

Таранцев Е.К., Тумасов С.В. Разработка высокостабильного источника тактирования для SDR радиосредства. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XIV Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2014. – С. 167-171.

УДК 004.312.44

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОСТАБИЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ТАКТИРОВАНИЯ ДЛЯ SDR-РАДИОСРЕДСТВА

Е.К. Таранцев, С.В. Тумасов

DEVELOPMENT OF HIGH-STABLE CLOCK GENERATOR FOR SDR RECEIVER

Е.К. Tarantsev, S.V. Tumasov

Аннотация. Произведен обзор источников тактирования для SDR радиосредства. Предложена реализация высокостабильного тактового генератора на базе микросхемы Si570, GPS приемника и ПЛИС.

Ключевые слова: программно-конфигурируемое радио, ПЛИС, тактирование от GPS.

Abstract. Review of clock generators for SDR receiver is done. Realization of high-stable clock generator based on Si570, GPS receiver and FPGA is proposed.

Keywords: Software Defined Radio, FPGA, GPS synchronization.

В настоящее время технология программно-конфигурируемого радио (SDR – software defined radio) все чаще применяется при построении аппаратуры беспроводных сетей передачи данных. Это происходит благодаря тому, что вычислительные мощности современных процессоров, ПЛИС и GPU преодолели порог, когда алгоритмы цифровой обработки сигналов могут выполняться в реальном времени для широкополосных сигналов.

SDR-радиооборудование представляет собой приемопередатчик, параметры которого могут быть изменены при помощи программного обеспечения без изменения схемотехнического уровня [1].

С увеличением скорости передачи данных в беспроводных сетях, растут требования к стабильности тактового генератора. В табл. 1 приведены требования к стабильности источника тактирования для современных стандартов сотовой связи: GSM, CDMA и 3G.

Таблица 1

Требования к тактовому генератору

Стандарт	Диапазон частот, МГц	Скорость передачи данных, кбит/с	Вид модуляции	Значение относительной нестабильности частоты
GSM	890-960	до 9,6	GMSK	$\pm(10^{-7} \dots 10^{-6})$
CDMA	869-894	до 64	QPSK	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$
3G(UMTS2100)	1920-2170	до 7200	QPSK	$\pm 10^{-8}$

Таким образом, для удовлетворения требований современных стандартов беспроводных сетей, система синхронизации SDR-радиосредства, должна иметь стабильность частоты не хуже $\pm 10^{-8}$.

При выборе источника тактирования для аппаратуры SDR особое внимание уделяют его кратковременной и долговременной нестабильности. Для оценки кратковременной нестабильности будем использовать понятие джиттера тактового сигнала. Под джиттером понимается отклонение значащих моментов цифрового сигнала данных от их идеальных положений по времени (ГОСТ 17657-79).

Увеличение джиттера тактового сигнала ухудшает отношение “сигнал/шум” приемника, следовательно, отрицательно сказывается на чувствительности приемника. Из [2] следует, что для обеспечения отношения сигнал-шум 70 дБ на входе АЦП при частоте тактирования 100 МГц, джиттер тактового сигнала должен быть не хуже 0,5 пс.

Долговременная нестабильность тактового генератора приводит к рассогласованию приемника и передатчика, для коррекции которой применяются ресурсоемкие алгоритмы автоматической подстройки частоты.

Для исследования современных беспроводных сетей на кафедре Вычислительной техники Пензенского Государственного Университета была разработана платформа SDR на базе отладочных плат ПЛИС, АЦП, ЦАП и высокочастотных аналоговых модулей. Причиной создания платформы послужил интерес к технологии программно-конфигурируемого радио со стороны студентов, магистров и аспирантов.

При выборе источника тактирования для экспериментальной платформы были рассмотрены следующие варианты (табл. 2).

Как видно из таблицы, применение кварцевого генератора нежелательно в разрабатываемой системе из-за несоответствия его показателям нестабильности, требуемым для разрабатываемой платформы. Показатели для других генераторов укладываются в интервал допустимой нестабильности, поэтому они могут быть использованы.

Таблица 2

Сравнение источников тактирования

Источник	Кварцевый генератор (ГК44-П-Д1)	Стандарт частоты рубидиевый (FS725)	Стандарт частоты цезиевый (TimeCesium 4500)	Стандарт частоты водородный (Ч1-76)
Кратковременная нестабильность частоты за 1 с	$\pm 5 \cdot 10^{-6}$	$\pm 2 \cdot 10^{-11}$	$\pm 2 \cdot 10^{-12}$	$\pm 1.5 \cdot 10^{-12}$
Долговременная нестабильность частоты за сутки	$\pm 20 \cdot 10^{-6}$	$\pm 5 \cdot 10^{-10}$	$\pm 3 \cdot 10^{-13}$	$\pm 1.5 \cdot 10^{-12}$
Цена (руб.)	300	180 000	800 000	500 000

Также одним из решений данной проблемы является использование синтезатора частоты с высокой кратковременной стабильностью, подстраиваемого

от внешнего источника тактирования, имеющего высокую долговременную стабильность. В качестве синтезатора подойдет, например, Si570 с кратковременной нестабильностью частоты $\pm 2 \cdot 10^{-11}$ [3]. Данная микросхема представляет собой перестраиваемый тактовый генератор с цифровым управлением по шине I²C. Ее недостатком является низкая долговременная стабильность ($\pm 2 \cdot 10^{-5}$).

В качестве внешнего источника тактирования предложено использовать сигнал с GPS-приемника, который выдает ежесекундные импульсы на выходе PPS с долговременной стабильностью $\pm 10^{-12}$. Подстройка генератора Si570 от сигнала PPS осуществляется методом частотной автоподстройки частоты (FLL). Алгоритм реализован в виде ip-ядра на ПЛИС Xilinx XC4VLX25 и занимает около 5% ресурсов. Структурная схема высокостабильного источника тактирования разработанной платформы представлена на рис. 1.

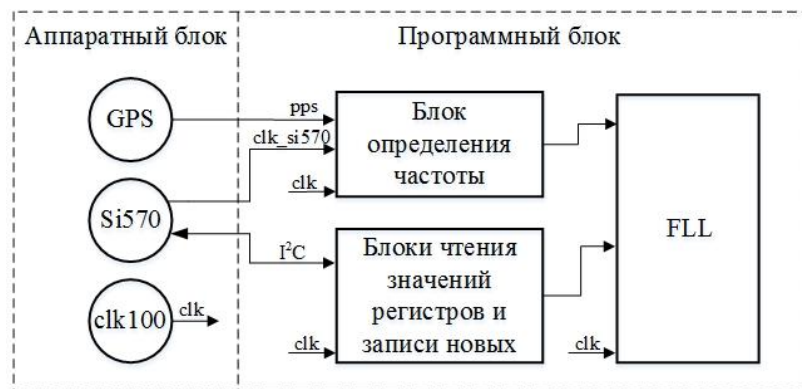


Рис. 1. Структурная схема высокостабильного источника

Источник имеет аппаратный и программный блоки. Аппаратный блок включает: синтезатор Si570; GPS-приемник; тактовый генератор отладочной платы ПЛИС. Программный блок реализован на ПЛИС Xilinx XC4VLX25 и включает: блок определения частоты Si570; блоки чтения значений регистров Si570 и записи новых; блок, реализующий алгоритм частотной подстройки.

Программный блок ПЛИС определения частоты Si570 в своем составе содержит регистр-аккумулятор для накопления значений частоты. Зависимость долговременной нестабильности источника тактирования платформы от времени накопления приведена на рис. 2.

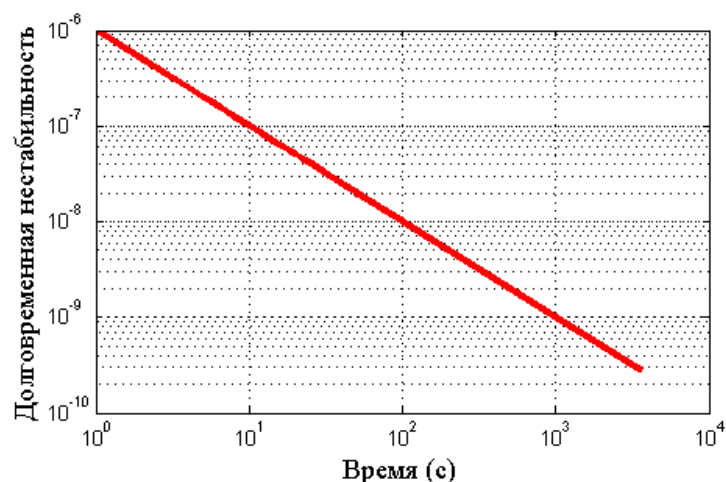


Рис. 2. График зависимости величины ошибки от количества накопленных значений

Предложенные авторами программно-аппаратные решения позволяют на доступной элементной базе получить лабораторный источник тактирования, сравнимый по показателям кратковременной и долговременной стабильности с претензионными стандартами частоты. Разработанный комплекс широко используется магистрами и аспирантами кафедры «Вычислительная техника» Пензенского государственного университета при проведении экспериментов в области беспроводных сетей передачи данных и технологии программно-конфигурируемого радио.

Библиографический список

1. Sofie Pollin, Michael Timmers, Liesbet Van der Perre Software Defined Radios from Smart(er) to Cognitive – New York: Springer Science+Business Media, 2011. – 140 с.
2. Analog Devices, Inc. Understanding High Speed ADC Testing and Evaluation. – Massachusetts: Analog Devices, Inc., 2011. – 65 с.
3. Silicon Labs, Inc. Datasheet Si570. – Austin: Silicon Labs, Inc., 2013. – 25 с.

Таранцев Евгений Константинович

Пензенский государственный
университет, г. Пенза, Россия
E-mail: e-mail: taranzev@yandex.ru

Tarantsev Evgeny Konstantinovich

Penza State University,
Penza, Russia

Тумасов Станислав Валерьевич

Пензенский государственный
университет, г. Пенза, Россия
E-mail: stas135642@yandex.ru

Tumasov Stanislav Valeryevich

Penza State University,
Penza, Russia