

УДК 621.3.087.92

Проскурін М.П.¹

¹ канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

ОПТИЧНІ АНАЛОГО-ЦИФРОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ПРЯМОЇ ДІЇ ДЛЯ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ

Сучасна обчислювальна техніка, комп'ютерні системи, мережі і телекомунікаційні технології оперують в більшості цифровими форматами даних (ЦФД), в основі яких лежить двійкова (основа $q = 2$) системи числення (СЧ) і/або споріднені з нею ($q = 8 = 2^3$, $q = 16 = 2^4$, ін.) та їх комбінації і/або модифікації (наприклад, бінарно кодована десяткова СЧ, т.д.). Але навколишнє середовище (НС) має в більшості аналогову природу своїх характеристик (тиск, температура, швидкість повітря, інтенсивність/потужність сонячного випромінювання, ін.). Широке застосування персональних комп'ютерів (ПК), вбудованих комп'ютерних систем (ВКС [1]) в різні типи пристроїв, в тому числі і в технології IoT (Internet of Things [2]), ін., потребує швидкої і якісної взаємодії їх з елементами НС і іншими прикладними технологіями, наприклад, завдання: обробки відеозображень, медико-діагностичні оптоелектронні комплекси аналізу плазми крові, лімфи, їх компонентів; лідари, як елементи підсистем просторової орієнтації ВКС (керування авто без водія); промислові і/або побутові роботи, тощо, які неможливо уявити без використання аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) [3]. Саме ці пристрої здатні якісно і вчасно вирішити задачі вводу параметрів і характеристик НС у цифрові пристрої, ПК, ВКС.

Серед багатьох типів АЦП в останній час приділено увагу саме оптичним АЦП, (людина отримує через очі більш ніж 90% об'єму інформації про НС з подальшим запам'ятовуванням, аналізом візуалізованого явища). Серед них особливо надшвидкісними є так звані паралельні АЦП прямої дії [4], які вирізняються між іншими тим, що використовують принципи безпосереднього перетворення вимірювальної величини і мають відповідну

внутрішню будову (архітектуру), яка це забезпечує. Теоретично-практичною моделлю такого надшвидкісного оптичного АЦП може бути сукупність Y -подібних волоконно-оптичних каналів (ВОК) у вигляді перевернутого стовбура дерева (вхід АЦП, куди направлене випромінювання), кожен з яких поділяє вхідну оптичну потужність випромінювання $P_{\text{випр.}}$ на половину (тобто на вдвічі меншу: принцип формування вагів двійкових розрядів в СЧ з $q = 2$) і аж до останнього «неподільного» фотона (в кожній такій гілці), яке може бути продетектоване на будь якому етапі (перетині) цих гілок, що формують багаторівневу структуру. Коли $P_{\text{випр.}}$ має мале значення, то «активованими» буде невелика кількість з n рівнів; коли $P_{\text{випр.}}$ має середнє значення, то «активованими» буде середня кількість з n рівнів; а коли ж $P_{\text{випр.}}$ буде великим, то «активованими» буде велика кількість з n рівнів ВОК. Таким чином по кількості «активованих» рівнів ВОК можливо швидко, точно і якісно оцінити значення вхідної оптичної потужності випромінювання $P_{\text{випр.}}$. Але практичне створення такої конструкції оптичного АЦП прямої дії потребує спеціальних прецизійних розподільників у вигляді Y -подібних ВОК, точного ділення $P_{\text{випр.}}$ в них навпіл і різних типів (по параметру чутливості) фотоприймачів (ФП) на кожному з n рівнів.

Оригінальною конструкцією оптичного АЦП, що можливо віднести до такого типу є пристрій по патенту РФ [5], який зображено на рис. 1, що містить: непрозорий корпус (1) з блоком відповідних світлофільтрів (2), мікролінзу об'єктива (3), що закріплена в непрозорому перетині (4), послідовно розташовані (по осі до мікролінзи об'єктива) напівпрозорі мікродзеркала (НМД) (51 - 5n) під відповідним до осі кутом по числу розрядів в коді і ФП (61 - 6n), що оптично з'єднані зі своїми НМД, імпульсні підсилювачі (71 - 7n) по числу ФП, послідовно з'єднаний регістр (8) з числом розрядів по числу імпульсних підсилювачів (7), дешифратор (ДШ) (9), блок індикації (10) і послідовно з'єднані генератор тактових імпульсів (11), дільник частоти (12) і логічний елемент 2І (13).

Принцип його дії полягає в тому, що кожне попереду розташоване НМД (5) пропускає на наступне за ним потік випромінювання, послаблений у два рази (відповідає принципу формування двійкового коду). У НМД застосовується світлорозподільне покриття, що забезпечує відношення відбитого випромінювання у ФП (6) до пропущеного як 1:0,5 (або 2:1). Вхідне випромінювання входить в непрозорий корпус (1), проходить світлофільтрів (2), збирається мікролінзою (3), що закріплена перетином (4) і направляється на центри n НМД (51 - 5n). Потік випромінювання проходить крізь них, яких набрано стільки, щоб після нижнього НМД (5n) випромінювання не було, тобто їх число повинне відповідати найбільшій величині вимірюваної потужності (яскравості) $P_{\text{випр.}}$. Результатом вимірювання є багаторозрядний двійковий код з одних «1» (код Джонсона),

бо кожне НМД послаблює потік вдвічі і т.д. Відбите кожним НМД (5) випромінювання надходить в свій ФП (6), електричний сигнал з якого надходить в свій імпульсний підсилювач (7), де посилюється до необхідної величини, формується за тривалістю, амплітудою і надходить в свій розряд регістра (8). Число розрядів n в регістрі (8) відповідає числу НМД (5). Старшим розрядом є сигнал «1» з першого імпульсного підсилювача (7₁), молодшим розрядом є сигнал «1» з останнього імпульсного підсилювача (7_n). Сигнали з імпульсних підсилювачів надходять паралельно і синхронно в розряди регістра. Частота видачі F результатів вимірювань встановлюється вимірником в дільнику частоти, з виходу якого сигнали надходять на перший вхід елемента 2І (13), на другий вхід якого надходить сигнал з виходу імпульсного підсилювача (7), а вихідний сигнал $U_{\text{вих.}}$ з елемента 2І (13) видає код з регістра (8) у ДШ (9) і в пристрій реєстрації накопичених результатів вимірювань. У ДШ (9) код дешифрується і надходить в блок індикації (10), що висвітлює результат вимірювання в десятковому (або ін.) коді. Процес АЦП визначається часом спрацювання ФП і становить $t_{\text{ФП}} \leq 10\text{-}6\text{с}$.

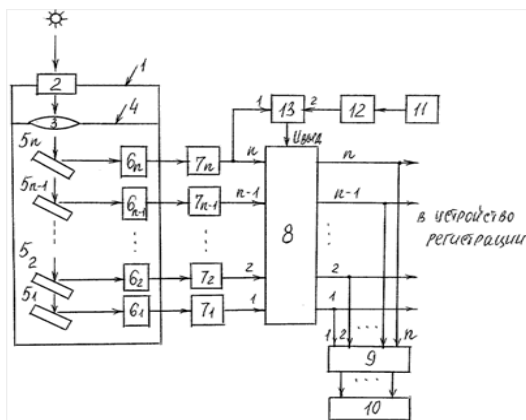


Рисунок 1 - Блок-схема АЦП по патенту №2419116 (RU), МПК G02A7/00, патентотримач Волков Б.И.

Однак вказаний АЦП має суттєві недоліки, які полягають в наступному:

- АЦП не має властивості адаптивності (підлагоджуваності) під потужність (яскравість) вхідного випромінювання $P_{\text{випр.}}$ при вимірюванні більшої потужності, ніж діапазон АЦП (n розрядний цифровий регістр і вихід якого має діапазон $N = 2n-1$);

- невисока точність і значна абсолютна похибка Δ вимірювання АЦП: виникає невизначеність при спрацюванні 1,2 ... і-го ФП з n , але не

спрацьовуванні $i+1$, якщо деяка частина випромінювання увійде в $i+1$ ФП, але не призведе до його спрацьовування. При цьому максимальне значення похибки може бути оцінено виразом $\Delta \leq (2^{i+1})$, тобто становить значення, що дорівнює вазі старшого розряду коду Джонсона (дивись вище) вимірюного значення $R_{\text{випр.}}$ і особливістю якого є те, що вага його старшого розряду задається кількістю одиниць «1» в молодших розрядах;

- використання ВЧ ФП без вбудованого в них підсилення, що підвищує кількість каскадів перетворення;

- відсутністю мікроконтролера (МК) управління електронної частини АЦП (з вбудованими в нього генератором імпульсів, лічильниками, внутрішніми блоками пам'яті, ін.) та схеми довготривалої зовнішньої пам'яті (для зберігання результатів вимірювань: попередніх, теперішніх, ін., їх угруповання в блоки даних).

В основу створення автором заявки на винахід з робочою назвою «Оптичний АЦП адаптивного типу з підвищеною точністю вимірювань» поставлено завдання розробки підлагоджувального оптичного пристрою, підвищення частоти перетворення до УВЧ, розширення діапазону вимірювання потужності (яскравості) випромінювання $R_{\text{випр.}}$ і точності вимірювання через зниження значення абсолютної похибки (до величини $\Delta \leq 21-1=0$ для цілочисельних форматів результату, тобто ваги молодшого розряду коду Джонсона), введення функції управління електронних частин АЦП швидкісним малорозрядним МК, а за рахунок цього - поліпшення експлуатаційних, технічних і його споживчих властивостей.

Було знайдено оригінальні підходи щодо вирішення вказаних недоліків оптичного АЦП прямої дії (рис.1), наприклад, використанням попередньої розробки (автора і його колег) - твердотільного ФП у вигляді інтегрального фотоприймального пристрою [6] УВЧ діапазона і зменшення кількості елементів в приймальній частині АЦП. Матеріали заявки оформлені і подані ним у інформаційно-патентний відділ ЗНТУ наприкінці 2018р. для їх розгляду, перевірки і відсилки в ДП «Укрпатент» для прийняття рішення по суті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вбудована_система [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Вбудована_система

2. Інтернет_речей. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтернет_речей

3. Зибчук В.И. Справочник по цифровой схемотехнике. / В.И. Зибчук, В.П. Сигорский, А.Н. Шкуро // Киев:Тэхника. – 1990. – 448с.

4. Х.-К. Найтцерт. Оптическое аналого-цифровое преобразование: современное состояние. Ж. Датчики и системы (Измерения. Контроль.

Автоматизация). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://naukarus.com/opticheskoe-analogo-tsifrovoye-preobrazovanie-sovremennoe-sostoyanie>

5. Волков Б.И. Преобразователь «яркость излучения - код»: патент № 2419116 Россия, G02F7/00. Подача заявки: 2010-03-16; публикация патента 2419116: 20.05.2011; [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.freepatent.ru/patents/2419116>

6. Проскурін М.П. Інтегральний фотоприймальний пристрій: деклараційний патент 68540А Україна: МПК G02B 6/12 . № 2003 30764962004 // Білявська О.С., Костенко В.Л., Проскурін М.П.; Заявл. 11.07.2003; опубл. 16.08.2004, Бюл. №8.3 с.