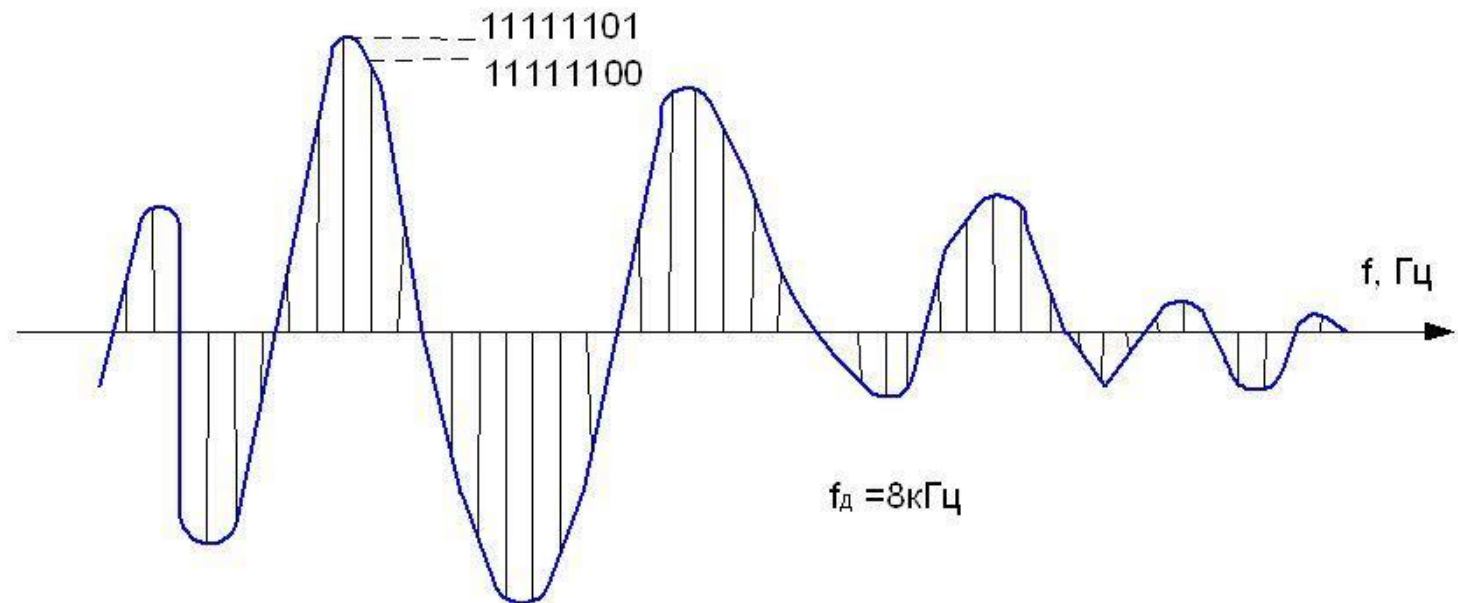




## Формирование речевого ИКМ сигнала (напоминалочка)



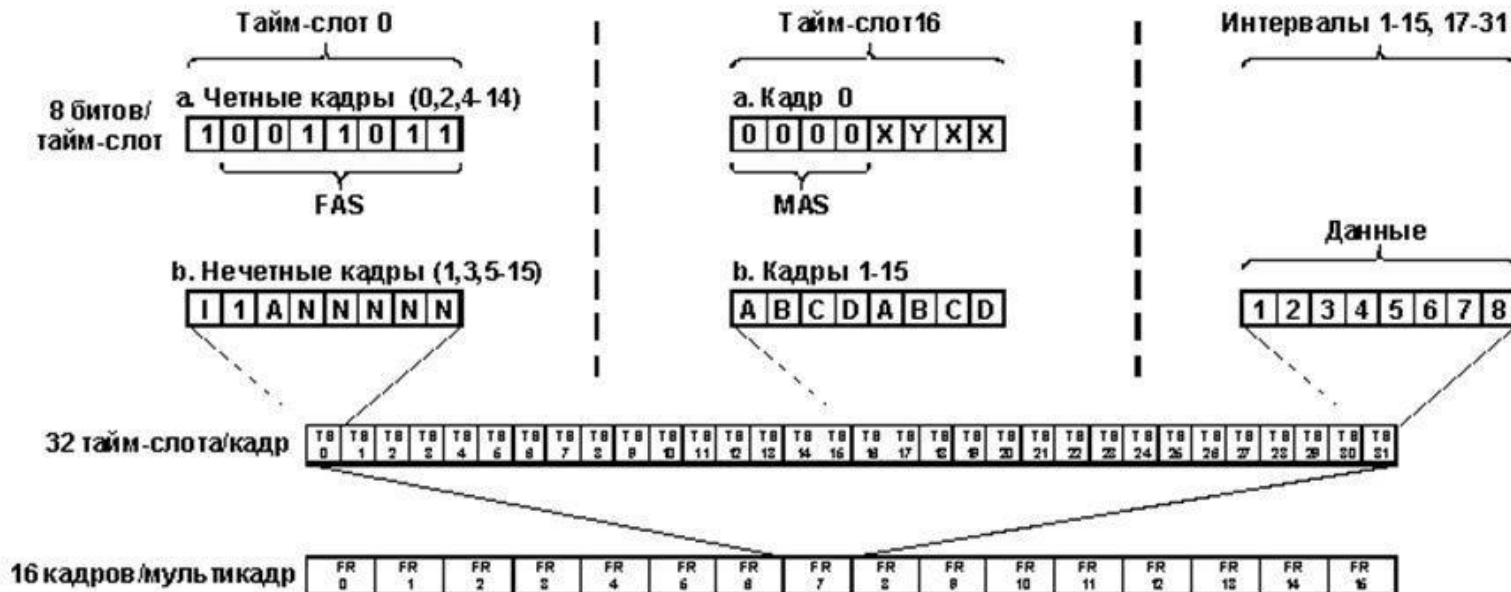
Этап 1: Дискретизация. Для речевого сигнала принято  $f_d = 8 \text{ кГц}$

Этап 2: Квантование. Для ИКМ сигнала производится 8-битовым словом

# 1. Рабочая среда E1

- Каналы E1 = 2 Мбит/с
- Каждый кадр E1 содержит 256 бит, разделенных на 32 тайм-слота:
  - Тайм-слот 0 – сигнализация. Функции:
    - Передача вспомогательной информации (housekeeping). В каждом кадре без FAS (нечетные кадры) нулевой тайм-слот содержит вспомогательную информацию, включающую:
    - Бит 1 называется international (I) и служит главным образом для обнаружения ошибок с использованием функции CRC-4.
    - Бит 2 всегда имеет значение 1 – этот факт используется алгоритмами выравнивания кадров.
    - Бит 3 используется для индикации удаленной тревоги (remote alarm indication или RAI) и сообщает оборудованию на другом конце канала, что в локальном оборудовании потеряно выравнивание кадров или отсутствует входной сигнал.
  - Тайм-слоты 1-31 – пользовательские

# Структура кадра E1



## Замечания

- I Интернациональный бит
- N Национальный бит
- A Сигнал AIS (потеря выравнивания кадров - Red Alarm)
- FAS Сигнал выравнивания кадров, занимает чередующиеся (но не обязательно четные) кадры

- ABCD Сигнальные биты ABCD
- X Дополнительный бит (extra bit)
- Y Потеря выравнивания мультикадров
- MAS Сигнал выравнивания мультикадров

## 2.Формирование PDH (плезиосинхронная цифровая иерархия)

Основные параметры:

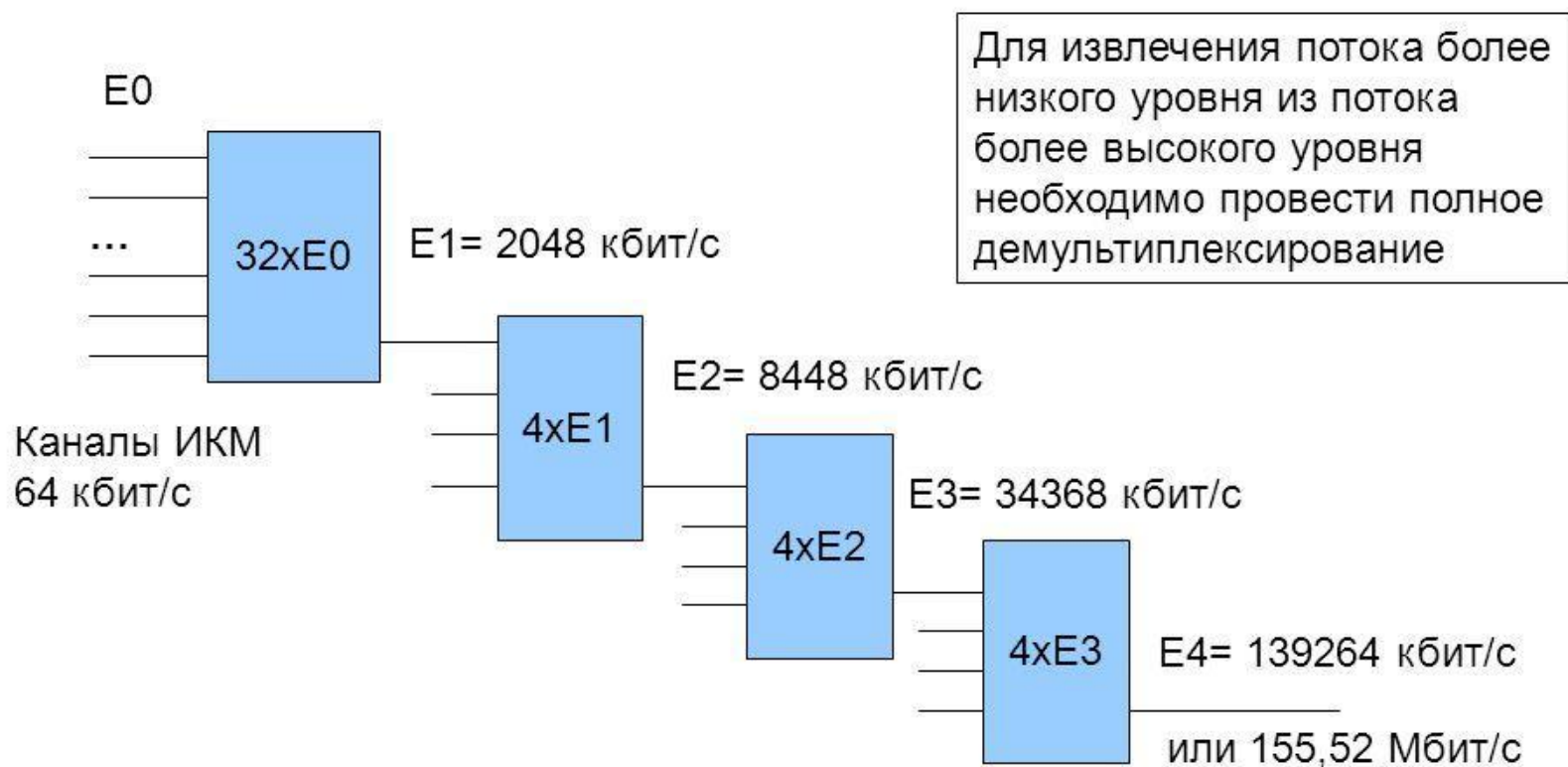
- $f_d = 8 \text{ кГц}$
- $T_d = 125 \text{ мкс}$
- $C = 64 \text{ кбит/с}$

Формирование нагрузки PDH

- $E0 = 64 \text{ кбит/с}$
- $E1 = 32 \times E0 = 2048 \text{ кбит/с}$
- $E2 = 4 \times E1 = 8448 \text{ кбит/с}$
- $E3 = 4 \times E2 = 34368 \text{ кбит/с}$
- $E4 = 4 \times E3 = 139264 \text{ кбит/с}$

Каналы PDH являются полезной нагрузкой SDH, т.е. на практике организуют для скоростей от 2 Мбит/с SDH, для меньших – PDH. В PDH мультиплексирование и демультиплексирование пошаговые.

# Схема мультиплексирования PDH





### 3. Формирование SDH (синхронная цифровая иерархия)

- STM0 = 51.84 Мбит/с
- STM1 = 3x STM0 = 155.52 Мбит/с
- STM4 = 4x STM1 = 622.08 Мбит/с
- STM16 = 4x STM4 = 2488.32 Мбит/с
- STM64 = 4x STM16 = 9953.28 Мбит/с

Кадр – совокупность символов, переданных за время, равное периоду дискретизации.

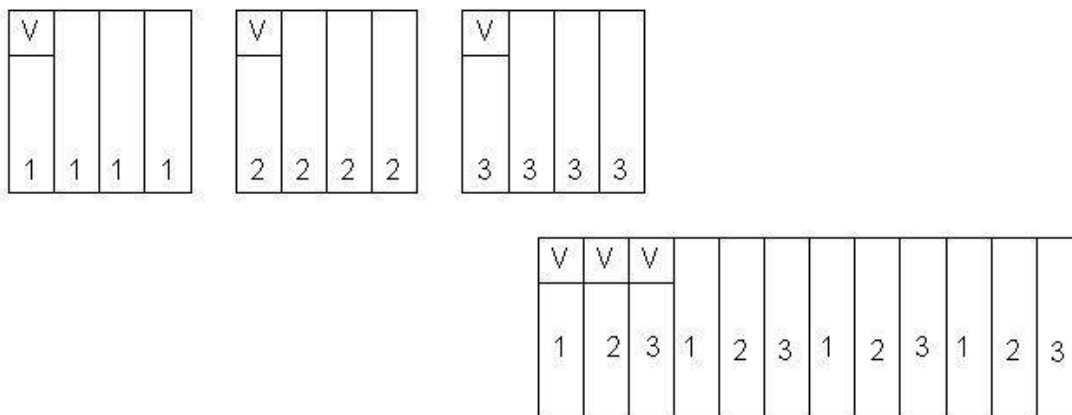
Основная единица – байт (а не бит как в асинхронных системах).

Структура кадра:  $9 \times 270 = 2430$  байт. Байты передаются построчно.

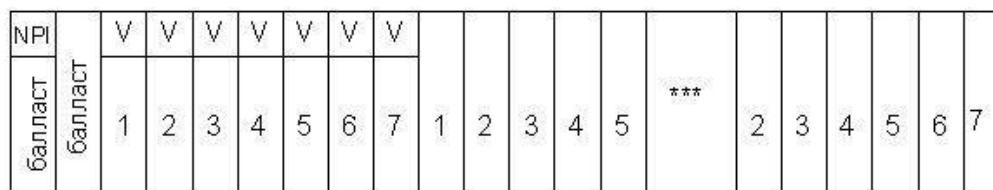
Для извлечения потоков более низкого уровня из потоков более высокого уровня надо знать только номер потока ( $k, l, m$ ) и алгоритм мультиплексирования.

# Схемы мультиплексирования:

- мультиплексирование TU-12 в TUG-2



- мультиплексирование TUG-2 в TUG-3





# Структура кадра SDH



FAS – сигнал синхронизации кадра

RSOH – заголовок регенерационного участка

MSOH – заголовок мультиплексорного участка

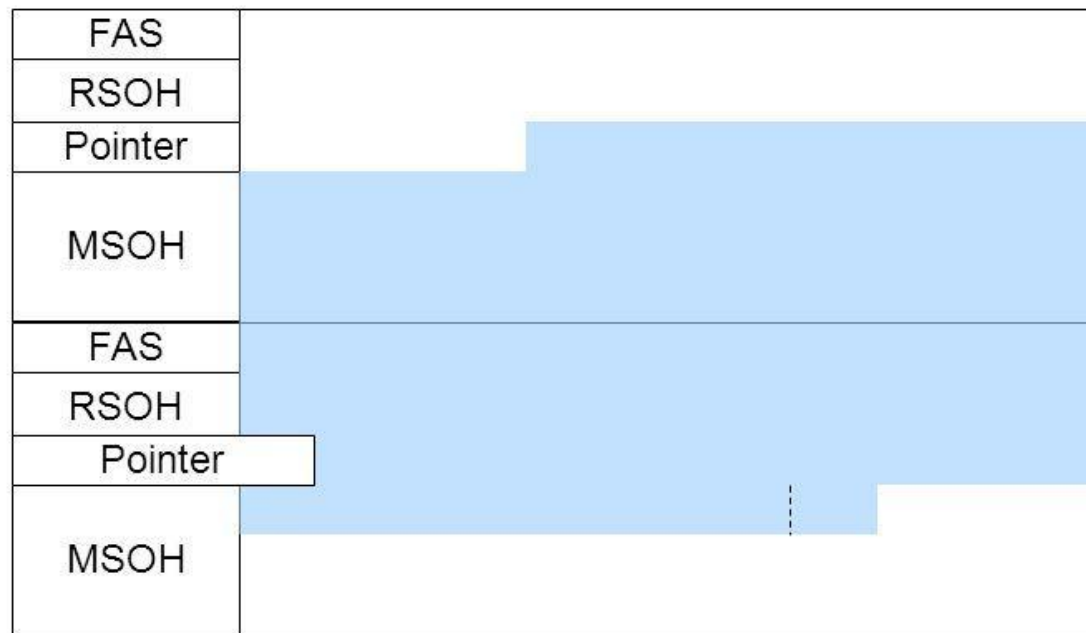
Pointer – указатель начала полезной нагрузки

- Служебная нагрузка регенерационной секции (RSOH) выполняет функции:
  - Цикловой синхронизации
  - Контроля ошибок
  - Создания каналов передачи данных и служебной связи
- Служебная нагрузка мультиплексорной секции (MSOH) выполняет функции:
  - Контроля ошибок
  - Создания каналов передачи данных и служебной связи
  - Создания каналов управления автоматического включения резервных элементов

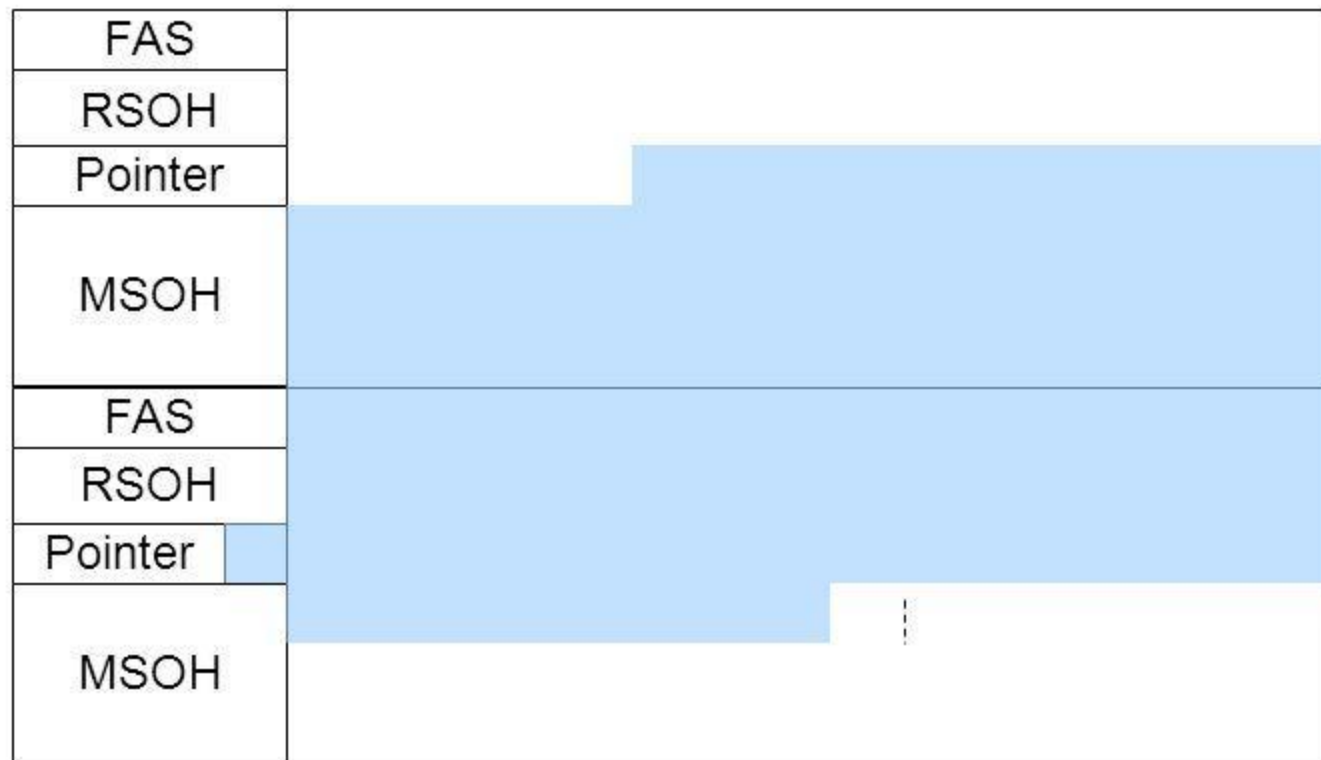
## Принцип работы Pointer в кадре STM1



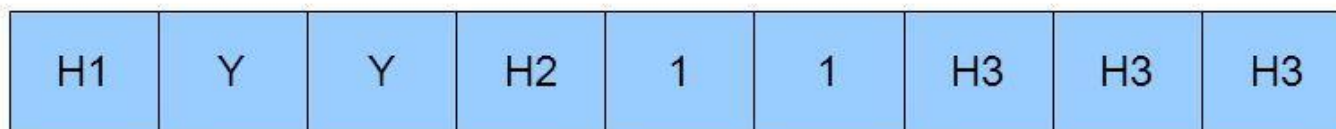
## Положительное выравнивание нагрузки



# Отрицательное выравнивание нагрузки



- Указатель Pointer указывает на начало полезной нагрузки внутри кадра SDH. Нагрузка начинается не ранее 10 байта 4 строки (после указателя). Т.о. нагрузка располагается не в одном кадре, а в двух соседних.
- Выравнивание используется в случае неполной синхронизации сигнала.
- Для IP-сетей MTU=1500 байт, а поле полезной нагрузки 2349 байт, т.о. в кадре STM1 может располагаться несколько пакетов.
- Структура указателя:



H1 и H2 – значение указателя  
 1 – байт из единиц  
 Y – 10011011 для AU-3 и AU-4

Байты для выравнивания



## Структура заголовка кадра STM1 (побайтно)

### RSOH

|    |    |    |    |    |    |    |   |   |
|----|----|----|----|----|----|----|---|---|
| A1 | A1 | A1 | A2 | A2 | A2 | C1 | x | x |
| B1 |    |    | E1 |    |    | F1 | x | x |
| D1 |    |    | D2 |    |    | D3 |   |   |

### MSOH

|     |    |    |     |    |    |     |   |   |
|-----|----|----|-----|----|----|-----|---|---|
| B2  | B2 | B2 | K1  |    |    | K2  |   |   |
| D4  |    |    | D5  |    |    | D6  |   |   |
| D7  |    |    | D8  |    |    | D9  |   |   |
| D10 |    |    | D11 |    |    | D12 |   |   |
| Z1  | Z1 | Z1 | Z2  | Z2 | Z2 | E2  | x | x |

Синхронизация:

A1=11110110

A2=00101000

Проверка на четность: B1

Служебные каналы 64кбит/с:

E1

Канал пользователя: F1

Встроенный сигнал управления

192 кбит/с (ECC): D1, D2, D3

Доступен только для мультиплексоров, значения байтов аналогичные RSOH.  
Аварийный канал APS: K1, K2  
Статус синхронизации: Z1  
Остальное – резерв.  
x - резерв для национального использования.