

УДК 621.397.2

## УЛУЧШЕННАЯ СХЕМА ФОРМИРОВАТЕЛЯ СИГНАЛА 1 PPS И ОПОРНОЙ ЧАСТОТЫ 10 МГц

ЖЕРНОСЕКОВ Р. А., ГАРЕЛИК Д. Г.

РУП «Белтелеком» (г. Витебск, Беларусь)  
ОАО «БЕЛЛИС» (г. Минск, Беларусь)

E-mail: ewbtt@yandex.by, gorelik\_d@bellis.by

**Аннотация.** Система GPS считается одним из стандартов точных сигналов, которые получили распространение в системах цифрового телевидения. Однако, на практике это оказалось не совсем верно, так как при загрузке очередного обновления был задет клиентский сектор системы, что привело к сбою нормальной работы 2-го и 3-го мультиплекса на территории Республики Беларусь. Во избежание подобных случаев предлагается вариант локального формирования опорных сигналов без привязки к спутникам GPS.

**Abstract.** The GPS system was considered one of the standards for accurate signals that have become widespread in digital television systems. However, in practice this turned out to be not entirely true, since when loading the next update, the client sector of the system was affected, which led to the failure of the normal operation of the 2nd and 3rd multiplex on the territory of the Republic of Belarus. To avoid such cases, a variant of local formation of reference signals without reference to GPS satellites is proposed.

### Введение

До недавнего времени система GPS считалась одним из стандартов точных сигналов, которые получили распространение в системах цифрового телевидения. Система навигации GPS не является отечественной разработкой, в следствии чего правообладатели данной системы могут изменять алгоритмы передаваемых сигналов, загружать обновления, модернизировать систему без уведомления конечных пользователей. Конкурирующие системы спутниковой навигации (Glonass, Galileo, BeiDou) в следствии определенных причин не получили такого широкого распространения, как система GPS. В большинстве случаев используемое оборудование, в настоящее время, имеет жесткую привязку к системе GPS, в частности, цифровое телевидение DVB-T2 использует сигналы 1 PPS, полученные в результате приемов сигналов GPS. Несколько лет тому назад произошел глобальный сбой систем цифрового телевидения и системы SFN (Single Frequency Network), который нарушил работу 2-го и 3-го мультиплексов в Республике Беларусь. Во избежание подобных случаев предлагается вариант локального формирования опорных сигналов без привязки к группировке спутников GPS. В свете последних событий, происходящих в мире, вопрос снятия зависимости от системы GPS, становится особенно актуальным.

### Структурная схема формирователя сигнала 1 PPS и частоты 10 МГц

При нормальных условиях работы прием сигнала осуществляется непосредственно со спутников группировки GPS. Переключение с антенны GPS на автономный блок формирователя осуществляется с помощью блока управления устройством. При отсутствии сигнала вступает в работу схема тактированного генератора 10 МГц и 1 PPS описанная ниже.

Для получения высокостабильного сигнала 10 МГц предполагается взять за основу термокомпенсированный генератор на частоту 10 МГц. Формирование сигнала 1 PPS (частоты 1 Гц) происходит с помощью генератора прямоугольной формы сигнала. Работа генератора прямоугольной формы синхронизируется с помощью протокола NTP (Network Time Protocol). Общая синхронизация работы обоих генераторов 10 МГц и 1 Гц (1 PPS) осуществляется с помощью блока синхронизатора.

При подаче напряжения питания на схему, начинает работать термокомпенсированный генератор частотой 10 МГц. Через буферный усилитель сигнал необходимого уровня подается на вход тактируемого устройства, а именно на возбуждатель передатчика DVB-T2.

Буферный усилитель служит для регулировки уровня сигнала до необходимого значения и осуществляет развязку выходов генератора от его нагрузки.

Одновременно с генератором 10 МГц начинает работать схема генератора 1 Гц. Управление данным генератором осуществляется с помощью блока управления, реализованного на базе платы контроллера Arduino. Тактирование контроллера Arduino осуществляется с помощью протокола NTP, для предотвращения влияния дестабилизирующих факторов, которые могут вызвать сбой нормальной работы устройства. Часть выходного сигнала генератора 1 Гц подается через буферный усилитель на тактируемое устройство, а вторая часть подается на синхронизатор, который управляет работой генератора 10 МГц [1].

Для получения необходимых параметров генератора 10 МГц, генератор синхронизируется с помощью синхронизатора. С помощью встроенного фазового дискриминатора в синхронизаторе, можно точно настроить вручную, получив минимальный фазовый дрейф. Таким образом, можно добиться минимальной фазовой ошибки. В результате на выходе синхронизатора можно увидеть сигнал, который позволяет с высокой точностью контролировать работу генератора 10 МГц. Все настройки устройства необходимо производить после полного прогрева устройства, во избежание влияния температурных факторов на работу устройства. Использование однопетлевого фазового детектора позволяет синхронизировать работу генератора 10 МГц. Таким образом, удается получить дрейф опорного генератора в пределах 1-10 Гц менее чем за 15 минут, включая время прогрева генератора [2].

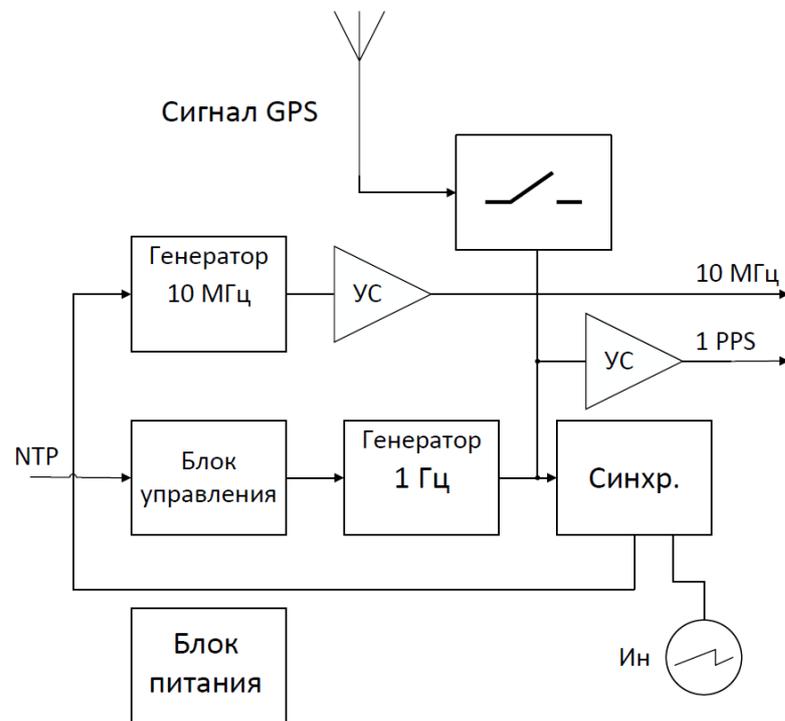
ЦФАПЧ (цифровая фазовая автоподстройка частоты) – система автоматической подстройки фазы управляемого генератора. ЦФАПЧ сравнивает фазы входного и опорного сигнала и выводит сигнал ошибки, соответствующий разности между двумя фазами. Сигнал ошибки проходит через фильтр низких частот и используется в качестве управляющего для генератора, управляемого напряжением (ГУН), обеспечивающего отрицательную обратную связь. Если выходная частота отклоняется от опорной, то сигнал ошибки увеличивается, воздействуя на ГУН в сторону уменьшения ошибки. В состоянии равновесия выходной сигнал фиксируется на частоте опорного. ЦФАПЧ используемая в данной схеме, менее чувствительна к шумам напряжения (по сравнению с аналоговой).

Цифровая фазовая автоподстройка частоты (ЦФАПЧ) работает таким же образом, что и аналоговая, но реализуется она с помощью цифровых схем. ЦФАПЧ более проста в разработке и реализации, имеет меньшую чувствительность к шумам напряжения, однако, она может иметь высокий фазовый шум из-за наличия шума квантования, так как в её составе используются цифровые генераторы. Вследствие этого ЦФАПЧ могут быть малоприспособны для работы на высоких частотах или управления высокочастотными опорными сигналами. В предлагаемом устройстве сравнение частот происходит на низкой частоте 1 МГц, это достигается за счёт установке делителей частоты на входе синхронизатора, а потому недостатки работы системы ЦФАПЧ, в предлагаемом устройстве сведены к минимуму [3].

Компоненты ЦФАПЧ, входящие в состав синхронизатора, подобраны таким образом, что позволяют обеспечивать хорошую развязку, но при этом имеют чувствительность настройки несколько сотых Герц на Вольт. Чувствительность настройки ФАПЧ, близкая к данному значению, будет работать оптимально, в диапазоне от  $1 \times 10^{-7}$  до  $3 \times 10^{-8}$  В. Таким образом, используя предлагаемое устройства можно обеспечить получение синхронных и высокостабильных сигналов 10 МГц и 1 PPS, которые широко используются в цифровом телевидении [4].

Предложенный формирователь сигналов 10 МГц и 1 PPS следует рассматривать только в качестве резервного устройства, повышающего отказоустойчивость и надежность системы, которая в первую очередь тактируется от системы GPS. Переключение на внутренние цепи формирования сигналов происходит в случае полного отсутствия в течение настраиваемого времени сигналов GPS, принимаемых антенной устройства.

Стоит отметить, что такое построение и синхронизация опорной частоты, позволяет получать другие значения опорных частот, при использовании генератора опорной частоты отличной от 10 МГц. Таким образом, данная схема носит характер универсальности.



NTP — сетевой протокол времени; УС — усилитель; Ин — индикатор работы синхронизатора;

**Рис. 1.** Блок-схема устройства.

### Заключение

Основным недостатком широко применяемого способа получения сигнала 1 PPS является жёсткая привязка к сигналам GPS. Предлагаемый способ формирования сигнала позволяет при небольших затратах и с использованием распространенной элементной базы отечественного производства получить опорные сигналы 10 МГц и 1 PPS для систем цифрового телевидения. Предлагаемый вариант следует рассматривать в качестве резервной схемы, в случае возможного сбоя в работе системы GPS. Таким образом, будет повышена стабильность вещания цифрового телевидения. Возможность использования опорных генераторов на другую частоту, дает универсальность предложенной схемы для различных применений в других направлениях.

### Список использованных источников

1. <http://techlib.com/electronics/GPSstandard.htm>
2. <https://ppt-online.org/697478>
3. <https://studfile.net/preview/9299526/page:2/>
4. Д. Дэвис., Д. Карр. Карманный справочник радиоинженера. Москва. Издательский дом «Додэка-XXI»/ 2002. стр.110