



Зикий А.Н.
Zikiy A.N.

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, главный конструктор проекта Научно-конструкторского бюро моделирующих и управляющих систем ФГБОУ ВПО «Южный федеральный университет», Россия, г. Таганрог



Зламан П.Н.
Zlaman P.N.

ведущий инженер-конструктор Научно-конструкторского бюро моделирующих и управляющих систем ФГБОУ ВПО «Южный федеральный университет», Россия, г. Таганрог



Власенко Д.В.
Vlasenko D.V.

ассистент кафедры «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» Технологического института ФГБОУ ВПО «Южный федеральный университет», Россия, г. Таганрог

УДК 621.396.6

ПЯТИОКТАВНЫЙ СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТ

Гетеродин широкодиапазонного приемника является его важнейшей составной частью. Часто гетеродин-синтезатор частот оказывается сложнейшей составной частью приемника. В последние годы фирма Analog Devices создала микросхему синтезатора частот ADF4350, которая работает в диапазоне частот 137,5–4400 МГц с перекрытием в 32 раза по частоте, при этом имеет встроенный ГУН. Такая микросхема позволяет создавать широкодиапазонные приемники с существенно большим перекрытием по частоте, чем раньше, поэтому исследование синтезатора частот на основе БИС ADF4350 является актуальным. Особенно большой интерес это исследование имеет при разработке приемников для радиомониторинга.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование основных характеристик синтезатора частоты на основе БИС ADF4350.

Объектом исследования является пробная плата фирмы Analog Devices. Представлены результаты экспериментального исследования синтезатора частот ADF4350EB1Z, работающего в диапазоне от 137 до 4400 МГц. Дана оценка паразитных продуктов в спектре выходного сигнала. Представлены фото спектра выходного сигнала, демонстрирующего малую ширину спектральной линии. Измеренная погрешность установки частоты на двух экземплярах синтезатора не превышает 1 кГц. Проведено измерение выбега частоты за 13 минут после включения. Показано, что выбег частоты составляет не более 200 Гц. Перечислены достоинства исследованной модели синтезатора частот по сравнению с другими: широкий диапазон частот, низкая стоимость, дружественный интерфейс. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании приема-передающей аппаратуры связи, приемников для радиомониторинга, передатчиков для подавления линий связи, измерительной аппаратуры, в том числе измерительных генераторов, анализаторов спектра, анализаторов цепей классов X1, P2 и P4. Статья расширяет представление о линейке синтезаторов частот фирмы Analog Devices, демонстрирует высокую динамику роста электрических и других параметров продукции этой фирмы.

Ключевые слова: синтезатор частот с петлей ФАПЧ, стабильность частоты, спектр выходного сигнала, СВЧ.

FIVE-OCTAVES FREQUENCY SYNTHESIZER

Heterodyne is the most important part of wideband radioreceiver. Often heterodyne or frequency synthesizer is the most difficult part of receiver. In recent years Analog Devices company made frequency synthesizer chip

ADF4350, which works in 137,5 – 4400 MHz band with frequency overlap in frequency by 32 times and has integrated voltage-controlled oscillator. Such chip allows us to create wideband receivers with significantly greater frequency overlapping than before. So, experimental research of main characteristics of frequency synthesizers based on ADF4350 is actual. This research is of great interest for development of radio monitoring receivers.

The intent of this article is experimental research of main characteristics of frequency synthesizer based on ADF4350 chip.

The object of research is test PCB company Analog Devices.

The results of experimental research of ADF4350EB1Z frequency synthesizer for 137-4400 MHz band are presented. Value of spurious products in output spectrum is assessed. Photos of output spectrum show narrow spectral width of output signal are presented. Measured error of frequency setting of two copies of frequency synthesizer does not exceed 1 kHz. It is shown that frequency drift does not exceed 200 Hz. Following advantages of researched model are listed: wide band, low cost, user-friendly interface. The results of research could be used for development of receiving and transmitting equipment, radio monitoring receivers, communication links suppression transmitters, measurement equipment including test generators, spectrum analyzers and circuit analyzers of class H1, R2, R4. This article extends the idea of the line of frequency synthesizers by Analog Devices company and demonstrates high growth dynamics of electrical and many other parameters of production of this company.

Key words: frequency synthesizer with PLL, frequency stability, output spectrum, microwave.

На рисунке 1 можно видеть фото синтезатора частоты ADF4350EB1Z [1–6].

Эксперимент проводился на установке, структурная схема которой приведена на рисунке 2. Пи-

тание синтезатора осуществлялось по интерфейсу USB. В качестве индикатора выходного сигнала использован анализатор спектра типа 8564EC фирмы Agilent Technology.

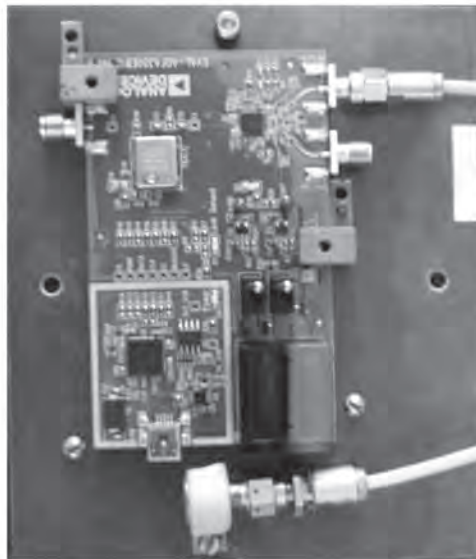


Рис. 1. Плата синтезатора ADF4350EB1Z



Рис. 2. Структурная схема измерительной установки

Управление синтезатором частоты производится от компьютера с помощью специального программного обеспечения, поставляемого фирмой Analog Devices вместе с платой синтезатора. В данном случае была установлена частота 1 ГГц и мощ-

ностью 3,7 дБм.

В ходе эксперимента проводилось фотографирование спектра сигнала при различных полосах обзора. Результаты фотографирования представлены на рисунках 3–9.

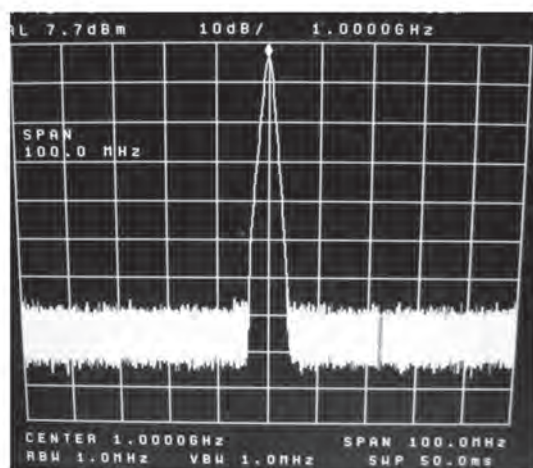


Рис. 3. Спектр сигнала при полосе обзора 100 МГц

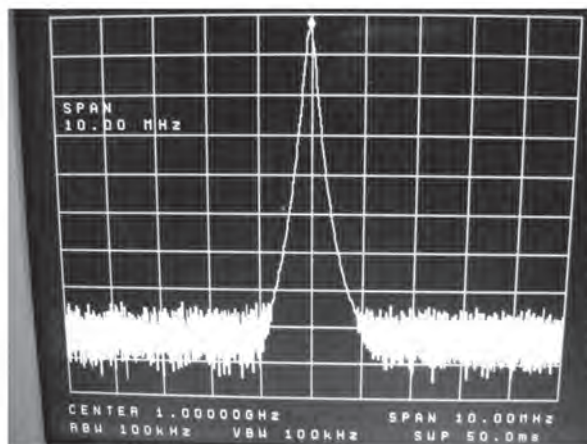


Рис. 4. Спектр сигнала при полосе обзора 10 МГц

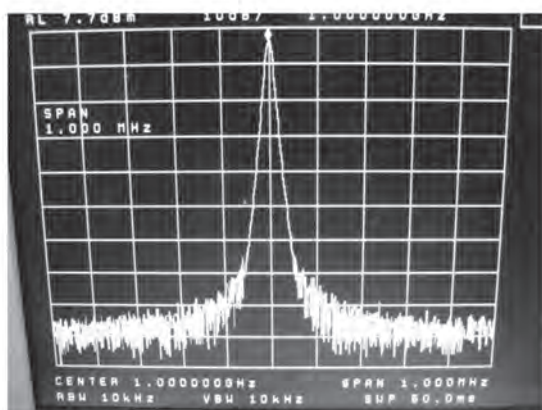


Рис. 5. Спектр сигнала при полосе обзора 1 МГц

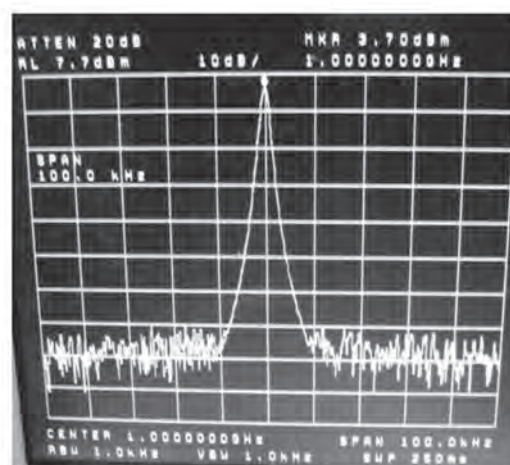


Рис. 6. Спектр сигнала при полосе обзора 100 кГц

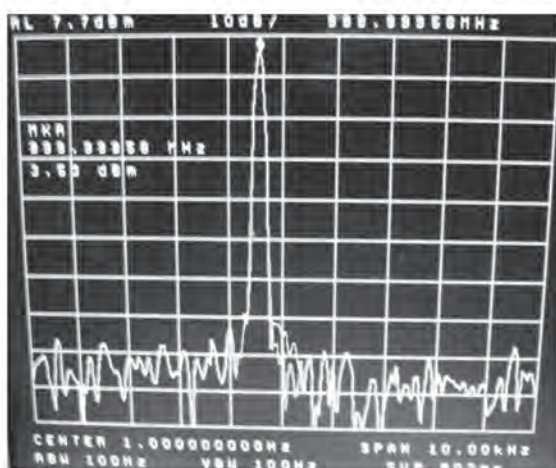


Рис. 7. Спектр сигнала при полосе обзора 10 кГц

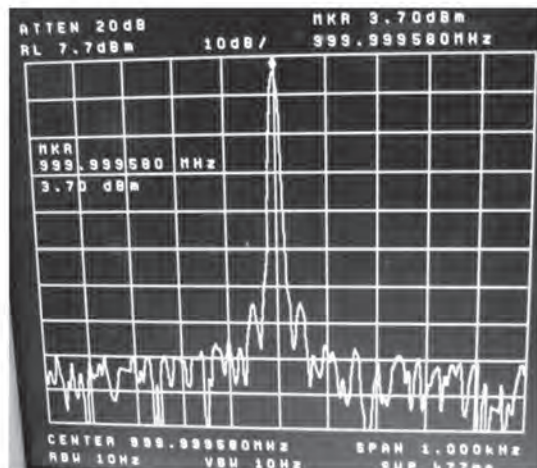


Рис. 8. Спектр сигнала при полосе обзора 1 кГц

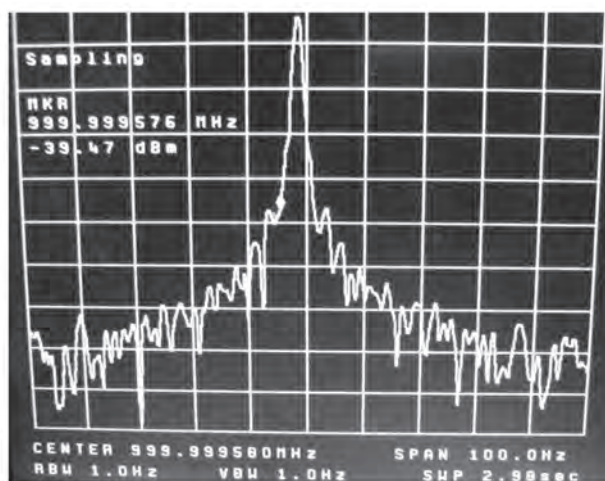


Рис. 9. Спектр сигнала при полосе обзора 100 Гц

Во втором эксперименте проводилось измерение погрешности установки частоты на двух экземплярах синтезаторов (СЧ1 и СЧ2). Результаты

занесены в таблицу 1, из которой видно, что СЧ1 имеет погрешность установки частоты 311 Гц, а СЧ2 – 911 Гц.

Таблица 1

Результаты измерений точности установки частоты

СЧ2		СЧ1	
Задано, МГц	Измерено, МГц	Задано, МГц	Измерено, МГц
970	970,000261	1215	1215,000911
990	990,000256	1200	1200,000904
1010	1010,000268	1180	1180,000890
1030	1030,000273	1160	1160,000873
1110	1110,000287	1140	1140,000851
1130	1130,000290	1100	1100,000818
1150	1130,000305	1020	1020,000746
1170	1170,000316	1000	1000,000736
1190	1190,000317	980	980,000726
1210	1210,000311	960	960,000706

В третьем эксперименте проводилось измерение выбега частоты СЧ1. Результаты занесены в таблицу 2 и на рисунок 10, из которого видно, что

выбег частоты за 13 минут после включения составляет не более 200 Гц.

Таблица 2

Результаты измерения выбега частоты

Время, час - мин	Частота, МГц
16 ⁴⁷	1215,000815
16 ⁴⁸	1215,000860
16 ⁴⁹	1215,000893
16 ⁵⁰	1215,000911

Время, час - мин	Частота, МГц
16 ⁵¹	1215,000941
16 ⁵²	1215,000959
16 ⁵³	1215,000971
16 ⁵⁴	1215,000981
16 ⁵⁵	1215,000985
16 ⁵⁶	1215,000989
16 ⁵⁷	1215,000996
16 ⁵⁸	1215,000987
16 ⁵⁹	1215,000977
17 ⁰⁰	1215,000966

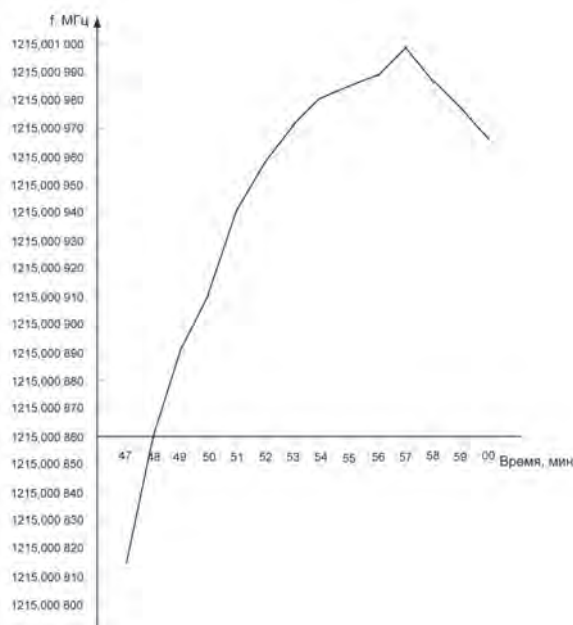


Рис. 10. Выбег частоты синтезатора за 13 минут

Выводы

1. Исследованный синтезатор частот имеет следующие характеристики:

- диапазон рабочих частот 137–4400 МГц;
- шаг сетки частот 100 кГц;
- подавление паразитных продуктов в спектре выходного сигнала не менее 70 дБ;
- паразитные дискретные составляющие в спектре не наблюдаются;
- ширина спектральной линии менее 10 Гц на уровне минус 30 дБ от максимума;
- погрешность установки частоты не превышает 1 кГц;
- выбег частоты составляет не более 200 Гц за 13 минут после включения на частоте 1215 МГц.

2. Дополнительным преимуществом данного

синтезатора является его относительно низкая стоимость (150–200 долларов США) на рынке России, в то время как отечественные аналоги, с худшими параметрами, предлагаются по цене более 1000 долларов США.

Список литературы

1. *Wideband Synthesizer with Integrated VCO ADF4350* [Electronic resource]. – URL: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADF4350.pdf (дата обращения 21.05.2013).
2. *Evaluation Board for Fractional – N/Integer – PLL Frequency Synthesizer ADF4350EB1Z* [Electronic resource]. – URL: http://www.analog.com/static/imported-files/user_guides/UG-109.pdf (дата обращения 24.05.2013).

3. *Широкополосный* синтезатор частот с ФАПЧ и встроенным ГУН [Текст] // Мир электронных компонентов. – 2009. – № 1. – с. 6.

4. *Никитин Ю.* Полный радиочастотный синтезатор с дробным коэффициентом деления ADF4350 [Текст] / Ю. Никитин, С. Дмитриев // Компоненты и технологии. – 2010. – № 3. – С. 32–38.

5. *Рембовский А.М.* Радиомониторинг. Задачи, методы, средства. [Текст] / А.М. Рембовский, А.В. Ашихмин, В.А. Козьмин; под ред. А.М. Рембовского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 492 с.

6. *Evaluation Board User Guide UG-110 ADF4350EB2Z.* – Analog Devices. – 12 p.

References

1. *Wideband Synthesizer with Integrated VCO ADF4350* [Electronic resource]. – URL: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADf4350.pdf (data obrashhenija 21.05.2013).

2. *Evaluation Board for Fractional – N/Integer - PLL Frequency Synthesizer ADF4350EB1Z* [Electronic resource]. – URL: http://www.analog.com/static/imported-files/user_guides/UG-109.pdf (data obrashhenija 24.05.2013).

3. *Shirokopolosnyj* sintezator chastot s FAPCh i vstroennym GUN [Tekst] / Mir jelektronnyh komponentov. – 2009. – № 1. – s. 6.

4. *Nikitin Ju.* Polnyj radiochastotnyj sintezator s drobnym kojefficientom delenija ADF4350 [Tekst] / Nikitin Ju., Dmitriev S. // Komponenty i tehnologii. – 2010. – № 3. – S. 32–38.

5. *Rembovskij A.M.* Radiomonitoring. Zadachi, metody, sredstva. [Tekst] / A.M. Rembovskij, A.V. Ashihmin, V.A. Koz'min; pod red. A.M. Rembovskogo. – М.: Gorjachaja linija – Telekom, 2006. – 492 s.

6. *Evaluation Board User Guide UG-110 ADF4350EB2Z.* – Analog Devices. – 12 s.



Рогинская Л.Э.
Roginskaya L.E.

доктор технических наук, профессор
кафедры «Электромеханика»
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный
авиационный технический университет»,
Россия, г. Уфа



Рахманова Ю.В.
Rakhmanova Yu.V.

кандидат технических наук,
доцент кафедры
«Электромеханика» ФГБОУ ВПО
«Уфимский государственный
авиационный технический университет», Россия, г. Уфа



Шapiro С.В.
Shapiro S.V.

доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой
«Физика» ФГБОУ ВПО «Уфимский
государственный университет
экономики и сервиса»,
Россия, г. Уфа

УДК 621.365.5

РЕЗОНАНСНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ПИТАНИЯ РАЗРЯДНО-ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Рассмотрены разрядно-импульсные технологии, использующие энергию, накопленную в электрическом поле конденсатора. К ним можно отнести электросинтез озона, лазерную технику, электроимпульсную и магнитно-импульсную обработку материалов. Применение подобных технологий для электросинтеза озона объясняется тем, что он является экологически чистым окислителем, применяемым, например, для подготовки питьевой воды и очистки отходящих газов, а использование импульсных технологических лазеров позволяет осуществлять высокоточную обработку материалов. Причем эти технологии являются энергосберегающими. Для согласования вольт-амперных характеристик источников питания с импульс-