

Распределитель сигналов модуляции для радиотелескопа РТ-32

© В. К. Иванов, Е. В. Носов

ИПА РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Представлены результаты разработки распределителя сигналов модуляции (РСМ), необходимого для передачи сигналов управления модуляторами от многофункциональной системы преобразования сигналов (МСПС) к приемным устройствам радиотелескопа РТ-32.

В работе представлены описание работы РСМ, его структура и протокол передачи данных. РСМ получает от МСПС информацию о необходимом состоянии модуляторов в виде закодированной последовательности бит, передаваемой по оптоволоконной линии. Установленная в РСМ программируемая логическая интегральная схема декодирует принимаемый от МСПС сигнал и распределяет полученные сигналы модуляции по 10 выходам, с которых они поступают на приемные устройства. РСМ обеспечивает стабильную задержку и контроль целостности данных, что предотвращает непреднамеренное переключение модуляторов при нештатных ситуациях.

Ключевые слова: ПЛИС, система преобразования сигналов, сигналы модуляции, радиометрические наблюдения.

<https://doi.org/10.32876/AplAstron.49.32-66>

Введение

В ИПА РАН разрабатывается многофункциональная система преобразования сигналов, предназначенная для модернизации радиотелескопов радиоинтерферометрической сети со сверхдлинными базами «Квазар-КВО» [1]. МСПС может работать не только в радиоинтерферометрическом, но и в радиометрическом режиме, в котором необходимо управлять модуляторами радиоприёмных устройств радиотелескопа.

Данная работа посвящена разработке распределителя сигналов модуляции, необходимого для передачи сигналов модуляции от МСПС к приемным устройствам радиотелескопа РТ-32. Управление десятью модуляторами в приемниках пяти диапазонов напрямую от МСПС невозможно из-за ограниченных габаритов системы, не позволяющих разместить соответствующее число коаксиальных разъемов. Разработанное устройство решает эту проблему, принимая от МСПС информацию о необходимом состоянии модуляторов по одному волоконно-оптическому кабелю (вместо нескольких коаксиальных) и распределяя ее по нужному числу коаксиальных выходов. Для построения РСМ на дешевой элементной базе был разработан простой в реализации протокол передачи, обеспечивающий контроль целостности данных. Устройство собрано в 19-дюймовом корпусе высотой 1U, что позволяет размещать его в стандартной 19-дюймовой стойке.

Принцип работы устройства

Для передачи управляющих сигналов от МСПС к РСМ с помощью волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) был разработан протокол передачи данных. Получаемый по этому протоколу сигнал поддерживает асинхронную передачу, имеет нулевую постоянную составляющую, устойчив к отклонению частоты тактового генератора РСМ от частоты тактового генератора источника модулирующего сигнала и легко реализуется на простых программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) типа CPLD (Complex Programmable Logic Device).

Передаваемый на вход РСМ сигнал имеет вид непрерывно следующих посылок. Каждая посылка состоит из 20 бит: 6 бит являются информационными, остальные 14 бит используются для синхронизации. Структура информационной посылки изображена на рис. 1.

Синхронизирующая последовательность														Закодированная информация					
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	a	b	c	d	e	f

Рис. 1. Структура информационной посылки

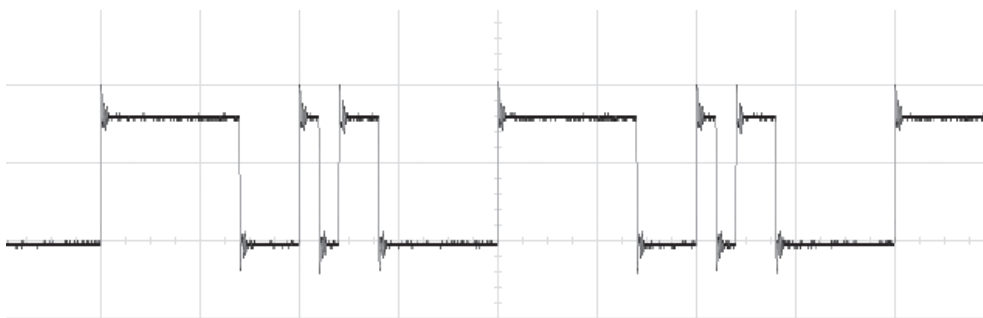


Рис. 2. Осциллограмма последовательности посылок

Каждый бит посылки повторяется 10 тактов — это делается для того, чтобы приемное устройство, снимая информацию с середины «удлиненного» бита, могло исправно работать при отклонении частоты тактового генератора приемного устройства от частоты тактового генератора источника посылки. Подобный прием часто используется при реализации универсального асинхронного приемопередатчика (UART, Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) для повышения надежности передачи данных [2].

Источник модулирующих сигналов (МСПС) в каждый момент времени записывает состояние четырех модулирующих сигналов в 4-битное слово. Так как для передачи информации по ВОЛС необходимо обеспечить нулевой средний уровень напряжения, то это слово кодируется в последовательность из 6 бит с одинаковым количеством нулей и единиц [3]. Например, на рис. 2 видно передающееся слово «010110», которым закодировано изначальное «0100». Составленные для этого кодирования 6-битные последовательности приведены в табл. 1:

Кодирование 4 бита/6 бит

4 бита	6 бит	4 бита	6 бит
0000	000111	1000	101001
0001	001011	1001	101010
0010	001101	1010	101100
0011	001110	1011	110100
0100	010110	1100	111000
0101	011010	1101	100101
0110	011100	1110	110010
0111	011001	1111	100110

Для декодирования входной последовательности внутри ПЛИС организованы счетчик и регистры. Входная последовательность записывается в сдвиговый регистр. Когда содержимое этого регистра совпадает с одним из значений, которые соответствуют определенному закодированному сообщению, ПЛИС меняет состояние своих выходов, воспроизводя таким образом необходимые меандры, генерируемые в МСПС. В РСМ встроен алгоритм для контроля целостности данных. Информация об ошибке выводится на индикаторы на панели устройства и передается по ВОЛС к МСПС.

Структура устройства

РСМ принимает от МСПС закодированную информацию о необходимом состоянии модуляторов при помощи SFP-трансивера, подключение к которому осуществляется через переднюю панель устройства. Принятый трансивером оптический сигнал преобразуется в дифференциальный электрический сигнал и передается далее в LVDS-приемник (low voltage differential signaling), откуда сигнал поступает на вход ПЛИС типа CPLD CoolRunner-II, где зашифрованная последовательность преобразуется в 4 сигнала модуляции. Эти сигналы распределяются на выходы ПЛИС для передачи на выходные буферы. На выходных буферах уровень выходного напряжения повышается с 3.3 до 5 В. Полученные сигналы подаются на выходы типа BNC (Bayonet Neill Concelman) для передачи на радиоприёмные устройства радиотелескопа. Для тактирования ПЛИС на плате РСМ установлен кварцевый генератор с частотой 100 МГц.

Устройство содержит 12 выходов BNC, на 10 из которых распределены 4 сигнала модуляции, а 2 предназначены для возможного расширения системы в случае установки новых радиоприёмных устройств. Программирование ПЛИС осуществляется через разъем JTAG. Также устройство содержит AC-DC преобразователь напряжения для подключения к сети 220 В. На рис. 3 изображена структурная схема разработанного устройства, а на рис. 4 показана фотография собранного образца.

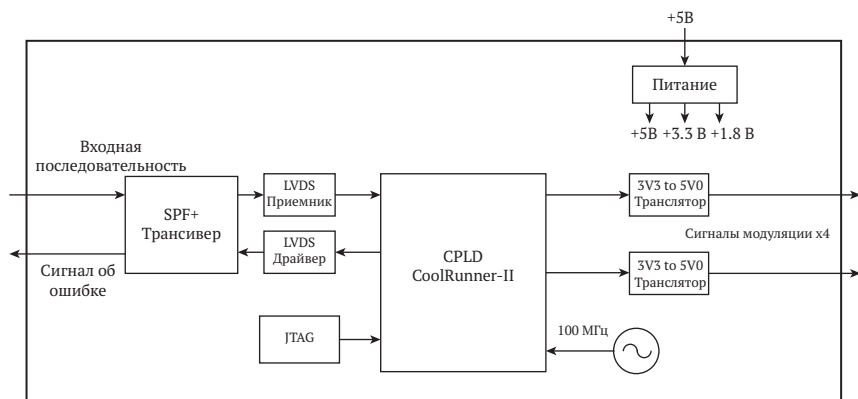


Рис. 3. Структурная схема РСМ

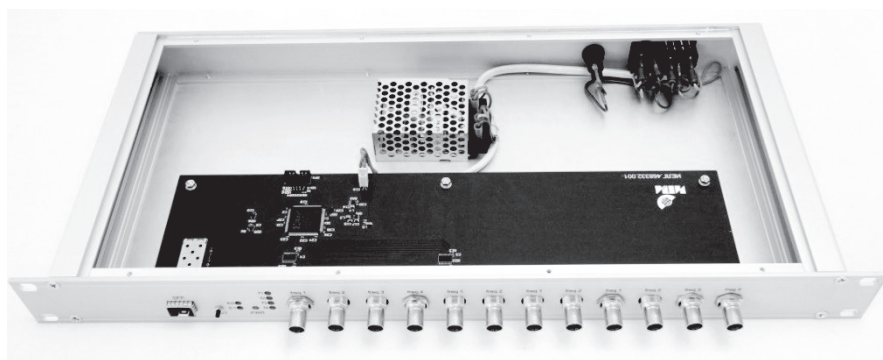


Рис. 4. РСМ в корпусе со снятой крышкой

Заключение

Разработана структура РСМ, обеспечивающего прием информации о модулирующих сигналах от МСПС по ВОЛС и распределяющего эти сигналы по радиоприёмным устройствам радиотелескопа. Разработан протокол передачи информации о модулирующих сигналах ВОЛС. Разработана документация для РСМ, по которой было собрано два экспериментальных образца. Эти образцы были успешно испытаны в лаборатории. Планируется установка разработанного РСМ на радиотелескопах.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП/УНУ «Радиоинтерферометрический комплекс «Квазар-КВО».

Литература

1. Маршалов Д. А., Носов Е. В., Гренков С. А., Бердников А. С., Федотов Л. В. Технический облик многофункциональной системы преобразования сигналов для радиотелескопов // Труды ИПА РАН. — СПб.: ИПА РАН, 2017. — Вып. 43. — С. 95–103.
2. Determining Clock Accuracy Requirements for UART Communications [Электрон-

ный ресурс]. — URL: <https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/2141> (дата обращения: 21.03.2019).

3. *Immink K. S., Patrovics L.* Performance Assessment of DC-Free Multimode Codes // IEEE Transactions on Communications. — IEEE, 1997. — Vol. 45, no. 3. — P. 293–299.

Modulation Signal Distributor for the RT-32 Radio Telescope

V. K. Ivanov, E. V. Nosov

This paper presents the Modulation Signal Distributor (MSD) development report. The device has been developed in order to distribute control signals from the Multifunctional Digital BackEnd (MDBE) to the modulators in the receivers of the RT-32 radio telescope. The MSD receives the encoded bit sequence messages about the modulator's necessary technical state; this information is transmitted from the MDBE to the MSD by an optical fiber line. The MSD contains a FPGA chip that receives the signal from the MDBE, distributes it to 10 outputs and then these modulation signals go to the antenna receivers. The MSD provides a stable delay and the data integrity control which prevents inadvertent switching of the modulators in case of any problems in the transmission line. The paper describes the operation of the MSD, its structure and data transfer protocol.

Keywords: FPGA (Field Programmable Gate Array), digital backend, modulation signals, radiometric observations.