РЕГИСТРАЦИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И РАДИОСВЯЗИ

В.Е. Митрохин, Д.В. Демиденко

Омский государственный университет путей сообщения, Омск, Российская Федерация

Импульсные процессы возникают в системах радиосвязи, коммуникации в процессе грозовых и коммутационных воздействий, в результате которых возникают опасные и мешающие токи и напряжения. Данные процессы вызывают сбой и выход из строя аппаратуры и систем связи. Особую роль в системе защиты представляет заземляющее оборудование. Регистрация токов и напряжений в системах заземления позволит сократить количество отказов в системах радиосвязи и телекоммуникаций. Статистический анализ результатов регистрации позволит усовершенствовать работу схем и устройств защиты от перенапряжений и помех. В данной работе проведен выбор микроконтроллера, приведен алгоритм программы работы микроконтроллера.

Ключевые слова: перенапряжение, импульсные токи, микроконтроллер, гроза, регистрация, реальный масштаб времени, программа, цифровая обработка сигналов.

REGISTRATION OF PULSE PROCESSES IN TELECOMMUNICATIONS AND RADIO COMMUNICATIONS SYSTEMS

V.E. Mitrokhin, D.V. Demidenko

Omsk State University of Railway Engineering, Omsk, Russian Federation

Pulse processes occur in radio communication systems and telecommunications in the process of lightning and switching effects, which result in dangerous and interfering currents and voltages. These processes cause a malfunction and failure of the equipment and communication systems. A special role in the protection system is represented by grounding equipment. Registration of currents and voltages in grounding systems will reduce the number of failures in radio communication systems and telecommunications. A statistical analysis of the registration results will improve the operation of surge protection circuits and devices. In this work, the choice of the microcontroller is made, the algorithm of the program of work of the microcontroller is given.

Keywords: overvoltage, pulse currents, microcontroller, thunderstorm, registration, real time scale, program, digital signal processing.

1. Введение

Устройства MSP430F677х (А) – это новейшая система учета на кристалле (SoC), принадлежащая семейству устройств MSP430F67хх. Это семейство устройств относится к мощной 16-разрядной платформе MSP430F6хх, которая обладает множеством функций и обеспечивает гибкость для поддержки надежных многофазных метрологических решений. Эти устройства находят свое применение в измерении энергии и имеют необходимую архитектуру для их поддержки.

F677х (А) имеет мощный 25-МГц процессор с архитектурой MSP430CPUX. Аналоговый интерфейс состоит из семи независимых 24-разрядных аналогово-цифровых преобразователей (АЦП) на основе сигма-дельта-архитектуры второго порядка, которая содержит дифференциальные входы. Сигма-дельта АЦП (SD24_B) работают независимо и имеют разрешение 24 бита. Их можно сгруппировать для одновременной выборки напряжений и токов. Кроме того, он также имеет встроенный модуль усиления для работы с датчиками с низким выходным током. Коэффициент может быть задан до 128. 32-битный аппаратный

множитель на этом чипе может быть использован для ускорения выполнения математических операций во время вычисления энергии. Основные параметры, измеряемые устройством, это мгновенные значения тока и напряжения.

2. Устройство и работа

Ток измеряется бесконтактным способом с помощью калиброванного трансформатора тока, а потенциал измеряется с помощью калиброванного делителя напряжения. В блоке ЦОС происходит вычисление сопротивления заземления и стекающего тока в реальном масштабе времени.

В следующих разделах приведена дополнительная информация о датчиках тока и напряжения, АЦП и других функциях.

На рис. 2 показана блок-схема высокоуровневого интерфейса, используемого для устройства с использованием F677x (A). В этом случае показано трехфазное четырехпроводное подключение звездой к сети переменного тока. Датчики тока подключены к каждому из каналов тока, и для соответствующих каналов напряжений используется простой делитель напряжения. ТТ имеет соответствующий нагрузочный резистор, который должен быть постоянно подключен для защиты измерительного устройства. Выбор ТТ и нагрузочного резистора осуществляется разработчиком и зависит от диапазона тока, необходимого для измерений энергии. ТТ могут быть легко заменены катушками Роговского с минимальными изменениями в передней части. Выбор резисторов делителя напряжения для канала напряжения выбирается таким образом, чтобы обеспечить деление сетевого напряжения до нормальных входных диапазонов, которые действительны для $\Sigma\Delta 24$. См. Руководство пользователя семейства MSP430x5xx и MSP430x6xx (SLAU208) и спецификацию устройства для этих значений.

3.1. Источник питания

Семейство устройств MSP430™ содержит микроконтроллеры от Texas Instruments с очень низким энергопотреблением (0,78 мкА при $U_{П}=3В$). Эти устройства поддерживают ряд режимов с пониженным энергопотреблением даже в активном режиме (265 мкА), когда процессор и другие периферийные устройства активны. Это позволит использовать батарейное питание, которое обеспечивает хорошую гальваническую развязку от измеряемой цепи с импульсным перенапряжением.

3.2. Измерительные цепи

Измерительная часть включает в себя АЦП $\Sigma\Delta$ и требует, чтобы входные напряжения на контактах МК не превышали ± 930 мВ (при усилении = 1). Чтобы соответствовать этим условиям, входы тока и напряжения должны иметь понижающие делители. Кроме того, $\Sigma\Delta 24$ допускает максимальное отрицательное напряжение $-1 В$. В этом разделе описываются входные цепи, используемые для каналов напряжения и тока.

Благодаря использованию различных интерфейсов, например Ethernet, мы можем проводить регистрацию процессов в устройствах, распределенных на большой территории.

Вход для напряжения состоит из варистора для защиты от пиковых перенапряжений, за которыми следует простой делитель для снижения регистрируемого импульсного напряжения до допустимых пределов микроконтроллера (930 мВ) и RC-фильтр нижних частот для сглаживания.

На рис. 1 показаны входы тока и напряжения. Напряжение снижается до среднеквадратичного значения примерно 549 мВ, что составляет пиковое значение 779 мВ, и подается на вход измерителя. Это напряжение находится в допустимых пределах MSP430 $\Sigma\Delta$ с запасом более 15 %. Этот запас позволяет проводить точные измерения даже в условиях скачка напряжения.

Аналоговый интерфейс для токовых входов немного отличается от аналогового интерфейса для входов напряжения. На рисунке 6 показан вариант входной цепи для канала тока.

Рис. 1. Цепь измерения потенциала и тока

Резистор R104 – это нагрузочный резистор, который выбирается на основе используемого диапазона тока и коэффициента преобразования ТТ. Значение нагрузочного резистора составляет приблизительно 13 Ом. Сигнал поступает на преобразователь с полностью дифференциальным входом с максимальным уровнем напряжения ± 919 мВ.

4. Программная реализация

В этом разделе описано программное обеспечение для реализации измерений. В разделе 4.1 описывается настройка различных периферийных устройств MSP430. Далее все программное обеспечение описывается как два основных процесса: основной процесс (см. раздел 4.2) и фоновый процесс (см. раздел 4.3).

4.1. Настройка периферии

Основными периферийными устройствами являются 24-разрядный сигма-дельта АЦП, система тактирования, таймер, ЖК-дисплей и сторожевой таймер (WDT).

4.1.1. Настройка $\Sigma\Delta 24$

Семейство F677x (A) имеет до семи независимых преобразователей сигма-дельта-данных, это значит, что один микроконтроллер способен измерять сопротивление трех контуров заземления. Тактовая частота $\Sigma\Delta 24$ (fM) получается из системных тактовых импульсов, которые настроены для работы на частоте 16 МГц. Частота дискретизации определяется как $f_s = f_M / \text{OSR}$, OSR выбирается равной 256, а частота модуляции fM выбирается равной 1,048576 МГц, в результате чего частота дискретизации составляет 4,096 кбит/с. $\Sigma\Delta 24$ настроены на генерацию регулярных прерываний для каждого экземпляра выборки.

4.1.2. Часы реального времени (RTC_C)

RTC_C – это модуль часов реального времени, который настроен на прерывание точно через секунду. На основе этих 1-секундных прерываний обновляется время и дата, а так же происходит запись в журнал.

4.1.3. ЖК-контроллер

ЖК-контроллер на MSP430F677х (А) может поддерживать до 320 сегментов. Он также оснащен внутренним источником заряда, который можно использовать для увеличения контрастности. В данном устройстве контроллер LCD настроен на работу в режиме 4-тих с использованием 160 сегментов с частотой обновления $ACLK / 64$, которая составляет 512 Гц.

4.2. Приоритетный процесс

Приоритетный процесс включает в себя начальную настройку аппаратного и программного обеспечения MSP430 сразу после сигнала СБРОС. На рис. 2 показана блок-схема этого процесса.

Рис. 2. Приоритетный процесс

Процедуры инициализации включают в себя настройку аналого-цифрового преобразователя, системы тактирования, выводов общего назначения (портов), модуля RTC для функции синхронизации, ЖК-дисплея и USCI_A0 для функции UART. Кроме того, если включена связь ZigBee™, настраивается USCI_A3.

После настройки оборудования приоритетный процесс ожидает фоновой работы, чтобы уведомить его о необходимости расчета новых параметров измерения. Это уведомление выполняется с помощью флага состояния каждый раз, когда для обработки доступен кадр данных. Кадр данных состоит из обработанного значения тока и напряжения. Кроме того, счетчик выборок отслеживает, сколько выборок было накоплено за этот период кадра.

Набор выборок данных состоит из обработанного значения тока, напряжения, активной энергии и реактивной энергии. Обработанные значения напряжения накапливаются в 48-битных регистрах.

4.3. Фоновый процесс

Фоновый процесс использует прерывание $\Sigma\Delta$ в качестве сигнала для начала сбора выборок напряжения и тока (всего семь значений). Эти выборки используются для расчета промежуточных результатов. Поскольку используются 16-разрядные выборки напряжения, выборки напряжения дополнительно обрабатываются и накапливаются в выделенных 48-разрядных регистрах. Поскольку используются 24-битные выборки тока, текущие выборки обрабатываются и накапливаются в выделенных 64-битных регистрах.

Фоновая функция в основном связана с синхронизацией критических событий в программном обеспечении. После того, как накоплено достаточное количество выборок (приблизительно за одну секунду), запускается приоритетная функция для расчета сопротивления.

4.3.1. Сигналы напряжения и тока

Преобразователь $\Sigma\Delta$ имеет полностью дифференциальную архитектуру входа, и каждый вывод $\Sigma\Delta$ может принимать отрицательные входы; следовательно, для входного переменного напряжения сдвиг уровня не требуется (в отличие от односторонних или псевдодифференциальных преобразователей). Выходные данные каждого $\Sigma\Delta$ являются целым числом со знаком, и любые случайные значения постоянного тока или значения смещения на этих $\Sigma\Delta$ s удаляются с помощью фильтра.

5. Результаты

Результатом данной работы стала разработка устройства для измерения параметров электросети. Преимуществом данного устройства является использование встроенного АЦП с высокой разрешающей способностью, в отличие от других устройств, где для измерения напряжения и тока используются микросхемы от Analog Devices (например ADE7878), стоимость которых варьируется от 500 до 900 рублей.

Также для повышения производительности МК были использованы аппаратные методы (использование контроллера прямого доступа к памяти, высокая частота тактирования, аппаратный умножитель) и методы оптимизации (умножение Карацубы, метод бисекций). Данные приемы позволяют использовать 16-битный микроконтроллер MSP430 наравне с 32-битными микроконтроллерами.