

Високопродуктивна система  
цифрового реєстрування  
аналогових сигналів на базі  
перетворювачів інформації з  
ваговою надлишковістю

**Керівник:**

**д.т.н., професор, О.Д. Азаров,**

**Виконав:**

**М.В. Діденко**

# Мета та задачі дослідження

**Метою досліджень** є підвищення лінійності і швидкості цифра-аналогового перетворення, побудованого з використанням систем числення з ваговою надлишковістю, а також забезпечення високої лінійності відтворення аналогового сигналу.

**Об'єктом** є прискорене аналогово-цифрове перетворення аналогового сигналу, а також висколінійне відтворення цього сигналу за рахунок використання ЦАП із ваговою надлишковістю.

**Предметом** є система цифрового реєстрування аналогових сигналів.

## **Задачі досліджень:**

1. Проаналізувати основні підходи до побудови подібних систем, зробити огляд системи числення з ваговою надлишковістю та багатозначність зображення чисел
2. Визначити особливості побудови багаторозрядних ЦАП паралельної дії на основі СЧВН і підвищення їх точності.
3. Проектування цифрової системи реєстрування й оброблення аналогових сигналів. Визначення функцій та підбір елементів.
4. Підвищення точності аналогових вузлів за рахунок використання двотактних симетричних підсилювачів постійного струму та відбивачів струму.

# Практична цінність та наукова новизна

- **Практична цінність** полягає в розробці аналогових вузлів, зокрема підсилювачів постійного струму та відбивачів струму.
- **Наукова новизна** полягає в методі запису та відтворенні аналогового сигналу через систему в основі якої лежить один багаторозрядний ЦАП паралельної дії на основі системи числення вагової надлишковості
- **Апробація:** результати роботи були представлені на Четвертій Міжнародній науково-практичній конференції «Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації» (м. Вінниця 2013 рік), а також на Всеукраїнському конкурсі наукових студентських робіт в категорії «Математика та інформатика» (м. Вінниця 2015 рік, друге місце).

# Процес відтворення аналогового сигналу

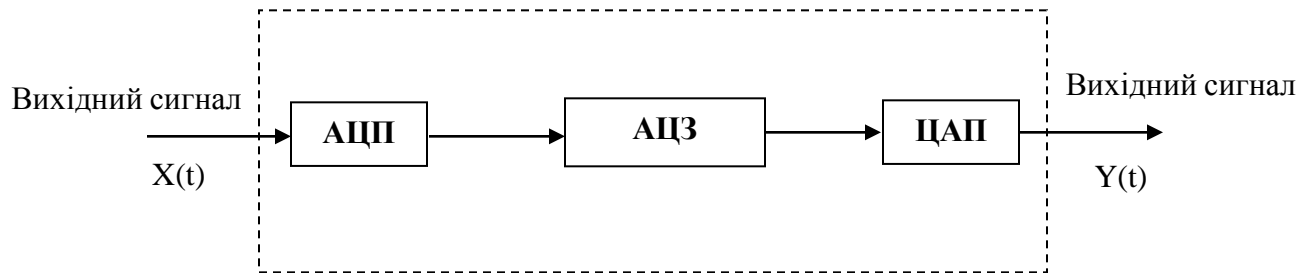


Схема пристрою збереження та відтворення інформації



Процес відтворення аналогового сигналу

# Основи систем числення

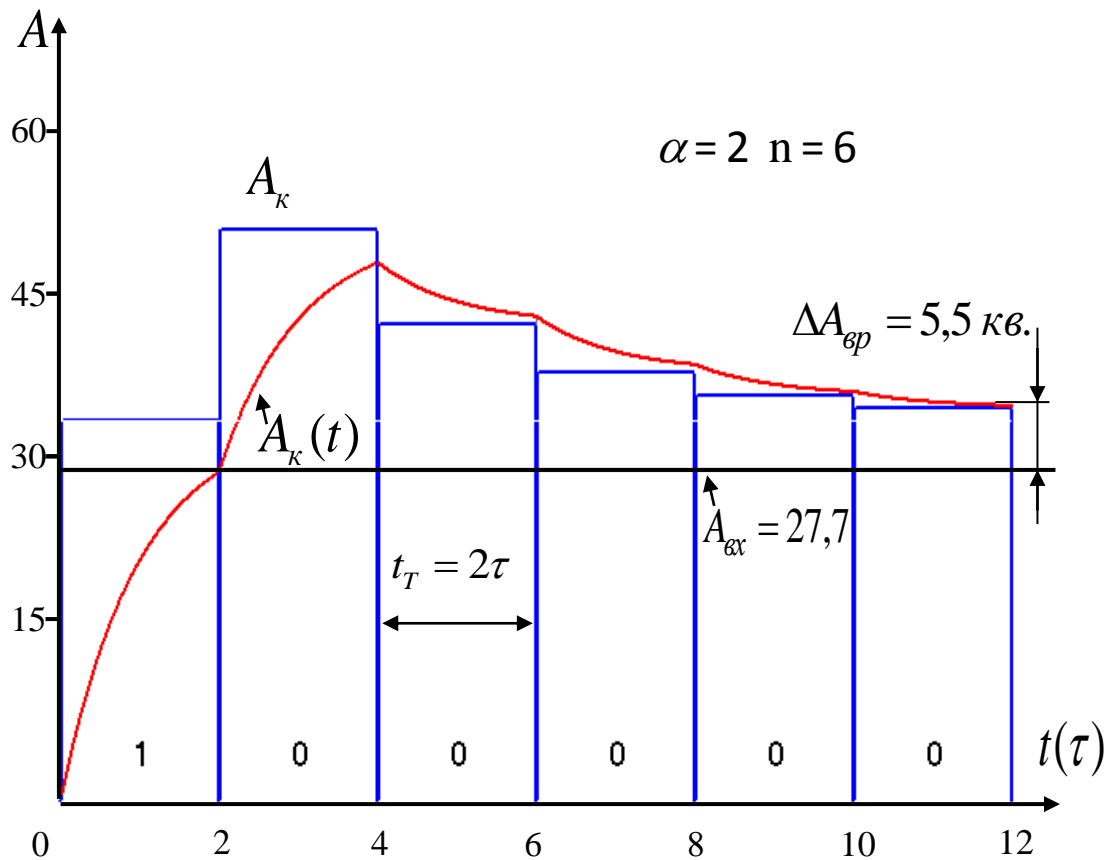
- Системи числення вагової надлишковості(СЧВН) формують окрему гілку так званих вагомозначих систем числення і відносяться до класу позиційних систем числення, до яких у свою чергу, зокрема, належать поширені у теперішній час двійкова і десяткова.
- У випадку класичної «золотої пропорції» маємо базис, який складається з сукупності чисел:  $1; 1,618; 2,618; 4,236; \dots; 1,618^{n-1}$ . Якщо , то має місце послідовність:  $1; 1,414; 2; 2,828; 4; \dots; 1,414^{n-1}$ .
- У системах числення зі штучним базисом ваги розрядів формуються в рамках послідовності цілих чисел . Причому, зв'язок між вагою  $i$ -го розряду формується у вигляді певної суми молодших розрядів:

$$\varphi_i = \varphi_{i-1} + \varphi_{i-2} + \dots + \varphi_{i-k} \cdot |$$

# Динамічна похибка

$$\Delta A_{\ddot{u}}^2$$

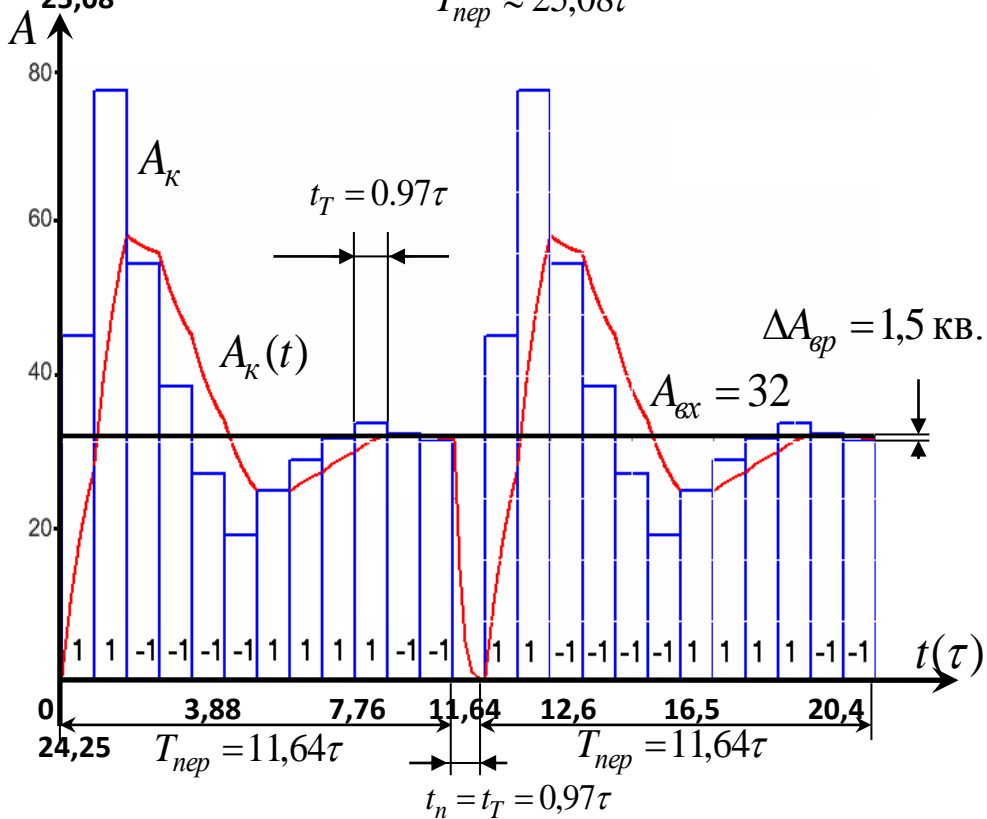
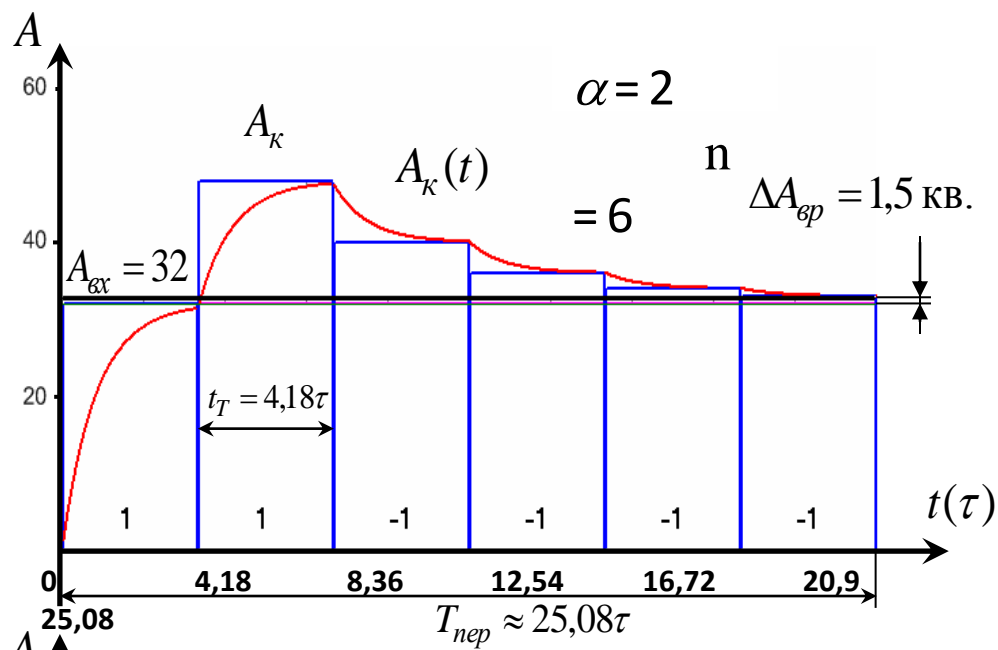
$$t_T = 2\tau$$



Другою фундаментальною задачею для АЦП порозрядного перетворення, які традиційно відносять до пристроїв середньої швидкодії, є зменшення часу перетворення  $T_{пер}$ . Цей час складається з суми тривалостей тактів  $t_T$  рівноваження. Причому, значення  $t_T$  для двійкового АЦП повинно бути таким, щоб похибка усталення компенсуючого сигналу  $A_k(t)$  на кожному такті була мінімальною і не перевищувала половини молодшого кванту  $A_k(t) \leq 0,5Q_0$ .

Рисунок 1.10 - Виникнення динамічної похибки при 6-розрядному АЦ-перетворенні із скороченим

# Аналогово Цифрове перетворення



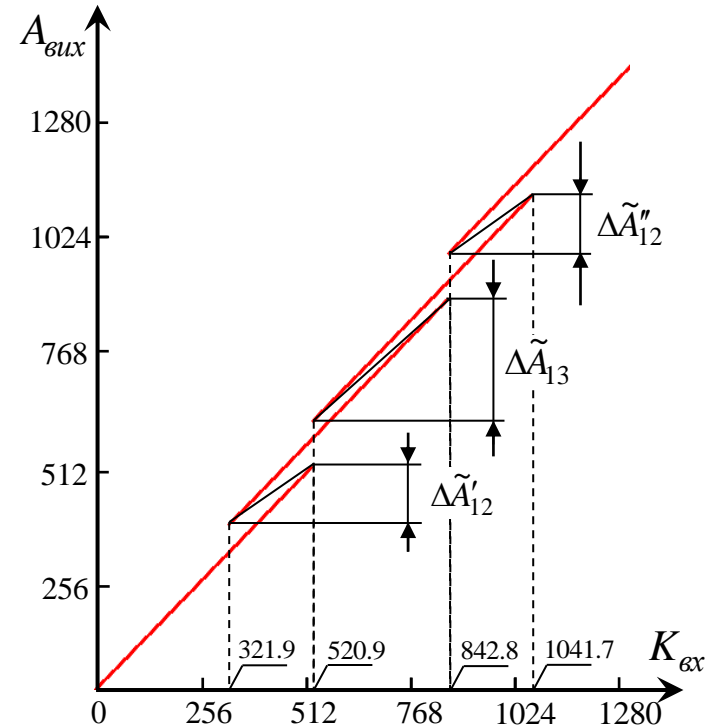
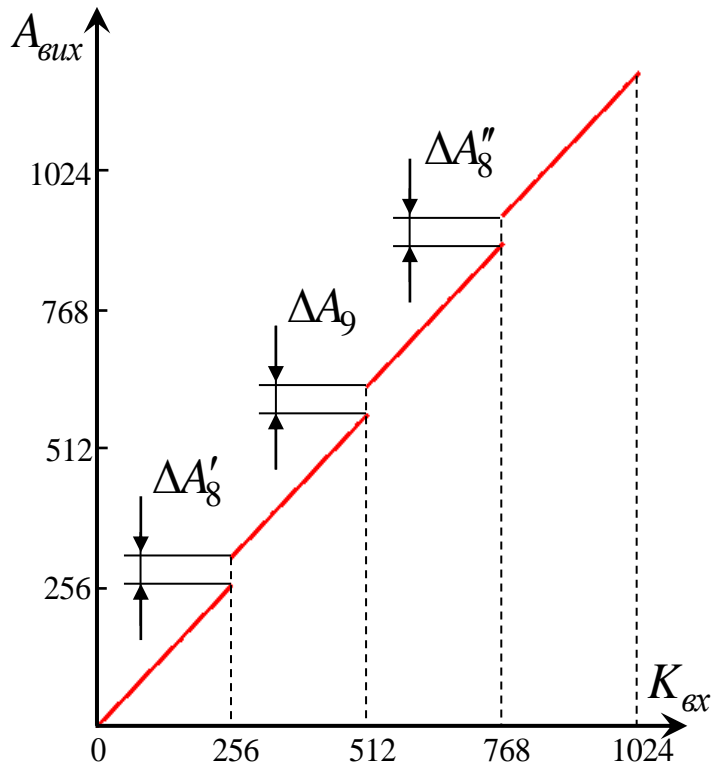
класичне для  $\alpha = 2$   
 прискорене для  $\alpha = \sqrt{2}$

## Переваги $\alpha$ -ЦАП

Слід зазначити, що використання АЦП і ЦАП на основі СЧВН у складі систем цифрової обробки аналогових сигналів також дає певні переваги перед двійковими перетворювачами інформації. Так, зменшений час врівноважування дозволяє підняти частоту дискретизації  $f_{\delta}$  або при заданій  $f_{\delta}$  збільшити кількість оброблюваних каналів при роботі в багатоканальному режимі. Незважаючи на спрощену технологію виготовлення аналогових вузлів, підсумкова точність перетворення як ЦАП, так і АЦП на основі СЧВН може бути досить високою при роздільності не менше 14–16 двійкових розрядів.



# Характеристики перетворення ЦАП



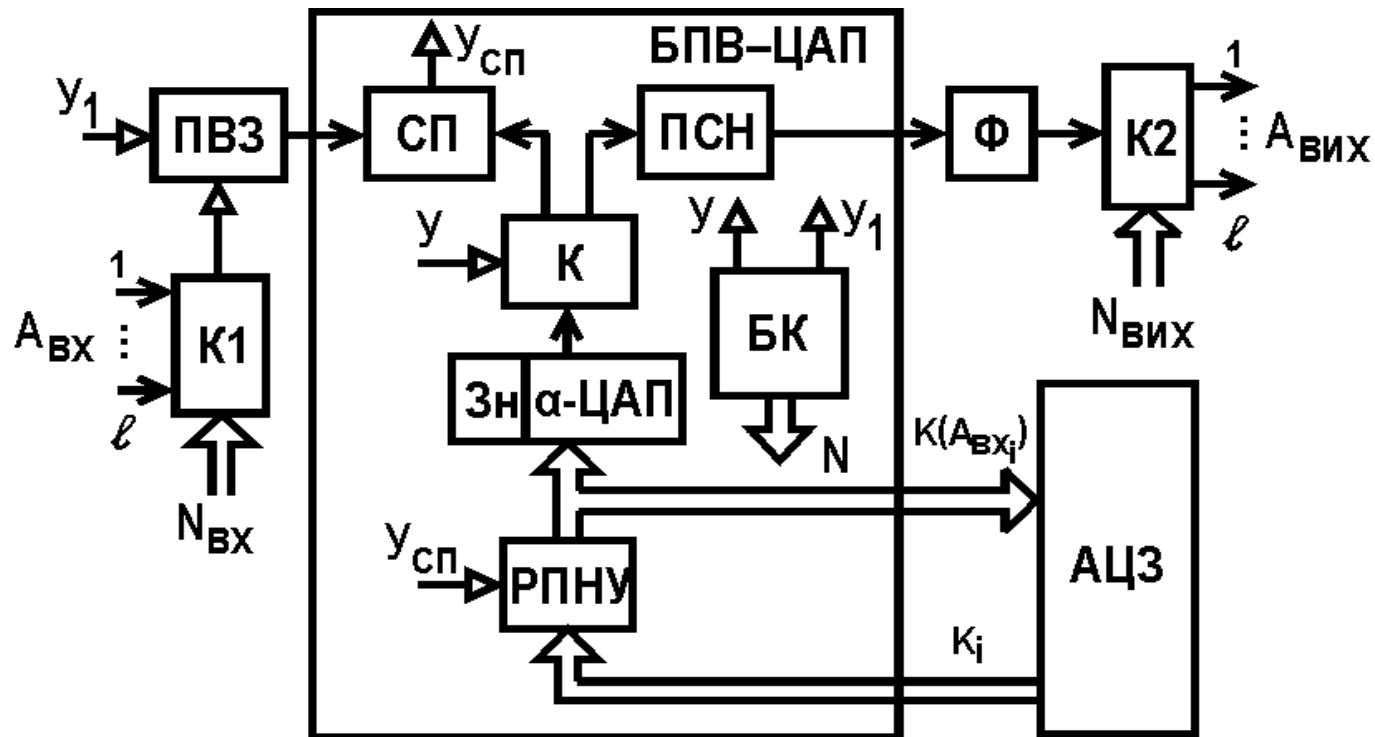
Характеристики перетворення ЦАП за наявності відхилень ваг розрядів у двох старших розрядах:

а)  $\alpha = 2,0$  і  $n = 10$ ; б)  $\alpha = 1,618$  і  $n_\alpha = 14$

# Проектування цифрової системи реєстрування й оброблення аналогових сигналів

- АЦП і ЦАП є невід'ємною частиною систем цифрової реєстрації (СЦР) аналогових сигналів. Параметри саме цих пристроїв сукупно з параметрами інших аналогових вузлів визначають метрологічні характеристики системи в цілому. Залежно від вимог до рівня похибок перетворення аналог-код і код-аналог СЦР умовно можна поділити на: системи з низькими і високими вимогами щодо стабільності характеристик.
- Різний рівень вимог до параметрів визначає набір пристроїв і вузлів у структурі кожної системи, а також алгоритм її функціонування. Однак, незважаючи на розбіжності, у структурах усіх систем можна виділити ядро СПІ – блок порозрядного врівноваження і цифроаналогового перетворення (БПВ-ЦАП), який має незмінний склад вузлів і пристроїв. ж системи реєстрації вимірювальної інформації.

# Структурна схема системи цифрового реєстрування аналогових сигналів



# Основні елементи системи

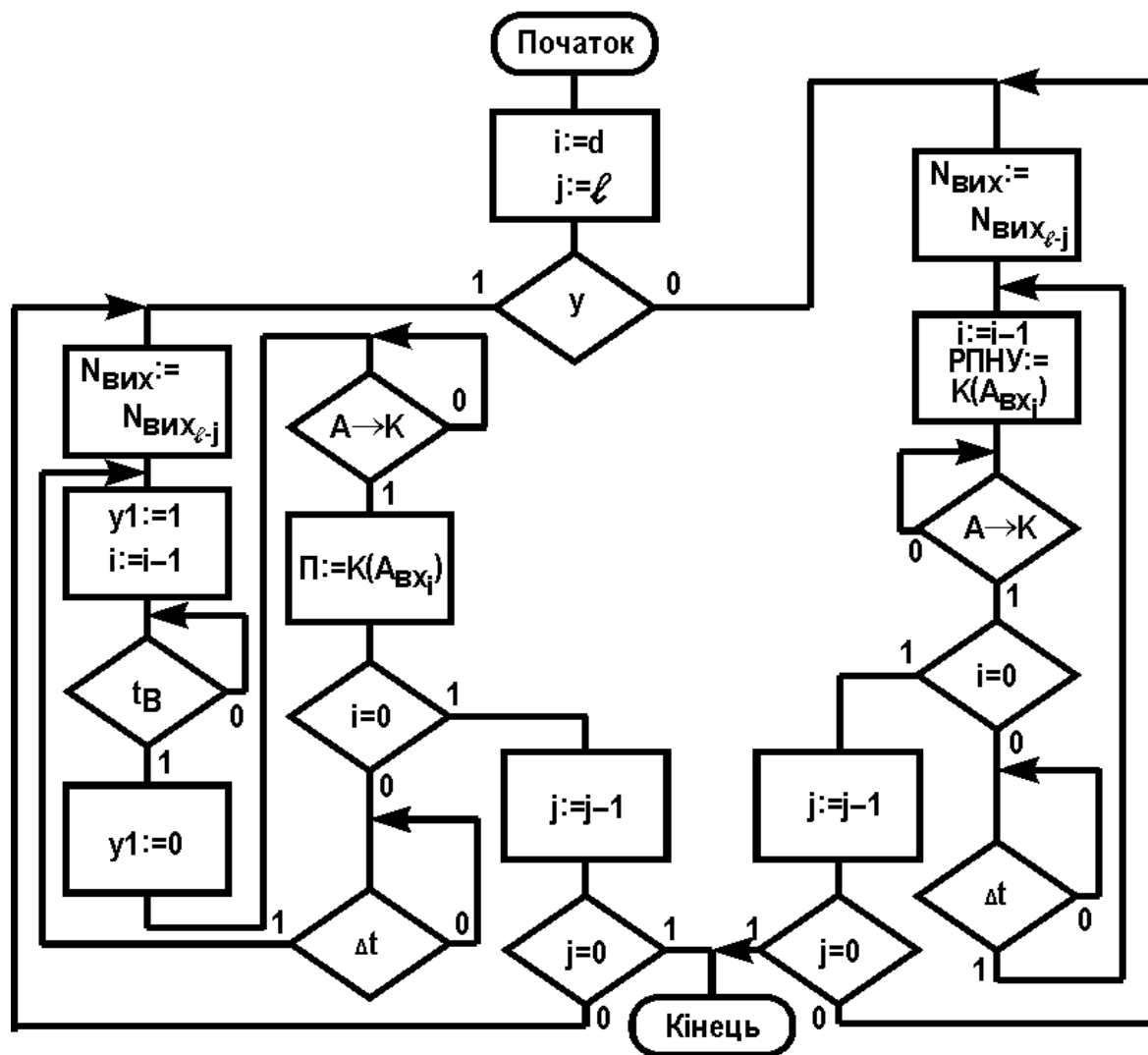
Тут К1 – комутатор ( $I$  положень) вхідних аналогових сигналів і пристрій вибірки збереження ПВЗ утворюють дискретизатор. До входів К1 підключені виходи первинних перетворювачів, у т.ч. вимірювальних перетворювачів. БПВ – ЦАП служить для квантування, а сукупно з фільтром і відновлення інформації.

Переключення каналів передачі відновлених сигналів здійснюється комутатором (на  $I$  положень) К2. Збереження кодів дискретизованих аналогових сигналів здійснюється в апараті цифрового запису (АЦЗ), зокрема, цифрового магнітного запису (АЦМЗ). До складу БПВ-ЦАП входять: схема порівняння (СП); ЦАП на основі СЧВН ( $\alpha$ -ЦАП), перетворювач струм-напруга (ПСН); комутатор (К); регістр послідовного наближення (РПН), який поряд з основною додатково виконує функцію формування кодів сигналів, що форсують, блок керування (БК), що генерує набори мікрокоманд  $\{У, У1\}$  і кодів мікрокоманд  $N_{вх}$  і  $N_{вих}$ , що сукупно забезпечують взаємне функціонування всіх блоків і пристроїв.

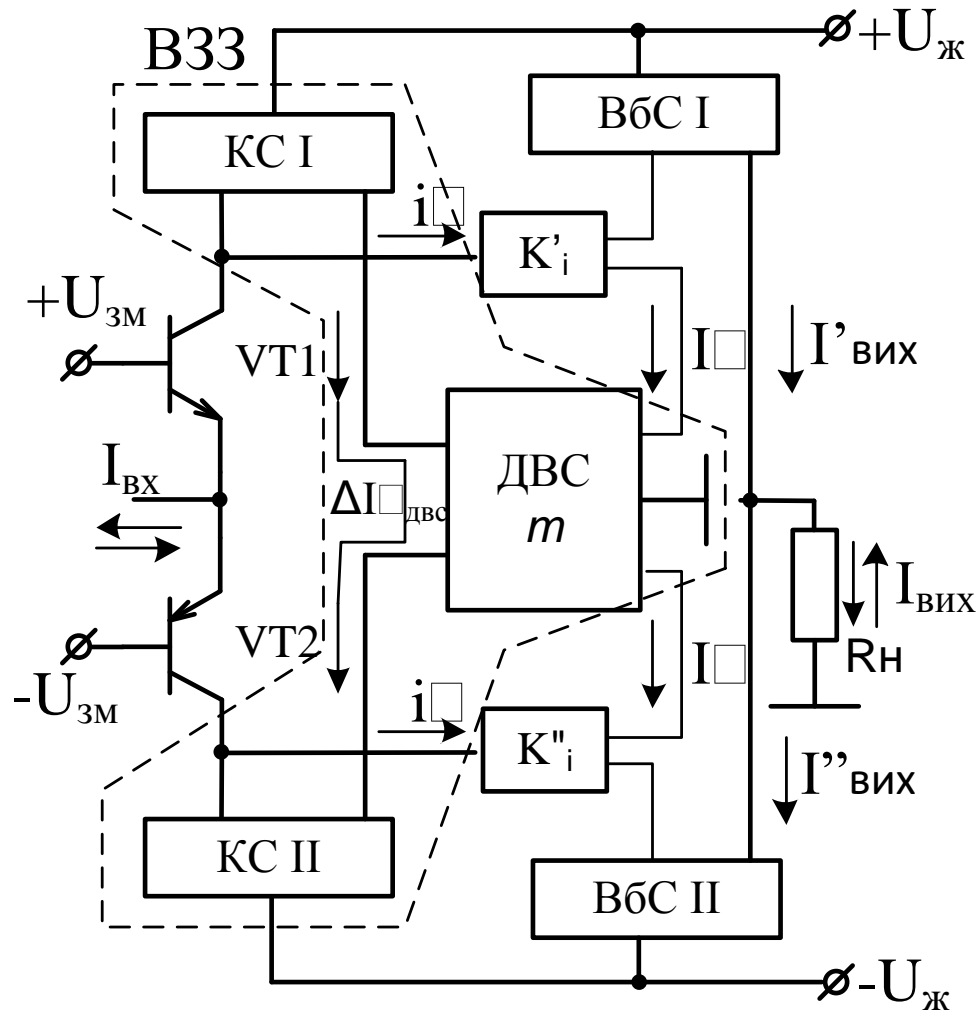
# Алгоритм функціонування

Пристрій може працювати в двох режимах:

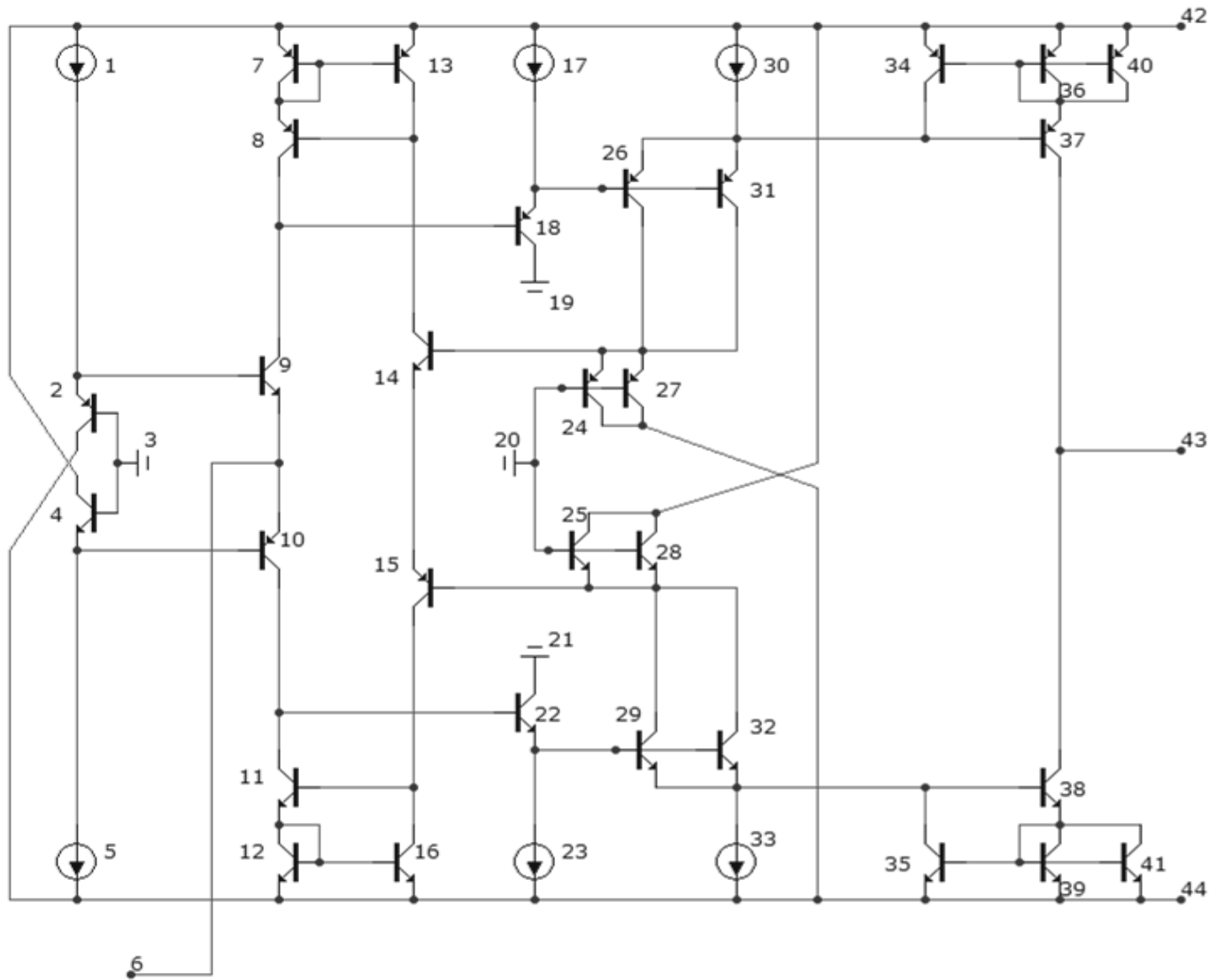
- Режим зчитування вхідного аналогового сигналу, перетворення його в цифровий код та запису в апарат цифрового запису.
- Режим відновлення цифрового коду з АЦЗ в аналоговий сигнал та вивід його на комутатор2.



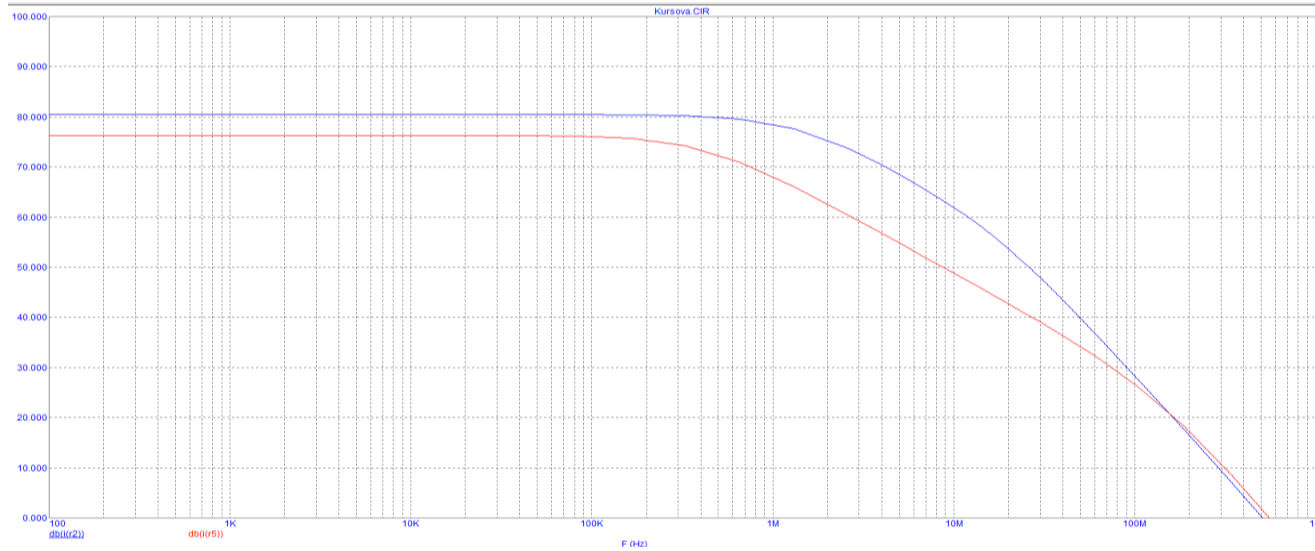
# Структурна схема двотактного симметричного ППС



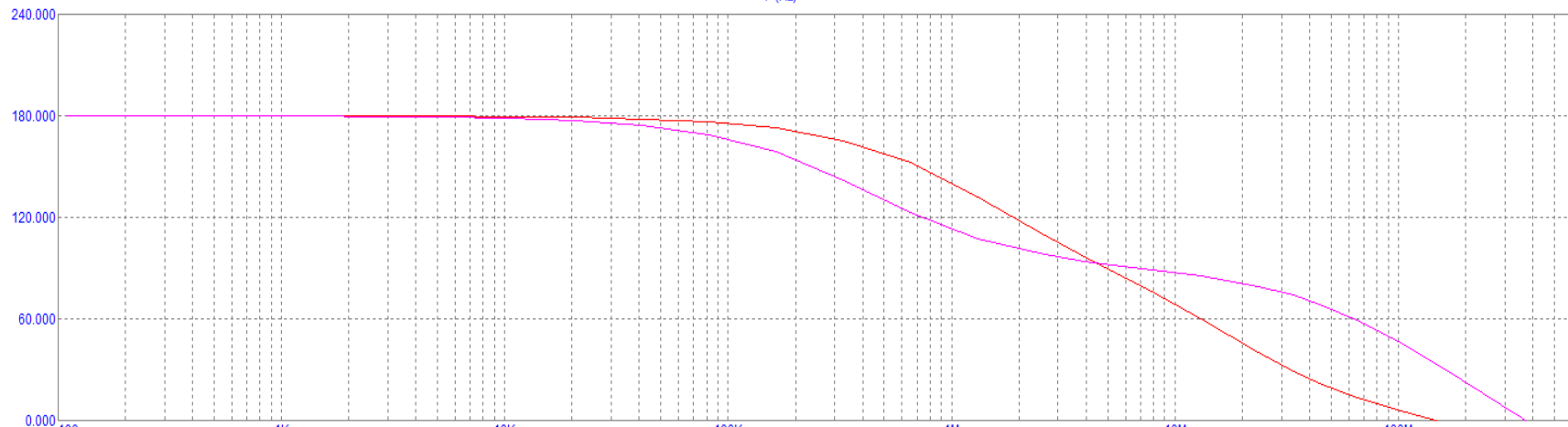
# Підсилувачі постійного струму



# Характеристики ППС



Коефіцієнт  
підсилення схеми  
1 (червоний),  
схеми 2 (синій)



ФЧХ схем 1 та 2



# Апробація результатів

- Отримано 4 заявки на винахід

Патент України №89364 Підсилювач постійного струму. О.Д. Азаров, В.Я. Стейскал, М.Ю. Теплицький, М.В. Діденко.

Патент України №89906 Відбивач струму. О.Д. Азаров, С.В. Богомоллов, М.В. Діденко.

Патент України №89903 Відбивач струму. О.Д. Азаров, С.В. Богомоллов, М.В. Діденко.

Патент України №89892 Відбивач струму. О.Д. Азаров, С.В. Богомоллов, М.В. Діденко.

# Висновки

- розглянуто систем числення вагової надлишковості. Побудова ЦАП із підсумовуванням струмів драбинкового типу з використанням СЧВН. Також проаналізовано переваги побудови ЦАП на основі СЧВН у порівнянні з двійковими чи десятковими. Характеристики перетворення ЦАП за наявності відхилень ваг розрядів у двох старших розрядах.
- Розроблено систему цифрової реєстрації й оброблення аналогових сигналів. Описані базові блоки даної системи та система команд блоку керування.
- Запропоновано ряд структур та принципових схем підсилювачів, та проведено їх комп'ютерне моделювання в середовищі Microcap.

Дякую за увагу