

# Приборы Keysight серии B2980A

Фемто/пикоамперметры  
и электрометры/петаомметры

## Техническое описание

Уникальные фемтоамперметры и петаомметры с графическим дисплеем, достоверно измеряющие ток до 0,01 фА ( $10^{-17}$  А) и сопротивление до 10 ПОм ( $10^{16}$  Ом).



## Обзор изделий

### Уникальные функциональные возможности и характеристики обеспечивают максимальную достоверность при выполнении высокоточных измерений

Приборы Keysight серии B2980A – фемто/пикоамперметры и электрометры/петоамметры – обладают не только лучшими в отрасли измерительными характеристиками, но и обеспечивают уникальную возможность повышения достоверности результатов измерений. Фемто/пикоамперметры и электрометры/петоамметры измеряют ток с максимальным разрешением 0,01 фА ( $10^{-17}$  А), что удовлетворяет как текущие, так и будущие потребности измерений. Петоамметры имеют встроенный источник напряжения до 1000 В, что позволяет использовать их для измерения сопротивлений до 10 ПОм ( $10^{16}$  Ом). Они могут работать и с хорошо зарекомендовавшими себя принадлежностями для мегомметров компании Keysight. Модели фемтоамперметров и петоамметров с питанием от аккумулятора не подвержены влиянию помех от сети переменного тока, поэтому их уровень шума столь низкий, что они могут измерять сверхмалые токи.

В отличие от обычных пикоамперметров и электрометров, приборы серии B2980A имеют графический пользовательский интерфейс на основе цветного ЖК дисплея с диагональю 4,3 дюйма, который обеспечивает несколько режимов просмотра данных. Данные могут быть представлены как в цифровом, так и в графическом формате, например в виде гистограммы или тренда. ЖК дисплей расположен на передней панели, что облегчает оценку характеристик переходного режима и ускоряет статистический анализ без применения ПК. Приборы серии B2980A поддерживают целостность измерительной схемы с внешними кабелями и тестовыми оснастками. ПО проверки целостности измерительной схемы сравнивает уровни шума для разных конфигураций кабелей и тестовых оснасток, чтобы идентифицировать чувствительные к шуму части измерительной системы. Помимо этих важных измерительных возможностей, приборы серии B2980A просты и удобны в использовании, поэтому пользователи, не имеющие глубоких знаний в области электроники, могут легко выполнять сложные операции при измерении электрических характеристик.

Для обеспечения гибкости выбора прибора, точно удовлетворяющего требованиям заказчика, компания Keysight предлагает четыре модели приборов серии B2980.



### Основные характеристики

Модель	Фемто/пикоамперметр		Электрометр/петоамметр	
	B2981A	B2983A	B2985A	B2987A
Разрешение	6½ разрядов	6½ разрядов	6½ разрядов	6½ разрядов
Измерение тока	0,01 фА – 20 мА	0,01 фА – 20 мА	0,01 фА – 20 мА	0,01 фА – 20 мА
Минимальный диапазон	2 пА	2 пА	2 пА	2 пА
Измерение сопротивления			До 10 ПОм	До 10 ПОм
Измерение напряжения			1 мкВ – 20 В	1 мкВ – 20 В
Входное сопротивление			> 200 ТОм	> 200 ТОм
Измерение заряда			1 фКл – 2 мкКл	1 фКл – 2 мкКл
Измерение температуры			√	√
Измерение влажности			√	√
Источник напряжения			До ±1000 В	До ±1000 В
Максимальное разрешение			700 мкВ	700 мкВ
Максимальная скорость измерения	20 000 изм./с	20 000 изм./с	20 000 изм./с	20 000 изм./с
Питание от аккумулятора		√		√
Другие характеристики	Графическое отображение информации (отображение результатов измерений, графиков, гистограмм, представление во временной области с возможностью прокрутки), автоматическое управление, буферизация 100 000 выборок, интерфейсы USB, LAN, GPIB, LXI Core, бесплатное управляющее ПО, выполняемое ПК, и др.			

## Уникальные фемтоамперметры и петаомметры с графическим дисплеем, достоверно измеряющие ток до 0,01 фА и сопротивление до 10 ПОм

**+0.000087 pA**

Разряд 0,01 фА

Диапазон измерения тока от 2 пА до 20 мА и встроенный источник питания до 1000 В гарантируют точные измерения тока с разрешением 0,01 фА и сопротивлением до 10 ПОм

Питание от аккумулятора исключает влияние помех от сети переменного тока на результаты измерений

Представление во временной области с возможностью прокрутки позволяет исследовать переходные процессы и выбирать требуемые результаты измерений

Гистограмма в режиме реального времени позволяет выполнять быстрый статистический анализ результатов измерений

Функция проверки целостности измерительной схемы и специальные аксессуары обеспечивают максимальную точность измерений

## Основные характеристики приборов серии B2980A

- Максимальное разрешение 0,01 фА ( $10^{-17}$  А), измерение тока в диапазоне от 2 пА до 20 мА с разрешением  $6\frac{1}{2}$  разрядов
- Падение напряжения <20 мкВ при измерении тока в нижнем диапазоне
- Высокая скорость измерения до 20 000 изм./с
- Модели с питанием от аккумулятора для устранения влияния помех от сети переменного тока на измерения<sup>1</sup>
- Встроенный источник до  $\pm 1000$  В<sup>2</sup>
- Измерение сопротивления до 10 ПОм ( $10^{16}$  Ом)<sup>2</sup>
- Входное сопротивление > 200 ТОм при измерении напряжения до 20 В<sup>2</sup>
- Независимое измерение напряжения и тока<sup>2</sup>
- Измерение заряда от 2 нКл с разрешением  $6\frac{1}{2}$  разрядов<sup>2</sup>
- Измерение температуры и влажности<sup>2</sup>
- Графическое отображение информации (результаты измерений, графики, гистограммы и представление результатов измерений во временной области с возможностью прокрутки)
- Простое автоматизированное управление для выбора оптимальных диапазона измерения и времени интегрирования
- Опциональная функция проверки целостности измерительной схемы для выявления источника шума
- Широкий выбор интерфейсов (USB 2.0, LAN, GPIB, LXI Core)
- Порт USB на передней панели: запись результатов измерений, сохранение и вызов набора настроек
- Бесплатное управляющее ПО для ПК

<sup>1</sup> B2983A и B2987A

<sup>2</sup> B2985A и B2987A

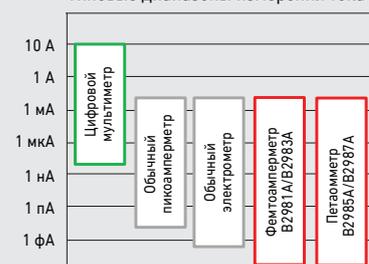
## Области применения

- Материаловедение (исследования биоматериалов, керамики, эластомеров, тонких пленок, диэлектриков, электролитов, сегнетоэлектриков, графена, металлов, органических материалов, наноматериалов, полимеров, полупроводников и др.)
- Устройства и электронные компоненты (измерение характеристик конденсаторов, резисторов, диодов, первичных преобразователей, транзисторов, включая тонкопленочные и на углеродных нанотрубках, оптоэлектронных приборов, фотоэлементов и др.)
- Электронные/неэлектронные системы (установки ионно-лучевой литографии, электронно-лучевые установки для экспонирования, средства обнаружения, анализаторы взвешенных частиц, встраиваемые прецизионные приборы и др.)

## Почему важно измерять токи с разрешением 0,01 фА?

Многие задачи, связанные с исследованием свойств материалов и определением характеристик устройств, требуют измерений очень малых токов, которые не могут быть измерены обычными цифровыми мультиметрами. Приборы серии B2980A, включая фемтоамперметры и петаомметры, обеспечивают лучшее в отрасли разрешение 0,01 фА при измерении тока, что позволяет выполнять высокочувствительные и точные измерения, невозможные при применении обычных пикоамперметров и электрометров. Можно с уверенностью утверждать, что предложенные приборы соответствуют требованиям будущих технологий.

Типовые диапазоны измерения тока



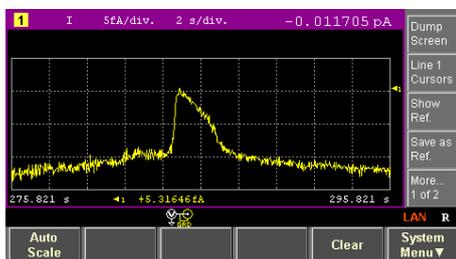
## Непревзойденное разрешение 0,01 фА вместе с другими уникальными характеристиками приборов серии B2980A используется для решения непреодолимых ранее проблем измерений

**Проблема 1.** Приборы только с цифровой индикацией не позволяют контролировать переходные процессы.

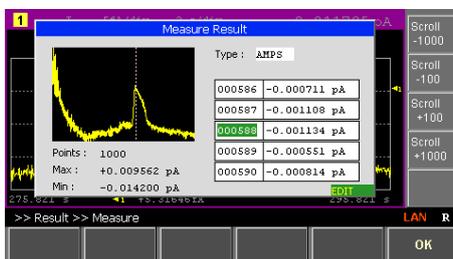


**Решение 1.** При графическом представлении результатов изменения во временной области (с возможностью прокрутки) можно визуально выбирать момент захвата данных.

Графический пользовательский интерфейс приборов серии B2980A позволяет представлять результаты измерений во временной области с возможностью прокрутки (Roll View) и сохранять до 100 000 выборок для дальнейшего поиска и анализа. При частоте выборки 100 кГц и таком представлении обеспечивается наблюдение трендов измерений в реальном времени и извлечение подробной информации о динамическом изменении характеристик тестируемого устройства. Для облегчения анализа данных в приборах серии B2980A предусмотрены гибкие возможности построения графиков. С помощью функции Graph View петаомметры могут выводить на дисплеи вольт-амперные характеристики (ВАХ), полученные на основе данных от встроенного источника напряжения или измеренных напряжений. Кроме того, на дисплее могут отображаться зависимости тока, напряжения, сопротивления и заряда от времени, тока от сопротивления и др., что определяется моделью прибора. Используя эти мощные и универсальные возможности, можно получать ценную информацию при выполнении точных измерений.



Представление во временной области с возможностью прокрутки



Запись до 100 000 выборок

**Проблема 2.** В приборах, имеющих только цифровую индикацию, часто наблюдается нестабильность показаний младших разрядов и отсутствует информация о стандартном отклонении и среднем значении.



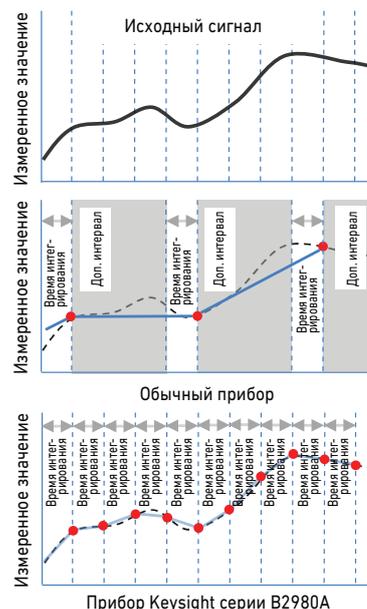
**Решение 2.** Мгновенный просмотр и оценка распределения данных с использованием гистограмм, отображаемых в режиме реального времени.

Все низкоуровневые измерения связаны со статистической неопределенностью, обусловленной флуктуациями в среде измерений. Широко распространенный метод решения этой проблемы – оценка данных после измерения (обычно с помощью ПК) с использованием гистограммы. Однако, это утомительно, если требуется выполнить по несколько измерений в нескольких циклах отладки.

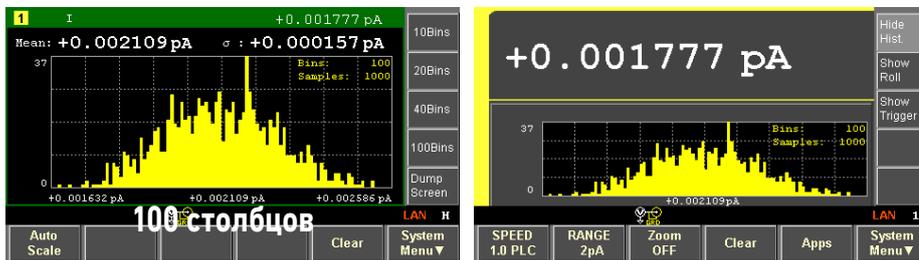
### С какой скоростью приборы серии B2980A могут захватывать данные?

Скорость измерения определяется временем интегрирования, которое обычно кратно периоду сетевого напряжения ( $T_c$ ). Желательно работать с меньшим временем интегрирования, но при этом нужно выполнять усреднение по нескольким измерениям, предотвращающее влияние помех от сети переменного тока на результаты измерений.

Обычные приборы не всегда могут захватывать быстрые переходные процессы из-за относительно низких скоростей измерения, поэтому после завершения времени интегрирования остается достаточно большой дополнительный интервал времени. В приборах серии B2980A этот дополнительный интервал сведен к минимуму за счет высокой скорости измерения (20 000 изм./с) и оптимизированной архитектуры измерительной системы. Данные можно получать даже при минимальном времени интегрирования, чтобы захватывать более детальные характеристики тестируемого устройства. На основе приведенного ниже сравнения возможностей взятия выборок обычным прибором и прибором серии B2980A можно сделать вывод, что при захвате данных с помощью прибора серии B2980A разрешение по времени увеличивается в 4 раза, что связано с уменьшением дополнительного интервала времени.



При отображении гистограмм в режиме реального времени с автоматическим масштабированием, используемом в приборе серии B2980A, непрерывное обновление среднего значения и стандартного отклонения позволяет оперативно выполнять отладку схемы без пост-обработки данных. Гистограмма может быть отображена вместе с результатами текущих измерений для сравнения ее данных с численными значениями в режиме реального времени. Примечание. Для построения гистограммы используется не более 100 000 выборок.



Гистограмма

Гистограмма с текущими измерениями



Гистограмма может состоять из 10, 20, 40 или 100 столбцов

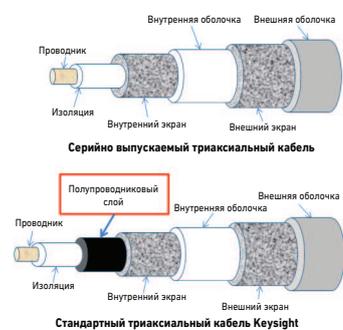
## Насколько снижен уровень шума прибора серии B2980A?

Даже при работе от сети переменного тока со временем интегрирования  $0,1 \cdot T_c$  приборы серии B2980A значительно превосходят по характеристикам обычные пикоамперметры и электрометры. На приведенной ниже диаграмме показаны результаты сравнения уровней шума разных приборов в режиме измерения тока в одинаковых условиях. Из этой диаграммы видно, что приборы серии B2980A обладают и меньшим шумом, и более высокой скоростью измерения. В обычных приборах такие показатели являются взаимоисключающими.

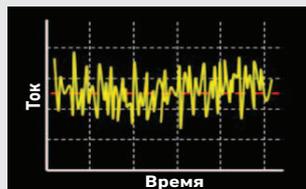


## Каковы преимущества триаксиального кабеля Keysight?

Триаксиальные кабели, выпускаемые различными производителями, необходимы для измерения малых токов. В триаксиальных кабелях компании Keysight между изолятором и внутренней оболочкой расположен полупроводниковый слой, который минимизирует возникающие при трении материалов кабеля трибоэлектрические эффекты, чтобы повысить точность и стабильность измерений. Все приборы серии B2980A поставляются с триаксиальным кабелем длиной 1,5 м.



**Проблема 3.** Компенсация шума при измерении малых уровней затруднена и нередко требует привлечения высококвалифицированных специалистов.



**Решение 3.** В моделях приборов серии B2980A с питанием от аккумулятора исключено влияние помех от сети переменного тока и уменьшен уровень собственных шумов.

Помехи от сети переменного тока значительно влияют на точность измерений. Интегрирование в течение одного или нескольких периодов сетевого напряжения ( $T_c$ ) минимизирует это влияние, но даже приборы серии B2980A, обладающие минимальным уровнем шумов, не могут полностью исключить весь шум. Только модели с питанием от аккумулятора позволяют выполнять измерения без влияния помех от сети переменного тока. При нормальных условиях эксплуатации модели B2983A и B2987A с питанием от аккумулятора могут работать автономно в течение 7 и 5 часов соответственно, и автоматически сохранять данные измерений и информацию о настройках вплоть до уровня заряда аккумулятора 5%. Дополнительное преимущество этих моделей – автономность, что позволяет использовать их в любом месте.

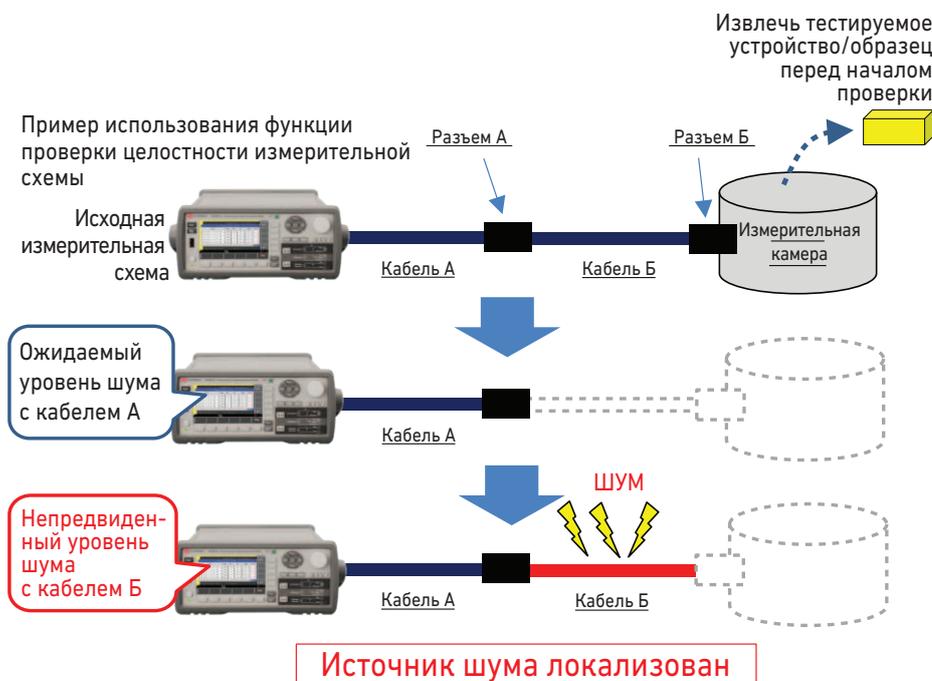
**Проблема 4.** Целостность кабельных соединений схемы измерения очень важна для выполнения точных измерений, но в обычных приборах не предусмотрены средства проверки характеристик кабелей.



**Решение 4.** Опциональное ПО и специализированные аксессуары помогают компенсировать влияние кабельных соединений на точность измерений

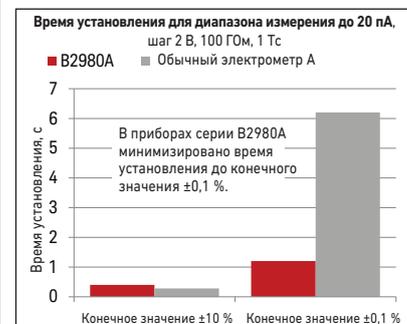
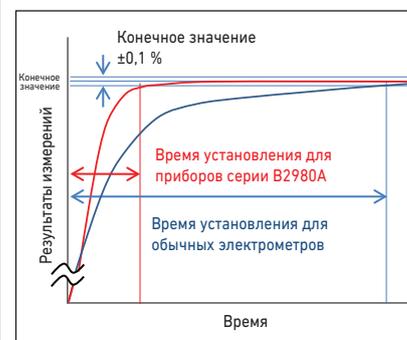
Одна из множества проблем, возникающих при измерении малых уровней, связана с кабельными соединениями. На шум или нестабильность измерений, наряду с другими факторами, влияют несоблюдение правил монтажа кабельной системы, низкое качество и неправильная защита кабелей, причем определить основную причину появления проблем довольно трудно. Обычные приборы, не снабженные средствами для решения таких проблем, имеют только руководства, составленные на основе практического опыта. Приборы серии B2980A имеют функцию проверки целостности измерительной схемы, позволяющую локализовать шум, вносимый внешними элементами (кабелями, переходниками, экранами, камерами и др.), и отображать информацию о результатах проверки в виде таблицы на дисплее, расположенном на передней панели. Ниже показано, что с помощью этой функции можно сравнивать уровень шума прибора без кабелей с уровнем шума прибора при подключении отдельных элементов измерительной схемы. Последовательно сравнивая стандартное отклонение уровня шума каждого элемента измерительной схемы, можно легко определять качество кабелей и других компонентов, необходимых для измерений.

Для приборов серии B2980A предусмотрены специализированные аксессуары, облегчающие выполнение определенных типов измерений. Например, адаптер оснастки для измерения высокого сопротивления N1413A позволит использовать прибор серии B2980A с аксессуарами Keysight для измерения высокого сопротивления (например, ячейкой для измерения удельного сопротивления изоляционных материалов 16008B). Универсальный адаптер для измерения высокого сопротивления N1414A упрощает кабельные соединения измерительной схемы.



**На сколько меньше время установления показаний приборов серии B2980A по сравнению с обычными приборами?**

Сравнивая приборы по времени установления показаний, следует учитывать, как его определяют производители. В большинстве обычных приборов этот параметр определяется как время, в течение которого показание достигает конечного значения с точностью  $\pm 10\%$ , а в приборах серии B2980A оперируют точностью конечного значения  $\pm 0,1\%$ . Как показано ниже, уменьшение диэлектрических потерь в приборах серии B2980A позволяет уменьшить время установления для достижения конечного значения с точностью  $0,1\%$  даже в нижних диапазонах измерения.

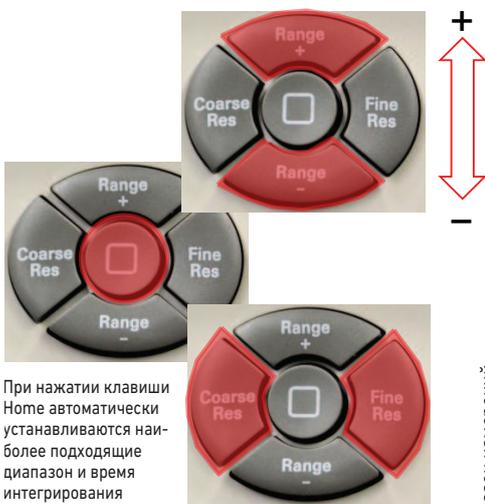


## Инновационные измерительные функции позволяют специалистам любой квалификации использовать все мощные возможности измерений приборов серии B2980A

### Вспомогательные функции уменьшают проблемы при измерении низких уровней

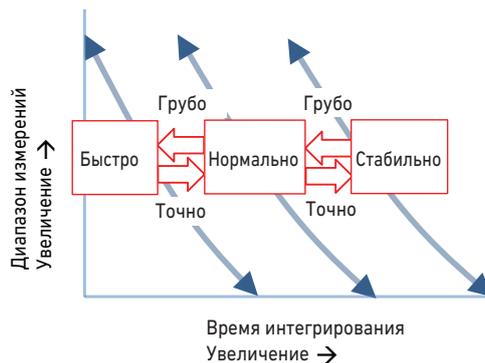
Диапазон измерений и время интегрирования следует задавать с учетом характеристик тестируемого устройства или образца и условий измерений (шум, температура, влажность и др.) Выбор оптимальных параметров тестирования может вызвать затруднения даже у опытных пользователей. Однако, приборы серии B2980A обладают множеством вспомогательных функций, облегчающих этот выбор и повышающих производительность измерений.

С помощью клавиш навигации можно легко находить оптимальные время интегрирования (скорость) и диапазон измерений. Во вставке справа показано, как работают эти клавиши.



При нажатии клавиши Home автоматически устанавливаются наиболее подходящие диапазон и время интегрирования

Измерение тока	Измерение напряжения	Измерение сопротивления	Измерение заряда
20 мА	20 В	1 ПОм	2 мкКл
2 мА	2 В	100 ТОм	200 нКл
200 мкА		10 ТОм	20 нКл
20 мкА		1 ТОм	2 нКл
2 мкА		100 ГОм	
200 нА		10 ГОм	
20 нА		1 ГОм	
2 нА		100 МОм	
200 пА		10 МОм	
20 пА		1 МОм	
2 пА			



Полученные методом последовательного приближения параметры настройки можно сохранить, а затем снова вызвать, используя клавиши "Save" и "Recall".

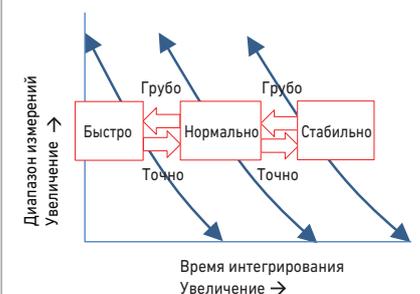


Клавиши "Save" и "Recall", расположенные под поворотной ручкой, позволяют мгновенно сохранять и вызывать до пяти полных наборов настроек измерительной схемы.

### Как работает функция навигации?

Приборы серии B2980A обладают инновационной функцией управления измерениями, позволяющей выбрать оптимальные время интегрирования и диапазон измерений. Ниже показаны три предварительно заданные зависимости диапазона измерений от времени интегрирования, охватывающие большинство практических задач. Обычно измерения начинают с использования кривой «Normal» и соответствующего диапазона измерений. Если результаты измерений зашумлены, то, нажав клавишу "Fine Res", можно переключиться на кривую "Stable". При этом автоматически увеличится время интегрирования, что снижает влияние шума. Если нужно быстро выполнить грубое измерение, то, переключившись на кривую "Quick", можно сэкономить время измерения.

Эти кривые позволяют менее опытным инженерам и исследователям быстро измерять низкие уровни, не утруждая себя тщательным выбором времени интегрирования и диапазона измерений. Разумеется, опытные специалисты могут обходиться без этих кривых и использовать прибор в ручном режиме, если для измерений необходимы конкретные настройки.



## Бесплатное управляющее ПО, выполняемое ПК, и широкий выбор интерфейсов обеспечивают гибкость при дистанционном управлении

Компания Keysight предоставляет две программные опции для приборов серии B2980A: ПО B2900A для быстрого измерения ВАХ (Quick IV) и графический веб-интерфейс B2900A. ПО для быстрого измерения ВАХ может взаимодействовать с прибором серии B2980A через несколько стандартных интерфейсов: LAN, GPIB (до 4 приборов) и USB (один прибор). Это ПО обеспечивает те же функциональные возможности, что и передняя панель прибора серии B2980A. Оно также поддерживает функцию автоматического экспорта результатов измерения в программу Microsoft Excel на ПК для дальнейшего анализа этих данных. Веб-интерфейс встроен в каждый прибор и доступен только при подключении ПК через интерфейс LAN.

Кроме того, ПО для быстрого измерения ВАХ поддерживает другие прецизионные приборы Keysight, например источники/измерители серии B2900A и малощумящие источники питания B2960A.



## Как с помощью приборов серии B2980A измерять влажность и температуру?

При измерениях высокого сопротивления очень важными параметрами являются температура и влажность. Петоамметры B2985A и B2987A не только снабжены интерфейсами для подключения датчиков температуры и влажности, но и поставляются со специализированной термпарой N1423A. Кроме того, для более точных измерений можно использовать цифровой датчик влажности и температуры EE07 компании E+E Elektronik.

## Дополнительная информация

Посетите страницу [www.keysight.com/ind/b2980a](http://www.keysight.com/ind/b2980a), где вы найдете демонстрационные видеоролики, информацию о применении, примеры программ и др.



## Готовые к использованию драйверы упрощают программирование приборов

Пользователи, создающие собственные измерительные программы, могут воспользоваться драйверами IVI-C и IVI-COM для приборов серии B2980A. Кроме того, на сайте NI.COM доступны драйверы LabVIEW компании National Instruments.

## Семейство приборов Keysight B2900A

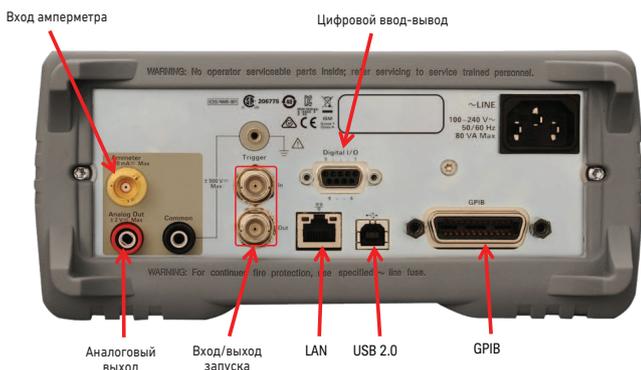
Прибор серии B2980A, принадлежащий семейству прецизионных контрольно-измерительных приборов B2900, предоставляет решение для множества высокочувствительных измерений с возможностями работы в режиме источника и измерителя. Источники/измерители серии B2900A с разрешением  $6\frac{1}{2}$  разрядов могут подавать и измерять напряжение от 100 нВ и ток от 10 фА. Малощумящие источники питания серии B2960A обеспечивают установку напряжения и тока с разрешением до  $6\frac{1}{2}$  разрядов при уровне собственных шумов 10 мкВ<sub>ср.кв.</sub>. Источники/измерители серии B2900A и источники питания серии B2960A имеют диапазон выходного напряжения  $\pm 210$  В и ток нагрузки  $\pm 3$  А (пост. ток) или  $\pm 10,5$  А (импульсный режим), используют одинаковый графический пользовательский интерфейс на основе цветного ЖК дисплея. Дополнительную информацию о семействе приборов B2900 см. на сайте <http://www.keysight.com/ind/b2900a>.



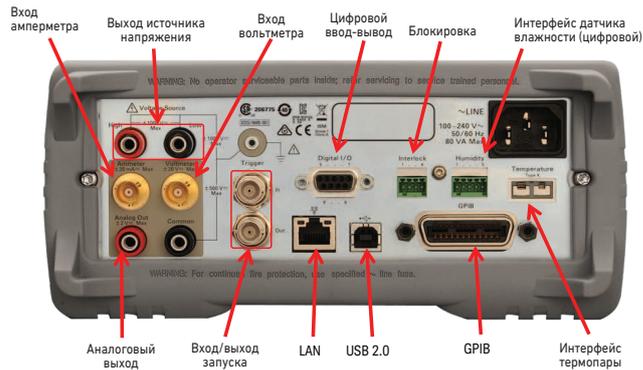
Источники питания/измерители B2900A



Малощумящий источник питания B2960A



Фемтоамперметры  
B2981A, B2983A



Петаометры  
B2985A, B2987A

Таблица совместимости для опциональных улучшенных аксессуаров и средств повышения производительности

Изделие	Фемтоамперметр		Петаометр	
	B2981A	B2983A	B2985A	B2987A
16494A – триаксиальный кабель (0,4 м, 0,8 м, 1,5 м, 3 м, 4 м)	✓ (поставляется с кабелем 1,5 м)	✓ (поставляется с кабелем 1,5 м)	✓ (поставляется с кабелем 1,5 м)	✓ (поставляется с кабелем 1,5 м)
N1413A – адаптер оснастки измерителя высокого сопротивления			✓	✓
N1414A – универсальный адаптер для измерения высокого сопротивления			✓	✓
16008B – ячейка для измерения удельного сопротивления изоляционных материалов			✓	✓
N1418A – литий-ионный аккумулятор		✓ (в комплекте)		✓ (в комплекте)
N1420A – функция проверки целостности измерительной схемы для приборов серии B2980 (лицензия на ПО)	✓	✓	✓	✓

Аксессуары для повышения точности измерений и удобства использования прибора B2980A



## Технические характеристики

Условия эксплуатации	
Температура: 23 °C ± 5 °C	
Относительная влажность: от 30 до 80 %	
После прогрева в течение 1 ч	
Изменение окружающей температуры: менее ±3 °C после автоматической калибровки	
Межкалибровочный интервал: 1 год	

Измерение тока					
Диапазон измерений	Разрешение дисплея	Погрешность ±(% + смещение)	Падение напряжения после авт. калибровки, ±3°C <sup>1</sup>	Время установления показаний <sup>1,2</sup>	
2 пА	1 аА	1 + 3 фА	20 мкВ	16 с	
20 пА	10 аА	0,5 + 3 фА	20 мкВ	1,4 с	
200 пА	100 аА	0,5 + 5 фА	20 мкВ	1,4 с	
2 нА	1 фА	0,2 + 300 фА	20 мкВ	13 мс	
20 нА	10 фА	0,2 + 500 фА	20 мкВ	13 мс	
200 нА	100 фА	0,2 + 5 пА	20 мкВ	1,2 мс	
2 мкА	1 пА	0,1 + 50 пА	20 мкВ	550 мкс	
20 мкА	10 пА	0,05 + 500 пА	20 мкВ	600 мкс	
200 мкА	100 пА	0,05 + 5 нА	100 мкВ	600 мкс	
2 мА	1 нА	0,05 + 50 нА	1 мВ	100 мкс	
20 мА	10 нА	0,05 + 500 нА	6 мВ	100 мкс	
Температурный коэффициент при изменении температуры от 0 до +18 °C и от +28 до +45 °C		± (0,1 x погрешность) / °C			

Дополнительные характеристики	
Температурный коэффициент падения напряжения	< 10 мкВ/°C в диапазонах измерений пА, нА и мкА
Среднеквадратическое значение шума	140 аА для диапазона 2 пА, длительность 10 с, без кабеля, со снятым колпачком
Коэффициент подавления помех от сети питания <sup>3</sup>	> 60 дБ
Максимальная входная емкость	10 нФ в диапазонах, меньших 20 мкА, 1 мкФ в других диапазонах

### Примечания

Условия: корректная установка нуля, 6½ разрядов, 1 Тс, медианный фильтр включен, усреднение по 10 точкам.

<sup>1</sup> Дополнительные характеристики

<sup>2</sup> Конечное значение ±0,1 %

<sup>3</sup> Коэффициент подавления помех от сети питания, время интегрирования = 1, 2, ..., 100 Тс; частота сети питания ± 0,1%

Измерение сопротивления					
Диапазон измерений	Разрешение дисплея	Погрешность ±(% + смещение) <sup>1,2</sup>	Встроенный источник напряжения	Диапазон измерения тока	
1 МОм	1 Ом	0,135 + 1 Ом	20 В	200 мкА	
10 МОм	10 Ом	0,135 + 10 Ом	20 В	20 мкА	
100 МОм	100 Ом	0,185 + 100 Ом	20 В	2 мкА	
1 ГОм	1 кОм	0,285 + 1 кОм	20 В	200 нА	
10 ГОм	10 кОм	0,285 + 10 кОм	20 В	20 нА	
100 ГОм	100 кОм	0,41 + 100 кОм	20 В	2 нА	
1 ТОм	1 МОм	0,45 + 1 МОм	200 В	2 нА	
10 ТОм	10 МОм	0,625 + 10 МОм	200 В	200 пА	
100 ТОм	100 МОм	0,75 + 100 МОм	200 В	20 пА	
1 ПОм	1 ГОм	2,6 + 1 ГОм	200 В	2 пА	
Температурный коэффициент при изменении температуры от 0 до +18°C и от +28 до +45°C		± (0,1 x погрешность) / °C			

### Примечания

Условия: автоматическая установка напряжения, корректная установка нуля, 6½ разрядов, 1 Тс, медианный фильтр включен, цифровой фильтр – усреднение по 10 точкам.

<sup>1</sup> В ручном режиме сопротивление может быть вычислено на основе измеренного тока и подаваемого напряжения. Погрешность измерения в ручном режиме определяется погрешностью источника напряжения и погрешностью амперметра следующим образом: Погрешность измерения = Показание x (Погрешность источника напряжения (%)) + Погрешность смещения напряжения / Погрешность измерения напряжения + погрешность измерения тока (%) + 10 x Погрешность смещения при измерении тока / Диапазон измерения тока)

<sup>2</sup> Диапазон измерения тока для автоматического и ручного режимов выбирается так, чтобы измеренный ток находился в пределах от 10 до 100 % от диапазона измерения тока

Измерение напряжения		
Диапазон измерений	Разрешение дисплея	Погрешность $\pm$ (% + смещение)
2 В	1 мкВ	0,025 + 40 мкВ
20 В	10 мкВ	0,025 + 400 мкВ
Температурный коэффициент при изменении температуры от 0 до +18 °С и от +28 до +45 °С		$\pm$ (0,05 x погрешность) /°С

**Дополнительные характеристики**

Входной ток смещения	< 20 фА
Входной импеданс	> 200 ТОм, параллельно с емкостью < 20 пф (без защиты) или < 2 пф (с защитой)
Среднеквадратическое значение шума	1,4 мкВ для диапазона 2 В, длительность 10 с, вход замкнут
Коэффициент подавления помех от сети питания <sup>1</sup>	> 60 дБ
Коэффициент ослабления синфазного сигнала <sup>2</sup>	> 140 дБ на пост. токе; > 70 дБ на частоте 50 или 60 Гц

**Примечания**

Условия: корректная установка нуля, 6½ разрядов, 1 T<sub>c</sub>

<sup>1</sup> Коэффициент подавления помех от сети питания, время интегрирования = 1, 2, ..., 100 T<sub>c</sub>; частота сети  $\pm$  0,1 %

<sup>2</sup> Коэффициент подавления синфазного сигнала: рассогласование по входу LO 1 кОм. Добавить коэффициент подавления помех от сети питания для времени интегрирования T<sub>c</sub>

**Измерение заряда**

Диапазон измерений	Разрешение дисплея	Погрешность <sup>1</sup> $\pm$ (% + смещение)
2 нКл	1 фКл	0,4 + 50 фКл
20 нКл	10 фКл	0,4 + 500 фКл
200 нКл	0,1 пКл	0,4 + 5 пКл
2 мКл	1 пКл	0,4 + 50 пКл
Температурный коэффициент при изменении температуры от 0 до +18 °С и от +28 до +45 °С		$\pm$ (0,1 x погрешность) /°С

**Примечание**

Условия: корректная установка нуля, 6½ разрядов, время интегрирования 1 мс, спецификации применимы через 1-10 мс после захвата данных.

<sup>1</sup> Добавить 6 фКл/с к указанной погрешности для интервала времени между обнулением и измерением

**Источник напряжения**

Диапазон	Разрешение дисплея	Погрешность $\pm$ (% + смещение)	Выходной ток <sup>1</sup>	Выходной шум <sup>2</sup>	Время установления до номинальной погрешности <sup>1,3</sup>
20 В	700 мкВ	0,05 + 2 мВ	$\pm$ 20 мА	55 мкВ <sub>пик-пик</sub> (от 0,1 до 10 Гц) 1,6 мВ <sub>ср.кв.</sub> (от 10 Гц до 20 МГц)	200 мкс
1000 В	35 мВ	0,05 + 100 мВ	$\pm$ 1 мА	2,6 мВ <sub>пик-пик</sub> (от 0,1 до 10 Гц) 3,0 мВ <sub>ср.кв.</sub> (от 10 Гц до 20 МГц)	5 мс
Температурный коэффициент при изменении температуры от 0 до +18 °С и от +28 до +45 °С		$\pm$ (0,05 x погрешность) /°С			
Функция источника		Пост. ток, свипирование (однократное линейное, двукратное линейное, по списку), сигнал произвольной формы (прямоугольный)			

**Примечания**

<sup>1</sup> Дополнительные характеристики

<sup>2</sup> От 10 Гц до 20 МГц: дополнительные характеристики

<sup>3</sup> Холостой ход

**Измерение температуры (термопара)**

Датчик температуры	Диапазон	Погрешность $\pm$ (% + смещение) <sup>1</sup>	Единицы измерения
Термопара типа К	от -25 °С до +150 °С	0,2 % + 2 °С	°С, °F и К
Датчик температуры в датчике влажности <sup>2</sup>	от -40 °С до +80 °С	0,5 °С	°С, °F и К

**Примечания**

<sup>1</sup> Погрешность термопары не учитывается, погрешность датчика температуры учитывается для датчика влажности

<sup>2</sup> Поддерживаемый датчик влажности: цифровой датчик температуры/влажности серии EE07 компании E+E Elektronik

Измерение влажности	
Диапазон	Погрешность <sup>1</sup>
от 0 % до 100 %	2 % (при относительной влажности от 0 % до 90 %) 3 % (при относительной влажности от 90 % до 100 %)
Разъем	5-контактный разъем с клеммной колодкой, шаг 2,5 мм (совместим с соединителем Phoenix Contact 1881354)
Поддерживаемый датчик	Цифровой датчик температуры/влажности серии EE07 компании E+E Elektronik

**Примечание**  
<sup>1</sup> Погрешность датчика учитывается

Скорость измерений и буферизация результатов измерений	
Буфер результатов измерения	100 000

Дополнительные характеристики					
Производительность и скорость измерений					
Время интегрирования <sup>1</sup>	Скорость измерений			Дополнительная погрешность, обусловленная шумом	
	Запись в буфер	Передача через GPIB	Измерение тока	Измерение напряжения	
100 T <sub>c</sub> / 2 с	0,5 изм./с	0,5 изм./с	0 % диапазона	0 % диапазона	
10 T <sub>c</sub> / 200 мс	5 изм./с	5 изм./с	0 % диапазона	0 % диапазона	
1 T <sub>c</sub> / 20 мс	49 изм./с	49 изм./с	0,01 % диапазона	0 % диапазона	
0,1 T <sub>c</sub> / 2 мс	500 изм./с	490 изм./с	0,03 % диапазона	0,0005 % диапазона	
0,01 T <sub>c</sub> / 200 мкс	4500 изм./с	3950 изм./с	0,06 % диапазона	0,001 % диапазона	
0,001 T <sub>c</sub> / 20 мкс	20 000 изм./с	12 500 изм./с	0,1 % диапазона	0,004 % диапазона	

**Примечание**

1. 50 Гц, постоянный диапазон

Функции запуска и измерения интервалов времени		
Таймер	Метка времени	Значение таймера автоматически сохраняется при каждом запуске измерения.
	Разрешение	10 мкс, 100 мкс, 1 мс, 10 мс, 100 мс
	Мин. интервал измерения	10 мкс, не зависит от режима источника
	Мин. интервал источника	100 мкс, не зависит от режима измерения
	Погрешность	$\pm 50 \times 10^{-6}$
	Задержка взвода/запуска	от 0 мкс до 100 000 с
	Интервал взвода/запуска	от 10 мкс (измерение), 100 мкс (источник) до 100 000 с
	Число событий взвода/запуска	от 1 до 100 000 или до бесконечности
Система запуска <sup>1</sup>	Задержка сигнала запуска между входом и выходом	$\leq 5$ мкс
	Задержка между входом запуска и переключением источника	$\leq 200$ мкс
	Задержка между входом запуска и измерением	$\leq \pm 20$ мкс
	Задержка между внутренним событием и подачей сигнала запуска по шине LXI	100 мкс (мин.), 200 мкс (тип.)
	Задержка передачи/приема событий по шине LXI	неизвестно

**Примечание**<sup>1</sup> Дополнительные характеристики

Работа от аккумулятора (B2983A, B2987A)	
Тип аккумулятора	Литий-ионный аккумулятор со встроенным интеллектуальным монитором и зарядным устройством
Напряжение и емкость	14,40 В / 6 600 мА ч / 95,0 Вт ч
Возможность замены аккумулятора	Выполняется пользователем

Дополнительные характеристики	
Типовое время работы <sup>1</sup>	7 часов (B2983A), 5 часов (B2987A), 5 % заряда до отключения, автоматическое сохранение данных
Время заряда	7 часов до емкости 100 % (прибор подключен к сети, питание включено), 3,5 часа до емкости 100 % (прибор подключен к сети, питание выключено)
Ресурс аккумулятора	> 300 циклов со снижением емкости не более чем до 75 % от начальной при температуре +25 °С

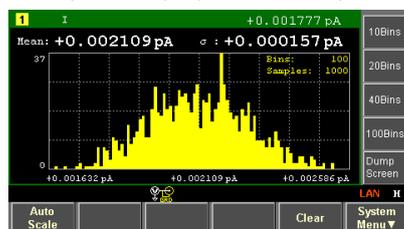
**Примечание**<sup>1</sup> Автономная работа, ЖК дисплей включен, вход включен, выход выключен, автоматический запуск, диапазон измерения 2 мкА.

Управление измерениями	
Выбор диапазона	Автоматический или ручной
Время интегрирования	От 10 мкс до $100 \cdot T_c$ ( $T_c$ – период сети питания)
Компенсация смещения	Обнуление, установка нуля
Цифровой фильтр	Медианный фильтр (2R + 1, R изменяется от 1 до 15), скользящее среднее (от 1 до 100, шаг 1)
Математическая обработка	Предустановленные и задаваемые пользователем выражения
Статистическая обработка	Режим отображения гистограмм: среднее значение, стандартное отклонение, число столбцов и число выборок
Определение частоты сети	Автоматическое определение: 50 Гц или 60 Гц
Индикация измерения	"---" – данные не захватываются «OVERFLOW» – превышение диапазона измерений на 5 % «0 Ω» – превышение диапазона тока при измерении сопротивления

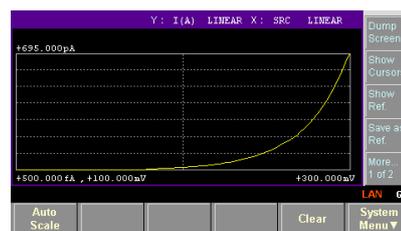
Работа с передней панели	
Интерфейс передней панели	Цветной ЖК дисплей с диагональю 4,3" (16 000 000 цветов, 480 x 272 пикселей), клавиатура и поворотная ручка
Режим отображения	Результаты измерения, график, гистограмма, представление во временной области с возможностью прокрутки
Аппаратные клавиши	Однократный запуск, управление запуском/остановом измерений, клавиши управления измерениями (установка нуля (Null), фильтр (Filter), математическая обработка (Math), сохранение (Save) и вызов (Recall) настроек измерения), поворотная ручка, клавиши управления курсором, клавиши включения входа амперметра (Ammeter Input) и выхода источника напряжения (V Source Output), клавиша выхода из текущей функции / переключения на локальное управление (Cancel/Local)
Программные клавиши	Клавиши выбора функций, режимов работы системы и ввода данных в систему
Индикаторы	Состояние канала (измерение), состояние системы
Светодиоды	Питание (изменение цвета при зарядке), вход и выход (изменение цвета при подаче высокого напряжения), состояние аккумулятора (B2983A, B2987A)
Программные клавиши приложений	Функция проверки целостности измерительной схемы (опция), регистратор данных, показ демонстрационного слайд-шоу, выдача информации о приборе B2987A



Отображение результатов измерений



Отображение гистограммы



Отображение графика



Представление во временной области с возможностью прокрутки

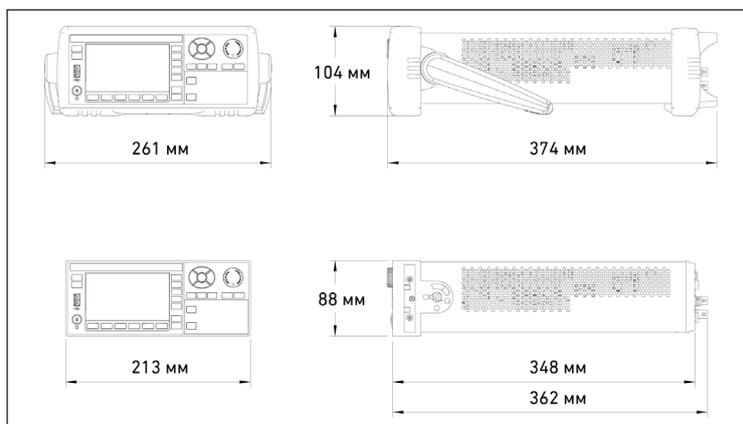
Характеристики ввода-вывода		
Входной разъем измерителя	Трехконтактный триаксиальный разъем амперметра на задней панели (B2981A, B2983A) Трехконтактный триаксиальный разъем амперметра и трехконтактный триаксиальный разъем вольтметра на задней панели (B2985A, B2987A)	
Защита	Отключаемая защита для вольтметров B2985A, B2987A	
Максимальный входной сигнал	Амперметр: 30 мА, вольтметр: 40 В	
Выходной разъем источника	Два гнезда типа "банан" (4 мм) на задней панели	
Макс. синфазное напряжение	Измеритель: 500 В <sub>пик</sub> ; источник напряжения: 1000 В <sub>пик</sub>	
Сопротивление изоляции (между цепью «Common» и шасси)	> 10 ГОм, < 500 пф	
Аналоговый выход	2 В для входного сигнала полного диапазона, режимы измерения тока и напряжения без инверсии, выходное сопротивление 1 кОм	
Блокировка	4-контактный разъем с клеммной колодкой, шаг 2,5 мм (совместим с соединителем Phoenix Contact 1881341)	
Внешний запуск	Вход запуска	BNC
	Логика	Программируемая с запуском по перепаду
	Мин. длительность импульса	10 мкс
	Выход запуска	BNC
	Логика	Программируемая с запуском по перепаду
	Мин. длительность импульса	10 мкс

Характеристики ввода-вывода		
Цифровые входы-выходы	Тип разъема	9-контактная розетка D-SUB
	Назначение контактов	Входы/выходы – 7 контактов, +5 В, земля
	Макс. входное напряжение	5,25 В
	Мин. входное напряжение	-0,25 В
	Макс. входное напряжение логического нуля	0,8 В (с резистором смещения 5 кОм к шине 5 В)
	Мин. входное напряжение логической единицы	2,0 В (с резистором смещения 5 кОм к шине 5 В)
	Макс. вытекающий ток	1 мА при $V_{\text{вых}} = 0$ В
	Макс. втекающий ток	50 мА при $V_{\text{вых}} = 5$ В
	Питание, 5 В	Выходной ток не более 500 мА, с защитой самовосстанавливающимся предохранителем

Интерфейсы компьютера	
LXI (версия 1.4)	Гнездо 10/100Base-T Ethernet (протокол VXI-1, протокол HiSLIP и веб-интерфейс пользователя)
USB	USB 2.0 (USB-TMC488 и MTP) Интерфейс «USB host» на передней панели, интерфейс «USB device» на задней панели Простой доступ к файлам
GPIB	IEEE-488.2

Программирование, ПО и драйверы	
Язык программирования	SCPI
Память программ	100 КБ (1000 строк по 100 символов каждая)
Совместимость со стандартом LXI	Версия LXI Core 2011
Совместимое ПО	Программное обеспечение для быстрого измерения ВАР, графический веб-интерфейс
Совместимые драйверы	IVI-C, IVI-COM, LabVIEW

Условия окружающей среды		
Окружающая среда	Для использования в закрытых помещениях без кондиционирования воздуха	
Работа	Температура от 0 до +45 °С (от 0 до +35 °С при зарядке аккумулятора), влажность от 30 % до 80 % без образования конденсата	
Хранение	Температура от -20 до +60 °С, влажность от 10 % до 90 % без образования конденсата	
Высота над уровнем моря	Работа: от 0 до 2000 м, хранение: от 0 до 4600 м	
Сеть питания	От 90 до 264 В, от 47 до 63 Гц, не более 80 ВА	
Электромагнитная совместимость	Стандарты IEC61326-1/EN61326-1, AS/NZS CISPR 11, KC: Уведомление RRA о внесении изменений в статью 58-2 документа Radio Waves Act	
Безопасность	Стандарты IEC61010-1/EN61010-1, CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1-12, C/US	
Сертификаты	CE, cCSAus, RCM, KC	
Время прогрева	1 час	
Размеры	Корпус	88 мм (2U) x 213 мм (половина ширины) x 348 мм
	В рабочем состоянии	104 мм x 261 мм x 374 мм (с амортизатором)
Масса	Нетто	4,3 кг (B2981A), 4,9 кг (B2983A), 4,5 кг (B2985A), 5,1 кг (B2987A)
	Брутто	8,5 кг (B2981A), 9,0 кг (B2983A), 8,7 кг (B2985A), 9,2 кг (B2987A)



## Информация для заказа

Номер модели	Описание
B2981A	Фемто/пикоамперметр, 0,01 фА
B2983A	Фемто/пикоамперметр, 0,01 фА, с аккумулятором
B2985A	Электрометр/петоамметр, 0,01 фА, 1000 В
B2987A	Электрометр/петоамметр, 0,01 фА, 1000 В, с аккумулятором
<b>Опции</b>	
A6J	Калибровка согласно ANSI Z540-1-1994
UK6	Свидетельство о калибровке с протоколом испытаний
B2980A-1CM	Комплект для монтажа в стойку
<b>Опции</b>	
A6J	Калибровка согласно ANSI Z540-1-1994
UK6	Свидетельство о калибровке с протоколом испытаний
B2980A-1CM	Комплект для монтажа в стойку
<b>Руководства</b>	
N1403A-ABA	Руководство пользователя (на англ. яз.) для приборов серии B2980
N1403A-ABJ	Руководство пользователя (на яп. яз.) для приборов серии B2980
<b>Аксессуары</b>	
N1411A	Кабель блокировки, 4-контактный прямоугольный разъем - 6-контактный круглый разъем, 1,5 м
N1411B	Кабель блокировки, 4-контактный прямоугольный разъем - 6-контактный круглый разъем, 3 м
N1413A	Адаптер оснастки для измерения высокого сопротивления
N1414A	Универсальный адаптер для измерения высокого сопротивления
N1415A	Триаксиальный кабель с зажимом типа "крокодил" на одном конце, 200 В, 1,5 м
N1416A	Приборный триаксиальный разъем, 200 В
N1417A	Защитный колпачок для триаксиального разъема
N1418A	Литий-ионный аккумулятор для приборов B2983/B2987
N1419A	Настольное зарядное устройство для аккумулятора N1418A
N1423A	Термопара для приборов B2985/B2987
16494A-001/002/005	Триаксиальный кабель с малой уткой (1,5 м / 3 м / 4 м)
N1254A-102	Переходник триаксиальная розетка - вилка BNC: для измерения тока, незаземленное тестируемое устройство/образец
N1254A-104	Переходник триаксиальная розетка - вилка BNC: для измерения тока, заземленное тестируемое устройство/образец
N1254A-105	Переходник триаксиальная розетка - вилка BNC: для измерения напряжения
16008B	Ячейка для измерения удельного сопротивления изоляционных материалов
<b>Вспомогательные средства</b>	
N1410A	Базовый комплект для приборов B2985/B2987
N1420A	Функция проверки целостности измерительной схемы для приборов серии B2980, бессрочная лицензия с привязкой к прибору
N1422A	Ознакомительный комплект – блок высокоомных резисторов N1299A-301
N1299A-301	Ознакомительный комплект для приборов B2981/83/85/87A

myKeysight

myKeysight

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

Персонализированное представление интересующей вас информации.



[www.lxistandard.org](http://www.lxistandard.org)

LXI представляет собой интерфейс на основе Ethernet, пришедший на смену интерфейсу GPIB. Он обеспечивает более быстрый обмен данными и позволяет использовать в измерительных приборах веб-технологии. Компания Keysight входит в число основателей консорциума LXI.



**Трехлетняя гарантия**

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

Компания Keysight обеспечивает высшее качество выпускаемой продукции и минимальные общие эксплуатационные расходы. Подтверждением этому является стандартная трехлетняя гарантия на все предлагаемые приборы независимо от региона продажи.



**Планы компании Keysight по гарантийному обслуживанию**

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

Пятилетняя страховка защитит вас от внеплановых расходов, связанных с ремонтом и калибровкой приборов.



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

Система управления качеством Keysight Technologies, Inc. сертифицирована DEKRA по ISO 9001:2008

**Торговые партнеры компании Keysight**

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

Получите двойную выгоду: богатый опыт и широкий выбор продуктов Keysight в сочетании с удобствами, предлагаемыми торговыми партнерами.

[www.keysight.com/find/b2980a](http://www.keysight.com/find/b2980a)

**Российское отделение**

**Keysight Technologies**

115054, Москва, Космодамианская наб.,  
52, стр. 1

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. 1

Тел.: +7 (495) 7973930

Факс: +7 (495) 7973901

e-mail: [russia.ssu@keysight.com](mailto:russia.ssu@keysight.com)



**Прецизионный источник/измеритель B2900A**

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



**Малозумящий источник питания B2960A**

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



**Анализатор полупроводниковых приборов B1500A**

[www.keysight.com/find/b1500a](http://www.keysight.com/find/b1500a)

Технические характеристики и описания продуктов могут изменяться без предварительного уведомления.