

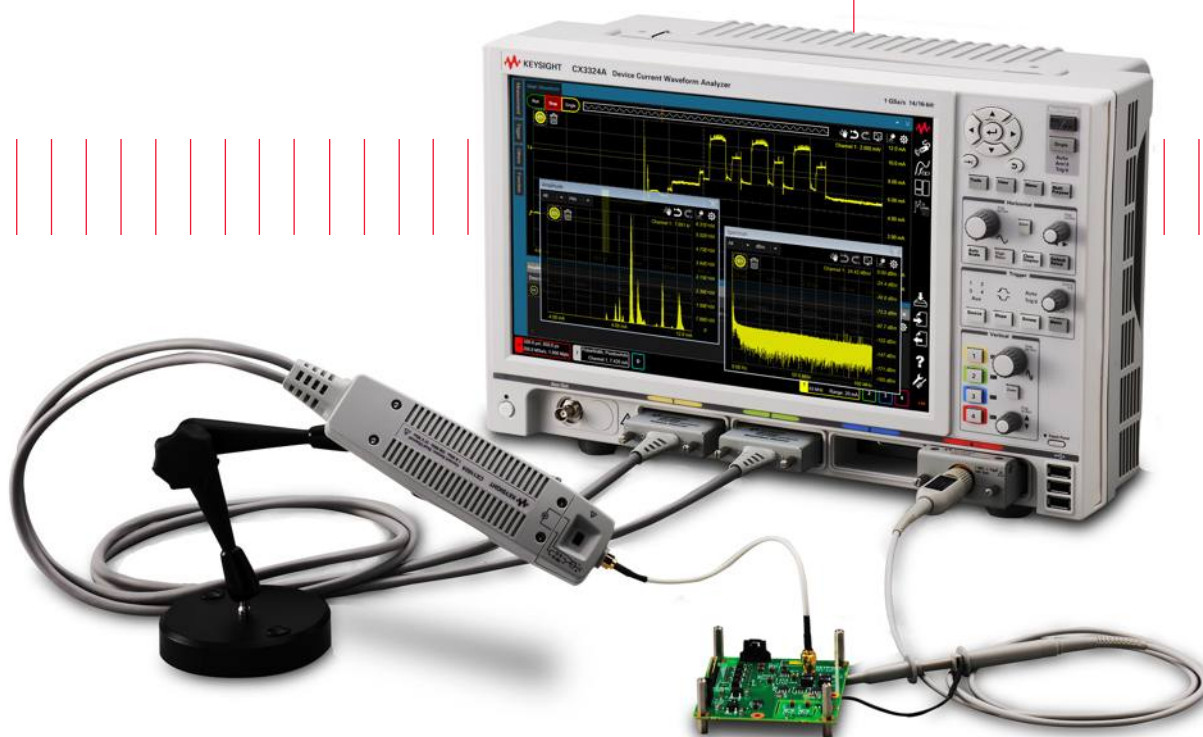
Keysight Technologies

Анализатор формы сигнала тока устройств

CX3322A — 2-канальный

CX3324A — 4-канальный

Технические данные



Обзор продукта

При оценке характеристик или отладке маломощных устройств большинство специалистов по тестированию пользуются сходным набором измерительных приборов: источниками питания, мультиметрами, осциллографами, анализаторами спектра, анализаторами цепей, генераторами сигналов стандартной формы и т. д. Измерения с помощью таких приборов обычно основываются на измерениях формы сигнала напряжения. Однако растущая в последнее время потребность в снижении энергопотребления привела к появлению более широких возможностей для измерений формы сигнала тока с целью точной оценки токов низкого уровня и энергопотребления. Чтобы уменьшить энергопотребление того или иного изделия, необходимо знать в точности, где, когда и сколько тока потребляется.

Анализаторы формы сигнала тока устройств серии CX3300 могут визуально отображать формы широкополосных и низкочастотных сигналов тока, которые ранее было невозможно измерить или вообще обнаружить. Базовый блок содержит 2 или 4 канала, по которым он принимает сигналы от датчиков тока и затем оцифровывает их с дискретизацией до 1 Гвыб./с в 14- или 16-разрядном динамическом диапазоне.

Предусмотрено три типа датчиков тока: они способны обнаруживать динамические токи в широком диапазоне уровней — от 100 пА до 10 А, с максимальной полосой анализа 200 МГц. Шесть типов съемных головок датчиков позволяют выбрать подходящий вариант соединения с тестируемым устройством (ТУ); они могут устанавливаться на два из трех имеющихся типов датчиков тока.

Зарегистрированные кривые отображаются на сенсорном ЖК-экране с поддержкой multi-touch и диагональю 14,1 дюйма с разрешением WQXGA. Приборы серии CX3300 также могут производить измерения динамических кривых напряжения с помощью пассивного пробника, подключаемого через адаптер, что позволяет вычислять и отображать форму кривой потребления мощности.

В приборах серии CX3300 также реализованы полезные функции анализа, такие как автоматический профилировщик мощности и тока, мастер измерения мощности, анализатор БПФ и функции статистического анализа; все эти возможности ускоряют анализ данных измерений и устраняют необходимость во внешних средствах анализа.

Широчайшие возможности нового анализатора помогут добиться сокращения энергопотребления и расхода тока за счет точного измерения формы широкополосных и низкочастотных сигналов тока, которые раньше было невозможно измерить или даже обнаружить.



Повышенная потребность в измерении переходных токов

У исследователей, работающих с перспективными полупроводниковыми приборами и устройствами энергонезависимой памяти, такими как ReRAM и PRAM, возникают сложности при наблюдении поведения недавно разработанных материалов, на которые подается короткий импульс напряжения (менее 100 нс). Поскольку переходные токи меняются в диапазоне от долей наноампер до нескольких миллиампер, четко зарегистрировать весь процесс изменения переходного тока очень сложно.

Повышенная потребность в энергосбережении и сокращении токов

Перед инженерами, разрабатывающими устройства с питанием от аккумуляторных батарей, стоит задача добиться как можно меньшего потребления мощности и тока. Развитие новейших тенденций в технологиях, связанных с маломощными устройствами Интернета вещей (IoT) и взаимодействия между машинами (M2M), носимыми устройствами и т. д., требует ускорения решения этой задачи, что влечет за собой необходимость дополнительно уменьшать неэффективное потребление электроэнергии у имеющихся устройств. В результате инженеры вынуждены анализировать даже динамическое потребление токов на уровне отдельных компонентов, которое всегда крайне сложно измерять, особенно в маломощных устройствах, используемых в продуктах для IoT.

Почему настолько сложны измерения формы широкополосных и низкоуровневых сигналов тока?

1. Ограниченный динамический диапазон

К примеру, у большинства устройств с питанием от аккумуляторных батарей имеются состояния низкого энергопотребления, такие как режим сна или режим ожидания, в которых потребляется крайне низкий ток питания (менее 1 мкА), в то время как в активном режиме обычно требуется ток более 10 мА. В рамках одного измерения бывает сложно осуществить измерение тока в таком широком динамическом диапазоне.

2. Высокий уровень шумов измерительной аппаратуры

Несмотря на широкое применение пробников с фиксаторами, измерение низкоуровневых токов (ниже 1 мА) всегда сопряжено со сложностями из-за значительного порога собственных шумов. Очень эффективно использование шунтирующего резистора и осциллографа, но в таком случае минимальный измеряемый ток ограничивается пороговым шумом и падением напряжения на резисторе.

3. Ограниченная полоса анализа

При измерении кривых низкоуровневых токов с определенной разрешающей способностью необходим компромисс относительно полосы анализа, иначе широкополосное измерение может вызывать снижение разрешающей способности. Для измерений с высокой разрешающей способностью часто применяются мультиметры или амперметры, но они не подходят для измерений широкополосных сигналов тока из-за меньшей полосы анализа. Кроме того, при использовании специального измерительного прибора, основанного на стандартных, а не специализированных деталях, сложно проводить измерения в различных диапазонах с одной и той же шириной полосы анализа.

4. Набор требуемых приборов

Обычно мультиметр применяется для измерения усредненного тока в режиме сна, в то время как для регистрации токов в активном режиме можно использовать осциллограф. На основании полученных результатов вручную рассчитываются значения суммарного энергопотребления и потребляемого тока, однако эти данные не всегда надежны, а их проверка может оказаться трудоемкой.

Таким образом, инженерам и исследователям необходимо решение для измерения формы широкополосных и низкоуровневых сигналов тока с помощью одного прибора, которое бы одновременно удовлетворяло нескольким ключевым требованиям к характеристикам измерения (рис. 2).

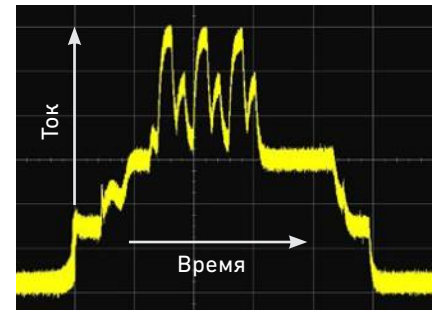


Рисунок 1. Измерения кривой тока: ограниченный динамический диапазон, высокий уровень шумов измерительной аппаратуры и ограниченная полоса анализа

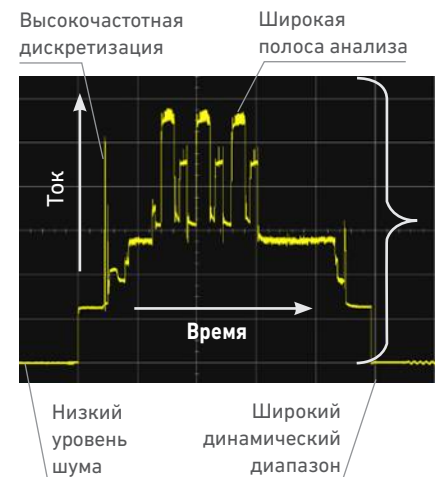


Рисунок 2. Ключевые требования к измерениям формы широкополосных и низкоуровневых сигналов тока

Новые анализаторы формы сигнала тока устройств позволяют получить точное визуальное представление формы широкополосных и низкоуровневых сигналов тока

14- и 16-разрядные динамические диапазоны позволяют отобразить в одном измерении кривые тока как в состоянии сна, так и в активном состоянии

Для измерения тока всегда требуется широкий динамический диапазон, особенно для работы с маломощными устройствами, в которых реализуются состояния сна и активные состояния. Специализированные датчики тока анализатора CX3300 обеспечивают однократные измерения с динамическим диапазоном до 5 десятичных знаков, позволяя с легкостью определять профили энергопотребления и потребления тока.

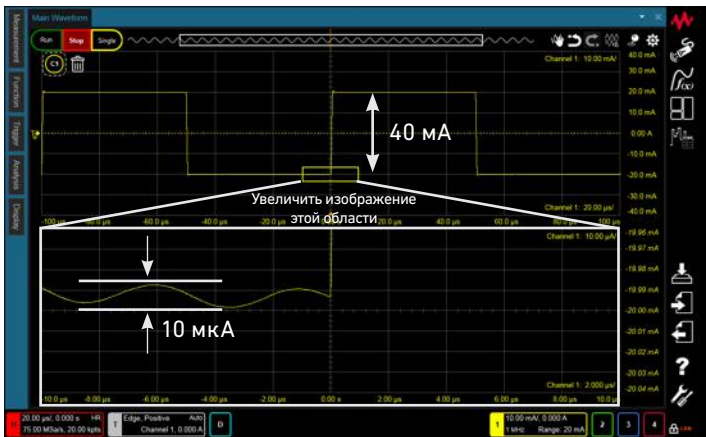


Рисунок 3. Пример измерения с широким динамическим диапазоном: одновременное измерение формы сигналов тока амплитудой 40 мА и 10 мкА

Благодаря технологии измерения тока с низким уровнем шума возможно измерение формы низкоуровневых сигналов тока с уровня 100 пА

Технология измерений с подавлением высокочастотного шума позволяет измерять формы сигнала тока начиная с уровня 100 пА. Исключительно низкий уровень шума, характерный для CX3300, помогает добиться результатов, которых никогда ранее нельзя было получить с помощью существующих приборов.



Рисунок 4. Пример измерения крайне низкоуровневых токов: кривая тока с полным размахом 200 пА

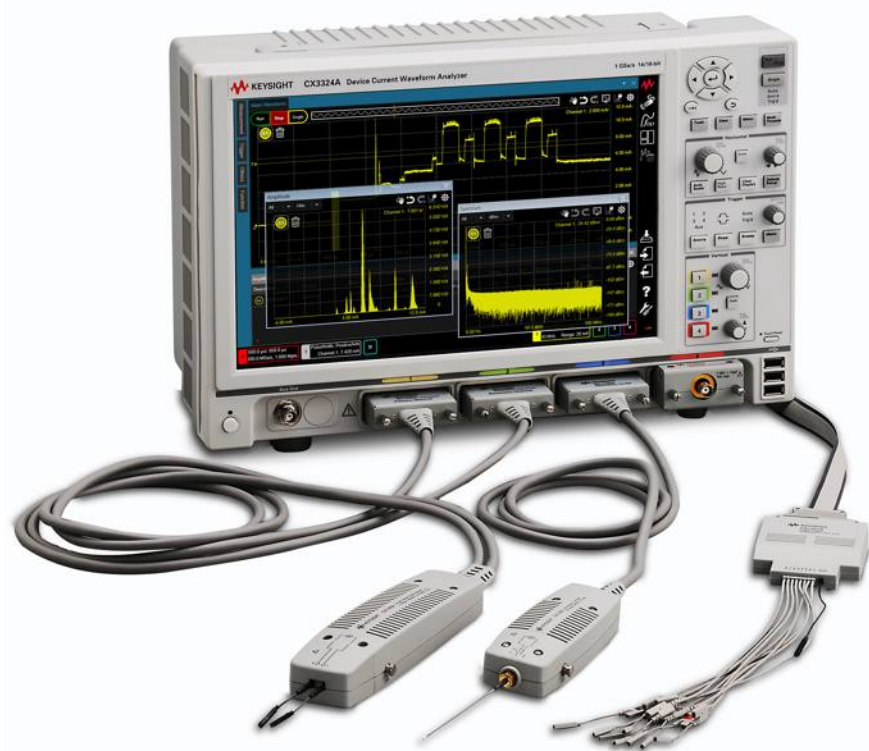


Рисунок 5. Специализированные датчики тока анализатора CX3300 в значительной мере подавляют высокочастотные токовые шумы без ущерба для качества измерений токов при малой нагрузке. Двухканальный датчик реализует динамический диапазон почти в 5 десятичных разрядах с помощью технологии одновременного визуального контроля в двух диапазонах



Рисунок 6а. Кабель SMA



Рисунок 6б. Измерительный щуп



Рисунок 7. Приборы серии CX3300 также могут измерять и отображать формы кривых напряжения с помощью пассивного пробника: это позволяет просматривать кривые динамической мощности наряду с кривыми тока

Рисунки 6а, 6б. Наличие широкого ассортимента адаптеров головок датчиков позволяет выбрать оптимальный интерфейс для подсоединения к тестируемому устройству (ТУ).

Переходный ток не останется незамеченным; результативность отладки также возрастет благодаря дискретизации 1 Гвыб./с и полосе анализа до 200 МГц

Очень крутой импульс тока мог бы остаться незамеченным при более низкой полосе анализа и/или малой частоте дискретизации измерений. Благодаря возможности высокочастотных измерений анализатор CX3300 позволяет фиксировать кривые быстрых переходных токов, которые ранее остались бы незамеченными, и детально отобразить их на дисплее. В результате не только улучшается эффективность отладки — зная величину пикового тока, вы также сможете выбирать правильные компоненты.

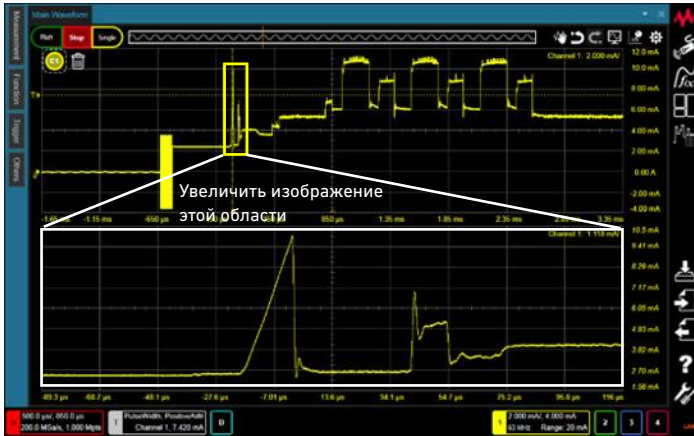


Рисунок 8. Возможность регистрации кривых быстрых переходных токов и вывода их на дисплей



Рисунок 9. Возможность с легкостью измерять переходные токи с шириной импульса менее 100 нс, что поможет при оценке и анализе таких двухполюсных элементов, как PRAM, ReRAM, MRAM и др.

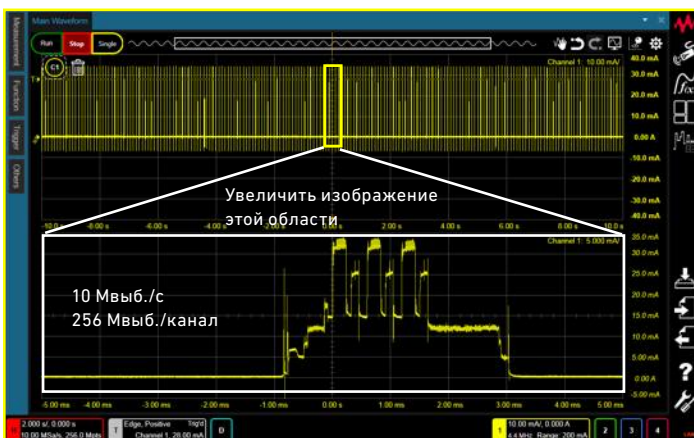


Рисунок 10. Благодаря глубине памяти до 256 Мвыб./канал и высокой скорости сбора данных может регистрироваться информация о работе за длительный период времени, например для выявления непредвиденных пиков тока. Используя функцию масштабирования «Где угодно» (описанную в одном из последующих разделов), можно четко идентифицировать любые интересные области на измеренной кривой сигнала.

Все базовые блоки обеспечивают разрешающую способность 14 или 16 бит

Просто нажмите кнопку «High Reso» (Высокое разрешение), чтобы переключить разрешающую способность с 14 бит (высокоскоростной режим) на 16 бит (режим высокого разрешения) и просматривать более четкие кривые при меньшем уровне шума на более низких частотах.



Рисунок 11. Кнопка высокого разрешения для включения 16-битной разрешающей способности

В дополнение к интуитивно понятному пользовательскому интерфейсу измерительной системы предусмотрена возможность быстро осуществлять целый ряд видов анализа с помощью одного настольного прибора

Результаты измерения формы сигнала тока можно немедленно анализировать на том же приборе, используя широкие возможности анализа CX3300. Поскольку эти методики анализа могут применяться к кривым тока, напряжения и мощности, вы сможете лучше понять особенности работы тестируемого устройства.

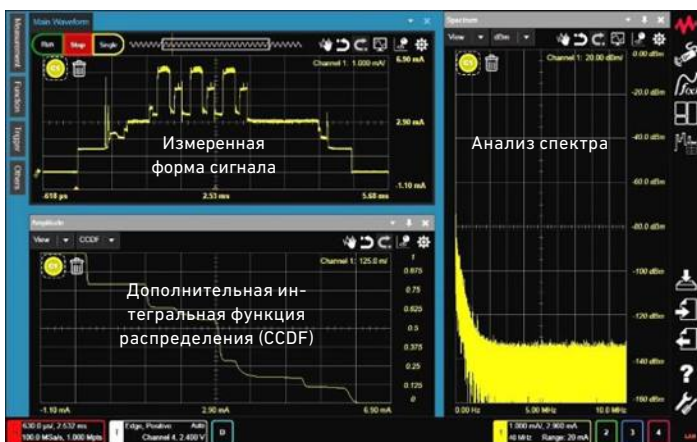


Рисунок 12. Для всех моделей базовых блоков доступны такие функции анализа, как спектральный и статистический анализ

Двухканальный датчик тока обеспечивает динамический диапазон 100 дБ, чтобы визуально представлять характеристики работы маломощных устройств

Двухканальный датчик тока CX1102A обеспечивает одновременное измерение в двух различных измерительных диапазонах. Например, первичный канал может быть установлен на диапазон 200 мА, в то время как вторичный канал — на диапазон 2 мА (диапазон первичного канала в 50 или 100 раз больше диапазона вторичного канала). Этот датчик тока очень полезен при работе с системами с малым потреблением мощности, которые периодически функционируют как в режимах сна/ожидания, так и в активном режиме.

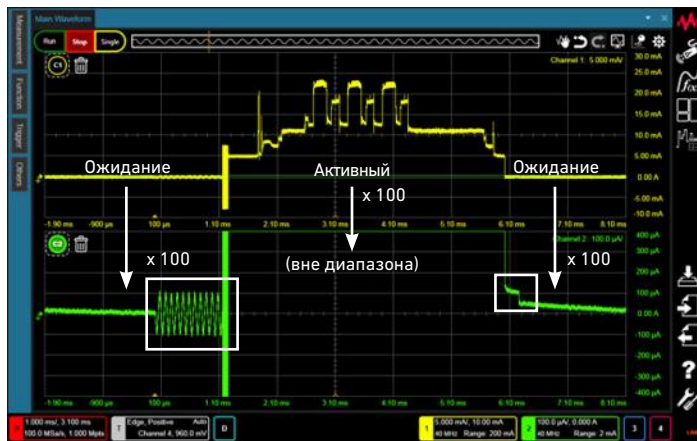
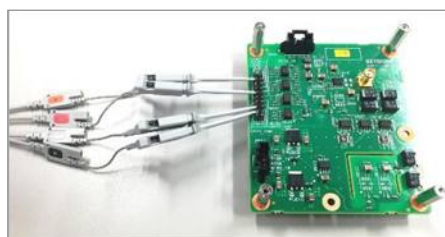


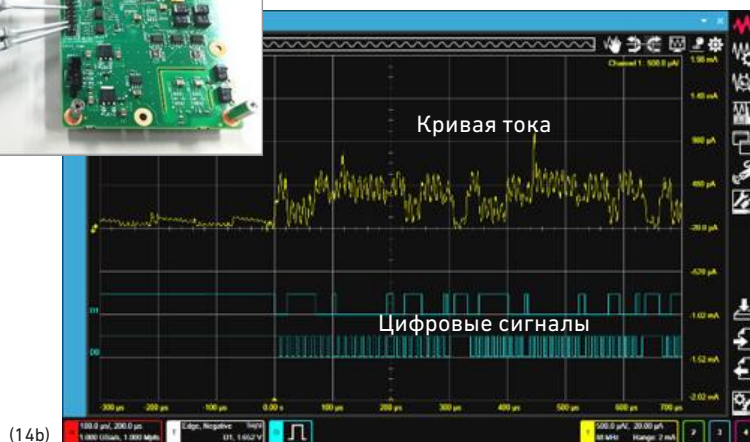
Рисунок 13. Измерение с широким динамическим диапазоном с использованием двухканального датчика тока CX1102A

Цифровой канал с высоким входным импедансом минимизирует ток нагрузки в пробнике (опция CX3324A)

Цифровой канал CX1152A полезен, когда требуются цифровые триггеры для измерения тока, синхронизированного с цифровыми сигналами, например на вводе/выводе или шине данных контроллера (до 8 каналов). В отличие от обычных цифровых пробников, все пробники CX1152A имеют высокое входное сопротивление 10 МОм, что позволяет осуществлять точные измерения малых мощностей за счет минимизации тока нагрузки.



(14a)



(14b)

Рисунки 14а, 14б. Пример измерения кривой тока и соединения с помощью цифрового канала.

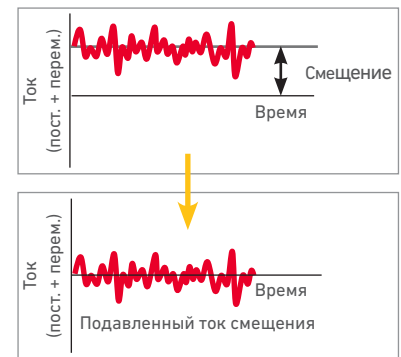


Рисунок 15. Датчик тока нижнего плеча CX1103A разработан с использованием технологии трансимпедансного сверхширокополосного усилителя с регулируемым смещением, которое позволяет подавить значительное смещение тока, вызванное напряжением приложенного постоянного тока, и извлечь лишь требуемый динамический ток. Эта функция весьма полезна при измерении низкоуровневых динамических сигналов датчиков на фоне постоянного тока большей силы

Программное обеспечение также адаптировано для измерения и анализа формы широкополосных и низкоуровневых сигналов тока

Простая в использовании функция масштабирования «где угодно» позволяет в любой момент увеличить любую область измеренной кривой

Несколько простых действий с элементами управления на передней панели или щелчок по значку в окне кривой моментально активируют функцию «увеличительного стекла», которая позволяет увеличить масштаб любой интересующей вас области графика как по вертикальной, так и по горизонтальной оси, независимо от основной кривой. Таким образом можно в полной мере воспользоваться преимуществами 14- и 16-разрядной разрешающей способности CX3300.



Рисунок 16. Функция масштабирования «где угодно» работает подобно направленно-му на график формы сигнала увеличительному стеклу

CX3300 всегда сообщает, с какой полосой анализа выполняются измерения в каждом из каналов.

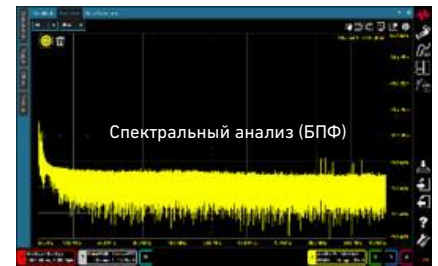
При измерении широких диапазонов динамических токов важно учитывать полосу измерений в связи с базовым блоком, датчиками, фильтрами и скоростью сбора данных. Рассчитать ширину полосы измерений вручную может быть непросто, но приборы серии CX3300 автоматически рассчитывают эти параметры и отображают в реальном времени эффективную полосу измерений для каждого из каналов. Поэтому при использовании приборов серии CX3300 нет нужды беспокоиться о полосе измерений.



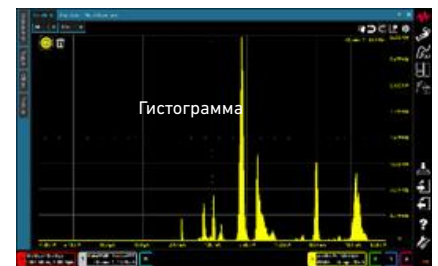
Рисунок 17. Эффективная полоса измерений всегда отображается в малых диалоговых окнах



Рисунок 18. Легкодоступные кнопки масштабирования по горизонтальной и вертикальной осям



(19a)



(19b)

Рисунки 19a, 19b. Функции анализа важны при отладке тестируемого устройства. Приборы серии CX3300 содержат важнейшие средства анализа, которые помогут повысить эффективность разработки.

Автоматический профилировщик мощности и тока позволяет обойтись без трудоемкого процесса анализа профилей по мощности и току

Анализ профиля мощности или тока необходим, чтобы знать, какой ток потребляется при определенных состояниях или событиях, но это трудоемкий процесс. Профилировщик автоматически отображает на временной оси линии, соответствующие различиям уровней по вертикали, и моментально рассчитывает такие ключевые параметры, как средний ток, максимальный и минимальный ток, накопленный заряд и др., для каждого из сегментов в отображаемой рядом с графиком таблице. Также возможна корректировка данных сегмента вручную в соответствии с измеренным профилем.

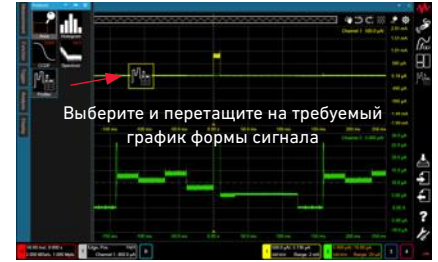
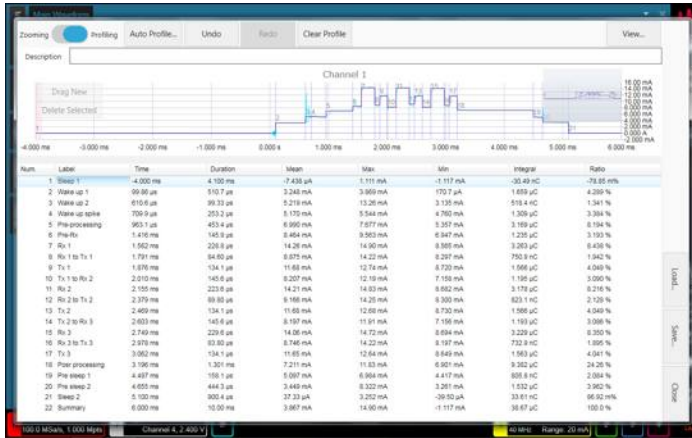
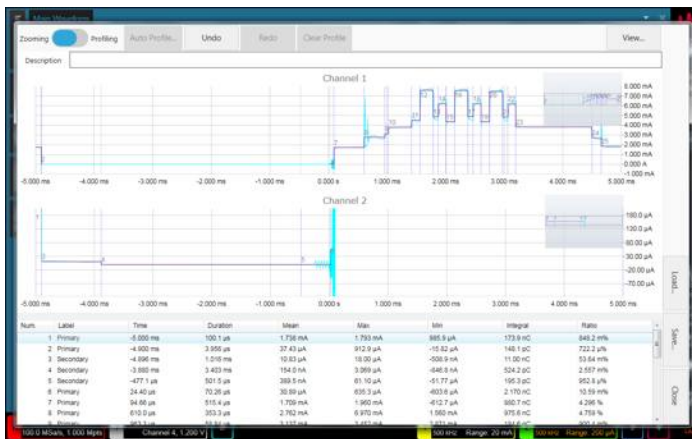


Рисунок 20с. Все функции анализа могут быть выполнены путем простого выбора и перетаскивания значка анализа на требуемый график формы сигнала



(20a)



(20b)

Рисунки 20а, 20б. Автоматический профилировщик мощности и тока соответствующим образом разделяет измеренную кривую сигнала на сегменты и создает таблицы с ключевыми параметрами (рис. 20а). При использовании вместе с двухканальным датчиком тока (CX1102A) данная функция применяется к кривым сигнала, полученным с помощью как первичного, так и вторичного канала (рис. 20б).

Проведение пользовательской калибровки перед измерением позволяет в полной мере воспользоваться превосходными характеристиками CX3300

Для измерений низкоуровневых токов важно задать нулевой уровень тока перед измерением. В базовых блоках серии CX3300 реализована простая в использовании функция калибровки, которая работает как с самим базовым блоком, так и с подключенным датчиком тока. Она также может калибровать пассивный пробник для более точных измерений динамической мощности.

Конфигурация базового блока с возможностью модернизации позволяет вам приобрести доступный для вас на текущий момент прибор серии CX3300 без ущерба для возможности более точных измерений в будущем

Для базового блока CX3300 доступны следующие опции, которые позволяют подобрать оптимальную спецификацию в соответствии с вашим бюджетом и стоящими перед вами прикладными задачами:

- двухканальная модель (CX3322A) и четырехканальная модель (CX3324A)¹;
- три опции максимальной полосы анализа: 50, 100 и 200 МГц;
- три опции глубины памяти на каждый канал: 16, 64 и 256 Мвыб.

Эти модернизируемые посредством приобретения лицензии опции позволяют легко и быстро увеличить полосу пропускания и глубину памяти в ранее приобретенном базовом блоке. Более подробную информацию можно получить в публикации «Руководство по конфигурации приборов серии CX3300».

1. Увеличение количества каналов невозможно.



Рисунок 21. Дополнительный выход (Aux Out) используется в процессе калибровки каждого из каналов — к нему подключаются датчики и адаптер пробника. Соединительный кабель входит в комплект поставки базового блока, поэтому можно немедленно приступить к пользовательской калибровке

Стандартные функции и основные принадлежности приборов серии CX3300

Базовый блок обеспечивает измерения тока как с широкой полосой анализа, так и с низким шумом

Приборы серии CX3300 всегда обеспечивают и широкую полосу анализа, и низкий шум, а измеренные ими кривые низкоуровневых токов четко отображаются на экране с диагональю 14,1 дюйма. Функциональный и в то же время привычный графический интерфейс пользователя с простым в использовании сенсорным управлением позволяет легко проводить измерения и уже при первом использовании получать точные данные для анализа. Также прибор оснащен современными интерфейсами USB и LAN для удобного подключения к ПК.

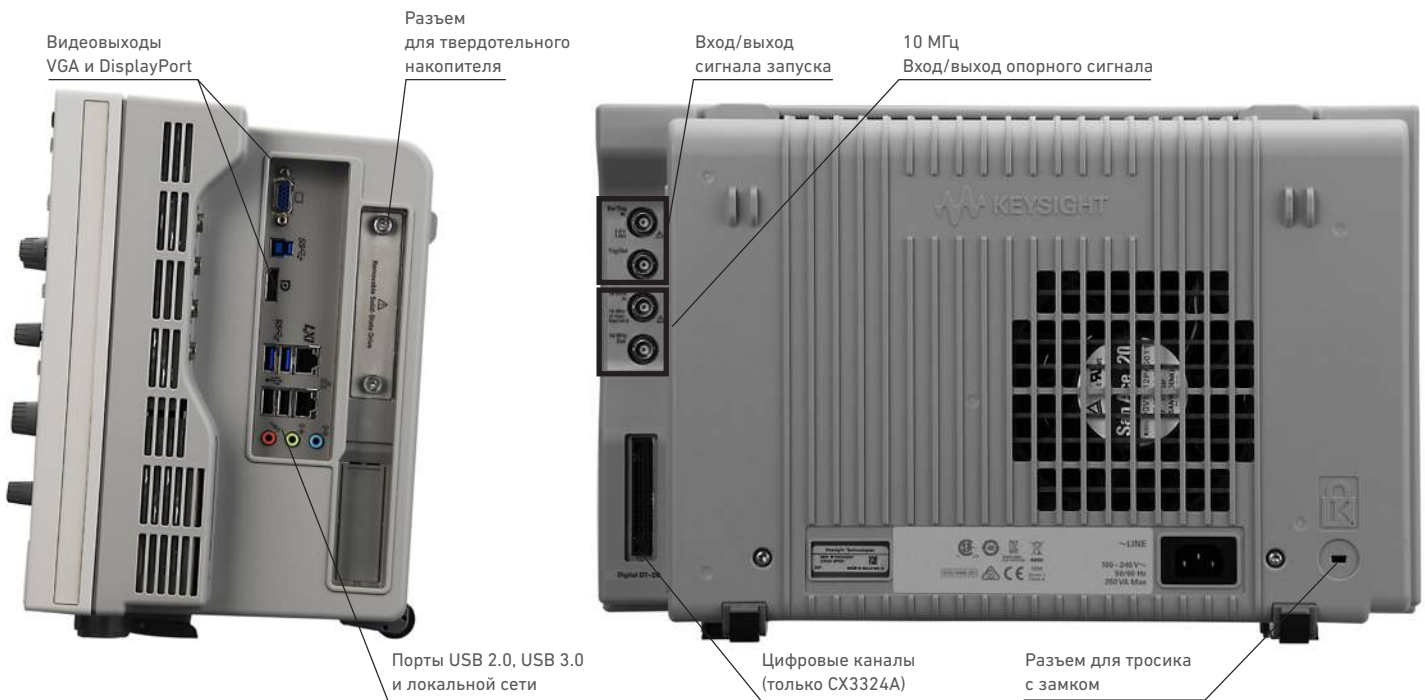
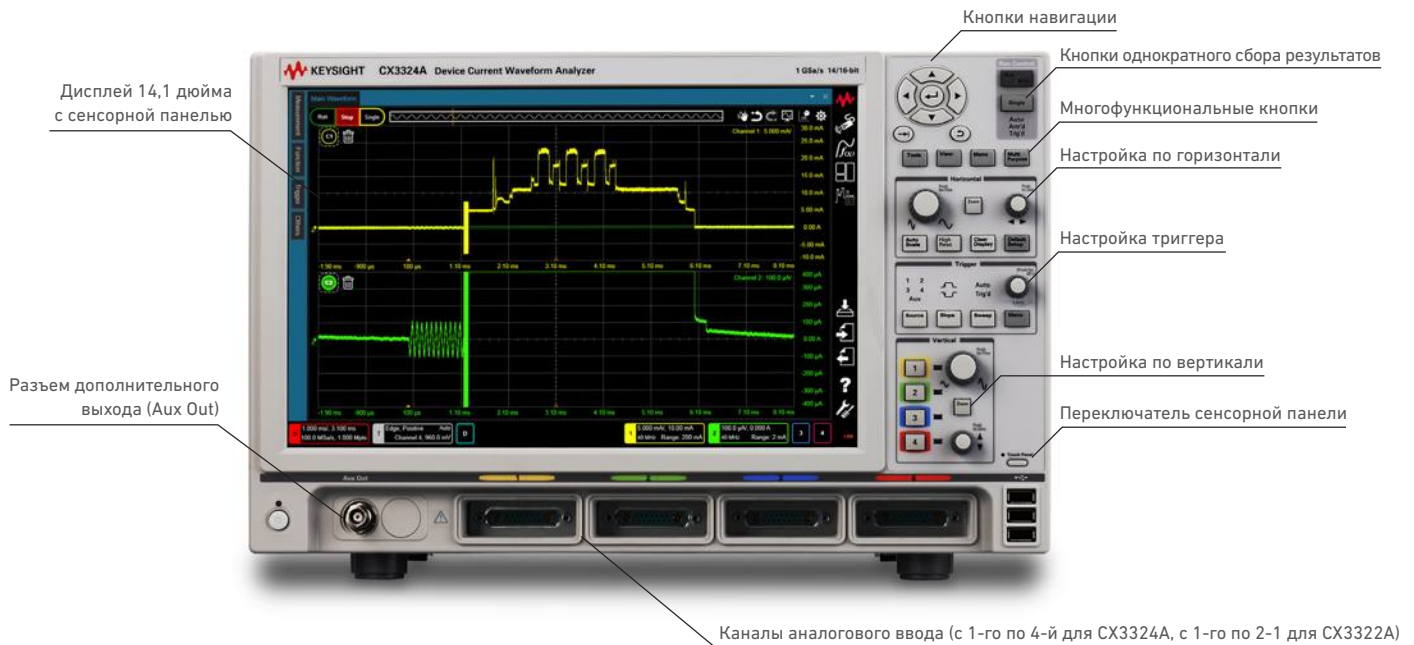


Рисунок 22. CX3324A — вид спереди, сзади и сбоку

Специализированные датчики тока и принадлежности для широкого ряда задач измерения в конкретных приложениях

Обеспечение измерений в широком круге прикладных задач без ущерба как для широкой полосы анализа, так и для требований к низкому шуму — это довольно непростая задача.

Принадлежности для приборов серии CX3300 специально предназначены для измерений форм широкополосных и низкоуровневых сигналов тока, и при этом они помогают удовлетворить различные прикладные требования.

Датчик CX1101A поддерживает широкие диапазоны измерений (от 40 нА до 10 А) и работает при более высоких синфазных напряжениях (до ± 40 В). В датчике CX1102A реализован динамический диапазон 100 дБ (5 десятичных разрядов) в одном измерении, что полезно при одновременном измерении формы сигнала тока и в состоянии сна/ожидания, и в активном состоянии. Датчик CX1103A может использоваться для так называемого считывания тока в нижнем плече и обеспечивает измерение наименьшего тока (150 пА при полосе анализа 20 МГц) и наибольшую полосу анализа (200 МГц для одного датчика) из всех приборов в серии.

Приборы серии CX3300 также поддерживают возможность измерения напряжения с помощью адаптера интерфейса пассивного пробника (CX1151A) и цифрового канала (CX1152A, до 8 каналов). См. «Руководство по выбору приборов серии CX3300», в котором указана возможность применения отдельных принадлежностей для тех или иных прикладных задач.



Рисунок 23. Одноканальный датчик тока CX1101A (поставляется в комплекте с CX1203A)



Рисунок 24. Двухканальный датчик тока CX1102A (поставляется в комплекте с CX1203A)



Рисунок 25. Датчик тока нижнего плеча CX1103A



Рисунок 26. Адаптер для подключения пассивного пробника CX1151A



Рисунок 27. Цифровые пробники с 10 МОм входным импедансом CX1152A



Рисунок 28. Последовательный резистор малого номинала

Несмотря на возможность измерений в широком динамическом диапазоне, минимальное эквивалентное последовательное сопротивление датчиков тока CX1101A и CX1102A снижено до типичных 410 мОм для широких диапазонов измерений. За счет этого вам не нужно беспокоиться о значительном падении напряжения (нагрузке по напряжению) на внутреннем резисторе (см. рис. 28).

Оптимальный интерфейс для подключения к тестируемому устройству можно выбрать из шести адаптеров головок датчиков, которые легко и надежно крепятся на датчики тока и снимаются с них (только для датчиков CX1101A и CX1102A. Недоступны для CX1103A). Адаптеры с разъемом типа SMA обеспечивают широкополосные измерения, в то время как адаптеры на витую пару и измерительные щупы полезны для быстрых измерений кривой тока, не обязательно требующих широкой полосы анализа.

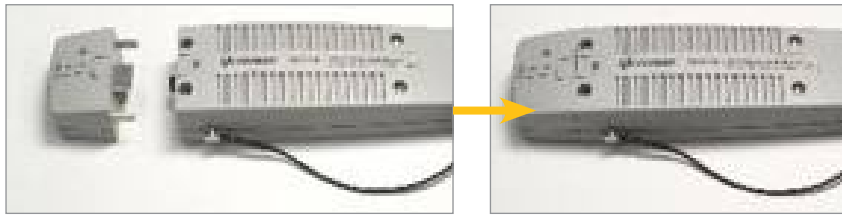


Рисунок 29. Адаптеры головок датчиков CX120XA



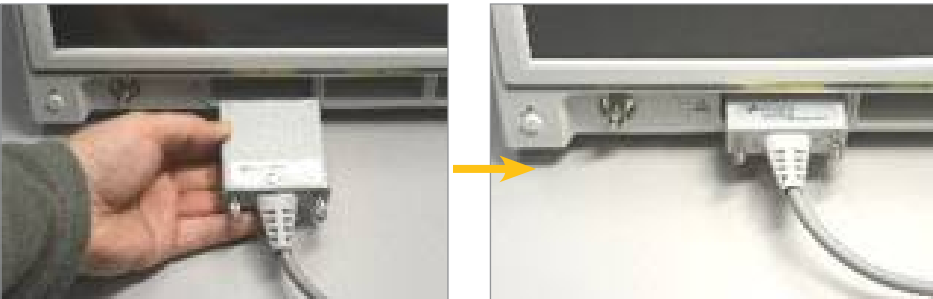
Рисунок 32. CX1206A и CX1101A. Даже при работе с маломощными устройствами время от времени может потребоваться измерить ток выше 1 А. Головка датчика CX1206A с расширителем позволяет с помощью датчика тока CX1101A измерять кривые токов от 3 мА до 10 А за счет технологии шунтирующих резисторов с приведенным сопротивлением ESL (с эффективной последовательной индуктивностью)

Установка головки датчика на датчик тока производится просто и без усилий. Подсоединение датчика к каналу базового блока — это также простой процесс, требующий лишь надежно затянуть крепежные винты адаптера. Все эти устройства можно подсоединять и отсоединять на работающем оборудовании.



(30a) (30b)

Рисунки 30а, 30b. Установка головки датчика на датчик тока



(31a) (31b)

Рисунки 31а, 31b. Подключение датчика к каналу базового блока

Приборы серии CX3300 являются полным измерительным решением, обеспечивающим визуальное отображение кривых широкополосных и низкоуровневых сигналов токов, которые ранее было невозможно измерить или вообще обнаружить.

Новейшие приборы, работающие от аккумуляторных батарей или от энергии, получаемой из окружающей среды, требуют дальнейшего уменьшения потребляемой мощности и тока. Для воспроизводимого и численно измеримого сокращения энергопотребления нужна возможность наглядно отображать кривые широкополосных и низкоуровневых токов, которые ранее было невозможно измерить или вообще обнаружить. Дополнив линейку измерительных приборов серий CX3300, компания Keysight предложила клиентам полнофункциональное решение для измерения параметров маломощных устройств, которое работает как в статическом, так и в динамическом режиме, измеряя и напряжение, и ток.

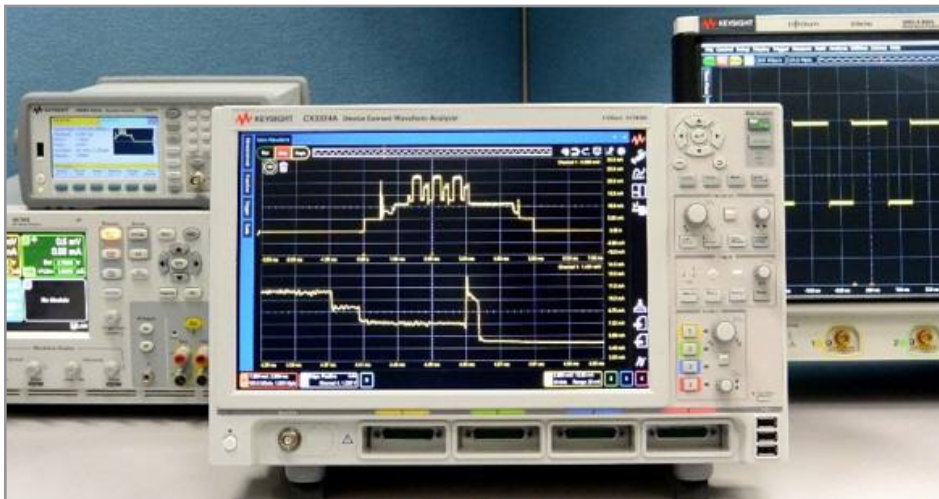


Рисунок 33. Приборы серии CX3300 могут стать мощным и полезным пополнением вашего настольного инструментария

Таблица 1. Основные характеристики базовых блоков серии CX3300

Модель	Входные каналы	Опции аналоговой полосы анализа	Макс. частота дискретизации	Динамический диапазон (разряды АЦП)	Опции глубины памяти	Цифровой канал	Модернизация, выполняемая пользователем
CX3322A	2	50, 100, 200 МГц	1 Гвыб./с	14 (высокоскоростной режим) и 16 (режим высокой разрешающей способности)	16, 64, 256 Мвыб.	Нет	Полоса анализа, глубина памяти
CX3324A	4	50, 100, 200 МГц	1 Гвыб./с	14 (высокоскоростной режим) и 16 (режим высокой разрешающей способности)	16, 64, 256 Мвыб.	Да	Полоса анализа, глубина памяти

Таблица 2. Основные характеристики датчиков тока

Модель	Описание	СКЗ шума при ширине полосы шумов 20 МГц	Макс. измеряемый ток	Точность измерений постоянного тока (с базовым блоком) ¹	Макс. полоса анализа (в автономном режиме)
CX1101A	Датчик тока, одноканальный	40 нА	10 А ²	±(0,6 + 0,3 %)	100 МГц
CX1102A ³	Датчик тока, двухканальный	40 нА	1 А	±(0,6 + 0,3 %)	100 МГц
CX1103A	Датчик тока, в нижнем плече	150 пА	20 мА	±(0,6 + 0,3 %)	200 МГц

1. В течение 24 часов с момента выполнения пользовательской калибровки. В диапазоне 20 мА.

2. С головкой датчика CX1206A.

3. CX1102A занимает два входных канала базового блока.

Диапазоны измерений датчиков тока

Таблица 3. Датчик тока CX1101A, один канал, ± 40 В, 100 МГц, от 40 нА до 1 А

Канал	Максимальная полоса анализа (по уровню -3 дБ)	Входное сопротивление (тип.)	Максимальное синфазное напряжение
Диапазон	СКЗ шума ¹		
10 А	10 мА	3 МГц ²	15 мОм
1 А	2 мА	100 МГц	410 мОм
200 мА	0,2 мА		
20 мА	20 мкА	25 кГц	50 Ом
2 мА	3 мкА		
200 мкА	400 нА	50 Ом	
20 мкА	40 нА		

Таблица 4. Датчик тока CX1102A, два канала, ± 12 В, 100 МГц, от 40 нА до 1 А

Первичный канал		Вторичный канал		Максимальная полоса анализа (по уровню -3 дБ)	Входное сопротивление (тип.)	Максимальное синфазное напряжение
Диапазон	СКЗ шума ¹	Диапазон	СКЗ шума ¹			
1 А	2 мА	20 мА	20 мкА	100 МГц	410 мОм	± 12 В
200 мА	0,2 мА	2 мА	3 мкА			
20 мА	20 мкА	200 мкА	500 нА	500 кГц	50 Ом	
2 мА	2 мкА	20 мкА	200 нА			
20 мА ³	8 мкА ³	200 мкА ³	400 нА ³	90 кГц ³	50 Ом ³	
2 мА ³	1 мкА ³	20 мкА ³	40 нА ³			

Таблица 5. Датчик тока CX1103A, в нижнем плече, 200 МГц, от 100 пА до 20 мА

Канал	Максимальная полоса анализа (по уровню -3 дБ)	Максимальный ток смещения	Входное сопротивление (тип.)	Максимальное синфазное напряжение
Диапазон	СКЗ шума ¹			
20 мА	5 мкА	200 МГц	50 Ом (вход 50 Ом ВКЛ.)	± 1 В (вход 50 Ом ВКЛ.)
2 мА	1,5 мкА	75 МГц		
200 мкА	150 нА	9 МГц	4 Ом (вход 50 Ом Выкл.)	$\pm 0,5$ В (вход 50 Ом Выкл.)
20 мкА	25 нА	2,5 МГц		
2 мкА	1,5 нА	250 кГц	± 2 мкА	
200 нА	150 пА	100 кГц		

1. Ширина полосы измерения шума = 20 МГц.
2. При -4 дБ.
3. При включенном встроенном фильтре низкой частоты.

Таблица 6а. Информация для заказа приборов серии CX3300

Категория	Номер модели	Описание
Модель базового блока	CX3322A	Анализатор формы сигнала тока устройств, 1 Гвыб./с, 14/16 разрядов, 2 канала
	CX3322A-B05	Полоса анализа — 50 МГц
	CX3322A-B10	Полоса анализа — 100 МГц
	CX3322A-B20	Полоса анализа — 200 МГц
	CX3322A-016	Память — 16 Мвыб./канал
	CX3322A-064	Память — 64 Мвыб./канал
	CX3322A-256	Память — 256 Мвыб./канал
	CX3300A-KBD	Мини-клавиатура и оптическая мышь
	CX3322A-A6J	Калибровка по ANSI Z540-1-1994
	CX3322A-UK6	Сертификат коммерческой калибровки с данными калибровки
	CX3324A	Анализатор формы сигнала тока устройств, 1 Гвыб./с, 14/16 разрядов, 4 канала
	CX3324A-B05	Полоса анализа — 50 МГц
	CX3324A-B10	Полоса анализа — 100 МГц
	CX3324A-B20	Полоса анализа — 200 МГц
	CX3324A-016	Память — 16 Мвыб./канал
	CX3324A-064	Память — 64 Мвыб./канал
	CX3324A-256	Память — 256 Мвыб./канал
	CX3300A-KBD	Мини-клавиатура и оптическая мышь
	CX3324A-A6J	Калибровка по ANSI Z540-1-1994
	CX3324A-UK6	Сертификат коммерческой калибровки с данными калибровки
Модель датчика	CX1101A	Датчик тока, один канал, ± 40 В, 100 МГц, от 40 нА до 1 А
	CX1101A-A6J	Калибровка по ANSI Z540-1-1994
	CX1101A-UK6	Сертификат коммерческой калибровки с данными калибровки
	CX1102A	Датчик тока, два канала, ± 12 В, 100 МГц, от 40 нА до 1 А
	CX1102A-A6J	Калибровка по ANSI Z540-1-1994
	CX1102A-UK6	Сертификат коммерческой калибровки с данными калибровки
	CX1103A	Датчик тока, в нижнем плече, 200 МГц, от 100 нА до 20 мА
	CX1103A-A6J	Калибровка по ANSI Z540-1-1994
CX1103A-UK6	Сертификат коммерческой калибровки с данными калибровки	
Адаптер ¹	CX1151A	Адаптер для подключения пассивного пробника
	CX1151A-A6J	Калибровка по ANSI Z540-1-1994
	CX1151A-UK6	Сертификат коммерческой калибровки с данными калибровки
Цифровой канал	CX1152A	Цифровой канал, 10 МОм, ± 25 В, 8 каналов
Принадлежности для датчиков	CX1201A	Головка датчика, коаксиальная, сквозная
	CX1202A	Головка датчика, коаксиальная, сквозная, с монитором напряжения
	CX1203A ²	Головка датчика, коаксиальная, с оконечной нагрузкой
	CX1204A	Головка датчика, адаптер для витой пары
	CX1205A	Головка датчика, адаптер для измерительных щупов
	CX1206A	Головка датчика, адаптер высоких токов с расширителем, 10 А

1. Рекомендуемый пассивный пробник: Keysight N2843A

2. CX1203A поставляется для CX1101A и CX1102A.

Таблица 6а. Информация для заказа приборов серии CX3300 (продолжение)

Категория	Номер модели	Описание (предварительное)
Модернизация продукта	CX1601U	Расширение полосы анализа с 50 до 100 МГц для CX3322A
	CX1602U	Расширение полосы анализа с 50 до 200 МГц для CX3322A
	CX1603U	Расширение полосы анализа с 100 до 200 МГц для CX3322A
	CX1611U	Расширение полосы анализа с 50 до 100 МГц для CX3324A
	CX1612U	Расширение полосы анализа с 50 до 200 МГц для CX3324A
	CX1613U	Расширение полосы анализа с 100 до 200 МГц для CX3324A
	CX1651U	Увеличение памяти с 16 до 64 Мвыб. для CX3322A
	CX1652U	Увеличение памяти с 16 до 256 Мвыб. для CX3322A
	CX1653U	Увеличение памяти с 64 до 256 Мвыб. для CX3322A
	CX1661U	Увеличение памяти с 16 до 64 Мвыб. для CX3324A
	CX1662U	Увеличение памяти с 16 до 256 Мвыб. для CX3324A
	CX1663U	Увеличение памяти с 64 до 256 Мвыб. для CX3324A
Прочие принадлежности	CX1903A	Комплект для монтажа в стойку приборов серии CX3300
	CX1905A ¹	Крепление для трехкоординатного позиционера пробника

1. Рекомендуемый трехкоординатный позиционер: Keysight N2787A

Эффективная полоса измерения тока

Как описано в настоящем документе в разделе с техническими характеристиками, эффективная максимальная полоса измерения при подключенном к базовому блоку датчике тока может быть оценена по приведенной ниже формуле.

$$\text{Полоса}_{\text{эфф.}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{\text{Полоса}_{\text{датчик}}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\text{Полоса}_{\text{баз. блок}}}\right)^2}}$$

В качестве примера в таблице 3 приведена полная эффективная полоса измерения для каждого из трех датчиков, соединенных с базовым блоком с полосой анализа 200 МГц.

Таблица 6б. Максимальная эффективная полоса измерения

Максимальная полоса анализа датчика (по уровню –3 дБ)	Максимальная полоса анализа базового блока (по уровню –3 дБ)	Максимальная эффективная полоса измерения (по уровню –3 дБ)
CX1101A 100 МГц	200 МГц	Прибл. 90 МГц
CX1102A 100 МГц		Прибл. 90 МГц
CX1103A 200 МГц		Прибл. 140 МГц

Эксплуатационные характеристики приборов серии CX3300

Гарантируемые характеристики имеют пометку **; все прочие приведенные характеристики являются дополнительными. Указанные характеристики действительны после 30-минутного прогрева при температуре окружающего воздуха 23 ± 5 °C.

Информация о точности измерений

На точность измерений могут повлиять электромагнитные ВЧ-поля напряженностью выше 3 В/м в диапазоне частот от 80 МГц до 2 ГГц или выше 1 В/м в диапазоне частот от 2 до 2,7 ГГц. Степень их воздействия зависит от места установки прибора и уровня его экранирования.

Таблица 7. Обзор характеристик базовых блоков серии CX3300

Аналоговая полоса анализа	50 МГц (опция B05), 100 МГц (опция B10), 200 МГц (опция B20)	
Число аналоговых каналов	CX3322A	2
	CX3324A	4
Число цифровых каналов	CX3322A	н/д
	CX3324A	8 при наличии CX1152A
Разрешение по вертикали	14 бит (высокоскоростной режим) и 16 бит (режим высокой разрешающей способности)	
Максимальная частота дискретизации	1 ГГц без сужения	
Глубина памяти на канал	16 Мвыб. (опция 016), 64 Мвыб. (опция 064), 256 Мвыб. (опция 256)	

Таблица 8. Вертикальная развертка — аналоговые каналы¹

Аналоговая полоса анализа (по уровню -3 дБ)	Разрешение 14 бит	50 МГц	100 МГц	200 МГц
	Разрешение 16 бит	14 МГц	14 МГц	14 МГц
Тип соединения на входе	По постоянному току			
Входной импеданс**	50 Ом: $\pm 3,5$ %			
Диапазон входного сигнала	$\pm 0,65$ В номинальный, ± 2 В пиковый			
Аппаратное разрешение по вертикали	14 или 16 бит			
Точность измерений постоянного тока**	$\pm(0,7$ % показания + $0,7$ % диапазона) ²			
СКЗ шума ($\pm 0,5$ В пост. тока, полная полоса анализа)	Разрешение 14 бит	120 мкВ СКЗ	170 мкВ СКЗ	250 мкВ СКЗ
	Разрешение 16 бит	46 мкВ СКЗ	46 мкВ СКЗ	46 мкВ СКЗ

1. Аналоговые каналы работают только с датчиками серии CX1100 и адаптером CX1151A, их использование в других целях невозможно.
2. Требуется пользовательская калибровка смещения АЦП.

Таблица 9. Горизонтальная развертка

Основной диапазон шкал времени	От 1 нс/дел. до 20 с/дел.
Разрешение	1 нс
Режимы	Основной
Точка отсчета	Слева, центр, справа
Точность временной шкалы	10 миллионных долей (0,001 %)
Временное выравнивание каналов	Диапазон от -100 до +100 нс

Таблица 10. Сбор данных — аналоговые каналы

Максимальная частота дискретизации в реальном времени ¹	Разрешение 14 бит	1 Гвыб./с на каждый канал
	Разрешение 16 бит	75 Мвыб./с на каждый канал
Стандартная глубина памяти	16 Мвыб. на канал (опция 016)	
Опции глубины памяти	Опция 016: 16 Мвыб. на канал	
	Опция 064: 64 Мвыб. на канал	
	Опция 256: 256 Мвыб. на канал	
Режимы дискретизации	В реальном времени с усреднением (нормальный)	
	В реальном времени с отбраковкой	
	В реальном времени с обнаружением пиков	
Фильтры	Интерполяция $\sin(x)/x$	
	Усреднение	
	1, 2, 5, 10, 20 МГц, 50 МГц (опция В10, В20), 100 МГц (опция В20) ²	

1. Дискретизация 14/16 бит переключается нажатием кнопки «High Reso» (Высокое разрешение). Для всех каналов устанавливается одно и то же разрешение.
2. Фильтры для отдельных каналов описываются математическими функциями.

Таблица 11. Сбор данных — цифровые каналы — только CX3324A

Максимальная частота дискретизации в реальном времени	500 Мвыб./с
Максимальная глубина памяти на каждый канал ¹	128 Мвыб.
Минимальная ширина обнаружения импульсных помех	7 нс

1. Глубина памяти зависит от глубины памяти аналоговых каналов.

Таблица 12. Триггер

Источник	CX3322A	Каналы 1, 2, AUX и линейный
	CX3324A	Каналы 1, 2, 3, 4, AUX, линейный и цифровой
Чувствительность		Аналоговый канал: 5 % диапазона датчика
		Цифровой канал: см. характеристики CX1152A
		Внешний вход триггера: от постоянного тока до 100 МГц (минимальный входной уровень: размах напряжения = 300 мВ)
Диапазон уровней триггера		Аналоговый канал: ± диапазон датчика ¹
		Цифровой канал: см. CX1152A
		Внешний вход триггера: ±8 В (1 МОм)
		Внешний выход триггера: 2,5 В (50 Ом, ширина импульса 100 нс)
Подключение триггера	Аналоговый канал	Постоянный ток: с подавлением ВЧ (фильтр низкой частоты 50 кГц)
	Внешний вход триггера	Постоянный или переменный ток: (10 Гц) с подавлением НЧ (фильтр высокой частоты 50 кГц), с подавлением ВЧ (фильтр низкой частоты 50 кГц)
Режимы развертки		Автоматический, по триггеру, однократный
Диапазон удержания триггера		От 100 нс до 10 с
Действия триггера		Указывается действие, которое возникает при появлении условия триггера (а также частота этого действия).

1. Диапазон уровней триггеров для аналоговых каналов совпадает с диапазонами подключенных к базовому блоку датчиков. ± диапазон датчика = ±4 деления при настройках по умолчанию.

Таблица 13. Режимы запуска

По фронту (аналоговый и цифровой)	Передний, задний, любой
По переходу (аналоговый)	Передний фронт больше заданного времени, передний фронт меньше заданного времени, задний фронт больше заданного времени, задний фронт меньше заданного времени
Импульсная помеха (аналоговый и цифровой)	Положительная импульсная помеха больше заданного времени, положительная импульсная помеха меньше заданного времени, положительная импульсная помеха в диапазоне, отрицательная импульсная помеха больше заданного времени, отрицательная импульсная помеха меньше заданного времени, отрицательная импульсная помеха в диапазоне
Длительность импульса (аналоговый и цифровой)	Длительность положительного импульса больше заданного времени, длительность положительного импульса больше времени ожидания, длительность положительного импульса меньше заданного времени, длительность отрицательного импульса больше заданного времени, длительность отрицательного импульса больше времени ожидания, длительность отрицательного импульса меньше заданного времени
Неполный импульс (аналоговый)	Положительный неполный импульс, положительный неполный импульс (соответствие по времени), отрицательный неполный импульс, отрицательный неполный импульс (соответствие по времени)
Время ожидания (аналоговый и цифровой)	Высокий слишком долго, низкий слишком долго, неизменный слишком долго
Диапазон последовательности/импульса (аналоговый и цифровой)	Вход в последовательность, выход из последовательности, последовательность присутствует больше заданного времени, последовательность присутствует больше времени ожидания, последовательность присутствует меньше заданного времени, последовательность присутствует в диапазоне
Состояние (аналоговый и цифровой)	Передний фронт (И), передний фронт (НЕ-И), задний фронт (И), задний фронт (НЕ-И), любой фронт (И), любой фронт (НЕ-И)
Окно (аналоговый)	Вход в диапазон, выход из диапазона, внутри диапазона больше заданного времени, внутри диапазона больше времени ожидания, внутри диапазона меньше заданного времени, вне диапазона больше заданного времени, вне диапазона больше времени ожидания, вне диапазона меньше заданного времени

Таблица 14. Измерения и анализ

Измерения кривых	Могут производиться в основной области или в области масштабирования. Поддерживается до 8 одновременных измерений.	
	Амплитуда	Размах сигнала, минимум, максимум, среднее, СКЗ пост. тока, СКЗ перем. тока, амплитуда, уровень основания, уровень вершины, выброс за фронтом, выброс до фронта, верхняя, средняя, нижняя
	Время	Длительность фронта, длительность среза, длительность положительного, длительность отрицательного, период, частота, заполнение, T _{min} , T _{max}
	Смешанные	Скорость нарастания, площадь
Математические функции	Возможны операции с любым сочетанием каналов, содержимого памяти и других функций. До 8 независимых функций.	
	Операторы	Сложение, вычитание, умножение, деление, абсолютное значение, среднее, задержка, инверсия, увеличение, максимум, минимум, дифференцирование, интегрирование, возведение в квадрат, извлечение квадратного корня
		Фильтр высокой частоты, фильтр низкой частоты, сглаживающий фильтр
Память кривых	Может использоваться для измерений, выполнения математических функций и анализа. До 8 независимых блоков памяти.	
Маркеры	Перекрестные, A-B, площадь	
Статистический анализ	Среднее, минимум, максимум, стандартное отклонение для кривых и измеренных показателей кривых	
Амплитудный анализ	Гистограмма (попадания, ФРВ/PDF, ИФР/CDF, ДИФР/CCDF) и статистика с отображением в окнах	
Спектральный анализ (БПФ)	Амплитуда и фаза с горизонтальным стробированием	
Служебные программы	Мастер измерения мощности	
	Профилировщик мощности и тока	

Таблица 15. Визуализация

Представления	Кривая, гистограмма, спектр, статистика, сводка по настройке, боковая панель	
Стиль отображения	Одинарное, двойное, одинарное с масштабированием (вертикальным, горизонтальным, обоими)	
	Инерционность, цветовая шкала	
	Отрисовка: автоматическая, точки, линии, область, градации, ромбы	
	Оси: автоматические, линейные, логарифмические, инвертирование	
Аннотации	Могут вставляться в область отображения и на указанные кривые	

Таблица 16. Сохранение и загрузка

Снимки экрана ¹	JPG, BMP, PNG
Настройка триггеров	HDF5
Настройка	HDF5 (содержит все настройки, включая триггеры)
Форма сигнала	HDF5 (сохранение и загрузка), CSV ¹
Композитные данные	HDF5 (включает настройку, формы сигналов, результаты измерений и результаты анализа)
Отчет	XPS (содержит снимки экрана, формы сигналов, результаты измерений и результаты анализа) ¹

1. Только сохранение данных.

Таблица 17. Компьютерная система и периферийные устройства, порты ввода-вывода

Дисплей		WXGA, 14,1 дюйма, емкостной мультисенсорный дисплей
Разрешение		Приложение работает с разрешением 1280 пикселей по горизонтали x 800 пикселей по вертикали
Компьютерная система и периферийные устройства	Операционная система	Windows 7 Embedded в стандартной комплектации
	ЦП	Intel i5, 3 ГГц, четырехъядерный
	Системная память ПК	ОЗУ 8 ГБ
	Накопители	Съемный твердотельный накопитель (SSD) \geq 250 ГБ
	Периферийные устройства	Поставляется с оптической USB-мышью и компактной клавиатурой. Все модели поддерживают все совместимые с Windows устройства ввода с интерфейсом USB.
Порты ввода-вывода	Локальная сеть	Разъем LAN RJ-45 с поддержкой 10Base-T, 100Base-T и 1000Base-T, с возможностью удаленного управления через веб-интерфейс.
	USB ¹	Всего 7 портов:
		Три порта USB 2.0 на передней панели.
		Четыре порта USB на боковой панели (два USB 3.0 и два USB 2.0).
	Внешний дисплей	Драйверы поддерживают до двух дисплеев одновременно. Видеовыходы DisplayPort и VGA
	Дополнительный выход (AUX)	Макс. ± 7 В, макс. ± 200 мА: постоянный ток, импульсы, сигнал прямоугольной формы.
	Выход опорного сигнала	10 МГц, 8,33 дБм (размах напряжения = 1,65 В) на 50 Ом
	Вход внешнего опорного сигнала	10 МГц, макс. 16 дБм (размах напряжения = 4 В) на 50 Ом
Соответствие LXI	LXI 1.4 Core, LXI HiSLIP, LXI IPv6	

1. На обмен данными по USB могут повлиять электромагнитные ВЧ-поля напряженностью выше 3 В/м в диапазоне частот от 80 МГц до 2 ГГц или выше 1 В/м в диапазоне частот от 2 до 2,7 ГГц. Степень их воздействия зависит от места установки прибора и уровня его экранирования.

Таблица 18. Условия эксплуатации/хранения и общие данные

Температура	При эксплуатации	От 0 до 40 °C
	При хранении	От -20 до 60 °C
Относительная влажность	При эксплуатации	До 80 % относительной влажности (без конденсации) при 40 °C
	При хранении	До 90 % относительной влажности (без конденсации) при 60 °C
Высота над уровнем моря	При эксплуатации	До 2000 м
	При хранении	До 4600 м
Питание		От 100 до 240 В ± 10 %, 50/60 Гц
	Макс. рассеиваемая мощность	250 ВА
Масса		Базовый блок: 11 кг
Размеры (с утопленными ножками)		425,6 мм (Ш), 266,1 мм (В), 196,7 мм (Г)
Электробезопасность		МЭК 61010-1
Стандарты совместимости по ЭМС		МЭК 61326-1

Эксплуатационные характеристики датчиков тока серии CX1100

Гарантируемые характеристики имеют пометку **; все прочие приведенные характеристики являются дополнительными. Указанные характеристики действительны после 30-минутного прогрева при температуре окружающего воздуха 23 ± 5 °С. Все приведенные характеристики определяются разрешающей способностью считывания 14 бит, если не указано иное.

Информация о точности измерений

На точность измерений могут повлиять электромагнитные ВЧ-поля напряженностью выше 3 В/м в диапазоне частот от 80 МГц до 2 ГГц или выше 1 В/м в диапазоне частот от 2 до 2,7 ГГц. Степень их воздействия зависит от места установки прибора и уровня его экранирования.

Таблица 19. Обзор характеристик CX1101A

	Диапазон	R_{IN}^2	Шум (скз) ³	Максимальная полоса анализа (по уровню -3 дБ) ⁴
Измеряемое значение тока ¹	10 А	15 мОм (тип.)	10 мА	3 МГц ⁵
	1 А	410 мОм (тип.)	2 мА	100 МГц
	200 мА	550 мОм (макс.)	0,2 мА	100 МГц
	20 мА		20 мкА	100 МГц
	2 мА		3 мкА	100 МГц
	200 мкА	50 Ом (тип.)	400 нА	25 кГц
	20 мкА	77 Ом (макс.)	40 нА	25 кГц

1. Головка датчика, используемая для измерения характеристик: CX1206 для диапазона 10 А и CX1203А для всех прочих диапазонов.
2. Ползунковый переключатель на CX1203А должен быть установлен в положение «0 Ом».
3. Полоса шумов 20 МГц при измерении базовым блоком.
4. Автономная полоса анализа. Эффективную полосу измерения при подключении к базовому блоку можно оценить по следующей формуле.

$$\text{Полоса}_{\text{эфф.}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{\text{Полоса}_{\text{датчик}}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\text{Полоса}_{\text{баз. блок}}}\right)^2}}$$

5. Полоса анализа для -4 дБ.

Таблица 20. Точность измерений постоянного тока CX1101A¹

Диапазон		Автономно	С базовым блоком	$T_{\text{польз.кал}} \pm 3$ °С, 24 ч ²
		23 ± 5 °С	23 ± 5 °С	
10 А		±(5 + 5 %)	±(5,7 + 5,9 %)	н/д
1 А		±(2 + 2 %)**	±(2,7 + 2,9 %)**	±(1,8 + 0,4 %)
200 мА		±(2 + 2 %)**	±(2,7 + 2,9 %)**	±(0,7 + 0,4 %)
20 мА	Усиление [% показаний] + смещение [% диапазона]	±(2 + 2 %)**	±(2,7 + 2,9 %)**	±(0,6 + 0,3 %)
2 мА		±(2 % + н/д)**	±(2,7 % + н/д)**	±(0,7 + 1,1 %)
200 мкА		±(2 + 2 %)**	±(2,7 + 2,9 %)**	±(0,7 + 0,3 %)
20 мкА		±(2 % + н/д)**	±(2,7 % + н/д)**	±(0,7 + 1,1 %)

1. Точность определяется для VCM = 0 В (нулевое синфазное входное напряжение либо при + I_{IN} , либо при - I_{IN}). При VCM до 40 В погрешность смещения увеличивается на 0,7% (тип.). «Показания» означают измеренные базовым блоком данные. Условия измерений постоянного тока: с усреднением за 20 мс.
2. После выполнения пользовательской калибровки с базовым блоком. Дополнительные характеристики.

Таблица 21. Прочие характеристики CX1101A

Время нарастания (с 10 до 90 %)	0,35/полоса анализа [МГц]	
Входное полное сопротивление для синфазного сигнала ¹	750 МОм/31 пФ (ном.)	
Выход за границы диапазона с возможностью измерения	10 % диапазона	
Нагрузка по напряжению	R_{IN}^* * измеряемый ток	
Максимальное входное напряжение (синфазный режим) ²	Предел по пиковому напряжению (пост. ток + перем. ток)	±40 В
	Предел по напряжению переменного тока	±5 В выше 1 МГц
Абсолютный максимальный входной ток	Диапазон	
	10 А	11 А
	1 А	
	200 мА	
	20 мА	1,5 А ³
	2 мА	
	200 мкА	50 мА
20 мкА		

1. Измерено с помощью CX1201A. Оба входа имеют одинаковый входной импеданс. При использовании головки датчика CX1203A отрицательная клемма (-) внутри прибора соединяется с общим проводом цепи через резистор 10 МОм.
2. Для всех диапазонов измерения тока.
3. Для CX1203A с настройкой 50 Ом: 125 мА

Таблица 22. CX1101A — общие сведения¹

Длина кабеля	Кабель датчика: 1,5 м; вывод заземления: 16 см
Размеры ²	46,8 мм (Ш), 31,9 мм (В), 205,3 мм (Г)
Масса	400 г
Поставляемые принадлежности	Коаксиальный адаптер с оконечной нагрузкой для головки датчика (CX1203A), 1 шт.
	Коаксиальный адаптер с SMA(P) на BNC(J), 50 Ом, 1 шт.
	Вывод заземления, 1 шт.

1. Прочие сведения см. в разделе «Условия эксплуатации/хранения и общие данные» по базовому блоку.
2. Головка датчика CX1203A входит в комплект поставки. Кабель и адаптер не входят в комплект поставки.

Таблица 23. Обзор характеристик CX1102A

	Диапазон		R_{IN}^2	Шум (скз) ³		Максимальная полоса анализа (по уровню -3 дБ) ⁴
	Первичный канал	Вторичный канал		Первичный канал	Вторичный канал	
Измеряемое значение тока ¹	1 А	20 мА	410 мОм (тип.)	2 мА	20 мкА	100 МГц
	200 мА	2 мА	550 мОм (макс.)	0,2 мА	3 мкА	
	20 мА	200 мкА	50 Ом (тип.)	20 мкА	500 нА	500 кГц
			77 Ом (макс.)	8 мкА ⁵	400 нА ⁵	90 кГц ⁵
2 мА	20 мкА	50 Ом (тип.)	2 мкА	200 нА	500 кГц	
		77 Ом (макс.)	1 мкА ⁵	40 нА ⁵	25 кГц ⁵	

1. Головка датчика, используемая для измерения характеристик: CX1203A.
2. Ползунковый переключатель на CX1203A должен быть установлен в положение «0 Ом».
3. Полоса шумов 20 МГц при измерении базовым блоком.
4. Автономная полоса анализа. Эффективную полосу измерения при подключении к базовому блоку можно оценить по следующей формуле.

$$\text{Полоса}_{\text{эфф.}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{\text{Полоса}_{\text{датчик}}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\text{Полоса}_{\text{баз. блок}}}\right)^2}}$$

5. При включенном встроенном фильтре низкой частоты датчика.

Таблица 24. Точность измерений постоянного тока CX1102A¹

Диапазон		Автономно	С базовым блоком	
		23 ±5 °С	23 ±5 °С	$T_{\text{польз.кал}} \pm 3 \text{ °С}, 24 \text{ ч}^2$
1 А, первичный канал		±(2 + 2 %) **	±(2,7 + 2,9 %) **	±(1,8 + 0,4 %)
200 мА, первичный канал		±(2 + 2 %) **	±(2,7 + 2,9 %) **	±(0,6 + 0,4 %)
20 мА, вторичный канал	Усиление [% показаний] + смещение [% показаний]	±(2 + 2 %) **	±(2,7 + 2,9 %) **	±(0,6 + 0,4 %)
2 мА, вторичный канал		±(2 % + н/д) **	±(2,7 % + н/д) **	±(0,6 + 0,9 %)
20 мА, первичный канал		±(2 + 2 %) **	±(2,7 + 2,9 %) **	±(0,6 + 0,3 %)
2 мА, первичный канал		±(2 + 2 %) **	±(2,7 + 2,9 %) **	±(0,7 + 0,3 %)
200 мкА, вторичный канал		±(2 + 2 %) **	±(2,7 + 2,9 %) **	±(0,6 + 0,4 %)
20 мкА, вторичный канал		±(2 % + н/д) **	±(2,7 % + н/д) **	±(0,7 + 0,9 %)

1. Точность определяется для VCM = 0 В (нулевое синфазное входное напряжение либо при $+I_{IN}$, либо при $-I_{IN}$). При VCM до 12 В погрешность смещения увеличивается на 0,9% (тип.). «Показания» означают измеренные базовым блоком данные. Условия измерений постоянного тока: с усреднением за 20 мс.
2. После выполнения пользовательской калибровки (по усилению и смещению) с базовым блоком. Дополнительные характеристики.

Таблица 25. Прочие характеристики CX1102A

Время нарастания (с 10 до 90 %)	0,35/полоса анализа [МГц]	
Входное полное сопротивление для синфазного сигнала ¹	750 МОм/18 пФ (ном.)	
Выход за границы диапазона с возможностью измерения	10 % диапазона	
Нагрузка по напряжению	R_{IN}^* измеряемый ток	
Максимальное входное напряжение (синфазный режим) ²	Предел по пиковому напряжению (пост. ток + перем. ток)	± 12 В
Абсолютный максимальный входной ток	Диапазон	
	1 А, первичный канал	
	200 мА, первичный канал	1,5 А ³
	20 мА, вторичный канал	
	2 мА, вторичный канал	
	20 мА, первичный канал	
	2 мА, первичный канал	50 мА
	200 мкА, вторичный канал	
20 мкА, вторичный канал		

- Измерено с помощью CX1201A. Оба входа имеют одинаковый входной импеданс. При использовании головки датчика CX1203A отрицательная клемма (–) внутри прибора соединяется с общим проводом цепи через резистор 10 МОм.
- Для всех диапазонов измерения тока.
- Для CX1203A с настройкой 50 Ом: 125 мА

Таблица 26. CX1102A — общие сведения¹

Длина кабеля	Кабель датчика: 1,5 м; вывод заземления: 16 см
Размеры ²	46,8 мм (Ш), 31,9 мм (В), 205,3 мм (Г)
Масса	400 г
Поставляемые принадлежности	Коаксиальный адаптер с оконечной нагрузкой для головки датчика (CX1203A), 1 шт.
	Коаксиальный адаптер с SMA(P) на BNC(J), 50 Ом, 1 шт.
	Вывод заземления, 1 шт.

- Прочие сведения см. в разделе «Условия эксплуатации/хранения и общие данные» по базовому блоку.
- Головка датчика CX1203A входит в комплект поставки. Кабель и адаптер не входят в комплект поставки.

Таблица 27. Обзор характеристик CX1103A

	Диапазон	R _{IN}	Шум (ска) ¹	Максимальная полоса анализа (по уровню –3 дБ) ²	Диапазон смещения постоянного тока и разрешение
Измерение тока	20 мА	50 Ом (тип.), 55 Ом (макс.)	5 мкА	200 МГц	±20 мА
	2 мА	(Входное сопротивление 50 Ом ВКЛ.)	1,5 мкА	75 МГц	Разрешение 0,8 мкА
	200 мкА		150 нА	9 МГц	±200 мкА
	20 мкА	4 Ом (тип.), 6 Ом (макс.)	25 нА	2,5 МГц	Разрешение 8 нА
	2 мкА	(Входное сопротивление 50 Ом ВЫКЛ.)	1,5 нА	250 кГц	±2 мкА
	200 нА		150 пА	100 кГц	Разрешение 80 пА

1. Полоса шумов 20 МГц при измерении базовым блоком.
2. Автономная полоса анализа. Эффективную полосу измерения при подключении к базовому блоку можно оценить по следующей формуле.

$$\text{Полоса}_{\text{эфф.}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{\text{Полоса}_{\text{датчик}}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\text{Полоса}_{\text{баз. блок}}}\right)^2}}$$

Таблица 28. Точность измерений постоянного тока CX1103A¹

Диапазон		Автономно	С базовым блоком	T _{польз.кал} ±3 °C, 24 ч ²
		23 ±5 °C	23 ±5 °C	
20 мА		±(2 + 2 %)***	±(2,7 + 2,9 %)***	±(0,6 + 0,3 %)
2 мА		±(2 + 2 %)***	±(2,7 + 2,9 %)***	±(0,6 + 0,4 %)
200 мкА	Усиление [% показаний] + смещение [% показаний]	±(2 + 2 %)***	±(2,7 + 2,9 %)***	±(0,6 + 0,4 %)
20 мкА		±(2 + 2 %)***	±(2,7 + 2,9 %)***	±(0,6 + 0,4 %)
2 мкА		±(2 + 2 %)***	±(2,7 + 2,9 %)***	±(1,3 + 0,4 %)
200 нА		±(2 + 2 %)***	±(2,7 + 2,9 %)***	±(1,3 + 0,3 %)

1. Точность определена при смещении постоянного тока = 0 А. «Показания» означают значения данных, полученные базовым блоком. Условия измерений постоянного тока: с усреднением за 20 мс.
2. После выполнения пользовательской калибровки (по усилению и смещению) с базовым блоком. Дополнительные характеристики.

Таблица 29. Прочие характеристики CX1103A

Время нарастания (с 10 до 90 %)		0,35/полоса анализа [МГц]
Выход за границы диапазона с возможностью измерения		10 % диапазона
Нагрузка по напряжению		R _{IN} • измеряемый ток
Максимальное входное напряжение (синфазный режим) ¹	Входное сопротивление 50 Ом	±0,5 В
	ВЫКЛ.	
	Входное сопротивление 50 Ом	±1,0 В
	ВКЛ.	
Абсолютный максимальный входной ток		125 мА

1. Для всех диапазонов измерения тока.

Таблица 30. CX1103A — общие сведения¹

Длина кабеля	Кабель датчика: 1,5 м; вывод заземления: 16 см
Размеры	45,8 мм (Ш), 28,1 мм (В), 163,1 мм (Г)
Масса	300 г
Поставляемые принадлежности	Коаксиальный адаптер с SMA(P) на BNC(J), 50 Ом, 1 шт.
	Вывод заземления, 1 шт.

1. Прочие сведения см. в разделе «Условия эксплуатации/хранения и общие данные» по базовому блоку.

Характеристики адаптера пассивного пробника CX1151A

Гарантируемые характеристики имеют пометку **; все прочие приведенные характеристики являются дополнительными. Указанные характеристики действительны после 30-минутного прогрева при температуре окружающего воздуха 23 ± 5 °C. Все приведенные характеристики определяются разрешающей способностью считывания 14 бит, если не указано иное.

Информация о точности измерений

На точность измерений могут повлиять электромагнитные ВЧ-поля напряженностью выше 3 В/м в диапазоне частот от 80 МГц до 2 ГГц или выше 1 В/м в диапазоне частот от 2 до 2,7 ГГц. Степень их воздействия зависит от места установки прибора и уровня его экранирования.

Таблица 31. Обзор характеристик CX1151A

	Диапазон	Шум (скз) ¹	Максимальная полоса анализа (по уровню -3 дБ) ²	Диапазон смещения постоянного тока и разрешение
Измерение напряжения	8 В	5,0 мА	300 МГц	±16 В, разрешение 16 бит
	4 В	2,8 мВ		
	1,6 В	1,8 мВ		
	0,4 В	250 мкВ		±0,8 В, разрешение 16 бит
	0,2 В	140 мкВ		
	0,08 В	90 мкВ		

1. Полная полоса анализа при измерении базовым блоком (с опцией B20; полоса анализа 200 МГц).
2. Автономная полоса анализа с пассивным пробником N2843A. Эффективную полосу измерения при подключении к базовому блоку можно оценить по следующей формуле.

$$\text{Полоса}_{\text{эфф.}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{\text{Полоса}_{\text{адаптер}}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\text{Полоса}_{\text{пробник}}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\text{Полоса}_{\text{баз. блок}}}\right)^2}}$$

Таблица 32. Точность измерений напряжения постоянного тока CX1151A¹

Диапазон		Автономно		С базовым блоком	
		23 ± 5 °C	23 ± 5 °C	T _{польз.кал} ± 3 °C, 24 ч (высокоскоростной режим) ²	T _{польз.кал} ± 3 °C, 24 ч (режим высокого разрешения) ³
8 В		±(0,6 + 0,8 %) **	±(1,3 + 1,7 %) **	±(0,4 + 0,6 %)	±(0,3 + 0,4 %)
4 В	Усиление [% показаний] + смещение [% диапазона]	±(0,6 + 0,8 %) **	±(1,3 + 1,7 %) **	±(0,8 + 0,6 %)	±(0,5 + 0,4 %)
1,6 В		±(0,6 + 0,8 %) **	±(1,3 + 1,7 %) **	±(0,8 + 0,6 %)	±(0,5 + 0,4 %)
0,4 В		±(0,6 + 0,8 %) **	±(1,3 + 1,7 %) **	±(0,4 + 0,6 %)	±(0,3 + 0,4 %)
0,2 В		±(0,6 + 0,8 %) **	±(1,3 + 1,7 %) **	±(0,8 + 0,6 %)	±(0,5 + 0,4 %)
0,08 В		±(0,9 + 1,2 %) **	±(1,6 + 2,1 %) **	±(0,8 + 0,6 %)	±(0,5 + 0,4 %)

Диапазон с пассивным пробником 10:1⁴

Диапазон		T _{польз.кал} ± 3 °C, 24 ч (высокоскоростной режим) ²	T _{польз.кал} ± 3 °C, 24 ч (режим высокого разрешения) ³
		80 В	±(2,1 + 0,6 %)
40 В	±(1,5 + 0,6 %)	±(0,8 + 0,4 %)	
16 В	Усиление [% показаний] + смещение [% диапазона]	±(0,7 + 0,6 %)	±(0,4 + 0,4 %)
4 В		±(1,7 + 0,6 %)	±(0,9 + 0,4 %)
2 В		±(1,2 + 0,6 %)	±(0,7 + 0,4 %)
0,8 В		±(0,4 + 0,6 %)	±(0,3 + 0,4 %)

1. Условия измерений постоянного тока: с усреднением за 20 мс.
2. После выполнения пользовательской калибровки на базовом блоке. Высокоскоростной режим (14 бит). Дополнительные характеристики.
3. После выполнения пользовательской калибровки на базовом блоке. Режим высокого разрешения (16 бит). Дополнительные характеристики.
4. Используемый пассивный пробник: N2843A.

Таблица 33. Прочие характеристики CX1151A

Время нарастания/спада (с 10 до 90 %)	0,35/полоса анализа [МГц]
Входной импеданс	1 МОм $\pm 0,1$ %, 13 пФ
Развязка входных цепей	По пост. току, по перем. току (3,5 Гц)
Макс. входное напряжение	± 100 В, пиковое (пост. ток + перем. ток)

Таблица 34. CX1151A — общие сведения

Размеры	58,6 мм (Ш), 30,2 мм (В), 87,5 мм (Г)
Масса	130 г
Рекомендуемый пассивный пробник ¹	N2843A
Поддерживаемые пассивные пробники ²	(1:1) 10070D, N2870A (10:1) 10073D, 10074D, N2862B, N2863B, N2871A, N2872A, N2873A, N2890A, N2894A, N2853A, N2843A, N2842A, N2841A, N2840A (20:1) N2875A, (100:1) 10076C

1. Для измерения приведенных выше характеристик использовался N2843A.
2. Поддерживаемый коэффициент пробника может обнаруживаться базовым блоком.

Характеристики цифрового канала CX1152A (только для базового блока CX3324A)

Гарантируемые характеристики имеют пометку **; все прочие приведенные характеристики являются дополнительными. Указанные характеристики действительны после 30-минутного прогрева при температуре окружающего воздуха 23 ± 5 °C.

Таблица 35. Вертикальная развертка CX1152A — цифровые каналы

Входные каналы	8 каналов
Диапазон определяемых пользователем пороговых уровней	± 25 В, шаг 10 мВ
Макс. входное напряжение	± 40 В, пиковое
Точность пороговых уровней	$\pm (150$ мВ + 3 % настройки порога)
Входной динамический диапазон	± 25 В
Минимальный размах входного напряжения	500 мВ, между пиками
Входной импеданс	10 МОм ± 2 %, с емкостной нагрузкой прилб. 8 пФ, подключенной параллельно
Временной сдвиг каналов	4 нс
Разрешение	1 бит

1. Входной импеданс 50 Ом.
2. Для включения входных цифровых каналов требуется CX1152A.

Таблица 36. CX1152A — общие сведения

Длина кабеля	Кабель цифрового канала: 1,15 м; кабель пробника: 28,5 см
Размеры ¹	68,1 мм (Ш), 18,5 мм (В), 103,0 мм (Г)
Масса	130 г
Поставляемые принадлежности	5 проводов заземления пробников 10 зажимов Адаптер «BNC-наконечник пробника», 1 шт.

1. Размеры блока. Провода и кабели не учитываются.

Габаритный чертеж прибора серии CX3300 (базового блока)

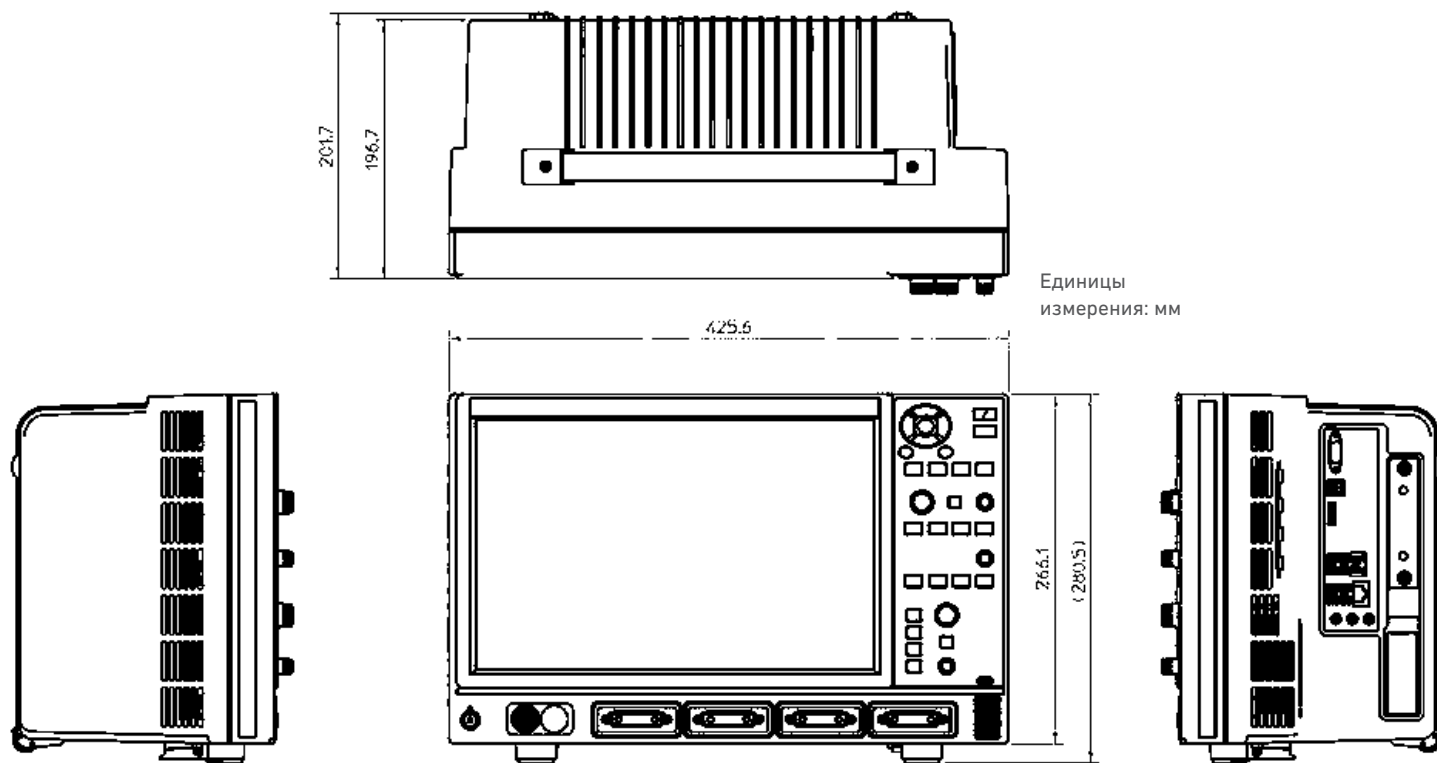


Рисунок 34. Эскиз прибора серии CX3300

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

Персонализированная подборка только нужной вам информации.

www.keysight.com/find/emt_product_registration

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

KEYSIGHT SERVICES

Accelerate Technology Adoption.
Lower costs.

Услуги ЦСМ Keysight

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 поверку и калибровку СИ, ремонт приборов и модернизацию устаревшего оборудования, подбор решений для управления парком приборов, консалтинг, обучение и многое другое. Мы поможем вам повысить качество разработок и снизить затраты.

Планы технической поддержки Keysight

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

Двойная выгода: глубокие знания в области измерений и широкий ассортимент решений компании Keysight в сочетании с удобствами, предлагаемыми торговыми партнерами.

www.keysight.com/find/cx3300

Российское отделение

Keysight Technologies

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

Тел.: +7 (495) 797-39-54
8 800 500 9286
(Звонок по России бесплатный)

Факс: +7 (495) 797-39-02
Эл. почта: tmo_russia@keysight.com

www.keysight.ru

Сервисный Центр
Keysight Technologies в России
115054, Москва,
Космодамианская наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 797-39-30
Факс: +7 (495) 797-39-01

Эл. почта: tmo_russia@keysight.com

(BP-4-20-17)

DEKRA Certified
ISO 9001 Quality Management System

www.keysight.com/go/quality

Keysight Technologies, Inc.
Сертифицировано DEKRA на соответствие стандарту ISO 9001:2015.
Система управления качеством

