

AFG2021
Генератор сигналов произвольной формы
Краткое руководство по эксплуатации



071-2935-00

Tektronix

AFG2021
Генератор сигналов произвольной формы
Краткое руководство по эксплуатации

Copyright © Tektronix. Все права защищены. Лицензированные программные продукты являются собственностью компании Tektronix, ее филиалов или ее поставщиков и защищены национальным законодательством по авторскому праву и международными соглашениями.

Изделия корпорации Tektronix защищены патентами и патентными заявками в США и других странах. Приведенные в данном руководстве сведения заменяют любые ранее опубликованные. Права на изменение спецификаций и цен сохранены.

ТЕКТРОНИК и ТЕК являются зарегистрированными товарными знаками Tektronix, Inc.

Как связаться с корпорацией Tektronix

Tektronix, Inc.
14150 SW Karl Braun Drive
P.O. Box 500
Beaverton, OR 97077
USA

Сведения о продуктах, продажах, услугах и технической поддержке.

- В странах Северной Америки по телефону 1-800-833-9200.
- В других странах мира — см. сведения о контактах для соответствующих регионов на веб-узле www.tektronix.com.

Гарантия

Корпорация Tektronix гарантирует, что в течение 3 (трех) лет со дня приобретения у полномочного дистрибьютора Tektronix в приборе не будут обнаружены дефекты материалов и изготовления. Если в течение гарантийного срока в изделии будут обнаружены дефекты, корпорация Tektronix по своему усмотрению либо отремонтирует неисправное изделие без дополнительной платы за материалы и потраченное на ремонт рабочее время, либо заменит это изделие на исправное. Данное гарантийное обязательство не распространяется на батарейные источники питания. Компоненты, модули и заменяемые изделия, используемые корпорацией Tektronix для работ, выполняемых по гарантии, могут быть как новые, так и восстановленные с такими же эксплуатационными характеристиками, как у новых. Все замененные части, модули и изделия становятся собственностью корпорации Tektronix.

Для реализации права на обслуживание в соответствии с данной гарантией необходимо до истечения гарантийного срока уведомить корпорацию Tektronix об обнаружении дефекта и выполнить необходимые для проведения гарантийного обслуживания действия. Упаковка и доставка неисправного изделия в указанный Tektronix центр гарантийного обслуживания, предоплата почтовых расходов и представление копии документа о приобретении производятся владельцем изделия. Корпорация Tektronix оплачивает обратную доставку исправного изделия заказчику только в пределах страны, в которой расположен центр гарантийного обслуживания. Доставка исправного изделия по любому другому адресу должна быть оплачена владельцем изделия, включая все расходы по транспортировке, пошлины, налоги и любые другие расходы.

Данная гарантия не распространяется на случаи, когда дефект, отказ в работе или повреждение изделия вызваны неправильной эксплуатацией, хранением или обслуживанием изделия. Корпорация Tektronix не обязана по данному гарантийному обязательству: а) исправлять повреждения, вызванные действиями любых лиц (кроме инженеров Tektronix) по установке, ремонту или обслуживанию изделия; б) исправлять повреждения, вызванные неправильным использованием изделия или подключением его к несовместимому оборудованию; в) исправлять повреждения или неполадки, вызванные использованием материалов, не рекомендованных Tektronix, а также г) обслуживать изделие, подвергшееся модификации или интегрированное в иное оборудование таким образом, что эти действия увеличили время или сложность обслуживания изделия.

ДАННАЯ ГАРАНТИЯ ПРЕДОСТАВЛЯЕТСЯ ТЕКТРОНИХ НА ДАННОЕ ИЗДЕЛИЕ НА УСЛОВИЯХ ЗАМЕНЫ ЛЮБЫХ ДРУГИХ ГАРАНТИЙ, ДАННЫХ ЯВНО ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАВШИХСЯ. КОРПОРАЦИЯ ТЕКТРОНИХ И ЕЕ ПОСТАВЩИКИ ОТКАЗЫВАЮТСЯ ОТ ЛЮБЫХ ДРУГИХ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ ГАРАНТИЙ ТОВАРНОСТИ ИЛИ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ДРУГИХ ЦЕЛЕЙ. ОТВЕТСТВЕННОСТЬ КОРПОРАЦИИ ТЕКТРОНИХ ПО ДАННОМУ ГАРАНТИЙНОМУ ОБЯЗАТЕЛЬСТВУ ОГРАНИЧИВАЕТСЯ ТОЛЬКО РЕМОНТОМ ИЛИ ЗАМЕНОЙ ДЕФЕКТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ЗАКАЗЧИКАМ. КОРПОРАЦИЯ ТЕКТРОНИХ И ЕЕ ПОСТАВЩИКИ НЕ НЕСУТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА КОСВЕННЫЙ, СПЕЦИФИЧЕСКИЙ ИЛИ КАКОЙ-ЛИБО ОПОСРЕДОВАННЫЙ УЩЕРБ ДАЖЕ В ТОМ СЛУЧАЕ, ЕСЛИ ПРЕДСТАВИТЕЛИ КОРПОРАЦИИ ТЕКТРОНИХ БЫЛИ ЗАРАНЕЕ УВЕДОМЛЕНЫ О ВОЗМОЖНОСТИ ТАКОГО УЩЕРБА.

[W16 – 15AUG04]

Оглавление

| | |
|---|------|
| Общие правила техники безопасности | iv |
| Информация о соответствии | vi |
| Соответствие требованиям по электромагнитной совместимости | vi |
| Соответствие нормам безопасности | viii |
| Защита окружающей среды | ix |
| Предисловие | xi |
| Где найти дополнительные сведения | xi |
| Правила, используемые в данном руководстве | xi |
| Приступая к работе | 1 |
| Основные функции | 1 |
| Перед установкой | 1 |
| Стандартные принадлежности | 2 |
| Дополнительные принадлежности | 3 |
| Условия эксплуатации | 4 |
| Включение и выключение электропитания прибора | 5 |
| Изменение настроек прибора при включении питания | 7 |
| Удаление из памяти настроек прибора и осциллограмм | 7 |
| Выполнение самотестирования и автокалибровки прибора | 8 |
| Выбор языка | 11 |
| Защита от неправильного использования | 11 |
| Заземление в режиме изоляции от цепей заземления | 14 |
| Защита проверяемого устройства | 15 |
| Обновление встроенного микропрограммного обеспечения прибора | 17 |
| Подключение к компьютерной сети | 21 |
| Эквивалентные выходные цепи | 26 |
| Передняя панель, интерфейс и задняя панель прибора | 27 |
| Вид передней панели | 27 |
| Элементы экранного интерфейса | 28 |
| Настройка по умолчанию | 29 |
| Выбор формы сигнала | 31 |
| Выбор режима работы | 35 |
| Настройка параметров сигналов | 36 |
| Включение/выключение выходного сигнала канала | 39 |
| Задняя панель | 40 |
| Основные операции | 41 |
| Краткое учебное пособие: выбор формы сигнала и регулировка параметров | 41 |
| Краткое учебное пособие: генерирование синусоидального сигнала | 42 |
| Краткое учебное пособие: справочная система прибора | 44 |

| | |
|---|----|
| Основные операции..... | 46 |
| Генерация импульсного сигнала..... | 46 |
| Сохранение и восстановление настроек прибора..... | 47 |
| Генерирование сигнала произвольной формы..... | 49 |
| Изменение сигнала произвольной формы..... | 51 |
| Генерирование сигналов шума и постоянного тока..... | 55 |
| Генерирование пакета импульсов..... | 56 |
| Развертка формы сигнала..... | 59 |
| Модулирование сигнала..... | 62 |
| Выходной сигнал запуска..... | 67 |
| Настройка импеданса нагрузки..... | 71 |
| Добавление шумов..... | 72 |
| Генератор опорных импульсов..... | 73 |
| Синхронная работа..... | 75 |
| USB-память..... | 76 |
| Меню Utility (сервис)..... | 77 |
| Сохранение и восстановление настроек прибора..... | 80 |
| Сохранение снимка экрана..... | 82 |
| Меню Security (защита)..... | 83 |
| Приложение ArgbExpress..... | 87 |
| Примеры применения..... | 93 |
| Измерение характеристик фильтра..... | 93 |
| Управление скоростью электропривода с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ)..... | 94 |
| Пустая несущая (частотная модуляция)..... | 95 |
| Предметный указатель..... | |

Список рисунков

| | |
|---|----|
| Рис. 1: Размеры прибора..... | 4 |
| Рис. 2: Предохранитель и адаптер предохранителя | 13 |

Общие правила техники безопасности

Во избежание травм, а также повреждений данного изделия и подключаемого к нему оборудования необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности.

Используйте изделие в строгом соответствии с инструкциями, чтобы исключить фактор риска.

Процедуры по обслуживанию устройства могут выполняться только квалифицированным персоналом.

Во время работы с прибором может потребоваться доступ к другим компонентам системы. Прочтите разделы по технике безопасности в руководствах по работе с другими компонентами и ознакомьтесь с мерами предосторожности и предупреждениями, связанными с эксплуатацией системы.

Пожарная безопасность и предотвращение травм

Используйте соответствующий кабель питания. Подключение к электросети должно выполняться только кабелем, разрешенным к использованию с данным изделием и сертифицированным для страны, в которой будет производиться его эксплуатация.

Используйте защитное заземление. Прибор заземляется через провод защитного заземления шнура питания. Во избежание поражения электрическим током соответствующий контакт кабеля питания должен быть заземлен. Проверьте наличие защитного заземления, прежде чем выполнять подсоединение к выходам и входам прибора.

Соблюдайте ограничения на параметры разъемов. Во избежание воспламенения или поражения электрическим током проверьте все допустимые номиналы и маркировку на приборе. Перед подсоединением прибора просмотрите дополнительные сведения по номинальным ограничениям, содержащиеся в руководстве к прибору.

Не подавайте на разъемы, в том числе на разъем общего провода, напряжение, превышающее допустимое для данного прибора номинальное значение.

Отключение питания. Отсоедините шнур питания прибора от источника питания. Не следует перекрывать подход к шнуру питания; он должен всегда оставаться доступным для пользователя.

Не используйте прибор с открытым корпусом. Использование прибора со снятым кожухом или защитными панелями не допускается.

Не пользуйтесь неисправным прибором. Если имеется подозрение, что прибор поврежден, передайте его для осмотра специалисту по техническому обслуживанию.

Избегайте прикосновений к оголенным участкам проводки. Не прикасайтесь к неизолированным соединениям и компонентам, находящимся под напряжением.

Не пользуйтесь прибором в условиях повышенной влажности.

Не пользуйтесь прибором во взрывоопасных средах.

Не допускайте попадания влаги и загрязнений на поверхность прибора.

Обеспечьте надлежащую вентиляцию. Дополнительные сведения по обеспечению надлежащей вентиляции при установке изделия содержатся в руководстве.

Условные обозначения в данном руководстве

Ниже приводится список условных обозначений, используемых в данном руководстве.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Предупреждения о действиях и условиях, представляющих угрозу для жизни или способных нанести вред здоровью.



ОСТОРОЖНО. Предостережения о действиях и условиях, способных привести к повреждению данного прибора или другого оборудования.

Символы и условные обозначения в данном руководстве

Ниже приводится список возможных обозначений на изделии.

- Обозначение DANGER (Опасно!) указывает на непосредственную опасность получения травмы.
- Обозначение WARNING (Внимание!) указывает на возможность получения травмы при отсутствии непосредственной опасности.
- Обозначение CAUTION (Осторожно!) указывает на возможность повреждения данного изделия и другого имущества.

Ниже приводится список символов на изделии.



Информация о соответствии

В настоящем разделе приводятся стандарты электромагнитной совместимости, безопасности и природоохранные стандарты, которым удовлетворяет данный прибор.

Соответствие требованиям по электромагнитной совместимости

Заявление о соответствии стандартам ЕС — электромагнитная совместимость (ЭМС)

Отвечает требованиям директивы 2004/108/ЕС по электромагнитной совместимости. Проверено на соответствие перечисленным ниже стандартам (как указано в Official Journal of the European Communities):

EN 61326-1 2006. Требования по электромагнитной совместимости электрооборудования для измерений, контроля и использования в лабораториях. ^{1 2 3}

- CISPR 11:2003. Обычные и наведенные излучения, группа 1, класс А
- IEC 61000-4-2:2001. Защищенность от электростатических разрядов
- IEC 61000-4-3:2002. Защищенность от электромагнитных радиочастотных полей
- IEC 61000-4-4:2004. Защищенность от перепадов и всплесков напряжения
- IEC 61000-4-5:2001. Защищенность от скачков напряжения в сети питания
- IEC 61000-4-6:2003. Защищенность от наведенных радиочастотных помех
- IEC 61000-4-11:2004. Защищенность от понижения и пропадания напряжения в сети питания

EN 61000-3-2:2006. Гармонические излучения сети переменного тока

EN 61000-3-3:1995. Изменения напряжения, флуктуации и фликкер-шум**Контактный адрес в Европе.**

Tektronix UK, Ltd.,
Western Peninsula,
Western Road,
Bracknell, RG12 1RF,
Великобритания

- 1 Прибор предназначен для использования только в нежилых помещениях. При использовании в жилых помещениях следует учитывать, что прибор может быть источником электромагнитных помех.
- 2 При подключении оборудования к тестируемому объекту могут появиться излучения, превышающие уровни, установленные данными стандартами.
- 3 Для обеспечения соответствия перечисленным стандартам по электромагнитной совместимости следует использовать высококачественные экранированные кабели.

**Заявление о
соответствии
стандартам для
Австралии/Новой Зеландии
— электромагнитная
совместимость**

Соответствует следующему стандарту электромагнитной совместимости для радиокommunikаций в соответствии с АСМА:

- CISPR 11:2003. Обычные и наведенные излучения, группа 1, класс А, в соответствии с EN 61326-1:2006.

Контактный адрес в Австралии/Новой Зеландии. Baker & McKenzie,
Level 27, AMP Centre,
50 Bridge Street,
Sydney NSW 2000, Австралия

Соответствие нормам безопасности

| | |
|---|---|
| Заявление о соответствии стандартам ЕС — низковольтное оборудование | <p>Проверено на соответствие перечисленным ниже спецификациям (как указано в Official Journal of the European Communities):</p> <p>Директива 2006/95/ЕС по низковольтному оборудованию.</p> <ul style="list-style-type: none">■ EN 61010-1: 2001. Требования по безопасности электрооборудования для измерений, контроля и использования в лабораториях. |
| Номенклатура разрешенного в США тестового оборудования для применения в лабораториях | <ul style="list-style-type: none">■ UL 61010-1:2004, 2-я редакция. Стандарт на электрическое измерительное и тестовое оборудование. |
| Сертификация для Канады | <ul style="list-style-type: none">■ CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1:2004. Требования по безопасности электрооборудования для измерений, контроля и использования в лабораториях. Часть 1. |
| Дополнительные стандарты | <ul style="list-style-type: none">■ IEC 61010-1: 2001. Требования по безопасности электрооборудования для измерений, контроля и использования в лабораториях. |
| Тип оборудования | Тестовое и измерительное оборудование. |
| Класс безопасности | Класс 1 — заземленный прибор. |
| Описание уровней загрязнения | <p>Степень загрязнения, фиксируемого вблизи прибора и внутри него. Обычно считается, что параметры среды внутри прибора те же, что и снаружи. Прибор должен использоваться только в среде, параметры которой подходят для его эксплуатации.</p> <ul style="list-style-type: none">■ Уровень загрязнения 1. Загрязнение отсутствует, или встречается только сухое непроводящее загрязнение. Приборы данной категории обычно эксплуатируются в герметичном опечатанном исполнении или устанавливаются в помещениях с очищенным воздухом.■ Уровень загрязнения 2. Обычно встречается только сухое непроводящее загрязнение. Иногда может наблюдаться временная проводимость, вызванная конденсацией. Такие условия типичны для жилых и рабочих помещений. Временная конденсация наблюдается только в тех случаях, когда прибор не работает.■ Уровень загрязнения 3. Проводящее загрязнение или сухое непроводящее загрязнение, которое становится проводящим из-за |

конденсации. Это характерно для закрытых помещений, в которых не ведется контроль за температурой и влажностью. Место защищено от прямых солнечных лучей, дождя и ветра.

- Уровень загрязнения 4. Загрязнение, приводящее к постоянной проводимости из-за проводящей пыли, дождя или снега. Типичные условия вне помещения.

Уровень загрязнения Уровень загрязнения 2 (в соответствии со стандартом IEC 61010-1).
Примечание. Прибор предназначен только для использования в помещении.

Описание категорий установки (перенапряжения) Нагрузка прибора может принадлежать к различным категориям установки (перенапряжения). Существуют следующие категории установки:

- Категория измерений IV. Для измерений, выполняемых на низковольтном оборудовании.
- Категория измерений III. Для измерений, выполняемых на оборудовании в зданиях.
- Категория измерений II. Для измерений, выполняемых в цепях, непосредственно подключенных к низковольтному оборудованию.
- Категория измерений I. Для измерений, выполняемых в цепях, не подключенных непосредственно к сети питания.

Категория перенапряжения Категория перенапряжения II (в соответствии с определением стандарта IEC 61010-1)

Защита окружающей среды

В этом разделе содержатся сведения о влиянии прибора на окружающую среду.

Утилизация прибора по окончании срока службы При утилизации прибора и его компонентов необходимо соблюдать следующие правила.

Утилизация оборудования. Для производства этого оборудования потребовалось извлечение и использование природных ресурсов. Прибор может содержать вещества, опасные для окружающей среды и здоровья людей в случае его неправильной утилизации по окончании срока службы. Во избежание попадания подобных веществ в окружающую среду и для сокращения расхода природных ресурсов рекомендуется утилизировать данный прибор таким образом, чтобы обеспечить максимально полное повторное использование его материалов.



Этот символ означает, что данный прибор соответствует требованиям Европейского союза согласно директивам 2002/96/EC и 2006/66/EC об утилизации электрического и электронного оборудования (WEEE) и элементов питания. Сведения об условиях утилизации см. в разделе технической поддержки на веб-сайте Tektronix (www.tektronix.com).

**Ограничение
распространения
опасных веществ**

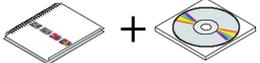
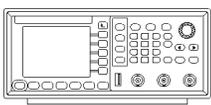
Прибор относится к контрольно-измерительному оборудованию и не подпадает под действие директивы 2002/95/EC RoHS.

Предисловие

В данном руководстве рассматриваются вопросы установки и работы на генераторе сигналов произвольной формы серии AFG2021 корпорации Tektronix, а также основные операции и концепции.

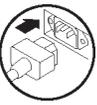
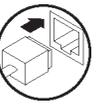
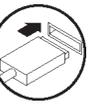
Где найти дополнительные сведения

В следующей таблице перечислена дополнительная документация для генератора сигналов произвольной формы. Документация имеется на компакт-диске, поставляемом с прибором, и на веб-сайте корпорации Tektronix (www.tektronix.com/manuals).

| Позиция | Назначение | Местонахождение |
|---|--|---|
| Краткое руководство по эксплуатации | Распаковка, установка, учебные материалы, эксплуатация и обзоры |  +  +  WWW.Tektronix.com |
| Встроенная справка | Справка по интерфейсу пользователя и эксплуатации |  |
| Руководство программиста | Описание структуры меню, пользовательского интерфейса и сведения по программированию |  +  WWW.Tektronix.com |
| Руководство по обслуживанию | Пособие для самостоятельного обслуживания и теста на производительность |  +  WWW.Tektronix.com |
| Справочное руководство по техническим характеристикам | Технические характеристики и процедуры проверки эксплуатационных параметров |  +  WWW.Tektronix.com |
| Компакт-диск с программным обеспечением ArbExpress | Создание формы сигнала Импорт форм сигнала с осциллографа или ПК |  +  WWW.Tektronix.com |

Правила, используемые в данном руководстве

В данном руководстве используются следующие обозначения.

| Выключатель питания на передней панели | Подключение электропитания | Сеть | USB |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |

Программные кнопки вдоль правой стороны дисплея называются в данном руководстве экранными кнопками. В других документах они могут также называться кнопками параметров или кнопками бокового меню.

Приступая к работе

Основные функции

Генератор сигналов произвольной формы AFG2021 предлагает функциональные возможности трех генераторов в одном:

- генератор функций с частотой 20 МГц;
- импульсный генератор с частотой 10 МГц;
- 14-битовый генератор сигналов произвольной формы.

В следующей таблице описываются некоторые основные функции данного прибора.

| Функция | Описание |
|---|---|
| Канал | 1 |
| Синус | 20 МГц |
| Импульс | 10 МГц |
| Память | 128 КБ 14 бит |
| Частота дискретизации | 250 Мвыб/с |
| Амплитуда | 10 Вразмах |
| Дисплей | Цветной ЖК-дисплей на тонкопленочных транзисторах |
| Интерфейс | USB GPIB (AFG2021 только с опцией GL) Локальная сеть (AFG2021 только с опцией GL) |
| Синхронная работа | Доступно |
| Изолированная шина заземления | Доступно |
| Контекстно-зависимая справочная система | Справка к прибору доступна на нескольких языках |
| Программное обеспечение ArbExpress® | Программное обеспечение для создания осциллограмм и редактирования |

Перед установкой

Проверьте отсутствие внешних повреждений упаковки прибора. Если картонная коробка повреждена, известите об этом транспортную компанию-перевозчик.

Извлеките генератор сигналов произвольной формы из упаковки и убедитесь, что он не поврежден при транспортировке. Убедитесь, что в коробке содержатся прибор и стандартные принадлежности прибора.

Стандартные принадлежности

Распакуйте прибор и проверьте его комплектность по списку стандартных принадлежностей. Последние сведения можно найти на веб-сайте корпорации Tektronix (www.tektronix.com).

Стандартные принадлежности

| Описание | Номер по каталогу Tektronix |
|--|-----------------------------|
| Краткое руководство по эксплуатации генераторов сигналов произвольной формы AFG2021 | |
| На английском языке (опция L0) | 071-2926-xx |
| На французском языке (опция L1) ¹ | 071-2927-xx |
| На итальянском языке (опция L2) ¹ | 071-2928-xx |
| На немецком языке (опция L3) ¹ | 071-2929-xx |
| На испанском языке (опция L4) ¹ | 071-2930-xx |
| На японском языке (опция L5) ¹ | 071-2931-xx |
| На португальском языке (опция L6) ¹ | 071-2936-xx |
| На китайском языке, упрощенное письмо (опция L7) ¹ | 071-2932-xx |
| На китайском языке, традиционное письмо (опция L8) ¹ | 071-2933-xx |
| На корейском языке (опция L9) ¹ | 071-2934-xx |
| На русском языке (опция L10) ¹ | 071-2935-xx |
| Руководство в печатном виде отсутствует (опция L99) | - - - |
| Компакт-диск с документацией по прибору серии AFG2021, содержащий следующие документы в формате PDF: | 063-4441-xx |
| Руководство программиста по работе с генератором сигналов произвольной формы AFG2021 | 077-0587-xx |
| Руководство по обслуживанию генераторов сигналов произвольной формы AFG2021 | 077-0586-xx |
| Технические характеристики генераторов сигналов произвольной формы AFG2021 и руководство по проверке технических характеристик | 077-0588-xx |
| Компакт-диск с программным обеспечением ArbExpress для создания и редактирования сигналов, вырабатываемых генераторами сигналов произвольной формы Tektronix, с инструкциями | 063-3763-xx |
| USB-кабель | 174-4401-xx |
| Шнур питания | |

| Описание | | Номер по каталогу Tektronix |
|----------------------------|---|-----------------------------|
| Технические характеристики | Описание | |
| 115 В, 60 Гц | Северная Америка (опция A0) | --- |
| 220 В, 50 Гц | Европа (опция A1) | --- |
| 240 В, 50 Гц | Великобритания (опция A2) | --- |
| 240 В, 50 Гц | Австралия (опция A3) | --- |
| 220 В, 50 Гц | Швейцария (опция A5) | --- |
| 100 В, 110/120 В, 60 Гц | Япония (опция A6) | --- |
| 220 В, 50 Гц | Китай (опция A10) | --- |
| 240 В, 50 Гц | Индия (опция A11) | --- |
| 110/220 В, 60 Гц | Бразилия (опция A12) | --- |
| --- | Без шнура питания и адаптера переменного тока (опция A99) | --- |

¹ Эти руководства содержат наклейки для элементов управления передней панели на соответствующем языке.

Дополнительные принадлежности

Для вашего прибора рекомендуется использовать следующие дополнительные принадлежности:

Дополнительные принадлежности

| Описание | Номер по каталогу Tektronix |
|--|-----------------------------|
| Кабель BNC с сопротивлением 50 Ом с двойной экранировкой длиной 91 см | 012-0482-XX |
| Кабель BNC с сопротивлением 50 Ом с двойной экранировкой длиной 250 см | 012-1256-XX |
| Нагрузка BNC 50 Ом | 011-0049-XX |
| Интерфейсный кабель GPIB, дважды экранированный, длиной 200 см | 012-0991-XX |
| Набор для монтажа в стойку | RMU2U |

| Описание | Номер по каталогу Tektronix |
|--|-----------------------------|
| Адаптер плавкого предохранителя | 013-0345-XX |
| комплект плавких предохранителей 0,125 А (три штуки) | 159-0454-XX |

ПРИМЕЧАНИЕ. Соответствие требованиям по электромагнитной совместимости, указанным в технических характеристиках, гарантируется только при использовании высококачественных экранированных кабелей. Оплетка таких кабелей обычно состоит из фольги и плетения. На обоих концах кабеля имеются защищенные разъемы с низким импедансом.

Условия эксплуатации

Следующая информация и цифры характеризуют эксплуатационные требования к температуре, зазорам и источнику питания прибора.

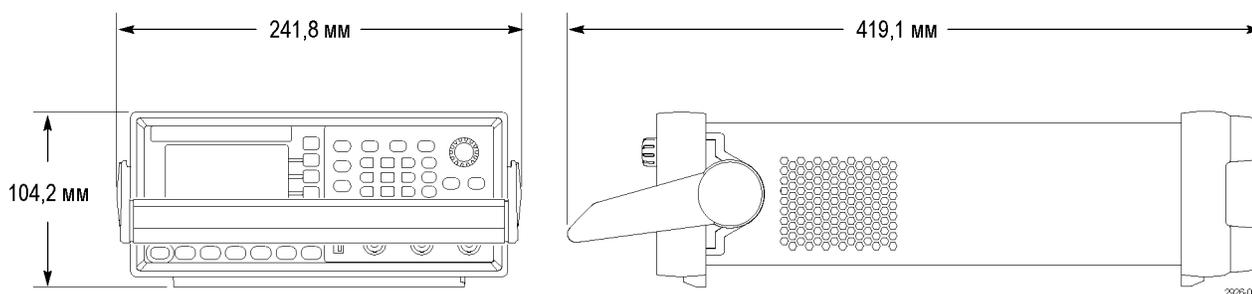


Рис. 1: Размеры прибора

Требования к окружающей среде

Зазор. При установке прибора на тележке или на стойке соблюдайте требования к зазорам:

- сбоку: 50 мм;
- сзади: 50 мм.

Температура. Перед началом работы убедитесь, что температура окружающей среды находится в пределах от 0 до 50 °С.



ОСТОРОЖНО. Для обеспечения надлежащего охлаждения не загромождайте обе боковые панели прибора.

Требования к источнику питания

Напряжение и частота источника. от 100 до 240 В, от 50 до 60 Гц или 115 В, 400 Гц.

Потребляемая мощность. 60 Вт



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Для снижения риска воспламенения или удара током убедитесь, что флуктуации напряжения питания в сети переменного тока не превышают 10 % от диапазона рабочего напряжения.

Включение и выключение электропитания прибора

Описанные ниже процедуры определяют подачу питания к прибору, его включение и выключение.

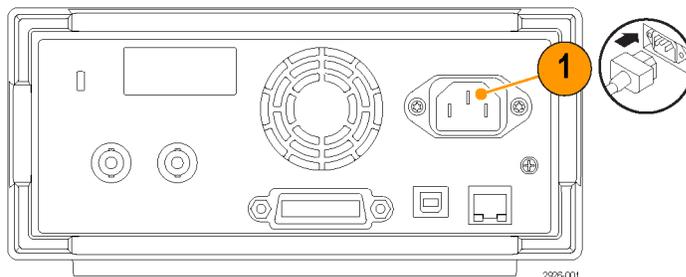


ОСТОРОЖНО. Данный продукт не будет работать, если его задние ножки будут находиться в нижнем положении. Прежде чем устанавливать прибор, убедитесь, что они подняты.

При включении питания

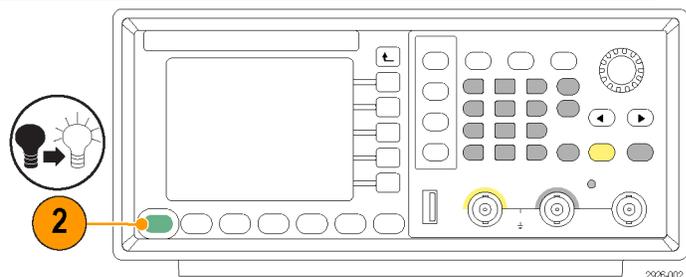
Для подачи питания к прибору и для его включения выполните следующие действия.

1. Вставьте один конец шнура питания переменного тока в соответствующий разъем на задней панели, а другой конец — в правильно заземленную розетку питания.



2. Для включения питания прибора нажмите кнопку питания на передней панели.

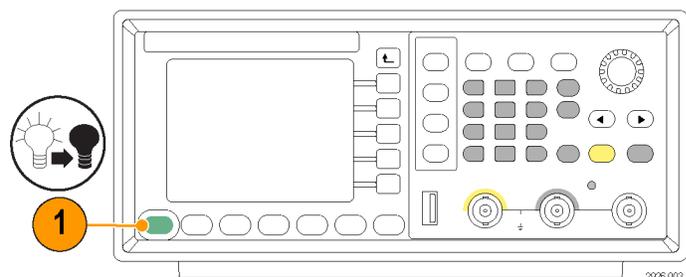
ПРИМЕЧАНИЕ. Прежде чем пользоваться прибором, дождитесь, пока на дисплее, находящемся на передней панели, не появится информация о том, что он прошел все самопроверки, выполняемые при включении питания.



При выключении питания

Чтобы выключить прибор, выполните следующие действия.

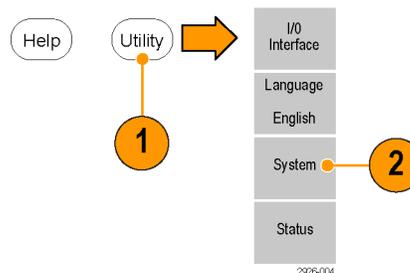
1. Для выключения питания прибора нажмите кнопку питания на передней панели.



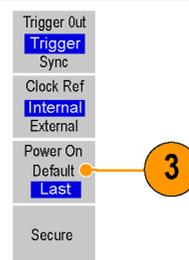
Изменение настроек прибора при включении питания

При включении питания прибора восстанавливаются настройки по умолчанию. Настройки, устанавливающиеся при включении питания, можно заменить на настройки, которые действовали перед выключением, при помощи меню Utility (сервис), выполнив следующие действия.

1. Нажмите кнопку Utility (сервис) на передней панели.
2. Нажмите экранную кнопку System (система).



3. Чтобы выбрать, какие из приведенных ниже настроек будут устанавливаться при включении питания, нажмите экранную кнопку Power On (включение).



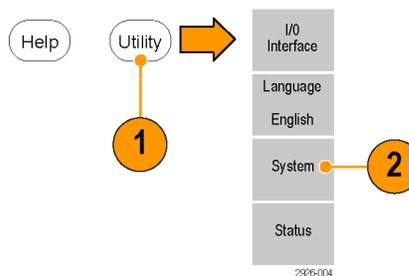
- **Default** (по умолчанию) восстанавливает при включении прибора настройки по умолчанию.
- **Last** (последний) восстанавливает настройки, которые действовали перед последним выключением прибора.

Удаление из памяти настроек прибора и осциллограмм

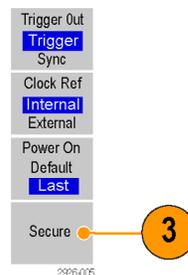
Из внутренней памяти прибора можно удалить все хранящиеся в ней настройки и осциллограммы, предприняв следующие действия.

ПРИМЕЧАНИЕ. Все настройки прибора по умолчанию можно восстановить в любой момент, не стирая содержимого памяти, при помощи соответствующей процедуры. (См. стр. 29.)

1. Нажмите кнопку Utility (сервис) на передней панели.
2. Нажмите экранную кнопку System (система).



3. Нажмите экранную кнопку Secure (безопасность).



Выполнение самотестирования и автокалибровки прибора

Прибор при включении питания выполняет ряд проверок оборудования. Кроме того, с помощью меню Utility (сервис) можно выполнить диагностику и автокалибровку в ручном режиме.

ПРИМЕЧАНИЕ. Перед выполнением самотестирования и автокалибровки отсоедините все кабели от прибора.

- Диагностика (самотестирование): самотестирование позволяет убедиться в правильной работе прибора.
- Калибровка (автокалибровка): автокалибровка главным образом проверяет точность значения постоянного тока при помощи внутренних процедур калибровки. Для поддержания точности по постоянному

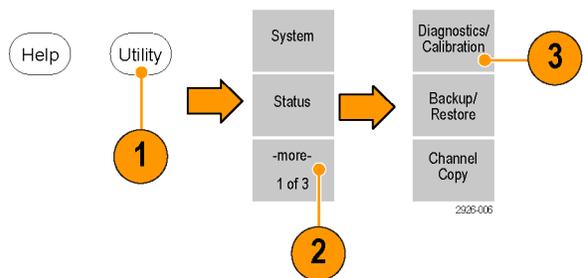
току следует выполнять ее не реже одного раза в год. Рекомендуется выполнять автокалибровку одновременно с периодической проверкой.

ПРИМЕЧАНИЕ. Если необходимо убедиться в том, что прибор обладает гарантированными техническими характеристиками, выполните полный набор процедур проверки, описанный в руководстве по проверке эксплуатационных параметров.



ОСТОРОЖНО. При выполнении автокалибровки не выключайте питание. Если во время автокалибровки выключится питание, могут быть потеряны данные, хранящиеся во внутренней памяти.

1. Нажмите кнопку Utility (сервис) на передней панели.
2. Нажмите экранную кнопку -more- (-еще-).
3. Нажмите экранную кнопку Diagnostics/Calibration (диагностика/калибровка).



4. Выполните одно из следующих действий.

ПРИМЕЧАНИЕ. Перед выполнением автокалибровки убедитесь, что температура окружающей среды находится в диапазоне от 20 до 30 °C; дайте прибору прогреться в течение 20 минут.

Execute Diagnostics

(выполнить диагностику): нажмите эту экранную кнопку, чтобы запустить диагностику прибора.

Execute Calibrations

(выполнить калибровку): нажмите эту экранную кнопку, чтобы запустить автокалибровку.

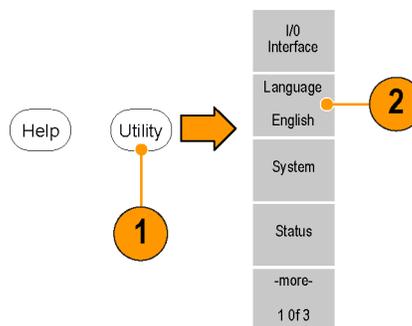
5. Если диагностика или автокалибровка проходят без ошибок, отображается сообщение PASSED (пройдено).



Выбор языка

Можно выбрать язык, на котором будет отображаться информация на экране прибора. Когда прибор включается первый раз, по умолчанию выбирается английский язык. После выбора нужного языка все экранные меню, всплывающие сообщения и встроенная справка отображаются на указанном языке. Текст в основной области дисплея не переводится.

1. Нажмите кнопку Utility (сервис) на передней панели.
2. Нажмите экранную кнопку Language (язык).



3. Выберите нужный язык. Можно выбрать язык из списка: английский, французский, немецкий, японский, корейский, китайский упрощенный, китайский традиционный и русский.



ПРИМЕЧАНИЕ. В случае выбора языка при покупке прибора вместе с прибором можно получить наклейку на переднюю панель.

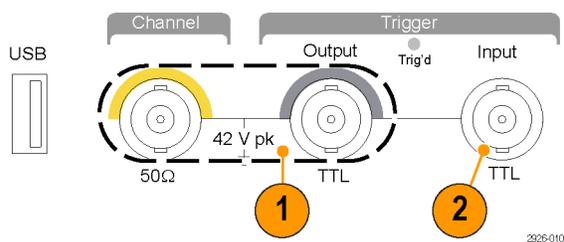
Защита от неправильного использования

Проверка входных и выходных разъемов

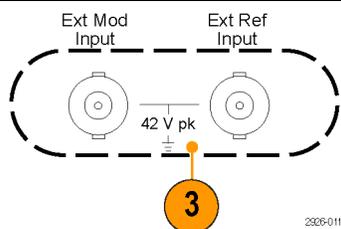
При подключении кабеля не перепутайте входной разъем с выходными.

ПРИМЕЧАНИЕ. Входной и выходной разъемы генератора сигналов произвольной формы представляют собой входы и выходы с изоляцией от цепей заземления. (См. стр. 14, Заземление в режиме изоляции от цепей заземления.)

1. Найдите разъемы Channel Output (выход канала) и Trigger Output (выход сигнала запуска) на передней панели.
2. Найдите разъем Trigger Input (вход сигнала запуска) на передней панели.



3. Найдите разъемы Ext Mod Input (вход сигнала внешней модуляции) и Ext Ref Input (вход внешнего опорного сигнала) на задней панели.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Во избежание поражения электрическим током не прикладывайте напряжение, превышающее 42 В (пиковое значение), к заземлению любого разъема BNC или к заземленному шасси.



ОСТОРОЖНО. Не замыкайте накоротко контакты выходных разъемов и не прикладывайте внешнее напряжение к выходным разъемам. Это может повредить прибор.



ОСТОРОЖНО. Не прикладывайте напряжения, превышающие +5 В, к разъему Trigger Input (вход сигнала запуска). Это может повредить прибор.

Использование адаптера плавких предохранителей

Большое напряжение постоянного или переменного тока, приложенное к выходному или входному разъемам, может повредить прибор. Для защиты выходных цепей в качестве дополнительно приобретаемых принадлежностей предусмотрен адаптер плавкого предохранителя. Когда прибор используется учащимися или другими неопытными пользователями, во избежание повреждений прибора подсоединяйте к выходным разъемам адаптер плавкого предохранителя. (См. стр. 3, *Дополнительные принадлежности.*)

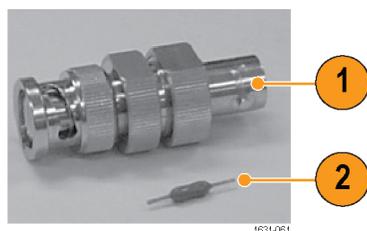


Рис. 2: Предохранитель и адаптер предохранителя

1. Адаптер плавкого предохранителя
2. Плавкий предохранитель

Заземление в режиме изоляции от цепей заземления

Поскольку общий провод входных и выходных каналов генератора сигналов произвольной формы электрически изолирован от заземления шасси (шасси прибора и провода заземления разъема питания от сети переменного тока), можно установить плавающее соединение прибора с другим оборудованием (соединение в режиме изоляции от цепей заземления).

Все разъемы BNC подсоединены к общей шине заземления, а разъем интерфейса дистанционного управления (ДУ) — к шине заземления шасси.



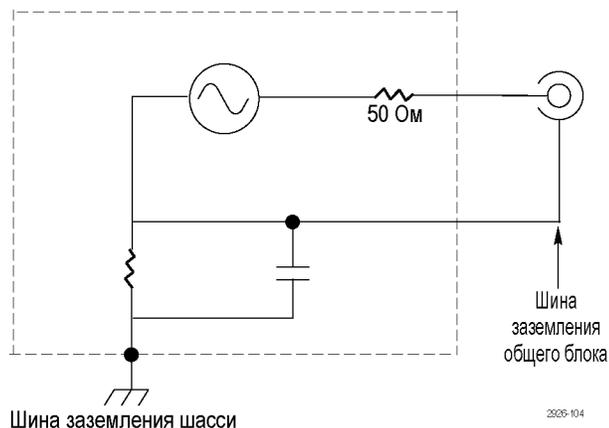
ОСТОРОЖНО. Максимальное номинальное напряжение между общей шиной заземления и заземлением шасси составляет 42 Вразмах (постоянный ток + пиковое значение переменного тока). Когда размах напряжения между шиной заземления шасси и общей шиной заземления превышает 42 Вразмах, срабатывает внутренняя схема защиты, защищающая цепи прибора. Однако более высокое напряжение может вызвать повреждения во внутренних цепях прибора.

Когда между шиной заземления шасси и общей шиной заземления имеется разность потенциалов, ток короткого замыкания, протекающий с выходного разъема на шину заземления, вызывает размыкание внутреннего плавкого предохранителя и работа цепи выходного сигнала прекращается. Если плавкий предохранитель открывается, необходимо обратиться в сервисную службу корпорации Tektronix.

Когда между общей шиной заземления и заземлением шасси имеется разность потенциалов, ток короткого замыкания, протекающий между ними, может достигнуть значительной величины, что приведет к повреждению внутренних или внешних цепей.



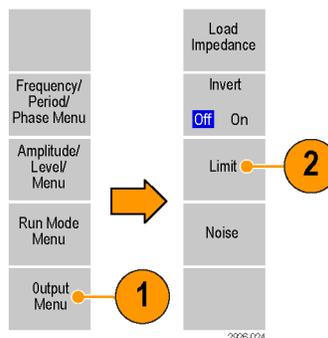
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Во избежание поражения электрическим током используйте этот прибор так, чтобы сумма плавающего и выходного напряжений прибора не превышала 42 В (пиковое значение). Не касайтесь центральной части разъема BNC во время работы оборудования.



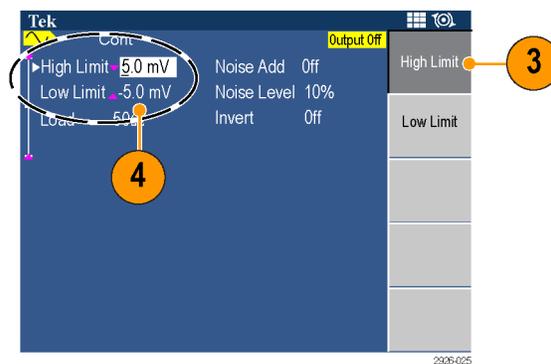
Защита проверяемого устройства

Будьте осторожны, когда подсоединяете разъем Channel Output (выход канала) прибора к проверяемому устройству. Во избежание повреждения проверяемого устройства следует соблюдать следующие меры предосторожности. Чтобы установить предельные значения верхнего и нижнего уровней, выполните следующие действия.

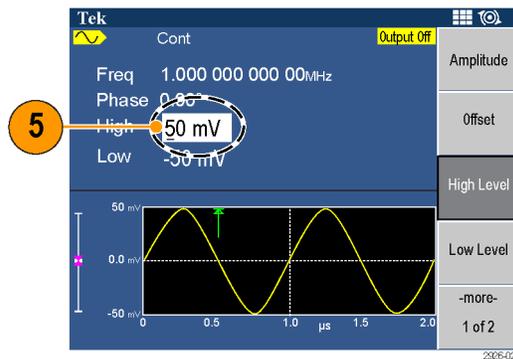
1. Нажмите экранную кнопку Output Menu (меню выхода).
2. Нажмите экранную кнопку Limit (предел).



3. Нажмите экранную кнопку High Limit (верхний предел).
4. Обратите внимание, что в этом примере для High Limit (верхний предел) установлено значение 5,000 В, а для Low Limit (нижний предел) установлено значение -5,000 В.



5. Для установки значения High Limit (верхний предел) на уровне 50 мВ, а Low Limit (нижний предел) — на уровне -50 мВ используйте цифровые клавиши или универсальную ручку.
6. Для вывода на экран параметра формы сигнала нажмите кнопку Sine (синус) на передней панели. Убедитесь, что изменились значения напряжения верхнего и нижнего пределов.



ПРИМЕЧАНИЕ. Невозможно ввести для верхнего уровня значения, превышающие 50 мВ.

ПРИМЕЧАНИЕ. При установке значений пределов с помощью меню *Output Menu* (меню выхода) в левой стороне графической области отображается индикатор уровня.

Обновление встроенного микропрограммного обеспечения прибора

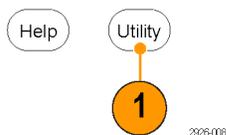
Для обновления встроенного микропрограммного обеспечения прибора можно использовать внешний USB-накопитель, вставив его в разъем USB на передней панели.



ОСТОРОЖНО. Обновление микропрограммного обеспечения прибора — ответственная операция; все указания необходимо тщательно выполнять, в противном случае прибор может быть поврежден. Во избежание повреждения прибора не извлекайте USB-накопитель и не отключайте питание во время процесса обновления.

ПРИМЕЧАНИЕ. В качестве примера приводятся экранные изображения следующей процедуры. Фактическое отображение экрана может быть различным в зависимости от конфигурации прибора.

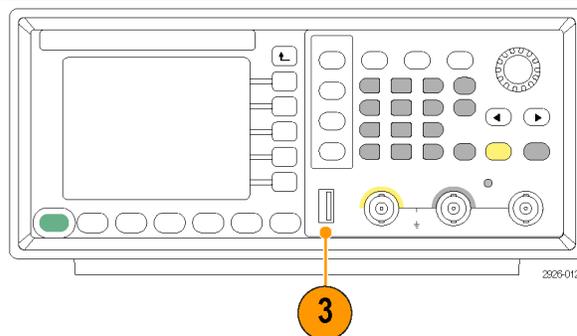
1. Нажмите кнопку Utility (сервис) на передней панели, чтобы отобразить меню Utility (сервис) и просмотреть в нижней части экрана дисплея версию устанавливаемого в данный момент микропрограммного обеспечения.



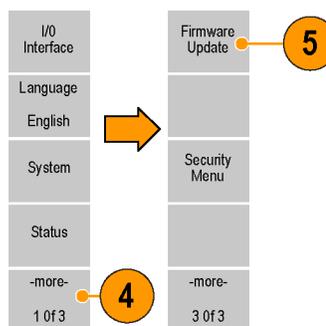
2. С ПК зайдите на веб-страницу www.tektronix.com и проверьте, не предлагает ли компания Tektronix более новую версию микропрограммного обеспечения. Загрузите и распакуйте сжатый ZIP-файл с самой последней версией микропрограммного обеспечения на устройство памяти USB.



3. Вставьте устройство памяти USB в разъем USB на передней панели прибора.



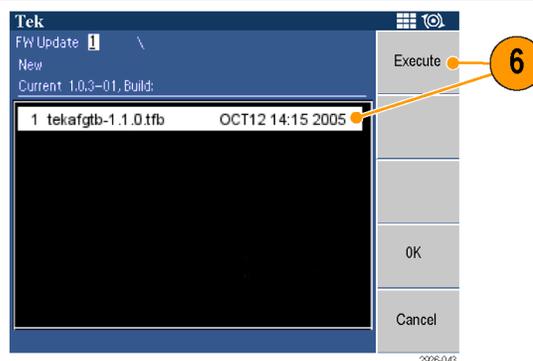
4. Нажмите дважды экранную кнопку **-more-** (-еще-) в меню **Utility** (сервис).
5. Выберите пункт **Firmware Update** (обновление программы).



ПРИМЕЧАНИЕ. Если USB-накопитель не установлен, экранная кнопка **Firmware Update** (обновление программы) недоступна.

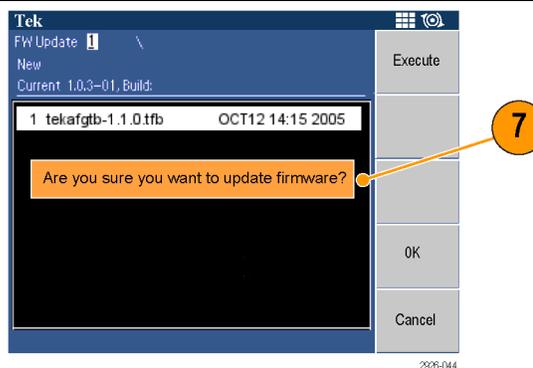
ПРИМЕЧАНИЕ. Если включена защита доступа **Access Protection** (защита доступа), экранная кнопка **Firmware Update** (обновление программы) недоступна.

6. Выберите загруженный файл микропрограммного обеспечения вращением универсальной ручки, после чего нажмите экранную кнопку **Execute** (выполнение).

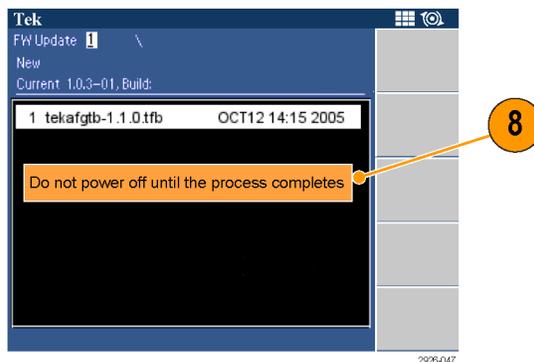


ПРИМЕЧАНИЕ. Имя файла микропрограммного обеспечения имеет следующий вид: **tekafgtb-1.x.x.tfb**

7. Прибор спрашивает: **Are you sure you want to update firmware?** (Обновить микропрограммное обеспечение?). Нажмите кнопку **OK**.



8. Прибор отображает предупреждение о том, что нельзя извлекать USB-накопитель или выключать питание до завершения процесса обновления. Значок часов в верхней правой части экрана указывает на то, что идет процесс обновления.



 **ОСТОРОЖНО.** Обновление микропрограммного обеспечения обычно занимает около двух минут. Не удаляйте USB-накопитель, пока идет процесс обновления.

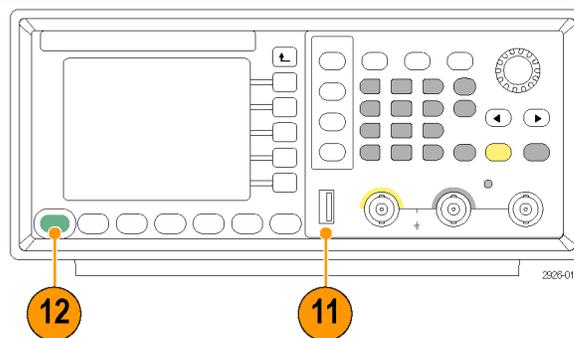
 **ОСТОРОЖНО.** Если вы нечаянно извлекли USB-накопитель из разъема в процессе обновления, не выключайте питание прибора. Повторите процесс установки, начиная с шага 3.

9. Дождитесь, пока прибор не отобразит сообщение о завершении операции.

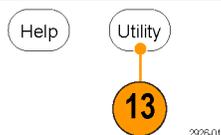
10. Нажмите кнопку ОК.

 **ОСТОРОЖНО.** Если сообщение о завершении операции не появилось, не выключайте питание прибора. Повторите процесс установки, начиная с шага 2, воспользовавшись другим типом USB-накопителя.

11. Извлеките USB-накопитель из USB-разъема на передней панели.
12. Выключите питание прибора, затем включите его снова, чтобы загрузилось новое микропрограммное обеспечение.



13. Для вывода на экран меню Utility (сервис) нажмите кнопку Utility (сервис) на передней панели.
Подтвердите, что микропрограммное обеспечение было обновлено.



ПРИМЕЧАНИЕ. Доступ к микропрограммному обеспечению можно обезопасить при помощи Security Menu (меню защиты).

Подключение к компьютерной сети

Коммуникационный интерфейс прибора позволяет соединиться с вашим прибором или осуществлять дистанционное управление им. В зависимости от модели прибора можно использовать интерфейсы USB, Ethernet или GPIB.

ПРИМЕЧАНИЕ. Прибор AFG201 с опцией GL оборудован портами USB, GPIB и локальной сети. Базовая модель прибора AFG201 оборудована только портом USB.

Интерфейс USB

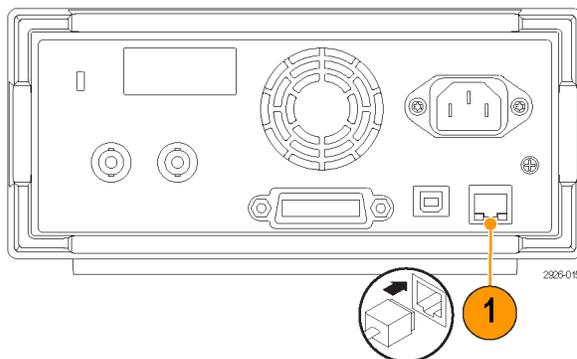
Для настройки интерфейса USB на задней панели не требуются кнопки передней панели или экранного меню. Для подсоединения вашего прибора к ПК используйте USB-кабель.

Настройка Ethernet

ПРИМЕЧАНИЕ. Настройка Ethernet доступна только для прибора AFG2021 с опцией GL, который имеет порт для подключения локальной сети.

Чтобы подключить прибор к сети, нужно сначала получить необходимые сведения у администратора сети. Процедура ввода параметров сети Ethernet зависит от конфигурации вашей сети. Если ваша сеть поддерживает протокол DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), выполните следующие действия.

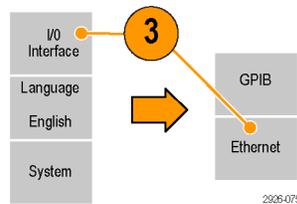
1. Подсоедините сетевой кабель к разъему LAN (локальная сеть) на задней панели.



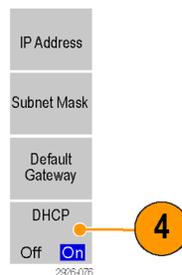
2. Нажмите кнопку Utility (сервис) на передней панели.



3. Нажмите экранную кнопку I/O Interface (интерфейс ввода-вывода), а затем — экранную кнопку Ethernet.



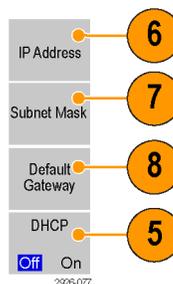
4. Когда отобразится меню Ethernet Network Settings (настройки сети Ethernet), выберите Off (выкл.) или On (вкл.) для DHCP.



ПРИМЕЧАНИЕ. Если выбрать для пункта меню DHCP значение On (вкл.), то с помощью протокола DHCP прибор может автоматически установить свой сетевой адрес.

Если невозможно установить связь путем выбора пункта меню DHCP On (вкл. DHCP), то потребуется настроить вручную параметры IP Address (IP-адрес) и, при необходимости, Subnet Mask (маска подсети). Для этого выполните следующие действия.

5. Выведите на экран меню Ethernet Network Settings (настройки сети Ethernet) и выберите пункт меню DHCP Off (выкл. DHCP).
6. Для ввода IP-адреса нажмите экранную кнопку IP address (IP-адрес). Чтобы получить для работы IP-адрес, необходимо обратиться к администратору сети.
7. Для ввода маски подсети нажмите экранную кнопку Subnet Mask (маска подсети). Уточните у администратора сети, требуется ли маска подсети.
8. Для ввода адреса шлюза нажмите экранную кнопку Default Gateway (стандартный шлюз). Адрес шлюза можно узнать у администратора сети.

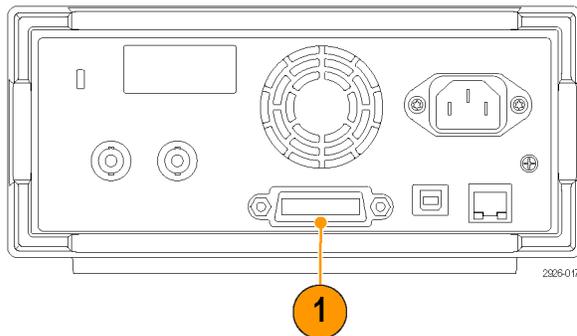


Настройка GPIB

ПРИМЕЧАНИЕ. Настройка GPIB доступна только для прибора AFG2021 с опцией GL, который имеет порт GPIB.

Чтобы настроить интерфейс GPIB прибора, выполните следующие действия.

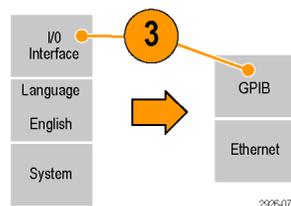
1. Подсоедините кабель GPIB к разъему GPIB на задней панели.



2. Нажмите кнопку Utility (сервис) на передней панели.



3. Нажмите экранную кнопку I/O Interface (интерфейс ввода-вывода), а затем — экранную кнопку GPIB.



4. Нажмите экранную кнопку Address (адрес), чтобы назначить уникальный адрес прибору.



- Адрес GPIB задает уникальный адрес для прибора.
 Каждое устройство, подсоединенное к шине GPIB, должно иметь уникальный адрес GPIB. Адрес GPIB должен иметь значение от 0 до 30.

5. Нажмите экранную кнопку Configuration (конфиг) для включения или выключения коммуникационной шины прибора.
 - Talk/Listen (прием/пер) — выберите этот режим для дистанционного управления прибором с внешнего хост-компьютера.
 - Off Bus (автономно) — выберите этот режим, чтобы отсоединить прибор от шины GPIB.

ПРИМЕЧАНИЕ. Информация о командах дистанционного управления содержится в «Руководстве программиста по работе с генератором сигналов произвольной формы AFG2021».

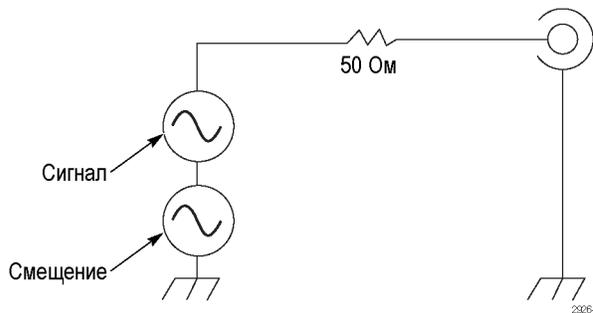
Эквивалентные выходные цепи

На следующих иллюстрациях показаны эквивалентные выходные цепи.

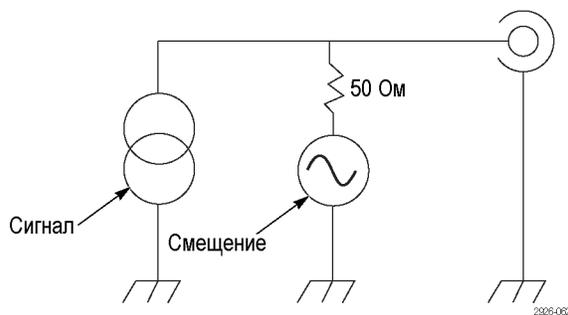
Обозначения, используемые на последующих рисунках:



- Выходные сигналы не превышают ± 10 В, если используется импеданс нагрузки > 50 Ом.



- Амплитуда и смещение зависят от импеданса нагрузки. Максимальный и минимальный уровни не выходят за пределы ± 10 В соответственно.



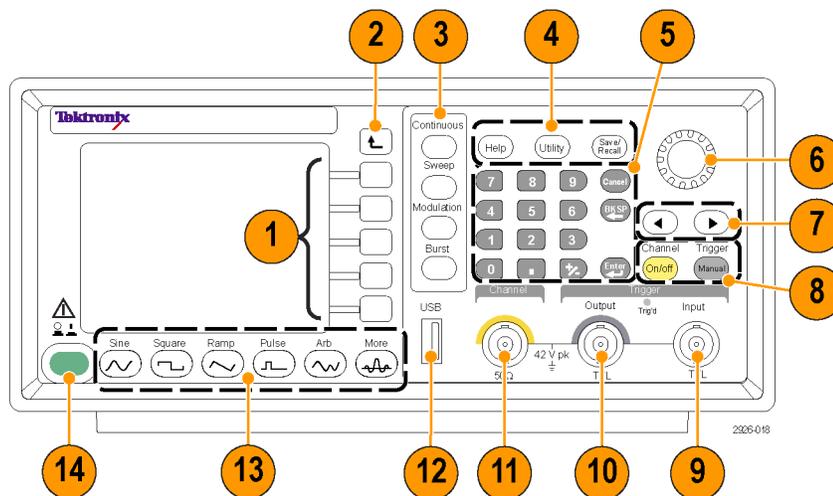
Диапазон значений (максимальный и минимальный уровни) синусоидальной формы сигнала зависит от импеданса нагрузки (L).

- $L = 50$ Ом от -5 до $+5$ В (10 Вразмах)
- $L =$ Высокий Z : от -10 до $+10$ В (20 Вразмах)

Передняя панель, интерфейс и задняя панель прибора

Вид передней панели

Передняя панель разделена на функциональные области, облегчающие ее использование. В этом разделе представлен краткий обзор элементов управления передней панели и экранного интерфейса.



| Позиция | Описание |
|---------|---|
| 1 | Кнопки экранного меню |
| 2 | Возвращение к предыдущему меню |
| 3 | Кнопки режима работы |
| 4 | Кнопки Help (справка), Utility (сервис) и Save/Recall (сохр./восст.) |
| 5 | Кнопки цифровой клавиатуры, отмены операции, удаления/возврата и ввода |
| 6 | Универсальная ручка |
| 7 | Кнопки со стрелками позволяют выбирать на экране дисплея определенные значения амплитуды, фазы, частоты и других параметров |
| 8 | Кнопки Channel On/Off (вкл./выкл. канала) и Manual Trigger (запуск вручную) |
| 9 | Разъем Trigger Input (вход сигнала запуска) |
| 10 | Разъем Trigger Output (выход сигнала запуска) |
| 11 | Разъем Channel Output (выход канала) |
| 12 | Разъем USB |
| 13 | Функциональные кнопки |
| 14 | Кнопка питания |

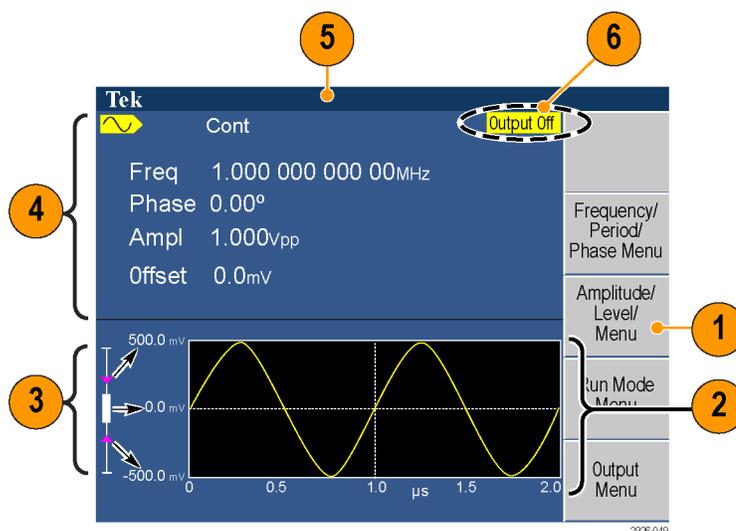
Блокировка или разблокировка элементов управления передней панели

Если необходимо блокировать элементы управления передней панели, используйте следующую дистанционную команду:

- SYSTem:KLOCK[:STATe]

Чтобы разблокировать переднюю панель, не пользуясь командой дистанционного управления, дважды нажмите кнопку Cancel (отмена) на передней панели.

Элементы экранного интерфейса



| Позиция | Описание |
|---------|---|
| 1 | Экранное меню: если нажать кнопку передней панели, в правой стороне экрана прибор выводит соответствующее меню. В меню отображаются параметры, которые доступны, если нажать не содержащие обозначений экранные кнопки, расположенные справа от экрана. (В документации экранные кнопки могут называться кнопками параметров, кнопками бокового меню или программируемыми кнопками.) |
| 2 | Область отображения графиков/осциллограмм: в этой части основной области дисплея отображается сигнал в виде кривой или осциллограммы. |
| 3 | Измеритель уровня: верхняя часть индикатора показывает значение верхнего предела; нижняя часть индикатора показывает значение нижнего предела; а сам индикатор показывает выбранный в данный момент уровень. |
| 4 | Область отображения параметров: эта часть основной области дисплея отображает активные параметры. |

| Позиция | Описание |
|---------|--|
| 5 | Область отображения сообщений: сообщение, которое отслеживает состояние оборудования; например, в этой области отображаются часы или состояние запуска. |
| 6 | Состояние выходного сигнала: если выходной сигнал отключен, в этой области отображается сообщение Output Off (выходной сигнал отключен). При нажатии кнопки выходного сигнала канала на передней панели с целью включения выходного сигнала сообщение удаляется с экрана. |

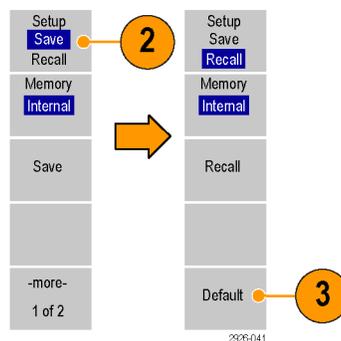
Настройка по умолчанию

Для восстановления в настройках прибора значений по умолчанию используйте кнопку передней панели Save/Recall (сохр./восст.):

1. Нажмите кнопку Save/Recall (сохр./восст.) на передней панели.

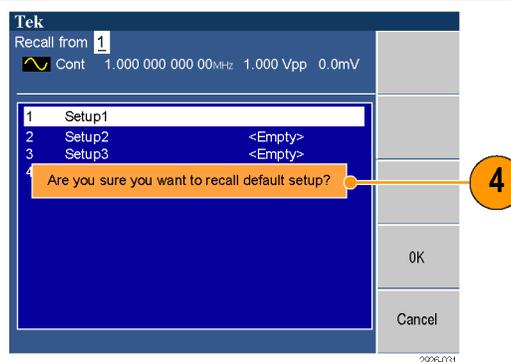


2. Чтобы выбрать Recall (вызвать), нажмите экранную кнопку Setup (настройка).
3. Нажмите экранную кнопку Default (по умолчанию).



4. Выберите нужный пункт из следующего перечня:

- **OK** — чтобы вызвать значения настроек по умолчанию; прибор отобразит настройки по умолчанию: частоту — 1 МГц, амплитуду синусоидальной осциллограммы — 1 Вразмах.
- **Cancel** (отмена) — для отмены этого вызова и возврата к предыдущему меню.



Настройки по умолчанию

Настройки по умолчанию

| Меню/система | Настройка по умолчанию |
|---------------------------------------|---|
| Конфигурация выходного сигнала | |
| Функция | Синус |
| Частота | 1,000 000 000 00 МГц |
| Амплитуда | 1,000 Вразмах |
| Смещение | 0 мВ |
| Симметрия (пилообразная) | 50,00% |
| Коэффициент заполнения (импульс) | 50,00% |
| Выходные устройства | Вразмах |
| Полное выходное сопротивление | 50 Ом |
| Выходная инверсия | Выкл. |
| Добавление выходного шума | Выкл. |
| Развертка | |
| Частота запуска развертки | 100,000 кГц |
| Частота останова развертки | 100,000 МГц |
| Время развертки | 10 мс |
| Время удержания развертки | 0 мс |
| Время возврата развертки | 1 мс |
| Тип развертки | Линейный |
| Режим развертки | Повторение |
| Источник развертки | Внутренний |
| Крутизна запуска | Положительная |
| Интервал запуска | 1,000 мс |
| Модуляция | |
| Форма сигнала модуляции | 10,00 кГц, синус (кроме ЧМн) 50,00 Гц, прямоугольный (ЧМн) |
| Глубина амплитудной модуляции | 50,00% |
| Девиация ЧМ | 1,000 000 МГц |
| Девиация ФМ | 90,0° |
| Псевдослучайная частота ЧМн | 1,000 000 МГц |
| Сдвиг частоты манипуляции | 50,00 Гц |
| Девиация ШИМ | 5,00% |
| Пакет импульсов | |
| Пакетный режим | N-циклов |

| Меню/система | Настройка по умолчанию |
|---|------------------------|
| Счетчик пакетов импульсов | 5 |
| Источник синхронизации | Внутренний |
| Задержка запуска | 0,0 нс |
| Интервал запуска | 1,000 мс |
| Настройки, относящиеся к системе | |
| Выходной сигнал запуска | Запуск |
| Опорный тактовый сигнал | Внутренний |

Экранная кнопка Default (по умолчанию) в меню Save/Recall (сохр./восст.) не восстанавливает следующие настройки:

- параметр языка;
- настройки, устанавливающиеся при включении питания;
- настройки, относящиеся к системе (яркость дисплея, экранная заставка, щелкающий звук и бипер);
- сохраненные файлы начальных параметров и осциллограмм;
- данные калибровки;
- начальные параметры GPIB и Ethernet;
- защита доступа.

Выбор формы сигнала

В приборе предусмотрены 12 стандартных форм сигналов: Sine (синус), Square (прямоугольн.), Ramp (пилообразн.), Pulse (импульсн.), Sin(x)/x, Noise (шум), DC (постоянный ток), Gaussian (функция Гаусса), Lorentz (функция Лоренца), Exponential Rise (нарастающая экспонента), Exponential Decay (убывающая экспонента) и Haversine (гаверсинус). Кроме того, прибор имеет возможность отображать заданные пользователем произвольные сигналы. Можно создавать, редактировать и сохранять свои собственные сигналы.

Также можно создавать модулированные сигналы, используя меню Modulation (модуляция) в группе Run Mode (режим работы). Ниже в таблице приведены сочетания типов модуляции и форм выходного сигнала.

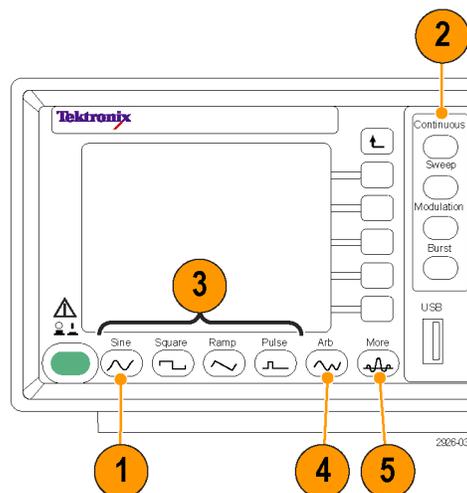
| | Sine (синус), Square (прямоугольн.), Ramp (пилообразн.), Arb (произвольн.), Sin(x)/x, Gaussian (функция Гаусса), Lorentz (функция Лоренца), Exponential Rise (нарастающая экспонента), Exponential Decay (убывающая экспонента), Haversine (гаверсинус) | Импульс | Noise (шум), DC (постоянный ток) |
|-----------------|---|---------|----------------------------------|
| АМ | √ | | |
| ЧМ | √ | | |
| ФМ | √ | | |
| FSK (ЧМн) | √ | | |
| ШИМ | | √ | |
| Развертка | √ | | |
| Пакет импульсов | √ | √ | |

ПРИМЕЧАНИЕ. Когда прибор работает в режиме генерации произвольной формы сигнала, настройка размаха на приборе показывает размах параметров нормализованного сигнала.

Когда прибор работает в режиме генерации Sin (x)/x, Gaussian (функция Гаусса), Lorentz (функция Лоренца), Exponential Rise (нарастающая экспонента), Exponential Decay (убывающая экспонента) или Haversine (гаверсинус), размах осциллограммы определяется как удвоенное расстояние от нуля до пикового значения.

Чтобы выбрать форму выходного сигнала, выполните следующие действия.

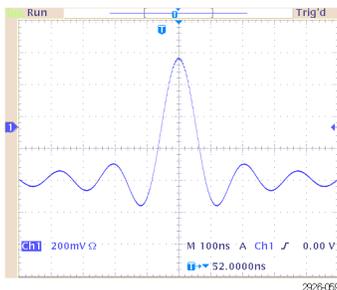
1. Чтобы выбрать синусоидальную форму сигнала, нажмите кнопку Sine (синус) на передней панели.
2. Чтобы выбрать непрерывный сигнал синусоидальной формы, нажмите кнопку Continuous (непрерывный) на передней панели.
3. Выбор одной из четырех стандартных форм сигнала производится нажатием функциональных кнопок на передней панели.
4. Нажмите кнопку Arb (произвольн.), чтобы выбрать сигнал произвольной формы.
5. Нажмите экранную кнопку More Waveform (другие формы сигнала), чтобы выбрать какой-либо другой сигнал стандартной формы, например Sin(x)/x, Noise (шум), DC (постоянный ток) или Gaussian (функция Гаусса).



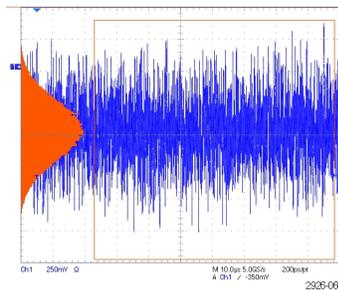
Другие доступные формы сигналов

Ниже приведены примеры других типов форм сигнала, доступных в меню More Waveform (доп. меню форм сигнала) в кнопочном меню More (еще).

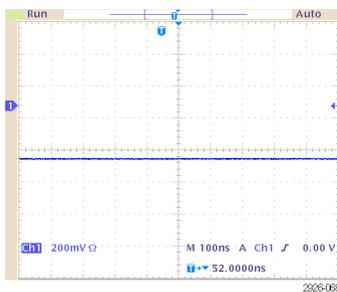
Sin(x)/x



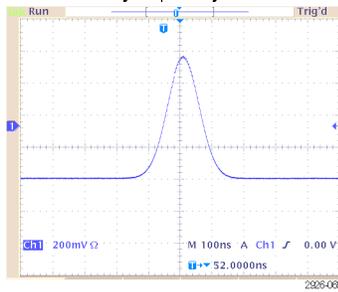
Шум



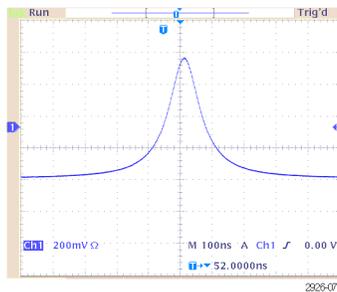
Постоянный ток



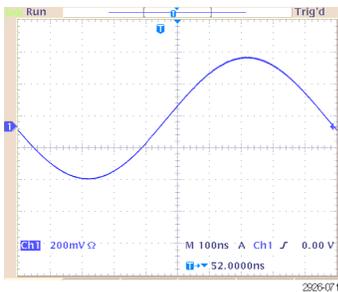
Функция Гаусса



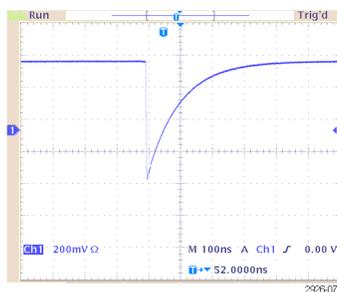
Функция Лоренца



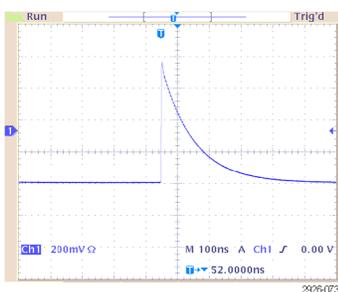
Гаверсинус



Нарастающая экспонента



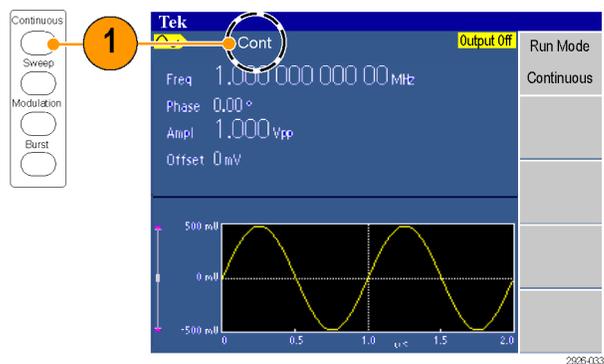
Убывающая экспонента



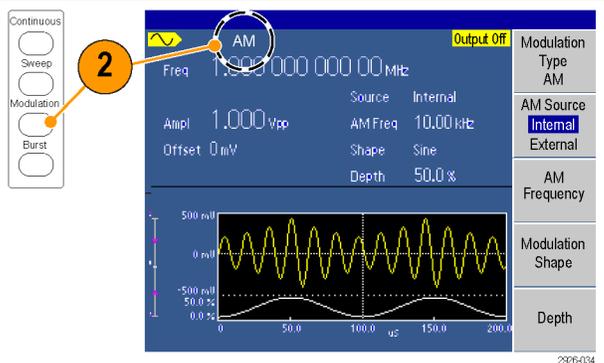
Выбор режима работы

Для выбора метода генерации сигнала прибором нажмите одну из четырех кнопок в группе Run Mode (режим работы).

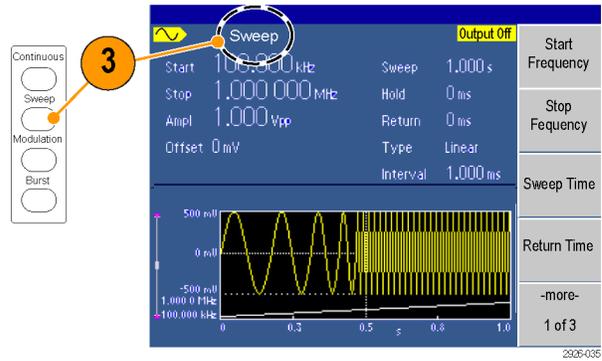
1. Для параметра Run Mode (режим работы) по умолчанию установлено значение Continuous (непрерывный).



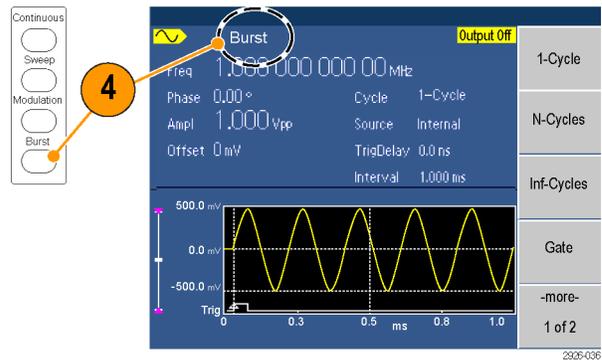
2. Для выбора модулированного сигнала нажмите кнопку Modulation (модуляция).



- Чтобы выбрать сигнала с разверткой, нажмите кнопку Sweep (развертка).
Для получения дополнительной информации о формах сигнала с разверткой частоты см. (См. стр. 59).



- Чтобы выбрать сигнал в виде пакета импульсов, нажмите кнопку Burst (вспышка).



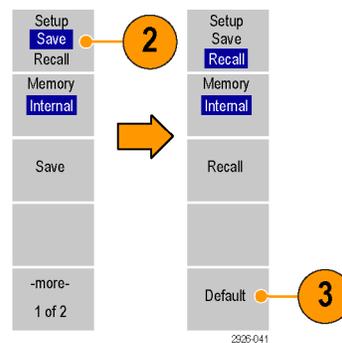
Настройка параметров сигналов

При включении прибора выходной сигнал по умолчанию имеет форму синусоиды с частотой 1 МГц и амплитудой 1 Вразмах. На следующем примере показано, как можно изменить частоту и амплитуду исходного выходного сигнала.

- Нажмите кнопку Save/Recall (сохр./восст.) на передней панели.

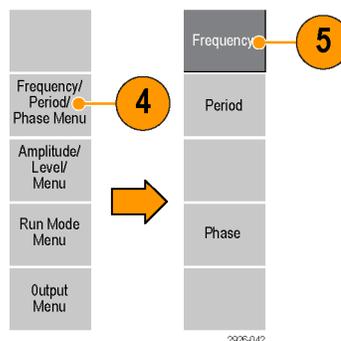


- Чтобы выбрать Recall (вызвать), нажмите экранную кнопку Setup (настройка).

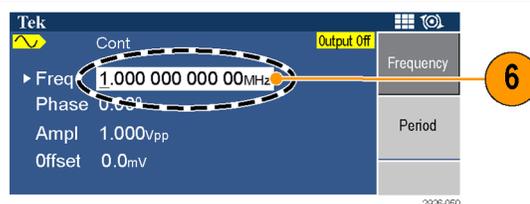


- Нажмите экранную кнопку Default (по умолчанию), затем нажмите экранную кнопку ОК, чтобы отобразить выходной сигнал по умолчанию.

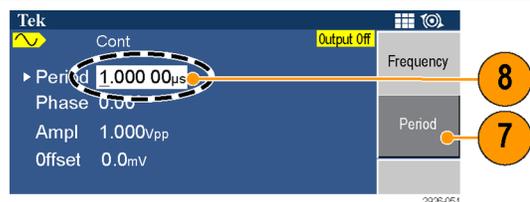
4. Для изменения частоты нажмите экранную кнопку меню Frequency/Period/Phase (частота/период/фаза) на передней панели.
5. Нажмите экранную кнопку Frequency (частота).



6. Введите значение частоты с помощью цифровой клавиатуры или универсальной ручки.



7. Чтобы изменить период, нажмите экранную кнопку Period (период) и выберите параметр Period (период).

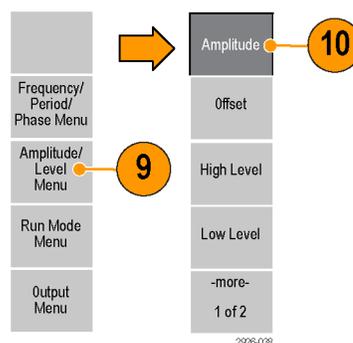


8. Введите значение периода с помощью цифровой клавиатуры или универсальной ручки.

9. Чтобы изменить амплитуду, сначала нажмите на передней панели кнопку

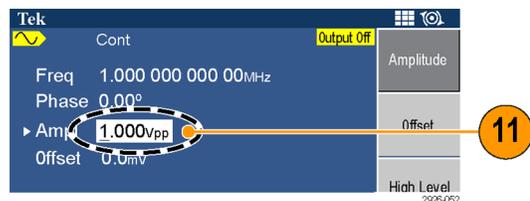


, чтобы вернуться в верхнее меню, а затем нажмите экранную кнопку Amplitude/Level Menu (меню уровня/амплитуды).



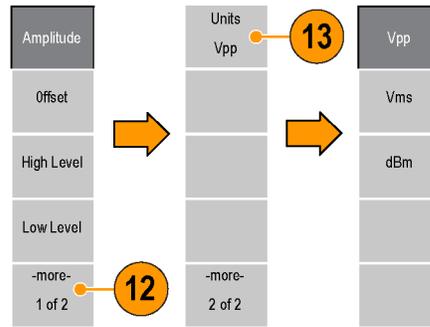
10. Нажмите экранную кнопку Amplitude (амплитуда).

11. Введите значение амплитуды с помощью цифровой клавиатуры или универсальной ручки.



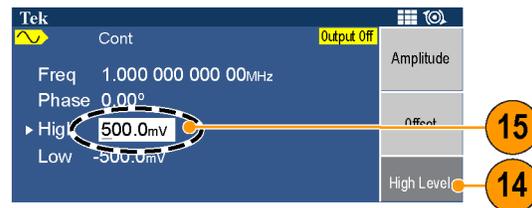
12. Чтобы изменить единицы измерения амплитуды, нажмите экранную кнопку **-more-** (-еще-) — на экране отобразится вторая страница.

13. Для отображения экранного меню с вариантами единиц измерения и последующего выбора нажмите экранную кнопку **Units** (единицы измерения). По умолчанию выбирается **Вразмах**.



14. Чтобы выбрать этот параметр, нажмите экранную кнопку **High Level** (верхний уровень) или **Low Level** (нижний уровень).

15. Введите значение с помощью цифровой клавиатуры или универсальной ручки. Таким же образом можно изменить значения параметров **Phase** (фаза) и **Offset** (смещение).



Преобразование единиц измерения

В следующей таблице преобразований показана взаимосвязь между единицами **V** (размах), **V** (ср. кв.) и **дБм**.

| V_{размах} | V_{ср. кв.} | дБм |
|---------------------------|----------------------------|------------|
| 10,00 Вразмах | 3,54 В, ср. кв. | +23,98 дБм |
| 2,828 Вразмах | 1,00 В, ср. кв. | +13,01 дБм |
| 2,000 Вразмах | 707 мВ, ср. кв. | +10,00 дБм |
| 1,414 Вразмах | 500 мВ, ср. кв. | +6,99 дБм |
| 632 мВразмах | 224 мВ, ср. кв. | 0,00 дБм |
| 283 мВразмах | 100 мВ, ср. кв. | -6,99 дБм |
| 200 мВразмах | 70,7 мВ, ср. кв. | -10,00 дБм |
| 10,0 мВразмах | 3,54 мВ, ср. кв. | -36,02 дБм |

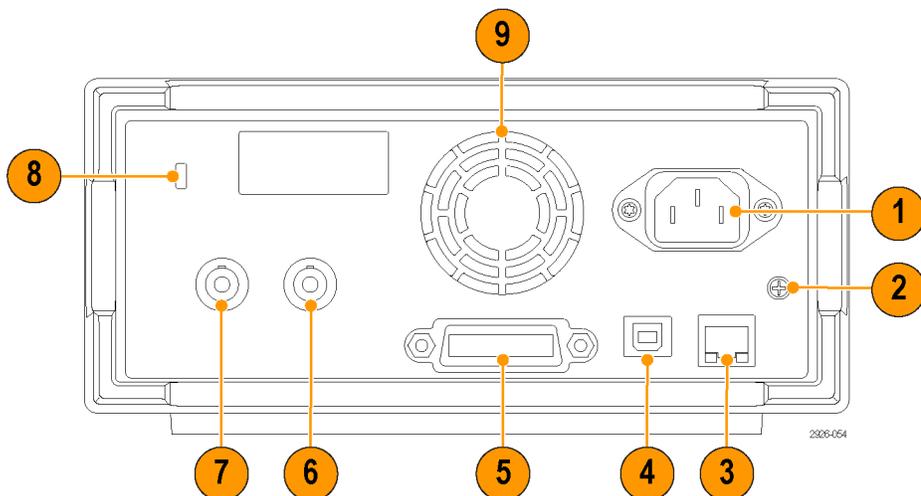
Включение/выключение выходного сигнала канала

1. Чтобы включить выходной сигнал, нажмите кнопку Channel On/Off (включение/выключение канала) на передней панели. Когда переключатель находится во включенном состоянии, кнопка подсвечивается с помощью светоизлучающего диода.
Можно настроить сигнал с отключенными выходами. Это позволяет свести к минимуму вероятность того, что неправильный сигнал попадет на проверяемое устройство.



Задняя панель

На рисунке ниже показаны разъемы задней панели прибора.



| Позиция | Описание |
|---------|---|
| 1 | Вход питания: это то место, где подключается соответствующий шнур питания для подачи питания к прибору. |
| 2 | Винт шины заземления шасси: этот винт используется для заземления прибора. Используется универсальный винт грубой нарезки (#6-32, длиной 6,35 мм или менее). |
| 3 | Порт локальной сети: этот порт может использоваться для подключения прибора к сети. Здесь можно подсоединить кабель 10BASE-T или 100BASE-T. ПРИМЕЧАНИЕ. Этот порт доступен только в приборе AFG2021 с опцией GL. |
| 4 | USB-разъем (тип B): он может использоваться для подключения USB-контроллера типа B. |
| 5 | GPIB: этот порт может использоваться для управления прибором посредством команд GPIB. ПРИМЕЧАНИЕ. Этот порт доступен только в приборе AFG2021 с опцией GL. |
| 6 | EXT REF INPUT (вход внешнего опорного сигнала), разъем: это коаксиальный (BNC) разъем для входа внешнего опорного сигнала. |
| 7 | EXT MODULATION INPUT, разъем: это коаксиальный (BNC) разъем для входных сигналов внешней модуляции. Он может использоваться для ввода модулированных сигналов. |
| 8 | Слот безопасности: этот слот позволяет использовать стандартный пристяжной трос с замком от портативного компьютера для обеспечения безопасного хранения прибора. |
| 9 | Вентиляционное отверстие вентилятора: это вентиляционное отверстие для вентилятора. |

Основные операции

Краткое учебное пособие: выбор формы сигнала и регулировка параметров

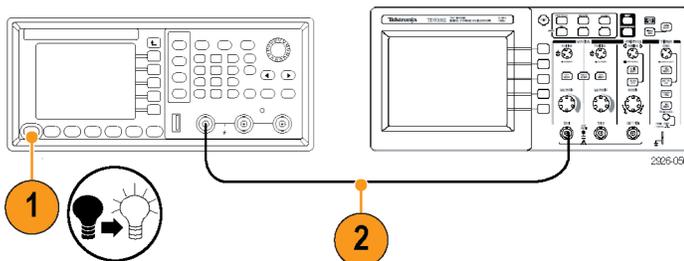
Начинающий пользователь может выполнить описанные здесь действия, чтобы познакомиться с тем, как выбирать форму сигнала и регулировать параметры формы сигнала.

1. Нажмите кнопку питания, чтобы включить прибор.
2. Соедините выход Channel Output (выход канала) прибора со входом осциллографа при помощи кабеля BNC.
3. Выберите сигнал.
4. Включите выход сигнала.
5. Наблюдайте форму сигнала, отображаемую на экране осциллографа.
6. Для выбора параметра сигнала воспользуйтесь кнопками быстрого доступа на передней панели прибора.
7. Выберите параметр Frequency (частота) в качестве параметра, который необходимо изменить.
8. С помощью цифровых клавиш измените значение частоты.
9. Измените параметры сигнала, используя универсальную ручку и клавиши со стрелками.

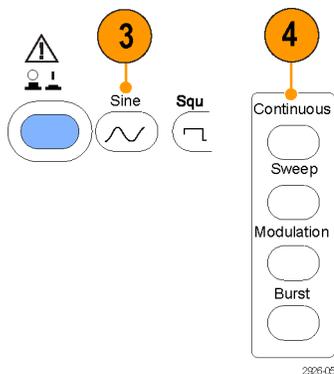
Краткое учебное пособие: генерирование синусоидального сигнала

Начинающий пользователь может выполнить описанные здесь действия, чтобы познакомиться с тем, как генерировать непрерывный сигнал синусоидальной формы.

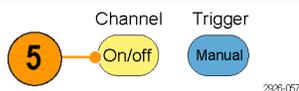
1. Подсоедините шнур питания, а затем нажмите кнопку питания на передней панели прибора, чтобы включить его.
2. При помощи кабеля BNC соедините выход Channel Output (выход канала) генератора сигналов произвольной формы с входным разъемом осциллографа.



3. Нажмите кнопку Sine (синус) на передней панели.
4. Чтобы выбрать непрерывный сигнал синусоидальной формы, нажмите кнопку Continuous (непрерывный) на передней панели.

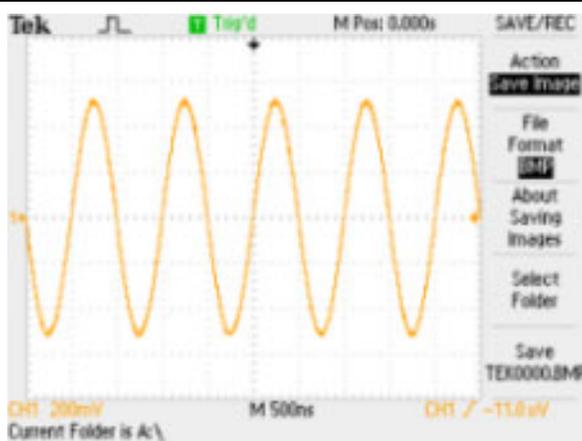


5. Нажмите кнопку Channel On/Off (включение/выключение канала) на передней панели, чтобы включить выход. Кнопка должна загореться.



6. Для отображения на экране синусоидального сигнала воспользуйтесь функцией осциллографа для автоматического выбора масштаба.
- Если прибор выводит на экран синусоидальный сигнал по умолчанию, можно вручную настроить осциллограф следующим образом:

- 500 нс/дел
- 200 мВ/дел



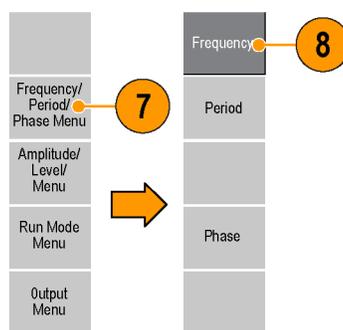
7. Для изменения частоты нажмите кнопку Sine (синус) на передней панели, а затем — экранную кнопку меню Frequency/Period/Phase (частота/период/фаза).

8. Нажмите экранную кнопку Frequency (частота). Теперь можно изменять значение частоты при помощи цифровой клавиатуры или универсальной ручки.

Например, если с помощью клавиш цифровой панели ввести цифру «2», то экранное меню автоматически заменится на Units (единицы измерения).

После ввода значения частоты нажмите экранную кнопку Units (единицы измерения) или кнопку Enter (ввод) на передней панели, чтобы завершить ввод.

Аналогично можно изменить значения Amplitude (амплитуда), Phase (фаза) и Offset (смещение).



ПРИМЕЧАНИЕ. После выбора параметра сигнала с помощью пункта экранного меню активный параметр будет отображаться зеленым цветом в графической области экрана.

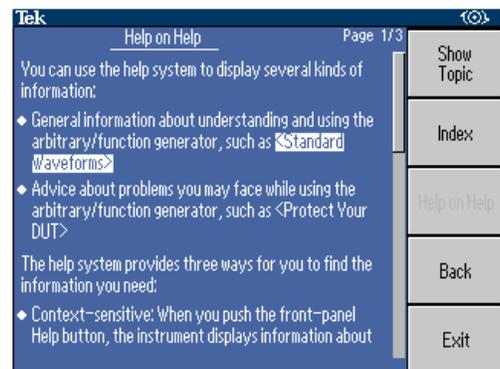
Краткое учебное пособие: справочная система прибора

Когда требуется помощь, справочная система прибора позволяет получать доступ к информации об отдельных пунктах меню и функциях прибора. Получить доступ и перемещаться по справочной системе можно при помощи экранных кнопок и регуляторов, а также следуя экранным подсказкам по мере их появления. Отдельные темы справки могут также содержать ссылки на другие темы. К ним можно получить доступ, следуя экранным подсказкам.

Доступ к справочной системе прибора

Для получения доступа к справочной системе прибора выполните описанные ниже действия.

1. Для вывода на экран окна справки нажмите кнопку Help (справка) на передней панели.
2. Для перемещения курсора между ссылками также используется универсальная ручка.
3. Для отображения раздела, с которым связана выделенная ссылка, нажмите экранную кнопку Show Topic (показать раздел).
4. Для вывода на экран страницы указателя нажмите экранную кнопку Index (указатель).
5. Чтобы удалить текст справки с экрана и вернуться в окно графика или окно параметров, нажмите экранную кнопку Exit (выход) или любую кнопку на передней панели.



Способы доступа к справочной системе прибора и перемещения по ней

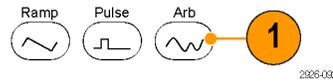
- Нажмите кнопку Help (справка), чтобы отобразить информацию (раздел) о последнем меню, отображавшемся на экране.
- Чтобы переходить от страницы к странице в пределах отображаемого раздела, вращайте универсальную ручку.
- Для просмотра страницы указателя Help (справка) нажмите экранную кнопку Index (указатель).
- Для поиска страницы указателя, содержащей необходимый раздел, используйте экранные кнопки Page Up (страница вверх) и Page Down (страница вниз).

- Поверните универсальную ручку, чтобы выделить раздел справки в указателе.
- Для отображения раздела на странице указателя нажмите экранную кнопку Show Topic (показать раздел).
- Чтобы выбрать язык, на котором должны отображаться разделы справки, экранные меню и экранные сообщения, нажмите кнопку Utility (сервис), а затем — экранную кнопку Language (язык).

Основные операции

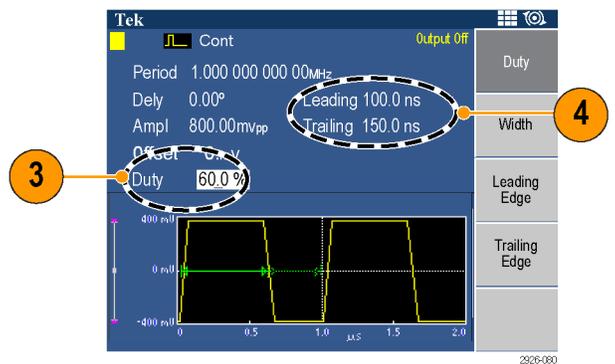
Генерация импульсного сигнала

1. Для вывода на экран окна Pulse (импульсн.) нажмите кнопку Pulse (импульсн.) на передней панели.
2. Нажмите экранную кнопку Pulse Parameter Menu (параметры импульсного сигнала).



ПРИМЕЧАНИЕ. Все последующие параметры могут устанавливаться при помощи цифровой клавиатуры или универсальной ручки.

3. Нажмите экранную кнопку Duty (коэфф. заполнения) и установите требуемое значение параметра, затем нажмите экранную кнопку Width (длит-ть) и установите требуемое значение этого параметра.
4. Нажмите экранную кнопку Leading Edge (передний фронт) и установите требуемое значение параметра, затем нажмите экранную кнопку Trailing Edge (задний фронт) и установите требуемое значение этого параметра.



5. Можно установить задержку переднего фронта нажатием на передней панели кнопки



с последующим нажатием кнопки меню Frequency/Period/Delay (частота/период/задержка) и установкой требуемого значения параметра.

Формулы описания импульсного сигнала

Следующие формулы применяются в отношении длительности переднего фронта, длительности заднего фронта, периода и длительности импульсных сигналов.

t_{Edge} (длительность переднего фронта)

t_{Edge} (длительность заднего фронта)

Максимальная длительность переднего фронта. Это значение представляет собой минимальное из трех значений в каждом примере.

If runMode = Continuous:

$Temp1 = 0.8 * 2.0 * width - t_{Edge}$;

$Temp2 = (period - width) * 0.8 * 2.0 - t_{Edge}$;

$Temp3 = 0.625 * period$.

Else:

$Temp1 = 0.8 * 2.0 * width - t_{Edge}$;

$Temp2 = (period - leadDelay - width) * 0.8 * 2.0 - t_{Edge}$;

$Temp3 = 0.625 * period$.

Максимальная длительность заднего фронта. Это значение представляет собой минимальное из трех значений в каждом примере.

If runMode = Continuous:

$Temp1 = 0.8 * 2.0 * width - l_{Edge}$;

$Temp2 = (period - width) * 0.8 * 2.0 - l_{Edge}$;

$Temp3 = 0.625 * period$.

Else:

$Temp1 = 0.8 * 2.0 * width - l_{Edge}$;

$Temp2 = (period - leadDelay - width) * 0.8 * 2.0 - l_{Edge}$;

$Temp3 = 0.625 * period$.

Сохранение и восстановление настроек прибора

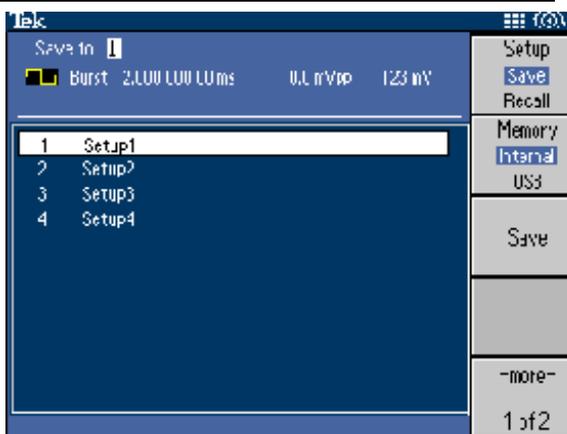
Во внутренней памяти прибора можно сохранить настроек. Чтобы сохранить большее число настроек, используйте USB-накопитель.

1. Чтобы восстановить или сохранить сигнал произвольной формы, нажмите кнопку Save/Recall (сохр./восст.) на передней панели.
2. При помощи универсальной ручки выделите настройку, отмеченную, как <empty> (пустая), если не хотите переписать существующую настройку.



ПРИМЕЧАНИЕ. Чтобы защитить файл настройки от случайной перезаписи, нажмите экранную кнопку *-more-* (-еще-), а затем — экранную кнопку *Lock/Unlock* (установка/снятие блокировки). Рядом с заблокированными файлами появится значок блокировки.

3. Чтобы сохранить настройку во внутренней памяти, нажмите экранную кнопку *Save* (сохранить).
4. При необходимости сохранить настройку на USB-накопителе нужно сначала вставить его в соответствующий порт, выбрать в экранном меню пункт *Memory USB* (USB-память), а затем нажать *Save* (сохранить).
Сохраняется файл с расширением TFS. Этим файлам можно давать названия.



5. Можно также вызывать осциллограммы, выбирая *Setup Recall* (вызов настройки) из экранного меню, а затем — выбирая необходимую настройку при помощи универсальной ручки.
6. Нажмите экранную кнопку *Recall* (вызвать).



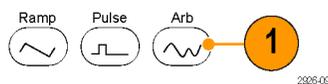
ПРИМЕЧАНИЕ. Если требуется удалить настройку из памяти, нажмите экранную кнопку *-more-* (-еще-), затем нажмите экранную кнопку *Erase* (стереть) и подтвердите свой выбор нажатием кнопки *OK*.

Генерирование сигнала произвольной формы

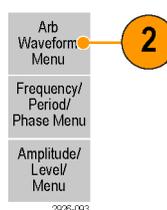
Прибор может выдавать на выходе сигнал произвольной формы, который сохраняется во внутренней памяти или в USB-памяти.

ПРИМЕЧАНИЕ. Для отображения имен файлов используются только английские буквы. Если в имени файла использованы не английские буквы, эти буквы заменяются другими символами, например #, \$, %.

1. Нажмите кнопку Arb (произвольн.) на передней панели.



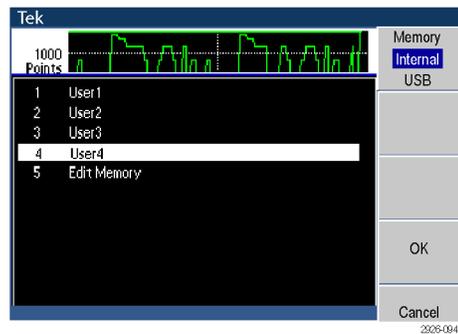
2. Нажмите экранную кнопку меню Arb Waveform Menu (сигнал произвольн. формы).



3. На экране отобразится меню Arb Waveform Menu (сигнал произвольн. формы). Теперь можно просмотреть список файлов сигналов во внутренней памяти или в USB-памяти.

Выберите Internal (внутренний). Можно выбрать любой файл от User 1 (пользователь 1) до User 4 (пользователь 4) или выбрать Edit Memory (правка в памяти).

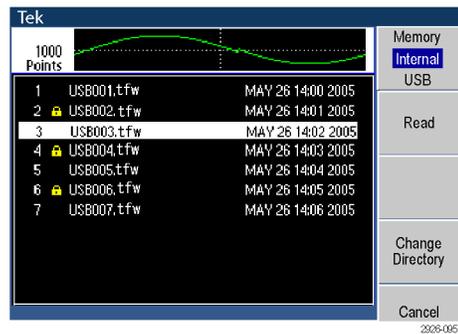
Для прокрутки списка файлов используйте универсальную ручку, находящуюся на передней панели, затем нажмите кнопку OK.



4. Когда выбран пункт USB, отображается каталог папок и файлов в USB-памяти.

Можно выбрать папку или файл, используя для прокрутки списка вверх и вниз универсальную ручку. Чтобы открыть папку, нажмите экранную кнопку Change Directory (сменить каталог). Чтобы открыть файл, нажмите кнопку OK.

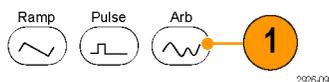
Чтобы вернуться в верхний каталог, сначала выберите значок <Up Directory> (верхний каталог), затем нажмите экранную кнопку Change Directory (сменить каталог).



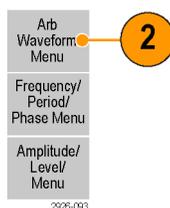
Изменение сигнала произвольной формы

Для изменения сигнала произвольной формы используйте экранную кнопку Edit (правка) в меню Arbitrary Waveform Menu (меню сигнала произвольной формы). Экранная кнопка Edit (правка) поддерживает несколько функций изменения сигнала, а также функции импорта и сохранения измененных параметров сигнала.

1. Нажмите кнопку Arb (произвольн.).



2. Нажмите экранную кнопку Arb Waveform Menu (сигнал произвольн. формы), а затем — экранную кнопку Edit (правка).



3. Чтобы задать число точек формы сигнала для редактирования, выберите пункт меню Number of Points (число точек).



4. Для записи сигнала стандартной формы для правки в памяти выберите пункт меню New (создать). Количество точек в записанной форме сигнала определяется значением, заданным в меню Number of Points (число точек). Можно выбрать один из пяти типов формы сигнала: Sine (синус), Square (прямоугольн.), Pulse (импульсн.), Ramp (пилообразн.) и Noise (шум).

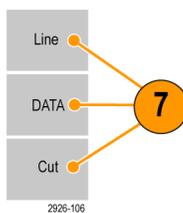
5. Для вывода на экран подменю Operations (операции) выберите пункт меню Operation (операция).

6. Чтобы записать сигнал стандартной формы в память для правки, выберите пункт меню Read from... (читать из...). Количество точек в записанной форме сигнала определяется значением, заданным в меню Number of Points (число точек). Можно выбрать один из пяти типов формы сигнала: Sine (синус), Square (прямоугольн.), Ramp (пилообразн.), Pulse (импульсн.) и Noise (шум).

ПРИМЕЧАНИЕ. Нажмите экранную кнопку -more- (-еще-), чтобы увидеть пункт меню Read from... (читать из...).

7. Для вывода на экран подменю Operations (операции) выберите пункт меню Operation (операция).

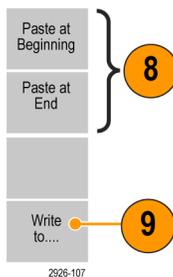
- Для вывода на экран подменю редактирования строки нажмите кнопку Line (строка).
- Для вывода на экран подменю редактирования точек данных нажмите кнопку Data (данные).
- Для вывода на экран подменю вырезания точек данных нажмите кнопку Cut (вырезать).



8. Чтобы присоединить форму сигнала в начале редактируемой формы сигнала, выберите пункт Paste at Beginning (вставить в начало).

Чтобы присоединить форму сигнала в конце редактируемой формы сигнала, выберите пункт меню Paste at End (вставить в конец).

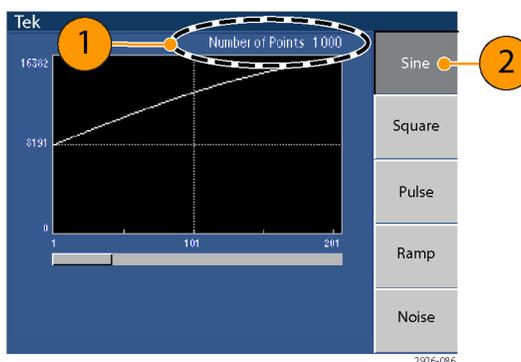
9. Чтобы вывести на экран подменю для записи параметров сигнала, выберите пункт меню Write to... (записать в...).



Правка сигнала произвольной формы, пример 1

В следующем примере показано, как использовать функцию редактирования Line (строка). Вставка пилообразного сигнала перед синусоидальным сигналом:

1. Выберите Number of Points (число точек) и при помощи цифровой клавиатуры или универсальной ручки задайте число точек формы сигнала, равное 1000.
2. Последовательно выберите New (создать) и Sine (синус). Сохраните этот сигнал под именем User1 (пользователь 1).



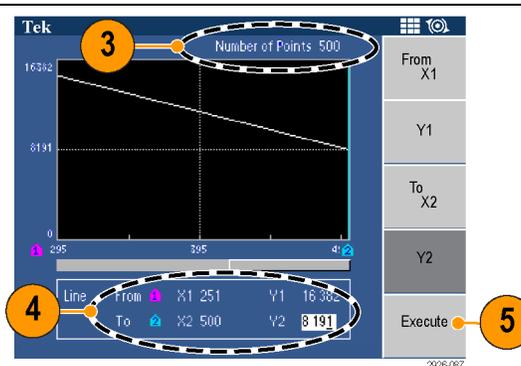
3. Затем создайте 500 точек сигнала пилообразной формы.
4. Последовательно выберите Operation (операция) и Line (строка). Выполните следующее изменение строки:

- X1: 1, Y1: 8191
- X2: 250, Y2: 16382

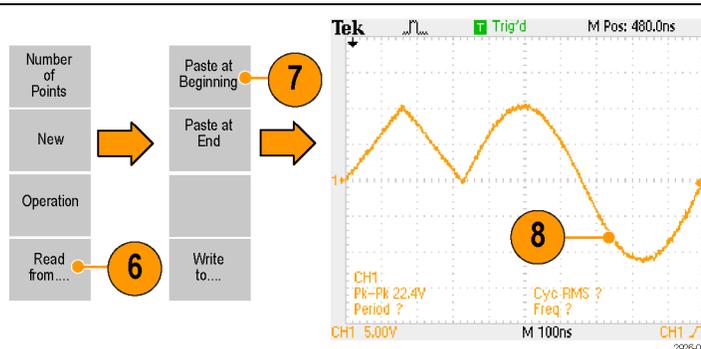
Нажмите кнопку Execute (выполнение). Еще раз выберите вариант Line (строка) из меню Operation (операция) и выполните следующую правку строки:

- X1: 251, Y1: 16382
- X2: 500, Y2: 8191

5. Нажмите кнопку Execute (выполнение). Сохраните этот сигнал под именем User2 (пользователь 2).



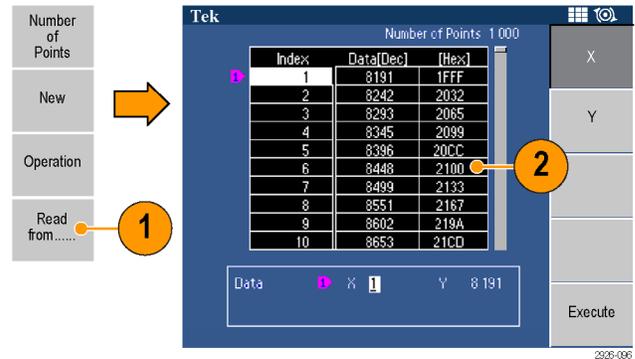
6. Затем вставьте сигнал. Нажмите кнопку Read from... (читать из...) и выберите User1 (пользователь 1).
7. Нажмите кнопку Paste at Beginning (вставить в начало). Выберите форму сигнала User2 (пользователь 2), а затем выберите Paste (вставка).
8. В результате получается показанная здесь форма сигнала.



Редактирование сигнала произвольной формы, пример 2

В следующем примере показано, как редактировать сигнал по точкам данных. В этом примере к синусоидальному сигналу будет добавлен шумовой выброс.

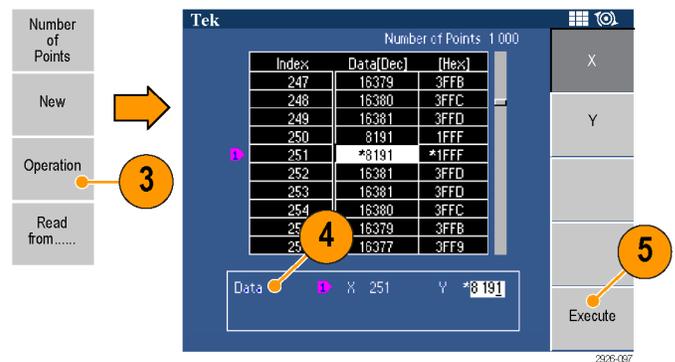
1. Нажмите кнопку Read from... (читать из...) и выберите User1 (пользователь 1).
2. Нажмите экранную кнопку Read (чтение) и переведите экран в режим просмотра таблицы.



3. Последовательно выберите Operation (операция) и Data (данные).
4. Выполните следующие изменения точек данных:

- X: 250, Y: 8191
- X: 251, Y: 8191
- X: 750, Y: 8191
- X: 751, Y: 8191

5. После каждого изменения данных нажимайте кнопку Execute (выполнение), чтобы подтвердить внесенные изменения. Сохраните этот сигнал под именем User3 (пользователь 3).



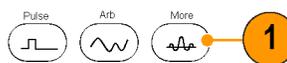
6. Здесь показан экран осциллографа с сигналом User3 (пользователь 3).



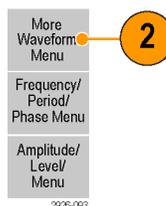
ПРИМЕЧАНИЕ. Если редактировать параметры сигнала произвольной формы во время генерирования прибором формы сигнала с помощью функции *Edit Memory* (правка в памяти), отредактированные данные будут автоматически учитываться в сгенерированной форме сигнала.

Генерирование сигналов шума и постоянного тока

1. Нажмите кнопку More waveform (доп. формы сигнала) на передней панели.

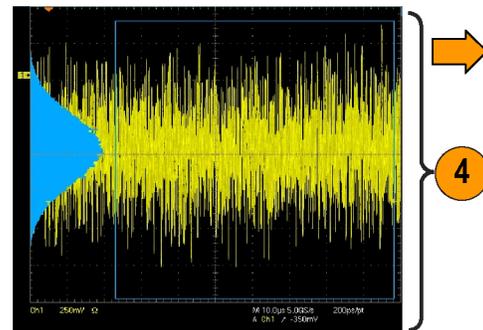
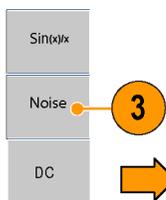


2. Нажмите экранную кнопку More Waveform Menu (доп. меню форм сигнала).



3. Выберите пункт меню Noise (шум).

4. Можно задать параметры сигнала шума. Вот пример гауссова шума на экране осциллографа.



5. Для отображения параметров постоянного тока нажмите кнопку DC (постоянный ток).

ПРИМЕЧАНИЕ. Форму сигнала шума или постоянного тока модулировать, развертывать или передавать пакетами невозможно.

Генерирование пакета импульсов

Прибор может выдавать на выходе пакет импульсов, используя стандартные сигналы, например синусоидальной, прямоугольной, пилообразной, импульсной или произвольной формы. Прибор позволяет использовать следующие два типа пакетных режимов:

Пакетный режим с запуском. Когда на прибор поступает входной сигнал запуска от внутреннего или внешнего источника синхронизации, от удаленной команды или с кнопки Manual Trigger (запуск вручную), на выход подается заданное количество циклов сигнала (счетчик пакетов импульсов).

Пакетный режим со стробированием. Прибор выдает непрерывный сигнал, когда приложен эффективный внешний стробирующий сигнал, когда нажата кнопка Manual Trigger (запуск вручную), когда подана удаленная команда или в течение 50 % выбранного интервала внутреннего запуска.

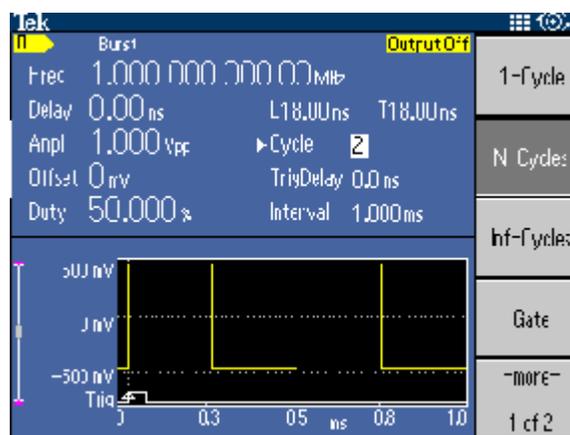
Генерирование синхронизированного пакетного сигнала

В приборе предусмотрены следующие три источника запуска для пакетного режима:

- Внутренний или внешний сигнал запуска
- Ручной запуск
- Команда дистанционного управления.

В примере ниже описывается, как сгенерировать двоянный импульс, используя пакетный режим.

1. Выберите Pulse (импульсн.) в качестве выходного сигнала, затем нажмите кнопку Burst (вспышка) на передней панели.
2. Убедитесь, что выбран пункт меню 1-Cycle (1-цикл), N-Cycles (N-циклов) или Inf-Cycles (непрерывн. циклы). Это означает, что включен пакетный режим с запуском.
Чтобы сгенерировать сдвоенный импульс, нажатием экранной кнопки N-Cycles (N-циклов), а затем — кнопки «2» задайте для счетчика пакетов импульсов N-Cycles (N-циклов) значение 2.



3. Здесь приведен пример сдвоенного импульса.
4. Этот сигнал представляет собой выходной сигнал запуска.

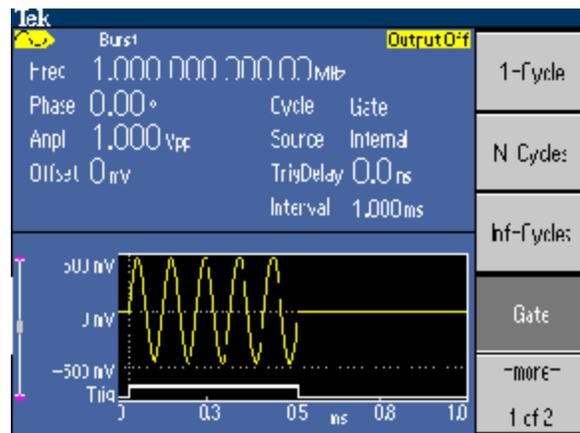


Генерирование стробированного пакетного сигнала

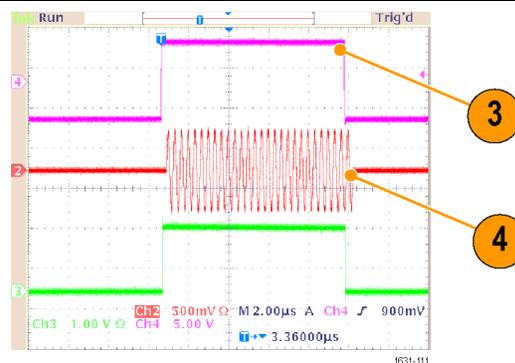
В пакетном режиме со стробированием выходной сигнал включается или отключается в зависимости от внутреннего стробирующего сигнала или внешнего сигнала, поданного на разъем Trigger Input (вход сигнала запуска) на передней панели прибора. Когда подается стробирующий сигнал или нажата кнопка передней панели Manual Trigger (запуск вручную), прибор генерирует непрерывный сигнал.

ПРИМЕЧАНИЕ. Сразу после выбора пункта меню Gate (стробированная зона), параметры счетчика пакета импульсов игнорируются.

1. Для вывода на экран меню пакетного режима нажмите кнопку Burst (вспышка) на передней панели.
2. Выберите вариант Gate (стробированная зона).



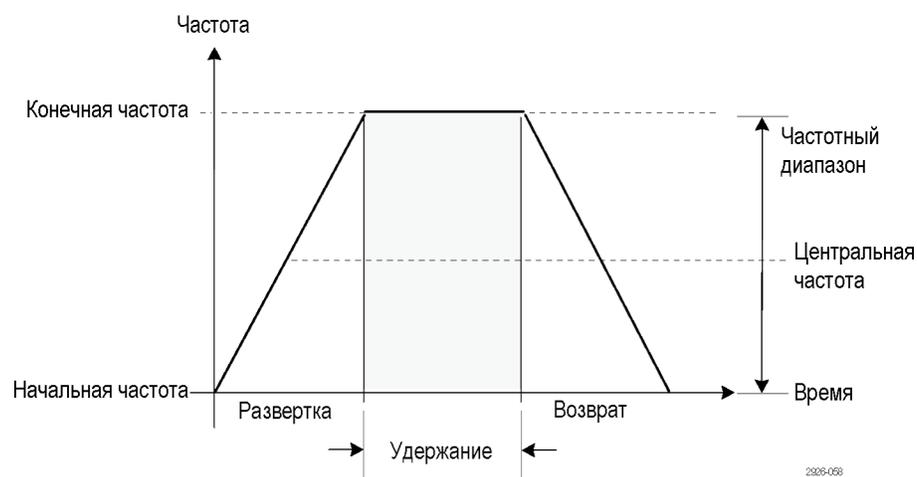
3. Вот пример вида экрана осциллографа. Верхний сигнал является выходным сигналом запуска.
4. Пример стробированной осциллограммы.



Развертка формы сигнала

Функция Sweep (развертка) генерирует выходной сигнал, частота которого изменяется по линейному или логарифмическому закону.

- Конечная частота
- Время развертки
- Время возврата
- Центральная частота
- Частотный диапазон
- Время удержания



Чтобы задать параметры развертки, выполните следующие действия.

1. Выберите форму сигнала, затем нажмите кнопку Sweep (развертка) на передней панели.

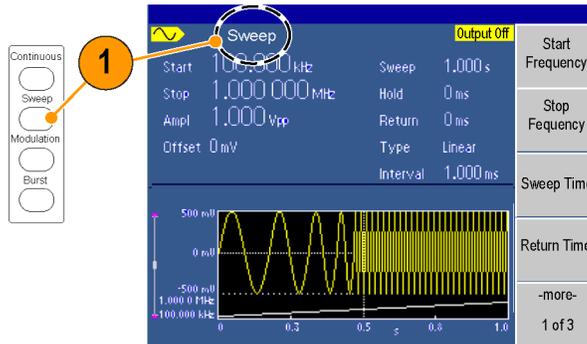
ПРИМЕЧАНИЕ. Формы импульсного сигнала и сигналов шума и постоянного тока выбрать невозможно.

2. В меню развертки можно задать начальную частоту, конечную частоту, время развертки и время возврата.

Время возврата представляет количество времени, необходимое для перехода от конечной частоты к начальной частоте.

Для вывода на экран второго меню развертки нажмите кнопку -more- (-еще-).

ПРИМЕЧАНИЕ. Если после выбора других меню необходимо вернуться в меню Sweep (развертка), снова нажмите кнопку Sweep (развертка) на передней панели.



3. На этой странице можно выбрать параметры для центральной частоты, частотного диапазона, времени удержания и выбрать тип развертки.

Время удержания — это количество времени, в течение которого частота остается постоянной после достижения значения конечной частоты.

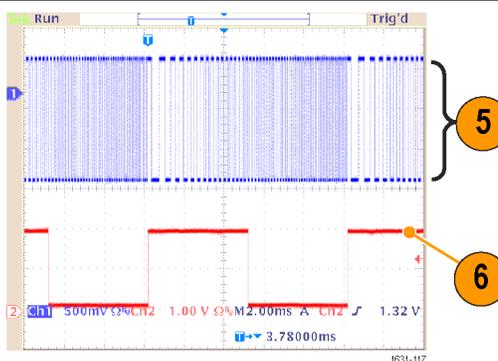
Для вывода на экран второго меню развертки нажмите кнопку -more- (-еще-).



4. На этой странице можно выбрать режим развертки (Repeat [повторение] или Trigger [запуск]) и источник синхронизации.



5. Вот пример вида экрана осциллографа. Вверху пример формы сигнала развертки.
6. Этот сигнал представляет собой выходной сигнал запуска.



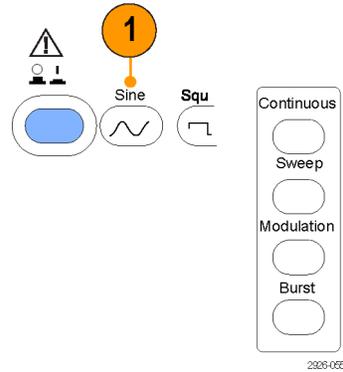
Обстоятельства частоты развертки

- Если начальная частота меньше конечной частоты, то прибор выполняет развертку от низкой частоты к высокой.
- Если начальная частота выше конечной частоты, то прибор выполняет развертку от высокой частоты до низкой частоты.
- Сразу после выбора пункта меню для развертки выполняется развертка частоты от начальной частоты развертки до конечной частоты.

Модулирование сигнала

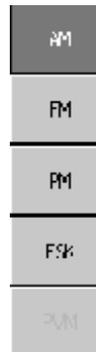
Генерирование сигнала с амплитудной модуляцией

1. Выберите форму сигнала, затем нажмите кнопку Modulation (модуляция) на передней панели. В этом примере в качестве формы выходного сигнала (формы сигнала несущей) используется синусоидальная форма.



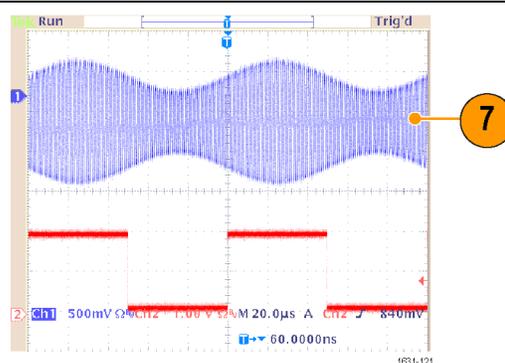
ПРИМЕЧАНИЕ. В качестве формы несущей невозможно выбрать Pulse (импульсн.), Noise (шум) или DC (постоянный ток).

2. Для отображения экранного меню с вариантами типов модуляции нажмите верхнюю экранную кнопку. В качестве типа модуляции выберите AM.



- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 3. Выберите источник модуляции. | Modulation Type AM |
| 4. Установите частоту модуляции. | AM Source Internal External |
| 5. Выберите форму модуляции. | AM Frequency |
| 6. Установите глубину модуляции. | Modulation Shape |
| | Depth |

7. Вот пример сигнала с амплитудной модуляцией, отображаемого на экране осциллографа.



Обстоятельства и формулы записи модулированных сигналов

- Аналогично можно сгенерировать сигналы с частотной модуляцией (ЧМ) или фазовой модуляцией (ФМ).
- В качестве источника АМ можно выбрать внутренний или внешний сигнал. Если выбран внешний источник и установлена глубина модуляции, равная 120 %, то выходной сигнал будет иметь максимальную амплитуду тогда, когда на разъем EXT MODULATION INPUT, находящийся на задней панели, подается сигнал $\pm 1 V_{\text{размах}}$.
- Форму модуляции можно выбрать из внутренней или USB-памяти.
- В качестве формы несущей невозможно выбирать Pulse (импульсн.), Noise (шум) или DC (постоянный ток).
- Ниже приведены выражения для амплитуды выходного сигнала при различных видах модуляции: АМ, ЧМ и ФМ (в этом примере синусоидальный сигнал используется и для несущей, и для модулирующего воздействия):

$$\text{АМ: Выход } (V_{\text{размах}}) = \frac{A}{2,2} \left(1 + \frac{M}{100} \sin(2\pi f_m t) \right) \sin(2\pi f_c t)$$

$$\text{ЧМ: Выход } (V_{\text{размах}}) = A \sin(2\pi (f_c + D \sin(2\pi f_m t)) t)$$

$$\text{ФМ: Выход } (V_{\text{размах}}) = A \sin\left(2\pi f_c t + 2\pi \frac{P}{360} \sin(2\pi f_m t)\right)$$

| | |
|-------------------------------|-------------|
| Амплитуда несущей | A [Вразмах] |
| Несущая частота | f_c [Гц] |
| Частота модуляции | f_m [Гц] |
| Время | t [с] |
| Глубина амплитудной модуляции | M [%] |
| Девияция ЧМ | D [Гц] |
| Девияция ФМ | P [градус] |

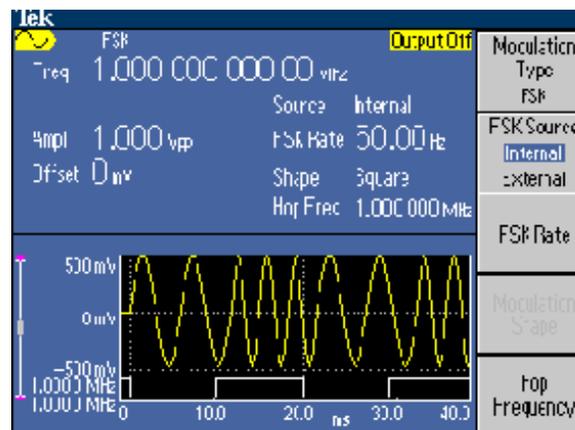
- В следующей таблице показано соотношение между глубиной модуляции и максимальной амплитудой для амплитудной модуляции (выбран внутренний источник модуляции):

| Глубина | Максимальная амплитуда |
|---------|--------------------------------------|
| 120% | $A (B_{\text{размах}})$ |
| 100% | $A (B_{\text{размах}}) \times 0,909$ |
| 50% | $A (B_{\text{размах}}) \times 0,682$ |
| 0% | $A (B_{\text{размах}}) \times 0,455$ |

Генерирование сигнала с частотной манипуляцией (ЧМн)

Модуляция с частотной манипуляцией (ЧМн) — это метод модуляции, в котором происходит сдвиг частоты выходного сигнала в диапазоне между двумя частотами: несущей частотой и псевдослучайной частотой. Прибор серии AFG2021 генерирует сигнал с ЧМн и непрерывной фазой.

1. Выполните действия, описанные в процедуре *Генерирование сигнала с амплитудной модуляцией*, чтобы отобразить подменю выбора типа модуляции. (См. стр. 62.)
В этом примере в качестве типа модуляции выберите FSK (ЧМн).
2. На экране появится окно настройки параметра FSK (ЧМн).
В качестве источника частотной манипуляции выберите Internal (внутренний) или External (внешний).
3. Если выбрать вариант Internal (внутренний), можно задать параметр FSK Rate (сдвиг частоты манипуляции).
Если выбрать вариант External (внешний), то параметр FSK Rate (сдвиг частоты манипуляции) игнорируется.
4. Установите значение Hop Frequency (псевдослучайная частота).
Значение несущей частоты смещается до значения псевдослучайной частоты с выбранной скоростью сдвига частоты манипуляции, а затем возвращается к значению исходной частоты.



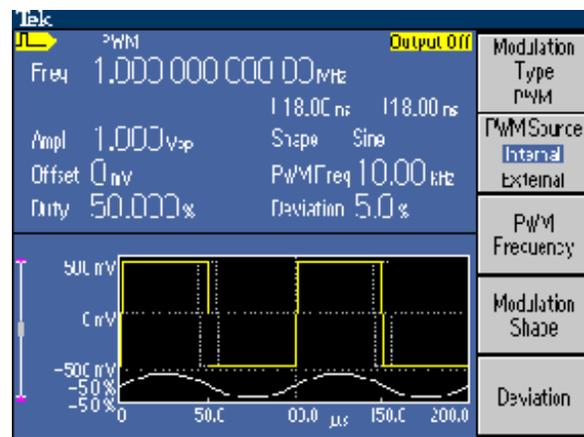
Генерирование сигнала с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ)

Для генерации сигнала с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) выполните следующие действия.

1. Нажмите кнопку Pulse (импульсн.) на передней панели.
2. Для вывода на экран окна настройки параметров импульса нажмите экранную кнопку Pulse Parameter Menu (параметры импульсного сигнала).



3. Для вывода на экран окна настройки параметра PWM (ШИМ) нажмите кнопку Modulation (модуляция) на передней панели. Выберите источник ШИМ.
4. Установите значение частоты ШИМ.
5. Выберите пункт меню Modulation Shape (форма модуляции).
6. Установите значение Deviation (девиация) — девиация значения длительности импульса.

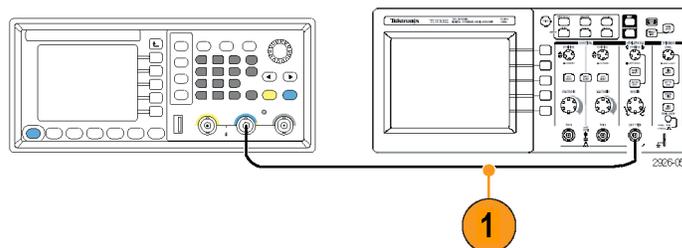


ПРИМЕЧАНИЕ. Пример применения широтно-импульсной модуляции приведен в разделе *Управление скоростью электропривода с помощью широтно-импульсной модуляции.* (См. стр. 94.)

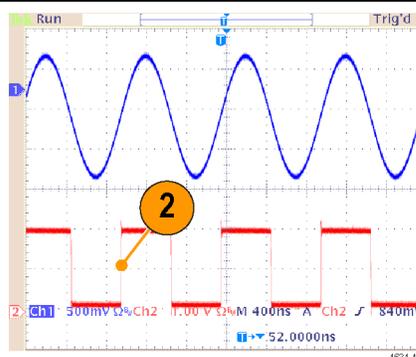
Выходной сигнал запуска

Настройки сигнала Trigger Output (выход сигнала запуска) для прибора доступны в меню выбора режима. Возможен выбор из следующих вариантов выхода сигнала запуска:

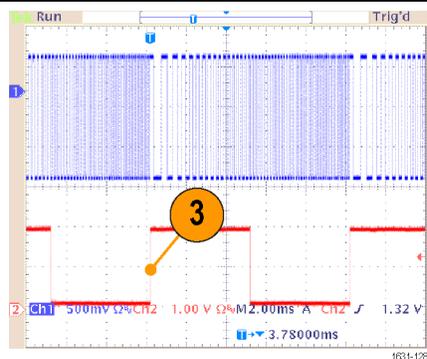
1. Соедините разъем передней панели Trigger Output (выход сигнала запуска) и входной разъем внешнего источника синхронизации осциллографа. С разъема Trigger Output (выход сигнала запуска) снимается сигнал запуска, подающийся на осциллографы.



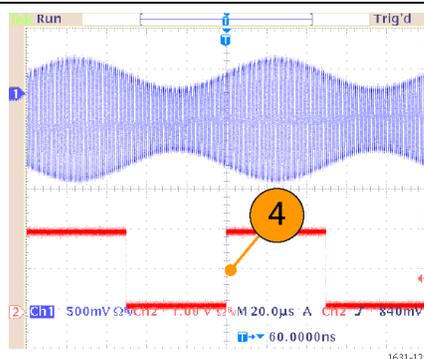
2. Непрерывный режим: выходной сигнал запуска представляет собой последовательность прямоугольных импульсов с нарастающим фронтом в начале каждого периода. Когда частота выходного сигнала выше 4,9 МГц, действуют определенные ограничения. См. приведенные ниже советы.



3. Режим развертки: когда для режима развертки установлено значение Repeat (повторение) или Trigger (запуск) и выбран внутренний источник синхронизации, выходной сигнал запуска представляет собой последовательность прямоугольных импульсов с нарастающим фронтом в начале каждого периода.

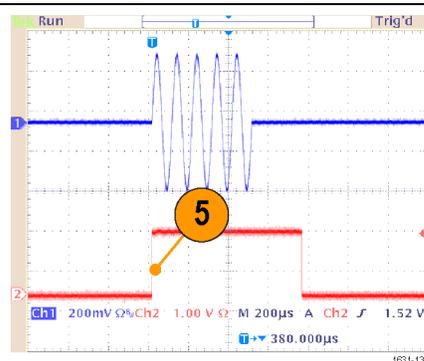


4. Режим модуляции: когда выбран внутренний источник модуляции, выходной сигнал запуска представляет собой последовательность прямоугольных импульсов, следующих с частотой моделирующего сигнала.



При выборе внешнего источника модуляции выход сигнала запуска отключается.

5. Пакетный режим: когда выбран внутренний источник синхронизации, выходной сигнал запуска представляет собой последовательность прямоугольных импульсов с нарастающим фронтом в начале каждого пакета импульсов.



Когда выбран внешний источник синхронизации, время, в течение которого выходной сигнал запуска находится на верхнем уровне, такое же, как и у входного сигнала запуска.

Если установленная частота выходного сигнала превышает 4,9 МГц, выходной сигнал запуска имеет в определенное число раз меньшую частоту, не превышающую 4,9 МГц. См. приведенную ниже таблицу:

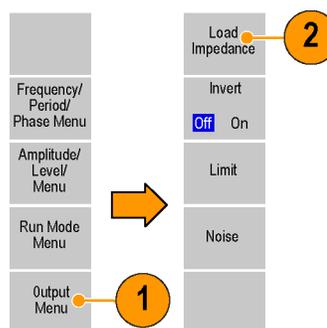
| Установленная частота выходного сигнала (МГц) | Частота выходного сигнала запуска (МГц) |
|---|---|
| ~4,900 000 000 00 | Fs |
| от 4,900 000 000 01 до 14,700 000 000 0 | Fs/3 |
| от 14,700 000 000 1 до 20,000 000 000 0 | Fs/5 |

ПРИМЕЧАНИЕ. Если прибор выводит сигнал модуляции, сигнал с разъема *Trigger Output* (выход сигнала запуска) не может подаваться на выход, если в качестве источника модуляции выбрать *External* (внешний).

Настройка импеданса нагрузки

Выходной импеданс прибора составляет 50 Ом. Если подключить нагрузку, отличающуюся от 50 Ом, отображаемые значения Amplitude (амплитуда), Offset (смещение) и High/Low (верхний/нижний) будут отличаться от соответствующих параметров напряжения на выходе. Чтобы отображаемые значения соответствовали параметрам выходного напряжения, необходимо задать импеданс нагрузки. Импеданс нагрузки используется для выбора значений амплитуды, величины смещения и настройки высокого или низкого уровня сигнала. Чтобы установить значение импеданса нагрузки, используйте Output Menu (меню выхода).

1. В верхнем меню нажмите экранную кнопку Output Menu (меню выхода).
2. Для вывода подменю Load Impedance (импеданс нагрузки) нажмите кнопку Load Impedance (импеданс нагрузки).



3. Чтобы настроить значение импеданса нагрузки, выберите пункт Load (нагрузка).
4. Для импеданса нагрузки можно установить любое значение в диапазоне от 1 Ом до 10 кОм.
5. Если для импеданса нагрузки установлено значение, отличное от 50 Ом, это значение отображается как характеристика состояния выхода.

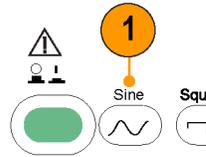


ПРИМЕЧАНИЕ. Если выбрано высокое значение импеданса и в качестве единицы измерения амплитуды выходного сигнала указывается дБм, единица измерения автоматически изменяется на В, размах.

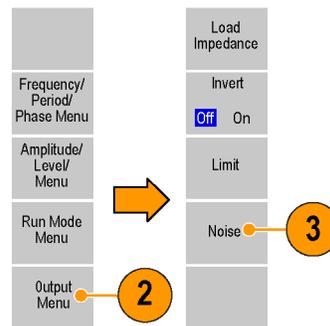
Добавление шумов

Чтобы добавить к сигналу внутренний сигнал шума, используйте Output Menu (меню выхода).

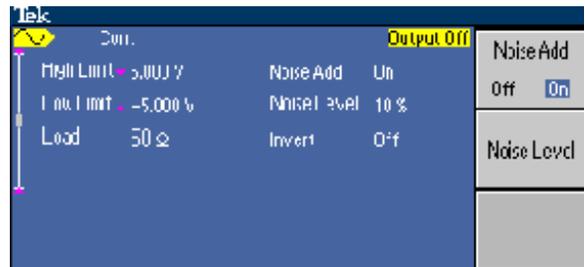
1. Нажмите кнопку Sine (синус) на передней панели.



2. Нажмите экранную кнопку Output Menu (меню выхода).
3. Нажмите экранную кнопку Noise (шум).



4. На экране отобразится подменю Noise Add (добавление шумов). Нажмите кнопку Noise Add (добавление шумов), чтобы выбрать вариант On (вкл.) Для настройки уровня шума нажмите кнопку Noise Level (уровень шумов). Для ввода значения используйте клавиши цифровой клавиатуры или универсальную ручку.

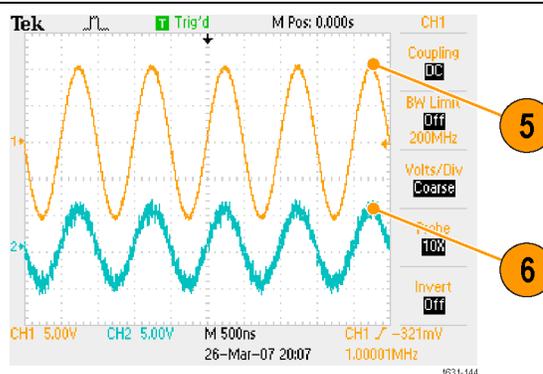


ПРИМЕЧАНИЕ. Если параметр Noise Add (добавление шумов) включен, амплитуда выходного сигнала уменьшается до 50 %.

5. Здесь показана форма сигнала до добавления шума.

6. Здесь показана форма сигнала после добавления шума.

Во избежание переполнения вследствие добавления шума амплитуда выходного сигнала автоматически уменьшается вдвое.



7. Нажмите кнопку Channel On/Off (вкл./выкл. канала) на передней панели, так чтобы выход был включен и горел светоизлучающий диод. Сообщение о состоянии выходного сигнала изменится на Noise (шум).



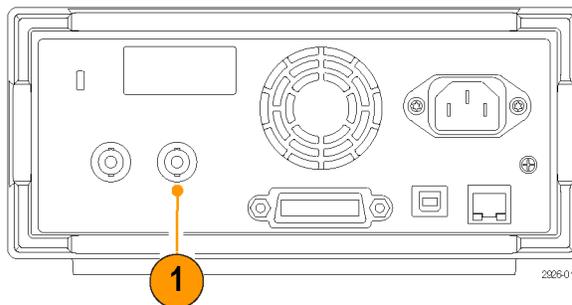
ПРИМЕЧАНИЕ. Для добавления шумов используется встроенный (цифровой) генератор шумов.

Генератор опорных импульсов

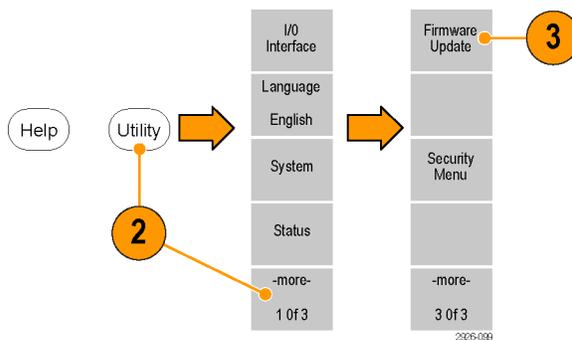
Прибор может использовать внутренний или внешний сигнал генератора опорных импульсов. Когда активирован внешний опорный тактовый сигнал, разъем EXT REF INPUT (вход внешнего опорного сигнала) на задней панели прибора используется для внешнего опорного сигнала в качестве входного разъема. Прибор синхронизируется при помощи этого сигнала.

Приведенная ниже процедура показывает, как настроить прибор, чтобы использовать внешний сигнал. Использование внутреннего сигнала не требует соединения со входом на задней панели.

1. Подайте опорный сигнал от источника сигнала на разъем Ext Ref Input (вход внешнего опорного сигнала) на задней панели прибора серии AFG2021.



2. Нажмите кнопку Utility (сервис) на передней панели.
3. Нажмите экранную кнопку System (система).

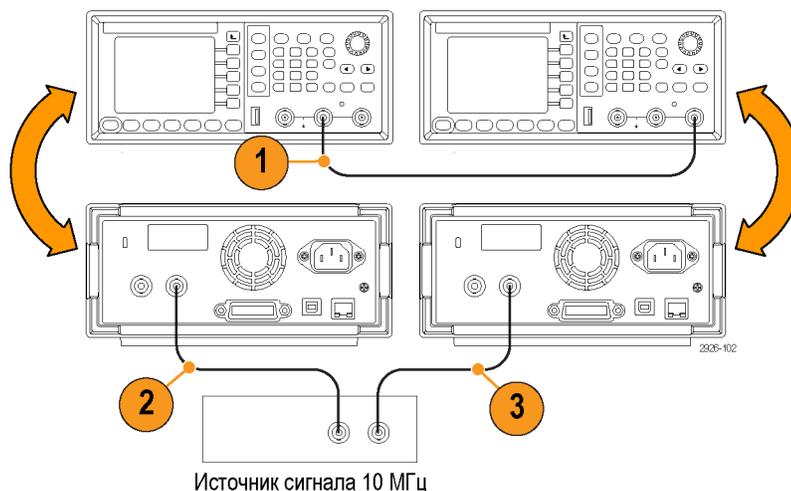


4. Чтобы переключаться между внутренним и внешним сигналами, нажимайте экранную кнопку Clock Ref (опорн. сигнал).



Синхронная работа

Чтобы синхронизировать несколько приборов, используйте меню Utility (сервис). На следующем рисунке показана правильная настройка. В некоторых руководствах синхронная работа может называться работой в режиме «главный-подчиненный».



1. Для соединения разъема Trigger Output (выход сигнала запуска), находящегося на передней панели одного прибора (главный), с разъемом Trigger Input (вход сигнала запуска) другого прибора (подчиненный) используйте коаксиальный кабель BNC. Главный прибор посылает сигнал запуска на подчиненный прибор.
2. Подайте на Ext Ref Input (вход внешнего опорного сигнала) на задней панели главного прибора сигнал с частотой 10 МГц от другого источника.
3. Подайте на Ext Ref Input (вход внешнего опорного сигнала) на задней панели подчиненного прибора сигнал от источника с частотой 10 МГц. Этот источник сигнала управляет тактовым сигналом главного и подчиненного приборов.
4. Чтобы вывести на экран меню System (система), нажмите кнопку Utility (сервис) на передней панели, а затем — экранную кнопку System (система) главного прибора.



USB-память

Разъем USB-памяти, расположенный на передней панели прибора, позволяет выполнять следующие задачи:

- сохранять на USB-накопителе или восстанавливать из него заданные пользователем формы сигналов (См. стр. 47, *Сохранение и восстановление настроек прибора.*);
- сохранять на USB-накопителе или восстанавливать из него файлы с настройками (См. стр. 80, *Сохранение и восстановление настроек прибора.*);
- обновлять встроенное микропрограммное обеспечение прибора (См. стр. 17, *Обновление встроенного микропрограммного обеспечения прибора.*);
- сохранять снимки экрана (См. стр. 82, *Сохранение снимка экрана.*).



ОСТОРОЖНО. При установке в прибор USB-накопителя на экране отображается соответствующее предупреждение. Не удаляйте USB-накопитель, пока это предупреждение не исчезнет.

В случае удаления USB-накопителя в то время, как отображается это предупреждение, прибор может быть поврежден.

Требования к разъему USB

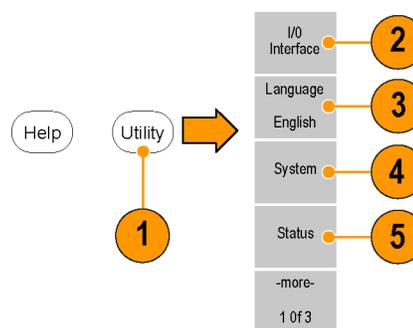
Данный прибор поддерживает USB-память с файловыми системами FAT12, FAT16 или FAT32.

Если кабель USB вставить в разъем для USB-памяти на передней панели, излучение может превысить предельно допустимый уровень. Используйте только соответствующие устройства USB-памяти.

Меню Utility (сервис)

Для вывода на экран меню Utility (сервис) нажмите кнопку Utility (сервис) на передней панели. Меню Utility (сервис) позволяет получать доступ к служебным программам, используемых прибором, например интерфейс ввода-вывода, относящиеся к системе меню, программы диагностики и калибровки и сведения для национального языка.

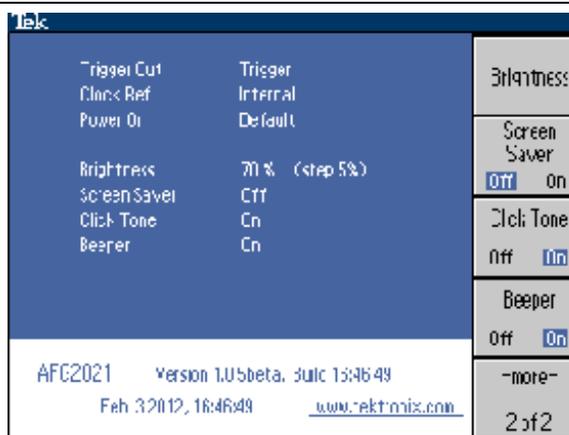
1. Нажмите кнопку Utility (сервис) на передней панели, чтобы вывести на экран меню Utility (сервис), содержащее следующие пункты.
2. **I/O interface** (интерфейс ввода/вывода) (См. стр. 21, *Подключение к компьютерной сети.*)
3. **Language** (язык) (См. стр. 11, *Выбор языка.*)
4. Для получения сведений об **относящихся к системе меню** см. пункт 6 и пункт 7.
5. Для отображения состояния прибора нажмите экранную кнопку **Status** (состояние).



6. Для отображения подменю System (система) нажмите экранную кнопку System (система). Информацию о **Trigger Out** (выход) (См. стр. 67.).
7. Информацию о **Clock Reference** (опорный тактовый сигнал) (См. стр. 73.).
8. Можно выбрать настройки прибора, сохраняющиеся при включении питания.
9. Выполнение функции **Secure** (безопасность) удалит все данные, за исключением Mac-адреса, данных калибровки и серийного номера прибора.



10. Для вывода на экран второй страницы нажмите кнопку **-more-** (-еще-). Для настройки контрастности экрана нажмите кнопку **Brightness** (яркость).
11. Для переключения функции экранной заставки между режимами **Off** (выкл.) и **On** (вкл.) нажмите кнопку **Screen Saver** (экранная заставка).
12. Для переключения щелкающего звука между режимами **Off** (выкл.) и **On** (вкл.) нажмите кнопку **Click Tone** (щелкающий звук).
13. Для переключения звукового сигнала бипера между режимами **Off** (выкл.) и **On** (вкл.) нажмите кнопку **Beeper** (бипер).



14. Для возврата к предыдущему меню нажмите на передней панели кнопку верхнего меню. Для вывода на экран второй страницы нажмите кнопку **-more-** (-еще-).
15. Для получения сведений о функции **Backup/Restore** (резервное копирование/восстанов.) см. пункт 16.



- | | |
|--|--|
| <p>16. Для отображения подменю резервного копирования/восстановления данных нажмите экранную кнопку Backup/Restore (резервное копирование/восстанов.).</p> <p>В этом меню можно выполнять резервное копирование параметров сигнала из внутренней памяти в USB-память или восстанавливать параметры сигнала из USB-памяти во внутреннюю память.</p> |  |
| <p>17. Возврат к основному меню Utility (сервис). Для вывода на экран третьей страницы нажмите экранную кнопку -more- (-еще-).</p> <p>На этой странице можно выполнять обновление микропрограммного обеспечения прибора. (См. стр. 17.)</p> |  |
| <p>18. Security Menu (меню защиты) (См. стр. 83.).</p> |  |

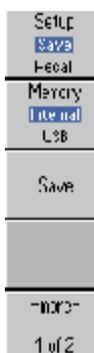
Сохранение и восстановление настроек прибора

Можно сохранять настройки прибора как файлы во внутренней памяти или на внешнем USB-накопителе. Файлы настройки, сохраняемые на USB-накопителе, имеют расширение TFS. Можно восстанавливать сохраненные настройки из файлов во внутренней памяти или на USB-накопителе.

1. Для вывода на экран меню сохранения нажмите кнопку Save/Recall (сохр./восст.) на передней панели.



2. Чтобы выбрать ячейку памяти, выберите внутреннюю память или USB-память.



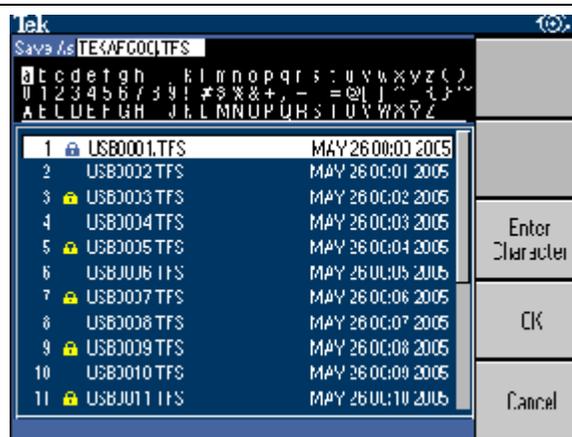
3. Для прокрутки файлов используйте универсальную ручку. Чтобы сохранить настройку во внутренней памяти, нажмите Save (сохранить).

ПРИМЕЧАНИЕ. При сохранении на устройство USB-памяти появляется пункт меню *Save As* (сохранить как).

4. Если выбрана USB-память, можно сохранить настройку как новый файл. Нажмите кнопку *Save As* (сохранить как).



5. На этом экране можно ввести имя файла. Для выбора символов пользуйтесь универсальной ручкой. Для ввода символа нажмите экранную кнопку Enter Character (ввод символа) или кнопку передней панели Enter (ввод).



6. Для вызова настройки нажмите экранную кнопку Setup (настройка), а затем выберите Recall (вызвать).
7. Нажмите экранную кнопку Recall (вызвать).



ПРИМЕЧАНИЕ. После считывания файла настройки состоянию выхода соответствует значение *Off* (выкл.).

Блокировка файлов настройки

Во избежание случайной перезаписи файла настройки его можно заблокировать. Когда ячейка памяти заблокирована, на экране отображается значок замка. Чтобы заблокировать или разблокировать файл настройки, нажмите экранную кнопку Lock/Unlock (установка/снятие блокировки), расположенную на второй странице меню Save/Recall (сохр./восст.).

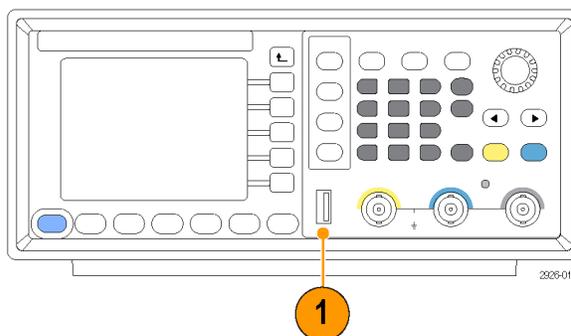
Стирание файла

Чтобы стереть файл, нажмите экранную кнопку Erase (стереть), расположенную на второй странице меню Save/Recall (сохр./восст.).

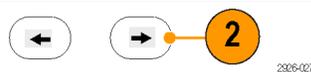
Сохранение снимка экрана

Можно сохранить снимок экрана прибора в USB-память. Выполните следующие действия.

1. Вставьте устройство USB-памяти в USB-разъем на передней панели.



2. Выберите на дисплее экран, который предполагается сохранить в качестве снимка. Затем нажмите одновременно две кнопки со стрелками под универсальной ручкой на передней панели.
3. На экране появится сообщение, указывающее, что снимок экрана сохранен.



ПРИМЕЧАНИЕ. Файлы снимков экрана сохраняются на USB-накопителе в папке с именем «ТЕК».

4. Нажмите кнопку ОК.

ПРИМЕЧАНИЕ. Файлы снимков экрана сохраняются в формате BMP. Прибор присваивает всем создаваемым файлам имена по умолчанию ТЕК00nnn.BMP, где nnn заменяются автоматически вставляемыми последовательными номерами от 000 до 999.

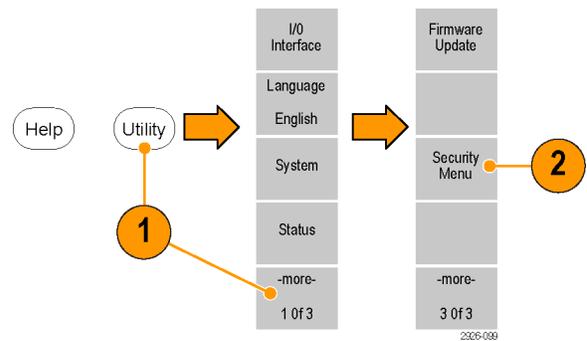
Меню Security (защита)

Используйте Security menu (меню защиты) для ограничения доступа к меню Firmware Update (обновление программы) и Service menu (меню обслуживания) (более подробные сведения о меню обслуживания см. в руководстве по обслуживанию). Из Security Menu (меню защиты) можно устанавливать защиту доступа и изменять пароли.

Защита доступа

В меню **Access Protection** (защита доступа) можно установить пароль, который должен вводиться при обновлении микропрограммного обеспечения. По умолчанию защита доступа отключена. Чтобы ее включить, выполните следующие действия.

1. Нажмите кнопку Utility (сервис) на передней панели, чтобы вывести на экран меню Utility (сервис), затем дважды нажмите экранную кнопку -more- (-еще-).
2. Выберите Security Menu (меню защиты).



3. Выберите Access Protection (защита доступа), чтобы отобразилась страница ввода пароля.



4. Введите свой пароль. Используйте универсальную ручку для выбора символов и нажимайте экранную кнопку Enter Character (ввод символа) после каждого такого выбора. По мере ввода символов пароля они отображаются последовательностью звездочек (*****) в поле ввода. Если предварительно пароль не был определен, используйте пароль по умолчанию — DEFAULT.
5. Нажмите кнопку «ОК», чтобы включить защиту доступа.

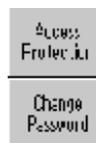


ПРИМЕЧАНИЕ. Когда включена защита доступа, экранная кнопка *Change Password* (изменить пароль) недоступна.

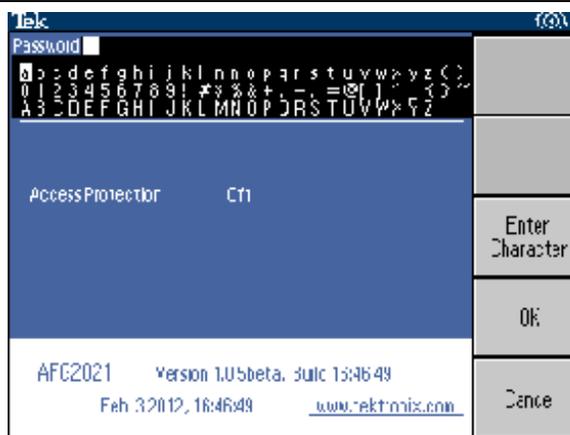
Изменение пароля

Перед первым изменением пароля по умолчанию задан пароль DEFAULT. Чтобы изменить пароль, выполните следующие действия.

1. Выберите пункт Security Menu (меню защиты) в меню Utility (сервис).
2. Если защита доступа включена, отключите ее с помощью меню Access Protection (защита доступа). В противном случае перейдите к следующему шагу.



3. Выберите Change Password (изменить пароль), чтобы отобразилась страница ввода пароля.
4. Введите свой текущий пароль. Используйте универсальную ручку для выбора символов и нажимайте экранную кнопку Enter Character (ввод символа) после каждого такого выбора. Нажмите кнопку OK, чтобы отобразилась страница ввода нового пароля.

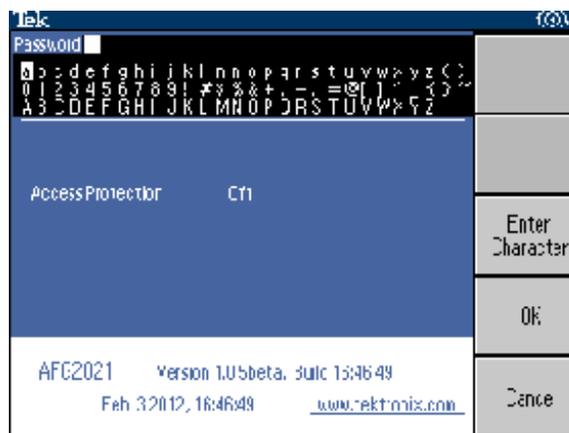


5. Введите новый пароль. Используйте универсальную ручку на передней панели для выбора символов. Нажимайте экранную кнопку Enter Character (ввод символа) после каждого такого выбора. Можно также использовать цифровую клавиатуру на передней панели и кнопку Enter (ввод).

По мере ввода символов нового пароля они отображаются на экране. Внимательно проверьте, чтобы убедиться, что символы введены правильно.

6. Нажмите кнопку «OK», чтобы активировать новый пароль.

ПРИМЕЧАНИЕ. Пароль должен содержать не менее четырех символов, но не более 12.



ПРИМЕЧАНИЕ. Чтобы включить или отключить защиту доступа, необходимо ввести заданный пароль. Если вы забыли пароль, прибор необходимо вернуть в компанию Tektronix, чтобы выполнить сброс пароля.

Приложение ArbExpress

Приложение ArbExpress — это работающее под управлением Windows программное обеспечение для создания и редактирования сигналов на приборах серии AWG и AFG корпорации Tektronix. При помощи ArbExpress можно быстро и удобно создавать требуемые формы сигнала и отправлять их на прибор.

Ниже в таблице и в списке рассматриваются требования к системе и основные функции.

Требования к системе

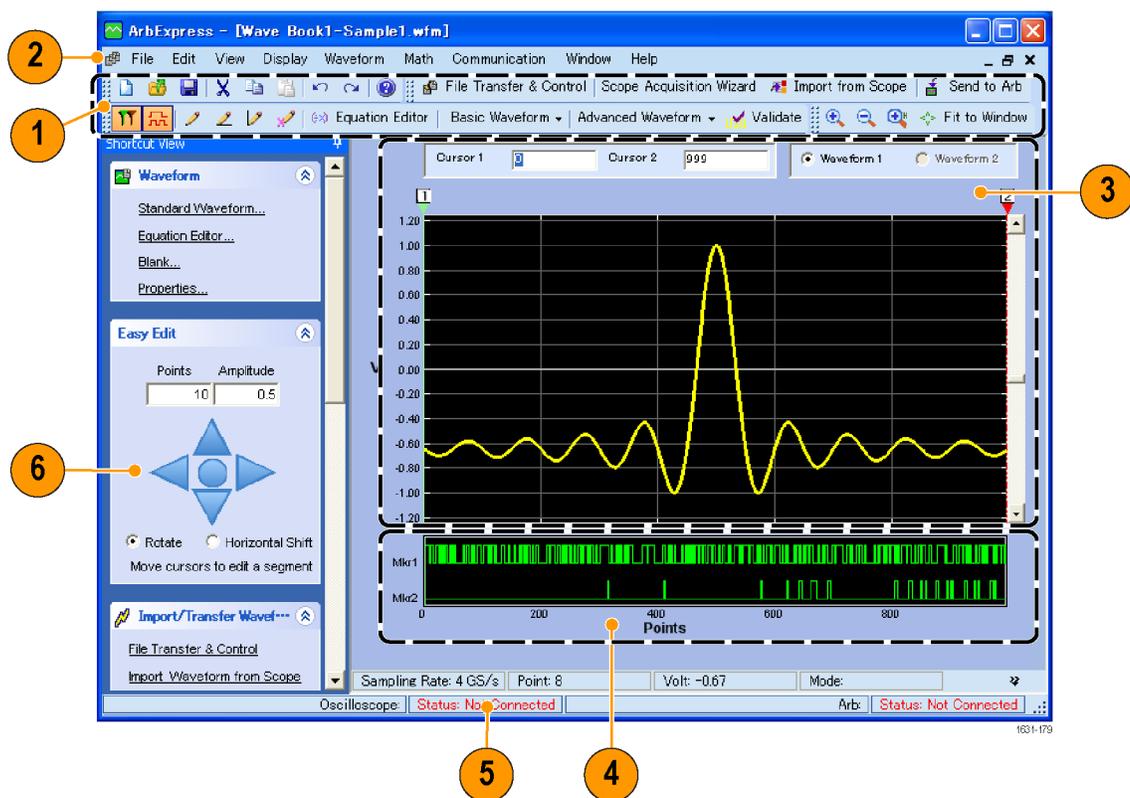
| | |
|--|--|
| Поддерживаемые ОС | Windows XP Professional или Windows 2000 или Windows 98/Me или Windows NT или Windows 7 (только 32-разрядная) |
| Минимальные требования к конфигурации ПК | Pentium III 800 МГц и более мощный, 256 МБ ОЗУ, 300 МБ свободного пространства на жестком диске, Microsoft Internet Explorer 5.01 и более новой версии, .NET Framework 1.1 Redistributable, разрешение дисплея 800 x 600 |
| TekVISA | Версия 3.3.4.6 и более новая |

- Создание сигналов из стандартных шаблонов сигналов
- Изменение и передача сигналов для проведения проверок проверяемых устройств
- Непосредственный импорт сигналов с осциллографов Tektronix
- Передача форм сигналов на приборы серии AWG/AFG непосредственно из приложения ArbExpress или MATLAB
- Математические операции с сигналами

ПРИМЕЧАНИЕ. ArbExpress можно использовать для передачи параметров сигнала на прибор. При передаче параметров сигнала (файл TFW) любая его часть, находящаяся вне допустимых пределов в приборе AFG2021, будет автоматически преобразовываться так, чтобы она находилась в допустимом диапазоне.

На следующих страницах показан экранный интерфейс и основные рабочие процедуры, выполняемые при помощи ArbExpress. Для получения дополнительной информации о приложении ArbExpress см. интерактивную справку ArbExpress.

Экранный интерфейс

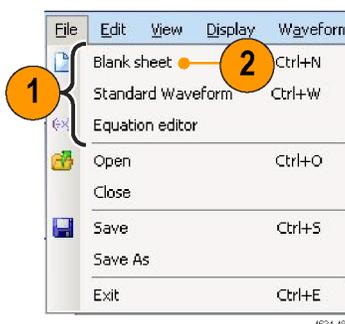


| Позиция | Описание |
|---------|--|
| 1 | Строка меню: строка меню позволяет обращаться к функциям приложения. При выборе пункта меню приложение выводит на экран соответствующее диалоговое окно или выбор пункта меню немедленно запускает действие. |
| 2 | Панель инструментов: кнопки панели инструментов обеспечивают немедленный доступ к большинству функций без необходимости перехода к ним через несколько меню. |
| 3 | Панель быстрого просмотра: панель быстрого просмотра расположена в левой части экрана. Она обеспечивает быстрый доступ к различным функциям приложения. Дополнительные сведения см. в электронной справке ArbExpress. |
| 4 | Строка состояния: строка состояния, находящаяся ниже отображаемой формы сигнала и области маркеров, предоставляет информацию о приложении и форме сигнала. |
| 5 | Область отображения осциллограмм: при создании или открытии формы сигнала она будет отображаться в этой области. |
| 6 | Область маркеров: в этой области показана структура маркеров. Для включения или отключения отображения маркеров выберите в строке меню Display (отображать) > Marker (маркер). |

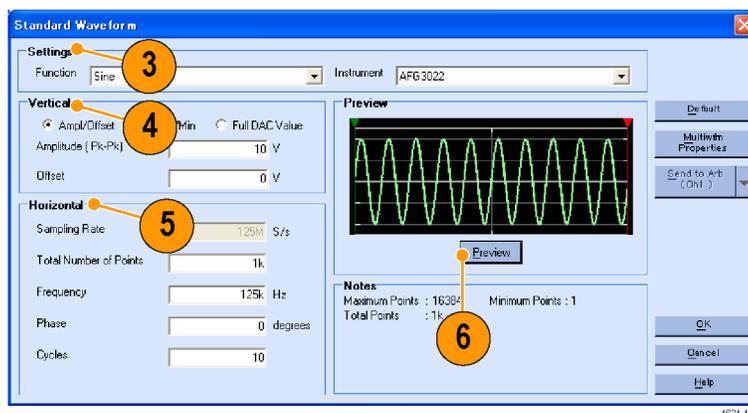
Основные операции

Ниже приведены пояснения по созданию основной осциллограммы и другим полезным функциям, доступным в приложении ArbExpress.

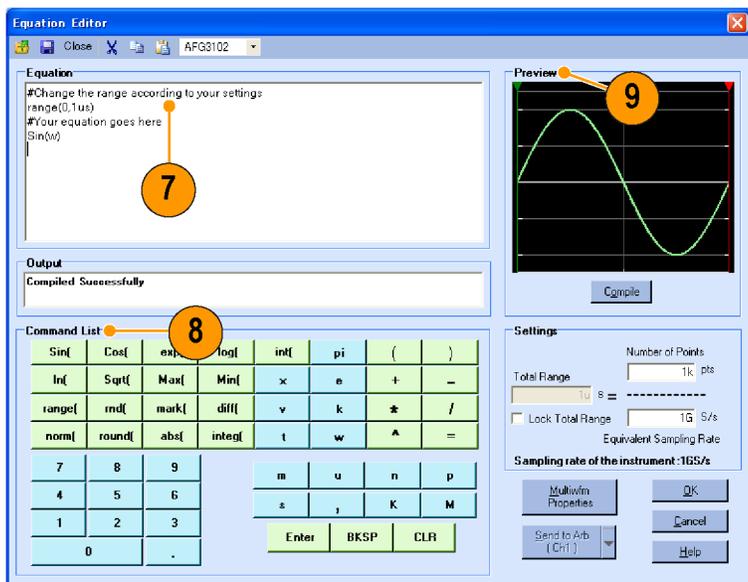
1. Чтобы создать новую форму сигнала, используйте меню File (файл).
2. Команда Blank sheet открывает в окне чистый лист, рассчитанный на форму сигнала, состоящую из 1024 точек. Число точек можно изменять с помощью команды Properties... (свойства...) меню Waveform (форма сигнала).



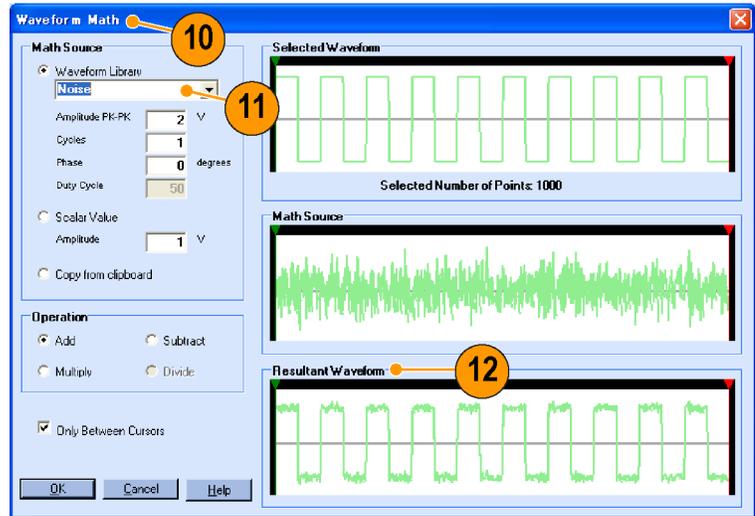
3. С помощью диалогового окна Standard Waveform (стандартная форма сигнала) можно создать любую форму сигнала из имеющегося набора стандартных форм сигнала. В области Settings (настройки) можно выбрать необходимую форму сигнала и тип прибора.
4. В области Vertical (по вертикали) устанавливаются параметры, определяющие положение формы сигнала по вертикали.
5. В области Horizontal (по горизонтали) устанавливаются параметры, определяющие положение формы сигнала по горизонтали.
6. Для предварительного просмотра формы сигнала нажмите кнопку Preview (предварительный просмотр).



7. Для создания формы сигнала можно также использовать редактор формул Equation Editor. В приложении предусмотрен набор формул, которые можно использовать непосредственно или после внесения в них изменений.
8. В области Command List (список команд) можно выбрать команды, функции, единицы измерения и операции.
9. В области Preview (предварительный просмотр) можно просмотреть форму сигнала после компиляции формулы.

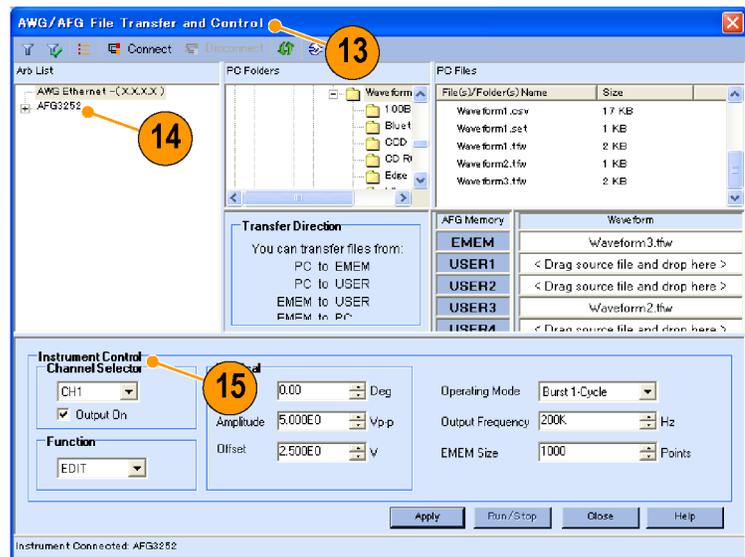


10. Можно также использовать математические средства построения формы сигнала.
Чтобы вывести диалоговое окно Waveform Math (математическая обработка формы сигнала), в меню Math (математические средства) выберите команду Waveform Math... (математическая обработка формы сигнала).
11. Выберите математический источник из библиотеки Waveform Library (библиотека форм сигнала). В данном примере выберите вариант Noise (шум).
12. Результаты вычислений отображаются области Resultant Waveform (результатирующая форма сигнала). В этом примере к последовательности прямоугольных импульсов добавляется шум.



1631-183

13. С помощью приложения ArbExpress можно управлять приборами Tektronix AWG/AFG в удаленном режиме.
Чтобы отобразить диалоговое окно, в меню Communication (связь) выберите команду AWG/AFG File Transfer & Control... (передача и управление файлами AWG/AFG...).
14. Подключенные приборы показаны в списке Arb List (список произвольных форм сигнала).
15. Область Instrument Control (управление прибором) появляется, только когда прибор подключен, в противном случае она скрыта.

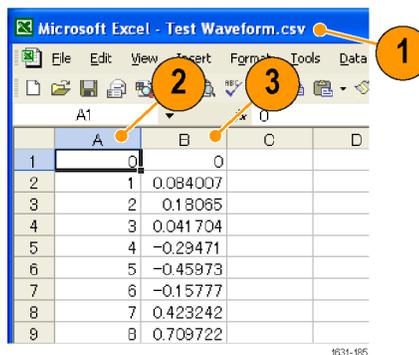


1631-184

Использование параметров сигнала в формате CSV

Приложение ArbExpress позволяет конвертировать файл формата CSV (Comma Separated Value — значения, разделенные запятыми), создаваемый посредством Microsoft Excel, в параметры сигнала, совместимые с настоящим прибором.

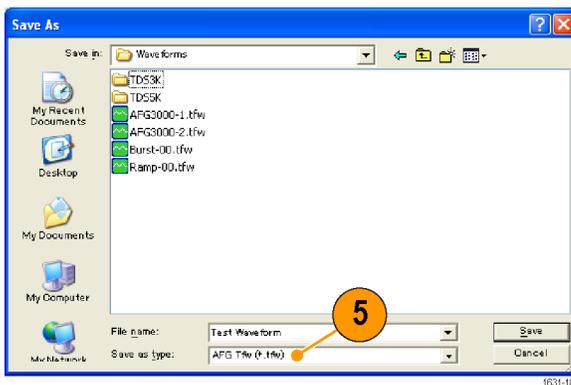
1. Создайте CSV-файл для использования в приложении ArbExpress.
2. В этот столбец введите номера точек или моменты времени.
3. В этот столбец введите данные.
При открытии CSV-файла может появиться диалоговое окно для подтверждения формата CSV-файла.



4. Это пример области отображения формы сигнала в приложении ArbExpress после пересчета CSV-данных.



5. Сохраните форму сигнала в формате TFW. Скопируйте параметры сигнала в USB-память и загрузите форму сигнала в генератор сигналов произвольной формы.



6. Прибор серии AFG2021 выводит вызванные параметры сигнала. Это пример экрана осциллографа.



1 F_s представляет собой частоту настройки выходного сигнала.

Примеры применения

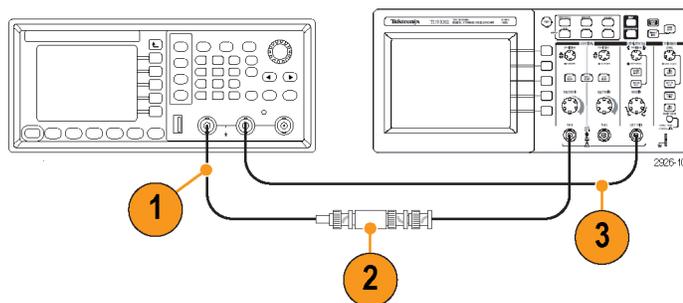
В этом разделе дан ряд примеров применения данного устройства. На упрощенных примерах демонстрируются функции прибора и приводятся советы по использованию данного устройства для измерений.

Измерение характеристик фильтра

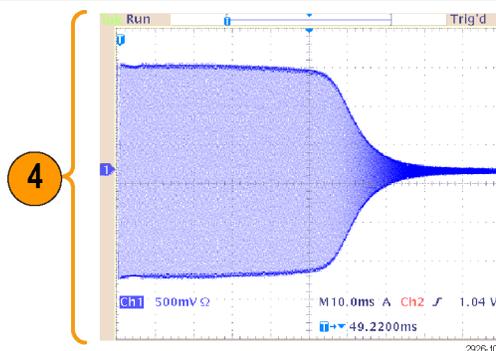
Для наблюдения частотных характеристик фильтра сопротивлением 50 Ом используйте функцию развертки прибора.

1. Соедините выход Channel Output (выход канала) прибора со входом CH1 осциллографа при помощи кабеля BNC.
2. Включите фильтр сопротивлением 50 Ом между разъемом Channel Output (выход канала) и входом CH1 осциллографа.
3. Соедините разъем Trigger Output (выход сигнала запуска) прибора и входной разъем осциллографа, предназначенный для внешнего сигнала запуска.

Установите полное входное сопротивление осциллографа 50 Ом.



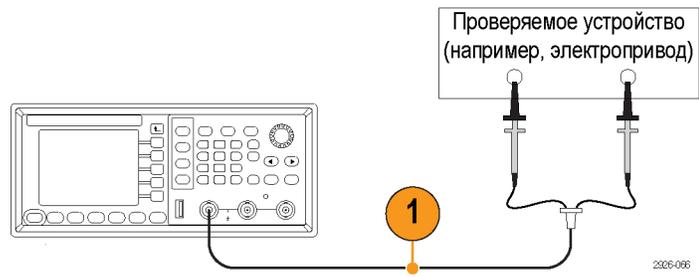
4. В группе Run Mode (режим работы) прибора нажмите кнопку Sweep (развертка) и задайте начальную частоту, конечную частоту и время развертки, для того чтобы форма сигнала отображалась вместе с масштабной сеткой. Частотные характеристики фильтра можно измерить, зная время развертки и масштаб по оси времени осциллографа.



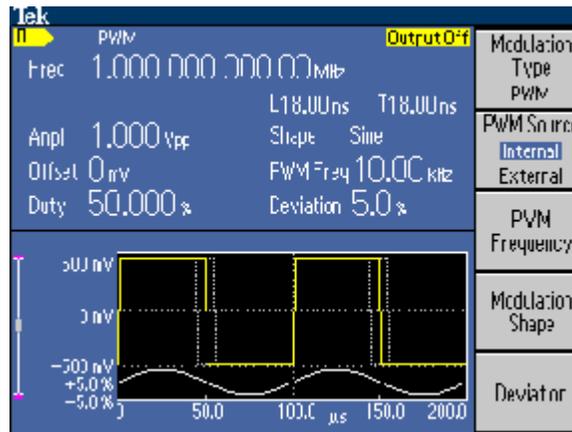
Управление скоростью электропривода с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ)

Широтно-импульсная модуляция используется для управления скоростью электропривода постоянного тока или яркостью СИД (светоизлучающего диода). Используйте функцию PWM (ШИМ) прибора для управления скоростью электропривода постоянного тока.

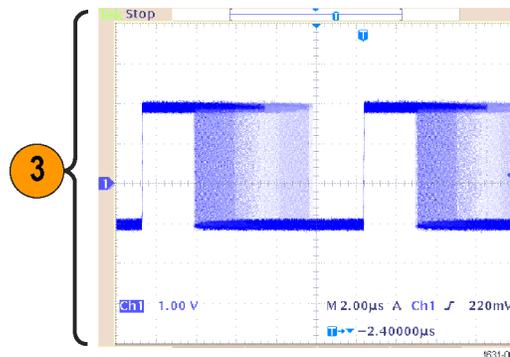
1. Соедините выход прибора и проверяемое устройство, используя адаптер коаксиальный разъем (BNC) — зажим типа «крокодил».



2. Нажмите кнопку Pulse (импульсн.) и кнопку Modulation (модуляция) на передней панели, после чего выберите PWM (ШИМ) в качестве типа модуляции. Установите частоту, примерно равную 100 кГц.



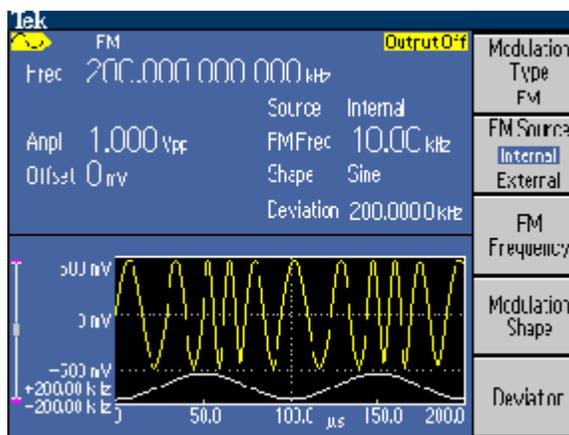
3. Подсоедините выход к осциллографу. Убедитесь, что на экране осциллографа отображается форма сигнала с широтно-импульсной модуляцией. Выберите Pulse Duty (коэффициент заполнения импульса) и измените значение коэффициента заполнения. Убедитесь, что скорость вращения электропривода изменяется при изменении значения коэффициента заполнения.



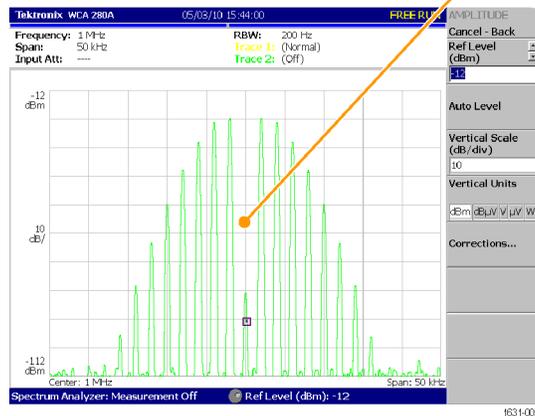
Пустая несущая (частотная модуляция)

Для наблюдения за формой несущей частотной модуляции используйте прибор и анализатор спектра.

1. Выберите в качестве формы выходного сигнала Sine (синус), затем выберите тип модуляции FM (ЧМ).
2. Установите следующие параметры формы сигнала:
 - Несущая частота: 1 МГц
 - Частота модуляции: 2 кГц



3. Измените параметр Deviation (девиация). Установите в качестве значения девиации 4,8096 кГц. Это делает форму несущей пустой. Убедитесь, что пустую несущую можно наблюдать на анализаторе спектра.



Предметный указатель

А

- Автокалибровка, 8
- Адаптер плавкого предохранителя, защита выходных цепей, 13
- Амплитуда, изменение единиц измерения, 38

Б

- Бипер
 - Utility (сервис), меню, 78
- Блокировка или разблокировка сохраненные файлы
 - настройки, 48
- Блокировка файлов настройки Save/Recall (сохр./восст.), меню, 81
- Блокировка элементов управления, расположенных на передней панели, 28

В

- Вентиляционное отверстие задняя панель, 40
- Вентиляционное отверстие вентилятора задняя панель, 40
- Винт шины заземления шасси задняя панель, 40
- Включение выходного сигнала канал, 39
- Включение и выключение питания прибора, 5
- Включение/выключение выходного сигнала канала, 39
- Восстановление параметров сигнала
 - Сохранение параметров сигнала, 52

- Время возврата
 - сигнал развертки, 59
- Время развертки
 - сигнал развертки, 59
- Время удержания
 - сигнал развертки, 59
- Вход внешнего опорного сигнала
 - задняя панель, 73
- Вход питания
 - задняя панель, 40
- Выбор режима работы
 - Развертка сигнала, 59
- Выбор формы сигнала, 31
 - Выбор режима работы, 35
- Выбор языка, 11
 - Самотестирование и автокалибровка, 8
- Выходной сигнал запуска, 67

Г

- Гаверсинус
 - стандартная форма сигнала, 34
- Генерация импульсного сигнала, 46
- Генерирование импульсного сигнала
 - Генерирование синусоидального сигнала, 41
- Генерирование пакета импульсов, 56
- Генерирование сигнала постоянного тока, 55
- Генерирование сигнала произвольной формы, 49
 - Изменение сигнала произвольной формы, 51

- Генерирование сигнала с амплитудной модуляцией
 - Генерирование сигнала с частотной манипуляцией (ЧМн), 65
- Генерирование сигнала с частотной манипуляцией (ЧМн)
 - Восстановление настроек по умолчанию, 29
- Генерирование сигнала с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ)
 - Генерирование сигнала с амплитудной модуляцией, 62
- Генерирование сигнала синусоидальной формы, 41
- Генерирование сигнала шума, 55
- Генерирование синусоидального сигнала
 - Генерирование сигнала произвольной формы, 49

Д

- Диалоговое окно Standard Waveform (стандартная форма сигнала), ArbExpress, 89
- Диалоговое окно Waveform Math (математическая обработка формы сигнала), ArbExpress, 90
- Диапазон значений, 26
- Дистанционное управление, ArbExpress, 90
 - для выбора языка, 11
- Добавление шумов, 72

- Е**
 Единицы измерения
 напряжения, таблица
 преобразования В (размах),
 В (ср. кв.) и дБм, 38
- З**
 Задняя панель, 40
 Заземление в режиме изоляции
 от цепей заземления, 14
 Защита выходных цепей,
 адаптер плавкого
 предохранителя, 13
 Защита доступа
 Меню защиты кнопки Utility
 (сервис), 83
 обновление
 микропрограммного
 обеспечения, 19
 Подключение к
 компьютерной сети, 21
 Защита проверяемого
 устройства, 15
 Настройка импеданса, 71
- И**
 Изменение пароля, меню
 защиты, 85
 Изменение сигнала
 произвольной формы, 51
 Генерирование сигнала с
 широотно-импульсной
 модуляцией (ШИМ), 66
 Измерение характеристик
 фильтра
 Примеры применения, 93
 Измеритель уровня
 экранный интерфейс, 28
 Импеданс нагрузки, 26, 71
 Инвертирование формы сигнала
 Защита проверяемого
 устройства, 15
 Инструкция
 Настройка параметров
 сигналов, 36
- Интерфейс USB
 задняя панель, 21
- К**
 Кнопка питания, 6
 Кнопка Arb (произвольн.)
 (передняя панель)
 Вызов произвольных
 сигналов, 48
 Кнопка Default (по
 умолчанию), 7
 Кнопка Lock/Unlock
 (установка/снятие
 блокировки)
 Save/Recall (сохр./восст.),
 меню, 81
 Кнопки бокового меню, 28
 Кнопки параметров, 28
 Конечная частота
 сигнал развертки, 59
- Л**
 Локальная сеть, разъем
 задняя панель, 40
- М**
 Меню защиты, 83
 Меню Edit (правка), 51
 Восстановление параметров
 сигнала, 51
 меню Utility (сервис), 77
 Меню Utility (сервис)
 Защита доступа, 83
 Модулирование сигнала, 62
- Н**
 Нарастающая экспонента
 стандартная форма
 сигнала, 34
 Настройка импеданса
 нагрузки, 71
 Настройка параметров сигналов
 Подключение к
 компьютерной сети, 21
 Настройка по умолчанию, 29
- Настройки
 Сохранение и
 восстановление, 47
 Настройки по умолчанию, 30
 Настройки прибора,
 сохраняющиеся при
 включении питания, 7
- О**
 Область отображения графиков
 экранный интерфейс, 28
 Область отображения
 осциллограмм
 экранный интерфейс, 28
 Область отображения
 параметров
 экранный интерфейс, 28
 Область отображения
 сообщений
 экранный интерфейс, 29
 Обновление
 микропрограммного
 обеспечения
 Сохранение снимка
 экрана, 82
 Обновления
 микропрограммного
 обеспечения, 17
 Общие положения о
 безопасности, iv
 Опорный сигнал, внутренний
 или внешний, 74
 Опорный тактовый сигнал
 внешний, 73
 внутренний, 73
 Основная область экрана
 экранный интерфейс, 28
 Основные функции, 1
 Осциллограммы
 Сохранение и
 восстановление, 47
- П**
 Пакет импульсов
 генерировать, 56

- Параметр сигнала, как изменить, 36
 Пароль
 Security Menu (меню защиты), 85
 Передняя панель, 27
 Подключение к компьютерной сети
 Выбор языка, 11
 Генерация импульсного сигнала, 46
 Ethernet, 22
 постоянный ток
 стандартная форма сигнала, 34
 Потребляемая мощность, 5
 При включении питания, 6
 При выключении питания, 6
 Приложение ArbExpress
 экранный интерфейс, 88
 Примеры применения
 Измерение характеристик фильтра, 93
 Частотная модуляция, 95
 Широтно-импульсная модуляция, 94
 Пустая несущая, примеры применения, 95
- Р**
- Разблокировка элементов управления, расположенных на передней панели, 28
 Развертка, 59
 Разъем Trigger Output (выход сигнала запуска), 67
 Редактирование сигналов произвольной формы
 пример 1, 53
 пример 2, 54
 Редактор уравнений, ArbExpress, 89
 Рекомендуемые принадлежности, 3
 Руководство программиста, xi, 25
- С**
- Самотестирование и автокалибровка
 синхронная работа, 75
 Самотестирование, меню Utility (сервис), 8
 Сигнал развертки
 Примеры применения, 93
 Синхронизированный пакетный сигнал
 генерировать, 56
 Синхронная работа, 75
 Обновление микропрограммного обеспечения прибора, 17
 Слот безопасности
 задняя панель, 40
 Снимок экрана
 сохранение, 82
 Состояние выходного сигнала
 Шум, 72
 Сохранение и восстановление настроек прибора, 80
 Сохранение снимка экрана, 82
 Сохранить сигнал
 Сохранить/вызвать сигнал произвольной формы, 47
 Сохранить/вызвать настройку прибора
 Генерирование сигнала произвольной формы, 49
 Сохранить/вызвать сигнал произвольной формы
 Сохранение и восстановление настроек прибора, 80
 Справка
 доступ к прибору, 44
 перемещение, 44
 прибор, 44
 Стандартные принадлежности, 2
 Стандартные сигналы, 31
- Стирание**
 сохраненные файлы
 настройки, 48
 Стирание файлов настройки
 Save/Recall (сохр./восст.), меню, 81
 Стробированный пакетный сигнал
 генерировать, 58
- Т**
- Требования к источнику питания, 5
 Требования к окружающей среде, 4
 Требования к разъему USB, 76
- У**
- Убывающая экспонента
 стандартная форма сигнала, 34
 Условия эксплуатации, 4
- Ф**
- Файл CSV, ArbExpress, 91
 Файл TFS, сохранение
 настройки прибора, 80
 Фигуры Лиссажу
 Широтно-импульсная модуляция, 94
 Формулы
 модулированные
 сигналы, 63
 Формулы для модулирующего сигнала
 АМ, 63
 ФМ, 63
 ЧМ, 63
 Формулы описания импульсного сигнала, 47
 Функция безопасности
 Utility (сервис), меню, 77
 Функция Гаусса
 стандартная форма сигнала, 34

Функция Лоренца
стандартная форма
сигнала, 34

Ц

Центральная частота
сигнал развертки, 59

Ч

Частотный диапазон
сигнал развертки, 59
Число точек, меню Edit
(правка), 51

Ш

Широтно-импульсная
модуляция
Примеры применения, 94
Развертка, 93

Шум

стандартная форма
сигнала, 34
экранный интерфейс, 28

Щ

Щелкающий звук
Utility (сервис), меню, 78

Э

Эквивалентные выходные
цепи, 26
Экранная заставка
Utility (сервис), меню, 78
Экранное меню
экранный интерфейс, 28

Экранный интерфейс, 28
Требования к системе, 87
Эксплуатация в режиме
«главный-подчиненный», 75
Элементы управления передней
панели
как заблокировать или
разблокировать, 28

A

ArbExpress, xi, 87, 92
Основные операции, 89
Сохранение произвольного
сигнала, 48

D

Default (по умолчанию),
настройки,
устанавливающиеся при
включении питания, 7

E

Ethernet
GPIB, 24
EXT MODULATION INPUT,
разъем
задняя панель, 40
EXT REF INPUT (вход внешнего
опорного сигнала), разъем
задняя панель, 40

G

GPIB, разъем
задняя панель, 40

L

Last (последний), настройки,
устанавливающиеся при
включении питания, 7, 8

O

Output menu (меню выхода)
Добавление шумов, 72

R

Run Mode (режим работы), 35

S

Security Menu (меню защиты)
Обновление
микропрограммного
обеспечения, 21
Sin(x)/x
стандартная форма
сигнала, 34

U

USB-накопитель
Обновление
микропрограммного
обеспечения, 17
USB-память, 76
USB-разъем типа B
задняя панель, 40