

# **Лекції з дисципліни Цифрова обробка сигналів**

Факультет ІРТЗІ  
Кафедра МІРЕС

Викладач: доц. Харченко Оксана Ігорівна

# **ЛЕКЦІЯ 1**

## **Вступ до дисципліни**

# Порядок вивчення дисципліни ЦОС

1. Лекції . . . . . 10 - 20 год.,
2. Практичні заняття . . . . . 5 - 10 год.,
3. Лабораторні роботи . . . . . 4 - 16 год.

## Звітність:

**комплексний іспит в кінці семестру.**

**До іспиту допускаються студенти, які:**

- відвідували лекції і мають конспект,
- відвідали усі практичні заняття,
- виконали і склали з позитивними оцінками лабораторні роботи.

# Література

1. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник для студентів вищ. навч. закладів у 4-х т. — Х.: ТОВ «Компанія СМІТ», 2005.
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы / Изд:»Советское радио». 1986. 608 с.
3. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы / М:»Высшая школа». 2000. 448 с.
4. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / 2-е издание, исправленное. Москва; Санкт-Петербург; Киев: Вильямс. 2003. 1104 с.

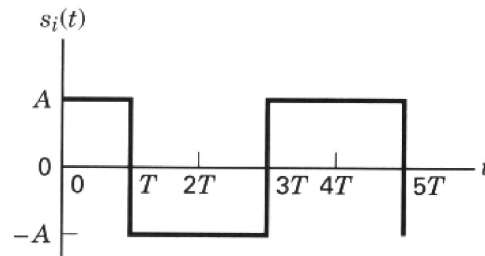
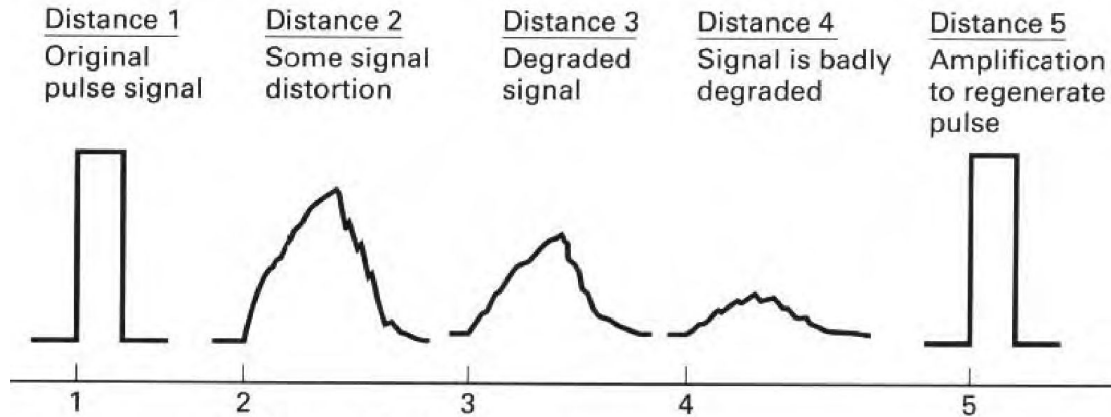


- Волощук Юрій Іванович

- **Юрій Іванович Волощук** (21 листопада (21 листопада 1941 (21 листопада 1941, м. Ворошиловград (нині Луганськ (21 листопада 1941, м. Ворошиловград (нині Луганськ), УРСР (21 листопада 1941, м. Ворошиловград (нині Луганськ), УРСР — 26 серпня (21 листопада 1941, м. Ворошиловград (нині Луганськ), УРСР — 26 серпня 2019 (21 листопада 1941, м. Ворошиловград (нині Луганськ), УРСР — 26 серпня 2019, м. Харків (21 листопада 1941, м. Ворошиловград (нині Луганськ) УРСР — 26 серпня

- Він один з відомих представників наукової школи метеорної радіолокації Харківського національного університету радіоелектроніки (школа заснована в 1950-х роках [Б. Л. Кащеєвим](#) Він один з відомих представників наукової школи метеорної радіолокації Харківського національного університету радіоелектроніки (школа заснована в 1950-х роках Б. Л. Кащеєвим і [В. В. Фединським](#)).
- Також за його безпосереднього керівництва створено й укладено каталог орбіт метеорних тіл (близько 250 тисяч одиниць) і каталог 5160 метеорних потоків.

# Чому цифрова?



(a)



# Дискретизація та квантування неперервних сигналів

- Сигнал с обмеженим спектром

$$S_B(F_m) = \{x : X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j2\pi ft} dt = 0, |f| > F_m\}$$

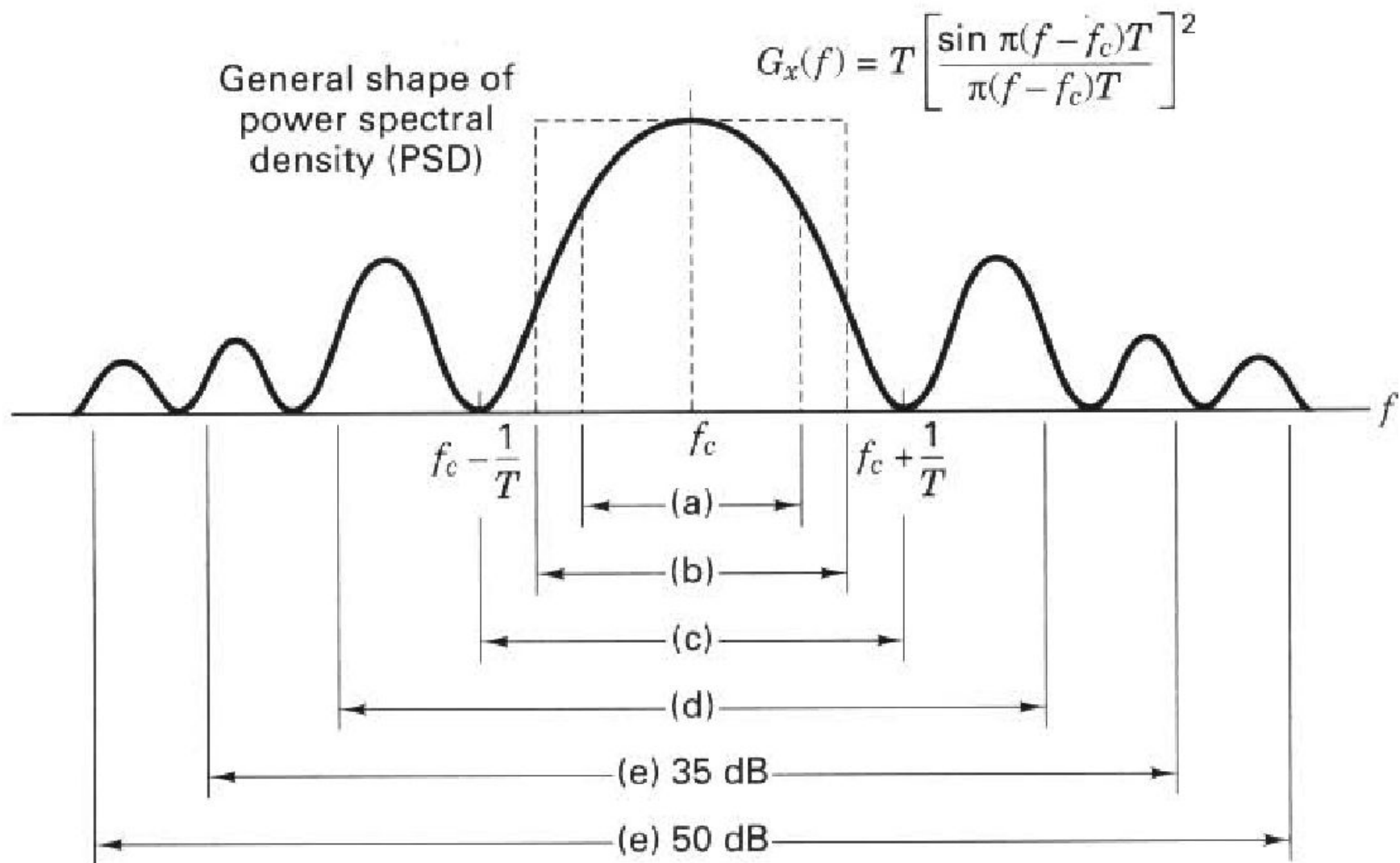
## 1.2.3 Analog and Discrete Signals

An *analog signal*  $x(t)$  is a continuous function of time; that is,  $x(t)$  is uniquely defined for all  $t$ . An electrical analog signal arises when a physical waveform (e.g., speech) is converted into an electrical signal by means of a transducer. By comparison, a *discrete signal*  $x(kT)$  is one that exists only at discrete times; it is characterized by a sequence of numbers defined for each time,  $kT$ , where  $k$  is an integer and  $T$  is a fixed time interval.

# Теорема відліків

Якщо неперервному сигналу  $s(t)$  відповідає спектральна густина  $S(f)$ , до того ж  $S(f)=0$  при  $|f|>F_m$  і  $S(f)$  не має особливостей при  $|f|=F_m$ , то такий сигнал можна визначити відліками миттєвих значень  $s(k\Delta t)$ , причому  $\Delta t \leq 1/(2F_m)$ .

- При виконанні вимог теореми відліків  $f_s \geq 2F_m$ , або, що теж саме,  $\Delta t \leq 1/(2F_m)$ , процедура дискретизації сигналів з обмеженим спектром не веде до втрати інформації, і вихідний сигнал може бути повністю відновлено за відликовим сигналом.
- **Граничне значення частоти  $f_s = 2F_m$** , коли вихідний сигнал може бути повністю відновлено за відликовим сигналом, називають **частотою Найквіста**.



**Figure 1.20** Bandwidth of digital data. (a) Half-power. (b) Noise equivalent. (c) Null to null. (d) 99% of power. (e) Bounded PSD (defines attenuation outside bandwidth) at 35 and 50 dB.

наприклад, [координати](#) є фундаментальною засадою квантової механіки, яка стверджує, що принципово неможливо одночасно виміряти з довільною точністю пари величин, які описують квантовий об'єкт, такі як, наприклад, координати й [імпульс](#) є фундаментальною засадою квантової механіки, яка стверджує, що принципово неможливо одночасно виміряти з довільною точністю пари величин, які описують квантовий об'єкт, такі як, наприклад, координати й імпульс. Це твердження справедливе не лише щодо вимірювання, а й щодо теоретичної побудови [квантового стану](#) системи. Тобто, неможливо побудувати такий квантовий стан, в якому система одночасно характеризувалася б точними значеннями координати та імпульсу.

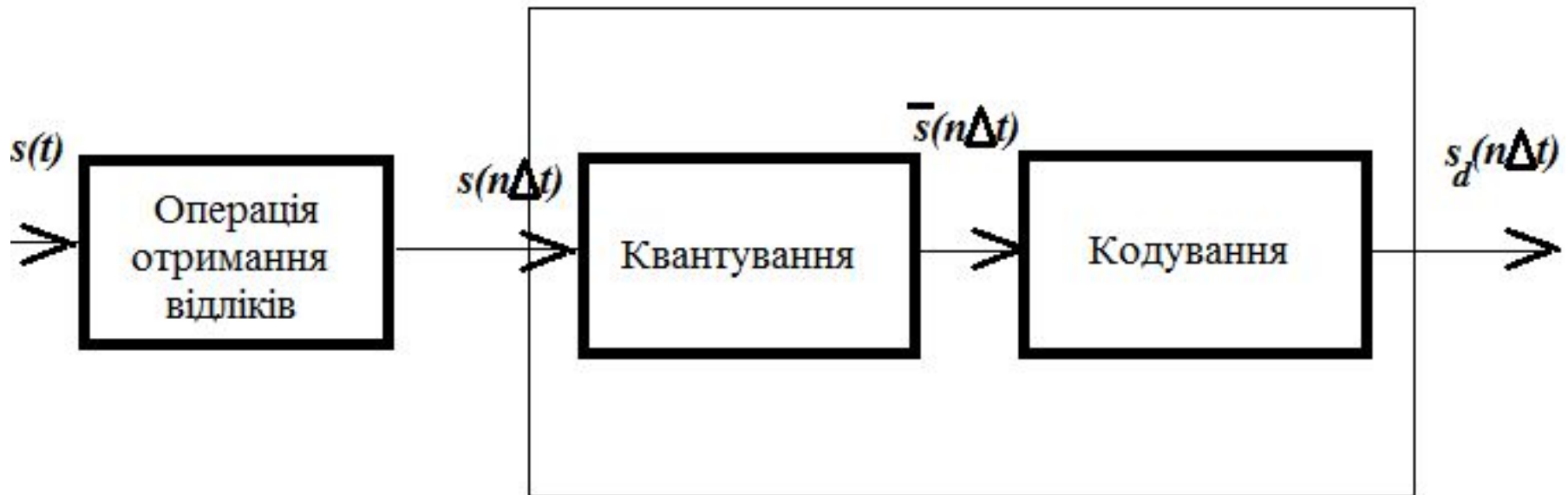
Принцип невизначеності сформулював у [1927](#) Принцип невизначеності сформулював у 1927-му німецький [фізик](#) Принцип невизначеності сформулював у 1927-му німецький фізик [Вернер Гейзенберг](#)<sup>[1]</sup>. Це стало важливим етапом у з'ясуванні закономірностей [атомних](#) явищ і побудови квантової механіки.

Квантовомеханічний принцип невизначеності аналогічний твердженню з [оптики](#) Квантовомеханічний принцип невизначеності аналогічний твердженню з оптики про те, що монохроматичний пучок світла не можна сфокусувати точніше, ніж до розмірів порядку [довжини хвилі](#) Квантовомеханічний принцип невизначеності аналогічний твердженню з оптики про те, що монохроматичний пучок світла не можна сфокусувати точніше, ніж до розмірів порядку довжини хвилі. У квантовій механіці частинки, такі як електрони, протони чи нейтрони

# Теорема відліків у частотній області

- Спектр  $S(f)$  фінітного сигналу тривалістю  $T$  повністю визначається своїми дискретними значеннями (відліками)  $S(k\Delta f)$ , що беруться з інтервалом частоти  $\Delta f \leq 1/T$ .

# Аналогово-цифрове перетворення сигналів



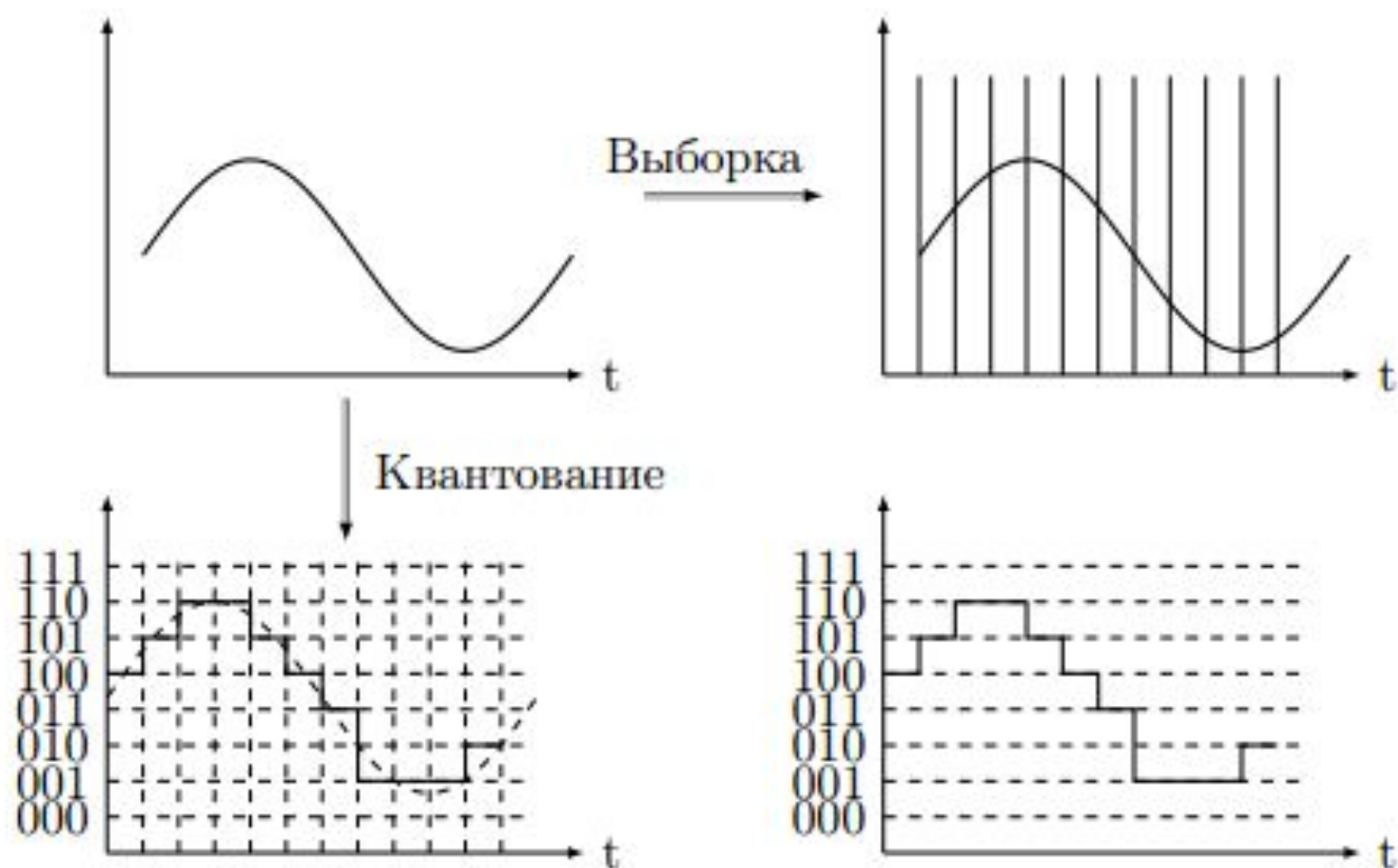


Рис. 26. Преобразование аналогового сигнала в цифровой



$q=2^n$  – кількість рівнів квантування;

$n$  – довжина цифрового слова.

$h$  – відстань між двома сусідніми рівнями квантування;

$2t_1$  – інтервал часу, протягом якого сигнал перебуває між двома сусідніми рівнями;

Потужність похібки квантування

$$P_{\varepsilon} = \frac{1}{2t_1} \int_{-t_1}^{t_1} \varepsilon^2(t) dt = \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} \left(\frac{h}{2}\right)^2 t^2 dt = \frac{h^2}{12}$$

# Відношення сигнал/шум SNR

- $D = \max[s(t)] - \min[s(t)]$  – динамічний діапазон АЦП;

$$h = \frac{D}{2^n} = D2^{-n} \quad \blacktriangleright$$

$$P_\varepsilon = \frac{D^2}{12} 2^{-2n}$$

- 32 рівні вважаються достатніми для передачі мови з якістю, що задовольняє більшості застосувань.
- Для високоякісного відтворення музики потрібно не менше 128 рівнів.
- Швидкість передачі інформації по каналу зв'язку в бітах за секунду:

$n$  – довжина цифрового слова в бітах;

$T$  – тривалість передаваного сигналу.

$$R_b = \frac{n}{T}$$

- Швидкість передачі інформації по каналу зв'язку
- $N$ - кількість цифрових слів, що описують сигнал;
- $T$ - тривалість сигналу.

$$R_{\omega} = \frac{R_b}{n} = \frac{R_b}{\log_2 n}$$

$$F_m = \frac{N}{2T}; \quad \frac{N}{T} = R_{\omega}; \rightarrow F_m = \frac{R_{\omega}}{2} = \frac{R_b}{2n}.$$