



## КОНТРОЛЬНА РОБОТА

з курсу



# "ТЕОРІЯ ПЕРЕШКОДОСТІЙКОГО КОДУВАННЯ"

### Анотація

#### Завдання №1

- ПРОЕКТУВАННЯ КОДЕРА Й ДЕКОДЕРА ЦИКЛІЧНОГО СИСТЕМАТИЧНОГО (НЕСИСТЕМАТИЧНОГО) КОДУ ХЕММІНГА

#### Завдання №2

- ПРОЕКТУВАННЯ КОДЕРА Й ДЕКОДЕРА ЦИКЛІЧНОГО НЕСИСТЕМАТИЧНОГО (СИСТЕМАТИЧНОГО) КОДУ ХЕММІНГА

#### Завдання №3

- ПРОЕКТУВАННЯ КОДЕРА Й ДЕКОДЕРА ЦИКЛІЧНОГО УКРОЧЕНОГО КОДУ ФАЙРА

### Література

Додаток 1 – Приклад оформлення титульного аркуша (укр)

Додаток 2 – Приклад оформлення титульного аркуша (рос)

Додаток 3 – Приклад виконання завдань 1,2 для парного варіанта

Додаток 4 – Приклад виконання завдань 1,2 для непарного варіанта

Додаток 5 – Приклад виконання завдання 3

TEL. (062) 301-07-58

301-08-04

FAX. (062) 335-45-89

<mailto:do@cs.dgtu.donetsk.ua>

83000 Донецьк

вул. Артема 58

корпус 4, ауд. 4.14

кафедра "Комп'ютерна інженерія"

Дяченко О.М.

УДК 681.3

Методичні вказівки щодо організації самостійної роботи студентів при виконанні індивідуальних завдань з курсу “Теорія перешкодостійкого кодування” (для студентів стаціонарної, заочної форми навчання і заочної форми навчання з наданням додаткових освітніх послуг спеціальності 7.091501)/ Скл.: О.М.Дяченко - Донецьк: ДонНТУ, 2011. – 18 с. (на електронному носії № 76, прот. № 1 від 13.01.11)

Розглядаються питання побудови циклічного систематичного та несистематичного кодів Хеммінга, укорочених кодів Файра, а також проектування кодерів і декодерів на основі цих кодів. Наведені порядок і приклади виконання завдань контрольної роботи.

Укладач: О.М.Дяченко

Рецензент: Ю.Є.Зінченко

## Завдання № 1

### ПРОЕКТУВАННЯ КОДЕРА Й ДЕКОДЕРА ЦИКЛІЧНОГО КОДУ ХЕММІНГА

**Завдання:** Розробити функціональні схеми кодуєчого та декодуєчого пристроїв для циклічного коду Хеммінга.

#### Варіанти завдання:

Довжина коду  $n = \lceil (35 - N) / 2 \rceil$ , де  $N$  – номер варіанту, квадратні дужки – округлювання до найближчого більшого цілого. Якщо  $N \bmod 2 = 0$ , код систематичний. Якщо  $N \bmod 2 = 1$ , код несистематичний.

Таблиця 1 - Примітивні поліноми

Степінь полінома (deg K(X)=p)	Поліном в 8- ричній системі числення
2	7
3	13
4	23
5	45
6	103

Приклад визначення полінома для 6-го степеня:  
поліном в восьмиричній системі числення: 103 ;  
поліном в двійковій системі числення: 001 000 011 ;  
поліноміальна форма представлення:  $X^6 + X + 1$ .

#### Порядок виконання роботи

- 1. Визначити мінімальну кількість перевірочних розрядів.
- 2. Вибрати породжувальний поліном з таблиці.
- 3. Визначити, чи є код кодом з найбільшою довжиною чи вкороченим кодом.
- 4. Розробити функціональні схеми кодера й декодера.

#### Зміст звіту

- 1. Титульний аркуш.
- 2. Завдання.
- 3. Вихідні дані.
- 4. Визначення мінімальної кількості контрольних розрядів.

- 5. Вибір породжувального полінома.
- 6. Функціональна схема кодера і декодера.

### **Контрольні питання**

- 1. Чим обумовлена назва циклічних кодів?
- 2. Які відомі способи побудови циклічних кодів?
- 3. Як вибирається породжувальний поліном циклічного коду?
- 4. Як будується перевірна матриця для циклічного коду з виправленням одиночної помилки?
- 5. Яка процедура виявлення й виправлення помилки в циклічних кодах з  $d_{\min}=3$ ?
- 6. Що таке "декодер Меггітта"?
- 7. Що таке "укорочений циклічний код"?
- 8. Як реалізується операція ділення на поліном за допомогою лінійної перемикальної схеми?
- 9. Як виконується множення поліномів за допомогою лінійної перемикальної схеми?
- 10. Як визначити поліном, двоїстий заданому?
- 11. Що таке "незвідний поліном"?

## Завдання № 2

### ПРОЕКТУВАННЯ КОДЕРА Й ДЕКОДЕРА ЦИКЛІЧНОГО КОДУ ХЕММІНГА

**Завдання:** Розробити функціональні схеми кодуєчого та декодуєчого пристроїв для циклічного коду Хеммінга.

#### Варіанти завдання:

Довжина коду  $n = \lceil (35 - (N - 1)) / 2 \rceil$ , де  $N$  – номер варіанту, квадратні дужки – округлювання до найближчого більшого цілого. Якщо  $(N - 1) \bmod 2 = 0$ , код систематичний. Якщо  $(N - 1) \bmod 2 = 1$ , код несистематичний.

Таблиця 1 - Примітивні поліноми

Степінь полінома (deg K(X)=p)	Поліном в 8- ричній системі числення
2	7
3	13
4	23
5	45
6	103

Приклад визначення полінома для 6-го степеня:  
поліном в восьмеричній системі числення: 103 ;  
поліном в двійковій системі числення: 001 000 011 ;  
поліноміальна форма представлення:  $X^6 + X + 1$ .

#### Порядок виконання роботи

- 1. Визначити мінімальну кількість перевірочних розрядів.
- 2. Вибрати породжувальний поліном з таблиці.
- 3. Синтезувати кодер і декодер на основі лінійних перемикальних схем.
- 4. Розробити функціональні схеми кодера й декодера.

#### Зміст звіту

- 1. Титульний аркуш.
- 2. Завдання.
- 3. Вихідні дані.
- 4. Визначення мінімальної кількості контрольних розрядів.

- 5. Вибір породжувального полінома.
- 6. Функціональна схема кодера і декодера.

### **Контрольні питання**

- 1. Чим обумовлена назва циклічних кодів?
- 2. Які відомі способи побудови циклічних кодів?
- 3. Як вибирається породжувальний поліном циклічного коду?
- 4. Як будується перевірна матриця для циклічного коду з виправленням одиночної помилки?
- 5. Яка процедура виявлення й виправлення помилки в циклічних кодах з  $d_{\min}=3$ ?
- 6. Що таке "декодер Меггітта"?
- 7. Що таке "укорочений циклічний код"?
- 8. Як реалізується операція ділення на поліном за допомогою лінійної перемикальної схеми?
- 9. Як виконується множення поліномів за допомогою лінійної перемикальної схеми?
- 10. Як визначити поліном, двоїстий заданому?
- 11. Що таке "незвідний поліном"?

### Завдання № 3

## ПРОЕКТУВАННЯ КОДЕРА Й ДЕКОДЕРА КОДУ ФАЙРА, ЩО ВИПРАВЛЯЄ ПАКЕТ ПОМИЛОК

**Завдання:** Розробити функціональні схеми кодуючого та декодуючого пристроїв для коду Файра, що виправляє пакет помилок.

### Варіанти завдання:

- 1. Породжувальний поліном:

$$g_1(X)=(X^7 + 1)(X^4 + X^3 + 1), \text{ якщо } N - \text{ парне,}$$

$$g_2(X)=(X^7 + 1)(X^4 + X + 1), \text{ якщо } N - \text{ непарне.}$$

- 2. Побудувати вкорочений код Файра  $(105 - i, 94 - i)$ ,  $i=[N/2]$ , що виправляє одиночні пакети помилок з довжиною пакета  $t=4$  (у цьому випадку квадратні дужки означають округлення до найближчого більшого цілого).  $N$  - номер варіанта.

### Порядок виконання роботи

- 1. Відповідно до варіанта визначити породжувальний поліном для вкороченого коду Файра, що виправляє одиночний пакет помилок.
- 2. Визначити параметри укороченого коду Файра  $(n, k)$ .
- 3. Визначити залишок від ділення полінома  $X^{(n-k+i)}$  на породжувальний поліном.
- 4. Розробити функціональні кодера й декодера.

### Зміст звіту

- 1. Титульний аркуш.
- 2. Завдання.
- 3. Вихідні дані.
- 4. Визначення породжувального полінома, параметрів укороченого коду Файра  $(n, k)$ .
- 5. Визначення залишку від ділення полінома  $X^{(n-k+i)}$  на породжувальний поліном.
- 6. Функціональна схема кодера й декодера.

### Контрольні питання

- 1. Що таке "пакет помилок"?
- 2. Що називається циклічним пакетом помилок?
- 3. Скільки перевірочних символів повинен містити лінійний блоковий код, що виправляє всі пакети помилок довжини  $t$ ?
- 4. Що називається кодом Файра?
- 5. Як визначається породжувальний поліном для побудови коду Файра?
- 6. Скільки перевірочних символів містить код Файра, що виправляє всі пакети помилок довжини  $t$ ?

- 7. Як виконується кодування кодів Файра?
- 8. Нарисуйте схему виявлення й корекції пакетних помилок довжини  $t$  за допомогою коду Файра?
- 9. Як утворюються вкорочені коди Файра?
- 10. У чому полягає особливість побудови декодувального пристрою для вкороченого коду Файра?



## ЛИТЕРАТУРА

### Основная:

1. Richard E Blahut. Theory and Practice of Error Control codes/ Addison-Wesley Publishing Company, 1986.– 576 p.
2. Peterson W.W., Weldon E.J., Jr. Error-correcting codes.- 2nd ed.- Cambridge (Mass.): MIT Press., 1971.– 595 p.
3. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки: Пер. с англ. - М.: Мир, 1986. - 576 с.: ил. (с. 61-81, 112-152, 154-184).
4. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки. - М.: Мир, 1976. – 595 с.: ил. (pp. 134-138, 304-321, 251-273).
5. Кузьмин В. П., Кедрус В. А. Основы теории информации и кодирования. - К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 238 с. (с. 6-10, 70-74, 86-90, 93-101)
6. Цымбал В. П. Теория информации и кодирования: Учебник. - К.: Вища шк., 1992.-263 с.: ил. (с. 6-12, 12-22, 79-102, 184-198, 198-221)

### Дополнительная:

7. Сидельников В.М. Теория кодирования. – М.: 2006. – 289 с.
8. Shu Lin, Daniel J. Costello. Error Control Coding. Fundamentals and Applications/ Prentice-Hall, 1983. - 617 p.
9. Michael Purser. Introduction to Error-Correcting Codes/ Artech House, 1995. - 133 p.
10. W. Carry Huffman, Vera Pless. Fundamentals of Error-Correcting Codes/ Cambridge University Press., 2003. - 662 p.
11. Robert H. Morelos-Zaragoza. The art of error correcting coding/ SONY Computer Science Laboratories, Inc. JAP, John Wiley & Sons, Ltd, 2002. – 219 p.
12. Todd K. Moon. Error Correction Coding. Mathematical Methods and Algorithms/ Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc., 2005. - 755 p.
13. Огнев И. В., Сарычев К. Ф. Надежность запоминающих устройств. - М.: Радио и связь, 1988. - 224 с.
14. Дяченко О.Н. Графический способ представления сверточных кодов// Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія “Інформатика, кібернетика і обчислювальна техніка” (ІКОТ-2007). Випуск 8 (120) - Донецьк: ДонНТУ, 2007. – С. 89-98.
15. Дяченко О.Н. Аппаратная реализация и корректирующие возможности кодов Рида-Соломона// Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія “Проблеми моделювання та автоматизації проектування динамічних систем” (МАП-2007). Випуск: 6 (127) - Донецьк: ДонНТУ. - 2007. – С.113-121.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**  
**ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ЗВІТ**  
**з контрольної роботи № \_\_**  
**з курсу**  
**“Найменування дисципліни”**

**Виконав:**  
**ст. гр. КС-ХХу**  
**Іваненко І.І.**  
**Перевірив:**  
**Петренко П.П.**

**Донецьк-20ZZ**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И СПОРТА  
УКРАИНЫ**

**ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ОТЧЕТ**  
**по контрольной работе №\_\_**  
**по курсу**  
**“Наименование дисциплины”**

**Выполнил:**  
**ст. гр. КС-ХХу**  
**Иваненко И.И.**  
**Проверил:**  
**Петренко П.П.**

**Донецк-20ZZ**

## Приклади виконання завдань

### Систематичний циклічний код Хеммінга

Завдання: Розробити функціональні схеми кодуючого та декодуючого пристроїв для циклічного коду Хеммінга з довжиною коду  $n = \lceil (35-N)/2 \rceil$ , де  $N$  – номер варіанту, квадратні дужки – округлювання до найближчого більшого цілого. Якщо  $N \bmod 2 = 0$ , код систематичний. Якщо  $N \bmod 2 = 1$ , код несистематичний.

Таблиця 1 - Примітивні поліноми

<u>Степінь полінома</u> <u>degK(X)=p</u>	<u>Поліном в 8-ричній системі</u> <u>числення</u>
<u>2</u>	<u>7</u>
<u>3</u>	<u>13</u>
<u>4</u>	<u>23</u>
<u>5</u>	<u>45</u>
<u>6</u>	<u>103</u>

Приклад визначення полінома для 6-ї степені:  
поліном у восьмеричній системі числення: 103;  
поліном у двійковій системі числення: 001 000 011;  
поліноміальна форма представлення:  $X^6 + X + 1$ .

Варіант  $N = 12$ .

1. Визначаємо довжину коду ( $n$ ).

$$n = \lceil (35-N)/2 \rceil = \lceil (35-12)/2 \rceil = \lceil 11,5 \rceil = 12$$

$N \bmod 2 = 0$ - це означає, що код систематичний.

2. Визначення мінімальної кількості перевірочних символів ( $p$ )

$$p = \lceil \log_2 \{ (k+1) + \lceil \log_2 (k+1) \rceil \} \rceil \quad (1)$$

$$\text{або } p = \lceil \log_2 (n+1) \rceil \quad (2)$$

(квадратні дужки означають округлення до найближчого більшого цілого).

Зараз нам відомо тільки значення  $n$  і ми можемо підрахувати  $p$ ,

$$\text{використовуючи формулу (2): } p = \lceil \log_2 (12+1) \rceil = 4$$

3. Визначення кількості інформаційних символів.

$$k = n - p = 12 - 4 = 8$$

4. Визначення параметра укорочення ( $i$ ).

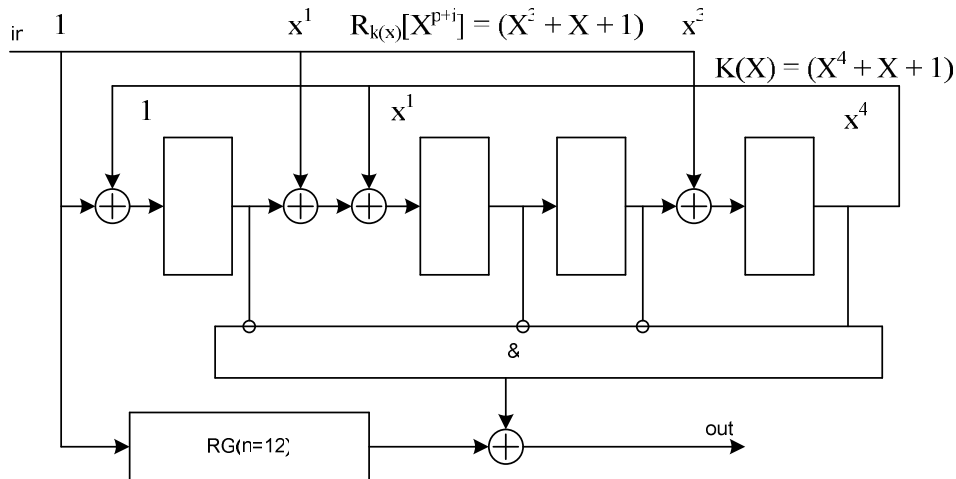
Неукорочений циклічний код Хеммінга має наступні параметри:

$$(2^p - 1, 2^p - 1 - p).$$



## 8. Побудова декодера для систематичного коду (12, 8).

### Декодер



### *Несистематичний циклічний код Хеммінга*

**Завдання:** Розробити функціональні схеми кодуючого та декодуючого пристроїв для циклічного коду Хеммінга з довжиною коду  $n = \lceil (35 - (N - 1)) / 2 \rceil$ , де  $N$  – номер варіанту, квадратні дужки – округлювання до найближчого більшого цілого. Якщо  $(N - 1) \bmod 2 = 0$ , код систематичний. Якщо  $(N - 1) \bmod 2 = 1$ , код несистематичний.

Варіант  $N = 12$ .

1. Визначення довжини коду ( $n$ ).

$$n = \lceil (35 - (N - 1)) / 2 \rceil = \lceil (35 - 11) / 2 \rceil = \lceil 12 \rceil = 12$$

$(N - 1) \bmod 2 = 1$  - це означає, що код несистематичний.

2. Визначення мінімальної кількості перевірочних символів ( $p$ )

$$p = \lceil \log_2 ((k + 1) + \lceil \log_2 (k + 1) \rceil) \rceil \quad (1)$$

$$\text{або } p = \lceil \log_2 (n + 1) \rceil \quad (2)$$

(квадратні дужки означають округлення до найближчого більшого цілого).

Зараз нам відомо тільки значення  $n$  і ми можемо підрахувати  $p$ ,

$$\text{використовуючи формулу (2): } p = \lceil \log_2 (12 + 1) \rceil = 4$$

3. Визначення кількості інформаційних символів ( $k$ ).

$$k = n - p = 12 - 4 = 8$$

4. Визначення параметра укорочення (i).

Неукорочений циклічний код Хеммінга має наступні параметри n і k:  
 $(2^p - 1, 2^p - 1 - p)$ .

Таким чином, код (12, 8) є укороченим (n-i, k-i) циклічним кодом (15-3, 11-3).

i = 3 бо код (12, 8) отримано укорочуванням коду (15, 11): (15-3, 11-3).

У даному випадку p = 4, n = 2<sup>p</sup> - 1 - i = 12, k = 2<sup>p</sup> - 1 - p - i = 8.

5. Вибір породжувального полінома K (X).

Вибираємо K (X) з таблиці 1, або з довідкового матеріалу у відповідності з параметром p.

У нашому випадку p = 4, K (X) = X<sup>4</sup> + X + 1

6. Визначення залишку від ділення X<sup>(p+i)</sup> на породжувальний поліном R<sub>k(x)</sub>[X<sup>p+i</sup>].

$$\begin{array}{r} X^7 \\ \underline{X^7 + X^4 + X^3} \\ \hline \end{array} \left| \begin{array}{r} X^4 + X + 1 \\ X^3 + 1 \end{array} \right.$$

$$X^4 + X^3$$

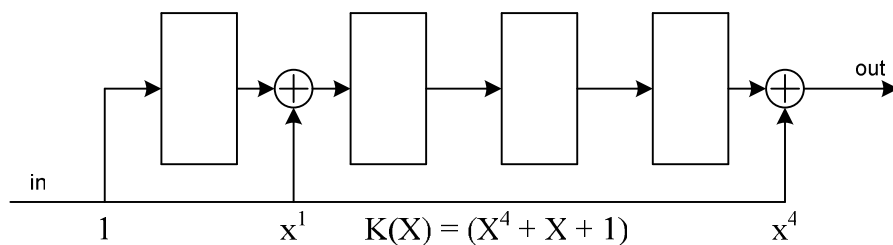
$$\underline{X^4 + X + 1}$$

$$X^3 + X + 1$$

$$R_{k(x)}[X^{p+i}] = X^3 + X + 1$$

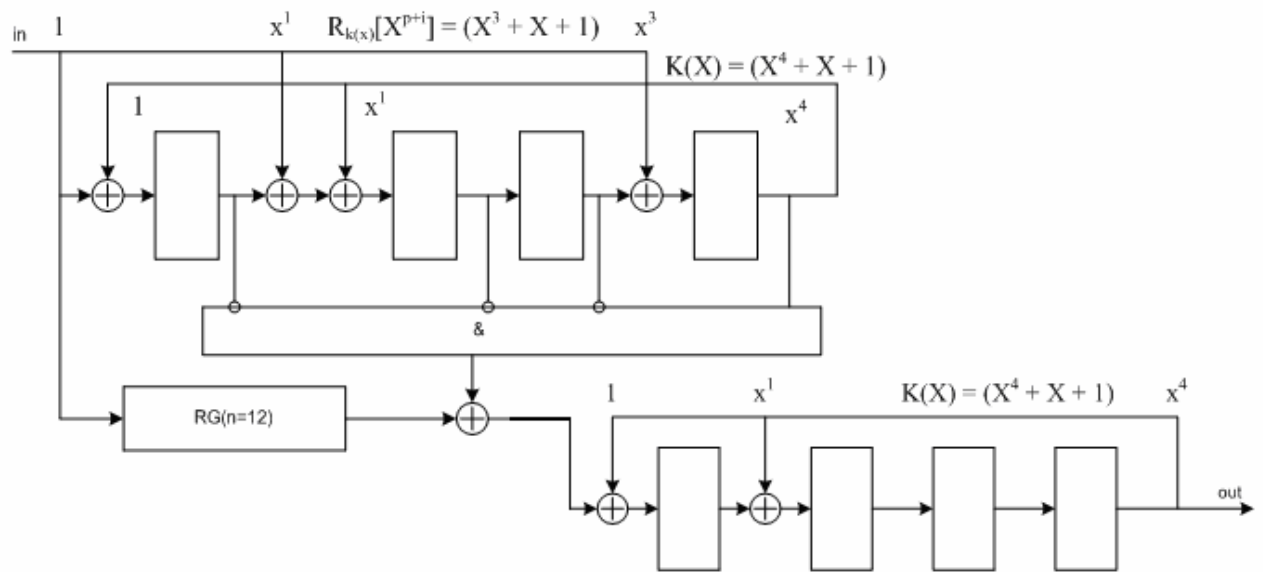
7. Побудова кодера для коду (12, 8).

**Кодер**



8. Побудова декодера для коду (12, 8).

**Декодер**





## Приклади виконання завдань

### Несистематичний циклічний код Хеммінга

Завдання: Розробити функціональні схеми кодуючого та декодуючого пристроїв для циклічного коду Хеммінга з довжиною коду  $n = \lceil (35-N)/2 \rceil$ , де  $N$  – номер варіанту, квадратні дужки – округлювання до найближчого більшого цілого. Якщо  $N \bmod 2 = 0$ , код систематичний. Якщо  $N \bmod 2 = 1$ , код несистематичний.

Таблиця 1 - Примітивні поліноми

<u>Степінь полінома</u> <u>degK(X)=p</u>	<u>Поліном в 8-ричній системі</u> <u>числення</u>
<u>2</u>	<u>7</u>
<u>3</u>	<u>13</u>
<u>4</u>	<u>23</u>
<u>5</u>	<u>45</u>
<u>6</u>	<u>103</u>

Приклад визначення полінома для 6-ї степені:  
поліном у восьмеричній системі числення: 103;  
поліном у двійковій системі числення: 001 000 011;  
поліноміальна форма представлення:  $X^6 + X + 1$ .

Варіант  $N = 11$ .

1. Визначаємо довжину коду ( $n$ ).

$$n = \lceil (35-N)/2 \rceil = \lceil (35-11)/2 \rceil = \lceil 12 \rceil = 12$$

$N \bmod 2 = 1$  - це означає, що код несистематичний.

2. Визначення мінімальної кількості перевірочних символів ( $p$ )

$$p = \lceil \log_2 \{ (k+1) + \lceil \log_2(k+1) \rceil \} \rceil \quad (1)$$

$$\text{або } p = \lceil \log_2(n+1) \rceil \quad (2)$$

(квадратні дужки означають округлення до найближчого більшого цілого).

Зараз нам відомо тільки значення  $n$  і ми можемо підрахувати  $p$ ,

$$\text{використовуючи формулу (2): } p = \lceil \log_2(12+1) \rceil = 4$$

3. Визначення кількості інформаційних символів.

$$k = n - p = 12 - 4 = 8$$

4. Визначення параметра укорочення ( $i$ ).

Неукорочений циклічний код Хеммінга має наступні параметри:

$$(2^p - 1, 2^p - 1 - p).$$

Таким чином, код (12, 8) є укороченим (n-i, k-i) циклічним кодом (15-3, 11-3).

$i = 3$  бо код (12, 8) отримано укорочуванням коду (15, 11): (15-3, 11-3).

У цьому випадку  $p = 4$ ,  $n = 2^p - 1 - i = 12$ ,  $k = 2^p - 1 - p - i = 8$ .

5. Вибір породжувального полінома  $K(X)$ .

Вибираємо  $K(X)$  з таблиці 1, з довідкового матеріалу у відповідності з параметром  $p$ .

У нашому випадку  $p = 4$ ,  $K(X) = X^4 + X + 1$

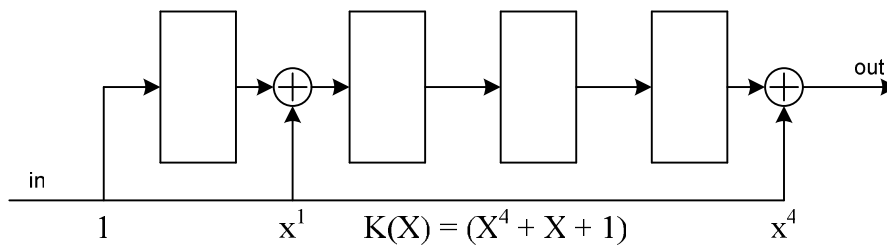
6. Визначення залишку від ділення  $X^{(p+i)}$  на породжувальний поліном  $R_{k(x)}[X^{p+i}]$ .

$$\begin{array}{r} X^7 \\ X^7 + X^4 + X^3 \hline X^4 + X^3 \\ X^4 + X + 1 \hline X^3 + X + 1 \end{array} \left| \begin{array}{l} X^4 + X + 1 \\ X^3 + 1 \end{array} \right.$$

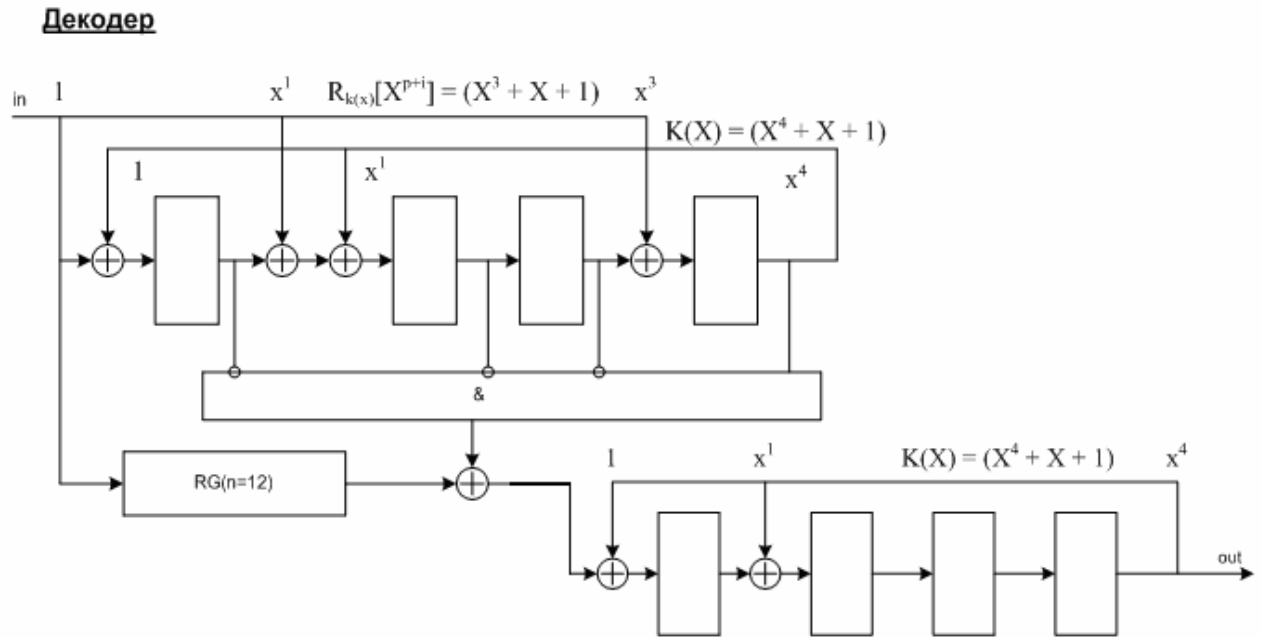
$$R_{K(X)}[X^{p+i}] = X^3 + X + 1$$

7. Побудова кодера для коду (12, 8).

**Кодер**



8. Побудова декодера для несистематичного коду (12, 8).



**Систематичний циклічний код Хеммінга**

**Завдання:** Розробити функціональні схеми кодуючого та декодуючого пристроїв для циклічного коду Хеммінга з довжиною коду  $n = \lceil (35 - (N - 1)) / 2 \rceil$ , де  $N$  – номер варіанту, квадратні дужки – округлювання до найближчого більшого цілого. Якщо  $(N - 1) \bmod 2 = 0$ , код систематичний. Якщо  $(N - 1) \bmod 2 = 1$ , код несистематичний.

Варіант  $N = 11$ .

1. Визначення довжини коду ( $n$ ).

$$n = \lceil (35 - (N - 1)) / 2 \rceil = \lceil (35 - 10) / 2 \rceil = \lceil 12,5 \rceil = 13$$

$(N - 1) \bmod 2 = 0$  - це означає, що код систематичний.

2. Визначення мінімальної кількості перевірочних символів ( $p$ )

$$p = \lceil \log_2 ((k + 1) + \lceil \log_2 (k + 1) \rceil) \rceil \quad (1)$$

$$\text{або } p = \lceil \log_2 (n + 1) \rceil \quad (2)$$

(квадратні дужки означають округлення до найближчого більшого цілого).

Зараз нам відомо тільки значення  $n$  і ми можемо підрахувати  $p$ ,

$$\text{використовуючи формулу (2): } p = \lceil \log_2 (13 + 1) \rceil = 4$$

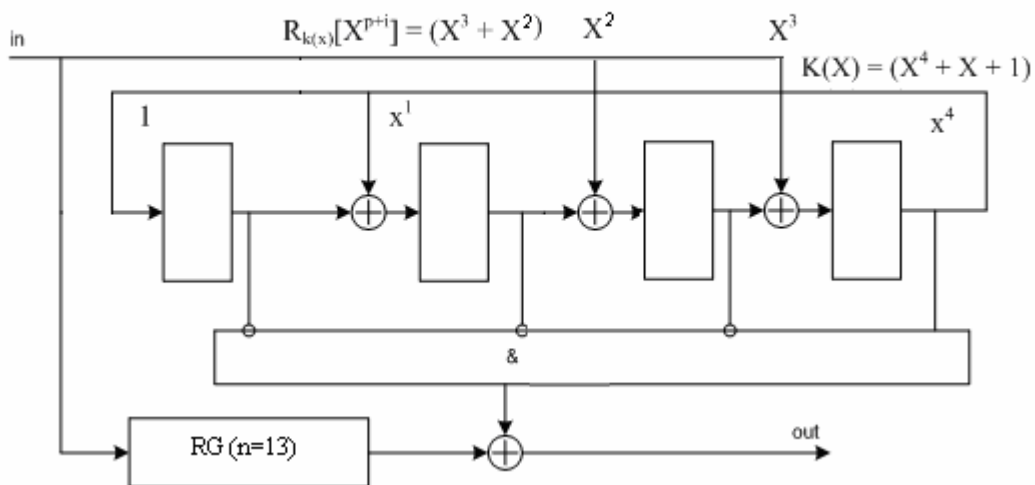
3. Визначення кількості інформаційних символів ( $k$ ).

$$k = n - p = 13 - 4 = 9$$



8. Побудова декодера для коду (13, 9).

**Декодер**



## Укорочений код Файра

**Завдання:** Розробити функціональні схеми кодуючого та декодуючого пристроїв для коду Файра, що виправляє пакет помилок.

Варіант N=27

Породжувальний поліном:

$$g_1(X) = (X^7 + 1)(X^4 + X^3 + 1), \text{ якщо } N - \text{ парне,}$$

$$g_2(X) = (X^7 + 1)(X^4 + X + 1), \text{ якщо } N - \text{ непарне.}$$

Побудувати вкорочений код Файра  $(105 - i, 94 - i)$ ,  $i = \lfloor N/2 \rfloor$ , що виправляє одиночні пакети помилок з довжиною пакета  $t=4$  (у цьому випадку квадратні дужки означають округлення до найближчого більшого цілого).  $N = 27$ . У цьому випадку  $i = 14$ .

1. Визначення параметрів вихідного коду.

Параметр укорочення  $i = 14$

Довжина виправлюваного пакета помилок  $b = 4$

Параметри коду:  $(105-i, 94-i) \Rightarrow (105-14, 94-14) \Rightarrow (91, 80)$

2. Визначення породжувального полінома  $F(X)$ .

$$F(X) = (X^{2b-1} + 1)(X^4 + X + 1) = (X^7 + 1)(X^4 + X + 1) = X^{11} + X^8 + X^7 + X^4 + X + 1$$

$$\begin{array}{r} \times \begin{array}{r} X^4 + X + 1 \\ X^7 + 1 \end{array} \\ \hline \begin{array}{r} X^4 + X + 1 \\ + X^{11} + X^8 + X^7 \end{array} \\ \hline X^{11} + X^8 + X^7 + X^4 + X + 1 \end{array}$$

3. Визначення мінімальної кількості перевірочних символів  $(p)$ .

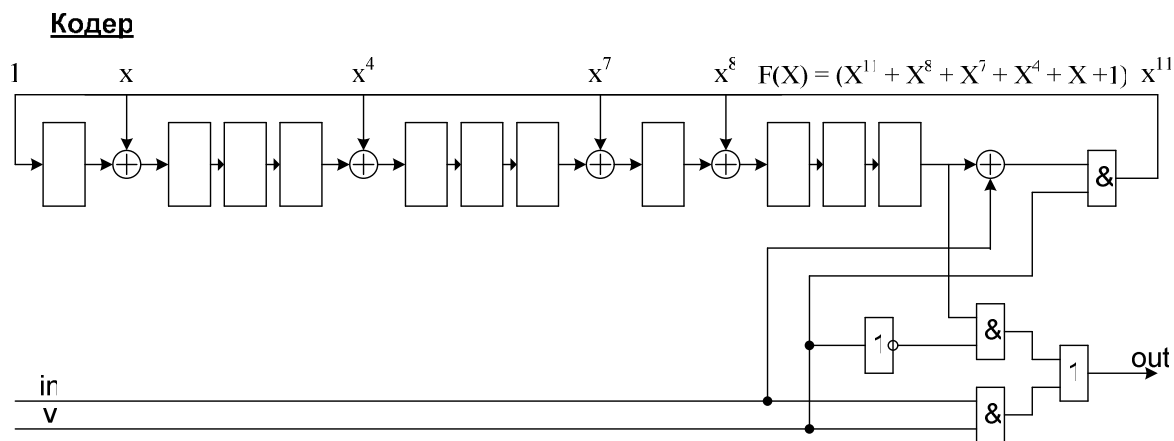
$$p = n - k = 91 - 80 = 11$$

4. Визначення залишку від ділення  $X^{(p+i)}$  на породжувальний поліном  $R_{F(X)}[X^{p+i}]$ .

$$\begin{array}{r}
 X^{25} \\
 \hline
 X^{25} + X^{22} + X^{21} + X^{18} + X^{15} + X^{14} \\
 \hline
 X^{22} + X^{21} + X^{18} + X^{15} + X^{14} \\
 \hline
 X^{22} + X^{19} + X^{18} + X^{15} + X^{12} + X^{11} \\
 \hline
 X^{21} + X^{19} + X^{14} + X^{12} + X^{11} \\
 \hline
 X^{21} + X^{18} + X^{17} + X^{14} + X^{11} + X^{10} \\
 \hline
 X^{19} + X^{18} + X^{17} + X^{12} + X^{10} \\
 \hline
 X^{19} + X^{16} + X^{15} + X^{12} + X^9 + X^8 \\
 \hline
 X^{18} + X^{17} + X^{16} + X^{15} + X^{10} + X^9 + X^8 \\
 \hline
 X^{18} + X^{15} + X^{14} + X^{11} + X^8 + X^7 \\
 \hline
 X^{17} + X^{16} + X^{14} + X^{11} + X^{10} + X^9 + X^7 \\
 \hline
 X^{17} + X^{14} + X^{13} + X^{10} + X^7 + X^6 \\
 \hline
 X^{16} + X^{13} + X^{11} + X^9 + X^6 \\
 \hline
 X^{16} + X^{13} + X^{12} + X^9 + X^6 + X^5 \\
 \hline
 X^{12} + X^{11} + X^5 \\
 \hline
 X^{12} + X^9 + X^8 + X^5 + X^2 + X \\
 \hline
 X^{11} + X^9 + X^8 + X^2 + X \\
 \hline
 X^{11} + X^8 + X^7 + X^4 + X + 1 \\
 \hline
 X^9 + X^7 + X^4 + X^2 + 1
 \end{array}
 \left| \begin{array}{l}
 X^{11} + X^8 + X^7 + X^4 + X + 1 \\
 \hline
 X^{14} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^6 + X^5 + X + 1
 \end{array} \right.$$

$$R_{F(X)}[X^{p+i}] = X^9 + X^7 + X^4 + X^2 + 1$$

7. Побудова кодера для коду (91, 80).



Сигнал  $V$  використовується для перемикування ключів кодера. Він повинен бути високого рівня перші  $k = 80$  тактів і потім перемикатися в низький рівень.

## 8. Побудова декодера для коду (91, 80).

