

О ПРИМЕНЕНИИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В РЕГИСТРАЦИИ ИНФРАЗВУКОВЫХ ВОЛН

^{1,2}В.А. Добрынин, ¹А.Г. Сорокин

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия
dobrynin-vasiliy95@mail.ru

ON THE USE OF MICROCONTROLLERS TO OBSERVE INFRASOUND WAVES

^{1,2}V.A. Dobrynin, ¹A.G. Sorokin

¹Institute of the Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

²Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Аннотация. Обсуждается использование микроконтроллера семейства STM32 для регистрации данных мониторинга инфразвуковых волн различной природы. Изучается схема сбора данных и разрабатывается программное обеспечение для функционирования микроконтроллера. Приводятся тестовые измерения.

Ключевые слова: атмосфера, аналого-цифровой преобразователь, инфразвуковые волны, микроконтроллер.

Abstract. We discuss application of STM32 microcontrollers for recording infrasonic wave data. Data acquisition is under study, and microcontroller software is being developed. Test measurements are shown.

Keywords: atmosphere, analog-to-digital converter, infrasound waves, microcontroller.

Введение

Инфразвуком принято считать продольные колебания воздуха с частотой ниже 16–25 Гц, которые обладают такими замечательными свойствами как малое молекулярное поглощение и способность распространяться на большие расстояния, перенося информацию об источнике и среде распространения. Инфразвук относится к высокочастотной ветви акустико-гравитационных волн. Источники инфразвуковых волн в атмосфере Земли условно делятся на искусственные и естественные. К естественным источникам можно отнести высокоскоростные вхождение метеоритов в атмосферу Земли, извержение вулканов и землетрясения, полярные сияния и сильные шторма и т. п. К искусственным источникам относятся запуски больших ракет, сверхзвуковые полеты самолетов, ядерные взрывы и т. д. В настоящее время знания об источниках накоплены в достаточном объеме, и предмет изучения посредством инфразвука становится само явление, такие как землетрясение, или извержение вулкана или магнитосферный источник энергии в зоне полярных сияний. Это представляет большой научный и практический интерес. На рис. 1 представлен набор широко известных источников инфразвука в земной атмосфере.

Историческая справка

Исторически сложилось так, что центр тяжести научных интересов в 1970-х гг. в развитии инфразвуковых исследований в США и России, пришелся на изучение взаимодействия магнитосферных и ионосферных авроральных процессов с целью оценки их энергетики. Для этого в ИСЗФ СО РАН под руководством проф. Е.А. Пономарева была разработана инфразвукометрическая аппаратура, на которой и были выполнены измерения атмосферного инфразвука в ходе нескольких высокоширотных экспедиций (бухта Тикси, 1975–1979 гг.) [Ерущенков,



Рис. 1. Самые распространенные источники инфразвуковых волн в атмосфере Земли

Пономарев, Турчанинов; 1974]. Получен ряд интересных научных результатов, связанных с несколькими типами инфразвуковых сигналов, отождествленных со сверхзвуковыми движениями дуг полярных сияний и продолжительными магнитными возмущениями. [Ерущенков, Пономарев, Сорокин и др., 1992]

В последних экспедициях в Тикси было задействовано девять измерительных точек с инфразвуковыми датчиками. Информация передавалась в центр для регистрации по кабельным линиям. Эти работы проводились в зимнее время и, как правило, были сопряжены с большими человеческими трудозатратами. В настоящее время применением микропроцессорных технологий можно не только значительно расширить возможности построения инфразвуковой сети датчиков, но и существенно снизить ее трудоемкость.

Микропроцессорная технология и расширение возможностей регистрации инфразвуковых волн

Новые технологические решения в области микроэлектроники, обладая рядом достоинств, с

успехом продвигаются в нашей жизни. Это обусловлено наличием ряда положительных свойств:

- малые габариты;
- высокая производительность процессора;
- низкое энергопотребление;
- универсальность – широкий набор функций и подключаемых библиотек позволяют применять устройство в разных сферах жизни и для различных задач;
- встроенные 12-разрядные АЦП, обеспечивающие качественную обработку поступающих аналоговых сигналов небольших амплитуд;
- поддержка, за счет относительно емкой памяти, высокоуровневых языков программирования (например, C/C++) – перенос программного кода с одного устройства на другое без существенных его изменений;

В данной работе использован контроллер STM32F103, а точнее — модуль на его основе, TE-STM32F103.

Схмотехническое решение регистрации инфразвука на базе микроконтроллера STM32F103

TE-STM32F103 фирмы «Терраэлектроника» является встраиваемым модулем на базе 32-разрядного микроконтроллера STM32F103.

Набор функциональных блоков модуля TE-STM32F103 следующий:

- а) Микроконтроллер STM32F103RET6;
 - процессор Cortex-M3 с максимальной тактовой частотой 72 МГц;
 - 512 Кбайт флэш-памяти программ;
 - 64 Кбайт ОЗУ;
 - три 12-разрядных АЦП (16 внешних каналов)
 - два 12-разрядных ЦАП
 - поддержка интерфейсов USB, CAN, USART, SPI, I2C, SDIO (стандарт для работы со слотом расширения типа microSD);
- б) разъем miniUSB и интерфейс USB 2.0 full speed (скорость передачи до 12 Мбит/с);
- в) разъем miniUSB и мост USB-UART на основе микросхемы FT232RL;
- г) слот карты памяти microSD;
- д) отладочный разъем JTAG;
- е) разъем и стабилизатор внешнего источника питания +5В. [<https://www.terraelectronica.ru>] Размещение функциональных блоков на плате модуля TE-STM32F103 представлено на рис. 2.

Корректный обмен данными между функциональными блоками осуществляется с помощью системных шин, посредством подачи на данные шины тактового высокочастотного сигнала с генератора.

Поступающий с инфразвукового датчика сигнал первоначально проходит аналого-цифровое преобразование. Входной сигнал АЦП формируется из разности между напряжениями V_{REF+} и V_{REF-} (рис. 3). В свою очередь, вывод V_{REF-} соединен с землей, а V_{REF+} – с выводом напряжения питания V_{DDA} , которое, для нормальной работы устройства, должно принимать значения от 2.4 до 3.6 В. [<http://www.st.com>] Таким образом, АЦП работают с



Рис. 2. Размещение элементов на верхней стороне платы TE-STM32F103

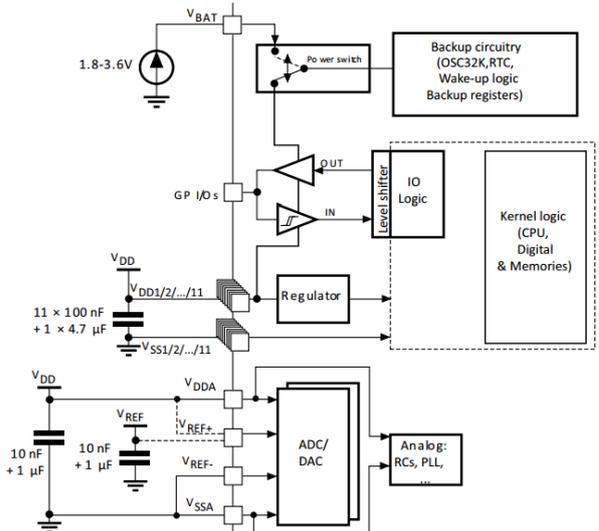


Рис. 3. Схема питания STM32F103

сигналами строго положительной полярности амплитудой от нуля до 2.4–3.6 В. Значит, и 12-битный результат преобразования может быть представлен числом от 0 до $2^{12}/2=4096/2=2048$, что впоследствии подтвердилось в результате экспериментов по оцифровке.

Разработка программного обеспечения микроконтроллера STM32F103

В результате проведенной работы была создана программа для микроконтроллера на языке Си, согласно которой контроллер будет выполнять следующий алгоритм действий:

- монтирование (регистрация и получение данных о файловой системе) подключаемой к контроллеру карты памяти для дальнейшей записи на нее показаний аналого-цифрового преобразователя ADC1;
- инициализация (настройка с предварительной подачей на шину с устройством тактирующих импульсов) ADC1 и другой периферии контроллера, необходимость в которой возникает на определенных этапах создания итоговой программы;
- создание и открытие текстового файла, в который будет осуществляться последовательная запись показаний АЦП;
- по окончании измерений — закрытие файла, демонтаж карты памяти и завершение программы.

Дополнительно, создается небольшой файл типа script в ПО Matlab, в котором производится:

- открытие текстового файла с данными посредством функции языка Matlab `fopen`;
- сохранение всего содержимого данного файла в переменную типа «строка» функцией `fscanf` для упрощения последующей обработки записанных данных;
- разбиение переменной типа «строка» на отдельные целочисленные элементы;
далее — построение двумерного графика функцией `plot`.

Результаты тестовых измерений

На рис. 4 можно видеть результаты, полученные при оцифровке синусоидальных сигналов ± 0.75 В различной частоты с генератора. Как было отмечено ранее, аппаратные особенности микроконтроллера не позволяют оцифровать отрицательный полупериод синусоиды; на входе АЦП требуется включение операционного усилителя для создания необходимого положительного смещения. Несмотря на данный недостаток, исследования в данном направлении будут продолжены; возможно, будет рассматриваться возможность применения другого микропроцессорного устройства.

Список литературы

- Ерущенко А.И., Пономарев Е.А., Турчанинов И.П. Прибор для регистрации инфраакустических и гравитационных атмосферных волн // Иссл. по геомагнетизму, аэронауки и физике Солнца. Иркутск, 1974. Вып. 34. С. 50–57.
- Ерущенко А.И., Пономарев Е.А., Сорокин А.Г., Орлов В.В. Основные результаты исследований атмосферного инфразвука в ИСЗФ (1972–1974 гг.) // Иссл. по геомагнетизму, аэронауки и физике Солнца. Новосибирск: ВО «Наука», 1993. Вып. 100. С. 54–94.
- Встраиваемый микроконтрольный модуль TE-STM32F103: руководство пользователя // М.: ООО «Терра-электроника», 2009. 16 с. URL: <https://www.terraelectronica.ru>
- Reference manual for STM32F101xx, STM32F102xx, STM32F103xx, STM32F105xx and STM32F107xx advanced ARM®-based 32-bit MCUs // STMicroelectronics. URL: http://www.st.com/content/st_com/en.html.

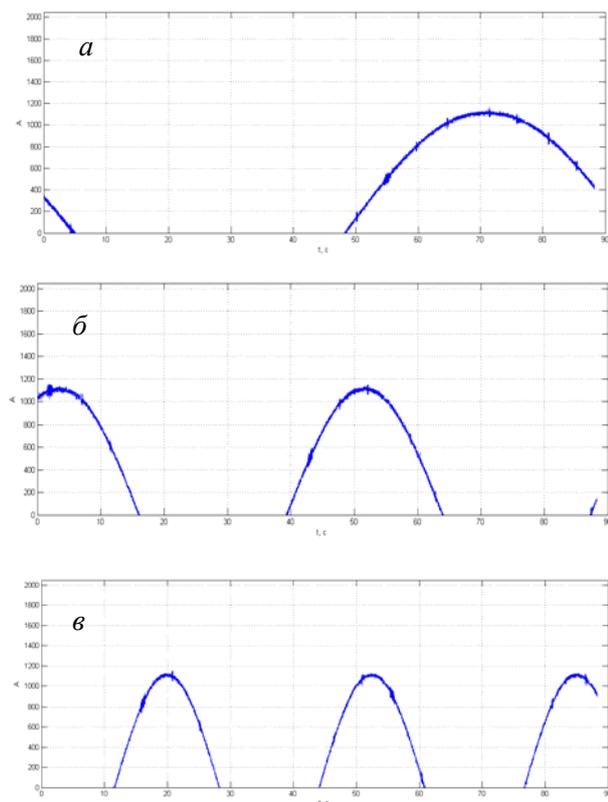


Рис. 4. Графики с оцифрованным сигналом 0.01; 0.02; 0.03 Гц с генератора, построенные в ПО Matlab. Измерения производились в течение примерно 90 с