

КУЗНЕЦОВ Е. В., БАЛЬЗАМОВ А. Ю.

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ БЛОКА ТЕСТОВОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ ОПЕРАТИВНОГО ТОКА**

Аннотация. В данной статье рассматриваются особенности организации измерительных каналов для контроля параметров систем оперативного тока. Приводится функциональная схема и описывается принцип работы блока тестового воздействия.

Ключевые слова: система оперативного тока, сопротивление, блок тестового воздействия.

KUZNETSOV E. V., BALZAMOV A. YU.

**SOFTWARE AND HARDWARE IMPLEMENTATION
OF TEST ACTION UNIT IN OPERATING DC SYSTEM**

Abstract. This article discusses the features of the organization of measuring channels for monitoring the parameters of the operating current systems. The functional scheme is given and the principle of operation of the test action unit is described.

Keywords: operating current system, resistance, test action unit.

Комплекс мониторинга системы оперативного тока в зависимости от комплектации предназначен для автоматического измерения сопротивления изоляции, напряжений, токов и пульсаций, а также контроля состояния функциональных составляющих в системах оперативного постоянного тока и передачи полученной информации в АСУТП верхнего уровня [1].

Блок тестового воздействия (БТВ), который является частью системы мониторинга, предназначен для измерения и контроля сопротивления изоляции полюсов шин системы оперативного тока, формирования тестового воздействия на напряжение полюсов шин системы оперативного тока относительно «земли», измерения напряжения полюсов шин системы оперативного тока относительно «земли». Функциональная схема данного блока показана на рисунке 1.

Блок тестового воздействия имеет два режима работы: активный и пассивный. По умолчанию БТВ работает в активном режиме, пассивный режим можно активировать в пользовательском интерфейсе [2, с. 23].

В активном режиме микроконтроллер управляет реле К1 и К2, а также электронным потенциометром R, подключая по определённому алгоритму между положительным или отрицательным полюсом и «землёй» резистор сопротивлением от 100 кОм до 3,4 МОм. Выбор полюса и величина подключаемого электронного потенциометра определяются

значениями напряжения главных шин и полюсов системы оперативного тока относительно «земли», сопротивлением изоляции. До и после подключения электронного потенциометра между полюсами и «землём» измеряется напряжение полюсов относительно «земли». К разъёмам ХТ4, ХТ5 подключаются дифференциальные датчики тока для определения сопротивления изоляции двух секций (присоединений).

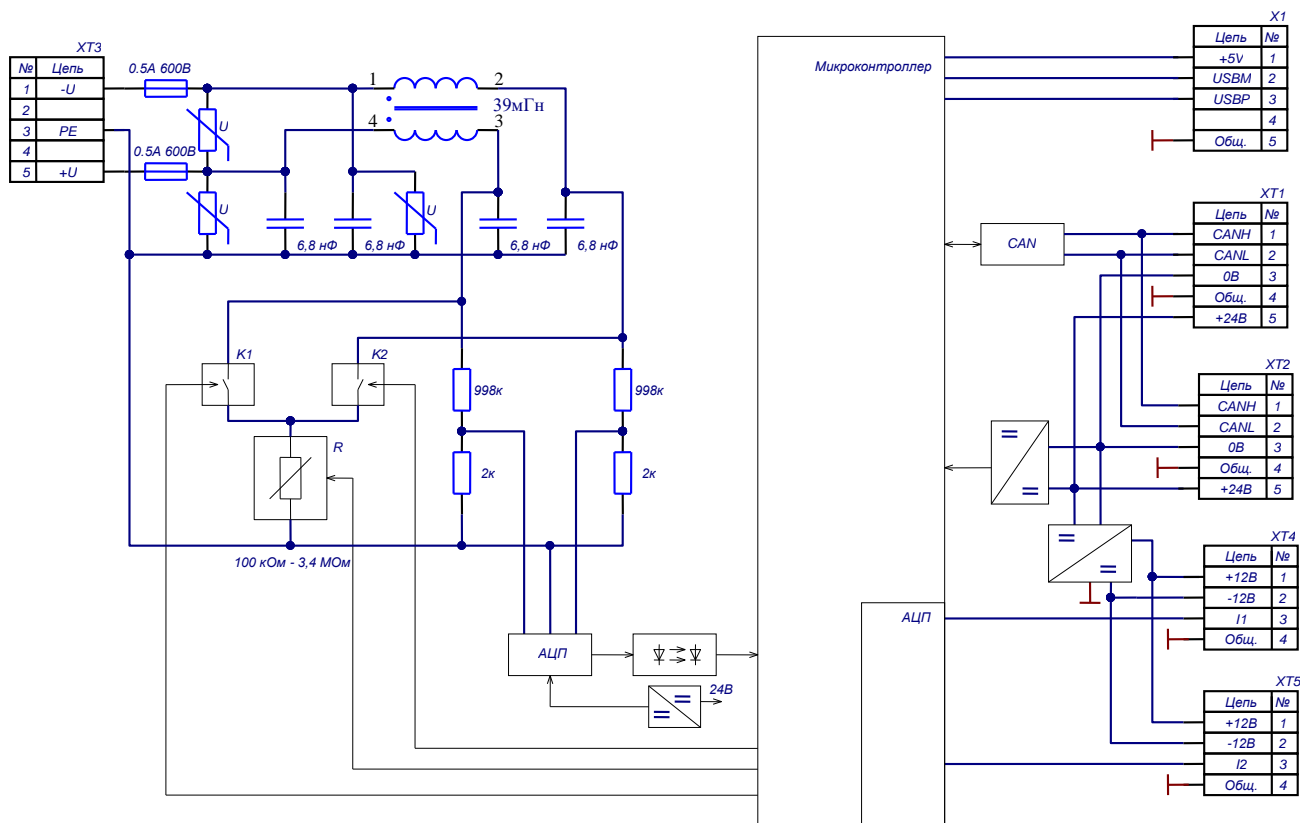


Рис. 1. Функциональная схема блока тестового воздействия.

В пассивном режиме реле К1 и К2 находятся в отключенном состоянии, блок тестового воздействия осуществляет мониторинг напряжения полюсов относительно «земли». При этом данные о напряжении полюсов сети относительно «земли» БИ индицирует в реальном времени, что позволяет облегчить поиск присоединения со сниженным сопротивлением изоляции методом поочерёдного отключения присоединений

Напряжение сети и измерительное заземление поступают на разъём ХТ3. Через защитную цепь и фильтр напряжение сети поступает на делитель напряжения и твёрдотельные реле К1 и К2. Выходной сигнал с делителя напряжения поступает на аналогово-цифровой преобразователь (далее АЦП), который измеряет напряжение сети и напряжение полюсов относительно «земли». Данные из АЦП поступают через гальванически

развязанный интерфейс в микроконтроллер. Для организации основного вычислительного процесса используется прерывание по переполнению таймера. Вначале, как правило, производится проверка флага инициализации работы блока. Если блок не запущен, то таймер/счетчик активируется.

Связь с внешними периферийными устройствами, например с микросхемой АЦП, производится по протоколу SPI. Тактирование SPI в описанной выше микроконтроллерной системе управления осуществляется от внутреннего источника тактового сигнала. Размер пакета и порядок передачи данных задается микроконтроллером. Микроконтроллер выступает в качестве ведущего устройства. Выбор ведомых устройств осуществляется программно, с помощью установки соответствующего бита CS.

АЦП управляется при помощи нескольких внутренних регистров. Это: регистр обмена, регистр режима, регистры фильтра, и регистр данных. Данные в эти регистры записываются через последовательный интерфейс; этот же интерфейс позволяет также считывать данные из указанных регистров. Любое обращение к любому регистру должно начинаться с операции записи в регистр обмена. После включения питания или сброса АЦП ожидает записи в регистр обмена. Данные, записываемые в этот регистр, определяют тип следующей операции (чтение или запись), а также к какому регистру будет идти обращение. Программа взаимодействия микроконтроллера с АЦП включает в общем случае следующую последовательность операций [3, с. 54].

1. Выбор входного канала.
2. Установка биполярного/униполярного режима и длины выходного слова.
3. Запись в регистр режима: устанавливается коэффициент усиления, иницируется калибровка.
4. Опрос сигнала, указывающего на наличие в регистре данных нового результата преобразования.
5. Чтение/запись данных по SPI.
6. Циклический повтор действий 4 и 5, пока не будет считано (записано) заданное число отсчетов.

На рисунках 2 и 3 приведены алгоритмы функций для микроконтроллеров серии STM32F4, описывающие основные функции по работе с внешним АЦП.

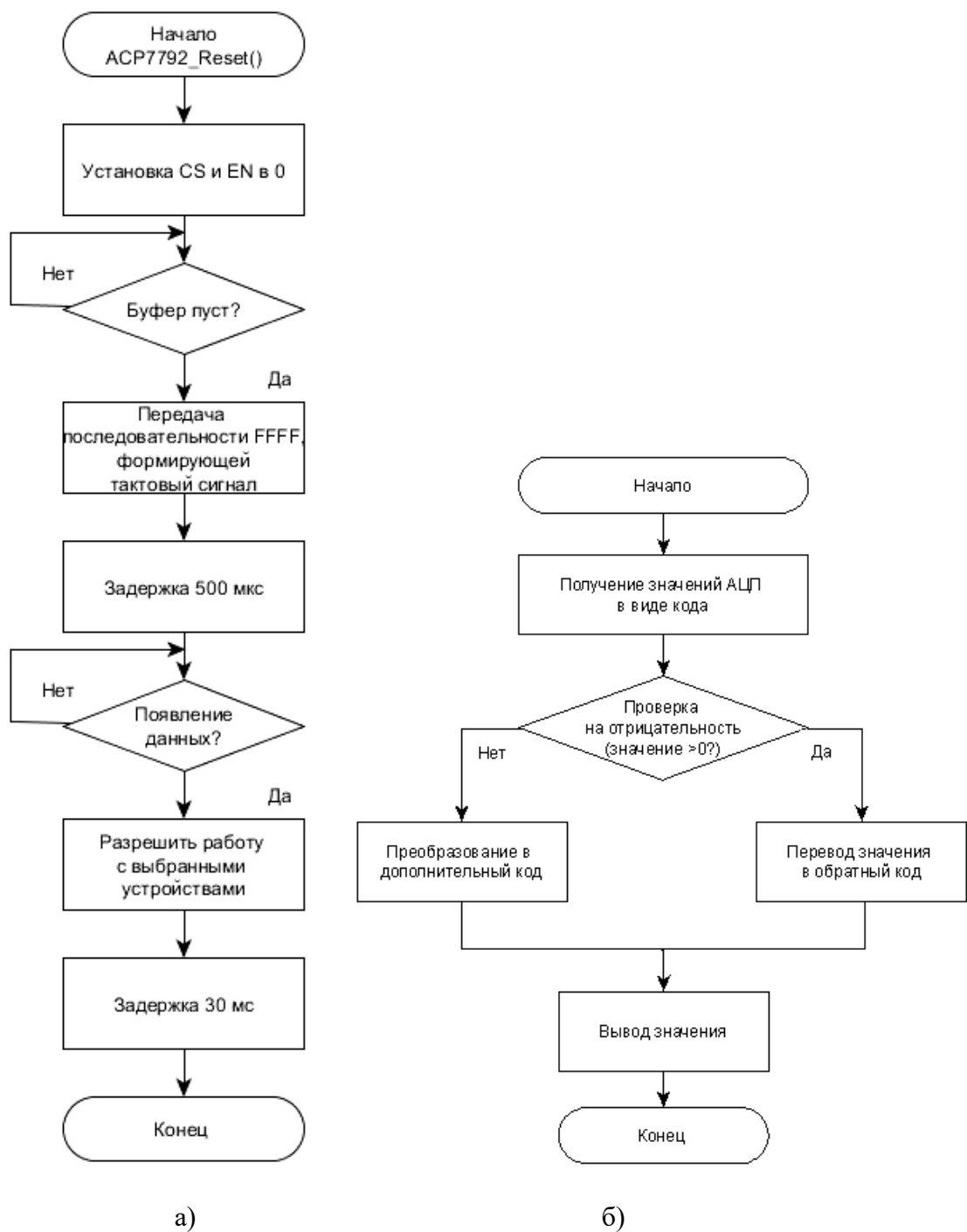


Рис. 2. Блок-схемы функций: а) сброс АЦП; б) нормирование сигнала.

Функция сброса, показанная на рисунке 2а, аналогична для всех АЦП. Перед началом CS и EN выставляются в 1. Происходит ожидание передачи данных до тех пор, пока буфер не окажется пустым. Далее происходит передача последовательности, формирующей тактовый сигнал сброса и ожидание появления данных. Как только сброс осуществлен, разрешается работа с выбранным АЦП.

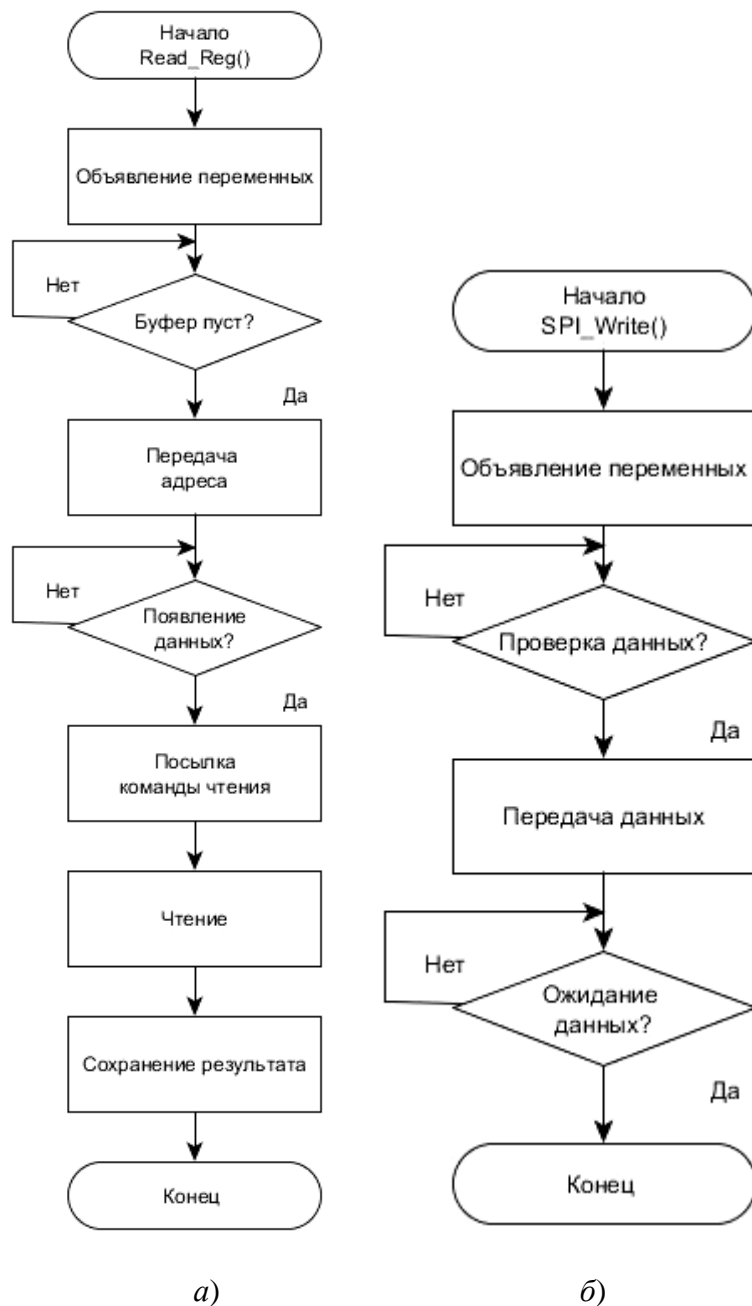


Рис. 3. Блок-схемы функций:

а) чтение регистра АЦП;

б) запись в регистры АЦП по интерфейсу SPI

Чтение регистра предполагает передачу адреса, из которого происходит чтение, посылка команды чтения и сам процесс чтения в соответствии с рисунком 3а. Результат сохраняется в заданную область памяти.

Таким образом, функциональные возможности комплекса для мониторинга цепей оперативного постоянного тока напрямую зависят от внутренней структуры его

измерительных каналов и их программной реализации. В данной работе был описан принцип работы блока тестового воздействия, было дано краткое описание возможного варианта каналов измерения для блока тестового воздействия в системе оперативного постоянного тока, приведены блок-схемы алгоритмов основных функций для работы с внешним АЦП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Источники оперативного тока для питания устройств релейной защиты. [Электронный ресурс]. URL: <http://electricalschool.info/spravochnik/eltehustr/765-istochniki-operativnogo-toka-dlja.html> (дата обращения: 03.09.2020).
2. Комплекс мониторинга системы оперативного тока КМСОТ-М «Дубна». Руководство по эксплуатации. / ЗАО «МПОТК «ТЕХНОКОМПЛЕКТ».
3. Ширяев В. В. Компьютерные измерительные средства (КИС): Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 190 с.