

«Автоматизация физического эксперимента»

*доц. Певцов Е.Ф.,
каф. ФКС МИРЭА
лекции по курсу*

IX семестр 2011 г.

- **Литература:**

- Основная:

1. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7/ Под. ред. Бутырина П.А. – М.: ДМК Пресс, 2005. - 264 с.
2. Жарков Ф.П., Каратаев В.В., Никифоров В.Ф., Панов В.С. Использование виртуальных инструментов LabVIEW. – М.: Солон-Р, Радио и связь, Горячая линия - Телеком, 1999. - 268 с.
3. Пейч Л.И., Точилин Д.А., Поллак Б.П. LabVIEW для новичков и специалистов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. - 384 с.
4. Тревис Дж. LabVIEW для всех. / Пер. с англ. Клушин Н.А. – М.: ДМК Пресс, 2004. - 544 с.
5. Суранов А.Я. LabVIEW 7: справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс, 2005. - 512 с.
6. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 400 с.
7. Загидуллин Р.Ш. LabVIEW в исследованиях и разработках. – М.: Горячая линия - Телеком, 2005. - 352 с.
8. Гук М. Аппаратные интерфейсы ПК. Энциклопедия. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.

Дополнительная литература:

1. ГОСТ 26.003-80 Система интерфейса для измерительных устройств с байт-последовательным и бит-параллельным обменом информацией.
2. Индришенок В.И., Кузнецов В.В., Певцов Е.Ф. Изучение архитектуры и основ программирования микроконтроллеров // Методические указания по выполнению лабораторных работ. Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет). М.: 2003, 32
3. Певцов Е.Ф., Смирнов Н.А. Проектирование цифровых схем на основе ПЛИС // Методические указания по выполнению лабораторных работ. Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет). М.: МИРЭА 2006, 32 с.
4. www.xilinx.com
5. Вальпа О.Д. Разработка устройств на основе цифровых сигнальных процессоров фирмы Analog Devices с использованием Visual DSP+. М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 270 с.
6. Давитадзе С.Т., Певцов Е.Ф. Основы проектирования схем с цифровыми сигнальными процессорами // Методические указания по выполнению лабораторных работ. Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет). М.: МИРЭА 2006, 32 с.
7. Кузнецов В.А., Ялунина Г.В. Общая метрология. – М.:ИПК Издательство стандартов, 2001. – 272с.
8. Гребнев В.В. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы ATMEL. М.:ИП РадиоСофт, 2002. – 176с.
9. Тарасов И.Е. Разработка цифровых устройств на основе ПЛИС Xilinx® с применением языка VHDL. – М.:Горячая линия-Телеком, 2005. – 252с.
10. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций / Авторы: А.И. Солонина, Д.А. Улахович, С.М. Арбузов, Е.Б. Соловьева, И.И. Гук. – СПб.:БХВ-Петербург, 2003. – 608с.
11. Гайдышев И. Анализ и обработка данных: Специальный справочник – СПб.: Питер, - 2001. – 752 с.

Основные термины и определения

Эксперимент – (от лат. Experimentum - опыт)
общенаучный метод получения в контролируемых и управляемых условиях новых знаний о причинно-следственных отношениях между явлениями и процессами.

Обычные цели эксперимента:

- проверка гипотез;
- проверка адекватности модели, описывающей поведение объекта;
- определение значений параметров, характеризующих объект наблюдений.

Общие черты экспериментов:

- - целенаправленность,
т.е. следует четко представлять что исследуется;
- - воспроизводимость
т.е. в тех же условиях результаты должны повторяться (даже в разных лабораториях);
- - контролируемость,
т.е. экспериментатор должен иметь возможность изменить ход проведения эксперимента (управлять им или обеспечить безопасность себя и других);
- - элементы эксперимента:
 - 1) объект,
 - 2) экспериментатор,
 - 3) средства экспериментальных исследований.

1) Объекты:

Параметры объектов эксперимента:

- контролируемые и управляемые;*
- контролируемые, но неуправляемые;*
- связанные со случайными воздействиями (т.е. к ним применимы статистические законы);*
- неконтролируемые и неуправляемые.*

Параметры объектов эксперимента:

- *контролируемые и управляемые;*
- *контролируемые, но неуправляемые;*
- *связанные со случайными воздействиями (т.е. к ним применимы статистические законы);*
- *неконтролируемые и неуправляемые;*
- *существенные (изменение их приводит к существенной перемене поведения объекта) и несущественные;*
- *объекты могут быть хорошо организованные (одной природы) и плохо организованные, когда на их поведение влияет большое число разнородных факторов (диффузные системы, атмосфера, анализ надежности приборов).*

Средства экспериментальных исследований :

- *имеют ограниченную точность;*
- *конечное быстроедействие*
- *могут вносить ошибки (всегда вносят).*

Формы проведения эксперимента:

активная и пассивная.

Планирование эксперимента :

(6 вопросов, которые нельзя оставить без ответа):

- **какова цель действий (для чего?);**
- **каков объект действий (что?) статистические характеристики измеряемого физического сигнала для получения истинного значения измеряемого параметра;**
- **метод действий (как?);**
- **средства действия (чем?);**
- **достоверности достижения результатов (с какой точностью цель может быть достигнута?) метрологические характеристики измерительного канала (от первичного преобразователя измеряемого параметра до зафиксированного в памяти ЭВМ его цифрового эквивалента);**
- **имеющиеся или дополнительно необходимые ресурсы (какова цена наших действий?).**

Автоматизация эксперимента –

комплекс средств и методов для ускорения сбора и обработки экспериментальных данных, интенсификации использования экспериментальных установок, повышения эффективности работы исследователей.

*Характерной **особенностью** автоматизации эксперимента является использование ЭВМ, что позволяет:*

- собирать, хранить и обрабатывать большое количество информации,*
- управлять экспериментом в процессе его проведения,*
- обслуживать одновременно несколько установок,*
- и т.д.*

Первые попытки автоматизации эксперимента:

возникли в 1950-е гг. в исследованиях, связанных с физикой :

*в физике элементарных частиц,
термоядерных,
космических и медико-биологических исследованиях,
в геофизике,
радиоастрономии и т. п.*

Общие принципы, обеспечивающие эффективность автоматизированные системы (АС) экспериментальных исследований:

1. Автоматизированные системы научных исследований (АСНИ или АС) представляют собой **неразрывную совокупность аппаратных, программных и алгоритмических средств.**
2. Основная задача: **обеспечение максимума экспериментальной информации при заданных ограничениях (по времени, по затратам и т.д.).**
3. **Повышенные требования к быстродействию АС,** (поскольку такие системы предназначены для быстрого получения и анализа данных и быстрого принятия решений)
4. **Высокая надёжность АС,** возможность длительной безотказной работы, (что связано с увеличением стоимости современных экспериментальных установок).
5. **Простота эксплуатации АС и использование готовых унифицированных блоков.**
6. **Необходимость предварительного планирования исследований и разработка возможных вариантов.**

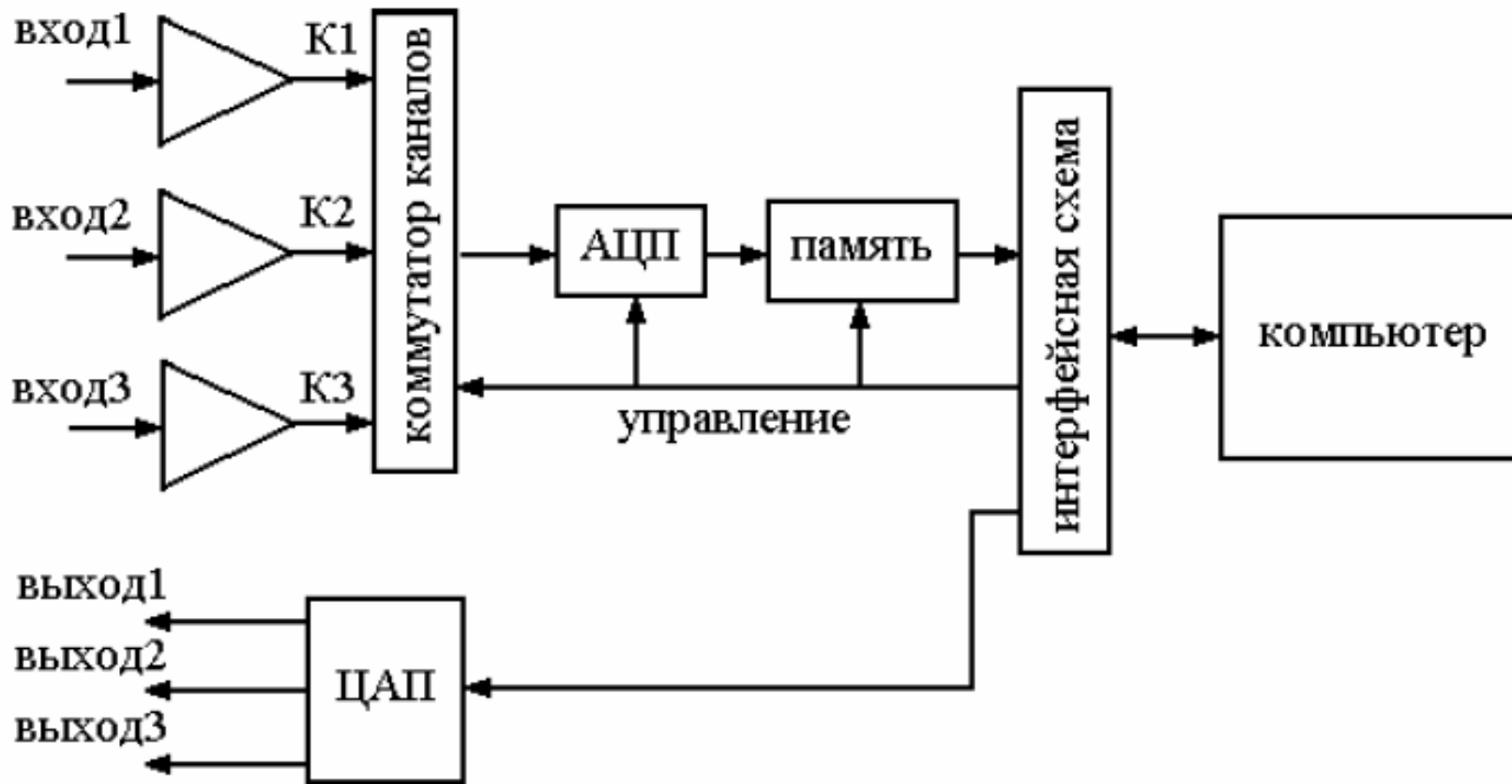
Общие принципы, обеспечивающие эффективность автоматизированные системы (АС) экспериментальных исследований (продолжение):

7. **Гибкость АС**, допускающая изменение её структуры и состава в процессе работы.
8. **Возможность коллективного обслуживания** различных установок.
9. В АС должен быть предусмотрен **диалоговый режим работы**, когда осуществляется непосредственная связь человека с системой с помощью специального языка и средств интерфейса.
10. В АС необходима **простая и быстрая система контроля**. (Для контроля системы в целом обычно вводят некоторый **синтетический критерий**, характеризующий работу системы в среднем. Таким критерием может быть результат измерения известной величины: если полученные значения находятся в допустимых пределах, то состояние системы считается удовлетворительным).

Система автоматизации эксперимента включает:

- компьютер, управляющий процессом
- устройство сопряжения (УС), служащее для согласования между компьютером и исследуемыми объектами
- стандартный интерфейс для соединения ПК и УС

Типовая структура автоматизированной системы:



Типовая структура автоматизированной системы:

- **аналого-цифровые преобразователи (АЦП), служащие для преобразования входных аналоговых сигналов в цифровой вид;**
- **цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП), предназначенные для преобразования цифрового кода в аналоговые сигналы (временное изменение напряжения или тока);**
- **запоминающие устройства, служащие для записи отсчетов входного оцифрованного сигнала, применяются для исследования быстропротекающих процессов;**
- **согласующие усилители, предназначенные для усиления входных сигналов до уровня, необходимого для качественного преобразования в АЦП;**
- **многоканальный аналоговый коммутатор;**
- **интерфейсная схема, осуществляющая согласование цифровых устройств УС со стандартным портом ввода-вывода компьютера.**

Система должна выполнять следующие функции:

- **прием различных сигналов, как правило в аналоговой форме, с исследуемых объектов;**
- **выдачу на исследуемые объекты управляющих воздействий (в виде дискретных и непрерывных сигналов);**
- **преобразование аналоговых сигналов в цифровые и обратно;**
- **прямую и обратную передачу данных в цифровом виде через стандартный интерфейс;**
- **обработку информации в компьютере;**
- **визуализацию информации в удобном для экспериментатора виде.**

Основными характеристиками УС можно считать:

- разрядность АЦП и погрешность преобразования;
- быстродействие АЦП (время преобразования и частота дискретизации);
- наличие и объем буферной памяти;
- разрядность ЦАП и погрешность;
- быстродействие ЦАП;
- тип интерфейса для подключения к компьютеру.

Данные об исследуемом объекте от специальных **датчиков измеряемых величин** поступают в виде электрических сигналов на измерительную аппаратуру, которая состоит из следующих компонентов:

Канал измерения:

- защищённые от помех **линии передачи**,
- **усилители**,
- **преобразователей аналоговой информации в цифровую** и т. д.

Канал обмена

- **интерфейс** - сопрягающее устройство для соединения различных блоков АС с ЭВМ и передачи цифровой информации к ЭВМ.

Обработка данных

- производится в **центральном процессоре** (все больше – «умные» (smart) датчики), в котором имеется устройство, где временно хранятся данные и программы, - т.н. оперативное запоминающее устройство.
- **долговременная память ЭВМ** или в др. ЭВМ с большей производительностью.

Автоматическое управление экспериментом :

- Контур обратной связи: обработанные центральным процессором данные и команды управления передаются на измерительную аппаратуру (рис.1)

Варианты лабораторного эксперимента:

В режиме "реального масштаба времени", или "в линию" (on-line).

ЭВМ, получая от системы данные, обрабатывает их и выдаёт результаты настолько быстро, что их можно использовать для воздействия на систему (или объект исследования).

Смешанный режим:

часть данных обрабатывают в реальном времени и используют для контроля и управления, а основной массив данных с помощью ЭВМ записывают на долговременный носитель и обрабатывают после окончания сбора данных.

Полностью автоматизированная обработка данных

только в рутинных исследованиях по уточнению некоторых констант, когда вся процедура обработки, все поправки уже известны

Математическое (программное) обеспечение АС

разрабатывают на основе:

- математических методов *теории информации*,
- *анализа данных*
- *оптимальных статистических решений*.

Математическое обеспечение на алгоритмическом уровне практически не связано с конкретным типом ЭВМ, а определяется особенностями исследования.

Важно разработать такое математическое обеспечение, которое, с одной стороны, было бы адекватно выполняемым исследованиям, а с другой не было бы слишком сложным.

При создании нового программного обеспечения следует учитывать, что наиболее эффективным является такое распределение труда, при котором программисты разрабатывают общие программы, имеющие чёткое математическое обоснование и не слишком связанные с особенностями конкретного исследования.

Специальные программы должны разрабатывать исследователи, ибо они лучше всего знают особенности исследования, которые к тому же заранее обычно нельзя строго формализовать.

Машинный (вычислительный) эксперимент:

расчёт математической модели явления, построенной на основе научной гипотезы.

*Если в основу модели положена **строгая теория**, то машинный эксперимент оказывается **просто расчетом**.*

*В тех же случаях, когда система становится настолько сложной, что невозможно учесть все связи, приходится создавать **упрощенные модели системы** и проводить **машинный эксперимент**.*

*В любом случае **не может служить доказательством истинности модели**, поскольку в его основу положена гипотеза, которую можно проверить только при сопоставлении результатов моделирования с **экспериментами на реальном объекте**.*

*Однако роль машинного эксперимента иногда очень важна, ибо в результате можно **отбросить заведомо ложные варианты** либо **сравнить** по тем или иным критериям **различные варианты** подлежащих исследованию процессов*

Магистрально-модульная автоматизированная система:

При практической реализации АС каналы измерения выполняют в виде **отдельных электронных блоков**, связанных с каналом обмена ЭВМ.

Поэтому любое изменение в структуре АС (изменение числа каналов, замена датчиков или ЭВМ), практически неизбежное при исследованиях, требует существенных **переделок аппаратуры**.

Выходом служит **магистрально-модульная система**, состоящая из легко заменимых блоков и унифицированной магистралю.

Магистралью (общей шиной) называется система электрических линий передачи, единообразно соединяющих различные блоки (модули) АС.

Смысл унифицированной магистралю заключается в том, что её можно использовать **множественно**, создавая из отдельных модулей различные варианты АС, при этом для АС нужен только **один интерфейс**, называемый интерфейсом канала обмена.

Каналы измерений соединяются с шиной через простые, но также **унифицированные интерфейсы**. У АС появляется требуемая **гибкость**: исчезает ограничение на число каналов измерений, при замене ЭВМ нужно заменить лишь один интерфейс.

Для обеспечения такой структуры АС необходим **стандарт на общую шину, её интерфейс и конструкцию блоков**.

Первым таким стандартом стала система **КАМАК (САМАС, Computer Application for Measurement and Control)**, разработанная в 1969 Европейским комитетом стандартов ядерной электроники.

Первой ступенью в системе КАМАК является **крейт** (каркас), в который вставляют **электронные блоки** (рис.2).

На задней панели крейта имеется **шина обмена**. Вся измерительная аппаратура АС размещается в блоках. В функциональный блок информация поступает в виде **команд и данных** с шины обмена и в виде **сигналов от датчиков** через переднюю панель.

В крейте могут разместиться 23 функциональных блока и специальный блок, называемый **контроллером**, обеспечивающий связь с каналом обмена ЭВМ.

Крейты можно объединять в **ветвь**, содержащую до 7 крейтов (рис. 3). Контроллеры крейтов подключают к каналу ветви, который через специальный интерфейс, называемый **драйвером ветви**, соединяется с каналом обмена ЭВМ.

Ветвь позволяет разнести крейты и ЭВМ на десятки метров. Для АС, распределенных на большие расстояния, существует **последовательный канал КАМАК**, позволяющий связывать до 62 крейтов. Последовательный канал связан с каналом обмена ЭВМ через специализированный интерфейс, называемый **последовательным драйвером**.

Эффективность использования систем КАМАК обусловлена их **гибкостью**, возможностью **быстрой перестройки и наращивания системы** в процессе изменения программы исследований, причём возможна такая организация работы крейта (и ветви), при которой система обслуживает сразу несколько экспериментов.

Недостаток системы КАМАК - **малая скорость передачи данных** и сложность сведения в систему нескольких процессоров.

Разработка и выпуск дешёвых микропроцессоров позволяют создавать

Многопроцессорные системы

Примеры:

FASTBUS и EUROBUS (аналоги КАМАК).

Измерительно-вычислительные комплексы,
состоящие из многоцелевой экспериментальной установки и подсистемы автоматизации и вычислительной техники.

В таких АС особенно важна организация пульта управления и контроля, который оказывается иногда единственным каналом связи между исследователем и изучаемым объектом. Пульт должен быть оборудован клавишным управлением и двумя (или несколькими) дисплеями.

небольшие установки с малым числом датчиков для которых магистрально-блочные АС оказываются излишне сложными. Для таких установок удобно использовать **автономные микропроцессоры** и запись результатов на стандартные носители. Иногда передают результаты по линиям связи на центральную ЭВМ (т. н. **локальные вычислительные сети**).