

Прошивка Спектроанализатора на базе микроконтроллера STM 32F429ZI

Задача выполнена в качестве курсовой работы по программированию

Студентом 217 группы физического факультета МГУ

Грековым Леонидом Вячеславовичем

В 2017 году.

Постановка задачи

Устройство должно производить измерение аналогового сигнала с микрофона и в реальном времени, с задержкой менее 0.1 секунды, выводить его спектр. В случае постоянного звукового сигнала спектр должен быть стабильным и его пики должны соответствовать известной частоте сигнала.

На дисплее должен быть маркер, который позволяет измерить частоту и амплитуду сигнала в данной точке.

Основные принципы реализации

Измерение аналогового сигнала

Для измерения аналогового сигнала с микрофона в данной задаче используется встроенный в микроконтроллер АЦП, который по срабатыванию таймера производит измерение потенциала и заносит некоторое числовое значение, соответствующее амплитуде сигнала, в буфер длиной N (4096) элементов.

По мере накопления значений в буфере (за время равное 0.4 секунды) достигается его верхняя граница и производится анализ полученных значений (см. пункт "Анализ данных").

Далее часть буфера ($PART = 1024$ значений) освобождается для новых измерений, что достигается путём сдвига массива на $PART$ элементов.

Далее, шаг анализа данных составляет 0.1 секунды (потому что анализ данных производится при достижении N измерений, начиная от $N-PART$), что соответствует требованиям задачи.

Анализ данных

Результатом измерений является массив N элементов, представляющих из себя данные аналогового сигнала, собранные за известное время.

Эффективным решением для определения спектра сигнала является дискретное быстрое преобразование Фурье с учётом теоремы Котельникова-Найквиста-Шеннона, реализованное в данной работе.

Поскольку экран, на который в дальнейшем (см. пункт "Графическое представление") будет производиться вывод графической информации, имеет ограниченное разрешение и максимальное количество пикселей меньше числа N , весь полученный спектр делится на целое число линий. Эти линии представляют собой усреднённую амплитуду, соответствующую интервалу спектра.

Также определяется максимальная амплитуда спектра и соответствующая ей частота.

Данные об амплитудах всех линий сохраняются.

Анализ данных можно приостановить, нажав кнопку USER (Аналог кнопки STOP на осциллографе).

В стоп-режиме реализовано использование маркера, который можно перемещать вперёд нажатием в правой области экрана и назад — нажатием в левой.

После повторного нажатия на кнопку USER все данные обнуляются и цикл начинается с начала.

Графическое представление

С помощью дисплея микроконтроллера производится вывод графической информации:

построение графиков спектра, отрисовка графического меню, маркера, кнопок и вывод дополнительной информации.

Вызов функции отрисовки происходит по таймеру 25 раз в секунду (в правом верхнем углу отображается количество кадров в секунду).

Реализована двойная буферизация.

Имеется два режима построения графиков спектра:

Первый более наглядный, в нём удобнее пользоваться маркером и данными об амплитудах сигнала. Основным минусом является большое усреднение (100 значений массива на линию) и малое число линий (20).

Второй режим пригоден для более детального анализа спектра, так как число линий велико (240) и использовано малое усреднение (8 значений массива на линию).

Более того, также имеется два режима отображения оси частот:

В первом под ось частот с некоторым шагом (250 Гц) выводится значение соответствующей частоты, а под самым высоким пиком — частота, соответствующая максимальной амплитуде.

Во втором отображается начальная и конечная частота, а также частота самого высокого пика (под самим пиком для точного определения частоты с максимальной амплитудой).

Правее оси частот выводится процентное соотношение амплитуды линии спектра относительно всего спектра.

Список компонентов

Для работы устройства необходим аналоговый микрофон и соединительные провода.

В качестве источника питания устройства можно использовать USB интерфейс.

Описание сборки

Аналоговый микрофон следует запитать от платы микроконтроллера, а контакт, через который осуществляется передача сигнала, необходимо соединить с ножкой PA7 контроллера.

Использовать для питания микроконтроллера компьютер или любой другой источник, поддерживающий интерфейс USB.

Основные результаты

В результате выполнения работы был разработан прототип анализатора звукового спектра на базе микроконтроллера STM32F429ZI, отвечающий требованиям данной задачи.

Прошивка микроконтроллера устроена таким образом, чтобы минимизировать усилия по программному изменению тех или иных характеристик устройства. Поэтому данные наработки можно будет использовать в дальнейших более сложных проектах.

Использованный исходный код

Дискретное быстрое преобразование Фурье (файл FFT.h):

https://ru.wikibooks.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%B0%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC%D0%BE%D0%B2/%D0%91%D1%8B%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%A4%D1%83%D1%80%D1%8C%D0%B5