

Інформаційно-комунікаційні систем. Частина I

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

Тема 8

Передавання цифрових сигналів в цифровому вигляді

Зміст

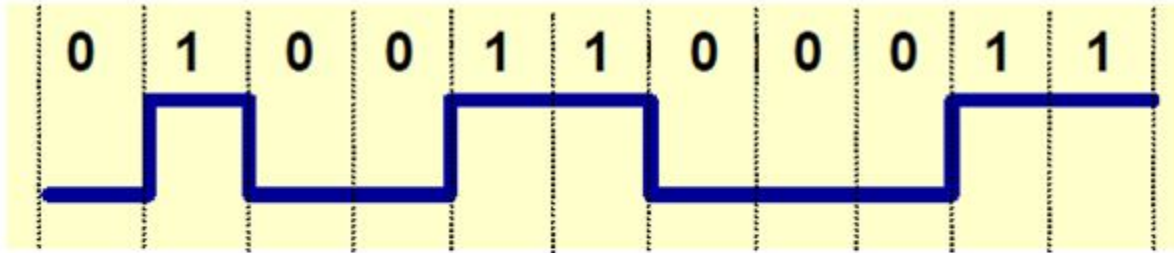
- Поняття кодування
- Коди без повернення до нуля
- Манчестерські коди
- Надмірні коди (або групові коди)
- Біполярні імпульсні коди

1. Поняття кодування

- Інформація в кабельних лініях зв'язку передається в закодованому виді, тобто кожному біту інформації, що передається, відповідає певний набір рівнів електричних сигналів в лінії зв'язку.
 - Для високочастотних сигналів використовується модуляція, яка застосовується в основному у безкабельних мережах, в радіоканалах.
 - В провідних лініях зв'язку передача даних виконується без модуляції або іншими словами - **в основній смузі частот**.
- Правильний вибір коду дозволяє підвищити достовірність передачі інформації, збільшити швидкість передачі або понизити вимоги до вибору кабелю.
 - Наприклад, при різних кодах гранична швидкість передачі через один і той ж кабель може відрізнятись в два і більше разів.
 - Від вибраного коду безпосередньо залежить також складність мережевої апаратури (вузли кодування і декодування коду).
 - Код повинен в ідеалі забезпечувати хорошу синхронізацію прийому, низький рівень помилок, роботу з будь-якою довжиною інформаційних послідовностей.

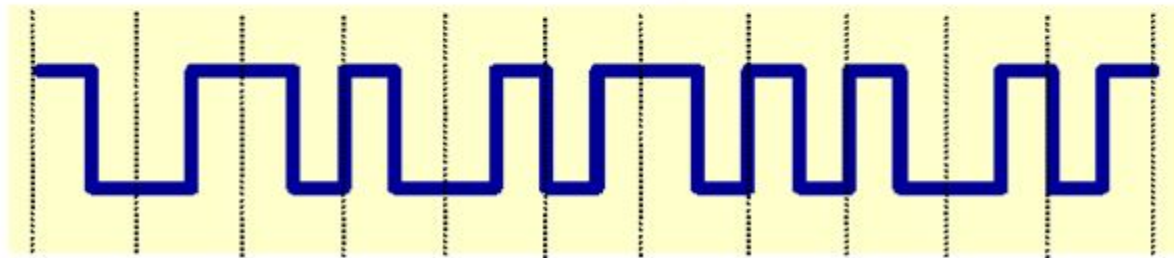
Цифрові дані ⇒ Цифровий сигнал

4/2
3



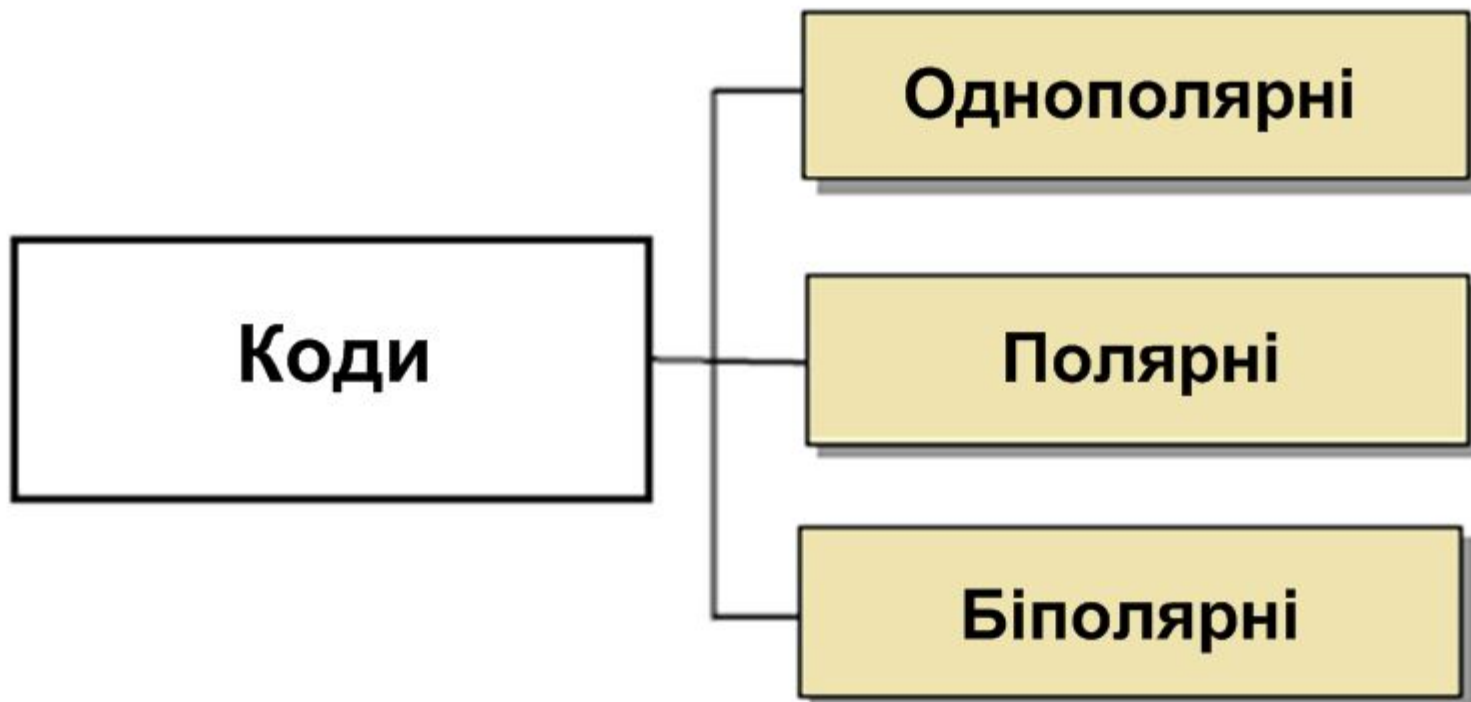
Цифрові дані

Кодер



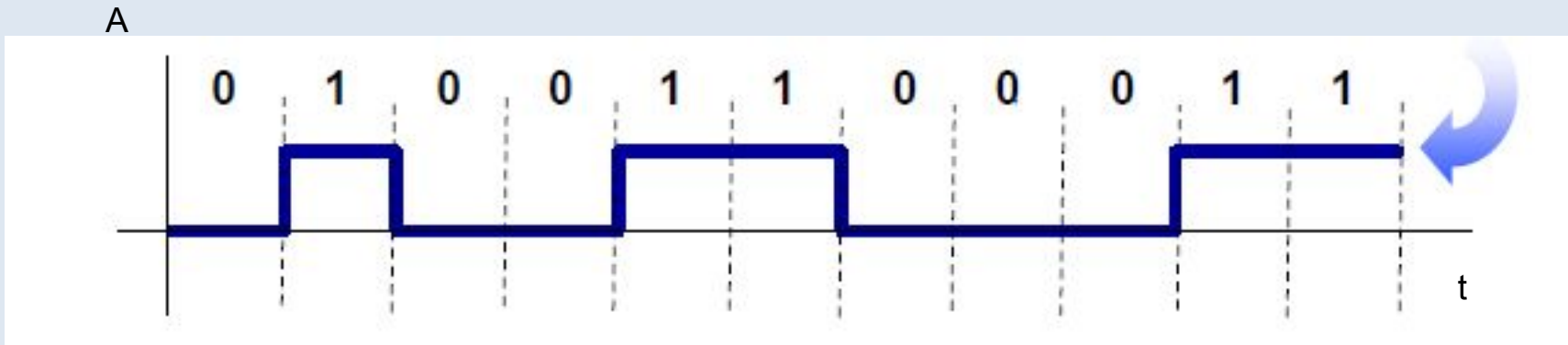
Цифровий
сигнал

Класифікація методів передачі дискретних даних



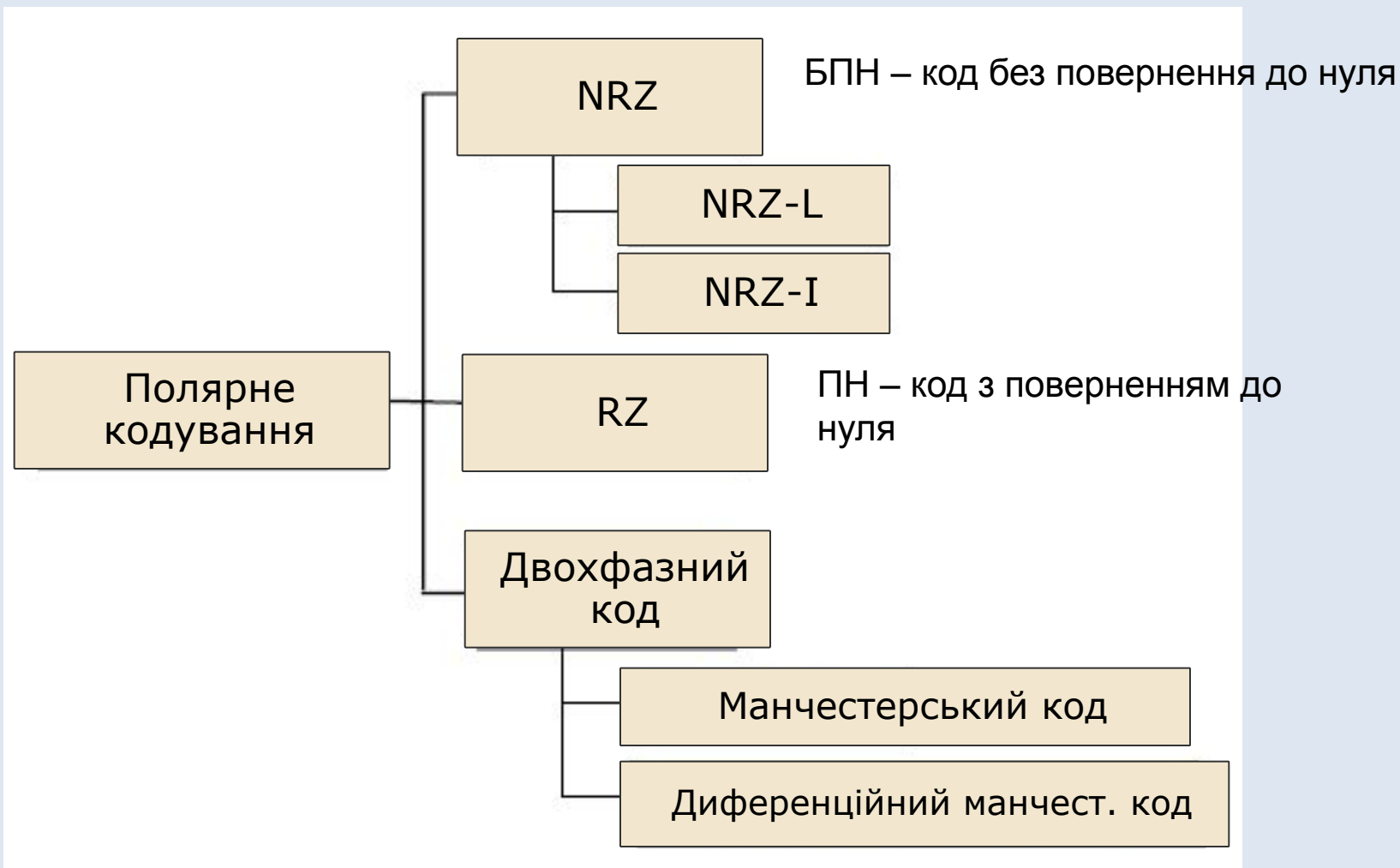
Однополярне кодування

Лише одне значення амплітуди сигналу



- Амплітуда сигналу змінюється між $+V$ та 0 V
- Недоліки однополярного коду
 - Наявність постійної складової, яку канали зв'язку не пропускають
 - Системи, які використовують негальванічний (трансформаторний) зв'язок слабо чутливі до гармонік дуже низьких частот.
 - Існує ймовірність втрати низькочастотної інформації.
 - Розсинхронізація при передачі довгих серій "0" або "1"

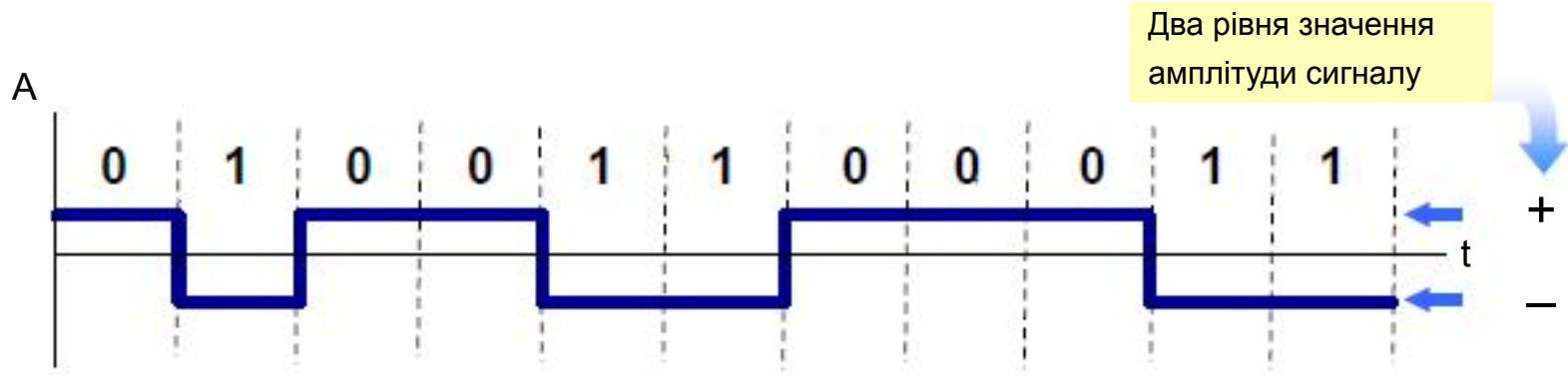
Полярне кодування



2. Код без повернення до нуля (NRZ)

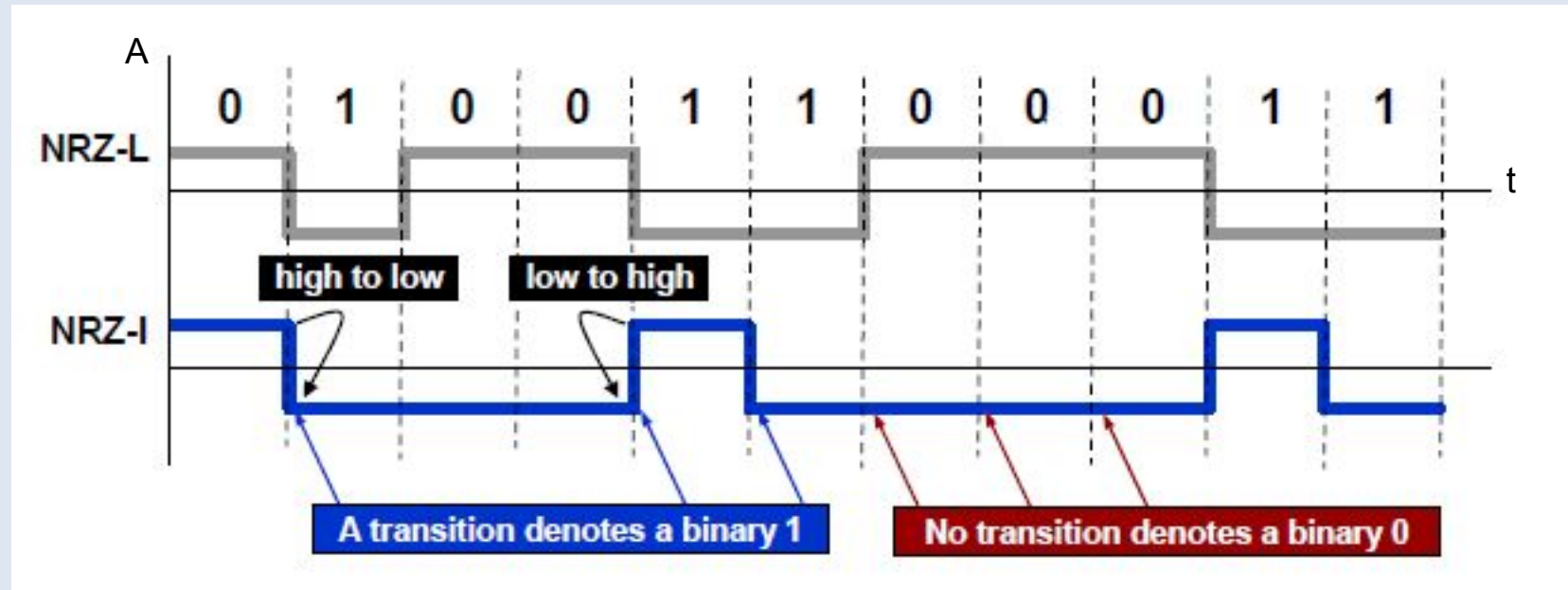
- Код NRZ - це простий код, що є звичайним цифровим сигналом.
 - Логічному нулю відповідає високий рівень напруги в кабелі, логічній одиниці - низький рівень напруги (або навпаки).
 - Рівні можуть бути різної полярності (позитивною і негативною) або ж однієї полярності (позитивною або негативною).
 - Впродовж бітового інтервалу (bit time, BT), тобто часу передачі одного біта ніяких змін рівня сигналу в кабелі не відбувається.
- Основними перевагами коду NRZ є його проста реалізація, а також мінімальна серед інших кодів пропускна спроможність лінії зв'язку, потрібна при цій швидкості передачі.
- Найбільша частота зміни сигналу в мережі буде при безперервному чергуванні одиниць і нулів, тобто при послідовності 10101010..., тому при швидкості передачі, рівної 10 Мбіт/с (тривалість одного біта дорівнює 100 нс) частота зміни сигналу, і відповідно необхідна пропускна спроможність лінії складе $1/200 \text{ нс} = 5 \text{ МГц}$.

Код без поверненням до нуля (NRZ-L)



- NRZ (БПН) – відсутні зміни сигналу всередині біту
- NRZ-L – код без повернення до нуля
- 0 – позитивний рівень, 1 – від’ємний
- Недоліки:
 - Наявність постійної складової
 - Розсинхронізація
 - У зв'язку з цим код NRZ використовується тільки для передачі короткими пакетами (зазвичай до 1 Кбіта).

Код без повернення до нуля (NRZ-L)

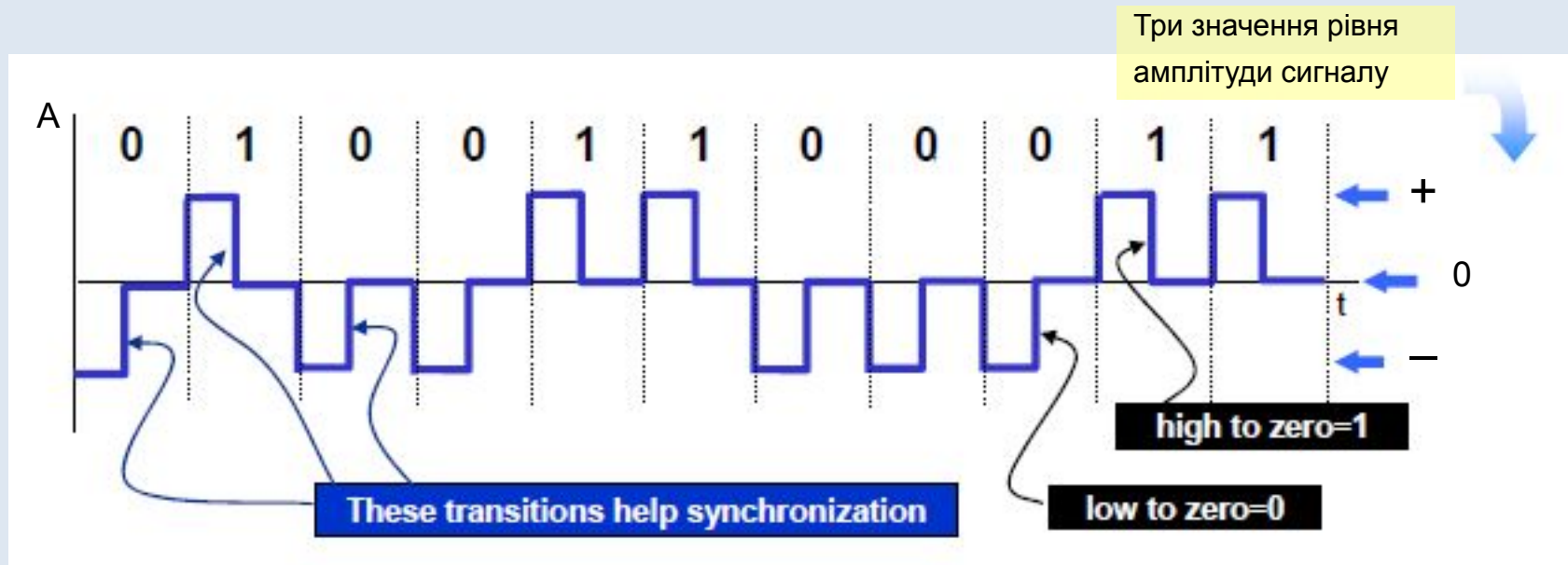


- NRZ-L – код без повернення до нуля, інверсний
 - з реакцією на 1
 - 1 – виконується зміна рівня на початку бітового інтервалу
 - 0 – відсутня зміна рівня на початку бітового інтервалу
- Недоліки:
 - Наявність постійної складової
 - Розсинхронізація при наявності довгої серії 0

Код з поверненням до нуля (RZ)

- Код RZ –
 - це трирівневий код, який після значущого рівня сигналу в першій половині бітового інтервалу виконує повернення до деякого "нульового", середнього рівня.
 - Перехід до нього відбувається в середині кожного бітового інтервалу.
 - Логічному нулю, таким чином, відповідає позитивний імпульс, логічній одиниці – негативний (чи навпаки) в першій половині бітового інтервалу.
- У центрі бітового інтервалу завжди є перехід сигналу (позитивний або негативний), отже, з цього коду приймач легко може виділити синхроімпульс (строб). Можлива тимчасова прив'язка не лише до початку пакету, як у разі коду NRZ, але і до кожного окремого біта, тому втрати синхронізації не станеться при будь-якій довжині пакету.

Код з поверненням до нуля (RZ)

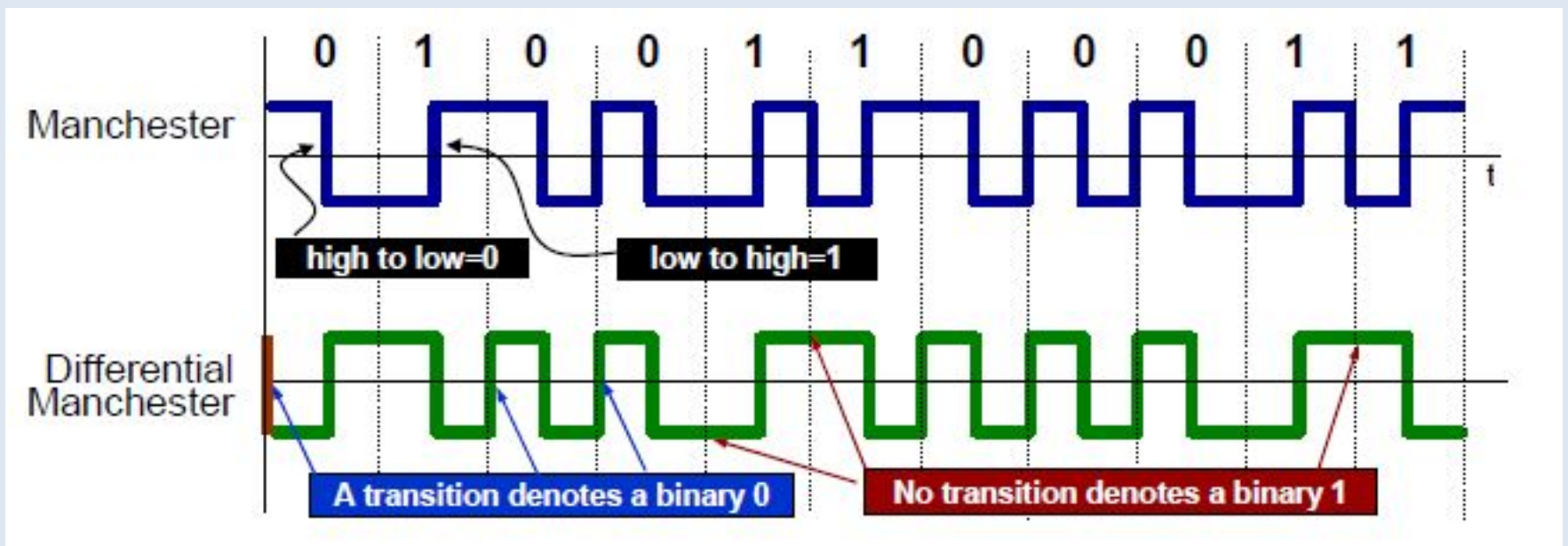


- 1 – виконується зміна з високого рівня $+V$ на ноль;
- 0 – виконується зміна з низького рівня $-V$ на ноль;
- Недоліки:
 - наявність трьох рівнів, що ускладнює апаратуру як передавача, так і приймача;
 - для кодування потрібна більша смуга пропускання (оскільки тут на один бітовий інтервал доводиться дві зміни рівня сигналу);
 - Наприклад, для швидкості передачі інформації 10 Мбіт/с потрібно пропускну спроможність лінії зв'язку 10 МГц, а не 5 МГц, як при коді NRZ.

3. Манчестерський код

- Манчестерський код –
 - дозволяє виконувати самосинхронізацію передавача та приймача, але на відміну від RZ коду має не три, а всього два рівні, що сприяє його кращій завадозахищеності і спрощенню приймальних та передавальних вузлів;
 - Логічному "0" відповідає позитивний перехід в центрі бітового інтервалу (тобто перша половина бітового інтервалу - низький рівень, друга половина - високий);
 - Логічній "1" відповідає негативний перехід в центрі бітового інтервалу (навпаки).
 - Як і в RZ, обов'язкова наявність переходу в центрі біта дозволяє приймачу манчестерського коду легко виділити з сигналу – синхросигнал і передати інформацію будь-якої довжини без втрат із-за розсинхронізації.
- Подібно до коду RZ, при використанні манчестерського коду потрібно пропускну спроможність лінії в два рази вище, ніж при застосуванні простого коду NRZ. Наприклад, для швидкості передачі 10 Мбіт/с потрібна смуга пропускання 10 МГц.

Манчестерський код



- Манчестерський код :
 - $+V$ на $-V = 0$, $-V$ на $+V = 1$
- Диференційний манчестерський код:
 - відсутність змін при $= 1$, виконання переходу при $= 0$;
 - самосинхронізація та відсутність постійної складової.

Потенційний код 2B1Q

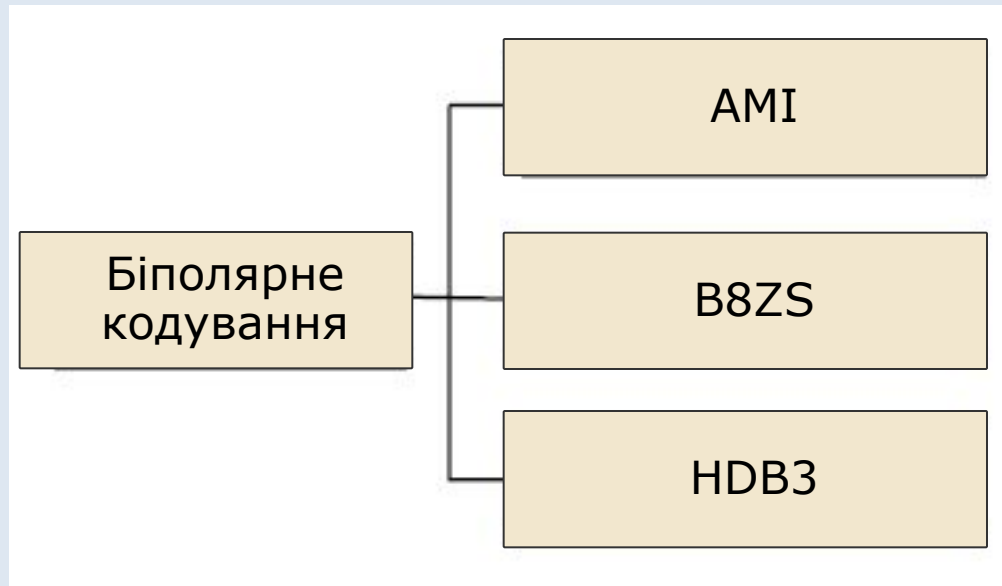
- Код 2B1Q є потенційним кодом з чотирма рівнями сигналу для кодування даних.
 - Кожні два біти (2B) передаються за один такт (1) сигналом, що має чотири стани (Q - Quadra). Парі бітів 00 відповідає потенціал - 2.5В, парі 01 - потенціал -0,833В, парі 10 - потенціал +0,833В, а парі 11 - потенціал +2.5В.
- При такому способі кодування потрібні додаткові заходи по боротьбі з довгими послідовностями однакових пар бітів, оскільки при цьому сигнал перетворюється на постійну складову.
- При випадковому чергуванні бітів спектр сигналу в два рази вужчий, ніж у коду NRZ, оскільки при тій же бітовій швидкості тривалість такту збільшується в два рази. Таким чином, за допомогою коду 2B1Q можна по одній і тій же лінії передавати дані в два рази швидше, ніж за допомогою коду AMI або NRZI.
- Проте для його реалізації потужність передавача має бути вища, щоб чотири рівні чітко розрізнялися приймачем на тлі перешкод.
- Для поліпшення потенційних кодів типу AMI, NRZI або 2B1Q використовуються надмірні коди і скремблювання.

4. Надмірні потенційні коди (4В/5В, 5В/6В)

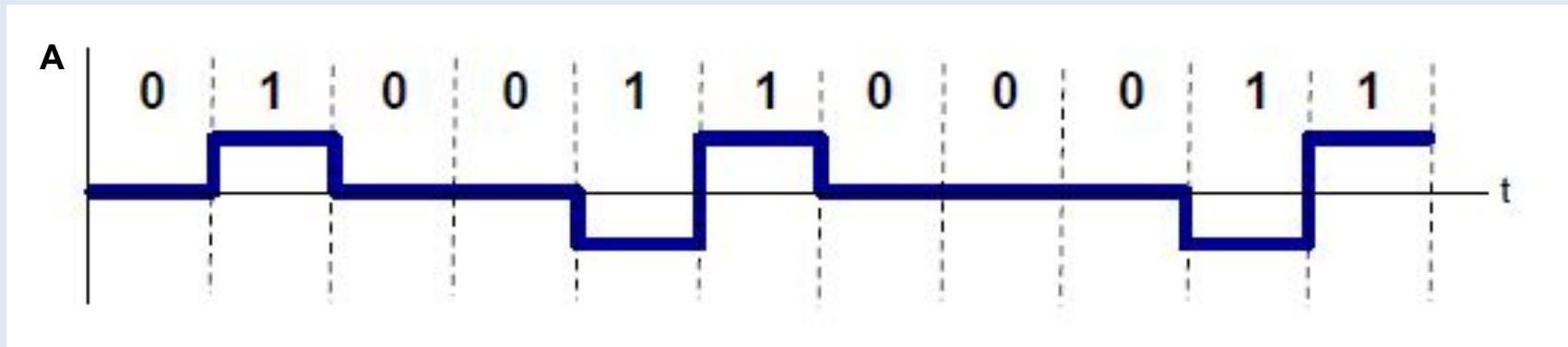
- До кожних N біт початкового коду додається 1 надмірний біт, значення якого вибирається так, щоб потенціал гарантовано міняв своє значення через кожні $2N$ біт
- Код 4В/5В:

4 біта вихідного коду	5 біта результуючого коду
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111

5. Біполярне кодування

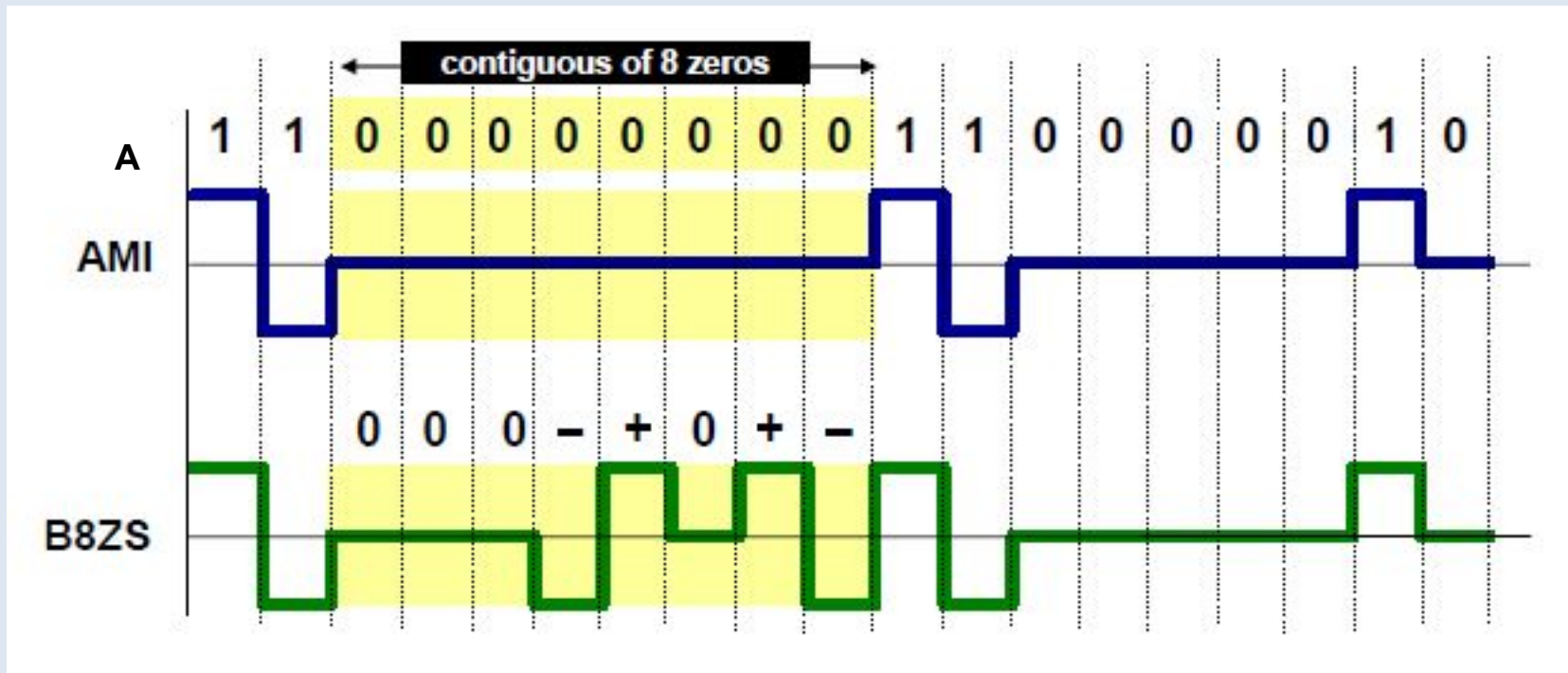


Метод біполярного кодування з альтернативною інверсією (АМІ)



- **АМІ код :**
 - для кодування логічного нуля використовується нульовий потенціал, а логічна одиниця кодується або позитивним потенціалом, або негативним ($-V$ або $+V$).
 - Псевдотернарний АМІ код:
 - Різновид АМІ, замість 1 варіюється 0
 - Переваги:
 - Відсутня втрата синхронізації при передачі серії "1"
 - Недоліки
 - При передачі довгих послідовностей нулів відбувається виродження сигналу в постійний потенціал нульової амплітуди.

Метод біполярного кодування B8ZS



- **B8ZS код :**

- біполярний код із заміною 8-ми нулів
- базовий код системи T1
- забезпечує синхронізацію для довгих серій "0"

Метод біполярного кодування B8ZS

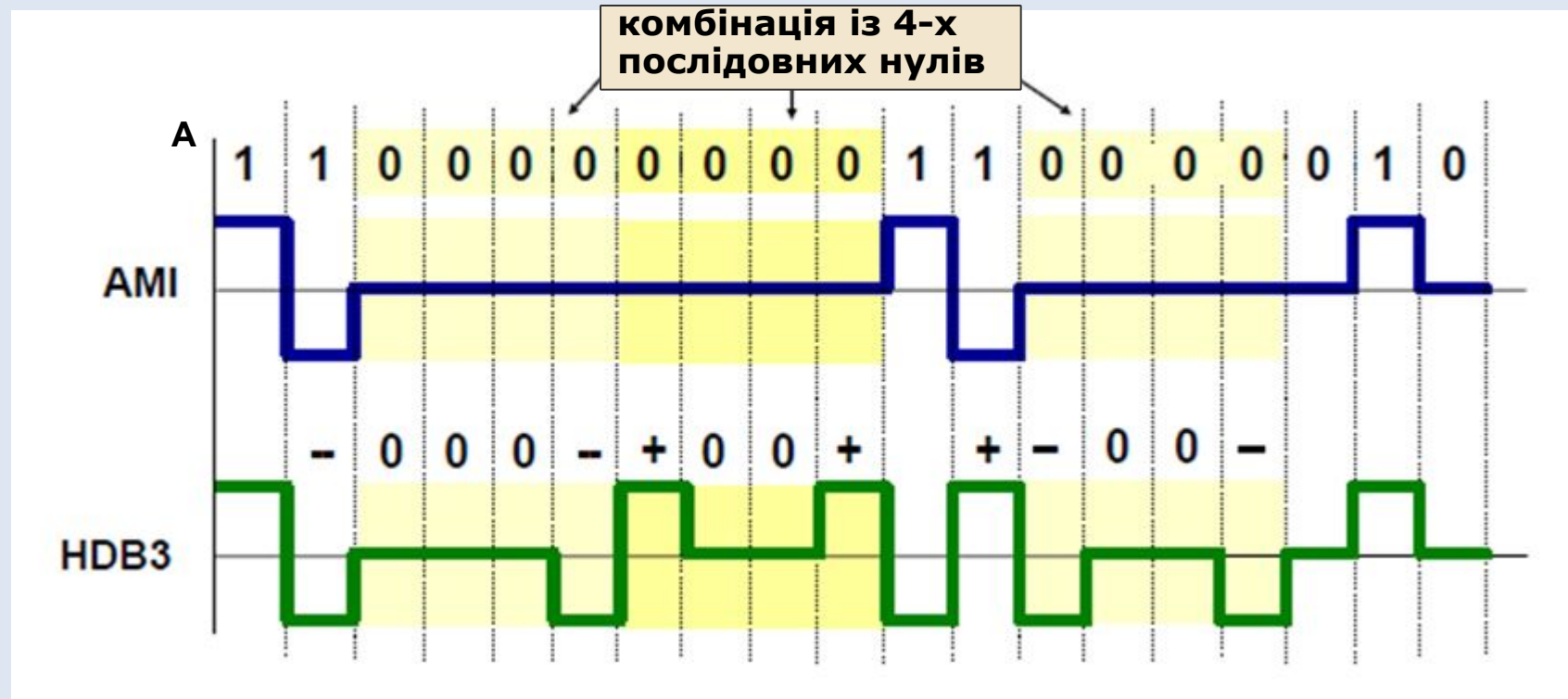
Violation = порушення балансу імпульсів додатної та від'ємної полярності

Balance = баланс імпульсів додатної та від'ємної полярності

0 0 0 V B 0 V B



Метод біполярного кодування HDB3



- **HDB3 код :**
 - біполярний код із заміною 4-х нулів
 - базовий код системи E1
 - забезпечує синхронізацію для довгих серій "0"

Метод біполярного кодування HDB3

Кількість імпульсів з моменту останньої вставки НЕПАРНА

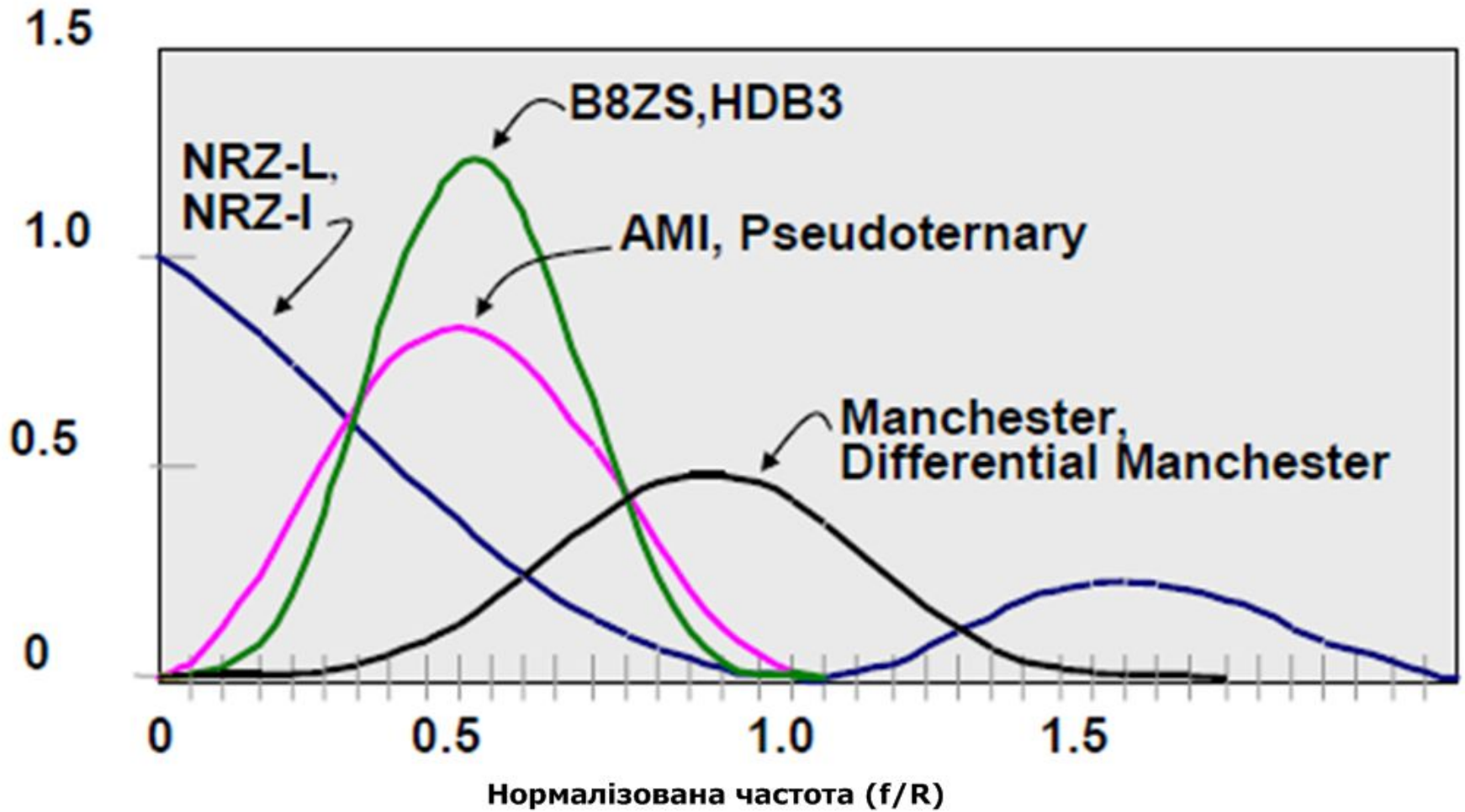


Кількість імпульсів з моменту останньої вставки ПАРНА



Спектральні характеристики

Середнє значення квадрата напруги на одиницю пропускної спроможності



Самостійна робота студента

- **Лабораторна робота № 5**
- **Глава 3. Цифровые сигналы – С. 41-54**
 - Крук Б.И. Телекоммуникационные системы и сети. Том 1. Современные технологии / Б.И. Крук, В.Н. Попантонопуло, В. П. Шувалов. – Изд. 3-е испр. и доп. - М.: Горячая линия-Телеком, 2003. — 647 с. — ISBN: 5-93517-088-4
- **Глава 2.3.3. Цифровое кодирование – С. 100 - 116**
 - Алиев Т. И. Сети ЭВМ и телекоммуникации. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 400 с.: ил.
- **Глава 9. Кодирование и мультиплексирование данных – С. 256-281**
 - Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер . – Изд. 4-е. – СПб.: Питер, 2010. – 944 с. — ISBN: 978-5-49807-389-7