

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
А В Т О М Е Т Р И Я

№ 2

1994

УДК 381.3

О. И. Битюцкий, Г. И. Громилин, В. А. Горенкин, В. А. Иванов,  
В. Г. Калегин, А. К. Поташников  
(Новосибирск)

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС  
ДОЛГОВРЕМЕННОГО СБОРА, РЕГИСТРАЦИИ, ХРАНЕНИЯ И  
ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Комплекс построен на базе ПЭВМ типа IBM PC/AT с установленными в нее платами АЦП и генератора точного времени и обеспечивает непрерывную регистрацию аналоговых сигналов с записью данных на магнитный диск. При этом обеспечивается привязка по времени не хуже одной секунды в год. Архивированные данные можно просматривать в диалоговом режиме с их распечаткой на бумажный носитель, а также проводить предварительный статистический и спектральный анализ. Система может быть эффективно использована в различных областях науки, техники, медицины, где необходимо регистрировать данные от аналоговых датчиков в течение длительного времени для последующего анализа и обработки.

При проведении ряда научных исследований, в частности, в геофизике необходимо использование систем сбора, регистрации и первичной обработки сигналов в течение длительного времени. Так, при исследовании электрического поля Земли необходимы регистрация данных с привязкой к астрономическому времени и обработка зарегистрированных данных для обнаружения и распознавания событий с длительностью порядка десятков миллисекунд по одномерным многоканальным данным.

Как правило, существующие системы сбора данных [1, 2] рассчитаны или на регистрацию сигналов в течение ограниченного периода с отсчетом времени относительно начала регистрации, или дороги. Математические пакеты [3], используемые для обработки результатов регистрации, либо совсем не имеют процедур визуализации, либо отображение сигнала ведется «постранично», что не позволяет за приемлемое время просмотреть весь накопленный материал для поиска интересующих исследователя фрагментов. Универсальные статистические пакеты громоздки и не ориентированы на обработку многоканальных данных.

Ниже описывается разработанный многоканальный аппаратно-программный комплекс регистрации, хранения и первичной обработки результатов измерений. Аппаратная часть системы состоит из ПЭВМ в стандартной конфигурации с памятью 1 Мбайт, винчестером емкостью 40 Мбайт, EGA-адаптером и монитором, модулей аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и часов точного времени, устанавливаемых в слоты расширения ПЭВМ, и внешних устройств, таких как датчики, преобразующие измеряемые величины в электрические сигналы, нормирующие усилители и фильтры. Для хранения архивных записей предусмотрено применение стримера с емкостью кассеты 120 Мбайт.

Широкому спектру требований как по шумам, так и по стоимости удовлетворяет 8-канальный 12-разрядный преобразователь для ввода аналоговых сигналов, выполненный в виде одноплатного модуля. Суммарное время переключения канала, выборки и преобразования не более 5 мкс, частотный диапазон 10 кГц. Устройство позволяет запускать оцифровку входного сигнала как

---

программно, так и аппаратно с тактированием от таймера. Период оцифровки при работе от таймера задается программой до 65 мс с дискретностью 0,5 мкс. При программном запуске можно задать любой номер канала, при запуске от таймера каналы переключаются аппаратно от первого до заданного максимального номера. Особенностью преобразователя является наличие двух блоков буферной памяти по 1 Кслову. Пока содержимое одного пересылается в основную память, другой заполняется данными. Предусмотрен режим работы с прямым доступом к памяти.

Как указывалось выше, в создаваемой системе предъявляются достаточно жесткие требования к привязке регистрируемых сигналов к астрономическому времени. Привязку точнее секунды ни системные, ни встроенные часы ЭВМ с аккумуляторным питанием не обеспечивают. Значительные трудности представляет также измерение интервалов времени с помощью стандартных системных часов ЭВМ, имеющих большой период дискретности, порядка 55 мс, к тому же не являющихся делителем нацело секунды. Для разрешения этих требований был разработан отдельный модуль точных часов, позволяющий измерять интервалы с дискретностью менее миллисекунды и с возможностью подстройки показаний по сигналам точного времени, передаваемым радиовещательными станциями. Часы построены на специализированной микросхеме КР512ВН1, содержащей программные часы с календарем. Для измерения малых интервалов времени предусмотрен 16-разрядный счетчик тактовых импульсов с буферным регистром. Кратковременная нестабильность часов определяется точностью установки частоты задающего генератора. Долговременная стабильность может быть обеспечена программной подстройкой часов с помощью разработанного устройства приема и декодирования сигналов точного времени.

Система оснащена программными средствами для регистрации информации и записи ее на магнитные носители, просмотра и распечатки сигналов, статистического и спектрального анализа данных.

Программа сбора информации позволяет регистрировать сигналы от датчиков одновременно до восьми каналов с частотой дискретизации входных сигналов от одного до 20 тысяч отсчетов в секунду по каждому каналу. Различные требования при регистрации быстрых и медленных процессов обусловили введение двух различных режимов регистрации.

При работе с малыми интервалами дискретизации менее 2 мс скорость записи на диск и отображения на экран не позволяет совмещать указанные операции с накоплением данных. Информация при этом накапливается в памяти ЭВМ, а по окончании регистрации записывается в файл на диске и затем отображается на экране. Объем данных в этом режиме ограничен объемом доступной оперативной памяти, а время регистрации определяется периодом дискретизации и количеством используемых каналов.

В задачах обработки относительно медленных сигналов с большим интервалом дискретизации, где требуется непрерывная регистрация в течение длительного времени, от нескольких суток до месяцев, возможно совместить накопление и отображение информации. В этом режиме работы данные отображаются на экране параллельно с их записью в буфер памяти ЭВМ. Периодически информация из буфера перезаписывается в файл на диске. Время записи блока данных на диск составляет 50—300 мс. Именно для того, чтобы исключить пропуски данных во время записи данных на диск, необходимо использовать АЦП с двойной буферизацией (в один буфер ведется запись, а другой — читается). Применение же прямого доступа к памяти затруднено, потому что в блочном режиме необходимо заботиться о регенерации памяти, а в побайтовом режиме обмен ведется медленно. Несмотря на то что максимальный темп передачи — от 4 до 6 мкс на обмен, переключение каналов прямого доступа для передачи больших массивов занимает порядка 15 мкс. Применение программного обмена с использованием строковых команд оказывается предпочтительным и позволяет, например, передать массив из 1024 слов за 1,5 мс.

Для удобства работы с данными запись их ведется не в один громадный файл, а в последовательность файлов ограниченного размера. Имя каждого

нового файла формируется автоматически из даты и времени открытия файла. Файл в разработанном нами формате включает заголовок и последовательность записей, содержащих регистрируемые данные. В заголовке присутствует справочная информация о входном диапазоне АЦП и количестве каналов, режимах регистрации, формате записей, а также сопровождающий текст. В программе задаются такие параметры регистрации, как количество каналов, период оцифровки по каждому каналу, максимальный размер создаваемых файлов. Каналы, используемые программой, должны включаться подряд, с первого и до номера, равного заданному количеству каналов.

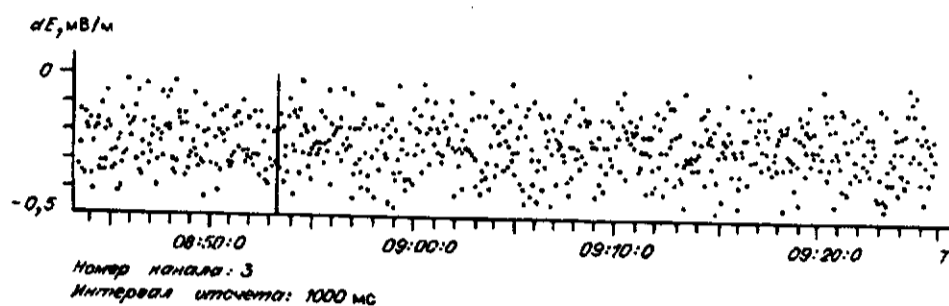
В программе сбора данных предусмотрены меры по минимизации потери данных при сбое питания, связанные с недостатками файловой системы MS DOS. Как известно, в этой операционной системе не предусмотрено корректное ведение календаря при длительной работе ПЭВМ. Для устранения этого недостатка системные часы корректируются при открытии нового файла для записи. При установке в ЭВМ модуля корректируемых часов программа автоматически переходит на регистрацию времени и даты от данного устройства.

При запрещении записи на диск программно-аппаратный комплекс можно использовать как низкочастотный многоканальный осциллограф, например, для настройки датчиков или подбора режимов регистрации. Программное обеспечение визуализации и печати данных состоит из двух программ.

Особенность программы визуализации заключается в том, что она обеспечивает просмотр в диалоговом режиме. Программа представляет зарегистрированные сигналы в виде графиков на экране дисплея и обеспечивает возможность оперативного управления параметрами отображения. Для просмотра больших объемов данных был выбран и реализован способ отображения, при котором графики сигналов вместе с сеткой временных отметок перемещаются в «окне» экрана. График каждого канала имеет свой цвет, что обеспечивает различимость данных на экране.

После запуска программа входит в режим ввода параметров, где обеспечивается возможность задать имя файла с исследуемыми данными, а также параметры отображения (масштаб и начало исследуемого фрагмента по времени и дополнительно масштаб и смещение по амплитуде). Диалог построен на принципах оконного интерфейса [4], что обеспечивает необходимый уровень сервиса, в том числе и широкую контекстно ориентированную систему помощи. После выбора файла данных и задания необходимых параметров пользователь дает команду на переход в режим просмотра. В этом режиме экран дисплея разделен на две части: в верхней части расположено окно отображения (где изображены графики данных, при этом временная ось направлена по горизонтали), а в нижней — панель управления. Окно отображения позволяет перемещать фрагмент данных на один и более отсчетов влево и вправо от первоначально заданного положения. Также возможен режим «прокрутки», когда изображение перемещается с некоторой задаваемой скоростью. Панель управления содержит средства для задания направления и скорости перемещения фрагмента отображения, а также позволяет запрещать и разрешать отображение одного или нескольких каналов. Для деления экрана применен редко используемый режим видеоадаптера (split-режим), описанный в COMPAQ VGA technical guide, который реализован в адаптерах EGA, VGA и совместимых с ними.

Программа печати обеспечивает вывод на принтер графика фрагмента данных одного из каналов, содержащихся в файле принятого формата. Необходимость вывода данных одного канала обусловлена трудностями качественного (по разрешению и объему) отображения графической информации на матричном принтере. Управление программой осуществляется командной строкой, которая содержит имя файла, номер канала, время начала отрезка, а также параметры отображения (масштаб по времени, масштаб и смещение по амплитуде). При вызове программа отображает на экране дисплея изображение фрагмента данных, который будет печататься, и, по желанию пользователя, выводит его на принтер (см. рисунок).



Разработка специализированного программного обеспечения для анализа собранных данных обусловлена работой с файлами принятого формата, необходимостью оперативного контроля за процедурой сбора данных, анализа статистических и спектральных характеристик измеряемых сигналов, создания программ тематической обработки. Созданное программное обеспечение позволяет: а) вычислять скользящее среднее и дисперсию для выбранного канала с их отображением; б) вычислять и отображать функцию скользящего коэффициента корреляции на заданном интервале для пары регистрируемых каналов, которая необходима при анализе сходства этих каналов; в) вычислять средние значения, выборочные дисперсии, а также матрицу взаимных корреляционных коэффициентов для многоканальных данных, что позволяет оценить первые моменты и степень зависимости регистрируемых каналов; г) осуществлять спектральный анализ, который построен на основе преобразования Хартли; д) вычислять ковариационные и кроссвариационные функции по двум каналам с их отображением.

Использование приведенных программ для предварительной обработки сигналов облегчает выделение моментов появления событий, интересных для пользователей комплекса.

Аппаратно-программный комплекс обеспечивает непрерывную регистрацию сигналов в течение длительного периода с привязкой по времени не хуже секунды в год. Программное обеспечение позволяет осуществлять первичную обработку в диалоговом режиме, просматривать архивированные данные, проводить предварительный статистический и спектральный анализ и распечатывать исходные данные и результаты обработки на бумажный носитель.

Разработанные программы регистрации легко могут быть адаптированы для использования с другими типами АЦП. Созданный комплекс длительное время успешно работает в эксперименте по слежению за возмущениями электрического поля Земли. Кроме того, он с успехом был использован при исследованиях и диагностике опытных образцов паровой турбины, дизельного двигателя большой мощности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модуль АЦП с шиной VME и разрешением 14/16 разрядов // Электроника.—1993.— № 1, 2.
2. Многоканальная плата сбора данных для персонального компьютера // Там же.—№ 5, 6.
3. Векслер Л. С. Статистический анализ на персональном компьютере // Мир ПК.— 1992.—№ 2.
4. Ворковский А. В. Многооконное текстовое взаимодействие с персональной ЭВМ // Микропроцессорные средства и системы.—1984.—№ 4.

Поступила в редакцию 21 апреля 1993 г.