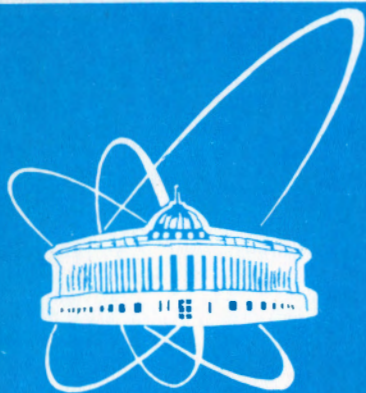


99-171



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

99-171

P10-99-171

С.В.Сергеев, Ан.С.Сергеев

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС
ДЛЯ МЕТОДИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1999

1. Введение

При проведении методических исследований очень часто возникает необходимость изменить условия измерений, модифицировать схему установки или заменить один электронный блок на другой. Поэтому очень большую роль играет возможность легко менять конфигурацию измерительной аппаратуры, перенастраивать режим считывания данных и т.д.

Как правило, при подобных исследованиях повторяется выполнение ряда простых предварительных измерений для подстройки условий работы исследуемого прибора при относительно небольшом количестве событий, а затем запускается процесс набора статистики, позволяющий более тщательно измерить характеристики прибора.

Таким образом, в «типовой» набор программных средств проведения методических исследований входят следующие самостоятельные программы или ветви комбинированных программ, распределенные по категориям в соответствии с их выполняемыми функциями:

- 1) программа проверки работы системы сопряжения ЭВМ с экспериментальной аппаратурой - Hardware Tester (HWT);
- 2) программа для просмотра функций, выполняемых считываемым блоком - Explorer (EXP);
- 3) программа отладки алгоритма считывания данных с аппаратуры - Readout Debugger (RDB);
- 4) программа приема и представления данных с одного канала аналого-цифрового преобразователя, выполняющая роль интеллектуального анализатора спектра и оснащенная максимально дружественным интерфейсом с пользователем (возможно в ущерб быстродействию) - Spectrum Reader-Presenter (SRP);
- 5) программа приема и накопления данных, позволяющая принимать и записывать данные с максимально возможной скоростью для обеспечения статистически значимых объемов измерений - Data Acquisition (DAQ);
- 6) программа или набор программ обработки, анализа и представления данных, накопленных с помощью DAQ - Presenter (PRS).

При этом, как правило, программы 1-5 являются аппаратно-зависимыми, и только PRS работает с файлами данных.

Современные программные технологии, такие, как объектно-ориентированный подход, позволяют абстрагироваться от типа сопряжения ЭВМ с измерительной аппаратурой и, следовательно, позволяют не слишком сильно зависеть от стандарта, в котором выполнена эта аппаратура (SAMAC, VME, GPIB и т.д.). Для этого требуется полностью инкапсулировать свойства устройства сопряжения с измерительной аппаратурой в соответствующем драйвере и разделить потоки управляющих кодов и принимаемых данных.

Отделение управляющих последовательностей от программ, их использующих, позволяет также создать так называемые открытые системы [1], не требующие трудоемкой

перекомпиляции всей программы при незначительном изменении алгоритма опроса аппаратуры. При этом файлы-описания протокола обмена являются очень короткими и простыми для понимания и модификации.

Платой за это удобство является необходимость создания специального языка представления команд аппаратуре, что не является большим недостатком, так как подобный язык может быть сделан простым, наглядным и интуитивно понятным.

Таким образом, появляется возможность использовать одни и те же, как правило, громоздкие программы при работе на разной аппаратуре в разных условиях проведения измерений, например в нескольких территориально разнесенных научных группах, имеющих различное оборудование и различающиеся навыки и приемы работы.

Целью данной работы является рассмотрение подобного подхода к приему данных с экспериментальной аппаратуры в стандарте SAMAC, используемого авторами уже в течение длительного времени с неизменно хорошими результатами. Предлагаемая система приема и первичной обработки данных, построенная с использованием указанной методики, как правило, может быть настроена и запущена в течение одного часа. Модификация протокола считывания данных может быть проведена за несколько минут любым участником измерений, знающим основы работы системы SAMAC. Также имеется возможность создавать и использовать библиотеки файлов протоколов приема данных, что значительно облегчает проведение различных методических исследований на одной и той же установке.

2. Аппаратура

Указанный подход использовался на разных моделях сопряжения и разных моделях ЭВМ.

В последнее десятилетие на территории СССР и пост-СССР наиболее широко используются персональные ЭВМ (ПЭВМ) линии IBM PC. Для них имеется значительное количество различных типов устройств сопряжения с системой SAMAC.

Одно время наиболее популярными были КК009 и КК012 разработки ОИЯИ. Однако с появлением новых операционных систем, таких, как Windows 95 и Windows NT, эта популярность заметно упала, поскольку эти контроллеры крейта адресуют свои внутренние регистры как области ОЗУ ПЭВМ, расположенные в первом мегабайте, что несовместимо с защищенными и виртуальными режимами работы микропроцессора, используемыми для приложений в системах Windows 95 и Windows NT. Простыми методами это адресное пространство доступно только при работе в режиме DOS, в то время как программы обработки и представления данных удобнее запускать под Windows. Использование же системных вызовов Windows для перехода к абсолютной адресации резко уменьшает быстродействие системы.

Именно поэтому в последние годы появилось значительное количество новых разработок устройств сопряжения ПЭВМ-SAMAC, имеющих разную архитектуру.

С точки зрения авторов, контроллер крейта ССРС4 разработки ЛВЭ, имеющий встроенную ПЭВМ, является достаточно удачной версией такой разработки, поэтому последняя версия программного пакета для методических исследований была ориентирована на него. В отличие от КК009, ССРС4 адресует внутренние регистры через порты ввода-вывода шины ISA ПЭВМ, что упрощает управление контроллером под Windows 95.

3. Программное обеспечение

Все программное обеспечение написано на языке DELPHI (объектно-ориентированный Паскаль). Этот язык выбран потому, что на момент разработки программ комплекса DELPHI являлся наиболее продвинутой системой визуального программирования и обеспечивал наиболее оптимизированный код.

Программное обеспечение можно разбить на две группы:

- аппаратно-зависимый драйвер контроллера крейта, оформленный в виде динамически подгружаемой библиотеки (DLL)
- прикладные программы.

Для обеспечения максимальной независимости от аппаратуры драйвер контроллера включает в себя набор подпрограмм, полностью инкапсулирующий свойства контроллера. Прикладные программы могут работать с любым контроллером крейта через соответствующий драйвер контроллера.

Как уже отмечалось ранее, в описываемом программном комплексе управляющие последовательности кодов, определяющие протокол обмена, хранятся отдельно от вызывающих их программ. Для упрощения создания и поддержания таких последовательностей применяется специальный язык описания выполнения операций на магистрали SAMAC (SAMAC EXECUTION, CAMEX).

Набор инструкций на CAMEX отражает выполняемые контроллером операции и разные контроллеры крейта могут иметь несколько различающиеся «диалекты» этого языка. Однако базовый набор команд остается неизменным.

CAMEX-файл может быть представлен в двух видах: исходный текст и исполнимые коды.

Файл исходного текста представляет собой обычный текстовый файл, состоящий из строк на языке CAMEX и доступный простым редакторам текста.

Определение этого языка для ССРС4 следующее (в качестве символа-разделителя используется пробел):

```
<Строка CAMEX> ::= <Директива компиляции> |  
    <Команда> | [<Комментарий>] | [<Пустая строка>]  
<Директива компиляции> ::= <End>  
<Команда> ::=  
    <Значения MNAF> [ <Данные> ] [<Комментарий>] |  
    <Мнемоника> [ <Данные> ] [<Комментарий>]  
<Значения MNAF> ::= <Режим обмена> <Номер станции N>  
    <Субадрес A> <Функция F>  
<Данные> ::= [ <D=> ] <Константа>  
<Константа> ::= [ - ] <Десятичное число> |  
    [ - ] $ <Шестнадцатеричное число> |  
    [ - ] <Шестнадцатеричное число> H  
<Мнемоника> ::= Z | CL | SI | CI | L1 | L2 | ST  
<Комментарий> ::= * <Произвольный текст>
```

Каждая строка исходного файла содержит строку команды контроллеру в виде группы значений M N A F или мнемоническое сокращение команды. В строке также может содержаться комментарий, начинающийся с символа *.

Значения N, A и F - очевидны, величина M определяет режим обмена с контроллером. В настоящее время для ССРС4 определены только два режима: M=0 для обмена одиночными словами и M=1 для эмуляции режима ULS (прием массива данных с одного субадреса).

Для команд со значением функции F≥16 (цикл записи) требуется задать передаваемые данные в виде десятичного или шестнадцатеричного числа, значение которого может быть отображено в виде 16-разрядного двоичного числа.

Для контроллера ССРС4 в СAMEX применяются следующие мнемонические сокращения:

- Z - инициализация крейта (генерация сигнала Z),
- CL - сброс данных в крейте (Clear, генерация сигнала C),
- SI - установка сигнала запрета I (Set Inhibit),
- CI - сброс сигнала запрета I (Clear Inhibit),
- L1 - запись маски в биты 1..16 регистра LAM,
- L2 - запись маски в биты 17..24 регистра LAM,
- ST - запись константы из СAMEX-файла в массив читаемых данных (команда Store).

Эта команда может быть использована для разделения массивов данных от разных блоков.

Исходный файл должен кончатся директивой End.

Пример исходного СAMEX-файла приведен на рис. 2.

Файл исполнимых кодов представляет собой двоичный файл, содержащий данные в формате, наиболее удобном для передачи контроллеру, т.е. реально содержит двоичные коды, аналогичные так называемым Р-кодам, используемым в ранних версиях BASIC'a. Преобразование исходного текста в двоичные коды производится компилятором. По умолчанию имя исходного СAMEX -файла имеет расширение .cms (CaMac Source), исполнимый - .cme (CaMac Executable).

3.1 Драйвер ССРС4

В драйвер включены следующие подпрограммы, обеспечивающие инкапсуляцию свойств контроллера крейта:

- проверка наличия интерфейса контроллера на магистрали ЭВМ,
- сброс (инициализации) контроллера крейта,
- исполнение двоичного СAMEX-файла. Для повышения быстродействия за один вызов исполняются все команды, содержащиеся в СAMEX-файле,
- проверка сигнала LAM контроллера крейта,
- компиляция строки исходного СAMEX-текста в двоичные СAMEX-коды,
- декомпиляция двоичной СAMEX-команды в исходный СAMEX-текст,
- выдача заголовка таблицы в виде строки символов для отображения результатов обмена с контроллером. Этот заголовок содержит названия всех сигналов и флагов контроллера,
- выдача строки таблицы для отображения результатов обмена с контроллером.

3.2 Прикладные программы

Из-за того, что ССРС4 в отличие от КК009 не имеет системы внутренней диагностики, в состав программного пакета не включена программа проверки интерфейса контроллера (HWT). Проверка может быть осуществлена при обмене с заведомо исправным блоком.

3.2.1 Программа - исследователь функций блока (Explorer)

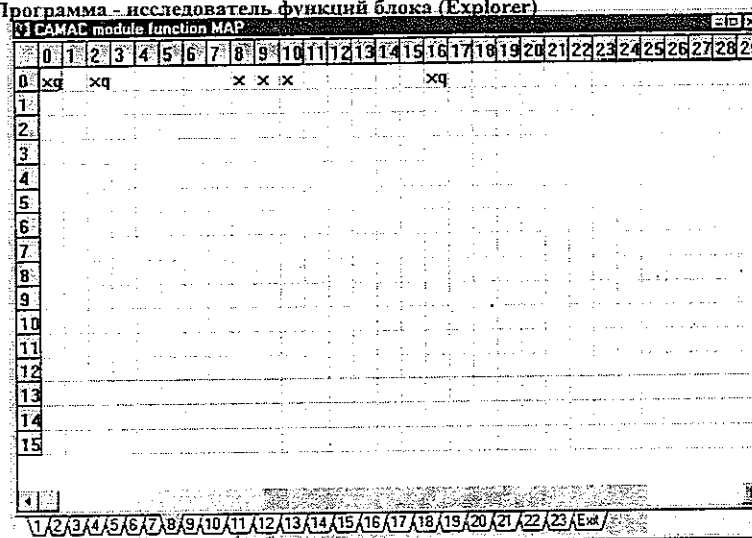


Рис.1. Окно исследователя функций блока САМАС

Для просмотра функций, выполняемых тем или иным блоком САМАС, используется программа Wincamar.exe. Окно этой программы с результатами просмотра исполняемых функций модуля САМАС, расположенного в станции номер 8, показано на рис.1.

После запуска программа ожидает выбора номера станции. Это можно сделать щелчком мыши на соответствующей «закладке» в нижней части окна. После этого программа производит обмен с выбранным блоком по всем возможным субадресам и функциям. Полученные при этом значения сигналов Q и X записываются в соответствующие элементы таблицы.

3.2.2 Программа отладки считывания данных с аппаратуры (Readout Debugger)

При отладке алгоритма считывания, как правило, выполняются следующие операции:

- редактирование исходного СAMEX-файла текстовым редактором,
- компиляция,
- запуск на выполнение и проверка результатов работы

Для упрощения процесса отладки была создана программа, выполняющая все перечисленные функции. Окно программы Wincamex.exe показано на рис.2. Оно имеет три секции.

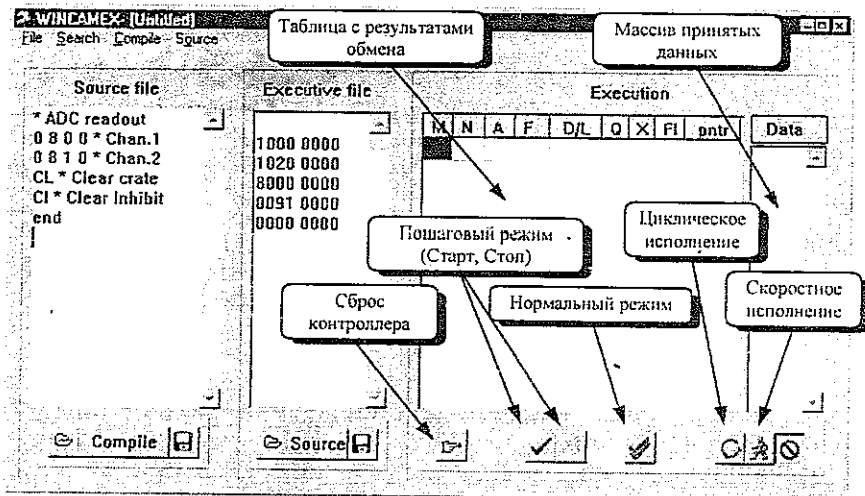


Рис.2. Окно программы - отладчика алгоритма обмена

В левой секции (Source file) размещен редактор текстов, в котором можно редактировать исходный текст.

В средней секции (Executable file) представляются результаты компиляции и дается шестнадцатеричная распечатка исполнимого CAMEX-файла.

Для обеих этих секций предусмотрены возможность открыть соответствующий файл или записать его на диск.

Клавиша «Compile» или нажатие клавиши F9 клавиатуры запускает процесс компиляции, то есть преобразования исходного файла в исполнимый, клавиша «Source» - производит обратное преобразование, и по существующему файлу типа .cme можно получить исходный текст.

Третья секция «Execution» используется для выполнения обмена и просмотра результатов выполнения.

Тестовый прогон CAMEX-файла может выполняться в следующих режимах:

- пошаговый режим, когда происходит выполнение команды за командой,
- нормальный режим выполнения, когда происходит выполнение сразу всего набора команд CAMEX-файла,
- циклическое повторение нормального режим с выдачей распечатки результатов обмена,
- циклический скоростной. От предыдущего этот режим отличается только тем, что выдача результатов не производится. Режим может использоваться для просмотра сигналов в системе с помощью осциллографа.

Назначения полей M, N, A, F, Q и X окна представления результатов обмена очевидны. Поле D/L содержит считанные данные для режима M=0 или длину принятого массива при M=1. Поле PNTR содержит адрес начала данных в массиве данных, принятых при данной команде. Значение FI содержит сумму сигналов LAM контроллера крейта.

Второе окно секции «Execution» предназначено для представления шестнадцатеричной распечатки массива данных, принятых в результате обмена.

3.2.3 Интеллектуальный анализатор спектра (Spectrum Reader-Presenter)

Программа Winspec.exe предназначена для приема и просмотра спектра распределения сигнала с аналого-цифровых преобразователей, выполненных в стандарте SAMAC и имеющих от 10 до 13 разрядов.

Основное окно Winspec.exe показано на рис. 3.

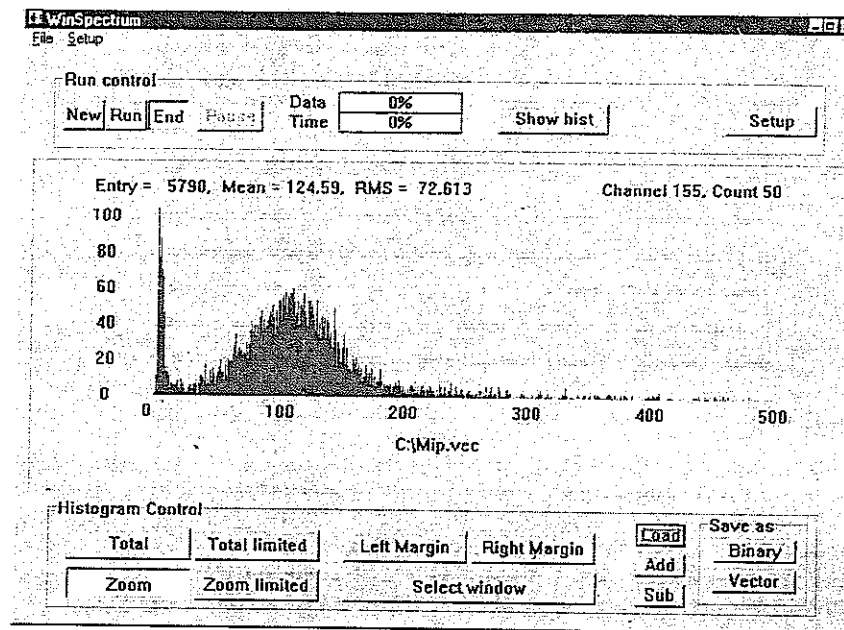


Рис. 3. Программа набора и представления спектров

Окно Winspec.exe имеет три секции:

- секцию приема данных (Run Control),
- секцию представления гистограммы,
- секцию управления гистограммой.

В секции приема данных расположены клавиши начала нового набора данных (New), запроса продолжения текущего набора (Run), запроса его окончания (End) и приостановки (Pause). В процессе набора данных на индикаторах прогресса отображается процесс изменения количества принятых событий и время их приема в случае, если был включен режим ограничения по времени.

Количество принимаемых событий, ограничение по времени, разрядность аналого-цифрового преобразователя и название CAMEX-файла, используемого для приема данных, задается в окне установки, вызываемом при нажатии клавиши Setup.

Для построения спектров используется слово данных, находящееся в первом слове, полученном при исполнении CAMEX-файла, причем учитываются только младшие разряды слова. Число учитываемых разрядов определяется разрядностью преобразователя в окне Setup.

После того как данные набраны, а при необходимости и до окончания набора по нажатию клавиши «Show hist», набранный спектр изображается в секции просмотра гистограмм. При этом также отображаются величины среднего значения гистограммы и величины RMS.

Нажатием на соответствующие клавиши в секции управления гистограммой пользователь имеет возможность выбрать следующие режимы:

- Просмотр всей гистограммы (кнопка Total). В этом режиме изображается вся гистограмма вне зависимости от разрядности преобразователя.
- Просмотр окна в растянутом виде (Zoom). При этом прорисовываются выбранные 512 каналов, причем центр окна растяжки может быть выбран в режиме Total нажатием «Select Window» или двойным щелчком мыши в интересующем месте гистограммы.
- Просмотр части гистограммы с отсечением крайних участков в полном (Total limited) или растянутом (Zoom limited) режимах. Границы интересующей области могут быть заданы с помощью клавиш «Left margin» и «Right margin». Среднее значение и RMS гистограммы в этом случае вычисляются только для выбранного участка гистограммы.

При переключении гистограммы в растянутый режим пользователь имеет возможность поканально просматривать содержимое гистограммы, установив курсор на требуемый бин гистограммы. Номер бина и счет в нем отображаются в правом верхнем углу секции просмотра.

Программа также позволяет просматривать накопленные ранее гистограммы (клавиша Load), выполнять их сложение (Add) и вычитание (Sub) и записывать гистограммы на диск в двоичном (Save as binary) или текстовом (Save as vector) формате. В последнем случае в выходной файл записывается содержимое значимых каналов, а нули в конце распределения отбрасываются. Формат этого файла совместим с форматом вектора системы RAW [2], что позволяет проводить последующую обработку накопленных данных с помощью этой системы.

Реальная скорость набора данных программой Winspec.exe на быстрых компьютерах достигает нескольких килогерц при коротком CAMEX-файле и в основном ограничивается временем выполнения цикла CAMAC.

3.2.4 Программа приема и накопления данных для непрерывных процессов (Data Acquisition)

Программа DAQ.exe предназначена для приема данных с максимально возможной скоростью и записи их в файл. Ее главное окно показано на рис. 4.

Секция Run Control, как и в программе Winspec.exe, предназначена для управления началом, приостановкой/возобновлением и окончанием и для набора данных. В этой же секции находится строка, отображающая текущее состояние программы.

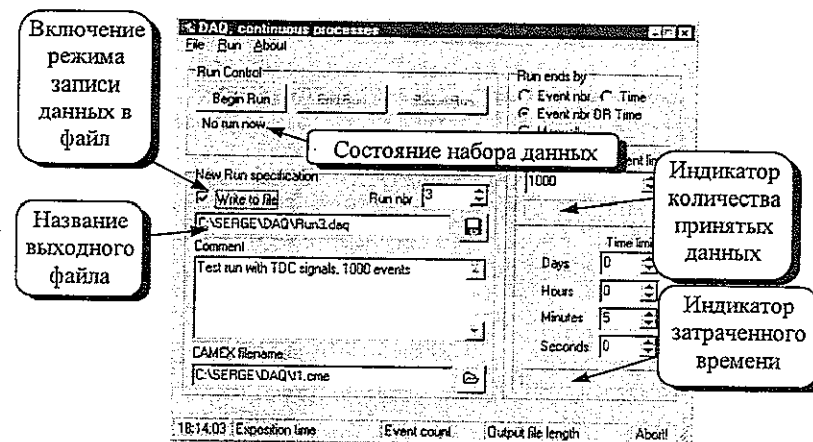


Рис. 4. Главное окно программы приема и накопления данных для непрерывных процессов

Название файла, в который будет производиться запись данных, в случае если это требуется, задается в секции New Run Specification. При начале нового файла программа автоматически формирует его полное название следующим образом:

- В качестве рабочей директории используется директория ранее записанного файла.
- Название файла создается из строки "Run", дополняемой текущим номером из поля Run nbr. При необходимости это поле может быть модифицировано пользователем.
- В качестве расширения названия файла берется строка ".daq".

При необходимости автоматически заданное таким образом название файла может быть откорректировано. Также имеется возможность произвести выбор имени файла с использованием стандартного диалога Windows путем нажатия на кнопку, расположенную справа от названия выходного файла.

Поле Comment может быть использовано для записи комментария в выходной файл.

Имя исполнимого Camex-файла, в соответствии с которым производится считывание данных с аппаратуры, задается в поле Camex filename. Этот файл также может быть выбран с помощью стандартного диалога открытия файла при нажатии мышью на кнопку справа от названия файла.

В строке состояния внизу формы программы DAQ.exe в процессе работы один раз в секунду выводится информация о:

- текущем времени;
- времени, в течение которого проходил прием данных;
- количестве принятых событий;
- длине выходного файла;

Набор данных запускается нажатием клавиши Begin run и может быть приостановлен нажатием Pause Run или завершен нажатием End Run.

Процесс набора данных также может быть закончен при достижении определенных условий, задаваемых в секции Run ends by... Такими условиями могут быть

- а) прием заданного количества событий;
- б) истечение заданного промежутка времени;
- с) событие а) или б), произошедшее раньше.

Количество требуемых событий и время экспозиции могут быть заданы в соответствующих строках ввода.

Формат выходного файла программы DAQ.exe показан на рис. 5. Файл состоит из последовательно расположенных банков данных. Банк содержит название банка (4 ASCII символа), его длину (целое длиной 4 байта) и тело банка.

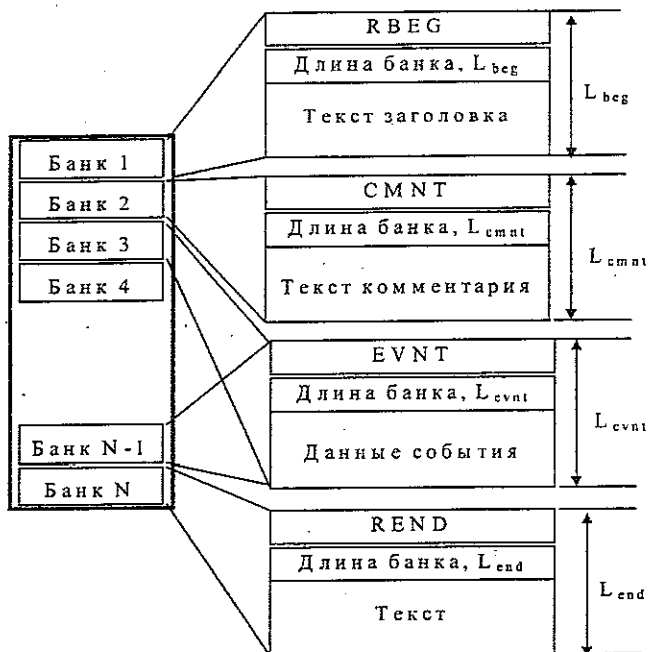


Рис. 5. Структура файла данных.

Первым пишется банк начала экспозиции. Название банка - RBEG. В нем в текстовом формате содержится номер экспозиции, время начала, конца, длительность экспозиции и количество событий. В случае, если экспозиция по каким-то причинам не была нормально завершена, этот банк содержит только номер и время начала.

Далее идет банк комментария (название банка - CMNT). В нем содержится текст, введенный пользователем в окно комментария.

Далее идут банки индивидуальных событий (название банка - EVNT).

Файл данных завершается банком конца экспозиции (название REND) с текстом в теле банка 'Run closed'.

Следует отметить, что файл данных, записанный программой DAQ.exe может быть просмотрен обычным редактором текстов. При этом пользователь может видеть банк начала экспозиции, который, как уже отмечалось ранее, содержит основную информацию о времени начала и окончания экспозиции и банк комментария, в который могут быть записаны комментарии об условиях проведения набора данных.

4. Заключение

Данная система представляет собой законченный пакет программ, позволяющий с лёгкостью для оператора как производить тестирование аппаратуры, так и осуществлять набор данных при проведении эксперимента.

Программы данного пакета снабжены максимально дружелюбными визуальными интерфейсами и предельно просты в обращении, что значительно упрощает процесс обучения оператора.

Данный пакет программ позволяет в кратчайшие сроки и при минимальных усилиях изменить условия проведения измерений, модифицировать схему установки или заменить один электронный блок на другой, легко изменить конфигурацию измерительной аппаратуры, проверить правильность работы вновь установленных или заменённых блоков и т.д. без перекомпиляции программ пакета, что значительно сокращает время, затрачиваемое на переустановку оборудования и проверку его работоспособности.

Исходный текст файла, управляющего сбором данных, представляет собой обычный текстовый файл, состоящий из строк на языке CAMEX и доступный простым редакторам текста, что значительно упрощает его редактирование. Этот файл состоит из интуитивно понятных команд и может сопровождаться комментариями, что значительно облегчает работу с ним.

Одним из многих преимуществ данного пакета является то, что файл с данными, являющийся результатом работы программ набора данных, может быть использован как программами данного пакета, так и другими программами (для дополнительной обработки или иного вида визуализации результата), работающими даже под другими операционными системами, например, это может быть программа PAW, работающая под операционной системой UNIX.

Данный пакет программ неоднократно хорошо зарекомендовал себя при проведении методических исследований.

Литература.

1. Балука Г. «Программа-компоновщик систем автоматизации эксперимента.» ОИЯИ, 10-83-761, Дубна, 1984.
2. PAW. Physics Analysis Workstation. Users Guide. Application Software Group, Computing and Networks Division, CERN Geneva, 1995.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 июня 1999 года.