

## ВИРТУАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ НА ОСНОВЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

к.т.н. В.В. Скороделов  
(представил д.т.н., проф. А.Н. Овчаренко)

В статье рассмотрены концепция и примеры создания виртуальных измерительных приборов на основе персонального компьютера. Сформулированы задачи, которые необходимо решать при их реализации. Показаны основные достоинства такой концепции реализации измерительных средств.

Известно, что даже самый простой персональный компьютер (ПК) может превратиться в мощный измерительно-отладочный комплекс, если его снабдить необходимыми периферийными устройствами (устройствами сопряжения с объектами – УСО), позволяющими осуществить ввод аналоговых и цифровых сигналов от одного или нескольких источников информации, а также соответствующим программным обеспечением (ПО) [1, 2].

При этом процессор и стандартные периферийные устройства компьютера (клавиатура, мышь, накопители на магнитных дисках (НМД), монитор, принтер и т.д.) предоставляют существенно большие возможности по обработке, отображению, регистрации и хранению полученных данных, нежели классические измерительные приборы. Так, например, НМД и принтер прекрасно подходят для регистрации любых медленных процессов, большой цветной экран монитора позволяет создать наглядный интерфейс пользователя с широкими возможностями по отображению и редактированию полученных данных, а процессор позволяет подвигать введенные в ПК данные любой, даже очень сложной обработкой.

Очевидно, что функциональные возможности созданного таким способом прибора или целого комплекса определяются сложностью их аппаратных и программных средств. При этом всегда возникает задача оптимального распределения функций между аппаратными и программными средствами.

В некоторых случаях аппаратные средства представляют собой простейшие УСО, позволяющие, например, вводить в ПК только цифровые сигналы. В этом случае от них требуется только обеспечить возможность сопряжения источников сигналов с определенным интерфейсом ПК (например, Centronics) и преобразования форматов данных (например, преобразовать последовательность импульсов в параллельные двоичные коды с помощью счетчиков).

В других случаях на УСО возлагаются более сложные задачи, связанные, например, с вводом–выводом аналоговых сигналов, предварительной обработкой вводимых сигналов и их накоплением в буферных запоминающих устройствах (ЗУ), формированием сигналов с заданной формой и параметрами и т. д.

В этих случаях УСО превращается в интеллектуальное периферийное устройство (ПУ), которое более целесообразно реализовать уже не на "жесткой", а на "программируемой" логике. Для этой цели хорошо подходят однокристальные микроконтроллеры, содержащие в частности и аналого-цифровые преобразователи (АЦП) [3].

Таким образом, при создании виртуальных приборов (ВП) на основе ПК приходится решать следующие задачи:

- распределение функций прибора между аппаратными и программными средствами;
- определение способа подключения УСО к ПК (*через внешний интерфейс Centronics и RS-232 или к внутренним интерфейсам ISA и PCI*);
- определение способа реализации устройства сопряжения с объектами (*на "жесткой" или на "программируемой" логике*);
- поиск оптимального варианта реализации УСО и виртуального прибора в целом;
- получение необходимых точностных и качественных показателей;
- создание удобного программного интерфейса с пользователем и остальным ПО;
- разработка драйвера, позволяющего осуществлять обмен данными между устройством сопряжения с объектами и персональным компьютером;
- разработка целого ряда сервисных программ (приложений для операционных систем (ОС) MS DOS и Windows), необходимых для использования УСО.

Взаимосвязь аппаратных и программных средств виртуальных приборов в соответствии с перечисленными выше задачами представлена на рис.1.

Основные задачи в данном случае решаются с помощью программных средств. Таким образом, виртуальные приборы – это, по сути, приложения для операционных систем MS DOS и Windows, работающие аналогично существующим физическим приборам. Это значит, что они имеют пользовательский интерфейс и функции, максимально приближенные к тем стандартным приборам, которые были использованы в качестве прототипа. Причем, интерфейс пользователя представляет собой как бы лицевую панель прибора, а программы пользователя реализуют все его основные функции. Вот это и делает такой прибор виртуальным,

так как мы имеем, по сути, программную модель реального физически существующего прибора.

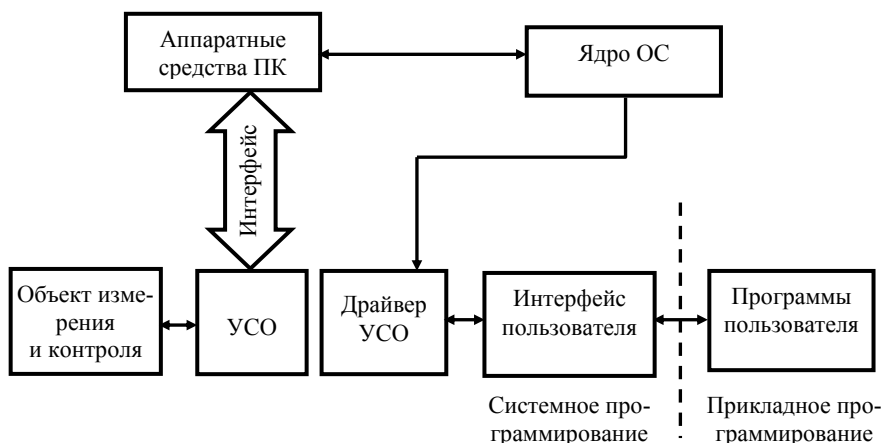


Рис. 1. Взаимосвязь программных и аппаратных средств ВП

На основании изложенной выше концепции нами была предпринята попытка разработать ряд виртуальных приборов, которые можно было бы использовать как в домашних, так и в учебных, и научно-исследовательских лабораториях при отладке аналоговых и цифровых устройств различного назначения. Это такие приборы, как:

- генератор сигналов произвольной формы (ГСПФ);
- измеритель частоты (ИЧ);
- логический анализатор (ЛА).

Рассмотрим несколько подробнее в качестве примера практической реализации ВП, например, генератор сигналов произвольной формы. В основу ГСПФ заложен табличный метод, который заключается в периодической выборке с заданной частотой из запоминающего устройства (ЗУ) числовых значений дискретной реализации сигнала (как правило, за один период) и подаче их цифровых кодов на цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) [2, 4]. Этот метод предполагает наличие ЗУ и предварительной записи в него таблицы функции сигнала. Выборка из ЗУ производится при помощи счетчика или накапливающего сумматора (НС). Использование НС позволяет отфильтровывать сигнал помехи, возникающий при переключении ЦАП, с помощью самого простого (не перестраиваемого) фильтра нижних частот (Ф).

Возможны два основных подхода к построению устройства, реализующего данный способ с применением ПК, которые различаются распределением функций ГСПФ между его программной и аппаратной частями. Генератор должен иметь такие основные функции:

- запуск и остановку процесса генерации;
- выбор генерируемого сигнала и его параметров;
- задание (создание) сигнала произвольной формы пользователем;
- установка параметров сигнала;
- хранение таблицы функции сигнала;
- вывод данных из таблицы на ЦАП.

Первый подход к построению устройства заключается в том, что все функции ГСПФ выполняются с помощью программно-аппаратных средств ПК с подключенным к нему ЦАП. Второй подход - ГСПФ реализуется в виде достаточно автономного узла, выполняющего следующие функции: установка параметров сигнала, хранение таблицы функции сигнала и вывод данных из таблицы на ЦАП. В первом случае ПК полностью занят процессом генерирования сигналов и может ограничивать верхнюю границу их частотного диапазона. Во втором случае ПК занят только во время передачи новых данных во внешнее ЗУ и не является ограничителем быстродействия ГСПФ.

На основании второго подхода построения ГСПФ были проработаны и проанализированы несколько вариантов построения его аппаратной части:

1) на основе “жесткой” логики с использованием интегральных микросхем (ИМС) малой и средней степени интеграции [2];

2) на основе “программируемой” логики с использованием однокристальных микроконтроллеров (МК) разных типов [3].

Для сравнения этих вариантов рассчитывались их характеристики: частотный диапазон генерируемого сигнала, количество микросхем, потребляемая мощность, надежность и цена комплектующих изделий.

Реализация на “жесткой” логике существенно уступает другим вариантам реализации по нескольким параметрам. Однако, этот проигрыш компенсируется ценовым фактором. Некоторые варианты реализации устройства на МК уступают реализации на “жесткой” логике по частотному диапазону. Однако, использование МК повышает надежность устройства, снижает количество используемых микросхем и уменьшает потребляемую мощность. Последний параметр может уменьшаться еще при переходе МК в режим пониженного энергопотребления “SLEEP”. При этом, когда ГСПФ не генерирует сигнал, устройство потребляет минимум мощности. Использование МК еще больше оправдывает себя, когда он максимально загружен задачами (функциями), которые должно выполнять устройство. Эти функции были перечислены выше.

При реализации аппаратных средств ГСПФ на основе МК SX52BD100 с программной установкой параметров получают лучший весогабаритный показатель, более низкая потребляемая мощность и высокая надежность устройства. При этом максимально задействованы возможности МК в реализации функций устройства.

Структурная схема аппаратной А0-А11 части для этого варианта устройства приведена на рис.2. При записи таблицы или параметров сигнала, а также команд управления, из ПК в селектор адреса (СА) поступают сигналы А0-А11. В случае опознавания адресов ГСПФ по сигналам IOW или IOR в блоке ФВС формируются внутренние стробы, под управлением которых МК записывает (Зап) данные D0-D7 в ЗУ или считывает 8-ми разрядные данные из ЗУ (СИ) и передает их далее на ЦАП. При этом в МК формируются также 13-ти разрядные коды адреса ЗУ. Отфильтрованные и усиленные аналоговые сигналы поступают на выход 2. Выход 1 используется тогда, когда необходим хороший фронт сигнала. Программное обеспечение ГСПФ представляет собой комплекс подпрограмм, объединенных воедино с помощью многооконного графического интерфейса пользователя. Эти подпрограммы предназначены для реализации всех функций, возложенных на программную часть устройства.

Главное окно интерфейса, показанное на рис. 3, имитирует лицевую панель виртуального генератора. С его помощью можно выполнять следующие действия:

- выбор сигнала стандартной формы: синусоидальной, прямоугольной или треугольной;
- изменение параметров сигналов: амплитуды, частоты, скважности и постоянного смещения;
- выбор или задание сигнала произвольной формы;
- задания режимов работы: разовый или автоматический;
- запуск и остановку процесса генерации.

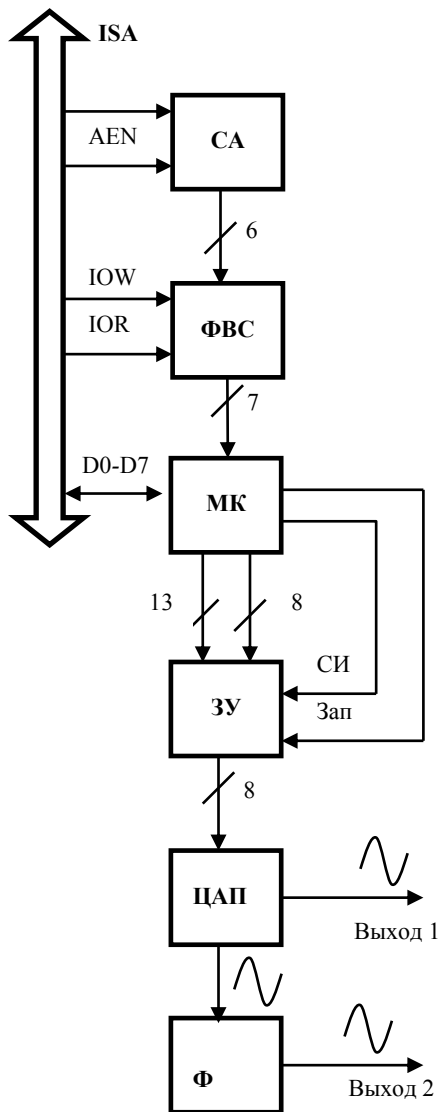


Рис.2. Структурная схема ГСПФ

В том же окне имеется поле с сеткой для отображения и задания формы генерируемого сигнала.

Основные технические характеристики данного варианта ГСПФ следующее: диапазон частот – (2 – 125000) Гц; диапазон установки амплитуды – 50 мВ – 10 В; диапазон установки постоянного смещения – (+- 4,5) В.

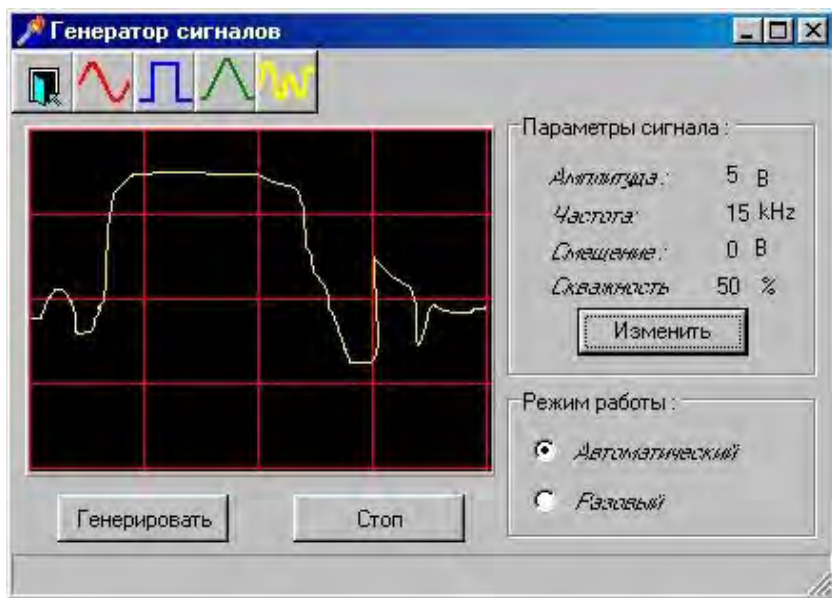


Рис. 3. Главное окно интерфейса

На основании всего рассмотренного выше можно отметить следующие основные достоинства такой концепции построения измерительных средств:

- такой прибор может быть легко модифицирован и модернизирован. При необходимости ПО может быть доработано или создано вновь под конкретную задачу без изменения аппаратных средств. И, наоборот, аппаратные средства могут быть реализованы на базе новой технологии без изменения соответствующего ПО;
- любая модернизация компьютера автоматически улучшает характеристики измерительного прибора;
- виртуальный прибор обладает большой гибкостью для решения специфических задач и легко может быть включен в состав какой-либо экспериментальной, промышленной или иной установки в качестве одного из модулей;

- благодаря ориентированному на обычный компьютер программному обеспечению большое число стандартных программ и пакетов может быть использовано для эффективного решения задач пользователя;
- исключительная портативность. Лишь небольшая плата, щупы и дискета нужны для перемещения прибора в любое место (лаборатория, завод или офис), где есть персональный компьютер;
- во многих случаях может быть получена более низкая стоимость по сравнению с традиционными приборами аналогичного класса, благодаря эффективному использованию ресурсов компьютера (корпус, дисплей, память, процессор, винчестер, принтер, видео- и интерфейсные карты, операционная система);
- кроме средства измерения, в распоряжении пользователя всегда имеется полноценный персональный компьютер.

Таким образом, в принципе, можно рассчитывать на то, что "виртуальный прибор" предоставит пользователю гораздо более широкие возможности, чем обычные приборы. При этом он по цене будет сравним с классическим измерительным прибором, имеющим тот же уровень технических характеристик.

Если требования к измерительному прибору не очень жесткие, то можно существенно упростить аппаратные и программные средства, что позволит минимизировать денежные затраты. Подобное решение идеально подходит для домашних и учебных лабораторий. Кроме того, это дает возможность вернуть к активной и полезной работе самые старые из IBM - совместимых персональных компьютеров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гелль П. Как превратить персональный компьютер в измерительный комплекс: Пер. с франц. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК, 1999. – 144 с.
2. Разработка устройств сопряжения для персонального компьютера типа IBM PC. / Под общей редакцией Ю.В. Новикова. Практ. пособие. – М.: ЭКОМ., 1998. – 224 с.
3. Скороделов В.В. Проектирование устройств на однокристалльных микроконтроллерах с RISC – архитектурой. В 2-х кн. Учебное пособие. – Харьков: ХГПУ, 1999. – 227 с.
4. Метельников А.М. Способы цифрового синтеза сигналов // Приборы и техника эксперимента. – 1998. – № 4. – С. 58 - 63.

*Поступила в редколлегию 15.10.2001*