

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДЛЯ ЧАСТОТНО-ИЗБИРАТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ СВЧ ДИАПАЗОНА

Гасилин Д.В.¹, Котельников В.Г.²

¹Гасилин Дмитрий Вадимович – инженер,
Акционерное общество «Центральное конструкторское бюро автоматики»,
аспирант,
кафедра радиотехнических устройств и систем диагностики, радиотехнический факультет,
Омский государственный технический университет;
²Котельников Вадим Григорьевич - ведущий инженер,
Инженерный Центр «Автоматика»,
г. Омск

Аннотация: в данной статье приведены результаты по разработке алгоритма для подсистемы цифровой обработки радиочастотных сигналов. Приведенный алгоритм позволяет получить измерения разности фаз и определения несущей частоты сигналов на основе двух методов сверхразрешения – прямого и косвенного.

Ключевые слова: быстрое преобразование Фурье, преобразование Гильберта, аналого-цифровое преобразование, суб-найквистовская дискретизация, ПЛИС.

Основные требования: измерение параметров сигналов – амплитуды (мощности), фазы (разности фаз), частот с учетом воздействия нескольких сигналов в широкой полосе приема (до 1 ГГц).

Основой алгоритмов обнаружения, фильтрации, измерений разности фаз и несущей частоты является быстрое преобразование Фурье (БПФ), реализованное процессором БПФ (рис. 1) [1].

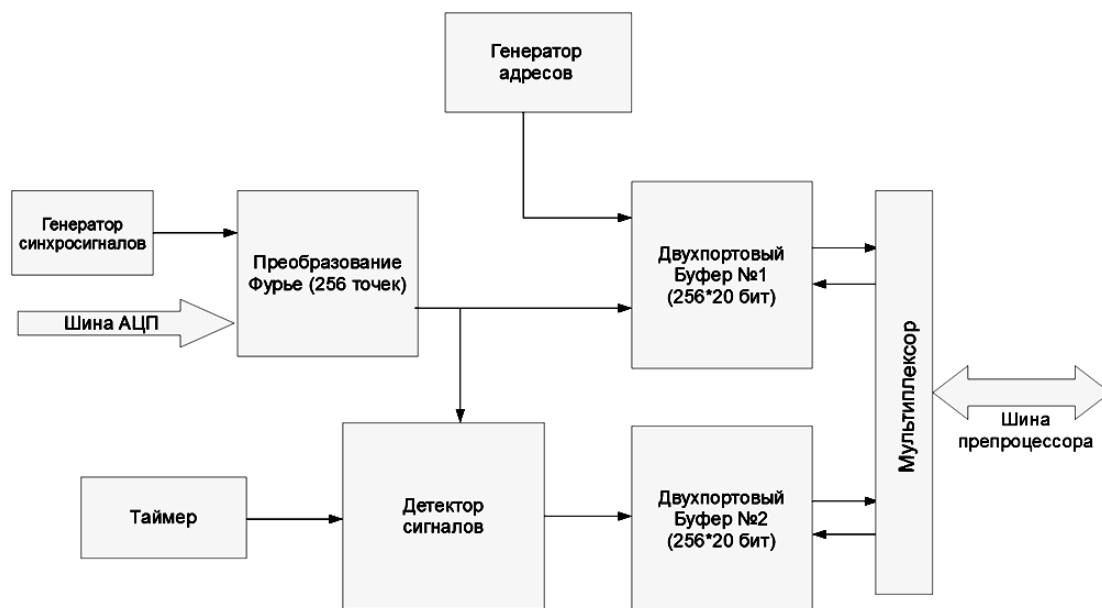


Рис. 1. Структурная схема БПФ-процессора

В представленной схеме данные с АЦП поступают на вход блока БПФ. Генератор синхросигналов преобразует непрерывный входной поток в шину «Avalon-streaming». Блок БПФ реализован с использованием мегафункции FFT фирмы Altera, упрощенная схема вычислений приведена на рисунке 2 [2].

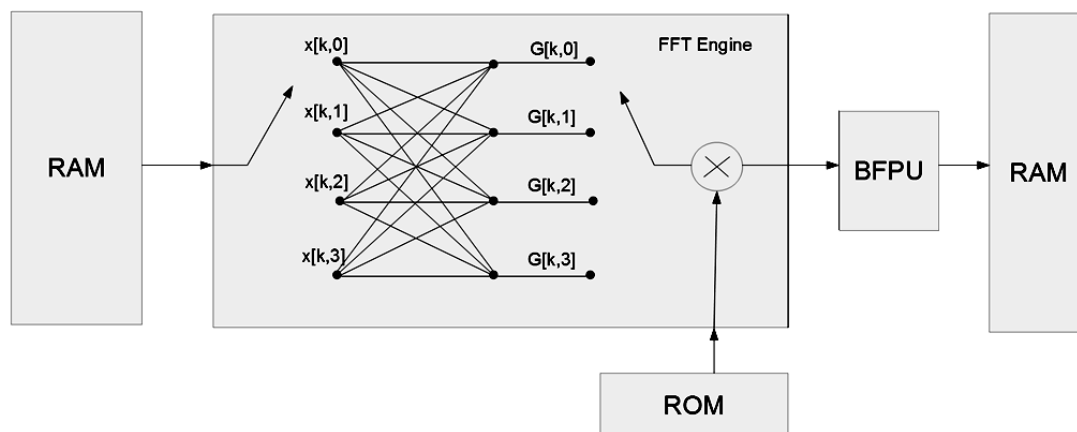


Рис. 2. Структурная схема блока вычисления БПФ

БПФ выполняется в конвейерном режиме, первый цикл занимает 512 циклов, последующие – 256, диаграммы управляющих сигналов конвейерных вычислений приведены на рисунке 3 [3].

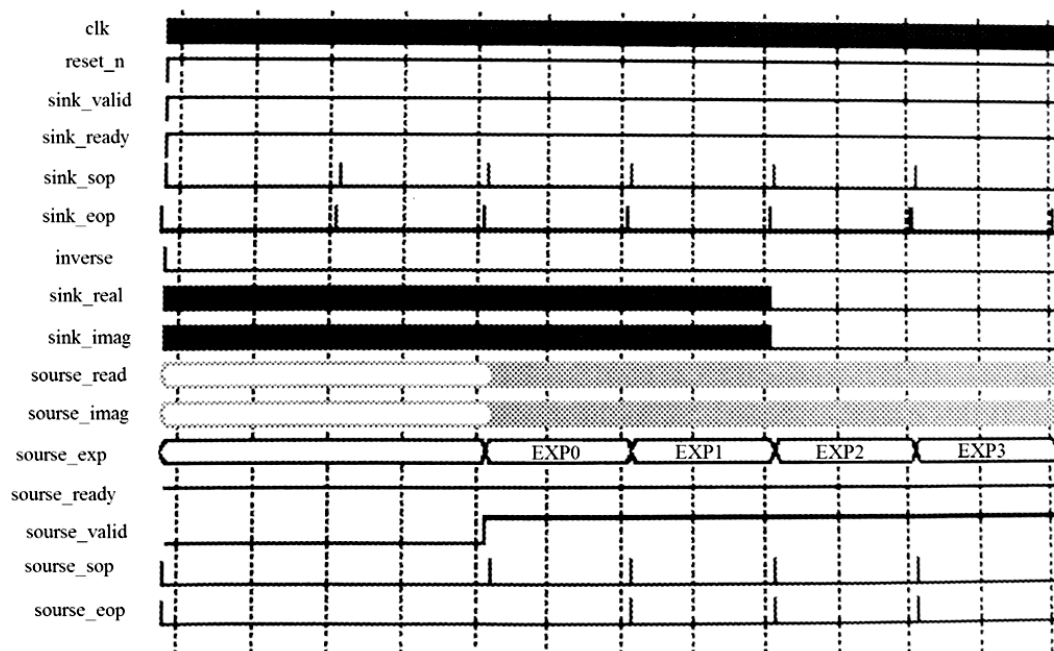


Рис. 3. Временные диаграммы управляющих сигналов блока вычисления БПФ

Так как входные данные – вещественные, то для осуществления аппроксимации преобразования Гильберта берутся первые 128 отсчетов БПФ, а остальные отбрасываются. Двухпортовый буфер №1 накапливает спектральные отсчеты в реальном времени, таким образом, в любой момент времени можно проверить правильность функционирования блока вычисления БПФ [4]. Детектор сигналов также принимает на вход спектральные отсчеты в реальном времени и путем сравнения их амплитуды с заданным порогом срабатывания принимает решение о наличии сигнала. Отсчеты БПФ вблизи локального максимума и отсчет времени переписываются в двухпортовый буфер № 2.

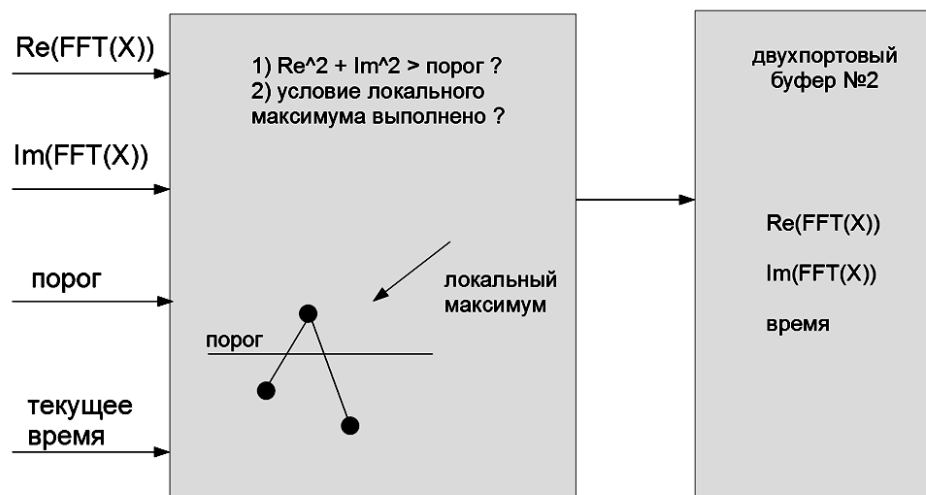


Рис. 4. Структурная схема детектора в частотной области

В качестве предварительного процессора использовано синтезируемое в ПЛИС 32-разрядное RISC-ядро NIOS-II. Препроцессор, используя мультиплексор, может в любой момент времени обратиться к любому из двухпортовых буферов, обеспечивая доступ к выборкам для операций измерения разности фаз (несущей частоты).

Заключение

Разработан алгоритм измерения разности фаз сигналов и определения несущей частоты сигналов на основе двух методов сверхразрешения – прямого и косвенного. Это обеспечивает среднеквадратическое отклонение ошибки измерения частоты около 3-4 МГц и 0,5-1,0 град. для первого метода и около 10 кГц и тысячных долей градуса для второго. Точность измерения амплитуды сигнала определяется ценой младшего разряда АЦП и составляет величину около 1 мВ. Данный алгоритм позволил также решить проблему однозначного определения суб-найквистовских зон дискретизации [5].

Список литературы

1. *James Tsui, Chi-Hao Cheng*. Digital Techniques for wideband receivers, 3rd Edition, SciTech Publishing, 2015, 609 p.
2. Intel Altera. FFT IP Core, User Guide. [Электронный ресурс] // Latest document on the web. 2016.05.01. Режим доступа: https://www.altera.com/content/dam/altera-www/global/en_US/pdfs/literature/ug/ug_fft.pdf/ (дата обращения: 02.12.2017).
3. *Ronald N. Bracewell*. The Fourier transform and its applications, 3rd ed. Boston McGraw Hill, 2000. 616 p.
4. *Subhash Kak*. The Number Theoretic Hilbert Transform. Circuits, Systems and Signal Processing 33, 2014. p. 2539–2548.
5. *Miller Frederic P., Vandome Agnes F*. Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding. VDM Publishing, 2010. 64 p.