

# Измерительное оборудование для беспроводных устройств

Иван Сардин  
vnsardin@mail.ru

**Сочетание самых лучших по техническим характеристикам и функциональным параметрам компонентов и удачной схемы устройства, конечно, является залогом качественного устройства. Однако для того, чтобы довести проект до стадии серийного производства и предложить на рынок, не обойтись без необходимого парка измерительного оборудования. Кроме того, не стоит забывать, что измерительное оборудование требуется на протяжении всего жизненного цикла изделия: на этапе проектирования, отладки, выборочных испытаний, эксплуатации, восстановления и утилизации.**

Все-таки, пожалуй, наиболее критичным для парка измерительного оборудования является этап проектирования: именно здесь требуется обеспечить значения всех приведенных в ТЗ характеристик устройства в допустимых пределах, именно на этом этапе не обойтись при оптимизации схемы устройства, обеспечения электромагнитной совместимости без измерительного оборудования. И от самого оборудования зависит, насколько эффективной будет работа и как быстро вы сможете вывести изделие на рынок. Поэтому выбор модели прибора очень важен и должен не только полностью удовлетворять ваши потребности сегодня, но и обеспечивать некоторый запас с учетом стратегических планов на будущее. В ряду электронных приложений область разработки современных беспроводных устройств стоит особняком, что связано с большей сложностью и многочисленностью измерений, которые необходимо провести. Основная причина этого в самой сути беспроводности. И поскольку в качестве физической среды передачи информации используется атмосфера, воздух, то существуют жесткие ограничения по всем радиочастотным параметрам устройства (уровень ВЧ-мощности на выходе передатчика или плотность мощности на антенне, уровень внеполосного излучения и т. п.), накладываемые международными соглашениями. Даже устройства, работающие в так называемом нелицензируемом ISM-диапазоне частот, должны по своим радиочастотным параметрам строго соответствовать довольно узким рамкам, чтобы не выйти в другой класс аппаратуры. Многие могут с этим не согласиться, и сказать, что если при разработке беспроводных устройств использовать модули, то ситуация в корне меняется. С тем, что ситуация меняется, автор не может не согласиться, но категорически возражает, что она меняется в корне. Хотя проектирование и внедрение устройств, содержащих модули, проще, данный факт не отменяет необходимости в проведении

измерений. Простой пример: используя встроенную антенну с большим коэффициентом усиления даже с сертифицированным в определенном географическом регионе модулем, вы легко можете выйти за рамки допустимой мощности по ВЧ и тем самым нарушить регламентируемые параметры радиочастотного излучения. Таких примеров можно привести достаточно много, но хотелось бы отметить еще один немаловажный аспект. Любое беспроводное устройство подразумевает некоторое взаимодействие с другим беспроводным устройством — собственно, таким же устройством в случае однорангового соединения или точкой доступа, ретранслятором и другим промежуточным беспроводным устройством. При этом в реальной ситуации зачастую возникают проблемы, приводящие к сложностям либо вызывающие неудовлетворительное функционирование. Решить эти проблемы и избежать неожиданностей также поможет хороший парк специализированного измерительного оборудования.

Как уже говорилось, беспроводные устройства обладают специфическими характеристиками, следовательно, требуют специального измерительного оборудования, но это вовсе не означает, что вам не понадобится осциллограф. Ведущие мировые производители измерительного оборудования не могли остаться в стороне от беспроводных технологий и поэтому предлагают, как правило, разнообразное специализированное оборудование. Такие наборы в англоязычной литературе называются Wireless Test Set и представляют собой измерительные комплексы для тестирования беспроводных устройств.

Начать свой рассказ об этом оборудовании автор бы хотел с комплексов компании Agilent Technologies — 8960 и E6601A. Это весьма гибкие решения для проведения повседневных измерительных операций на этапах разработки, производства, восстановления и сервисного обслуживания беспроводных устройств. Комплекс для тестирования беспроводных коммуникационных устройств Agilent 8960 (рис. 1) поддерживает широкий диапазон технологий беспроводной передачи данных, имеет большой функционал и предназначен для моделирования сетевого окружения. Прибор обладает широкими возможностями конфигурирования, что позволяет использовать его на протяжении всего жизненного цикла устройства. Платформа 8960 состоит из беспроводного измерительного набора E5515C и трех дополнительных компонентов (гибкий в настройке параметров эмулятор базовой станции CDMA, вспомогательный источник ВЧ-сигнала, цифровая шина). Таким образом, можно более гибко подойти к выбору необходимых технологий, применяемых на предприятии.

При помощи комплекса 8960 можно измерять параметры устройств, соответствующих следующим стандартам беспроводной пере-



Рис. 1. Внешний вид измерительного комплекса Agilent 8960

дачи данных: CDMA2000, W-CDMA, HSDPA, AMPS/136, IS95, 1xEV-DO, GPRS, EGPRS и GSM. В зависимости от назначения измерительного комплекса пользователю доступны различные приложения. Лабораторные приложения предназначены для инженеров, занимающихся научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами, разработкой беспроводных устройств. Такие приложения обеспечивают параметрические измерения, эмуляцию базовой станции, ведение лог-файлов всех операций обмена между беспроводными устройствами и измерительным комплексом. Наряду с этим компания Agilent Technologies предлагает программное обеспечение под названием Wireless Protocol Advisor, которое включает различные лабораторные приложения, обеспечивая широкие возможности анализа. Комплекс 8960 совместно с лабораторными приложениями эмулирует сеть с подключением к Интернету (рис. 2).

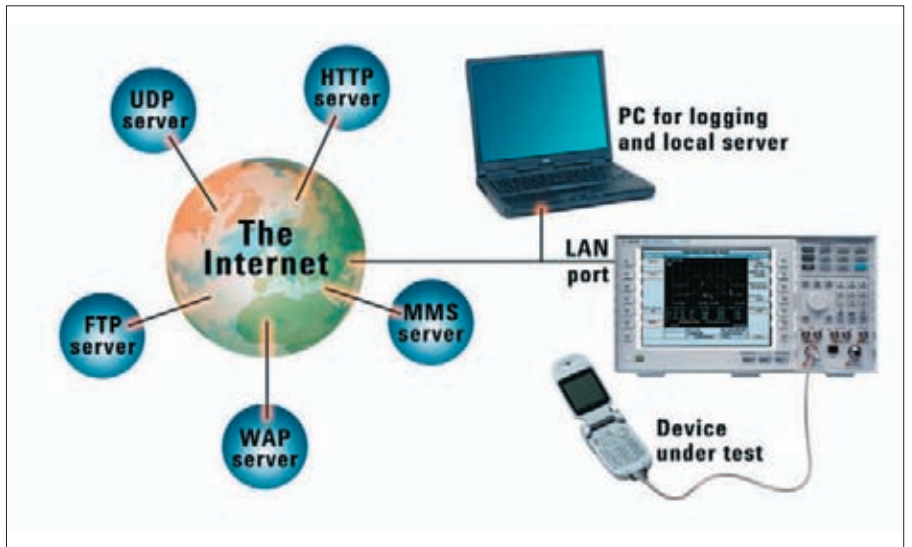


Рис. 2. Пример использования измерительного комплекса для проведения измерений на этапе НИОКР

Тестовые приложения предназначены для контроля параметров на этапах производства и восстановления и сервисного обслуживания. Они обеспечивают быстрые и точные параметрические измерения, а также эмуляцию базовой станции для быстрого и надежного тестирования беспроводных устройств. Кстати, комплекс на базе 8960 довольно легко масштабируется: если в будущем вам понадобятся какие-либо дополнительные функции, их без труда можно добавить к системе.

Другой интересный беспроводной измерительный комплекс компании Agilent Technologies — E6601A — представляет собой систему нового поколения и позволяет снизить стоимость измерительного комплекса для оценки параметров беспроводных устройств (рис. 3).

Agilent E6601A — это комплекс для производителей мобильных телефонов и терминалов, основанный на новой платформе. Главной особенностью комплекса является то, что его архитектура базируется на встраиваемом компьютере с операционной системой Windows XP Professional. Теперь инженеры и программисты могут работать в привычной компьютерной среде, исполь-

зуя мышь, клавиатуру и монитор, подключенные к измерительному комплексу. Что немаловажно, теперь можно использовать Windows-совместимые программы и обойтись без адаптации или переписывания исходного кода программ для того, чтобы использовать их на измерительном оборудовании. Вообще, можно сказать, что применение Windows XP значительно упрощает работу с устройством и предоставляет дополнительные возможности, заложенные в эту операционную систему. Как и любой измерительный прибор высокого класса, Agilent E6601A имеет интерфейсы LAN, USB, GPIB.

Интересный, удобный и многофункциональный прибор для тестирования беспроводных устройств предлагает американская компания Voonton. Прибор Voonton 4500B представляет собой мощный инструмент для захвата, отображения и анализа радиочастотных сигналов не только во временной области, но и в статистической (рис. 4). Среди основных приложений



Рис. 3. Внешний вид измерительного комплекса Agilent E6601A

можно отметить различные радарные системы, а также приложения TDMA, GSM, устройства, где необходим анализ псевдослучайных шумоподобных сигналов (например, для анализа устройств CDMA и WLAN), а также для исследо-

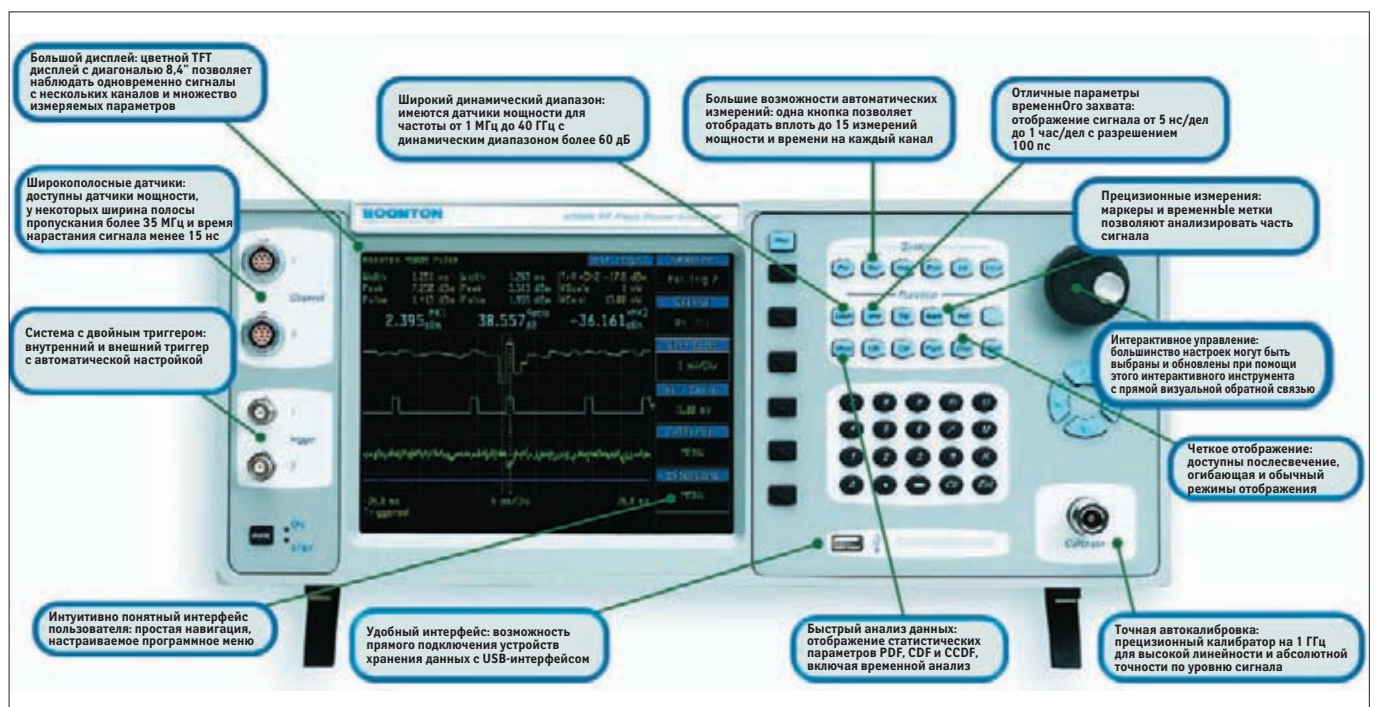


Рис. 4. Внешний вид и основные возможности измерительного прибора Voonton 4500B



Т а б л и ц а 1. Технические характеристики измерительного комплекса Boonton 4500B

Входы датчиков (характеристики зависят от конкретной модели датчика)		
Диапазон частот:		
Диапазон импульсивных измерений	от 1 МГц до 40 ГГц	
Модулированный диапазон измерений	от -40 до +20 дБм	
Диапазон относительных смещений	±100,00 дБ	
Логарифмический вертикальный масштаб	от 0,1 до 50 дБм/дел при 1-2-5 последовательности	
	от 0,1 до 50 дБВ/дел при 1-2-5 последовательности	
	от 0,1 до 50 дБмВ/дел при 1-2-5 последовательности	
	от 0,1 до 50 дБмВ/дел при 1-2-5 последовательности	
Линейный вертикальный масштаб	от 1 нВт/дел до 50 МВт/дел при 1-2-5 последовательности от 1 мВт/дел до 50 кВ/дел при 1-2-5 последовательности	
Время нарастания	< 3 нс	
Одиночная полоса пропускания	5 МГц (10 выборок за импульс)	
Частота повторения импульсов	50 МГц максимум	
Минимальная ширина импульса	6 нс	
Временная развертка		
Временной диапазон	от 5 нс/дел до 1 ч/дел	
Временная точность	0,01%	
Разрешение по времени	100 пс	
Временное отображение	Растягивание или перемещение	
Статистические параметры X-оси (выборочно)		
Масштаб	линейный или логарифмический, от 1 до 7 циклов	
Линейные диапазоны	от 0,1%/дел до 10%/дел	
Линейное смещение	от 0 до 99,9%, 0,1% разрешение	
Логарифмический диапазон	от 1×10 <sup>-9%</sup> до 100%	
Триггер		
Источник запуска	Канал 1 (внутренний)	
	Канал 2 (с каналом 2 выборочно)	
	Внешний источник 1	
	Внешний источник 2 (с каналом 2 выборочно)	
Сигнал запуска	+ или -	
Диапазон задержек триггера	Временная развертка	Диапазон задержки: перед (-), после(+)
	от 5 нс до 500 нс	от -4 мс до +100 мс
	от 1 мкс до 10 мс	от ±4000 делений
	от 20 мс до 3600 с	от -40 до +100 с
Разрешение задержки триггера	0,02 делений	
Диапазон захвата триггера	0,0-1,0 с	
Разрешение захвата триггера	10 нс	
Режим триггера	нормальный, автоматический, а/м полный размах, свободный запуск	
Диапазон уровней внутреннего триггера	от -40 до +20 дБм (зависит от датчика)	
Диапазон внешнего триггера	±5 В, ±50 В	
Вход внешнего триггера	1 МОм или 50 Ом	
Источник калибровки		
Режимы работы	CW, внутренний или внешний импульс	
Частота	1,024 ГГц ± 0,01%	
Диапазон уровней	от -50 до +20 дБм	
Разрешение	0,1 дБ	
Выходной КСВН	1,20 максимум	
Абсолютная точность	±0,065 дБ (±1,5%) при 0 дБм	
Точность в зависимости от уровня	добавление на ±0,03 дБ при увеличении на 5 дБ	
Предустановка периода внутренних импульсов	100 мкс, 1 мс или 10 мс	
Рабочий цикл внутреннего импульса	от 10% до 90% при увеличении на 10%	
Время включения переменного импульса	от 7 мкс до 65,535 мс при шаге 1 мкс	
Период переменного импульса	От 28 мкс до 131,072 мс при шаге 2 мкс. Время включения от 7 мкс до 65,535 мс	
Полярность импульса	+ или -	
РЧ-разъём	Прецизионный, тип N	
Вход внешнего импульса	Задняя панель BNC, уровни совместимы с TTL	
Автокалибровка	Калибратор используется для автоматически сгенерированных линейных калибровочных данных для датчиков мощности	
Система измерения		
Входы датчиков	Один или два датчика	
Метод измерения	Произвольная система выборок с повторением, которая обеспечивает пред- и послетриггерные волны, а также статистические накопления данных	
Максимальная частота выборки	50 Мвыб/с на вплоть до четырех каналов одновременно. (Эквивалентная эффективная частота выборки 10 Гвыб/с)	
Глубина памяти	256 000 выб/канал при максимальной частоте выборки	
Вертикальное разрешение	0,008%, 14-битный АЦП	
Усреднение сигнала	от 1 до 16 384 выборок на точку данных (измерения во временной области)	
Число элементов гистограммы	16,384	
Размер	32-бит (4000 мега-выборки)	
Разрешение по мощности	< 0,02 дБ	

вания модулированных, квантованных по времени сигналов, которые используются, в частности, в GSM-EDGE или TD-SCDMA.

Boonton 4500B имеет разрешение по времени 100 пс, ширину полосы пропускания более 35 МГц, гибкие возможности захвата сигналов, динамический диапазон более 60 дБ без необходимости изменения диапазонов. Среди других важных возможностей прибора необходимо отметить непрерывный статистический анализ мощности при скорости до 25 мегавыборок в секунду. Для удобства сохранения данных и передачи проделанных измерений прибор оснащен портом USB. Как и в большинстве других измерительных приборов этого класса, в 4500B предусмотрены и интерфейсы GPIB и LAN. Основные технические характеристики измерительного комплекса Boonton 4500B приведены в таблице 1.

Еще одним инструментом, который автору хотелось бы рассмотреть в этой статье, является измерительная платформа для тестирования аналоговых и цифровых беспроводных устройств — комплекс компании Aeroflex 3900 (рис. 5). Среди принципиальных возможностей платформы следует назвать различные варианты исполнения: для 1 ГГц (комплекс 3901) и 2,7 ГГц (комплекс 3902), дополнительные опции для измерений параметров терминалов TETRA и оборудования базовых станций. Серия 3900 имеет средства, упрощающие измерения параметров приемной части беспроводных устройств, основным из которых является чувствительность приемника. И наконец, весьма полезными могут оказаться режим автоматических измерений (режим, весьма востребованный на этапах сервисного обслуживания и восстановления устройств), управление комплексом при помощи интерфейса GPIB, наличие интерфейсов USB и Ethernet. А крупный цветной графический дисплей отображает большое количество информации. Кроме того, серия для тестирования беспроводных устройств Aeroflex 3900 имеет возможность эмуляции прибора 8920B. Основные технические характеристики измерительного комплекса приведены в таблице 2. Стоит подчеркнуть, что для сокращения объема в таблице приведена лишь малая часть возможностей устройства, не указаны параметры внутреннего AM/FM/SSB-модулятора, генератора звуковых колебаний, измерителя параметров демодулированных аудиосигналов, спектрального анализатора, осциллографа, генератора частот и многие другие.



Рис. 5. Внешний вид измерительного комплекса Aeroflex 3900

Т а б л и ц а 2. Технические характеристики измерительного комплекса Aeroflex 3900

Внутренний ВЧ-генератор	
Диапазон частот:	
Измерительный комплекс Aeroflex 3901	от 10 МГц до 1,05 ГГц
Измерительный комплекс Aeroflex 3902	от 10 МГц до 2,7 ГГц
Разрешение по частоте	1 Гц
Внутренний Single-Sideband	
Диапазон частот	
Измерительный комплекс Aeroflex 3901	от 10 МГц до 1,05 ГГц
Измерительный комплекс Aeroflex 3901	от 10 МГц до 2,7 ГГц
Модуляция	USB или LSB
Диапазон модуляции	от 0 до 100%
Разрешение по глубине модуляции	0,1%
Форма сигнала	Синусоида
Выходной интерфейс	
Выходной уровень, порт T/R	от -130 до -30 дБм
Выходной уровень, дуплекс	от -130 до +10 дБм (максимум +10 дБм для CW или AM; 0 дБм для комплексной модуляции)
Разрешение	0,1 дБ
Точность (для уровня более -110 дБм)	
порт T/R	Ч1,0 дБ (типичное лучше Ч6 дБ)
порт GEN	Ч1,0 дБ (типичное лучше Ч6 дБ)
Радиоприемник	
Диапазон частот:	
Измерительный комплекс Aeroflex 3901	от 10 МГц до 1,05 ГГц
Измерительный комплекс Aeroflex 3902	от 10 МГц до 2,7 ГГц
Чувствительность	
предусилитель выключен	<-100 дБм
предусилитель включен	<-113 дБм
Ширина полосы пропускания фильтров ПЧ	6,25; 8,33; 10; 12,5; 25; 30; 100; 300 кГц
Широкополосный измеритель мощности	
Диапазон частот:	
Измерительный комплекс Aeroflex 3901	от 10 МГц до 1,05 ГГц
Измерительный комплекс Aeroflex 3902	от 10 МГц до 2,7 ГГц
Уровень входной мощности (прямая подача)	от 100 мВт до 125 Вт
Разрешение	4 разряда (0,1 дБ)
Точность	10%
Широкополосный измеритель мощности	
Диапазон частот:	
Измерительный комплекс Aeroflex 3901	от 10 МГц до 1,05 ГГц
Измерительный комплекс Aeroflex 3902	от 10 МГц до 2,7 ГГц
Уровень входной мощности	
порт T/R	от -60 до +51 дБм
порт ANT	от -100 до +10 дБм
Общие технические характеристики	
Диапазон рабочих температур	от 0 до +50 °С
Диапазон температур хранения	от -40 до +71 °С
Время включения	15 минут
Относительная влажность	от 31% до 80%
Средняя наработка на отказ	>8000 часов (расчетная)
Габариты	197×356×520 мм
Вес	16,5 кг

Исчерпывающую техническую информацию по прибору можно получить на сайте производителя.

Серия Aeroflex 3900 — это профессиональный измерительный инструмент для тестирования беспроводных цифровых устройств, обладающий возможностью измерения параметров аналоговых беспроводных приборов. Комплекс обеспечивает все виды измерений общего назначения, которые проводятся для оценки параметров устройств с беспроводным интерфейсом. Необходимо отметить, что архитектура измерительного комплекса Aeroflex 3900 является абсолютно новой и разрабатывалась компанией непосредственно для данной платформы. Цифровое исполнение измерительной части позволило добиться сочетания в этом приборе высокой точности измерений и высокой скорости их проведения. Сфера применения прибора весьма широка — можно с достаточной долей уверенности сказать, что он необходим для измерения параметров любых беспроводных устройств.

На этом автор хотел бы закончить небольшой обзор измерительного оборудования, специально предназначенного для тестирования ра-

диоинтерфейсов самых различных устройств. И хотя многие продолжают пользоваться традиционными измерительными средствами общего назначения, такие специализированные комплексы предоставляют намного больше возможностей именно в области измерения параметров беспроводных устройств. Кроме того, они оптимизированы таким образом, чтобы сократить до минимума время, затрачиваемое на соответствующие операции. Как правило, подобные комплексы имеют опции, специфические для конкретного применения: часть опций предназначена для разработчиков беспроводных устройств и включает специальные возможности, востребованные на этом этапе, другая часть опций предусмотрена для проведения операций, специфических на этапах сервисного обслуживания и ремонта беспроводных устройств. Наличие таких опций, как показывает практика, весьма ощутимо повышает производительность. **Б**

#### Литература

1. w [www.agilent.com](http://www.agilent.com)
2. w [www.boonton.com](http://www.boonton.com)
3. w [www.aeroflex.com](http://www.aeroflex.com)