

Keysight Technologies

# Знакомство со стандартным осциллографическим пробником

Рекомендации  
по применению

Пробник — это во многих случаях недооцениваемая, но очень важная составляющая испытаний с помощью осциллографа. Основное назначение пробника — подключение испытуемого устройства (ИУ) ко входу осциллографа с целью приема сигнала от ИУ и просмотра его формы на экране осциллографа.

Однако следует учитывать, что пробник — это не просто кусок провода с присоединенным к нему заостренным наконечником. Есть еще множество вещей, которые необходимо знать о пробниках, если вы хотите получить корректные результаты испытаний. В стандартную комплектацию большинства осциллографов с полосой пропускания до 1 ГГц входят высокоимпедансные пассивные пробники, по одному на каждый канал осциллографа. Именно с этими пробниками и будут работать большинство пользователей.

Сопротивление наконечника пробника обычно составляет 9 МОм, поэтому в сочетании с входным сопротивлением осциллографа, равным 1 МОм, образуется резистивный делитель с коэффициентом 10:1. Таким образом, сигнал на входе пробника будет ослабляться на величину, определяемую коэффициентом, равным  $1 \text{ МОм} / (9 \text{ МОм} + 1 \text{ МОм})$ . Например, если подать на вход пробника сигнал с напряжением 10 В, то с учетом коэффициента ослабления пробника 10:1 на вход осциллографа поступит сигнал с напряжением 1 В. За наконечником пробника следует высокоимпедансный кабель. На конце кабеля располагается компенсаторная или интерфейсная часть, которая соединяется с входом осциллографа.

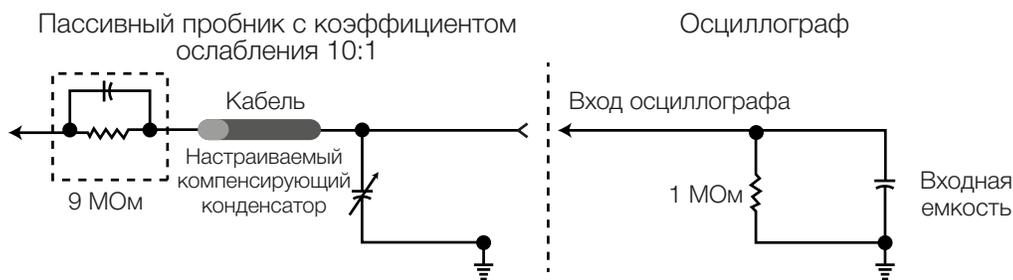


Рисунок 1. Упрощенная схема высокоимпедансного пассивного пробника с коэффициентом ослабления 10:1

Главной особенностью этого пробника является его очень высокий импеданс. При постоянном токе входной импеданс пробника равен 10 МОм, но с повышением частоты входного сигнала входной импеданс пробника снижается вследствие увеличения емкостного реактивного сопротивления.

Стандартный пассивный пробник является самым прочным, гибким и недорогим пробником, имеющим очень широкий входной динамический диапазон. Поэтому этот пробник отлично подходит для выполнения базовых измерений и поиска и устранения неисправностей.

## Компенсация пробника

Большинство стандартных пассивных пробников имеют настраиваемый компенсирующий конденсатор для согласования коэффициента RC пробника с входной емкостью осциллографа. Компенсирующий конденсатор пробника можно отрегулировать так, чтобы нейтрализовать входную емкость осциллографа. Для проведения процедуры компенсации пробник подключают к выходу калибровочного сигнала прямоугольной формы (обычно расположенного на передней панели осциллографа), и конденсатор регулируется так, чтобы прямоугольный сигнал выглядел действительно прямоугольным и имел как можно более плоскую вершину. Перед тем как выполнять любые измерения с помощью осциллографа, необходимо подключить пробники к клемме сигнала компенсации пробника на передней панели, чтобы убедиться, что пробники правильно скомпенсированы.

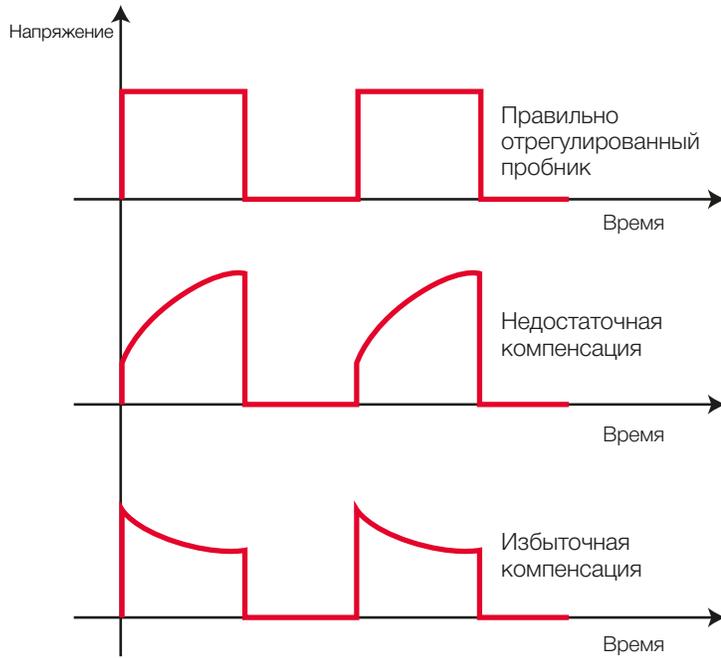


Рисунок 2. Не забывайте проводить компенсацию пробников перед измерениями

## Пробники с двумя коэффициентами ослабления

Большинство пассивных пробников имеют коэффициент ослабления 10:1. Стандартный пассивный пробник обычно имеет два возможных коэффициента ослабления: 10:1 и 1:1. На пробнике 1:1/10:1 имеется переключатель, который вводит в цепь сигнала последовательный резистор с сопротивлением 9 МОм. В осциллографе стоит резистор с сопротивлением 1 МОм, что обеспечивает коэффициент ослабления входного сигнала 10:1. В режиме 1:1 последовательный резистор в пробнике отключается, и общее сопротивление постоянному току, измеренное на наконечнике пробника, составляет лишь 1 МОм, то есть равно сопротивлению на входе осциллографа.



Рис. 3. Пассивные пробники N2140A и N2142A компании Keysight с коэффициентами ослабления 10:1 и 1:1

Основное преимущество использования пробника с двумя коэффициентами ослабления состоит в том, что он поддерживает оба коэффициента ослабления – 10:1 и 1:1. В целом режим пробника 1:1 обеспечивает более низкий уровень шума, что делает его идеальным для измерения слабых сигналов, таких как пульсация и шум источника питания. Однако режим 1:1 вносит значительную емкостную нагрузку, подключенную параллельно входу осциллографа, что приводит к уменьшению полосы пропускания приблизительно до 25 МГц.

В примере ниже пробник 10:1/1:1 используется для измерения выходного шума источника питания с каждым из доступных коэффициентов ослабления. В режиме 1:1 измеренный шум почти наполовину меньше шума, измеренного в режиме 10:1.

## Пробники с двумя коэффициентами ослабления (продолжение)

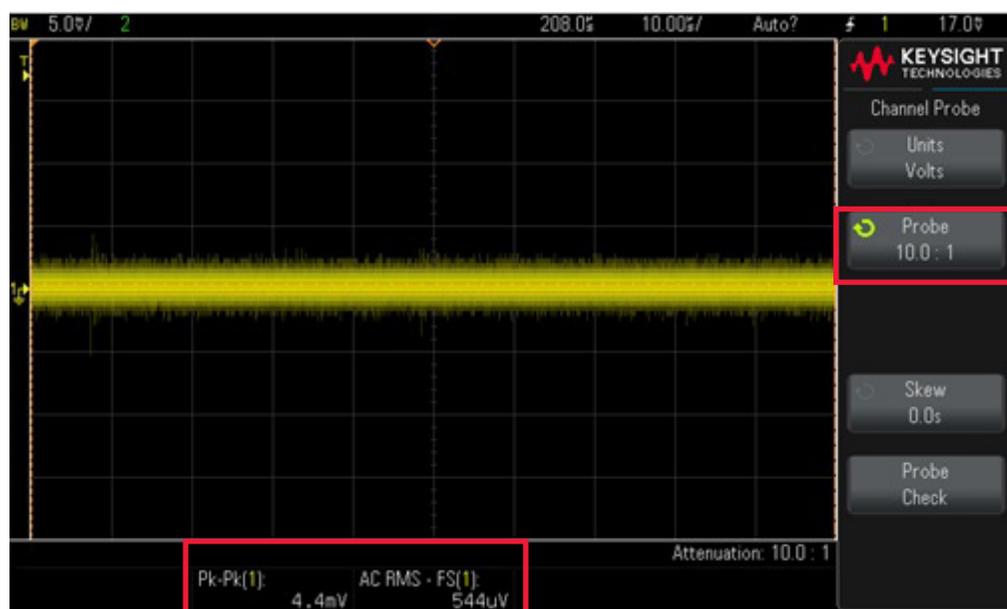


Рисунок 4. Осциллограф и исходный уровень шума пробника при коэффициенте ослабления 10:1

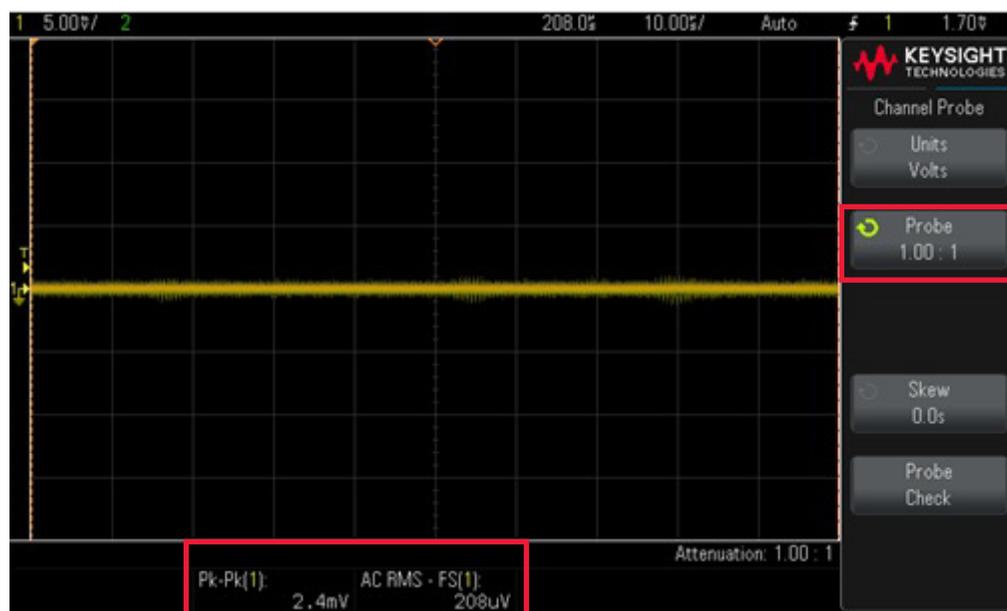


Рис.5. Осциллограф и исходный уровень шума пробника при коэффициенте ослабления 1:1

## Влияние пробника на устройство

При подключении пробника осциллографа к цепи пробник становится частью испытываемой цепи, и его электрические характеристики начинают влиять на процесс измерений в целом. Это может привести к снижению точности измерений и ухудшению рабочих характеристик, поскольку новая цепь, включающая в себя пробник, будет вести себя иначе, чем цепь без пробника. Это особенно актуально при измерениях высокочастотных сигналов.

Все пробники создают резистивную, емкостную и индуктивную нагрузки. Необходимо добиться того, чтобы это влияние не выходило за допустимые пределы. Резистивная нагрузка обычно создает наименьшие проблемы среди этих трех нагрузок до тех пор, пока вы используете высокоимпедансный пассивный пробник для измерения низкоскоростных сигналов. Наиболее распространенный эффект от резистивной нагрузки связан с делителем напряжения, который образуют выходное сопротивление цепи и входное сопротивление пробника.

$$V_{in} = V_{source} \times \frac{Z_{probe}}{Z_{source} + Z_{probe}}$$

$Z_{source}$  — это импеданс источника испытываемой цепи. Чем меньше сопротивление пробника относительно  $Z_{source}$ , тем сильнее нагрузка от пробника уменьшает амплитуду измеряемого сигнала. Например, если значение  $Z_{source}$  равно 1 МОм, а значение  $Z_{probe}$  — 10 МОм, измеренная амплитуда сигнала будет примерно на 9 % меньше фактического ее значения до подключения пробника.

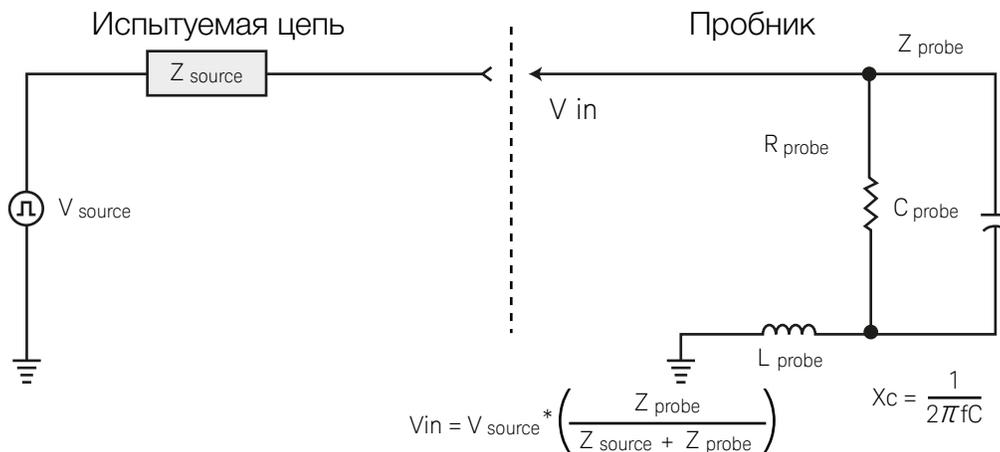


Рис.6. Резистивный, емкостный и индуктивный компоненты импеданса пробника могут менять отклик испытываемой цепи в зависимости от того, какую нагрузку пробник вносит в цепь

## Влияние пробника на устройство (продолжение)

При постоянном токе входной импеданс и нагрузочная характеристика пробника определяются резистивным компонентом его импеданса. Емкостное реактивное сопротивление пробника при этом не влияет на результаты измерений, поскольку емкостное сопротивление ( $X_C$ ) при постоянном токе равно бесконечности. Однако, по мере увеличения частоты емкостное сопротивление снижается и становится основным источником нагрузки, вызывая рост потребления энергии из испытуемой цепи.

При измерении цепи вы можете обнаружить в вашем сигнале затухающие колебания, или "звон". Что является причиной их появления — испытуемая цепь или пробник? Трудно ответить на этот вопрос, но вопрос сам по себе поставлен верно. Причиной затухающих колебаний в сигнале часто бывает индуктивное сопротивление. Источником затухающих колебаний является резонансная индуктивно-емкостная (LC) цепь, которая состоит из внутренней емкости, а также провода заземления пробника и индуктивности наконечника пробника. Частота затухающих колебаний простой LC-цепи определяется по следующей формуле:

$$\text{Fringing} = 1 / 2\pi\sqrt{LC}$$

Здесь Fringing — частота (Гц), L — индуктивность (Гн) и C — емкость (Ф).

Провод заземления часто бывает основным источником индуктивности. Простая замена провода заземления с зажимом типа "крокодил" на более короткий может изменить форму измеряемого сигнала. Если это так и происходит, скорее всего, проблема связана с индуктивной нагрузкой, а не с испытуемой цепью.

## Заключение

Для получения максимально надежных результатов измерений важно правильно подобрать пробник и использовать его надлежащим образом. Выбор правильной комбинации пробника и осциллографа обеспечивает максимальную точность измерений с помощью осциллографа. Вы ознакомились с теоретическими основами функционирования пассивного пробника и с преимуществами его компенсации перед проведением измерений. Пробники с двумя коэффициентами ослабления очень удобны, так как они обеспечивают сразу два коэффициента ослабления – 10:1 и 1:1. Также очень важно знать электрические характеристики пробника, поскольку они могут повлиять на результаты измерений и на работу цепи.

## 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 HewlettPackard и Agilent к Keysight.



Для получения дополнительных сведений о продукции, приложениях и услугах Keysight Technologies обратитесь в местное представительство компании Keysight. Полный перечень представительства приведен на сайте:

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

### Российское отделение Keysight Technologies

115054, Москва, Космодамианская наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973954;

8 800 500 9286

(звонок по России бесплатный)

Факс: +7 (495) 7973902

e-mail: [tmo\\_russia@keysight.com](mailto:tmo_russia@keysight.com)

[www.keysight.ru](http://www.keysight.ru)

### Сервисный Центр

#### Keysight Technologies в России

115054, Москва, Космодамианская наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973930

Факс: +7 (495) 7973901

e-mail: [tmo\\_russia@keysight.com](mailto:tmo_russia@keysight.com)

(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

### myKeysight

myKeysight

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

Индивидуальная подборка наиболее важной для вас информации.

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

