

Измерительные приборы Agilent Technologies для бюджетных рабочих мест

Владимир ДЬЯКОНОВ,
д. т. н., профессор
vpdyak@yandex.ru

Agilent Technologies — компания с мировым именем, которая выпускает продукцию широкого применения. Она была образована в 1999 году, отделившись от Hewlett-Packard. Сегодня Agilent Technologies имеет представительства и производственные площадки в более чем 100 странах мира. Ее общий штат насчитывает более 40 000 сотрудников. Компания поставляет свою продукцию в 110 стран мира. Номенклатура оборудования под маркой Agilent включает в себя более тысячи наименований. Основные потребители — это инженеры, исследователи, ученые и специалисты в самых различных направлениях современной науки и индустрии.

Введение

Agilent Technologies [1] проводит регулярные тщательные исследования в поисках улучшения существующих продуктов и разработки новых, необходимых для создания рабочих мест. Эти исследования позволяют контролировать качество и гарантировать надежность создаваемых устройств и систем. Приборы Agilent Technologies часто используются для комплектации и модернизации рабочих мест в электронной, аэрокосмической и микроселектронной промышленности и в системе образования (рис. 1).

Автор уже писал [2], что компания Agilent Technologies в 2011 году сделала «нырок вниз», пополнив перечень своих изделий с повышенной доступностью и низкой (бюджетной) стоимостью двумя сериями осциллографов — 2000X и 3000X. В 2012 г. ориентация



Рис. 1. Типичная лаборатория с приборами Agilent

Agilent на завоевание рынка бюджетных приборов и рабочих мест была сохранена.

«Наши заказчики говорят нам, что у нас превосходные осциллографы, но, к сожалению, они не всегда вписываются в выделен-

ные бюджеты, — сказал Джей Александр, вице-президент и генеральный менеджер департамента осциллографии компании Agilent. — Вот почему мы так гордимся своей новой серией осциллографов. Эти приборы обладают широчайшими возможностями, а их начальная цена на 30% ниже, чем мы когда-либо предлагали».

В 2012 году компания Agilent представила новую серию бюджетных осциллографов Agilent DSO 1000B. Четыре новые модели с верхней границей полосы пропускания от 50 до 150 МГц (рис. 2) обладают широкими функциональными возможностями и предлагаются по весьма привлекательной цене. Они дополняют ранее выпущенные приборы серии 1000A.

Основные параметры новой серии осциллографов приведены в таблице 1. Видно, что все приборы двухканальные и рассчитаны на умеренную полосу частот до 150 МГц. Приборы с буквой А в названии четырехканальные и могут работать на более высокой частоте.

Габариты (Ш×В×Г) — 324,6×157,8×129,2 мм для моделей «А» и 303×154×133 мм для моде-

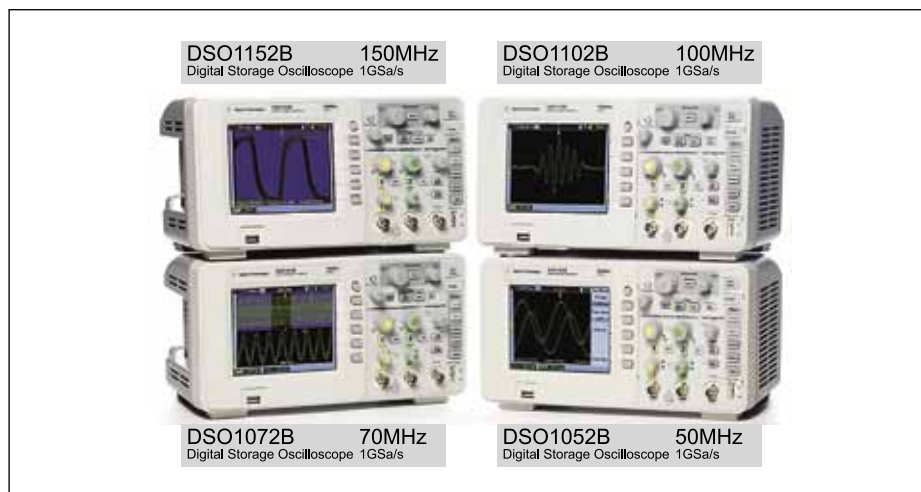


Рис. 2. Двухканальные бюджетные осциллографы серии 1000B

Таблица 1. Основные параметры осциллографов Agilent 1000B

Модель	Полоса пропускания, МГц	Количество каналов	Дискретизация, Гвыб/с	Объем памяти
DSO1052B	50	2	1	16K
DSO1072B	70			
DSO1102B	100			
DSO1152B	150	4	2	20K
DSO1004A	60			
DSO1014A	100			
DSO1024A	200			



Рис. 3. Осциллограф DSO1162B с пробником аналоговых каналов

лей «В». Масса осциллографов — 3,03 кг (нетто) и 4,87 кг (брутто) для моделей «А» и 2,4 кг (нетто), 3,87 кг брутто для моделей «В». На рис. 3 показан внешний вид одного из осциллографов DSO1162B с подключенным к нему стандартным пробником.

Эти осциллографы имеют широкий спектр измерительных возможностей, которые в данном классе осциллографов на рынке практически не встречаются. Несмотря на свою небольшую цену, приборы обеспечивают уверенный захват и отображение сигналов, в том числе одновременно обзорной осциллограммы и ее выделенного участка (действие «лупы времени», рис. 4). Они оснащены ярким LCD-дисплеем с четким изображением и широким углом обзора. Глубина памяти новых осциллографов составляет до 16 квыб./канал, тогда как у осциллографов такого класса корпорации Tektronix она равна 2,5 квыб./канал, что в шесть раз меньше. Частота дискретизации 1 Гвыб./с обеспечивает детализацию сигналов.

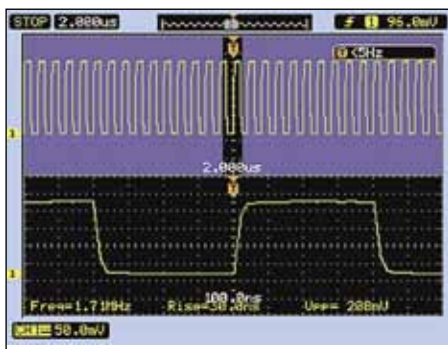


Рис. 4. Одновременное наблюдение обзорной осциллограммы и ее выделенного участка

Осциллографы серии 1000В могут выполнять 23 вида автоматических измерений, а также имеют встроенный частотомер. Результаты автоматических измерений можно вывести в виде таблицы (рис. 5).

Для уменьшения влияния шумов можно использовать ограничение полосы исследуемых частот. Для этого в осциллографы встроен фильтр нижних частот. О его эффективности позволяют судить осциллограммы, представленные на рис. 6. Еще более эффек-

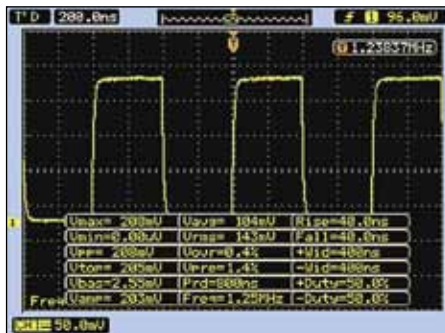


Рис. 5. Одновременное наблюдение осциллограммы и таблицы результатов автоматических измерений

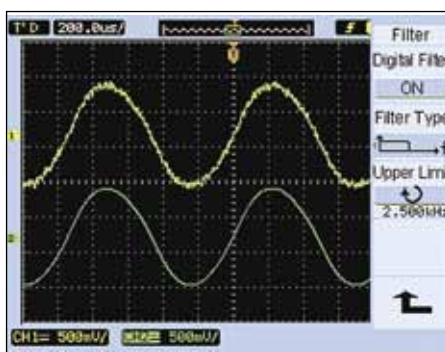


Рис. 6. Наблюдение осциллограммы зашумленного сигнала и ее вид после очистки фильтром полосы пропускания

тивным может быть усреднение большого количества осциллограмм, но эта операция снижает скорость их вывода.

В осциллографах предусмотрен ряд математических операций по обработке сигналов. Особо следует отметить операцию быстрого преобразования Фурье (БПФ). Она позволяет строить частотный спектр сигналов, которые являются функцией времени. Осциллограмму исходного сигнала и его спектр можно наблюдать одновременно на экране дисплея (рис. 7).

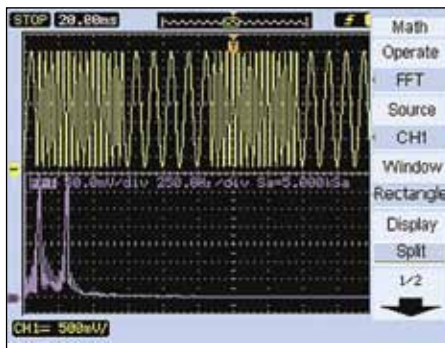


Рис. 7. Наблюдение сигнала с перескоком частоты и его спектра, полученного операцией БПФ

Для обеспечения более комфортной и производительной работы новые осциллографы серии DSO1000В имеют:

- встроенную справочную систему;

- графический интерфейс пользователя, наклейки на переднюю панель и руководство пользователя на 11 языках;
- руководство по выполнению лабораторных работ для студентов и набор слайдов для преподавателя;
- интерфейс USB для подключения модулей флэш-памяти и внешних устройств, например компьютера или принтера.

В осциллографах серии DSO1000В, выпускаемых для России и стран СНГ, пользовательский интерфейс и передняя панель русифицированы. USB-порты позволяют сохранять результаты измерений во флэш-памяти и подключить осциллограф к персональному компьютеру. Поставляемый бесплатный комплект программного обеспечения для преподавателей поможет в обучении базовым навыкам работы с осциллографом.

Осциллографы серии 1000В подходят для учебных заведений и курсов повышения квалификации персонала, где бюджет на закупку оборудования ограничен. Инженеры и радиолюбители также смогут воспользоваться этими приборами для укомплектования рабочих мест на своих малых предприятиях и личных целях.

В стандартную комплектацию моделей серии 1000В входит возможность тестирования по маске (тесты типа «годен/не годен»), что позволяет даже новичкам выполнять точное тестирование параметров сигналов. Маска задается геометрической фигурой или сдвигом опорной осциллограммы (рис. 8). В новых осциллографах предусмотрен режим последовательного захвата кадров, таким об-

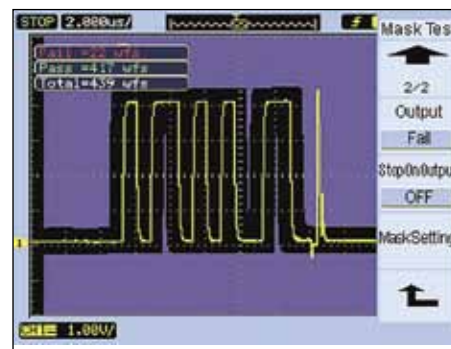


Рис. 8. Контроль вхождения осциллограммы сложного сигнала в маску



Рис. 9. Четырехканальный осциллограф DSO1024A

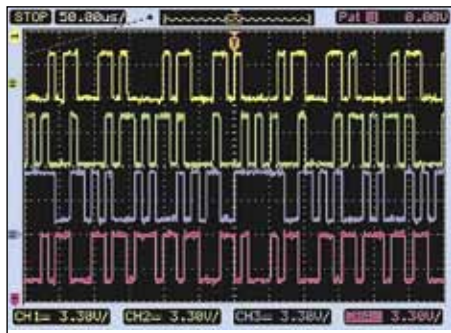


Рис. 10. Наблюдение четырех осциллограмм на экране осциллографа DSO1024A



Рис. 11. Сумка для переноски осциллографов серии DSO1000

разом, можно записывать и воспроизводить до 1000 кадров сигнала для идентификации глитчей и других аномалий сигналов.

Четырехканальные осциллографы серии DSO1000A (рис. 9) имеют расширенный частотный диапазон и большую память осциллограмм. Они позволяют воспроизвести на экране дисплея все четыре осциллограммы одновременно и различную служебную информацию (рис. 10).

Для переноски осциллографов серии DSO1000 поставляется мягкая сумка (рис. 11), защищающая приборы от ударов, дождя и снега. Выпускается также обширный набор активных и пассивных пробников.

Другие осциллографы Agilent умеренной стоимости

По мере усложнения функций рабочего места возникает задача его модернизации, например расширения верхней границы полосы исследуемых частот. Agilent предлагает для этого приобрести старшие версии осциллографов и других приборов, а также заранее предусмотренные опции их модернизации. Так, рабочая частота у приборов старших серий может быть доведена до 70 ГГц.

Большие возможности имеет современная серия приборов 2000. Она подробно описана в [2]. Еще более совершенные осциллографы обычных и смешанных сигналов серии DSOX3000A/MSOX3000A имеют полосу пропускания от 100 до 500 МГц (табл. 2)

Таблица 2. Параметры некоторых осциллографов MSO3000A

Модель	Полоса пропускания, МГц	Количество каналов	Дискретизация, Гвыб./с	Объем стандартной памяти
MSOX3014A	100	4+16	4	2М
MSOX3024A	200			
MSOX3034A	350			
MSOX3054A	500			
MSOX3104A	1000		5	

Примечание. Приборы DSO3000A имеют только аналоговые каналы.

и скорость обновления экрана 1 млн сигналов в секунду. Среди дополнительных возможностей — 16 цифровых каналов (MSO), интегрированный генератор стандартных сигналов и аппаратная реализация декодирования сигналов последовательных шин I²C, SPI, RS232, UART, CAN, LIN, и I²S. Эти приборы имеют 8,5-дюймовый WVGA и очень высокую скорость обновления осциллограмм — до 1 млн осциллограмм в секунду при глубокой памяти: 2 Мвыб. (опционально — до 4 Мвыб.).

Фактически эти осциллографы объединяют пять приборов в одном:

- Один из лучших в своем классе осциллографов.
- Встроенный 16-канальный логический анализатор (для моделей MSOX, опционально устанавливается на DSOX).
- Встроенный генератор сигналов 20 МГц (опция DSOX3WAVEGEN).
- Анализатор протоколов.
- Встроенный 3-разрядный цифровой вольтметр.
- 5-разрядный частотомер (опция DSOXDVM).

Новейшая серия High-End осциллографов DSOX/MSOX40000

Из высококачественных осциллографов средней ценовой категории следует отметить новую серию InfiniiVision DSOX/MSOX4000 [3]. Благодаря запатентованной технологии MegaZoom IV удалось обеспечить самую высокую в отрасли скорость обновления сигналов на экране — до 1 млн осциллограмм в секунду в режиме сегментированной памяти. Кроме того, в этих осциллографах используется самый большой в отрасли емкостный сенсорный дисплей с диагональю 30 см (12 дюймов), а также инновационная функция «запуска касанием» (InfiniiScan Zone).

Основные параметры этих новейших осциллографов приведены в таблице 3. Приборы MSOX — это осциллографы смешанных сигналов: они имеют дополнительно 16-канальный вход для логических сигналов и выполняют функции встроенного анализатора логических сигналов.

Таблица 3. Параметры осциллографов DSOX/MSOX4000 (приборы серии MSOX)

Модель	4022A	4024A	4032A	4034A	4052A	4054A	4104A	4154A
Полоса (–3 дБ), МГц	200	350	500	1000	1500			
Время нарастания, пс	≤1,75	≤1	≤700	≤450	≤30			
Количество аналоговых каналов	2	4	2	4	2	4	4	4



Рис. 12. Внешний вид осциллографа MSOX4000

Внешний вид осциллографа MSOX4000 представлен на рис. 12. Сразу же привлекает внимание 12,1-дюймовый экран дисплея с емкостным сенсорным управлением и небольшая в сравнении с ним панель управления.

Большой размер экрана и его высокое разрешение (800×600 пикселей) позволяют наблюдать очень четкие осциллограммы аналоговых и цифровых сигналов, а также многочисленные элементы интерфейса, надписи и цифры (рис. 13).

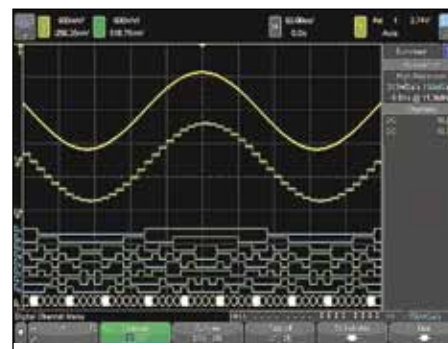


Рис. 13. Осциллограммы аналоговых и цифровых сигналов на экране осциллографа серии MSOX4000

Осциллографы InfiniiVision 4000 X были разработаны специально для работы с сенсорным дисплеем, поэтому инженеры имеют возможность просто и быстро выбирать объекты исследования. Так, например, функция InfiniiScan Zone позволяет существенно упростить запуск. Достаточно найти интересующий сигнал на экране осциллографа и начертить вокруг него рамку: если пользователь может видеть нужный сигнал, он может осуществить по нему запуск.



Рис. 14. Панель установки параметров генератора сигналов произвольной формы

Осциллографы серии MSOX4000 выполняют функции пяти приборов. Это:

- собственно запоминающий 4-канальный осциллограф высокого класса;
- анализатор логики с 16 каналами;
- анализатор последовательных протоколов (шин);
- двухканальный генератор сигналов произвольной формы;
- цифровой вольтметр (три цифры результата).

Встроенный генератор стандартных и произвольных сигналов с удобной панелью управления на экране дисплея представлен на рис. 14. Генератор реализует прямую цифровую синтез сигналов. Диапазон частот генератора — от 0,1 Гц до 20 МГц (синус). Параметры импульсных сигналов приведены в datasheet на эти приборы. Осциллографы этой серии могут успешно заменить на рабочем столе несколько дорогих приборов, что оправдывает не очень малую цену моделей 4000 X.

Осциллограф имеет 35 видов автоматических измерений, причем 10 из них можно выводить одновременно. Таблицу с их результатами можно наблюдать вместе с осциллограммами, к которым они относятся (рис. 15).

Приборы имеют обширные математические возможности. Так, с сигналами двух аналоговых каналов традиционно возможны арифметические операции сложения, вычитания, умножения и деления. С сигналами одного канала возможны операции дифференцирования, интегрирования, вычисления $Ax+B$,



Рис. 15. Наблюдение осциллограмм и таблицы результатов автоматических измерений

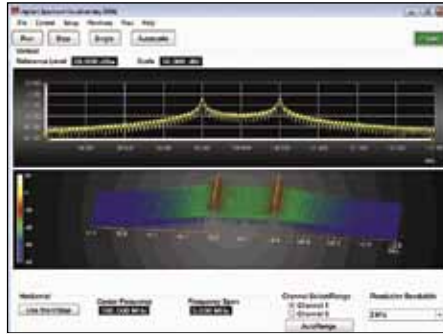


Рис. 16. Наблюдение спектра и спектрограммы

квадрата и квадратного корня, экспоненты, а также логарифмирования, фильтрации, усреднения по многим сигналам и быстрого преобразования Фурье.

Традиционное БПФ существенно модифицировано. Теперь оно позволяет получить не только спектр сигнала, но и его спектрограмму — спектр в координатах время-частота с представлением амплитуды цветом. Это роднит программный анализатор спектра с векторным. Да и установки исходных параметров спектра стали подобны применяемым в анализаторах спектра: средняя частота, полоса частот и частотное разрешение. Они устанавливаются независимо (рис. 16).

В осциллографах есть функция запоминания осциллограмм прямо на экране дисплея. Это позволяет регистрировать сложные сигналы (рис. 17) и глюки. Время запоминания (персистенция) может изменяться.

В последнее время осциллографы часто используются для тестирования различных последовательных шин. Такое тестирование предусмотрено и в осциллографах DSOX/MSOX4000 для шин MIL-STD 1553 и ARINC 429, I²S, CAN/LIN, FlexRay, RS232/422/485/UART, I²C/SPI, а также первые для скоростной универсальной последовательной шины USB 2.0 (рис. 18).

На рис. 19 показаны средства измерений в комплексе. Внизу справа видна небольшая панель вывода результатов измерений встроенным цифровым вольтметром осциллографа. По бокам показаны панели автоматических измерений. Представлено также выделе-



Рис. 17. Наблюдение сложного видеосигнала с персистенцией



Рис. 18. Пример контроля последовательной шины USB 2.0



Рис. 19. Пример проведения комплексных измерений

ние части осциллограмм системой Mega Zoom осциллографа.

Генераторы сигналов компании Agilent

При испытании многих компонентов и устройств радиоэлектроники необходимы генераторы испытательных, измерительных и тестовых сигналов. Специалисты признали, что наиболее широкие возможности в генерации сигналов, в том числе произвольной (устанавливаемой пользователем или программным путем), имеют самостоятельные генераторы с прямым цифровым синтезом сигналов (Direct Digital Synthesis, DDS) или функцией произвольной формы.



Рис. 20. Генераторы Agilent 33500B (вид спереди и сзади)

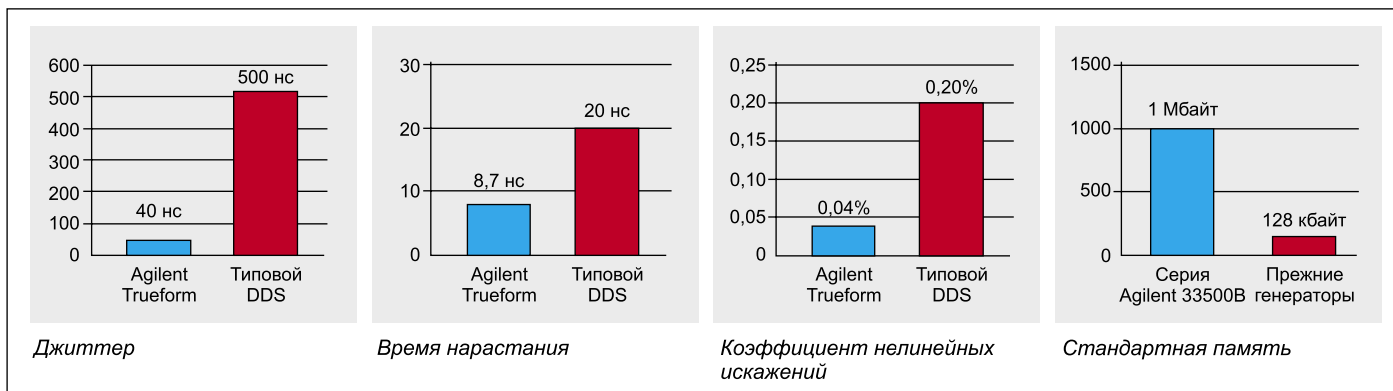


Рис. 21. Сравнение параметров генератора Agilent с технологией Trueform и типового генератора DDS

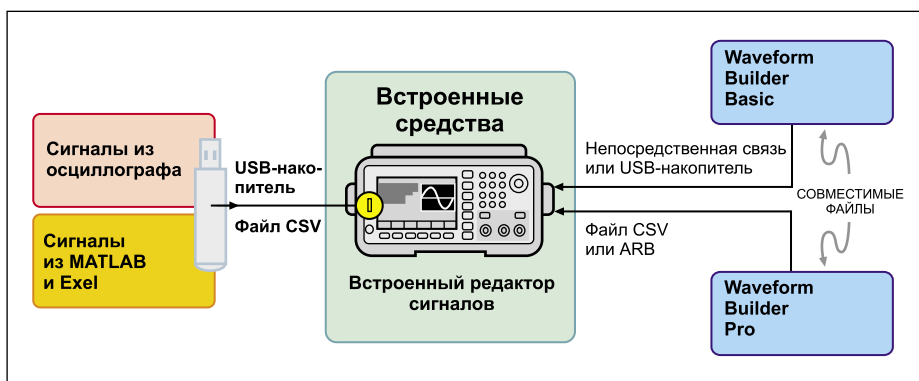


Рис. 22. «Общение» генератора 33500В с различными программными внешними средствами

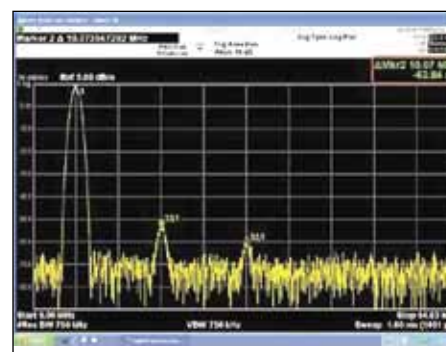


Рис. 23. Спектр генератора, использующего технологию Trueform

В наше время они заменяют генераторы синусоидальных сигналов и стандартных форм сигналов (прямоугольных, треугольных, пилообразных и др.).

В 2012 году компания Agilent представила новую серию бюджетных генераторов сигналов серии 33500В (рис. 20), которые генерируют сигналы с частотой до 30 МГц по эксклюзивной технологии Trueform. Эта технология позволяет обеспечивать возможности генерации сигналов всего диапазона для проведения самых взыскательных измерений, требуемых при проектировании электронных устройств.

Генераторы сигналов серии 33500В гарантируют самое низкое дрожание и самый низкий коэффициент нелинейных искажений в своем классе, что дает возможность генерировать в точности те сигналы, которые нужны. Низкий уровень дрожания позволяет инженерам устанавливать срезы более точно, что помогает снизить в электронных схемах ошибки тайминга. Коэффициент нелинейных искажений менее 0,04% и негармонические всплески менее 75 дБн позволяют моделям серии 33500В обеспечивать чистые сигналы с очень малым уровнем шума, а значит, пользователи могут получить более точные результаты при испытании и тестировании аппаратуры.

Время нарастания и спада сигнала на уровне 8,4 нс и низкое дрожание сигнала дают возможность более точно установить точки

срабатывания. На рис. 21 приведены сравнительные результаты по основным параметрам генератора Agilent с технологией Trueform и типового генератора DDS.

Приборы серии 33500В предоставляют инженерам большие преимущества легкого обновления программного обеспечения для расширения возможностей прибора, когда необходимо увеличить ширину полосы пропускания, ввести по точкам сигналы произвольной формы и увеличить память для хранения сигналов (рис. 22).

Генераторы сигналов, построенные на основе технологии DDS, имеют хорошее частотное разрешение, удовлетворительные характеристики сигналов произвольной формы и низкую стоимость. Тем не менее, технология DDS имеет свои ограничения. При появлении жестких требований к сигналам приходилось или обходиться теми характеристиками, что есть, или тратить до 10 раз больше на генератор класса High-End с функцией задания формы сигнала по точкам.

«Технология Trueform предлагает новую альтернативу, которая является совокупностью лучших черт технологии DDS и технологии задания формы сигнала по точкам, предоставляя инженерам выгоды обеих технологий и без ограничений, присущих каждой из них, — сказал Гари Уитмен, вице-президент и генеральный директор подразделения системных продуктов компании Agilent. — В технологии Trueform применена

эксклюзивная техника цифрового сэмплирования, которая обеспечивает несравнимые технические характеристики и такую же низкую стоимость, как и у приборов с технологией DDS».

Спектр сигналов синусоидальной формы у новых генераторов (рис. 23) имеет меньший уровень шумов и высших гармоник, чем спектр обычного генератора с технологией DDS. Это означает получение меньшего коэффициента нелинейных искажений и меньший уровень шумов синусоидального сигнала.

При формировании сигналов различной формы особое значение имеет выбор разрядности синтезируемого сигнала. Переход от 14-битовой разрядности (как у Tektronix AFG3000) к 16-битовой означает повышение разрядности в четыре раза, что заметно улучшает качество формирования любых сигналов. Разрешение прибора в 16 бит дает возможность инженерам изменять сигнал на выходе с точностью до 1 мкВ. Это позволяет тестировать низковольтные цепи и устройства.

Экран дисплея генераторов 33500В крупным планом отображает основные параметры сигналов и стилистически их форму. На примере амплитудно-модулированного сигнала это показано на рис. 25.

В дополнение к сигналам, задаваемым по точкам, приборы серии 33500В имеют возможности, которых, как правило, нет в других генераторах сигналов этого класса:

- суммирование и комбинирование сигналов;

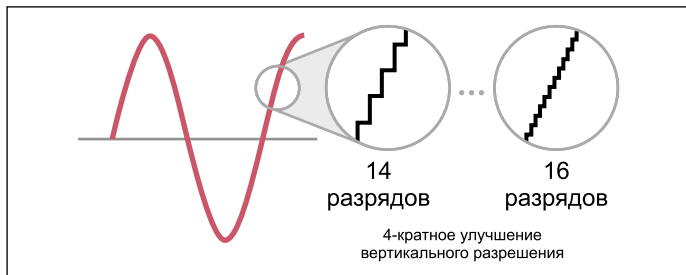


Рис. 24. Разница между 14- и 16-битовой разрядностью сигналов



Рис. 29. Пример подключения к печатной плате с высокой плотностью монтажа

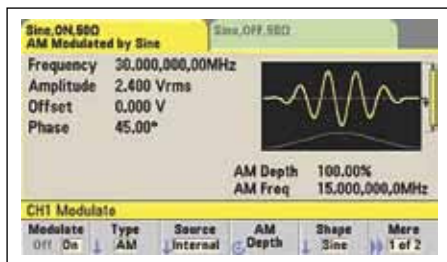


Рис. 25. Экран дисплея генераторов Agilent 33500B



Рис. 27. Внешний вид генератора Agilent 33200

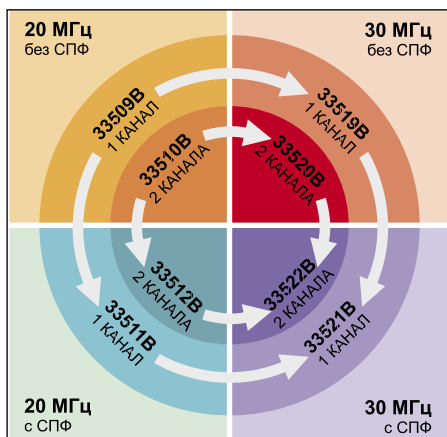


Рис. 26. Диаграмма выбора типа генератора

- введение шумов с переменной полосой пропускания;
- выстраивание сигнала из набора сегментов;
- генерация шаблона псевдослучайной двоичной последовательности;
- IQ player (опция).

С помощью IQ player можно производить настройку сигнала, включая усиление по амплитуде, смещение канала и его рассинхронизацию.

Для выбора типа импульсного генератора, подходящего для заданного рабочего места, можно использовать диаграмму, показанную на рис. 26. Agilent выпускает также цифровые генераторы серии 33200 (рис. 27).

Цифровые настольные мультиметры серии U3400A

Agilent выпускает недорогие 4,5- и 5,5-разрядные лабораторные цифровые мультиметры для проведения надежных и качественных измерений (рис. 28).

Эти мультиметры обеспечивают:

- до 119 999 отсчетов;
- базовую погрешность от 0,012%;
- до 11 базовых измерений;
- до шести математических функций;
- выбор разрешения для разной скорости измерений.

Эти приборы оснащены двойным дисплеем высокой яркости и замком типа Kensington lock.

Для решения своих основных задач цифровые мультиметры серии U3400A обладают всеми функциями, необходимыми для повседневных измерений: измерения DC, AC и AC+DC напряжения и тока, сопротивления, частоты, испытание диодов, проверка неразрывности электрических цепей. Есть также шесть встроенных математических функций: преобразование результатов измерения в дБм, определение минимального/максимального значения, отношение и сравнение отсчетов, их удержание, процентное отношение отсчетов (только U3401A).

Эффективные измерения с двойным дисплеем и выбором разрешения можно проводить с помощью U3402A: двойной дисплей позволяет видеть два измеряемых параметра одновременно, тем самым облегчая многие задачи по измерению и поиску неисправностей.

При использовании U3402A доступны три скорости измерения: медленная, средняя и быстрая, что обеспечивает большую гибкость измерительных возможностей, а именно возможность выбора: быстрые измерения с невысоким разрешением или высокое разрешение при малой скорости измерений.

Благодаря замку типа Kensington lock, которым оснащены мультиметры серии U3400A, обеспечивается сохранность приборов.

Для подключения мультиметров и других приборов к измеряемому участку печатной платы с высокой плотностью монтажа могут потребоваться специальные приспособления (рис. 29). Их обычно приобретают отдельно.



Рис. 28. Внешний вид 5,5-разрядного мультиметра: а) Agilent U3402A; б) Agilent U34405A

Интерфейсы внешних устройств в приборах Agilent

Все цифровые приборы компании Agilent имеют интерфейсы для подключения к ним внешних устройств — компьютера, принтера и т. д. Устаревший принтерный порт LPT в настоящее время применяется только как опция, а вот последовательный коммуникационный порт COM (или RS-232) есть до сих пор, хотя многие его функции перешли к порту универсальной последовательной шины USB 2.0/USB 3.0. К нему подключаются модули флэш-памяти, внешние жесткие диски, принтеры и компьютеры с установленными на них программами для обработки сигналов, например Excel, MATLAB, LabView. Часто используется и порт локальной сети LAN. Он позволяет подключать прибор к локальной сети и к Интернету и использовать сетевые средства дистанционного управления.

Приборы для электротехники компании Agilent

Порой разработчики аппаратуры не уделяют должного внимания подбору подходящих источников питания. И зря — некачественный источник питания с плохой стабилизацией выходного напряжения, большими пульсациями и плохой динамикой может свести на нет точность создаваемого устройства и исказить результаты измерения его параметров.

В рабочих местах общего назначения обычно используются линейные источники питания с ручным или программным управлением. Обширную номенклатуру таких устройств выпускает компания Agilent Technologies. Из недорогих источников питания следует отметить серию E3600A (рис. 30)



Рис. 30. Приборы Agilent для работы в тяжелых производственных и полевых условиях

с максимальной выходной мощностью от 30 до 200 Вт при максимальном значении напряжения от 8 до 120 В и тока от 0,5 до 6 А.

Зачастую необходимо проводить электротехнические измерения в тяжелых промышленных и полевых условиях. Для этого Agilent выпускает приборы (осциллографы, мультиметры, токовые клещи, измерители RLC и др.) в специальных защищенных от пыли и влаги корпусах. Они также защищают пользователя от удара электрическим током. Параметры этих специальных приборов можно найти на сайте компании [1] или в каталогах.

Заключение

Компания Agilent добилась впечатляющих успехов в разработке и серийном производстве современных цифровых приборов широкого применения — осциллографов, генераторов, мультиметров, источников питания и др. Именно такие приборы в первую

очередь используются для оснащения рабочих мест в науке, производстве и образовании, в том числе в тех учреждениях, которые скудно финансируются из госбюджета. И это достигнуто при сохранении самого высокого качества приборов и при их высокой надежности в сочетании с простотой и удобством управления. ■

Литература

1. <http://www.home.agilent.com/agilent/home.jspx>
2. Дьяконов В. П. Новейшая серия X осциллографов Agilent: «нырок» вниз // Компоненты и технологии. 2012. № 2.
3. Agilent Technologies. Портативные осциллографы серии 1000A/B. Техническое описание, 2012.
4. InfiniiVision 4000 X-Series Oscilloscope. Agilent Technologies, 2012.
5. Афонский А. А., Дьяконов В. П. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике. М.: ДМК-Пресс, 2011.