



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна

5834/83

9/11-83

13-83-435

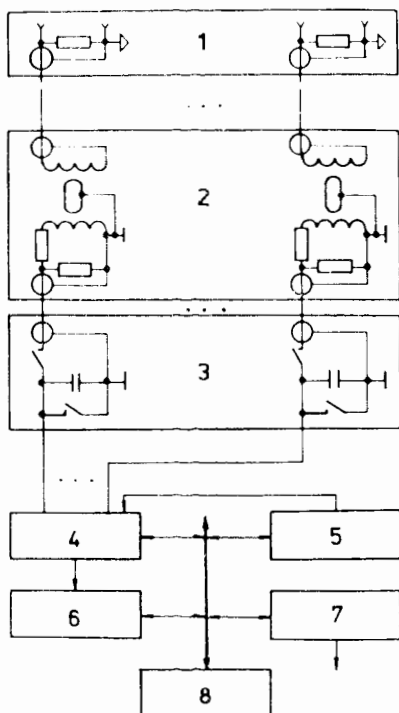
В.В.Журавлев, В.Н.Замрий

МНОГОКАНАЛЬНОЕ АНАЛОГОВОЕ  
ЗАПОМИНАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

1983

Многоканальное аналоговое запоминающее устройство /МАЗУ/ позволяет запоминать с малой погрешностью величину амплитуды напряжения коротких импульсных сигналов, поступающих по параллельным измерительным каналам. Величина амплитуды сигналов хранится продолжительное время для последующих измерений, проводимых, например, после окончания однократного быстропотекающего процесса в экспериментальной физической установке.

Разработка и исследование описываемого МАЗУ проводились с учетом требования основной погрешности /0,2%/ измерений амплитуды напряжения /0,05-5/В импульсных сигналов /с длительностью фронтов и вершины  $\sim 0,1$  и  $0,5$  мкс/, поступающих от  $\sim 300$  датчиков линейного индукционного ускорителя ЛИУ-30 <sup>/1/</sup> с частотой /0-50/ Гц по всем каналам практически одновременно или с относительной задержкой  $\sim 0,01-0,7$  мкс. Такая задача многоканальных измерений решается достаточно экономично на основе схемы с мультиплексированием аналоговых измерительных каналов <sup>/2/</sup>.



Многоканальная схема измерений /рис.1/ содержит удаленную группу /1/ датчиков импульсных сигналов, группу /2/ изолирующих нормализаторов /на основе импульсных трансформаторов на двух сердечниках с объемным витком/, обеспечивающих гальваническое разделение измерительных линий и подавление синфазной помехи /с частотным спектром до 10 МГц/ более 60 дБ, а также защиту схемы от пробоя и нормировку измеряемых амплитуд, и группу /3/ запоминающих преобразователей /МАЗУ на основе накопительных

Рис.1. Многоканальная схема измерений.

конденсаторов и ключей заряда-разряда/. Выходы сигналов напряжения МАЗУ опрашиваются выборочно или последовательно программно-управляемым многоканальным мультиплексором /4/ аналоговых сигналов высокого уровня /МСВУ/, при этом используются тактирующие импульсы управляемого генератора /5/. Выходной сигнал МСВУ измеряется при помощи аналого-цифрового преобразователя /АЦП/ /6/, цифровое значение амплитуды регистрируется и при необходимости затем пересылается, например на цифровой дисплей, с помощью соответствующего запоминающего устройства и интерфейса /7/ по командам КАМАК контроллера /8/. При использовании в этой схеме ранее созданных модулей МСВУ и АЦП с процессором /2/ период опроса, измерения и регистрации величины сигналов 100 датчиков достигает  $\sim 1-10$  мс /3/. Следовательно, требуется МАЗУ с коэффициентом расширения импульсных сигналов  $\sim 10^3 - 10^4$ /. С целью повышения помехозащищенности в МАЗУ осуществляется отбор запоминаемых сигналов по амплитуде /дискриминация/ и времени поступления /стробирование/, а также блокировка входа на время хранения величины амплитуды и ускоренная синхронная деблокировка, сброс.

Создание прецизионного МАЗУ с числом каналов  $\sim 10-100$ , например, на основе соответствующего числа одноканальных схем быстрой выборки и долговременного хранения /СВХ/ на дискретных элементах /4/, составных операционных усилителях /5/ или же двухступенчатых схемах запоминания /6/ сопряжено с известными трудностями в тех случаях, когда особенно высоки требования к уровню воспроизводимости, повторяемости и стабильности метрологических характеристик каждого канала, технологичности их изготовления и настройки. Более технологичны такие устройства на основе современных СВХ в модульном и гибридном интегральном исполнении /7/, имеющих характеристики, близкие к требуемым, но вместе с тем - еще высокую цену, ограниченные возможности применения при большом числе каналов. Исследования с целью сравнения ряда достаточно быстрых СВХ /5,7/ и так называемого расширителя импульсов напряжения /РИН/ /8/ позволили определить целесообразность применения последнего. В схеме РИН выборка оканчивается в момент установления напряжения на конденсаторе на уровне вершины - максимума импульсного сигнала, что заметно упрощает внешнее управление и синхронизацию выборки. Такой расширитель импульсов, изготовленный в виде микроузла, обеспечил повышение надежности, компактности и воспроизводимости характеристик каждого канала на уровне основной погрешности измерений. Это позволило создать в минимальном конструктиве КАМАК технологичный 8-канальный модуль, из таких модулей набирается МАЗУ с заданным числом каналов.

Модуль МАЗУ /рис.2/ содержит идентичные схемы каналов /I- VIII /, где 1 и 10 - вход и выход РИН, 2 - усилитель, 3 - зарядная цепь, 4 - повторитель, 5 - дискриминатор, 6 - ключ блокировки, 7 - компаратор, 8 - разрядный генератор, 9 - ключ разряда, 11-13, 14-16 и 17-18 - внешняя логическая схема управ-

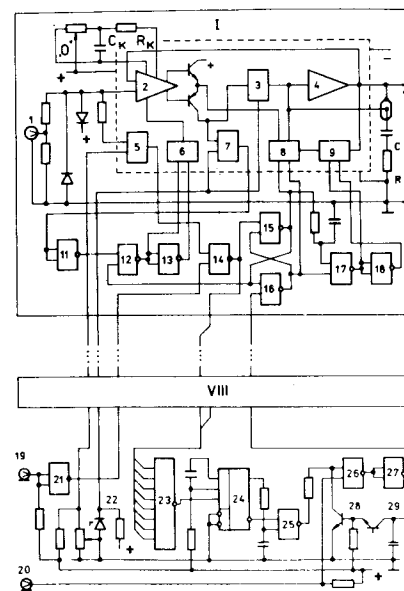


Рис.2. Модуль многоканального аналогового запоминающего устройства.

ления ключом блокировки, разрядным генератором и ключом разряда соответственно, а также общую схему управления и задания интервала расширения /19-29/.

В исходном состоянии управляющий триггер /15,16/ сброшен, и разрядный генератор /8/ включен. При этом его нормально закрытый и нормально открытый выходы соответственно подключены к генератору /на двух транзисторах/ и повторителю тока зарядной цепи /3/, а конденсатор С разряжен. Сигнал

со входа /1/ поступает одновременно на входы усилителя /2/ и дискриминатора /5/, защищенные диодными ограничителями. Под воздействием сигнала усилителя в зарядной цепи устанавливается ток. Сигналом дискриминатора через открытый элемент И /14/ включается триггер и тем самым выключается разрядный генератор. Напряжение на конденсаторе С, а также на выходе повторителя /4/ и инверсном входе усилителя /2/ нарастает. Когда оно достигает уровня максимума входного импульса, прекращается заряд конденсатора и устанавливается напряжение на выходе /10/. При этом срабатывает компаратор /7/, так как сигнал в зарядной цепи по величине становится меньше напряжения смещения, заданного стабилитроном /22/. Установившееся выходное напряжение, равное амплитуде сигнала, после окончания последнего сохраняется, так как разрядный генератор выключен. Далее, после окончания заданного интервала расширения происходит сброс триггера, включение разрядного генератора и ключа разряда /9/ и ускоренный разряд конденсатора С.

Временные диаграммы сигналов /рис.3/ на этапах заряда (I), хранения (II) и разряда (III), длительность которых 0,3,1000 и 2 мкс соответственно, приведены для следующих точек схемы: 1 - вход РИН, 2 - выход дискриминатора, 3 - выход триггера, 4 - выход РИН, 5 - вход ключа разряда, 6 - выход компаратора, 7 - вход ключа блокировки.

Длительность и погрешность процесса запоминания в значительной мере определяются характеристиками контура операционного усилителя /2/ и зарядной цепи /3/ конденсатора С. Для оптимизации этих характеристик используются корректирующая цепь

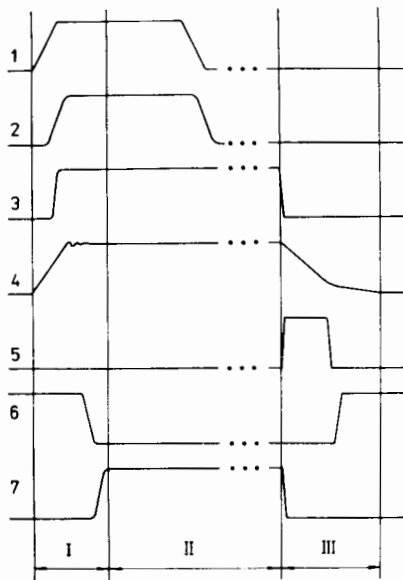


Рис.3. Временные диаграммы.

/резистор  $R_K$ , конденсатор  $C_K$ /, подключенная к выходам первого каскада усилителя, и резистор  $R$  в цепи конденсатора  $C$ . Возможности оптимизации процесса заряда конденсатора  $C = 750$  пФ при  $R = 47$  Ом показывают зависимости от емкости  $C_K$  как длительности выборки  $\tau$  при  $R_K = 0$  и  $R_K = 220$  Ом /рис.4, кривые 1 и 3/, так и погрешности выборки  $\epsilon$  /кривые 2 и 4/. При дальнейшем увеличении сопротивления  $R_K$  в 2 раза длительность выборки увеличивается /до уровня кривой 1/, а кривая погрешности /4/ несколько смещается вправо /так, что при  $C_K = 27$  пФ

меняется знак погрешности/. На том же рисунке приведены зависимости длительности  $\tau$  и погрешности  $\epsilon$  выборки /кривые 5 и 6/ от сопротивления  $R$  при  $C_K = 27$  пФ,  $R_K = 220$  Ом. Оптимальные для данного канала величины:  $C_K = 27$  пФ при  $R_K = 220$  Ом и  $R = 47$  Ом при  $C = 750$  пФ, обеспечивают минимальную длительность выборки 0,22 мкс при погрешности 0,05%.

При определении погрешности выборки /относительной разности между величинами установившегося выходного сигнала РИН и амплитуды входного сигнала/ напряжение могло быть измерено с относительной погрешностью  $\pm 0,025\%$  в диапазоне до  $4000 \pm 1$  мВ при помощи синхронно запускаемого 12-разрядного АЦП /9/, имеющего шкалу  $1-4095$  мВ при величине дискреты 1 мВ и время выборки 2 мкс при погрешности установления 0,02%. Длительность выборки /длительность процесса заряда и установления выходного напряжения до уровня установившейся величины / $4000 \pm 4$  мВ, т.е. с заданной погрешностью 0,1%/ измерялась с апертурной погрешностью  $\sim 10$  нс при помощи такого же АЦП и быстрой СВХ /7/. Если задать погрешность установления в 2 раза меньшей или большей, длительность выборки соответственно увеличится /в 2-3 раза/ или уменьшится /на 20%/. Для всех каналов модуля после установки корректирующих элементов с одинаковыми номинальными величинами длительность и погрешность выборки находятся в пределах  $0,24-0,27$  мкс и  $0,025-0,10\%$ . Погрешности выборки, обусловленные нелинейностью характеристик в диапазоне измеряемых напряжений, находятся в пределах  $\pm 0,05-0,15\%$ .

Продолжительность этапа хранения ограничена спадом выходного напряжения расширителя, обусловленным как его токами утечки,

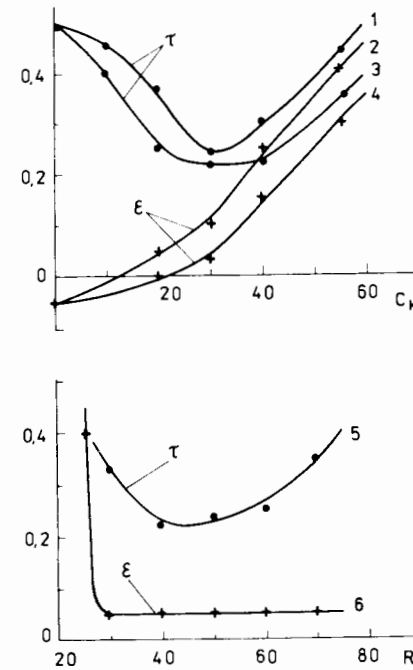


Рис.4. Зависимости длительности выборки  $\tau$  /мкс/ /кривые 1 и 3/ и погрешности выборки  $\epsilon$  /кривые 2 и 4/ при  $R_K = 0$  и  $R_K = 220$  Ом от  $C_K$ , а также зависимости  $\tau$  и  $\epsilon$  от  $R$  /Ом/ при  $C_K = 27$  пФ,  $R_K = 220$  Ом /кривые 5 и 6/.

так и параметрами внешнего конденсатора  $C$ . Этот спад и связанную с ним погрешность хранения напряжения можно несколько уменьшить путем подбора емкости и типа конденсатора  $C$ , однако увеличение его емкости можно производить только в определенных пределах, так как оно приводит к возрастанию длительности и погрешности выборки. С целью минимизации этих погрешностей используется конденсатор  $C = 750$  пФ типа ПМ-1 с пленочной полистирольной изоляцией.

При тщательной изоляции точки соединения этого конденсатора с выводом схемы расширителя /изоляция вывода очищается от остатков краски, окружающее эту точку проводящее кольцо на каждой стороне печатной платы соединяется с выводом повторителя напряжения/ спад выходного напряжения за время хранения 10 мс не превышает 2 мВ /0,05%/. При тех же условиях для всех каналов модуля погрешность хранения напряжения - в пределах  $\pm 0,025-0,075\%$ . Измерения проведены при помощи указанного выше прецизионного АЦП, запускаемого с задержкой /0,01-20/ мс. Характеристики схем модуля с учетом достигаемых погрешностей выборки и хранения позволяют соответственно уменьшить длительность запоминаемых сигналов датчиков или увеличить продолжительность интервала расширения.

Входные импульсные сигналы для запоминания можно отбирать как по амплитуде, так и по времени поступления. При малых входных сигналах или помехах /с амплитудой, не достигающей установленного порогового напряжения/ дискриминатор /5/ на рис.2) не срабатывает, поэтому сигналы с малой амплитудой не запоминаются. Внешний управляющий сигнал /19/, подаваемый через инвертор /21/ на второй вход элементов И /14/, позволяет запрещать, стробировать включение управляющих триггеров и тем самым обеспечивать синхронное запоминание входных сигналов модуля.

Входные сигналы и помехи, поступающие во время этапа хранения, подавляются при помощи ключа блокировки /6/ входного

каскада усилителя /2/. Сигнал блокировки, подаваемый с выхода управляющего триггера через элемент И /12/, инвертор /13/, задерживается на время заряда, так как на другой вход элемента И /12/ подается импульс компаратора /7/ через инвертор /11/. Этим обеспечивается помехозащищенность входа на этапе хранения более 60 дБ. Например, после запоминания импульсного сигнала с амплитудой 0,5 В при поступлении подобной помехи с амплитудой 5 В изменение выходного напряжения не превышает 1 мВ. Для увеличения продолжительности блокировки входа целесообразно задержать сброс триггеров, приближая его к моменту поступления очередных входных сигналов. При этом становится более существенным сокращение этапа разряда.

Процесс ускоренного разряда конденсатора С оптимизируется соответствующим управлением ключа разряда /9/, обеспечивающим сначала ускоренный, а затем более медленный и монотонный разряд /8/. Схема управления, содержащая элемент И /17/ и инвертор /18/, формирует короткий импульс  $\sim 1$  мкс/ после сброса триггера. Во время действия этого импульса увеличивается ток разрядного генератора, причем это увеличение зависит от величины напряжения повторителя /4/. При длительности полного разряда 2 мкс сброс триггера может опережать запоминаемый сигнал на 2,5 мкс. Тогда при минимальном периоде следования таких сигналов продолжительность блокировки входов достигает почти 99,99% его длительности.

Внешний импульс сброса /20/, поступающий через элемент ИЛИ /26/, инвертор /27/, позволяет снимать сигнал блокировки с учетом необходимого опережения запоминаемых сигналов. Через этот же элемент ИЛИ может быть подан задержанный на /1-20/ мс импульс, формируемый элементов И /25/ при возвращении в исходное состояние одновибратора /24/, задающего продолжительность интервала расширения. Одновибратор запускается через элемент ИЛИ /23/ первым из поступивших /и разрешенных/ импульсов дискриминаторов. Первоначальный сброс /при включении напряжения питания/ выполняется ключом /28/ с входным пороговым элементом /29/. При использовании группы модулей общий импульс сброса может быть передан из общей схемы управления /27/.

Схема модуля МАЗУ содержит 8 аналоговых микроузлов /28-контактные корпуса/, 19 логических микросхем среднего быстродействия /К155ЛА3, ЛА2, АГ1/, а также элементы фильтрации, развязки напряжений питания +12 В /0,24 А/, +6 В /0,16А/, -12 В /0,21А/, стабилизации напряжения смещения +7 В /для компаратора и повторителя тока/, регулировки "нулевого" напряжения на выходе РИН и порогового напряжения дискриминаторов.

Модуль МАЗУ, обеспечивающий запоминание величины амплитуд 8 импульсных сигналов /0,02-5/ В с минимальной длительностью 0,3 мкс при основной погрешности выборки 0,1% /интегральная нелинейность 0,1%, погрешность коэффициента передачи 0,01%/°С, дрейф 50 мкВ/°С / и хранения величины амплитуды с погрешностью

0,1% при продолжительности хранения  $10^4$  мкс, прошел длительные испытания и более года используется в составе стенда /рис.1/ при измерениях параметров модуляторов и пучка электронов ускорителя ЛИУ-30. Изготовление этих модулей в конструктиве КАМАК освоено Опытным производством ОИЯИ в 1982 году.

В заключение выражаем искреннюю благодарность А.Ф.Белову, С.Н.Федорченко, Ю.Ю.Доценко и В.Н.Лаврову за консультации и помощь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлев В.В. и др. ОИЯИ, 9-82-423, Дубна, 1982.
2. Замрий В.Н. ОИЯИ, 10-12041, Дубна, 1978.
3. Журавлев В.В., Замрий В.Н. В кн.: X Международный симпозиум по ядерной электронике. ZfK-433, Rossendorf, 1981, p. 32.
4. Верман В.Л. и др. ПТЭ, 1981, №5, с. 130.
5. Гуляев В.А. и др. В кн.: Тезисы Первого Всесоюзного семинара по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях. "Дониш", Душанбе, 1980, с. 150.
6. Демчук Н.И., Хейников В.Н. ПТЭ, 1979, №3, с. 103.
7. Data acquisition Products Catalog Supplement. Analog Devices. Norwood, 1979, p. 293 (НТС-0300).
8. Андрейцев П.П. и др. Авт. свид. СССР №645251 от 02.12.1975 г. Бюл. ОИПОТЭ, 1979, №4, с. 69.
9. Гуляев В.А. и др. ОИЯИ, 10-11940, Дубна, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел  
23 июня 1983 года.

## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

ДЗ-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
<del>Д2-81-543</del>	<del>Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981.</del>	<del>2 р. 50 к.</del>
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
ДЗ,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Журавлев В.В., Замрий В.Н. 13-83-435  
Многоканальное аналоговое запоминающее устройство

Многоканальное аналоговое запоминающее устройство разработано для запоминания величины амплитуды напряжения коротких импульсных сигналов, поступающих по параллельным каналам ~300 датчиков линейного индукционного ускорителя ЛИУ-30 с частотой /0-50/ Гц и малой относительной задержкой. Запоминаемые значения напряжения хранятся достаточно долго и используются для опроса и измерения после окончания однократного процесса ускорения. Модуль устройства, выполненный в минимальном конструктиве КАМАК, обеспечивает запоминание амплитуды 8 сигналов /0,02-5/В за время до 0,3 мкс и время хранения более /1-10/ мс с погрешностью 0,1%. Предусмотрен отбор запоминаемых сигналов по амплитуде и времени поступления. Во время хранения помехозащищенность входа более 60 дБ.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОЯИИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Zuravlev V.V., Zamrij V.N. 13-83-435  
The Multichannel Analog Memory Unit

The multichannel analog memory unit has been created for storage of voltage amplitude of short pulse signals coming from parallel channels of ~300 gauges of the linear induction accelerator (LIA-30) at the (0-50) Hz frequency and a small relative delay. The stored voltages are held long enough for reading and measurement after the end of each single accelerator pulse. The single width CAMAC module provides storing of the 8 signals amplitudes (0.02-5) V during 0.3  $\mu$ s and hold time more than (1-10) ms with 0.1% error. The amplitude discrimination and the coming time selection of stored signals are possible. During the hold time the input is noiseproof to more than 60 dB.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Биноградской.