

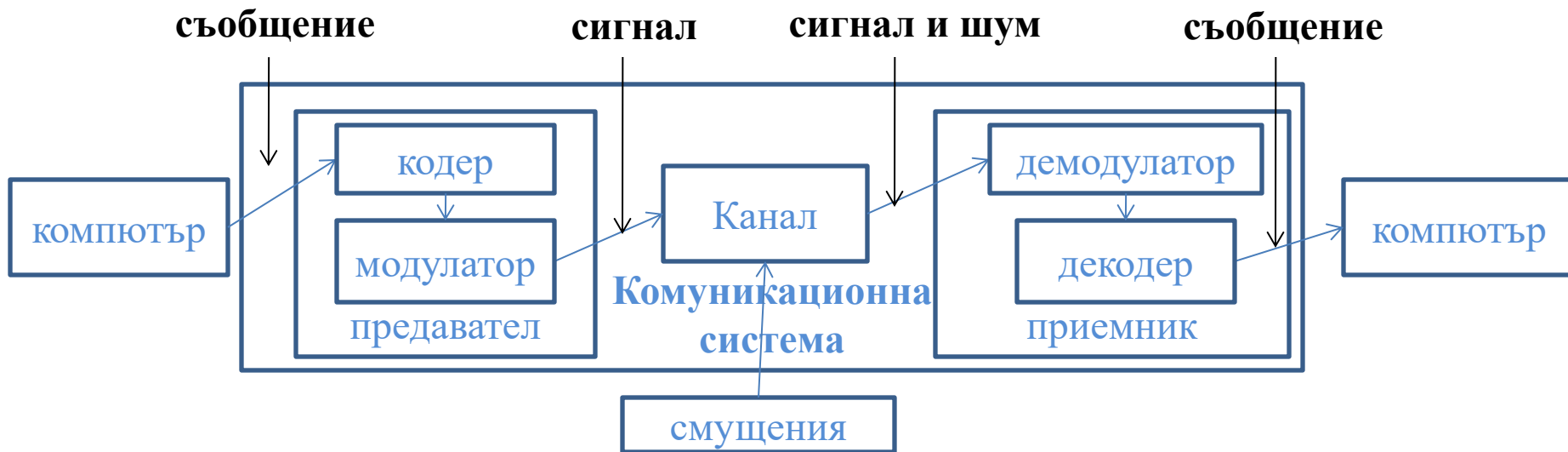
Модулация. Същност. Видове.

доц. д-р инж. Айдын Хъкъ

ОСНОВНИ МОМЕНТИ

- Модулация. Същност.
- Предназначение.
- Основни видове.
- Приложение.

Сигнал

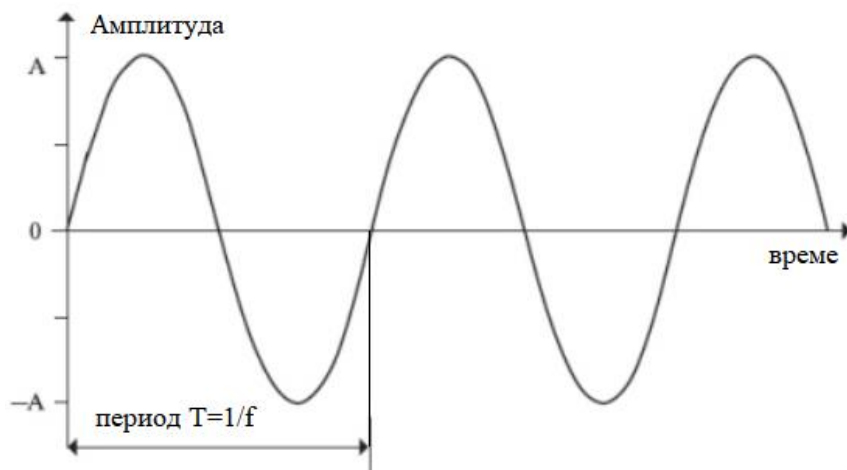


- **Сигналят** е физически процес, служещ за пренос на информация.
- Сигналите са:
 - електрически,
 - звукови,
 - светлинни,
 - магнитни,
 - и др.

Видове сигнали

- Според значенията им във времето:
 - непрекъснати,
 - дискретни.
- Според закона, по който се изменят:
 - **Хармоничен** сигнал – сигнал, който се изменя по синусоидален или косинусоидален закон,
 - **Нехармонични**.
- Според повторението им във времето:
 - **Периодичен** сигнал – приема повтарящи се стойности през определен период от време,
 - **Непериодични**.

Параметри на сигнала



$$s(t) = A \sin(2\pi ft + \varphi)$$

- Синусоидата е пример за основен непрекъснат хармоничен и периодичен сигнал.
- Определя се с:
- **A- максимална амплитуда** – максималната стойност във времето. За електрически сигнал се измерва във ВОЛТОВЕ.
- **f- честота** – темп на повторение на сигнала (периоди за секунда) и се измерва в Hz. Обратно пропорционална на периода T (времето на повторение на сигнала).
- **φ –фаза** - отместване в рамките на отделния период.

Предаване на сигнали

- Информацията се носи от електрическите **сигнали в основна лента (Baseband)**.
- Информационните сигнали са:
 - нискочестотни;
 - с не много висока амплитуда;
 - силно се влияят от нискочестотния шум;
 - силно затихване при разпространяване (т.е. могат да се предават само по кабел или на много къси разстояния безжично).
- Антените за излъчване на безжичен сигнал в този обхват са много големи (те са сравними с дължината на вълната, която е стотици метри).

Високочестотен сигнал

- По-високочестотните сигнали се разпространяват с **по-малки загуби** по въздух и по оптичен кабел.
- При по-високи честоти **антените са по-малки по размери** поради по-малката дължина на вълната.
- Антените имат по-добра насоченост, поради което се **използват предаватели с по-ниска изходна мощност**.
- На по-високи честоти има доста ефективни **нискошумящи усилватели и приемници**.
- При много високочестотни сигнали е нужна **пряка видимост** между предавател и приемник.
- Могат да се поместват **повече на брой канали** (да се предава по-голям по обем трафик) или по-широки канали (по-висококачествени комуникационни услуги и по-бърз трансфер на информацията в bits/s).

Модулация



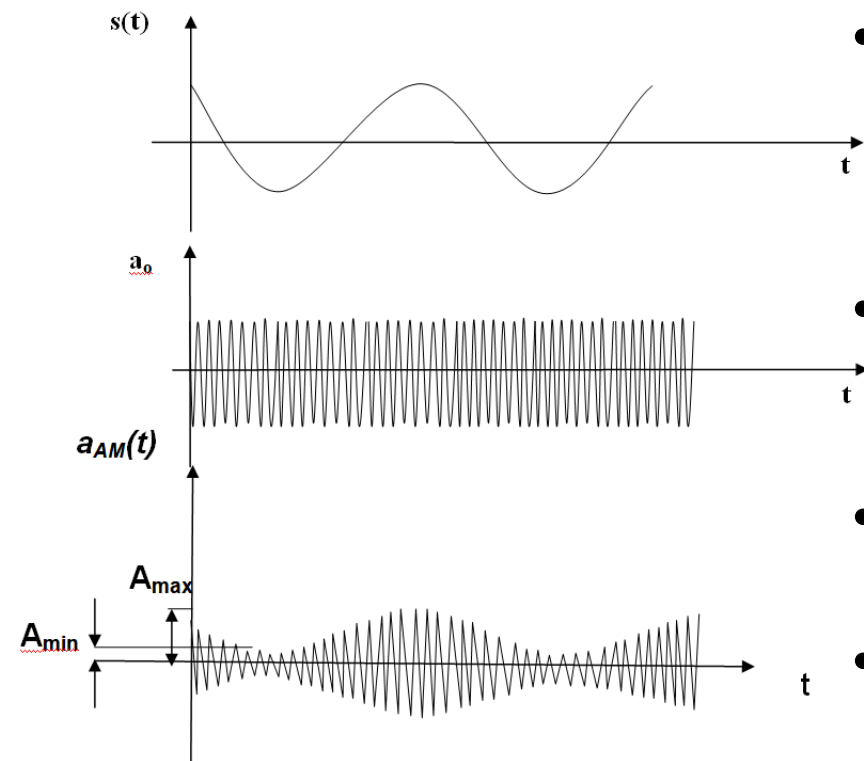
- **Модулацията** представлява пренасяне на спектъра на сигнала-носител на информация във високочестотната област, чрез изменение на параметрите на високочестотен сигнал (**носещ**), под действието на сигнала-носител на информация (**информационен, модулиращ**).
- **Модулираният сигнал (Passband)** се получава при нелинейното смесване на сигнала в основна лента с носещ сигнал.

Видове модуляции

В зависимост от вида на информационния (baseband) сигнал:

- **Аналогова** - в зависимост от това, кой от параметрите се променя под влияние на модулиращия сигнал:
 - амплитудна (АМ)- изменя се амплитудата A ;
 - честотна (FM)– изменя се честотата f ;
 - фазова (PM)– изменя се фазата φ ;
- **Цифрова (манипулация)** - Когато модулиращия сигнал е импулсен, модулацията се нарича манипулация:
 - амплитудна - ASK (Amplitude Shift Keying);
 - честотна – FSK (Frequency Shift Keying);
 - фазова – PSK (Phase Shift Keying);

Амплитудна аналогова модулация (АМ)



$$m = (A_{max} - A_{min}) / (A_{max} + A_{min})$$

$m \ll 1$ слаба АМ

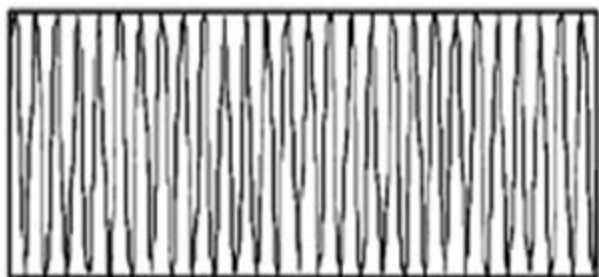
$m \sim 1$ дълбока АМ

$m > 1$ премодулация

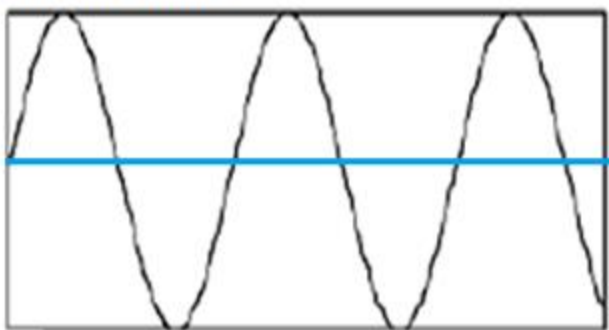
Оптималната стойност е $m \sim 0.5$

- АМ е процес, при който се изменя амплитудата на високочестотното трептение в съответствие с модулиращия сигнал.
- **АМ е със слабо или почти никакво приложение в съвременните комуникации.**
- Въвежда се основен параметър m – дълбочина на АМ.
- Основното преимущество на АМ модулацията е, че тя има най-тясната възможна честотна лента на модулиран сигнал (ако $m < 1$).
- АМ е най-слабо защитеният вид модулация в комуникационния канал, податлива на всякакъв вид смущения.

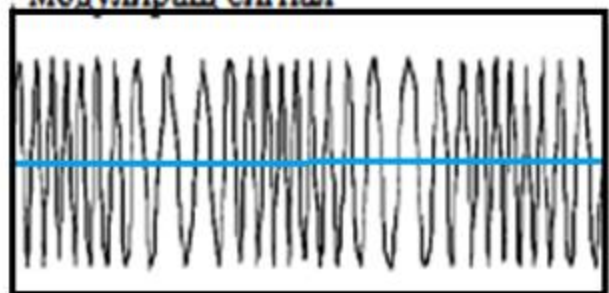
Честотна аналогова модулация (FM)



носещ сигнал



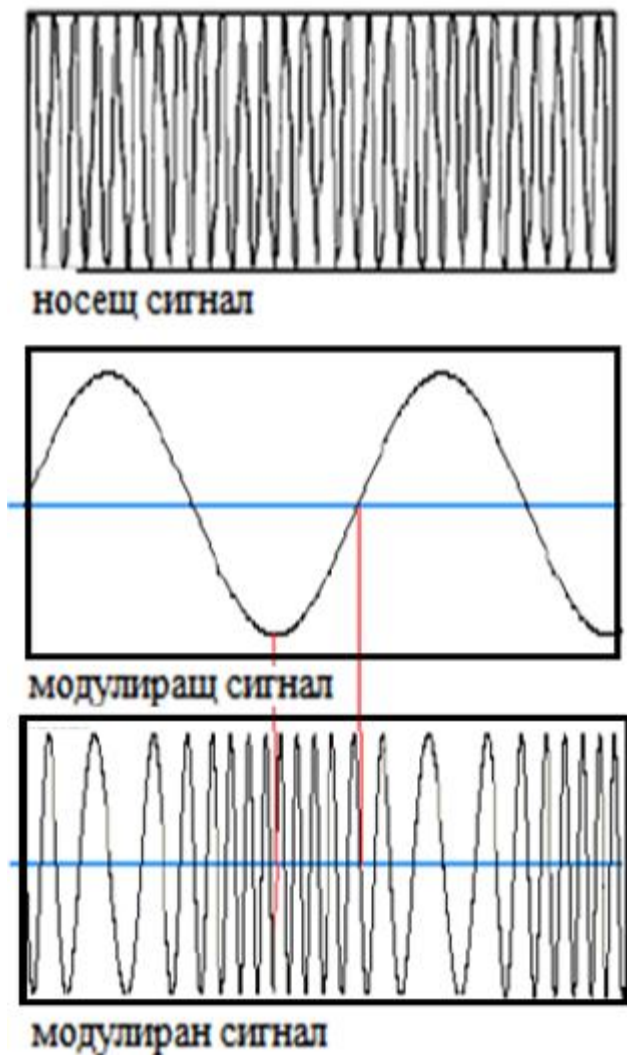
модулиращ сигнал



модулиран сигнал

- FM е процес, при който се изменя честотата на високочестотното трептение в съответствие с модулиращия сигнал.
- FM е със сериозно приложение в аналоговите комуникации.
- FM модулация се използва за качествено радио и TV разпръскване и в мобилните 1G мрежи с FDMA тип на достъпа до канала.
- Параметърът дълбочина на FM модулацията m е отношението на честотната девиация Δf_p (в УКВ - 75kHz) и разстоянието между отделните носещи честоти f_m .
- m зависи от динамичния обхват на baseband сигнала. От него се определя и честотната лента на FM сигнала.

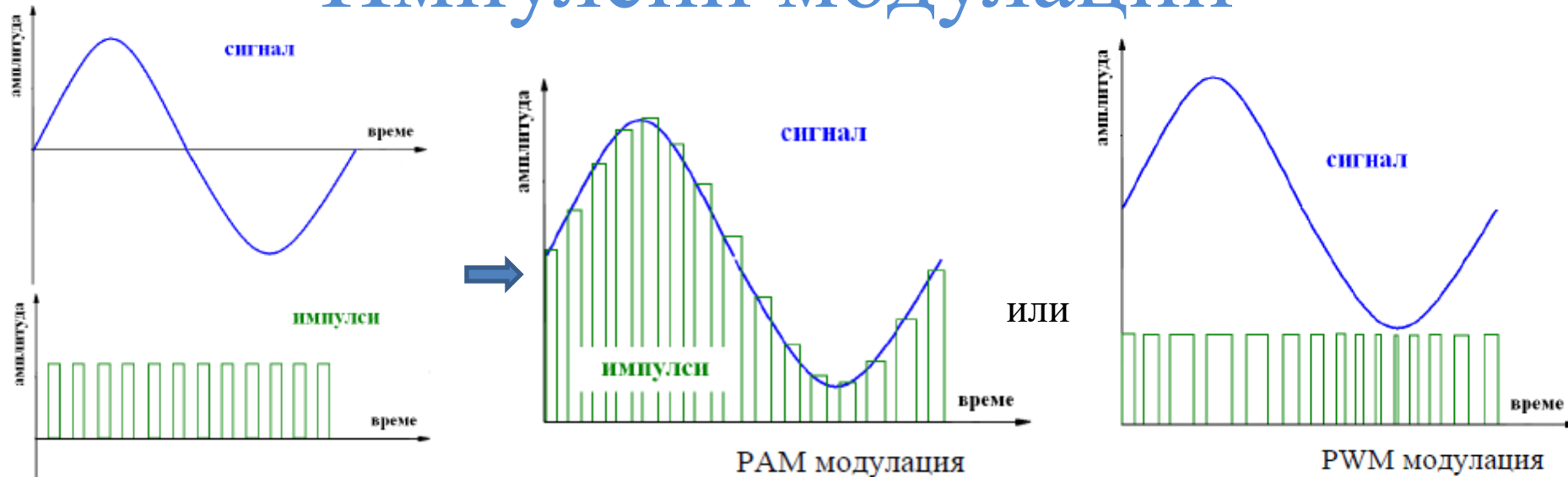
Фазова аналогова модулация (РМ)



- Началната фаза се изменя в такт с модулиращия нискочестотен сигнал.
- Използва се в цветната телевизия за кодиране на основните цветове – изместени са на 33° спрямо основния сигнал.
- Максималното изменение на фазовия ъгъл $\Delta\varphi$ се определя от коефициента на пропорционалност между модулиращия сигнал и фазовия ъгъл $K_{\varphi m}$.

$$\Delta\varphi = K_{\varphi m} a_m$$

Импулсни модуляции

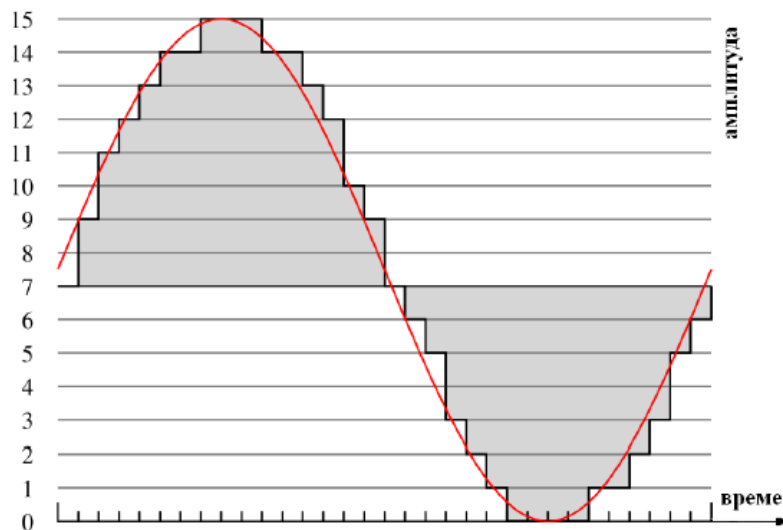


- Когато носещият сигнал представлява периодична поредица от правоъгълни импулси, модулацията се нарича **импулсна**.
- Параметрите на импулса са :
 - амплитуда - A_0 ;
 - период на повторение - T ;
 - продължителност – τ .

Делят се на:

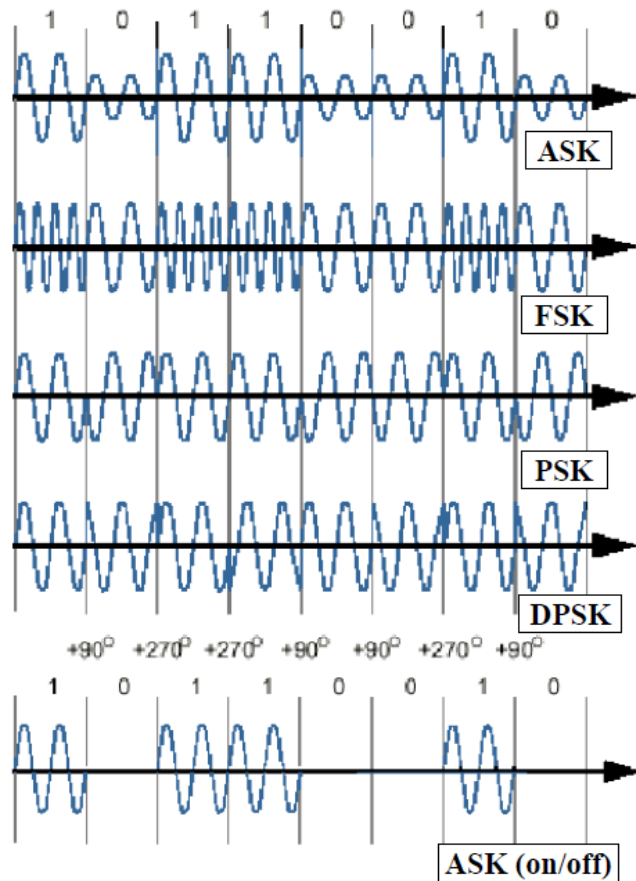
- амплитудно-импулсна (РАМ- pulse amplitude modulation),
- широчинно-импулсна (PWM; pulse width modulation),
- фазово-импулсна,
- и др.

Импулсно-кодова модулация (PCM)



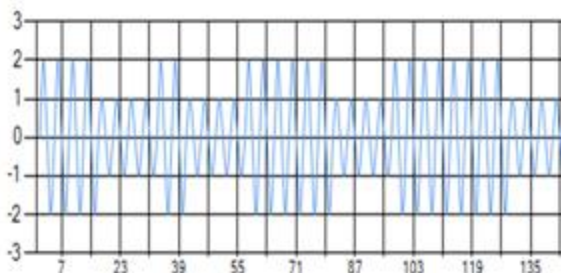
- Импулсно-кодовата модулация (PCM- Pulse Code Modulation) е начин за преобразуване на аналогов сигнал в цифров (обикновено в бинарен код) чрез две стъпки:
 - **Дискретизация** на нивата на аналоговия сигнал чрез равномерни отчети (sampling)
 - **Квантоване** на тези нива към серия от символи (по линеен или логаритмичен закон)

Цифрови модуляции (манипуляции)



- Това са методи за преобразуване на цифровия нискочестотен сигнал във високочестотен аналогов модулиран сигнал, подходящ за предаване в комуникационните канали, чрез стъпално изменение (SK, Shift Keying) на:
 - амплитудата - ASK
 - честотата - FSK
 - фазата на носещия сигнал - PSK.
- Това са най-използваните модуляции в съвременните комуникации.
- Търси се най-ефективното използване на спектъра (т. е. максимум пренесени битовете за 1 Hz).
- Тези сигнали изискват по-широка честотна лента, затова се прилага филтриране за стесняване на спектъра, което води до:
 - паразитна АМ модулация,
 - между-символна интерференция.

ASK модуляции

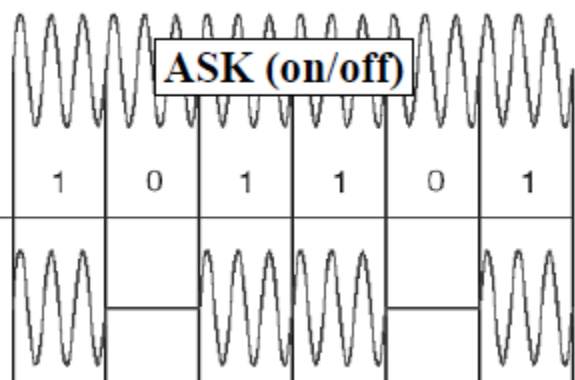


- Амплитудната цифрова модулация ASK е най-простият метод за цифрова модулация, но тя не се използва самостоятелно в модерните комуникации.

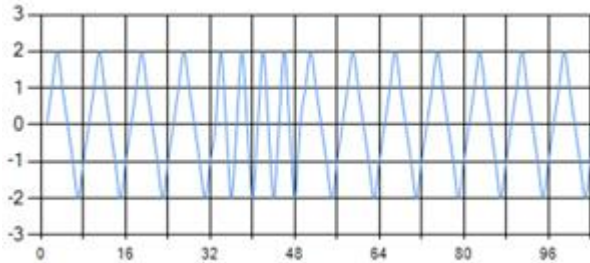
- Тук има проблеми при предаване на дълги редици от битове “0”, защото не може да се направи разлика между нулева редица и изключване на предавателя или силно затихване на сигнала.

- В чист вид тя се ползва само в оптичните комуникационни пръстени (OOK - On/ Off Keying).

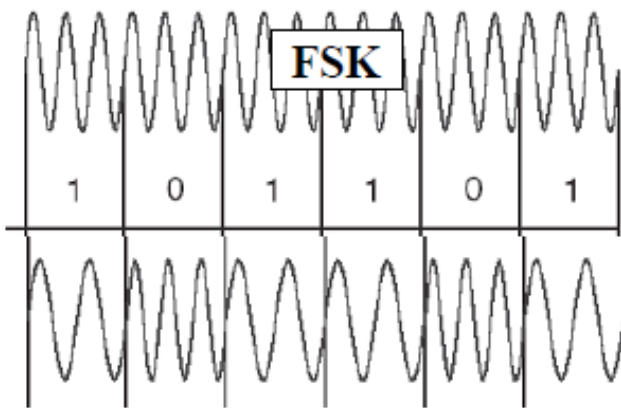
- Най-често се комбинира с фазова модулация.



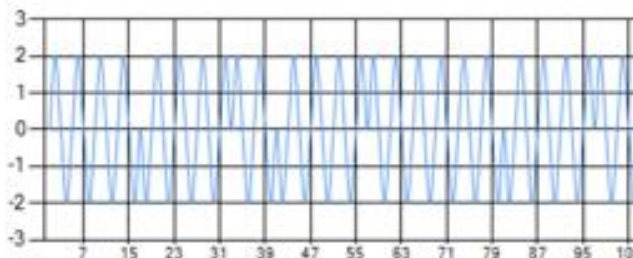
FSK модулация



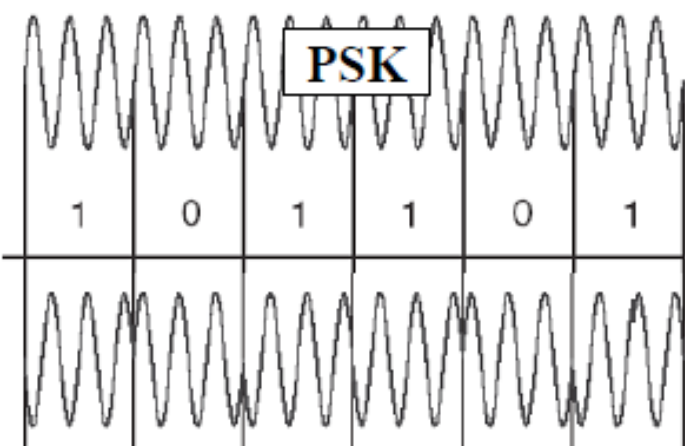
- Честотната цифрова модулация FSK се използва значително по-често от амплитудната ASK.
- При нея битовете “0” и “1” се предават с две честотни състояния на сигнала $f1 < f2$.
- Тук амплитудата на сигнала остава постоянна, но проблем е бързото превключване между двете честотни състояния.
- Има техники за намаляване на честотната лента на FSK модулацията.



PSK модулация

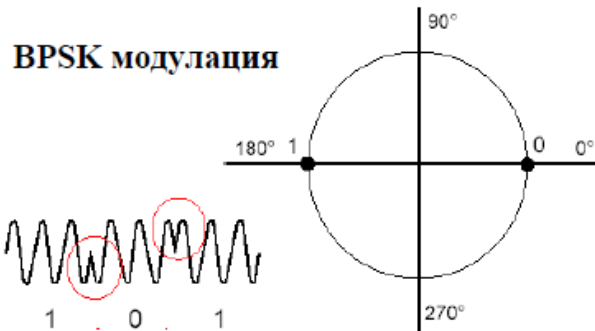


- Фазовата цифрова модулацията PSK е най-използваната съвременна модулация в съвременните и бъдещите комуникации.
- В най-простия случай тя се базира на 180° превключване на фазата на сигнала при предаване на логически “0” и “1”.
- Тук освен амплитудата, честотата също остава постоянна.

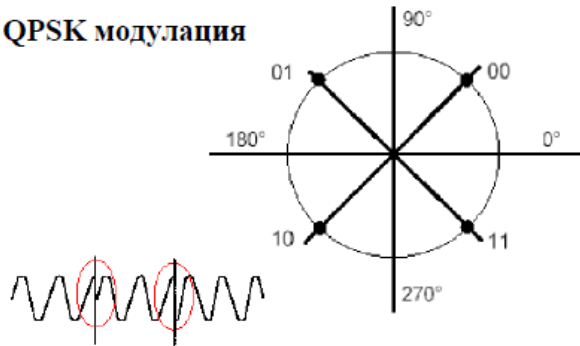


Видове PSK модулация

BPSK модулация



QPSK модулация



$\pi/4$ QPSK модулация



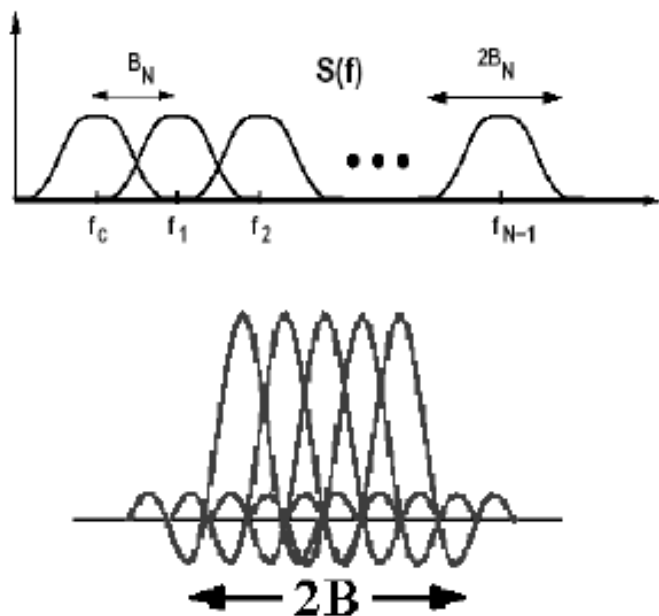
- BPSK (Binary PSK) - най-простият тип PSK модулация, при която битовете “0” и “1” се предават с две фазови състояния на носещия сигнал на 180°.
- QPSK (Quadrature PSK) - двойно намаляване на скоростта на манипулирания сигнал (и на необходимата честотна лента), т.к. битовете се предават по двойки (00, 01, 10, 11) с 4 фазови състояния на носещата на 90°.
- OQPSK (Offset QPSK- За да се избегнат нежелани скокове на 180° (напр. при предаване на група битове 0010), при които възникват паразитни АМ модуляции, се използва модулация с отместване на четни и нечетни битове на 45°.

Модулация с много носещи честоти



- Модулация на цифров сигнал с помощта на много носещи е когато излъчваният поток от битове се разделя на подпотоци и се “носи” от много подносещи.
- Битовата скорост на всеки подканал е много по-ниска от общата.
- Честотната лента на всеки подканал е много по-тясна от общата.
- Броят на подносещите се избира така, че всеки подканал да има честотна лента, при която има силно подтисната междусимволна интерференция (защитен интервал, за да се избегне взаимното влияние между тях).
- Много по-ефективно използване на спектъра се постига с “ортогонални” подносещи, чиито спектри се припокриват, но поради ортогоналността си сигналите си влияят минимално.
- За ефективна модулация броят на подносещите трябва да е голям — напр. в WiMax стандарта те могат да са от 512 до 2048 канала.

Ортогонална модулация (OFDM)



- Ортогоналната честотна модулация (OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access) е най-простият тип многочестотна модулация.
- Най-често се използва в съвременните безжични комуникации.
- Ако се използват правоъгълни сигнали, те не трябва да се застъпват. Ако се използват $1/2$ части от косинусоудални сигнали те могат да се застъпват (максимума на спектъра на дадена подносеща съвпада с нулите от спектъра на близките съседни подносещи).

Въпроси ?

Благодаря за вниманието !