

ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ  
В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 539.1.07

ЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ВРЕМЯ–КОД  
С ИНТЕРФЕЙСОМ PCI ДЛЯ ПОЗИЦИОННО-ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО  
ДЕТЕКТОРА НЕЙТРОНОВ

© 2019 г. В. А. Соловей, Т. В. Савельева,  
М. Р. Колхидашвили, О. Н. Гапон

Поступила в редакцию 28.03.2019 г.

После доработки 02.04.2019 г.

Принята к публикации 06.04.2019 г.

DOI: 10.1134/S0032816219050112

В работе [1] сообщалось о создании в Петербургском институте ядерной физики им. Б.П. Константинова позиционно-чувствительного двухкоординатного с распределенными линиями задержки детектора тепловых и холодных нейтронов с газовым конвертором  ${}^3\text{He}$ .

В данном детекторе для регистрации частиц реализован катодный метод съема информации. Местоположение регистрируемой частицы определяется путем измерения четырех временных интервалов, образуемых общим стартовым сигналом и стоповыми сигналами, снимаемыми с концов линий задержек.

Для съема информации с детектора был разработан четырехканальный преобразователь время–код (TDC), его общая структурная схема показана на рис. 1.

Связь с шиной PCI осуществляется с помощью интерфейсной микросхемы PCI 9030 производства PLX Technology. Обмен сигналами и данными с платой TDC осуществляется с помощью 16-разрядной локальной шины через два 40-контактных разъёмных соединителя.

Основой разработанного TDC является микросхема восьмиканального преобразователя TDCGPX, используемая в режиме I-MODE [2].

Программируемая логическая матрица EPM570T100C3 адаптирована к условиям приема входных сигналов, случайно распределенных во времени. В результате измерения формируется четыре 16-разрядных слова, в каждом из которых три старших разряда определяют номер канала преобразования, остальные тринадцать разрядов – дан-

ные. Младший разряд данных не используется. Логика обмена сигналами и данными между преобразователем время–код TDCGPX, памятью FIFO и интерфейсной микросхемой PCI 9030 осуществляется программируемым конечным автоматом, реализованным на двух программируемых логических матрицах EP1K30QC208-1.

В рабочем режиме в процессе измерения с помощью программного обеспечения реализуются следующие основные функции: набор данных при контроле заполнения буферной FIFO-памяти, чтение памяти после заполнения ее наполовину, обработка и хранение данных. При появлении признака переполнения FIFO-памяти набор данных останавливается и осуществляется их чтение. В случае обнаружения аппаратного стопового сигнала или выхода за пределы установленного временного окна событие считается ложным.

Визуализация данных осуществляется в виде 2D- и 3D-графиков. В тестовом режиме определены основные обобщенные (в рамках принятых схемотехнических решений) характеристики системы измерения и накопления данных с использованием созданного преобразователя.

На рис. 2 показаны результаты тестирования загрузочной способности TDC при работе от генератора случайных сигналов с формированием стоповых сигналов для каждого из четырех измерительных каналов с помощью кабельных линий задержки.

TDC может работать с любым из позиционно-чувствительных двухкоординатных детекторов нейтронов, в которых местоположение регистри-

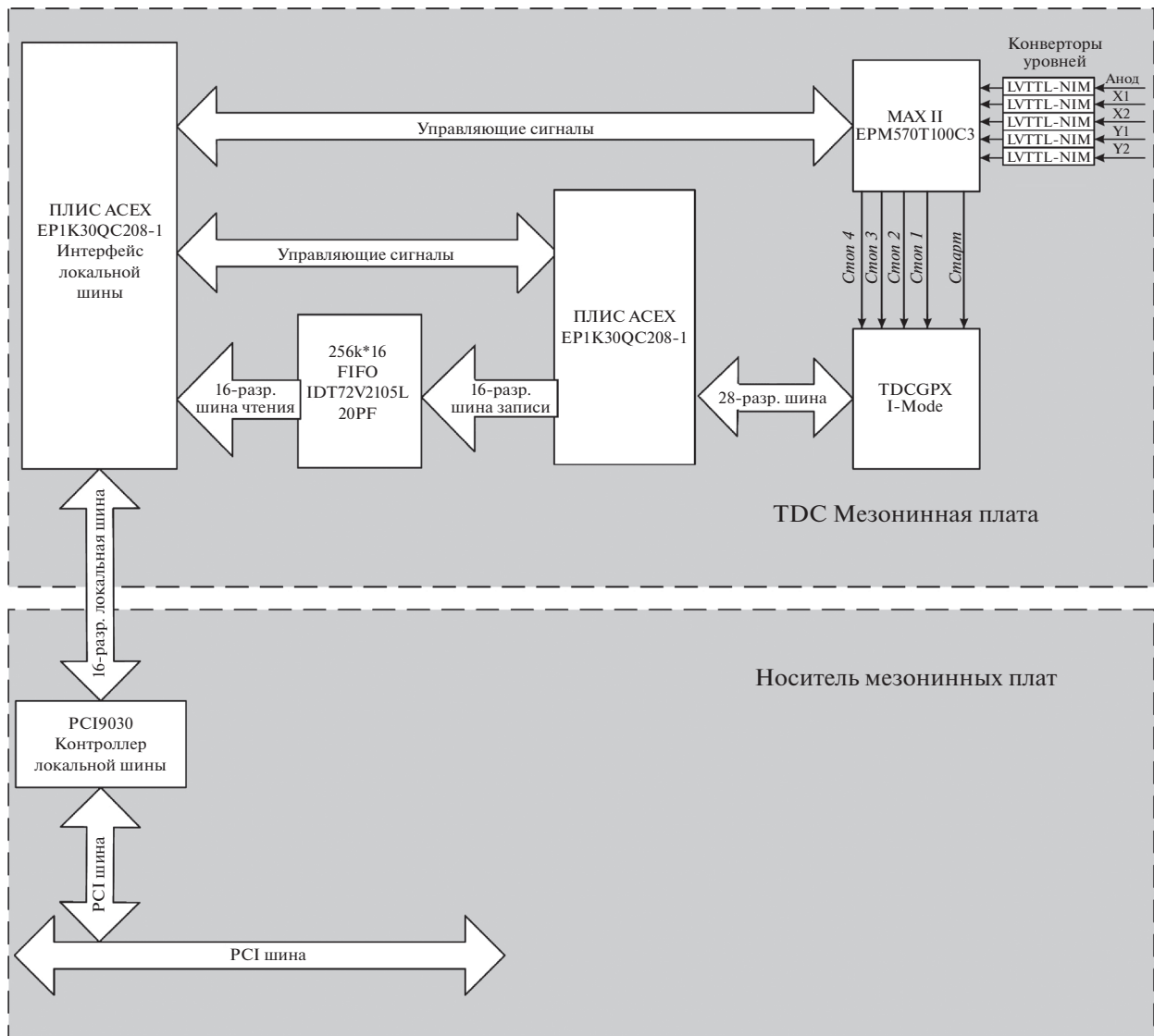


Рис. 1. Общая структурная схема преобразователя.

руемой частицы определяется путем измерения четырех временных интервалов, например описанных в [3–7].

На основании данных, полученных при испытаниях аппаратно-программного комплекса, созданного на основе разработанного 4-канального преобразователя время–код, и с использованием позиционно-чувствительного двухкоординатного детектора нейтронов с распределенными линиями задержки, общие характеристики комплекса следующие:

- время задержки распределенных координатных линий детектора  $\leq 600$  нс;

- число каналов преобразования временных интервалов в цифровой код равен 4;

- дифференциальная нелинейность шкал преобразования при чувствительности 162 пс/канал  $< 5\%$ ;

- время измерения и регистрации события в буферную память FIFO  $< 2$  мкс;

- пропускная способность системы  $> 150000$  событий в секунду.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, Соглашение № 075-02-2018-260 от 26.11.2018 г., уникальный идентификационный номер проекта RFMEFI60718X0200.

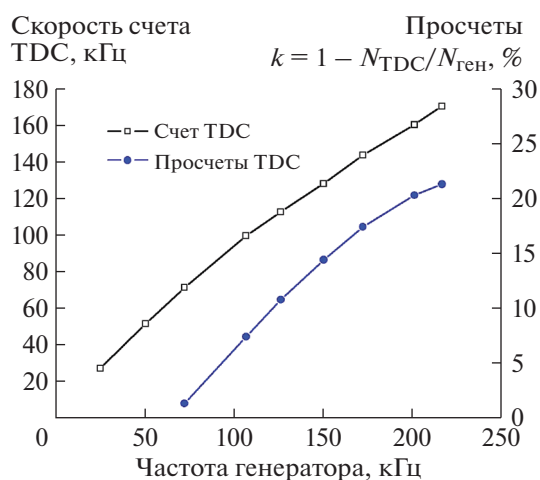


Рис. 2. Загрузочная способность четырехканального преобразователя время–код на основе ТДС GPX.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В.А., Ганжа Г.А., Иванов Е.А., Ильин Д.С., Коваленко С.Н., Колхидашвили М.Р., Крившич А.Г., Надточий А.В., Рунов В.В., Соловей В.А., Шабанов Г.Д. // Физика твердого тела. 2010. Т. 52. Вып. 5. С. 964.
2. <https://ams.com/tdc-gpx>

3. Балушкин А.В., Богдзель А.А., Журавлев В.В., Пантелеев Ц.Ц., Ли Ен Че, Черников А.Н., Чураков А.В., Швецов В.Н. // ЖТФ. 2008. Т. 78. Вып. 1. С. 121.
4. Orban J., Cser L., Rosta L., Torok Gy., Nagy A. // Nucl. Instrum. and Methods in Phys. Res. 2011. V. A 632. P. 124. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2010.12.035>
5. Поташев С.И., Марин В.Н., Афонин А.А., Караевский С.Х., Бурмистров Ю.М., Разин В.И., Садыков Р.А., Конобеевский Е.С. Препринт ИЯИ РАН № 1415/2015. М., 2015.
6. Tian LiChao, Chen YuanBo, Tang Bin, Zhou JianRong, Qi HuiRong, Liu RongGuang, Zhang Jian, Yang GuiAn, Xu Hong, Chen DongFeng and Sun ZhiJia // Mechanics and Astronomy. 2013. V. 56. Iss. 10. P. 1882. <https://doi.org/10.1007/s11433-013-5187-1>
7. Лебедев В.М., Лебедев В.Т., Иванова И.Н., Ильин Д.С., Колхидашвили М.Р., Кульвелис Ю.В., Орлова Д.Н., Соловей В.А. Сообщение ПИЯФ № 2912. Гатчина, 2012.

Адрес для справок: Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра “Курчатовский институт”; Россия, 188300, Гатчина Ленинградской обл., мкр. Орлова роща, 1; e-mail: [solovei\\_va@pnpi.nrcki.ru](mailto:solovei_va@pnpi.nrcki.ru) (В.А. Соловей), e-mail: [saveleva\\_tv@pnpi.nrcki.ru](mailto:saveleva_tv@pnpi.nrcki.ru) (Т.В. Савельева).