

Пробники

Точность начинается с наконечника пробника

Выбор пробника

Пробники обеспечивают электрическое подключение осциллографа к контрольной точке исследуемого устройства. Если пробник идеален, то сигнал на входе осциллографа будет в точности соответствовать сигналу в контрольной точке. Выбирая пробник, нужно учитывать следующие факторы:

Тип пробника

В зависимости от сигнала, который нужно измерять, могут потребоваться пробники нескольких разных типов.

- Самыми распространёнными являются **пассивные пробники напряжения**, которые используются во множестве приложений.
- **Активные пробники напряжения** обладают малой входной ёмкостью, что позволяет измерять высокочастотные сигналы или цепи с высоким импедансом.
- **Дифференциальные пробники напряжения** обеспечивают эффективное подавление синфазного сигнала и минимальный фазовый сдвиг между входами при измерении дифференциальных сигналов.
- **Токовые пробники** могут измерять ток – либо только переменный, либо переменный и постоянный.
- **Высоковольтные пробники** позволяют безопасно измерять напряжения в диапазоне от сотен вольт до нескольких киловольт, причём эти напряжения могут не иметь гальванической связи с «землей».

Ослабление

Величина, на которую пробник ослабляет сигнал. Большее ослабление обычно соответствует более высокому входному сопротивлению пробника и позволяет измерять сигналы большего напряжения.

Рекомендации по применению пробников

Следующие рекомендации помогут вам избежать распространённых ошибок при выполнении измерений.

- **Компенсируйте пробники.** Компенсацией называется процесс ручной настройки ёмкости пробника, включённой параллельно резистору аттенюатора, который позволяет отрегулировать ослабление по переменному току. Во избежание возникновения погрешностей компенсируйте пробник при каждом подключении его к осциллографу, особенно при измерении длительности фронтов или спадов.
- **Используйте, где возможно, соответствующие наконечники.** Наконечник пробника, конструкция которого специально рассчитана на соединение с контрольными точками определенного типа, ускоряет подключение и делает его более удобным и электрически стабильным.
- **Делайте провода «земли» как можно короче и прямее.** Дополнительная индуктивность длинного проводника «земли» может вызвать «звон» на крутых перепадах сигнала.

Пробники Tektronix

Компания Tektronix предлагает более 100 различных пробников для наших лучших в отрасли осциллографов. Чтобы правильно выбрать пробник для своего осциллографа и приложения, воспользуйтесь интерактивным справочником по пробникам Tektronix по ссылке:

www.tektronix.com/probes

Полоса пропускания

Чтобы гарантировать погрешность измерения амплитуды синусоидального сигнала не более 3 %, полоса пропускания осциллографа и пробника должна хотя бы в пять раз превышать максимальную частоту исследуемого сигнала.

Полоса пропускания осциллографа ≥ пятая гармоника сигнала

Полоса пропускания пробника ≥ полоса пропускания осциллографа

Время нарастания

Чтобы погрешность измерения не превышала 3 %, измерительная система должна обеспечивать время нарастания менее одной пятой длительности фронта или спада измеряемого сигнала.

$$t_{\text{нарастания изм. системы}} \leq \frac{t_{\text{фронта сигнала}}}{5}$$
$$t_{\text{нарастания изм. системы}} = \sqrt{t_{\text{нарастания осциллографа}}^2 + t_{\text{фронта сигнала}}^2}$$

Линейность фазы

Ограничение полосы пропускания влияет на форму сигнала за счёт задержки разных частотных составляющих на разное время.



Найдите нужный пробник с помощью Tektronix

Токовые пробники серии TSP

- Измерение переменных и постоянных токов до 500 А
- Конструкция с разъёмным сердечником упрощает подключение к измеряемой цепи
- Автоматический выбор единиц измерения и масштаба отображения на экране осциллографа
- Индикатор намагниченности сообщает о необходимости размагничивания сердечника

Дифференциальные пробники напряжения серии TDP

- Измерение дифференциальных сигналов в диапазоне до 3,5 ГГц
- Высокий коэффициент подавления синфазных сигналов
- Автоматический выбор единиц измерения и масштаба отображения на экране осциллографа
- Функция автоматической установки нуля (кнопка AutoZero) устраняет смещение пробника

Высоковольтные дифференциальные пробники серий TMDP и THDP

- Безопасное измерение дифференциальных сигналов напряжением до 6,0 кВ
- Переключаемое ослабление и полоса позволяют настраивать параметры пробника
- Визуальная и звуковая индикация перенапряжения
- Полоса пропускания до 200 МГц и скорость нарастания сигнала до 275 В/нс

Активные пробники напряжения серии TAP

- Измерение высокоскоростных сигналов в диапазоне до 3,5 ГГц
- Входная ёмкость пробника < 1 пФ минимизирует нагрузку на исследуемую цепь
- Автоматический выбор единиц измерения и масштаба отображения на экране осциллографа
- Функция автоматической установки нуля (кнопка AutoZero) устраняет смещение пробника

Пассивные пробники напряжения серии TRP

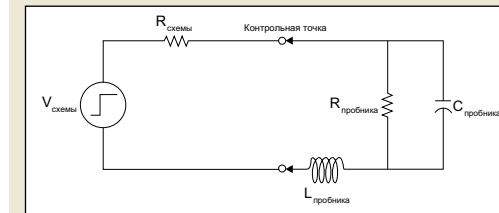
- Входная ёмкость пробника < 4 пФ, полоса пропускания до 1 ГГц
- Высокая целостность сигнала, широкий динамический диапазон и прочная механическая конструкция
- Встроенный компенсатор оптимизирует сигнальный тракт во всём частотном диапазоне

Инновационный интерфейс пробников TekVPI® для осциллографов MSO/DPO

- Подключение токовых пробников непосредственно к осциллографу без отдельного источника питания
- Доступ к настройкам пробника простым нажатием кнопки меню пробника
- Автоматический выбор единиц измерения и масштаба отображения на экране осциллографа

Влияние пробника на исследуемую схему

Нагрузка, создаваемая пробником, определяет степень влияния пробника на исследуемую схему. Пробник можно представить эквивалентной цепью, состоящей из резистора, конденсатора и индуктивности, как показано ниже.



Упрощённая схема, в которой исследуемая схема представлена эквивалентной схемой Тевенина

Сопротивление пробника

На постоянном токе реактивное сопротивление ёмкости пробника равно бесконечности и не оказывает нагрузки на исследуемое устройство.

$$V_{\text{измеренное}} = V_{\text{схемы}} \frac{R_{\text{пробника}}}{R_{\text{пробника}} + R_{\text{схемы}}}$$

Ёмкость пробника

С ростом частоты сигнала ёмкость пробника начинает оказывать преобладающее влияние на его сопротивление. Ёмкость пробника затягивает измеряемые фронты и спады быстрых переходных процессов и снижает амплитуду высокочастотных составляющих сигнала.

$$t_{\text{фронта}} \cong 2.2(R_{\text{схемы}} C_{\text{пробника}})$$

Индуктивность пробника

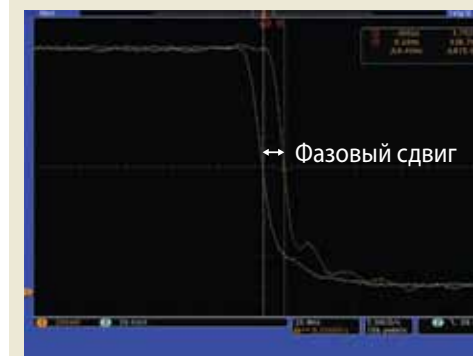
Индуктивность пробника взаимодействует с ёмкостью пробника, порождая «звоны» на некоторой частоте, которая определяется значениями L и C.

Совет. Для минимизации влияния пробника используйте пробник с максимальным импедансом ($R_{\text{пробника}}$ больше, $C_{\text{пробника}}$ меньше) или измеряйте сигнал в контрольной точке с меньшим импедансом.

Измерения мощности

Устранение фазовых сдвигов

Для измерения мощности используются два вида пробников – пробник тока и пробник напряжения. Каждый из них имеет собственную задержку распространения сигнала. Разность задержек между пробниками, известная, как фазовый сдвиг, порождает погрешность измерения амплитуды и временных соотношений, что ведёт к неточному измерению мощности. Некоторые осциллографы позволяют компенсировать фазовый сдвиг между измеряемыми сигналами тока и напряжения, минимизируя эту проблему. Не забывайте компенсировать фазовый сдвиг между каналами при подключении нового пробника.



Компенсация смещения пробника

Дифференциальные пробники могут иметь небольшое напряжение смещения. Это смещение снижает точность и перед измерением должно быть устранено. Большинство дифференциальных пробников имеет встроенный регулятор постоянного смещения. Не забывайте компенсировать смещение пробника.

Размагничивание пробника

Размагничивание устраняет остаточный постоянный магнитный поток в сердечнике пробника, который может создаваться большим входным током. Этот остаточный поток порождает ошибку смещения, которая может накапливаться со временем и снижать точность измерений. Не забывайте размагничивать пробник.

Измерения с гальванической развязкой от «земли»

При измерении мощности в цепях, не имеющих гальванической связи с «землей», важно, чтобы через пробник не возникла гальваническая связь осциллографа с исследуемой схемой. Для этого в пробнике необходимо предусмотреть изолятор. Используя для такой развязки трансформатор или оптическое устройство, можно устранить нежелательную связь с «землей».