СИНХРОНИЗАЦИЯ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ПОТОКОВ

К. т. н. А. Б. Коханов, С. В. Емельянов, В. Р. Майборода, В. В. Пичик, Д. Е. Дьячков

Одесский национальный политехнический университет
Украина, г. Одесса
emelianov@opu.ua

Рассмотрен автоматический цифровой синхронизатор цифрового или битового потока данных от первичного эталонного генератора генераторного оборудования телекоммуникационной сети без передачи сигналов синхронизации от эталонного генератора сети. Устройство позволяет передавать синхронные сигналы без сигналов синхронизации, сохраняя синхронный режим телекоммуникационной сети с полным устранением вандера.

Ключевые слова: синхронизация, вандер, джитер, PDH, SDH.

Любые цифровые телекоммуникационные сети, локальные компьютерные сети и интерфейсы не могут функционировать и обеспечивать качественную передачу информации без систем и устройств тактовой синхронизации и соответствующей сети тактовой синхронизации. Нарушение соотношения

$$f_R = f_w, \tag{1}$$

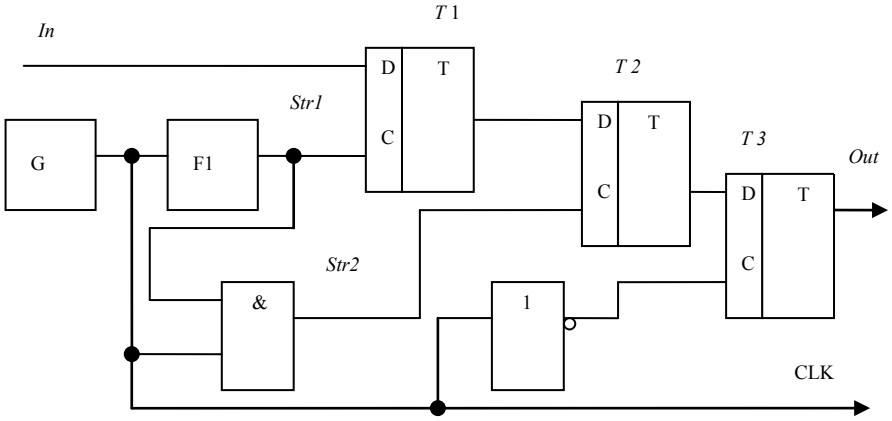
где f_R — частота принимаемого цифрового сигнала, f_w — частота переданного цифрового сигнала, приводит к искажениям принятой информации и называется проскальзыванием или вандером. Сохранение синхронизации основано на применении опорных генераторов. Но во многих случаях это не всегда реализуемо, например, при использовании решений без передачи опорных частот или если значения опорных частот имеют неустранимую разницу [1, 2]. Тогда устройство должно выполнять восстановление синхронизации без информации о величине рассогласования.

Синхронное детектирование возможно выполнять когда фаза частоты несущей принимаемого сигнала с помощью блока восстановления фазы когерентной несущей частоты «подстраивается» под фазу опорного задающего генератора, что позволяет использовать частоту задающего генератора приемника для получения сигналов синхронизации [3]. Аналогично возможно выполнять синхронизацию за счет замены длительности периода повторения битового (символьного) потока данных на длительность периода вторичного эталонного генератора.

Функциональная схема предложенного автоматического цифрового синхронизатора приведена на рисунке. На информационный вход *D*-триггера *T*1 поступает входной битовый (кодовый) поток *In*, время прихода битового потока может быть как в первой половине периода, так и во второй половине периода генератора *G*. Генератор *G* вырабатывает импульсы CLK (со скважностью импульсов, близкой к двум). Импульсы CLK вторичного эталонного генератора *G* не имеют фазового дрожания (джитера). А сигнал, поступающий со входа приемника с линии, может иметь джитер, что приведет к смещению битового интервала по времени влево (в предыдущий период). Только в этом случае информация запомнится на 0,5 периода раньше CLK. Однако, из-за особенностей искажений первого и второго рода в каналах связи [4], появление джитера у информационного сигнала *In* на выходе приемника с линии является маловероятным. Джитер же переднего фронта и вандер входного цифрового сигнала *In* приведут к запоминанию информации триггером *T*1 либо в первой половине, либо во второй половине периода.

По положительному и отрицательному фронтам импульсов CLK формирователь стробов *F*1 вырабатывает сигнал первых стробов *Str*1 длительностью 0,5 периода генератора *G*. По положительному фронту стробов *Str*1 входной сигнал запоминается первым *D*-триггером *T*1. На выходе первого *D*-триггера *T*1 сигнал появится либо без сдвига во времени, либо со сдвигом на 0,5 периода генерато-

ра *G*. Таким образом, для второго случая появления входного сигнала случайный сдвиг сигнала *In* относительно CLK заменен на фиксированный временной сдвиг, равный 0,5 периода генератора *G*.



Функциональная схема автоматического цифрового синхронизатора

Джитер импульсов синхронизации есть причина нарушения синхронизации, но так как импульсы CLK вырабатываются непосредственно первичным эталонным генератором, джитер в сигнале синхронизации CLK отсутствует. Вандер же информационного сигнала In компенсируется полностью, так как влияет только на положение сигнала *In* в пределах интервала периода генератора *G*.

Автоматический цифровий синхронизатор был собран на микросхемах серии К1533 (аналог 74ALS) и проверен при скорости битового потока 1 Мбит/с. Битовый поток был синхронизирован с импульсами тактовой частоты CLK и их периоды повторения равны, а сдвиги фазы отсутствуют.

Предложенный автоматический цифровой синхронизатор цифрового потока данных позволяет, во-первых, выровнять при необходимости все битовые (кодовые) потоки относительно циклового синхросигнала, так как все входные потоки могут быть синхронизированы по фазе от одного задающего генератора G, во-вторых, проводить синфазно-синхронное мультиплексирование (нет стаффингов). При этом допускается незначительное отклонение частоты CLK передающего и приемного трактов, т. е. нет необходимости соблюдать равенство (1), отсутствует вандер при дрейфе фазы входного сигнала *In* относительно CLK в пределах от 0 до 360 градусов, упрощается работа регенераторов и уменьшается влияние искажений первого и второго рода, которые вносит канал связи за счет устранения фазового дрожания в синхронизируемом сигнале. Эталонная сеть может быть заменена вторичными эталонными генераторами, так как нет необходимости в дорогостоящей передаче сигналов синхронизации частоты.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Сухман С.М., Бернов А.Б., Шевкопляс В.Б. Синхронизация в телекоммуникационных системах. — Москва: Эко-Трендз, 2003.

2. ITU-T Recommendation G.822 Controlled Slip Rate Objectives On An International Digital Connection (Extract from the Blue Book).

3. Коханов А. Б. Технология синхронного детектирования сигналов // Известия вузов. Радиоэлектроника.— 2007. — Т. 50, № 11.— С. 14—25.

4. Avivi R., Kerner M., Shumaker E. et al. Adaptive Spur Cancellation Technique in All-Digital Phase-Locked Loops // IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs. — 2017.— Vol. 64, iss. 11.— P. 1292–1296.

A. B. Kokhanov, S. V. Yemelyanov, V. R. Maiboroda, V. V. Pichik, D. E. Diachkov

Synchronization of digital signals and telecommunications streams

The paper considers a digital synchronizer of digital or bit data flow from the primary reference generator of the telecommunication network generator equipment without transmission of the synchronization signals from the reference generator of the network. The device allows transmitting the synchronous signals without synchronization signals, keeping synchronous mode of the telecommunication network while completely eliminating the wander.

Keywords: synchronization, wander, jitter, PDH, SDH.