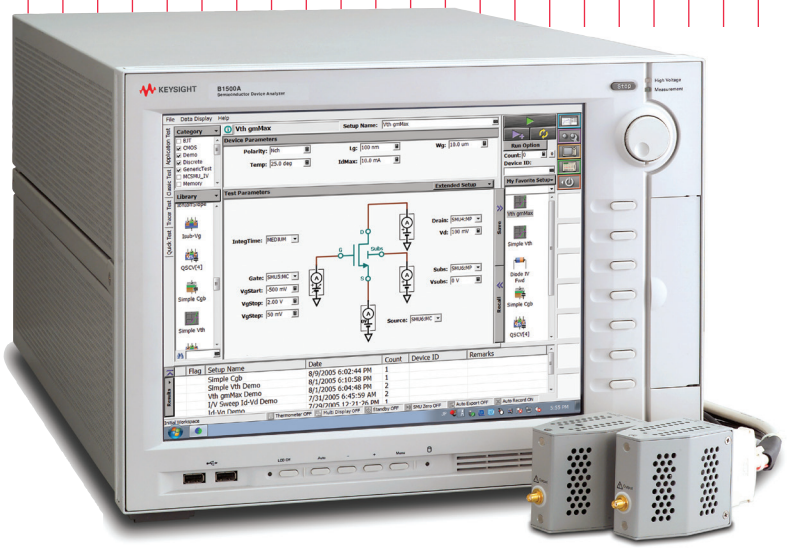
Keysight B1500A

Анализатор полупроводниковых приборов

Техническое описание



KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Вводная часть

Анализатор полупроводниковых приборов B1500A, выпускаемый компанией Keysight Technologies, Inc., является единственным универсальным параметрическим анализатором, который обладает столь широким спектром возможностей, обеспечивает непревзойденную надежность, а также высокую производительность и воспроизводимость результатов при выполнении измерений. Данный анализатор поддерживает выполнение всех измерений, соответствующих самому передовому уровню развития технологий (вольт-амперные (IV) и вольт-фарадные (CV) характеристики, а также импульсные BAX), обеспечивает возможность решать любые задачи, связанные с определением электрических свойств и параметров приборов, материалов, полупроводников, активных и пассивных компонентов, а также практически всех других типов электронных устройств. Кроме того, модульная архитектура анализатора B1500A, в конструкции которого предусмотрено 10 установочных гнезд для сменных блоков, позволяет пользователю добавлять или заменять измерительные модули по мере изменения решаемых задач.

Программное обеспечение EasyEXPERT с графическим интерфейсом пользователя, разработанное компанией Keysight, работает в среде операционной системы Windows 7, встроенной в анализатор B1500A. Данное ПО обеспечивает высокую производительность и воспроизводимость результатов параметризации устройств, при этом измерения могут осуществляться как в ручном интерактивном режиме, так и в режиме автоматического тестирования полупроводниковых пластин с использованием полуавтоматической зондовой станции. В состав этого программного продукта включены сотни готовых прикладных модулей, обеспечивающих проведение самых разнообразных испытаний. Программа EasyEXPERT позволяет пользователям сразу приступить к определению характеристик тестируемых устройств. Работа с графическим интерфейсом пользователя может осуществляться при помощи 15-дюймового сенсорного монитора, а также клавиатуры с мышью, которые подключаются к порту USB и поставляются опционально.
В программе EasyEXPERT имеется функция, которая после каждого выполненного измерения автоматически сохраняет в памяти устройства условия проведения испытания и измеренных данных. Благодаря этому исключен риск утраты ценной информации, а измерения могут быть выполнены повторно по прошествии некоторого времени. Наконец, программа EasyEX-PERT имеет встроенные возможности для выполнения анализа, а также графическую среду программирования, которая облегчает разработку алгоритмов для сложных испытаний.

Основные функции

Возможности для выполнения измерений:

Измерение вольт-амперных характеристик (IV)

- Высокая точность и повторяемость результатов в диапазонах 0,1 фА – 1 А и 0,5 мкВ – 200 В
- Точечные измерения и измерения в течение некоторого периода времени (свипирование)
- Временная дискретизация измерений (минимальная частота измерений составляет 100 мкс)
- Импульсные измерения с минимальной длительностью импульса в 50 мкс при использовании модуля MCSMU (модуль источника/измерителя, рассчитанный на среднюю величину тока) или 500 мкс при использовании модулей HPSMU (модуль источника/измерителя большой мощности), MPSMU (модуль источника/измерителя средней мощности) или HRSMU (модуль источника/измерителя с высоким разрешением)
- Возможность использования модуля ASU (модуль коммутации и измерения аттоамперных токов) совместно с модулями MPSMU или HRSMU для обеспечения разрешающей способности при измерении на уровне 0,1 фА и переключение тракта SMU/AUX
- Для каждого типа модулей источника/измерителя (HPSMU, MPSMU и HRSMU) возможен выбор из двух АЦП (АЦП с высоким разрешением или АЦП с высоким быстродействием)

Измерение емкости

- Многочастотный модуль измерения полного сопротивления по переменному току поддерживает определение следующих характеристик: CV (зависимость емкости от напряжения), C-t (зависимость емкости от времени) и C-f (зависимость емкости от частоты)
- Диапазон частот при измерении емкости составляет от 1 кГц до 5 МГц
- Измерение квазистатической вольт-фарадной характеристики (QS-CV) с компенсацией тока утечки
- Автоматическое переключение между измерениями ВАХ (IV) и ВФХ (CV), выполняемое при помощи либо опционального устройства SCUU (устройство объединения модуля источника/измерителя (SMU) и модуля измерения емкости (CMU)) и GSWU (устройства безопасного переключения), либо двух модулей ASU

Измерение импульсной/сверхбыстрой/переходной вольт-амперной характеристики

- Измерения с высоким быстродействием и высокой чувствительностью для построения сверхбыстрых ВАХ, импульсных ВАХ и переходных ВАХ, включая измерения температурной нестабильности порогового напряжения при отрицательном/положительном смещении (NBTI/PBTI), а также произвольный телеграфный шум (RTN)
- Формирование сигналов произвольной формы с программируемым разрешением до 10 нс
- Одновременные высокоскоростные измерения напряжения/тока (200 млн замеров в секунду, частота замеров – 5 нс)
- Технология SMU поддерживает измерение импульсной ВАХ без учета влияний линии нагрузки

Формирование импульсов

- Формирование импульсов напряжения амплитудой до ±40 В, а также сигналов произвольной формы для тестирования энергонезависимой памяти
- Возможность формирования двух- и трехуровневых импульсов на одном канале

Платформа B1500A

- Сенсорный 15-дюймовый экран поддерживает все функции интуитивно-понятного графического интерфейса пользователя, обеспечивая удобство при измерении характеристик испытываемых устройств
- Базовый блок имеет 10 гнезд для установки сменных конфигурируемых измерительных модулей
- Предусмотрены интерфейсы GPIB, USB, LAN, а также выход видеопорта VGA

Возможности для выполнения измерений (продолжение):

Программное обеспечение EasyEXPERT:

- Программа оснащена графическим интерфейсом пользователя и действует на базе встроенной операционной системы Windows 7
- В состав программы входят более 300 готовых прикладных испытаний
- Наличие графического дисплея, функций анализа и вывода на печать облегчает выполнение анализа и составление отчетов
- Функции индивидуальной настройки рабочей среды и автоматизированного сохранения данных, полученных при проведении испытаний, упрощают обработку данных
- Режим характериографа обеспечивает управление параметрами измерений в режиме реального времени и функцией автоматического сохранения данных с помощью вращающегося регулятора
- Режим осциллоскопа (доступен для модулей MCSMU) поддерживает просмотр импульсных сигналов тока и напряжения, обеспечивая быстроту и легкость контроля синхронизации
- Доступен классический режим испытаний для сохранения внешнего вида, восприятия и терминологии, использовавшихся в параметрических анализаторах Keysight 4155/4156
- Эффективные функции резервного сохранения данных, касающихся индивидуального рабочего пространства (включая описания устройств, уставки измерений, предпочтительные настройки пользователя, данные измерений и пользовательские прикладные библиотеки)
- Управление матричными коммутаторами Keysight B2200A, B2201A и E5250A при помощи средств графического интерфейса
- Функция дистанционного управления ПО EasyEXPERT поддерживает удаленное выполнение прикладных испытаний при помощи локальной сети
- Имеются функции самопроверки, самокалибровки и диагностики

Условия, при которых обеспечивается гарантированное соответствие заявленным характеристикам

Погрешность измерения и погрешность источника определены на клеммах разъема, расположенного на задней панели модуля, относительно нулевого контрольного вывода. Погрешность измерения и погрешность источника модуля B1530A WGFMU (модуль генератора сигналов и быстродействующего измерителя) определены на выводе RSU (модуль дистанционных измерений и коммутации). Показатели точности указаны для следующих условий:

1. Температура: +23 °C ± 5 °C
2. Относительная влажность: от 20 до 60 %
3. Осуществление самокалибровки после прогрева в течение 40 минут
4. После выполнения самокалибровки изменение температуры окружающего воздуха должно быть менее ±1 °C (данное условие не касается модулей MFCMU и WGFMU)
5. Измерения должны проводиться в течение одного часа после выполнения самокалибровки (данное условие не касается модулей MFCMU и WGFMU)
6. Периодичность выполнения калибровки: 1 год
7. Время интегрирования SMU:
   1 PLC – период питающей сети (для диапазона от 1 нА до 1 А и для всех диапазонов напряжения);
   20 PLC (диапазон 100 пА);
   50 PLC (диапазон от 1 пА до 10 пА).
   Усреднение АЦП с высоким быстродействием: 128 замеров в течение 1 периода питающей сети
8. Фильтр SMU: ВКЛ (для HPSMU, MPSMU и HRSMU)
9. Подключение измерительного вывода SMU: подключение Кельвина
10. Емкость нагрузки модуля WGFMU: 25 пФ и менее

Примечание: Данный документ содержит технические данные и дополнительные характеристики анализатора B1500A и сопутствующих модулей. Приведенные технические данные являются стандартными и определены на основе тестирования анализатора B1500A и сопутствующих модулей. При поставке анализатора B1500A и любых сопутствующих модулей с предприятия изготовителя они соответствуют указанным техническим характеристикам. «Дополнительные» характеристики, приведенные в настоящем документе, не являются гарантированными, но содержат полезную информацию, касающуюся функций и эксплуатационных свойств прибора.

Примечание: Компания Keysight несет ответственность за удаление, установку и замену модулей анализатора B1500A. Для осуществления установки и калибровки модулей анализатора B1500A следует обратиться в ближайшее представительство Keysight

Технические характеристики анализатора B1500A

Поддерживаемые сменные модули

Анализатор B1500A оснащен 10 установочными гнездами для сменных модулей.

Наименование модуля	Количество занимаемых гнезд	Основные функции
B1510A Модуль источника/измерителя большой мощности (HPSMU)	2	– Предельные значения до 200 В / 1 А при работе в 4-квадрантном режиме – Минимальное разрешение при измерениях – 10 фА / 2 мкВ
B1511B Модуль источника/измерителя средней мощности (MPSMU)	1	– Предельные значения до 100 В / 0,1 А при работе в 4-квадрантном режиме – Минимальное разрешение при измерениях – 10 фА / 0,5 мкВ – Разрешение по измерению малых токов до уровня 100 аА и возможность переключения между ВАХ/ВФХ обеспечивается за счет использования дополнительного модуля коммутатора и измерителя аттоамперных токов ASU
B1517A Модуль источника/измерителя с высоким разрешением (HRSMU)	1	– Предельные значения до 100 В / 0,1 А при работе в 4-квадрантном режиме – Минимальное разрешение при измерениях – 1 фА / 0,5 мкВ – Разрешение по измерению малых токов до уровня 100 аА и возможность переключения между ВАХ/ВФХ обеспечивается за счет использования дополнительного модуля коммутатора и измерителя аттоамперных токов ASU
B1514A Модуль источника/измерителя со средним значением тока и длительностью импульсов от 50 мкс (MCSMU с импульсом 50 мкс)	1	– Диапазон измерений импульсных сигналов: до 30 В / 1 А (0,1 А для постоянного тока) при работе в 4-квадрантном режиме – Длительность импульсов – от 50 мкс с разрешением 2 мкс – Поддерживается режим осциллоскопа (просмотр формы сигналов напряжения/тока) – Минимальное разрешение при измерениях – 10 пА / 0,2 мкВ
B1520A Модуль многочастотного измерителя емкости (MFCMU)	1	– Измерение полного сопротивления при переменном токе (характеристики C-V, C-f, C-t) – Диапазон частот 1 кГц – 5 МГц при минимальном разрешении по частоте 1 мГц – Встроенный источник постоянного напряжения смещения до 25 В или до 100 В при использовании модуля SMU и устройства SCUU (устройство объединения модуля SMU и модуля CMU) – Простое и быстрое автоматическое переключение между измерениями ВФХ и ВАХ с помощью устройства SCUU, без увеличения погрешности измерений
B1525A Модуль высоковольтного полупроводникового импульсного генератора (HV-SPGU)	1	– Высоковольтный выходной сигнал до ±40 В, пригодный для тестирования энергонезависимой памяти – Возможность формирования двух- и трехуровневых импульсов в одном канале – Гибкие возможности по формированию сигналов произвольной формы с разрешением 10 нс (генератор линейных сигналов произвольной формы) – Два канала на модуль
B1530A Модуль генератора сигналов и быстродействующего измерителя (WGFMU)	1	– Высокая скорость измерений и высокая чувствительность при измерении импульсных ВАХ и ВАХ переходных процессов, включая сверхбыстрые измерения температурной нестабильности порогового напряжения при отрицательном/положительном смещении (NBTI/PBTI), измерение произвольного телеграфного шума (RTN) и пр. – Генератор сигналов произвольной формы с программируемым разрешением 10 нс – Одновременные высокоскоростные измерения напряжения/тока (200 млн замеров в секунду, частота замеров – 5 нс), максимальная амплитуда выходного сигнала – 10 В – Точные измерения импульсных ВАХ без влияния линии нагрузки благодаря технологии динамических источников/измерителей

– Режимы измерений: точечный, во временной области, прочие
– Период замеров (временная область) – от 100 мкс
– Импульсные измерения – при длительности импульса от 500 мкс
– Точное измерение квазистатической вольт-фарадной характеристики (QS-CV) с компенсацией тока утечки

Максимальная конфигурация модулей

Общее потребление энергии всех модулей SMU не может превышать 84 Вт. Учитывая это ограничение, в состав анализатора может быть включена любая комбинация следующих модулей SMU:

- до 10 модулей MPSMU
- до 10 модулей HRSMU
- до 4 модулей HPSMU
- до 4 модулей MCSMU

В базовом модуле анализатора B1500A может быть установлен только один модуль MFCMU, занимающий одно гнездо; до пяти модулей HV-SPGU, занимающих одно гнездо; или до пяти модулей WGFMU, занимающих одно гнездо.

Если в базовом модуле анализатора B1500A установлен один модуль WGFMU и более, применяется следующая таблица. Приведенные ниже значения следует умножить на количество установленных модулей соответствующего типа, а затем сложить полученные произведения. Для того чтобы конфигурация была допустимой, сумма произведений должна быть меньше или равной 59.

MPSMU	2
HRSMU	2
HPSMU	14
MCSMU	5
MFCMU	7
HV-SPGU	12
WGFMU	10

Максимальное напряжение между общим выводом и выводом заземления

≤ ±42 В

Технические характеристики модуля заземления (GNDU)

Модуль GNDU входит в стандартную комплектацию базового блока B1500A

Выходное напряжение: 0 В ±100 мкВ
Максимальный втекающий ток: ±4,2 А
Выходной разъем/подключение: триаксиальный разъем, подключение Кельвина (дистанционное измерение)

Дополнительные характеристики модуля заземления (GNDU)

Емкость нагрузки: 1 мкФ
Сопротивление кабеля:

- для IS ≤ 1,6 А: провод источника R < 1 Ом
- для 1,6 А < IS ≤ 2,0 А: провод источника R < 0,7 Ом
- для 2,0 А < IS ≤ 4,2 А: провод источника R < 0,35 Ом
- Для всех случаев: измерительный провод R ≤ 10 Ом,
- где IS представляет собой ток, втекающий в модуль GNDU

Технические данные модулей MPSMU и HRSMU

Диапазон напряжения, разрешение и точность (АЦП с высоким разрешением)

Диапазон напряжения	Разрешение источника	Разрешение измерителя	Точность источника[1]	Точность измерителя[1]	Максимальный ток
±0,5 В	25 мкВ	0,5 мкВ	±(0,018 % + 150 мкВ)	±(0,01 % + 120 мкВ)	100 мА
±2 В	100 мкВ	2 мкВ	±(0,018 % + 400 мкВ)	±(0,01 % + 140 мкВ)	100 мА
±5 В	250 мкВ	5 мкВ	±(0,018 % + 750 мкВ)	±(0,009 % + 250 мкВ)	100 мА
±20 В	1 мВ	20 мкВ	±(0,018 % + 3 мВ)	±(0,009 % + 900 мкВ)	100 мА
±40 В	2 мВ	40 мкВ	±(0,018 % + 6 мВ)	±(0,01 % + 1 мВ)	[2]
±100 В	5 мВ	100 мкВ	±(0,018 % + 15 мВ)	±(0,012 % + 2,5 мВ)	[2]

1. ± (% от величины показания + напряжение смещения)
2. 100 мА (Vo ≤ 20 В), 50 мА (20 В < Vo ≤ 40 В), 20 мА (40 В < Vo ≤ 100 В), Vo – выходное напряжение в вольтах.

Диапазон тока, разрешение и точность (АЦП с высоким разрешением)

Тип SMU		Диапазон тока	Разрешение источника	Разрешение измерителя[1,2]	Точность источника[3]	Точность измерителя[3]	Максимальное напряжение
MPSMU с ASU	HRSMU с ASU	±1 пА	1 фА	100 аА	±(0,9 %+15 фА)	±(0,9 %+12 фА)	100 В
	HRSMU	±10 пА	5 фА	400 аА (с ASU) 1 фА (HRSMU)	±(0,46 %+30 фА+10 аА x Vo)	±(0,46 %+15 фА+10 аА x Vo)	100 В
		±100 пА	5 фА	500 аА (с ASU) 2 фА (HRSMU)	±(0,3 %+100 фА+100 аА x Vo)	±(0,3 %+30 фА+100 аА x Vo)	100 В
MPSMU		±1 нА	50 фА	10 фА	±(0,1 %+300 фА +1 фА x Vo)	±(0,1 %+200 фА+1 фА x Vo)	100 В
		±10 нА	500 фА	10 фА	±(0,1 %+3 пА +10 фА x Vo)	±(0,1 %+1 пА+10 фА x Vo)	100 В
		±100 нА	5 пА	100 фА	±(0,05 %+30 пА +100 фА x Vo)	±(0,05 %+20 пА+100 фА x Vo)	100 В
		±1 мкА	50 пА	1 пА	±(0,05 %+300 пА +1 пА x Vo)	±(0,05 %+100 пА+1 пА x Vo)	100 В
		±10 мкА	500 пА	10 пА	±(0,05 %+3 нА +10 пА x Vo)	±(0,04 %+2 нА+10 пА x Vo)	100 В
		±100 мкА	5 нА	100 пА	±(0,035 %+15 нА +100 пА x Vo)	±(0,03 %+3 нА+100 пА x Vo)	100 В
		±1 мА	50 нА	1 нА	±(0,04 %+150 нА +1 нА x Vo)	±(0,03 %+60 нА+1 нА x Vo)	100 В
		±10 мА	500 нА	10 нА	±(0,04 %+1,5 мкА +10 нА x Vo)	±(0,03 %+200 нА+10 нА x Vo)	100 В
		±100 мА	5 мкА	100 нА	±(0,045 %+15 мкА +100 нА x Vo)	±(0,04 %+6 мкА+100 нА x Vo)	[4]

1. Указанное разрешение измерителя ограничено пределами основного шума. Минимальное отображаемое разрешение составляет 1 аА при диапазоне 1 пА, 6 разрядов.
2. На измерения, выполняемые в нижних диапазонах, значительное влияние могут оказывать вибрация и удары. Приведенные данные предполагают наличие среды, свободной от указанных факторов.
3. ± (%от величины показания + ток смещения (фиксированная часть определяется диапазоном выходных/измеренных значений + пропорциональная часть, умноженная на Vo))
4. 100 В (Io ≤ 20 мА), 40 В (20 мА < Io ≤ 50 мА), 20 В (50 мА < Io ≤ 100 мА), Io – выходной ток в амперах.

Диапазон напряжения, разрешение и точность (АЦП с высоким быстродействием)

Диапазон напряжения	Разрешение источника	Разрешение измерителя	Точность источника[1]	Точность измерителя[1]	Максимальный ток
±0.5 В	25 мкВ	25 мкВ	±(0.018 % + 150 мкВ)	±(0.01 % + 250 мкВ)	100 мА
±2 В	100 мкВ	100 мкВ	±(0.018 % + 400 мкВ)	±(0.01 % + 700 мкВ)	100 мА
±5 В	250 мкВ	250 мкВ	±(0.018 % + 750 мкВ)	±(0.01 % + 2 мВ)	100 мА
±20 В	1 мВ	1 мВ	±(0.018 % + 3 мВ)	±(0.01 % + 4 мВ)	100 мА
±40 В	2 мВ	2 мВ	±(0.018 % + 6 мВ)	±(0.015 % + 8 мВ)	[2]
±100 В	5 мВ	5 мВ	±(0.018 % + 15 мВ)	±(0.02 % + 20 мВ)	[2]

1. ± (% от величины показания + напряжение смещения В)
2. 100 мА (Vo ≤ 20 V), 50 мА (20 V < Vo ≤ 40 V), 20 мА (40 V < Vo ≤ 100 V), Vo – выходное напряжение в вольтах.

Диапазон тока, разрешение и точность (АЦП с высоким быстродействием)

Тип SMU		Диапазон тока	Разрешение источника	Разрешение измерителя[1,2]	Точность источника[3]	Точность измерителя[3]	Максимальное напряжение
MPSMUc ASU	HRSMUc ASU	±1 пА	1 фА	100 аА	±(0,9 %+15 фА)	±(1,8 %+12 фА)	100 В
	HRSMU	±10 пА	5 фА	1 фА	±(0,46 %+30 фА+10 аА x Vo)	±(0,5 %+15 фА+10 аА x Vo)	100 В
		±100 пА	5 фА	5 фА	±(0,3 %+100 фА+100 аА x Vo)	±(0,5 %+40 фА+100 аА x Vo)	100 В
MPSMU		±1 нА	50 фА	50 фА	±(0,1 %+300 фА+1 фА x Vo)	±(0,25 %+300 фА+1 фА x Vo)	100 В
		±10 нА	500 фА	500 фА	±(0,1 %+3 пА+10 фА x Vo)	±(0,25 %+2 пА+10 фА x Vo)	100 В
		±100 нА	5 пА	5 пА	±(0,05 %+30 пА+100 фА x Vo)	±(0,1 %+20 пА+100 фА x Vo)	100 В
		±1 мкА	50 пА	50 пА	±(0,05 %+300 пА+1 пА x Vo)	±(0,1 %+200 пА+1 пА x Vo)	100 В
		±10 мкА	500 пА	500 пА	±(0,05 %+3 нА+10 пА x Vo)	±(0,05 %+2 нА+10 пА x Vo)	100 В
		±100 мкА	5 нА	5 нА	±(0,035 %+15 нА+100 пА x Vo)	±(0,05 %+20 нА+100 пА x Vo)	100 В
		±1 мА	50 нА	50 нА	±(0,04 %+150 нА+1 нА x Vo)	±(0,04 %+200 нА+1 нА x Vo)	100 В
		±10 мА	500 нА	500 нА	±(0,04 %+1,5 мкА+10 нА x Vo)	±(0,04 %+2 мкА+10 нА x Vo)	100 В
		±100 мА	5 мкА	5 мкА	±(0,045 %+15 мкА+100 нА x Vo)	±(0,1 %+20 мкА+100 нА x Vo)	[4]

1. Указанное разрешение измерителя ограничено пределами основного шума. Минимальное отображаемое разрешение составляет 1 аА при диапазоне 1 пА, 6 разрядов.
2. На измерения, выполняемые в нижних диапазонах, значительное влияние могут оказывать вибрация и удары. Приведенные данные предполагают наличие среды, свободной от указанных факторов.
3. ± (% от величины показания + ток смещения (фиксированная часть определяется диапазоном выходных/измеренных значений + пропорциональная часть, умноженная на Vo))
4. 100 В (Io ≤ 20 мА), 40 В (20 мА < Io ≤ 50 мА), 20 В (50 мА < Io ≤ 100 мА), Io – выходной ток в амперах.

Потребление энергии

Режим источника напряжения

Диапазон напряжения	Мощность
0,5 В	20 × Ic (Вт)
2 В	20 × Ic (Вт)
5 В	20 × Ic (Вт)
20 В	20 × Ic (Вт)
40 В	40 × Ic (Вт)
100 В	100 × Ic (Вт)

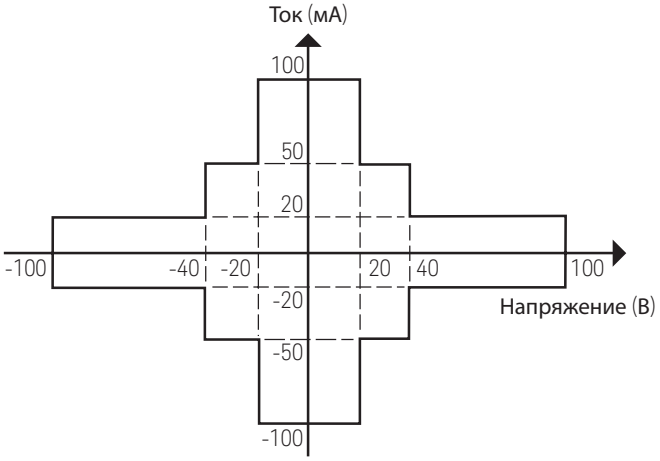
Где Ic – уставка ограничения тока

Режим источника тока

Ограничение напряжения	Мощность
Vc ≤ 20	20 × Io (Вт)
20 < Vc ≤ 40	40 × Io (Вт)
40 < Vc ≤ 100	100 × Io (Вт)

Где Vc – уставка ограничения напряжения, а Io – выходной ток

Диапазон измеряемых и выходных значений модулей MPSMU и HRSMU



Технические данные модуля HPSMU

Диапазон напряжения, разрешение и точность (АЦП высокого разрешения)

Диапазон напряжения	Разрешение источника	Разрешение измерителя	Точность источника[1]	Точность измерителя[1]	Максимальный ток
±2 В	100 мкВ	2 мкВ	±(0,018 % + 400 мкВ)	±(0,01 % + 140 мкВ)	1 А
±20 В	1 мВ	20 мкВ	±(0,018 % + 3 мВ)	±(0,009 % + 900 мкВ)	1 А
±40 В	2 мВ	40 мкВ	±(0,018 % + 6 мВ)	±(0,01 % + 1 мВ)	500 мА
±100 В	5 мВ	100 мкВ	±(0,018 % + 15 мВ)	±(0,012 % + 2,5 мВ)	125 мА
±200 В	10 мВ	200 мкВ	±(0,018 % + 30 мВ)	±(0,014 % + 2,8 мВ)	50 мА

1. ± (% от величины показания + напряжение смещения)

Диапазон тока, разрешение и точность (АЦП высокого разрешения)

Диапазон тока	Разрешение источника	Разрешение измерителя[1]	Точность источника[2]	Точность измерителя[2]	Максимальное напряжение
±1 нА	50 фА	10 фА	±(0,1 %+300 фА+1 фА x Vo)	±(0,1 %+200 фА+1 фА x Vo)	200 В
±10 нА	500 фА	10 фА	±(0,1 %+3 пА+10 фА x Vo)	±(0,1 %+1 пА+10 фА x Vo)	200 В
±100 нА	5 пА	100 фА	±(0,05 %+30 пА+100 фА x Vo)	±(0,05 %+20 пА+100 фА x Vo)	200 В
±1 мкА	50 пА	1 пА	±(0,05 %+300 пА+1 пА x Vo)	±(0,05 %+100 пА+1 пА x Vo)	200 В
±10 мкА	500 пА	10 пА	±(0,05 %+3 нА+10 пА x Vo)	±(0,04 %+2 нА+10 пА x Vo)	200 В
±100 мкА	5 нА	100 пА	±(0,035 %+15 нА+100 пА x Vo)	±(0,03 %+3 нА+100 пА x Vo)	200 В
±1 мА	50 нА	1 нА	±(0,04 %+150 нА+1 нА x Vo)	±(0,03 %+60 нА+1 нА x Vo)	200 В
±10 мА	500 нА	10 нА	±(0,04 %+1,5 мкА+10 нА x Vo)	±(0,03 %+200 нА+10 нА x Vo)	200 В
±100 мА	5 мкА	100 нА	±(0,045 %+15 мкА+100 нА x Vo)	±(0,04 %+6 мкА+100 нА x Vo)	[3]
±1 А	50 мкА	1 мкА	±(0,4 %+300 мкА+1 мкА x Vo)	±(0,4 %+150 мкА+1 мкА x Vo)	[3]

1. Указанное разрешение измерителя ограничено пределами основного шума.
2. ± (%от величины показания + ток смещения (фиксированная часть определяется диапазоном выходных/измеренных значений + пропорциональная часть, умноженная на Vo))
3. 200 В (Io ≤ 50 мА), 100 В (50 мА < Io ≤ 125 мА), 40 В (125 мА < Io ≤ 500 мА), 20 В (500 мА < Io ≤ 1 А), Io – выходной ток в амперах.

Диапазон напряжения, разрешение и точность (АЦП высокого быстродействия)

Диапазон напряжения	Разрешение источника	Разрешение измерителя	Точность источника[1]	Точность измерителя[1]	Максимальный ток
±2 В	100 мкВ	100 мкВ	±(0,018 % + 400 мкВ)	±(0,01 % + 700 мкВ)	1 А
±20 В	1 мВ	1 мВ	±(0,018 % + 3 мВ)	±(0,01 % + 4 мВ)	1 А
±40 В	2 мВ	2 мВ	±(0,018 % + 6 мВ)	±(0,015 % + 8 мВ)	500 мА
±100 В	5 мВ	5 мВ	±(0,018 % + 15 мВ)	±(0,02 % + 20 мВ)	125 мА
±200 В	10 мВ	10 мВ	±(0,018 % + 30 мВ)	±(0,035 % + 40 мВ)	50 мА

1. ± (% от величины показания + напряжение смещения В)

Диапазон тока, разрешение и точность (АЦП высокого быстродействия)

Диапазон тока	Разрешение источника	Разрешение измерителя[1]	Точность источника[2]	Точность измерителя[2]	Максимальное напряжение
±1 нА	50 фА	50 фА	±(0,1 %+300 фА+1 фА x Vo)	±(0,25 %+300 фА+1 фА x Vo)	200 В
±10 нА	500 фА	500 фА	±(0,1 %+3 пА+10 фА x Vo)	±(0,25 %+2 пА+10 фА x Vo)	200 В
±100 нА	5 пА	5 пА	±(0,05 %+30 пА+100 фА x Vo)	±(0,1 %+20 пА+100 фА x Vo)	200 В
±1 мкА	50 пА	50 пА	±(0,05 %+300 пА+1 пА x Vo)	±(0,1 %+200 пА+1 пА x Vo)	200 В
±10 мкА	500 пА	500 пА	±(0,05 %+3 нА+10 пА x Vo)	±(0,05 %+2 нА+10 пА x Vo)	200 В
±100 мкА	5 нА	5 нА	±(0,035 %+15 нА+100 пА x Vo)	±(0,05 %+20 нА+100 пА x Vo)	200 В
±1 мА	50 нА	50 нА	±(0,04 %+150 нА+1 нА x Vo)	±(0,04 %+200 нА+1 нА x Vo)	200 В
±10 мА	500 нА	500 нА	±(0,04 %+1,5 мкА+10 нА x Vo)	±(0,04 %+2 мкА+10 нА x Vo)	200 В
±100 мА	5 мкА	5µ нА	±(0,045 %+15 мкА+100 нА x Vo)	±(0,1 %+20 мкА+100 нА x Vo)	[3]
±1 А	50 мкА	50 мкА	±(0,4 %+300 мкА+1 мкА x Vo)	±(0,5 %+300 мкА+1 мкА x Vo)	[3]

1. Указанное разрешение измерителя ограничено пределами основного шума.
2. ± (%от величины показания + ток смещения (фиксированная часть определяется диапазоном выходных/измеренных значений + пропорциональная часть, умноженная на Vo))
3. 200 В (Io ≤ 50 мА), 100 В (50 мА < Io ≤ 125 мА), 40 В (125 мА < Io ≤ 500 мА), 20 В (500 мА < Io ≤ 1 А), Io – выходной ток в амперах.

Потребление энергии

Режим источника напряжения

Диапазон напряжения	Мощность
2 В	20 × Ic (Вт)
20 В	20 × Ic (Вт)
40 В	40 × Ic (Вт)
100 В	100 × Ic (Вт)
200 В	200 × Ic (Вт)

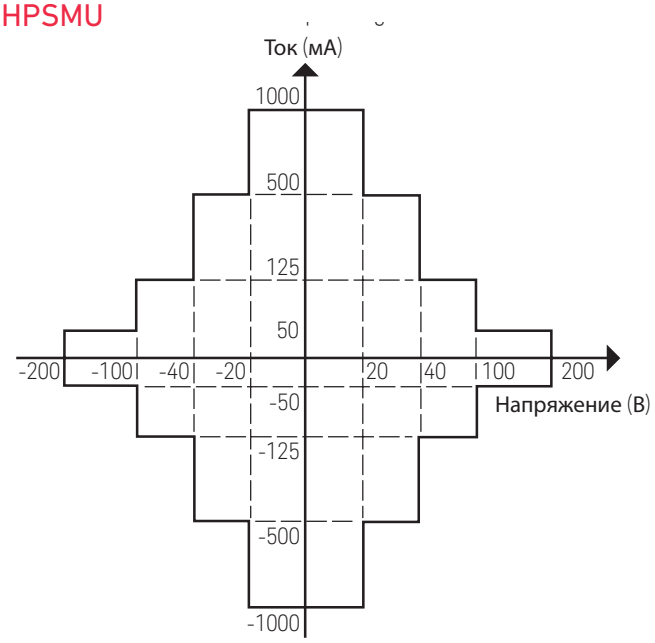
Где Ic – уставка ограничения тока

Режим источника тока

Ограничение напряжения	Мощность
Vc ≤ 20	20 × Io (Вт)
20 < Vc ≤ 40	40 × Io (Вт)
40 < Vc ≤ 100	100 × Io (Вт)
100 < Vc ≤ 200	200 × Io (Вт)

Где Vc – уставка ограничения напряжения, а Io – выходной ток

Диапазон измеряемых и выходных значений модуля HPSMU



Технические данные модуля MCSMU

Диапазон напряжения, разрешение и точность

Диапазон напряжения	Разрешение источника	Разрешение измерителя	Точность источника 1 ±(% + мВ)	Точность измерителя 1 (% + мВ + мВ)	Максимальный ток
±0,2 В	200 нВ	200 нВ	±(0,06 + 0,14)	±(0,06 + 0,14 + Io x 0,05)	1 А
±2 В	2 мкВ	2 мкВ	±(0,06 + 0,6)	±(0,06 + 0,6 + Io x 0,5)	1 А
±20 В	20 мкВ	20 мкВ	±(0,06 + 3)	±(0,06 + 3 + Io x 5)	1 А
±40 В2	40 мкВ	40 мкВ	±(0,06 + 3)	±(0,06 + 3 + Io x 10)	1 А

1. ± (%от величины показания + фиксированное смещение в мВ + пропорциональное смещение в мВ). Примечание: Io – выходной ток в амперах.
2. Максимальное выходное напряжение составляет 30 В.

Диапазон тока, разрешение и точность

Диапазон тока	Разрешение источника	Разрешение измерителя	Точность источника1 (% + А + А)	Точность измерителя1 (% + А + А)	Максимальное напряжение
±10 мкА	10 пА	10 пА	±(0,06 + 2E-9 + Vo x 1E-10)	±(0,06 + 2E-9 + Vo x 1E-10)	30 В
±100 мкА	100 пА	100 пА	±(0,06 + 2E-8 + Vo x 1E-9)	±(0,06 + 2E-8 + Vo x 1E-9)	30 В
±1 мА	1 нА	1 нА	±(0,06 + 2E-7 + Vo x 1E-8)	±(0,06 + 2E-7 + Vo x 1E-8)	30 В
±10 мА	10 нА	10 нА	±(0,06 + 2E-6 + Vo x 1E-7)	±(0,06 + 2E-6 + Vo x 1E-7)	30 В
±100 мА	100 нА	100 нА	±(0,06 + 2E-5 + Vo x 1E-6)	±(0,06 + 2E-5 + Vo x 1E-6)	30 В
±1 А2	1 мкА	1 мкА	±(0,4 + 2E-4 + Vo x 1E-5)	±(0,4 + 2E-4 + Vo x 1E-5)	30 В

1. ± (%от величины показания + фиксированное смещение в А + пропорциональное смещение в А). Примечание: Vo – выходное напряжение в вольтах.
2. Только импульсный режим. Максимальное значение базового тока во время пульсации составляет ±50 мА.

Потребление энергии

Режим источника напряжения

Диапазон напряжения	Мощность
0,2 В	40 × Ic (Вт)
2 В	40 × Ic (Вт)
40 В	40 × Ic (Вт)

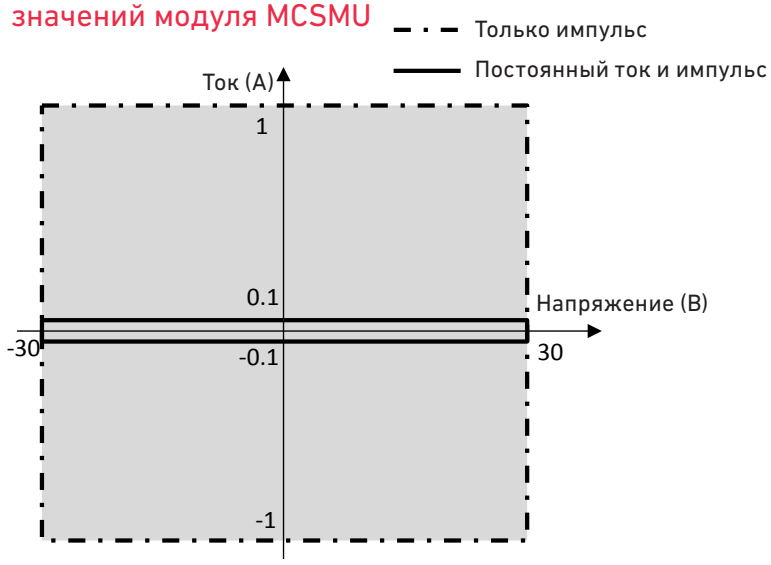
Где Ic – уставка ограничения тока

Режим источника тока

Ограничение напряжения	Мощность
Vc ≤ 0,2	40 × Io (Вт)
0,2 < Vc ≤ 2	40 × Io (Вт)
2 < Vc ≤ 40	40 × Io (Вт)

Где Vc – уставка ограничения напряжения, а Io – выходной ток

Диапазон измеряемых и выходных значений модуля MCSMU



Выходной разъем/подключение

Двойной триаксиальный разъем, подключение Кельвина (дистанционное измерение)

Ограничение напряжения/тока

Модуль SMU способен ограничивать выходное напряжение или ток, чтобы воспрепятствовать повреждению испытываемого устройства.

Напряжение:

от 0 В до ±100 В (MPSMU, HRSMU)
от 0 В до ±200 В (HPSMU)
от 0 В до ±30 В (MCSMU)

Ток:
от ±10 фА до ±100 мА (HRSMU/MPSMU с ASU)
от ±100 фА до ±100 мА (HRSMU)
от ±1 пА до ±100 мА (MPSMU)
от ±1 пА до ±1 А (HPSMU)
от ±10 нА до ±1 А (MCSMU)

Точность ограничения:
Аналогична точности настройки тока или напряжения

Сведения о точности измерений

Радиочастотное электромагнитное поле и точность измерения модуля SMU:
Точность измерения напряжения и тока, выполненного модулем SMU, может измениться под влиянием радиочастотного электромагнитного поля с напряженностью более 3 В/м и диапазоном частот от 80 МГц до 1 ГГц. Степень влияния данного эффекта зависит от того, каким образом расположен и экранирован измерительный прибор.

Наведенные радиочастотным полем помехи и точность измерения модуля SMU:
Точность измерения напряжения и тока, выполненного модулем SMU, может измениться под влиянием помех, наведенных радиочастотным полем с напряженностью более 3 Вэфф и диапазоном частот от 150 кГц до 80 МГц. Степень влияния данного эффекта зависит от того, каким образом расположен и экранирован измерительный прибор.

Импульсные измерения

Длительность, период повторения и задержка программируемого импульса:

Для модулей HPSMU, MPSMU и HRSMU
Длительность импульса: от 500 мкс до 2 с
Период повторения импульса: от 5 мс до 5 с
  Период ≥ длительность + 2 мс (если длительность ≤ 100 мс)
  Период ≥ длительность + 10 мс (если длительность > 100 мс)
Разрешение импульса: 100 мкс
Задержка импульса: 0 с

Для модуля MCSMU
Длительность импульса:
  от 10 мкс* до 100 мс (диапазон 1 А)
  от 10 мкс* до 2 с (диапазон от 10 мкА до 100 мА)

Разрешение длительности импульса: 2 мкс
Период импульса: от 5 мс до 5 с
Разрешение периода импульса: 100 мкс

Заполнение импульса:
  Для диапазона 1 А: ≤ 5 %
  Для диапазона от 10 мкА до 100 мА
  Период ≥ задержка + длительность + 2 мс (если задержка + длительность ≤ 100 мс)
  Период ≥ задержка + длительность + 10 мс (если задержка + длительность > 100 мс)
Задержка импульса: от 0 с до (период-длительность)

* рекомендованная длительность импульса ≥ 50 мкс
При резистивной нагрузке > 50 Ом, ступенчатом напряжении 10 В и ограничении 1 А время достижения находится в пределах 1 % от окончательного значения (дополнительные характеристики)

Дополнительные характеристики

Точность настройки ограничения тока

(для противоположной полярности)
Для модулей HPSMU, MPSMU и HRSMU:
Для диапазона от 1 пА до 10 нА: ± (точность настройки + 12 % диапазона)
Для диапазона от 100 нА до 1 А: ± (точность настройки + 2,5 % диапазона)
Для модуля MCSMU: ± (точность настройки + 2,5 % диапазона)

Точность настройки импульса SMU (фиксированный диапазон измерений)

Для модулей HPSMU, MPSMU и HRSMU:
Длительность: ±0,5 % ± 50 мкс
Период: ±0,5 % ± 100 мкс
Для модуля MCSMU:
Длительность: ±0,1 % ± 2 мкс
Период: ±0,1 % ± 100 мкс

Минимальное время импульса при измерении:

16 мкс (HPSMU, MPSMU и HRSMU)
2 мкс (MCSMU)

Выходное активное сопротивление источника напряжения:

(Провод источника, подключение не по схеме Кельвина)
0,2 Ом (HPSMU)
0,3 Ом (MPSMU, HRSMU)

Активное сопротивление входа измерения напряжения:

≥ 1013 Ом (HPSMU, MPSMU и HRSMU)
≥ 109 Ом (MCSMU, ≤ 1 А)

Выходное активное сопротивление источника тока:

≥ 1013 Ом (HPSMU, MPSMU и HRSMU)
≥ 109 Ом (MCSMU, ≤ 1 А)

Максимальное допустимое активное сопротивление кабеля:

(подключение по схеме Кельвина)
Для модулей HPSMU, MPSMU и HRSMU:
Линия измерителя: 10 м
Линия источника: 10 Ом (≤ 100 мА); 1,5 Ом (>100 мА)
Для модуля MCSMU
Линия измерителя: 10 Ом
Линия источника: 1 Ом
между выводами High и Low

Максимальная допустимая индуктивность:

Линия источника 3 мкГн с выводом источника Low в качестве экрана (MCSMU)

Максимальная емкость нагрузки:

Для модулей HPSMU, MPSMU и HRSMU:
пределы от 1 пА до 10 нА: 1000 пФ
пределы от 100 нА до 10 мА: 10 нФ
пределы от 100 мА и 1 А: 100 мкФ
Для модуля MCSMU:
пределы от 10 мкА до 10 мА: 12 нФ
пределы от 100 мА до 1 А: 100 мкФ

Максимальная емкость guard-экрана:

900 пФ (HPSMU, MPSMU и HRSMU)
660 пФ (HRSMU/MPSMU с ASU)

Максимальная емкость shield-экрана:

5000 пФ (HPSMU, MPSMU и HRSMU)
3500 пФ (HRSMU/MPSMU с ASU)

Характеристики шума:

Для модулей HPSMU, MPSMU и HRSMU (фильтр ВКЛ)
Источник напряжения: 0,01 % от диапазона значений напряжения (СКЗ)
Источник тока: 0,1% от диапазона значений тока (СКЗ)
Для модуля MCSMU
Источник напряжения/тока: макс. 200 мВ (от 0 до пика)

Перерегулирование (фильтр ВКЛ):

Для модулей HPSMU, MPSMU и HRSMU
Источник напряжения: 0,03 % от диапазона значений напряжения
Источник тока: 1 % от диапазона значений тока
Для модуля MCSMU
Источник напряжения/тока: 10 % от диапазона

Переходный шум при переключении диапазонов:

Для модулей HPSMU, MPSMU и HRSMU (фильтр ВКЛ):
Переключение диапазонов напряжения: 250 мВ
Переключение диапазонов тока: 70 мВ
Для модуля MCSMU:
Переключение диапазонов напряжения: 250 мВ
Переключение диапазонов тока: 70 мВ

Максимальное напряжение смещения guard-экрана:

±1 мВ (HPSMU)
±3 мВ (MPSMU, HRSMU)
±4,2 мВ (HRSMU/MPSMU с ASU, Iвых ≤ 100 мкА)

Максимальная скорость нарастания:

0,2 В/мкс (HPSMU, MPSMU и HRSMU)
1 В/мкс (MCSMU)

Максимальное плавающее напряжение постоянного тока:

±200 В постоянного тока между выводом low источника и общей клеммой (MCSMU)

Технические характеристики модуля MFCMU (Модуль многочастотного измерителя емкости)

Функции измерения

Измеряемые параметры:
Cp-G, Cp-D, Cp-Q, Cp-Rp, Cs-Rs, Cs-D, Cs-Q, Lp-G, Lp-D, Lp-Q, Lp-Rp, Ls-Rs, Ls-D, Ls-Q, R-X, G-B, Z-θ, Y-θ

Диапазон значений:
Автоматический и фиксированный

Измерительный вывод:
Пара с четырьмя клеммами, четыре разъема BNC (розетка)

Длина кабеля:
1,5 м или 3 м, автоматическая идентификация принадлежностей

Тестовый сигнал

Частота:
- Диапазон: от 1 кГц до 5 МГц
- Разрешение: 1 мГц (минимум)
- Точность: ±0,008 %

Уровень выходного сигнала:
- Диапазон: от 10 мВ$_{скз}$ до 250 мВ$_{скз}$
- Разрешение: 1 мВ$_{скз}$

Точность:
±(10,0 % + 1 мВ$_{скз}$)
на измерительном порте модуля MFCMU

±(15,0 % + 1 мВ$_{скз}$)
на измерительном порте кабеля MFCMU (длиной 1,5 или 3,0 м)
Полное сопротивление выхода: 50 Ом, стандартно

Монитор уровня сигнала:
- Диапазон: от 10 мВ$_{скз}$ до 250 мВ$_{скз}$

Точность (цепь нагрузки разомкнута):
±(10,0 % показания + 1 мВ$_{скз}$)
на измерительном порте модуля MFCMU

±(15,0 % показания + 1 мВ$_{скз}$)
на измерительном порте кабеля MFCMU (длиной 1,5 или 3,0 м)

Функция смещения постоянным током:

Смещение постоянного тока:
- Диапазон: от 0 до ±25 В
- Разрешение: 1 мкВ
- Точность: ±(0,5 % + 5,0 мВ)
- на измерительном порте модуля MFCMU или кабеля MFCMU (длиной 1,5 или 3,0 м)

Максимальный ток смещения постоянным током (дополнительные характеристики)

Диапазон импеданса	Максимальный ток смещения постоянным током
50 Ом	10 мА
100 Ом	10 мА
300 Ом	10 мА
1 кОм	1 мА
3 кОм	1 мА
10 кОм	100 мкА
30 кОм	100 мкА
100 кОм	10 мкА
300 кОм	10 мкА

Полное сопротивление выхода: 50 Ом, стандартно

Монитор смещения постоянного тока:
- Диапазон: от 0 до ±25 В

Точность (цепь нагрузки разомкнута):
±(0,2 % показания + 10,0 мВ) на измерительном порте модуля MFCMU или кабеля MFCMU (длиной 1,5 или 3,0 м)

Характеристики развертки

Доступные параметры развертки:
- Уровень осциллятора, напряжение смещения постоянного тока, частота

Тип развертки: линейная, логарифмическая
Режим развертки: одиночная, двойная
Направление развертки: вверх и вниз
Количество точек измерения:
- максимум 1001 точка

Погрешность измерения

Для выражения погрешности измерения импеданса на измерительном порте модуля MFCMU или кабеля MFCMU (длиной 1,5 или 3,0 м) используются следующие параметры:

Z_X: измеренное значение импеданса (Ом)

D_X: измеренное значение D

$E = E_P' + (Z_S'/|Z_X| + Y_0'|Z_X|) \times 100$ (%)

$E_P' = E_{PL} + E_{POSC} + E_P$ (%)

$Y_0' = Y_{0L} + Y_{0SC} + Y_0$ (См)

$Z_S' = Z_{SL} + Z_{0SC} + Z_S$ (Ом)

|Z| погрешность
±E (%)

θ погрешность
±E/100 (rad)

C погрешность
при $D_X \leq 0.1$
±E (%)

при $D_X > 0.1$
$\pm E \times \sqrt{(1 + D_X^2)}$ (%)

D погрешность
при $D_X \leq 0.1$
±E/100

при $D_X > 0.1$
$\pm E \times (1 + D_X)/100$

G погрешность
при $D_X \leq 0.1$
$\pm E/ D_X$ (%)

при $D_X > 0.1$
$\pm E \times \sqrt{(1 + D_X^2)} / D_X$ (%)

Примечание: погрешность измерений указана для следующих условий:
Температура: 23 °C ± 5 °C
Время интеграции: 1 PLC или 16 PLC
(периодов сети питания)

Параметры E_{POSC} Z_{OSC}

Уровень сигнала осциллятора	E_{POSC} (%)	Z_{OSC} (мОм)
125 мВ < V_{OSC} ≤ 250 мВ	0.03 x (250/ V_{OSC} - 1)	5 x (250/ V_{OSC} - 1)
64 мВ < V_{OSC} ≤ 125 мВ	0.03 x (125/ V_{OSC} - 1)	5 x (125/ V_{OSC} - 1)
32 мВ < V_{OSC} ≤ 64 мВ	0.03 x (64/ V_{OSC} - 1)	5 x (64/ V_{OSC} - 1)
V_{OSC} ≤ 32 мВ	0.03 x (32/ V_{OSC} - 1)	5 x (64/ V_{OSC} - 1)

V_{OSC} – уровень сигнала осциллятора в милливольтах

Параметры E_{PL} Y_{OL} Z_{SL}

Длина кабеля	E_{PL} (%)	Y_{OL} (нСм)	Z_{SL} (мОм)
1.5 м	0.02 + 3 x f/100	750 x f/100	5.0
3 м	0.02 + 5 x f/100	1500 x f/100	5.0

f – частота в МГц. Если длина измерительного кабеля увеличена, следует обеспечить компенсацию разрыва цепи, КЗ цепи, компенсацию при нагрузке.

Параметры Y_{OSC} Y_O E_P Z_S

Частота	Y_{OSC} (нСм)	Y_O (нСм)	E_P (%)	Z_S (мОм)
1 кГц ≤ f ≤ 200 кГц	1 x (125/ V_{OSC} – 0.5)	1.5	0.095	5.0
200 кГц < f ≤ 1 МГц	2 x (125/ V_{OSC} – 0.5)	3.0	0.095	5.0
1 МГц < f ≤ 2 МГц	2 x (125/ V_{OSC} – 0.5)	3.0	0.28	5.0
2 МГц < f	20 x (125/ V_{OSC} – 0.5)	30.0	0.28	5.0

f – частота в МГц
V_{OSC} – уровень сигнала осциллятора в милливольтах

Пример расчетной погрешности измерения C/G

Частота	Измеренная емкость	Погрешность C[1]	Измеренная проводимость	Погрешность G[1]
5 МГц	1 пФ	±0.61 %	≤ 3 мкСм	±192 нСм
	10 пФ	±0.32 %	≤ 31 мкСм	±990 нСм
	100 пФ	±0.29 %	≤ 314 мкСм	±9 мкСм
	1 нФ	±0.32 %	≤ 3 мСм	±99 мкСм
1 МГц	1 пФ	±0.26 %	≤ 628 нСм	±16 нСм
	10 пФ	±0.11 %	≤ 6 мкСм	±71 нСм
	100 пФ	±0.10 %	≤ 63 мкСм	±624 нСм
	1 нФ	±0.10 %	≤ 628 мкСм	±7 мкСм
100 кГц	10 пФ	±0.18 %	≤ 628 нСм	±11 нСм
	100 пФ	±0.11 %	≤ 6 мкСм	±66 нСм
	1 нФ	±0.10 %	≤ 63 мкСм	±619 нСм
	10 нФ	±0.10 %	≤ 628 мкСм	±7 мкСм
10 кГц	100 пФ	±0.18 %	≤ 628 нСм	±11 нСм
	1 нФ	±0.11 %	≤ 6 мкСм	±66 нСм
	10 nF	±0.10 %	≤ 63 мкСм	±619 нСм
	100 нФ	±0.10 %	≤ 628 мкСм	±7 мкСм
1 кГц	100 пФ	±0.92 %	≤ 63 нСм	±6 нСм
	1 нФ	±0.18 %	≤ 628 нСм	±11 нСм
	10 нФ	±0.11 %	≤ 6 мкСм	±66 нСм
	100 нФ	±0.10 %	≤ 63 мкСм	±619 нСм

1. Погрешность измерения емкости и проводимости указана для следующих условий:
   DX = 0,1
   Время интегрирования: 1 период питающей сети
   Уровень тестового сигнала: 30 $мВ_{скз}$
   Порт 4-клеммной пары модуля MFCMU

Технические характеристики модуля коммутации и измерения аттоамперных токов (ASU)

Технические характеристики вспомогательного тракта (AUX)

Максимальное напряжение:
100 В (вход AUX – общий вывод AUX)
100 В (вход AUX – общий вывод схемы)
42 В (общий AUX – общий вывод схемы)
Максимальный ток:
0,5 А (вход AUX – вывод источника)

Дополнительные характеристики ASU

Ширина полосы пропускания (при -3 дБ)
30 МГц (порт AUX)

Технические характеристики устройства объединения (SCUU) модуля источника/измерителя (SMU) и модуля измерения емкости (CMU) и устройства безопасного переключения (GSWU)

Устройство SCUU позволяет объединить выходы двух SMU (модулей MPSMU и/или HRSMU) и CMU. Выводы SCUU представляют собой два набора триаксиальных портов схемы Кельвина (Источник и Измеритель). Также SCUU позволяет блокам SMU действовать совместно с CMU в качестве источников смещения постоянного тока. Для подключения SMU и CMU к устройству SCUU используются специальные кабели, а функция автоматического определения обеспечивает компенсацию длины кабеля, подключенного к SCUU.

Устройство безопасного переключения (GSWU) оснащено реле, которое автоматически размыкается для измерения ВАХ и замыкается при измерении ВФХ, образуя возвратный защитный тракт, который повышает точность при измерении ВФХ.

Поддерживаемые SMU

MPSMU и HRSMU

Для SCUU

IВходы:
Триаксиальные порты: Источник 1, Измеритель 1, Источник 2, Измеритель 2
Порты BNC: для MFCMU
Порт управления: для MFCMU

Выходы:
Триаксиальные порты: Источник 1 / CMUH, Измеритель 1, Источник 2 / CMUL и Измеритель 2
Порт управления: для GSWU
Светодиодные индикаторы: индикатор состояния выхода SMU/CMU

Режим присоединения:

Прямое и опосредованное подключение

Для GSWU

Вход:
Порт управления: для SCUU
Порты для миниатюрных штекерных разъемов: Guard1, Guard2

Выход:
Светодиодные индикаторы: индикатор состояния подключения

Дополнительные характеристики SCUU, тракт SMU

Ток смещения: < 20 фА
Напряжение смещения: < 100 мкВ в течение 300 с
Остаточное сопротивление замкнутого канала
< 200 мОм
Сопротивление изоляции канала: > 1015 Ом

Тракт CMU

Тестовый сигнал

Дополнительные погрешности уровня выходного сигнала (смещение CMU, цепь нагрузки разомкнута):
±2 % (прямое подключение)
±7 % (опосредованное подключение)

Дополнительные погрешности уровня выходного сигнала (смещение SMU, цепь нагрузки разомкнута):
±5 % (прямое подключение, ≥ 10 кГц)
±10 % (опосредованное подключение, ≥ 10 кГц)
Полное выходное сопротивление: 50 Ом, стандартно

Дополнительные погрешности при мониторинге уровня сигнала (цепь нагрузки разомкнута):
±2 % (смещение CMU), прямое подключение
±5 % (смещение SMU), прямое подключение
±7 % (смещение CMU), опосредованное подключение
± 10% (смещение SMU), опосредованное подключение

Функция смещения по постоянному току

Напряжение смещения по постоянному току (смещение CMU):

Диапазон: от 0 до ±25 В
Разрешение: 1 мВ
Дополнительные погрешности (для смещения CMU): ±100 мкВ (цепь нагрузки разомкнута)
Напряжение смещения по постоянному току (смещение SMU):

Диапазон: от 0 до ±100 В
Разрешение: 5 мВ
Дополнительные погрешности (для точности выходного сопротивления SMU): ±100 мкВ (цепь нагрузки разомкнута)
Дополнительные погрешности монитора смещения по постоянному току (цепь нагрузки разомкнута):
±20 мВ, прямое подключение
±30 мВ, опосредованное подключение

Полное выходное сопротивление:
50 Ом, стандартно
Активное сопротивление выхода постоянного тока:
50 Ом (смещение CMU), 130 Ом (смещение SMU)

Точность измерений

IПогрешность измерения импеданса задается путем прибавления следующих дополнительных погрешностей E_e к погрешности измерения MFCMU

$E_e = \pm(A + Z_S/|Z_X| + Y_0|Z_X|) \times 100$ (%)

Z_X: измеренное значение импеданса (Ом)

A: 0,05 % (прямое подключение) или 0,1 % (опосредованное подключение)

Z_S: 500 + 500 × f (мОм)

Y_0: 1 + 1000 × f/100 (нСм) (прямое подключение, ×2 при опосредованном подключении)

Примечание: f – частота в МГц

Если для удлинения измерительных выводов использован измерительный кабель, к данным измерения должна применяться погрешность измерения после коррекции для разомкнутой/короткозамкнутой/нагруженной цепи, выполненной для окончания кабеля, которое соответствует стороне испытываемого устройства.

Примечание: Погрешность указана для следующих условий:

Температура: +23 °C ±5 °C
Время интеграции: 1 PLC или 16 PLC (периодов сети питания)

Технические характеристики модуля высоковольтного полупроводникового импульсного генератора (HV-SPGU)

Технические характеристики

Количество выходных каналов:
2 канала на модуль

Режимы: импульсный, постоянный, холостой

Стандартный импульсный режим:
- Двухуровневый импульс
- Трехуровневый импульс в одном канале
- Период импульса: от 30 нс до 10 с

Диапазон задержки: от 0 до 9,99 с

Разрешение задержки: 2,5 нс (минимум)

Счетчик выхода: от 1 до 1 000 000

Минимальная периодичность замеров монитора напряжения: 5 мкс

Выход пускового импульса:
Уровень: TTL
Временная привязка: синхронизирован с периодом импульса

Длительность пускового импульса:
Период импульса × 1/2 (если период импульса ≤ 10 мкс)
Максимум 5 мкс (если период импульса > 10 мкс)

Дополнительные характеристики полупроводникового импульсного генератора (SPGU)

Джиттер длительности импульса: 0,001 % + 150 пс

Джиттер периода импульса: 0,001 % + 150 пс

Максимальная скорость нарастания: 1000 В/мкс (при нагрузке 50 Ом)

Шум: 10 $мВ_{скз}$ (на выходе постоянного тока)

Расширенные функции:
Монитор напряжения: Модуль HV-SPGU оснащен функцией контроля напряжения, которая обеспечивает измерение напряжения на клеммах испытываемого устройства.

Точность измерения (цепь нагрузки разомкнута): ±(0,1 % показания + 25 мВ)

Разрешение измерений: 50 мкВ

Примечание: Указано для 1 периода питающей сети (20 мс = (5 мкс замер + 5 мкс интервал) × 2000 замеров)

Компенсация напряжения: модуль HV-SPGU способен измерять полное сопротивление испытываемого устройства и регулировать выходное напряжение с учетом импеданса испытываемого устройства.

Функция линейного генератора напряжения произвольной формы (ALWG)

Режим линейного генератора напряжения произвольной формы (ALWG):
- Выходной сигнал сложной формы в одном канале HV-SPGU
- Задает многоуровневый импульс и многоимпульсный сигнал, включая импульс разомкнутого состояния при помощи редактора графического интерфейса пользователя ALWG
- Последовательный импульсный сигнал, полученный из пользовательского импульсного сигнала
- 1024 точек на один канал
- Диапазон программируемой синхронизации: от 10 нс до 671,088630 мс, при разрешении 10 нс

Напряжение и точность импульса/выхода постоянного тока

Выходное напряжение (Vвых)	Нагрузка 50 Ом	от –20 В до +20 В
	Цепь нагрузки разомкнута	от –40 В до +40 В
Точность[1]	Цепь нагрузки разомкнута	±(0,5 % + 50 мВ)
Разрешение амплитуды	Нагрузка 50 Ом	0,2 мВ (диапазон ±10 В) 0,8 мВ (диапазон ±40 В)
	Цепь нагрузки разомкнута	0,4 мВ (диапазон ±10 В) 1,6 мВ (диапазон ±40 В)
Выходные разъемы		SMA
Импеданс источника		50 Ом[2]
Ток КЗ		пик 800 мА (среднее 400 мА[3])
Перерегулирование / отрицательный выброс / звон[4]	Нагрузка 50 Ом	±(5 % + 20 мВ)
Ограничение выхода		Контроль предела перегрузки по току

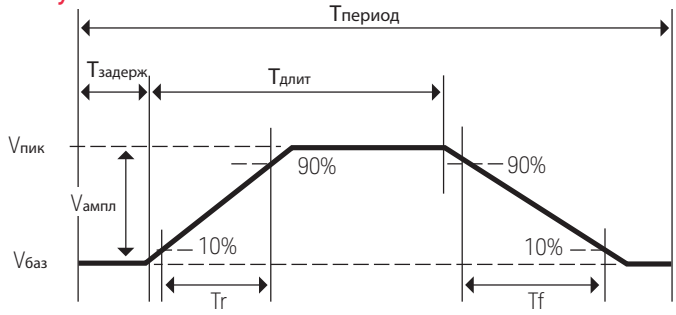
1. Через 1 мкс после завершения перехода
2. Стандартно (±1 %)
3. Это значение указано для следующих условий: [(Количество установленных модулей HV-SPGU) × 0,2 A] + [ток выходов постоянного тока от всех модулей (включая HV-SPGU)] < 3,0 A
4. При указанных условиях с учетом времени перехода.

Диапазон импульсов и параметры импульса[1]

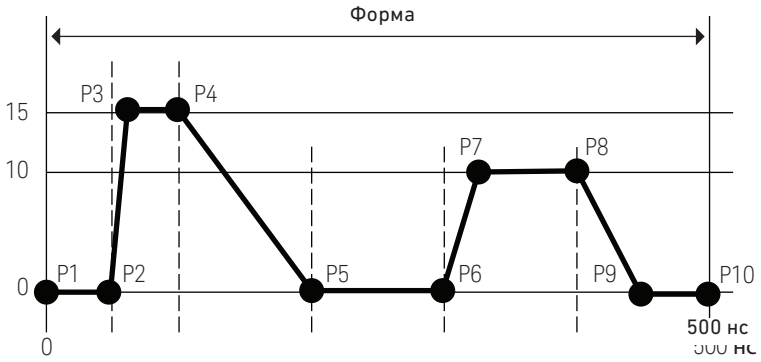
Диапазон частоты		от 0,1 Гц до 33 МГц
Период импульса	Программируемый диапазон	30 нс до 10 с
	Разрешение	10 нс
	Минимум	100 нс[3]
	Погрешность	±1 % (±0,01 %[2])
Длительность	Программируемый диапазон	от 10 нс до (период – 10 нс)
	Разрешение	2,5 нс (Tr и Tf ≤ 8 мкс) 10 нс (Tr или Tf > 8 мкс)
	Минимум	50 нс (25 нс стандартно)[3]
	Погрешность	±(3 % + 2 нс)
Время перехода[5] (Tr и Tf)	Программируемый диапазон	от 8 нс до 400 мс
	Разрешение	2 нс (Tr и Tf ≤ 8 мкс) 8 нс (Tr или Tf > 8 мкс)
	Минимум (стандартно)	< 15 нс[3]
	Минимум	20 нс (Vампл ≤ 10 В) 30 нс (Vампл ≤ 20 В) 60 нс (Vампл > 20 В)
	Погрешность	–5 % to 5 % + 10 нс (Vампл ≤ 10 В) –5 % to 5 % + 20 нс (Vампл ≤ 20 В)
Время переключения выходного реле[4]	Размыкание/Замыкание	< 100 мкс

1. Если не указано иное, все технические характеристики подразумевают наличие оконечного сопротивления величиной 50 Ом.
2. Стандартный минимум. Является дополнительной характеристикой.
3. Указано при Vампл ≤ 10 В.
4. Время, занимаемое переходом из разомкнутого состояния реле в замкнутое состояние.
5. Время перехода от 10 % до 90 % величины Vусил, которая представляет собой амплитуду выходного импульса.

Импульсный сигнал

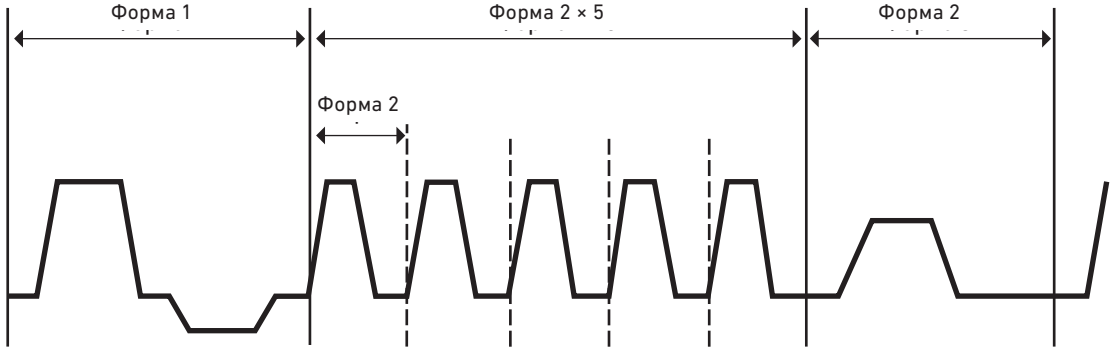


Пример 1. Таблица настройки линейного генератора напряжения произвольной формы (ALWG) и форма сигнала



Точка	Время	Напряжение
1	0	0,0 В
2	50 нс	0,0 В
3	70 нс	15,0 В
4	100 нс	15,0 В
5	200 нс	0,0 В
6	300 нс	0,0 В
7	320 нс	10,0 В
8	400 нс	10,0 В
9	450 нс	0,0 В
10	500 нс	0,0 В

Пример 2. Сложный сигнал ALWG



16440A Селектор SMU / импульсный генератор

Селектор SMU / импульсный генератор Keysight 16440A обеспечивает коммутацию модулей SMU или PGU с соответствующим выходным портом. Установив дополнительный модуль 16440A, пользователь может увеличить количество каналов до четырех. Порт PGU на канале 1 обеспечивает выполнение функции «PGU OPEN», которая позволяет отключать модуль PGU путем размыкания полупроводникового реле. Селектор 16440A может быть использован совместно с устройствами Keysight B1500A и 16445A.

Следующие технические данные определены при следующих условиях: +23 °C ±5 °C и относительной влажности 50 %.

– Конфигурация каналов:
  2 канала (CH 1 и CH 2).
  При использовании еще одного селектора 16440A могут быть обеспечены два дополнительных канала (CH 3 и CH 4).

	Вход	Выход
Канал 1 (CH 1)	2 (SMU and PGU [1])	1
Канал 2 (CH 2)	2 (SMU and PGU)	1
Канал 3 (CH 3)[2]	2 (SMU and PGU [1])	1
Канал 4 (CH 4)[2]	2 (SMU and PGU)	1

1. Каналы 1 и 3 PGU имеют встроенное полупроводниковое реле с последовательным подключением.
2. Доступны, если установлен второй модуль 16440A (расширитель селектора).

– диапазон напряжения и тока

Входной порт	Максимальное напряжение	Максимальный ток
SMU	200 В	1.0 A
PGU	40 В	0.4 A [1]

1. Величина между пиками.

16445A Переходник для селектора SMU / импульсного генератора (PGU)

Переходник селектора Keysight 16445A обеспечивает управление и питание постоянным током селектора SMU / импульсного генератора Keysight 16440A.

Требования к питанию: от 100 до 240 В, 50/60 Гц

Максимальная потребляемая мощность (ВА): 20 ВА

Технические характеристики WGFMU (модуль генератора сигналов и быстродействующего измерителя)

Общие сведения

Модуль генератора сигналов и быстродействующего измерителя (WGFMU) представляет собой автономный блок, объединяющий функции линейного генератора напряжения произвольной формы (ALWG) и синхронизированного высокоскоростного измерения тока или напряжения. Функция ALWG позволяет генерировать сигналы не только постоянного тока, но и переменного. В дополнение к этой универсальной способности, модуль WGFMU может осуществлять измерения, синхронизированные с применяемыми сигналами, что позволяет снимать высокоскоростные ВАХ.

Технические характеристики

Количество выходных каналов: 2 канала на модуль

Режимы: Fast IV (быстрая ВАХ), PG (импульсный генератор), DC и проходной SMU

Модуль измерения и коммутации (RSU):
- Выходной разъем: SMA
  - Импеданс источника: 50 Ом (номинал) при постоянном токе и режиме PG
- Тракт SMU: максимальное напряжение ±25 В. Максимальный ток ±100 мА
- Вывод контроля напряжения:
  - Разъем: BNC
  - Импеданс источника: 50 Ом (номинал) при постоянном токе
  - На вывод подается буферизованный сигнал, равный 1/10 Vвых (при нагрузке 50 Ом)

Длина кабеля, соединяющего WGFMU и RSU:
Модули WGFMU и RSU соединяются при помощи специального композитного кабеля. Пользователям доступны следующие конфигурации:

- 3 м
- 5 м
- 1.5 м
- 2.4 м + переходник + 0,6 м
- 4.4 м + переходник + 0,6 м

Примечание: Переходник используется в тех случаях, когда выполняется прокладка кабеля через панель разъемов зондовой станции.

Технические характеристики WGFMU (модуль генератора сигналов и быстродействующего измерителя) (продолжение)

Функции измерения, источник напряжения, измерение напряжения и тока

Режим	Функция	Диапазон источника напряжения	Диапазон измерителя напряжения	Диапазон измерителя тока
Fast IV	Источник V / измеритель I, Источник V / измеритель V	от -3 В до +3 В от -5 В до +5 В от -10 В до 0 В от 0 В до +10 В	от -5 В до +5 В от -10 В до +10 В	1 мкА, 10 мкА, 100 мкА,1 мА, 10 мА.
PG	Источник V / измеритель V	от -3 В до +3 В от -5 В до +5 В	от -5 В до +5 В	—
DC	Источник V / измеритель I, Источник V / измеритель V	от -3 В до +3 В от -5 В до +5 В от -10 В до 0 В от 0 В до +10 В	от -5 В до +5 В от -10 В до +10 В	1 мкА, 10 мкА, 100 мкА,1 мА, 10 мА
Сквозной SMU	Измерение при помощи SMU	макс. ±25 В	—	макс. ±100 мА

Точность, разрешение и синхронизация источника напряжения

Источник V (режим Fast IV)	от -5 В до +5 В; от -10 В до 0 В; от 0 В до +10 В
Источник V (режим PG)	от -5 В до +5 В (цепь нагрузки разомкнута) от -2,5 В до +2,5 В (нагрузка 50 Ом)
Точность	±0,1 % уставки ±0,1 % диапазона[1]
Разрешение[2]	96 мкВ (от -3 В до 3 В) 160 мкВ (все диапазоны, за исключением от -3 В до 3 В)
Положительный/ отрицательный выброс импульса	±(5 % + 20 мВ) [3]
Шум	максимум 0,1 $мВ_{СКЗ}$ [4]
Время нарастания T^{r}_{ise} (от 10 % до 90 %) Время уменьшения T_{fall} (от 90 % до 10 %)	Точность: от -5 % до (+5 % +10 нс) от уставки[5] Минимум: 24 нс, в режиме PG при нагрузке 50 Ом
Период импульса	Точность синхронизации: ±1 % уставки[6] Минимум:100 нс, в режиме PG при нагрузке 50 Ом
Длительность импульса	Точность: ±(3 %+2 нс)[7] Минимум: 50 нс, в режиме PG при нагрузке 50 Ом

Точность, разрешение и шум при измерении напряжения

Точность	±(0,1 % показания ±0,1 % диапазона) [8]
Разрешение [9]	680 мкВ (диапазон от -5 В до +5 В) 1,4 мВ (диапазон от -10 В до +10 В)
Шум [10]	максимум 4 мВСКЗ (диапазон от -5 В до +5 В)

1. Независимо от диапазона или режима. Выходной сигнал постоянного тока с неизменным напряжением. Импеданс нагрузки должен быть ≥ 1 МОм (диапазон 1 мкА) или ≥ 200 кОм (для всех прочих диапазонов тока) для режима Fast IV или ≥ 1 МОм для режима PG.
2. Исходя из результатов калибровки, может изменяться, максимум, в пределах 5 %.
3. Режим PG, нагрузка 50 Ом, Trise и Tfall > 16 нс с кабелем 1,5 м > 32 нс с кабелем 3 м или > 56 нс с кабелем длиной 5 м.
4. Теоретическое значение для времени наблюдения от 100 нс до 1 мс, дополнительные характеристики.
5. Режим PG, нагрузка 50 Ом, Trise и Tfall ≥ 24 нс.
6. Режим PG, нагрузка 50 Ом, период импульса ≥ 100 нс.
7. Режим PG, нагрузка 50 Ом, длительность импульса ≥ 50 нс.
8. Независимо от диапазона или режима. Выходной сигнал постоянного тока с неизменным напряжением. Условия применения: усреднение по 10 000 замеров в диапазоне 10 мкА и выше; усреднение по 100 000 замеров в диапазоне 1 мкА.
9. Разрешение при отображении. Исходя из результатов калибровки, может изменяться, максимум, в пределах 5 %.
10. Выходной сигнал 0 В, цепь нагрузки разомкнута, без усреднения. Максимум 1,5 мВСКЗ как дополнительная характеристика.

Точность и разрешение при измерении тока

Точность	±(0,1 % показания ±0,2 % диапазона)[1]
Разрешение[2]	0,014 % диапазона
Шум (действующее разрешение)	максимум 0,2 % диапазона[3]

1. Независимо от диапазона или режима. Выходной сигнал постоянного тока с неизменным напряжением. Условия применения: усреднение по 10 000 замеров в диапазоне 10 мкА и выше; усреднение по 100 000 замеров в диапазоне 1 мкА.
2. Разрешение при отображении. Исходя из результатов калибровки, может изменяться, максимум, в пределах 5 %.
3. Действующее значение при выходном сигнале 0 В, цепь нагрузки разомкнута, без усреднения. Дополнительные характеристики.

Функция линейного генератора напряжения произвольной формы (ALWG)

Максимальное число векторов	2048
Максимальное число последовательностей	512
Максимальное значение счетчика цикла	1 to 10^{12}
Длина вектора	от 10 нс до 10 000 с; при разрешении 10 нс
Частота замеров	5 нс или диапазон от 10 нс до 1 с; при разрешении 10 нс
Время усреднения	от 10 нс до 20 мс; при разрешении 10 нс
Аппаратная память	около 4 Мбайт для точек данных на канал (стандартно)

Выход пускового импульса

Уровень: TTL
Длительность пускового импульса: 10 нс
Генерируется синхронно с сигналом ALWG

Дополнительные характеристики

Тракт RSU SMU:
Ток утечки: < 100 пА
Остаточное сопротивление: < 300 мОм
Джиттер: < 1 нс
Смещение между каналами: < 3 нс, при условии отсутствия электростатического заряда.
Время нарастания пускового выходного импульса: < 3 нс
Время переключения диапазона тока: < 150 мкс*
* Время, в течение которого измеряемый ток устанавливается в пределах ±0,3 % от окончательного результата после изменения диапазона.

Минимальные параметры временной привязки для измерений тока[1]

Напряжение, приложенное к ИУ		**10 В**					
Ток, приложенный к ИУ		**100 нА**	**1 мкА**	**10 мкА**	**100 мкА**	**1 мА**	**10 мА**
Приложенное напряжение	Рекомендованная минимальная длительность импульса[2]	47 мкс	38,7 мкс	6,8 мкс	950 нс	240 нс	145 нс
Измерение тока	Диапазон измерений	1 мкА	1 мкА	10 мкА	100 мкА	1 мА	10 мА
	Рекомендованный минимум окна измерения	10 мкс	1,64 мкс	1 мкс	130 нс	40 нс	20 нс
	Время регулирования[3]	37 мкс	37 мкс	5,8 мкс	820 нс	200 нс	125 нс
	Шум (СКЗ)[4]	160 пА	425 пА	2,5 нА	47 нА	280 нА	1,9 мкА

1. Условия измерений: Испытываемое устройство представляет собой резистивную нагрузку, выбранную для регулирования протекающего тока до значения, указанного в таблице выше. Емкость кабеля, соединяющего RSU и испытываемое устройство, составляет 20 пФ. Напряжение подается к ИУ по каналу WGFMU/RSU в режиме Fast IV и диапазоне тока 10 мА, при этом измерение тока осуществляется по другому каналу при напряжении 0 В и режиме Fast IV.
2. Рекомендованный минимум длительности импульса = время регулирования + рекомендованный минимум измерительного окна.
3. Время, в течение которого измеряемая величина устанавливается в пределах ±0,6 % от окончательного результата после изменения выходного напряжения от исходного значения (0 В). Для минимизации перерегулирования рекомендуется минимальное время нарастания/спада импульса 70 нс.
4. СКЗ уровень шума измеряется в течение рекомендованного минимального окна измерения.

Минимальные параметры временной привязки для измерений напряжения[1]

Напряжение, приложенное к ИУ		5 В	10 В
Приложенное напряжение	Рекомендованная минимальная длительность импульса[2]	105 нс	130 нс
Условия измерения напряжения	Диапазон измерений	5 В	10 В
	Рекомендованный минимум окна измерения	20 нс	20 нс
	Время регулирования[3]	85 нс	110 нс
	Шум (СКЗ)[4]	1,4 мВ	1,4 мВ

1. Условия измерений: Испытываемое устройство представляет собой резистивную нагрузку с сопротивлением в пределах между 1 кОм и 10 МОм. Емкость кабеля, соединяющего RSU и испытываемое устройство, составляет 20 пФ. Напряжение подается к ИУ по каналу WGFMU/RSU, а измерение напряжения осуществляется по этому же каналу (режим PG для диапазона 5 В, режим Fast IV для диапазона 10 В).
2. Рекомендованный минимум длительности импульса = время регулирования + рекомендованный минимум измерительного окна.
3. Время, в течение которого измеряемая величина устанавливается в пределах ±0,6 % от окончательного результата после изменения выходного напряжения от исходного значения (0 В). Для минимизации перерегулирования рекомендуется минимальное время нарастания/спада импульса 70 нс для 10 В или 30 нс для напряжения 5 В.
4. СКЗ уровень шума измеряется в течение рекомендованного минимального окна измерения.

Программное обеспечение

Инструментальная библиотека для управления модулем WGFMU

Операционная система:
Microsoft Windows XP Professional SP3 или более поздняя версия, Windows Vista Business SP2 или более поздняя версия (только 32-битная версия) и Windows 7 Professional SP1 или более поздняя версия (32 и 64-битная версия)

Поддерживаемый язык: Английский (US)

NBTI и универсальные прикладные тесты программы EasyEXPERT

Программы выполнения замеров (NBTI и универсальные измерения при помощи WGFMU и анализа данных RTS)

Поставщики зондовых станций, поддерживаемых WGFMU

Cascade Microtech
Suss MicroTec
Vector Semicon

Примечание: Максимальное количество устанавливаемых RSU (модуль дистанционных измерений и коммутации) для указанных зондовых станций зависит от имеющегося свободного места. Для получения более подробной информации о монтаже и подключении модулей WGFMU и RSU следует обратиться к местному торговому представителю компании.

Программное обеспечение Keysight EasyEXPERT

Программное обеспечение EasyEXPERT с графическим интерфейсом пользователя, разработанное компанией Keysight, работает в среде операционной системы Windows 7, встроенной в анализатор B1500A. Данное ПО обеспечивает высокую производительность и воспроизводимость результатов параметризации устройств, при этом измерения могут осуществляться как в ручном интерактивном режиме, так и в режиме автоматического тестирования полупроводниковых пластин с использованием полуавтоматической зондовой станции. В состав этого программного продукта включены сотни готовых прикладных модулей, обеспечивающих проведение самых разнообразных испытаний. Программа Easy-EXPERT позволяет пользователям сразу приступить к определению характеристик тестируемых устройств. Работа с графическим интерфейсом пользователя может осуществляться при помощи 15-дюймового сенсорного монитора, а также при помощи клавиатуры с мышью, которые подключаются к порту USB и поставляются опционально. В программе EasyEXPERT имеется функция, которая после каждого выполненного измерения обеспечивает автоматическое сохранение в памяти устройства условий проведения испытания и измеренных данных. Благодаря этому исключен риск утраты ценной информации, а измерения могут быть выполнены повторно по прошествии некоторого времени. Наконец, программа EasyEXPERT имеет встроенные возможности для выполнения анализа, а также графическую среду программирования, которая облегчает разработку алгоритмов для сложных испытаний.

Основные функции

- Библиотека готовых к использованию прикладных тестов
- Различные режимы измерения (прикладной тест, классический тест, режим характериографа, быстрый тест)
- Различные функции измерения (точечные измерения, измерения со свипированием, выборка по времени, зависимости C-V, C-f, C-t, и т. д.)
- Отображение данных, аналитические и арифметические функции
- Управление данными и рабочими областями
- Контроль внешних приборов
- Различные способы программирования (дистанционное управление в среде EasyEXPERT и управление при помощи FLEX GPIB)
- Различные интерфейсы (USB, LAN, GPIB и дискретные входы/выходы)

Прикладная библиотека

В состав программы EasyEXPERT включено более 300 прикладных программ испытаний, которые удобно организованы по типам устройств, областям применения и используемым технологиям. Пользователь может осуществлять редактирование и адаптацию стандартных испытаний так, чтобы они наилучшим образом соответствовали его потребностям. Прикладные тесты разделены на категории, при этом их состав может быть изменен без предварительного уведомления.

Тип устройства	Прикладные испытания
КМОП-транзистор	Id-Vg, Id-Vd, пороговое напряжение (Vth), напряжение пробоя, емкость, квазистатическая ВФХ и др.
Биполярный транзистор	IIc-Vc, диод, кривая Гуммеля, напряжение пробоя, коэффициент усиления (hfe), емкость и др.
Дискретные устройства	Id-Vg, Id-Vd, Ic-Vc, диод и др.
Память	Пороговое напряжение (Vth), емкость, ресурсные испытания и др.
Устройства питания	Импульсные характеристики Id-Vg и Id-Vd, напряжение пробоя и др.
Нанотехнологические устройства	Сопротивление, характеристики Id-Vg, Id-Vd, Ic-Vc, и др.
Испытания на надежность	Измерения температурной нестабильности порогового напряжения при отрицательном/положительном смещении (NBTI/PBTI), накачка заряда, электромиграция, ввод горячих носителей, заряд пробоя, времязависимый пробой диэлектрика и др.
И прочее	И прочее

Режимы и функции измерения

Режимы эксплуатации

Режим прикладного тестирования
Данный режим обеспечивает настройку и выполнение предметно-ориентированного тестирования при помощи мыши. Требуемый тест выбирается из библиотеки по типу прибора и измерения, затем, при необходимости, пользователь может изменить имеющиеся параметры по умолчанию, после чего осуществляется его исполнение.

Режим классического тестирования
Данный режим тестирования обеспечивает настройку и выполнение функционально-ориентированного испытания, в котором внешний вид, восприятие и терминология интерфейса соответствуют параметрическим анализаторам Keysight 4155/4156. Дополнительно могут быть использованы все преимущества графического интерфейса программы EasyEXPERT.

Режим характериографа
Режим характериографа в ПО EasyEXPERT обеспечивает интуитивно-понятное и интерактивное управление параметрами свипирования с помощью вращающегося регулятора, как в обычном характериографе. Как и в аналоговом характериографе, измерения со свипированием могут осуществляться в одном направлении (этот режим удобен при анализе работы приборов на этапе разработки) или в двух направлениях (этот режим удобен при испытаниях, целью которых является анализ неполадок в работе прибора). Наборы тестов, созданные в режиме характериографа, без каких-либо затруднений и задержек могут быть переданы в режим классического тестирования для дальнейших более подробных измерений и анализа.

Режим осциллографа (доступен для модуля MCSMU)
Режим осциллографа (доступен при работе в режиме характериографа) позволяет отображать зависимость значений напряжения и тока, измеряемых модулем MCSMU, от времени. Форма измеряемого импульсного сигнала отображается в отдельном окне, что упрощает контроль временных характеристик. Эта функция особенно полезна для проверки временных параметров сигнала и корректировки импульсных измерений. Использование данной функции возможно, когда в режиме характериографа имеется один и более канал модуля MCSMU, используемый в импульсном режиме. Режим осциллографа позволяет отображать временные характеристики импульсного сигнала с любым заданным пользователем шагом свипирования.

Интервал между замерами: 2 мкс
Количество замеров: 2 000
Продолжительность замера: от 22 мкс до 24 мс

Функция маркера:
Считывание для каждого канала данных
Разрешение: 2 мкс

Сохранение данных:
Числовые: форматы Text/CSV/XMLSS
Изображения: форматы EMF/BMP/JPG/PNG

Режим быстрого тестирования (Quick Test)
Основанный на функциях графического интерфейса, режим Quick Test позволяет пользователю создавать тестовые последовательности без программирования. При помощи нескольких щелчков мышью можно выбрать, скопировать, изменить порядок и вырезать/вставить любые прикладные тесты. После выбора и определения порядка выполнения для автоматического запуска последовательности тестов достаточно щелкнуть мышью по кнопке измерения.

Режимы измерения

Анализатор Keysight B1500A поддерживает следующие режимы измерения:
Измерения ВАХ:
- точечные измерения
- ступенчатые измерения со свипированием
- импульсные точечные измерения
- импульсные измерения со свипированием
- ступенчатые измерения со свипированием и импульсным смещением
- временная выборка
- многоканальные измерения со свипированием
- многоканальные импульсные измерения со свипированием
- список измерений со свипированием
- линейный поиск[1]
- двоичный поиск[1]

Измерения емкости:
- точечные измерения емкости
- измерения ВФХ со свипированием (смещение по постоянному току)
- импульсные точечные измерения емкости
- импульсные измерения ВФХ со свипированием
- временная выборка величины емкости по времени
- измерения со свипированием зависимости емкости от частоты (C-f)
- измерения ВФХ со свипированием (уровень переменного тока)
- измерение квазистатической ВФХ (QSCV)

1. Данные режимы поддерживаются только командой FLEX

Измерения со свипированием
Количество шагов: от 1 до 10001 (SMU), от 1 до 1001 (CMU)
Режим свипирования: линейный или логарифмический (log)
Направление свипирования: одиночное или двойное свипирование
Время выдержки: от 0 до 655,35 с, разрешение 10 мс
Длительность задержки: от 0 до 65,535 с, разрешение 100 мкс (от 0 до 655,35 с, разрешение 100 мкс; для измерения ВФХ со свипированием (уровень переменного тока) и измерения со свипированием зависимости емкости от частоты (C-f))
Длительность задержки шага: от 0 до 1 с, разрешение 100 мкс
Длительность задержки шага пускового импульса выхода: от 0 до (длительность задержки) с, разрешение 100 мкс
Длительность задержки шага пускового импульса измерения: от 0 до 65,535 с, разрешение 100 мкс

Измерения с выборкой по времени (во временной области)
Обеспечивают отображение зависимости величины измеренного напряжения/тока (SMU) от времени.
Количество каналов выборки по времени: до 10
Режим выборки по времени: линейный или логарифмический (log)
Количество точек выборки по времени:
Для линейной выборки по времени:
от 1 до 100 001 / (количество каналов)
Для логарифмической выборки по времени:
от 1 до 1+(количество данных для 11 декад)
Диапазон интервалов выборки:
от 100 мкс + 20 мкс × (количество каналов – 1) до 2 мс, разрешение 10 мкс
от 2 мс до 65,535 с, разрешение 1 мс
* Интервал выборки менее 2 мс поддерживается только в линейном режиме.
Время выдержки, время выдержки смещения:
от -90 мс до -100 мкс, разрешение 100 мкс
от 0 до 655,35 с, разрешение 10 мс
Разрешение длительности измерений: 100 мкс

Прочие характеристики измерений

Управление измерениями
Измерения могут быть однократными, повторяющимися, добавляемыми, а также имеется режим останова измерений

Возможности настройки SMU
Ограниченная автоматическая установка диапазона, ограничение тока/напряжения и уровня мощности, функции автоматического прерывания свипирования, самотестирование и самокалибровка

Режим ожидания (Standby)
Модули SMU в режиме ожидания сохраняют свои запрограммированные выходные значения даже в том случае, если для других модулей выполнен сброс для выполнения следующего измерения.

Функция удержания смещения
Данная функция позволяет пользователю сохранять активность источника между измерениями. Модуль источника будет обеспечивать заданное смещение между измерениями при запуске классического теста внутри какого-либо прикладного теста, в режиме быстрого тестирования или при выполнении повторяющихся измерений. Функция прекращает действовать, как только перестают существовать указанные условия или если будет запущено измерение, в котором данная функция не используется.

Отмена смещения тока
Данная функция обеспечивает вычитание тока смещения из исходных данных измерения тока и возвращает полученный результат как данные измерений. Эта функция используется для компенсации фактора погрешности (тока смещения), связанного с измерительным трактом, т. е. с кабелями, манипуляторами или платой зонда.

Временная метка
Анализатор B1500A поддерживает функцию нанесения временных меток, для чего используются внутренние кварцевые часы.
Разрешение: 100 мкс

Отображение данных, аналитические и арифметические функции

Отображение данных

Графики в координатах X-Y
Могут использоваться ось X и до восьми осей Y, линейная и логарифмическая шкала, построение графиков в режиме реального времени. Графики в координатах X-Y могут быть выведены на печать или сохранены как изображения в памяти устройства или на накопителе (форматы bmp, gif, png, emf).
Масштаб: автоматическое масштабирование и изменение масштаба
Маркер: маркеры для минимума/максимума, интерполяция, прямой маркер и отмена маркера.
Курсор: непосредственное определение положения курсора
Линия: две линии, нормальный режим, градиентный режим, тангенциальный режим, регрессивный режим.
Сравнение графиков наложением: допускается наложение графических построений.

Отображение списка
Для измеренных данных и данных, вычисленных при помощи функций, также отображаются связи с шагом свипирования или номер шага при выборке в заданной временной области. Допускается отображение до 20 наборов данных.

Отображение переменных
В окне графиков может быть отображено до 20 параметров, заданных пользователем.

Функция автоматического анализа
При помощи функции автоматического анализа на построенном графике могут быть автоматически размещены маркеры и линии. Параметры могут быть автоматически определены с использованием функции автоматического анализа, пользовательской функции и функции считывания.

Аналитические функции
При помощи арифметических выражений можно задать до двадцати пользовательских аналитических функций.
В расчетах допускается использование измеренных данных, заданных переменных и функций считывания. Результат может быть выведен на ЖК-дисплей.

Функции считывания
Функции считывания являются встроенными и используются для считывания различных значений, связанных с маркером, курсором или линией.

Арифметические функции

Функции пользователя
При помощи арифметических выражений можно задать до двадцати пользовательских аналитических функций.
В расчетах допускается использование измеренных данных и заданных переменных. Результат может быть выведен на ЖК-дисплей

Арифметические операторы
+, -, *, /, ^, abs (модуль), at (арктангенс), avg (среднее), cond (условное определение), delta (разность), diff (дифференциал), exp (экспонента), integ (интегрирование), lgt (десятичный логарифм), log (натуральный логарифм), mavg (скользящее среднее), max (максимум), min (минимум), sqrt (квадратный корень), тригонометрические функции, обратные тригонометрические функции и т. д.

Физические константы
Физическим константам на клавиатуре соответствуют:
q: заряд электрона, 1,602177E-19 C
k: постоянная Больцмана, 1,380658E-23
ε (e): Диэлектрическая постоянная вакуума, 8,854188E-12

Технические единицы измерения
На клавиатуре доступны также символы следующих десятичных приставок:
a (10-18), f (10-15), p (10-12), n (10-9),
u или μ (10-6), m (10-3), k (103), M (106),
G (109), T (1012) , P (1015)

Рабочее пространство и управление данными

Рабочее пространство

Рабочие пространства представляют собой отдельные рабочие области, расположенные на внутреннем жестком диске анализатора B1500A. Каждое рабочее пространство обеспечивает выполнение следующих функций:

- Настройка и выполнение измерений
- Сохранение/Вызов пользовательских избранных настроек (My Favorite Setups)
- Сохранение/Вызов данных и настроек измерений
- Импорт/Экспорт описаний устройств, настроек измерений, пользовательских избранных настроек, данных измерений и прикладных библиотек
- Настройка общего/частного доступа

Автоматическая запись / автоматический экспорт данных

В программе EasyEXPERT имеется возможность автоматического сохранения настроек и данных измерений в пределах рабочего пространства. Также может осуществляться экспорт данных измерений в режиме реального времени с использованием разных форматов. Пользователь может сохранить данные на любом накопителе, который подключен к ПК.

Импорт/экспорт файлов

Типы файлов:
Формат Keysight EasyEXPERT, форматы XML-SS и CSV

Управление рабочим пространством

В программе EasyEXPERT предусмотрена возможность импорта/экспорта рабочего пространства с целью создания резервных копий и экономии места на накопителе.

Управление внешними приборами

Рабочая панель матричного коммутатора (ГИП)

Поддерживается работа с матричными коммутаторами следующих моделей:
Keysight B2200A, B2201A и E5250A (платы E5252A).

Внешние приборы, поддерживаемые в рамках прикладных тестов:

Keysight 4284A/E4980A, 81110A, 3458A

Управление зондовой станцией

Программное обеспечение EasyEXPERT поддерживает работу со всеми распространенными полуавтоматическими зондовыми станциями. Для проведения испытаний разных устройств, расположенных в зондовой станции, режим управления зондовой станцией может быть объединен либо с режимом быстрого тестирования, либо с режимом заданной последовательности прикладных тестов.

Возможности программы и интерфейса

Хранение данных

НЖМД, дисковод DVD-R

Интерфейсы

GPIB, блокировка, USB (USB 2.0, 2 порта спереди, 2 порта сзади), LAN (1000BASE-T/100BASE-TX/10BASE-T), Входной/выходной пусковой сигнал, цифровой I/O, VGA видеовыход

Возможности дистанционного управления

- Команды FLEX (GPIB)
- Функция дистанционного управления программы EasyEXPERT (LAN)

Входной/выходной пусковой сигнал

Эта функция поддерживается только командами FLEX. Активируются входные/выходные импульсы синхронизации до и после настройки и измерений постоянного напряжения и тока. Произвольные запуски могут осуществляться независимо, с использованием маски или активации.

Поставляемое программное обеспечение

- Исполняемые файлы, обеспечивающие управление зондовой станцией
- Программа Desktop EasyEXPERT
- Драйвер VXIplug&play для анализатора B1500A
- Конвертер для файлов настройки 4155/56
- Данный инструмент позволяет преобразовать файлы настройки измерений для анализаторов серий 4155 и 4156 (формат файлов MES или DAT) в эквивалентные файлы настройки классического режима тестирования для Easy-EXPERT / Desktop EasyEXPERT
- Конвертер файлов MDM
- Данное средство позволяет преобразовать файл EasyEXPERT (формат XTR/ZTR) в файл формата Keysight IC-CAP MDM
- Измерение ВАХ со свипированием
- Многоканальное измерение ВАХ со свипированием
- Измерение ВФХ со свипированием

Программное обеспечение Keysight Desktop EasyEXPERT

Программное обеспечение Desktop EasyEXPERT устанавливается на автономном компьютере и обеспечивает те же возможности, внешний вид интерфейса и восприятие при работе, что и ПО EasyEXPERT. Программа Desktop EasyEXPERT поддерживает все виды параметрического тестирования устройств и обеспечивает единую измерительную среду для параметрических анализаторов полупроводниковых приборов серий B1500A, B1505A, 4155B/C, а также прецизионных параметрических анализаторов полупроводниковых приборов 4156B/C. В онлайн-режиме программа позволяет управлять этими приборами и координировать работу автоматизированных испытательных систем, включающих полуавтоматические зондовые станции. В автономном режиме программа может использоваться для разработки новых прикладных тестов и анализа данных. Все это существенно повышает эффективность работы и позволяет использовать параметрические анализаторы по их основному назначению — для проведения измерений.

Поддерживаемые приборы

- B1500A
- 4155B, 4156B, 4155C и 4156C
  Поддерживаемые прошивки 4155/4156:
  HOSTC: 03.08 или более поздней версии
  SMUC: 04.08 или более поздней версии

Поддерживаемая функциональность анализаторов серий 4155/4156

- Измерение тока/напряжения со свипированием
- Выборка по времени значений тока/напряжения (исключая режим упрощенного вывода)
- VSU/VMU (за исключением измерений дифференциального напряжения с использованием VMU)
- PGU (41501B)
- Графический интерфейс для работы с матричными коммутаторами следующих моделей: Keysight B2200A, B2201A и E5250A (платы E5252A)

Системные требования

Для установки Desktop EasyEXPERT и всего сопутствующего программного обеспечения компьютер должен соответствовать следующим системным требованиям:

Desktop EasyEXPERT	**Все поставляемое ПО**	**ОС и пакет обновления**	**Microsoft Windows XP Professional SP3 или более поздней версии**	**Microsoft Windows Vista Business SP2 или более поздней версии**	**Microsoft Windows 7 Professional SP1 или более поздней версии**
		Поддерживаемый язык	**английский**		
		.NET Framework	**Microsoft .NET Framework 3.5 SP1**		
		Процессор	Intel Celeron 2 ГГц	ПК, сертифицированный для установки ОС Vista	ПК, сертифицированный для установки ОС Windows 7
		Память	512 МБ DDR266	ОЗУ 1 ГБ	ОЗУ 2 ГБ
		Дисплей	XGA 1024 x 768 (рекомендуется SXGA 1280 x 1024)		
		НЖМД	1 ГБ свободного места на диске C, 10 ГБ (рекомендуется 30 ГБ) свободного места на диске, предназначенном для хранения данных настройки/результатов тестирования.		

Рекомендованный интерфейс для GPIB

		Интерфейс	**B1500A**	**4155B/C 4156B/C**
Keysight	82350B	PCI	✓[1]	✓
	82357A	USB	✓[2]	✓
	82357B	USB	✓[2]	✓
National Instruments	GPIB-USB-HS	USB	✓[2]	

1. Настоятельно рекомендуется использование платы 82350B ввиду ее устойчивости и быстродействия.
2. Периодически интерфейс USB GPIB может вызывать ошибку последовательного опроса из-за различий в используемых схемах связи. Имеются сведения, что даже использование адресации GPIB иногда значительно снижает вероятность ошибки. Для обеспечения устойчивости рекомендуется применение NI GPIB-USB-HS, а для повышения быстродействия – Keysight 82357B.

Общие технические условия

Диапазон температур

Эксплуатация: от +5 °C до +40 °C
Хранение: от -20 °C до +60 °C

Влажность

Эксплуатация: относительная влажность от 20 % до 70 %, без конденсации
Хранение: относительная влажность от 10 % до 90 %, без конденсации

Высота над уровнем моря

Эксплуатация: от 0 до 2 000 м (6 561 фут)
Хранение: от 0 до 4 600 м (15 092 фут)

Требования по питанию

Напряжение сети переменного тока: 100-240 В (±10 %)
Частота: 50/60 Гц

Максимальная мощность (ВА)

B1500A: 900 ВА

Соблюдение требований регламентов

Электромагнитная совместимость:
- IEC61326-1/EN61326-1
- AS/NZS CISPR 11
- KC: RRA Уведомление, дополняющее Статью 58-2 Закона о радиочастотных излучениях
- Waves Act Article 58-2

Безопасность:
- IEC61010-1/EN61010-1
- CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1-04, C/US

Сертификация

CE, cCSAus, C-Tick, KC

Размеры

B1500A: 420 мм (Ш) × 330 мм (В) × 575 мм (Г)
N1301A-100 устройство объединения модулей SMU и CMU (SCUU):
148 мм (Ш) × 75 мм (В) × 70 мм (Г)
N1301A-200 устройство безопасного переключения (GSWU):
33,2 мм (Ш) × 41,5 мм (В) × 32,8 мм (Г)
E5288A Модуль коммутации и измерения аттоамперных токов (ASU):
132 мм (Ш) × 88,5 мм (В) × 50 мм (Г)
B1531A Модуль дистанционных измерений и коммутации (RSU):
45,2 мм (Ш) × 70 мм (В) × 82 мм (Г)
N1255A 2-канальная соединительная коробка для MCSMU:
184,4 мм (Ш) × 61,6 мм (В) × 169,6 мм (Г)
16440A Селектор SMU/PGU: 250 мм (Ш) × 50 мм (В) × 275 мм (Г)
16445A Переходник селектора: 250 мм (Ш) × 50 мм (В) × 260 мм (Г)

Вес

B1500A базовый блок: 20 кг
B1510A HPSMU: 2,0 кг
B1511B MPSMU: 1,0 кг
B1514A MCSMU: 1,3 кг
B1517A HRSMU: 1,2 кг
B1520A MFCMU: 1,5 кг
B1525A HV-SPGU: 1,3 кг
B1530A WGFMU: 1,3 кг
B1531A RSU: 0,13 кг
E5288A ASU: 0,5 кг
N1301A-100 SCUU: 0,8 кг
N1301A-200 GSWU: 0,1 кг
N1255A 2-канальная соединительная коробка для MCSMU: 0,7 кг
16440A Селектор SMU/PGU: 1,1 кг
16445A Переходник селектора: 1,0 кг

Поставляемые комплектующие

Кабель питания
CD-ROM с Руководством пользователя
CD-ROM с программным обеспечением Desktop EasyEXPERT
CD-ROM с дополнительным программным обеспечением (включая драйверы и утилиты)
Лицензия на использование ПО EasyEXPERT и Desktop EasyEXPERT

Информация для заказа

Базовый модуль	
B1500A	Базовый модуль анализатора полупроводниковых приборов В комплект поставки входят: 16444A-001 Клавиатура 16444A-002 Мышь USB 16444A-003 Стилус 16493J-001/002 Соединительный кабель длиной 1,5 м или 3,0 м* 16493L-001/002 Кабель модуля GNDU длиной 1,5 м или 3,0 м* 16494A-001/002 Триаксиальный кабель длиной 1,5 м или 3,0 м* N1254A-100 Переходник для модуля GNDU для схемы Кельвина CD-ROM Руководства, прочее *Для определения длины кабеля следует выбирать артикулы B1500A-015 или B1500A-030
B1500A-015	Кабель 1,5 м (Кабель длиной 1,5 м входит в стандартную комплектацию и дополнительные пакеты)
B1500A-030	Кабель 3,0 м (Кабель длиной 3,0 м входит в стандартную комплектацию и дополнительные пакеты)
B1500A-050	Частота линии питания 50 Гц
B1500A-060	Частота линии питания 60 Гц
B1500A-A6J	Калибровка по нормам ANSI Z540
B1500A-UK6	Сертификат коммерческой калибровки и данные испытаний
B1500A-ABA	Техническая документация на английском языке
B1500A-ABJ	Техническая документация на японском языке
Стандартные пакеты	
B1500A-A00	Пустой пакет для пользовательских решений
B1500A-A01	Стандартный пакет (4 шт. MPSMU, с кабелями)
B1500A-A02	Пакет высокого разрешения (4 шт. HRSMU, с кабелями)
B1500A-A03	Пакет высокой мощности (2 шт. HPSMU, 2 шт. MPSMU, с кабелями)
B1500A-A04	Базовый пакет для тестирования ячеек флэш-памяти (2 шт. MPSMU, 2 шт. HRSMU, SPGU, дополнительное оснащение)

Дополнительные пакеты	
B1500A-A10	Дополнительный модуль HPSMU (1 шт. HPSMU с кабелями)
B1500A-A11	Дополнительный модуль MPSMU (1 шт. MPSMU с кабелями)
B1500A-A17	Дополнительный модуль HRSMU (1 шт. HRSMU с кабелями)
B1500A-A1A	Дополнительный модуль MCSMU (1 шт. MCSMU с кабелями и соединительной коробкой)
B1500A-A1B	Дополнительные модули MCSMU (2 шт. MCSMU с кабелями и соединительной коробкой)
B1500A-A20	Дополнительный модуль MFCMU (MFCMU, кабель)
B1500A-A25	Дополнительный модуль HVSPGU (1 шт. HVSPGU с кабелями)
B1500A-A28	Дополнительный модуль ASU (модуль коммутации и измерения аттоамперных токов) для HRSMU (1 шт. ASU с кабелями)
B1500A-A29	Дополнительный модуль ASU (модуль коммутации и измерения аттоамперных токов) для MPSMU (1 шт. ASU с кабелями)
B1500A-A30	Дополнительный модуль WGFMU (1 шт. WGFMU, 2 шт. RSU с кабелями)
B1500A-A31	Дополнительный модуль WGFMU с переходником (1 шт. WGFMU 1ea, 2 шт. RSU, с кабелями и соединительным переходником)
B1500A-A3P	Комплект кабелей для зондов модуля WGFMU (8 кабелей для зондов, модуль WGFMU в пакет не входит)
B1500A-A5F	Оснастка для выполнения типовых измерений (16442B 1 шт.)
Дополнительное оснащение	
N1301A	Дополнительное оснащение CMU для анализатора B1500
N1301A-100	Устройство объединения модулей SMU и CMU (SCUU)
N1301A-102	Кабель устройства объединения SMU и CMU (длиной 3 м)
N1301A-110	Магнитная стойка для устройства объединения SMU и CMU
N1301A-200	Устройство безопасного переключения (GSWU)
N1301A-201	Кабель GSWU (длиной 1 м)
N1301A-202	Кабель GSWU (длиной 3 м)
B1542A	Пакет импульсной BAX для B1500 / EasyEXPERT

Комплектация опциональных пакетов[1]

Стандартные пакеты

Артикул	Описание	К-во
B1500A-A01 Стандартный пакет		
B1511B	MPSMU (модуль SMU средней мощности)	4
16494A-001/002	Триаксиальный кабель длиной 1,5 м или 3,0 м	8
B1500A-A02 Пакет высокого разрешения		
B1517A	HRSMU (модуль SMU с высоким разрешением)	4
16494A-001/002	Триаксиальный кабель длиной 1,5 м или 3,0 м	8
B1500A-A03 Пакет высокой мощности		
B1511B	MPSMU (модуль SMU средней мощности)	2
B1510A	HPSMU (модуль SMU большой мощности)	2
16494A-001/002	Триаксиальный кабель длиной 1,5 м или 3,0 м	8
B1500A-A04 Базовый пакет для тестирования ячеек флэш-памяти		
B1511B	MPSMU (модуль SMU средней мощности)	2
B1517A	HRSMU (модуль SMU с высоким разрешением)	2
B1525A	HVSPGU (модуль генератора импульсов)	1
16493P-001 / 002	Кабель генератора импульсов (коаксиальный, разъем SMA)	2
16440A	длина 1,5 м или 3,0 м	1
16440A-003	Селектор SMU / импульсный генератор	1
16445A	Кабель управления 40 см (для второго селектора)	1
16445A-001	Модуль селектора подключений	1
16494A-001	Кабель управления, соединяющий B1500A и 16440A, 1,5 м	2
16494A-001/002	Триаксиальный кабель длиной 1,5 м	8
	Триаксиальный кабель длиной 1,5 м или 3,0 м	

Дополнительные пакеты

B1500A-A10 Дополнительный пакет HPSMU		
B1510A	HPSMU (Модуль SMU высокой мощности)	1
16494A-001/002	Триаксиальный кабель длиной 1,5 м или 3,0 м	2
B1500A-A11 Дополнительный пакет MPSMU		
B1511B	MPSMU (Модуль SMU средней мощности)	1
16494A-001/002	Триаксиальный кабель длиной 1,5 м или 3,0 м	2
B1500A-A17 Дополнительный пакет HRSMU		
B1517A	HRSMU (Модуль SMU высокого разрешения)	1
16494A-001/002	Триаксиальный кабель длиной 1,5 м или 3,0 м	2
B1500A-A1A Дополнительный пакет MCSMU		
B1514A	MCSMU (Модуль SMU для средних токов)	1
16494A-001/002	Триаксиальный кабель длиной 1,5 м или 3,0 м	2
N1255A	2-канальная соединительная коробка для MCSMU	1
B1500A-A1B Дополнительный пакет MCSMU		
B1514A	MCSMU (Модуль SMU для средних токов)	2
16494A-001/002	Триаксиальный кабель длиной 1,5 м или 3,0 м	4
N1255A	2-канальная соединительная коробка для MCSMU	1

Артикул	Описание	К-во
B1500A-A20 Дополнительный пакет MFCMU		
B1520A	MFCMU	1
N1300A-001/002	Кабель для подключения CMU к анализатору B1500A, длина 1,5 м или 3,0 м	1
B1500A-A25 Дополнительный пакет HVSPGU		
B1525A	HVSPGU	1
16493P-001/002	Кабель генератора импульсов (коаксиальный, разъем SMA), длина 1,5 м или 3,0 м	2
B1500A-A28/A29 Дополнительный пакет ASU		
E5288A	ASU (модуль коммутации и измерения аттоамперных токов)	1
E5288A-001/002	Триаксиальный кабель для ASU с разъемом Dsub, длина 1,5 м или 3,0 м	1
B1500A-A30 Дополнительный пакет WGFMU[2]		
B1530A	Один модуль WGFMU и два RSU	1
B1530A-005/002	Два кабеля WGFMU (длиной 1,5 м или 3,0 м) для соединения между WGFMU и RSU	1
B1500A-A31 Дополнительный пакет WGFMU с переходником для подключения[2]		
B1530A	Один модуль WGFMU и два RSU	1
B1530A-001	Два комплектных кабеля WGFMU	1
16493R-801	(0,6 м + 2,4 м)	2
B1500A-A3P Комплект кабелей для зондов WGFMU		
16493R-101	Кабель SSMC-SSMC (50 мм) для замыкания цепи тока	2
16493R-102	Кабель SSMC-SSMC (70 мм) для замыкания цепи тока	2
16493R-202	Кабель SMA-SSMC (200 мм) между RSU и зондом постоянного тока	2
16493R-302	Кабель SMA-SMA (200 мм) между RSU и радиочастотным зондом	2
B1500A-A5F Оснастка для выполнения типовых измерений		
16442B	Приспособление для испытаний Переходник для приспособления Модуль универсального монтажного гнезда Модуль монтажного гнезда 28 конт. DIP Панель-заглушка из тефлона Кабели, используемые с переходником приспособления Кейс для переноски	1 1 2 1 1 39 1

1. Длина кабеля определяется опцией B1500A-015 или B1500A-030.
2. Если для RSU (выносной модуль измерения и коммутации) требуется магнитная стойка, артикул изделия – 16493R-802.

myKeysight

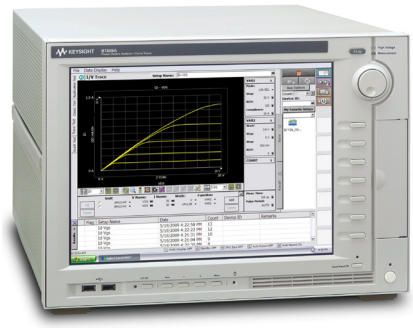
www.keysight.com/find/mykeysight
Персонализированный обзор информации, в наибольшей степени соответствующей вашим потребностям.

Три года гарантии
www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty
Keysight обеспечивает высочайшее качество продукции и снижение общей стоимости владения. Единственный производитель контрольно-измерительного оборудования, который предлагает стандартную трехлетнюю гарантию на все свое оборудование.

www.keysight.com/go/quality
Keysight Technologies, Inc.
Система управления качеством Keysight сертифицирована DEKRA по ISO 9001:2008

Keysight Channel Partners
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/b1500



Анализатор мощных устройств / характериограф (1500 A / 10 кВ)
Keysight B1505A

www.keysight.com/find/B1505A



Прецизионный модуль источник питания / измеритель
серии Keysight B2900A

www.keysight.com/find/B2900A

Российское отделение
Keysight Technologies

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

Тел.: +7 (495) 7973954

8 800 500 9286 (Звонок по России бесплатный)

Факс: +7 (495) 7973902

e-mail: tmo_russia@keysight.com

www.keysight.ru

Сервисный Центр
Keysight Technologies в России

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

Тел.: +7 (495) 7973930

Факс: +7 (495) 7973901

e-mail: tmo_russia@keysight.com

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Данная информация может быть изменена без предварительного уведомления.
© Keysight Technologies, 2013 – 2014
Published in USA, August 3, 2014
5989-2785RURU
www.keysight.com