

ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ БЫСТРОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ РАБОЧЕГО ТЕЛА КАЛОРИМЕТРА

А. Н. Панченко, Б. В. Цыганков, Ю. Г. Кудрявцев

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В настоящее время на моделирующих установках (МУ), генерирующих импульсное тормозное или электронное излучение, проводится большое количество физических исследований и испытаний изделий электронной техники. Наряду с различными методами дозиметрии в этих экспериментах используются калориметры, которые измеряют поглощенную энергию излучения в рабочем теле. Контролируемым параметром при этом является температура рабочего тела, а датчиками температуры – термопары и термометры сопротивления. В данной работе термометр сопротивления на основе керамического терморезистора с большим температурным коэффициентом одновременно выполняет роль рабочего тела.

Электронная система для быстрого измерения температуры рабочего тела калориметра основана на преобразовании R–F (сопротивление – частота). Учитывая специфику проводимых экспериментов на МУ, электронная система разработана с учетом блочно-модульного принципа и состоит из калориметрического детектора, преобразователя R–F (сопротивление – частота), линии связи, преобразователя F–U (частота – напряжение) и регистратора. Структурная схема системы изображена на рис. 1.

Рабочее тело калориметра – терморезистор [1], установленный в специализированный корпус и на-

ходящийся в зоне ионизирующего излучения. Калориметр с помощью двух триаксиальных кабелей подключен к преобразователю R–F. Величина сопротивления терморезистора, включенного во времязадающую цепь преобразователя, определяет его выходную частоту.

Для частотного преобразования существует множество схем генераторов, основанных на логических элементах с времязадающей RC-цепочкой. Классически, такие генераторы строятся на логических элементах И-НЕ, ИЛИ-НЕ и др. Проведя теоретический анализ и экспериментальную выборку существующих схем генераторов по критерию большей стабильностью генерируемой частоты, выбран генератор с времязадающей RC-цепочкой на базе элементов 2И-НЕ структурная схема которого изображена на рис. 2.

Условия, в которых работают подобные системы на моделирующих установках, накладывают свои ограничения на разработчиков. Одним из важнейших условий – гальваническая развязка для предотвращения выхода из строя дорогостоящего оборудования в случае появления высоковольтной помехи. Для удовлетворения данного требования преобразователи R–F и F–U соединены оптоволоконным кабелем.

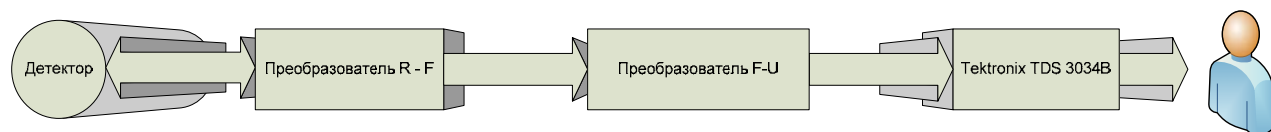


Рис. 1. Структурная схема системы

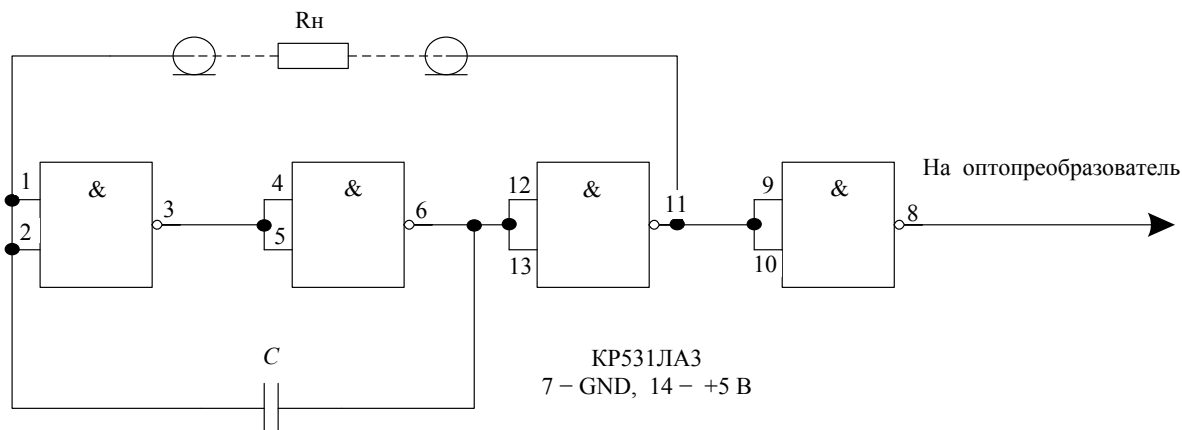


Рис. 2. Преобразователь «температура – электрический сигнал», R_n – терморезистор

После информационного поиска разработчиком была предпринята попытка использовать в качестве преобразователя F–U, широко используемый в автомобильной промышленности микросхему LM2917. Схема включения микросхемы LM2917 представлена на рис. 3.

Серия испытаний системы измерения температуры рабочего тела калориметра, выявила следующую закономерность: с увеличением частоты работы преобразователя «температура – электрический сигнал» увеличивается и чувствительность всей системы. У микросхемы LM2917 максимальная частота преобразования 500 кГц, что не согласовывается с выходными параметрами датчика. В связи с этим, было принято решение на создание собственного преобразователя F–U на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Структурная схема опытного образца преобразователя F–U на базе ПЛИС представлена на рис. 4.

Опико-электрический преобразователь HFBR-2412 фирмы Avago Technologies выполняет преобразование вида измеряемого сигнала из оптической в электрическую форму. В качестве опорной частоты ПЛИС используется прецизионный тактовый генератор частотой 100 МГц с нестабильностью 5,0E-8. В данной разработке использовались ПЛИС фирмы Altera [2] серии MAX7000S. Структурная схема прошивки ПЛИС представлена на рис. 5.

В основе схемы прошивки ПЛИС лежат два четырнадцатиразрядных параллельных двоичных счетчика. Селектор разбивает поступающие импульсы измеряемой частоты на нечетные и четные, т. к. измеряемые импульсы имеют динамически меняющуюся скважность, а также генерирует сигналы, разрешающие счет длительностью от фронта нечетного до фронта четного и от фронта четного до фронта нечетного импульса для первого и второго счетчиков соответственно. В зависимости от разрешающего

сигнала, в один и тот же момент времени работа разрешена только одному из счетчиков, который осуществляет подсчет импульсов заранее известной опорной частоты, поступающих с блока управления частотой (БУЧ). Результаты работы счетчиков мультиплексируются на одну четырнадцатиразрядную шину для дальнейшего анализа и вывода информации. Схема оценки состояния производит сравнение результата с числами 0h и 3FFFh и генерирует сигнал для БУЧ: при совпадении результата с первым числом – сигнал на повышение частоты, со вторым числом – сигнал на понижение частоты. Также при совпадении результата с этими числами блокируется вывод информации, сбрасывается состояние счетчиков, и подсчет импульсов опорной частоты начинается с фронта следующего измеряемого импульса. В случае, если результат находится в диапазоне от 0h и до 3FFFh, число записывается в выходной регистр и генерируются управляющие сигналы соответствующим блоком для записи в ЦАП. Генерация управляющих сигналов производится при помощи блока формирования импульсов (БФИ). Синтез БФИ произведен по методу аналогичному [3].

Для увеличения чувствительности системы в качестве основного счетчика используется счетчик фронт/спад, структурная схема которого представлена на рис. 6. В результате этого частота дискретизации увеличивается в два раза. Счетчик фронт/спад состоит из: двух счетчиков, шинного мультиплексора и блока управления. Один из счетчиков считает поступающие импульсы опорной частоты по фронту и принимает четные значения, другой – по спаду и принимает нечетные значения. Шинный мультиплексор поочередно мультиплексирует значения счетчиков, в результате чего происходит счет в нормальной последовательности. Блок управления регламентирует работу счетчиков и мультиплексора, а также имеет выход, сообщающий о переполнении счетчиков.

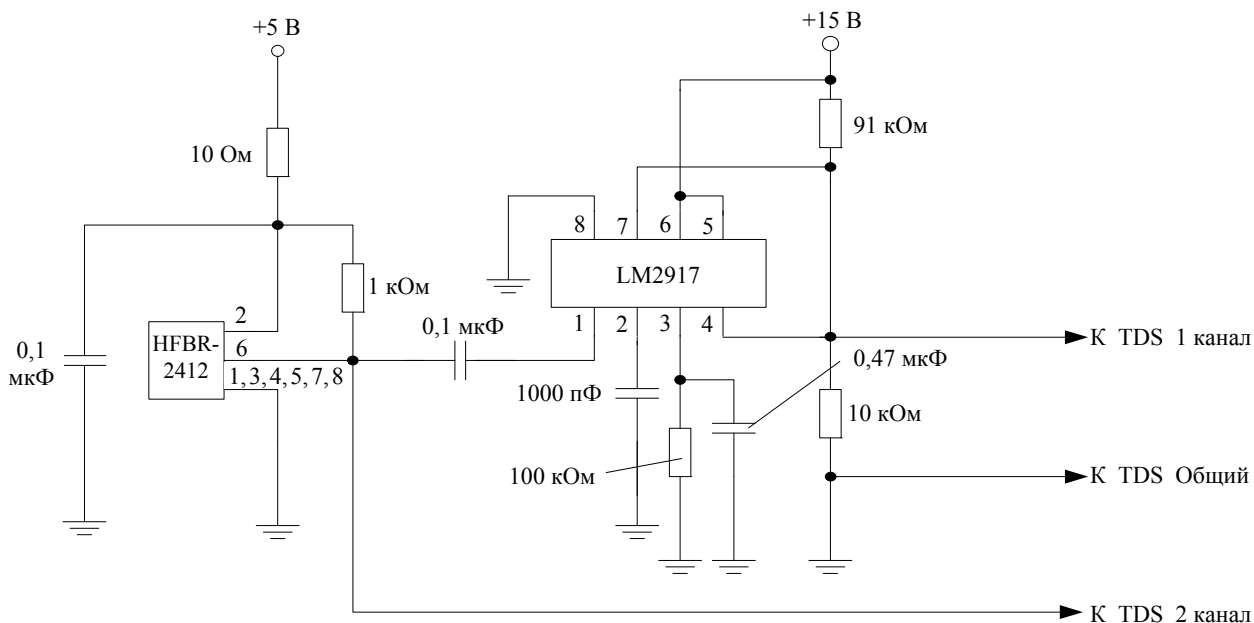


Рис. 3. Схема включения LM2917 в качестве преобразователя F–U

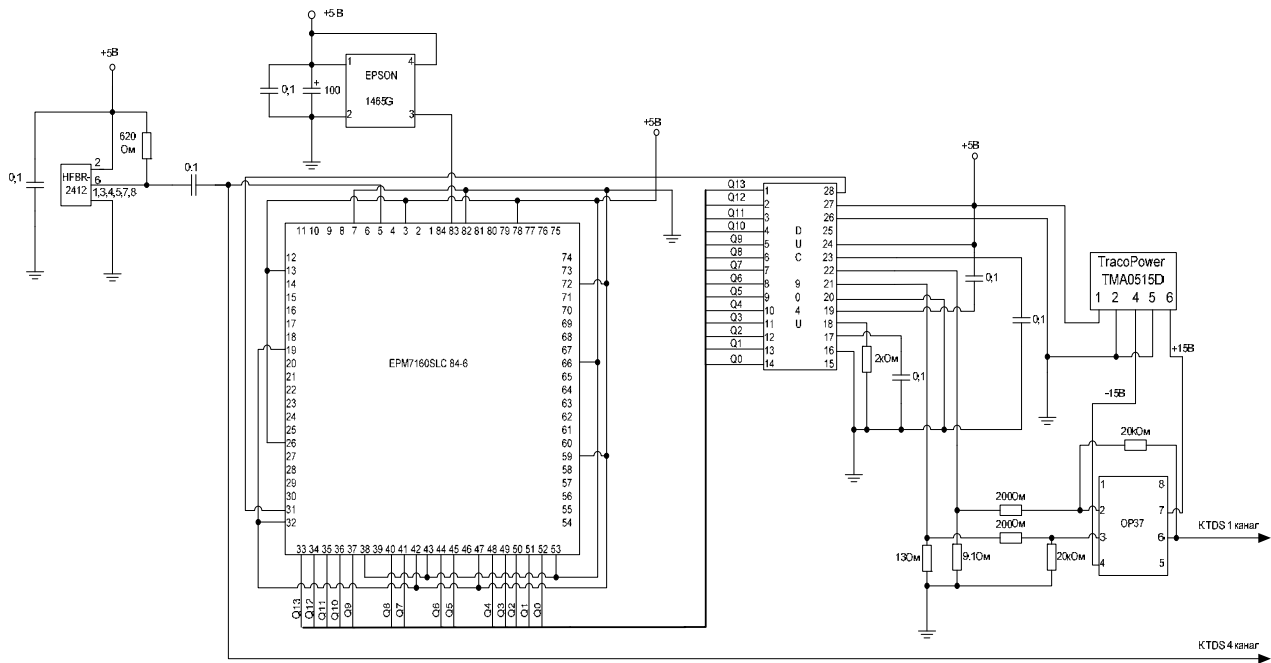


Рис. 4. Структурная схема преобразователя F-U на базе ПЛИС

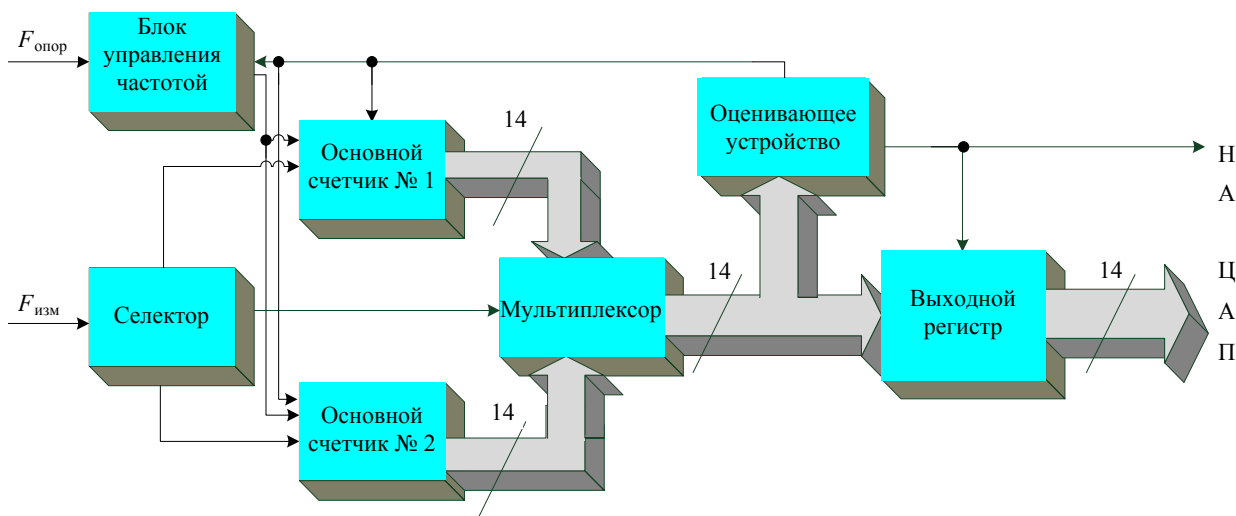


Рис. 5. Структурная схема прошивки ПЛИС

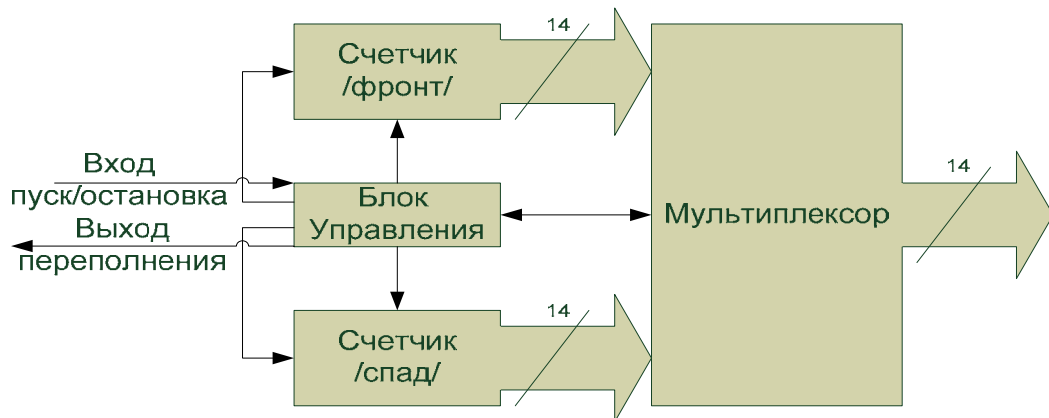


Рис. 6. Структурная схема счетчика фронт/спад

Диапазон измеряемых частот ПЧН зависит от выходной частоты БУЧ. Структурная схема БУЧ представлена на рис. 7.

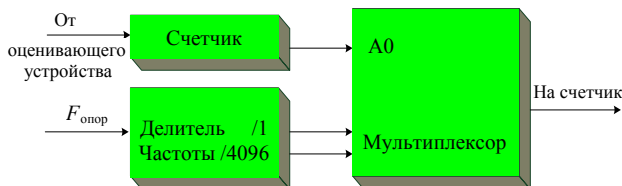


Рис. 7. Структурная схема БУЧ с двумя пределами

Выходом блока является выход мультиплексора. К адресному входу мультиплексора подключен дешифратор. С помощью дешифратора результат схемы оценки состояния преобразуется в понятный для мультиплексора вид. К информационным входам мультиплексора подключен делитель опорной частоты. Переключение с одной опорной частоты на другую происходит при разных значениях измеряемой частоты.

В аналоговой части используется четырнадцатиразрядный ЦАП DAC904 [4] фирмы Burr-Brown от Texas Instruments со скоростью преобразования 165 MSPS. Для большей наглядности к токовому выходу ЦАП подключен операционного усилителя ОР37 с напряжением питания от -15 до $+15$ В усиливающий выходной сигнал в 100 раз. В качестве

регистратора для измерения параметров аналогового сигнала с большей наглядностью используется широко распространенный осциллограф TDS3034B фирмы Tektronix.

В настоящее время проводятся испытания электронной системы быстрого измерения температуры рабочего тела калориметра на установках подразделения ИЯРФ с целью подтверждения заложенных и выявления критических параметров системы при рабочих включениях ускорителя. После каждого включения проводится сравнительная оценка с показаниями ИКС.

Литература

1. Аксенов А. И., Нефедов А. В. Резисторы. Конденсаторы: Справочное пособие. М.: «СОЛОН-Р», 2000.
2. Стешенко В. Б. ПЛИС фирмы «Altera»: элементная база, система проектирования и языки описания аппаратуры. М.: Изд. дом «Додека – XXI», 2002.
3. Цыганков Б. В. Метод формирования управляющих сигналов для микросхемы UT621024-35 // «Молодежь в науке». Сб. докл. VI научно-технической конференции. г. Саров, 30 октября – 01 ноября 2007. Саров: ФГПУ «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2008.
4. Data Sheet DAC 904u SBAS095B – Texas Instruments, 2002.