

# ЦИФРОВОЕ КВАДРАТУРНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛА СТЕРЕОФОНИЧЕСКОГО ОБЧ ЧМ РАДИОВЕЩАНИЯ

Пестряков А.В., Парьев В.Э.

Кафедра радиопередающих устройств  
Московский технический университет связи и информатики  
Россия, 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8а  
Тел.: (095) 273-75-04, Факс: (095) 273-75-04, E-mail: [pestryakov@srd.mtuci.ru](mailto:pestryakov@srd.mtuci.ru)

**Реферат.** Обоснован и описан новый метод цифрового формирования сигнала стереофонического ОБЧ ЧМ радиовещания с использованием квадратурного представления сигнала. Рассмотрены принципы квадратурного формирования сигнала стереофонического ОБЧ ЧМ вещания, описан соответствующий алгоритм формирования сигнала и упрощенная структурная схема устройства.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Известно, что цифровые методы формирования и обработки вещательного сигнала имеют массу преимуществ по сравнению с традиционными аналоговыми. Применение цифровой обработки позволяет значительно улучшить отдельные качественные показатели аппаратуры, стабильность ее параметров, надежность в течение всего срока эксплуатации, а также существенно расширить функциональные возможности. Например, облегчается введение сигналов передачи дополнительной информации и управления для приемных устройств как существующих (RDS), так и перспективных систем.

Для цифрового формирования ЧМ радиосигнала обычно применяется достаточно сложная схема [1], состоящая из частотно-модулируемого цифрового вычислительного синтезатора (ЦВС), цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), полосового фильтра (ПФ) с достаточно жесткими требованиями к его АЧХ, а также преобразователя частоты и выходных фильтров (рис. 1). При этом реальная схема может быть еще сложнее, так как для уменьшения фазовых шумов в преобразователе частоты приходится сначала преобразовывать промежуточную частоту в частоту, намного превышающую диапазон стереорадиовещания, а затем делением она приводится к нужному диапазону [2].

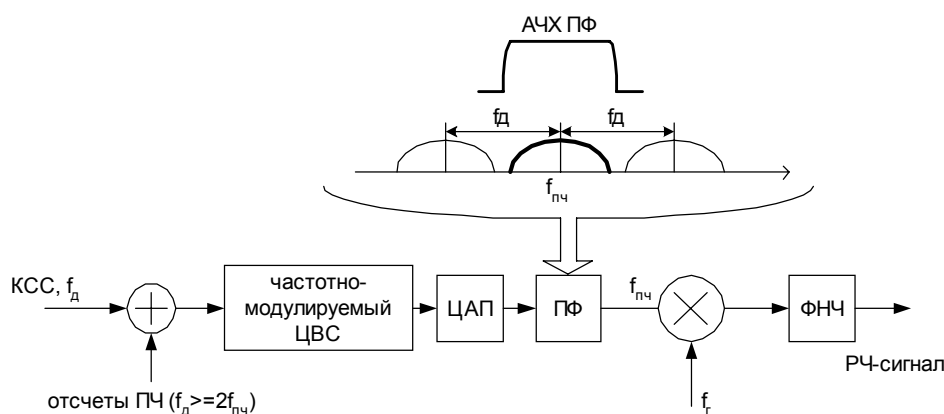


Рис. 1.

## 2. КВАДРАТУРНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОГО СИГНАЛА

С развитием элементной базы появилась возможность создания принципиально нового по своей структуре, полностью цифрового устройства формирования сигнала стереофонического ОБЧ ЧМ радиовещания, состоящего из блоков цифрового процессора обработки сигналов (ЦПОС) и цифрового квадратурного модулятора-преобразователя частоты (ЦКМ) с цифровыми интерполяторами. В настоящее время на рынке уже появились ЦКМ с приемлемыми характеристиками, реализованные в виде БИС. Упрощенная структурная схема такого устройства приведена на рис. 2.

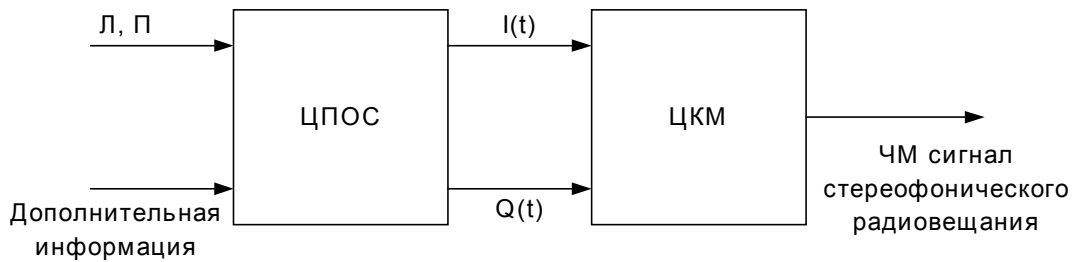


Рис. 2.

На блок ЦПОС поступают аналоговые (с последующим аналого-цифровым преобразованием) или цифровые сигналы левого и правого стереоканалов (Л, П), а также дополнительная информация для систем передачи дополнительной информации (например, RDS). ЦПОС формирует в реальном времени цифровые отсчеты синфазной  $I(t)$  и квадратурной  $Q(t)$  составляющих ЧМ сигнала вещания, которые поступают на блок ЦКМ. Этот блок формирует РЧ-сигнал стереофонического радиовещания с частотной модуляцией. Как известно, общее выражение для ЧМ-сигнала имеет вид:

$$a(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + \Delta\omega_m \int_0^t \frac{u(t)}{U_m} dt) = A_0 \cos(\omega_0 t + \theta(t)),$$

где  $A_0$  – постоянная амплитуда ЧМ-колебания;  $\omega_0$  – несущая частота;  $\Delta\omega_m$  – максимальная девиация частоты, соответствующая  $U_m$  - максимальной величине модулирующего сигнала  $u(t)$ . При этом

$\left| \frac{u(t)}{U_m} \right| \leq 1$ . Модулирующим сигналом является комплексный стереосигнал (КСС), объединенный с

сигналом передачи дополнительной информации. Можно показать, что выражения для синфазной и квадратурной составляющих ЧМ-радиосигнала, необходимых для его формирования в квадратурном модуляторе, записываются следующим образом:

$$I(t) = \frac{1}{T} \int_0^T a(t) \cdot 2 \cos \omega_0 t dt = A_0 \cos \theta(t),$$

$$Q(t) = \frac{1}{T} \int_0^T a(t) \cdot 2 \sin \omega_0 t dt = -A_0 \sin \theta(t).$$

В результате квадратурной модуляции несущей  $\omega_0$  сигналами  $I(t) = A_0 \cos \theta(t)$  и  $Q(t) = -A_0 \sin \theta(t)$  действительно получим необходимый ЧМ-сигнал:

$$a(t) = I(t) \cos \omega_0 t + Q(t) \sin \omega_0 t = A_0 \cos(\omega_0 t + \theta(t)).$$

Блок ЦКМ обеспечивает непосредственное цифровое формирование ЧМ сигнала стереофонического радиовещания в цифровом квадратурном модуляторе с предварительной интерполяцией цифровых сигналов  $I(t)$  и  $Q(t)$ , поступающих от блока ЦПОС. Необходимость процедур интерполяции обуславливается тем, что повышение частоты дискретизации обеспечивает увеличение по шкале частот расстояния между основной и побочными составляющими спектра сигнала после цифро-аналогового преобразования на выходе блока ЦКМ, что в свою очередь облегчает требования к дальнейшей фильтрации этого сигнала. При этом интерполяция осуществляется блоком ЦКМ аппаратно, т.е. без затрат вычислительных ресурсов ЦПОС, а квадратурные сигналы  $I(t)$  и  $Q(t)$  могут быть сформированы в ЦПОС на достаточно низкой частоте дискретизации.

Соответствующий выбор коэффициентов интерполяции обеспечит сдвиг по шкале частот побочных составляющих спектра выходного ЧМ-сигнала после цифро-аналогового преобразования на выходе блока ЦКМ на единицы-десятки МГц друг от друга, что облегчит требования к дальнейшей фильтрации этого сигнала и обеспечит возможность перестройки выходной частоты возбудителя без применения перестраиваемых или переключаемых полосовых фильтров. Например, весь отечественный диапазон радиовещания 66...74 МГц можно перекрыть с использованием лишь одного ПФ на выходе ЦКМ, реализованного на ИМС AD9857 [3], при соответствующем выборе внутреннего коэффициента интерполяции (Рис. 3).

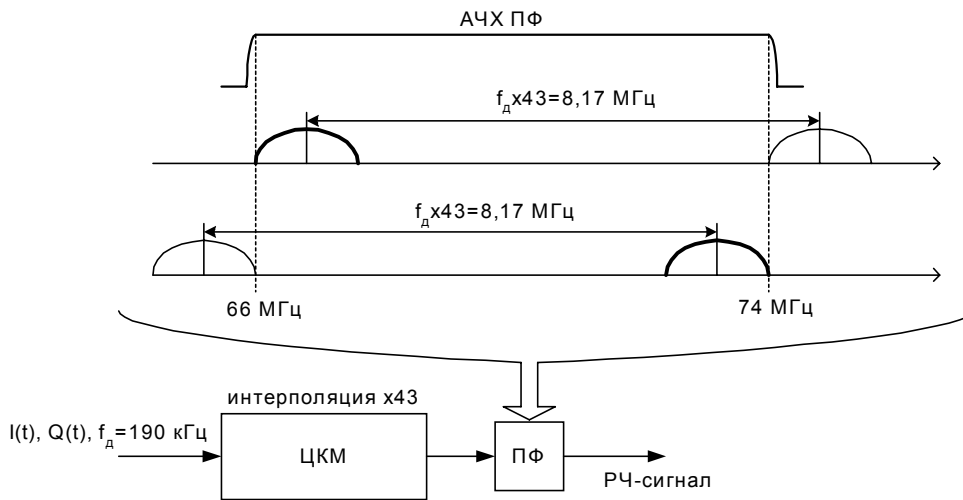


Рис. 3.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, с помощью описанного метода решается задача построения универсального полностью цифрового стереокодера и возбuditеля для ОВЧ ЧМ стереофонического радиовещания, реализующего все указанные выше преимущества цифровых методов формирования сигналов.

### Литература

1. Harris DIGIT CD digital FM exciter. / Harris Corporation, Broadcast Communications Division, 2000.
2. Смирнов А.Е. Исследование и разработка возбuditеля для стереофонического радиовещания./ Диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук. - М.: МТУСИ, 2000.
3. CMOS 200 MSPS 14-Bit Quadrature Digital Upconverter AD9857. Data Sheet/Analog Devices, Inc., 2000.



DIGITAL QUADRATURE FORMATION OF THE STEREOPHONIC VHF FM BROADCASTING SIGNAL

Pestryakov A., Paryev V.

Department of radio transmitting devices  
Moscow Technical University of Communications and Informatics  
8a Aviamotornaya st., Moscow, 111024, Russia  
Tel.: (095) 273-75-04, Fax: (095) 273-75-04, E-mail: [pestryakov@srd.mtuci.ru](mailto:pestryakov@srd.mtuci.ru)

**Abstract.** A new method of digital formation of the stereophonic VHF FM broadcasting signal using quadrature signal presentation is described and validated. Principles of quadrature formation of the stereophonic VHF FM broadcasting signal are considered, appropriate algorithm of signal formation and simplified structure diagram of the device are described.

1. INTRODUCTION

It is well known, that digital methods of forming and processing of the broadcasting signal have a lot of advantages comparing with traditional analogue methods. Digital signal processing (DSP) significantly increases the equipment performance and functional abilities, stability of parameters and reliability during all the life time. For example, DSP facilitates formation and introduction of supplementary information and receiver control signals of existing (Radio Data System, RDS) and perspective systems.

For digital formation of the FM broadcasting signal usually there is a rather complex circuit applied [1], which consist of the frequency-modulated direct digital synthesizer (DDS), digital-to-analog converter (DAC), bandpass filter with rather hard requirements on it's frequency characteristic, frequency converter and output filters. Actually the real circuit can be more complex, as for decreasing of the phase noises in the converter firstly should be carried the conversion of intermediate frequency in much higher than stereo-broadcasting band frequency, and then the division of this frequency for bringing it to the necessary band [2].

2. QUADRATURE FORMATION OF THE BROADCASTING SIGNAL

With the evolution of the element base there appeared an ability of creating principlly new by its structure, completely digital device for formation of the stereophonic VHF FM broadcasting signal, consisting of digital signal processor (DSP) and digital quadrature frequency modulator-converter with digital interpolators (DQM) blocks. Now on the market already exist DQMs with suitable characteristics, implemented in the form of big integrated circuit. Simplified structure diagram of such a device shown on fig.1.

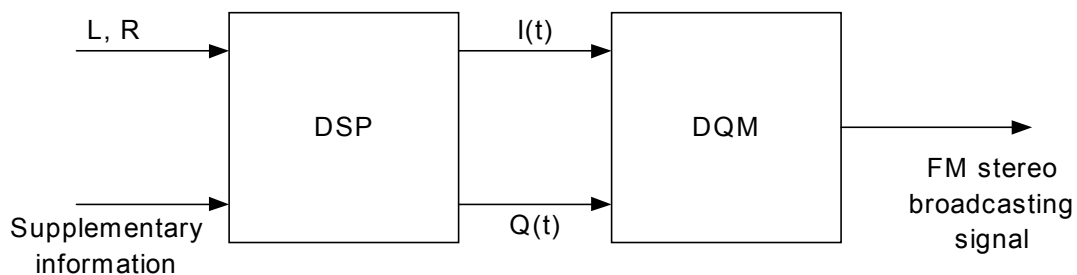


Fig. 1.

Block DQM enables direct digital formation of the FM stereophonic broadcasting signal in the digital quadrature modulator with preliminary interpolation of the digital signals  $I(t)$  and  $Q(t)$ , coming from the DSP block. Necessity of the interpolation procedures is stipulated with reason, that increasing of the discretization frequency enables increasing of the distance on the frequency scale between the main and side components of the signal spectrum after digital-to-analog conversion at the output of block DQM, which besides facilitates the requirements for the further filtration of this signal. Hereby interpolation is done by block DQM hardwarily, i.e. without using of DSP's computational resources, and quadrature signals  $I(t)$  and  $Q(t)$  may be formed in DSP on rather low discretization frequency.

According choice of interpolation coefficients will ensure the shift by the frequency scale of the side components of the output FM-signal spectrum after digital-to-analog conversion at the output of block DQM on units-tens MHz one from another, which will facilitate the requirements for further filtration of this signal and provide an ability to retune the output frequency of the exciter without applying tunable or switchable bandpass filters. For example, all national broadcasting band 66...74 MHz may be covered using only one bandpass filter at the output of block DQM, implemented using IC AD9857 [3], with according choice of internal interpolation coefficients.

### **3. CONCLUSION**

Thus, with the aid of the described method the problem of constructing of the universal completely digital stereocoder and exciter for VHF FM stereophonic broadcasting, actualizing all advantages of the digital signal formation methods, is solved.

### **References**

1. Harris DIGIT CD digital FM exciter. / Harris Corporation, Broadcast Communications Division, 2000.
2. Smirnov A.E. Research and development of the exciter for stereophonic broadcasting. / Ph. D. dissertation. - M.: MTUCI, 2000.
3. CMOS 200 MSPS 14-Bit Quadrature Digital Upconverter AD9857. Data Sheet / Analog Devices, Inc., 2000.