



Аппаратура распределения синхросигналов

Синхронизацию сетевого оборудования с помощью одного опорного сигнала можно осуществить благодаря специальным устройствам — распределителям сигналов синхронизации

Показателем интенсивного развития сетей синхронизации служит ряд публикаций, посвященных фундаментальным основам синхронизации сетей связи (*Брени С. Синхронизация цифровых сетей связи, Москва, 2003*), а также их техническому и метрологическому обеспечению (*Давыдкин Н. Тактовая сетевая синхронизация, Москва, 2004; Рыжков А. Основы системы ТСС магистральной цифровой сети, «Вестник связи» № 10, 2000; публика-*

ции на сайте www.wircom.kiev.ua). В этих работах, как и в соответствующих нормативных документах, содержится подробное описание элементов сетей синхронизации. К ним относятся первичные источники (Primary Reference Source, PRS) и устройства (Primary Reference Clock, PRC), выделенное оборудование синхронизации (Stand Alone Synchronization Equipment, SASE), а также встроенные устройства синхронизации оборудования SDH

(SEC-SDH Equipment Clock). Существует, однако, технологическая ниша, которая практически не отражена в специальной литературе, хотя ее содержимое весьма полезно для операторов цифровых сетей. Речь идет об аппаратуре распределения сигналов синхронизации (APCC), которую в технической литературе на английском языке называют Synchronization Distribution Unit (SDU) или Active Clock Distribution System (ACDS). Эти простые и недорогие устройства нашли широкое применение в цифровых сетях связи во всем мире, и их появление имеет свои веские причины.

Во-первых, существует обоснованное нормативное требование к схеме внутристанционной синхро-

низации — она должна быть построена по топологии «звезда», в центре которой находится PRS, PRC или SASE.

Во-вторых, число выходных портов у перечисленных выше устройств ограничено.

В-третьих, логика развития цифровых сетей такова, что они становятся мультисервисными: это означает, что в станционных помещениях быстро растет количество разнообразного оборудования, для которого необходимы опорные сигналы синхронизации.

К этому следует добавить, что технология «классических» устройств синхронизации (PRC, SASE и SEC — то есть тех, для которых разработаны подробные технические условия в международных рекомендациях и стандартах) непрерывно совершенствуется. В результате габариты прецизионных задающих генераторов уменьшаются настолько, что основную часть конструктива занимают многочисленные разъемы, число которых неизбежно растет по мере развития сети. В этих условиях проблемы внутристанционной синхронизации можно решить с помощью простой, а значит недорогой и надежной, аппаратуры распределения сигналов синхронизации.

АРСС предназначена для увеличения количества стыков синхронизации и согласования параметров входных и выходных портов наиболее экономичным способом. «Побочным» положительным эффектом является возможность использования освободившихся выходных стыков станционной синхронизации T4 мультиплексоров SDH только в качестве контрольных выходов для измерений параметров опорных сигналов, а не для синхронизации станционного оборудования. Использование АРСС позволяет построить сеть станционной синхронизации по логической топологии «звезда», при этом к ней можно подключить несколько десятков различных элементов цифрового оборудования. Входное и выходное сопротивление этой аппаратуры можно устанавливать (с помощью программного обеспечения или с помощью переключек) равным 75 или 120 Ом.

В аппаратуре распределения сигналов синхронизации предусмотрено

резервирование входных опорных сигналов от различных источников, имеется возможность изменять их структуру (рис. справа), а также «перепривязку» по тактовой частоте (функция retiming в блоке преобразователя сигнала синхронизации (ПСС)). Чаще всего для целей станционной синхронизации используют стандартные опорные сигналы: 2048 Кбит/с (E1) или 2048 кГц, электрические параметры которых соответствуют разделам 9 и 13 Рекомендации G.703 ITU-T. Входы и выходы АРСС можно программно конфигурировать в произвольной комбинации этих параметров в зависимости от конкретного применения.

Структурная схема АРСС, изображенная на рисунке, содержит устройство выбора входного опорного сигнала из нескольких предложенных (их может быть до четырех в виде последовательностей 2048 кГц либо 2048 Кбит/с). Один из входных опорных сигналов синхронизации (СС) всегда является основным (используется в АРСС), остальные — резервные. Основанием для принятия решения о статусе СС (основной/резервный) на входе аппаратуры в простейшем случае может служить пропадание опорного сигнала. Усовершенствованные устройства используют более тонкие критерии: выставляют пороговый уровень сигнала, ниже которого он считается неприемлемым для синхронизации (Loss of Signal, LOS), учитывают служеб-



Данная аппаратура способна синхронизировать несколько десятков устройств

ную информацию в первичном цифровом потоке E1. Такой информацией могут быть, например, сигналы аварии циклового фазирования (Loss of Frame, LOF) или индикации аварийного состояния (Alarm Indication Signal, AIS). Значения SSM (Synchronization Status Message — шесть комбинаций качества сигналов синхронизации, стандартных для систем SDH) также служат для определения качества опорного сигнала на входе.

E1/T — это цифровой поток E1, переписанный с собственной тактовой частоты на тактовую частоту основного синхросигнала. В случае пропадания всех входных опорных

Требования к блокам обеспечения синхронизации транзитных и местных узлов сети

SSU	Нормативный документ	Ширина полосы частот фильтра		Допустимый уход относительной частоты в сутки
		ФАПЧ, Гц		
SSU-A	G.812 ITU-T	3·10 ³		7·10 ⁻¹⁰
	ETSI 300 462-4-1			
SSU-B	G.812 ITU-T	1·10 ¹		1,5·10 ⁻⁸
	ETSI 300 462-4-1	2·10 ²		2·10 ⁻⁹

сигналов поток E1/T пропускается на выход на собственной частоте, или его пропуск запрещен. В первом случае в нулевой канальный интервал (КИ0) должно быть вставлено SSM «1111», запрещающее использовать этот сигнал для синхронизации.

Основной опорный сигнал всегда используется для формирования выходных СС, независимо от его структуры. Поток E1 обычно имеет информационную нагрузку в виде последовательности 0 или 1, чередующихся 0 и 1, либо в виде псевдослучайной последовательности 0 и 1 различной длины. Кроме того, он может иметь цикловую структуру в соответствии с Рекомендацией G.704 ITU-T с циклической проверкой на четность (Cyclic Redundancy Check, CRC), с передачей в КИ0 и КИ16 служебной информации, например сообщения о статусе сигнала синхронизации SSM.

Как правило, АРСС прозрачна для структуры опорного сигнала: что пришло, то и ушло. В усовер-

шенствованных распределителях сигналов синхронизации поддерживается изменение служебной информации, включая обновление SSM и служебной информации, а в случае пропадания всех входных СС выходные СС отсутствуют. Фильтры фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) аппаратуры распределения сигналов синхронизации имеют полосу пропускания порядка 0,1 Гц, то есть прозрачны для дрейфа фазы. Простейшие типы аппаратуры распределения синхросигналов вообще не содержат встроенных генераторов и не фильтруют входной опорный сигнал. Если АРСС может работать в режиме удержания частоты (holdover mode), то таким образом она приобретает один из основных параметров SASE. Но для полного соответствия нормативным требованиям, предъявляемым к SASE, должно быть соблюдено соответствие величин допустимого ухода частоты в режиме ее удержания и максимальной ширины полосы частот

фильтра ФАПЧ. В нормативных документах SASE определяют как аппаратную реализацию логической функции «блока обеспечения синхронизации» (Synchronization Supply Unit, SSU), причем различают блоки обеспечения синхронизации для транзитного узла — SSU-A, и для оконечного (местного) узла — SSU-B. В современных Рекомендациях ITU-T и стандартах ETSI эти параметры определены неоднозначно (табл. вверху).

Доведение АРСС до полного или частичного удовлетворения требованиям, предъявляемым к SASE, неизбежно приводит к удорожанию изделий и к не совсем оправданной избыточности оборудования на сети. Поэтому производители аппаратуры распределения синхросигналов редко прибегают к таким усовершенствованиям.

Некоторые типы коммутационных станций не оборудованы внешними стыками синхронизации, и тогда подключить их к сети синхро-

Формирование SSM в канале синхронизации E1

Сверх-циклы	№ цикла	Содержимое нулевого канального интервала							
		1	2	3	4	5	6	7	8
I	0	C1	0	0	1	1	0	1	1
	1	0	1	RAI	Sa41	Sa51	Sa61	Sa71	Sa81
	2	C2	0	0	1	1	0	1	1
	3	0	1	RAI	Sa42	Sa52	Sa62	Sa72	Sa82
	4	C3	0	0	1	1	0	1	1
	5	1	1	RAI	Sa43	Sa53	Sa63	Sa73	Sa83
	6	C4	0	0	1	1	0	1	1
II	7	0	1	RAI	Sa44	Sa54	Sa64	Sa74	Sa84
	8	C1	0	0	1	1	0	1	1
	9	1	1	RAI	Sa41	Sa51	Sa61	Sa71	Sa81
	10	C2	0	0	1	1	0	1	1
	11	1	1	RAI	Sa42	Sa52	Sa62	Sa72	Sa82
	12	C3	0	0	1	1	0	1	1
	13	E I	1	RAI	Sa43	Sa53	Sa63	Sa73	Sa83
	14	C4	0	0	1	1	0	1	1
	15	E II	1	RAI	Sa44	Sa54	Sa64	Sa74	Sa84

Источник: www.wircom.kiev.ua

Передача информации об источнике синхронизации с помощью SSM

SSM	0000	0010	0100	1000	1011	1111
Источник синхронизации	неизвестен	PRC	SSU-A	SSU-B	SEC	не использовать для синхронизации

низации можно единственным способом: «перепривязать» тактовую частоту любого входного сигнала E1 к частоте опорного сигнала. Для этой цели служит преобразователь сигнала синхронизации, показанный на рисунке на с. 69. Это обычная эластичная память с частотой записи сигнала E1, равной его собственной тактовой частоте, а частота чтения равна частоте опорного сигнала станционного стыка сети синхронизации. В выходном сигнале E1/T такого преобразователя допускают управляемые проскальзывания с частотой, равной разности частот чтения и записи, но это — плата за возможность синхронизации коммутационной станции указанного типа.

Рассмотрим более подробно формирование SSM в сигнале синхронизации E1 (табл. на с. 70, внизу). Для передачи служебной информации в КИО 16 циклов объединяют в сверхцикл, разделенный на две половины. Для цикловой и сверхцикловой синхронизации, контроля ошибок в этом сверхцикле ис-

пользуется распределенное поле из 108 временных интервалов КИО.

В таблице, описывающей содержимое нулевого канального интервала, обозначены:

C1, C2, C3, C4 — контрольные суммы проверки на четность с помощью процедуры избыточного кодирования CRC-4 на основе порождающего полинома 4-ой степени;

RAI — бит индикации аварийного состояния на удаленном конце систем передачи PDH;

E I — бит, свидетельствующий о результате проверки на четность в принятой ранее первой половине сверхцикла;

E II — бит, свидетельствующий о результате проверки на четность в принятой ранее второй половине сверхцикла;

Sa4 — канальный интервал, который в системе передачи PDH с топологией «точка—точка» может использоваться для сигнализации;

Sa5...Sa7 — канальные интервалы, предназначенные для использования в национальной сети PDH,

если они не применяются для целей мониторинга «точка—точка». В частности, в одном из них на длительности половины субцикла можно разместить SSM, состоящее из 4 бит, которые отражают происхождение («уровень качества») опорного сигнала синхронизации в соответствии с таблицей, представленной ниже. При пересечении сигналом национальной границы в канальных интервалах Sa4—Sa8 должны быть установлены значения «1».

Использование информации из SSM-бит в аппаратуре распределения синхросигналов позволяет гибко настраивать параметры обнаружения ухудшения качества опорного сигнала (например, изменился код с 0010 на 0100) или запрет на его использование (0000 или даже 1111). Так, если использовать SSM в сочетании с системой приоритетов входных опорных сигналов, то можно создавать схемы межстанционной синхронизации без образования петель и сократить время переключения на резервный опорный сигнал

Характеристики APCC от разных производителей

Компани-производители	ACDS, Symmetricom	APCC, «Алто»	УРСС, «Алто»	OSA 5530B, Oscilloquartz	OSA 5533C, Oscilloquartz	GNCD, Gillam
Входы СС						
Количество входов опорных синхросигналов	4	4	2	2	2	2
Количество входов 2048 кГц	4	2	2	2	2	2
Количество входов 2048 Кбит/с	нет	2	2	2	2	2
Входное сопротивление, Ом	75/120	75/120	75/120	50/75/120	75/120	75/120
Выходы СС						
Количество выходов 2048 кГц	9 или 18	72	8	96	64	80
Количество выходов 2048 Кбит/с	нет	72	8	96	64	80
Выходное сопротивление, Ом	75/120	75/120	75/120	75/120	75/120	75
Наличие схем перепривязки по тактовой частоте (retiming)	нет	да	да	нет	да	нет
Поддержка SSM-бит	нет	да	да	да	да	нет
Возможность контроля выходов без отключения потребителей	нет	да/программно	да (dip-switch)	нет	нет	нет
Фазовая ошибка при переключениях входных СС, нс	≤10	до 30, типичное значение 4	до 30, типичное значение 4	≤15, типичное значение 7	≤15, типичное значение 7	244
Функции мониторинга и индикации аварий						
Индикация входов, выходов, питания, переключений, проскальзываний	да	да	да	да	да	да
Выходы индикации аварий	да	RS-232, Ethernet, светодиоды, «сухие контакты»	«сухие контакты», светодиоды	RS-232, светодиоды, «сухие контакты»	RS-232, светодиоды, «сухие контакты»	RS-232, светодиоды, «сухие контакты»
Функции управления аппаратурой						
Локальное управление	да	RS-232	dip-switch	RS-232	RS-232	RS-232, dip-switch
Удаленное управление	нет	Ethernet	нет	Ethernet	10Base-T Ethernet	10Base-T Ethernet
Программное обеспечение для управления аппаратурой	нет	да	нет	да	да	да
Питание аппаратуры						
Напряжение питания	36—72 VDC	36—72 VDC	36—72 VDC	36—72 VDC 98—132 VAC 196—264 VAC	36—72 VDC 98—132 VAC 196—264 VAC	48—60 VDC
Потребляемая мощность, Вт	15	50	10	75	50	100
Резервирование по питанию, %	100	100	100	100	100	100
Конструктивное исполнение						
Габаритные размеры, мм	440x149x279	483x499x336	483x87,2x315	483x266x265	266x535x265	450x323x280
Масса, кг	3,1	5	3	15	9	н. д.

Источник: www.wircom.kiev.ua

после выявления его пропадания (без использования SSM время переключения кольцевой структуры SDH может достигать 15 с).

Выше приведены характеристики аппаратуры распределения синхросигналов от производителей Symmetricom (Datum), Oscilloquartz, Gillam и ООО «Алто».

Несмотря на то, что аппаратура OSA 5533C фирмы Oscilloquartz

фактически является SSU, авторы сочли возможным привести ее в таблице сравнения APCC в качестве примера использования блоков обеспечения синхронизации для распределения синхросигналов. Из представленных данных видно, что в то время, как функции мониторинга и индикации аварий выполняются разными устройствами практически одинаково,

функции управления аппаратурой, свойства входов/выходов, а также потребляемая мощность устройств от разных производителей существенно отличаются, что необходимо учитывать при построении сетей.●

Николай Леготин,
Юрий Старостин
sys@wircom.kiev.ua