

**ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ
В ЛАБОРАТОРИЯХ**

УДК 53.08:004

**ШИРОКОДИАПАЗОННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ВРЕМЯ–КОД
СЧЕТНО-ИМПУЛЬСНОГО ТИПА С РАЗРЕШЕНИЕМ 1 нс**

© 2023 г. В. В. Сидоркин

Поступила в редакцию 08.06.2022 г.

После доработки 08.06.2022 г.

Принята к публикации 04.08.2022 г.

DOI: 10.31857/S0032816223010238, EDN: JWXZEQ

В ряде физических и методических задач возникает необходимость измерения временных интервалов в диапазоне от единиц наносекунд до сотен микросекунд и выше [1]. Рассматриваемый в данной работе преобразователь время–код ПВК-1.2.24 (далее ПВК) имеет два канала с общим стартом и измеряет интервалы времени длительностью от 0 до ~16 мс для каждого из каналов с разрешением порядка 1 нс. ПВК выполнен в стандарте КАМАК и занимает одну станцию. На рис. 1 представлена его функциональная схема. ПВК построен по схеме времяцифрового преобразователя последовательного счета с калибруемой шкалой преобразования. В качестве задатчика измерительных интервалов времени используется ждущий генератор на основе интегральной схемы (ИС) МС10Н101, включенной по схеме кольцевого счетчика. Частота смены состояний данного генератора в пересчете эквивалентна 1 ГГц [2, 3].

В основе процедуры измерения лежит совместная работа ждущего генератора на ИС МС10Н101 и триггера-заселки на ИС МС100Е150 серии ЭСЛ [4]. По переднему фронту стартового или калибровочного импульса запускается ждущий генератор, смена состояний которого идет в коде Джонсона с шагом, равным длительности внутренней задержки единичного логического элемента МС10Н101. По переднему фронту стопового импульса или по заднему фронту импульса калибровки текущее состояние генератора фиксируется в триггере-заселке МС100Е150. Данное состояние после преобразования из кода Джонсона в двоичный код представляет собой значения первых трех разрядов общего 24-разрядного слова данных. Оставшиеся 21 разряд формируются двоичным счетчиком путем подсчета числа полных циклов работы генератора, уложившихся в измеряемый интервал.

Процедура калибровки позволяет определить передаточные характеристики каждого из каналов для текущих условий эксплуатации. Калибровочные импульсы подаются в модуль либо от

внешнего источника через разъем ЛЕМО на его лицевой панели (“Строб”), либо генерируются внутри модуля из импульсов встроенного кварцевого генератора (сигнал *Строб_3*).

На передней панели имеется два дополнительных разъема “Строб_1” и “Строб_2”. Они предназначены для подачи импульсов калибровки для каждого канала по отдельности, что позволяет использовать данные входы для измерения длительности импульсов в пределах заявленного диапазона. Кроме того, разъемы “Строб_1” и “Строб_2” совместно со стоповыми разъемами позволяют организовать в данном ПВК режим с отдельным стартом для каждого из каналов. При этом диапазон измеряемого интервала времени задается длительностью соответствующих сигналов *Строб_1* и *Строб_2*.

В ПВК предусмотрена возможность регистрации двух последовательных стоповых сигналов для одного из каналов на выбор. Для включения этого режима на плате имеются переключки Jp1–Jp2, которые необходимо замкнуть. В этом случае вход другого канала не должен быть использован.

Сигнал *LAM* генерируется блоком либо по переполнению счетчиков, либо при регистрации стоповых сигналов в любом из каналов.

Для определения передаточных характеристик каналов на основе калибровочных данных использовался метод наименьших квадратов. Все расчеты были выполнены средствами программы Excel:

– передаточная характеристика первого канала

$$Tx_1 = (0.93743026n + 0.71867933) \pm 0.3 \text{ нс},$$

– передаточная характеристика второго канала

$$Tx_2 = (1.10334275n + 0.80168733) \pm 0.3 \text{ нс},$$

где Tx_1 , Tx_2 – измеряемые интервалы, n – число отсчетов.

Данные калибровки позволяют оценить длительность внутренней задержки единичного логического элемента микросхем МС10Н101 в каж-

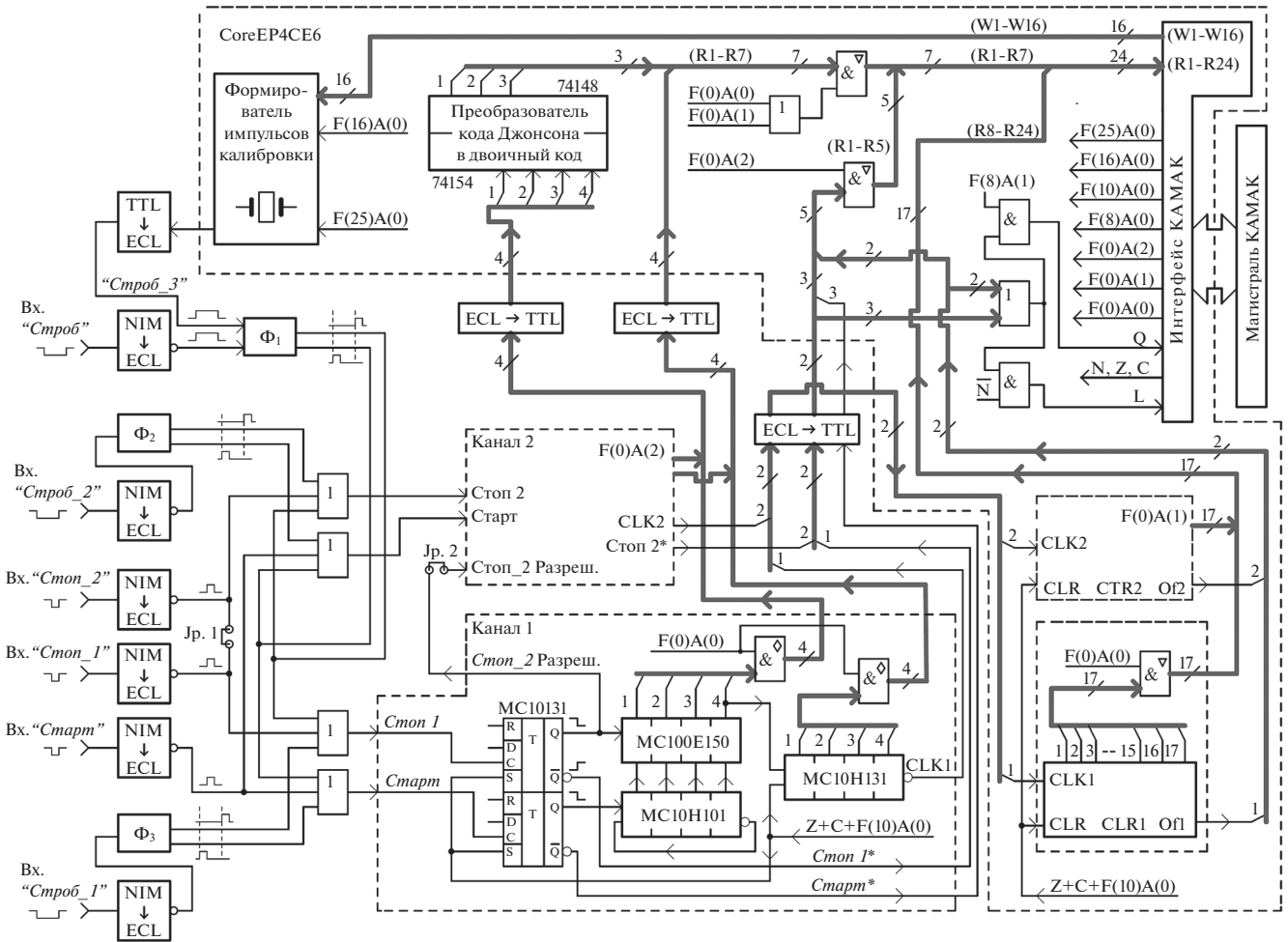


Рис. 1. Функциональная схема ПВК-1.2.24. Φ_1 – Φ_3 – формирователи start-стоповых сигналов с привязкой соответственно к передним и задним фронтам импульсов калибровки.

дом из каналов. Для первого канала длительность внутренней задержки составила 0.94 ± 0.01 нс, для второго канала – 1.10 ± 0.01 нс.

Температура окружающей среды $\sim 20.7^\circ\text{C}$.

В данном ПВК использована FPGA EP4CE6E22C8N в составе отладочной платы CoreEP4CE6 фирмы Waveshare, что значительно упростило изготовление печатной платы самого ПВК, а также предоставило возможность оперативно менять некоторые его характеристики, например измеряемый диапазон времени за счет изменения разрядности счетчиков.

Команды блока: F(0)A(0), F(0)A(1) – чтение 24-разрядного кода времени для первого и второго канала соответственно; F(0)A(2) – чтение слова состояния (R1, R2 – наличие сигналов *Стон*; R3, R4 – переполнение счетчиков; R5 – наличие сигнала *Смап*); F(8)A(0) – проверка запроса LAM, Q = L; F(10)A(0) – сброс LAM и счетчиков; F(16)A(0) – запись кода длительности импульса *Строб_3* по W1–W16; F(25)A(0) – start калиб-

ровки ПВК внутренним сигналом; Z, C – общий сброс ПВК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лубсандоржиев Б.К., Полещук Р.В. // ПТЭ. 2011. № 4. С. 53.
2. Мелешко Е.А. Наносекундная электроника в экспериментальной физике. М.: Энергоатомиздат, 1987. С. 132–141.
3. Сидоркин В.В. // ПТЭ. 2018. № 3. С. 41. <https://doi.org/10.7868/S003281621803028X>
4. DL122/D Rev. 7, Mar-2000: MECL Data ON Semiconductor. https://ae6pm.com/Semidata_books/Motorola/DL122-D.pdf

Адрес для справок: Россия, 141980, Дубна Московской обл., ул. Жолио-Кюри 6; Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ), Лаборатория ядерных проблем (ЛЯП), сектор № 1 Научно-экспериментального отдела физики элементарных частиц (НЭОФЭЧ). E-mail: sidorkin@jinr.ru