

## Keysight Technologies

# Шесть распространенных ошибок при выборе пробников осциллографа



Рекомендации по применению

## Введение

Большинство инженеров недооценивают значение правильного выбора пробника. Без пробников осциллограф бесполезен. Именно благодаря пробникам вы можете увидеть, что происходит в испытуемом устройстве (ИУ). Число имеющихся на рынке пробников исчисляется сотнями, но для того, чтобы получить точные измерения, важно выбрать среди них тот, который подходит для выполнения вашей конкретной задачи. Многие инженеры полагают, что пассивный пробник, поставляемый в комплекте с осциллографом, достаточно хорош для выполнения их задач, но это далеко не всегда так. Если вы используете неподходящий пробник, вы рискуете пропустить важные события или получить некорректные результаты измерений.

Пробники очень сильно влияют на точность измерений, отображаемых на экране. Будьте предусмотрительны и учитесь на ошибках других инженеров, вместо того чтобы совершать их самим.

Ошибка № 1: Непонимание важнейших характеристик пробника

Ошибка № 2: Выбор неподходящей полосы пропускания пробника

Ошибка № 3: Упущение из виду нагрузки от пробника

Ошибка № 4: Непонимание разницы между пассивным и активным пробником

Ошибка № 5: Непринятие во внимание полосы пропускания средств подключения и их нагрузки на ИУ

Ошибка № 6: Недооценка важности коэффициента ослабления

## Ошибка № 1. Непонимание важнейших характеристик пробника

Если вы не знаете, на какие важнейшие характеристики пробника осциллографа следует обращать внимание, вы вряд ли сможете определить, что именно вам нужно. Документы с техническими характеристиками пробников зачастую содержат очень длинные списки параметров. Давайте разберемся, какие из них действительно важны для вас.

Характеристикой, о которой знает большинство людей, является полоса пропускания. Полосы пропускания пробников варьируются в широком диапазоне, начиная с постоянного тока и простираясь до 30 ГГц. Всеобщее заблуждение относительно полосы пропускания состоит в убеждении, что чем шире полоса пропускания, тем больше данных можно будет увидеть. Тем не менее это не всегда так. Существует ряд основных характеристик, которые меняются по мере увеличения полосы пропускания и которые также важно учитывать.

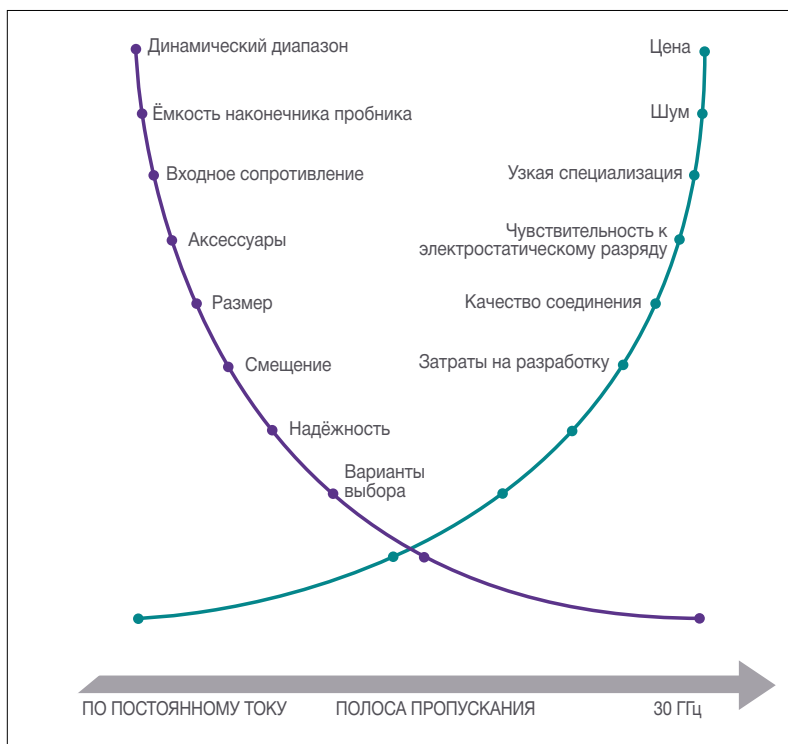


Рис. 2. Влияние увеличения полосы пропускания на другие основные характеристики.

Шум равномерно распределен по всему диапазону частот. Это означает, что, чем больше полоса пропускания пробника, тем больше частотных составляющих он пропускает и тем больше шума добавляется в сигнал. Чтобы избежать этого, необходимо использовать только ту полосу пропускания, которая вам необходима согласно расчетам, приведенным в следующем разделе. Кроме того, для измерений на более высоких частотах необходимо использовать специализированные пробники. Разумеется, это влечет за собой рост трудозатрат на создание таких специализированных решений и более высокую стоимость компонентов. Использование пробника с полосой пропускания больше необходимой может привести к чрезмерному расходу средств и времени и к появлению шума, который может разительно снизить качество измерений.

Каждый пробник имеет свои преимущества и недостатки, и подходящим будет тот, который оптимально подходит для решения конкретных задач. Понимание основных характеристик пробников и того, что они означают для вас, значительно упрощает процесс их выбора. Несмотря на длинные перечни параметров в технической документации, мы уверены, что наиболее важными для вас являются те, которые мы будем обсуждать в оставшейся части этого документа.



## Ошибка № 2. Выбор неподходящей полосы пропускания пробника

Если вы используете пробник с неправильно выбранной полосой пропускания пробника, вы можете потерять часть информации о сигнале или ввести в вашу систему излишний шум. Чтобы разобраться в этом, давайте сделаем шаг назад и поговорим о том, что такое полоса пропускания. По существу, полоса пропускания пробника определяется по точке 3 дБ. Точка 3 дБ — это точка на частотной кривой, в которой уровень выходного сигнала пробника снижается на 3 дБ относительно его номинального значения.

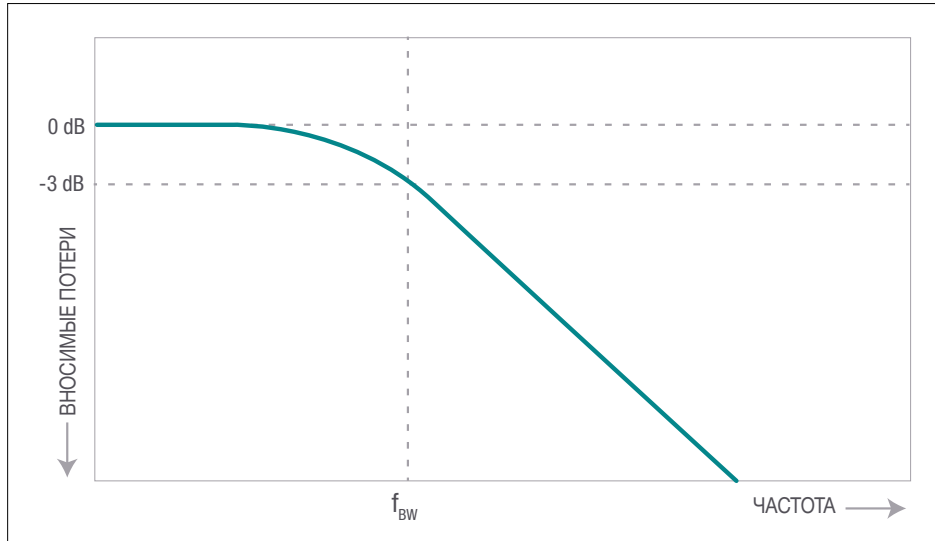


Рис. 3. Визуальная демонстрация точки 3 дБ.

Представьте себе измерение низкочастотного синусоидального сигнала с амплитудой  $1 V_{\text{пик-пик}}$  с помощью пробника с коэффициентом ослабления 1:1. Поскольку вы используете пробник с коэффициентом 1:1, выходной сигнал пробника, поступающий в осциллограф, будет равен фактическому сигналу вашего устройства. Однако, если вы продолжите увеличивать частоту этого сигнала с амплитудой  $1 V_{\text{пик-пик}}$ , вы в конце концов дойдете до точки, в которой амплитуда выходного сигнала пробника станет намного меньше, чем амплитуда фактического сигнала. Когда вы увидите, что амплитуда сигнала на экране осциллографа составляет  $0,7 V_{\text{пик-пик}}$  при его амплитуде  $1 V_{\text{пик-пик}}$  на входе пробника, это означает, что вы достигли точки 3 дБ, потому что амплитуда сигнала на выходе пробника уменьшилась на 3 дБ относительно его номинального значения.



Рис. 4. Пример, показывающий достижение точки 3 дБ по мере увеличения частоты.



Теперь, когда вы знакомы с теоретическими основами точки 3 дБ, вы можете использовать их для получения наилучших результатов испытаний. Первым шагом в выборе подходящего пробника является понимание полосы пропускания сигнала. Чтобы определить полосу пропускания сигнала (BW), вы можете использовать следующие простые формулы, которые утверждают, что если вы измеряете нарастание уровня сигнала с 10 до 90%, то полоса пропускания вашего сигнала будет равна числу 0,35, деленному на время нарастания. При измерении нарастания уровня с 20 до 80% полоса пропускания сигнала будет равна числу 0,22, деленному на время нарастания.

$$- BW = \frac{0,35}{T_R}$$

– При измерении нарастания уровня с 10 до 90%

$$- BW = \frac{0,22}{T_R}$$

– При измерении нарастания уровня с 20 до 80%

Как только вы рассчитаете полосу пропускания для вашего сигнала, вы сможете выбрать полосу пропускания пробника на основе следующих двух эмпирических правил:

- в случае аналоговых устройств полоса пропускания пробника должна быть в 3 раза выше максимальной частоты синусоидального сигнала;
- в случае цифровых устройств полоса пропускания пробника должна быть в 5 раз выше максимальной тактовой частоты.

Эти быстрые расчеты помогут вам определить, какая полоса пропускания пробника наилучшим образом подходит для вашей прикладной задачи. По мере того как время нарастания будет становиться короче, полоса пропускания сигнала будет расти, а это означает, что вам потребуется пробник с большей полосой пропускания. Но помните, что слишком большая полоса пропускания может ухудшить результаты.

Другой способ оценки полосы пропускания основан на гармониках. В целом, чем шире полоса пропускания пробника, тем больше гармонических составляющих сигнала будет захвачено, и каждая из них сделает ваш сигнал более точным. На рис. 5 ниже исходный сигнал показан кривой желтого цвета, а его первая гармоника — кривой зеленого цвета. Как видно, они имеют одинаковый период и коэффициент заполнения, но нарастающие фронты первой гармоники существенно менее круты, а углы сигнала сильно закруглены. Синяя кривая является сочетанием первой и третьей гармоник. Эта кривая имеет более крутые нарастающие фронты, а ее углы становятся более четкими. В нижней части рисунка показана кривая для первой, третьей и пятой гармоник. Ее фронты стали еще круче, углы стали еще острее, а на верхних и нижних полках появилось множество деталей. Чем шире полоса пропускания, тем более детально будет отображаться сигнал.



Рис.5. Более широкая полоса пропускания означает больше гармоник и более высокую детализацию сигнала.



Теперь посмотрите на пример тактового сигнала частотой 100 МГц, измеренного с помощью пробника с полосой пропускания 100 МГц. На рис. 6 вы видите на экране кривую, похожую на синусоиду. На ней не видны ни точное время нарастания, ни какие-либо детали реального сигнала. Это означает, что все сделанные вами измерения будут абсолютно неточными и бесполезными.

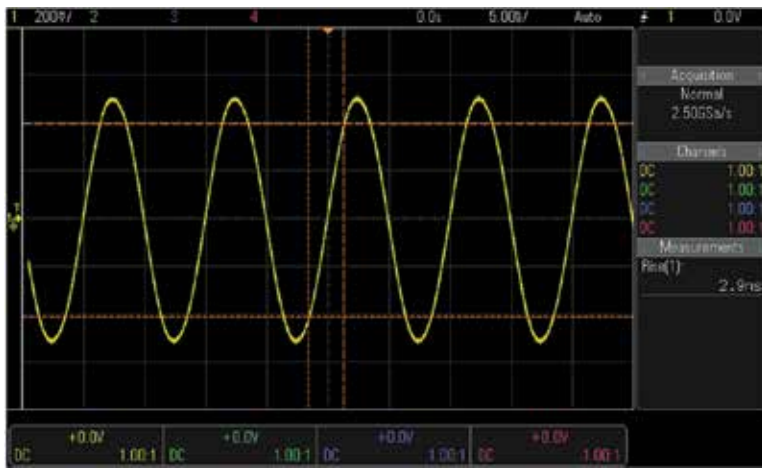


Рис.6. Тактовый сигнал 100 МГц, полученный пробником с полосой пропускания 100 МГц.

Однако, если вы посмотрите тот же сигнал с частотой 100 МГц, используя пробник с полосой пропускания 500 МГц, ваша полоса пропускания будет достаточна для захвата большего количества гармоник, а вы получите более точное изображение сигнала.



Рис.7. Тактовый сигнал 100 МГц, полученный пробником с полосой пропускания 500 МГц.

Теперь очевидно, насколько важен правильный выбор полосы пропускания пробника для измерения сигналов, с которыми вы работаете. Однако слишком широкая полоса пропускания может дать столь же плохие результаты, как и слишком узкая. Приведенные выше теоретические основы и быстрые расчеты помогут вам избежать ошибок при определении полосы пропускания пробника, требующейся для решения ваших задач, и выбрать подходящий вариант.



## Ошибка № 3. Упущение из виду нагрузки от пробника

Как только вы подключили пробник к осциллографу и коснулись им испытуемого устройства, пробник становится частью вашей цепи. К сожалению, это означает, что резистивная, емкостная и индуктивная нагрузки, наложенные на устройство пробником, будут влиять на сигнал, отображаемый на экране. Поэтому очень важно учитывать влияние нагрузки. Порой она будет настолько мала, что ее влияние даже не будет заметно, однако очень большая нагрузка будет влиять не только на то, что отображается на экране. Она также может затронуть работу самого устройства. Очевидно, что вы будете прикладывать все усилия, чтобы уменьшить величину нагрузки. Поскольку это паразитная нагрузка, она является всего лишь нежелательным физическим явлением, и вы никогда не сможете избавиться от нее полностью. Тем не менее знание о ее существовании может помочь вам уменьшить влияние, которое она оказывает на ваше устройство.

На очень упрощенной схеме пассивного пробника, показанной на рис. 8, можно увидеть индуктивность, емкость и сопротивление. Резистор представляет собой дискретный элемент, то есть он специально встроен в наконечник пробника, чтобы изолировать пробник в цепи и минимизировать нагрузку. Емкость пробника является результатом комбинации встроенных емкостных компонентов и паразитной емкости.

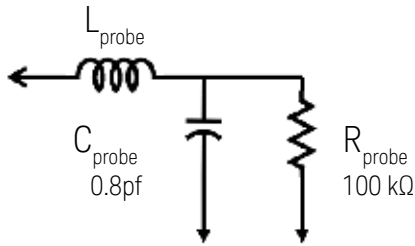


Рис. 8. Упрощенная схема пробника.

График на рис. 9 показывает это еще более наглядно. В левой стороне рисунка, в области постоянного тока, входной импеданс равен примерно 100 Ом. Для сигнала это подобно резистору 100 Ом, соединяющему канал с землей. Однако в мегагерцовом диапазоне, в правой стороне рисунка, импеданс начинает падать, поскольку импеданс конденсатора обратно пропорционален частоте. Таким образом, когда частота повышается, конденсатор становится предпочтительным путем для утечки тока на землю, чем резистор.

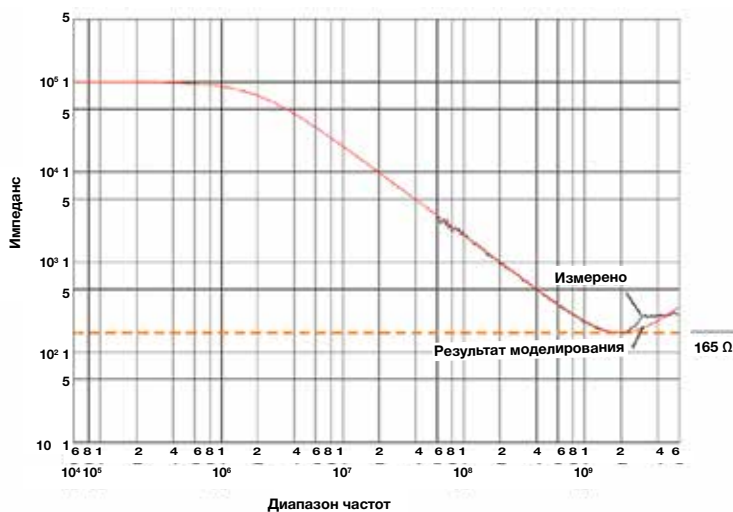


Рис. 9. Импеданс конденсатора обратно пропорционален частоте.

Активные пробники создают значительно меньшую нагрузку, чем пассивные, поскольку пассивные пробники состоят только из резистивных и емкостных элементов. Однако активные пробники могут быть очень дорогими, поэтому важно понять, что вам действительно нужно.



## Ошибка № 4. Непонимание разницы между пассивным и активным пробником

Начнем с примера со сравнением пассивного и активного пробников, показанного на рис. 10. В нем сравниваются зависимости импеданса от частоты. Продолжая разговор о нагрузке пробника, отметим, что большинство инженеров при просмотре технической документации пробника обращают внимание на его активное сопротивление. Они могут сравнить сопротивление 10 МОм пассивного пробника с сопротивлением 1 МОм активного зонда и подумать: «Большее сопротивление пассивного пробника означает меньшую нагрузку». Однако они должны также обратить внимание на еще один важный параметр, который мы обсудили выше: на емкость. Вы можете сравнить графики для пассивного пробника с емкостью 9,5 пФ и активного пробника с емкостью 1 пФ на рис. 10.

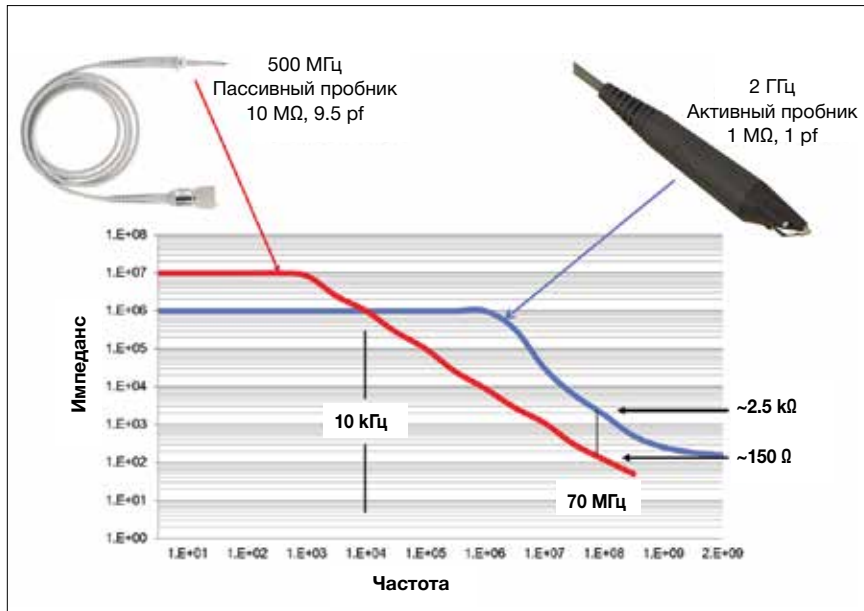


Рис. 10. Сравнение пассивного и активного пробников.

График в нижней части рис. 10 поможет вам визуальнo оценить различия в зависимости импеданса от частоты для двух разных емкостей. Красная кривая импеданса пассивного пробника и синяя кривая импеданса активного пробника в конечном итоге пересекаются. Эта точка пересечения, в которой оба пробника имеют одинаковый импеданс, находится на частоте 10 кГц. Однако при дальнейшем повышении частоты их импеданс существенно различается. На частоте 70 МГц импеданс пассивного пробника составляет всего 150 Ом, тогда как импеданс активного пробника равен 2,5 кОм. То есть активный пробник имеет намного больший импеданс, а это именно то, что вам необходимо. Более высокий импеданс снижает величину емкостной нагрузки. Причина, по которой активный пробник имеет намного больший импеданс, в основном объясняется его меньшей емкостью. Емкость в данном случае играет гораздо более важную роль на этой частоте, чем активное сопротивление. Поэтому при просмотре технических характеристик не забывайте оценивать емкость пробника.





Еще одно большое различие между пассивными и активными пробниками заключается в их точности. Один из самых простых способов проанализировать эту характеристику состоит в оценке времени нарастания сигнала при использовании пробников обоих типов. На рис. 11 зеленая кривая отображает сигнал, подаваемый непосредственно в осциллограф не через пробник, а через специальное приспособление. Как видите, истинное время нарастания этого сигнала составляет 1,1 нс. Когда к устройству подключается пассивный пробник, отображается красная кривая, согласно которой измеренное время нарастания равно 1,5 нс. То есть оно на 0,4 нс больше истинного времени нарастания. Если подключить активный пробник (желтая кривая), вы почти не увидите разницы между этой кривой и кривой истинного сигнала. На самом деле желтая кривая едва различима. Использование активных пробников намного повышает точность измерений благодаря значительно меньшей нагрузке, создаваемой этими пробниками.

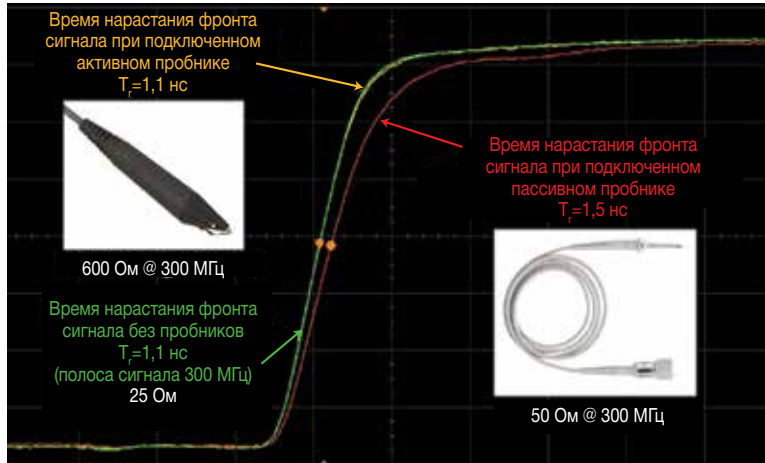


Рис. 11. Влияние нагрузки на измеренное время нарастания сигнала в случае использования пассивного и активного пробников.

Импеданс пробника меняется с частотой, и импеданс активного пробника выше, чем у пассивного. Итак, активные пробники намного точнее пассивных, но они и намного дороже. Высокая точность требуется не всегда, поэтому следует оценить нагрузку от пробника в том конкретном диапазоне частот, с которым вы работаете, чтобы понять, подходит ли он для ваших условий испытаний. Также не забывайте всегда обращать внимание на два основных параметра, характеризующих нагрузку пробника: сопротивление и емкость. Чтобы добиться наименьшей нагрузки, значение сопротивления должно быть как можно большим, а емкость как можно меньшей.



## Ошибка № 5. Непринятие во внимание полосы пропускания средств подключения и их нагрузки

### Полоса пропускания средств подключения

Полоса пропускания подключения — это полоса пропускания соединения между пробником и испытуемым устройством (ИУ). Во многих случаях на кончик пробника, чтобы упростить его подключение, надеваются те или иные принадлежности. Однако эти принадлежности становятся самым слабым звеном в вашей системе и ограничивают полосу пропускания, даже если вы выбрали идеальный осциллограф и идеальный пробник. Очень важно учитывать это, когда вы пытаетесь оценить, какая полоса пропускания и какие принадлежности для пробников вам нужны.

На рис. 12 показаны примеры для активного пробника с полосой пропускания 2 ГГц, демонстрирующие влияние этого самого слабого звена. Существует множество различных принадлежностей, которые могут использоваться с пробниками. В первом примере к устройству подключается двухпроводной адаптер и испытательные зажимы. Это довольно короткое подключение, поэтому оно имеет хорошую полосу пропускания на частоте 500 МГц. Если вы оставите провода, но удалите зажимы, вы еще сократите длину подключения и расширите полосу пропускания. Однако, если вы уберете все принадлежности, вы получите самое короткое из возможных подключений и наилучшую полосу пропускания (2 ГГц).

Теперь вы понимаете, как конфигурация этого самого слабого звена влияет на то, что вы видите на экране. Однако реальность такова, что во многих случаях вы будете использовать эти принадлежности либо потому, что без них просто не обойтись, либо потому, что вы работаете с низкочастотными сигналами и не нуждаетесь в широкой полосе пропускания. Но для тех областей применения, в которых широкая полоса пропускания крайне важна, поскольку она позволяет увидеть более короткое время нарастания, не забудьте учесть полосу пропускания средств подключения. Чтобы достичь максимальной полосы пропускания, ваше подключение должно быть как можно более коротким.

### Нагрузка, вызванная подключением

Одновременно с полосой пропускания подключения проявляет себя нагрузка, вызванная подключением. Вы можете понять влияние нагрузки, вызванной подключением, взглянув на тот же активный пробник, показанный на рис. 12. При использовании проводного адаптера и испытательных зажимов они добавляют сравнительно малую, но все же реальную нагрузку к сигналу. При отсутствии принадлежностей нагрузка будет минимальной. Вы можете заметить, что она меняется при использовании различных принадлежностей точно так же, как полоса пропускания средств подключения. При отсутствии принадлежностей нагрузка будет настолько малой, что вы, скорее всего, даже не заметите ее влияние на измерения. Эта информация будет особенно полезной в случае, когда вы пытаетесь решить, какие принадлежности лучше всего подойдут для задачи, если они вообще нужны.

Существует простой способ определить, какую нагрузку добавит подключение к устройству. Он называется методом двух пробников. Идея состоит в том, что примерную оценку нагрузки от пробника можно сделать, подключив два пробника к одной и той же точке схемы. В принципе, различие между измерениями одним пробником и двумя пробниками примерно такое же, как различие между измерениями одним пробником и без него.

1. Подключите пробник и принадлежности к ИУ.
2. Измерьте время нарастания сигнала и оставьте эту кривую на экране для последующего сравнения.
3. Подключите второй пробник с тем же комплектом принадлежностей к той же самой точке.

На рис. 13 показан экран осциллографа, позволяющий примерно оценить величину нагрузки. Как вы видите, кривая «Один пробник» отличается от кривой «Два пробника». Это позволяет увидеть, насколько большую нагрузку добавляют в систему разные пробники и принадлежности. Чем короче принадлежности, то есть подключение кончика пробника к ТУ, тем меньше нагрузка от подключения, добавляемая к сигналу.



Рис. 12. Влияние различных средств подключений на полосу пропускания.



Рис. 13. Демонстрация метода двух пробников.

## Ошибка № 6. Недооценка важности коэффициента ослабления

Еще одной важной характеристикой пробников является коэффициент ослабления. В большинстве областей применения требуются различные коэффициенты ослабления. Коэффициент ослабления, необходимый вам, будет зависеть от амплитуды сигналов, которые вы измеряете. Коэффициент ослабления определяет, как сигнал передается в осциллограф и в конечном счете как он отображается на экране. Давайте подумаем, зачем вообще нам нужны разные коэффициенты ослабления. Осциллографы являются чувствительными приборами, и во избежание их повреждения на них должны подаваться сигналы только в определенном диапазоне напряжения. Если вы работаете с более высокими напряжениями, их необходимо ослабить до безопасного для осциллографа уровня. Показатель уменьшения уровня сигнала называется коэффициентом ослабления, который может быть различным в зависимости от сигнала и области применения.

Если вы работаете с высоким напряжением, вам необходимо использовать большой коэффициент ослабления, скажем 10:1. Это означает, что при подключении пробника к устройству кривая на экране осциллографа будет иметь размах в 10 раз меньше, чем если бы на осциллограф был подан реальный сигнал от устройства. Если вы работаете с высокими напряжениями, уменьшение сигнала в 10 раз позволяет ему находиться в диапазоне допустимых входных сигналов АЦП и обрабатываться правильно. Если вы работаете с низкими напряжениями, вам потребуется меньший коэффициент ослабления, например 1:1. Это позволяет в максимально возможной степени использовать диапазон АЦП, что даст более точное отображение слабого сигнала. Если измерить пробником с коэффициентом 1:1 более сильный сигнал, этот сигнал обрежется и вы не сможете увидеть его на экране целиком. Коэффициент ослабления может варьироваться от 1:1 в случае низких напряжений до 1000:1 в случае очень высоких напряжений. У различных коэффициентов ослабления имеются свои плюсы и минусы, но это опять целиком зависит от амплитуды сигналов. Использование более высокого коэффициента ослабления приведет к усилению шума усилителя осциллографов, а использование более низкого коэффициента ослабления уменьшит амплитуду шума, но создаст большую нагрузку для сигнала и существенно сузит полезную полосу частот.

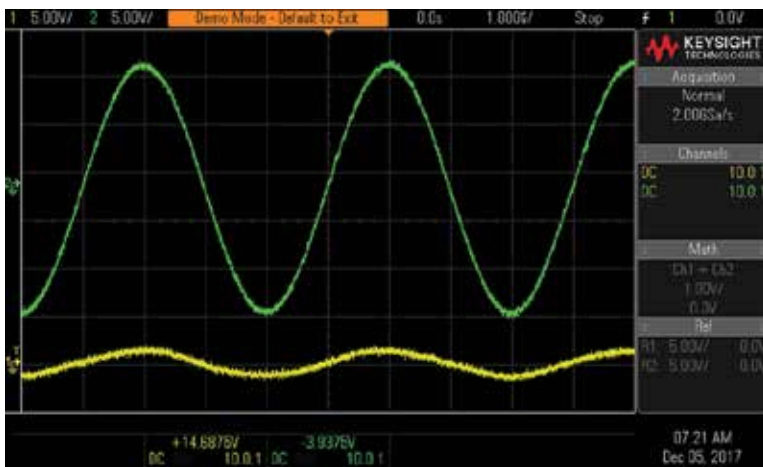


Рис. 14. Разница между пробником 10:1 (желтая кривая) и пробником 1:1 (зеленая кривая) при одном и том же сигнале, поступающем в оба канала, и при настройке вертикальной оси на 5 В/дел.



Изучение технических характеристик пробника и осциллографа может помочь понять коэффициент ослабления. Возьмите, например, схему для пробника 10:1, показанную на рис. 15. Обычно это стандартный пробник, поставляемый с осциллографом. Принцип его работы состоит в том, что резистор 9 МОм в его наконечнике последовательно соединен с входным импедансом осциллографа, равным 1 МОм. Это создает в наконечнике пробника сопротивление 10 МОм, что означает, что напряжение сигнала, поступающего в осциллограф, будет составлять 1/10 от напряжения, поступающего в наконечник пробника.

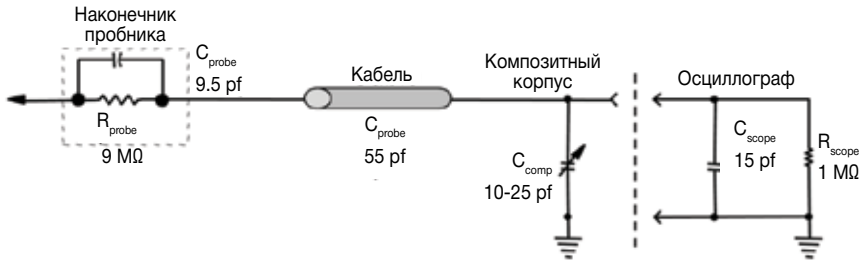


Рис. 15. Схема соединений пробника и осциллографа.

Зная этот принцип, вы можете легко выбрать пробник с тем коэффициентом ослабления, который необходим для вашей области применения. Все зависит от напряжения сигнала, с которым вы работаете.



## Заключение

Понимание каждой из ключевых характеристик пробника поможет вам избежать нескольких широко распространенных ошибок, которые склонны совершать инженеры, выбирая пробник осциллографа.

Не забудьте избежать самой большой ошибки: не следует недооценивать важность пробника! Эта недооценка может существенно повлиять на измерения, выполняемые вами, и на сигналы, отображаемые на экране. Убедитесь, что выбранный вами пробник соответствует тем характеристикам, которые являются наиболее важными для ваших испытаний.

## Дополнительные ресурсы



Вам нужна помощь в выборе пробника осциллографа для ваших испытаний?  
[Свяжитесь с экспертом Keysight.](#)



См. на сайте Keysight раздел [Пробники и принадлежности](#)

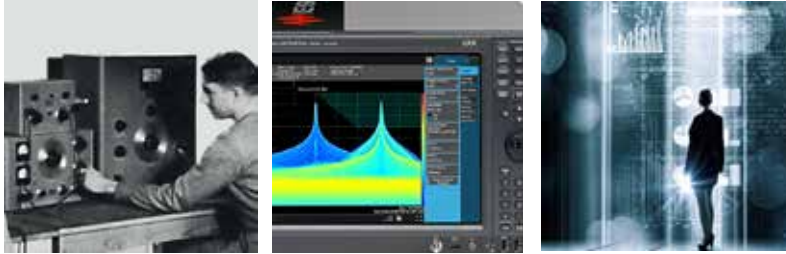


Узнайте больше о пробниках и другие советы и рекомендации по осциллографам в [Блоге об осциллографах.](#)

## Развиваемся с 1939 года

Уникальное сочетание наших приборов, программного обеспечения, услуг, знаний и опыта наших инженеров поможет вам воплотить в жизнь новые идеи. Мы открываем двери в мир технологий будущего.

От Hewlett-Packard и Agilent к Keysight.



### myKeysight

myKeysight

[www.keysight.com/find/mykeysight](http://www.keysight.com/find/mykeysight)

Индивидуальная подборка наиболее важной для вас информации.

[http://www.keysight.com/find/emt\\_product\\_registration](http://www.keysight.com/find/emt_product_registration)

Зарегистрировав свои приборы, вы получите доступ к информации о состоянии гарантии и уведомления о выходе новых публикаций по приборам.

### KEYSIGHT SERVICES

Accelerate Technology Adoption.  
Lower costs.

Услуги ЦСМ Keysight

[www.keysight.com/find/service](http://www.keysight.com/find/service)

Центр сервиса и метрологии Keysight готов предложить вам свою помощь на любой стадии эксплуатации средств измерений – от планирования и приобретения новых приборов до модернизации устаревшего оборудования. Широкий спектр услуг ЦСМ Keysight включает услуги по проверке и калибровке СИ, ремонту приборов и модернизации устаревшего оборудования, решения для управления парком приборов, консалтинг, обучение и многое другое, что поможет вам повысить качество ваших разработок и снизить затраты.



Планы технической поддержки Keysight

[www.keysight.com/find/AssurancePlans](http://www.keysight.com/find/AssurancePlans)

ЦСМ Keysight предлагает разнообразные планы технической поддержки, которые гарантируют, что ваше оборудование будет работать в соответствии с заявленной производителем спецификацией, а вы будете уверены в точности своих измерений.

Торговые партнеры Keysight

[www.keysight.com/find/channelpartners](http://www.keysight.com/find/channelpartners)

Получите лучшее из двух миров: глубокие профессиональные знания в области измерений и широкий ассортимент решений компании Keysight в сочетании с удобствами, предоставляемыми торговыми партнерами.

[www.keysight.com/find/oscilloscopes](http://www.keysight.com/find/oscilloscopes)

Для получения дополнительных сведений о продукции, приложениях и услугах Keysight Technologies обратитесь в местное представительство компании Keysight. Полный перечень представительств приведен на сайте: [www.keysight.com/find/contactus](http://www.keysight.com/find/contactus)

#### Северная и Южная Америка

Канада	(877) 894 4414
Бразилия	55 11 3351 7010
Мексика	001 800 254 2440
США	(800) 829 4444

#### Страны Азиатско-Тихоокеанского региона

Австралия	1 800 629 485
Китай	800 810 0189
Гонконг	800 938 693
Индия	1 800 11 2626
Япония	0120 (421) 345
Корея	080 769 0800
Малайзия	1 800 888 848
Сингапур	1 800 375 8100
Тайвань	0800 047 866
Другие страны Азиатско-Тихоокеанского региона	(65) 6375 8100

#### Европа и Ближний Восток

Австрия	0800 001122
Бельгия	0800 58580
Финляндия	0800 523252
Франция	0805 980333
Германия	0800 6270999
Ирландия	1800 832700
Израиль	1 809 343051
Италия	800 599100
Люксембург	+32 800 58580
Нидерланды	0800 0233200
Россия	8800 5009286
Испания	800 000154
Швеция	0200 882255
Швейцария	0800 805353
Великобритания	Доб. 1 (Германия), Доб. 2 (Франция), Доб. 3 (Италия) 0800 0260637

Контактная информация для стран, не вошедших в список, приведена на странице [www.keysight.com/find/contactus](http://www.keysight.com/find/contactus) (BP-9-7-17)

DEKRA Certified  
ISO 9001 Quality Management System

[www.keysight.com/go/quality](http://www.keysight.com/go/quality)

Система управления качеством Keysight Technologies, Inc. сертифицирована DEKRA по ISO 9001:2015