

# ЦИФРОВОЙ ПРИЁМНИК СТАНЦИИ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ

*Сенюк В.О., аспирант*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Матюшков А.Л. – кандидат техн. наук*

**Аннотация.** Для осуществления защищённого канала радиосвязи широко используют радиостанции с применением псевдослучайной перестройки рабочей частоты (ППРЧ). Поэтому, для проведения эффективной радиотехнической разведки (РТР), актуальной задачей является разработка и применение новейших цифровых многоканальных радиоприёмников ультракоротковолнового (УКВ) диапазона, которые позволяют оперативно сканировать заданный частотный диапазон тактических радиостанций. В настоящей работе была осуществлена оптимизация параметров, требуемые расчёты и синтез функциональной схемы на базе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС).

**Ключевые слова.** Приёмник разведки, многоканальный, ППРЧ, УКВ диапазон, БПФ, ПЛИС, мегавыборок в секунду.

Был произведён анализ технических данных AD6676, а также оценка быстродействия ПЛИС Virtex-7. Анализ показал, что выбранный ПЛИС позволяет выполнить быстрое преобразование Фурье (БПФ) с количеством выборок более 16384 точки в реальном масштабе времени на частоте 250 МГц [1]. Данная длина выборки, при цифровом спектральном анализе, обеспечивает увеличение разрешения по частоте более чем 12,5 кГц. Функциональная схема многоканального приёмного устройства на базе ПЛИС рисунок 1.

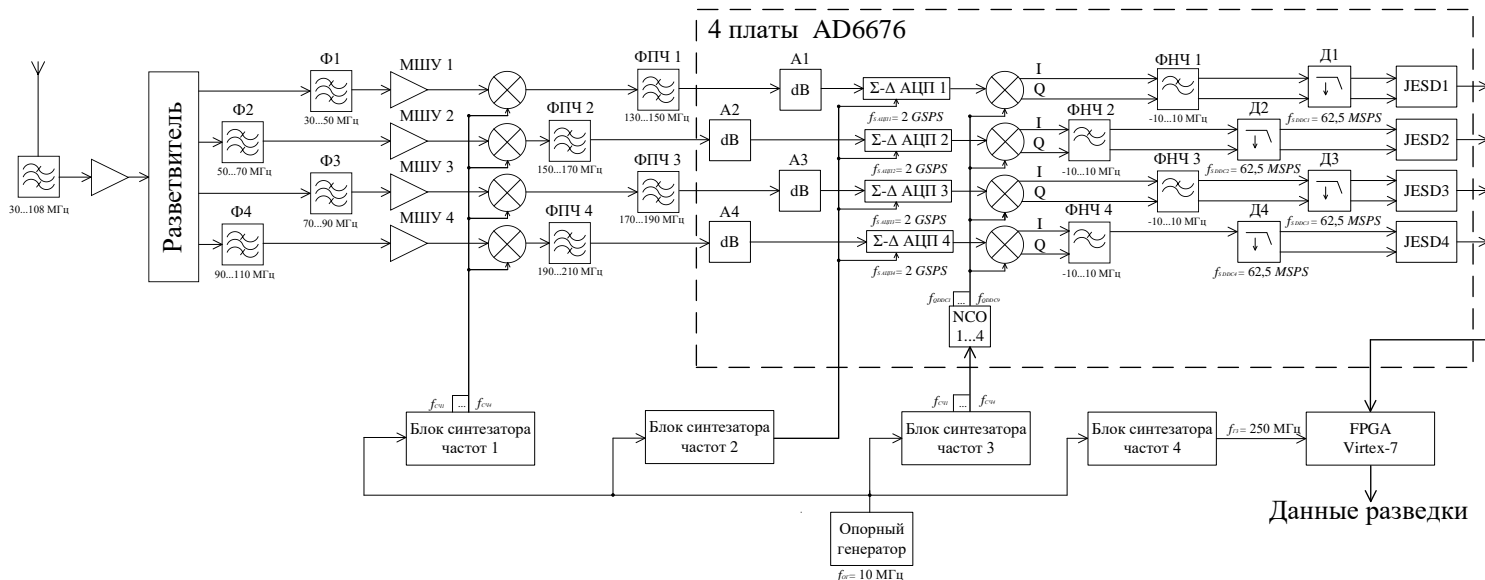


Рисунок 1 – Функциональная схема многоканального приёмника радиотехнической разведки на базе ПЛИС

Оптимальным, для данного многоканального приёмника, количеством каналов является 4. При диапазоне рабочих частот от 30 до 108 МГц, ширина одного канала составит  $\Delta f=20$  МГц.

Расчёты для каждого из 4 каналов производятся аналогичным образом.

Центральная частота сигнала для первого канала определяется по формуле:

$$f_{c1} = \sqrt{f_{c1H} \cdot f_{c1B}} = 38,73 \text{ МГц}, \quad (1)$$

где  $f_{c1H} = 30$  МГц;  $f_{c1B} = 50$  МГц.

Промежуточная частота:

$$f_{пч1} = f_{c1} + f_r = 138,73 \text{ МГц}, \quad (2)$$

где  $f_r = 100$  МГц – частота гетеродина.

Частота гетеродина выбрана с учётом технических характеристик  $\Sigma$ - $\Delta$  АЦП модуля AD6676. Центральная частота ПЧ должна находиться в пределах от 70 до 450 МГц. Ширина полосы сигнала от 20 МГц до 160 МГц. Частота дискретизации АЦП также определена из технических данных производителя и составляет  $f_{S_{АЦП1}} = 2 \text{ GSPS}$ .

$\Sigma$ - $\Delta$  АЦП обеспечивает 5-битный цифровой выход с высокой частотой дискретизации, представляющий желаемую полосу пропускания сигнала ПЧ.  $\Sigma$ - $\Delta$  АЦП работает в режиме избыточной дискретизации.

Согласно теореме Котельникова требуется выбрать частоту дискретизации  $f_{S_{DDC}}$ , на выходе децимирующего фильтра, в два раза больше ширины полосы частот обрабатываемого сигнала, то есть  $f_{S_{DDC}} > 2\Delta f$ . Частоты дискретизации  $f_{S_{DDC}} = 62,5 \text{ MSPS}$  будет более чем достаточно для выполнения теоремы Котельникова. Коэффициент прореживания будет равен 32 [2].

Комплексные выходные данные с разрядностью 16 бит передаются в хост-процессор через интерфейс JESD204B, поддерживающий конфигурацию с одной или двумя линиями данных и обеспечивающий быстродействие до 5.333 Гбит/с [3].

Разрешения по частоте, при спектральном анализе, можно рассчитать, используя формулу:

$$f_p > \Delta F_0 \cdot \frac{f_s}{N}, \quad (3)$$

приняв при этом  $\Delta F_0 = 1$  (прямоугольное окно):

$$f_p > \frac{f_{S\ DDC}}{N},$$

$$f_p > \frac{62,5\ MSPS}{16384}, \quad (4)$$

$$f_p > 3814\ \text{Гц}.$$

Таблица 1. – Зависимость разрешения по частоте  $f$  от количества точек БПФ  $N$  при постоянной частоте дискретизации  $f_{S\ DDC}$

Количество точек выполнения БПФ, $N$	$< f_p$ , кГц
16384	3,814
8192	7,629
4096	15,259
2048	30,518
1024	61,035

Полученные результаты говорят о том, что разрешающей способности по частоте цифрового многоканального приёмника, начиная от  $N = 8192$  и выше, вполне хватит, чтобы детально разделить гармоники сигнала в исследуемом диапазоне частот, и тем самым определить алгоритм перестройки частоты тактической радиостанции псевдослучайной перестройки рабочей частоты противника.

**Список использованных источников:**

1. FPGA Virtex-7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.xilinx.com>.
2. Кестер, У. Аналого-цифровое преобразование / У. Кестер — М.: Техносфера, 2007. — 1016 с.
3. Подсистема широкополосного приемника ПЧ AD6676 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://analog.com/>.