребоваться возможность запуска по комбинации логических состояний по всем каналам осциллографа. Кроме этого, запуск по логическому состоянию позволяет синхронизировать комбинацию логических состояний с фронтом тактового сигнала. Запуск по импульсной помехе позволит запустить прибор по нарастающему или спадающему фронту импульсной помехи с длительностью меньшей, равной или большей определенной величины. Такая возможность позволяет решить две важные проблемы, возникающих при разработке, отладке или наладке аналого-цифровых или цифровых устройств - во первых, вы сможете увидеть, когда происходят импульсные помехи, а во-вторых, понять почему возникают импульсные помехи и что является их источником, анализируя сигналы до момента запуска осциллографа. Если требуются более расширенный диапазон возможностей по запуску, вам необходимо будет уже использовать логический анализатор.

Возможность запуска по телевизионному или видео-сигналу позволяет настроить прибор на определенный кадр или строку такого сигнала. На некоторых осциллографах этот вид запуска не является стандартной возможностью, а заказывается отдельно.

Шаг 7. Определите требуемые возможности по обнаружению импульсных помех

Ниже указаны три важнейших фактора, влияющих на способность осциллографа обнаруживать импульсные помехи.

Частота отображения сигналов на экране:

Цифровые осциллографы сначала должны оцифровать входной сигнал, затем его обработать и, наконец, воспроизвести на экране. Частота отображения сигналов на экране определяется как частота выполнения этих трех операций. Осциллограф с

высокой частотой обновления экрана имеет больше шансов обнаружить редкие по природе импульсные помехи. Осциллографы с многопроцессорной архитектурой могут иметь частоту обновления экрана, превышающую в несколько раз частоту обновления экрана традиционных однопроцессорных осциллографов. Это делает такие осциллографы еще более пригодными для обнаружения импульсных сигналов. Многопроцессорная архитектура позволяет достичь пропускную способность экрана и скорость ответной реакции осциллографа сравнимые с возможностями аналоговых осциллографов.

Возможности определения амплитуды: Большинство цифровых осциллографов могут уменьшать частоту дискретизации на медленных коэффициентах развертки путем простого игнорирования промежуточных выборок. Это приводит к тому, что короткие импульсы или помехи, которые видны на быстрых скоростях развертки, могут исчезать, когда уменьшается скорость развертки. Специальный режим, называемый "режим обнаружения пиковой амплитуды" или "режим обнаружения помех", позволяет поддерживать частоту дискретизации на максимальном уровне на всех скоростях развертки. В этом случае в память записываются минимальные и максимальные значения выборок сигнала. Минимальный импульс, который может быть обнаружен, является функцией частоты дискретизации осциллографа.

Возможности запуска по импульсной помехе: Осциллографы с возможностями запуска по импульсной помехе позволяют пользователю изолировать труднообнаруживаемые импульсные помехи и производить запуск осциллографа по этим помехам. Это дополнительная возможность поможет найти причину ненормальной работы исследуемой схемы.

См. Шаг 6 для дополнительной информации по возможностям запуска.

Шаг 8. Определите требуемые возможности анализа сигналов

Функции автоматических измерений и встроенные средства анализа сигналов могут значительно сэкономить ваше время и сделать работу более легкой.

Цифровые осциллографы часто предоставляют целый набор функциональных возможностей, которые невозможны на аналоговых осциллографах.

Математические функции включают добавление, вычитание, умножение, деление, интеграцию и дифференцирование. Статистика измерений (минимальное, максимальное и среднее) может вам дать представление о точности измерений, а также имеет важное значение, когда исследуются временные параметры зашумленных сигналов. Некоторые цифровые осциллографы предоставляют возможность анализа сигналов в частотной области с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ). Осциллографы со всеми этими возможностями могут также стоить гораздо больше, поэтому потенциальный покупатель должен определить, стоит ли тратить дополнительные средства на эти возможности. Пусть решаемый круг задач подскажет правильное решение при выборе осциллографа.

Шаг 9. Определите требуемые возможности по документации результатов измерений

Большинство цифровых осциллографов могут взаимодействовать с персональным компьютером, принтером или плоттером через GP-IB интерфейс, RS-232 или Centronics. Вам необходимо определить, какой интерфейс доступен и какие принтеры совместимы. Необходимо помнить, что распечатки с лазерного или струйного принтера гораздо лучше по качеству по сравнению с традиционными матричными принтерами.

Вам также необходимо обратить внимание на цифровые осциллографы с дисководом гибких дисков или программным обеспечением, которое позволит быстро перенести изображение сигналов и данные сигналов в компьютер для дальнейшей обработки, не требуя специального программирования. Эти возможности позволяют сэкономить время, когда, например, требуется вставить изображение с экрана осциллографа в отчет или скопировать данные сигналов в электронную таблицу.

Шаг 10. Попробуйте приборы, которые подходят для решения задач

Пройдя через 9 предыдущих шагов, возможно, ваше поле выбора значительно сузилось до ограниченного количества моделей, каждая из которых удовлетворяет вашим требованиям. Теперь вам необходимо испытать эти модели и провести сравнение этих моделей между собой.

На что следует обращать внимание во время испытаний приборов?

Простота использования: Во время испытаний оцените простоту использования каждой модели. Есть ли на передней панели специальные ручки для наиболее частых настроек, например, чувствительности, скорости развертки, положения сигнала или уровня запуска? Сколько кнопок требуется нажать, чтобы перейти от одной функции к другой? Возможно ли интуитивно управлять прибором в то время, когда основное внимание уделяется исследуемой схеме?

Скорость реакции экрана Выбирая осциллограф, пользователь должен обратить внимание на скорость реакции осциллографа. Это важный фактор в тех случаях, когда осциллограф используется для поиска неисправностей схемы. Насколько быстро сменяется изображение на экране осциллографа, когда меняются такие установки, как чувствительность, коэффициент развертки или положение сигнала? Попробуйте включить некоторые функциональные возможности и оценить скорость реакции прибора. Сильно ли замедлена при этом работа осциллографа?

Обдумав все эти вопросы и оценив все модели, вы уже можете решить, какая модель наиболее полно удовлетворяет вашим потребностям. Однако, если остается некоторая неуверенность, необходимо обсудить вопрос выбора с другими инженерами или обратиться в представительство компании - производителя определенной модели, где на ваши вопросы ответят профессионалы.