

Рабочее место разработчика электронной аппаратуры

Владимир Дьяконов (г. Смоленск)

Тысячи специалистов занимаются проектированием и разработкой электронных устройств и систем самого разного назначения – от контроллеров для холодильников и стиральных машин до систем управления аэрокосмическими аппаратами. За каким рабочим местом они должны работать, какие измерительные приборы должны использовать?

Особенностью нынешнего этапа развития радиоэлектроники является разработка устройств, выполненных на интегральных микросхемах с применением современных технологий монтажа. Изделия многих фирм имеют малые габариты и вес, и для их выпуска организуется крупносерийное производство. Примером может служить корпорация Apple (США). Эта огромная компания производит не сырьё, не военную технику, не автомобили или самолёты, а миниатюрные компьютеры и мобильные телефоны, проигрыватели и другие подобные изделия. Но, благодаря высокому качеству и обширной рекламе, они пользуются спросом в США, а их массовый выпуск позволил корпорации занять первое место в мире по уровню капитализации.

Чтобы проектировать и создавать подобные изделия необходимо доби-

ваться высочайшего качества изделий в условиях острой конкуренции на рынке. Это значит, что рабочее место разработчика должно быть оснащено современными компьютерами и программами для математических расчётов, математического моделирования и проектирования электронных узлов. Каждый компонент нового изделия должен тщательно просчитываться с учётом его лучшего или, в крайнем случае, оптимального применения. Поэтому необходимо создавать специализированные рабочие места для исследования, проектирования и тестирования каждого компонента или узла системы.

Для оборудования рабочего места общего назначения вполне достаточно компьютерный стол.

Органы зрения, слуха и осязания человека не чувствуют малые токи и напряжения. Для большинства людей

их глазами в области электричества уже давно стали электронные осциллографы [1, 2] и анализаторы спектра [3]. Такие малогабаритные приборы выпускают и лидеры рынка, например, компания Agilent Technologies (см. рис. 1). Их можно легко разместить в кейсе.

Корпорация Agilent выпускает около ста типов осциллографов. Её ручные цифровые приборы серии U1600 – это универсальные полнофункциональные осциллографы (см. рис. 2), обеспечивающие измерение напряжения и тока, сопротивления, ёмкости и других параметров электронных устройств и компонентов в частотном диапазоне от 0 до 200 МГц. Приборы имеют по два изолированных входных канала и сертифицированы по третьей категории изоляции (600 В), что обеспечивает безопасность пользователей и предотвращает повреждение приборов при измерении высокого напряжения без заземления. Благодаря максимальному объёму памяти 2 М точек (бит) приборы позволяют захватывать сложные и неповторяющиеся сигналы без потери информации. Цветной жидкокристаллический TFT-дисплей с повышенной яркостью, диагональю 5,7" (14,5 см) и разрешением 640 × 320 точек позволяет рассмотреть детали осциллограммы даже при ярком освещении. Интерфейс USB 2.0 обеспечивает подключение к ноутбуку или настольному компьютеру.

Подобные приборы выпускают многие фирмы, например, другая крупная американская компания Fluke. Её приборы широко используются при тестировании и ремонте средств энергетической электроники и компьютерных сетей. В день, когда автор писал эти строки (15.11.2012), компания Fluke разослала сообщение о выпуске своего новейшего осциллографа – скоупметра (scopemeter) Fluke 190 серии II (см. рис. 3). Впервые у портативного осциллографа с автономным питанием и промышленным исполнением достигнута полоса частот 500 МГц при частоте дискретизации 5 ГГц. Прибор не боится дождя и снега и даже падений с умеренной высоты.

Переносные приборы можно использовать и в стационарных условиях. Но



Рис. 1. Портативные измерительные приборы компании Agilent



Рис. 2. Ручные осциллографы компании Agilent серии U1600



Рис. 3. 500-МГц осциллограф Fluke 190 серии II в промышленном исполнении

самыми массовыми являются настольные измерительные приборы, позволяющие оборудовать стационарные рабочие места. В состав таких рабочих мест входят как минимум мультиметр, цифровой осциллограф и анализатор спектра радиочастот. Современный настольный мультиметр – высокоточный многофункциональный измерительный прибор, базовая погрешность которого составляет сотые и даже тысячные доли процента. Например, в лаборатории автора есть 6,5-разрядный мультиметр фирмы Keithley серии 2000 с базовой погрешностью 0,002% [5]. Это позволяет использовать прибор для измерения и калибровки постоянного и переменного напряжения и тока, частоты, периода, сопротивления и других параметров электронных цепей и устройств (всего 13 функций). Другим примером может быть настольный 6,5-разрядный мультиметр Tektronix DMM4040/4050.

Самыми массовыми настольными осциллографами являются изделия фирм Tektronix и Agilent. Обе фирмы в период нынешнего экономического кризиса создали серии бюджетных моделей осциллографов, например, TDS2000 компании Tektronix (см. рис. 4). В разработке бюджетных моделей цифровых осциллографов лидирует и компания Agilent. Масштабы интервенции Agilent на рынке осциллографов малой и умеренной стоимости беспрецедентны – недавно появились две серии приборов 26 типов! Первая серия X 2000 включает 12 осциллографов с полосой исследуемых частот 70, 100 и 200 МГц, с 2/4 аналоговыми каналами и большими дисплеями высокого разрешения (см. рис. 5). Половина приборов содержит 8-разрядный вход логических (цифровых) сигналов и относится к осциллографам смешанных сигналов (MSO). В разработке приборов серии 1000 фирма Agilent сотрудничала с китайской компанией RIGOL.

С целью экономии рабочего места и расширения функциональности используемых приборов были разработаны комбинированные приборы. Например, в осциллографы (даже портативные) часто встраивают мультиметр или генератор импульсных сигналов. Так, осциллографы новейшей серии X 2000 фирмы Agilent оснащены встроенным функциональным генератором.

Современные, даже бюджетные, цифровые осциллографы позволя-

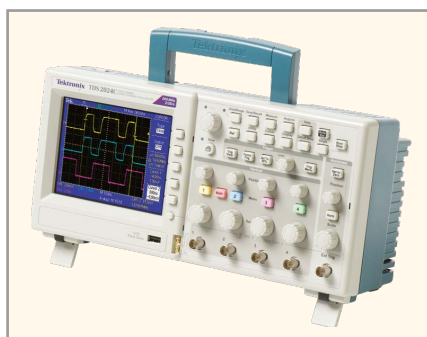


Рис. 4. Бюджетный осциллограф компании Tektronix серии TDS2000

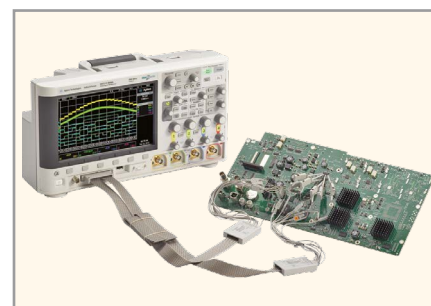


Рис. 5. Двухканальный осциллограф смешанных сигналов серии X 2000 фирмы Agilent Technologies



Рис. 6. Рабочее место, оснащённое приборами корпорации Tektronix



Рис. 7. Бюджетные цифровые анализаторы спектра со следящим генератором

ют выполнять до нескольких десятков видов автоматических измерений и могут заменить целую лабораторию [2] (см. рис. 6). Как правило, в них предусмотрено и быстрое преобразо-

вание Фурье, позволяющее наблюдать спектр сравнительно низкочастотных сигналов.

В массовых рабочих местах обычно используются анализаторы спектра



Рис. 8. Осциллограф смешанных сигналов DMO4000 фирмы Tektronix, оснащённый анализатором спектра радиочастот

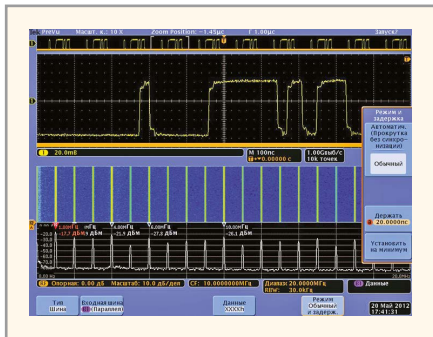


Рис. 9. Экран мультимедийного осциллографа DMO4000 при тестировании последовательной шины



Рис. 10. Построение сигнала по данным ограниченного спектра

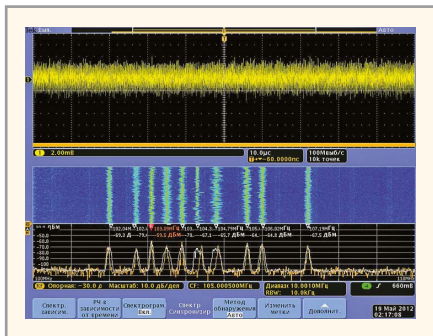


Рис. 11. Наблюдение за работой в эфире УКВ-радиостанций с частотной модуляцией

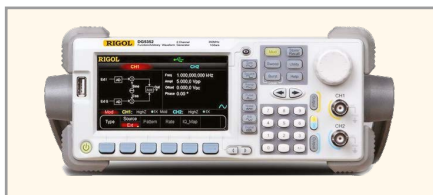


Рис. 12. Малогабаритный генератор компании RIGOL

радиочастот до 3–6 ГГц [3], который охватывает диапазоны частот мобильной, сотовой и частично спутниковой связи. Анализаторы спектра – довольно дорогие приборы. Поэтому часто на рабочих местах используют их дешёвые разновидности (см. рис. 7). Снабжённые функцией следящего генератора, такие приборы позволяют снимать АЧХ электронных компонентов, устройств и систем.

При выборе анализатора спектра для рабочего места обратите особое внимание на полосу частот. У простых и дешёвых приборов она простирается от 9 (иногда 50) кГц до 3–6 ГГц. Так что анализатор спектра – прибор высокочастотный, и от него мало пользы в звуковом и ультразвуковом диапазоне частот. Правда, есть приборы с нижней частотой 20 Гц и ниже, но они дорогие.

Революционным событием в технике осциллографии стала разработка и выпуск корпорацией Tektronix новой серии мультимедийных осциллографов MDO4000 с встроенным радиочастотным анализатором спектра (см. рис. 8). Это осциллографы смешанных (аналоговых и логических цифровых) сигналов с возможностью полноценного спектрального анализа аналоговых сигналов в частотной области. Один из таких приборов был предоставлен автору для испытаний Российским отделением корпорации Tektronix в середине 2012 г.

Приборы оснащены модулями микропрограммного обеспечения и способны выполнять многие функции систем компьютерной математики, таких как матричная лаборатория MATLAB [6]. На рисунке 9 показано тестирование таким прибором последовательной шины. На экране видна работа интеллектуальной «лупы времени» Wave Inspector, временная диаграмма (обычная осциллограмма), спектрограмма и спектр сигнала данных тестируемой шины. Спектрограмма строится в плоскости частота – время, причём интенсивность спектральных линий обозначается цветом.

Анализатор спектра DMO4000 относится к классу векторных, т.к. он полу-

чает спектр сигнала с отсчётами в комплексном виде и позволяет вычислить не только амплитудно-частотную, но и фазочастотную характеристику сигнала, построить форму искажённого сигнала и оценить степень искажений (см. рис. 10).

При изучении сильно зашумлённых сигналов обычные осциллограммы бесполезны – видна лишь шумовая дорожка. Спектр позволяет выявить и изменить основные частотные составляющие сигнала – частоту и амплитуду, а спектрограмма позволяет наблюдать их изменение во времени (см. рис. 11).

Некоторые фирмы (Tektronix, Agilent, Rohde&Schwarz и др.) выпускают гораздо более высокочастотные анализаторы спектра – вплоть до 300 ГГц. Но это дорогие и обычно громоздкие приборы специального назначения. Чаще всего их возможности для наших разработчиков кажутся почти фантастическими, а цена – запредельной.

Стоит отметить ещё один класс приборов – генераторы сигналов различной формы [4]. В наши дни завершается переход на полностью цифровые генераторы, и число типов таких генераторов на рынке нарастает лавинообразно. Наряду с громоздкими генераторами ведущих фирм мира с уникальными параметрами, на рынок поставляются бюджетные модели генераторов китайских, южнокорейских и российских фирм. Например, автор приобрёл бюджетный генератор АКТАКОМ AWG-4150, который имеет два независимых канала и генерирует полсотни видов сигналов различной формы, включая произвольную.

Новый модельный ряд цифровых генераторов сигналов различной формы DG5000 (см. рис. 12) крупной китайской компании RIGOL включает модели с максимальными частотами от 100 до 350 МГц. Генераторы имеют графический TFT-дисплей с высокой разрешающей способностью, диагональю



Рис. 13. Анализатор источников электропитания фирмы Agilent



Рис. 14. Современная лаборатория с рабочими местами, оборудованными приборами разных фирм



Рис. 15. Компьютеризованное рабочее место

4,3" (11 см) и 16 млн цветов, который отображает форму сигнала, значения установленных параметров, карту кодоимпульсной модуляции сигнала и другие данные. Минимальное время нарастания и спада составляет 2,5 нс в старших моделях и 3 нс в младших.

Немаловажное значение имеют источники электропитания электронной аппаратуры. Сейчас на рынке можно найти множество типов линейных и импульсных источников электропитания с практически любыми характеристиками. Фирма Agilent выпускает анализаторы источников электропитания с полным набором средств их контроля и встроенными блоками для питания внешних испытуемых устройств (см. рис. 13).

Остаётся сказать несколько слов о рабочих местах (см. рис. 14) разработчиков оборудования для научной, в частности, микроэлектронной, атомной и космической областей [5]. Обычно в них используются лучшие приборы фирм Tektronix, Agilent и LeCroy с верхней частотой полосы исследуемых сигналов от 300 МГц до 5–6 ГГц. Есть приборы реального времени с верхней частотой до 40–50 ГГц и стробоскопические осциллографы с частотой до 80–100 ГГц. Это дорогие (мно-

гие десятки тысяч долларов) и уникальные приборы штучного применения.

При разработке и тестировании электронных компонентов и узлов широко применяются приборы с компьютерной обработкой данных и компьютерным управлением (см. рис. 15). В процессе разработки и производства даже одной СБИС используются десятки приборов, на базе которых создают специализированные измерительные стенды (см. рис. 16).

Дорогие и уникальные приборы вряд ли можно увидеть на обычных рабочих местах. Но надо понимать, что подобные генераторы, широкополосные осциллографы и анализаторы сигналов, СВЧ-анализаторы спектра и анализаторы цепей определяют лицо современной электроники и её новых разработок на базе достижений фундаментальной науки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяконов В.П. Современная осциллография и осциллографы. СОЛОН-Пресс, 2005.
2. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Измерительные приборы и массовые электронные измерения. СОЛОН-Пресс, 2007.
3. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Цифровые анализаторы спектра, сигналов и логики. СОЛОН-Пресс, 2009.



Рис. 16. Установка (стенд) фирмы Keithley для контроля параметров интегральных микросхем

4. Дьяконов В.П. Современные измерительные генераторы сигналов. ДМК-Пресс, 2011.
5. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике. ДМК-Пресс, 2011.
6. Дьяконов В.П. MATLAB и SIMULINK для радионинженеров. ДМК-Пресс, 2011. ©

**ФОТО-
конкурс**

Редакция журнала «Современная электроника» объявляет фотоконкурс – «Рабочее место разработчика электроники».

Присылайте фотографии своего рабочего места на электронный адрес smirnov.a@soel.ru.

Присланные работы будут выкладываться на сайте www.soel.ru, и в режиме открытого голосования определяются авторы наиболее интересных снимков.

Фотографии, получившие наибольшее количество голосов, будут опубликованы в нашем журнале.

Редакция журнала «Современная электроника»