

РАЗРАБОТКА КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ФОРМИРОВАТЕЛЯ ДЛЯ ПЕРЕДАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ЛЧМ-ИОНОЗОНДА

М.В. Цедрик, А.В. Подлесный, А.А. Науменко

Институт солнечно земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
mark7cedrick@gmail.com

DEVELOPMENT OF CROSS-PLATFORM GENERATOR FOR THE TRANSMITTING PART OF CHIRP IONOSONDE

M.V. Cedrik, A.V. Podlesnyi, A.A. Naumenko

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia
mark7cedrick@gmail.com

Аннотация. В работе рассматриваются особенности и структурная схема нового кроссплатформенного формирователя для передающего комплекса ЛЧМ-ионозонда, разрабатывавшегося в 2018–2019 гг. Целями создания были достижение программной и аппаратной платформенезависимости, расширение исследовательских возможностей и улучшение таких потребительских свойств формирователя, как компактность, мобильность и себестоимость. Новый формирователь предназначен для работы на трассах вертикального, слабонаклонного и наклонного ЛЧМ-зондирования. После создания, новый формирователь был успешно испытан в составе передающего комплекса ЛЧМ-ионозонда в ходе эксперимента по проведению сеансов возвратно-наклонного зондирования ионосферы (ВНЗ) в августе 2018 г.

Ключевые слова: ЛЧМ, ионосфера, ионозонд, формирование сигнала.

Abstract. In this paper, features and structure of a new cross-platform signal shaper for Chirp ionosonde transmitting complex is considered. This device was developed in 2018–2019. Software and hardware platform independence, increase of research possibilities and improve such consumer properties of signal shaper as compactness, mobility and cost of components were aims of described device developing. The new signal shaper intended for both vertical and oblique incidence ionosphere sounding with Chirp signals according to some schedule. New waveform shaper was successfully tested as a part of transmitting ionosonde complex during the experiment on ionosphere backscattering sounding in august 2018.

Keywords: chirp, LFM, ionosphere, ionosonde, signal shaping.

ВВЕДЕНИЕ

Цели создания и особенности устройства нового формирователя сигналов для передающего комплекса «Ионозонд-МС» [Подлесный и др., 2013] продиктованы необходимостью улучшить некоторые пользовательские характеристики старой системы, такие как гибкость в настройке параметров режимов зондирования и минимальное время между включениями отдельных сеансов зондирования. Для унификации конструкции было решено не привязывать ее к конкретной операционной системе, а сделать ее кроссплатформенной. Кроме того, приемник ГНСС сигналов в новом формирователе ЛЧМ-сигнала способен работать не только с GPS спутниками, но и с ГЛОНАСС. Так же в целях уменьшения энергопотребления и улучшения массогабаритных показателей было принято решение перейти от использования IBM-совместимого компьютера к миникомпьютеру на базе ARM-процессора.

В работе решались такие задачи, как разработка программного обеспечения, проектирование и макетирование аппаратной части нового формирователя сигналов.

СТРУКТУРА НОВОГО ФОРМИРОВАТЕЛЯ СИГНАЛОВ

Отличия нового формирователя сигналов для передающей части ЛЧМ-ионозонда от системы, эксплуатируемой в настоящее время и описанной в [Науменко, Подлесный, 2017], состоят в использовании миникомпьютера Raspberry Pi3, нового GPS/ГЛОНАСС приемника Trimble Mini-T GG и логического блока конъюнкции, служащего для

управления сигналом PPS.

Общая схема передающей части ЛЧМ-ионозонда с новым формирователем показана на рис. 1.

Используемый в формирователе ЛЧМ-синтезатор на базе микросхемы AD9854 подробно описан в [Науменко, Подлесный, 2016]. В старой системе для его подготовки к запуску очередного сеанса требовалась пауза длительностью не менее, чем три секунды. Новый формирователь позволяет работать без пауз между отдельными сеансами излучения, с периодичностью начиная от одной секунды. Для реализации этой возможности потребовалось введение в состав формирователя элемента «логическое И», выполненного на базе стандартной микросхемы TTL-логики.

Соответственно, в зависимости от параметров режима, существует три возможных схемы работы формирователя. Для режимов с паузами между сеансами излучения более трех секунд логика работы будет та же, что и в старой системе: сигнал на линии разрешения PPS выставлен в логическую единицу, а

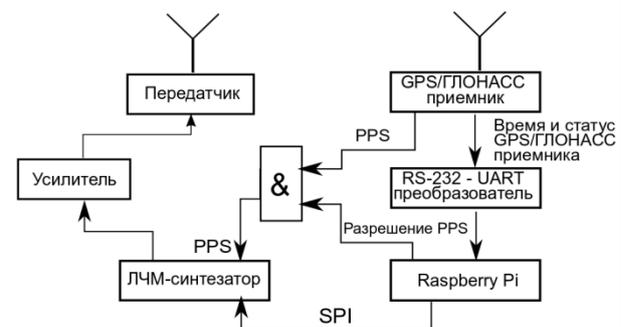


Рис. 1. Общая блок-схема передающей части ЛЧМ-ионозонда с новым формирователем

чувствительность синтезатора к сигналам PPS, служащим для него импульсами обновления, определяется состоянием бит очистки частотных аккумуляторов. Второй возможный режим — работа без пауз между сеансами излучения, с периодичностью больше одной секунды. В этом случае настройки загружаются в синтезатор один раз, а для того, чтобы завершить старый и начать новый сеанс зондирования, сигнал на линии разрешения PPS выставляется в логическую единицу только на одну секунду, после чего снова принимает значение логического нуля. Биты состояния частотных аккумуляторов синтезатора выставляются таким образом, чтобы синтезатор был чувствителен к импульсам обновления постоянно. Наконец, третий режим — непрерывные сеансы излучения с длительностью одна секунда каждый. В этом режиме биты состояния частотных аккумуляторов синтезатора также выставляются таким образом, чтобы синтезатор все время был чувствителен к импульсам обновления, а сигнал на линии разрешения PPS принимает постоянное значение, равное логической единице.

В новом формирователе приемник ГНСС сигналов Trimble Thunderbolt был заменен приемником Trimble Mini-T GG, что позволило, с одной стороны, удешевить всю систему, а с другой, опираться на данные, поставляемые не только системой GPS, но и ГЛОНАСС.

Однако навигационный приемник Trimble Mini-T GG является достаточно новым продуктом, с чем, вероятно, связаны некоторые недочеты в работе его программного обеспечения. Например, после отключения питания приемник теряет настройки некоторых параметров, таких как используемое время (работы ведутся в UTC времени, а по умолчанию устанавливается GPS) и синхронизация импульсов PPS (так же устанавливаются по GPS). Чтобы решить эту проблему, в программный код была добавлена функция, автоматически настраивающая приемник ГНСС сигналов при запуске системы.

Внешний вид макета нового формирователя показан на рис. 2. Некоторые характеристики формирователя приводятся в таблице.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программное обеспечение формирователя сигналов написано на языке Python версии 3.6 с использованием библиотек: serial (для работы с COM-портом), os, time (конвертация времени из Unix-формата в формат: год, месяц, день, чч:мм:сс), RPi. GPIO (работа с GPIO-выводами), math (математические расчеты), sys. Преимуществом использования этого языка является свободное распространение интерпретаторов и сред разработки, а также кроссплатформенность разработанных приложений. Например, все программное обеспечение, разработанное для нового формирователя сигналов, работающего под управлением операционной системы (ОС) Raspbian, легко может быть адаптировано для работы с ОС семейства Windows практически без изменений в коде.

Язык Python, который считается стандартом для задач по обработке данных и автоматизации, показал

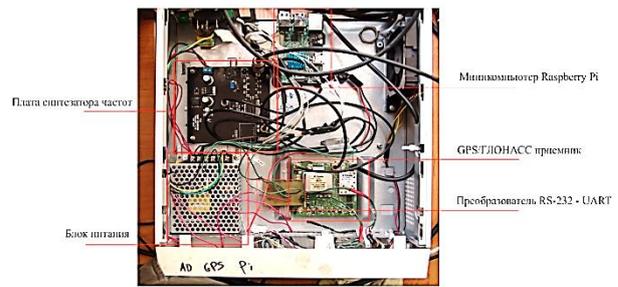


Рис. 2. Макет нового формирователя сигналов для передающего комплекса ЛЧМ-ионозонда

Характеристики нового формирователя сигналов

Характеристика	Значение
Диапазон рабочих частот	1–30 МГц
Скорость перестройки частоты	50–4000 кГц/с
Точность привязки к шкале мирового времени	Не хуже 0.001 мкс
Динамический диапазон	62.7 дБ
Минимальный шаг перестройки по частоте	1 Гц
Минимальный период повторения сеансов зондирования	1 с
Габариты, Д×Ш×В, мм	320×280×100

высокий уровень удобства разработки скриптов для работы с аппаратной частью формирователя ЛЧМ-сигналов. Благодаря политике открытого программного обеспечения язык Python обладает обширной библиотекой функций, которые портируются на все поддерживаемые ОС. Это позволяет разработчику использовать унифицированный интерфейс для работы с совершенно разными модулями, что в свою очередь формирует кроссплатформенность написанных программ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Был разработан новый формирователь сигналов для передающего комплекса ЛЧМ-ионозонда, обладающий рядом преимуществ, таких как кроссплатформенность, улучшенные массогабаритные показатели, более низкая стоимость комплектующих и возможность осуществлять синхронизацию по сигналам ГЛОНАСС. Разработанный формирователь был успешно испытан в ходе эксперимента по осуществлению возвратно-наклонного зондирования в августе 2018.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Подлесный А.В., Брынько И.Г., Куркин В.И. и др. Многофункциональный ЛЧМ-ионозонд для мониторинга ионосферы // Гелиогеофизические исследования. 2013. Вып. 4. С. 24–31.
- Науменко А.А., Подлесный А.В. Модернизация передающего и приемного оборудования сети ЛЧМ-зондирования // Международная Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике. Труды XV конференции молодых ученых. 2017. С. 279–281.
- Науменко А.А., Подлесный А.В. Разработка ЛЧМ-генератора на базе микросхемы AD9854 // Современные проблемы радиоэлектроники и связи: материалы XIV Всероссийской научно-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Иркутск: Изд-во ИРНИТУ. 2016. С. 73–76.