

## Лабораторна робота №7. Формування лінійних послідовних кодів.

### МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є ознайомлення із загальними принципами лінійного кодування сигналів, моделювання та програмно-апаратна реалізація послідовного кодування.

#### 1. Постанова задачі.

- Записати у шістнадцятковій формі номер студента за списком та код ASCII першої літери імені (кирилиця).
- Записати отримані шістнадцяткові числа як два двійкових числа (16 біт).
- Отриману послідовність даних (16 біт) закодувати за допомогою кодів згідно варіанту та намалювати її у вигляді осцилограм.

№	Код	№	Код
1	RZ	8	NRZ SPACE
2	RZ polar	9	NRZI
3	RZ bipolar	10	Manchester
4	RZ Inverted	11	Manchester II
5	NRZ	12	Manchester DIF
6	NRZ bipolar	13	BMC
7	NRZ MARK	14	AMI

#### 2. Зовнішня апаратна частина

Зовнішня апаратна частина містить монтажну плату, резистор і осцилограф та є повністю ідентичною до зовнішньої апаратної частини Роботи №8.

#### 3. Внутрішня апаратна частина

Склад внутрішньої апаратної частини залежить від варіанту завдання. Для двопозиційних кодів достань одного Pin типу DigitalOut. Для трипозиційних кодів необхідний iDAC та Pin типу Analog.

#### 4. Програмна реалізація

Задана послідовність має бути представлена у змінній типу uint16. Обробку кожного біту здійснюємо окремо, отже необхідно застосування масок. Часові затримки та необхідні зміни рівнів вихідної напруги є різні для різних варіантів і мають бути наперед визначені на етапі постановки задачі.

#### 5. Комплексне налагоджування та тестування

Порівняти отримані осцилограми із результатами розрахунків, зробити висновки.

### ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

В телекомунікаційних системах перед передачею через лінію зв'язку інформацію представляють у вигляді дискретних по амплітуді та у часі сигналів, які обираються в залежності від фізичних властивостей лінії передачі та приймального обладнання. Подібне кодування називається лінійним (line coding, digital baseband modulation). В залежності від середовища передачі даних, після лінійного кодування електричні сигнали

- безпосередньо подаються на лінію передачі
- модулюють високочастотні коливання для передачі по радіоканалу
- управляють яскравістю джерела світла при оптичних методах передачі даних
- перетворюються у магнітні поля на жорсткому диску чи магнітній стрічці
- перетворюються у послідовність отворів на оптичному диску
- друкуються на папері у вигляді штрих-кодів.

У найпростішому випадку при лінійному кодуванні логічну одиницю замінюють наявністю напруги певного значення, а логічний нуль – нульовою напругою. Група лінійних кодів, що застосовують такий метод кодування, називається **однополярними (unipolar)** кодами.

Лінії передачі не можуть передавати постійний струм на велику відстань. Тому логічні одиниці кодують напругою однієї полярності, а логічні нулі – напругою протилежної полярності. Група лінійних кодів, побудованих за таким принципом, отримала назву **полярних (polar)**.

Якщо кількість нулів у повідомленні дорівнює кількості одиниць, то електричний сигнал, отриманий із застосуванням полярного кодування не матиме постійної складової і його значно легше передавати на велику відстань. Такий ідеальний випадок рідко зустрічається на практиці (кількість нулів у повідомленні дуже рідко дорівнює кількості одиниць), тому при більш складних методах кодування для представлення одного логічного значення застосовуються сигнали обох полярностей. Такий підхід гарантує відсутність постійної складової навіть при наявності у сигналі великих ділянок, що складаються тільки з логічних нулів чи тільки з логічних одиниць. Група лінійних кодів, які ґрунтуються на подібних принципах, отримала назву **біполярних (bipolar)**.

Іншим методом розв'язання – є використання для кодування логічного нуля чи одиниці не певного рівня сигналу, а переходу із одного рівня на інший. Вперше таке кодування було використане при побудові Манчестерського коду. Тому група лінійних кодів, які використовують цей принцип кодування, отримала назву **Манчестерські (manchester)**. Загальний вигляд класифікації лінійних кодів наведено на рисунку 1.

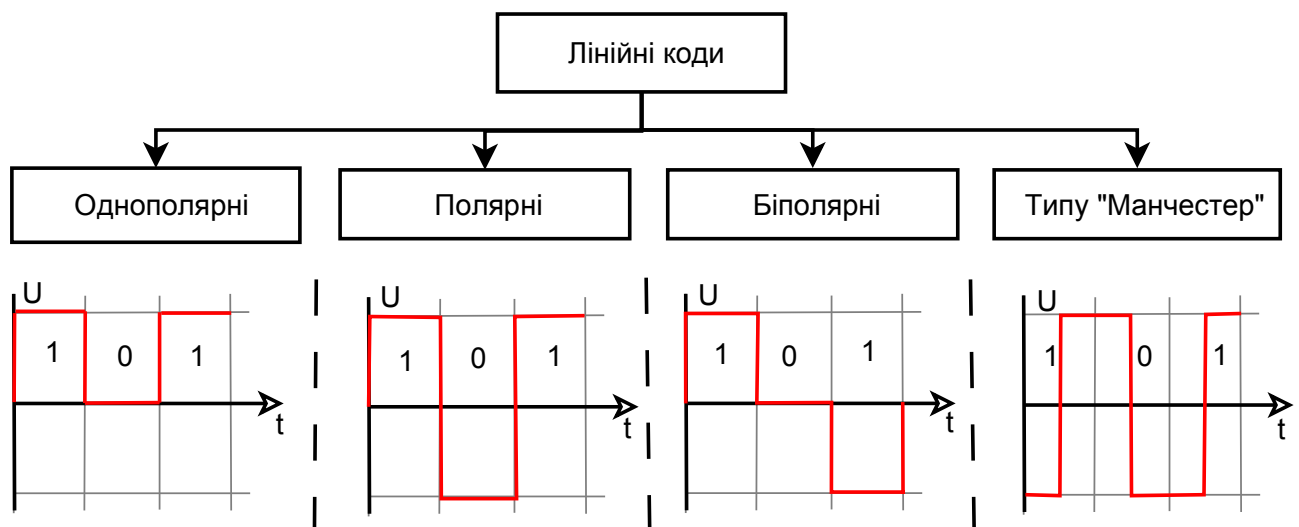


Рисунок 1. Класифікація лінійних кодів.

## ОДНОПОЛЯРНИЙ КОД RZ

Свою назву код RZ отримав від скорочення англійської фрази "Return to Zero". Українською вона звучить як "повернення до нуля", наголошуючи на тому, що напруга, якою кодується логічна одиниця чи нуль, повинна обов'язково досягти нульового рівня після передачі інформаційного біта.

Код RZ (Return-to-zero) має кілька варіантів реалізації. Один із них однополярний (unipolar RZ). Логічна одиниця при застосуванні цього коду кодується додатнім рівнем напруги. Після передачі символу рівень напруги обов'язково повертається до нуля. Нуль кодується нульовим рівнем напруги. Приклад кодування наведено на рисунку.

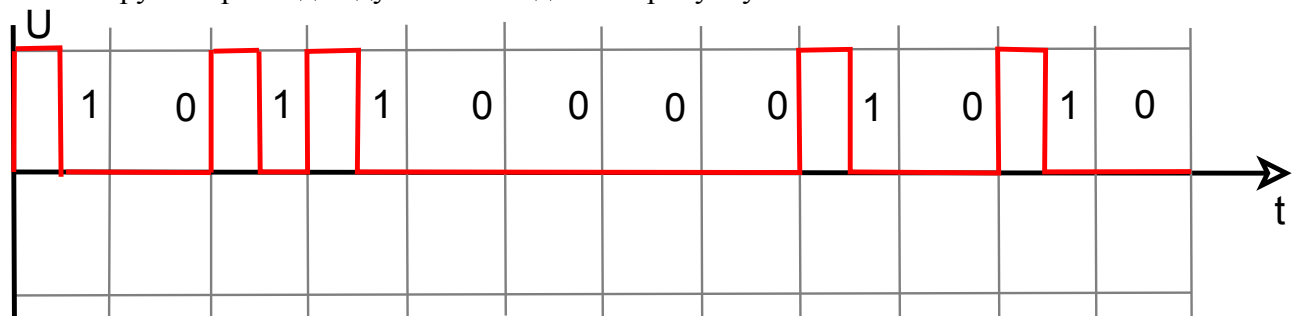


Рисунок 2. Кодування послідовності 101100001010 за допомогою однополярного коду RZ

Характерною властивістю коду RZ є його здатність самосинхронізуватися, тобто для відновлення закодованої послідовності даних приймачеві не потрібен додатковий сигнал синхронізації. Але для передачі даних потрібна удвічі більша смуга пропускання каналу, ніж для передачі цих даних без кодування.

### ПОЛЯРНИЙ КОД RZ

В спектрі однополярного варіанту коду RZ присутній значний рівень постійної складової. Для компенсації цього недоліку було створено полярний варіант коду RZ (polar RZ), в якому логічні одиниці кодуються імпульсами додатньої полярності, а логічні нулі – від'ємної полярності. Приклад полярного коду RZ наведено на рисунку.

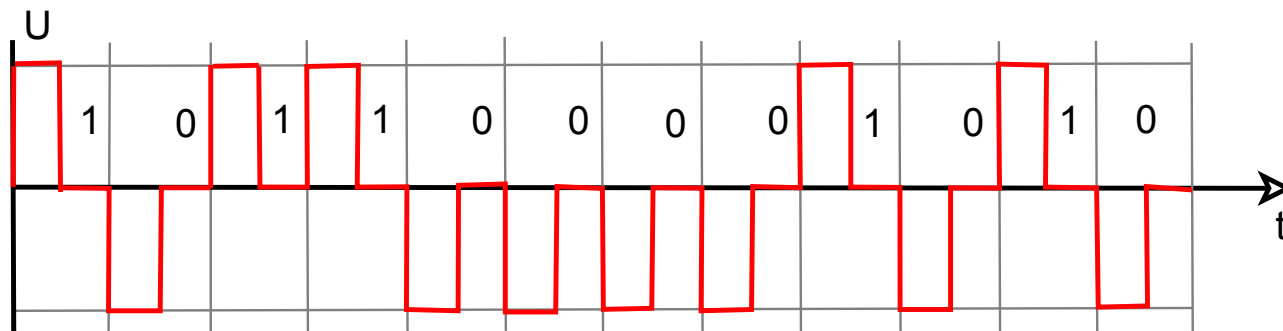


Рисунок 3. Кодування послідовності 101100001010 за допомогою полярного коду RZ

### БІПОЛЯРНИЙ КОД RZ

В біполярному варіанті коду RZ (bipolar RZ) логічна одиниця кодується імпульсами, полярність яких по чергові змінюється, а логічний нуль – нульовим рівнем напруги. В результаті досягається низький рівень постійної складової. у такому коді. Приклад біполярного коду RZ наведено на рисунку 4.

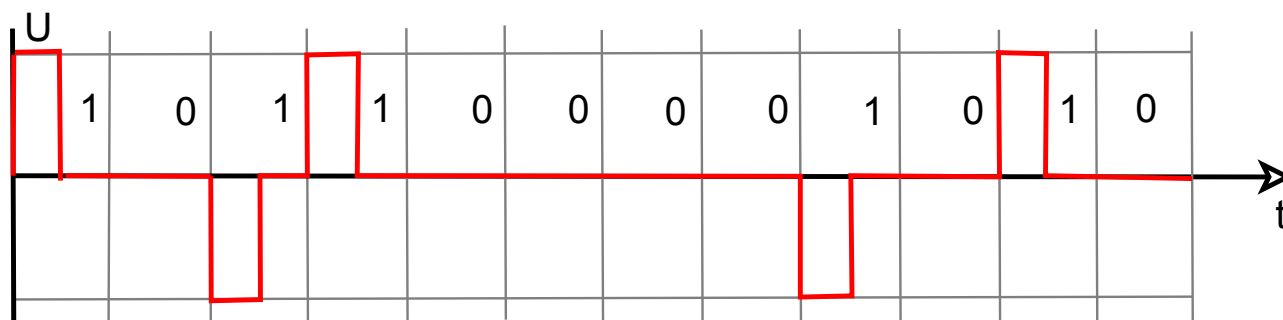


Рисунок 4. Кодування послідовності 101100001010 за допомогою біполярного коду RZ

### КОД RZI

Код RZI (Return To Zero Inverted) є інверсією однополярного коду RZ: логічний нуль кодується за допомогою імпульсу додатньої полярності, а логічна одиниця – нульовим рівнем напруги. Приклад коду RZI наведено на рисунку.

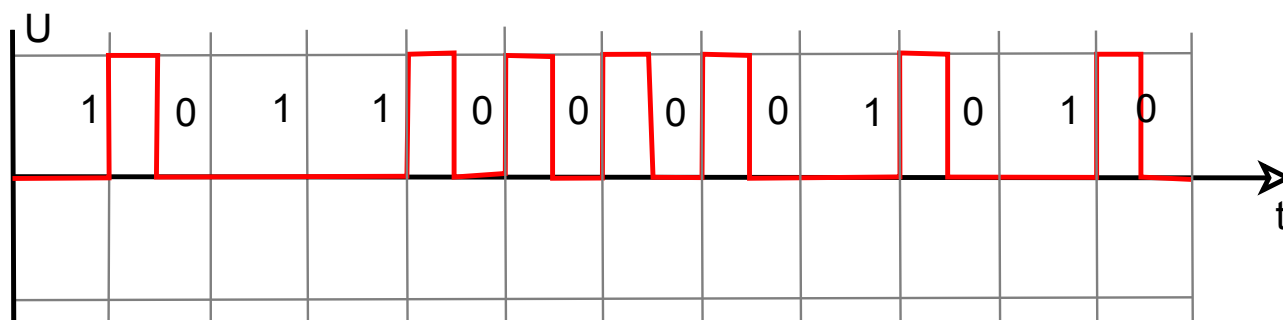
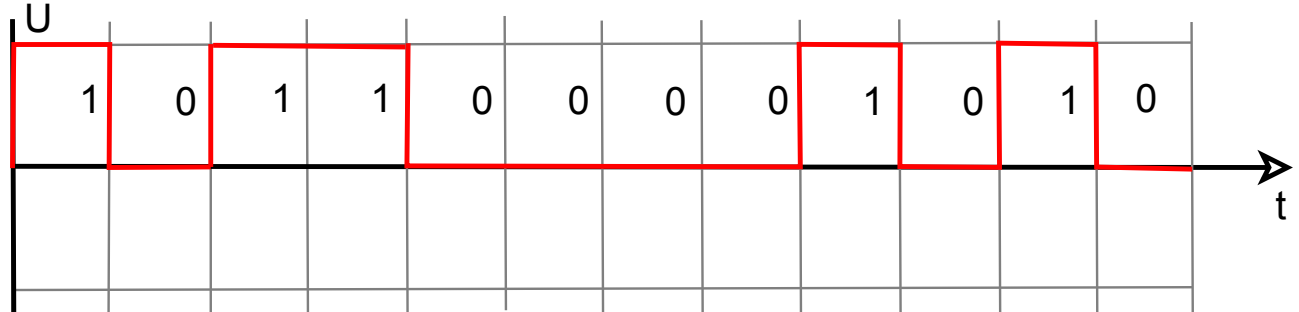


Рисунок 5. Кодування послідовності 101100001010 за допомогою коду RZI

### ОДНОПОЛЯРНИЙ КОД NRZ

Свою назву код NRZ отримав від скорочення англійської фрази “Non Return to Zero”. Українською вона звучить як “без повернення до нуля” наголошуючи на тому, що напруга, якою кодується логічна одиниця чи нуль, не повинна обов'язково досягти нульового рівня після передачі інформаційного біта.

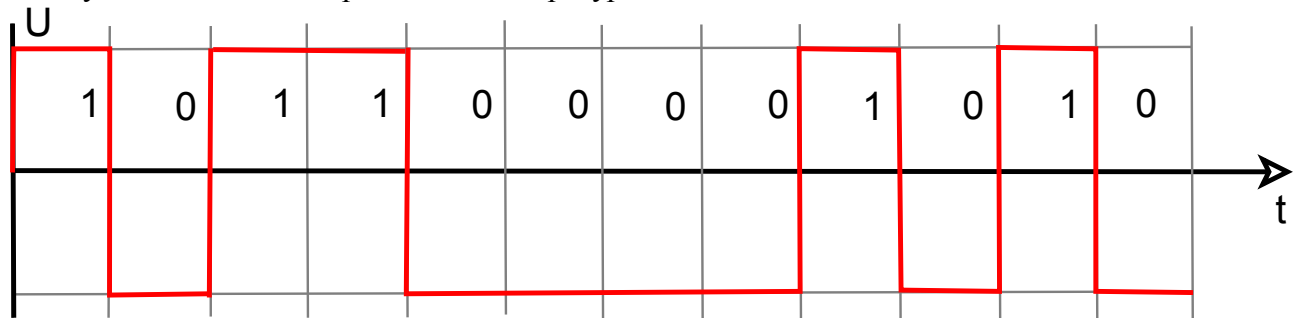
Код NRZ має кілька варіантів реалізації. Один із них однополярний. У цьому випадку логічній одиниці відповідає додатня напруга, а логічному нулю – нульова. При передачі підряд кількох однакових логічних значень, рівень напруги залишається незмінним. Приймачеві важко відтворити синхронізацію у випадку передачі довгих послідовностей, що складаються тільки з нулів чи тільки із одиниць. Тому, при використанні цього коду або по додатковому каналу передають сигнал синхронізації, або штучно створюють додаткові переходи із 0 в 1 (так зване кодування із обмеженням довжини поля – Run Length Limited (RLL)). Приклад однополярного NRZ коду наведено на рисунку.



Однополярний NRZ код.

### БІПОЛЯРНИЙ КОД NRZ

В біполярному варіанті коду NRZ логічна одиниця представляється додатнім рівнем напруги, а логічний нуль від'ємним (дивись рисунок 3). Прикладом використання такого коду може слугувати інтерфейс RS232, який широко застосовується у комп'ютерній, телекомунікаційній та вимірювальній апаратурі.



Біполярний NRZ код.

### КОД NRZ MARK

У цьому варіанті NRZ коду, поява логічної одиниці супроводжується зміною рівня напруги, а поява логічного нуля - ні. Ілюстрацією може служити рисунок 4. Часто в деякій літературі цей варіант коду називається просто NRZ або "non-return-to-zero change-on-ones" та "non-return-to-zero one"

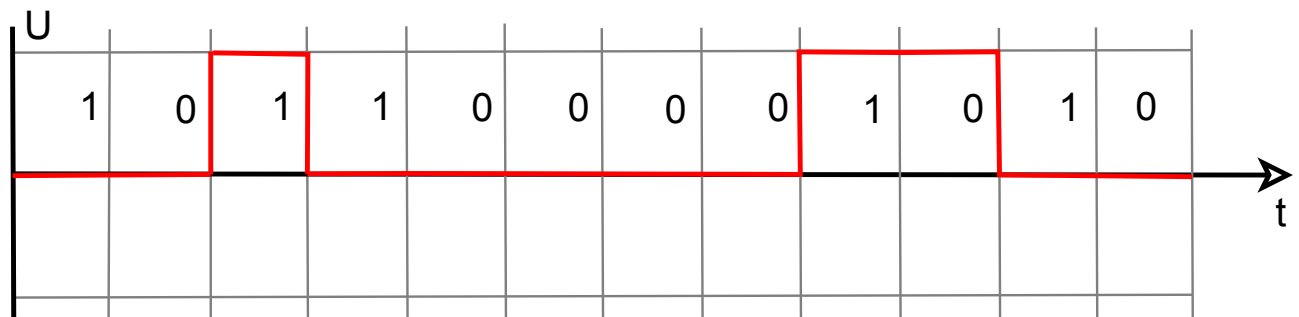


Рисунок 4. Код NRZ Mark.

### КОД NRZ SPACE

Поява логічної одиниці у цьому варіанті NRZ кодування не змінює рівень сигналу, а поява логічного нуля кодується зміною логічного стану. Приклад зображено на рисунку 5.

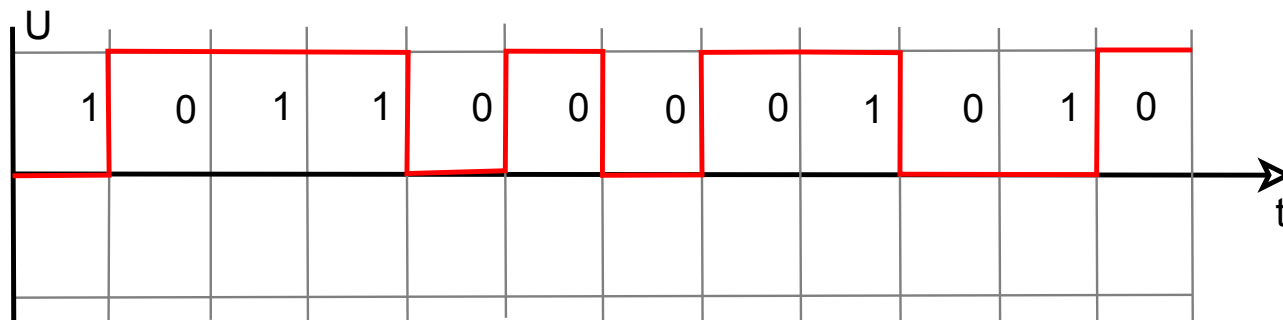


Рисунок 5. Код NRZ Space.

Серед найвідоміших використань цього кодування – протокол HDLC та інтерфейс USB. В обох випадках стараються уникати довгих періодів із незмінним рівнем сигналу: HDLC передавач вставляє у потік даних додатковий нульовий біт після п'яти послідовних одиниць, а USB передавач – після шести. На приймальній стороні додаткові нульові біти викидаються із прийнятого потоку даних. Такий прийом називається бітстафінг (bit stuffing).

#### КОД NRZI

NRZI - полярний код, який формується за наступними правилами: логічна одиниця представляється зміною полярності напруги, а при появі логічного нуля полярність не змінюється. Приклад зображено на рисунку 6.

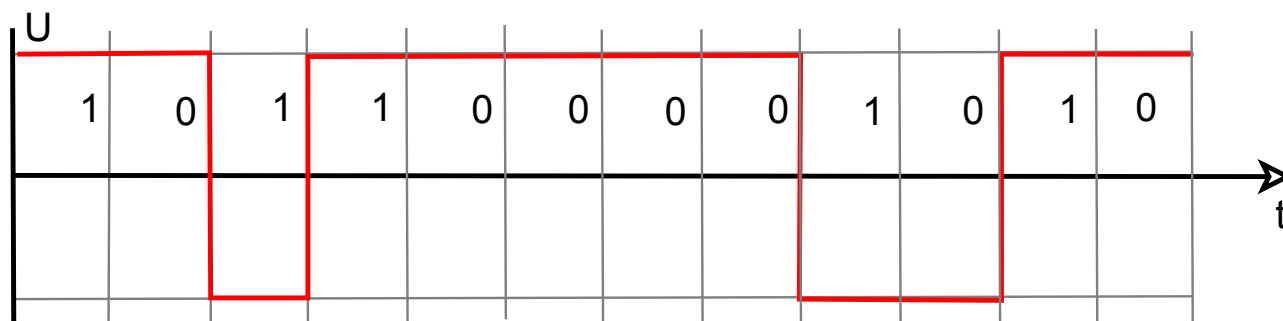
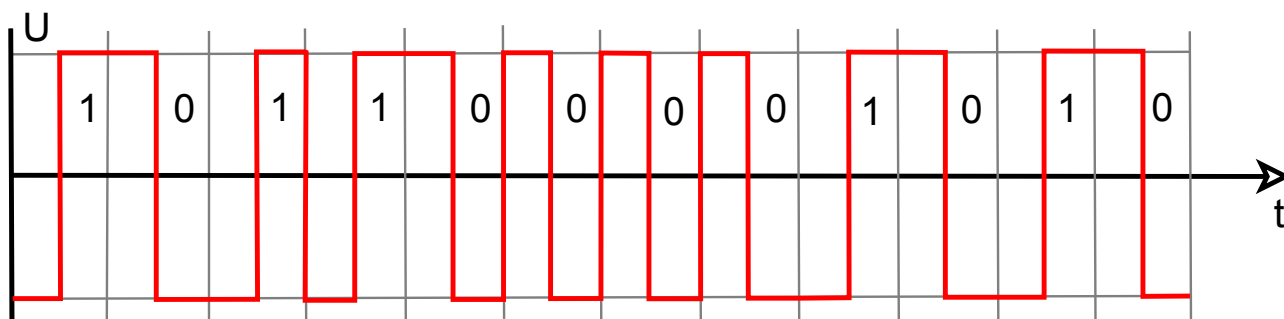


Рисунок 6. Код NRZI.

Застосовується NRZI при в процесі запису даних на магнітну стрічку, при передачі даних по інтерфейсу USB і т.п.

#### КОД “МАНЧЕСТЕР”

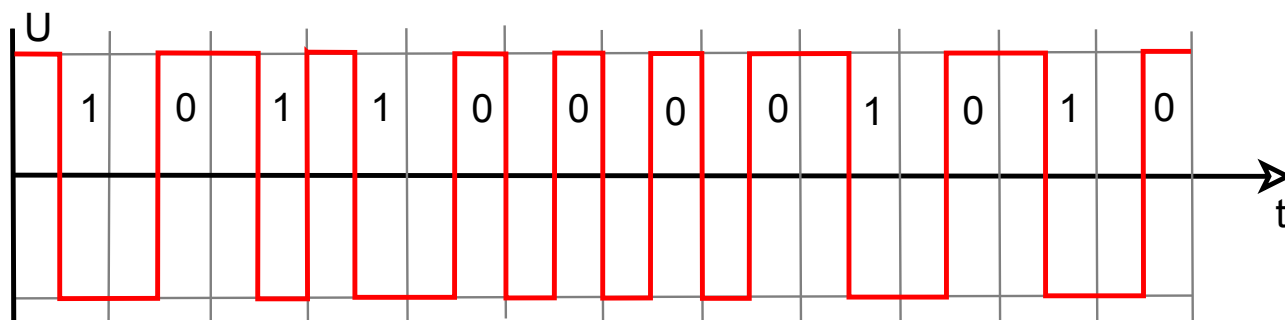
Код “Манчестер” кодує двійкові символи за наступними правилами: логічний нуль кодується переходом від додатнього рівня напруги до від'ємного в середині бітового інтервалу, логічна одиниця – переходом від від'ємного рівня напруги до додатнього в середині бітового інтервалу. Приклад кодування наведено на рисунку.



Код “Манчестер”.

#### КОД “МАНЧЕСТЕР II”

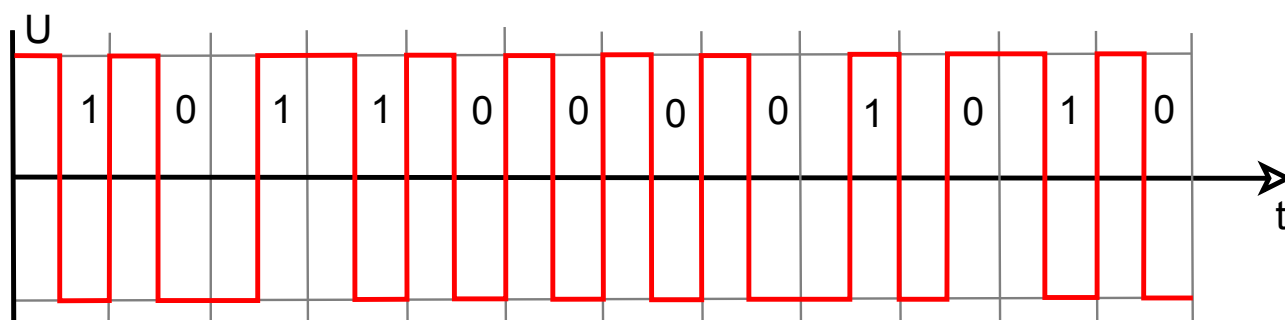
Правила кодування кодом типу “Манчестер II” наступні: логічний нуль кодується переходом від від'ємного рівня напруги до додатнього в середині бітового інтервалу, логічна одиниця – переходом від додатнього рівня напруги до від'ємного в середині бітового інтервалу. Приклад кодування наведено на рисунку.



Код “Манчестер II”.

### ДИФЕРЕНЦІЙНЕ МАНЧЕСТЕРСЬКЕ КОДУВАННЯ

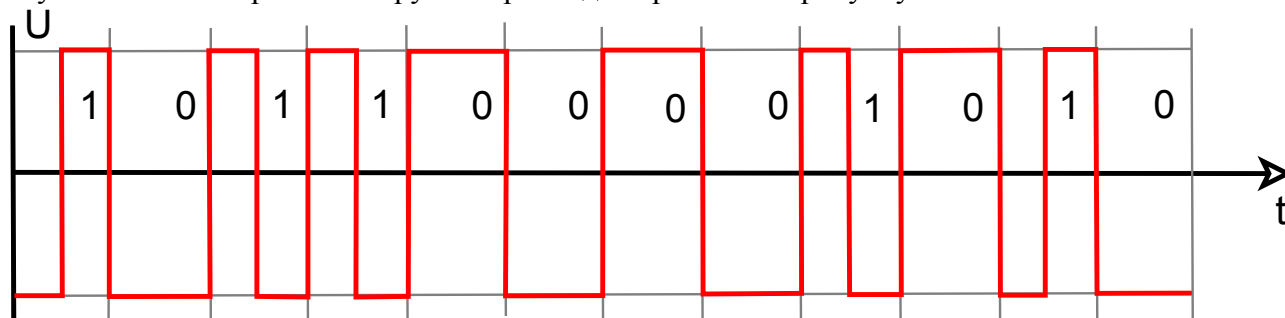
Більш складні правила диференційного манчестерського кодування. В середині бітового інтервалу завжди зміна полярності напруги. Логічний нуль кодується подібною зміною полярності на початку бітового інтервалу, логічна одиниця - відсутністю зміни полярності на початку бітового інтервалу. Приклад диференційного манчестерського кодування наведено на рисунку.



Диференційне манчестерське кодування.

### КОД ВМС

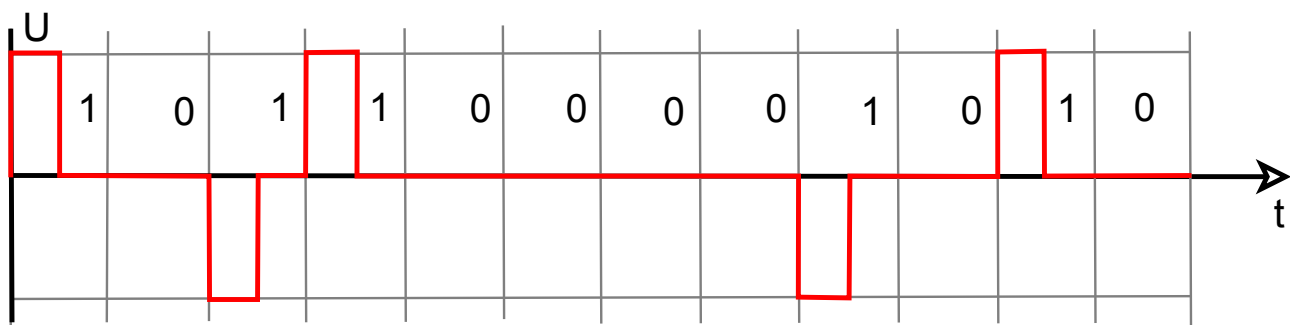
Назва коду – скорочення англійської фрази “Biphase Mark Code”. Логічна одиниця у цьому коді кодується зміною полярності напруги всередині бітового інтервалу, логічний нуль – відсутністю зміни полярності всередині бітового інтервалу. На початку бітового інтервалу завжди присутня зміна полярності напруги. Приклад зображено на рисунку.



Код ВМС.

### КОД АМІ

Свою назву код АМІ отримав від скорочення англійської фрази “Alternate Mark Inversion”. Близький по змісту український переклад звучить як “біполярний код із чергуванням”. Ця назва відображає правило формування коду: логічні одиниці кодуються по чергові додатнім та від’ємним рівнем напруги, а нулі – нульовим рівнем напруги (рисунок 2). Тривалість імпульсу рівна половині тактового інтервалу.



Код АМІ.

При частому чергуванні нулів та одиниць у спектрі коду відсутня постійна складова, а код має властивості самосинхронізації. Якщо ж передаються довгі послідовності нулів, синхронізацію забезпечити важко. Щоб позбутися подібного недоліку, в довгі послідовності навмисне вносяться нулі. Одна із подібних модифікацій коду АМІ носить назву HDB3.

### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дайте визначення лінійного кодування.
2. Яку особливість мають лінійні коди?
3. Наведіть класифікацію лінійних кодів?
4. Чим відрізняються полярні коди від біполярних?
5. Чим відрізняються однополярні коди від полярних?
6. Назвіть правила кодування інформації за допомогою NRZ, RZ, AMI, Manch