

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

13-84-395

**Ю.А.Будагов, М.Семан,¹ Б.Ситар,²
А.А.Семенов, Й.Шпалек¹**

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ВРЕМЯ-КОД
С НАНОСЕКУНДНЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ**

Направлено в журнал
"Nuclear Instruments and Methods"

¹ ИЭФ САН, Кошице, ЧССР

² Институт физики и биофизики Университета
им. Я.А.Коменского, Братислава, ЧССР

1984

В современных экспериментах по физике высоких энергий, как на ускорителях с фиксированной мишенью, так и на коллайдерах начинают использоваться многослойные дрейфовые камеры^{/1/}, обеспечивающие трехмерную реконструкцию событий с большой множественностью и позволяющие идентифицировать вторичные заряженные частицы по многократному измерению ионизационных потерь энергии в газе в области их релятивистского роста. Примером таких детекторов являются ISIS, TPC, EPI, центральный детектор установки UA1^{/2-5/}.

В ЛЯП ОИЯИ осуществляется создание подобного прибора^{/6/} - ионизационно-координатного спектрометра /ИКС/, который далее планируется использовать /в составе спектрометра БАС/ в пучках ТЭВ-ного ускорителя ИФВЭ /УНК/.

Такие приборы требуют разработки и создания специальной регистрирующей электроники, удовлетворяющей ряду весьма высоких требований. Особое значение при этом имеет разработка преобразователя время-код /ВЦП/ с малым мертвым временем, обеспечивающим измерение с высокой точностью временного положения до нескольких десятков сигналов, приходящих в широком интервале времени.

Разработанный нами ВЦП обеспечивает измерение временного положения сигналов в интервале до 16,384 мкс с точностью 1 нс при расстоянии между соседними импульсами ≥ 64 нс. Приведенные параметры необходимы для регистрации сигналов с ИКСа, в котором максимальная длина дрейфа ≈ 40 см, а определение координаты трека вдоль сигнальной проволоочки осуществляется с помощью линии задержки^{/6/}.

Преобразователь может быть использован также для широкозазорных дрейфовых камер.

1. ПРИНЦИП РАБОТЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В основу цифрового преобразователя положен метод прямого заполнения измеряемого интервала импульсами генератора эталонной частоты /125 МГц/ с последующим их подсчетом и записью в буферную память.

Для более точного определения времени прихода сигнала используется временной интерполятор, уточняющий момент прихода сигнала внутри основного тактового сигнала с точностью 1 нс. Преобразователь содержит буферную память на 256 слов по 7 разрядов в каждом канале. Запись информации в буферную память

происходит каждые 64 нс независимо от того, был сигнал на входе или нет. После прихода сигнала СТОП процесс записи в память прекращается. При этом в памяти хранятся двоичные коды, соответствующие моментам времени прихода сигналов за интервал времени 16,384 мкс /256 ячеек памяти x 64 нс/ до прихода сигнала СТОП. Такая организация ВЦП имеет следующие достоинства:

- решается задача регистрации последовательности сигналов с малым интервалом времени между соседними импульсами;
- исключается, в отличие от широко распространенных "старт-стопных" преобразователей, необходимость введения в информационные каналы многометровых кабельных линий задержек для выравнивания моментов начала прихода сигналов с камеры и сигнала СТАРТ /триггера установки/;
- время выработки триггера в принципе при необходимости может быть равно времени собирания информации со всего дрейфового промежутка /в нашем случае - 16,384 мкс/. Другими словами, имеется возможность организации довольно "жесткого" триггера, а это важно, если принять во внимание, что поток информации с создаваемого нами детектора может достигать нескольких тысяч слов на одно событие.

2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Преобразователь /см. рис.1/ содержит три информационных и один стоп-канал. Каждый информационный канал содержит: временной интерполятор, двойной буферный регистр, быстродействующую ЭСП память емкостью 256 слов по 7 разрядов. Управление режимами работы и процессом преобразования осуществляется схемой управления СУ-1, включающей в себя следующие основные узлы:

- а/ быстродействующий четырехразрядный счетчик на 125 МГц;
- б/ восьмиразрядный счетчик адреса памяти;
- в/ детектор признака информации - ДИ;
- г/ схема синхронизации - СС1.

Передача информации в ЭВМ происходит под контролем схемы управления СУ-2, содержащей:

- а/ дешифратор функции КАМАК;
- б/ буферные магистральные усилители;
- в/ схему синхронизации СС2.

Преобразователь работает в двух режимах:

- режим преобразования;
- режим передачи информации в ЭВМ.

В режиме преобразования временной интерполятор при поступлении на вход сигнала вырабатывает 4-разрядный код, соответствующий моменту прихода сигнала внутри 16 нс интервала и признак действительной информации /1 разряд/, которые заносятся в буферный регистр. Информация из буферного регистра каждые 64 нс записывается в память, независимо, был сигнал на входе или нет.

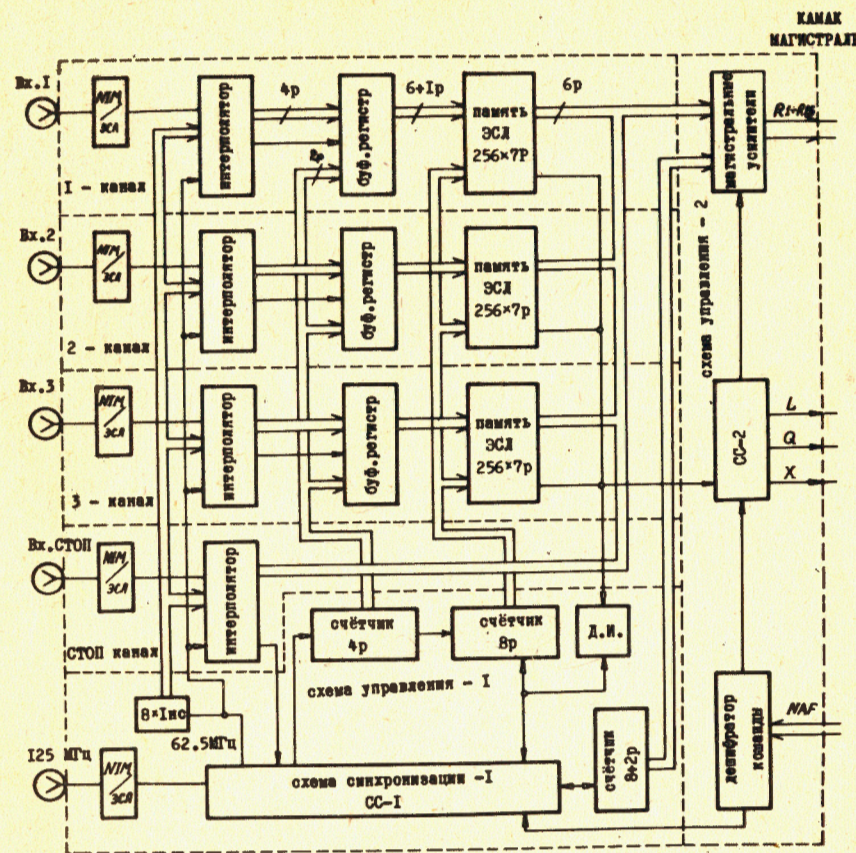


Рис.1. Структурная схема преобразователя время-код.

Распределение разрядов памяти следующее:

- 4 разряда - информация с интерполятора о положении сигнала внутри 16 нс интервала;
- 2 разряда - информация с двоичного счетчика схемы управления СУ-1, уточняющая, в каком из четырех 16 нс интервалов внутри 64 нс интервала пришел сигнал;
- 1 разряд - признак действительной информации. Значение "1" указывает, что в данную ячейку памяти записан код, соответствующий моменту прихода сигнала.

Таким образом, номер ячейки памяти указывает, в каком из 256 интервалов по 64 нс пришел сигнал, а содержимое ячейки с точностью 1 нс указывает момент прихода сигнала внутри 64 нс интервала. При этом нумерация ячейки памяти ведется от ячейки памяти, номер которой был установлен на адресном счетчике в момент прихода сигнала СТОП.

После сигнала СТОП, момент прихода которого внутри 64 нс интервала также регистрируется временным интерполятором, ВЦП переходит в режим передачи информации в ЭВМ. Схема управления СУ-1 последовательно по каналам считывает содержимое ячеек памяти и проверяет значение признака информации. В случае обнаружения полезной информации схема синхронизации СС2 возбуждает запрос L, и содержимое ячейки /6 разрядов/ вместе с ее номером, а также номером канала передается в ЭВМ. Обмен с ЭВМ ведется в режиме ULS.

3. ВРЕМЕННОЙ ИНТЕРПОЛЯТОР

С помощью этой схемы /рис.2/ достигнуто достаточно высокое разрешение ВЦП, равное 1 нс, при относительно низкой тактовой частоте в 125 МГц. В основу работы интерполятора положено то обстоятельство, что Д-триггеры 500-й серии имеют весьма малое апертурное время. Оно определяется как временной интервал, измеряемый относительно фронта тактового импульса, внутри которого изменение информации на Д-входе из одного логического состояния в другое приводит к неопределенному состоянию триггера. Это время составляет 150 ± 200 пс. Основная тактовая серия

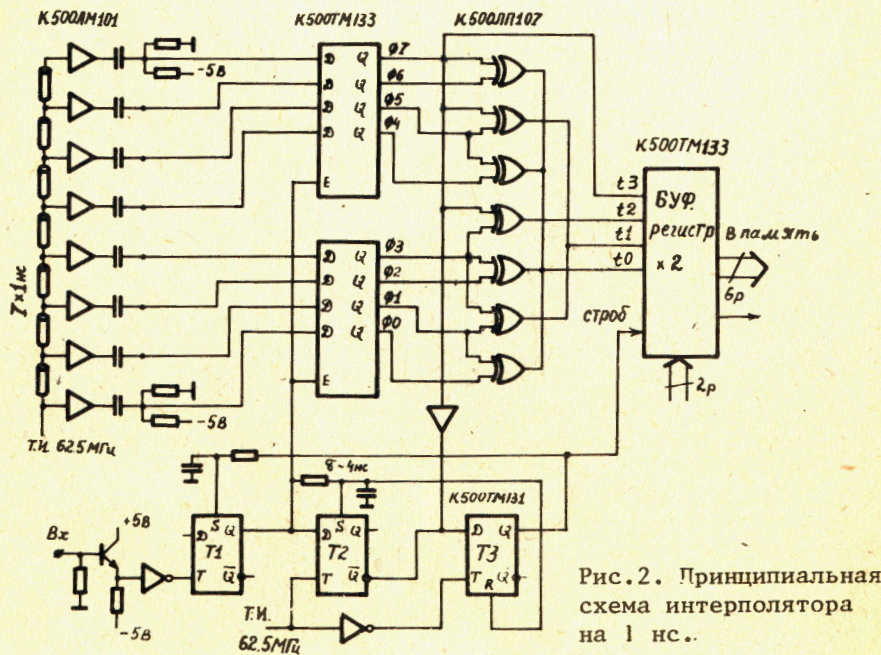


Рис.2. Принципиальная схема интерполятора на 1 нс.

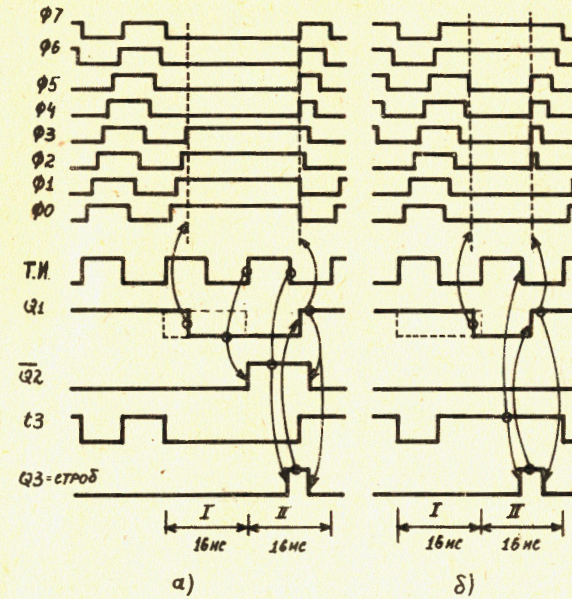


Рис.3. Временная диаграмма работы интерполятора.

делится на два, а затем через кабельные линии задержки в 1 нс поступает на Д-входы восьмиразрядного регистра. Входной сигнал, перебрасывая триггер Т1, приводит к запоминанию в регистре кода, соответствующего моменту прихода сигнала относительно тактового периода 16 нс /рис.3/. Отметим, что схема интерполятора разработана таким образом, что исключается появление ошибки в измерении временного интервала на один тактовый период /16 нс/ из-за конечного апертурного времени Д-триггера Т2. Именно, если входной сигнал, приходящий в интервале 1 /см. рис.3б/, устанавливает Т1 в состояние "0", а Т2 при этом не перебрасывается от переднего фронта тактового импульса, то на триггере Т3 сформируется строб записи в буферный регистр, так как состояние "1" на Д-входе этого триггера будет установлено сигналом t_3 . С помощью шифратора на микросхемах К500ЛП107 этот код преобразуется в двоичный и поступает затем на вход сдвоенного буферного регистра. Введение двойного буферного регистра обусловлено тем обстоятельством, что код на входе памяти в цикле записи должен оставаться определенное время неизменным. Это условие трудно выполнить в схеме с одним регистром в случае прихода сигналов с интервалом ≥ 64 нс.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

1. Число измерительных каналов - 3
2. Генератор тактовой частоты - 125 МГц, внешний
3. Максимальный измеряемый интервал времени - 16,384 мкс
4. Абсолютная точность измерения - 1 нс
5. Дифференциальная нелинейность - $\leq 30\%$
6. Количество регистрируемых сигналов - 256
7. Временной интервал между соседними сигналами - ≥ 64 нс.
8. Выходное слово - 16 разрядов, из них
1 ÷ 14 p - код временного интервала
15 ÷ 16 p - номер информационного канала, включая стоп-канал
9. Чтение информации в ЭВМ в режиме ULS по команде NA(O)F(O)
10. Преобразователь выполнен в виде блока единичной ширины стандарта КАМАК
11. Используемое питание:
+6 В - 0,4 А
-6 В - 6,2 А.

Авторы благодарят В.Б.Флягина за повседневную поддержку работы, В.Г.Зинова - за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мерзон Г.И., Ситар Б., Будагов Ю.А. ЭЧАЯ, 1983, т. 14, вып. 3, с. 648.
2. Allison W.W.M. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1979, vol.163, p. 331.
3. Clark A.R. et al. Proposal for a PEP Facility based on TPC. Prep. PEP4, 1976.
4. Baruzzi V. et al. Prep. CERN-EF/82-12, CERN, 1982.
5. Calvetti M. et al. Prep. CERN-EP/82-44, CERN, 1982.
6. Будагов Ю.А. и др. Препринт UKJF 80-30, Братислава, 1980.
7. Festa E., Sellem R. Nucl. Instr. and Meth., 1981, vol. 188, p. 99-104.
8. Ouimette D. et al. SLAC-PUB-2784, 1981.
9. Legrele C., Lugol J.C. IEEE, NS-30, 1983, p. 297.
10. Hallgren B., Werweiy H. IEEE, NS-27, 1980, No 1.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 июня 1984 года.

НЕТ ЛИ ПРОВЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
	Труды УИ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
301000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Будагов Ю.А. и др. 13-84-395
Преобразователь время-код с наносекундным разрешением

Описывается преобразователь время-код с наносекундным разрешением для широкоазорных дрейфовых камер. Наличие быстрой буферной памяти в каждом информационном канале позволяет регистрировать до 256 сигналов, поступающих на вход преобразователя с интервалом ≥ 64 нс в диапазоне $0 \div 16$ мкс. Преобразователь выполнен в стандарте КАМАК в блоке 1М, содержит 3 информационных канала и 1 стоп-канал.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод авторов

Budagov Yu.A. et al. 13-84-395
Multi-Hit Drift Time Digitizer with 1-Nanosecond Resolution

A multi-hit drift time digitizer is described (in the $0 \div 16$ mks range). It measures the time position of signals with the accuracy ± 1 ns from the wide-gap drift chamber. A fast MECL memory (256×7 bits) in each information channel allows one to register up to 256 signals with a ≥ 64 ns interval between pulses.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1984