

Лифатов В.С.
 ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
 г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а
 lifatov.v.s@yandex.ru

Моделирования задающего генератора РЛС с использованием интерактивной программы ADIsimPLL

Бортовые РЛС задействуются для обнаружения наземных, надводных и воздушных объектов, а также для решения задач навигации, бомбометания, пуска ракет, разведки и обеспечения безопасности полета. В когерентных РЛС сигналы обладают когерентными свойствами, которые используются при обработке принимаемых отраженных сигналов. Колебания задающего генератора (ЗГ) служат основой для формирования всех когерентных колебаний в РЛС. Путем умножения частоты ЗГ, обычно выбираемой равной промежуточной $f_{\text{ПР}}$, в n раз формируется сигнал передатчика $f_0 = nf_{\text{ПР}}$, а при умножении в $(n+1)$ раз – сигнал местного гетеродина $f_{\text{Г}}$. Сигнал ЗГ может непосредственно использоваться в качестве опорного колебания для когерентного смесителя [1]. В качестве ЗГ РЛС широко используются синтезаторы частот (СЧ) с системой импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАПЧ).

Разработка СЧ включает в себя комплекс технических решений, направленных на обеспечение диапазона выходных частот, шага и скорости перестройки по частоте, уровня фазовых шумов и побочных спектральных составляющих, уровня выходной мощности, энергопотребления, массы и габаритов и т.д. Процесс разработки синтезатора в каждом случае начинается с анализа технического задания (ТЗ). Исходя из этого, выбирают метод синтеза и компоненты, позволяющие удовлетворить требования в рамках выбранного метода [2].

Воспользуемся программой ADIsimPLL, выпускаемой компанией «Analog Devices, Inc.» и предназначенной для расчета СЧ с кольцом ИФАПЧ [3]. При запуске программа предлагает выбрать одну из ИМС СЧ с ИФАПЧ из выпадающего списка (рисунок 1). Выберем для моделирования одиночный синтезатор частоты типа ADF4356. На рисунке 2 представлено окно формирования параметров частоты выходного сигнала (диапазон частот (100...1500 МГц) и шаг перестройки частоты – 100 МГц.

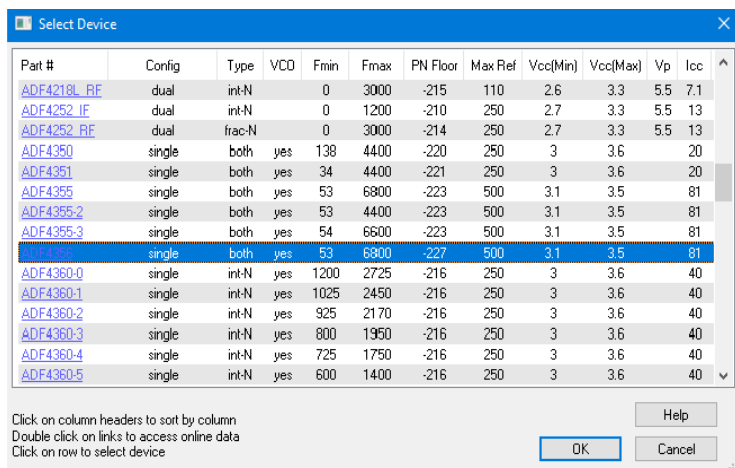


Рис. 1. Выбор ИМС СЧ

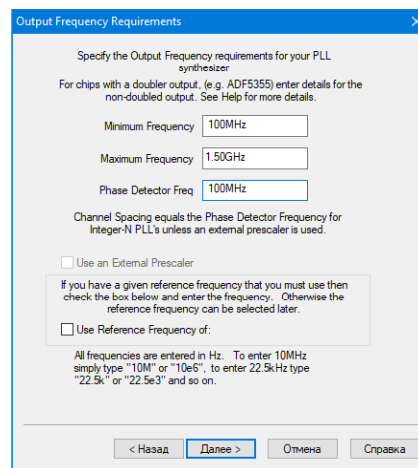


Рис. 2. Формирование параметров частоты выходного сигнала

На рисунке 3 отображена схема варианта фильтра. На рисунке 4 приведены временные характеристики СЧ: зависимости значения выходной частоты от времени при переходе с канала на канал; зависимости ошибки на выходе фазового детектора (ФД); временные диаграммы работы ФД. Отчет о результатах моделирования синтезатора частот и принципиальная схема моделируемого СЧ на ИМС ADF4356 представлен на рисунке 5.

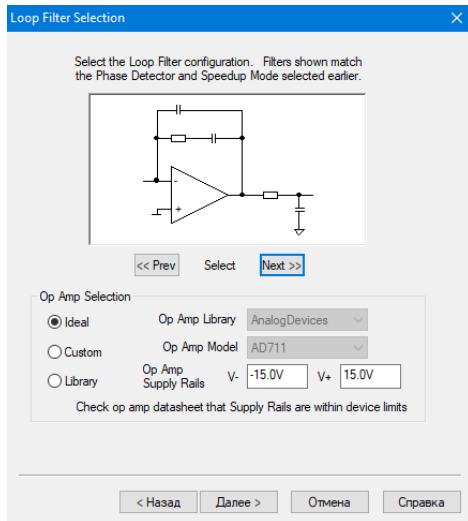


Рис. 3. Схема варианта фильтра

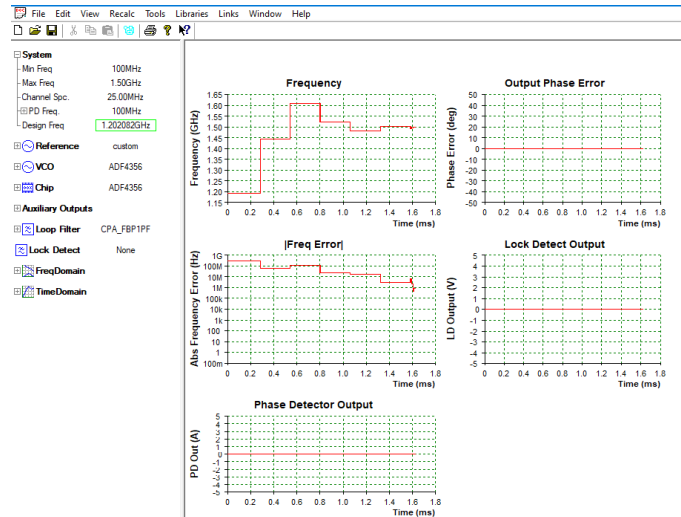
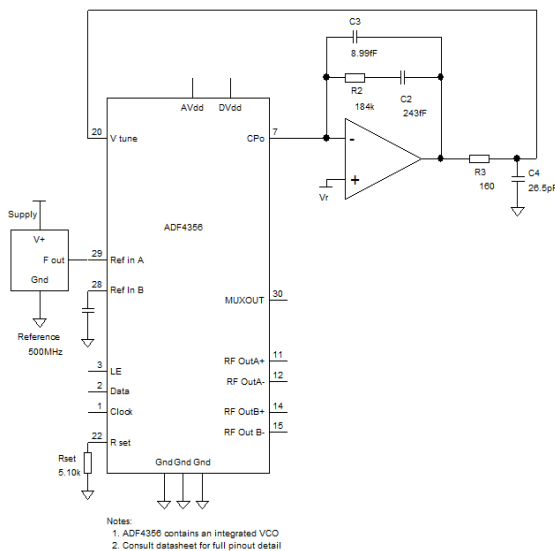


Рис. 4. Временные характеристики СЧ



Design1 analysed at 01/07/22 21:35:55

PLL Chip is ADF4356
Notes:
VCO is ADF4356
Reference is custom

Advanced Design - VCO Divider is Outside loop and set as follows:

Start Freq	Stop Freq	VCO Divider	Channel Spacing
100MHz	106.25MHz	64	1.5625MHz
106.25MHz	212.5MHz	32	3.125MHz
212.5MHz	425MHz	16	6.25MHz
425MHz	850MHz	8	12.5MHz
850MHz	1.50GHz	4	25.0MHz

Loop Filter designed at a VCO frequency of 4.8083GHz with a Kv of 19.05MHz/V

Frequency Domain Analysis of PLL
Analysis at PLL output frequency of 375MHz
VCO divider set to 16

Phase Noise Table	Freq	Total	VCO	Ref	Chip	SDM	Filter
	100	-109.5	-236.8	--	-109.5	--	-256.1
	1.00k	-119.4	-232.8	--	-119.4	--	-236.1
	10.0k	-128.5	-217.8	--	-128.5	--	-216.1
	100k	-134.1	-204.3	--	-134.1	--	-196.1
	1.00M	-135.1	-183.7	--	-135.1	--	-176.2

Reference Spurious
Noise and Jitter Calculations include the first 10 ref spurs
First three spurs: -300 dBc -300 dBc -300 dBc

Phase jitter using brick wall filter
from 1.00kHz to 20.0MHz
Phase Jitter 467fs rms

ACP - Channel 1
Channel 1 is centred 25.0kHz from carrier with bandwidth 15.0kHz
Power in channel = -89.5dBc

--- End of Frequency Domain Results ---

Рис. 5. Отчет о результатах моделирования и принципиальная схема

При разработке ЗГ (СЧ с ИФАПЧ) приходится учитывать большое число компромиссных решений, поэтому применение программы моделирования ADIsimPLL компании «Analog Devices, Inc.» позволяет оценить эти компромиссы и отрегулировать многие параметры, чтобы они соответствовали заданию на проектирование и разработку ЗГ (СЧ с ИФАПЧ). Были рассмотрены возможности программы ADIsimPLL по моделированию ЗГ с использованием ИМС ADF4356, формирующего сетку частот в диапазоне от 100...1500 МГц.

Литература

1. Бортовые радиоэлектронные системы. Основы построения: учебное пособие / А.В. Леньшин, Н.М. Тихомиров, С.А. Попов; под ред. А.В. Леньшина. – 2 изд., перераб. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2021. – 486 с.
2. Ченакин А.В., Горевой А.В. Практическое построение синтезаторов частот СВЧ-диапазона. – М.: Горячая линия–Телеком, 2021. – 280 с.
3. ADIsimPLL Request for Software / Analog Devices. – URL: https://form.analog.com/form_pages/rfcomms/adisimpll.aspx.