

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

96-496

P10-96-496

А.С.Никифоров<sup>1</sup>, А.В.Пиляр<sup>2</sup>, А.М.Ермолаев

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ  
НА ОСНОВЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ  
АНАЛОГОВО-ЦИФРОВЫХ ИНТЕРФЕЙСНЫХ ПЛАТ  
И IBM PC

---

<sup>1</sup>E-mail: [nikif@sunhe.jinr.ru](mailto:nikif@sunhe.jinr.ru)

<sup>2</sup>E-mail: [pilyar@sunhe.jinr.ru](mailto:pilyar@sunhe.jinr.ru)

## Введение

В связи со значительным удешевлением персональных компьютеров типа IBM PC возрос интерес пользователей к применению PC для автоматизации научных исследований, тестирования аппаратуры, измерения и контроля параметров в промышленных установках и медицине. В ряде задач имеются единицы сигналов, подлежащих измерению и контролю. Применять в таких системах сбора и обработки данных аппаратуру в стандартах CAMAC, VME, FASTBUS не целесообразно. Более простое решение - использовать аналогово-цифровую интерфейсную карту для PC, которая устанавливается в компьютер и позволяет легко измерять аналоговые и цифровые сигналы с различных датчиков (напряжение, ток, температура, давление и т.д.), а также управлять внешними устройствами (двигатели, реле, источники тока и напряжения и т.д.).

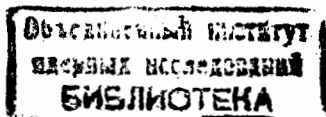
Ряд зарубежных фирм (National Instruments /1/, Advantech /2/, Canberra) предлагают различные аналогово-цифровые платы для персональных компьютеров, при помощи которых можно контролировать и измерять до 16 параметров (табл.1).

Таблица 1

Тип платы	AT-MIO 16E-2	AT-MIO 16E-10	Lab-PC +	PCL-711S
производитель	National Instr.	National Instr.	National Instr.	Advantech
входы АЦП	16один./8дифф.	16один./8дифф.	8один./4дифф.	8одиночн.
частота измерен.	500 кГц	100 кГц	83,3 кГц	30 кГц
разрешение АЦП	12 бит	12 бит	12 бит	12 бит
входной диапазон	$\pm 10; \pm 5; 0 \dots 10\text{В}$	$\pm 10; \pm 5; 0 \dots 10\text{В}$	$\pm 5; 0 \dots 10\text{В}$	$\pm 5\text{В}$
коэфф. усиления	1,2,5,10,20,50,100	1,2,5,10,20,50,100	1,2,5,10,20,50,100	1
число ЦАП	2	2	2	2
разрешение ЦАП	12 бит	12 бит	12 бит	12 бит
цифр. входы/вых.	8	8	24	16

При построении измерительных систем на основе PC определяется конфигурация системы (рис.1), которая включает в себя /1,2/:

- измеряемые сигналы (напряжение, температура, давление и т.д.);
- датчики измеряемых сигналов (термодатчики, датчики давления, поворотные датчики, детекторы и т.д.);
- преобразователи сигналов - приводят электрические сигналы с датчиков к уровням, пригодным для измерения аналогово-цифровыми преобразователями, которые могут потребовать выполнить:
  - а) усиление (деление) измеряемых сигналов;
  - б) изоляцию (оптоизоляцию) сигналов с датчиков для защиты измерительной платы и компьютера от пробоя;
  - в) фильтрацию шумов для уменьшения влияния на измерение;
  - г) линеаризацию измеряемых сигналов с датчиков (аппаратурой или программным путем);
- аналогово-цифровая интерфейсная плата для измерений и управления;
- персональный компьютер (IBM PC);
- программы сбора и обработки данных (Lab View, Lab Windows /1/, DAD-3D /5/).



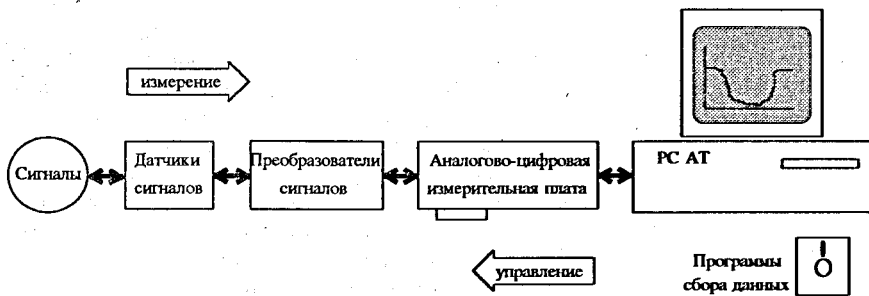


Рис.1. Конфигурация системы измерения и управления на основе IBM PC

### Многофункциональные интерфейсные платы

Разработанные нами аналогово-цифровые интерфейсные платы для IBM PC XT/AT (табл.2) могут применяться в лабораториях - для автоматизации научных исследований; в промышленности - для слежения за процессами и управления механизмами; в медицине - для контроля параметров; а также для автоматизации измерений и тестирования.

Таблица 2

Название платы	Lab-Master	Lab-8	Lab-16	Lab-Maxim
входы АЦП	8 одиночных	8 одиночных	16 одиночных	8 одиночных
частота измерен.	200 кГц	200 кГц	120 кГц	120 кГц
разрешение АЦП	12 бит	12 бит	12 бит	12 бит
входной диапазон	$\pm 2,5В; 0...+5В$	$\pm 2,5В; 0...+5В$	$\pm 5В; \pm 2,5В$	$\pm 5В; \pm 2,5В; 0...+5В$
коэфф. усиления	1, 2, 4, 8	1, 2, 4, 8	1, 10	1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128
входное сопрот.	10 МОм	10 МОм	10 МОм	100 ГОм
запуск	внешн./внутр.	Внешн./внутр.	внешн./внутр.	внешн./внутр.
число ЦАП	4	-	-	1
разрешение ЦАП	10 бит	-	-	12 бит
вых. диапазон	$\pm 5В$	-	-	$0...+5В$
время преобраз.	10 мкс	-	-	5 мкс
цифровые входы	8	8	8	8
цифровые вых.	8	8	8	8

Структурная схема многофункциональной интерфейсной платы Lab-Master для IBM PC XT/AT приведена на рисунке 2.

Плата содержит 8 мультиплексируемых аналоговых входов. Диапазоны измеряемых аналоговых сигналов  $0...+5 В$  или  $\pm 2,5 В$  переключаются программно. Наличие усилителя с программируемым коэффициентом усиления (1, 2, 4, 8) позволяет более гибко проводить измерения входных сигналов.

Устройство выборки-хранения (УВХ), работающее в режиме слежения (так называемый "Track and Hold" /3/), помогает достичь максимального быстродействия и повысить точность при измерении аналоговых сигналов.

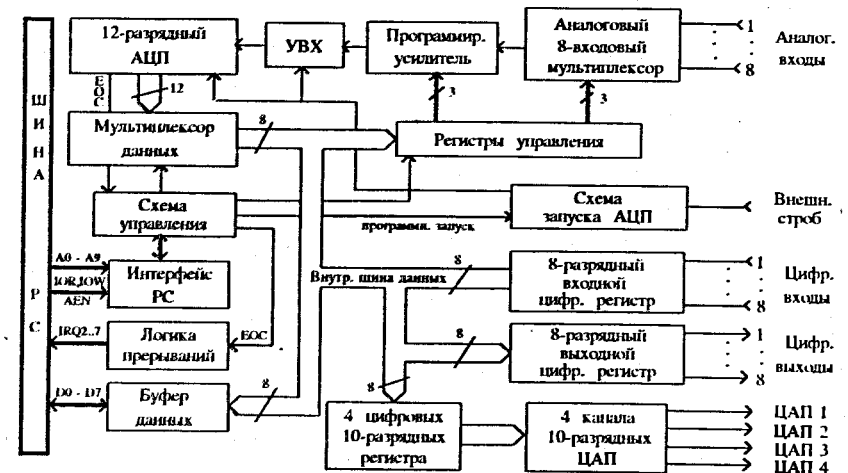


Рис.2. Структурная схема многофункциональной интерфейсной платы Lab-Master

Примененный для измерения аналоговых сигналов быстрый 12-разрядный АЦП последовательного приближения (К1108ПВ2, время преобразования  $t_{пр} = 2 мкс$  /4/) позволяет получить разрешение 2,44 мВ при коэффициенте усиления = 1.

Стробирование преобразования возможно как по программе, так и от внешнего строб-сигнала.

Сигнал из АЦП конец преобразования (ЕОС) контролируется схемой управления и служит для организации чтения содержимого регистров АЦП в PC или для организации прерываний.

Время преобразования аналогового сигнала по одному входу при использовании PC AT-286/87 составило 5 мкс.

Четыре 10-разрядных цифроаналоговых преобразователя (ЦАП) позволяют вырабатывать управляемые функциональные зависимости. Каждый канал выполнен на основе микросхемы умножающего ЦАП К572ПА1А и операционного усилителя К140УД20, позволяющих получить биполярные аналоговые сигналы на выходе /4/. Диапазон вырабатываемых при помощи ЦАП напряжений от -5 В до +5 В, разрешение - 9,77 мВ. Имеющиеся на плате два параллельных 8-разрядных цифровых регистра совместимы по уровням с TTL-сигналами.

Выходной регистр выполнен на основе микросхемы К555ИР23 (SN74LS374) с нагрузочной способностью по каждому выходу 2,5 мА.

Входной регистр выполнен на базе 8-канального буфера К555АП5 (SN74LS244). Интерфейс ввода-вывода PC включает в себя 8-разрядный буфер данных; дешифратор адреса с переключателем на 7 положений для установки базового адреса (Base); дешифратор команд; устройство управления и логику организации прерываний.

Ввод-вывод информации осуществляется программно 8-разрядными словами /6/.

Разработанные модификации многофункциональных плат для IBM PC отличаются числом аналоговых и цифровых входов-выходов (табл.2). Структурная схема платы Lab-Maxim приведена на рис.3. Входная аналоговая часть платы построена на базе микросхемы PGA100 фирмы MAXIM /3/ - программируемого усилителя с 8-канальным аналоговым мультиплексором. В качестве аналогово-цифрового преобразователя применена микросхема 12-разрядного АЦП с устройством "Track and Hold" MAX164 /3/ - для диапазона входных сигналов  $\pm 5V$  (MAX163- 0...+5V, MAX167-  $\pm 2.5V$ ). Выходной аналоговый сигнал формируется при помощи 12-разрядного цифроаналогового преобразователя MAX508 /3/.

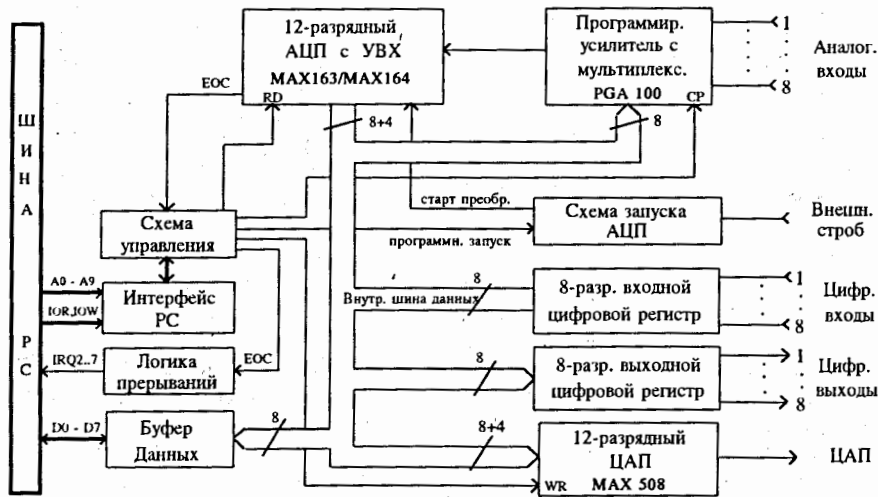


Рис.3. Структурная схема многофункциональной платы Lab-Maxim

Имеющиеся на платах аналоговые входы можно использовать для измерения напряжений, температуры, тока, анализа сигналов и сбора данных.

Аналоговые выходы можно применять для управления процессами и машинами, генерации аналоговых функций, управления источниками тока и напряжения и т.д.

Цифровые входные и выходные сигналы применимы для контроля за состоянием внешних цифровых сигналов, выработки прерываний, переключения внешних цифровых схем и реле.

### Программное обеспечение для систем измерения и контроля

Для разработчиков программного обеспечения интерфейсные платы представляют собой устройства с несколькими портами ввода-вывода /6/. Это позволяет применять как лицензионные программные продукты (Lab View, Lab Windows /1/, Labtech /2/), так и собственные программные пакеты для сбора и обработки данных /5/.

Для систем измерения и контроля аналоговых сигналов нами был адаптирован для IBM PC пакет программ DAD3D /7/. Пакет DAD3D написан на языке Си. Он построен по принципу многоканального анализатора: позволяет вести одновременное наблюдение за поступающими на многофункциональную плату сигналами, изменяющимися во времени от нескольких микросекунд до нескольких суток. В зависимости от конкретного эксперимента эти сигналы либо коррелируют между собой, либо независимы. Возможно измерение и построение функциональных зависимостей сигналов с датчиков, например, напряжение - ток или сопротивление - температура и т.д.: Другими словами, система измерений на основе многофункциональной платы позволяет снимать временные развертки сигналов и функциональные зависимости.

Пакет программ содержит удобный для пользователя интерфейс. Пакет DAD3D поддерживает работу в многооконном режиме. Окна используются для отображения одно- и двумерных гистограмм и функций. При желании пользователь может изменить набор цветов, составляющих элементов окон (шкала, сетка, цифры, гистограммы и т.д.). Для исследования функциональных зависимостей DAD3D позволяет накладывать несколько изображений в окнах друг на друга.

Разработанный механизм двумерных псевдогистограмм предназначен для регистрации и накопления огромного количества событий (до  $10^{13}$ ).

### Заключение

Многофункциональные интерфейсные платы в основном предназначены для систем с небольшим количеством контролируемых сигналов (8-16).

Применение измерительной системы для контроля сигналов с внутренней мишени сверхпроводящего ускорителя НУКЛОТРОН /8,9/ упростило ее настройку. Усиленные сигналы с детекторов излучения (ФЭУ и ВЭУ) представлялись на экране монитора в каждом цикле ускорения, что позволяло оперативно корректировать взаимодействие

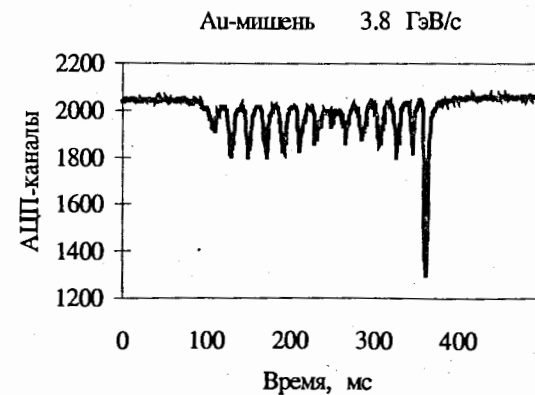


Рис.4. Временная структура взаимодействия Au-мишени с пучком дейтронов с импульсом 3,8 ГэВ/с

пучка с мишенью. При необходимости полученная информация записывалась на диск для последующей обработки. В качестве примера применения системы измерений на рис.4 представлена временная структура светового излучения Au-мишени при ее взаимодействии с потоком релятивистских дейтронов с импульсом 3,8 ГэВ/с во время сеанса на НУКЛОТРОНЕ.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить за полезные обсуждения и помощь в применении системы А.С.Артемова, Н.А.Малахова, А.Новак, Н.В.Пиляра, С.Г.Резникова.

На заключительном этапе работа выполнялась при финансовой поддержке гранта РФФИ 96-07-89328.

#### Литература

1. Instrumentation Reference and Catalogue. National Instruments. Austin, Texas, USA, 1995.
2. Total Solution for PC-based Industrial and Lab Automation, vol. 41. Advantech. San Jose, USA, 1994.
3. MAXIM 1992 New Releases Data Book. Buckeburg, p.7-12.
4. Федорков Б.Г., Телец В.А. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение. М.: Энергоатомиздат, 1990, с. 48, 216.
5. Nikiforov A.S. Proceedings of the XV International Symposium on Nuclear Electronics and International Seminar CAMAC-92, D13-92-581, Dubna, 1993, p.149.
6. Пиляр А.В. Препринт P13-95-59, Дубна, ОИЯИ, 1995.
7. Никифоров А.С. и др..Препринт P10-94-495, Дубна, ОИЯИ, 1994.
8. Артемов А.С. и др.. XIV Совещание по ускорителям заряженных частиц. Сборник докладов, том 2, Протвино, 1994, с. 33-35.
9. Baldin A.M, Abraamyan Kh.U, Afanasiev S.V. et al. JINR Rapid Communications, No.2[65]-94, Dubna, 1994, p.26.

Рукопись поступила в издательский отдел  
27 декабря 1996 года.