

Проектирование USB ЛЧМ генератора на базе микросхемы AD9854

Науменко Андрей Александрович

инженер-исследователь федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук».

E-mail: naym@iszf.irk.ru.

Подлесный Алексей Витальевич

научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук».

E-mail: pav1986@rambler.ru.

Адрес: 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 126-а, а/я 291.

Аннотация: В этой работе рассматривается процесс проектирования нового ЛЧМ генератора на базе микросхемы прямого цифрового синтеза AD9854. Взятая за основу, принципиальная схема отладочной платы AD9854PCB была тщательно переработана. В качестве управляющего интерфейса для новой системы используется USB. Для этого применён преобразователь интерфейса USB в SPI на базе микросхемы MCP2210. На плате генератора разведён преобразователь напряжения, упрощающий требования к питанию. Пересчитанный выходной фильтр, с частоты 120 МГц на частоту 50 МГц, позволил улучшить качество выходного ЛЧМ сигнала с генератора. После изготовления пробной партии печатных плат заводским методом, был собран опытный образец генератора для испытаний. В ходе лабораторных тестов получена выходная АЧХ генератора.

Ключевые слова: ЛЧМ, генератор, прямой цифровой синтез, AD9854, DDS, USB.

Введение

Генераторы сигналов с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) находят повсеместное использование в решениях задач радиолокации, зондирования различных сред. С развитием цифровой электроники стало возможным перейти от сложных и громоздких аналоговых ЛЧМ генераторов к компактным и более точным цифровым системам. В данной работе представлены результаты анализа современных микросхем цифровых генераторов сигнала и описание нового ЛЧМ генератора, построенного на основе микросхемы DDS генератора AD9854.

Анализ существующей системы

ИСЗФ СО РАН имеет собственную сеть ЛЧМ зондирования в азиатско-тихоокеанском регионе. Генераторы ЛЧМ сигнала используемые в составе данной сети построены на основе отладочных плат AD9854PCB [1]. К сожалению, компания AnalogDevice прекратила выпуск данных плат, что ограничило возможности по обслуживанию и развитию сети. Остро встала необходимость разработки нового устройства.

При генерации ЛЧМ сигнала важными параметрами DDS генератора являются разрядность шага приращения частоты и разрядность выходного АЦП. Для работы в составе ионозонда требуемая разрядность шага приращения частоты должна быть не менее 48 бит, а разрядность выходного АЦП не менее 12 бит. Анализ микросхем DDS генераторов производства AnalogDevices на соответствие требованиям показал, что из всей линейки им соответствует только AD9854 [2]. Данная микросхема широко используется для разработки и построения радиоэлектронных устройств [3], связанных с передачей и приёмом радиосигналов [4]. Главным её недостатком является окончание жизненного цикла и недоступность к заказу отладочных плат. Тем не менее, адекватной замены из микросхем нового поколения ей нет. По этой причине новый ЛЧМ генератор построен на основе микросхемы прошлого поколения AD9854.

Разработка нового генератора

Перед разработкой нового генератора был проведен тщательный анализ принципиальной

схемы отладочной платы AD9854PCB [5]. На основе его результатов были определены блоки, требующие доработки. В первую очередь было решено отказаться от устаревшего интерфейса LPT в пользу современного USB. Далее требовалось развести на плате схему линейного стабилизатора для снижения требований к качеству питания. Также потребовалось пересчитать параметры выходного фильтра для соответствия диапазону генерируемых частот.

Особенностью отладочной платы AD9854PCB является управление микросхемой AD9854 через LPT порт. В современной аппаратуре часто отсутствует данный интерфейс, что накладывает специфические требования к аппаратному обеспечению передающего комплекса. Однако в самой микросхеме имеется возможность работы через последовательный интерфейс SPI, при этом связь с микросхемой становится двусторонней и появляется возможность контролировать регистры AD9854 для автоматической диагностики и выявления неисправностей. Поэтому, для реализации работы с AD9854 в последовательном режиме выбран преобразователь интерфейса из USB в SPI на базе микросхемы MCP2210 [6]. Шина USB в настоящее время используется огромным количеством внешних устройств, поэтому практически все современные ПК имеют несколько таких портов.

Микросхема MCP2210 является преобразователем интерфейса из USB в SPI с макси-

мальной скоростью передачи информации до 12 Мб/сек. Микросхема имеет полную поддержку WindowsXP, Vista, 7, Linux и MacOS [7]. Большим преимуществом MCP2210 является наличие 9 настраиваемых GPIO выводов кроме основных контактов интерфейса SPI (MISO, MOSI, SCK). Наличие подобных выводов делает возможным полноценное управление микросхемой AD9854, так как она требует использование таких внешних сигналов как: RESET, I/ORESET, \overline{CS} , UPDATECLOCK[8].

Программная часть работы с MCP2210 не вызывает осложнений при интеграции её в новые проекты. На официальном сайте находится библиотека, ориентированная под работу как в языках VisualBasic и C#, так и C++, Python, LabVIEW и др.

Для увеличения универсальности оборудования, было решено добавить дополнительный разъём на плату, дублирующий контакты, необходимые для работы с микросхемой AD9854 в последовательном режиме. Это позволит заменить управляющий преобразователь, в случае поломки, на любой другой преобразователь без необходимости изготавливать новую плату.

Рабочее напряжение питания микросхемы AD9854 составляет 3,3 В. От его качества зависят такие важные характеристики, как динамический диапазон и уровень фазовых шумов генерируемого сигнала. Подбор внешнего блока питания с низким уровнем шумов на такое напряжение является нетривиальной задачей,

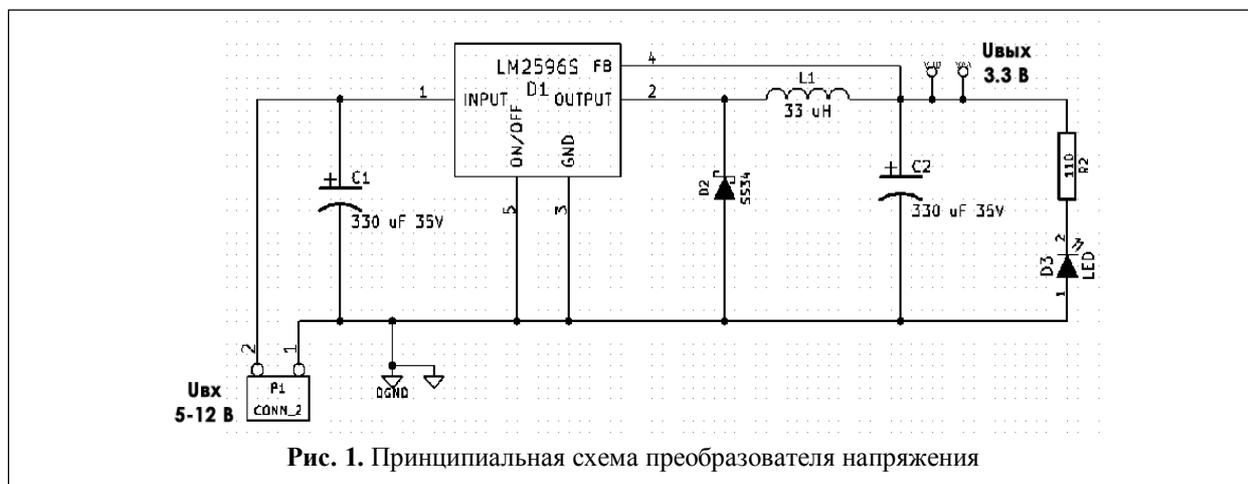


Рис. 1. Принципиальная схема преобразователя напряжения

поэтому на новой плате, на базе понижающего преобразователя LM2596S-3.3, был собран конвертор напряжения, позволяющий подключать к клеммам разъёма питания от 5 до 12 вольт [9]. Данные напряжения питания являются достаточно распространёнными, что позволит без проблем подобрать источник питания от 220 В переменного напряжения. Схема получившегося преобразователя питания приведена на рис. 1.

Часть схемы, отвечающей за формирование дифференциального тактового входа, выполненного на базе микросхемы MC100LVEL16 [10], была перенесена без изменений с оценочной платы AD9854PCB.

Токозадающая цепь ЦАП микросхемы AD9854 на отладочной плате AD9854PCB состоит из двух параллельных сопротивлений. В ходе эксплуатации выяснилась потребность подстраивать это сопротивление для получения максимальной мощности на выходе генератора. По этой причине, в новой плате в токозадающей цепи ЦАП установлено многооборотный построечный потенциометр.

Так как частоты, используемые при проведении ионосферного зондирования, не превы-

шают 30 МГц, выходные фильтры было решено пересчитать на более низкую частоту среза. На плате AD9854PCB частота среза фильтров равна 120 МГц. В новой плате фильтр был пересчитан на частоту среза 50 МГц, что позволяет получить более гладкую форму гармонического сигнала на выходе.

Итоговая принципиальная схема генератора ЛЧМ сигналов приведена на рис. 2.

Трассировка печатной платы была произведена в программном пакете KiCAD. Плата была разведена на двух токопроводящих слоях с применением больших земляных полигонов. Партия новых плат была изготовлена заводским методом. Внешний вид изготовленной платы представлен на рис. 3.

Тестирование

На собранном образце была запущена генерация ЛЧМ сигнала от частоты 1 МГц до 100 МГц. К выходу генератора было подключено нагрузочное сопротивление 50 Ом и щуп осциллографа, на котором был включен режим БПФ и выставлен режим бесконечного накопления изображения. В результате мы получили АЧХ выходного фильтра.

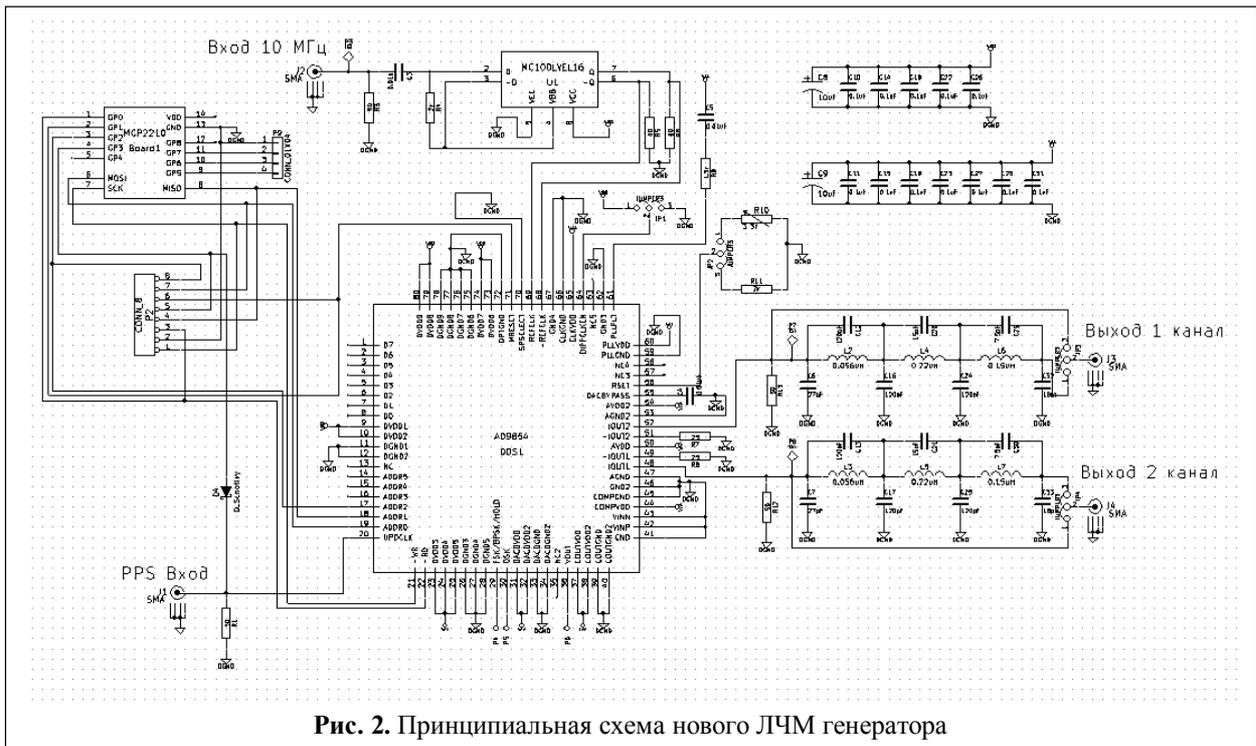


Рис. 2. Принципиальная схема нового ЛЧМ генератора

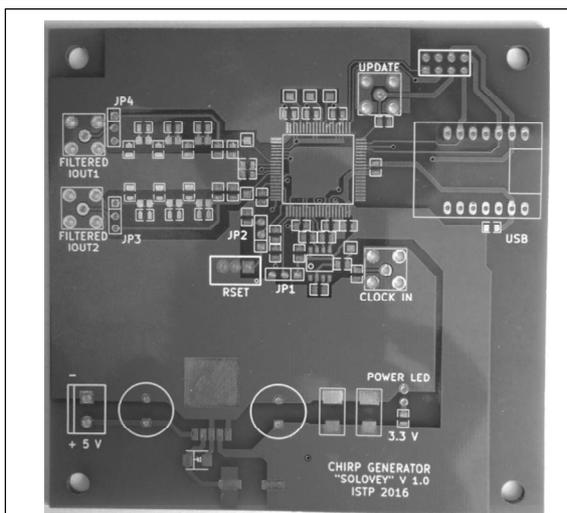


Рис. 3. Изготовленная плата нового ЛЧМ генератора

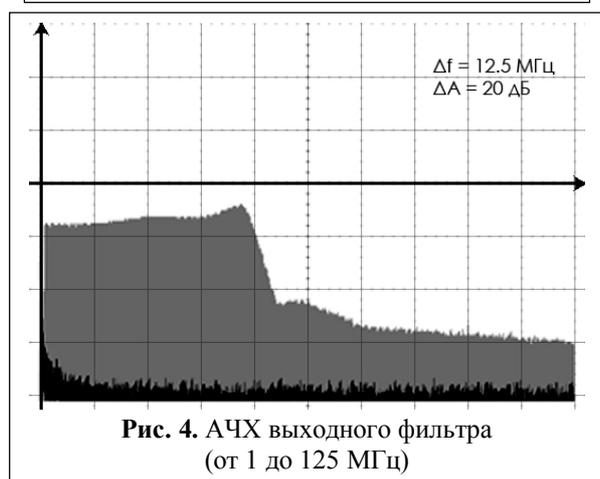


Рис. 4. АЧХ выходного фильтра (от 1 до 125 МГц)

В ходе работы микросхема AD9854ASTZ, примененная в новой плате, нагревалась сильнее AD9854ASVZ, которая стоит на отладочной плате AD9854PCB. Для обеспечения лучшего теплоотвода на микросхему в новом генераторе был установлен небольшой рассеивающий радиатор.

Также был проведён долговременный тест на собранном приёмном оборудовании для ЛЧМ зондирования. Тест доказал возможность использования нового генератора в качестве формирователя ЛЧМ сигнала для ЛЧМ ионозонда.

Заключение

Разработка и создание нового ЛЧМ генератора позволила уйти от необходимости использования снятых с производства отладочных плат

AD9854PCB и решить некоторые проблемы, связанные с её особенностями. Использование управляющего USB интерфейса и расширение диапазона питающего напряжения уменьшило зависимость нового генератора от аппаратной конфигурации передающего комплекса, что, в свою очередь, увеличивает удобство обслуживания и ремонта. Благодаря использованию AD9854 появляется возможность реализовать в программе управления новым генератором совместимость с отладочными платами AD9854PCB. После изготовления новый генератор прошёл ряд проверочных тестов, результаты которых полностью соответствовали заявленным требованиям. Завершающим этапом стала установка нового генератора в тестовый вариант ЛЧМ передатчика, с последующим включением его в ежеминутный режим работы. Изготовленный ЛЧМ генератор станет заменой AD9854PCB в существующей системе ЛЧМ зондирования.

Литература

1. Подлесный А.В., Брынько И.Г., Куркин В.И., Березовский В.А., Киселев М.А., Петухов Е.В. Многофункциональный ЛЧМ ионозонд для мониторинга ионосферы // Гелеогеофизические исследования. 2013, выпуск 4. С. 24-31.
2. Product selection table. Direct Digital Synthesis [Электронный ресурс]: сайт фирмы AnalogDevices, Inc, 2017. URL: <http://www.analog.com/en/parametricsearch/11018>.
3. Yi Leng, Xiong Shi, Programmable Control on Initial Phase of Oscillation Using AD9854 // Applied Mechanics and Materials. 2015, выпуск 743, С. 184-188.
4. Rusen Fan, Yong Wang, Junjie Yang, Zhi Wang, Design of dual High Precision High Resolution Frequency Synthesizer Based on AD9854//Applied Mechanics and Materials. 2014, Vol. 568-570. P. 340-343.
5. AD9854 Evaluation Board Schematic [Электронный ресурс]: сайт фирмы Analog Devices, Inc, 2017. URL: http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/evaluation-documentation/AD9854_schematics_revE.pdf.
6. MCP2210 DataSheet [Электронный ресурс]: сайт фирмы Microchip, Inc, 2017. URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/22288A.pdf>.
7. MCP2210 DLL User's Guide [Электронный ресурс]: сайт фирмы Microchip, Inc, 2017. URL: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP2210_DLLv2.zip.

8. MCP2210 Breakout Module User's Guide [Электронный ресурс]: сайт фирмы Microchip, Inc, 2017. URL:<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/52056A.pdf>.

9. LM2596 DataSheet [Электронный ресурс]: сайт фирмы Texas Instruments, Inc, 2017. URL: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf>.

10. MC100LVEL16 DataSheet [Электронный ресурс]: сайт фирмы ON Semiconductor, Inc, 2017. URL: <http://www.onsemi.ru.com/pub/Collateral/MC100LVEL16-D.pdf>.

Поступила 23 марта 2017 г.

English

Developing USB LFM synthesizer based on AD9854 microchip

Andrey Aleksandrovich Naumenko – Research Engineer, Federal state budgetary institution of science SB RAS Institute of Solar-Terrestrial Physics.

E-mail: naym@iszf.irk.ru.

Alexey Vitalyevich Podlesny – Research Associate, Federal state budgetary institution of science SB RAS Institute of Solar-Terrestrial Physics.

E-mail: pav1986@rambler.ru.

Address: 664033, Irkutsk, Lermontov St., 126-a, p.o. box 291.

Abstract: LFM synthesizers become widely used for radar detection and various media sensing tasks. It is possible nowadays with the digital electronics development to replace complex and bulky analog LFM synthesizers with compact and more precise digital systems. This work describes new LFM synthesizer development based on direct digital synthesis (DDS) AD9854 microchip. AD9854PCB debug board was used, in which the outdated LPT port was replaced with the popular USB one that simplifies the choice of the control PC hardware. The USB interface to SPI converter based on MCP2210 microchip was installed for this purpose. Having additional GPIO outputs in this microchip simplified the control configuration as AD9854 requires several additional control inputs for smooth operation. The board is equipped with the power supply converter extending the power supply voltage range for multi-purpose use. The synthesizer in question has an output filter with 50 MHz cut-off frequency that enables to improve the harmonic signal shape in the output. A small cooler was installed on DDS microchip to ensure better cooling. The manufactured prototype completely conforms to requirements for synthesizers applied in LFM transmitting complexes.

Key words: LFM, synthesizer, direct digital synthesis, AD9854, DDS, USB.

References

1. Podlesny A.V., Brynko I.G., Kurkin V. I., Berezovsky V.A., Kiselyov M. A., Petukhov E.V. Multifunction LFM ionosonde for ionosphere media monitoring. - *Geleogeofizicheskiye issledovaniya*. 2013, Iss. 4, P. 24-31.
2. Product selectiontable. Direct Digital Synthesis [electronic resource]: Analog Devices, Inc website, 2017. URL: <http://www.analog.com/en/parametricsearch/11018>.
3. Yi Leng, Xiong Shi, Programmable Control on Initial Phase of Oscillation Using AD9854//*Applied Mechanics and Materials*.2015, Edit. 743, P. 184-188.
4. Rusen Fan, Yong Wang, Junjie Yang, Zhi Wang, Design of dual High Precision High Resolution Frequency Synthesizer Based on AD9854. - *Applied Mechanics and Materials*.2014, Edition 568-570, P. 340-343.
5. AD9854 Evaluation Board Schematic [electronic resource]: Analog Devices, Inc website, 2017. URL: http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/evaluation-documentation/AD9854_schematics_revE.pdf.
6. MCP2210 DataSheet [electronic resource]: Microchip, Inc website, 2017. URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/22288A.pdf>
7. MCP2210 DLL User's Guide [electronic resource]: Microchip, Inc website, 2017. URL: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP2210_DLLv2.zip
8. MCP2210 Breakout Module User's Guide [electronic resource]: Microchip, Inc website, 2017. URL:<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/52056A.pdf>
9. LM2596 DataSheet [electronic resource]: Texas Instruments, Inc website, 2017. URL: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf>
10. MC100LVEL16 DataSheet [electronic resource]: ON Semiconductor, Inc website, 2017. URL: <http://www.onsemi.ru.com/pub/Collateral/MC100LVEL16-D.pdf>