

X-654

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

10 - 9801

Хмелевски Ежи

АВТОНОМНЫЕ ПРОГРАММНО-МОДУЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ
В СТАНДАРТЕ КАМАК
ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ
В ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Специальность 05.13.06 - автоматизированные
системы переработки информации и управления

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1976

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель
кандидат технических наук
старший научный сотрудник

И.Ф.Колпаков.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук
кандидат технических наук

Ю.А.Каржавин
Г.П.Жуков.

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Фи-
зический институт Академии наук СССР, Москва.

Автореферат разослан " " 1976 г.
Защита диссертации состоится " " 1976 г.
в час. на заседании Ученого совета Лаборатории
вычислительной техники и автоматизации Объединенно-
го института ядерных исследований, Дубна, Московской
области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических наук

Т.П.Пузынина

В современных физических экспериментах на ускорителях используются сложные системы сбора, обработки и регистрации информации в реальном масштабе времени. Весьма существенными являются и задачи управления отдельными узлами, агрегатами и устройствами как экспериментальных установок, так и самих ускорителей.

Необходимость введения изменений и усовершенствований в первоначально определенные схемы экспериментальных установок, вызываемая изменениями хода самого эксперимента или его промежуточными результатами, привела к разработке и применению системы КАМАК, построенной по блочному принципу ^{/1,2/}. Стандарт КАМАК накладывает ограничения в необходимом минимальном количестве на механику, уровни сигналов и программирование. Разработка систем в этом стандарте заключается в согласовании требований, накладываемых на разрабатываемые модули и системы с реальными возможностями существующей элементной базы при максимально эффективном использовании преимуществ блочного принципа.

На основе стандарта КАМАК создаются прежде всего системы для непосредственной работы на линии с ЭВМ, которая играет роль управляющего устройства, перерабатывающего информацию, и одновременно используется для хранения и выдачи данных ^{/3/}.

Однако в современном физическом эксперименте существует большое количество задач, требующих автономных систем с относительно жесткими программами работы. В таких случаях нет прямой необходимости непосредственного использования ЭВМ для управления системами, и ее функцию может заменить соответствующий автономный контроллер, снабженный необходимыми жесткими программами. Эти системы имеют ряд преи-

муществ. Они намного дешевле систем с ЭВМ, не требуют затрат на программирование. Переход на связь с ЭВМ возможен в дальнейшем путем замены контроллера крейта.

В настоящее время в связи с появлением микропроцессоров и полупроводниковой памяти особенно возрастает роль таких систем, позволяющих реализовать принцип "распределенного интеллекта".

В основу настоящей диссертации положена разработанная в ЛВЭ ОИЯИ с участием автора система стандартных блоков КАМАК^{/4/}, которые предназначены для автономных систем, управляемых специальными контроллерами, и могут использоваться также в системах, управляемых с помощью ЭВМ. В частности, разработанная впервые в социалистических странах автономная система вывода цифровой информации на печать и перфоленду^{/5/} стала основой для ряда других систем.

В диссертации изложены также принципы разработки самих стандартных блоков, некоторые проблемы схемотехнического, методологического и технологического характера и представлены основные автономные бескомпьютерные системы, которые были реализованы в течение 1971 - 1975 гг. в ЛВЭ ОИЯИ с помощью разработанной системы блоков.

В ходе работ, связанных с разработкой и обеспечением производства модулей, была создана система классификации модулей КАМАК, основанная на функциональных особенностях блоков и их назначении^{/26/}. В системе классификации определена методика и принципы присвоения модулям условных обозначений. Система классификации выполнила весьма важную роль при передаче документации в производство.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

В первой главе рассматривается современное состояние стандарта КАМАК. Особое внимание уделяется уточнениям основных требований стандарта в последние годы и их интерпретация, а также упоминается дальнейшая разработка этого стандарта^{/6/}.

Отдельные требования стандарта комментируются с точки зрения практического применения, в частности, команд: X - команда принята, Q - ответ, L - запрос, Z - пуск, C - сброс. Приведен ряд способов использования команд, функций и субадресов. Даны рекомендации по использованию резервных контактов и шин магистрали крейта. Предложен оригинальный метод блочной передачи данных из регистров с ненулевой информацией в стандарте КАМАК^{/8/}. Здесь также рассматривается развитие стандарта по модификации требований к внешним сигналам и по созданию последовательной магистрали КАМАК. В заключении этой главы обсуждаются примеры автономных систем и вопросы дальнейшего их развития^{/12,13/}.

Во второй главе рассматриваются принципы построения программно-управляемых функциональных модулей. Программно-управляемыми функциональными модулями называются модули, управляемые контроллером крейта посредством стандартных команд КАМАК. Модули автономных систем разделены условно на 3 класса^{/10/}:

- модули приема и выдачи информации,
- модули переработки информации,
- модули интерфейсов периферийных устройств.

Определены общие требования, специфические для каждой из групп модулей. Приведены характеристики, относящиеся к вопросам программирования.

Подробный анализ процедуры проектирования функциональных модулей сводит ее к вопросам определения необходимого набора команд, графа состояний блока и его основных узлов.

Выбор используемых команд требует предварительного определения ряда критериев, влияющих на программную совместимость функциональных модулей. Узлы дешифрации команд оптимизируются с целью ограничения количества элементов и минимизации времени срабатывания логических схем. Предложена схема дешифрации команд с объединением неиспользуемых шин F и A. Для этой схемы число корпусов микросхем выражается следующей формулой:

$$M \approx 4m + \frac{3}{4} m \cdot n_F + \frac{1}{2} m \cdot n_A + \frac{1}{3} m \cdot n_{NAF}, \quad /1/$$

где: n_F - число используемых функций, n_A - число используемых субадресов, n_{NAF} - число используемых команд.

Особое внимание уделено модулям интерфейсов периферийных устройств /5/. Рассматриваются требования и ограничения, накладываемые периферийными устройствами, на примерах интерфейсов цифropечатающего устройства и ленточного перфоратора, определены внутренние структуры этих модулей /рис. 1/. Примерами интерфейсов являются модули типа БСП-543 и БСПФ-542/4/. Рассуждения имеют общий характер и применимы к ряду других устройств. Особенно важным является вопрос о границах автономности модулей интерфейсов периферийных устройств. Принятое решение предполагает высокую степень автономности работы модулей, освобождающую тем самым программную нагрузку управляющего контроллера.

В заключении главы обсуждаются вопросы, связанные с методикой наладки и проверки модулей. Для наладки систем был разработан оригинальный магистральный индикатор ИНМ-591/20/, предоставляющий возможность занесения цифровых кодов на шины R магистрали крейта.

В третьей главе рассматриваются принципы организации автономных программно-модульных систем для регистрации информации и задач управления в области физического эксперимента. Автономными называются простые системы, предназначенные для выполнения ограниченного количества задач при неполном участии оператора и без прямой связи с ЭВМ. Эти системы применяются, например, для управления различными устройствами, требующими циклического повторения последовательности действий /12,13/. Для автономных программно-модульных систем характерна относительно жесткая структура, которую определяют специфические требования определенной экспериментальной установки. В главе описана методика, предложенная автором при разработке автономных систем на основе модулей

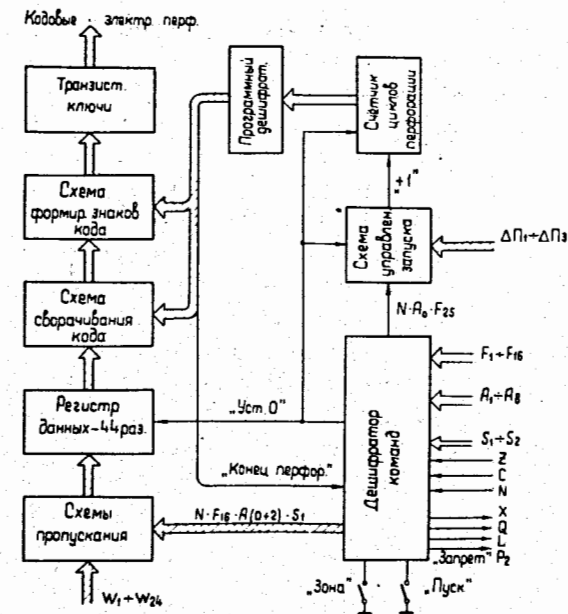


Рис. 1. Внутренняя структура интерфейса ленточного перфоратора.

стандарта КАМАК для Лаборатории высоких энергий. Разработка этих систем ведется соответственно следующим принципам:

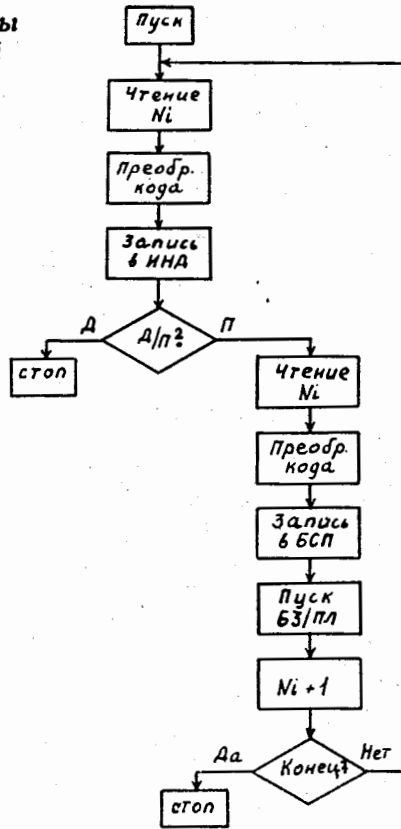
1. Составляется таблица входных и выходных сигналов, в которой указываются необходимая их обработка, скорость /или частота/ приема или выдачи, а также возможные специальные требования. Из данных, собранных в таблице, следует:

2. Сгруппировать сигналы соответственно общности их характеристик или выполняемой функции.

3. Всем сигналам таблицы ставятся в соответствие типы функциональных модулей. Выбирая функциональные модули, следует учитывать одновременно программные характеристики: используемые команды КАМАК и субадреса.

Следующим шагом является:

Рис. 2. Структура программы системы вывода на цифровой индикатор и цифрочасть.



4. Определение обобщенного графа переходов системы, в котором особое внимание обращается на условные переходы и петли.

5. На основе обобщенного графа переходов системы определяется структура программы, обслуживающей функциональные модули и устройства, входящие в состав данной системы /рис. 2/.

Описываемую методику завершает определение требований к контроллеру крейта автономной системы.

В 3 главе основное внимание сосредоточено на автономном контроллере крейта, имеющего структуру, необходимую для обеспечения правильной работы системы

при ограниченном числе программных шагов^{/5/}. Подробно рассматриваются факторы, влияющие на структуру программного контроллера. Определена блок-схема контроллера и выделены все основные функциональные узлы. На основе результатов, полученных при разработке автономной системы для заданного набора модулей, определяется список команд КАМАК, введение которых в схему контроллера необходимо /рис. 3/.

Рассматриваются варианты возможных решений синхронизации работы систем с использованием сигнала L и без него.

Первое решение требует введения ряда дополнительных команд, связанных с идентификацией заявок L и соответствующим вызовом программных операций^{/14/}. Анализ показывает, что в данном случае общее количество команд в программе увеличивается на 50 ÷ 100% по отношению к количеству команд, необходимых во втором решении.

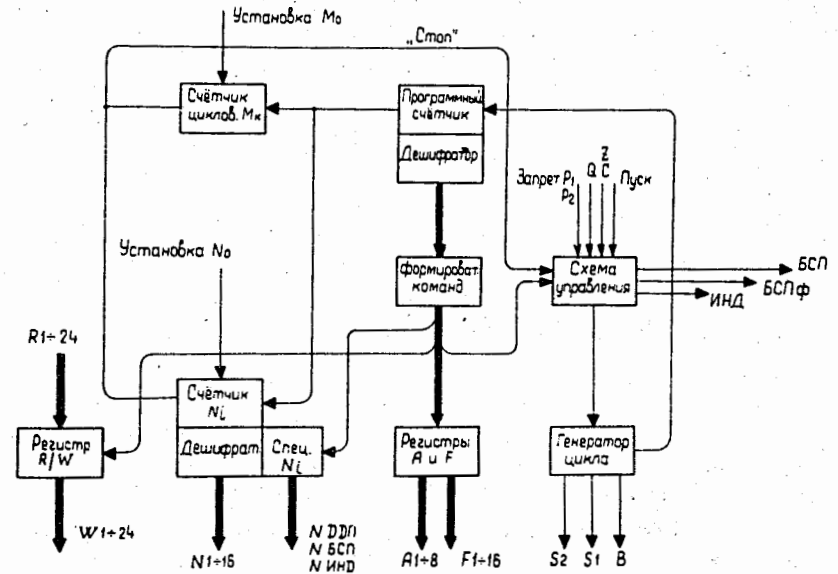


Рис. 3. Внутренняя структура программного контроллера крейта.

Во втором варианте необходимо введение сигналов, позволяющих синхронизировать работу контроллера с циклом работы подключенных посредством соответствующих интерфейсов периферийных устройств. На практике возможно применение смешанного варианта, предполагающего использование ограниченного числа заявок L и синхронизирующих сигналов. В качестве синхронизирующего сигнала используется сигнал типа "Hold" /15,16/, передаваемый через магистраль крейта посредством свободной шины P_2 . В главе приведен анализ способов использования этого сигнала, с указанием его преимуществ и ограничений. Разработанные контроллеры автономных систем, а также модули: интерфейсы периферийных устройств и преобразователи кода используют сигнал "Hold", обеспечивающий надежную синхронизацию работы систем.

Автором предложен способ использования резервной шины P_1 для передачи признака двоично-десятичного кода. Этот способ позволяет размещать в крейте КАМАК модули с двоичным или с двоично-десятичными кодами в любом порядке. Признак кода на шине P_1 вызывает автоматически соответствующее изменение хода программы контроллера крейта.

Проведен расчет общего количества команд N_T , необходимых для обслуживания системы, содержащей n_I регистров с двоичным кодом и n_{II} - с двоично-десятичным:

$$N_T = \sum_{i=1}^{n_I} 13 \cdot a_i + \sum_{j=1}^{n_{II}} 9 \cdot a_j + 48. \quad /2/$$

В четвертой главе рассматриваются примеры автономных систем для физических экспериментов, разработанных с участием автора. Особый упор сделан на рассмотрение системы вывода цифровой информации на печать и перфоленту /16/. Проведен расчет скорости вывода информации в зависимости от числа модулей /рис. 4/.

В случае вывода информации с помощью перфоратора время вывода выражается формулой:

$$T_T = N_M \cdot A_M \cdot \frac{k}{v}, \quad /3/$$

где: N_M - число модулей в крейте, A_M - число субадресов в модуле, k - число строк перфорации на одно слово, v - скорость работы перфоратора.

Разработанная система являлась исходной для ряда других, реализованных в Лаборатории высоких энергий. Примером является система многопараметрического амплитудного анализа с регистрацией. В ней используется сигнал ответа Q для управления выводом только ненулевой информации и сигнал для запуска системы. Для экспериментов, проводимых на стримерной камере СКМ-200, разработана двухкрейтная система сбора, регистрации и индикации цифровой информации /17/. Необходимость расширения системы до двух крейтов, вызванная большим числом модулей, потребовала оригинального решения организации работы /рис. 5/.

Для управления электронным ионным источником КРИОН разработана система многоканального таймер-хронизатора /18/. Один из вариантов его решения был основан на использовании сигналов заявок L . Разработан также другой вариант системы, в котором применен способ цифрового сравнения кодов времени для определения интервалов. Разработан специальный автономный контроллер крейта /19/.

В диссертации рассмотрен ряд других систем, решение которых возможно при сохранении полной автономности работы. К ним принадлежат система координатно-измерительного устройства, система мониторинга профиля пучка ускорителя и ряд других.

В Заключении обсуждены вопросы, связанные с расширением автономных систем. Особое значение имеет здесь вопрос перехода на микропроцессоры и память на БИС.

Основные результаты диссертации заключаются в следующем:

1. Целью работы было создание автономных, программно-модульных систем для регистрации информации

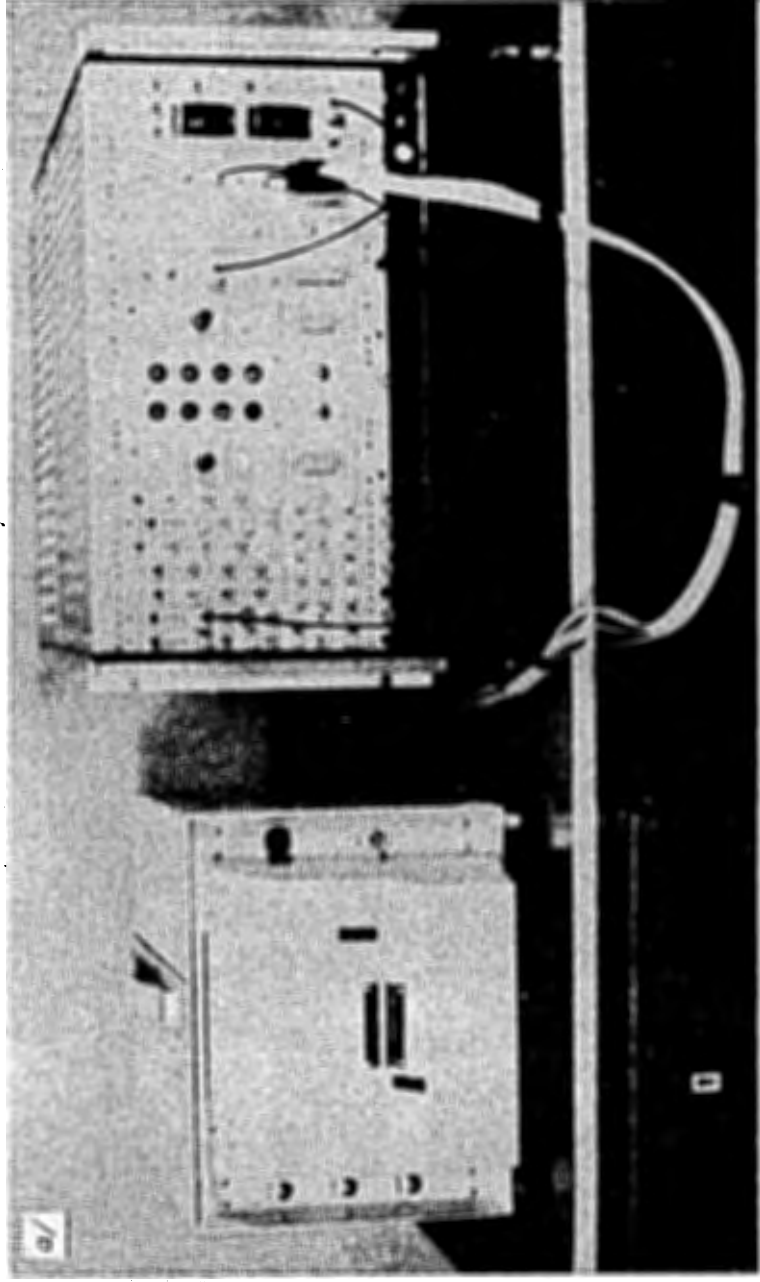
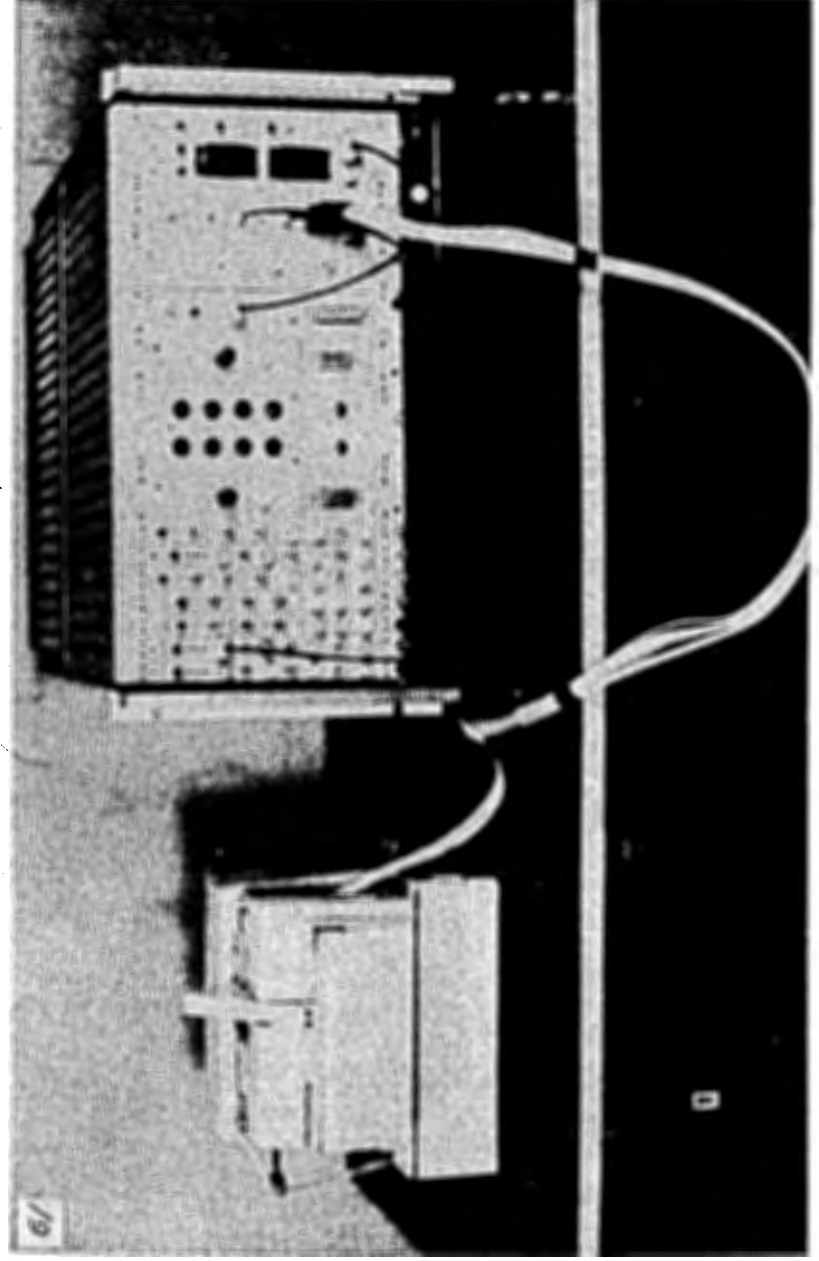


Рис. 4. Общий вид основной системы вывода: ▲ на цифровую печать, ▼ на ленточный перфоратор.



в физическом эксперименте. Первым результатом этой работы стала автономная система регистрации цифровой информации с выводом на десятичный индикатор, цифровая печать и ленточный перфоратор^{3/}, разработанная впервые в социалистических странах.

2. Предложена оригинальная инженерная методика для разработки автономных программно-модульных систем в стандарте КАМАК с использованием метода графов.

3. С помощью разработанной методики создан ряд систем для физических экспериментов. Для экспериментов на стримерных камерах разработаны системы сбора информации с выводом на световое табло и цифровая печать. Однокрепная система предназначена для стримерной камеры "Резонанс". Для большой стримерной камеры СКМ-200 разработана двухкредная система сбора информации с выводом на световое табло, пульт оператора

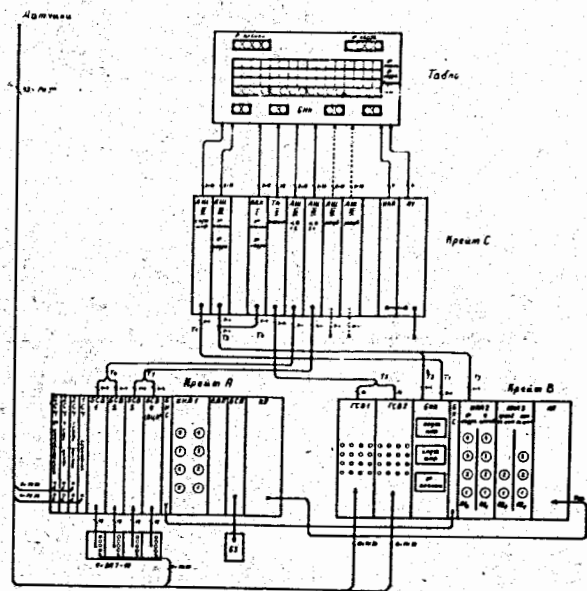


Рис. 5. Блок-схема системы сбора, регистрации и индикации цифровой информации для стримерной камеры СКМ-200.

и цифровая печать. С помощью этой системы было зарегистрировано в 1974 г. 80 тыс. кадров событий.

Для управления ионным источником КРИОН изготовлено 2 комплекта автономных 6-канальных таймеров^{18/} с цифровым управлением задержки импульсов. Системы успешно прошли испытания на стенде источника и в настоящее время используются при разработке и исследовании новых источников.

Разработана система управления координатно-измерительным устройством для жидководородной камеры "Людмила". Для этой системы созданы: специальный реверсивный счетчик типа РСЧ-422^{25/} и релейный регистр типа РУР-501^{21/}.

4. С целью управления автономными системами регистрации и вывода информации разработан программный контроллер крейта КП-641^{4/}. На основе накопленного опыта во время эксплуатации систем вывода на печать разработан модифицированный контроллер типа КП-642. Контроллер является экономичным устройством, необходимым для организации малых однокрепных систем вывода информации, и не имеет аналогов.

Разработаны специальные контроллеры типа ККН-651 и ККН-652 для создания многоканального таймерного устройства системы КРИОН^{19/}.

5. На протяжении 1971÷1975 гг. автором вместе с другими сотрудниками была разработана система совместимых модулей в стандарте КАМАК^{4/}, являющаяся базой для создания современных автономных измерительных систем. При участии автора было разработано свыше 20 функциональных модулей и контроллеров для систем автономных и работающих на линии с ЭВМ. Автором был проведен анализ схемотехнических решений отдельных узлов модулей КАМАК и определены требования к программным характеристикам модулей.

Для систем вывода информации разработан интерфейс ленточного перфоратора ПЛ-150^а, а также изготовлен десятичный индикатор ИНД-521^{4/}. Интерфейс перфоратора БСПФ-542^{4/} характеризуется высокой степенью автономности работы и в этом отношении не име-

ет аналогов в мире. Оригинальной разработкой является выходной регистр с реле типа РУР-501^{/21/}.

Разработан, совместно с другими сотрудниками, ряд модулей для организации ветви: контроллер крейта А-1 типа ККА-811^{/24/}, согласователи ветви СОВ-831 и СОВ-832^{/23/}, а также модуль организации ветви системного крейта типа БОВ-872^{/27/}. Для расширения существующих систем создан модуль связи КАМАК-КАМАК типа БМС-851, совмещающий в себе функции передатчика и приемника линии связи.

Для наладки систем разработан модуль индикатора магистрального типа ИНМ-591^{/20/}, аналогичный модулю типа 1801 фирмы "Borer", но имеющий преимущество - ввод на шины магистрали крейта проверочных, цифровых кодов, сигналов запроса, ответа и т.д., что удобно при наладке систем.

6. Организован мелкосерийный выпуск разработанных модулей. В частности, внедрены в производство: модули интерфейса перфоратора ПЛ-150 типа БСПФ-542; программный контроллер типа КП-642, релейный регистр типа РУР-501, магистральный индикатор типа ИНМ-591, а также 5 типов двоичных и двоично-десятичных счетчиков.

Разработана и передана в производство документация на пробник логических сигналов для проверки и наладки схем на интегральных микросхемах. Особое внимание при этом было уделено вопросам элементной базы, причем для повышения эффективности внедрения в производство количество типов труднодоступных элементов было уменьшено до необходимого минимума.

7. В ходе работ, связанных с созданием и обеспечением производства модулей, была разработана система классификации модулей КАМАК^{/26/}, которая выполнила весьма важную роль при передаче документации в производство.

8. Ряд работ автора нашел широкое применение и вне ОИЯИ. Например, система многопараметрического амплитудного анализа с регистрацией на цифрочасти и перфоленте используется в Радиевом институте им. Хлопина. Система сопряжения двух крейтов применяется в Институте физики земли АН СССР и ряде других.

Результаты работы докладывались на международном симпозиуме по ядерной электронике в Будапеште в 1974 г., на VII Всесоюзной школе по автоматизации научных исследований в Ленинграде в 1974 г., а также на конференции "Модульные электронные системы" в Братиславе /1975 г./ и опубликованы в периодической печати.

Основное содержание диссертации изложено в опубликованных работах /2-5,7,8,16,18-27/.

Литература

1. CAMAC - A Modular Instrumentation System for Data Handling, EUR 4100e, 1972.
2. И.Ф.Колпаков, В.А.Смирнов, Е.Хмелевски. ПТЭ, №2, 1975, стр. 7-16.
3. И.Ф.Колпаков, Е.Хмелевски. ПТЭ, №3, 1975, стр. 7-18.
4. В.А.Арефьев и др. ОИЯИ, Р10-7326, Дубна, 1973.
5. М.П.Белякова, Нгуен Фук, Е.Хмелевски, Л.А.Урманова. ПТЭ, №3, 1974, стр. 72-75.
6. CAMAC - Specification of Amplitude Analogue Signals within a 50 ohm System, EUR 5100e, 1974.
7. В.А.Смирнов, Е.Хмелевски, Е.В.Черных. ОИЯИ, 10-8614, Дубна, 1975.
8. В.А.Смирнов, Е.Хмелевски, Е.В.Черных. ОИЯИ, 10-8615, Дубна, 1975.
9. CAMAC - Serial System Organization, a Description, ESONE/SH/01, Dec. 1973; Addenda and Errata ESONE/SH/03, Nov. 1974.
10. O.Ph.Nicolaysen - Decimal Classification of CAMAC Instrumentation. CAMAC Bull., no 7, July 1973, p. 33 34.
11. И.Ф.Колпаков, Н.М.Никитюк, Л.А.Урманова. ОИЯИ, 11-7005, Дубна, 1973.
12. F.Bal et al. - CADET-A CAMAC Single Crate Read Only System, Type 141 - CERN NP CAMAC Note 48-00, Sept. 1973.
13. L.D.Ward. - The Use of the 7025 Programmed Dataway Controller in CAMAC Systems - Report AERE-R6677, 1971.
14. H.J.Trebst - Methods of Demand Handling - CAMAC Bull. No 4, July 1972, pp. 3 5.
15. F.Iselin, B.Lofstedt, P.Ponting - The Hold and

- Pause Modes for CAMAC Block - Transfers*,
CAMAC Bull. No. 6, March 1973, pp. 27-28.
16. М.П.Белякова, Нгуен Фук, Л.А.Урманова, Е.Хмелевски. *Материалы VII Международного симпозиума по ядерной электронике. Будапешт 17 ÷ 23.IX.1973. ОИЯИ, Д13-7616, Дубна, 1974.*
 17. Б.П.Банник, Ю.Р.Лукстыньш, Э.И.Мальцев и др. *Депонированная публикация ОИЯИ, Б2-1-7113, Дубна, 1973.*
 18. В.И.Илющенко, В.Тушиньски, Е.Хмелевски. *ОИЯИ, 13-7591, Дубна, 1973.*
 19. В.Тушиньски, Е.Хмелевски. *ОИЯИ, 13-8344, Дубна, 1974.*
 20. Е.Хмелевски. *ОИЯИ, Р10-7323, Дубна, 1973.*
 21. Е.Хмелевски. *ОИЯИ, 10-8040, Дубна, 1974.*
 22. Нгуен Фук, Е.Хмелевски. *ОИЯИ, 13-8083, Дубна, 1974.*
 23. Нгуен Фук, Е.Хмелевски. *ОИЯИ, 10-8713, Дубна, 1975.*
 24. М.П.Белякова, Нгуен Вьет Зунг, Е.Хмелевски. *ОИЯИ, 10-8946, Дубна, 1975.*
 25. Нгуен Фук, Е.Хмелевски. *ОИЯИ, 10-8960, Дубна, 1975.*
 26. С.Г.Басиладзе, И.Ф.Колпаков, Е.Хмелевски. *ОИЯИ, 10-8372, Дубна, 1974.*
 27. Нгуен Фук, В.А.Смирнов, Е.Хмелевски. *ОИЯИ, 10-8958, Дубна, 1975.*

Рукопись поступила в издательский отдел
16 июня 1976 года.