УДК 004.383.3

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ:ОБЗОР УСТРОЙСТВ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

А.В. Дегтярёв
Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

В последнее время в связи с всеобщей «компьютеризацией» значительно возрос интерес к измерительной аппаратуре на базе ЦАП-АЦП и использующей в качестве устройства управления и отображения персональный компьютер (ПК). Такие приборы предоставляют возможность создания гибкой, мобильной и недорогой измерительной системы, пригодной для решения широкого круга задач.

ПК обладает большой вычислительной мощностью, ресурсами хранения и представления информации. Основная проблема применения его в качестве анализатора спектра – это необходимость преобразования аналогового сигнала в цифровой. Для решения этой проблемы используют аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Они преобразуют входной аналоговый сигнал в последовательность цифровых кодов. АЦП имеют аналоговые входы для подключения источников сигналов и цифровые выходы для передачи преобразованных данных в компьютер. Компьютер, оснащенный программным обеспечением, осуществляет управление устройствами АЦП и принимает данные для последующей обработки и анализа. Однако такие АЦП дороги. Поэтому иногда в качестве АЦП используют встроенные или внешние звуковые карты. С учетом того, что каждая материнская плата ПК имеет встроенную звуковую карту, дополнительные затраты к ПК не требуются.

В последние годы активно развивается еще одно направление – платы сбора данных, в которых есть все необходимые устройства для преобразования входного сигнала с датчиков в понятную для компьютера последовательность из числовых данных, выборок x(n). Для анализа получаемых данных требуется специальное программное обеспечение, которое позволяет сформировать на экране дисплея переднюю панель стационарного измерительного устройства.

Любая измерительная система, построенная на базе персонального компьютера, состоит из источника входного сигнала, аналого-цифрового преобразователя и программного обеспечения (рисунок 1).

Примером цифровой измерительной системы может служить двухканальный цифровой запоминающий осциллограф АСК-3105 с персональным компьютером, где сигнал с датчика передается на

двухканальный цифровой запоминающий осциллограф, преобразуется в цифровую форму и поступает в порт компьютера.

Осциллограф АСК-3105 смонтирован в корпусе, который вставляется в свободный отсек для 5,25” дисковода (или CD-ROM) на передней панели системного блока ПК или использоваться в качестве внешнего подключения через параллельный порт.

Этот прибор позволяет наблюдать форму сигнала с использованием двух независимых каналов в полосе частот от 0 до 100МГц. Чувствительность по вертикали составляет от 5мВ/дел до 5 В/дел. Для связи с компьютером используется расширенный параллельный порт EPP и соответствующее программное обеспечение (ПО).

Для нормальной работы прибора, конфигурация компьютера, к которому он подключен, должна отвечать следующим требованиям:

- наличие параллельного порта, работающего в режиме EPP;
- установленная операционная система Windows 95 и выше;
- видеосистема VGA с разрешением 640□480, 16 цветов;
- для использования звуковых сообщений программы необходима звуковая плата.

Для наиболее эффективной реализации всех возможностей программы рекомендуется использование процессора класса Pentium II и размер оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) не менее 32 Мбайт.

Рисунок 1 - Структурная схема устройств информационно-измерительных систем на базе персонального компьютера

АСК 3105 состоит из двух идентичных аналоговых трактов с независимыми АЦП, блока оперативной памяти, блока управления оперативной памятью, интерфейсных буферов, блока дешифратора команд и адресных счетчиков оперативной памяти. Все узлы взаимодействуют между собой по шине данных с помощью соответствующих сигналов управления, поступающих с компьютера по параллельному интерфейсу EPP.

Программное обеспечение не только позволяет управлять прибором, но и предоставляет широкий спектр сервисных возможностей: экспорт/импорт данных, математическая обработка сигналов, спектральный анализ, аварийная сигнализация в режиме самописца. Однако, следует отметить, что АСК 3105 является в первую очередь осциллографом, а не средством измерения частотного спектра, хотя у него имеется такая возможность. Поэтому достоверность результата полученного спектра будет во многом зависеть от вида исследуемого сигнала, а также от аппаратной и программной частей цифрового запоминающего осциллографа (ЦЗО). Так как ЦЗО не имеют нормируемых метрологических характеристик в режиме анализа спектра частот, они не могут служить полной заменой специализированным приборам.

Для подключения к компьютеру используется USB-интерфейс. Использование этого интерфейса решает проблему подключения виртуального прибора к любому компьютеру, в том числе к ноутбуку. Вместе с тем, для совместимости с более старыми ПК сохранена возможность подключения через LPT-порт. Другая особенность USB – масштабируемость – позволяет подключить одновременно несколько виртуальных приборов.

Несмотря на обилие достоинств такого устройства, недостатком все же является его цена – 2399 у.е.

Если в качестве устройства АЦП использовать просто АЦП или плату сбора данных (на основе АЦП), то цена измерительной системы составит от 139 до 2000 у.е., в зависимости от параметров АЦП.

Конструктивно различают: внешние модули АЦП (отдельные устройства, подключаемые к коммуникационным портам компьютера COM, LPT или к шинам обмена с внешними устройствами USB и т.п) и внутренние платы АЦП (стандартные дочерние компьютерные платы, вставляемые в свободные слоты материнской платы компьютера ISA или PCI, и имеющие внешние разъемы для подключения источников сигналов). Главными характеристиками внешних модулей АЦП является мобильность и автономность. Внутренние платы АЦП используются, как правило, в стационарных измерительных установках, где требуется высокая скорость оцифровки и прием данных от большого количества источников сигналов. Также внутренние платы АЦП используются для управления и приема данных с различных измерительных приборов.

Аппаратная реализация АЦП может быть различной. Существуют АЦП мгновенных значений и интегрирующие АЦП. В устройствах, решающих

одновременно несколько различных задач, какими и являются устройства спектрального анализа, чаще всего применяются АЦП мгновенных значений. При преобразовании широкополосного сигнала на входе АЦП обязательно должен присутствовать антиалиазинговый фильтр нижних частот в аналоговом исполнении. Частота среза этого фильтра в соответствии с теоремой отсчетов должна выбираться, по крайней мере, в 2 раза меньшей, чем частота осуществления выборок fs, где $f_{СрФНЧ}$ fs/2 – частота Найквиста. Этим обеспечивается ограничение частотного спектра преобразуемого сигнала, иными словами формирование гладкой функции в пределах интервалов между выборками. Аналого-цифровой преобразователь как аппаратный узел цифрового устройства спектрального анализа характеризуется рядом параметров, наиболее существенными из них для решения поставленной задачи являются: частота дискретизации (выборки) fs, разрядность АЦП p и погрешность преобразования.

В цифровых устройствах, имеющих дело с процессами в электроэнергетических установках, работающих на промышленной частоте 50 Гц, частота выборки выбирается в пределах 600 – 2000Гц [1]. Это позволяет работать с сигналами, включающими кроме основной и высшие гармоники до 6ч 20-ой включительно.

Принципиально возможны режимы работы АЦП с фиксированной частотой выборки и с фиксированным числом выборок на периоде основной гармоники.

Фиксированная частота выборки не требует от цифровой системы слежения за фактическим периодом преобразуемого сигнала. Это упрощает реализацию АЦП, но усложняет последующую обработку его выходных данных, так как число выборок, приходящееся на период сигнала, будет переменной величиной.

При фиксированном числе выборок на периоде сигнала упрощается обработка данных, что и является основной причиной применения такого преобразования в большинстве устройств диагностики энергосистем. Однако корректное отслеживание текущей частоты сигнала возможно только в установившихся режимах. В переходных режимах, условие постоянства числа выборок на периоде основной гармоники не будет выполняться. Аналогично, погрешность в преобразовании будет наблюдаться при скачкообразном изменении фазы колебания, например, вследствие короткого замыкания в электроустановке.

Необходимая разрядность АЦП определяется динамическим диапазоном контролируемой величины и заданной точностью работы цифрового устройства.

Аппаратную часть профессиональных виртуальных приборов подключают к компьютеру, как правило, через шины PCI или USB. Первый

вариант работает быстрее, зато второй не требует вскрытия компьютера. Но при подключении АЦП к шине PCI имеется ряд значительных недостатков: требуется согласование специальных узлов с шиной; сложные протоколы передачи информации [2]. Самыми простыми интерфейсами внешнего АЦП для виртуального измерительного прибора могут служить компьютерные порты COM и LPT. В операционной системе MS DOS эти порты доступны программам, однако под Windows сравнительно легко программировать работу только последовательного порта, для параллельного - требуется специальный драйвер.

Исходя из необходимости передавать результаты работы АЦП в приложения Windows, выбор сделан в пользу АЦП, подключаемого к персональному компьютеру через последовательный COM порт и передающего информацию согласно стандарту RS232. Недостатком этого является ограничение скорости передачи значением 115,2 кБод. Что компенсирует простота реализации аппаратной и программной составляющих виртуального прибора [1].

Оптимальным, является подключение АЦП или платы сбора данных через универсальную шину USB. Этот интерфейс решает проблему подключения к ПК нескольких приборов (ПК имеет, как правило, несколько USB-разъемов, кроме того, можно применить хаб). USB-интерфейс имеется практически во всех современных ПК. Но, вместе с тем, использование этого интерфейса лишает совместимости с более старыми компьютерами, а также значительно возрастает стоимость такого устройства.

Рассмотрим несколько известных плат сбора данных.

PCL-711B фирмы Advantech [2] имеет 8-разрядную шину ISA, 12-разрядный АЦП без УВХ со временем преобразования 25 мкс, 8-канальный коммутатор, программируемый усилитель (x1, x2, x4, x8, x16), один 12-разрядный ЦАП, 16 линий ввода и 16 линий вывода цифровых сигналов без буферов. Указываемая погрешность АЦП - 0,01% от считанного значения +/-1 разряд. Работа через программируемый ввод-вывод и прерывания. Стоимость в Москве - 265 у.е.

Lab-PC-1200 фирмы National Instruments [2], объявляемая ею как недорогая (Low-cost). Плата имеет 8-разрядную шину ISA, 12-разрядный АЦП с УВХ и частотой дискретизации до 100 кГц, 8-канальный коммутатор, программируемый усилитель (x1, x2, x5, x10, x20, x50, x100), схему калибровки АЦП, буферную память данных АЦП типа FIFO на 512 отсчетов, два 12-разрядных ЦАП, 24 линии ввода-вывода цифровых сигналов без буфера, три счетчика/таймера. Указываемая максимальная погрешность АЦП - +/- 1,5 единицы младшего разряда. Работа через один канал прямого доступа к памяти (DMA), программируемый ввод-вывод и прерывания. Стоимость в Москве - 1084 у.е.

Платы такой структуры не имеют нормализующего фильтра, и потребитель должен сам следить за возможностью возникновения эффекта наложения частот при работе с широкополосными входными сигналами.

Существует тип плат сбора данных, часто называемых динамическими анализаторами, в которых решены проблемы с эффектом наложения частот. Такие платы по структуре похожи на звуковые и наиболее распространены на диапазон частот от 0 до 20 кГц. Характеристики плат этого класса выше звуковых и, что особенно важно, подробно объявляются и гарантируются. Пример такой платы - A2150C фирмы National Instruments [3]. Она имеет четыре одновременно работающих канала 16-разрядных сигма-дельта-АЦП с общей для всех каналов частотой дискретизации от 4 до 51,2 кГц. ЦАП отсутствует. Динамический диапазон DR (Dynamic Range) или отношение сигнал/шум SNR (Signal-to-Noise Ratio) - 93 дБ. Гармонические искажения THD (Total Harmonic Distortion) составляют 95 дБ (0,0018%). Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) - не более +/- 0,025 дБ. Стоимость в Москве 2332 у.е.

ЛИТЕРАТУРА

1. Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем: РД 34.35.310 – 97.М.: СПО ОРГРЭС, 1997.

2. W. T. Thomson : «A Review of On-Line Condition Monitoring Techniques for Three-Phase Squirrel-Cage Induction Motors -Past Present and Future» Keynote address at IEEE Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drives, Gijon, Spain, Sept. 1999 pp 3-18.

3. Харкевич, А.А. Спектры и анализ / А.А. Харкевич – 4-е изд. М.: Гос. изд-во физико-мат. лит-ры, 1962. – 251с.

Түйіндеме

Мақалада сигналдың сандық өңдеуінде қолданатын өлшемдік жүйелерінің талдауы жүргізіледі.

Resume

The analysis of calculating systems used for signals digital processing is considered in the article.