

Выделение синхросигнала из оптических потоков данных

Первый вариант

В некоторых системах передачи оптическое волокно используется для пересылки последовательности пакетов данных, разделённых паузами произвольной длины.

Одна из таких систем рассмотрена в [1]. Напомним, что в рассмотренном примере пассивной оптической сети ведомые узлы поочерёдно передают пакеты данных ведущему. Из-за различной удалённости ведомых узлов от ведущего уровни сигналов изменяются от пакета к пакету, так что ведущий узел вынужден всякий раз адаптироваться к мощности принимаемого сигнала.

В качестве полигона для такой адаптации пакет содержит поле избыточных служебных битов — преамбулу. За время получения преамбулы ведущий узел должен успеть не только приспособиться к изменившемуся уровню сигналов, но и войти в ритм содержащегося в пакете синхросигнала, чтобы безошибочно принять все биты данных. Синхросигнал содержится в пакете в неявном виде; для его восстановления необходимо определить временные границы битовых интервалов.

Скорости передачи данных в каждом пакете «теоретически» одинаковы. Но так как пакеты формируются независимыми источниками данных с индивидуальными генераторами синхросигналов, то ожидаемые частоты синхронизации (скорости передачи данных) несколько отличаются от фактических и могут изменяться с изменениями температуры в ведомых узлах.

Далее рассмотрено предложенное в [2] решение задачи быстрого выделения синхросигнала, сопровождающего асинхронный (не связанный с другими пакетами по времени) пакет данных (Рис. 1).

Устройство (Рис. 1, *a*) содержит элементы 1 — 3 задержки сигнала на половину длительности битового интервала T (Рис. 1, *б*), элемент 4 задержки сигнала на полную длительность битового интервала T , элемент 5 Исключающее ИЛИ, элемент 6 ИЛИ, элемент 7 ИЛИ — НЕ и элемент 8 И.

Входной сигнал представлен в коде NRZ [3]. В качестве входного выбран код 100000, хотя возможен и иной выбор. Из временных диаграмм сигналов в точках $e1$ — $e6$ следует, что синхросигнал на выходе $e5$ устройства начинает формироваться, начиная с такта $T1$. В [2] показано, что устройство устойчиво по отношению к малым изменениям параметров элементов задержек 1 — 4.

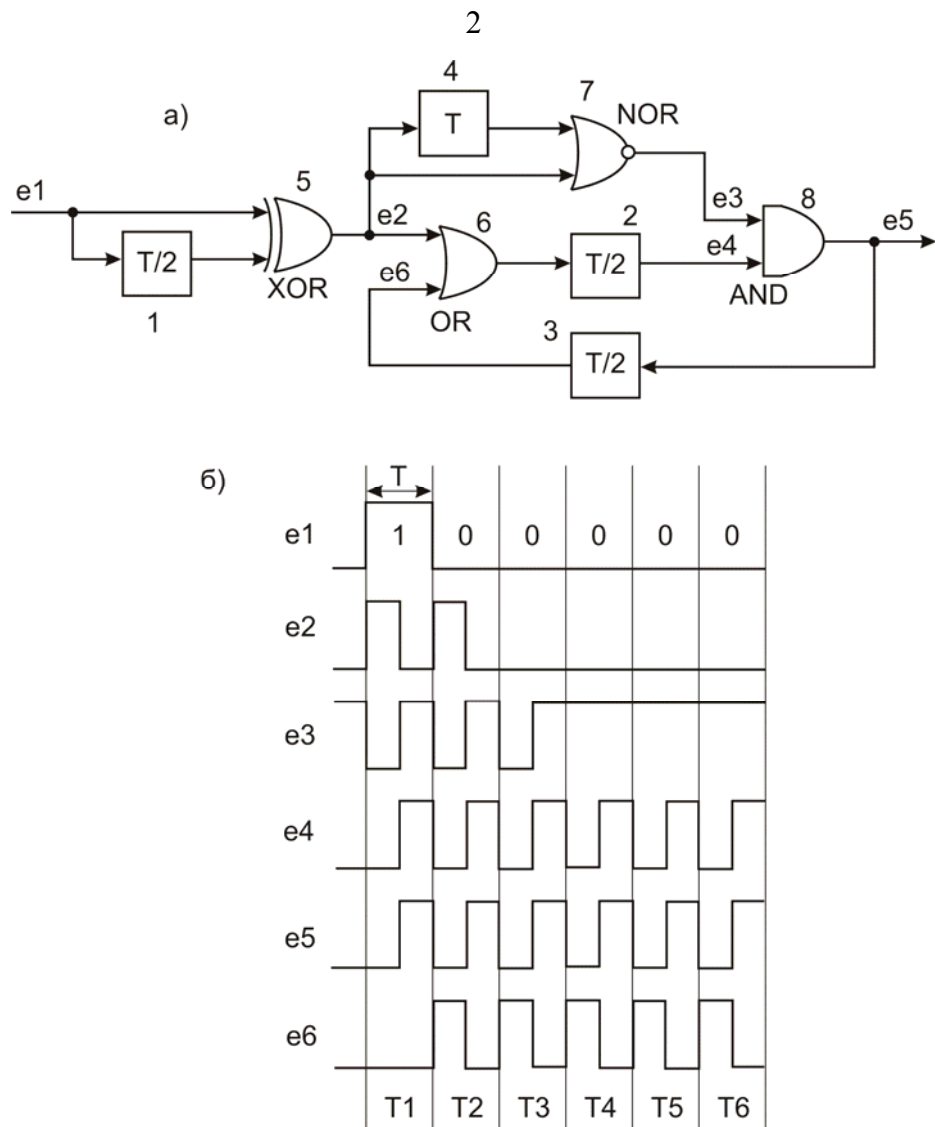


Рис. 1. Устройство для выделения синхросигнала (а), первый вариант, и временная диаграмма (б) его работы

Второй вариант

Второй вариант устройства [4] для выделения синхросигнала из потока данных представлен на Рис. 2.

Устройство содержит оптический циркулятор, первый F1 и второй F2 фильтры на основе решёток Брэгга, аттенюатор, приёмник Rx с входящим в его состав фотодиодом P и пороговый элемент Q.

Входные данные представлены оптическим сигналом в коде NRZ или RZ. Выходной синхросигнал CLK представлен электрическими уровнями напряжения или тока.

Принцип действия устройства основан на выделении из спектра сигнала (Рис. 3) главного пикового компонента 1 и одного из боковых пиковых компонентов 2 или 3. После уравнивания мощности выделенных спектральных компонентов 1 и 2 или 1 и 3 и их сложения в суммарном сигнале возникают биения, частота которых равна частоте синхросигнала CLK.

В данном примере скорость передачи данных равна 40 Гбит/с. Параметры спектра приведены на рисунке. Для упрощения расчётов уменьшение скорости света в оптических волноводах не учтено.

Входной NRZ-сигнал (Рис. 2) проходит через циркулятор и поступает в цепь «фильтр F2 — аттенюатор — фильтр F1». Фильтр F2 настроен на длину волны λ_2 , т. е. на сигнал, соответствующий левому боковому спектральному пику 2. Этот сигнал возвраща-

ется фильтром в сторону оптического циркулятора. Остальные компоненты полного сигнала ослабляются аттенюатором и передаются в фильтр F1.

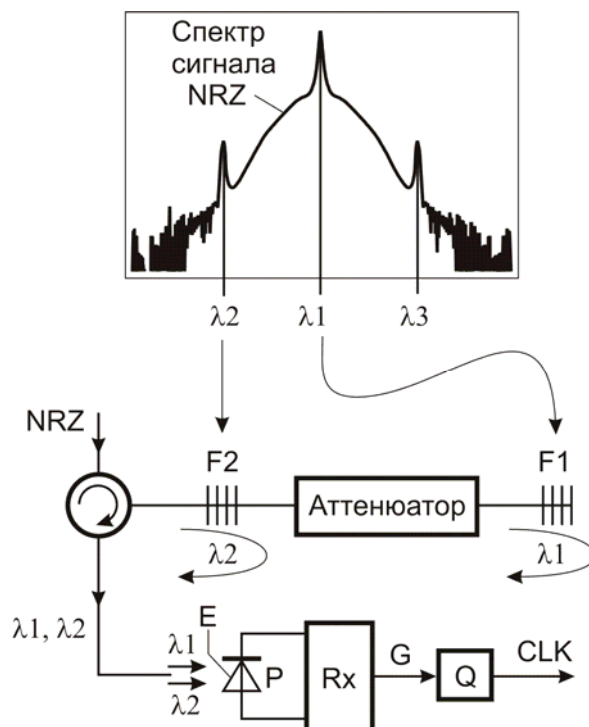


Рис. 2. Устройство для выделения синхросигнала, второй вариант

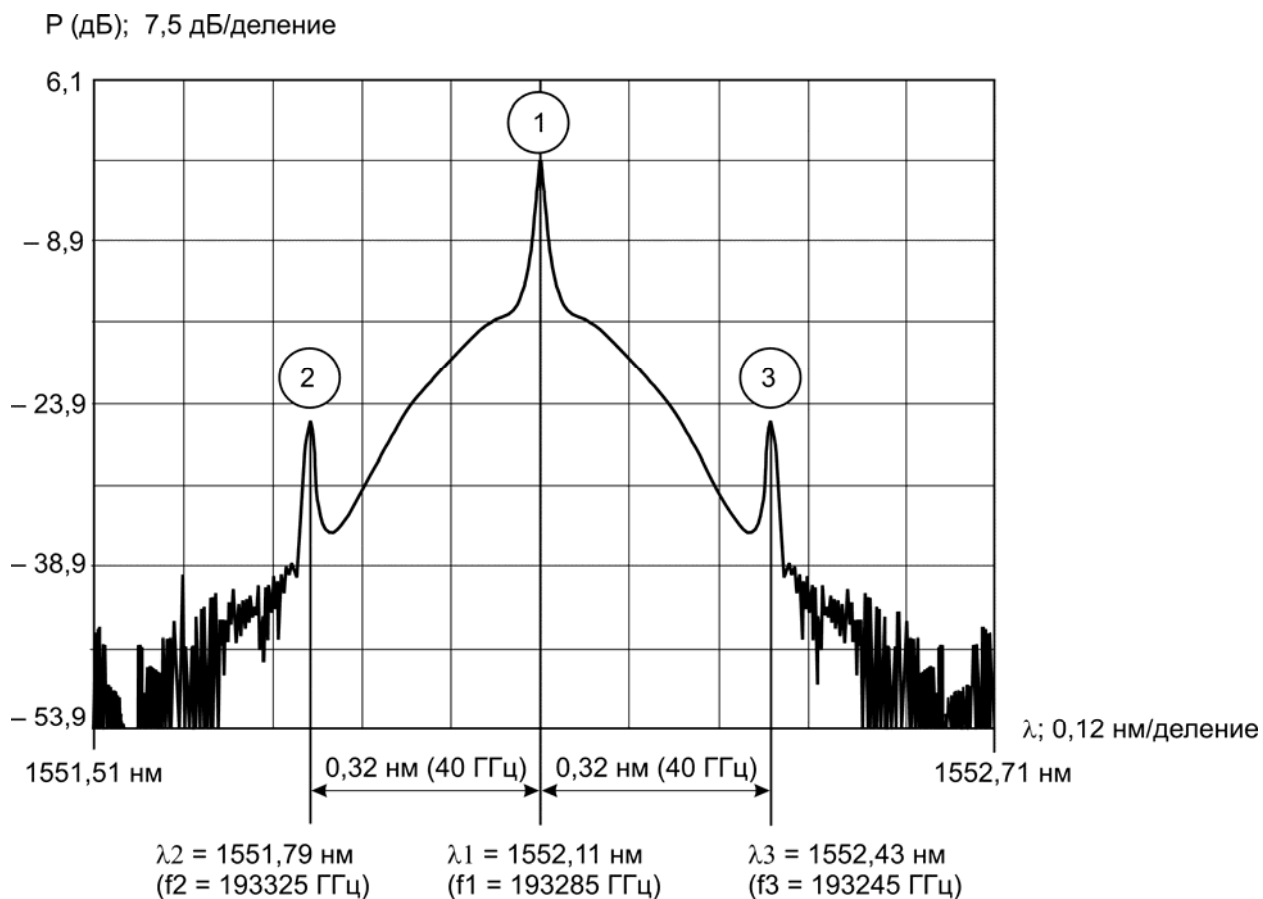


Рис. 3. Спектр сигнала NRZ

Фильтр F1 настроен на длину волны λ_1 , т. е. на сигнал, соответствующий центральному спектральному пику 1. Этот сигнал возвращается фильтром через attenuator в сторону оптического циркулятора. Остальные компоненты полного сигнала пропускаются фильтром F1 и теряются. Attenuator настроен так, что уровни возвращаемых в циркулятор сигналов с длинами волн λ_1 и λ_2 одинаковы.

Выделенная фильтрами F1 и F2 пара сигналов, имеющих одинаковую мощность и близкие длины волн, передается оптическим циркулятором в сторону приёмника Rx. Здесь они суммируются на светочувствительной поверхности фотодиода P и создают биения освещённости. Если световые волны приходят в противофазе, то они гасят друг друга, освещённость фотодиода минимальна (см. минимумы сигнала на диаграмме E, Рис. 4, a). Если они приходят в фазе, то происходит их арифметическое сложение, освещённость фотодиода максимальна. В промежуточных случаях результат суммирования зависит от сдвига фаз между сигналами.

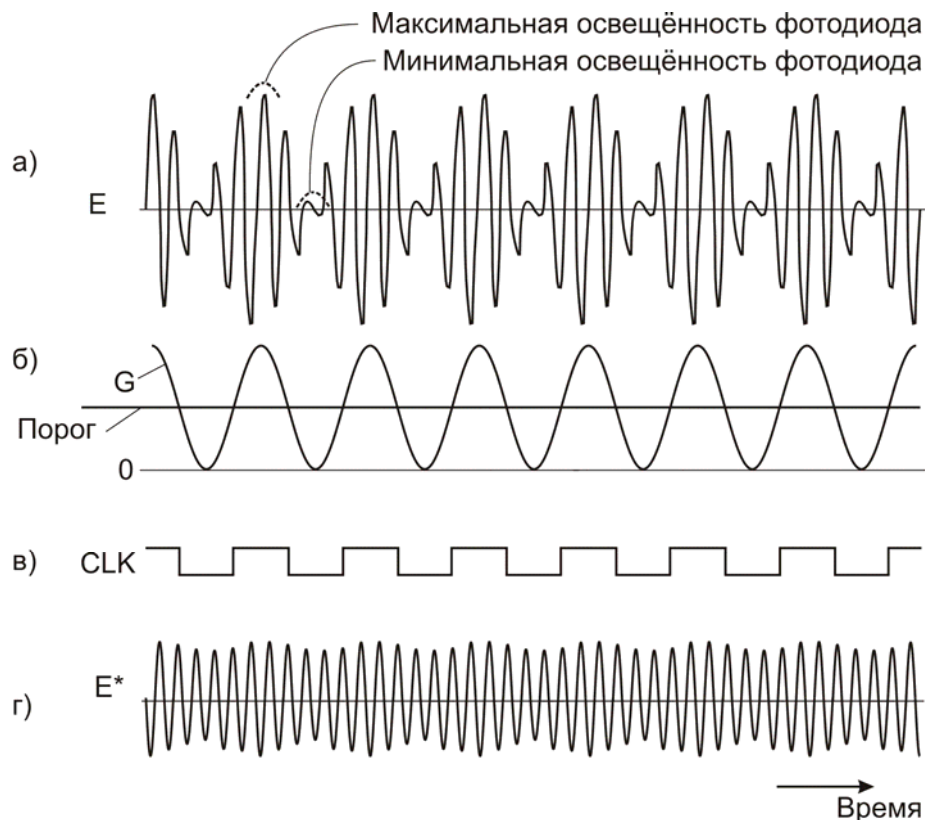


Рис. 4. Временные диаграммы сигналов в устройстве для выделения синхросигнала (Рис. 2)

Так как суммируемые оптические сигналы имеют близкие частоты $f_2 = 193325$ и $f_1 = 193285$ ГГц, то фазовое соотношение между ними постоянно изменяется, а частота биений составляет $f_2 - f_1 = 40$ ГГц. Сигнал G на выходе приёмника Rx соответствует биениям. Он поступает на пороговый элемент Q, который формирует на выходе сигнал CLK = 1 при превышении сигналом G заданного порога.

Отметим, что в данном примере один период сигнала G (Рис. 4) соответствует примерно 4,8 тыс. периодов сигнала E, а не пяти периодам, как для наглядности показано на рисунке.

Временная диаграмма сигнала E*, представленная на Рис. 4, г, соответствует плохому выравниванию уровней суммируемых оптических сигналов.

В [5] предложено близкое техническое решение, в котором при выравнивании уровней вместо ослабления центрального спектрального сигнала применено усиление бокового, как показано на Рис. 5.

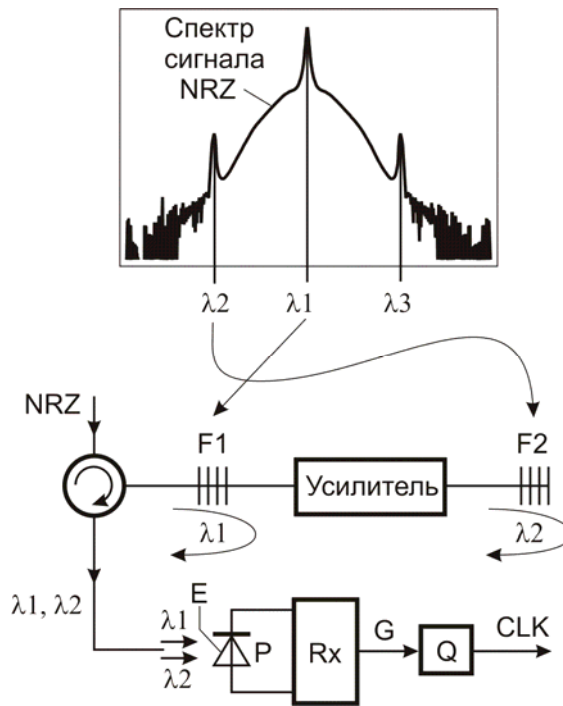


Рис. 5. Устройство для выделения синхросигнала, альтернативный вариант

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевкопляс Б.В. *Элементы схемотехники оптоволоконных систем. Инженерные решения.* — М.: ИП РадиоСофт, 2011. — 760 с., ил.
2. Пат. США № 6.934.348 B2 <http://www.uspto.gov>.
3. С.М.Сухман, А.В.Бернов, Б.В.Шевкопляс. *Синхронизация в телекоммуникационных системах. Анализ инженерных решений.* — М.: Эко-Трендз, 2003. Электронная версия книги: http://lit.lib.ru/s/shewkopljjas_b_w/.
4. Пат. США № 7.162.162 B2 <http://www.uspto.gov>.
5. Пат. заявка США 2006/0061402 A1 <http://www.uspto.gov>.