

М.И.Перцовский («Лаборатория автоматизированных систем и управления»)

Системы промышленной и лабораторной автоматизации: методы и средства построения

В настоящее время на рынке России отмечается растущий спрос на технологии и программно-аппаратные средства для управления промышленными объектами и системы диагностики промышленного оборудования, поскольку именно автоматизация становится наиболее доступным, а иногда и единственным средством повышения надежности и безопасности сложных технических объектов.

В условиях необходимости интенсивного переоснащения промышленного производства и ограниченности финансовых средств большое значение имеет рациональная организация работ по созданию систем автоматизации: снабжение приборов и промышленного оборудования соответствующими средствами существенно упрощает и удешевляет процесс включения их в сложные системы, а сами системы становятся функционально более гибкими и надежными, упрощается работа с ними.

Средства и методы, рассматриваемые в рамках данной статьи, позволяют использовать для создания гибких перенастраиваемых автоматизированных комплексов измерения и диагностики (АКИД) широко распространенную и коммерчески доступную ЭВМ типа IBM PC. Количество АКИД, которое можно развернуть в организациях, не менее числа персональных ЭВМ используемых в системах автоматизации. Кроме того, использование промышленно-защищенных компьютеров типа IBM PC и широкого набора интерфейсных средств к ним делает их популярными для массовой автоматизации в промышленности во всем мире.

Использование «виртуальных панелей» в составе технической установки дает возможность программным путем синтезировать на экране ЭВМ графическую панель АКИД, устанавливать пределы измерения, задавать режим работы, совмещать этапы измерений с этапами первичной и

вторичной обработки данных, а также представления результатов обработки в графической форме. Синтезированные таким образом приборы и компоненты АКИД являются общедоступными и легко тиражируемыми, позволяют просто модифицировать их под решение различных задач.

На примере института академии наук и промышленного предприятия химического машиностроения был проведен анализ отношения частоты и стоимости приборов, используемых в экспериментальных и промышленных системах управления. Стоимость «средневзвешенного» прибора составила 23 и 9,5 тыс. долларов соответственно. Применение ряда приборов сдерживается из-за их высокой стоимости, что приводит к отказу от многих режимов функционирования (например, сигнатурные анализаторы фирмы Hewlett Packard стоимостью до 100 тыс. дол., необходимы в системах промышленной диагностики).

В АКИД обычно насчитывается от 2-3 до 60 и более приборов. Стоимость «виртуальных» аналогов таких приборов в 8-10 раз ниже. Снижение импорта (замещение дорогостоящих приборов) даст экономию в размере 1-2 млн. долларов для каждого крупного промышленного производства.

АКИД могут объединяться в сети. В этом случае предоставляется возможность передачи информации о состоянии параметров каждой станции сбора на другие системы сбора или на центральный пульт управления любого уровня иерархии. Открыт доступ к централизованным базам данных и эталонов. Может быть задан приоритетный способ передачи информации (например, сигнал об аварийной ситуации на какой-либо станции передается на все компьютеры сети в виде звукового сигнала и текста о характере аварии и отображается всем операторам параллельно с их текущей информацией) или доступа к данным (например, некоторые данные могут

быть получены из сети только персоналом, имеющим определенные права доступа к этим данным).

Управление работой самой системы сбора и контроля должно осуществляться с помощью простого и удобного интерфейса, не требующего от оператора специальной компьютерной подготовки.

Оснащение предприятий машиностроения, приборостроения, энергетики (в т.ч. атомные электростанции) и т.п. средствами технологического контроля и диагностики позволят повысить надежность работы оборудования, снизить затраты на ремонт и модернизацию, позволят в ряде случаев отказаться от дублирования оборудования.

Разработанные и предлагаемые в данной статье средства и методы могут эффективно использоваться в станкостроении при разработке систем управления автоматических линий и диагностики систем ЧПУ, в системах стендовых испытаний в автомобилестроении, судостроении и при разработке двигателей широкого профиля.

Потребителями результатов работ в России могут являться как академические и другие научно-исследовательские организации и ВУЗы, так и промышленные предприятия. Эти результаты могут стать предметом продажи как внутри страны, так и за рубежом.

Средства построения локальных автоматизированных комплексов измерения и диагностики

Организация современных промышленных комплексов

Организация современных промышленных комплексов, включающих средства вычислительной техники и автоматизации, сталкивается с необходимостью стыковки разного, порой уникального, оборудования с

ЭВМ. При этом должны быть согласованы функциональные и технические возможности самых разнообразных устройств в условиях многообразия и сложности решаемых задач. Задача усложняется существованием множества возможных вариантов состава интерфейсного оборудования, соответствующего разным стандартам.

С другой стороны, оператору должна быть предоставлена возможность активно участвовать в процессе работы комплекса, быстро перестраивать структуру его функционирования в соответствии с динамикой самого процесса использования комплекса. При этом процесс общения с оборудованием (и с ЭВМ в том числе) должен быть максимально проблемно-ориентирован, выдвигать минимальные требования к знанию средств вычислительной техники.

Из сказанного следует 2 основных направления развития работ:

- решение задач по автоматизации работы комплекса, включая упрощение общения оператора с оборудованием в целом (человеко-машинный интерфейс на уровне пользователя – интерфейс верхнего уровня);
- обеспечение программно-аппаратных средств сопряжения различного оборудования с ЭВМ, включая диалоговые средства настройки этого интерфейса (человеко-машинный интерфейс системного уровня – интерфейс нижнего уровня).

В рамках первого направления необходимо определить рациональную организацию выполнения задач функционирования комплекса. Для этого необходимо сформулировать требования к функционированию оборудования, на основе которых формировать алгоритм работы программного обеспечения (ПО) его автоматизации. Следовательно, интерфейс верхнего уровня должен содержать в себе средства проведения функциональной спецификации, являющейся основой при генерации ПО интерфейса нижнего уровня.

Таким образом, при разработке и применении автоматизированных систем первоочередную роль играет решение задачи синтеза ПО и гибкой перестройки ПО в соответствии с изменениями условий функционирования.

Для эффективного решения этой задачи требуется создание инстру-

ментальной программной среды, в которой пользователь мог бы одновременно создавать, перестраивать и непосредственно работать с автоматизированным комплексом. **Разработка методов и средств построения инструментальной среды для синтеза систем автоматизации является ключевым вопросом в решении проблемы автоматизации в целом.**

Основная идея построения среды программирования заключается в предоставлении пользователю возможности проектировать системы автоматизации, оперируя графическими представлениями органов управления и отображения процессов, составляющих работу комплекса в целом. Для пользователя весь процесс работы в основном сводится к возможности задавать режимы измерения или управления работой через исполнительные устройства. При этом им используется информация о ходе работы, представляемая в цифровой или графической форме. Все перечисленные объекты являются элементами панели управления любого технологического комплекса или экспериментальной установки. Инструментальная среда проектирования автоматизированных комплексов предоставляет возможность синтеза на экране дисплея таких панелей, которым ставятся в соответствие программы управления исполнительными устройствами автоматизируемых комплексов (таким образом, автоматизированные системы строятся из набора унифицированных модулей). Сама панель, сформированная на экране дисплея, становится панелью управления системы автоматизации конкретного технологического процесса. В отличие от реальной панели управления, такая панель (будем называть ее «виртуальной панелью» управления) не требует дорогих технических средств и может быть многократно реконфигурирована в процессе работы.

При этом в комплекс могут быть включены приборы (их принято называть «виртуальные приборы»), которых либо нет в распоряжении пользователя и они заменяются их компьютерным представлением, либо они вообще физически не существуют, но требуются для реализации данного конкретного технологического процесса и их натуральная разработ-

ка финансово не оправдана. «Виртуальные панели» для приборов, физически присутствующих в установке, позволяют организовать управление ими в удобной форме с экрана дисплея, совмещая этап измерения с этапом первичной и вторичной обработки данных, а также представления результатов обработки в графической форме.

При использовании графических панелей «устраняются» для пользователя все «посредники» между пользователем и устройством, с которым он работает. Взаимодействие осуществляется активизацией объектов графической панели с помощью «мыши», клавиатуры или событий прикладной программы. Это позволит перевести процесс создания и использования автоматизации на качественно новый уровень для широкого класса систем.

Одним из важных требований, предъявляемым современным системам автоматизации является работа в режиме реального времени.

Резкий рост на современном этапе производительности персональных компьютеров типа IBM PC делает их привлекательными для решения задач построения систем реального времени. Системы на основе IBM PC имеют в своей базе хорошо развитое программное обеспечение, ориентированное на широкий круг пользователей. Одновременно, такие системы значительно дешевле. Однако применение IBM PC для компоновки автоматизированных промышленных комплексов является, как правило, существенным расширением традиционных возможностей этого класса ЭВМ и требует дополнительных программно-аппаратных средств. В этих целях разработано большое количество технических средств специального назначения (аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, входные и выходные регистры, счетчики, таймеры и т.д.). Собственно этот **набор дополнительных программно-аппаратных средств и является базовым для построения любого конкретного АКВД.**

Если базовый набор технических средств содержит программные оболочки, поддерживаемые инструментальной средой для синтеза систем автоматизации, то процесс проектирования и развития конкретной системы автоматизации и включение новых технических средств в уже суще-

ствующие системы достаточно прост и технологичен, а сами создаваемые системы несут в себе «наследственные признаки» инструментальной среды: гибкость и адаптируемость.

Единая идеология построения инструментальной среды для синтеза систем автоматизации и набора базовых средств автоматизации обеспечивает наиболее быстрый, дешевый и качественный результат при разработке конкретных систем автоматизации.

Измерительные средства управляемые компьютером

Подавляющее большинство систем промышленной автоматизации в России в настоящий момент базируется на персональном компьютере типа IBM. Остановимся на некоторых аспектах этого вопроса, непосредственно касающихся практики проектирования систем автоматизации.

Для сбора данных и формирования выходных воздействий широкое применение нашли вставные (вставляемые в шину компьютера или ее расширителя) платы. Это наиболее простой, надежный и относительно дешевый способ сопряжения компьютера с объектом автоматизации. Такие платы на рынке России сейчас можно найти превеликое множество самых различных производителей (начиная от «коленочных» разработок плат АЦП от 100 рублей до уважаемых нашими потребителями плат американской фирмы National Instruments по цене сотни и тысячи долларов за плату). Сразу же необходимо оговориться, что «коленочные» разработки, как правило, нельзя использовать для достовер-

Таблица 1. Сравнительная таблица наиболее распространенных цифровых запоминающих осциллографов

Наименование	C1-137	C9-28	DS-303P	«Виртуальные осциллографы» центра АЦП	
				ЦЗО 01	ЦЗО 02
Полоса пропускания сигнала (-3дБ)	0 - 25 МГц	0 - 100 МГц	0 - 30 МГц	0 - 100 МГц	0 - 200 МГц
Кол-во каналов	2	2	2	2	2
Частота дискретизации	1 МГц	20 МГц	20 МГц	100 МГц	400 МГц
Разрядность АЦП	8	8	8	8	8
Объем памяти	4 Кбайт	2 Кбайт	4 Кбайт	64 Кбайт	512 Кбайт

ной оценки собираемых данных. Достаточно распространены на нашем рынке платы тайваньской фирмы Advantech. Эти платы дешевле многих других зарубежных производителей, но нуждаются в дополнительной метрологической аттестации. Из отечественных производителей выгодно выделяются платы Центра АЦП (ЗАО «Руднев-Шиляев»). Качество плат этой фирмы вполне конкурирует с ведущими мировыми производителями (цены существенно ниже). В России это сейчас единственный производитель, все платы которого метрологически аттестованы и имеют хорошую программную поддержку.

Вставные платы легко подключаются к источнику сигнала и программируются даже начинающим программистом (в комплект практически любой такой платы входят набор драйверов, библиотек программ управления и примеры программирования платы). Критическим аспектом практического использования вставных плат в IBM PC является интеграция их в системы. Дополнительное программное обеспечение, предлагаемое солидными фирмами-производителями плат, как правило, позволяет использовать компьютер с такой платой как «виртуальный прибор». Так, например, фирма TiePie Engineering обеспечивает для своих из-

мерительных плат режимы работы запоминающего осциллографа, спектроанализатора, вольтметра. Фирма National Instruments предлагает к своим платам целую библиотеку драйверов для управления различными приборами с оболочками в виде «виртуальных приборов» (немалая доля из них написана российскими программистами).

В условиях острой нехватки приборов и ограниченности средств на их приобретение, для российского потребителя «виртуальный прибор» становится иногда единственной палочкой-выручалочкой. По своим потребительским свойствам, удобству работы «виртуальные приборы» ни в чем не уступают реальным, а по параметрам превосходят дешевые варианты «живых» приборов. Ремонт устаревших приборов обходится примерно как стоимость «виртуального». В таблице 1 приводится сравнение основных характеристик и стоимости наиболее распространенных цифровых запоминающих осциллографов с «виртуальными осциллографами» Центра АЦП на базе платы АЦП.

Как любой программный продукт «виртуальный прибор» требует сопровождения, поэтому, безусловно, надежнее приобретать их у отечественных разработчиков, которых можно еще и уговорить внести измене-

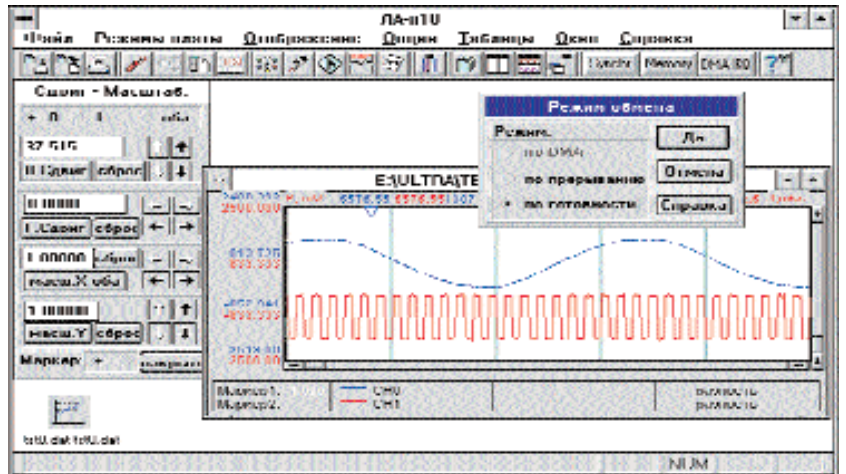
ния в программу специально для Вас.

«Виртуальные приборы» решают проблемы интеграции вставных плат в системы только отчасти: работа по их подключению сродни подключению «живых» приборов. Для создания многофункциональных систем автоматизации вставные платы должны иметь интегрированные программные оболочки, объединяющие в себе функции настройки и управления платой, многооконную организацию сбора, представления и обработки данных, сохранение данных в виде файлов или в формате таблиц баз данных и создание специальных баз данных таких таблиц. Как правило, такие оболочки содержат и весь набор функций «виртуальных приборов». Кроме того, такие оболочки должны в полной мере реализовывать принципы построения открытых систем для возможности интегрировать в себя другие программы и быть интегрированными в большую систему. Интегрированные оболочки управления платами сбора сигналов разрабатываются и активно применяются при проектировании систем фирмой «АС» (ООО «Лаборатория автоматизированных систем и управления») (E-mail: ac@ms.ire.rssi.ru). На рис 1 показан пример окна такой оболочки для платы АЦП ЛАН10 (плата производства «Центр АЦП»). Подробно о

структуре интегрированных оболочек управления платами сбора сигналов и методах построения АКЖД на их основе будет сказано ниже.

Системы управления сбора и контроля технологическими параметрами. Средства компьютерной диагностики

Интегрированные системы управления сбором и контроля технологическими параметрами позволяют использовать компьютер как измерительную систему многоканального сбора, регистрации и обработки данных в реальном масштабе времени, включать его контур управления совместно с другими устройствами автоматики, подключать различные приборы и датчики. Для различных типов датчиков (например, давления, температуры, тензометрии, радиологического и химического контроля и т.п.) определяются автономные программно-аппаратные системы сбора, которые могут быть интегрированы в рамках общей системы и функционировать совместно. Кроме уже названных способов подключения приборов с помощью вставных плат ввода/вывода цифровой и аналоговой информации, в таких системах может использоваться управление от компьютера по каналу общего пользования различными устройствами, оснащенными интерфейсом ГОСТ 26.003-80, (другие названия: интерфейс МЭК 625.1, Шина HP-IB, Шина IEEE 488, интерфейс GPIB). Соответствующую плату управления предлагают практически все производители вставных плат. Из отечественных аналогичных разработок можно назвать плату фирмы АС, кото-



Р и с 1. Окно сбора данных интегрированной оболочки для платы ЛАН10 (производства «Центр АЦП»)

рая не уступает по качеству зарубежным образцам, имеет хорошую программную поддержку под MS DOS и Windows и выгодно отличается по цене. Наличие инструментальной оболочки (Рис.2) для подключения любого прибора, примеры программирования и исходные тексты библиотечных программ для всех стандартных функций «канала общего пользования», которые включены в комплект поставки, решают практически все проблемы программирования этой платы.

Все большое распространение цифровой шины управления в промышленности требует специфических устройств контроля и диагностики. Столкнувшись с этой проблемой раньше, чем у нас, за рубежом для этой цели разработано множество приборов и средств компьютерного анализа. Широко используется класс устройств под общим названием «логические анализаторы». В России в на-

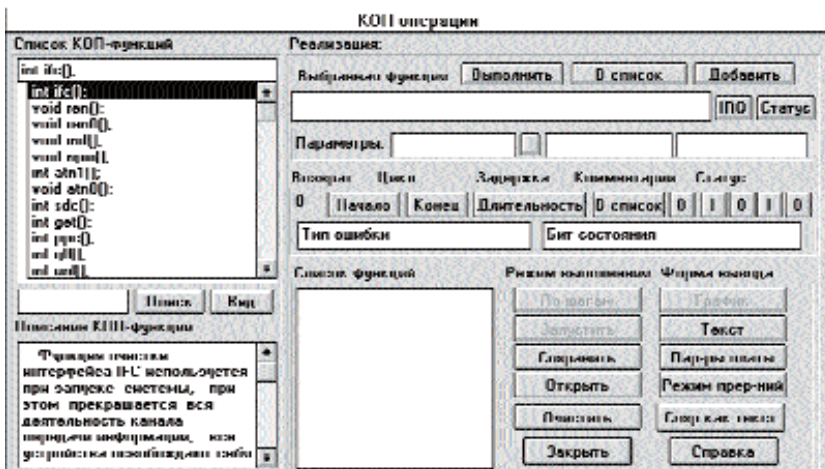
стоящее время ощущается острая нехватка подобных систем.

Некоторым заполнением образовавшейся брешы могут стать устройства ввода логических состояний с цифровых устройств (разработка фирмы АС) (Рис. 3а, 3б). Они предназначены для построения систем диагностики сложных цифровых устройств управления. Позволяют осуществлять сбор и представление на дисплее логических состояний цифровых устройств до 64 параллельных каналов с частотой до 100 МГц на канал. Модульное построение технических средств обеспечивает легкое наращивание производительности (до 768 параллельных каналов). Обеспечивается возможность анализа алгоритмов функционирования неизвестных или закрытых устройств, возможность заполнения характерных фрагментов функционирования в виде эталонов и сравнения реального устройства с эталоном. Высокая производительность (см. Таб.2) сопоставима с характеристиками специализированных устройств при цене в 5-10 раз меньшей.

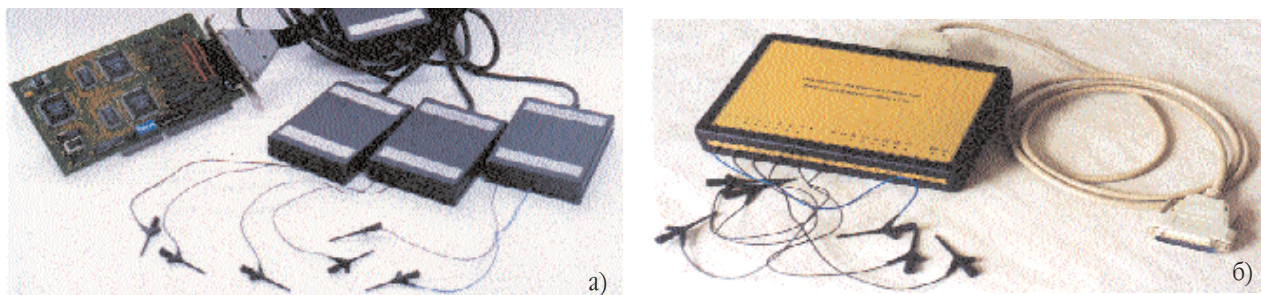
Программное обеспечение дает возможность относительно просто строить программируемые системы диагностики практически любого цифрового устройства. Кроме того, начиная с 1998 года, в комплекте с устройствами бесплатно поставляется программный пакет «виртуальный логический анализатор» (см. Рис. 4).

Интегрированная среда сбора, обработки и представления данных

Теперь рассмотрим технологичес-



Р и с 2. Интегрированная оболочка для работы с контроллером канала общего пользования (СК КОП) и программирования взаимодействия с устройствами, подключенными через плату СК-КОП.



Р и с 3. Устройства ввода логических состояний.

- а) Исполнение в виде вставной ISA платы с выносными устройствами согласования и подключения
 б) Выносное исполнение, подключаемое к компьютеру через порт принтера

кие особенности реализации локальной АКЖД.

Каждый конкретный АКЖД строится как специализированная интегрированная среда, объединяющая частные программные оболочки управления средствами компьютерного измерения (например, программы управления вставными платами). Ядро такой интегрированной среды составляют средства многооконной визуализации первичных и обработанных данных, которые позволяют выполнять действия наиболее общего характера, а именно:

- масштабирование графиков по разным осям;
- вертикальный и горизонтальный сдвиг графиков;
- поиск повторных появлений выделенного фрагмента данных;
- сравнение выделенного фрагмента данных с другими фрагментами;
- сохранение данных в файлах или извлечение их оттуда.

Отметим некоторые детали. Операции поиска и сравнения могут выполняться как в том же окне, где выделен исходный фрагмент, так и в любом другом доступном приложению окне. Поиск и сравнение могут выполняться по любой комбинации сигналов, в том числе и в случае, когда часть сигналов аналоговые, а часть – цифровые (логические). При этом логические сигналы сравниваются абсолютно, а для аналоговых задается тип и величина допустимых отклонений. В операциях сравнения выделенный фрагмент можно сканировать по некоторой интересующей выделенной области данных, «предписав» программе показывать области несовпадений.

Помимо описанных выше базовых операций, активных всегда, существуют дополнительные, подгружаемые по мере необходимости компо-

ненты. Их перечень может быть самым разнообразным в зависимости от конкретной специализации АКЖД. В определенных случаях они могут наращиваться самим пользователем с помощью динамических библиотек (DLL-модулей), написанных по оговоренным правилам.

Сбор данных

По принятой нами концепции взаимодействия с внешними устройствами для каждого типа интерфейсного оборудования разрабатывается динамическая библиотека, поддерживающая специфику функционирования его устройств сопряжения. Активизация из интегрированной среды динамической библиотеки, ответственной за взаимодействие с внешними устройствами, позволяет настроить и выполнить сеанс регистрации данных. Сама среда «не знает» об алгоритмах сбора, ей сообщается лишь местоположение (дескриптор памяти) собранных данных. Конкретные особенности сбора, такие как режимы обмена, базовые адреса, вектора прерываний и т.д., учитываются активизированной динамической библиотекой. Библиотека же отвечает за собственное оперативное конфигурирование и в случае необходимости загружает соответствующие диалоги.

В настоящее время на ряд вставных плат для программных оболочек уже созданы соответствующие динамические библиотеки. Это в первую очередь относится к производимым фирмой АС платам логических анализаторов, а также к ряду плат сбора Центра АЦП. На рис. 5 представлено типичное диалоговое окно настройки, в данном случае для платы ЛАН25. По нему можно попытаться составить для себя некоторое представление о функциональных возможностях используемых плат.

Типичными параметрами настройки являются:

- *установка платы* – базовый адрес, номер вектора прерывания;
- *режим обмена* – механизм взаимодействия с компьютером (по готовности, по прерыванию, по прямому доступу к памяти);
- *режим синхронизации* – способ инициализации процесса сбора;
- *определение предыстории* – способ деления данных на «предварительную» и «основную» информацию;
- *уровни согласования* – используемые уровни входных (выходных) каналов платы для связи с внешним устройством;
- *режим дискретизации* – тип (внутренний, внешний) и параметры генератора, используемого для задания частоты опроса при сборе;
- *режим регистрации* – непрерывная или однократная запись по выбранным каналам.

Визуализация данных

Компонент АКЖД, поддерживающий визуализацию, т.е. представление данных на экране, является встроенным, поскольку он необходим для любого режима работы, будь то сбор данных, операции с файлами и таблицами или математическая обработка результатов.

Для визуализации используются окна *графического отображения*, такие, как показанное на рис. 6. Одновременно может быть открыто произвольное число таких окон. Стандартно каждое окно предназначено для представления совокупности *всех* сигналов «обслуживаемых» плат сбора, как цифровых (логических), так и аналоговых. При этом число видимых или активных в любой момент сигналов настраивается по ситуации. Для сканирования значений сигналов используются перемещаемые маркеры и

поля отображения (на Рис. 6 это: вверху – для абсолютных значений аналоговый сигналов, внизу слева – для цифровых). Сканирование и другие операции могут выполняться как отдельно для группы аналоговых или группы логических сигналов, так и одновременно для обеих. Разумеется, окна могут дублироваться, сохраняться в файлах и т.д.

Просмотр фрагментов данных через «лупу». Для более детального просмотра данных предлагается механизм обзора выбранного фрагмента в увеличенном масштабе. В окне отображения сигналов отмечаются границы области для подробного просмотра, после чего соответствующей командой выбранный фрагмент отображается в новом окне-«лупе». Движение маркера в этом окне синхронизировано с позицией активного маркера в исходном окне. Количество таких «луп» ограничивается лишь ресурсами компьютера.

Обработка информации

Средства обработки информации в АКЖД можно отнести к компонентам, наиболее наглядно иллюстрирующим принципы его построения, нацеленные, с одной стороны,

на достаточную полноту базовых средств, а, с другой стороны, – на гибкость и наращиваемость конкретных реализаций.

Итак, средства обработки реализованы в двух формах: – *экспресс обработка* – наиболее общая обработка по оперативно набираемым формулам; – *алгоритмическая обработка* – специфическая для приложения обработка данных по заранее составленным алгоритмам.

Рассмотрим более подробно каждую.

Экспресс обработка. Позволяет производить различные расчеты по вводимым пользователем формулам. Это могут быть как отдельные вычисления, так и групповые операции, например, над массивами. В качестве аргументов могут выступать *первичные* (не обработанные) данные, параметры, описывающие условия сбора, константы (числа или их идентификаторы), вычисляемые параметры по уже введенным ранее формулам или по стандартным математическим функциям. Набранные формулы могут быть временными или запоминаться для будущего использования, пополняя библиотеку (базу) экспресс-функций.

Таблица 2. Характеристики плат ввода логических состояний цифровых устройств

	Исполнение			
	Вставные платы			Выносное
Параметры функционирования	ЛА16	ЛА32	ЛА64	ЛА16В
Количество каналов сбора данных	16	32	64	16
Объем внутренней памяти	16x64 Кбит	32x64 Кбит	64x64 Кбит	16x32 Кбит
Синхронный режим сбора: – максимальная частота внешних тактовых импульсов; – минимальная длительность импульсов		50 МГц 8 нс		40 МГц; 12 нс
Асинхронный режим сбора Частота внутреннего тактового генератора: изменяется с дискретностью, кратной:		100 МГц-10 Гц 1:2:5		40 МГц - 10 Гц 1:2:5
Возможность комбинационного запуска по любому числу каналов	+	+	+	+
Активный фронт: – положительный – отрицательный – положительный и отрицательный	+ + +	+ + +	+ + –	+ + –
Погрешность установки частоты	не более 0,1%	не более 0,1%	не более 0,1%	не более 0,1%
Отображение паразитных импульсов между рабочими срезами тактовых импульсов ¹	Минимальная длительность паразитных импульсов 8нс –		–	
Напряжение порогового уровня	1,4 ±0,2 В для TTL -1,3 ±0,1 В для ECL регулируемое в пределах ±10 В с шагом 0,1В ²		1,4 ±0,2 В для TTL	1,4 ±0,2 В для TTL
Входное сопротивление не менее	100 КОм	100 КОм	100 КОм ³	100 КОм
Размер	160x122 мм	200x122 мм	334x122 мм	186x138x48 мм

¹ Режим поиска паразитных импульсов может задаваться индивидуально для каждого канала.

² Регулируемый порог срабатывания обеспечивается при оснащении ЛА16 и ЛА32 выносными аналоговыми компонентами. Пороговое напряжение может устанавливаться индивидуально для каждого канала.

³ При наличии согласующего резистора входное сопротивление может изменяться в пределах 200 Ом - 100 КОм.

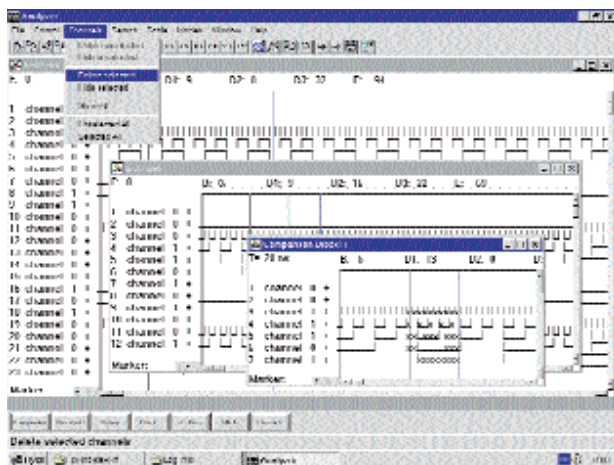


Рис 4. «Виртуальный» логический анализатор

Для набора формул используются специальные диалоговые панели. На рис. 7 показана типичная такая панель, с помощью которой можно:

- формировать формулу производного параметра с использованием стандартных математических функций (Sin, Cos, Exp ...), цифр (0, 1 ...9), арифметических знаков (+, -, *, /), вспомогательных констант (Cpar1, Cpar2, j), первичных параметров и ранее введенных производных параметров (Par001, Par002, j);
- сохранять созданную формулу в базе формул;
- удалять формулы из базы с «соблюдением целостности» (формулы, используемые в других формулах, не удаляются).

Алгоритмическая обработка. Для вычисления параметров по более сложным формулам (алгоритмам) разрабатываются специальные библиотеки, количество которых постоянно наращивается. Кроме того, существуют правила (протоколы), при соблюдении которых подобные библиотеки могут разрабатываться самими пользователями и затем подключаться непосредственно к законченному АКЖД.

В настоящее время в базовую конфигурацию поставляемых АКЖД могут включаться:

- алгоритмы сглаживания зависимостей;
- быстрое преобразование Фурье;
- процедуры вычисления корреляционных функций.

Кроме того, требования к правилам вычисления степени совпадения или расхождения данных при проведении операций поиска и сравнения также могут сильно варьироваться от задачи к задаче. Поэтому алгоритмы таких вычислений также относятся нами к прерогативе динамических библиотек, в том числе и пользовательских. В базовый вариант входят три такие библиотеки, обслуживающие вычисления абсолютных и относительных погрешностей совпадения.

Создание смешанных документов

При разработке конкретных АКЖД в интегрированную среду встраиваются компоненты, позволяющие формировать документы различного вида сложности, включая средства их компоновки с таблицами данных, графическими образцами сигналов, рисунками, текстовыми фрагментами и пр. Ограничение объема статьи не позволяет более подробно останавливаться на этих, хотя и необходимых, но все же традиционных средствах.

Поддержка функционирования таблиц

При отработке концепции построения интегрированных оболочек большое внимание уделялось способам хранения информации. Это связано со спецификой данных, получаемых в системах автоматизации технологических процессов, не совсем соответствующих форматам традиционных СУБД, предназначенных в первую очередь для автоматизации административного управления.

Нами учитывались два аспекта проблемы:

- *статический*, связанный со структурой хранения информации на диске;
- *динамический*, касающийся механизма взаимодействия с таблицами данных.

Структура хранения

Принята следующая базовая схема хранения данных. Различается несколько типов таблиц:

- *корневые* – таблицы, куда записывается информация об имеющихся таблицах данных и об условиях их получения; для хранения этих таблиц стандартно используется каталог, включенный в основной каталог интегрированной среды; корневых таблиц может быть много;
- *тестовые* – таблицы, где хранятся собственно данные;
- *эталонные* – таблицы, хранящие необходимые в некоторых случаях такие же данные, как и тестовые, но которые необходимо считать эталонными, например, в случае использования АКЖД для диагностики неисправностей;
- *форматы* – файлы с описанием структуры используемых таблиц.

Данные из каждого окна представления можно сохранить в виде таблицы любого из перечисленных типов как с регистрацией ее в корневой таблице, так и как независимую. На рис. 8 приводится пример организации просмотра таблицы базы данных интегрированной оболочки для платы АЦП - ЛАН25.

Структура хранения таблиц описывается в специальном текстовом *ini*-файле. На этапе установки приложения в такой файл прописывается информация о рекомендуемой структуре. Если она не устраивает пользователя, он может отредактировать *ini*-файл, так чтобы он отражал новую структуру.

Предлагаемая схема хранения таблиц является только рекомендуемой. Пользователь может придумать свою. Принципиальным для нас является то, что при больших

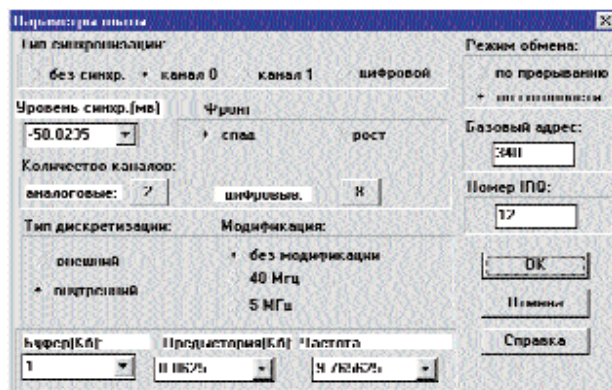


Рис 5. Пример диалога настройки для платы ввода данных

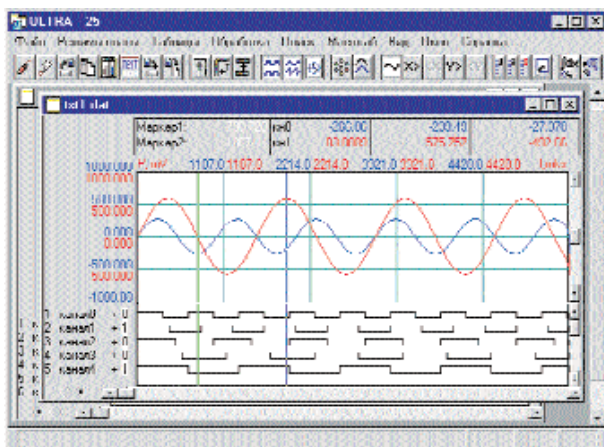


Рис. 6. Окно графического отображения цифровых и аналоговых сигналов

объемах данных, чтобы «не закопаться» в них, структура **должна быть!** Поэтому мы предлагаем инструмент для ее поддержки.

Режимы вызова таблиц

Предусмотрены два варианта активизации таблиц данных: используя корневую таблицу и используя непосредственный вызов.

На рис. 9 представлено окно корневой таблицы. Каждая запись в корневой таблице связана с таблицей данных, соответствующей сеансу сбора данных. Для корневой таблицы определены следующие основные операции:

- активизация записи – создается графическое окно, куда выводятся данные соответствующей таблицы данных;
- удаление записи – соответствующая таблица данных при этом физически не удаляется;
- редактирование записи.

Непосредственный вызов таблиц осуществляется через стандартные диалоговые панели открытия файлов. Перед выводом на экран можно задать в соответствующем диалоге интересующие поля таблицы.

Проведение поиска и сравнения

С самого начала создания серии интегрированных оболочек нам приходилось иметь дело с системами типа логических анализаторов, операции поиска и сравнения для которых являются важным элементом их работы. В дальнейшем эти операции были распространены и на аналоговые сигналы.

В настоящее время в интегрированной среде АКИД различаются два режима для операций поиска и сравнения: *локальный* и *глобальный*. В *локальном* режиме соответствующая операция осуществляется в том же окне, в котором был выбран фрагмент для поиска или сравнения. В *глобальном* режиме фрагмент доступен для операций в любом окне.

Фрагмент поиска или сравнения и область, где выполняется операция, задаются маркерами в соответствующих окнах представления данных. Участвующие в операции сигналы могут активизироваться или деактивизироваться пользователем в обоих окнах независимо.

Параметры поиска или сравнения задаются в диалоговой панели, подобной показанной на рис. 10, для чего нуж-

- выбрать процедуру (поиск или сравнение);
- выбрать режим (глобальный или локальный);
- задать погрешность совпадения аналоговых сигналов.

Напомним, что область погрешности вычисляется с помощью динамической библиотеки, которая выбирается из имеющихся в комплекте поставки или разработанных и подключенных к системе самим пользователем с помощью предусмотренных для этого в АКИД механизмов.

В качестве иллюстрации на рис.11 представлены результаты поиска, выполненные в окне сравнения логического анализатора на базе платы ЛА-32.

Вспомогательные программы

В некоторых случаях могут оказаться полезными дополнительные программы (утилиты), работающие в комплексе с АКИД. В качестве примера ниже описываются две из них.

Утилита INPUT_DB. Позволяет формировать таблицы результатов из полей первичных данных, заданных в текстовом формате. Основное функциональное назначение заключается в формировании и модификации таблиц первичных данных. Данная утилита использует список параметров и соответствующих им записей в текстовых файлах, на основании чего и формируется новая таблица. Фактически используется текстовый файл описания структуры таблицы, называемый файлом *сценария*. Такой текстовый файл доступен из любого текстового редактора.

Если вследствие изменения условий проведения испытаний или по другим причинам обнаружатся несоответствия в файле сценария, утилита сообщит об этом, после чего можно либо подкорректировать файл вручную, либо согласиться с тем, что некоторые поля новой таблицы останутся пустыми.

Существуют несколько режимов заполнения таблиц:

- *автоматический* – на основе файла сценария;
- *реструктуризация* существующей таблицы;
- *модификация* выбранных полей;
- *ручной*.

Утилита SELECT_ME. Позволяет анализировать данные с целью поиска фрагментов данных, удовлетворяющих некоторым, задаваемым пользователем, условиям. Это может быть, например, поиск, эквивалентный следующему словесному его выражению: «На заданной временной области выделить непрерывные участки, где отклонение сигналов от среднего значения не превышает некоторой величины за исключением, быть может, отдельных выбросов».

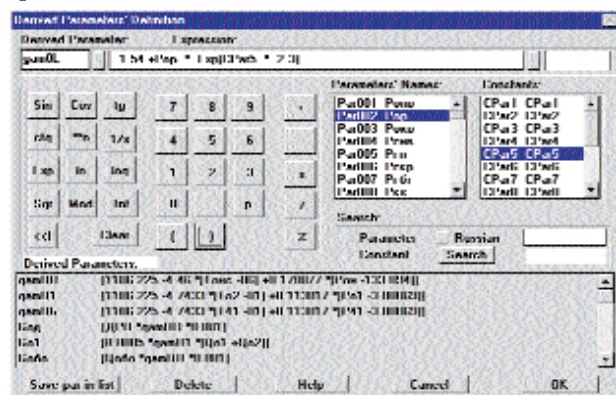


Рис. 7. Окно задания экспресс-функций для математической обработки данных

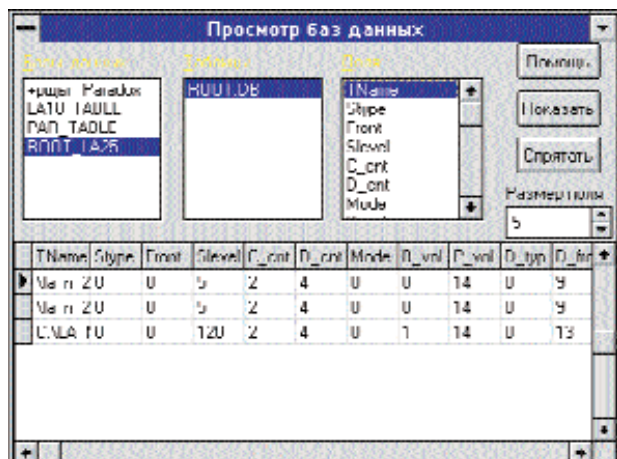


Рис. 8. Пример окна просмотра таблицы базы данных для платы АЦП

Распределенные системы сбора. Сетевые системы измерения и диагностики

Ключевым моментом, существенным образом повлиявшим на методы реализации АКЖД, являлась именно его распределенность. При этом мы исходили из положения, что современные АКЖД должны строиться при соблюдении следующих принципов:

- *прозрачная сетевая архитектура*, т.е. переход от локальных к распределенным системам должен быть естественным, с сохранением традиционного пользовательского интерфейса управления процессом;
- *единый интерфейс*, т.е. работа с любым процессом в системе и на любом компьютере в сети должна осуществляться в одной и той же или практически в одной и той же интегрированной среде;
- *конфигурируемость*, т.е. возможность достаточно оперативного формирования и модификации логических групп в локальной сети, ответственных за сбор, обработку или хранение данных;
- *наращиваемость*, т.е. предоставление пользователю возможностей для подключения дополнительных средств работы с данными.

Основной технологический прием, реализованный в АКЖД, заключается в динамической модульности его функционирования, когда большая часть компонентов системы динамически подгружается по мере надобности и удаляется из нее после использования. В качестве основных компонентов мы рассматриваем следующие:

- *поддержка оборудования* – динамические библиотеки, обеспечивающие функционирование вставных плат или используемых интерфейсных подсистем, связанных с вводом информации и выводом управляющих воздействий;
- *обработка* – динамические библиотеки или компоненты, поддерживающие математическую и иную обработку данных;
- *отображение* – подсистема многооконного представления (визуализации) данных;
- *хранение* – подсистема организации и сопровождения распределенного хранения данных.

Архитектура управления «клиент-сервер»

Далее будут рассмотрены особенности сетевого функционирования распределенных АКЖД. Но предварительно

сделаем некоторые замечания по терминологии.

Каждый компьютер в локальной сети с запущенным на нем процессом назовем *точкой*. Каждая *точка* АКЖД для других *точек* может выступать в качестве *сервера*, *клиента* или *сервера и клиента* одновременно. *Сервер* обеспечивает передачу управляющей информации всем подключенным к нему *клиентам*. *Клиент* может только поставлять данные *серверу*.

Конфигурирование АКЖД

Для того чтобы обеспечить единый пользовательский интерфейс АКЖД, на каждом компьютере используется одна и та же интегрированная среда, включающая в себя все компоненты комплекса, что потенциально обеспечивает им полный набор функциональных возможностей, включая ввод данных, вывод управляющих воздействий, обработку, хранение и отображение информации. В действительности же, поскольку компоненты подключаются динамически, в каждой точке АКЖД загружены и работают только те из них, которые требуются для решения конкретных задач, «прикрепленных» к этой точке. В связи с этим можно условно различать точки *сбора*, точки *обработки* и точки *хранения* данных.

Принцип конфигурирования во многом вытекает из имеющихся возможностей комплекса оперировать с данными. Полученные на этапе сбора данные могут:

- сохраняться в виде бинарных файлов на диске в любой точке АКЖД;
- сохраняться в виде таблиц баз данных в любой точке АКЖД;
- пересылаться в другие точки АКЖД в реальном времени, например, для обработки и/или принятия решений.

В связи с этим процесс конфигурирования любой точки *сбора* включает в себя описание размещения таблиц и адресаты посылок управляющих сообщений. Для точек *обработки* и *хранения* данных на этапе конфигурирования необходимо указать источник информации.

Цепочки «клиент – сервер»

Теперь перейдем к рассмотрению средств распределенного управления и хранения данных.

Чтобы обеспечить возможность передачи управляющих воздействий от одних точек АКЖД к другим, используется система активизации *цепочек* типа *клиент-сервер*. Каждый *сервер* в цепочке может обслуживать несколько *клиентов*. Если в цепочке с N клиентами некоторый k -ый клиент сообщает информацию своему серверу, она становится доступной всем остальным $N - 1$ клиентам, подключенным к данному серверу.

Клиент-серверных цепочек может быть несколько: АКЖД может активизировать несколько серверов, а с каждым сервером связать свою цепочку клиентов. Цепочки работают независимо друг от друга. Они ответственны только за перемещение данных от одной точки в сети к другой.

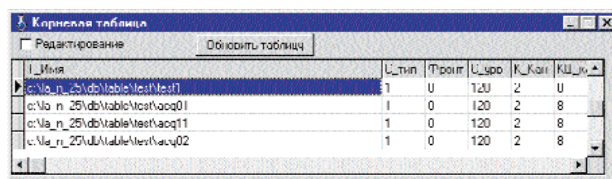


Рис. 9. Пример корневой таблицы

Возможны такие ситуации, когда управляющие сигналы некоторой точки могут транслироваться, используя различные клиент-серверные цепочки.

Типы передаваемой информации могут быть связаны с клиент-серверными цепочками (т.е. каждый тип передается по «своей» цепочке) или структурироваться в рамках одной клиент-серверной цепочки. Выбор одного из этих режимов зависит от конфигурирования точек АКЖД. Если группы точек в клиент-серверных цепочках совпадают, имеет смысл заменить их одной цепочкой со структуризацией информации в ней. В других случаях удобнее каждый тип данных привязывать к своей собственной цепочке.

Для поддержания функционирования цепочки в рамках АКЖД необходимо выполнить следующие действия:

- активизировать программу *сервер* в одной из точек АКЖД;
- активизировать программу *клиент* в каждой точке, где должна быть доступна информация от указанного сервера.

После этого точка непрерывно «слушает» сервер и «ждет» данных для себя. Если одна из точек, включенная в клиент-серверную цепочку, в какой-то момент отправила данные серверу, последний передает ее всем точкам-клиентам своей цепочки. Активизация статуса «слушателя» позволяет фактически получать информацию в режиме реального времени.

Механизм клиент-серверных цепочек представляет собой программную «надстройку над точками» АКЖД, которая позволяет принимать данные от одной точки и передавать их другим точкам цепочки. Чтобы передать данные, выполняется *посылка*, включающая в себя сетевой адрес точки (IP адрес), номер сервера в данной точке и собственно информацию. Посылка может быть отправлена в ручном режиме и в автоматическом

Распределенная система хранения данных

Многие испытания сопровождаются получением больших объемов информации и поэтому нуждаются в систематизации их хранения. В АКЖД для этого выбран подход, когда используются форматы стандартных баз данных. Обращение к таким форматам имеет, на наш взгляд, очевидные достоинства, поскольку дает возможность:

- дальнейшей обработки данных в электронных таблицах, например, в MS ;
- просматривать и редактировать данные широко распространенными СУБД, например, в DB-формате;
- дополнительные средства работы с удаленными таблицами, непрерывно наращиваемые разработчиками различных СУБД.

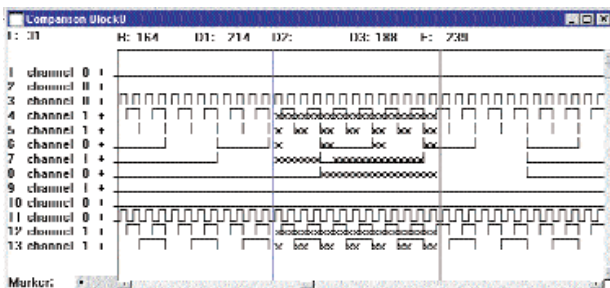


Рис. 11. Окно представления результатов сравнения цифровых сигналов

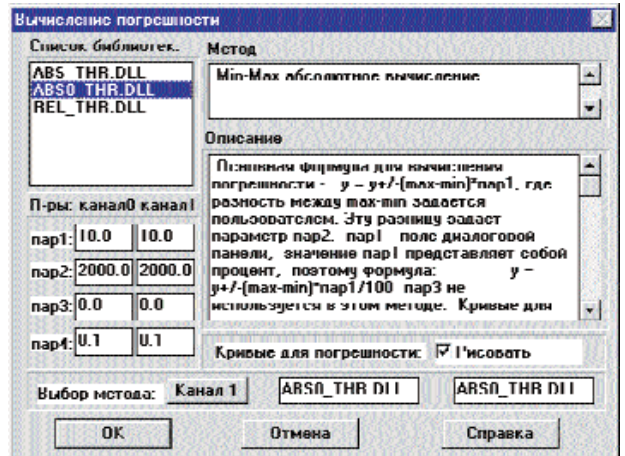


Рис. 10. Диалоговое окно для задания параметров сравнения (поиска) аналоговых сигналов

Вопрос структуризации хранения данных включает в себя два аспекта: локальный и глобальный. *Локальный* аспект касается того, как хранится информация в *одной* точке сети, *глобальный* – как *распределены* данные по разным ее точкам. Мы исходим из позиции, что глобальный аспект напрямую связан с конфигурированием АКЖД, где каждая точка чаще всего связана с регистрацией какого-то определенного типа информации.

Несколько слов об организации хранения данных. Очевидно, что условия проведения испытаний (и, в частности, сбора данных) оказывают большое влияние на получаемые результаты. Поэтому часто необходимо хранение не только самих данных, но и некоторой сопутствующей информации. К таковой могут относиться как параметры установок режимов работы вставных плат или интерфейсного оборудования, так и параметры «субъективного» характера, косвенно описывающие условия испытаний.

Для хранения данных и сопутствующей информации нами используется иерархическая схема, по которой на верхнем уровне создаются *корневые* таблицы, где содержатся ссылки на *подчиненные* таблицы. В самом общем виде корневая таблица открывает доступ:

- к таблицам первичных (необработанных) данных;
- к таблицам обработанных данных;
- к таблицам с условиями проведения сбора;
- к параметрам и условиям обработки данных.

Формат корневой таблицы может модифицироваться пользователем. Структура же подчиненных таблиц в основном определяется условиями проведения испытаний. В корневую таблицу записываются только ссылки на них.

Рассмотренные аспекты АКЖД относятся к его распределенным возможностям. Средства распределенного управления и хранения данных позволяют распространить функции сбора и обработки информации, рассмотренные выше, на весь АКЖД в целом.

Заключение

Материал представленный в данной статье является обобщением опыта практического построения систем, накопленного сотрудниками фирмы АС на протяжении ряда лет. В том виде, как АКЖД описан в настоящей статье, распределенный комплекс измерения и диагностики создан не так давно и продолжает развиваться. Но отдельные его

компоненты разрабатывались и в том или ином виде обрабатывались на различных системах автоматизации.

Например, описанная методика обработки результатов и процедуры поиска прошли серьезную проверку при проведении стендовых испытаний ракетных двигателей. АКЖД и его компоненты вместе с платами сбора цифровых и аналоговых сигналов применяются Российским федеральным ядерным центром.

Оценивая достоинства, которые могут, на наш взгляд, обеспечить будущее представленному продукту и осуществляющей его технологии, можно сказать следующее. АКЖД строится на

базе интегрированных программных оболочек, включающих в себя и измерительные платы, вставляемые в компьютер. АКЖД представляет собой открытую систему, которая позволяет:

- адаптировать уже имеющиеся программные блоки под конкретные, возможно достаточно специфические требования;
- благодаря гибкому механизму встраивания новых компонентов увеличивать количество динамических библиотек с целью расширения возможностей по сбору данных, их обработке, представлению, хранению и т.д.;
- непрерывно развивать систему с

учетом передовых технологий, распространяя, например, область ее действия на глобальные сети с помощью Internet-компонент.

Хочется также добавить, что во все периоды создания, разработчики системы старались «отслеживать» и реализовывать в ней современные технологии, рассматривая ее в качестве некоторой концептуальной модели построения систем автоматизации. В этом свете, возможно, описанные здесь идеи окажутся полезными не только для нас.

Тел. (095)255 3155, факс 255 3154
E-mail: ac@ms.ire.rssi.ru

Глеб Соколов (InSys)

Новейшие тенденции и перспективы развития систем машинного зрения

Введение

80 процентов информации об окружающем мире человек получает через зрение. Глаз является универсальным прибором, который позволяет определять размеры вещей, цветовую гамму, границы теней. Все эти параметры анализируются мозгом и человек может сказать: «Эта деталь «на глаз» неправильно выточена», «На этой плате не хватает чипа», «Судя по цвету, этот

резец – перекален». Но глаз не просто воспринимает изображение. Человек устроен так, что угол зрения может изменяться в очень широких пределах. Это позволяет говорить нам о форме предмета. Причем точность при этом поразительная, и поэтому много операций сейчас выполняется вручную.

Что такое машинное зрение?

В настоящее время в промышленности стремятся сократить время ру-

тинной человеческой работы. Но заменить человеческие глаза очень сложно. Раньше для этой цели использовали системы «техническое зрение». То есть считали, что если есть камера и плата ввода изображения, то это вполне достаточно чтобы заменить человеческий глаз. Но человек не просто смотрит на предметы, он изменяет угол зрения и получает полную информацию о предмете, которую мозг анализирует и делает выводы.

Новейшим этапом развития систем «технического зрения» являются системы «машинного зрения». Это новый класс систем, в задачу которых входит получение изображения, его математический анализ и, после этого, получение выводов, на основе которых производится движение (рис.1).

Технически такие системы состоят из камеры (снимающей изображение), платы ввода изображения (оцифровывающей изображение) и платы управления движением (позволяющей перемещать камеру в пространстве). Системы «машинного зрения» способны полностью заменить глаз человека в производственных операциях.

