

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На правах рукописи

13-90-576

СЕЛИКОВ

Александр Васильевич

УДК 539.1.075

**БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА
ДЛЯ ОТБОРА СОБЫТИЙ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИССЛЕДОВАНИЙ НА УСКОРИТЕЛЯХ**

**Специальность: 01.04.01. - техника физического
эксперимента, физика приборов,
автоматизация физических исследований.**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:
кандидат технических наук

В.М. Гребенюк

Официальные оппоненты:
доктор технических наук
кандидат технических наук

С.Г. Басиладзе
А.И. Климов

Ведущее научно - исследовательское учреждение:
Институт физики высоких энергий, Серпухов.

Защита состоится " " 1991 г.
в час. на заседании специализированного совета Д047.01.03
при лаборатории ядерных проблем Объединенного института
ядерных исследований, Дубна, Московская область.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Специализированного совета
доктор физико - математических наук

Ю.А. Батусов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Представляемая диссертация основана на материалах разработок, выполненных автором в Лаборатории ядерных проблем (ЛЯП) ОИЯИ в период с 1979 по 1990 год.

Актуальность работы обусловлена ее направленностью на разработку современной электронной аппаратуры, используемой в исследованиях на ускорителях заряженных частиц:

- Усложнение экспериментов и активное внедрение непосредственно в эксперимент "on-line" управляющих ЭВМ в современных исследованиях, в частности, проводимых на базовых установках ОИЯИ, потребовало создания универсальных функционально гибких программируемых устройств для систем предварительного отбора событий.

- Современный этап исследований на ускорителях заряженных частиц характеризуется усложнением задач и соответствующим повышением требований к характеристикам времяизмерительных систем. Это привело к необходимости разработки преобразователей время - код как общего применения, так и с характеристиками, ориентированными на отдельные эксперименты.

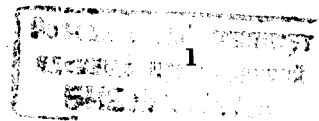
- Необходимость качественной настройки и калибровки электронной аппаратуры для физических исследований в условиях ее серийного производства, а также потребность оперативного поддержания ее в работоспособном состоянии непосредственно в эксперименте, привели к разработкам ряда тестовых и калибровочных устройств.

Цель работы заключается в разработке и внедрении электронной аппаратуры для экспериментов на ускорителях заряженных частиц, и предназначенной для:

- построения многофункциональных программируемых систем первичного отбора событий;
- набора временной спектрометрической информации;
- настройки, тестирования и калибровки измерительных систем.

Научная новизна и положения, выносимые на защиту:

- На основе широкого использования стандартных интегральных схем запоминающих устройств (ЗУ) повышенной степени интеграции впервые в стране разработан функционально законченный комплект программируемых устройств комбинационной логики для первичного отбора событий. Устройства этого комплекта предоставляют физикам-экспериментаторам принципиально новую возможность быстрого создания необходимой логики отбора событий, как оперативно изменяемой программным образом, так и жесткой. Это осуществляется на основе малого числа типов



унифицированных устройств с широкими функциональными возможностями. Устройства не уступают зарубежным разработкам подобного назначения по быстродействию, выгодно отличаясь функциональной полнотой, включая в себя логические модули как с оперативно изменяемыми, так и с фиксированными функциями.

- На основе анализа задач, возникающих в ходе исследований на экспериментальных установках ЛЯП ОИЯИ, обоснованы требования к параметрам устройств для временных измерений и разработан комплект из трех время-цифровых преобразователей (ВЦП). Предложенные схемотехнические решения позволили обеспечить в условиях серийного производства устройств повторяемость высоких характеристик, удовлетворяющих требованиям временной спектрометрии.

- Предложена методика анализа схем кварцевых генераторов на элементах эмиттерно-связанной логики. С ее использованием разработана оригинальная схема двухкаскадного кварцевого генератора с двумя частотоизбирательными цепями, работающего на высших гармониках кварцевого резонатора, вплоть до одиннадцатой. Разработанная схема до настоящего времени не имеет аналогов в литературе. Выработаны рекомендации по расширению диапазона генерируемых частот при применении новых более быстродействующих интегральных схем.

- Решена задача автоматизации тестирования и калибровки электронной аппаратуры как непосредственно на экспериментальных установках, так и на рабочих местах разработчиков. Для этого:

а) Разработан оригинальный функционально полный комплект модулей, предназначенный для автоматизированного тестирования и калибровки времяизмерительных систем. Устройства комплекта позволили отказаться от громоздких традиционных установок с ФЭУ и радиоактивными источниками, обычно использовавшимися ранее для этой цели.

б) Предложен и осуществлен новый модульный принцип реализации программируемых устройств, выполняющих функции стандартных контрольно-тестовых приборов (генераторов серий импульсов, цифровых одновибраторов, функциональных генераторов и др.). Он основан на использовании значительных функциональных возможностей ранее разработанных автором серийных программируемых модулей комбинационной логики, имеющих в своем составе ЗУ. При этом, помимо основного назначения этих устройств, расширяется область их применения.

Практическая ценность работы состоит в том, что разработанная аппаратура нашла применение в экспериментах, проводимых на установках ОИЯИ (например, "ТРИТОН", "АРЕС", "МЮСПИН", "ГИПЕРОН", "МЕГА", "СФЕРА" и др.) и других ведущих исследовательских институтов СССР (МИФИ, ИАЭ им. Курчатова, НИИЭТ, ЦНИИЧЕРМЕТ и др.), а также стран - участниц ОИЯИ (НРБ, ИЯИ и ЯЭ Болгарской Академии Наук).

Разработанные приборы позволили создать компактные и надежные системы электронного отбора событий, которые обусловили получение важных физических результатов в различных экспериментах. Устройства также применяются на рабочих местах разработчиков электронных систем для настройки и калибровки аппаратуры. Разработанные модули обеспечены документацией и, за исключением специализированных устройств, ориентированных на требования конкретных экспериментов, производятся в Опытном Производстве ОИЯИ. К концу 1990 года выпущено и передано пользователям более 150 блоков 17 наименований.

Апробация работы и публикации.

Основные результаты работ, вошедших в диссертацию и опубликованных в виде журнальных статей, препринтов и сообщения ОИЯИ /1-13/, обсуждались на научно-методических семинарах Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, докладывались на 4 Всесоюзном семинаре по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях /5/, на 13-ом (Варна, НРБ, 1988 г.) /8/ и 14-ом (Варшава, ПР, 1990 г.) /13/ международных симпозиумах по ядерной электронике.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Работа содержит 130 страниц машинописного текста, 4 таблицы, 56 рисунков. Она содержит также библиографический список литературы из 237 наименований и Приложение, включающее в себя полные технические характеристики устройств, вошедших в материал диссертации.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Во введении сформулированы цель работы, её актуальность и научная новизна, приведен краткий обзор содержания диссертации.

Глава I освещает вопросы разработки многофункциональных логических устройств для систем предварительного отбора событий.

В разделе I.1., на основе обзора литературы, обоснована необходимость и перспективность разработок и внедрения многофункциональных программируемых логических устройств для этих систем. Исходя из состояния ведущихся и планируемых в ОИЯИ экспериментов, обоснована задача разработки подобных устройств и отмечена перспективность их выполнения на быстродействующих интегральных схемах запоминающих устройств (ЗУ) повышенной степени интеграции.

Как результат анализа характеристик современных доступных быстродействующих интегральных схем ЗУ, на основе которых выполняются программируемые логические устройства, определены параметры разрабатываемых многофункциональных логических устройств и области эффективного их использования. Проанализирована конфигурация

потенциального типа для выполнения этих устройств. На основе анализа сделан вывод, что применение многофункциональных программируемых логических модулей, разрабатываемых на основе отечественных быстродействующих интегральных схем ЗУ, целесообразно при интенсивностях мониторинговых сигналов от $2 \cdot 10^6$ I/сек для наиболее быстродействующих ЗУ до $1 \cdot 10^6$ I/сек для ЗУ большего объема, но с меньшим быстродействием (при коэффициенте просчетов около 5%). В случае более высоких входных интенсивностей целесообразно включение этих устройств после традиционных импульсных систем наносекундной логики, понижающих интенсивность до приемлемых значений.

Кратко рассмотрены вопросы совместимости описываемых в работе логических устройств с наносекундными блоками импульсного типа стандарта КАМАК серии К300, разработанными ранее в ЛЯП ОИЯИ.

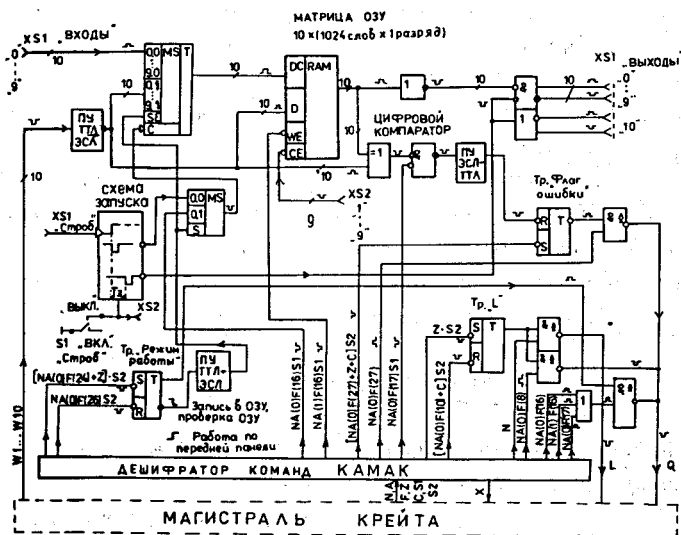


Рис.1. Функциональная схема блока "Матрица 10*10" КЛ319.

В разделе 1.2. изложены результаты разработок и использования устройств, предназначенных для работы в составе аппаратуры физических экспериментов на уровне предварительного отбора событий. Устройства представляют собой программно - управляемые многофункциональные блоки как с фиксированными, так и с оперативно изменяемыми функциями, реализующие произвольный набор комбинационных логических функций. Основу модулей составляют матрицы быстродействующих ЗУ, причем в блоках с программируемыми функциями используются ОЗУ, с фиксированными - ППЗУ (постоянные программируемые запоминающие устройства). При работе устройств совокупность одновременно поступивших на входы блоков

сигналов составляет адрес на входах матриц ЗУ. Логическая обработка входных сигналов происходит в соответствии с таблицами истинности (программами), предварительно заносимыми в ЗУ этих блоков. Часть блоков может быть использована, помимо своего основного назначения, в составе аппаратуры автоматизированного рабочего места (АРМ) для тестирования и калибровки электронных систем (см. главу 3).

В состав разработанных устройств входят как логические модули общего применения, так и специализированные блоки, ориентированные на требования конкретных экспериментов.

В разделе 1.2.1. даны описания многофункциональных логических устройств общего применения. Разработанные модули не уступают зарубежным образцам по основным параметрам (в конце раздела дана таблица характеристик устройств в сравнении с известными из литературы разработками), выгодно отличаясь наличием в их составе модуля с фиксированными функциями. В комплект входят как блоки, позволяющие осуществлять относительно сложные функции отбора (например, "Матрица 10*10", см. рис.1; "Матрица 15*1"), так и менее функционально насыщенные, но с более высоким быстродействием ("Матрица 6*6"). Блок "Матрица 8*8" КЛ324, выполненный, в отличие от остальных модулей, на основе ППЗУ, помимо основного своего режима работы в крейте КАМАК, позволяет производить логическую обработку сигналов по предварительно отработанной программе в отдаленных местах экспериментальной установки, вне связи с ЭВМ через магистраль КАМАК. Стандартный набор команд КАМАК способствует унификации программного обеспечения для обслуживания блоков в составе аппаратуры экспериментальных установок. Устройства выполнены в виде блоков КАМАК единичной ширины. Перечень характеристик разработанных устройств представлен в таблице I (стр.6).

Представляемые в разделе 1.2.2. специализированные многофункциональные логические устройства разрабатывались для конкретных экспериментов, проводимых на установках ЛЯП ОИЯИ. В связи с этим, изложение материала дано в сочетании с краткими описаниями аппаратуры соответствующих установок. Приведены материалы, иллюстрирующие эффективность использования разработанных устройств.

В разделе 1.2.2.1., после рассмотрения конфигурации аппаратуры отбора событий в экспериментах по мю-катализу, дано описание блока "Ворота" КЛ331 /12,*/ , предназначенного для выработки сигнала запуска в экспериментах на пучках положительных и отрицательных мюонов. Использование быстродействующих ППЗУ в составе устройства позволило разработать достаточно универсальный блок. Изготовлено три экземпляра

* Гилев А.И., Ивановский С.А., Зинов В.Г., Руденко А.И., Селиков А.В. Сообщение ОИЯИ Р13-90-452, Дубна, 1990.

Таблица I. Многофункциональные логические устройства общего применения.

Наименов. \ Параметр	"Матрица 10*10" КЛ319	"Матрица 8*8" КЛ324	"Матрица 6*6" КЛ328	"Матрица 15*1" КЛ332
Организация				
Кол. входов	10	8	6	15
Кол. функций	10	8	6	1
Тип используемо- го ЗУ	ОЗУ К500РУ415/ /К500РУ415А	ППЗУ К500РЕ149/ /К1500РТ416	ОЗУ К500РУ148	ОЗУ К500РУ470
Время решения, не более	40 нс/30нс	40 нс/30нс	25 нс	40 нс
Публикации	/5-8/	/5-8/	/7,8/	/12/

устройства для экспериментов с остановившимися мюонами, проводимых на трех установках ЛЯП ОИЯИ ("ТРИТОН", "МЕГА", "МЮСПИН"), и имеющих сходные требования к системе предварительного запуска. В соответствии с требованиями экспериментов по мю-катализу (установка "Тритон"), блок "Ворота" КЛ331 формирует интервал регистрации (сигнал "Ворота") по предварительному зашиту в ППЗУ устройства условию и осуществляет блокировку наложений предыдущих и последующих частиц пучка в интервале за 5 мкс до момента остановки мюона (защита "До") и в течение 10 мкс после момента остановки мюона (защита "После", в течение ворот). Описанная в разделе система отбора событий, в состав которой входит блок "Ворота" КЛ331, показала надежную работу в длительных многосуточных сеансах на фазотроне ЛЯП ОИЯИ при проведении ряда экспериментов по мю-катализу и обеспечила конкурентоспособность работ на фазотроне с работами на мезонных фабриках.

В разделе 1.2.2.2., после рассмотрения конфигурации аппаратуры спецпроцессора для анализа прямых треков частиц эксперимента по исследованию процессов пион-ядерных взаимодействий на спектрометре "АРЕС", дано описание блока "Матрица (4*6)*1" КЛ334 /12,*/.

* Козьякин Д.В., Кучинский Н.А., Селиков А.В., Смирнов В.С.
Сообщение ОИЯИ Р13-90-199, Дубна, 1990.

Блок представляет собой специализированное многофункциональное логическое устройство с программируемыми функциями отбора и предназначен для использования в составе спецпроцессора в качестве его решающей части. Использование в модуле матричной логики для выработки решения позволило обеспечить требуемое время решения всего спецпроцессора на уровне 55 нс. Модуль позволяет анализировать прямые треки частиц по результатам их прохождения через две годоскопические плоскости: X1-Y1 и X2-Y2, каждая из которых может содержать до 64 детекторов по координатам X и Y. Основу блока составляет матрица оперативного запоминающего устройства (ОЗУ), выполненная на трех микросхемах типа К1500РУ470, выходы которых соединены методом "проводного И". Первая микросхема ОЗУ производит анализ события по координатам X2-X1, вторая - по координатам X1-Y1, третья - по координатам Y1-Y2. Анализ производится по программе (таблице истинности), предварительно занесенной в ОЗУ блока в режиме "Запись и проверка ОЗУ". В таблице истинности устанавливаются все разрешенные комбинации четырех кодов с плоскостей X и Y многопроводных камер, определяющих траектории пролетающей частицы.

Описанный в разделе трековый спецпроцессор, в состав которого входит блок "Матрица (4*6)*1" КЛ334, в эксперименте обеспечил коэффициент отбора событий на уровне 10.

В главе 2, после краткого обзора методов измерений временных интервалов и наиболее часто используемых в технике ядерно - физического эксперимента типов ВЦП, изложены результаты разработок и эксплуатации устройств, предназначенных для временных измерений. Среди них - три преобразователя время - код: КА304, КА326, КА330. Дано также описание кварцевого генератора КВ311, используемого в качестве внешнего тактового генератора для разработанных ВЦП. Все описываемые в разделе устройства выполнены в виде блоков КАМАК единичной ширины.

Эксперименты, проводимые на пучках положительных и отрицательных мюонов (например, на установках "ТРИТОН", "МЮСПИН"), предъявляют жесткие требования к дифференциальной нелинейности ВЦП, наряду с умеренным разрешением на уровне (5-10)нс. Для обеспечения таких экспериментов разработан двухканальный ВЦП КА304 /2,13/ (раздел 2.2.1.), использующий счетно-импульсный метод преобразования, основанный на заполнении измеряемого интервала импульсами генератора стабильной частоты с последующим подсчетом их количества. Ряд схемных решений, среди которых - использование в преобразователе "время - серия" двухступенчатой схемы синхронизации, позволили получить дифференциальную нелинейность на уровне $\pm 0,5\%$ (в работе оценка этой величины для всех описываемых ВЦП дается по максимальному разбросу

В разделе 2.2.4.1., на основе предложенной методики анализа схем кварцевых генераторов на ЭСЛ-элементах, проанализирована традиционная схема генератора с использованием параллельного частотоизбирательного L-С контура и предложена схема двухкаскадного кварцевого генератора /13/ (рис.3). Построение схемы на двух усилительных элементах с включением двух частотоизбирательных цепей последовательного типа привело к возможности надежного возбуждения генератора на любой из высших гармоник кварцевого резонатора, вплоть до одиннадцатой, с частотами генерации до 314 МГц.

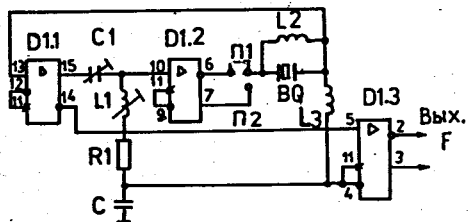


Рис. 3. Функциональная схема двухкаскадного кварцевого генератора с двумя частотоизбирательными цепями.
DI - интегральная схема К500ЛП216.

Описанная схема генератора использована в ряде серийных АЦП /например, *,**/.

На основе предложенной методики анализа выработаны рекомендации по расширению диапазона генерируемых частот разработанной схемы генератора при применении новых более быстродействующих серий интегральных схем.

Блок KB311 /1,13/ представляет собой серийный модуль, генераторная часть которого построена на основе микросхемы К500ЛМ101 по разработанной двухкаскадной схеме с двумя частотоизбирательными цепями (раздел 2.2.4.2.). Устройство предназначено для использования в качестве генератора серии для ВЦП и АЦП, а также в качестве тактового генератора в быстродействующих системах сбора и обработки информации. Максимальная частота генерации блока KB311 - 200 МГц (7-я гармоника кварцевого резонатора) при температурной нестабильности не более $1 \cdot 10^{-6}$ 1/°C в интервале температур (+10...+60)°C. Количество выходов - 10, из них 8 - с основной частотой F; один - с частотой F/2 и 1 выход - с частотой F/4. Уровни выходных сигналов - по стандарту NIM.

В главе 3 дано описание модулей, обеспечивающих качественную работу ВЦП, их настройку и калибровку как непосредственно на экспериментальных установках, так и на рабочих местах разработчиков аппаратуры. Приведено также описание результатов разработок и

* Динь Ши Хьен и др. Сообщение ОИЯИ 13-85-817, Дубна, 1985.

** Антюхов В.А. и др. Сообщение ОИЯИ P10-86-854, Дубна, 1986, с.4.

использования устройств, предназначенных для тестирования, настройки и калибровки измерительных систем в составе автоматизированного рабочего места (АРМ) для настройки электронной аппаратуры.

В разделе 3.1. дается краткий обзор методов и устройств, применяемых для тестирования времяизмерительных систем.

В разделе 3.2. приведены описания разработанных блоков для тестирования и калибровки времяизмерительных систем: генератора импульсов, случайно распределенных во времени КА316 и многостопового генератора "Старт-Стоп" КА333.

Блок КА316 /3,13/ представляет собой генератор импульсов, временное распределение которых подчиняется закону Пуассона (раздел 3.2.1.). В этом устройстве, использующем в качестве источника шума полупроводниковый p-n переход, работающий в режиме лавинного пробоя, стабилизация средней интенсивности выходных импульсов осуществляется цифровой схемой стабилизации. Простыми схемотехническими средствами обеспечены следующие характеристики прибора: максимальная интенсивность выходных импульсов - $20 \cdot 10^6$ (имп./сек.), минимальная - 10 имп./сек., точность поддержания средней выходной интенсивности - $\pm 5\%$. Для удобства эксплуатации весь диапазон интенсивностей разбит на 16 поддиапазонов. Внедрение этого устройства в рамках ОИЯИ для тестирования и калибровки систем для временных измерений позволило отказаться от громоздких традиционных установок с ФЭУ и радиоактивными источниками, обычно использовавшимися ранее для этой цели.

Для калибровки разработанных серийных многостоповых ВЦП предложен мультистоповый генератор "Старт-Стоп" КА333 /11,13/ (раздел 3.2.2.), работающий совместно с образцовым кварцевым генератором KB311. При запуске устройства от блока КА316 во время тестирования ВЦП моделируются условия реального эксперимента. В блоке реализуются два режима работы: режим постоянной серии и режим "бегущий стоп". Эталоны для калибровки ВЦП служат временные интервалы между сигналами "Старт" и "Стоп", а также между сигналами "Стоп". Максимальное количество импульсов в серии "Стоп" - 15, максимальная частота внешнего образцового генератора - 100 МГц (минимальный период калибровочной сетки - 10 нс).

Блок КА333, совместно с блоком КА316 и кварцевым генератором KB311, образуют единый функционально законченный комплект для тестирования и калибровки устройств для временных измерений (рис.4). Положительной особенностью этой конфигурации является то, что она построена по модульной структуре и набирается из блоков, каждый из которых в отдельности предназначен для своих целей и обязательно присутствует в

минимально рекомендуемом стандартном наборе приборов на рабочих местах разработчиков систем для временных измерений.

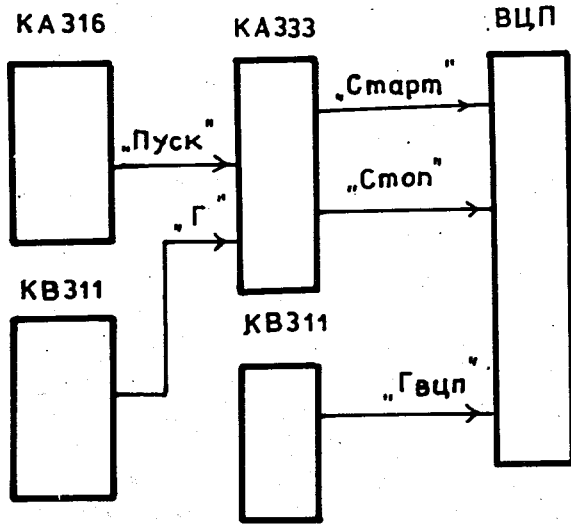


Рис.4. Комплект для тестирования и калибровки время - цифровых преобразователей.
ВЦП - время-цифровой преобразователь.

Описываемые в разделе 3.3. устройства, наряду с системой калибровки временных измерителей (см. рис.4), под управлением ПЭВМ, составляют аппаратную основу АРМ, позволяющего автоматизировать процесс настройки и калибровки электронной аппаратуры. В их состав входят: многофункциональный регистр КЛ320; импульсный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) КА327; программатор ЭСЛ - микросхем ППЗУ (постоянные программируемые запоминающие устройства) КП318.

Блок многофункционального регистра КЛ320 /5-8/ (раздел 3.3.1.), совместно с одним из модулей комбинационной логики "Матрица": КЛ319, КЛ324, КЛ328 (см. главу I) - в составе АРМ реализует функции таких программируемых устройств последовательного типа, как цифровой одновибратор, многофазный генератор, генератор серии импульсов и др. При этом используются значительные функциональные возможности ранее разработанных серийных многофункциональных устройств комбинационной логики, имеющих в своем составе ЗУ, при распространении их применения на область последовательной логики.

Принцип работы системы заключается в последовательном сканировании блоком многофункционального регистра КЛ320 адресов и опросе ЗУ задействованного модуля "Матрица", в которое предварительно заносится необходимая программа работы (таблица истинности). Моменты появления выходных сигналов (в режиме многофазного генератора) и количество тактов работы (в режиме цифрового одновибратора и генератора серии

импульсов) полностью определяются задействованной таблицей истинности. Количество тактов работы в одном рабочем цикле при работе с блоком "Матрица 10*10" КЛ319: в режиме многофазного генератора - 1024; в режиме цифрового одновибратора и генератора серии импульсов - 10240. Минимальная длительность такта при работе с блоком КЛ319 - 60 нс.

Блок КА327 /7.8/ (раздел 3.3.2.) представляет собой быстродействующий цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) и предназначен для построения программируемого функционального генератора при совместной его работе с одним из модулей комбинационной логики КЛ319, КЛ324 или КЛ328 и блоком многофункционального регистра КЛ320. Модуль может использоваться самостоятельно для формирования испытательных импульсов с программируемой амплитудой. Устройство выполнено на основе трех 8-разрядных ЦАП типа К1118ПА1А, с независимой подстройкой опорных токов. В результате блок имеет динамический диапазон 10-разрядного и нелинейность 8-разрядного ЦАП на уровне $\pm 0,2\%$. В блоке имеется два выхода: "Выход 1" - токовый, "Выход 2" - потенциальный. Время установления выходного сигнала по выходу 1 с точностью до $\pm 0,2\%$ от максимального значения 100 мА - 30 нс. Время установления выходного сигнала по выходу 2 с точностью до $\pm 0,2\%$ от максимального значения 10 В - 80 нс.

На рис.5 представлена структурная схема быстродействующего программируемого функционального генератора на основе блока "Матрица 10*10" КЛ319, используемого в составе АРМ (раздел 3.3.2.1.). Блок КЛ320 осуществляет временную развертку путем последовательного сканирования адресов ОЗУ модуля КЛ319. В каждом такте работы амплитуда выходного аналогового сигнала определяется 10-разрядным кодом, поступившим на вход блока КА327 из модуля КЛ319. При этом возможно программное управление параметрами выходного сигнала путем перезаписи как отдельных ячеек ОЗУ блока КЛ319, так и всей программы в целом.

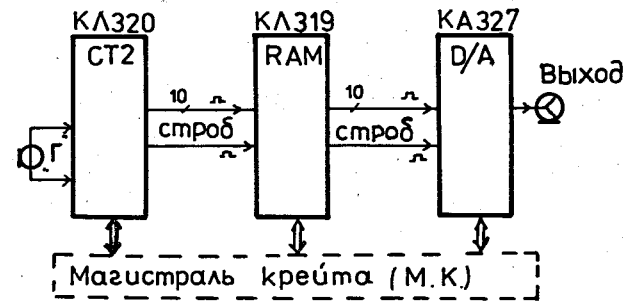


Рис.5. Структурная схема программируемого функционального генератора.

Использование программируемого функционального генератора в

составе АРМ для моделирования тестовых аналоговых сигналов с фрагментами быстрой и медленной компонент сигнала с детектора значительно сократило время и улучшило качество подготовки многоимпульсной системы ($n\text{-}J$) разделения на основе параллельного АЦП перед ее включением в состав аппаратуры отбора события в экспериментах по мю-катализу (установка "Тритон") /*/.

В заключительном разделе 3.3.3. дано описание блока-программатора КП318 /7/, являющегося серийным вариантом блока КП313 /4/. Устройство предназначено для занесения информации в ЭСА-ППЗУ (постоянное программируемое запоминающее устройство) типа К500РЕ149 и К1500РТ416, нашедшее широкое применение в многофункциональных устройствах первичного отбора событий.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ.

I. Обоснована задача создания программируемых многофункциональных устройств комбинационной логики для систем первичного отбора событий. На основе широкого использования стандартных интегральных схем запоминающих устройств (ЗУ) повышенной степени интеграции, разработаны:

а) комплект из четырех модулей (блоки КЛ319, КЛ324, КЛ328, КЛ332), представляющих собой программно - управляемые многофункциональные устройства комбинационной логики общего применения. Устройства этого комплекта предоставляют физикам-экспериментаторам принципиально новую возможность быстрого создания необходимой логики отбора события, как оперативно изменяемой программным образом, так и жесткой.

б) два специализированных программируемых многофункциональных логических устройства (блоки КЛ331, КЛ334), ориентированных на требования отдельных экспериментов и составляющих основу их систем отбора событий.

2. Разработан комплект из трех преобразователей время-код (блоки КА304, КА326, КА330), обладающих высокими измерительными (например, дифференциальная нелинейность $\pm 0,5\%$ при ширине канала 5нс.) и эксплуатационными характеристиками, удовлетворяющими требованиям временной спектрометрии.

* Зинов В.Г., Лончки Е., Руденко А.И. Препринт ОИЯИ 13-89-466. Дубна, 1989.

3. Разработана схема генератора, работающего на высших гармониках кварцевого резонатора, вплоть до одиннадцатой. На ее основе спроектирован блок кварцевого генератора КВ311, используемый для тактирования ВЦП и АЦП в быстродействующих системах сбора и обработки информации экспериментальных установок.

4. Решена задача автоматизаций тестирования и калибровки электронной аппаратуры как непосредственно на экспериментальных установках, так и на рабочих местах разработчиков. Для этого:

а) Разработан оригинальный комплект модулей, предназначенных для тестирования и калибровки времяизмерительных систем: генератор импульсов, случайно распределенных во времени КА316 и многостоповый генератор образцовых интервалов времени КА335. Внедрение этих устройств позволило значительно упростить процесс тестирования систем для временных измерений.

б) Осуществлен новый модульный принцип реализации программируемых устройств, выполняющих функции стандартных контрольно - тестовых приборов. Разработаны: блок многофункционального регистра КЛ320 и импульсный цифро-аналоговый преобразователь КА327. В сочетании с одним из модулей комбинационной логики они составляют аппаратную основу АРМ для настройки электронных приборов.

5. Основная часть разработанных устройств внедрена в серийное производство. К концу 1990 года выпущено и передано пользователям более 150 блоков 17 наименований.

6. С использованием разработанной аппаратуры поставлен ряд экспериментов, проводимых на установках ОИЯИ и стран-участниц, а также других ведущих исследовательских институтов СССР. Разработанные приборы позволили создать компактные и надежные системы электронного отбора событий, которые обусловили получение важных физических результатов в различных экспериментах. Предложенные устройства составляют основу электронной аппаратуры ряда физических установок, создаваемых в настоящее время. Тестовые устройства используются на экспериментальных установках и на рабочих местах разработчиков электронных систем для настройки и калибровки аппаратуры.

Работы, опубликованные по теме диссертации:

1. Селиков А.В. Кварцевый генератор на 200 Мгц. Сообщение ОИЯИ 13-81-844, Дубна, 1981.
2. Гребенюк В.М., Зинов В.Г., Селиков А.В. Двухканальный преобразователь временных интервалов в цифровой код. Сообщение ОИЯИ 13-82-713, Дубна, 1982.
3. Зинов В.Г., Селиков А.В. Генератор импульсов, случайно распределенных во времени. Препринт ОИЯИ 13-84-48, Дубна, 1984; ПТЭ, 1985, №1, с.110-113.
4. Селиков А.В. Программатор для ПЗУ К500РЕ149. Сообщение ОИЯИ 11-84-105, Дубна, 1984.
5. Гребенюк В.М., Зинов В.Г., Селиков А.В. Программируемые наносекундные логические модули с расширенными функциональными возможностями. В сб.: 4 Всесоюзный семинар по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях 29 июля - 1 августа 1986 г. (тезисы докладов). Протвино, ИФВЭ, 1986, с.40-41.
6. Зинов В.Г., Селиков А.В. Быстродействующие логические модули с программируемыми функциями. Препринт ОИЯИ 13-86-474, Дубна, 1986; ПТЭ, 1987, №5, с.81-85.
7. Борейко В.Ф., Валуев Ю.М., Гребенюк В.М., Зинов В.Г., Кожевников Ю.А., Руденко А.И., Селиков А.В. Быстродействующие блоки в стандарте КАМАК. (Выпуск 2). Сообщение ОИЯИ Р10-87-827, Дубна, 1987.
8. Зинов В.Г., Селиков А.В. Быстродействующие модули с программируемыми функциями в стандарте КАМАК. В сб.: 13 Международный симпозиум по ядерной электронике, Варна, 12-18 сентября, 1988 г. Д13-88-938, Дубна, 1988, с.238-242.
9. Зинов В.Г., Селиков А.В. Многоstopовый преобразователь время - код. Препринт ОИЯИ Р10-88-505, Дубна, 1988; ПТЭ, 1989, №5, с.136.
10. Зинов В.Г., Селиков А.В. Многоstopовый преобразователь время - код с интерполятором на основе параллельного АЦП. Препринт ОИЯИ Р10-89-764, Дубна, 1989.
11. Зинов В.Г., Селиков А.В. Многоимпульсный генератор для калибровки время - цифровых преобразователей. Препринт ОИЯИ Р13-90-215, Дубна, 1990.
12. Валуев Ю.М., Гребенюк В.М., Селиков А.В. Быстродействующие блоки в стандарте КАМАК. (Выпуск 3). Сообщение ОИЯИ Р10-90-266, Дубна, 1990.
13. Гребенюк В.М., Селиков А.В. Набор блоков для временных измерений, разработанных в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Препринт ОИЯИ Р10-90-335, Дубна, 1990.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 декабря 1990 года.