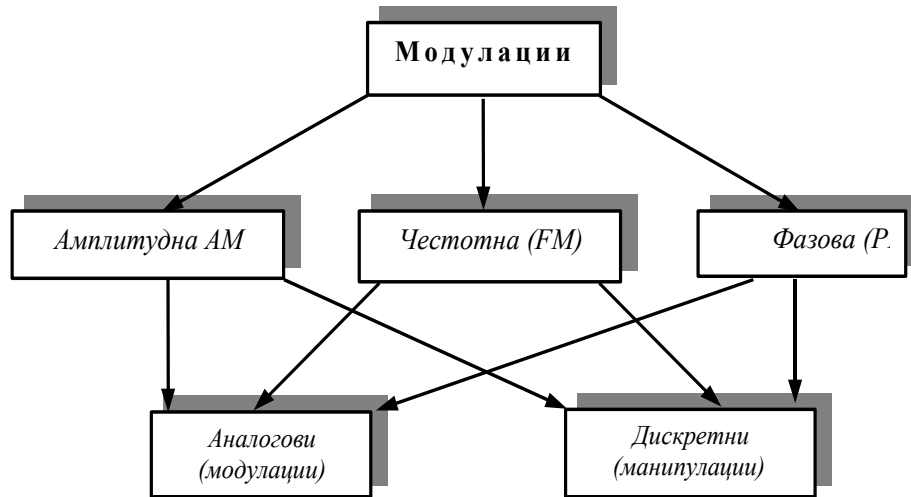


ТЕМА 4 Видове модулации. Аналогови уплътнителни системи. Цифрови уплътнителни системи. Квантуване, кодиране, импулсно-кодова модулация. Линийно кодиране, скремблиране, синхронизация.

4.1 Модулации

$$i_F = I_F \sin(\Omega t + \varphi_F)$$

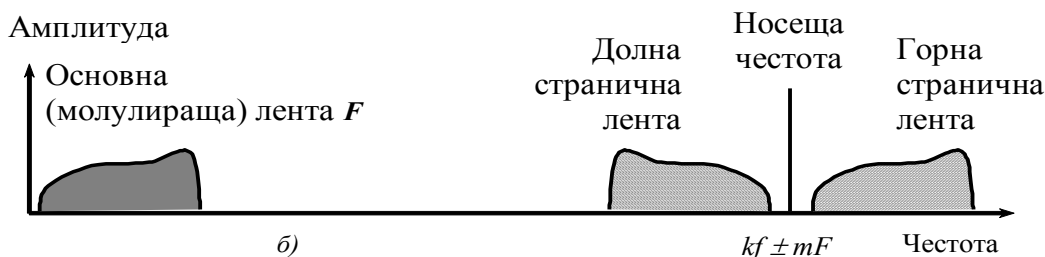
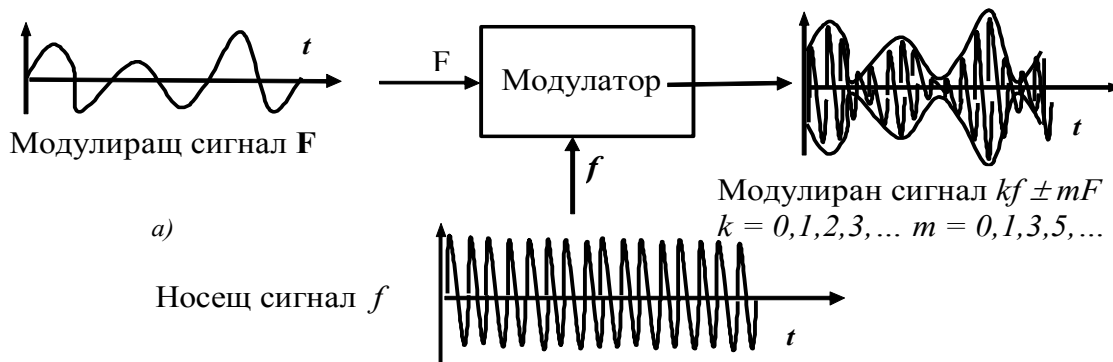
Модулацията (modulation) е процес, при който един или повече от информационните параметри на носещ сигнал i_f се променят (преобразуват) по начин, определен от друг **модулиращ сигнал** i_F , съдържащ съобщението.

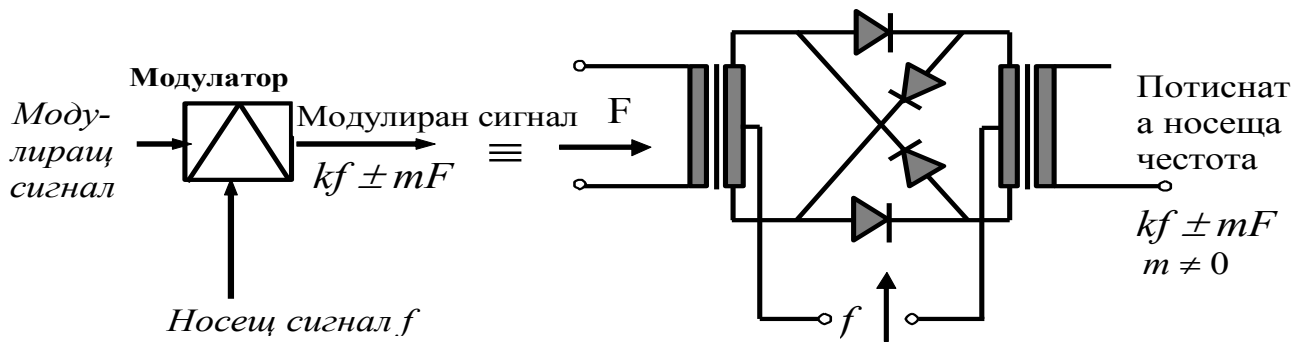


Демодулацията (demodulation) е обратен на модулацията процес, при който от модулирания сигнал се извлича първоначалния модулиращ сигнал.

4.1.1 Аналогови модулации

а) Амплитудна модулация (amplitude modulation) (AM)





б) Честотна модулация (ЧМ) (FM – frequency modulation)

- Δf - честотна девиация
- индекс на честотната модулация $m_f = \Delta f / f_n$
- ширина на честотната лента

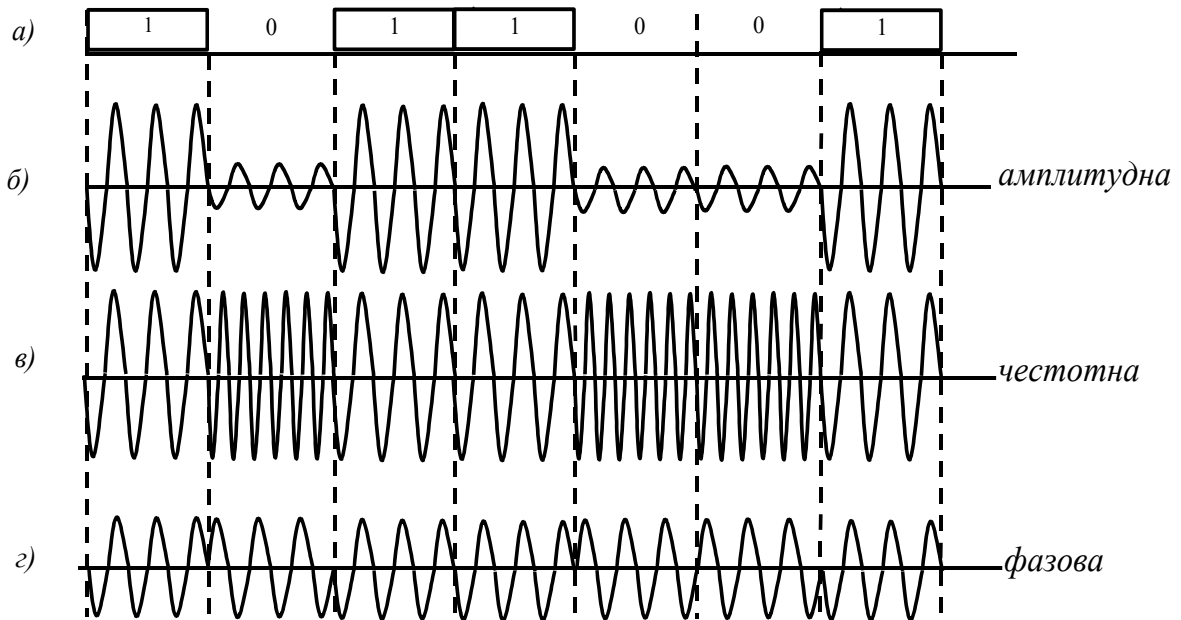
в) Фазова модулация (ФМ) (PM – phase modulation)

Реализира се по-сложно, но е по-шумоустойчива.

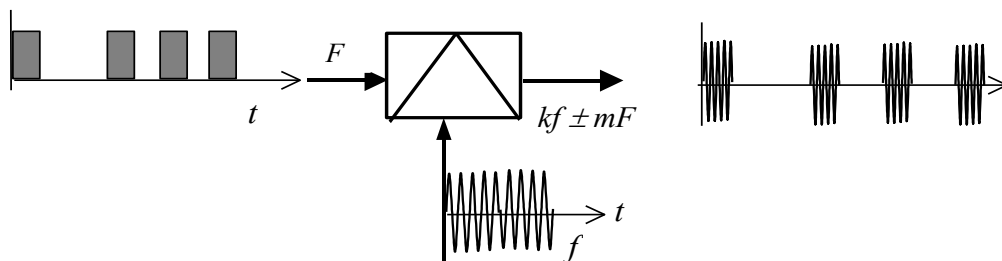
Използва се по често с дискретен модулиращ сигнал

4.1.2 Дискретни модулации на аналогови носещи сигнали

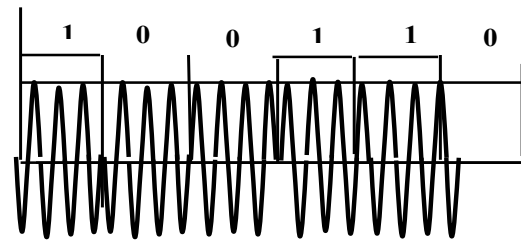
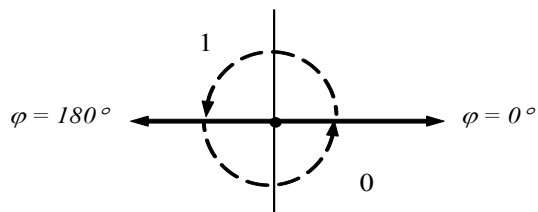
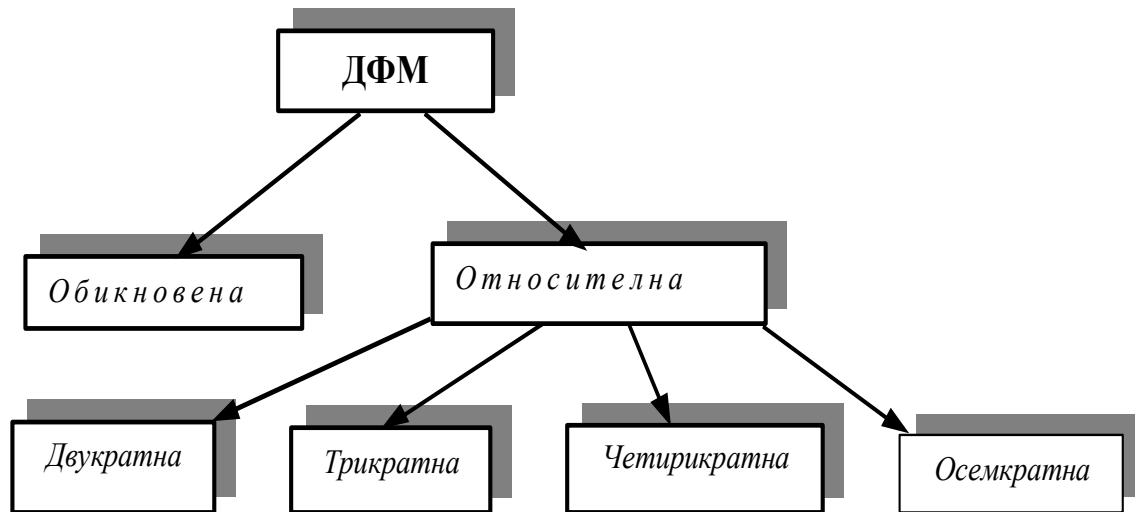
Това са модулации на аналогов носещ с дискретен модулиращ сигнал



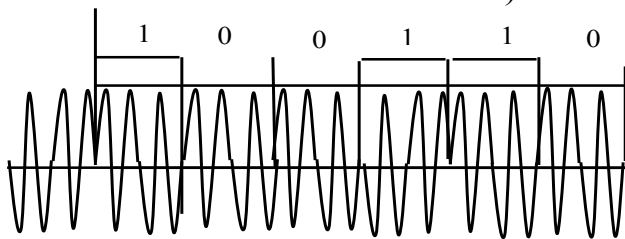
а) Дискретна амплитудна модулация



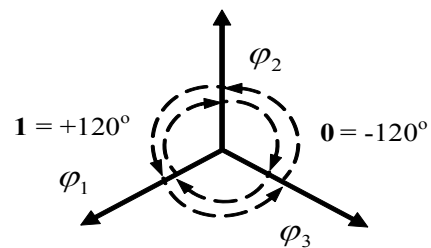
б) Дискретна фазова модулация (Phase Shift Keying - PSK) намира широко приложение при предаването на данни и може да се реализира по различни начини:



а) Обикновена ДФМ

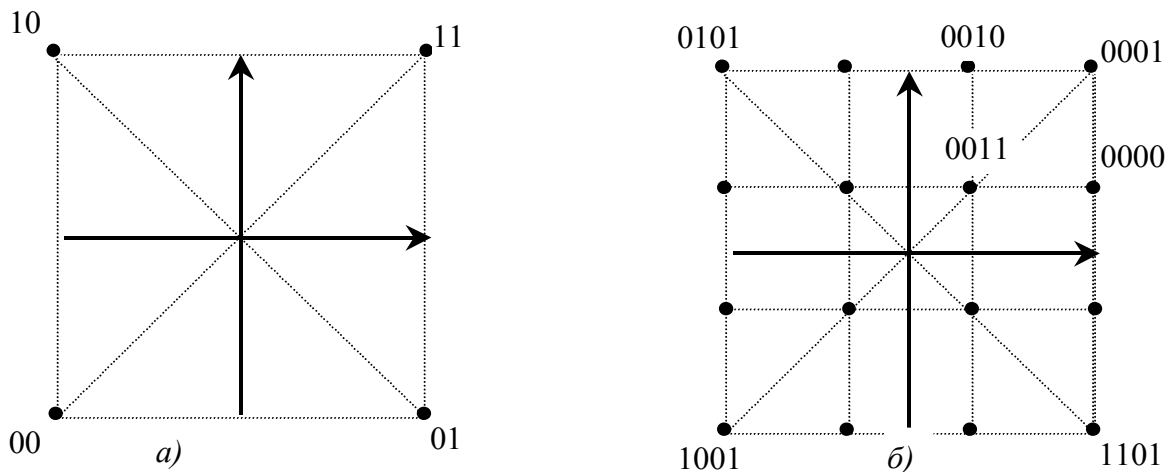


б) Относителна двупозиционна ДФМ



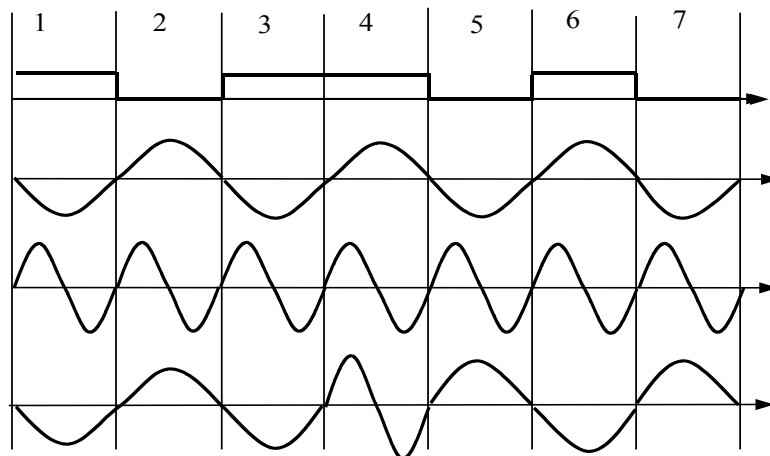
в) Трикатна ОДФМ

Комбинирани амплитудно-фазови модуляции



Квадратурна фазова модулация: а) четирикратна и б) 16-кратна амплитудно-фазова

в) Дискретна честотна модулация

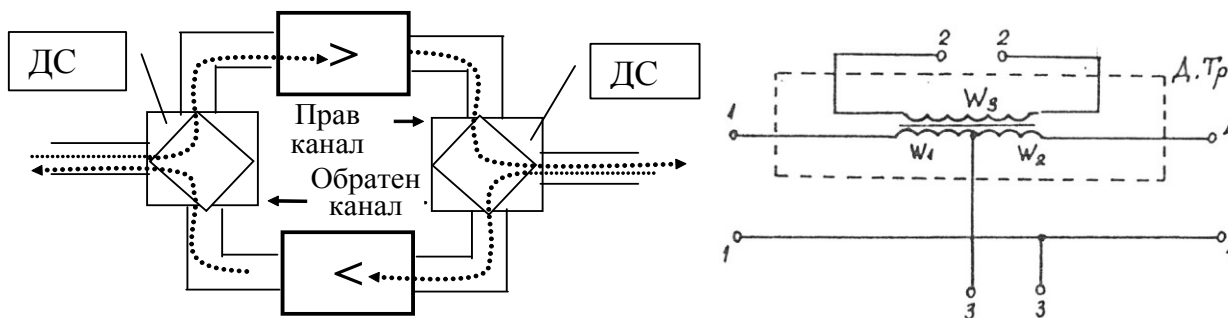
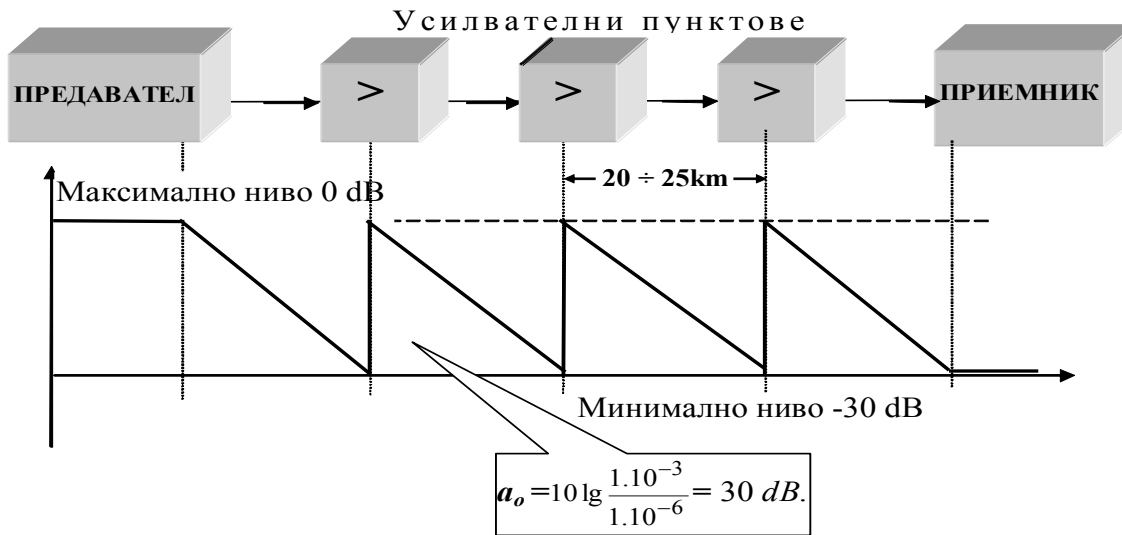


Честотна манипулация MSK: когато съседните импулси са нули - f_2 , когато четният е 0, а нечетният 1 - f_1 , когато четният е 1, а нечетният 0 - инверсия на f_1 , когато са единици - инверсия на f_2 .

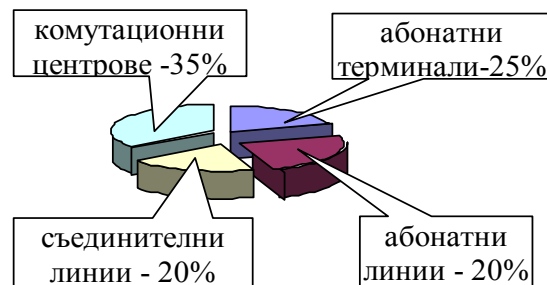
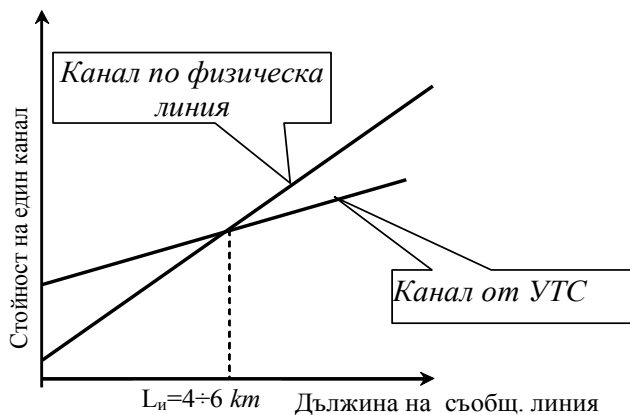
4.2 Уплътняване (мултиплексиране)

4.2.1 Канали за тонална честота

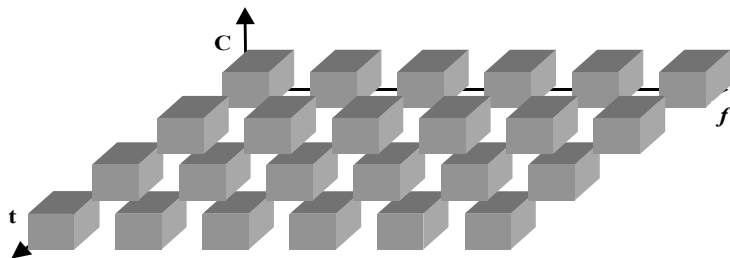
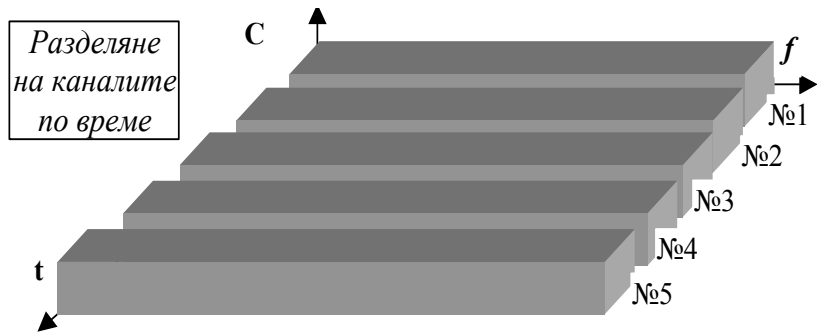
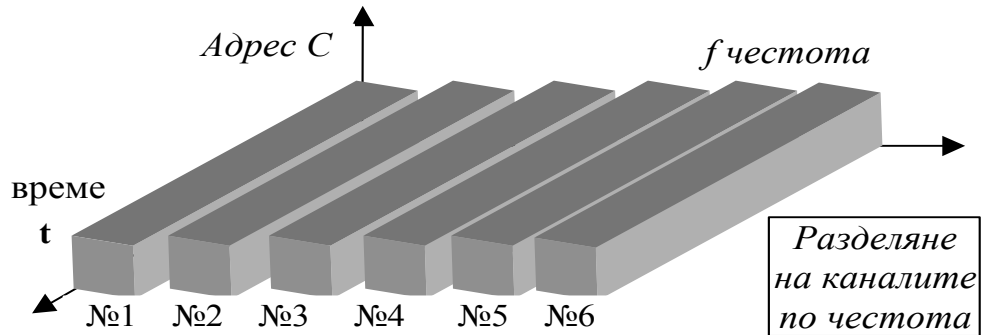
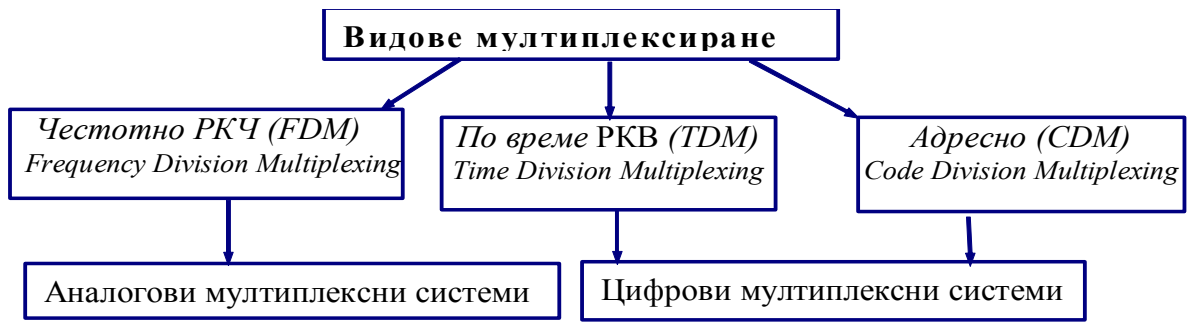
Максималната мощност на изхода на телефонния апарат е 1 mW, а чувствителността на телефонния апарат е 1 μ W. За да се проведе нормален разговор е необходимо затихването между два телефона да не бъде по-голямо от a_0 .



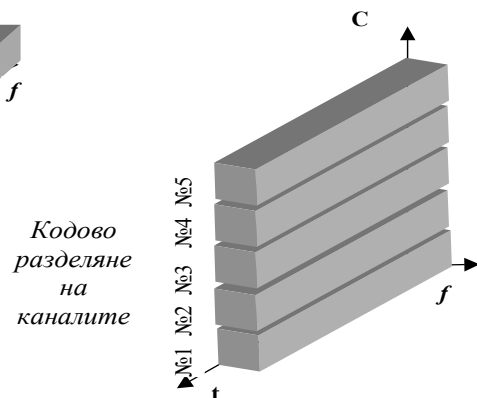
Уплътняване (мултиплексиране - *multiplexing*) се нарича *процесът на формиране на много съобщителни канали по една и съща преносна среда така, че да могат да работят едновременно без взаимно влияние.*



4.2.2. Принцип на мултиплексиране

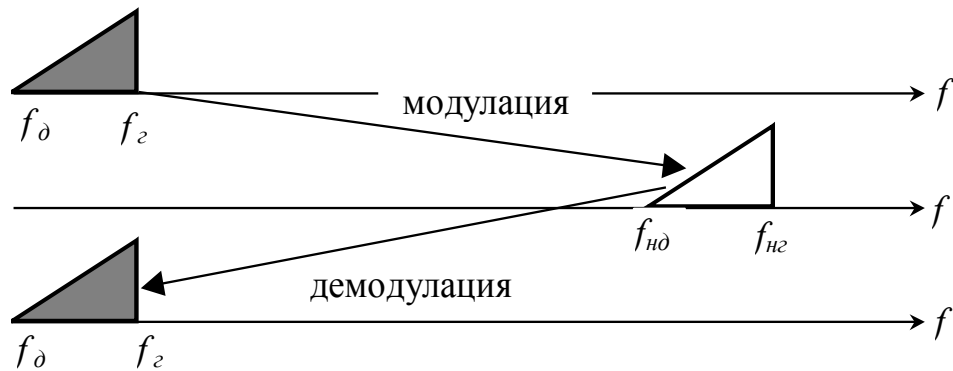


Обединение на РКЧ и РКВ в една система

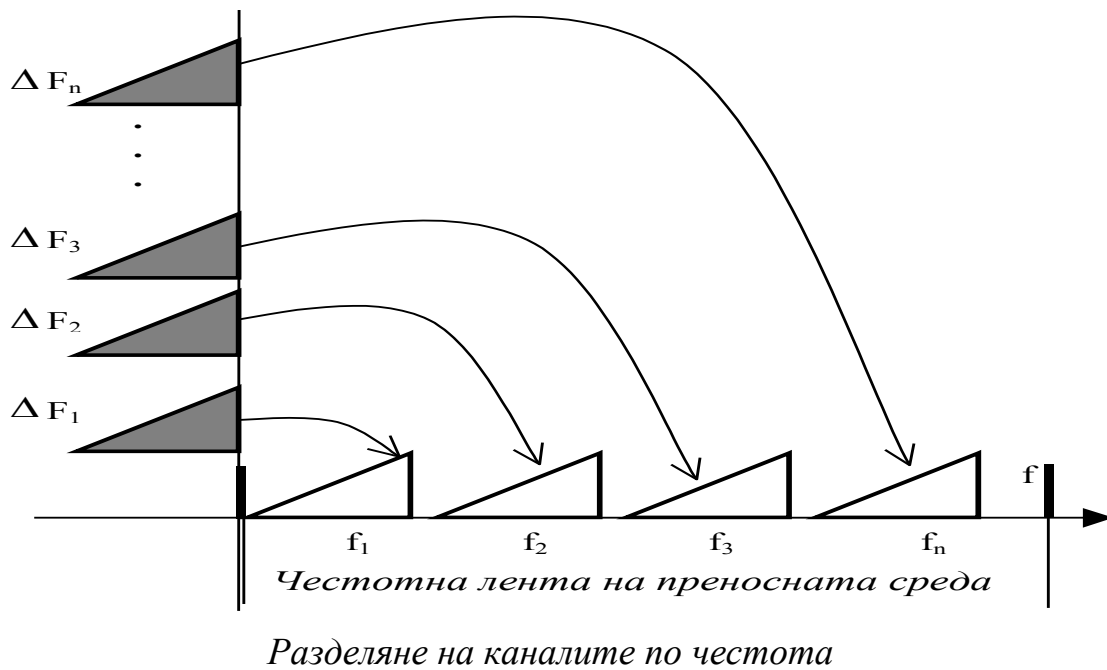


4.2.3 Честотно мултиплексиране (FDM)

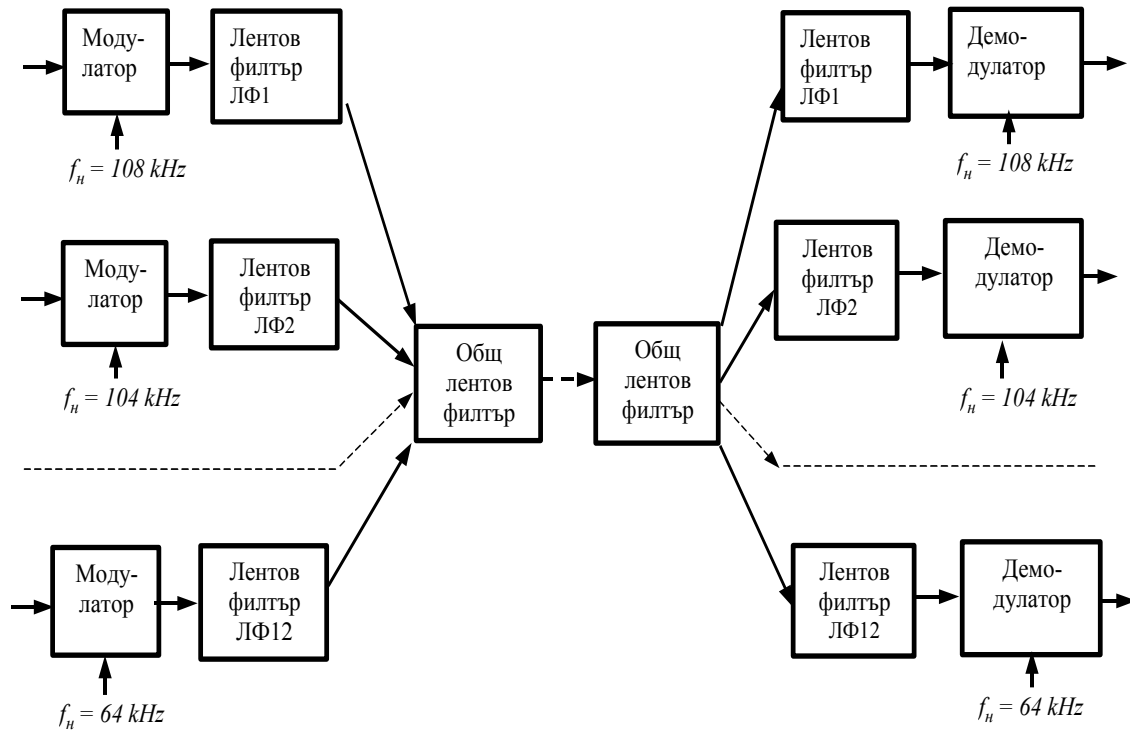
Честотното преобразуване (*frequency conversion*) е процес, при който заеманата от един сигнал честотна лента се пренася в друга част на спектъра.



Разделянето на каналите по честота се извършва чрез честотно преобразуване



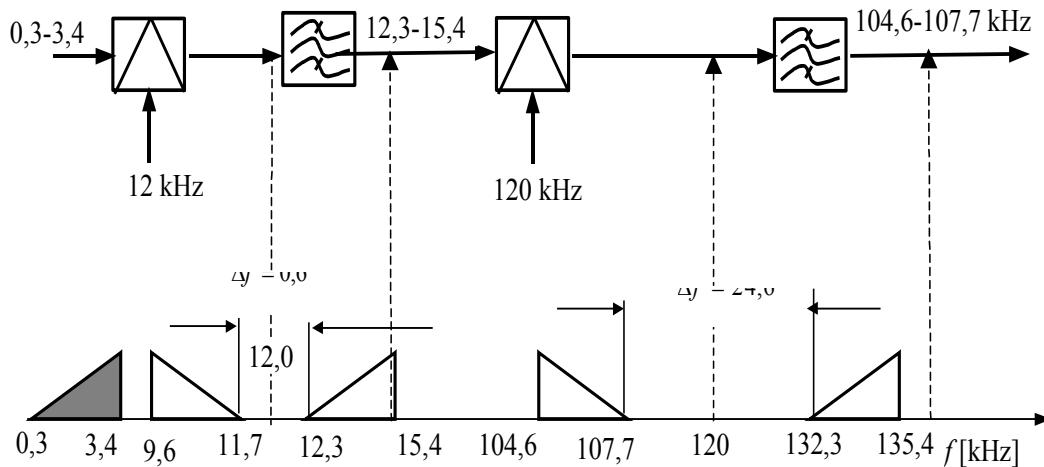
Аналогови уплътнителни системи (Analogue Multiplex System)



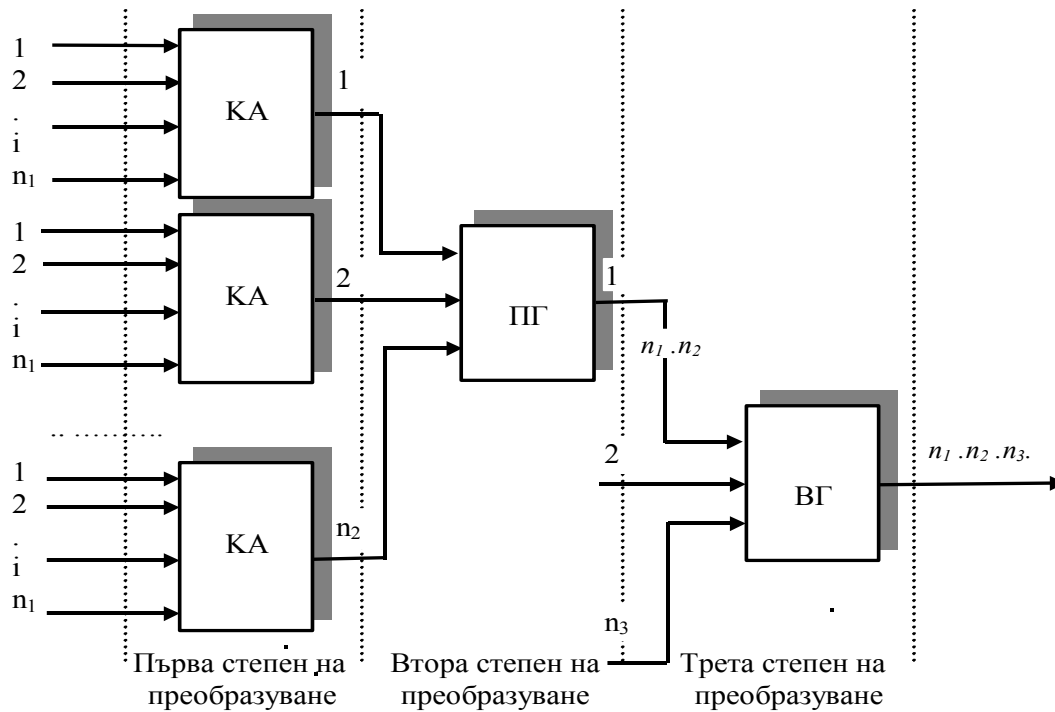
симплексна 12 – канална уплътнителна телефонна система
(първична основна група)

4.2.4 Йерархия в системите с честотно разделяне на каналите

Съвременните мултиплексни системи достигат до уплътнение на 900 канала. Как се постига толкова голям капацитет?



Двукратно честотно преобразуване



Многократното преобразуване на честотите

*КА – канална апаратура;
 ПГ – първична група
 ВГ – вторична група*

Носещи честоти

420 kHz, 468 kHz, 516 kHz, 564 kHz и 612 kHz

След първата степен - 60 канала

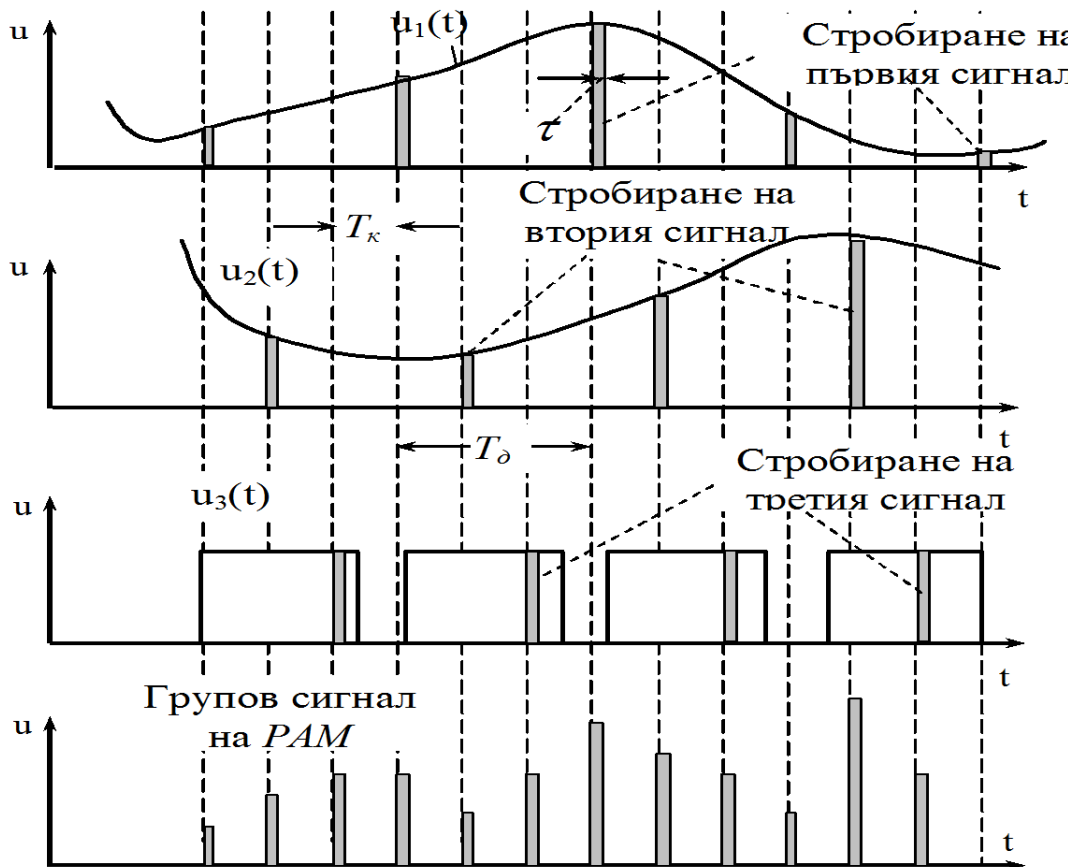
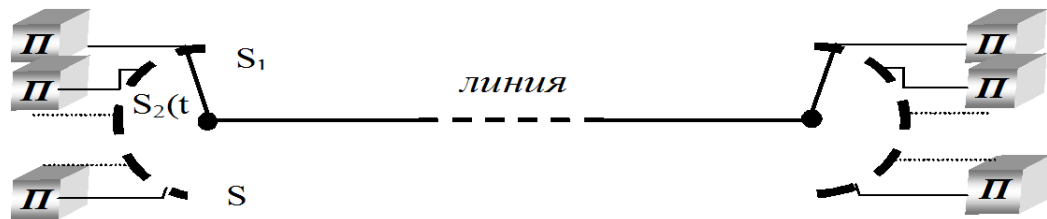
Групов сигнал: $f_{2н} \div f_{2в} = (420 - 107,7) \div (612 - 60,6) = 312,3 \div 551,4$ kHz.

След третата степен

$12 \times 5 \times 5 \times 3 = 900$ канала, честота 12 388 kHz.

4.3 Принципи на мултиплексиране с разделяне на каналите по време

Уплътняването по време (TDM – time division multiplexing) представлява последователно, циклично, за къси интервали от време, предоставяне на преносната среда на всяка двойка кореспондиращи си абонати от множество едновременно протичащи сесии. Разпределителите „се въртят“ синхронно и синфазно и правят един пълен оборот за време T_δ . При уплътняване по време аналоговия сигнал се преобразува в цифров.



Амплитудно-импулсна модулация: T_δ – период (интервал) на дискретизация

F_δ – честота на дискретизация; T_k – канален интервал

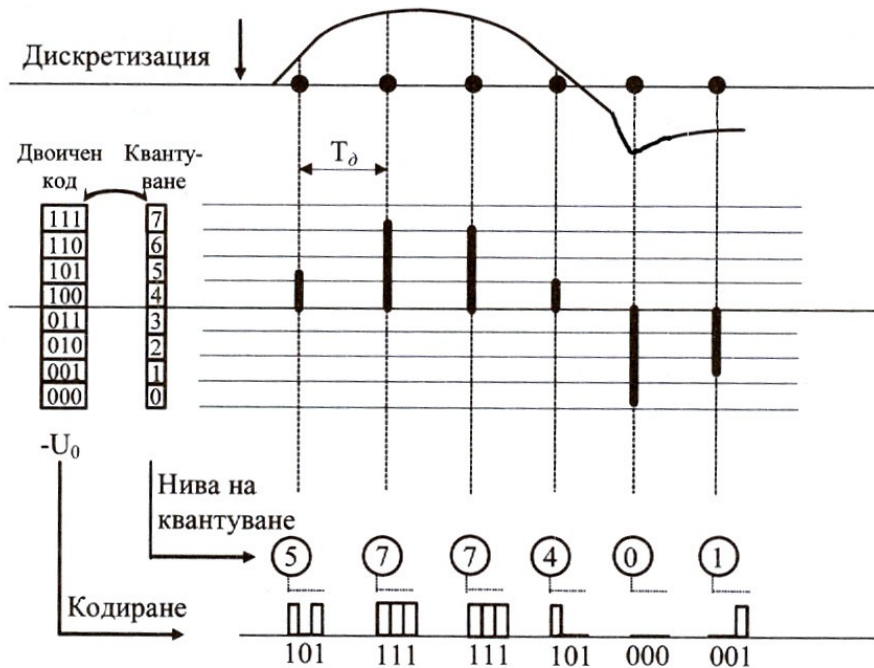
Теорема на Котелников - Найкуист:

$$T_\delta = \frac{1}{F_\delta} \leq \frac{1}{2f_{\max}}; \quad F_\delta = 1/T_\delta; \quad \text{трябва } F_\delta \geq 2F_{\max}$$

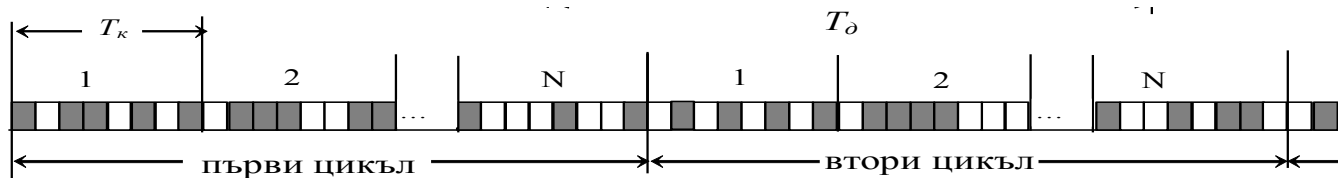
Импулсно кодова модулация (pulse-code modulation - PCM).

Три основни операции:

- Дискретизация по време (*sampling*)
- Квантуване (*quantizing*) (Δ - стъпка на квантуване)
- Кодиране (*encoding*).



При цифрово мултиплексиране в рамките на един интервал на дискретизация T_d (наричан вече **ЦИКЪЛ**) се разполагат кодовите комбинации на всичките N уплътнявани сигнали. На всеки сигнал се полага един канален интервал:



Групов сигнал

- канален интервал: $T_k = \frac{T_d}{N}$; N -брой на каналите
- шум от квантуване
- тактова честота: $f_t = F_d N m$, където m е броят на разрядите в кодовата комбинация на цифровия сигнал

$$m = \log_2 [\text{брой на квантуваните нива}]$$

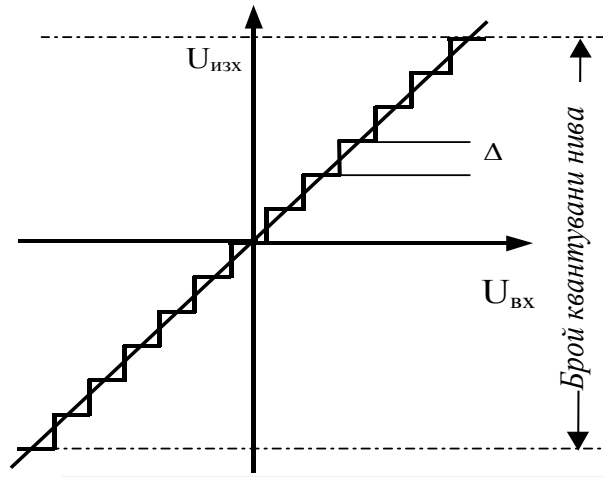
За телефонен канал:

- $F_{max} = 3\,400\text{ Hz}$, $F_d = 8\,000\text{ Hz} > 2 F_{max} = 6800\text{ Hz}$
- период (интервал) на дискретизация $T_d = \frac{1}{8000} = 125\ \mu\text{s}$
- 256 нива на квантуване, $m = \log_2 256 = 8$, т.е. 8-разрядни комбинации

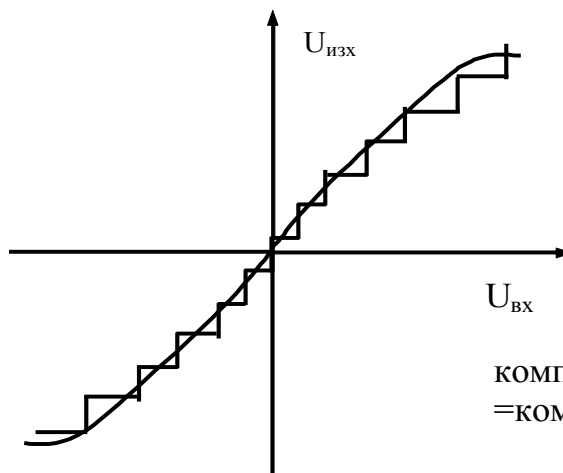
- скорост на предаване на един цифров телефонен сигнал $B_t = 8000 \times 8 = 64 \text{ KBaud} = 64 \text{ kBit/s}$
- ефективна ширина на спектъра $F_{ef} = \frac{B_t}{2} = 32 \text{ KHz}$, т.е. сега сигналят заема 8 пъти по-широка честотна лента от тази на аналоговия

Равномерно (линейно) и неравномерно квантуване

Линейно квантуване



Нелинейно квантуване



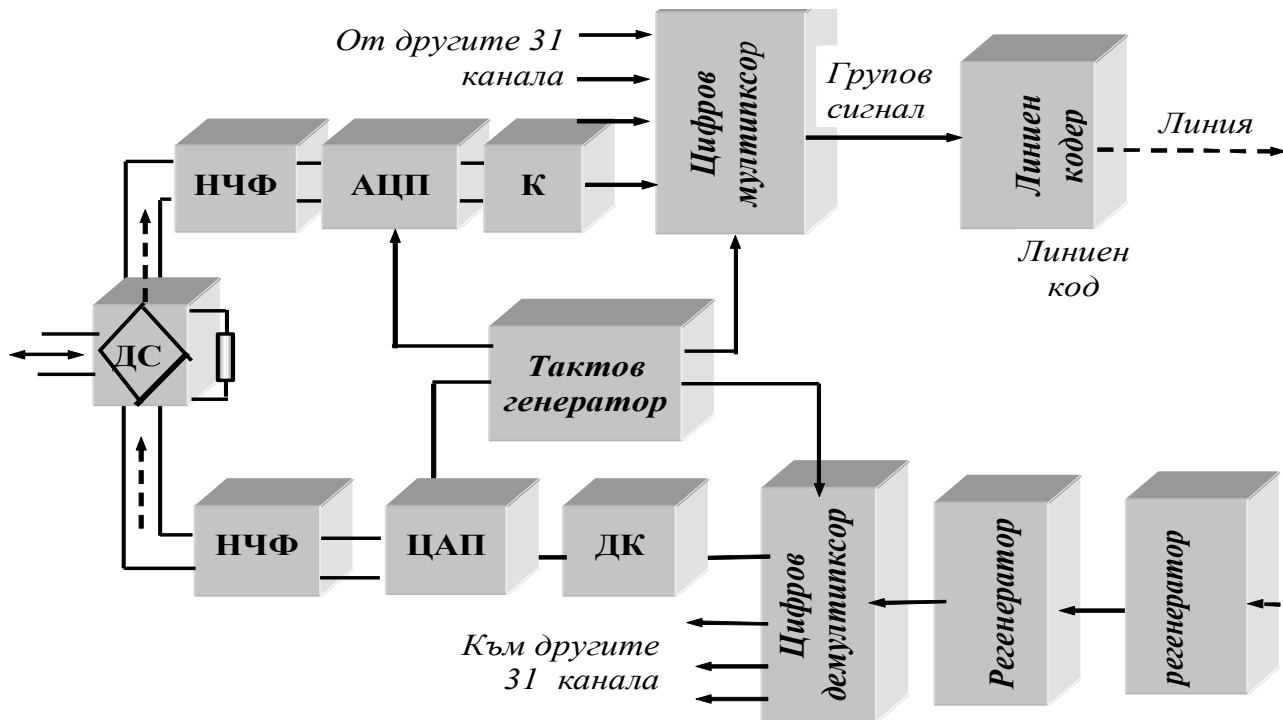
компресия + експанзия =
=командиране

Закони за компресиране: **A-закон** (ITU-T за Европа) **μ-закон** (за Америка)

A-законът се представя с

$$y(x) = \begin{cases} \text{sgn}(x) \cdot \frac{1 + \ln A|x|}{1 + \ln A} & \text{за } \frac{1}{A} < |x| < 1 \\ \frac{Ax}{1 + \ln A} & \text{за } -\frac{1}{A} < x < \frac{1}{A}, \end{cases} \quad \text{където } A = \text{const} = 87,6$$

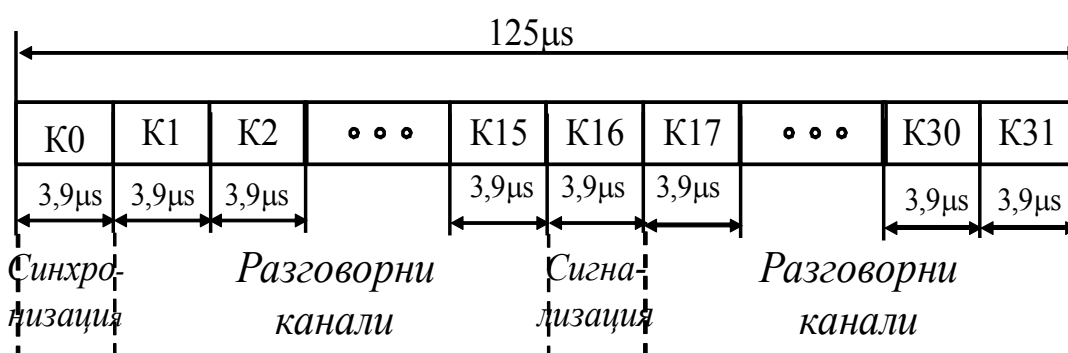
Блокова схема на УТС с ИКМ 30/32



При 32 канала:

- $f_t = F_d \cdot m \cdot N = 8000 \times 8 \times 32 = 2,048$ [МВaud = Mbit/s.]
- T_k – канален интервал = $\frac{125}{32} = 3,9 \mu s$

Структура на цикъла на ИКМ 30/32



Синхронизация в цифровите мултиплексни системи

- **Тактова** – определя честотата и фазата на повторение на битовете, предавани в общия групов цифров поток. Осигурява еднаква скорост на обработка на предаваните сигнали по целия цифров канал. За тактова синхронизация се използва тактов сигнал, извлечен от приемния ИКМ групов сигнал. Това означава, че съседните импулси в груповия линиен сигнал трябва да се отличават помежду си с някакъв информационен признак, даже когато носят еднакви логически стойности - > линийно кодиране

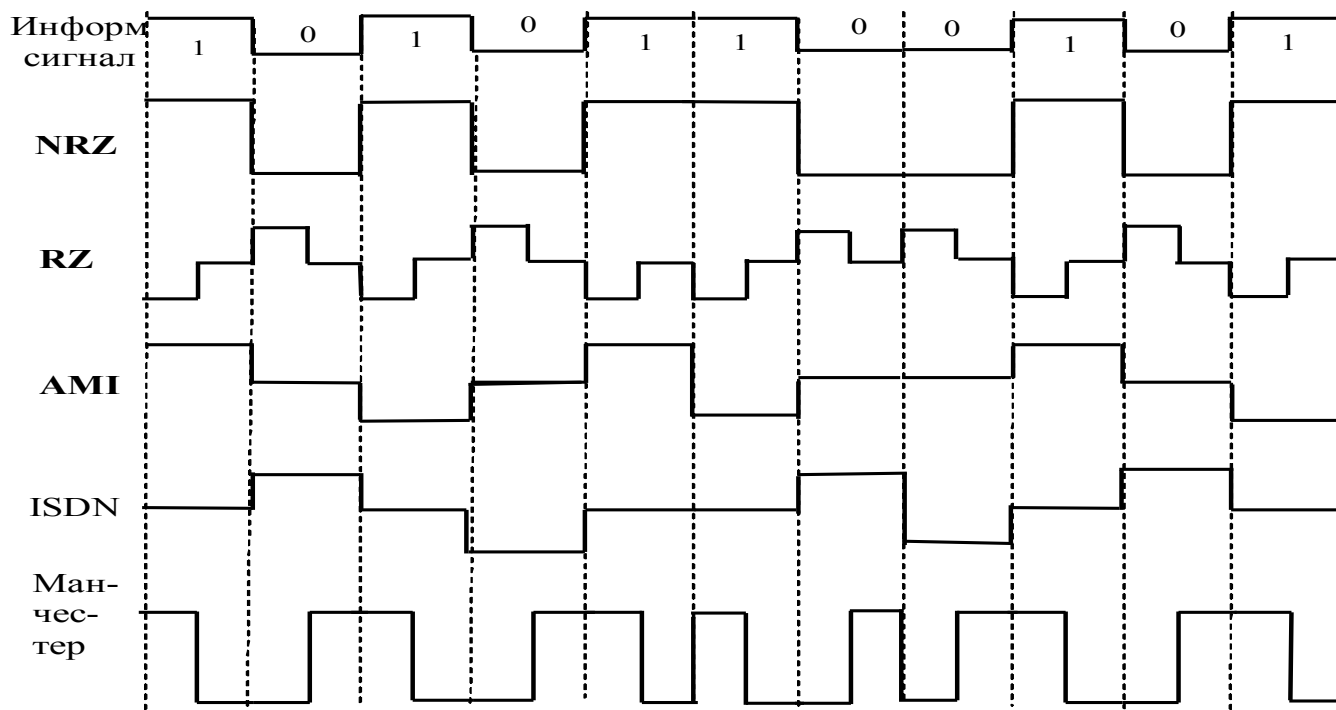
- **Циклова** (*Синхросигнал* 0011011) - Осигурява на разпределителите едновременно местонахождение на едноименни стъпки. Използва се синхросигнал - 0 КИ на всеки четен цикъл (честотата на следване на цикловия синхросигнал е 4 kHz). 0 КИ на нечетен цикъл се използва за предаване на данни и спомагателни сигнали.
- **Свърхциклова синхронизация** - сигнали за управление и взаимодействие (СУВ) - набиране на телефонните номера, заемане на съоръженията в комутационните възли, таксуване на разговорите, разпадане на връзката (**Свърхцикъл**: 16 цикъла по 125 μ s се обединяват в един цикъл от 2000 μ s за целите на синхронизацията)

Линийно кодиране и скремблиране

Необходимост от линейно кодиране

Линийни кодове: *тринивови и двунивови*

Изисквания: относително проста техническа реализация, да осигуряват синхронизация между Пр и Пм, да разпознават грешки от тип 0-1 и 1-0, спектърът им да не съдържа постоянна съставяща, малка ширина на спектъра при голяма скорост на предаване.



Скремблиране - логическа обработка - подложения на скремблиране код се сумира побитово по «модул 2» с предишните тактове и се получава резултантен код, който се изпраща като линейен. По такъв начин говорните сигнали се модифицират така, че стават неразбираеми.