

# МОДУЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ НА БАЗЕ ШИНЫ USB КОМПАНИИ AGILENT – ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ И СТУДЕНТОВ

## AGILENT USB MODULAR INSTRUMENTS – ALLIES FOR EDUCATORS AND STUDENTS

### ВВЕДЕНИЕ

В мире стремительно развивающихся технологий исследователям постоянно требуются более совершенные контрольно-измерительные приборы, которые могли бы удовлетворить потребности в различных отраслях, в том числе и в сфере образования. На протяжении десятилетий здесь основным типом оборудования являются традиционные настольные приборы. Однако во многих ВУЗах преподаватели и студенты начинают осваивать модульные приборы, которые отличаются гибкостью и масштабируемостью, могут использоваться и в учебных, и в научных лабораториях для исследований в таких областях, как электрика и электроника, физика и машиностроение.

### МОДУЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ НА БАЗЕ ШИНЫ USB ОТВЕЧАЮТ ОСНОВНЫМ ТРЕБОВАНИЯМ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫМ К КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ В УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ

Электронная и телекоммуникационная отрасли промышленности за последние годы претерпели громадные изменения. Эти изменения основывались на целом ряде технологических новшеств, предложенных инженерами для преодоления существующих технологических барьеров. Для обеспечения наилучших эксплуатационных характеристик, все новейшие электронные и телекоммуникационные разработки должны проходить строгую проверку на соответствие техническим требованиям. Таким образом, электронная аппаратура, а также соответствующие знания технологий и методов тестирования абсолютно необходимы инженерам для того, чтобы выдвигать новые идеи и вносить свой вклад в развитие цивилизации.

Компания Agilent, мировой лидер в области измерений, активно участвует в создании тестовых решений для ВУЗов во всем мире. Будучи лидером отрасли, Agilent постоянно способствует продвижению технологических новшеств с помощью внедрения новейших технологий тестирования. Компания помогает молодым инженерам приобрести знания по электронной аппаратуре, тестированию, освоить соответствующие навыки и успешно начать карьеру. Внедрение в сферу образования мо-



### Agilent Technologies

дульных приборов с USB-интерфейсом должно способствовать передаче ключевых знаний, начиная от использования измерительных приборов общего назначения и заканчивая глубоким исследованием параметров разработок.

Начальные занятия в электротехнической лаборатории включают знакомство с приборами. Это помогает студентам понять, как работают электрические схемы, и познакомиться с основами измерений. Примером может служить изучение принципов работы активного фильтра. Фильтрация является одной из важнейших операций обработки сигнала. Аналоговый фильтр применяется к непрерывным сигналам; как правило, он работает с помощью дискретных электронных компонентов. С другой стороны, в активном фильтре используются один или несколько активных электронных компонентов, таких как транзисторы или операционные усилители. В отличие от пассивных фильтров, активные фильтры могут иметь высокий входной импеданс, низкий выходной импеданс и фактически не обладают произвольным усилением. Разработка активных фильтров проще, чем разработка пассивных. При создании фильтров 1-го, 2-го и даже 5-го порядка осциллограф наряду с функциональным генератором является превосходным инструментом для проверки

работы системы. К примеру, можно настроить генератор сигналов стандартной произвольной формы Agilent U2761A 20 МГц для работы в диапазоне от 100 Гц до 100 кГц (синусоидальная форма) с временем развертки 100 мс; установить внутренний источник запуска сигнала. Далее необходимо провести проверку сигнала для активного фильтра 3-го порядка с помощью модульного цифрового осциллографа Agilent U2702A с полосой пропускания 200 МГц. При известных значениях сопротивления и емкости измеренную частоту среза ( $f_c$ ) можно сравнить с расчетным значением  $f_c$  с помощью соответствующей функции преобразования. В ходе занятия студенты научатся выполнять основные измерения частоты и напряжения, а также использовать цифровые возможности осциллографа для измерения дополнительных параметров, таких как время нарастания сигнала и статистика сигнала.

Хотя основные требования к проведению измерений носят общий характер, возможности модульных устройств простираются далеко за пределы их применений в электротехнической учебной лаборатории. Данные приборы окажутся полезными и в лаборатории общих исследований, а также помогут в изучении и контроле химических показателей материалов. В ВУЗах зачастую создают измерительные комплексы со сложными внутренними взаимодействиями. Это препятствует проведению точных измерений и выполнению детального анализа сигнала. Например, осциллограф часто используют для изучения низкочастотных (обычно 100 Гц и ниже) шумов в системе. При таких исследованиях важно следить за поведением сигнала в частотной области. Осциллографы серии Agilent U2701 и U2702A с полосой пропускания 100 МГц/200 МГц имеют два канала, частоту дискретизации до 1 Гвыб/с и глубину памяти 32 Мвыб, что позволяет проводить анализ данных в реальном времени и обнаруживать импульсные помехи (глитчи). Кроме того, эти осциллографы способны выполнять 20 автоматических измерений. Поставляемый с приборами пакет программного обеспечения Agilent Measurement Manager (АММ) обеспечивает интуитивно-понятный графический интерфейс пользователя, подобный тому, который ис-

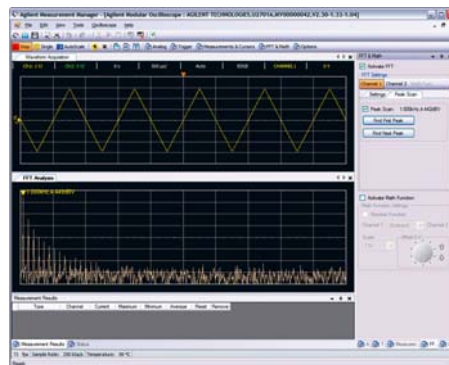


Рис. 1. Осциллограф Agilent U2701A с полосой пропускания 100 МГц с удобным пользовательским интерфейсом для анализа БПФ. Отличительный признак модульных USB-приборов компании Agilent – наличие готовых средств управления оборудованием (что избавляет от трудностей, связанных с написанием программ)

пользуется в традиционных настольных приборах, что позволяет студентам и исследователям проще и быстрее выполнять автоматизированные тесты. Данный программный пакет позволяет быстро определять конфигурацию устройств, получать и записывать данные, избавляя от необходимости создавать собственное ПО.



Рис. 2. Приспособление для параметрического анализа Agilent U2941A, используемое с модульным источником/измерителем на базе шины USB U2722A для тестирования базовых дискретных компонентов

В учебных лабораториях по физике и микроэлектронике студенты изучают принципы работы дискретных компонентов: биполярных транзисторов, диодов, слабосигнальных JFET и MOSFET-транзисторов, диодов Зенера. Навыки измерения параметров этих базовых электронных компонентов помогают студентам научиться разрабатывать, создавать и использовать основные электронные схемы. Приспособление для параметрического анализа Agilent U2941A прекрасно дополняет модульный источник/измеритель на базе шины USB U2722A и позволяет детально разобраться в характеристиках этих компонентов.

Благодаря компактному размеру модульных USB-приборов студенты старших курсов могут составлять из имеющихся приборов необходимые для их проектов измерительные системы. Хотя традиционное настольное контрольно-измерительное оборудование позволяет проводить превосходные измерения, но в этом случае при ее использовании студенты «привязаны» к определенной лаборатории. Многие преподаватели по достоинству оценили портативность модульных USB-приборов, т. к. студенты для выполнения работ по проекту могут выносить приборы из лаборатории. Как уже упоминалось, Agilent является основным производителем контрольно-измерительного оборудования, в линейку продуктов которого входят все основные измерительные модульные приборы на базе шины USB. Среди других модульных приборов — цифровой мультиметр, генератор сигналов, источник/измеритель и коммутационная матрица.

#### МОДУЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ С USB-ИНТЕРФЕЙСОМ СПОСОБСТВУЮТ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ К ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАБОТЕ

Приборы на базе ПК получили признание во многих отраслях промышленности благодаря гибкости и масштаби-

руемости. Поэтому работа с подобными приборами в учебных лабораториях ВУЗов позволяет подготовить будущих инженеров к решению реальных задач на производстве. Например, сейчас, когда во всем мире больше внимания уделяют альтернативным источникам энергии и в меньшей степени полагаются на природное топливо, многие исследовательские лаборатории работают над более эффективными двигателями, двигателями, использующими альтернативные виды энергии. Примером результата таких разработок является электромобиль. В разработке двигателей важную роль играет тестирование его производительности. Среди факторов, влияющих на производительность: базовая конструкция, топливо, смазка, коэффициент компрессии, время открытия/закрытия клапанов, время зажигания, температура. Главным фактором, влияющим на мощность двигателя, потребление топлива, выбросы, является отношение количества потребляемого топлива к количеству используемого воздуха. Этот показатель описывается воздухоотопливным коэффициентом, который определяется как масса использованного воздуха, деленная на массу сгоревшего топлива.



Рис. 3. «Библиотека» модульных приборов с USB-интерфейсом компании Agilent позволяет без труда выбрать подходящий прибор для конкретного проекта

Мощные двигатели обычно оснащаются системами компьютерного управления впрыска топлива, которые регулируют значение этого коэффициента, а в двигателях меньшего размера для управления составом воздухоотопливной смеси до сих пор используются карбюраторы. Правильная регулировка карбюратора двигателя требует точных измерений вращающего момента, скорости, температуры, потребления топлива в зависимости от положения дроссельной заслонки. Системы сбора данных на базе шины USB компании

Agilent представляют собой недорогое гибкое средство для тестирования двигателей.

При тестировании производительности двигателя в лаборатории его обычно подсоединяют к динамометру; он может быть подсоединен напрямую к валу двигателя или к ведущим колесам. Если динамометр подсоединен с нагрузкой на двигатель, то его легко контролировать при проведении тестирования для широкого диапазона вращающих моментов и скоростей. Важно знать величину вращающего момента в зависимости от нагрузки. В промышленности принято измерять скорость двигателя как функцию от входного напряжения. Двигатель вращает колесо с метками, вращение определяется с помощью отражения при совпадении эмиттера и детектора. Инфракрасный датчик настраивается на вывод прямоугольного сигнала, коррелированного со скоростью двигателя. Напряжение двигателя и сигнал, характеризующий скорость, считываются в настройки системы сбора данных. При этой методике получения данных в учебную программу курса входят различные измерения, сигналы и методы проведения измерений; лабораторные приборы и лабораторные занятия дают полный набор упражнений по получению данных измерений. В результате теоретические знания по проведению измерений и работа в лаборатории дополняют друг друга и позволяют практически применить изученные знания и методики. Модульная система сбора данных с USB-интерфейсом серии Agilent U2350 вместе с ПО VEE служит превосходным примером обучения студентов соединению основных схем и измерительных систем. С другой стороны, это помогает учащимся познакомиться с методами программирования для автоматизации измерений и облегчения анализа с целью понимания предельных показателей работы двигателя, кривой раскрутки и замедления, а также других параметров. Устройства сбора данных с USB-интерфейсом серии U2350 обеспечивают частоту дискретизации вплоть до 16 бит, 500 Квыб/канал, делая их идеальным решением для измерения и даже генерации сигналов стандартных форм. Программное обеспечение VEE является мощным средством, позволяющим считывать всю трассу сигнала без привязки к одной точке данных, оно может быть запрограммировано для проведения конкретного анализа. Студенты могут с минимальными усилиями проводить точные измерения на основе новейших технологий систем сбора данных. Прошедшие курс обучения студенты смогут применить изученные методы измерений в дальнейших исследованиях, требующих сбора и анализа данных. Компания Agilent разработала обучающую программу для учебных лабораторий



по механике, которая помогает преподавателям в создании курса обучения с акцентом на коммерческое использование и с большей концентрацией на перспективных исследованиях.

Для выпускников также крайне важно понимать цикл создания промышленного продукта. Типичный цикл жизни продукта включает его разработку и определение основных параметров, массовое производство, модернизацию, замену новым поколением продуктов.

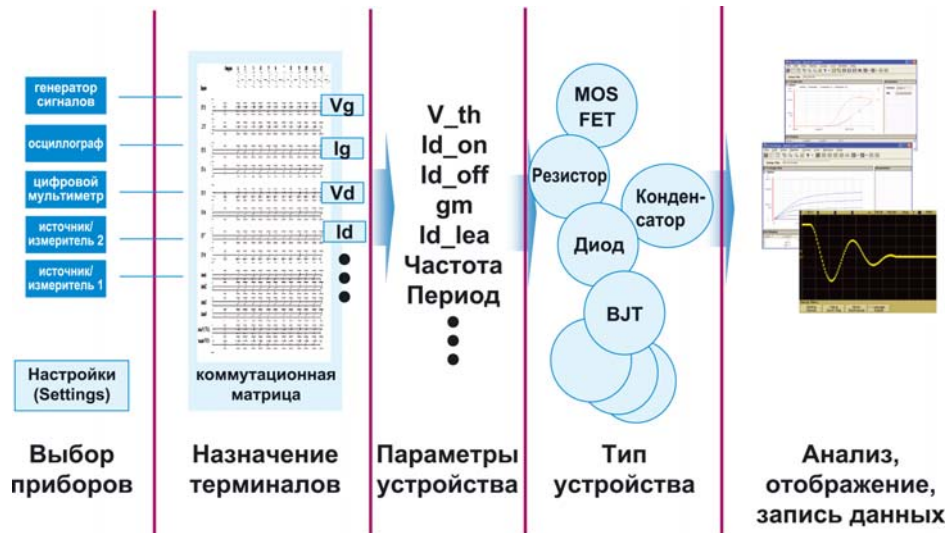


Рис. 4. Подход к параметрическому тестированию — выбор подходящего прибора, определение верных тестовых параметров в зависимости от тестируемого устройства, анализ полученных данных

Как показано на рис. 4, независимо от цикла продукта, тестирование неизменно присутствует на любом этапе. При этом важное значение приобретает менеджмент в области использования измерительных приборов: так, в полупроводниковой отрасли появляются интегрированные чипсеты все меньшего размера, интегральные схемы с чрезвычайно широкой функциональностью, и в тоже время низкое энергопотребление этих устройств и выросшие требования к измерительному оборудованию привели к созданию более компактных и мощных тестовых приборов. Например, при определении характеристик транзистора на основе кремниевого нанопровода в учебных лабораториях измерения состоят в фиксации двух значений напряжения и изменении третьего значения напряжения с целью получения рабочих характеристик. Это делается для проверки различных конфигураций и схем транзисторов. При выборе тестовых приборов следует учитывать энергопо-



Рис. 5. Модульный источник/измеритель на базе шины USB Agilent U2722A, используемый для тестирования транзисторов на основе кремниевого нанопровода транзисторов. Показано сечение устройства

требление. Поскольку транзистор на основе кремниевого нанопровода работает в области низких мощностей, то источник/измеритель с шиной USB Agilent U2722A будет идеальным решением по параметрам тока, напряжения, разрешения, скорости измерений. Отметим, что три выходных канала U2722A позволяют эффективно определять параметры устройств. Источник/измеритель U2722A прекрасно работает с пакетом АММ, но в то же

время модульные приборы Agilent имеют открытую архитектуру и работают с ПО VEE, MATLAB, LabVIEW, Visual Studio для автоматизации измерений. Более того, с помощью средств записи команд Command Logger и конвертера кодов Code Converter, входящих в пакет АММ, фрагменты кода VEE, VB, C++ и C# могут быть легко записаны и преобразованы.

В полупроводниковой промышленности используются различные устройства, в том числе дискретные компоненты (транзисторы MOSFET, диоды, транзисторы), логические компоненты (ПЛИС), устройства памяти (EEPROM, микропроцессоры, DRAM), контроллеры питания (PWM-контроллеры, преобразователи постоянного тока), сигнальные процессоры (АЦП, ЦАП, конвертеры напряжение-частота), устройства обработки сигналов во временной области (осцилляторы, таймеры, генераторы сигналов) и формирователи сигнала (усилители и компараторы). Если источник/измеритель U2722A или его расширенная версия U2723A являются мощными устройствами, которые можно использовать для проведения параметрического тестирования полупроводников, то U2941A предоставляет собой эффективный инструмент поиска неисправностей. Данное приспособление имеет набор различных модулей, на

MATLAB является зарегистрированной в США торговой маркой компании The MathWorks, Inc.

которые устанавливаются тестируемые компоненты, позволяющих без труда проводить анализ и проверку. Программный пакет управления параметрическими измерениями (PMM) содержит программы для анализа транзисторов MOSFET, диодов, резисторов, биполярных транзисторов. С его помощью студенты могут осваивать экономные и практичные методы разработки, оптимизируя набор тестов, уменьшая время разработки и выводя продукта на рынок.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С момента своего появления, модульные приборы на базе шины USB компании Agilent, отличающиеся гибкостью конфигурации, быстротой настройки и доступностью, сразу же привлекли внимание инженеров, работающих в электронной промышленности, преподавателей и студентов. Семейство модульных приборов с USB-интерфейсом позволяет менять конфигурацию оборудования в соответствии с условиями конкретной задачи измерений, и позволяют делать это просто, быстро, по доступной цене. Это дает возможность оснастить и учебные лаборатории, и исследовательские центры оборудованием любого уровня, предназначенным для выполнения как общих задач, так и фундаментальных исследований материалов и физики устройств. Семейство модульных приборов с интерфейсом USB компании Agilent включает в себя осциллографы, генератор сигналов, цифровой мультиметр (DMM), источник/измеритель, коммутационную матрицу, систему сбора данных. Все устройства выполнены в универсальном форм-факторе, что обеспечивает портативность и точность, присущую настольному оборудованию, и повышает качество управления проектами. Модульные приборы могут работать в автоматическом режиме, что позволяет проводить определение параметров устройств в больших объемах в исследовательских лабораториях.

*Agilent, being the leader in the Test and Measurement solutions in the world, has a large presence and has been active in developing teaching solutions for universities around the world. Being an industrial leader, Agilent is constantly looking into empowering the technology innovation through test and measurement technologies. Agilent has an initiative to empower the young engineers to acquire the relevant electronic instrumentation, measurement and test skill sets to embark on their rewarding career as engineers. The USB Modular Instruments are deployed in the education sector to aid in the imparting of key fundamental concepts from the teaching of basic instrumentations, to detailed research in product characterization.*