

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P10-95-367

В.И.Краснослободцев, В.И.Мороз, В.С.Рихвицкий

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ  
ПРИБОРОМ ПУОС НА ОСНОВЕ ПЕРСОНАЛЬНОЙ  
ЭВМ ТИПА ИВМ РС ХТ/АТ

1995

Реализация системы управления полуавтоматическим измерительным прибором ПУОС на основе персональной ЭВМ типа IBM PC XT/AT

Описаны аппаратные средства и основные концепции программы управления измерениями на полуавтоматическом измерительном приборе ПУОС, реализованные с использованием ПЭВМ типа IBM PC XT/AT. Электронная схема управления прибором выполнена в виде одной платы, которая вставляется в любой свободный разъем канала расширения ПЭВМ. Рассмотрены принципы взаимодействия аппаратуры управления прибором и программного обеспечения на ПЭВМ.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1995

Перевод авторов

Krasnoslobodtsev V.I., Moroz V.I., Richvitsky V.S.

P10-95-367

Implementation of Control System for Semiautomatical Measuring Device PUOS Based on IBM PC XT/AT

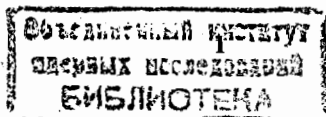
The hardware and main software principles for control of measurements realized using IBM PC XT/AT for semiautomatical device PUOS are described. The control electronics is realized in a single card built in some free slot of PC expansion channel. The interaction concepts for control hardware and software are considered.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

В ЛВТА ОИЯИ для измерения снимков с различных трековых камер в течение ряда лет использовалась система ПАИС<sup>1/</sup>, в которой группа приборов ПУОС, САМЕТ и БПС-2<sup>2/</sup> управлялась ЕС ЭВМ (в последнее время - ЕС-1037). В состав системы ПАИС входили терминальные системы МЕРА-7900, ЕС-7920.01М и устройство группового управления ЕС-7922.01М, через которое приборы связывались с каналом ЕС ЭВМ.

Вся эта техника основывалась на элементах малой и средней степени интеграции, имела многочисленные разъемы и, соответственно, уступала по надежности современным ПЭВМ, построенным на основе СБИС. Работоспособность системы ПАИС зависела в основном от надежности одного элемента - управляющей ЕС ЭВМ (ЕС-1037). Программное обеспечение ПАИС позволяло переходить на любую из доступных ЕС ЭВМ, но высвобождение ресурса на такой ЭВМ и переключение на ее канал шлейфа внешних устройств требовало времени и сбивало рабочий ритм лаборантов, ведущих измерения, к тому же резервный ресурс на подходящей ЕС ЭВМ не всегда мог быть высвобожден. Все это приводило к тому, что в стоимости измерений затраты на обслуживание ЕС ЭВМ и терминальных систем становились весьма значимыми.

Поэтому была поставлена задача перевести управление приборами, в первую очередь - ПУОС, на более надежные и требующие меньших эксплуатационных расходов ПЭВМ типа IBM PC XT/AT. Наиболее просто такую систему можно было реализовать по принципу: каждым прибором управляет своя ПЭВМ. Для управления прибором ПУОС был разработан интерфейс, расположенный на одной плате, которая вставляется в любой свободный разъем канала расширения ПЭВМ. При его разработке учитывалось, что более просто, значительно удобнее и дешевле возможно большую часть операций управления реализовать не аппаратным способом в интерфейсе, а программными средствами в памяти ПЭВМ. Однако 20-разрядные реверсивные счетчики координат X, Y и выходной 40-разрядный регистр для временного хранения координат было признано целесообразным реализовать в интерфейсе аппаратными средствами. Замена управляющей ЕС ЭВМ на ПЭВМ и ввод интерфейса не изменяла задач оператора, который на приборе ПУОС ведет измерения, поэтому важно было по возможности сохранить имеющиеся у операторов навыки проведения измерений в системе ПАИС. Были сохранены привычные для операторов кнопки "Отсчет", "Конец трека" и другие, а также их функциональное назначение.



Взаимодействие интерфейса с ПЭВМ осуществляется в соответствии с требованиями к аппаратуре, подключаемой к каналу расширения ПЭВМ указанного типа, и логикой организации связи интерфейса с ПЭВМ. Отметим, что при нажатии на любую из управляющих кнопок прибора в ПЭВМ передается сигнал прерывания, а в статусный регистр интерфейса заносится признак, соответствующий нажатой кнопке. Передача данных из интерфейса в ПЭВМ осуществляется только после получения от ПЭВМ соответствующей команды Read, это относится как к передаче координат, так и содержимого статусного регистра. Т.о., нажатие любой из управляющих кнопок на приборе вызывает передачу в ПЭВМ только сигнала прерывания, причина которого (какая из кнопок была нажата) может быть установлена после того, как управляющая программа в ПЭВМ получит содержимое статусного регистра интерфейса в ответ на команду "Чтение статусного регистра". Прием координат X, Y в ПЭВМ из 40-разрядного регистра для временного хранения координат реализуется после выдачи ПЭВМ 5 соответствующих команд Read, а сброс счетчиков координат X, Y в интерфейсе происходит не после нажатия кнопки "Сброс счетчиков", а только после получения от ПЭВМ необходимой команды Write ("Сброс счетчиков"). Аналогично этому происходит и управление из ПЭВМ через интерфейс индикатором количества измеренных точек, расположенным на корпусе экрана прибора.

#### АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ПРИБОРОМ

Система управления полуавтоматическим измерительным прибором ПУОС реализована на персональной ЭВМ типа IBM PC XT/AT с использованием датчиков перемещений X, Y измерительных кареток прибора на основе дифракционных решеток и разработанного интерфейса для регистрации координат X, Y.

Аппаратура управления полуавтоматическим измерительным прибором ПУОС включает в себя:

- датчики перемещений X, Y измерительных кареток прибора на основе дифракционных решеток и формирователи сигналов, оставшиеся в отсчетном канале прибора без изменений;

- интерфейс для регистрации координат X, Y, к которому подключаются: - управляющие кнопки "Отсчет", "Конец трека", "Удаление точки", "Сброс счетчиков";

- выносной индикатор на корпусе экрана прибора для отображения количества измеренных точек.

Управление полуавтоматическим измерительным прибором ПУОС полностью реализовано с помощью этой аппаратуры и программного обеспечения на ПЭВМ. Исходными являются сформированные аналоговые сигналы с двух датчиков перемещений по осям X и Y соответственно, которые преобразуются в интерфейсе в счетные импульсы, сигналы от управляющих кнопок и информация, вводимая оператором с клавиатуры ПЭВМ.

Функциональная схема интерфейса для регистрации координат X, Y показана на рисунке.

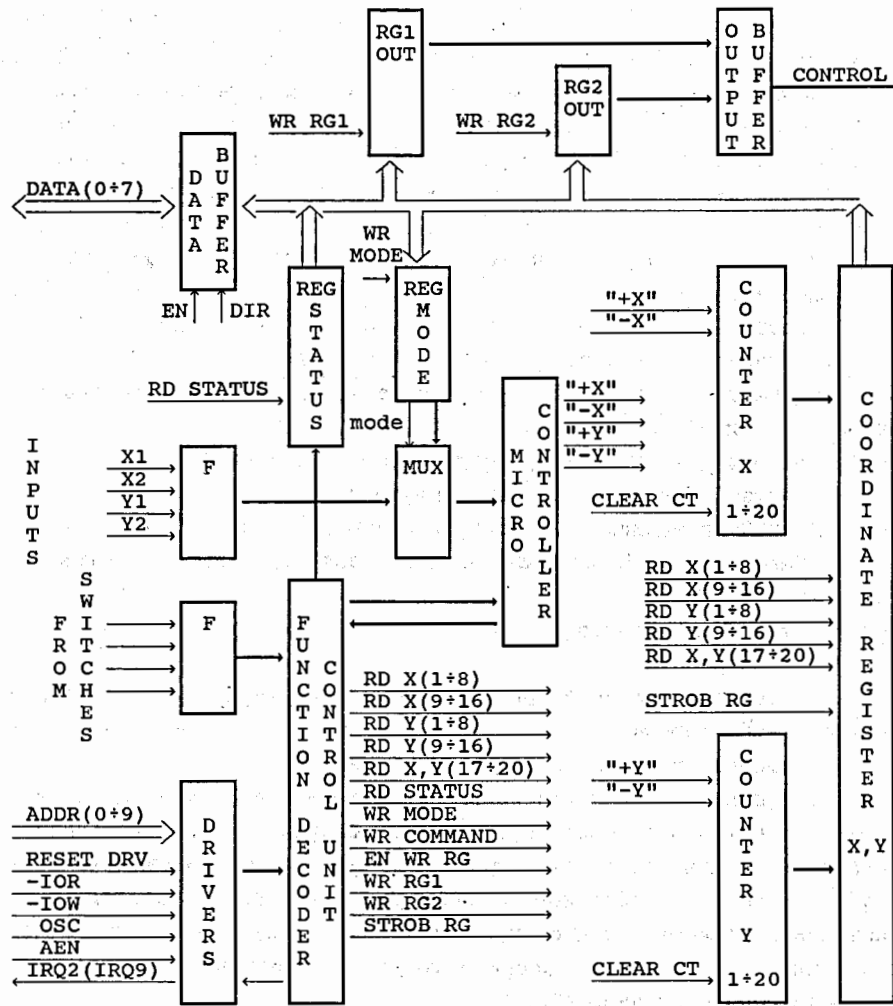
В состав интерфейса входят следующие основные узлы:

- двунаправленный буфер шины данных DATA(0÷7);
- магистральные приемники и передатчики сигналов адресных и управляющих линий шины ПЭВМ;
- формирователи сигналов с датчиков перемещений X, Y;
- схема выработки счетных импульсов;
- два 20-разрядных реверсивных счетчика X, Y;
- выходной 40-разрядный регистр для временного хранения координат;
- статусный регистр;
- регистр режима;
- выходной буферный регистр для управления светодиодными индикаторами прибора;
- дешифратор команд и схема управления.

Поступающие с датчиков перемещений аналоговые сигналы (по два сигнала с каждого датчика) имеют колоколообразную форму и сдвинуты друг относительно друга на четверть периода. При движении кареток X, Y в прямом и обратном направлениях временное расположение сигналов изменяется. Эти сигналы через разъем на панели интерфейса поступают на входы формирователей (триггеры Шмитта) и преобразуются в сигналы TTL.

Выработка счетных импульсов на сложение и вычитание для 20-разрядных реверсивных счетчиков X, Y на микросхемах К555ИЕ7 осуществляется микроконтроллером, построенным на 8-разрядном регистре (74LS273), ПЛМ (К556РТ1) и ПЗУ (К556РТ4А).

40-разрядный регистр на микросхемах К555ИР23, подключенный к выходам счетчиков X, Y, предназначен для временного хранения координат от момента нажатия кнопки "Отсчет" до окончания считывания в ПЭВМ.



Функциональная схема интерфейса для регистрации координат X, Y.

Интерфейс дешифрует и выполняет следующие команды ПЭВМ:

- Read 310 - чтение X(1÷8);
- Read 311 - чтение X(9÷16);
- Read 312 - чтение Y(1÷8);
- Read 313 - чтение Y(9÷16);
- Read 314 - чтение X, Y(17÷20);
- Read 315 - чтение статусного регистра;
- Write 318 - запись в регистр режима;
- Write 319 - запись команды;
- Write 31A - разрешение записи координат X, Y в выходной

регистр;  
 Write 31B, - запись в выходные буферные регистры информации о  
 Write 31C - количестве измеренных точек для индикации на  
 приборе.

С помощью переключки возможна установка группы адресов 300÷30C.

При нажатии на измерительном приборе одной из управляющих кнопок ("Отсчет", "Конец трека", "Удаление точки", "Сброс счетчиков") в интерфейсе формируется сигнал запроса прерывания, который поступает на линию IRQ2 (для XT) или IRQ9 (для AT) шины ПЭВМ.

Для идентификации запроса прерывания и определения причины прерывания служит статусный регистр, имеющий следующее назначение разрядов:

- 0 - "Отсчет";
- 1 - "Конец трека";
- 2 - "Удаление точки";
- 3 - "Сброс счетчиков X, Y";
- 4 - "Режим";
- 5 - "0";
- 6 - "0";
- 7 - "Запрос прерывания от прибора (IRQ).

При нажатии на измерительном приборе кнопки "Отсчет" содержимое счетчиков X, Y фиксируется в 40-разрядном регистре для временного хранения координат, запись в регистр блокируется, и вырабатывается сигнал запроса прерывания в ПЭВМ. При этом в статусном регистре интерфейса формируются сигналы "Отсчет" и "Запрос прерывания интерфейса". Содержимое выходного регистра

считывается в ПЭВМ командами Read 310+314. По окончании считывания координат ПЭВМ выдает в интерфейс команду Write 31A, разрешающую запись координат X, Y в выходной регистр.

Для предотвращения ошибок при регистрации координат производится задержка сигнала записи координат X, Y в выходной регистр в случае пересечения во времени счетных импульсов для счетчиков X, Y с нажатием кнопки "Отсчет" на измерительном приборе или с командой ПЭВМ "Отсчет". Эта задержка необходима для предотвращения записи в регистр неустановившегося состояния счетчиков X, Y и выбрана с учетом времени переходного процесса изменения состояния счетчиков X, Y.

Кнопки "Конец трека", "Удаление точки" и "Сброс счетчиков" служат для сообщения программе о состоянии процесса измерений.

Действия, которые выполняются в интерфейсе при нажатии управляющих кнопок на приборе, включая выработку сигнала запроса прерывания и формирование статуса, производятся и в случае выдачи ПЭВМ соответствующих команд:

- "Отсчет" - Write 319, 1;
- "Конец трека" - Write 319, 2;
- "Удаление точки" - Write 319, 4;
- "Сброс счетчиков" - Write 319, 8.

Регистр режима предназначен для проверки работоспособности интерфейса путем имитации преобразованных сигналов датчиков перемещений и имеет следующее назначение разрядов:

4	3	2	1	0
режим	фаза Y2	фаза Y1	фаза X2	фаза X1

Режим: 0 - "Работа" - на входы схемы выработки счетных импульсов X, Y через мультиплексор режима поступают преобразованные в TTL сигналы от датчиков перемещений X, Y;

1 - "Тест" - на входы схемы выработки счетных импульсов X, Y через мультиплексор режима поступают сигналы с выходов 0÷3 регистра режима, имитирующие преобразованные в TTL сигналы от датчиков перемещений X, Y.

## ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЯМИ

### 1. Объектная структура

Программа построена объектно-ориентированным способом. Программа - это набор объектов, а не процедур.

Объекты являются экземплярами соответствующих типов объектов, в описании которых перечислены внутренние структуры данных и методы. Тип объекта может быть наследником другого типа и иметь (неявно) компоненты данных и методы предшественника, а также свои особые переменные и методы. Последние могут переопределить методы предшественника, имея в виду уточнение смысла действия для данного специфического типа объекта (наследование). Ко всем объектам применимы методы их общего предшественника (полиморфизм). Операции над объектом могут выполнять только его методы, что дает независимость использования от реализации (инкапсуляция).

### 2. Основные типы объектов

Объектная структура призвана обеспечить механизмы обработки событий в реальном времени, взаимодействие аппаратуры и программ, отображение на дисплее и интерфейс с человеком-оператором.

#### 2.1. Источники и потребители данных

Объекты являются источниками данных и потребляют данные, создаваемые другими объектами.

##### 2.1.1. Ресурс

Объект может подключиться к другому объекту в ожидании от него данных, помещая указатель на себя в его стек. Объект-ресурс, произведя новые данные, активизирует ближайший ожидающий объект. Объект может (не обязательно) отключиться от ресурса. Обеспечивается корректность присоединения-отсоединения, создания и уничтожения ресурсов и их связей во всех ситуациях.

##### 2.1.2. Драйвер

Драйвер - ресурс, который можно активизировать. Функционирование объектов упорядочено во времени системной очередью. Активизация (на один шаг) означает постановку в очередь.

Функционирование драйвера сосредоточено в методе `Execute`. Обеспечивается корректность активизации-деактивизации, создания и уничтожения драйверов и их связей во всех ситуациях.

### 2.1.3. Обработчик прерываний

Драйвер-обработчик прерываний имеет метод-функцию `Test` типа `Boolean`, которая вызывается из процедуры-обработчика прерываний и проверяет, относится ли прерывание к данному драйверу, и при необходимости активизирует свой драйвер. Процедура-обработчик прерываний ищет драйвер в списке, вызывая поочередно в каждом метод `Test`. Обеспечивается корректность прерываний с точки зрения целостности связей между объектами.

## 2.2. Интерфейс с оператором

Оператор управляет прибором, используя клавиатуру и дисплей ПЭВМ, кнопки и сигнализацию аппаратуры управления прибором.

### 2.2.1. Электронная таблица треков

Оператор измеряет на трех проекциях реперные кресты, координаты точек треков и особых точек. При этом создаются соответствующие объекты - кадр, треки и особые точки, имеющие в своем составе по три объекта - три списка координат в соответствующих проекциях. Все эти объекты являются драйверами и могут подключаться к источникам данных - клавиатуре и интерфейсу отсчетной системы. Кроме них треки и кадр имеют числовые параметры, которые являются объектами, поведение которых связано с клавиатурой, некоторые из них имеют специфику.

На дисплее ПЭВМ оператор видит таблицу, в которой отображается текущее состояние процесса измерения. Столбцы таблицы соответствуют измеряемым трекам, текущий измеряемый трек обведен вертикальной прямоугольной рамкой.

Одна строка содержит номера треков.

Одна строка содержит номера особых точек.

Три строки таблицы соответствуют трем проекциям, и в них точкой отмечается, что проекция трека измерена, буквой X отмечается, что трек может быть записан в выходной файл.

Остальные строки содержат числовые параметры.

Выбранная строка обведена горизонтальной прямоугольной рамкой.

Оператор вводит:

- номер кадра;

- номер задачи;

- номер пленки;

- свой (оператора) номер;

- идентификацию частиц;

- номер топологии;

- признаки остановки частиц;

- другую служебную информацию, необходимую для каждого конкретного эксперимента, формат которой описан в таблице констант конкретной задачи.

Стандартная последовательность управления измерениями поддерживается программой, но оператор может в любой момент изменить ее, перемещая курсор (рамку) по таблице на позицию любого трека, реперных крестов, особой точки, их проекций, выполнить любую операцию - удалить трек или отдельную проекцию, сменить проекцию, добавить трек, домерить или перемерить проекцию трека или особой точки, поменять идентификацию треков и топологические признаки в таблице, которая всегда отображается на дисплее.

#### 2.2.1.1. Операции над треками

Операция выполняется выбранным объектом и, следовательно, зависит от него. Кроме того, операция зависит от выбранной строки. Таким образом, операция выполняется над объектом, видимым в перекрестии двух рамок.

Всегда, когда выполняются движения курсором (влево, вправо, вверх, вниз), происходит отсоединение текущего объекта от источников данных, выбор нового объекта и присоединение его к источникам данных.

В строках номеров треков и особых точек можно удалить трек или особую точку либо добавить множество треков или особых точек. При этом создаются или удаляются их объекты.

В строках числовых параметров изменяются их значения.

В строках проекций можно удалить проекцию трека, измерить и удалить координаты точки, закончить трек. В последнем случае выполняется контроль трека. Проекция трека может быть выбрана только в том случае, если правильно измерены реперные кресты на этой проекции. Проекция трека не подключается к интерфейсу отсчетной системы, если эта проекция уже измерена.

#### 2.2.1.2. Особый случай - реперные кресты.

Объект "Кадр" содержит три списка реперных крестов, поэтому его поведение модифицировано.

Удаление проекции реперных крестов вызывает удаление этой проекции также у всех треков и особых точек.

Контроль проекции создает линейное преобразование из отсчетной системы в систему координат трекового детектора, которое будет использоваться при каждом измерении точки трека или особой точки.

Повторное и удачное измерение контрольного креста в состоянии, когда кресты уже были измерены, вызывает замену в этой строке таблицы треков точек на букву X и, таким образом, подтверждение правильности их измерений.

#### 2.2.1.3. Особый случай - особая точка

Здесь особенности не так существенны.

#### 2.2.2. Списки координат

Список является объектом, непосредственно подключающимся к объекту-драйверу прерываний от интерфейса с отчетной системой прибора. Количество измеренных точек при этом отображается на индикаторе на корпусе экрана прибора. Текущее положение счетчиков координат всегда отображается в цифровом и графическом виде на дисплее ПЭВМ.

#### 2.2.2.1. Операции над списками координат

Операции связаны с кнопками управления прибором:

- "Отсчет";
- "Конец трека";
- "Удаление точки";
- "Сброс счетчиков".

Все кнопки управляют отсчетным каналом только через программу и, конечно, только когда это разрешено.

Операции над списками координат приводят, благодаря методам их обработки, к выполнению методов объектов, являющихся владельцами этих методов, и активизации драйверов, ожидающих от них данные.

#### 2.2.2.2. Список особых точек

Имеется в виду всего одна точка.

#### 2.2.2.3. Список точек трека

Проверяется количество точек в соответствии с таблицей констант и отображается на индикаторе.

При нажатии кнопки "Конец трека" проводится его аппроксимация полиномом 5-ого порядка, сравнивается средний разброс точек относительно аппроксимирующей кривой с допуском из таблицы констант задачи, удаляется, если необходимо, одна наиболее удаленная точка.

#### 2.2.2.4. Список реперных крестов

Проверяется количество точек, а по концу трека - аппроксимация линейного преобразования из отсчетной системы прибора ПУОС в систему координат на соответствующей проекции трекового детектора методом наименьших квадратов.

### 3. Выходные данные

Каждый объект содержит методы, которые знают, как записать все его собственное содержимое в текстовый файл, а также вызывают последовательно аналогичные методы всех подчиненных ему объектов.

#### 3.1. Выходной текстовый файл

Полученный текстовый файл легко читается любым текстовым редактором, может быть разделен на части и т. д.

Имя файла - PUOS-TTT.RRR, где TTT - номер задачи, RRR - номер пленки.

Если оператор измерял разные пленки или менял номера задач, на диске возникает несколько файлов.

#### 3.2. Преобразование в традиционный формат.

Преобразование выполняется программой REFORM. Результат может быть просмотрен с помощью программы LIST.

В конце сеанса измерений файлы со всех приборов переносятся на выделенную ПЭВМ с большой дисковой памятью и быстродействием, где преобразуются, проверяются и хранятся некоторое время.



### 3.3. Передача в ЕС ЭВМ

Для последующей обработки и записи на магнитную ленту файлы передаются в ЕС ЭВМ. Передача осуществляется с помощью специально разработанного интерфейса ПЭВМ типа IBM PC XT/AT с ЕС ЭВМ через устройство группового управления ЕС-7922<sup>3,4/</sup>.

### 4. Минимально необходимая конфигурация ПЭВМ

- PC XT;
- 256 КВ основной памяти;
- 1 дисковод (любой).

Память под измеренные объекты выделяется динамически и ее объем зависит от количества измеренных треков.

По опыту эксплуатации одна дискета емкостью 360 КВ заполняется за два дня работы оператора. Более удобно использовать твердый диск.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев А. В. и др. ОИЯИ, Р10-87-639, Дубна, 1987.
2. Алмазов В. Я. и др. ОИЯИ, Д10-6142, Дубна, 1972.
3. Краснослободцев В. И. ОИЯИ, Р10-88-861, Дубна, 1988.
4. Краснослободцев В. И., Мороз В. И., Рихвицкий В. С. ОИЯИ, Р10-89-852, Дубна, 1989.