

2. Метод відтворення всіх точок досліджуваного сигналу після його дискретизації еквівалентний збільшенню частоти дискретизації АЦП приладу – це має суттєве значення для точних вимірювань параметрів сигналів нано- і пікосекундного діапазонів, де значне збільшення частоти дискретизації сьогодні є складною технічною задачею.

1. Каталог фірми Tektronix, США. 2. Каталог фірми Hewlett Packard, США. 3. Цветков Э. И. Процессорные измерительные средства. – Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение, 1989. 4. Алиев Т. М., Тер-Хачатуров А. А., Шекиханов А. М. Итерационные методы повышения точности измерения. – М.: Энергоатомиздат, 1986. 5. Горлач А. А., Минц М. Я., Чинков В. Н. Цифровая обработка сигналов в измерительной технике. – К.: Техніка, 1989. 6. 2440 Digital Storage Oscilloscope. Operators Manual, First Printing S P 1987. Revised DEC 1988. Tektronix. 7. В.П. Бабак, В.С. Хандецький, Е. Шрюфер. Обробка сигналів. – К.: Либідь, 1996. 8. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. 4 изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1986.

УДК 621.335 (088.8)

Леся Мичуда*, Зеновій Мичуда
 Національний університет “Львівська політехніка”,
 *кафедра автоматизації теплових та хімічних процесів,
 кафедра автоматики і телемеханіки

АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ

© Мичуда Леся, Мичуда Зеновій, 2002

The new principle of construction of analog-to-digital multifunctional converters based on redistribution of a charge in commuted condensers is offered and the singularities of its realization are considered.

У системах автоматики та при автоматизації технологічних процесів часто виникає потреба у попередній математичній обробці вхідних даних, яка прискорила та спростила б подальше перетворення сигналу. Тому доцільним є використання не аналого-цифрових перетворювачів, а аналого-цифрових функціональних перетворювачів (АЦФП). Широким діапазоном вхідних даних вигідно вирізняються логарифмічні перетворювачі [4], а за високою точністю та простотою реалізації виділяються аналогові функціональні перетворювачі на комутованих конденсаторах [1–3,10].

В статті розглядається розробка нового принципу побудови аналого-цифрових багатофункціональних перетворювачів (АЦБФП) на комутованих конденсаторах.

Властивістю аналогових багатофункціональних перетворювачів (АБФП) на комутованих конденсаторах є перетворення вхідних аналогових сигналів у проміжну величину - число-імпульсний код, значення якого пропорційне логарифму вхідних сигналів; причому в антилогарифматорі цей код перетворюється в аналогову вихідну величину.

На основі використання цієї властивості нами запропоновано нові аналого-цифрові багатофункціональні перетворювачі на комутованих конденсаторах, які відрізняються від розглянутих вище АБФП виконанням антилогарифматора.

Структура АБФП складається з логарифматора (одного у найпростішому випадку та n – для багатофункціонального перетворювача з розширеними можливостями), антилогарифматора та блоків, які забезпечують правильну роботу пристрою: генератора тактових імпульсів, одновібратора та формувача імпульсних послідовностей.

В АБФП антилогарифматор (АЛ) є цифро-аналоговим. Його входним сигналом є число-імпульсний код, а вихідним – аналогова величина (напряга).

В АЦБФП антилогарифматор є цифровим. І вхідний, і вихідний сигнали його є число-імпульсними кодами.

Структурні схеми АЦБФП на комутованих конденсаторах фактично повністю відповідатимуть структурним схемам згаданих вище АБФП на комутованих конденсаторах з тією ж кількістю логарифматорів [10].

На рис. 1 показано структурну схему АЦБФП типу N -логарифматорів-антилогарифматор. Цей АЦБФП побудований аналогічно до АБФП типу N -логарифматорів-антилогарифматор лише антилогарифматор АЛ виконаний не на конденсаторній комірниці, а у вигляді число-імпульсного функціонального перетворювача (ЧІФП). Отже, запропонований АЦБФП (рис.1) складається з блока логарифматорів (БЛ), який має групу інформаційних аналогових входів, одновібратора (ОВ), генератора тактових імпульсів (ГТІ), формувача імпульсних послідовностей (ФІП), джерела опорної напруги (ДОН), арифметичного блоку (АБ) та число-імпульсного функціонального перетворювача – антилогарифматора АЛ.

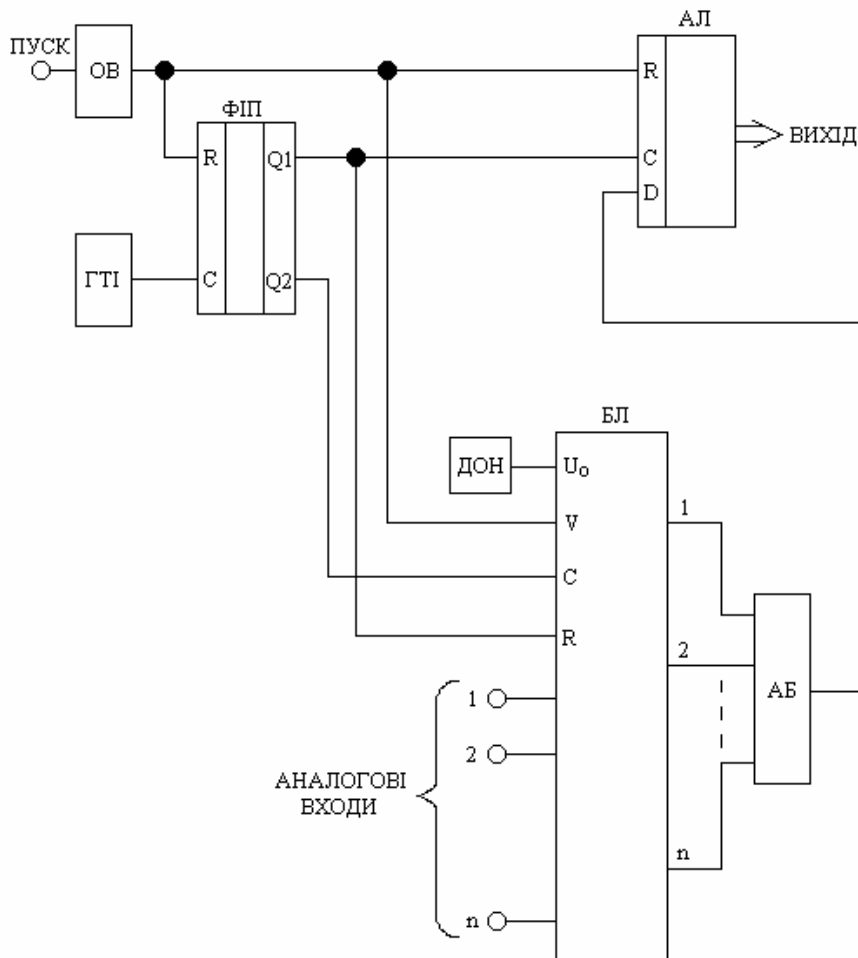


Рис. 1. Структурна схема АЦБФП типу N -логарифматорів-антилогарифматор

Працює такий перетворювач так.

За сигналом запуску від одновібратора починається перетворення вхідних аналогових сигналів у блоці логарифматорів. Роботою логарифматорів керують імпульсні послідовності від ФП, утворені з сигналів ГТІ. Вихідний сигнал БЛ – число-імпульсний код, додатково опрацьований арифметичним блоком надходить на цифровий антилогарифматор, який формує вихідний число-імпульсний код.

АЦБФП може бути поділений на дві структурні одиниці: одна – багатоканальний логарифмічний аналого-цифровий перетворювач, інша – цифровий антилогарифматор (ЦАЛ).

Спочатку розглянемо особливості реалізації та роботи логарифмічного аналого-цифрового перетворювача (ЛАЦП) (рис. 2).

Основою для побудови логарифматора на комутованих конденсаторах є конденсаторна комірка (КК) [4]. Ця комірка містить, відповідно, дозувальний C_1 і накопичувальний C_2 конденсатори та три аналогові ключі (К1-К3). До накопичувального конденсатора комірки логарифматора підімкнений один із входів компаратора, інший вхід якого є інформаційним входом логарифматора.

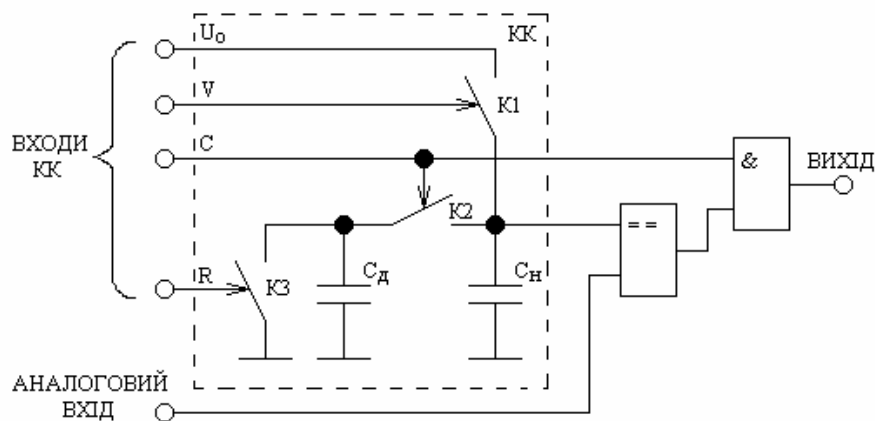


Рис. 2. Структурна схема логарифматора

Розглянемо явище перерозподілу заряду на прикладі комірки логарифматора. За командою схеми управління, що забезпечує потрібну послідовність перемикання аналогових ключів, замикається ключ К1 і накопичувальний конденсатор C_n заряджається до рівня опорної напруги U_0 . Потім починається перетворення перерозподілом заряду між конденсаторами C_n і C_d при почерговому переключенні ключів розряду К3 і перерозподілу К2. Відзначимо особливість роботи цих ключів: коли ключ К3 замкнутий, то ключ К2 розімкнутий, і навпаки, коли К2 замкнутий – К3 розімкнутий.

Після n -го тактуючого імпульсу напруга на накопичувальному конденсаторі C_n дорівнюватиме

$$U_n = \zeta^n * U_0, \quad (1)$$

де $\zeta = \frac{C_n}{C_d + C_n}$, причому $C_n \geq C_d$.

Зниження напруги на накопичувальному конденсаторі C_n проходить доти, поки вона не стане однаковою чи меншою від напруги $U_{вх}$ на другому вході компаратора Км. Тоді

спрацьовує компаратор, фіксуючи момент закінчення перетворення. Якщо цей момент настав після n -го тактуючого імпульса, то $U_n = U_{вх}$ і за виразом (1) кількість тактуючих імпульсів, що надійшли на вхід управління ключа К2, дорівнює

$$n = \frac{1}{\text{Ln}\zeta} * \text{Ln} \frac{U_{вх}}{U_0}, \quad (2)$$

тобто логарифма відношення напруги $U_{вх}$ до U_0 .

Якщо необхідно створити багатовходовий перетворювач, то використаємо декілька описаних комірок логарифматорів. Використання більшої кількості логарифматорів дає змогу розширити функціональні можливості АЦБФП [10].

Наприклад, якщо використовувати як основу АЦБФП найпростіший аналоговий функціональний перетворювач на комутованих конденсаторах (на одній комірці логарифматора та на одній комірці антилогарифматора) [3], то можемо отримати чотири математичні функції: множення, ділення, піднесення до квадрату або добування кореня квадратного. Якщо використати два логарифматори на однакових конденсаторних комірках (тоді на антилогарифматор буде надходити сума імпульсів від двох логарифматорів: $r=n_1+n_2$), – то можемо отримати вісім функцій. Якщо використати три комірки логарифматорів, то отримаємо усього тринадцять функцій: множення, ділення, піднесення до квадрата, куба і до четвертого степеня, а також добування кореня квадратного, кубічного і бікватратного у різних поєднаннях.

Використання арифметичного блока АБ дає змогу реалізувати спеціальні функції, які вибираються користувачем відповідно до поставленої задачі. Їх виконання забезпечується обробкою число-імпульсного коду на виході блока логарифматорів [1].

Оскільки вихідний сигнал багатоканального ЛАЦП є число-імпульсним кодом, то антилогарифматор АЦБФП повинен бути число-імпульсним функціональним перетворювачем.

Число-імпульсні антилогарифматори розглянуті у ряді робіт [5–9] і відрізняються в основному побудовою, швидкодією і точністю. Всі ці число-імпульсні антилогарифматори побудовані на основі двійкового помножувача.

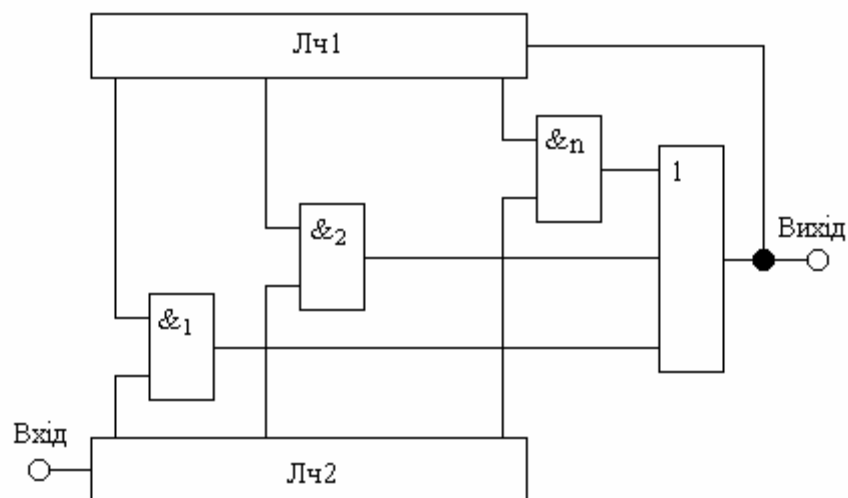


Рис. 3. Структурна схема число-імпульсного антилогарифматора

Для розроблюваного АЦБФП використаємо антилогарифматор [9], який є найпростішим і забезпечує достатню точність. Структурна схема такого число-імпульсного антилогарифматора наведена на рис. 3. Вона містить два двійкові лічильники (Лч1, Лч2), групу елементів збігу (&1- &n) і елемент АБО, вихід якого з'єднаний з входом першого лічильника Лч1, причому входом число-імпульсного антилогарифматора є вхід другого лічильника, а виходом – вихід елемента АБО.

Визначимо характеристику перетворення АЦФП.

На вхід ЦАЛ надходить число-імпульсний код $N_{\text{вх}}$, значення якого дорівнює алгебраїчній сумі вихідних сигналів окремих логарифматорів

$$N_{\text{вх}} = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_n.$$

На виході ЦАЛ (у випадку натурального логарифма) формується число-імпульсний код [3]

$$N_{\text{вих}} = \frac{2 \exp\left(\frac{N_{\text{вх}}}{2^z}\right)}{\sqrt{e}},$$

де z – кількість розрядів лічильників Лч1 і Лч2 антилогарифматора ЦАЛ, e – основа натуральних логарифмів.

При необхідності переходу до іншої основи логарифму (ξ) перед ЦАЛ треба включити помножувач імпульсів на постійний коефіцієнт ($K_{\text{п}}$)

$$K_{\text{п}} = \frac{1}{\ln \xi}.$$

Отже, вихідний код цифрового антилогарифматора у загальному випадку визначиться як

$$N_{\text{вих}} = \frac{2 \exp\left(\frac{N_{\text{вх}}}{2^z}\right)}{\sqrt{e \ln \xi}}.$$

З урахуванням структури АЦБФП можна стверджувати, що метрологічні властивості АЦБФП будуть повністю визначатися метрологічними властивостями використаних структурних одиниць, тобто багатоканального ЛАЦП і ЦАЛ. Отже, похибка перетворення АЦБФП визначатиметься сумою похибок ЛАЦП і ЦАЛ

$$\delta_{\text{ацфп}} = \delta_{\text{л}} + \delta_{\text{цал}},$$

а час перетворення АЦБФП буде дорівнювати сумі часів перетворення ЛАЦП і ЦАЛ

$$t_{\text{ацфп}} = t_{\text{л}} + t_{\text{цал}}.$$

У [10] дана оцінка динамічних властивостей ЛАЦП на комутованих конденсаторах і показано, що для надійної роботи ЛАЦП тривалості імпульсів, які керують ключами конденсаторних комірок, повинні бути не меншими, ніж 1,26 мкс, – це відповідає тактовій частоті 400 кГц.

Враховуючи тактову частоту цифрових елементів (10–200 МГц), можемо зробити висновок про значно вищу швидкодію число-імпульсних антилогарифматорів і відповідно АЦБФП. Проте точність АЦБФП нижча, оскільки цифровий антилогарифматор не компенсує похибки логарифматора на комутованих конденсаторах.

Зауважимо, що відомим нарощуванням кількості розрядів цифрового антилогарифматора, його похибку можна зробити практично як завгодно малою, тобто такою, що нею можна нехтувати порівняно з похибкою ЛАЦП.

Таким чином, результуюча похибка перетворення і час перетворення АЦБФП фактично повністю визначатимуться багатоканальним ЛАЦП, тобто результуюча похибка не перевищуватиме 0,15% [2], а час перетворення визначатиметься як тактовою частотою, так і значенням вхідних сигналів, і не перевищуватиме 10–20 мілісекунд.

Отже, запропонований АЦБФП є високоточним та швидкодіючим пристроєм, який додатково має широкі функціональні можливості. Тому його використання у системах автоматики та автоматизації забезпечує високий метрологічний ефект.

1. Дудикевич В.Б., Мичуда З.Р., Мичуда Л.З. Аналогові функціональні перетворювачі на основі перерозподілу заряду // *Міжвідомчий наук.-техн. зб. "Вимірювальна техніка і метрологія"*. – 1996. – Вип. 52. – С. 78–82. 2. Дудикевич В.Б., Мичуда З.Р., Мичуда Л.З. Моделювання впливу паразитних ємностей у конденсаторних комірках функціональних перетворювачів з перерозподілом заряду // *Вісн. Державного університету "Львівська політехніка"*. – 1998. – № 324. – С. 25–31. 3. Мичуда Л.З. Найпростіший аналоговий функціональний перетворювач на комутованих конденсаторах // *Вісн. Державного університету "Львівська політехніка"*. – 1999. – № 348. – С. 85–89. 4. А.с.819948 ССРСР. Способ определения логарифма / З.Р. Мычуда, В.Б. Дудыкевич // *Б.И.* – 1982. – № 29. 5. Горпенюк А.Я., Дудикевич В.Б., Лагун А.Е. Экспоненциальный функциональный перетворювач покращеної точності // *Вісн. Державного університету "Львівська політехніка"*. – 2000. – № 389. – С. 58–65. 6. А.с. 1309043 ССРСР. Устройство для вычисления экспоненциальных функций / В.Б. Дудыкевич, О.Б. Котыло, В.Н. Максимович // *Бюл.* – 1987. – № 17. 7. А.с. 964636 ССРСР. Устройство для вычисления экспоненциальных функций / В.Б. Дудыкевич, З.М. Стрилецкий // *Бюл.* – 1982. – № 37. 8. Мельников А.А., Рыжевский А.Г., Трифонов Е.Ф. *Обработка частотных и временных импульсных сигналов.* – М.: Энергия, 1976. – 136 с. 9. Смоллов В.Б. Гибридные многовходовые функциональные преобразователи // *Электронное моделирование.* – 1990. – 12. – № 2. – С. 63–65, 89. 10. Мичуда Л.З. Аналогові функціональні перетворювачі на комутованих конденсаторах // *Автореферат дис. роб. на здобуття наукового ступеня к.т.н. за спеціальністю 05.13.05 – Елементи та пристрої обчислювальних машин та систем керування.* Львів, 1999р.