

# Інформаційно-комунікаційні систем. Частина I

Блок змістових модулів 2. Системи передачі даних та системи зв'язку

Тема 6-7

Передавання аналогових та цифрових сигналів в аналоговому вигляді

# Зміст

- **Види аналогової модуляції сигналів**
  - **Сигнал**
- **Методи класичної модуляції цифрових сигналів: амплітудна, фазова, відносно фазова та частотна маніпуляції**
- **Методи багаторівневої маніпуляції**
- **Метод квадратурно-амплітудної маніпуляції**
- **Метод треліс-модуляції**

# 1. Види аналогової модуляції

## Модуляція –

- це процес накладання інформації (або модуляційного сигналу) на другий сигнал з більш високою частотою  $f_0$ , яка називається *несучою частотою*, причому, як правило
$$f_0 = (f_{max} - f_{min}) / 2.$$
  - $f_{min} \div f_{max}$  – смуга пропускання каналу
- Використовується для передачі дискретних даних, які мають широкий спектр по аналоговим лініям, які мають вузьку смугу пропускання

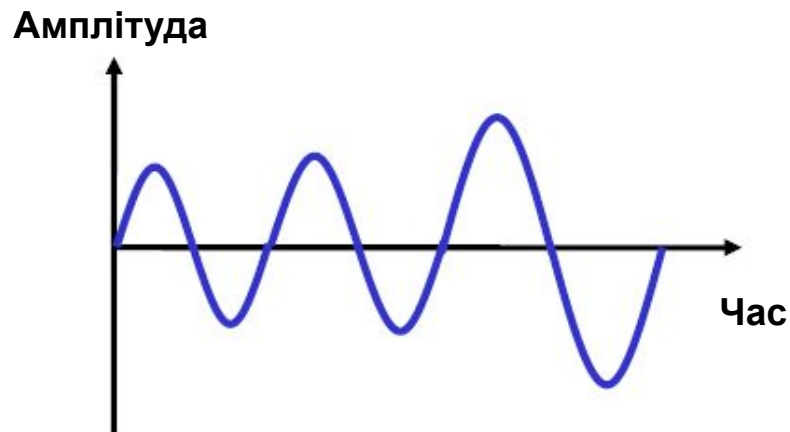
$$x(t) = A \cos(2\pi ft + \phi),$$

де  $A$  – значення амплітуди сигналу в момент часу  $t$ ;  
 $f$  – частота несучої сигналу;  
 $\phi$  – початкова фаза сигналу.

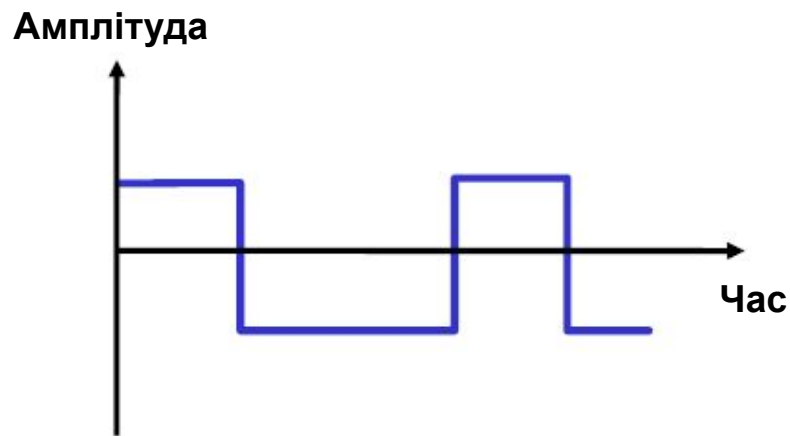
## Демодуляція –

- це процес, зворотний модуляції, що полягає у відновленні даних на основі вхідного модульованого сигналу.

# Сигнал



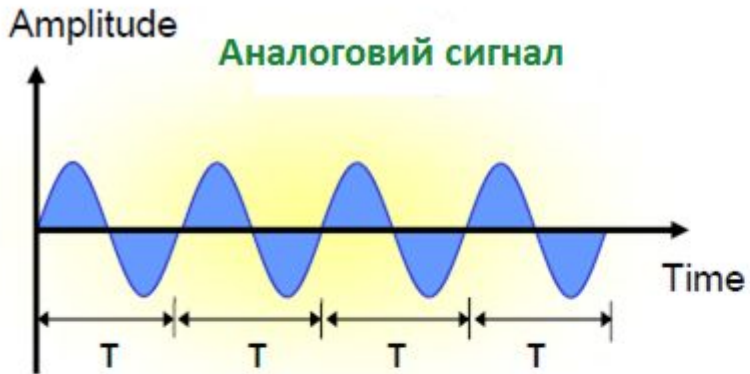
**Аналогова форма  
представлення сигналу**



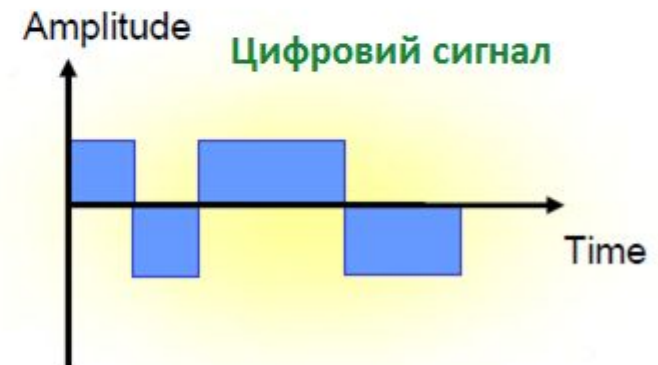
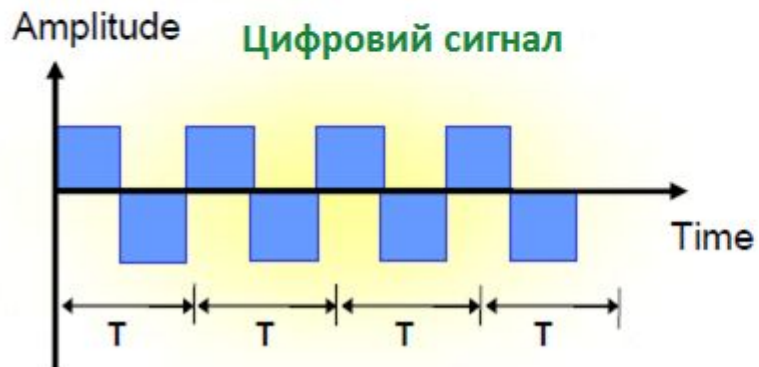
**Цифрова форма  
представлення сигналу**

# Представлення сигналу в часі

## Періодичний сигнал

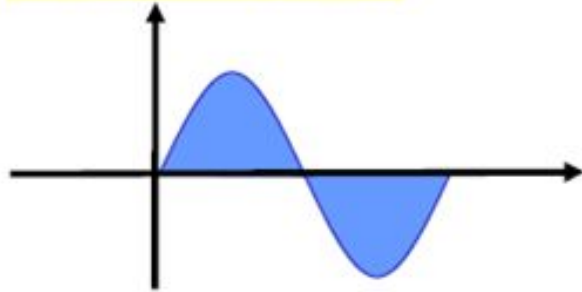


## Аперіодичний сигнал



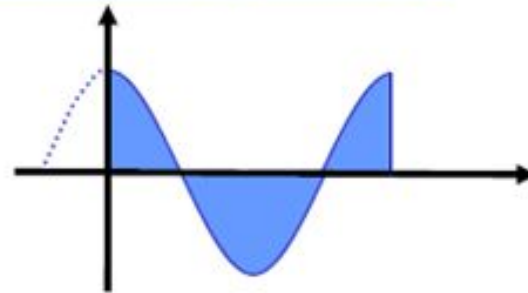
# Поняття фазового зсува

$$s(t) = \sin(2\pi ft)$$



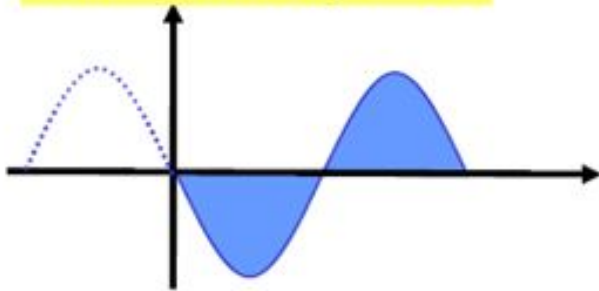
0 градусів

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



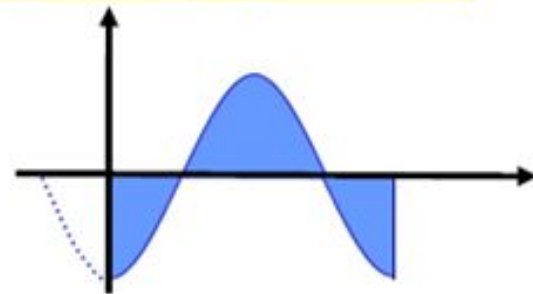
90 градусів

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



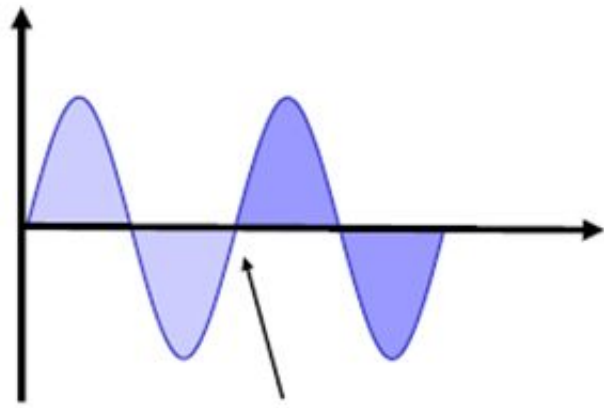
180 градусів

$$s(t) = \sin(2\pi ft + 3\pi/2)$$

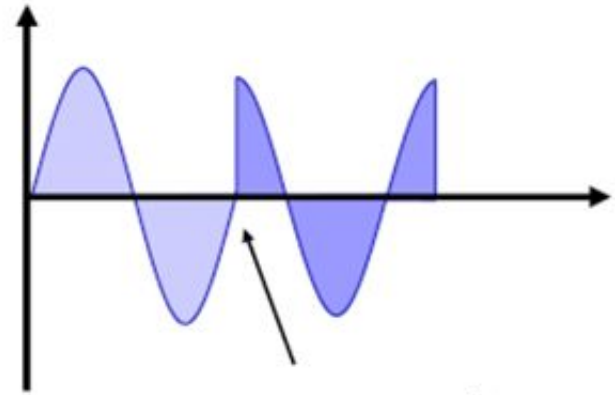


270 градусів

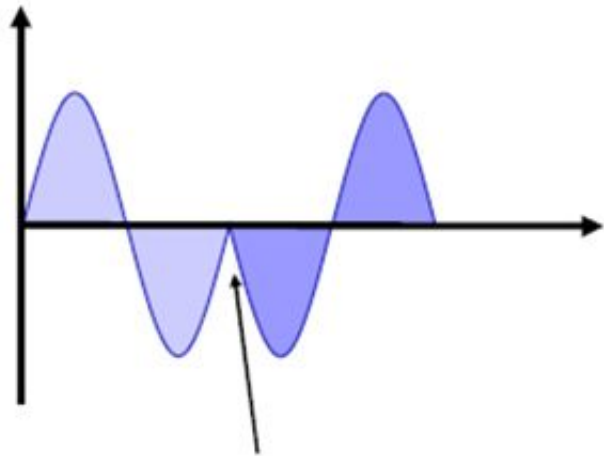
# Поняття зміни фази



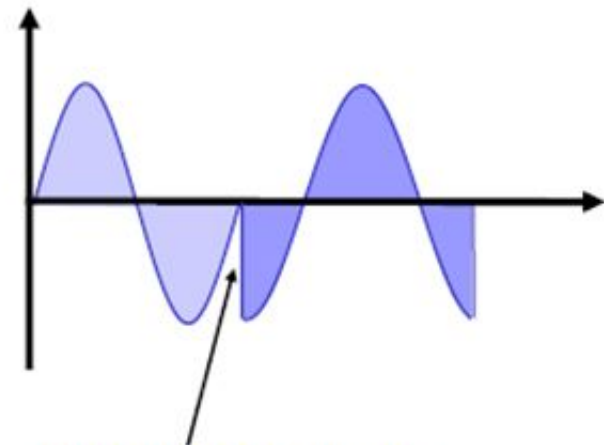
Відсутній зсув



Зсув на 90 градусів



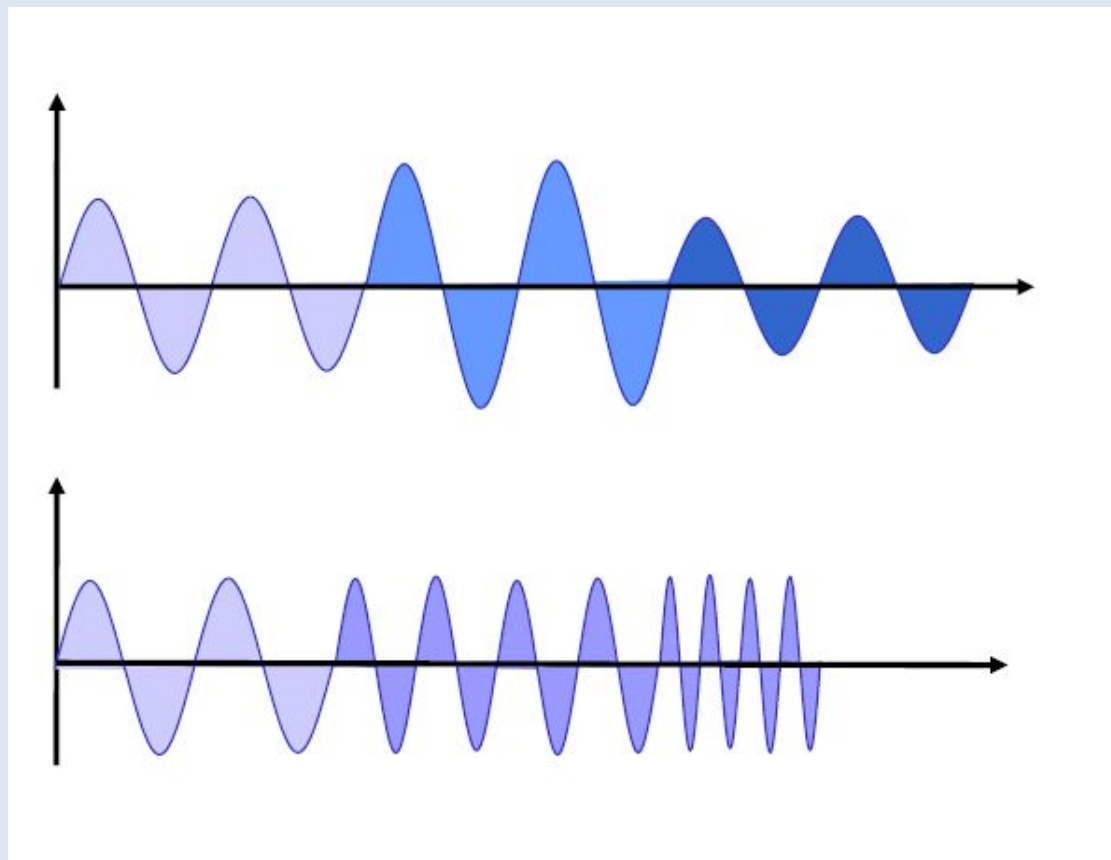
Зсув на 180 градусів



Зсув на 270 градусів



# Варіації амплітуди та частоти



**Амплітудні варації**

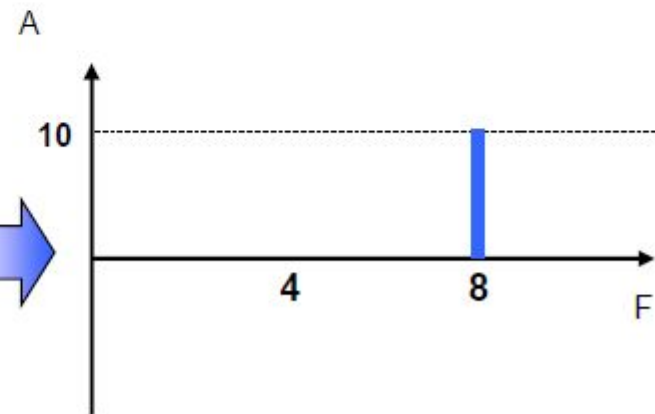
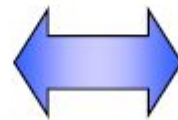
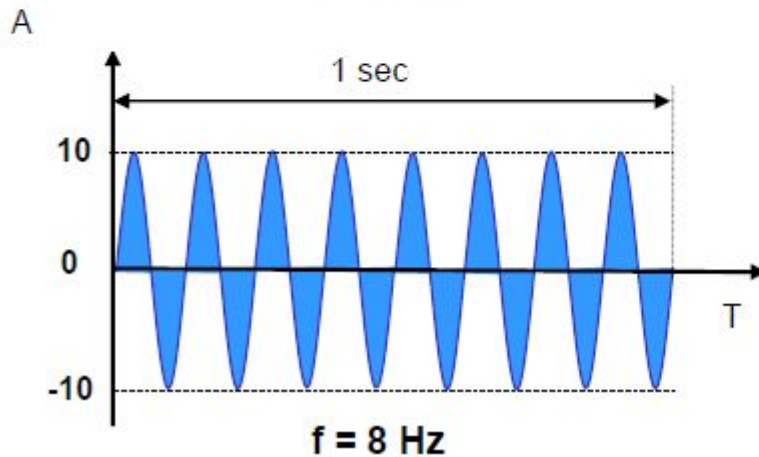
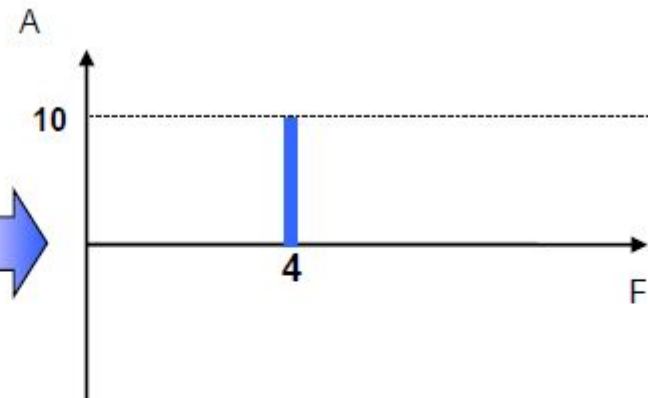
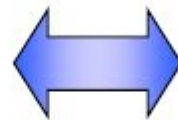
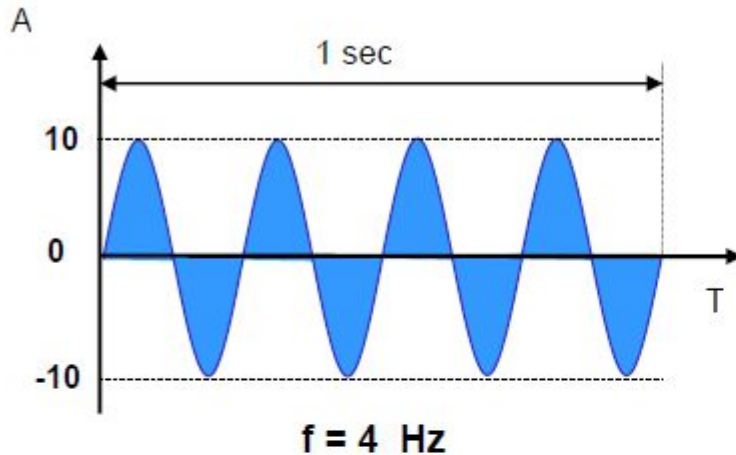
**Частотні варації**



# Представлення сигналу

## Часова діаграма

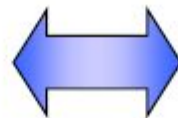
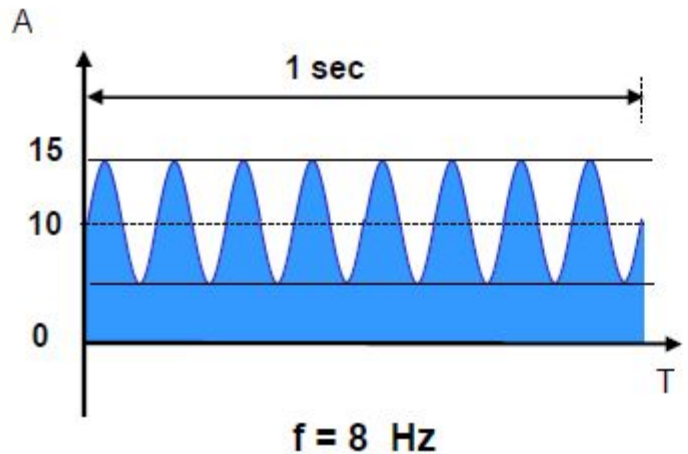
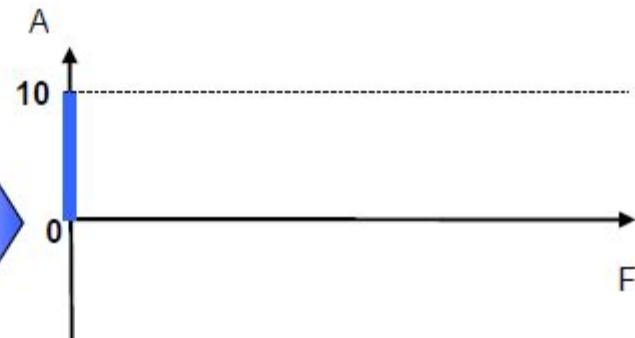
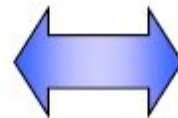
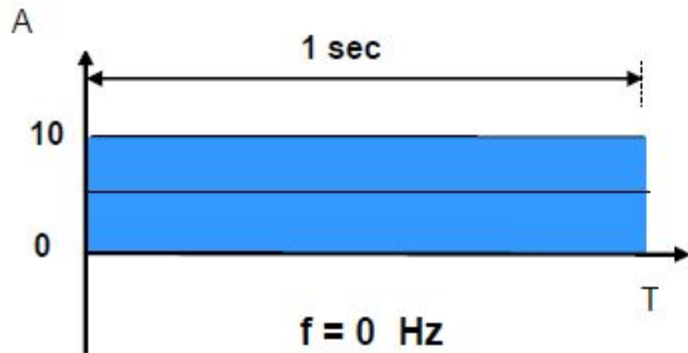
## Амплітудно-частотна характеристика



# Постійна складова сигналу

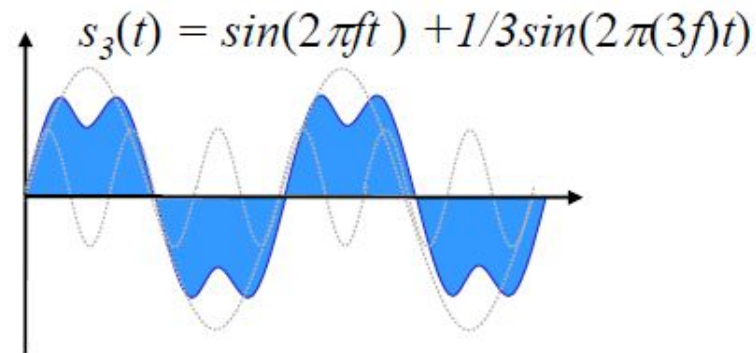
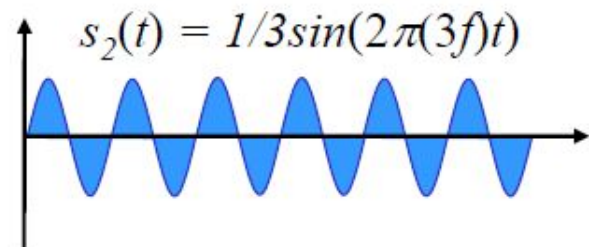
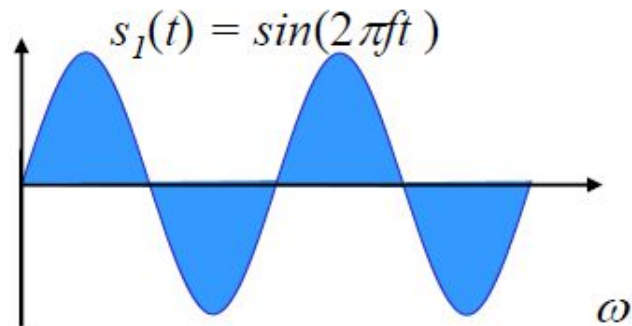
Часова діаграма

Амплітудно-частотна характеристика

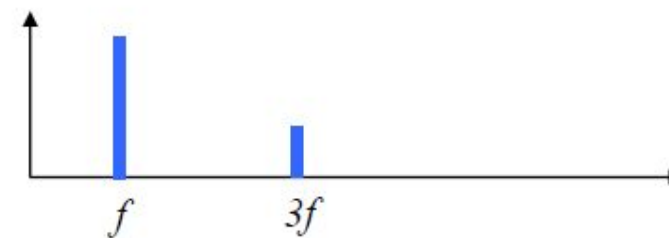
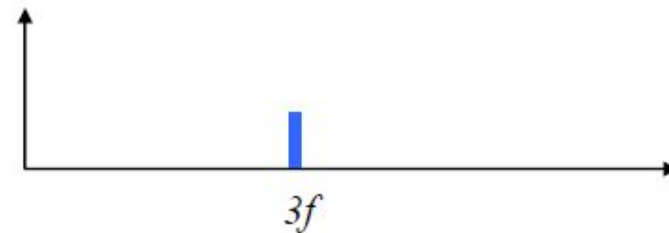


# Постійна складова складного сигналу

## Часова діаграма

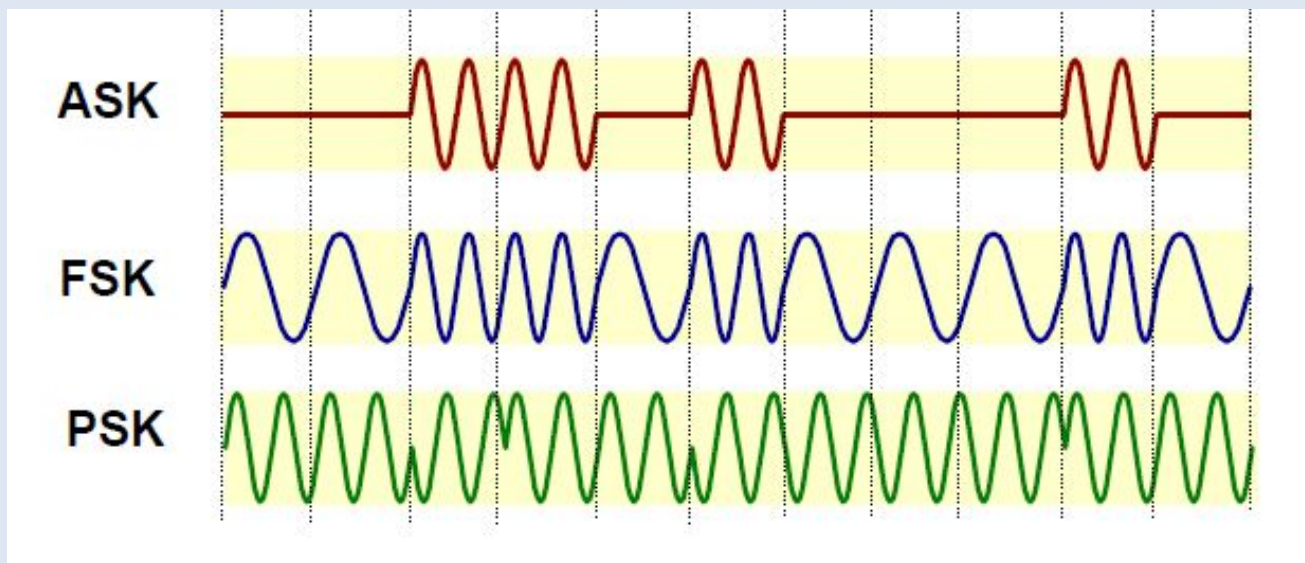


## Амплітудно-частотна характеристика



## Методи аналогової модуляції

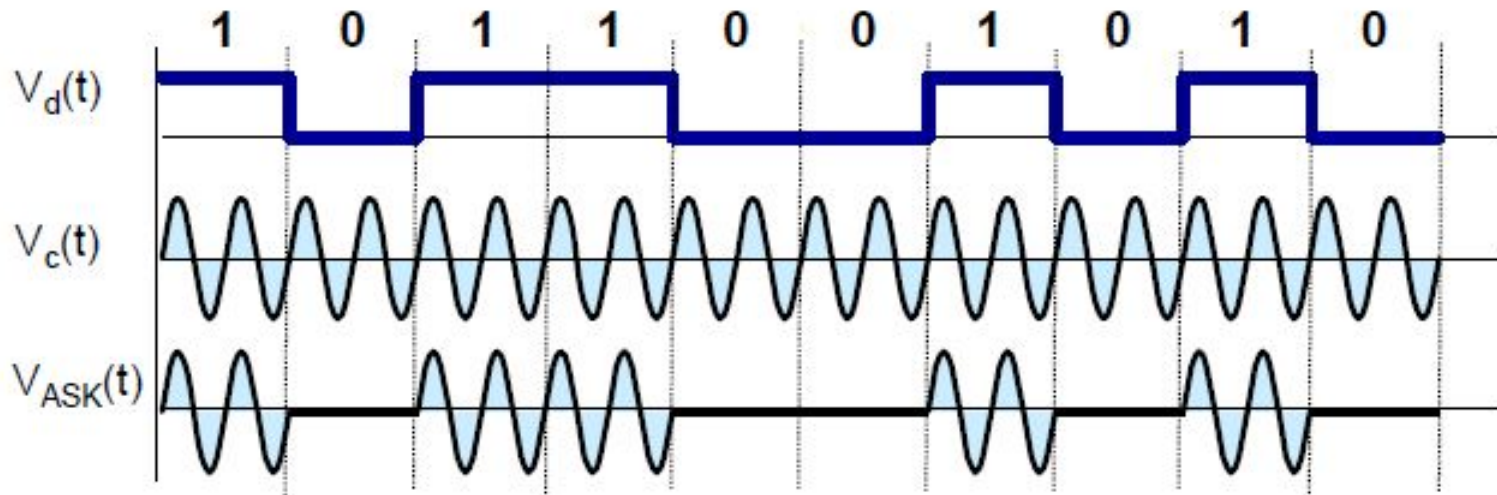
- Амплітудна модуляція – Amplitude Modulation (AM, ASK)
  - виконується зміна амплітуди несучого коливання
- Фазова модуляція – Phase Modulation (PM, PSK)
  - виконується зміна фази несучого коливання
- Частотна модуляція – Frequency Modulation (FM, FSK)
  - виконується зміна частоти несучого коливання



## 2. Методи класичної маніпуляції цифрових сигналів

### Амплітудна маніпуляція –

- **Переваги:**
  - має вузьку ширину спектру АМ сигналу;
  - проста схема отримання модульованого сигналу;
- **Недоліки:**
  - низька завадостійкість;
  - неефективне використання потужності джерела сигналу.

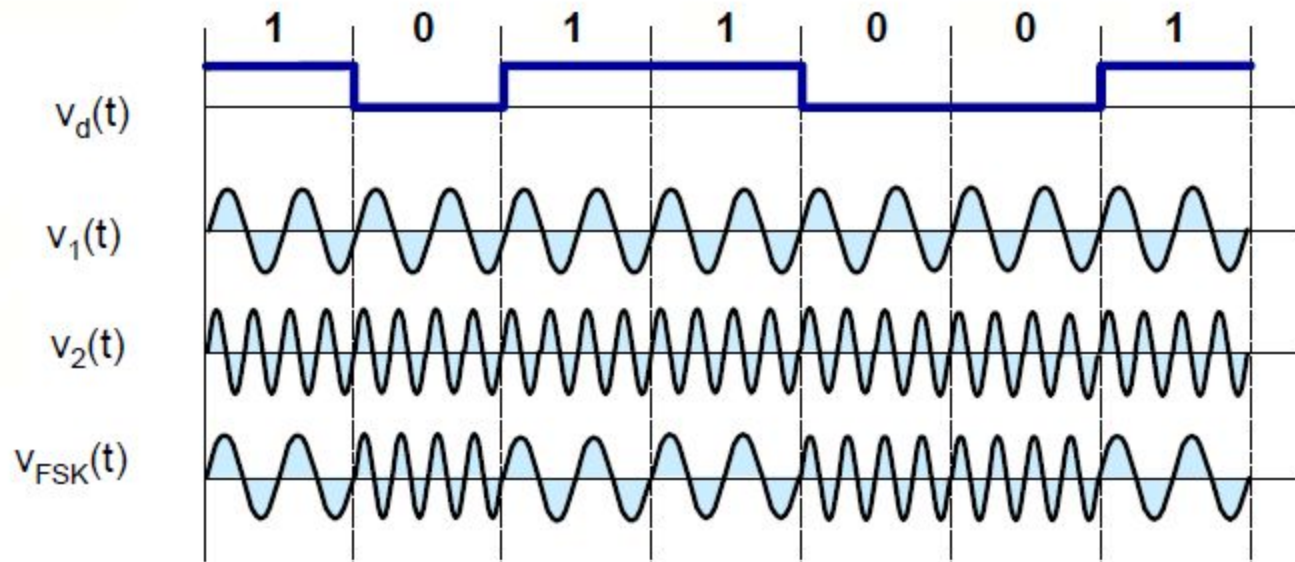




# Методи класичної маніпуляції цифрових сигналів

## Частотна маніпуляція –

- **Переваги:**
  - висока завадостійкість;
  - ефективне використання потужності джерела сигналу;
  - проста схема отримання модульованого сигналу;
- **Недоліки:**
  - велика ширина спектру модульованого сигналу



# Методи класичної маніпуляції цифрових сигналів

## Фазова маніпуляція –

- **Переваги:**
  - висока завадостійкість;
  - ефективне використання потужності джерела сигналу.
- **Недоліки:**
  - велика ширина спектру модульованого сигналу;
  - складна схема отримання модульованого сигналу.



# Часові та спектральні діаграми модульованих сигналів для різних видів маніпуляцій

а) Дискретний сигнал

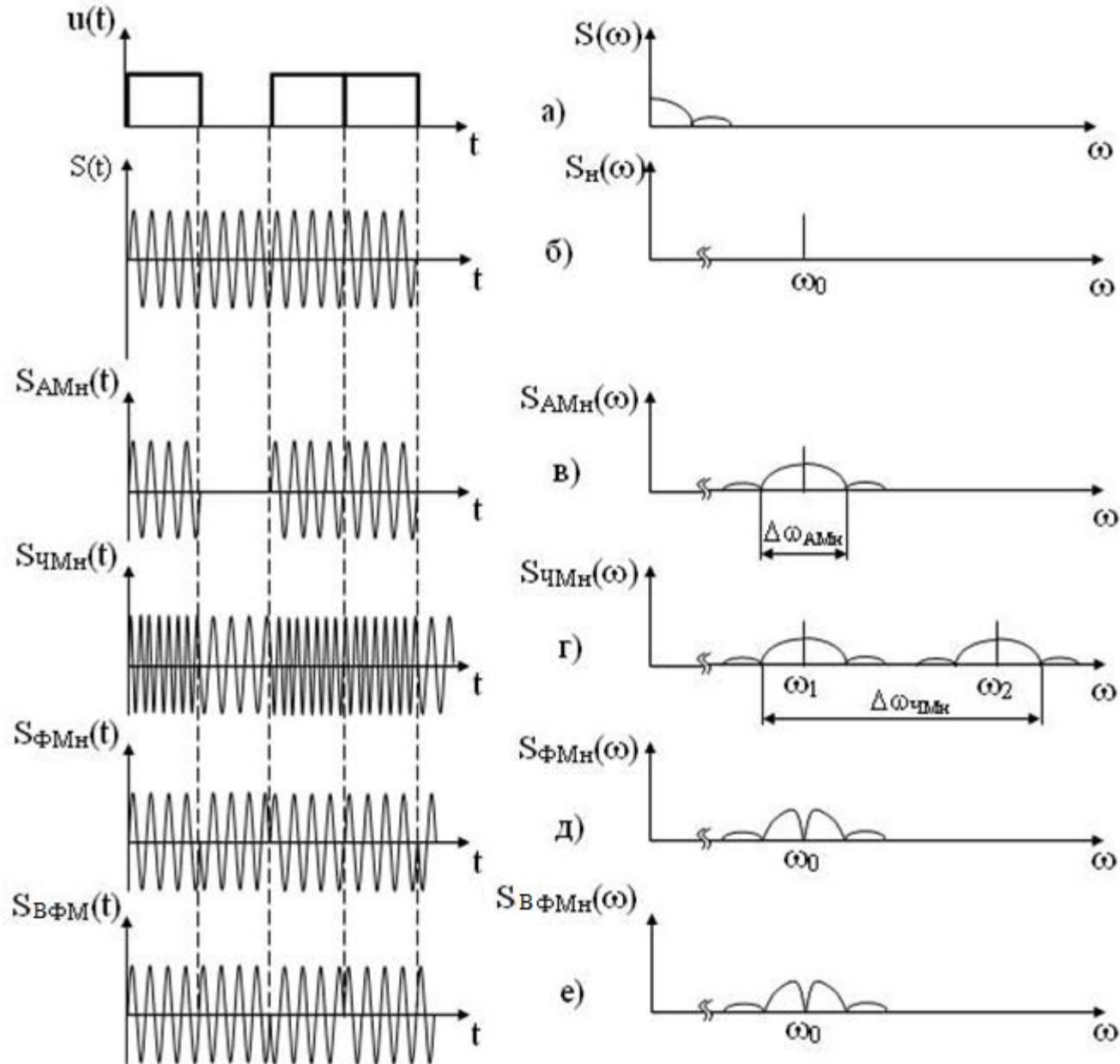
б) Несучий сигнал

в) Амплітудна маніпуляція

г) Частотна маніпуляція

д) Фазова маніпуляція

е) Відносно-фазова маніпуляція



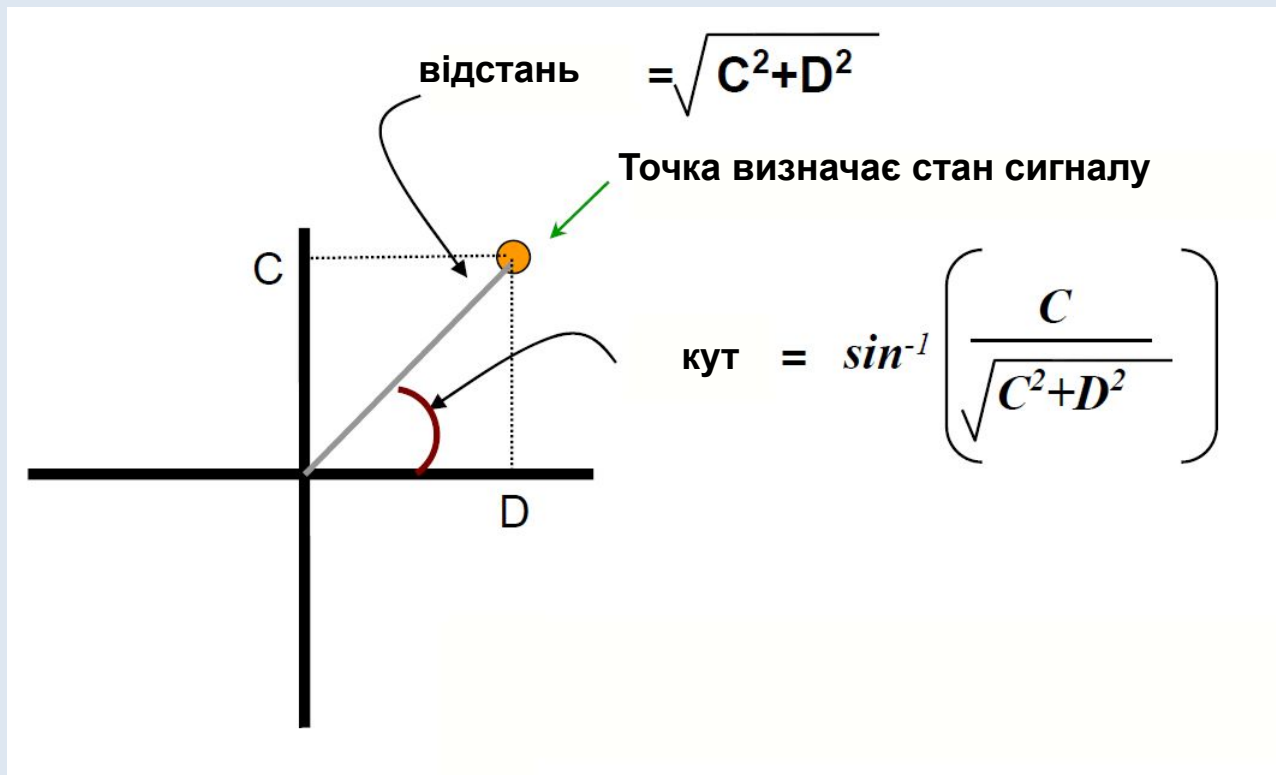
## 4. Методи багаторівневої маніпуляції

- **Багаторівнева амплітудна маніпуляція**
- **Багаторівнева фазова маніпуляція**
- **Багаторівнева частотна маніпуляція**

- *Самостійна робота студента*
  - Лабораторна робота №№ 1-4
  - Глава 1. Модуляція – С. 28-37
    - Крук Б.И. Телекоммуникационные системы и сети. Том 1. Современные технологии / Б.И. Крук, В.Н. Попантопуло, В.П. Шувалов. – Изд. 3-е испр. и доп. - М.: Горячая линия-Телеком, 2003. — 647 с. — ISBN: 5-93517-088-4
  - Глава 2. Цифрова модуляція С. 50-63
    - Климаш М.М. Технології безпроводного зв'язку / М.М. Климаш, В.О. Пелішок, П.М. Михайленч. – Львів, 2007. – 818 с.

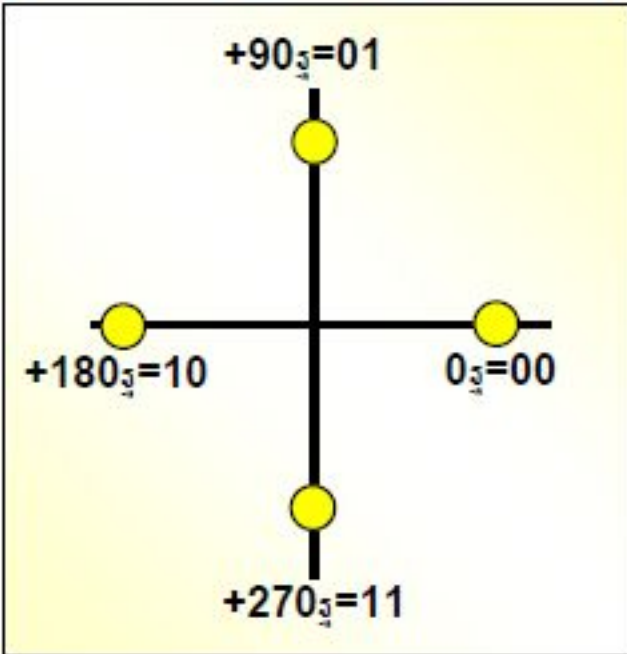
## 4. Квадратурно-амплітудна маніпуляція

- **Поняття сигнального сузір'я**
  - **відстань визначає амплітуда сигналу;**
  - **кут визначає фазовий зсув.**



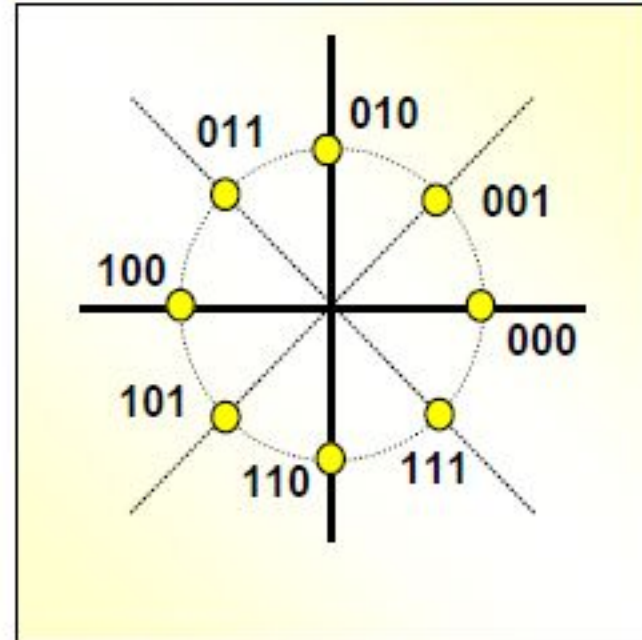
# N-PSK (N-PM) сигнальне сузір'я

## 4-PSK



Бітова швид. = 2 x бодова швидкість

## 8-PSK

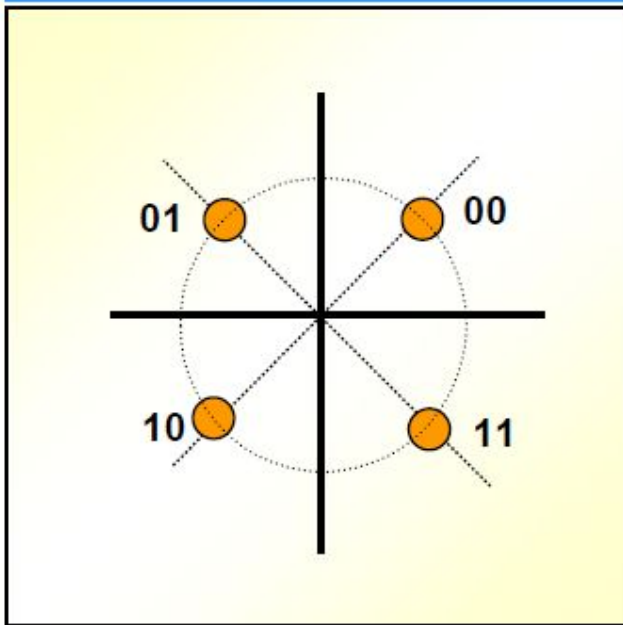


Бітова швид. = 3 x бодова швидкість

# Квадратурно-амплітудна модуляція (КАМ)

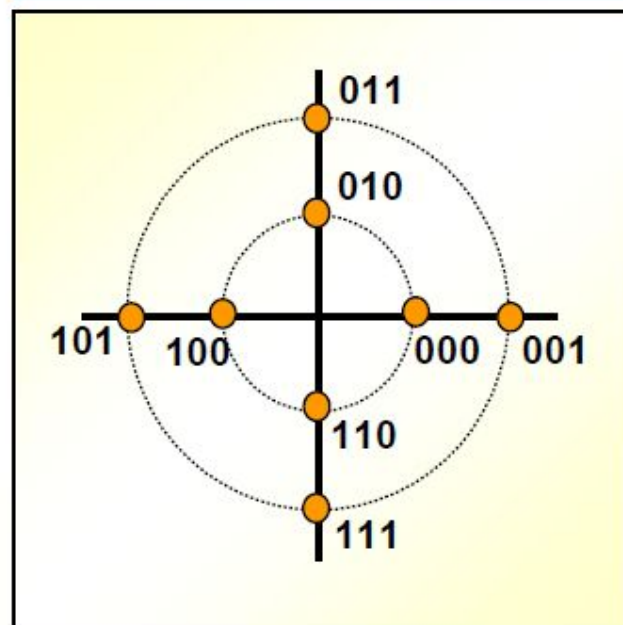
- При КАМ (Quadrature Amplitude Modulation, QAM)
  - змінюється як фаза, так і амплітуда сигналу, що дозволяє збільшити кількість біт, які кодуються;
  - підвищується завадостійкість порівняно з АМ.

## 4-QAM



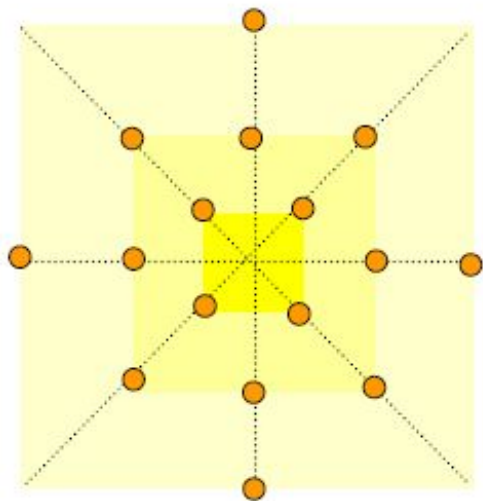
1 амплітуда, 4 фази

## 8-QAM

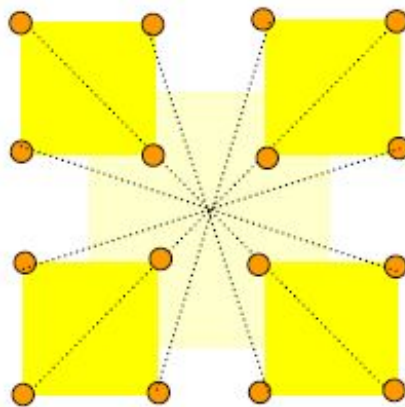


2 амплітуди, 4 фази

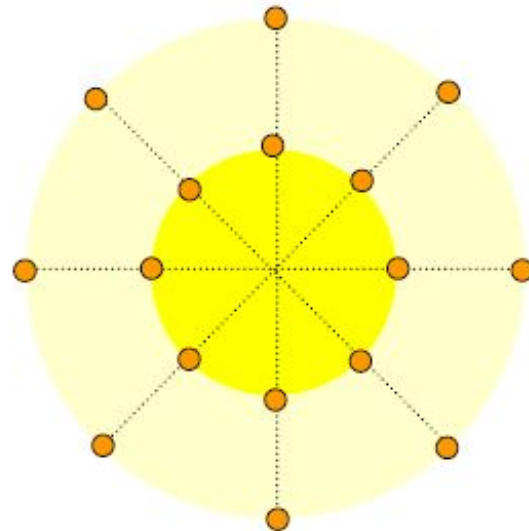
# КАМ діаграми



**V.29**  
**4 амплітуди**  
**8 фаз**



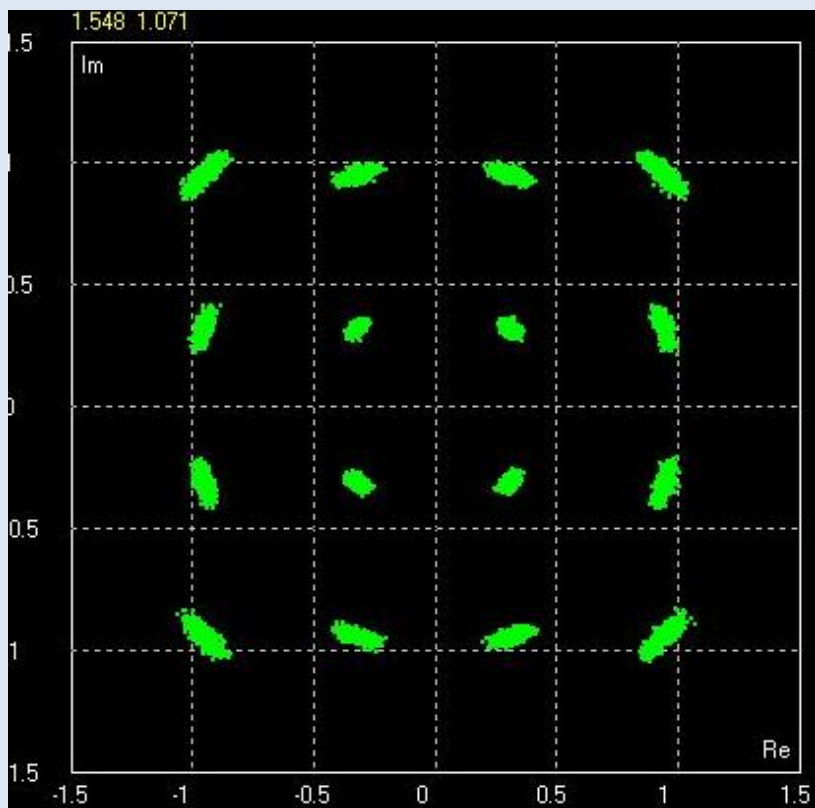
**WE 209**  
**3 амплітуди**  
**12 фаз**



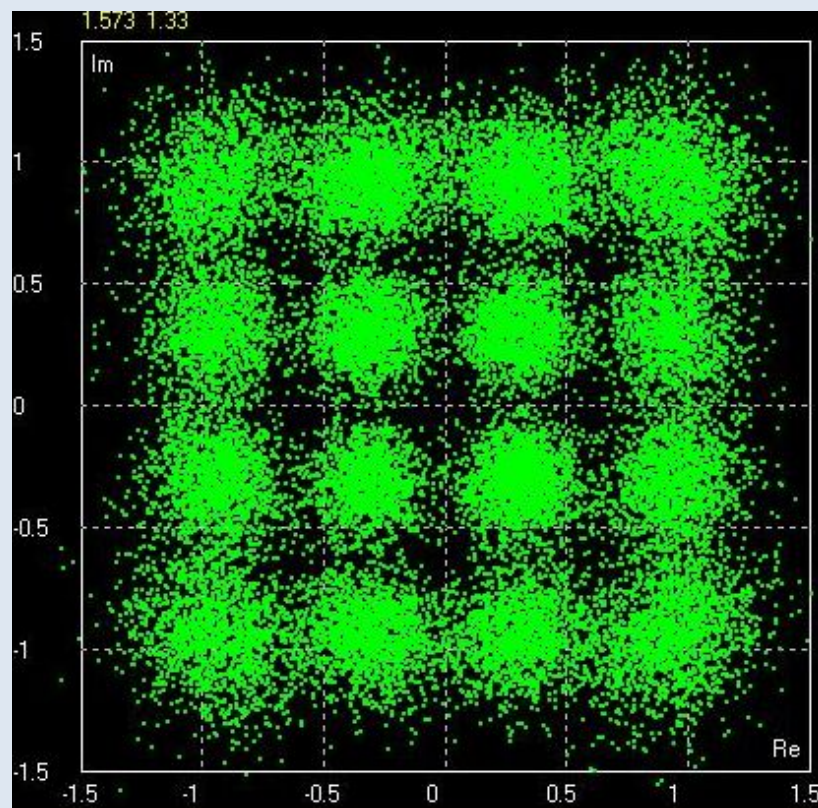
**2 амплітуди**  
**8 фаз**



## 5. Трелліс-модуляція



Приклад синального сузір'я



Приклад синального сузір'я в каналі із завадами



# Трелліс-модуляція

- **Трелліс-модуляція (Trellis Coded Modulation, TCM).**
  - використовується разом з КАМ;
  - застосовується до КАМ;
  - дозволяє підвищити завадозахищеність передачі інформації разом зі зниженням вимог до відношення сигнал/шум в каналі на 3-6 дБ;
  - число сигнальних точок збільшується вдвічі за рахунок додавання до інформаційних біт одного надлишкового, утвореного шляхом згортального кодування

