

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



Б-272

5/2-75
13 - 8609

С.Г.Басиладзе, В.Тлачала

1637/2-75

ШЕСТИКАНАЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ
ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ
НАНОСЕКУНДНОГО ДИАПАЗОНА
В ЦИФРОВОЙ КОД В СТАНДАРТЕ КАМАК

1975

13 - 8609

С.Г.Басиладзе, В.Т.Лачала

ШЕСТИКАНАЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ
ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ
НАНОСЕКУНДНОГО ДИАПАЗОНА
В ЦИФРОВОЙ КОД В СТАНДАРТЕ КАМАК

Направлено в ИТЭ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Басиладзе С.Г., Тлачала В.

13 - 8609

Шестиканальный преобразователь временных интервалов
в цифровой код в стандарте КАМАК

Описан шестиканальный преобразователь время-цифра наносекундного диапазона, предназначенный в основном для регистрации информации с дрейфовых камер. Ширина канала - 1 нс, время преобразования - 25 мкс, предельное разрешение - 0,1 нс/кан. Число разрядов - 2^9 . Интегральная линейность - 0,17%, дифференциальная - 3%. Блок размещен в ячейке КАМАК единичной ширины.
Разработка проведена в ЛВЭ ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1975

Многие современные физические эксперименты отличаются применением годоскопических систем, например, дрейфовых камер^{/1,2/}, которым присуща большая насыщенность однотипными измерительными каналами. Этот факт отразился в тенденции развития многоканальных блоков^{/3-5/}, способных регистрировать несколько физических величин одновременно. Остаются также традиционные требования^{/6/} к временному разрешению, динамическому диапазону, времени преобразования, долговременной стабильности, интегральной и дифференциальной линейности блоков для временных измерений.

Известно достаточно много методов преобразования временных интервалов в цифровой код^{/7/}. В наносекундном диапазоне нашли применение методы на основе прямого заполнения измеряемого интервала серией импульсов^{/8/}, верньерный^{/9-11/}, с применением временного экспандера^{/12-14/}, методы по времени перекрытия^{/15/} и старт-стопному принципу^{/16,17/}, причем два последних - в сочетании с преобразователями амплитуда-цифра^{/18/}. Метод на основе прямого заполнения измеряемого интервала серией импульсов отличается относительно невысоким временным разрешением. Недостатком верньерного метода являются высокие требования к стабильности работы тактовых генераторов. Методы по времени перекрытия и старт-стопному принципу в сочетании с преобразователями амплитуда-цифра сводятся фактически к методу на основе временного экспандера.

В блоке, описываемом в данной работе, используются временные экспандеры в каждом канале. Принцип действия временного экспандера поясняет *рис. 1*. Поступление на базу транзистора Т1 в момент t_1 импульса

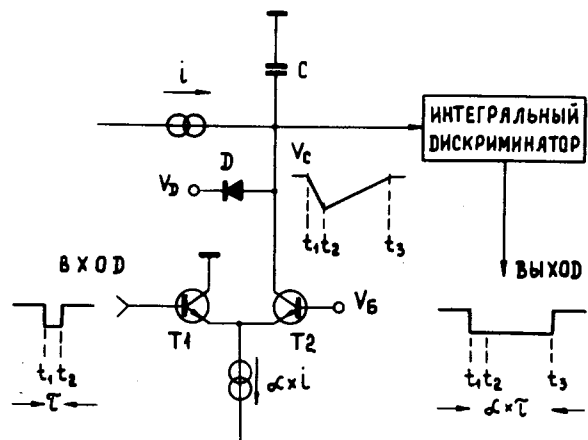


Рис. 1. Пояснение принципа работы временного экспандера.

длительностью τ приводит к переключению режимного тока $a \times i^*$ ключа T1, T2. За время τ имеет место быстрый заряд емкости C током $(a-1) \times i$. В момент t_2 токовый ключ переключается обратно, заряд емкости прекращается и начинается ее медленный разряд током i до тех пор, пока напряжение V_C на емкости не вернется к исходной величине. Изменение напряжения на емкости приводит к срабатыванию интегрального дискриминатора, на выходе которого появляется расширенный до величины $a \times \tau$ выходной импульс.

Блок-схема

Прибор имеет один общий старт-вход, шесть индивидуальных стоп-входов и вход внешнего сброса. Все входы рассчитаны на работу с отрицательными логическими NIM-сигналами. Для стоп-входов предусмотрена возможность работы с положительными логическими ECL-сигналами.

* a - коэффициент преобразования временного экспандера.

На рис. 2 представлена блок-схема шестиканального преобразователя временных интервалов в цифровой код. Он состоит из следующих функциональных блоков: старт-триггера, тактового генератора, шести преобразователей время - цифра, схемы переполнения, дешифратора сигнала "L", дешифратора функций и команд КАМАК, схемы чтения и схемы сброса.

Старт-триггер в момент поступления на его вход старт-сигнала любой длительности вырабатывает короткий импульс, поступающий одновременно на входы всех шести преобразователей время-цифра. С другого выхода старт-триггера перепадом напряжения управляется тактовый генератор. Этот же перепад поступает на вход дешифратора сигнала "L".

Импульс от старт-триггера, поступивший на вход преобразователя время-цифра, дает начало процессу преобразования временного интервала в цифровой код. Если через некоторое время на старт-вход преобразователя поступит стоп-сигнал, то заданный старт- и стоп-сигналами временной интервал t расширяется временным экспандером. Расширенный временной интервал служит импульсом ворот, пропускающим серию тактового генератора на вход пересчетного устройства в данном канале.

Тактовый генератор работает в ждущем режиме и выводится из заторможенного состояния сигналом синхронизации от старт-триггера. Частота серии генератора ~ 20 МГц. Остановка генератора происходит в момент появления сигнала "L", либо импульсом "переполнения", вырабатываемым схемой переполнения.

Схема переполнения вырабатывает сигнал "переполнения" длительностью ~ 4 мкс, если после старт-сигнала на один из стоп-входов не поступил сигнал в измеряемом диапазоне. Сигналом "переполнения" сбрасывается старт-триггер и останавливается тактовый генератор. На время действия сигнала переполнения имеет место блокировка старт-входа и дешифратора "L". В каждом из шести преобразователей время-цифра имеется индивидуальная цепь переполнения, которая восстанавливает исходное состояние данного преобразователя, если на его стоп-вход не поступил стоп-сигнал.

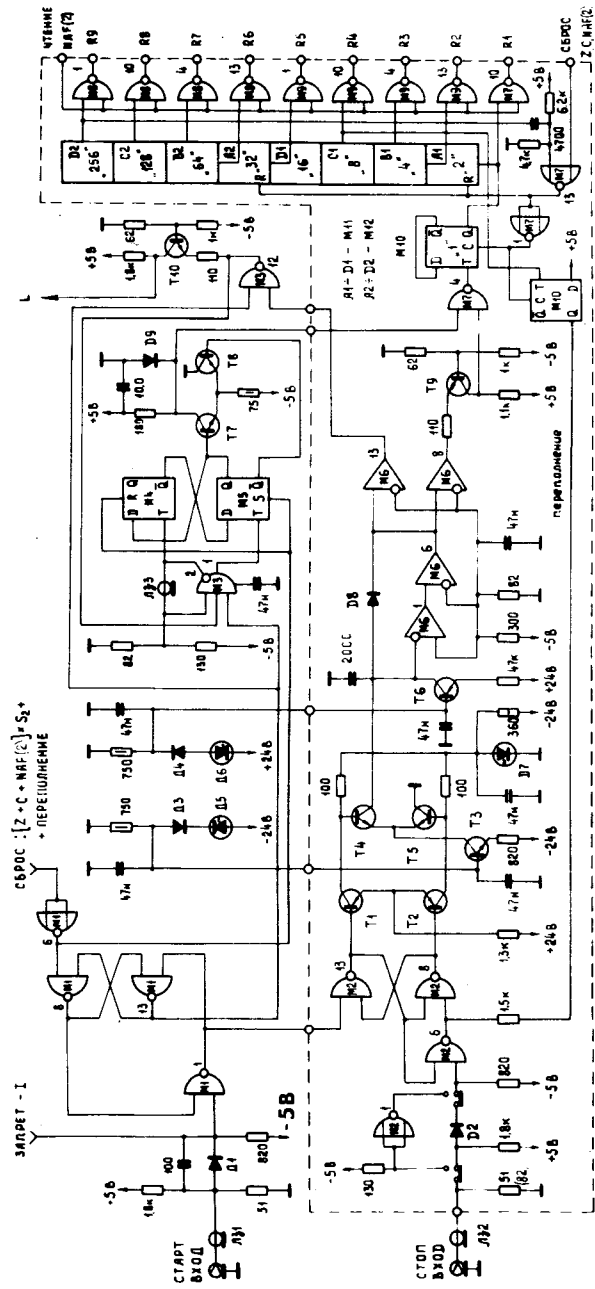


Рис. 3. Принципиальная схема конверторной части преобразователя временных интервалов в цифровой код / M1, M2 - 1ЛБ383; M3 - 1ЛБ382; M4, M5 - 1ТР382; M6 - 1ЛП381; M7÷M9 - 1ЛБ558; M10 - МН7474; M11, M12 - МН7493; T1, T2, T6 - КТ326Б; T3 ÷ T5, T7 ÷ T10 - КТ315Г; Д1, Д2 - КД503Б; Д3, Д4 - КД513А; Д5, Д6 - Д818Б; Д7-Д814В; Д8, Д9 - ГД508/.

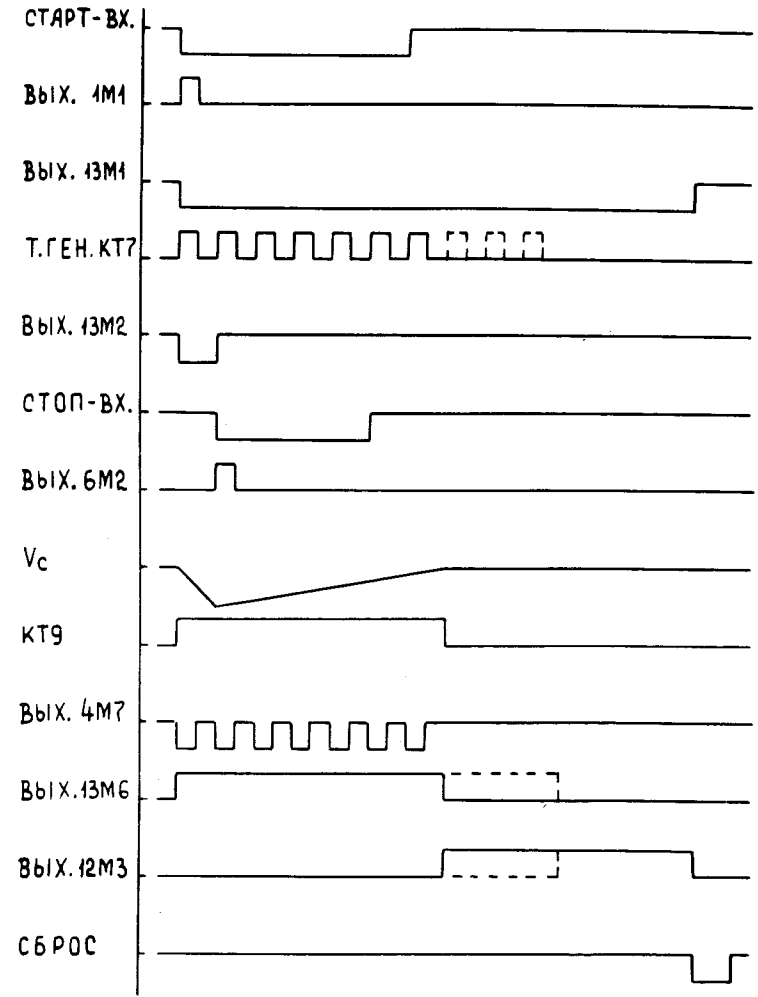


Рис. 4. Временные диаграммы в узловых точках преобразователя временных интервалов в цифровой код.

RS - триггера 13M1, 8M1. Переброс этого триггера приводит к запираанию стартового входа / с выхода 8M1 / и к укорочению - до 7 нс - импульса на выходе 1M1. Триггер 8M1, 13M1 находится в единичном состоянии до поступления

импульса сброса на вход схемы 6M1. Импульс с выхода 1M1 перебрасывает стоп-триггер, собранный на схемах 8M2, 13M2 и 6M2, в результате чего снимается запрет со стоп-входа /с выхода 13M2 /. Стоп-триггер находится в единичном состоянии до момента поступления стоп-сигнала на стоп-вход, либо до появления импульса переполнения на входе 8M2. Если на стоп-вход поступает сигнал с уровнями NIM, то с помощью диода Д2 он смещается до уровней ECL. Для работы с положительными ECL - сигналами вместо диода Д2 подключается схема 1M2. Переброс триггера 8M2, 13M2 вызывает переключение двух пар токовых ключей, собранных на транзисторах Т1, Т2 и Т4, Т5. Переключение пары Т4, Т5 обеспечивает линейный заряд емкости 2000 пФ коллекторным током транзистора Т4. Этот ток задается эмиттерным резистором транзистора Т3, работающего в режиме генератора тока. Сброс триггера 8M2, 13M2 приводит к обратному переключению пар Т1, Т2 и Т4, Т5, с чем связано прекращение заряда трансформирующей емкости. С этого момента начинается линейный разряд емкости коллекторным током транзистора Т6, работающего в режиме генератора постоянного тока. Коэффициент преобразования α определяется соотношением резисторов транзисторов Т3 и Т6. Треугольный импульс, образуемый на емкости, подается на вход дискриминатора, собранного на схемах 1M6, 6M6, 8M6 и диоде Д8. Он представляет собой быстрый усилитель, охваченный нелинейной обратной связью /Д8/ для стабилизации режима при сохранении высокой чувствительности. На выходе дискриминатора формируется импульс прямоугольной формы с длительностью, равной длительности треугольного импульса на уровне порога. Сформированный таким образом импульс поступает на вход схемы 4M7 через переходник уровней ECL-TTL на транзисторе Т9. Эта схема является воротами для импульсов тактового генератора.

Тактовый генератор выполнен на схемах 1, 2M3, M4 и M5. В цепи обратной связи M3, между ее инверсным выходом и входом установлен кабель задержки длиной 2 м с волновым сопротивлением $\rho = 50 \text{ Ом}$. Если на один из входов схемы 1, 2M3 поступает отрицательный

перепад напряжения с выхода 13M1 старт-триггера, то она начинает генерировать серию с частотой - 40 МГц. На схемах M4 и M5 собран делитель частоты на два, а на транзисторах Т7 и Т8 - переходник уровней ECL-TTL. Импульсы от тактового генератора пропускаются схемой 4M7 на вход пересчетного устройства, состоящего из Д-триггера M10 и счетчиков M11, M12.

Если в интервал времени, равный заданному диапазону преобразователя, на стоп-вход не поступил сигнал, то с выхода С1 счетчика M11 сигнал переполнения посредством второго Д-триггера в схеме M10 сбрасывает стоп-триггер 6M2, 8M2, 13M2 и возвращает преобразователь в исходное состояние. Возвращение в нулевое состояние пересчетного устройства осуществляется дифференцированием импульса с выхода Д2 счетчика M12 и формированием его на схеме 13M7 в импульс сброса длительностью ~4 мкс. Схемой 13M7 пропускается также импульс сброса, поступающий от дешифратора функций и команд КАМАК. Одновременное наличие шести импульсов переполнения на выходах Д2 /отсутствие информации в блоке/ приводит к общему сбросу всего прибора, равноценному Z и С.

С появлением импульса ворот на выходе 8M6, такой же импульс появляется на выходе схемы 13M6, подключенной параллельно 8M6. С выхода 13M6 сигнал поступает на вход схемы 12M3, являющейся логической схемой И. На второй вход 12M3 подается перепад с выхода 13M1 старт-триггера. Если на обоих входах схемы 12M3 имеются низкие уровни, то на ее выходе образуется сигнал L. Поскольку выход 13M6 объединен по проводному ИЛИ с аналогичными схемами в остальных преобразователях, то сигнал L появляется лишь при наличии переброса старт-триггера и окончании процесса преобразования во всех измерительных каналах. Сигналом L с выхода 12M3 останавливается тактовый генератор. Перевод сигнала L от уровней ECL к уровням TTL производится транзистором Т10.

Снятие характеристики интегральной линейности блока проводилось с помощью ЭВМ HP2116В путем подачи на вход преобразователя случайных временных интерва-

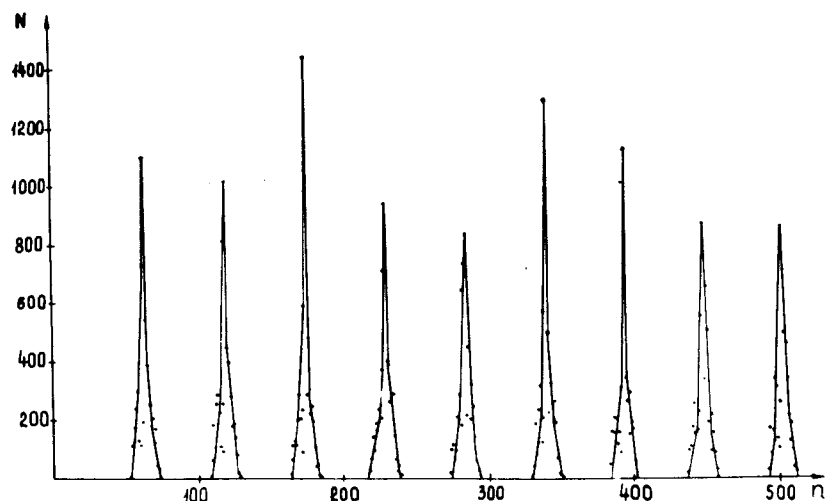


Рис. 5. Иллюстрация интегральной линейности преобразователя временных интервалов в цифровой код для ширины канала - 1 нс.

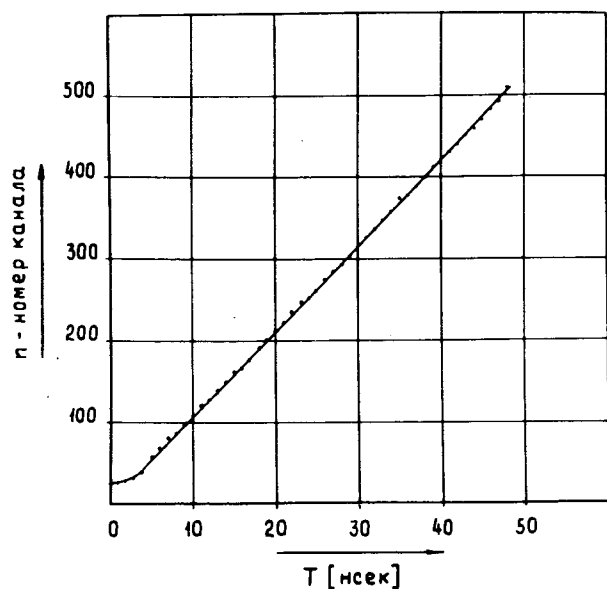


Рис. 6. Характеристика интегральной линейности одного из шести каналов преобразователя для ширины канала - 0,1 нс.

лов, промодулированных генератором периодических колебаний /рис. 5/¹⁹. Коэффициент интегральной линейности, вычисленный по центрам тяжести пиков, равен 0,17%²⁰. С помощью генератора случайных интервалов и ЭВМ снимались также характеристики дифференциальной линейности блока. Коэффициент дифференциальной линейности составляет 3%.

На рис. 6 представлена передаточная характеристика преобразователя при настройке ширины канала на величину 0,1 нс /резисторы в эмиттерах T_3 и T_6 соответственно 330 Ом и 160 кОм/. Эта характеристика снималась с помощью наносекундного блока задержки, не имевшего точной калибровки длин кабеля, и приводится в качестве подтверждения работоспособности блока в пикосекундном диапазоне.

Краткие характеристики

Входы

Старт-вход	- 1, блокируется после прихода старт-импульса,
Стоп-входы	- 6, блокируются в нормальном состоянии,
Сброс-вход	- 1,
Импеданс всех входов	- 50 Ом,
Коэффициент отражения для перепадов с фронтами 1 нс	- $\leq 0,15$,
Полярность импульсов по всем входам	- отрицательная,
Уровни логических сигналов	- NIM/O + -0,8 В/,
Допустимая длительность импульсов по старт- входу	- от 5 нс до $(a+1) \times t_M^*$

* где t_M - максимальный интервал времени из всех задаваемых старт и стоп-сигналами.

Допустимая длительность импульсов по стоп-входам	- от 5 нс до $a \times t_M$
Допустимая длительность по входу сброса	- ≥ 50 нс
Мертвое время по каналу старт а/ при приходе только старт-сигнала	- ~ 25 мкс
б/ при совместном приходе старт и стоп-сигналов	- $(a+1) \times t_M$

Схемы преобразования

Число схем преобразования	- 6
Число градаций преобразования	- $2^9 - 1$
Диапазон измеряемых интервалов	- 1 нс до 511 нс, в номинальном режиме
Предельное разрешение	- 0,1 нс
Интегральная линейность	- 0,17%
Дифференциальная линейность	- 3%
Мертвое время	- равно мертвому времени по каналу старт
Дрейф коэффициента преобразования	
а/ с температурой	- 0,03%/°C
б/ с изменением напряжения питания:	
-6 В \pm 0,2 В	- +1%/В
+24 В \pm 0,2 В	- +0,4%/В
-24 В \pm 0,2 В	- -0,4%/В

Функции и сигналы КАМАК

Субадресы счетчиков в измерительных каналах 1÷6	- A(0) ÷ A(5)
Шины чтения информации	- R1 ÷ R9
Сигнал запроса, появляется при наличии информации в блоке	- L
Чтение и индивидуальный сброс счетчиков в измерительных каналах 1÷5	- $N \times / A(0) + A(1) + A(2) + A(3) + A(4) / \times$ $\times F(2) \times S_2$
Чтение и сброс счетчика в канале 6, плюс сброс старт- триггера	- $N \times A(5) \times F(2) \times S_2$
Проверка L	- $N \times A(0) \times F(8)$
Расшифровка любого а/ L = 0	- $-X = 1, Q = 0,$
б/ L = 1	- $-X = 1, Q = 1.$
Запрет старт-сигнала	- I.
Общий и начальный сброс	- CS_2, ZS_2
Блок выполнен в ячейке КАМАК	единичной ширины.
Потребляемые токи:	
а/ -6 В - 1 А	
б/ +6 В - 1 А	
в/ -24 В - 0,30 А	
г/ +24 В - 0,15 А.	

В заключение авторы считают своим долгом поблагодарить В.И.Какурину и Т.А.Пляшкевич за помощь в работе.

Литература

1. A.H. Walenta. *Nucl. Instr. and Meth.*, 111, 467-475, 1973.
2. D.C. Cheng, W.A. Kozanecki, R.L. Piccioni, C. Rubbia, L.R. Sulak, H.J. Weedon and J. Whittaker. *Very Large Proportional Drift Chambers with High Spatial and Time Resolution. In Proc.: 1973 Intern. Conf. on Instrum. for High Energy Physics, Frascati, 1973, p. 268-274.*
3. B. Schurlein, W. Farr, H.W. Siebert and A.H. Walenta. *Nucl. Instr. and Meth.*, 114, 587-590, 1974.
4. LRS Catalogue 1974. *Octal Time-to-Digital Converter, Model 2228.*
5. EGG/Ortec CAMAC Catalogue. *Time Digitizer, TD 104.*
6. Dan I. Porat. *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, NS-20, No. 5, 36-51, 1973.
7. А.К. Ковтун, А.Н. Шкуро. *ПТЭ*, №1, 7-14, 1973.
8. F. Pozar. *Nucl. Instr. and Meth.*, 74, 315, 1969.
9. R.D. Barton and M.E. King. *Nucl. Instr. and Meth.*, 97, 359-370, 1971.
10. С.Г. Басиладзе, В. Тлачала. *Nukleonika*, Т. XIX, No. 6, 551-555, 1974.
11. С.Г. Басиладзе, В.А. Смирнов, В. Тлачала. *Препринт ОИЯИ, 13-7608, Дубна, 1973.*
12. D.C. Cheng, W.A. Kozanecki, R.L. Piccioni, C. Rubbia, L.R. Sulak, H.J. Weedon and J. Whittaker. *Electronics for a System of Very Large Proportional Drift Chambers with High Spatial and Time Resolutions. In Proc. 1973 Intern. Conf. on Instrum. for High Energy Physics, Frascati, 1973, p. 622-626.*
13. M. Turala. *Readout Electronics for Drift Chambers. In Proc. VII Intern. Symp. on Nuclear Electronics. Budapest, September 1973, Dubna JINR DL3-7616, 1974, p. 217-220.*
14. Richard E.H. Jones and Athony J. Wynroe. *Nucl. Instr. and Meth.*, 109, 461-467, 1973.
15. H. Weinberg. *Nucl. Instr. and Meth.*, 32, 133, 1965.
16. С.Г. Басиладзе, В.Я. Гвоздев, П.К. Маньяков, В. Тлачала. *Препринт ОИЯИ, 13-6382, Дубна, 1972.*
17. Б.П. Барков, Ю.В. Кашинов, А.И. Сутормин. *ПТЭ*, №4, 91-93, 1972.
18. С.Г. Басиладзе, П.К. Маньяков. *Препринт ОИЯИ, 13-7387, Дубна, 1973.*
19. В.Г. Зинов. *ПТЭ*, №1, 165, 1963.
20. С.Г. Басиладзе. *Препринт ОИЯИ, 13-8296, Дубна, 1974.*

Рукопись поступила в издательский отдел
14 февраля 1975 года.