

Грошков И.Д.

Научно-образовательный центр воздушно-космической обороны «Алмаз-Антей». 121471, г. Москва, ул. Верейская д.41, строение 2. E-mail: info@noscvo.ru
АО «Муромский завод радиоизмерительных приборов». 602267 г. Муром, Владимирская область, Карачаровское шоссе, 2. E-mail: global@mzrip.ru

Анализ методов формирования сигналов радиолокационных станций на основе цифро-аналоговых преобразователей

Формирование радиолокационных сигналов требует реализации устройств, обеспечивающих генерацию сложных сигналов заданной структуры. [1, 2].

При построении формирователей сигналов широкое распространение получил прямой цифровой метод синтеза сигналов на основе цифро-аналоговых преобразователей ЦАП. [3]

Можно выделить несколько типов формирователей, использующих метод прямого цифрового синтеза.

1. Формирователь сигнала на основе цифрового модулятора, структурная схема которого приведена на рис. 1, имеет опорный генератор G1, буфер тактовых сигналов A2, устройство управления (УУ) A1, ЦАП DA1, фильтр нижних частот (ФНЧ) Z1, смеситель A3, полосно-пропускающий фильтр (ППФ) Z2 и усилитель A4.

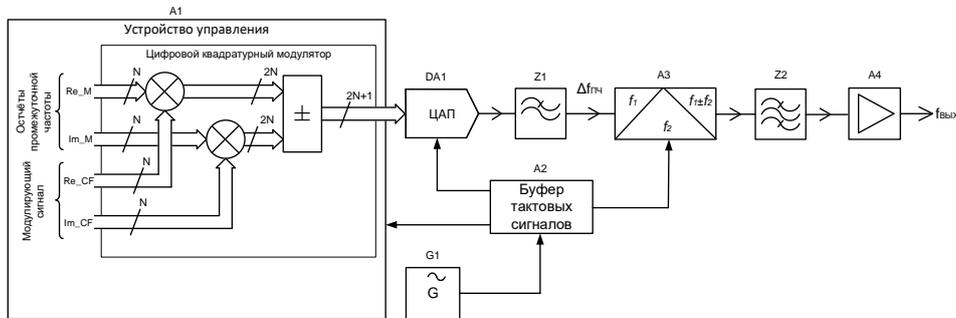


Рис. 1 – Структурная схема формирователя на основе ЦМ

Сигнал на выходе ЦАП формируется на промежуточной частоте $\Delta f_{ПЧ}$. Для повышения частоты могут использоваться умножители частоты, копии спектра основного сигнала (образы сигнала), либо мультиплексирование отсчётов на выходе ЦАП. [4]

Такой формирователь обладает высокой скоростью перестройки несущей частоты и не требует управления частотой опорного сигнала.

Недостатком является необходимость наличия высокочастотного тактового сигнала, а также большое количество побочных составляющих в спектре сигнала на выходе ЦАП.

2. Формирователь сигнала на основе прямого квадратурного преобразования имеет структурную схему, приведенную на рис. 2.

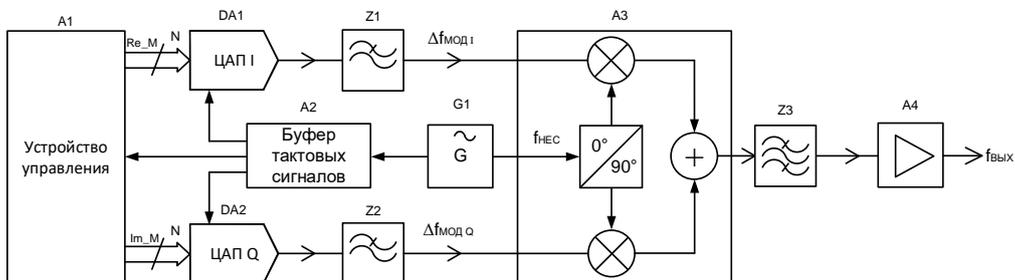


Рис. 2 – Структурная схема формирователя на основе прямого квадратурного преобразования

Сигналы, формируемые DA1 и DA2, после фильтрации используются для управления модуляцией несущего колебания, в аналоговом модуляторе A3.

В результате прямое квадратурное преобразование позволяет модулировать несущую узкополосным сигналом. [5]

К недостаткам можно отнести необходимость балансировки амплитуды и фазы квадратурных каналов. [6].

3. Формирователи сигнала на основе многоканального ЦАП позволяют улучшить динамические характеристики и минимизировать дисбаланс квадратурных каналов. [7]

Структурная схема формирователя основе многоканального ЦАП приведена на рис. 3.

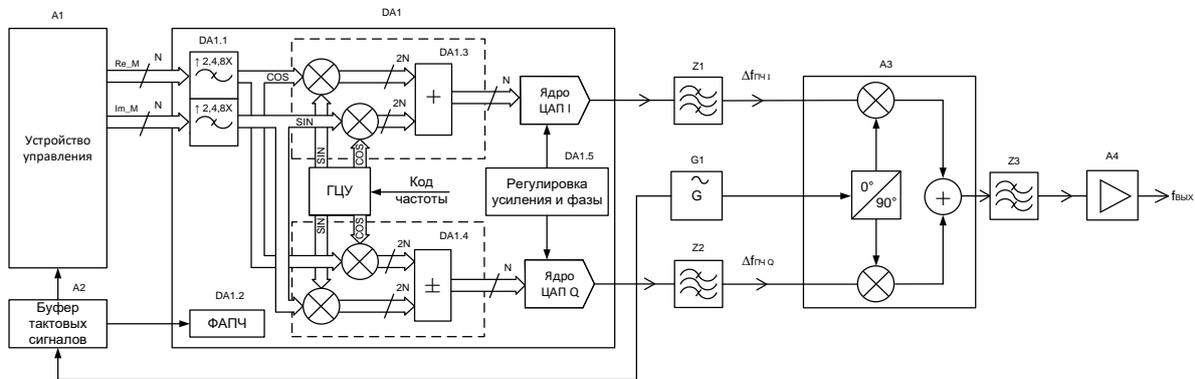


Рис. 3 – Структурная схема формирователя на основе многоканального ЦАП

Модулирующие сигналы $\Delta f_{ПЧ\ I}$, $\Delta f_{ПЧ\ Q}$ на выходе ЦАП DA1 формируется на промежуточной частоте (ПЧ), что позволяет использовать источник опорного сигнала G1 с фиксированной частотой. Благодаря интерполирующим фильтрам DA1.1 частота обновления выходных данных ЦАП может быть выше тактовой частоты УУ. [7]

Однако для модулирующих сигналов на ПЧ усложняется конструкция фильтров и топология печатной платы,

4. Структура формирователя сигнала на основе высокоскоростного ЦАП AD9164 соответствует структурной схема приведена на рис. 4.

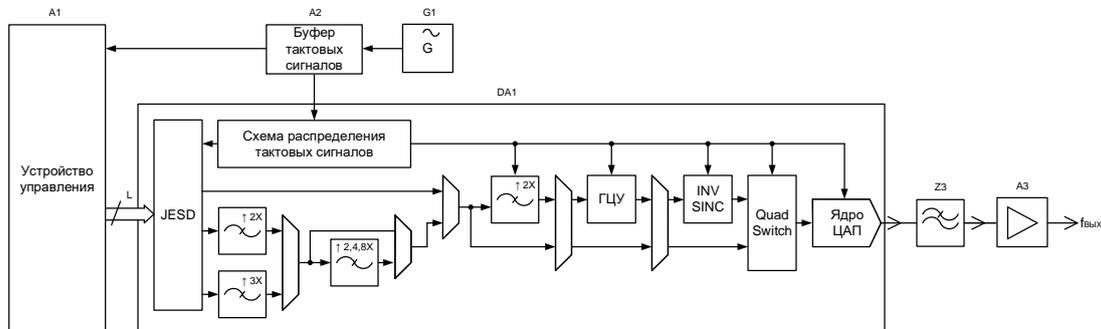


Рис. 4 – Структурная схема формирователя на основе высокоскоростного ЦАП

Увеличение производительности и разрядности ЦАП привели к внедрению последовательного интерфейса JESD204B. [8] Архитектура ядра ЦАП позволяет обеспечить частоту обновления данных на выходе до 12,5 Гбит/с. [9]

Выделенные в результате исследования методы прямого цифрового синтеза сигналов могут использоваться для создания программно-определяемых формирователей сложных радиолокационных сигналов.

Литература

1. Тяпкин В.Н., Фомин А.Н., Гарин Е.Н., Основы построения радиолокационных станций радиотехнических войск: учебник // Красноярск: Сиб. федер. ун-т., 2011. – 536 с.
2. Кулешов В.Н., Удалов Н.Н., Богачев В.М., Генерирование колебаний и формирование радиосигналов // М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 416 с.

3. Browne J. Discovering ADCs and DACs for Defense Electronics Systems // *Microwaves & RF* – 2018 // Режим доступа: <https://www.mwrf.com/technologies/components/article/21849014/discovering-adcs-and-dacs-for-defense-electronics-systems> (дата обращения: 24.11.2020)
4. Ромашов, В.В. Формирователи сетки опорных частот возбуждителя передатчика с использованием образов основной частоты /В.В. Ромашов, К.К. Храмов // *Методы и устройства передачи и обработки информации*. – 2011. – №13. – С. 44-47.
5. Голуб В.С. Квадратурные модуляторы и демодуляторы в системах радиосвязи. *Электроника: Наука, Технология, Бизнес*. – 2003, №3
6. Абраменко А.Ю. Компенсация дисбаланса квадратурного модулятора. Доклады ТУСУРа, № 2 (24), часть 1, декабрь 2011.
7. Kester W., Oversampling Interpolating DACs // *Analog Devices, Inc.* 2009 // Режим доступа: <https://www.analog.com/media/en/training-seminars/tutorials/MT-017.pdf> (дата обращения: 4.11.2020)
8. Harris J. What Is JESD204 and Why Should We Pay Attention to It. – *Analog Devices Inc.*, 2019 // Режим доступа: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/tech-articles/What-Is-JESD204-and-Why-Should-We-Pay-Attention-to-It.pdf> (дата обращения: 24.11.2020)
9. Daniel E. New RF DAC Broadens Software-Defined Radio Horizon –*Analog Devices Inc.*, 2016 // Режим доступа: <https://www.analog.com/media/en/analog-dialogue/volume-50/number-3/articles/new-rf-dac-broadens-sdr-horizon.pdf> (дата обращения: 25.09.2020)