

DIGITAL SOUNDING-PULSE GENERATOR FOR UHF MST RADAR

Vladimirov V. M., Karmishin A. M., Markov V. V., Shepov V. N.
Krasnoyarsk Scientific Center of Russian Academy Sciences, Siberian Branch
50, Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036, Russia
Ph.: (391) 2905494, e-mail: shepov@ksc.krasn.ru

Abstract — A prototype of the sounding-pulse generator unit for mesosphere-stratosphere-troposphere ultra-high frequency radar (MST radar) has been developed. The pulse generator has the following technical specifications: the output frequency range of 40-60 MHz; the output power not lower than 1 W; the RF pulse length from 0.1 to 50 μ s; the interpulse interval from 2 μ s to 60 μ s. The RF pulse envelope can be of different shape: rectangular, trapezoidal, Gaussian etc. The RF pulse bursts can also be generated with the phase modulation using the Barker code or other codes.

ЦИФРОВОЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ ЗОНДИРУЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ УКВ МСТ РАДАРА

Владимиров В. М., Кармишин А. М., Марков В. В., Шепов В. Н.
Красноярский научный центр СО РАН
Академгородок 50, Красноярск, 660036, Россия
тел.: (391) 2905494, e-mail: shepov@ksc.krasn.ru

Аннотация — Разработан макет блока формирования зондирующих импульсов (ФЗИ) для мезосферно-стратосферно-тропосферной ультракоротковолновой радиолокационной станции (УКВ МСТ радара). ФЗИ обеспечивает следующие технические характеристики: диапазон выходных частот 40-60 МГц; выходная мощность не менее 1 Вт; длительность радиоимпульсов от 0.1 до 50 мкс; период повторения радиоимпульсов от 2 мкс до 60 мс. Радиоимпульсы могут иметь различную форму огибающей: прямоугольную, трапецеидальную, гауссовскую и т.д. Так же могут быть сформированы пачки радиоимпульсов с фазовой модуляцией кодом Баркера или другими кодами.

I. Введение

Исследования нижней и средней атмосферы мезосферно-стратосферно-тропосферными ультракоротковолновыми радиолокационными станциями (УКВ МСТ радарами) активно проводятся во всем мире. Высокое пространственно-временное разрешение МСТ радаров позволяет исследовать динамику и структуру атмосферы от высот в несколько сотен метров [1].

Одним из основных блоков МСТ радара является блок формирования зондирующих импульсов (ФЗИ). Постоянное совершенствование элементной базы позволяет расширять функциональные возможности и улучшать технические характеристики блоков ФЗИ. На современном этапе построение блоков ФЗИ осуществляется с применением современных цифровых методов, которые реализуются с использованием современных плат с несколькими встроенными каналами цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), подключенными к программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС).

В настоящей работе описывается разработанный макет блока ФЗИ для УКВ МСТ радара с применением современной элементной базы.

II. Основная часть

На рис. 1 приведена структурная схема одного канала разработанного макета блока ФЗИ. Макет изготовлен с использованием двухканального ЦАП AD9778BSVZ и ПЛИС Virtex4 XC4VLX25-SF363. В качестве тактовой частоты используется сигнал ГУНа (микросхема V350ME11-LF), стабилизированного петлей ФАПЧ. Опорным генератором является рубидиевый стандарт частоты FE5650A с выходной частотой 10 МГц. Синтезатором частоты (микросхема ADF4110BRU) выдается частота 400 МГц, из которой формируется несущая частота сигналов ФЗИ. Сигналы с ЦАП фильтруются ФНЧ и усиливаются микросхемами GVA-84+ и HELA-10D.

Несущая частота формируется по схеме цифрового вычислительного синтезатора (Direct Digital Synthesizer – DDS) [2], который включает в себя: накопитель кода фазы, таблицу синусов и цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Для того, чтобы получить на выходе ЦАП радиоимпульсы с заданной огибающей, в цифровой части включен амплитудный модулятор, который перемножает значения отсчетов таблицы синусов и таблицы огибающей, тем самым выдавая на ЦАП цифровой код с соответствующей данному радиоимпульсу огибающей сигнала [3].

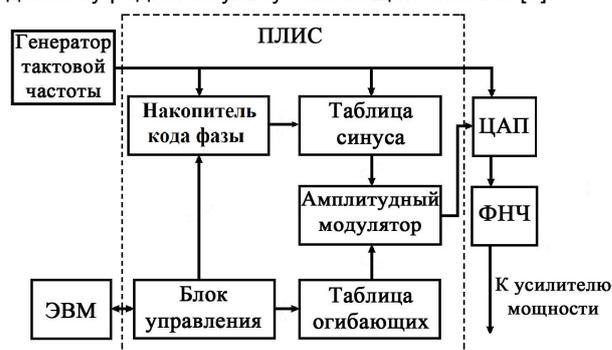


Рис. 1. Структурная схема одного канала формирователя зондирующих импульсов.

Fig. 1. The block-scheme of a channel of the sounding-pulse generator

Современные микросхемы ПЛИС позволяют в одной микросхеме реализовать несколько каналов формирования радиоимпульсов, при этом каждый канал имеет независимую регулировку фазы несущей и регулировку задержки радиоимпульса. Это позволяет достаточно просто формировать диаграмму направленности антенной решетки и производить калибровку антенной системы с учетом разброса фазовых характеристик и задержек в кабельных элементах.

Количество каналов в одной микросхеме ограничивается: размером кристалла ПЛИС, физическим количеством выводов микросхемы и количеством ЦАП размещаемых на печатной плате. Количество ЦАП подключаемых к одной микросхеме ПЛИС так же обусловлено топологией платы. Должны быть выровнены и минимизированы длины проводников шин, для обеспечения идентичности каналов по задержкам и обеспечению работы на высокой тактовой частоте не менее 150 МГц. Существует, также, ограничение, связанное с отводом тепла от микросхем. Современные платы позволяют на одной микросхеме ПЛИС сформировать до 8 выходных потоков на ЦАП и, соответственно, до 8 выходных аналоговых каналов.

На рис. 2 показана структурная схема формирования радиоимпульсов для нескольких каналов (N).

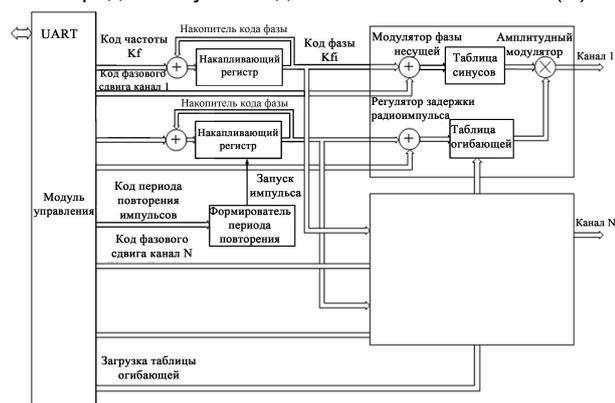


Рис. 2. Структурная схема ПЛИС.

Fig. 2. The FPGA block-scheme

Процесс синтеза несущей частоты радиоимпульса, выглядит следующим образом. Накопитель кода фазы формирует код фазы Kf_i , значение которого изменяется линейно от периода к периоду с шагом, равным коду частоты Kf . Затем код фазы поступает на фазовый модулятор, который суммирует, либо отнимает код фазового сдвига, тем самым обеспечивая фазовую модуляцию несущей. Далее код фазы преобразуется в код амплитуды K_a в соответствии с гармонической функцией таблицы синуса.

Процесс формирования огибающей радиоимпульса выглядит таким же образом, как и синтез частоты несущей. Разница в том, что накопитель кода фазы начинает считать с шагом кода длительности импульса по запуску от схемы формирования периода повторения и работает до переполнения накапливающего регистра, далее останавливается и ждет следующего импульса запуска. Формирователь периода повторения выполнен в виде делителя тактовой частоты (цифрового счетчика). Шаг его установки равен одному такту тактовой частоты. При тактовой частоте 150 МГц этот шаг составляет 6,66 нс.

Для того что бы обеспечить более плавную регулировку задержки радиоимпульса на выходе аккумуля

мулятора фазы установлен сумматор, дополнительно сдвигающий фазу огибающей. Полученный таким образом код фазы далее преобразуется в код амплитуды в соответствии с функцией огибающей, хранящейся в таблице.

Полученные коды синуса и коды огибающей поступают на амплитудный модулятор, где перемножаются и сформированные коды радиоимпульса поступают на ЦАП. Полученный аналоговый сигнал фильтруется и поступает на усилитель мощности.

Модуль управления содержит набор регистров, которые доступны для записи и чтения от внешней управляющей ЭВМ, с помощью универсального асинхронного приёмопередатчика (УАПП) (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter – UART).

Управляющая программа ЭВМ позволяет управлять следующими параметрами ФЗИ:

- несущая частота,
- длительность и период повторения радиоимпульсов;
- форма огибающей радиоимпульса;
- фазовый сдвиг для каждого канала отдельно;
- задание кодовых последовательностей (до 16-ти элементов) для фазовой модуляции пачек радиоимпульсов.

III. Заключение

Разработанный макет ФЗИ обеспечивает следующие технические характеристики:

- диапазон выходных частот 40-60 МГц;
- выходная мощность не менее 1 Вт;
- длительность формируемых радиоимпульсов от 0.1 до 50 мкс;
- период повторения радиоимпульсов или пачек радиоимпульсов от 2 мкс до 60 мс.

Радиоимпульсы могут иметь различную форму огибающей (прямоугольную, трапецеидальную, гауссовскую и т.д.). Так же могут быть сформированы пачки импульсов с фазовой модуляцией кодом Баркера или другими кодами. Таким образом, разработанный цифровой формирователь импульсов позволяет получать импульсы практически произвольной формы, формировать произвольные пакеты импульсов, недоступные для аналогового формирователя, что существенно расширяет возможности УКВ МСТ радара по идентификации объектов нижней и средней атмосферы.

IV. References

- [1] Hocking W.K. Recent advances in radar instrumentation and techniques for studies of the mesosphere, stratosphere and troposphere. *Radio Sci.*, 1997, V.32, N.6, P.2241-2270.
- [2] Tierney J., Rader C.M., Gold B. A digital frequency synthesizer. *IEEE Trans. Audioelectroacoust.*, 1971, March, Vol.Au-19, p.48.
- [3] Kochemasov V.N., Belov L.A., Okoneshnikov B.C. Formirovanie signalov s linejnoy chastotnoj moduljaciej [Forming signals with linear frequency modulation], Moskva. Ravigo I svjaz' 1983.