

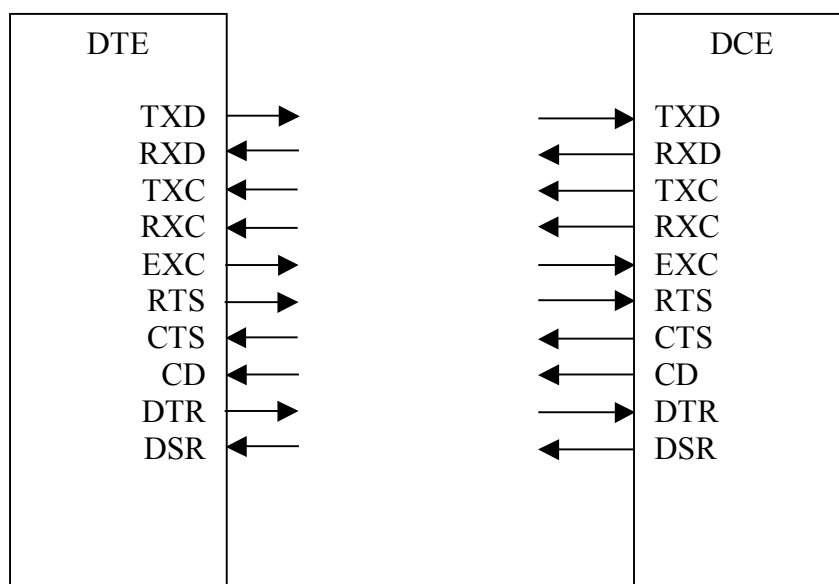
Режим эмуляции DTE в мультиплексорах Эльф-2

1. Введение

Данная статья содержит рекомендации по применению Эльф-2МЕЕV и Эльф2-МССV для построения мультиплексируемых сетей связи. Рассматриваются основные проблемы, возникающие при построении каналов передачи данных, прозрачных для сетевых протоколов. Описываются технические особенности мультиплексоров Эльф-2, позволяющие эффективно решать такие проблемы. В частности, особенностью Эльф-2 является режим эмуляции DTE, позволяющий решить проблему проскальзывания при соединении плезиохронных устройств передачи данных. Наличие этого режима выгодно отличает Эльф-2 от подобных мультиплексоров.

2. Устройства DTE и DCE

Устройства передачи данных, имеющие цифровые порты (RS-232, V.35, RS-530), разделяются на две группы – DTE и DCE. Главное отличие устройств DTE от DCE – направления управляющих сигналов порта. Например, рассмотрим наиболее распространенный стык передачи данных - V.35. Набор основных сигналов и их направления для DTE и DCE устройств показаны на рисунке 1.



Примечание: Сигналы TXD, RXD, TXC, RXC, EXC являются дифференциальными парами

Рисунок 1. Сигналы порта V.35

Сигналы порта V.35 можно разделить на три группы – сигналы передачи данных (TXD, RXD), сигналы синхронизации (TXC, RXC, EXC) и сигналы управления (RTS, CTS, CD, DTR, DSR). Рассмотрение логики работы сигналов управления находится за рамками данной статьи, поэтому далее они не будут рассматриваться. Заметим лишь, что после установления соединения и в процессе передачи данных сигналы управления находятся в активном состоянии и не меняются.

Сигналы передачи данных являются симметричными по отношению к DTE и DCE оборудованию – существует по одному сигналу данных в каждом направлении. Поэтому, главным отличием DCE и DTE является направление сигналов синхронизации. Обычно, DCE оборудованием являются устройства формирования канала связи – модемы, мультиплексоры, конверторы и другие устройства, работающие на физическом уровне. Как правило эти устройства формируют сигналы синхронизации – это обусловлено физикой их работы. Например, сигнал RXC выделяется модемом из несущей линейного сигнала канала связи. Сигнал TXC модема синхронизован с передаваемым линейным сигналом. DTE оборудованием являются оконечные устройства передачи данных – маршрутизаторы, компьютеры с установленными интерфейсными картами и другие интеллектуальные устройства. Эти устройства, как правило, принимают сигналы RXC, TXC и синхронизируют свою работу по внешнему тактированию.

Рассмотрим более подробно сигналы синхронизации.

RXC – используется для тактирования принимаемых из линии данных. Сигнал RXD всегда привязан по фазе к сигналу RXC. Сигнал RXC формируется DCE устройством и является входным для DTE устройства. Сигнал RXC используется практически при любой схеме подключения DTE и DCE устройств.

TXC – используется для тактирования передаваемых в линию данных. Сигнал TXD всегда привязан по фазе к сигналу TXC. Сигнал TXC формируется DCE устройством и синхронен с внутренним генератором DCE устройства. Для устройства DTE сигнал TXC является входным. Использование сигнала TXC не обязательно – например, в случае внешнего тактирования DTE и DCE оборудование может использовать для синхронизации данных (TXD) сигнал EXC.

EXC – используется как вход внешней синхронизации оборудованием DCE или как выход синхронизации в оборудовании DTE. Сигнал EXC может использоваться для синхронизации передаваемых данных TXD. Сигнал EXC полезен, когда есть, например, опорный синхросигнал к которому необходимо привязать всю сеть передачи данных. Другой случай использования EXC – при «нульмодемном» соединении двух DTE устройств.

Наконец, подчеркнем, что сигналы синхронизации могут вообще не использоваться - этим отличаются асинхронные стыки передачи данных. В этом случае сигналы TXD и RXD должны быть самосинхронизирующимися. В асинхронных стыках не существует проблемы синхронизации, но они значительно медленнее синхронных.

3. Синхронный канал передачи данных

Простейшая система связи, передающая данные между двумя точками показана на рисунке 2.



Рисунок 2

Устройством DTE здесь может являться маршрутизатор, устройством DCE – мультиплексор или модем. Большинство современных модемов, работающих на выделенной линии являются синхронными, поэтому будем предполагать, что мы имеем дело с синхронным каналом передачи данных. В данном простейшем случае соединение DCE и DTE не представляет проблемы – DTE устройство работает по сформированным DCE сигналам синхронизации. Заметим только, что одно из DCE устройств должно являться ведущим, т.е. выдавать сигналы в линию передачи по своему внутреннему генератору.

Часто встречается и более сложная ситуация – когда канал передачи данных состоит из нескольких сегментов. Каждый из сегментов при этом может использовать различные среды и иметь различные скорости передачи данных. Соответственно, используется разнородная DCE аппаратура. Самый очевидный способ соединения сегментов в этом случае показан на рисунке 3.

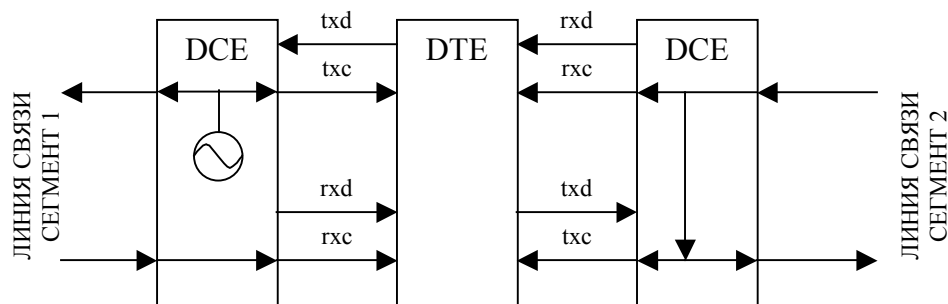


Рисунок 3

Преимущества этого способа заключаются в универсальности решения – сегменты могут иметь различную синхронизацию и различные скорости передачи данных. Согласование скоростей достигается за счет буферизации пакетов в DTE устройстве и увеличения (уменьшения) межпакетных промежутков. Размер буферов современных маршрутизаторов может достигать мегабайт, что обеспечивает целостность данных при любом характере трафика в сети. Такой подход имеет и значительные недостатки. Во-первых DTE устройство обычно работает с пакетизированными данными на сетевом уровне, т.е. появляется зависимость от

характера трафика. DTE устройству требуется выделение сетевых адресов, что в ряде случаев нежелательно. Во-вторых, независимо от быстродействия DTE, появляется задержка передачи, связанная с необходимостью пакетизации/депакетизации последовательных данных. Наконец, присутствие в каждом сегменте DTE устройства значительно удорожает и усложняет эксплуатацию сети. Таким образом, теряется синхронность сети, появляется значительная по величине задержка передачи, возникают эксплуатационные неудобства.

Второй возможный способ соединения сегментов линии связи показан на рисунке 4.

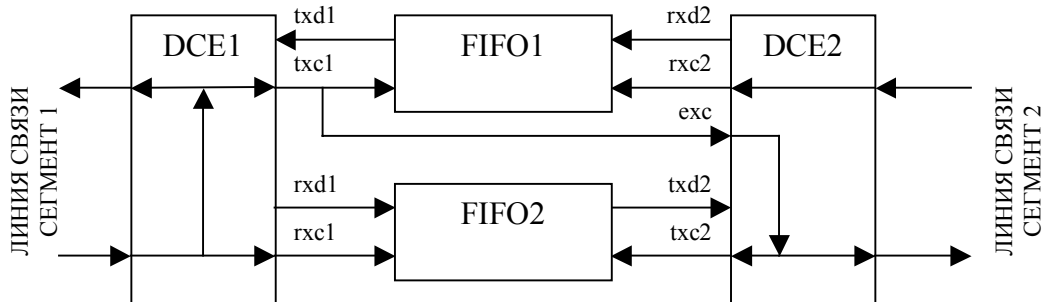


Рисунок 4

В этой схеме отсутствует DTE устройство, поэтому нет и связанных с ним недостатков. Особенностью такого соединения является сквозная синхронизация всего канала связи. Действительно, устройство DCE1, показанное на рисунке, работает в ведомом режиме. Выделенный из входящего линейного сигнала синхросигнал задает синхронизацию исходящего линейного сигнала и синхронизацию DCE2, которое является ведущим для сегмента 2. DCE2 работает в режиме внешней синхронизации от входа EXC. Исходящий от DCE2 линейный сигнал будет синхронным с EXC. Входящий в DCE2 линейный сигнал также будет синхронным с EXC, так как на другой стороне сегмента 2 DCE стоит в ведомом режиме. Таким образом, все сигналы синхронизации будут привязаны к входящему в DCE1 линейному сигналу. Если мы продолжим таким образом соединять сегменты, то получим полностью синхронный канал связи, привязанный к самому первому ведущему DCE.

Можно заметить, что хотя все сигналы синхронизированы, они не обязательно имеют нужную фазу. Нельзя, например, подключить напрямую txd1 и rxd2, так как сопутствующие им сигналы txc1 и rxc2 находятся в случайной фазе, которая зависит от фазовой задержки в сегменте 2, в общем случае не контролируемой. То же самое можно сказать и о сигналах обратного направления rxd1 и txd2. Учитывая эти соображения, необходимо соединять DCE1 и DCE2 через синхронные FIFO, изображенные на рисунке. В качестве FIFO можно использовать, например, такие устройства, как эластичный буфер MTE/V.35 производства RAD data communications.

Использование FIFO достаточного размера может сделать приемлемой эксплуатацию и несинхронизованных сегментов. Предположим, например, что

DCE1 и DCE2 рассогласованы на 100 ppm. Тогда на скорости передачи 128 Кбит/с, при длине FIFO 256 бит, частота переполнений FIFO будет равна:

$$F (\text{ош}) = 128 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-6} / 256 = 0.05 \text{ Гц.}$$

Т.е. в канале связи будет возникать одна ошибка в 20 секунд. На скорости 2048 Кбит/с одна ошибка будет возникать каждые 1.25 секунды.

FIFO, изображенные на рисунке 4, необязательно должны быть внешними устройствами. Многие модемы содержат встроенный эластичный буфер, что делает возможным соединение модем-модем через цифровой стык напрямую.

Таким образом, схема соединения сегментов линии связи, изображенная на рисунке 4, имеет следующие преимущества: минимальная задержка (определяется длиной FIFO), сохранение синхронности канала связи, простота эксплуатации. Недостаток данной схемы соединения состоит в том, что иногда ее трудно реализовать. Во-первых, не все DCE устройства имеют вход внешней синхронизации ЕХС. Во-вторых, не всегда есть приемлемый по качеству сигнал внешней синхронизации, так как для каждой среды передачи характерны свои требования к опорной частоте сигнала – отклонение, стабильность, фазовое дрожание и т.д. Особенно это проявляется в случае соединения разнородных сегментов. В третьих, не все модемы имеют эластичный буфер. Применение же внешнего буфера приводит к удорожанию решения. Наконец, существенно, что данная схема не может быть реализована, если оба устройства DCE должны быть ведомыми. В этом случае из-за несинхронности периодически будут возникать переполнения FIFO.

Третий способ соединения сегментов возможен, если одно из устройств DCE может работать в режиме эмуляции DTE. Под эмуляцией здесь понимается возможность DCE работать по навязанным от внешней аппаратуры сигналам ТХС и РХС. Механизм реализации такого режима в мультиплексорах Эльф-2 описан в следующем пункте.

4. Режим эмуляции DTE Эльф-2

Рассмотрим работу мультиплексора Эльф-2 при подключении двух синхронных портов – E1 и V.35. На рисунке 5 показан пример такой конфигурации.

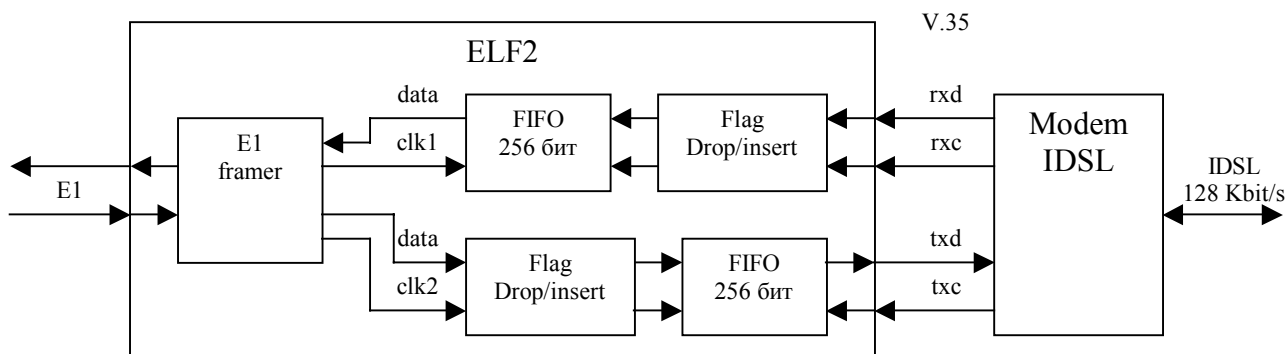


Рисунок 5.

Порт V.35 Эльф-2 подключен к внешнему модему ISDL и установлен в режим эмуляции DTE. Сигналы синхронизации TXC и RXC формируются модемом и подаются на Эльф-2. Синхронизация порта E1 мультиплексора осуществляется по принятому потоку E1. Таким образом, в мультиплексор поступают два независимых источника синхронизации – от линии ISDL и от потока E1.

Необходимым условием корректной работы мультиплексора является одинаковая скорость передачи данных на обоих портах, поэтому в данном примере порт E1 должен использовать для передачи данных два канальных интервала (128 Кбит/с). Заметим также, что данные от фреймера E1 будут поступать не равномерно, а пачками по 16 бит, с периодом кадра E1 (8 КГц) и скоростью передачи 2048 Кбит/с.

Функция FIFO, изображенного на рисунке, заключается в сглаживании неравномерного потока данных от фреймера E1. Длина FIFO составляет 256 бит, что обеспечивает корректную работу механизма при любой комбинации использованных канальных интервалов. Во-вторых, FIFO является частью механизма выравнивания скоростей. При отсутствии такого механизма переполнения FIFO возникали бы периодически, приводя к ошибкам в линии связи (для данного примера - каждые 20 секунд, как показано в предыдущем пункте).

Механизм выравнивания скоростей заключается во вставке-удалении флагов HDLC. Данный механизм основан на предположении, что данные, передаваемые по каналу, инкапсулированы во фреймы HDLC. Большинство современных протоколов канального уровня удовлетворяют этому условию – в том числе наиболее распространенные PPP, FR, Cisco HDLC. Напомним, что начало и конец фрейма HDLC маркируются флагом 0x7E. Межпакетные промежутки также заполнены флагами. Кроме маркирования начала и конца фрейма, флаги не несут полезной информации, поэтому вставка или удаление флага в межпакетный промежуток происходит прозрачно для канала данных. Современные контроллеры HDLC корректно работают при уменьшении количества флагов между пакетами до 1 (режим разделяемого флага).

Механизм удаления флагов активизируется при переполнении FIFO. Граница переполнения установлена на 75% длины FIFO. Когда механизм удаления активизирован, происходит удаление флагов из промежутков между пакетами, вплоть до одного. В результате FIFO освобождается. Отключение механизма удаления произойдет при заполненности FIFO 50%.

Механизм вставки флагов активизируется при освобождении FIFO более чем на 25%. Вставка флагов в межпакетные промежутки происходит до тех пор, пока FIFO не заполнится на 50%.

Выравнивание скоростей будет работать корректно, если отклонение задающих частот на портах E1 и V.35 не превышает величины:

$$dF = NF/(MTU + 1),$$

где

MTU – максимальная длина пакетов в канале связи в байтах,

NF – число дополнительных флагов между пакетами, кроме стопового.

MTU и NF задаются при настройке интерфейса маршрутизатора.

Для примера, если взять распространенные величины $MTU=1500$ и $NF=1$, получим допустимое отклонение 666 ppm, что много больше допустимой расстройки кварцевых генераторов в современной телекоммуникационной аппаратуре (100 ppm и менее).

5. Заключение

Наличие режима эмуляции DTE в мультиплексорах Эльф-2 позволяет значительно удешевить и упростить построение синхронных каналов связи.

Условиями технической применимости режима DTE являются:

1. Одинаковая усредненная скорость передачи данных на мультиплексируемых портах (в пределах расстройки задающих генераторов).
2. Инкапсуляция HDLC, что выполняется в большинстве случаев.
3. Установка числа флагов $NF = 1$ и более.