

С.Н. ШИЛЯЕВ, П.И. РУДНЕВ, Центр АЦП "Руднев-Шильев"

Компьютер и виртуальные приборы

Компьютеры в наше время не только становятся вычислительными средствами, но и превращаются в универсальные виртуальные измерительные приборы. Устройства на основе персонального компьютера (ПК) заменяют стандартные измерительные приборы (вольтметры, самописцы, осциллографы, магнитографы, спектроанализаторы и др.) системой виртуальных приборов. Такая система будет состоять из компьютера, наличие которого сегодня - необходимое условие высококачественных и быстрых измерений, и одной-двух плат сбора данных (ПСД), причем программная часть виртуального прибора может эмулировать переднюю управляющую панель стационарного измерительного устройства. Сама панель, сформированная на экране дисплея, становится панелью управления виртуального прибора. В отличие от реальной панели управления стационарного прибора такая виртуальная панель может быть многократно реконфигурирована в процессе работы. Пользователь виртуального прибора активизирует объект графической панели с помощью "мыши", клавиатуры или прикладной программы. Несмотря на то, что стационарные приборы старались оснастить дисковыми, улучшенными дисплеями и т.п., получить на них те же результаты, что и с использованием ПК, оказалось невозможным. Кроме того, появление нового стандарта сменных НГМД на 100 Мбайт и 1 Гбайт (применим и на портативных компьютерах) позволяет говорить о виртуальном эксперименте, для проведения которого необходимо только наличие компьютера, а все остальные программно-аппаратные средства подбираются, исходя из технических требований проводимого эксперимента.

Забудьте теперь союз "или"! При использовании виртуальных приборов на основе ПК ключевым становится союз "и". Оснащая свой компьютер ПСД, Вы получаете *и* осциллограф, *и* спектроанализатор, *и* вольтметр, *и* генераторы самых разных применений. Характеристики этих виртуальных приборов определяются только техническими параметрами выбранной ПСД. При этом соотношение цена/качество оптимально.

Совмещение в ПК возможностей быстрой цифровой обработки полученной при вводе через ПСД информации с одновременным качественным отображением результатов обработки делает систему виртуальных средств измерений на базе ПК основным инструментом динамических измерений для инженеров самых разных специальностей. Таким образом, сначала Вы сберегаете деньги, затем экономите время.

Центр АЦП ЗАО "Руднев-Шильев" выпускает многочисленные устройства для автоматизации лабораторий и производств, научных исследований, для измерительных комплексов, мониторинга быстропротекающих процессов с использованием всей мощи ПК. Центр АЦП использует как известные и общепринятые методики поверки выпускаемых устройств, так и оригинальные, разработанные специалистами центра для калибровки аналого-цифровых каналов в реальных условиях их применения по динамическим параметрам: отношению сигнал/шум, коэффициенту гармонических искажений, реальному динамическому диапазону и числу эффективных разрядов в зависимости от частоты входного воздействия на АЦП ПСД.

Знание этих характеристик позволяет более корректно решать задачу применения ПСД в реальных условиях и еще до эксперимента оценить погрешности, вносимые всем виртуальным прибором в конечный результат измерения. Платы Центра АЦП дают возможность превратить Ваш ПК в универсальную измерительную лабораторию. Характеристики такого прибора (динамический и частотный диапазоны, чувствительность, разрешение и др.) определяются выбранными устройствами ПСД Центра АЦП.

Выпускаемые устройства можно разбить на несколько групп: измерительные платы АЦП и ЦАП, цифровые ТТЛ-совместимые платы и дополнительные согласующие устройства. Теперь в зависимости от поставленной задачи Вы подбираете для Вашего ПК необходимый набор устройств, которые будут ее решать вместе с Вами.

Рассмотрим эти группы подробнее.

Виртуальные вольтметры, осциллографы и спектроанализаторы (рис. 1)

Плата ЛА-И24 позволяет совместно с ПК реализовать прецизионный шестиканальный вольтметр среднеквадратических значений в полосе частот до 200 Гц с точностью 0,00019%. Платы ЛА-70, -2, -3, -8, -20 и -ADSP в полосе до 500 кГц с точностью до 0,003 % при динамическом диапазоне 90 дБ обеспечивают реализацию виртуальных вольтметров, осциллографов, спектроанализаторов, причем характеристики прибора зависят от выбранного устройства ПСД. Программное обеспечение, поставляемое с этими устройствами, реализует виртуальные управляющие панели стационарных приборов.

При использовании ПК в качестве цифрового запоминающего осциллографа и спектроа-

Таблица 1

Сравнительные характеристики наиболее распространенных цифровых запоминающих осциллографов

ПАРАМЕТР	НАИМЕНОВАНИЕ ПРИБОРА				
	C1-137/2	C9-28	DS-303P ("Pintek")	ЦЗО-01 на базе ЛА-н10 и IBM PC/AT	ЦЗО-02 на базе ЛА-н02 и IBM PC/AT
Полоса пропускания сигнала, МГц	0...25	0...100	0...30	0...100	0...200
Число каналов	2				
Частота дискретизации, МГц	1	20	20	100	400
Разрядность АЦП	8				
Погрешность, %	6,5	2	3	0,8	0,8
Коэффициент отклонения	2мВ...50В 200нс...10 с	5мВ...50В 20нс...50с	5мВ...50В 10нс...5с	2мВ...5В 2нс...20с	2мВ...5В 2нс...20с
Объем памяти, Кбайт	4	2	4	64 (расширя- мая до 256)	512
Цена, млн. р.	5,99	19,5	10,5	5,32	13,9

затора одновременно в широком диапазоне частот необходимо применять специально для этого разработанные ультрабыстрые ПСД: ЛА-н10, -н25, -н24, -н02 и -н05. Они позволяют превратить Ваш ПК в цифровой запоминающий осциллограф, обеспечивающий обработку как периодических сигналов в полосе 0... 150 МГц, так и однократных импульсов длительностью от 10 нс. Существенный эффект будет получен от использования виртуальных осциллографов и спектроанализаторов в системах сотовой и пейджинговой связи для контроля параметров и калибровки радиоканалов.

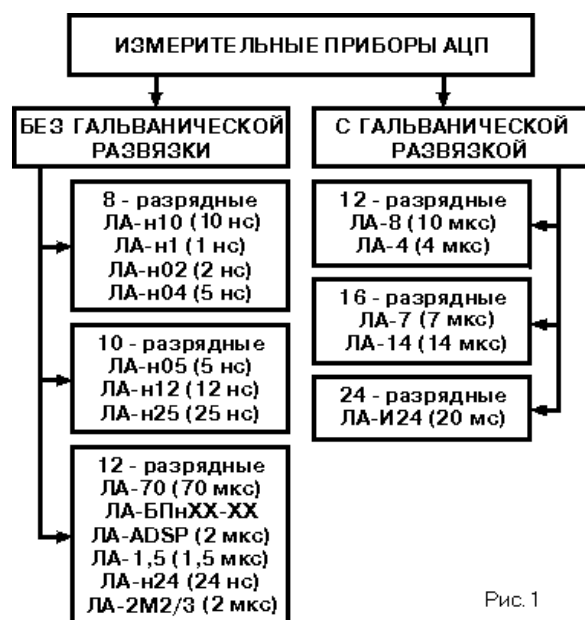


Рис. 1

Программная часть виртуального осциллографа состоит из пользовательского интерфейса, который позволяет воспользоваться всеми аппаратными возможностями платы. Меняя коэффициент усиления, смещение, частоту дискретизации и т.д., Вы быстро настроите параметры осциллографа на свой сигнал. Кроме того, ПК служит для мониторинга и об-

работки сигнала, функционирует в режиме "лупы" и измерительного курсора, выполняет функции интерполяции, фильтрации, накопления и т.д.

Виртуальный спектроанализатор позволит Вам также проанализировать сигнал в частотной области с различными оконными функциями, вычислить отношение сигнал/шум и коэффициент гармонических искажений.

Благодаря своим вычислительным ресурсам ПК быстро обновляет данные на экране, так что Вы видите уже обработанный сигнал в масштабе времени, максимально приближенном к реальному. Однако, если необходимо разгрузить компьютер и ускорить процесс обработки, можно воспользоваться ПСД с внешней цифровой шиной (ВЦШ). В этом случае все задачи по обработке и передаче данных берет на себя плата цифровой обработки сигналов (ЦОС) – ЛА-TMS. Обмен с ПСД идет по быстрой ВЦШ. Цифровой сигнальный процессор обрабатывает данные с производительностью 40 млн. операций с плавающей точкой в секунду, и ПК отображает уже готовый результат. Конструкцией плат предусмотрена синхронная работа до восьми ПСД в информационно-измерительной системе. Она может содержать одну или несколько ЦОС, что значительно расширяет круг решаемых задач.

Рассмотрим подробнее сравнительные характеристики наиболее распространенных цифровых запоминающих осциллографов и виртуальных измерительных приборов с использованием ПСД Центра АЦП (табл. 1).

Виртуальные генераторы (рис. 2)

При определении параметров радиотехнических цепей, регулировании, испытаниях и ремонте различных электронных устройств используются разнообразные измерительные сигналы. Измерительные платы ЦАП (ЛА-2ЦАП5, -2ЦАП70, -2ЦАПн5 н – ЦАПн10) позволяют превратить ПК в функциональный генератор и генератор моно-

Таблица 2

Сравнительные характеристики генераторов Г2 и виртуальных приборов

Генератор	Диапазон частот	Выходная мощность сигнала, Вт	Сопротивление нагрузки, Ом	Цена, млн.р.
Г2-12	$250 \dots 2 \cdot 10^4$	3	5;100;600	—
Г2-59	$5 \dots 7 \cdot 10^6$	$1,8 \cdot 10^{-1}$	50	3,7
ЛА-ЦАПн10	$50 \dots 5 \cdot 10^7$	1	50	2,9
ЛА-2ЦАПн15	$2 \cdot 10^{-3} \dots 3 \cdot 10^7$	$1,25 \cdot 10^{-1}$	600;200	5,8

хроматического гармонического сигнала одновременно. Частотный и динамический диапазоны определяются выбранным устройством. Поставляются программные драйверы: функциональный генератор для MS-DOS и Windows.

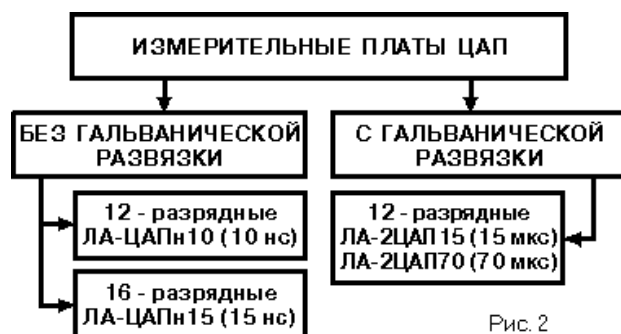


Рис. 2

Из всех выпускаемых плат наиболее полно выбрали в себя возможности виртуальных приборов платы ЛА-2ЦАПн15 и -ЦАПн10, которые могут заменить сразу несколько стационарных приборов. Для сравнения рассмотрим генераторы сер. Г2...Г6. Работа измерительных генераторов шумовых сигналов сер. Г2 основана на зависимости мощности шумов от значения постоянного тока, протекающего по какому-либо шумовому элементу. В отличие от этих генераторов платы ЛА-2ЦАПн15 и -ЦАПн10 позволяют сформировать любую необходимую функцию шума: вид распределения, полосу шума и действующее значение напряжения. Можно также учесть шумовой вклад нагрузочного сопротивления, которым в генераторах Г2 пренебрегают. В отличие от стационарных генераторов платы ЛА-2ЦАПн15 и -ЦАПн10 могут работать как адаптивные устройства в системах подавления шума, там, где нужно быстро формировать антишум с заданными параметрами. Сравнительные характеристики некоторых типичных генераторов приведены в табл. 2.

Группу Г3 составляют генераторы низкочастотных сигналов. Сравнительные характеристики наиболее распространенных генераторов этой группы с платами ЛА-2ЦАПн15 и -ЦАПн10 приведены в табл. 3.

Все генераторы сер. Г2 и Г3 имеют один рабочий канал, а у ЛА-2ЦАПн15 их два.

Генераторы группы Г6 - функциональные, сочетающие в себе функции генератора синусоидального напряжения и генератора импульсов прямоугольной и треугольной форм. Сравнительные характеристики генераторов этой

группы с платами ЛА-2ЦАПн15 и -ЦАПн10 приведены в табл. 4.

Генераторы, на которые не приведены цены, либо сняты с производства или не пользуются спросом, и их характеристики приведены в таблицах для сравнения, так как они еще применяются в приборном парке нашей страны.

Имеются еще некоторые существенные отличия ЛА-2ЦАПн15 и -ЦАПн10 от стационарных генераторов, не отраженные в приведенных таблицах.

1. Формирование сигналов инфранизких частот сопряжено с известными трудностями, и на частотах < 10 Гц точность обычно не превышает 5...10 %. Виртуальный генератор на основе ЛА-2ЦАПн15 формирует сигнал с использованием двух 16-разрядных ЦАП. Форма сигнала на инфранизких частотах остается такой же, как и на частоте 1 кГц (с погрешностью 0,002%), что особенно важно для треугольных и пилообразных сигналов, где искажения формы и, следовательно, линейность сильно влияют на результат измерений.

2. Плата ЛА-2ЦАПн15 позволяет задать любой программно-регулируемый фазовый сдвиг между каналами с дискретностью 0,005°, что недостижимо ни для какого стационарного генератора.

3. Плата ЛА-2ЦАПн15 может эмулировать любую форму сигнала. Можно генерировать длинную вычисляемую в процессе вывода импульсно-кодую последовательность. Ограничений по сложности последовательности нет.

4. В отличие от генераторов сер. Г2...Г6 платы ЛА-2ЦАПн15 и -ЦАПн10 имеют возможность адаптивного изменения параметров в экспериментах и применениях со следящей обратной связью. Это позволяет создать на ее основе устройства и системы автоматического управления с использованием возможностей ПК.

5. На основе плат ЛА-2ЦАПн15 и -ЦАПн10 можно создать управляемый генератор качающей частоты для калибровки амплитудно-частотных характеристик различных радиоэлектронных устройств в диапазоне частот до 10 МГц. Для этого потребуется сама плата ЛА-2ЦАПн15 или -ЦАПн10 и одна из измерительных плат АЦП. При этом процесс калибровки можно полностью автоматизировать с выдачей протокола испытаний. Такая система годится для оперативного контроля параметров какого-либо радиоэлектронного

Таблица 3

Сравнительные характеристики генераторов ГЗ и виртуальных приборов

Генератор	Диапазон рабочих частот, Гц	Погрешность установки частоты, %	Коэффициент гармоник, %	Выходное напряжение, В	Выходное сопротивление, Ом	Цена, млн. р.
ГЗ-102	$20 \dots 2 \cdot 10^5$	2,5	0,05	8	600	–
ГЗ-110	$10^{-2} \dots 2 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^{-5}$	0,5	1	50	–
ГЗ-111	$20 \dots 2 \cdot 10^6$	5,5	2	5	600	–
ГЗ-112	$10 \dots 10^7$	5	4		50	3,25
ГЗ-113	$10 \dots 10^5$	5,5	0,1		600	–
ГЗ-118	$10 \dots 2 \cdot 10^5$	6	0,05	10		2,34
ГЗ-120	$5 \dots 5 \cdot 10^5$	9	1	5		5,32
ГЗ-121	$10 \dots 10^6$	5,5		10		5,96
ГЗ-122	$10^{-3} \dots 2 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^{-5}$	0,5	2,5	50	19,2
ЛА-ЦАПн10	$50 \dots 5 \cdot 10^7$	10^{-5}	0,1	2		2,9
ЛА-2ЦАПн15	$2 \cdot 10^{-3} \dots 3 \cdot 10^7$	10^{-5}	0,02	10	600, 200	5,8

Таблица 4

Сравнительные характеристики генераторов Г6 и виртуальных приборов

Генератор	Диапазон рабочих частот, Гц	Погрешность установки частоты, %	Коэффициент гармоник, %	Длительность фронта, нс	Выходное напряжение, В	Сопротивление, Ом	Цена, млн. р.
Г6-15	$10^{-3} \dots 10^3$	2	1,5	5000	10	600	–
Г6-26	$10^{-3} \dots 10^4$	2	0,5	500	10	600	–
Г6-27	$10^{-3} \dots 10^6$	3	5	150	5	600	–
Г6-29	$10^{-3} \dots 10^6$	2	3	60	5	600, 50	–
Г6-31	$10^{-3} \dots 10^6$	2	3	60	5	50	–
Г6-33	$10^{-3} \dots 10^5$	$3 \cdot 10^{-4}$	1	30	5	600, 50	–
Г6-34	$10^{-3} \dots 10^7$	5	3	30	5	50	5,1
Г6-36	$10^{-3} \dots 10^5$	0,01	1	100	20	600	8,9
Г6-37	$10^{-3} \dots 2 \cdot 10^7$	5	2,5	30	5	50	–
Г6-40	$10^{-3} \dots 3 \cdot 10^6$	5	2	40	10	50	–
ЛА-ЦАПн10	$50 \dots 5 \cdot 10^7$	10^{-5}	0,1	25	2	50	2,9
ЛА-2ЦАПн15	$2 \cdot 10^{-3} \dots 3 \cdot 10^7$	10^{-5}	0,02	135	10	600, 200	5,8

устройства, вмешательства человека при этом не требуется.

Теперь Вы выбираете нужные для Вашего эксперимента генераторы, суммируете их стоимость, вычитаете цену ЛА-2ЦАПн15 или -ЦАПн10 и получаете денежное выражение экономического эффекта от применения виртуального генератора в составе Вашей экспериментальной установки. При этом слова об экономии денег не покажутся пустыми. Поэтому лучшее решение - плата ЛА-2ЦАПн15 или -ЦАПн10 и у Вас в компьютере любой генератор ряда Г2...Г6.

Цифровые интерфейсные устройства (рис. 3)

Цифровые ТТЛ-совместимые ПСД позволяют получать ПК информацию от стендового оборудования и периферийных цифровых устройств и передавать управляющие ТТЛ сигналы на внешние по отношению к ПК устройства.

Плата ЛА-24Д схожа с платой ЛА-96Д: имеют один 24-разрядный цифровой порт и возможность внешнего управляемого и независимого от порта прерывания. Разъемы плат совпадают контакт в контакт, эти платы имеют совместимое программное обеспечение. В плате ЛА-32Д 32 цифровые линии: по 16 на ввод и вывод информации. Предусмотрено независимое стробирование на ввод и вывод информации.

Платы ЛА - 16Д1 и - 16Д2 имеют 16 цифровых линий на ввод и вывод соответственно, организованных как два восьмиразрядных регистра без стробирования. У этих плат обеспечивается гальваническая развязка цифровых линий друг от друга и от шины IBM PC (400 В).

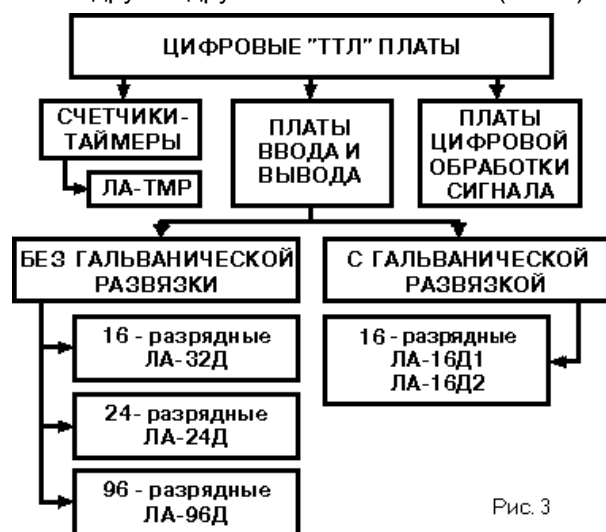


Рис. 3

Плата ЛА-ТМР содержит шесть 16-разрядных счетчиков/таймеров, высокостабильный кварцевый генератор 10 МГц и 16 цифровых линий: по 8 на ввод и вывод. Плата может использоваться для создания устройств управления и контроля временных параметров и позволяет реализовать цифровой частотомер или периодометр, причем точность измерения 10^{-6} определяется высокостабильным кварцевым генератором ЛА-ТМР.

Дополнительные согласующие устройства

Дополнительные измерительные ПСД дают возможность корректно и удобно соединить источники внешних сигналов с устройствами, вставляемыми в Ваш ПК. Это многоканальные фильтры, устройства синхронных выборок/хранения, аналоговые мультиплексоры, платы реле, платы различных преобразователей и расширитель шины IBM PC.

Вывод

Ремонт устаревших стационарных приборов обходится примерно столько же, сколько стоимость виртуального. Быстрая адаптация виртуального прибора к условиям эксперимента и возможность использовать один такой прибор в разных применениях делает виртуальный прибор единственной реальной возможностью для решения технической или научной задачи с минимальными затратами.

В статье обсуждались лишь самые распространенные экспериментальные возможности (функции) виртуальных приборов на основе ПК. Фундаментальность предлагаемого способа решения проблемы радиотехнических измерений в промышленных и экспериментальных применениях с использованием ПК и плат, предлагаемых Центром АЦП, как виртуальных приборов, обеспечивает выполнение стоящей перед Вами задачи с минимальными затратами и максимальными комфортом и точностью.

Центр АЦП ЗАО "Руднев — Шилев".
Телефоны: (095) 288-37-66, 973-19-14, 973-19-28.
E-mail: ADC @ rudshel.ru
HTTP: //www.rudshel.ru