

АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ШВИДКОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є НА МІКРОКОНТРОЛЕРІ STM32F746

Гулеша О.М., к. пед. н., доцент, mishap635@gmail.com;

Чупахін Є. О., студент,

Авагян Е.Г., студент,

Лютій Б.С., студент,

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Вступ

Швидке перетворення Фур'є (ШПФ) є одним з ключових засобів цифрової обробки сигналів (ЦОС). Алгоритми ЦОС, на відміну від інших розрахунків ЕОМ, передбачають їх виконання у реальному масштабі часу, що потребує підвищення обчислювальних можливостей алгоритму ШПФ. Метою роботи є створення прототипу спектроаналізатору на основі мікроконтролера STM32F746.

Постановка задачі

У даній роботі розглядається створення портативного спектроаналізатору на основі отладоної плати Waveshare з мікроконтролером (МК) STM32F746 та семи дюймовим рідкокристалічним екраном. У процесі створення даного прототипу було проведено математичне моделювання алгоритму ШПФ з проріджуванням у часі та візуалізація сигналу у часовій та частотній області для створення коректного програмного коду для МК. Не менш важливим у даній роботі є ініціалізації периферії обраного МК, що дозволяє створювати складні інформаційні системи, що працюють у режимі реального часу.

Результати роботи

Як відомо [1,2], для проведення цифрового спектрального аналізу використовують алгоритм ШПФ, а не простого дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) через відомі обчислювальні недоліки останнього. При застосуванні алгоритму ДПФ для обчислення послідовності з N точок потрібно виконати $N \log_2 N$ додавань і саме більше $1/N \log_2 N$ добутків. Застосування алгоритму ШПФ при $N > 1000$ дозволяє скоротити об'єм обчислень більш ніж у 100 разів, що дозволяє досліджувати сигнал у реальному часі.

Із великої кількості існуючих алгоритмів ШПФ найбільшого поширення отримали алгоритми з основою 2 з проріджуванням у часі та частоті.

Спосіб складання алгоритма ШПФ полягає у тому, що вихідна послідовність відліків сигналу $x(n)$ ділиться на дві частини. Виділяючи дискретні відліки $x(n)$ з парними та непарними індексами у дві окремі послідовності, можна розбити вихідну послідовність на дві частини [3]:

$$X(m) = \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} x(2n) \exp\left(\frac{-j2\pi m 2n}{N}\right) + \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} x(2n+1) \exp\left(\frac{-j2\pi m(2n+1)}{N}\right) \quad (1)$$

де, $X(m)$ - відліки спектральної характеристики, $x(n)$ - вхідні відліки, $n = 0, 1 \dots N-1$ - нумерація відліків та, N - кількість відліків, m - номер гармоніки.

На основі програмного коду у Matlab, складеного згідно (1), було написано код для апаратної реалізації ШПФ для обраного МК на мові програмування Сі. Еспериментальні виміри були проведенні згідно структурної схеми на рис.1. У даному варіанті побудови прототипу спектроаналізатору було використано тільки генератор сигналів як додатковий пристрій, що не входить у склад налагоджувальної плати.



Рисунок 1 – Структурна схема апаратної реалізації ШПФ на мікроконтролері

Ядром пристрою є МК STM32F7, до складу якого входить АЦП послідовного приближення (ADC), flash пам'ять у яку записано програму (USER PROGRAM), та контролера TFT матриці (LTDC). Для візуалізації спектру слугує 7 дюймовий LCD дисплей.

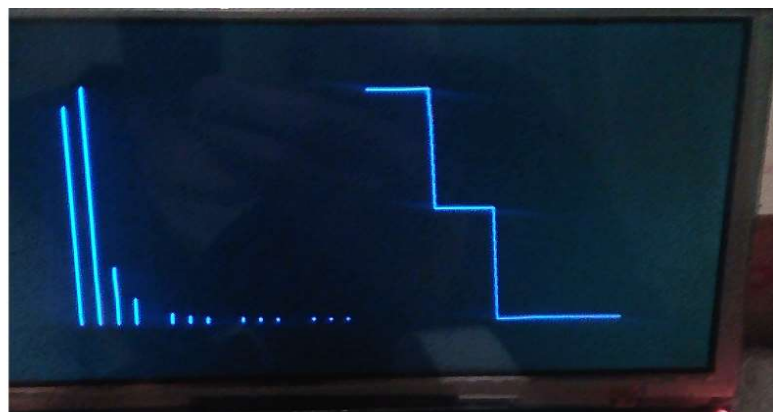


Рисунок 2 – Візуалізація результатів амплітудного спектр синтезованого сигналу

З метою перевірки запропонованої апаратно-програмної реалізації досліджуваного алгоритму ШПФ було синтезовано довільний негармонійний сигнал ступінчастої форми. Отримані результати спектрального аналізу довільного синтезованого сигналу (рис. 2) підтверджує, що на основі розробленого прототипу можна створити портативний спектроаналізатор.

Література

1. Айфичер, Эммануил С., Джервис, Барри У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание. :Пер. с англ.- М.:Издательский дом «Вильямс», 2004. -992 с.: ил. – Парал. Тит. Англ.
2. Ричард Лайонс Цифровая обработка сигналов: Второе издание. Пер. С англ. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006 г. – 656 с.: ил.
3. Сато, Юкио Без паники! Цифровая обработка сигналов. / Юкио Сато : пер. С яп. Селиной Т.Г.М. : Додека-XXI, 2010. -176 с. : ил. – Доп. Тит. Л. яп.

Анотація

Дана робота присвячена апаратній реалізації швидкого перетворення Фур'є на мікроконтролері STM32F746. Розробка прототипу портативного спектроаналізатору виконана на сучасній мікропроцесорній системі з елементами ЦОС. Отримані результати свідчать, що розроблений прототип пристрою може бути застосований як спектроаналізатор або як частина радіотехнічної системи зв'язку.

Ключові слова:, швидке перетворення Фур'є, цифрова обробка сигналів, мікроконтролер, спектроаналізатор.

Аннотация

Данная работа посвящена аппаратной реализации быстрого преобразования Фурье на микроконтроллере STM32F746. Разработка прототипа портативного спектроанализатора было выполнена на современной микропроцессорной системе с элементами ЦОС. Полученные результаты свидетельствуют, что разработанный прототип прибора может быть применен как спектроанализатор или как часть современной радиотехнической системы связи.

Ключевые слова: дискретное преобразование Фурье, цифровая обработка сигналов, микроконтроллер, спектроанализатор.

Abstract

This paper is devoted to the hardware implementation of the fast Fourier transform on the STM32F746 microcontroller. The development of the prototype of a portable spectroanalyzer has been carried out on a modern microprocessor system with DSP elements. The obtained results confirm that the developed prototype of the device can be used as a spectrum analyzer or an integral part of a modern radio-technical system.

Key words: discrete Fourier transform, digital signal processing, microcontroller, spectrum analyzer.