

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА



ФАКУЛЬТЕТ ВІЙСЬКОВОЇ ПІДГОТОВКИ

КАФЕДРА ВІЙСЬКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ

Керівник заняття

завідувач кафедри кандидат технічних наук, доцент
Глухов Сергій Іванович

2016 р.

**ПРЕДМЕТ:
ОСНОВИ ПОБУДОВИ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ
ТЕХНІКИ**

ТЕМА №2.

**ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ, БУДОВА ТА ПРИНЦИП
РОБОТИ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ
РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ (РЛС).**

**ЗАНЯТТЯ №5.
ПРИСТРОЇ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ
РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ.**

МЕТА ЗАНЯТТЯ:

НАВЧАЛЬНА МЕТА:

- 1. Вивчити призначення та характеристики пристроїв цифрової обробки сигналів.**

ВИХОВНА МЕТА:

- 1. Виховувати у студентів культуру поведінки.**
- 2. Виховувати студентів у дусі патріотизму.**

НАВЧАЛЬНІ ПИТАННЯ:

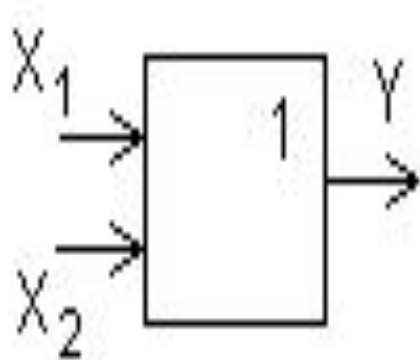
**1. АВТОМАТИЧНІ ЦИФРОВІ ПРИСТРОЇ
ВИЯВЛЕННЯ.**

2. ЦИФРОВІ ФІЛЬТРИ.

Основою для створення цифрових пристроїв в трактах обробки РЛ є типові логічні елементи, з яких створюються необхідні логічні пристрої. В логічних елементах сигнали на вході і виході приймають тільки два значення (0 і 1).

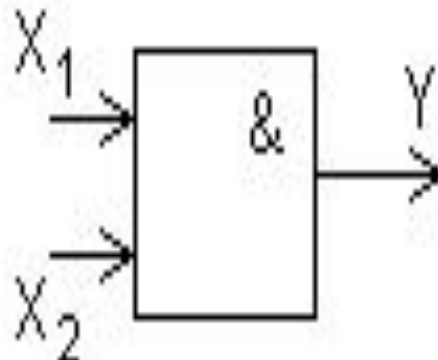
Основні логічні елементи це наступні (рис.1):

- логічний елемент АБО (ИЛИ);**
- логічний елемент І (И);**
- логічний елемент НІ (НЕ).**



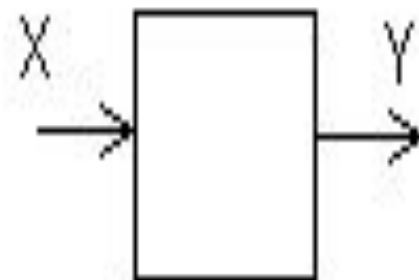
АБО

$$Y = X_1 + X_2$$



И

$$Y = X_1 X_2$$



НИ

$$Y = \bar{X}$$

Рис. 1

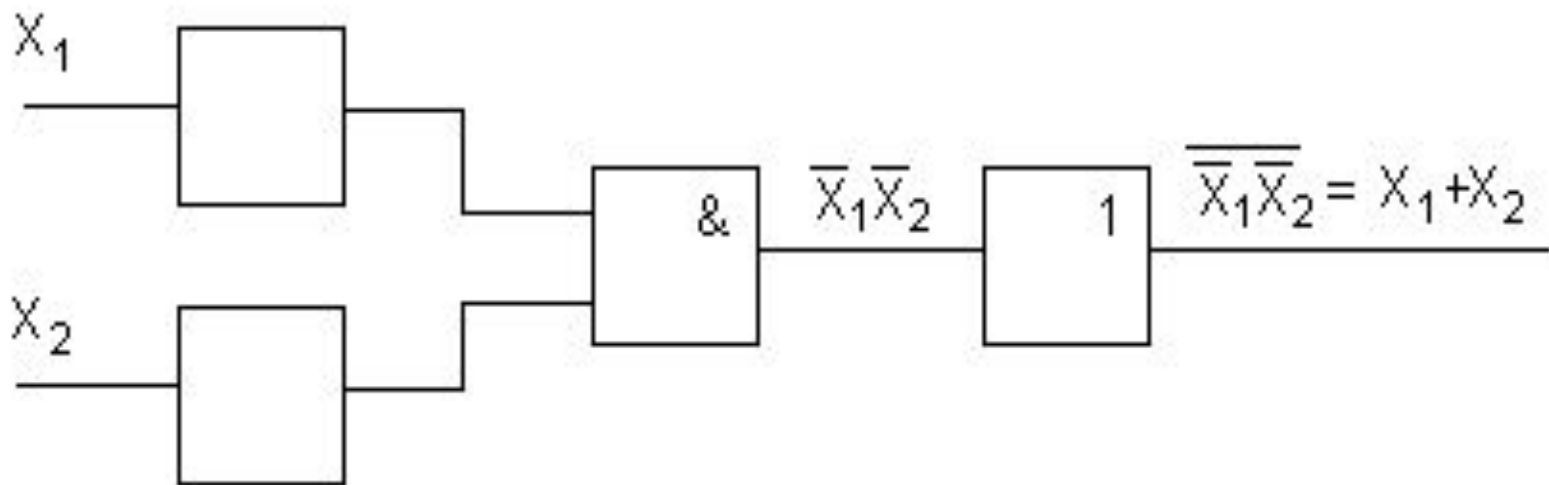
Таким чином, із двох логічних елементів (І, НІ чи АБО) можливо створити функціонально повні системи, які забезпечують можливість побудови будь-яких комбінаційних логічних пристроїв:

- суматори однорозрядні і багаторозрядні;**
- перетворювачі кодів;**
- шифратори;**
- дешифратори;**
- мультиплексори, призначені для передачі сигналів з будь-якого із входів на одну загальну вихідну шину;**
- демультиплексори (розподілювачі імпульсів), призначені для послідовної передачі імпульсів з вхідної шини на один з n входів;**

- пристрої порівняння (цифровий компаратор), призначені для видачі вихідного сигналу у випадку, коли на вхід пристрою надходять коди двох однакових чисел;
- послідовні логічні пристрої:
- тригери (пристрої з двома стійкими станами). - реєстри:
- паралельні реєстри (пам'яті);
- зсувний реєстр;
- лічильники: пристрої призначені для підрахування кількості одиниць інформації (лічильник імпульсів), які поступають на їх входи.

$$X_1 + X_2 = \overline{\overline{X_1} \cdot \overline{X_2}}$$

Відповідна такому перетворенню логічна схема показана на рис. 2.



Мал. 2.

Система логічних елементів АБО, І, НІ достатня для побудови будь-яких комбінаційних логічних пристроїв. Тому таку систему називають функціонально повною системою логічних елементів. Навіть повнота даної системи є надлишковою. Один елемент (І чи АБО) із системи можна виключити, зберігши її функціональну повноту. Застосовуючи принцип двоїстості бульової алгебри можна, наприклад, замість операції АБО, використати операцію І над інверсними значеннями змінних, а потім проінвертувати одержане значення.

ПИТАННЯ І

**АВТОМАТИЧНІ ЦИФРОВІ
ПРИСТРОЇ ВИЯВЛЕННЯ**

Процес одержання РЛІ розділяється на наступні етапи:

- визначення цілей;**
- вимірювання координат і параметрів руху;**
- дозвіл;**
- розпізнавання цілей.**

Найбільш складними є пристрої визначення цілей в умовах перешкод і без них, так як вони найбільш складні і виконують основну задачу РЛС (визначення цілей).

Доцільність цифрової обробки при визначенні сигналів обумовлена

насамперед відсутністю у цифрових накопичувачів ефекту насичення, який властивий аналоговим накопичувачам. Крім того, ефективність аналогових пристроїв значно знижується із-за різного роду нестабільності апаратури, наприклад, із-за нестабільності часу запізнення сигналу в лінії затримки.

Цифрові пристрої краще ніж аналогові піддаються мікромініатюризації і внаслідок цього мають малу масу і габарити. Позитивною якістю цифрових пристроїв є також висока надійність і точність виконання арифметичних операцій, можливість гнучкого оперативного перестроювання параметрів і пристроїв.

Вищевказані переваги цифрової обробки обумовлюють доцільність її застосування не тільки для визначення сигналів, але і для вирішення інших задач обробки РЛІ. При цьому цифрові алгоритми в різних задачах обробки інформації можуть бути реалізовані на однотипній мікроелектронній елементній базі. Особливо широкі можливості для цього має мікропроцесорна техніка.

Цифрова обробка сигналів, як і аналогова, може бути когерентною і некогерентною. Оскільки перетворення в двійкові числа радіосигналів здійснити технічно важко, перетворенню (амплітудному квантуванню) підлягають відеосигнали.

При когерентній обробці необхідно, щоб в двійкових кодах сигналів була інформація про амплітуду і початкову фазу вхідних сигналів.

При некогерентній обробці необхідна інформація лише про амплітуду, тому для перетворення в двійковий код використовується сигнал з виходу амплітудного детектора.

У всіх випадках перед цифровою обробкою здійснюється перетворення інформації в АЦП. В них неперервний сигнал дискретизується за часом з кроком Δt і за рівнем (амплітудою) з кроком ΔU .

При визначенні некогерентних імпульсів на фоні некорельованого шуму число рівнів квантування може приймати яке дорівнює двом (всього один розряд). В цьому випадку апаратура цифрової обробки найбільш проста і втрати інформації приведуть до порівняльно невеликого зниження якості обробки. При когерентній обробці необхідно здійснювати цифрову фільтрацію сигналів і когерентну компенсацію перешкод. При цьому число рівнів квантування необхідно збільшувати, щоб зменшити спотворення (із-за квантування) сигналів і перешкод. На практиці часто беруть

$$\Delta U = U_{\min} = \sigma_{\text{ш}},$$

де $\sigma_{ш}$ – рівень власних шумів приймача,
при цьому із вищевикладеного слідує:

$$d = \frac{U_{max}}{\sigma_{ш}}$$

В загальному випадку цифровий процесор повинен виконувати наступні функції:

- 1. Здійснити оптимальну обробку сигналів рухомих цілей на фоні пасивних перешкод (тобто подавити пасивні перешкоди в цифровому режекторному гребінчастому фільтрі – ЦРГФ).**
- 2. Здійснити міжперіодну обробку і накопичення сигналів від цілей (тобто виділити сигнал від цілі в цифровому смуговому гребінчастому фільтрі – ЦСГФ).**
- 3. Здійснити порівняння виділеного сигналу від цілі з порогом і на основі цього прийняти рішення про наявність або відсутність цілі в об'ємі простору, який проглядається.**

Схема цифрового процесора для визначення пачки некогерентних імпульсів показана на рис. 3.

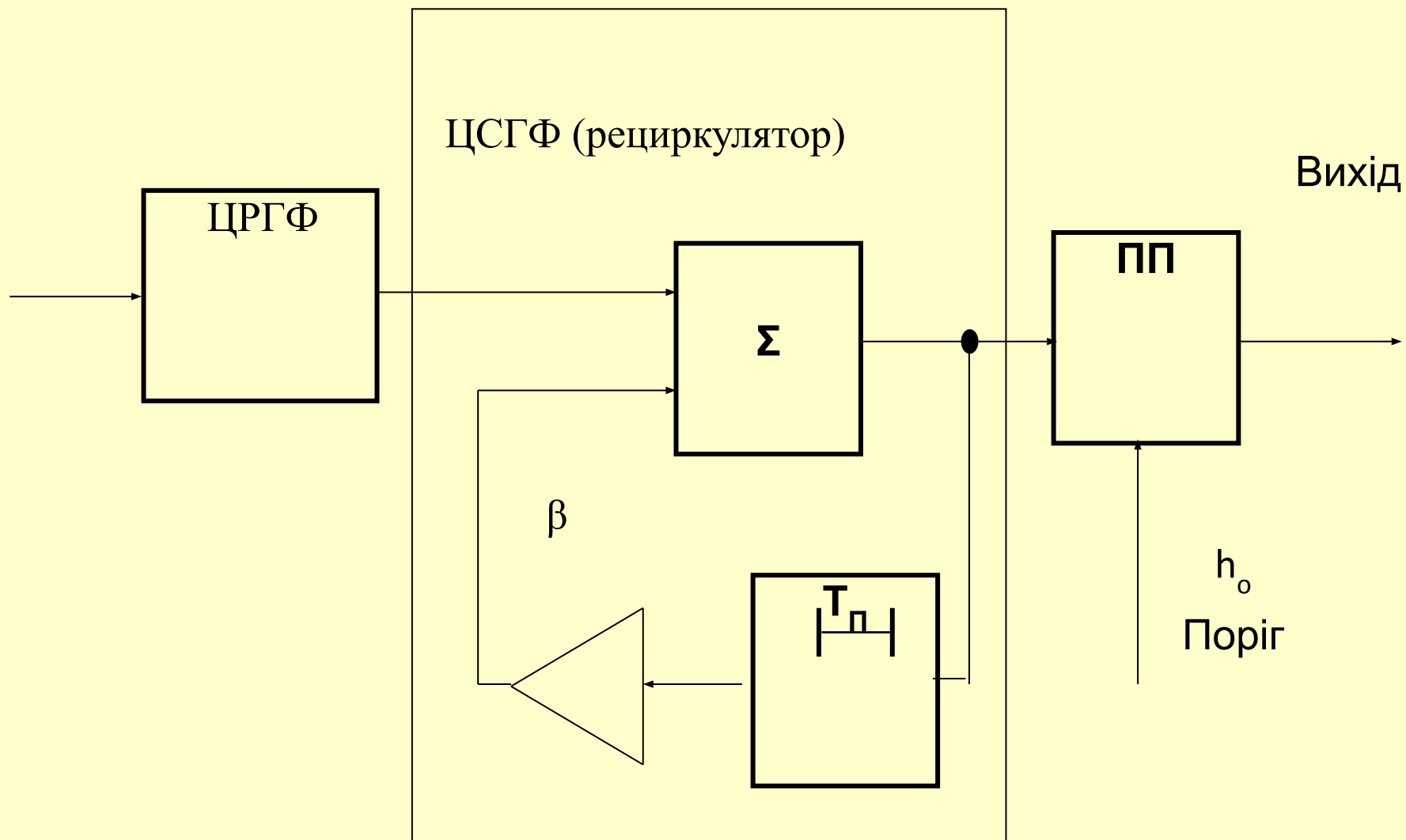


Рис. 4. Схема цифрового процесора

Принцип роботи (ЦСГФ) рециркулятора

Складається з суматора, лінії затримки на період повторення T_n , позитивного зворотного зв'язку, який забезпечує багатократне використання лінії затримки. Для того, щоб система була стійкою коефіцієнт зворотного зв'язку $\beta < 1$. Амплітудно-частотна характеристика рециркулятора показана на рис. 5. Для звуження смуг пропускання ЦСГФ (тобто для оптимального накопичення більшого числа імпульсів) необхідно наблизити коефіцієнт зворотного зв'язку β до одиниці. А це, в свою чергу, зменшує запас стійкості системи. На практиці дотримуються $\beta = 0.8 \div 0.95$.

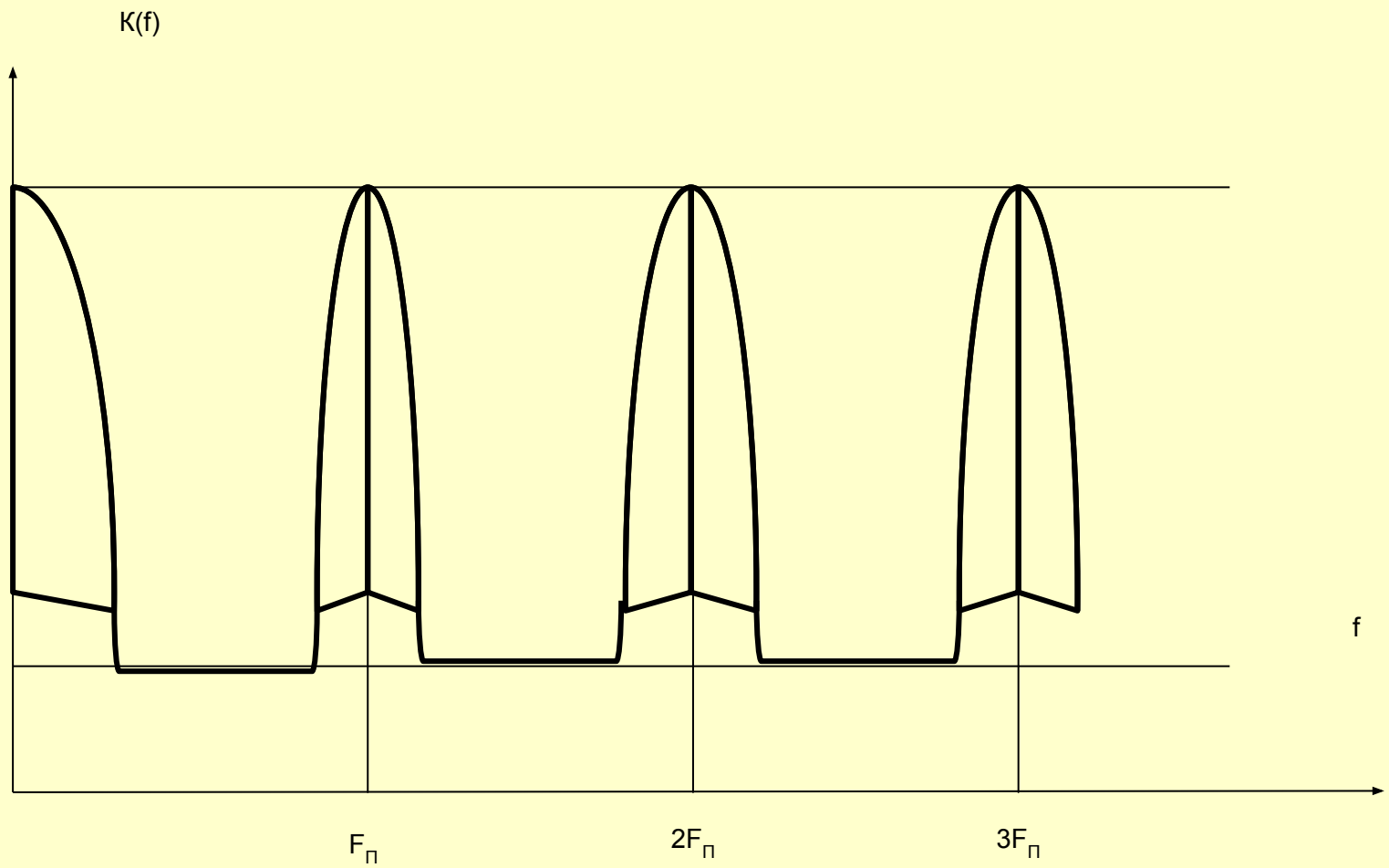


Рис. 5

АЧХ рециркулятора є гребінчастою.

Максимуми АЧХ мають місце на частотах, кратних частоті повторення κF_n та дорівнюють

$$K_{\max} = \frac{1}{1 - \beta}$$

Мінімуми АЧХ відповідають

$$K_{\min} = \frac{1}{1 + \beta}$$

Ширина пелюстків визначається за формулою

$$\Delta F_n = \frac{1 - \beta}{2\pi T_n}$$

І разом з тим такого ж самого ефекту звуження смуги і підвищення ефективності накопичення можна досягти, якщо, не змінюючи β , використовувати два і більше каскадів рециркуляторів. Двоступінчатий рециркулятор показаний на рис. 6.

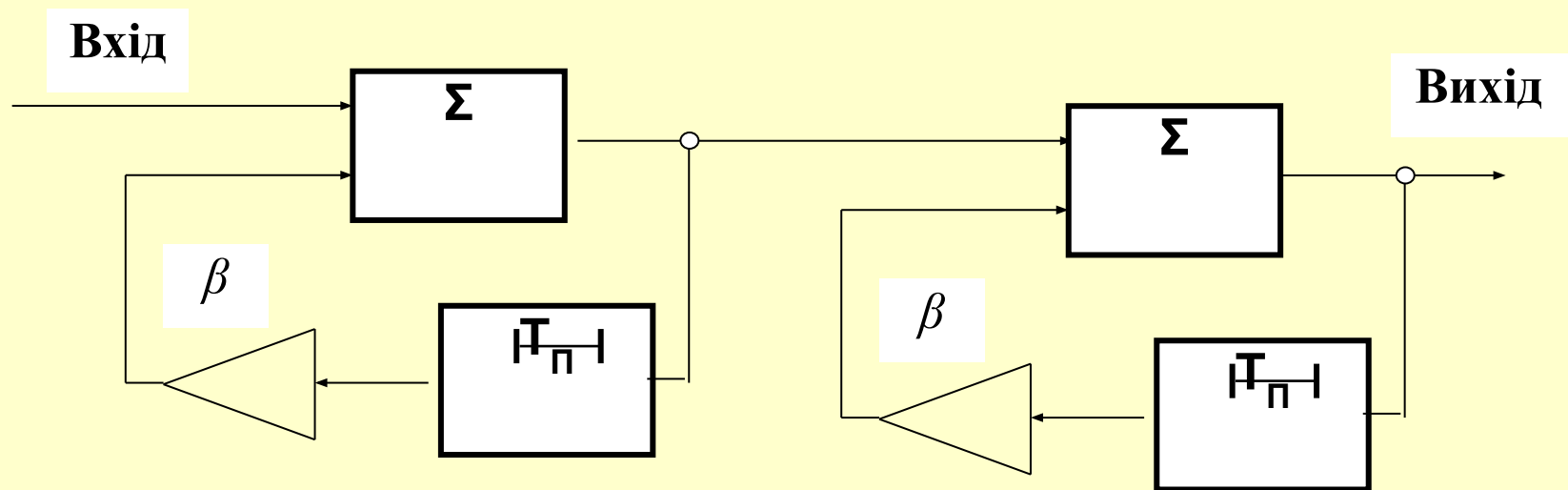


Рис. 6. Двоступінчатий рециркулятор

Пороговий пристрій порівнює сигнал з виходу рециркулятора з порогом h_0 , який на практиці вибирають за допомогою приблизного співвідношення:

$$h_0 \approx 1.5\sqrt{N}$$

де N – очікувана кількість імпульсів в пачці.

Якщо сигнал перевищує поріг, то приймається рішення про наявність сигналу від цілі, в іншому випадку (протилежному) – не приймається.

Спрощена структурна схема цифрового виявляча когерентних радіоімпульсів зображена на рис. 7.

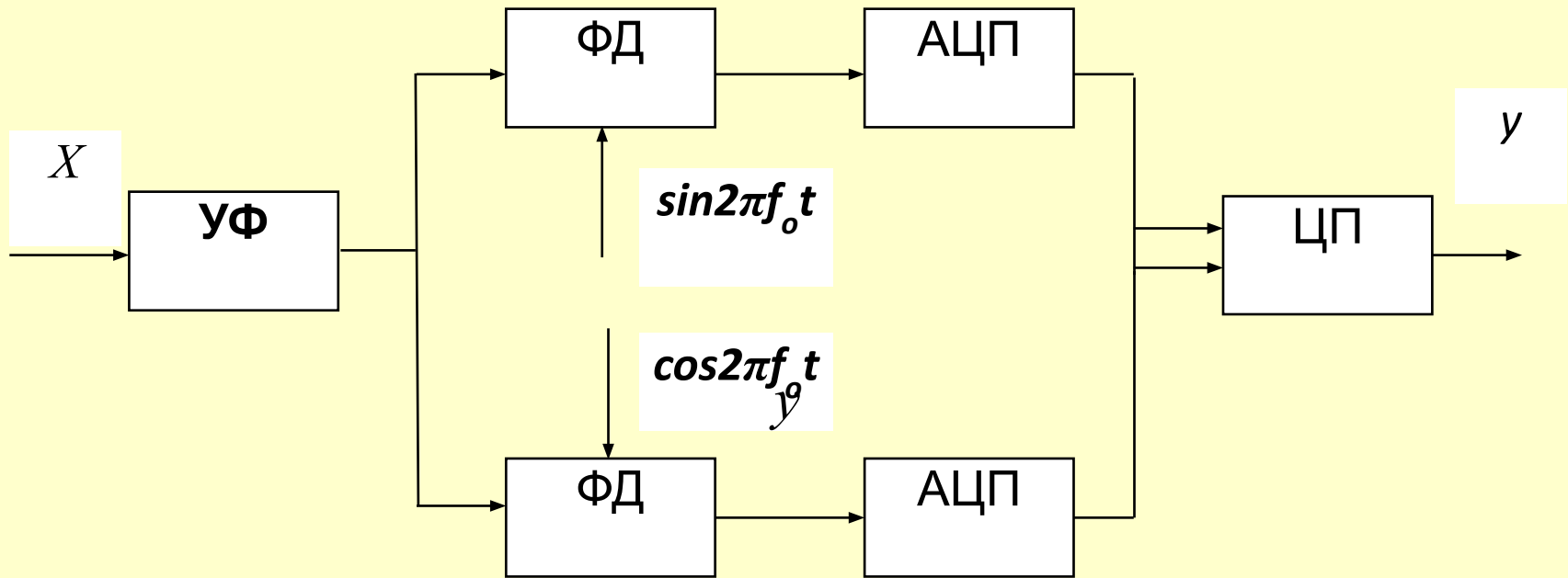


Рис. 7. Структурна схема цифрового
виявляча

ЦРГФ – цифровий режекторний гребінчастий фільтр,
ЦСГФ – цифровий смуговий гребінчастий фільтр.

Структурна схема цифрового процесора для виявлення пачки когерентних імпульсів зображена на рис.8.

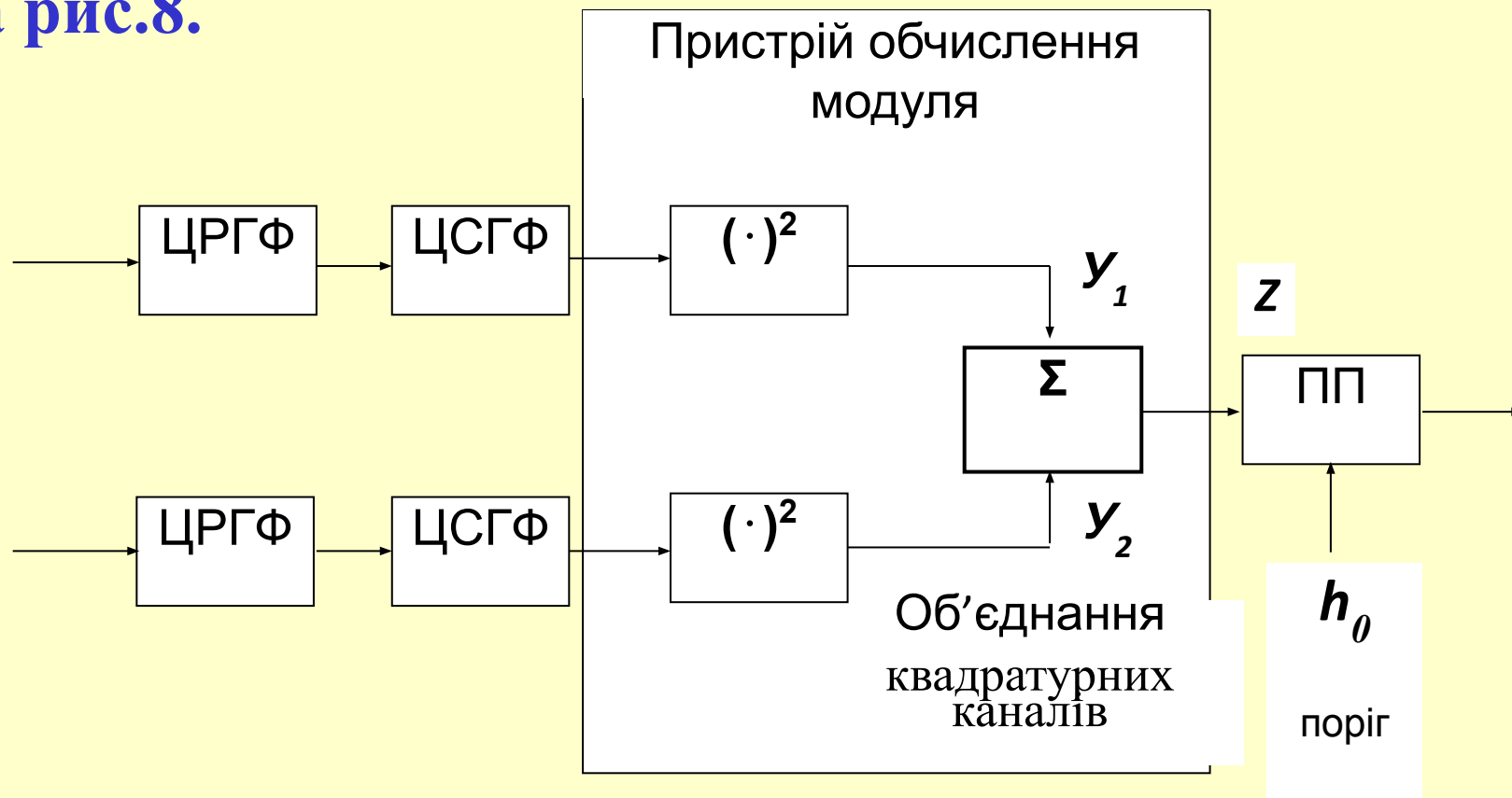


Рис. 8. Структурна схема цифрового процесора

ПИТАННЯ II

ЦИФРОВІ ФІЛЬТРИ

В цифрових фільтрах придушення для формування вихідного сигналу в i -й дискретний момент часу можуть використовуватись наступні дані:

- 1. Значення вхідного сигналу в момент i -го відліку.**
- 2. Значення деяких минулих вхідних відліків $x_{i-1}, x_{i-2}, \dots, x_{i-m}$.**
- 3. Значення попередніх вихідних відліків $y_{i-1}, y_{i-2}, \dots, y_{i-n}$.**

Цілі числа m і n визначають порядок ЦФ.

Класифікація ЦФ здійснюється в залежності від того, як використовується інформація про минулі стани системи.

НЕРЕКУРСИВНІ ЦФ

Ці ЦФ для формування i -го вихідного відліку використовують попередні значення вхідних каналів. Алгоритм роботи даного фільтра наступний:

$$U_i = a_0 x_i + a_1 x_{i-1} + \dots + a_m x_{i-m}, \quad (10)$$

де $a_0, a_1, \dots, a_m$ – вагові коефіцієнти.

Структурна схема такого фільтра для системи СРЦ з одноразовою ЧПК (черезперіодною компенсацією) і АЧХ зображені на рис. 10.

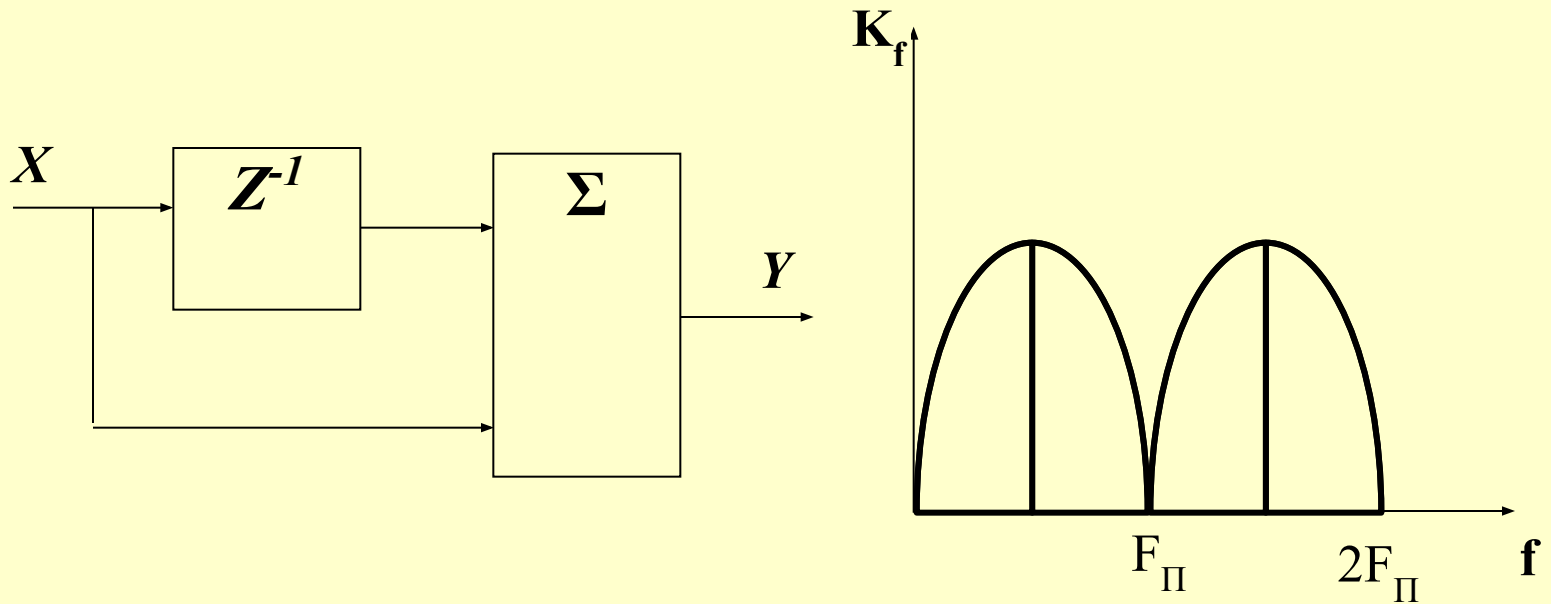


Рис. 10. Структурна схема і АЧХ СРЦ з одноразовою ЧПК.

**Згідно з рис. 10 коефіцієнти $a_0 = 1$, $a_1 = -1$.
Оператор Z^{-1} характеризує затримку на
період повторення імпульсів РЛС (T_{II}).
Відповідно для побудови ЦФ для дворазової
ЧПК необхідно нерекурсивний фільтр 2-го
порядку, схема якого і АЧХ зображені на рис.
11.**

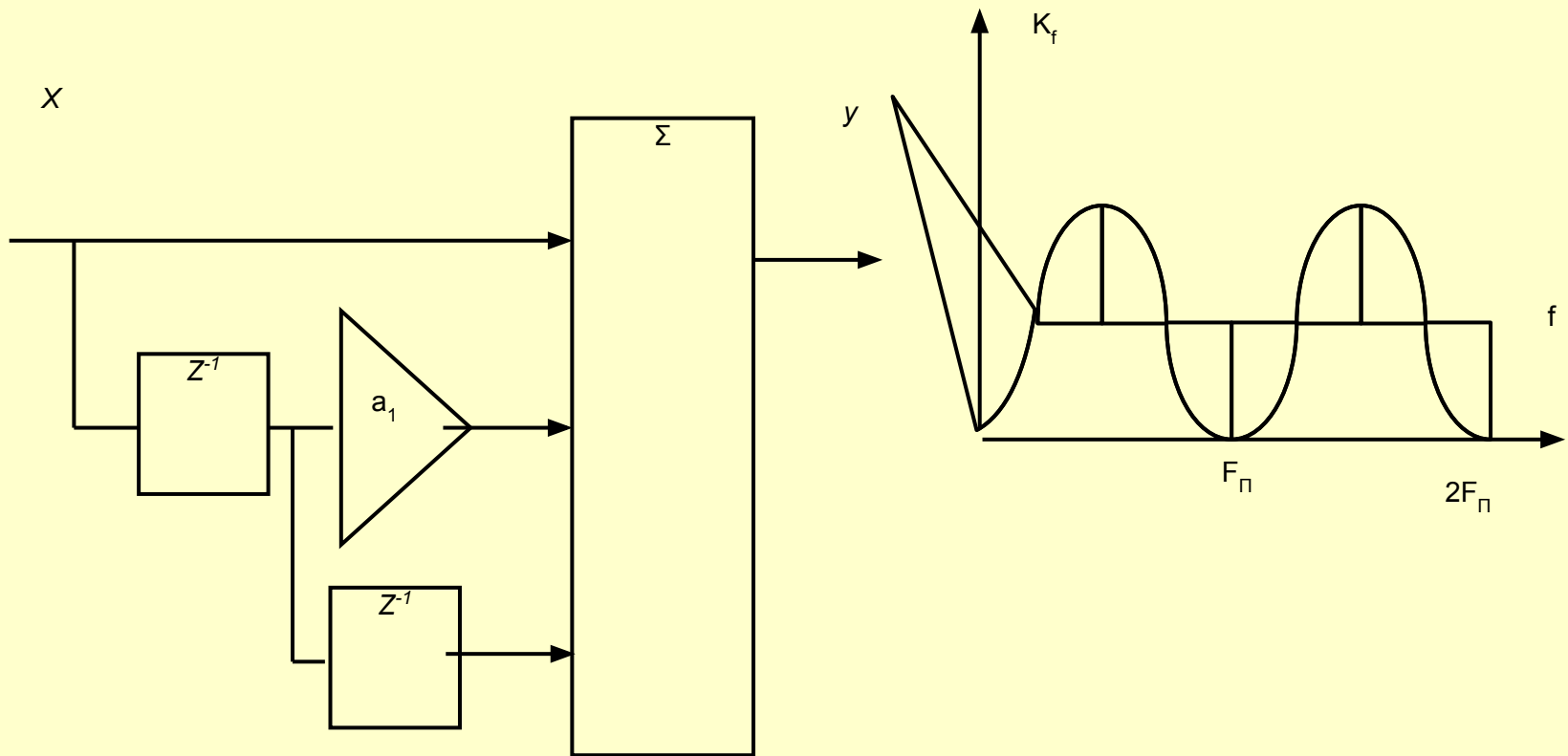


Рис. 11. Структурна схема і АЧХ нерекурсивного фільтра 2-го порядку.

Вагові коефіцієнти в даному випадку $a_0 = 1$, $a_1 = -2$, $a_2 = 1$. Із вищесказаного видно, що змінюючи вагові коефіцієнти і порядок нерекурсивного фільтра можна добитись необхідної АЧХ фільтра.

Узагальнена схема нерекурсивного фільтра зображена на рис. 12.

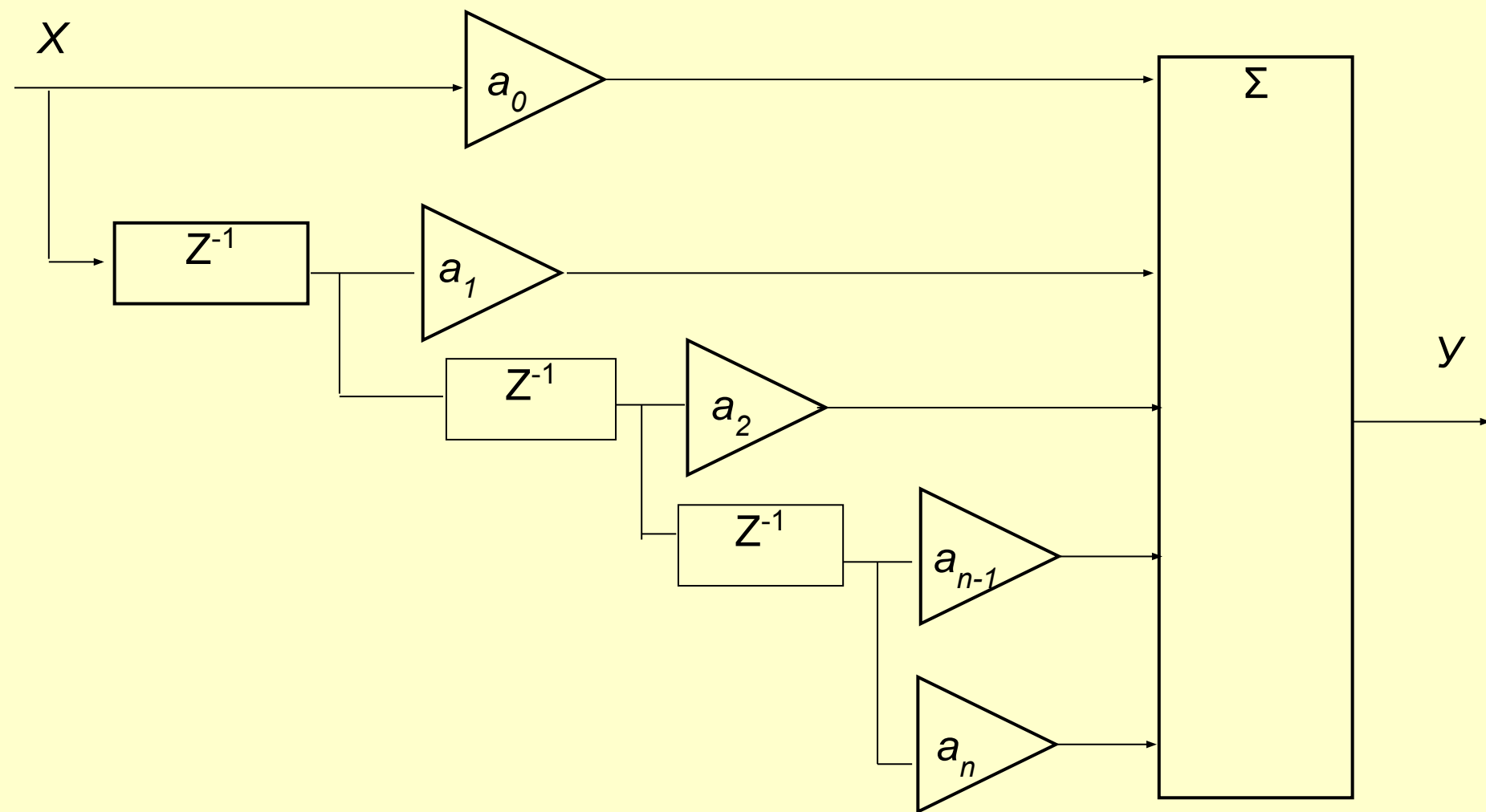


Рис. 12. Структурна схема нерекурсивного фільтра.

РЕКУРСИВНІ ЦИФРОВІ ФІЛЬТРИ

Такі фільтри для формування i -го вихідного відліку використовують попередні значення не тільки вхідного, але і вихідного сигналів. Алгоритм роботи даного фільтра має вигляд:

$$y_i = a_0 x_i + a_1 x_{i-1} + \dots + a_m x_{i-m} + b_0 y_i + b_1 y_{i-1} + \dots + b_n y_{i-n}. \quad (11)$$

Застосування рекурсивних фільтрів дозволяє покращити АЧХ фільтра не підвищуючи його порядок. Це досягається за рахунок циркуляції імпульсу в ланцюгу зворотного зв'язку.

Рекурсивний фільтр 1-го порядку і його АЧХ для заданих значень b зображені на рис. 13,

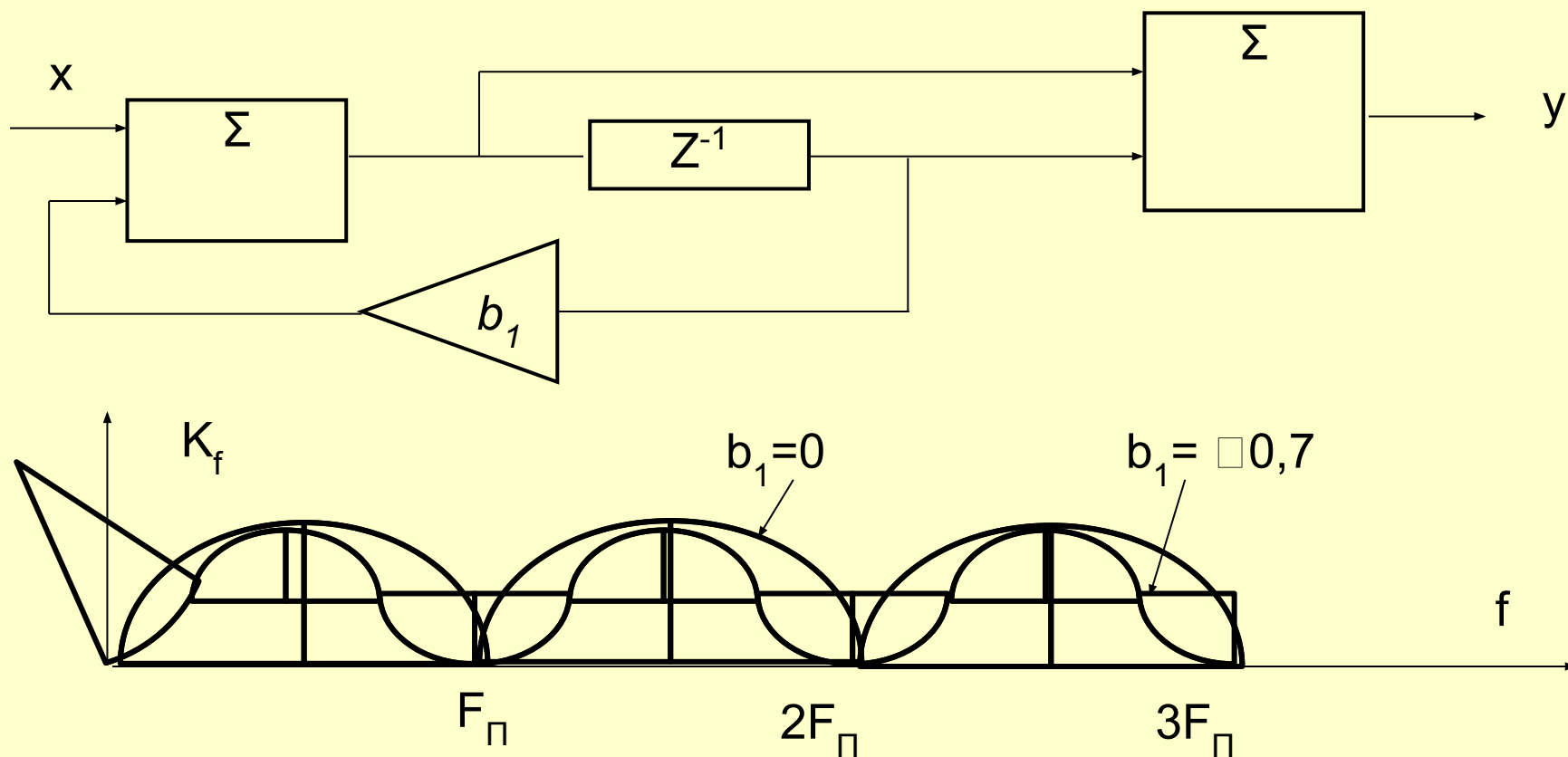
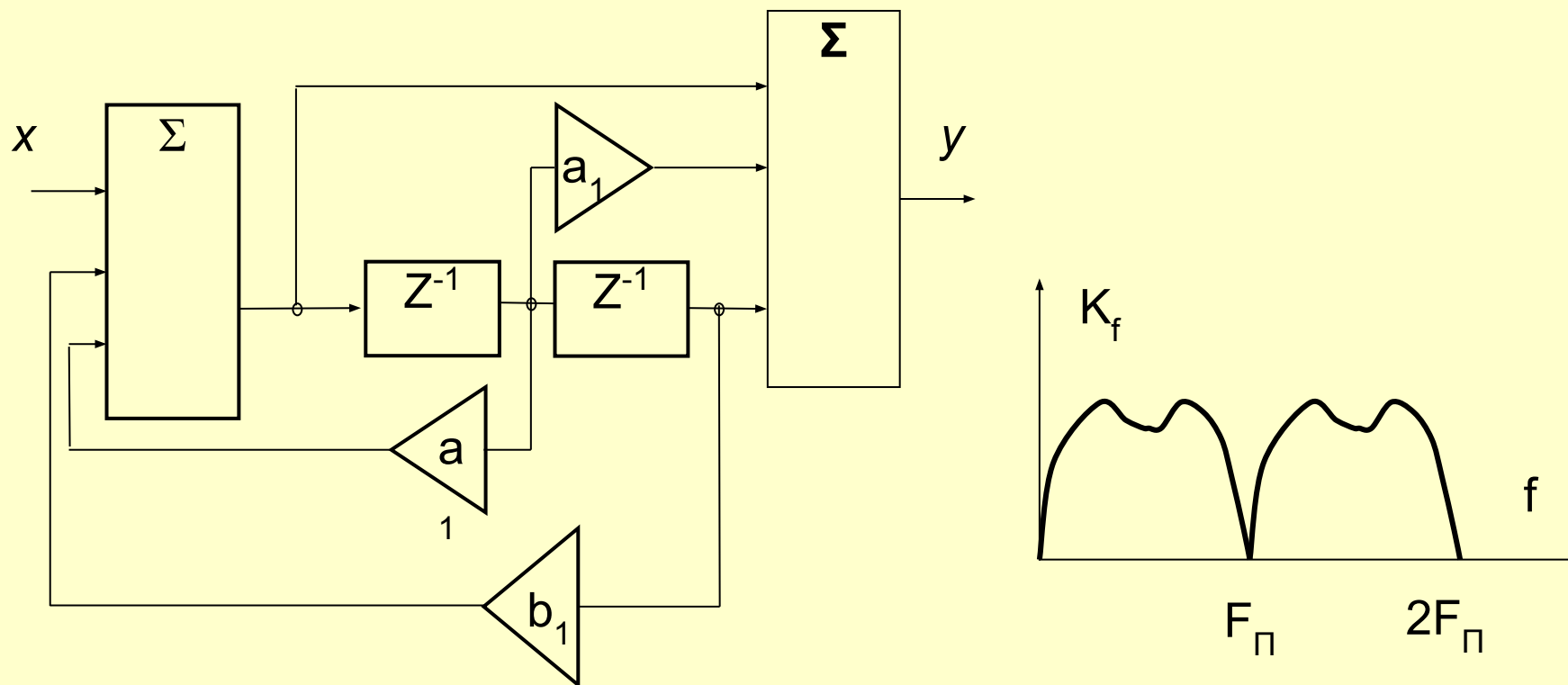


Рис. 13. Рекурсивний фільтр 1-го порядку.

Використання зворотного зв'язку з ваговим коефіцієнтом $b < 0$ дає можливість розширити зону придушення навколо частоти nF_p .
Необхідно відмітити що при усуненні прямого зв'язку (тобто нуля в передаточній функції системи) і $b > 0$ ЦРГФ перетворюється в ЦСГФ. При цьому “зубці” смуги пропускання фільтра розташовані на частотах $0; F_p; 2F_p; \dots$
Рекурсивний фільтр **другого порядку** і його АЧХ зображені на рис. 14.



**Рис. 14. Рекурсивний фільтр
2-го порядку.**

ЛІТЕРАТУРА

1. ОСНОВИ ПОБУДОВИ РЛС РТВ
ПІД РЕДАКЦІЄЮ Б.Ф. БОНДАРЕНКО, КВІРТУ
ППО, 1987.
2. ОСНОВИ ПОБУДОВИ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ
ТЕХНІКИ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК ППО,
1989.
3. ТХОРЖЕВСЬКИЙ В.І. СИСТЕМИ
РАДІОЛОКАЦІЙНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ.
НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК. ЧАСТИНА 1. КИЇВ,
2007 РІК.
4. ТЕОРІЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМ:
ПІДРУЧНИК / Б.Ф. БОНДАРЕНКО, В.В.
ВИШНІВСЬКИЙ, В. П. ДОЛГУШИН ТА ІНШІ;
ЗА ЗАГАЛЬНОЮ РЕДАКЦІЄЮ С.В. ЛЄНКОВА,
2008.