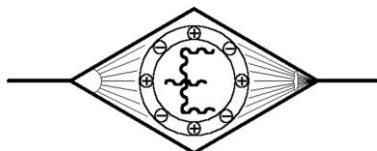


Вінницький національний технічний університет

Міністерство освіти і науки України
Академія інженерних наук України
Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України
Ужгородський національний університет
Грузинський технічний університет
Люблінський технічний університет
Міжнародні товариства оптичної техніки SPIE, OSA



Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

Заснований у 2001 році
Виходить 2 рази на рік

№1 (41), 2021

Зареєстрований Державним комітетом інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України. Свідоцтво про реєстрацію – КВ № 15295–3867Р від 22.06.2009 р.

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради ВНТУ, протокол № 16 від 25 червня 2021 р.

Міжнародний науково-технічний журнал “Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології” є науковим виданням, публікації в якому визнаються при захисті дисертаційних робіт з технічних наук (постанова Президії ВАК України №1-05/6 від 12 червня 2002 року) (повторна реєстрація, Наказ МОН України №820 від 11 липня 2016 р)

Присвоєно категорію Б в галузі технічних наук згідно з наказом МОН №409 від 17.03.2020

© Вінницький національний технічний університет, оформлення, верстка, 2022

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:
Україна, 21021, м. Вінниця,
вул. Хмельницьке шосе, 95.

Тел.: +38 (0432) 51-32-56
Факс: +38 (0432) 46-57-72
<http://oeipt.vntu.edu.ua/>
E-mail: oeipts@gmail.com

**МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ
ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ
РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ**

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР:

Павлов С. В. Вінницький національний технічний університет, Україна

ЗАСТУПНИКИ ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА:

Войчик В. Т. Технічний Університет «Люблінська Політехніка», Польща

Натрошвілі О.Г. Грузинський технічний університет, Тбілісі, Грузія

Осадчук В.С. Вінницький національний технічний університет, Україна

Ушенко О.Г. Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Азаров О. Д.
Вінницький національний технічний університет
Ангельський О.В.
Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича
Аврунін О. В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна
Бобицький Я.В.
Національний університет "Львівська політехніка"
Бунь Р.А.
Національний університет "Львівська політехніка"
Бісікало О. В.
Вінницький національний технічний університет
Васіленко В.Б.
Новий університет Лісабону, Лісабон, Португалія
Васілевський О. М.
Вінницький національний технічний університет
Володарський Є. Т.
Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова, Київ
Грабко В.В.
Вінницький національний технічний університет
Заболотна Н. І.
Вінницький національний технічний університет
Кветний Р.Н.
Вінницький національний технічний університет
Коваленко В.С.
НДІ лазерної техніки та технологій Національний технічний університет України "КПІ", Київ
Колісник П.Ф.
Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова
Кичак В.М.
Вінницький національний технічний університет
Кузовик В. Д.
Національний авіаційний університет, Київ, Україна
Кулаков П. І.
Вінницький національний технічний університет
Кухарчук В. В.
Вінницький національний технічний університет
Лежнюк П.Д.
Вінницький національний технічний університет
Лепіх Я.І.
Одеський національний університет ім. Мечникова
Лужецький В.А.
Вінницький національний технічний університет
Литвиненко В. І.
Херсонський державний університет, Україна

ВІДПОВІДАЛЬНІ СЕКРЕТАРІ:

Лисенко Г.Л. Вінницький національний технічний університет, Україна
Кожем'яко А.В. Вінницький національний технічний університет, Україна
Тарновський М. Г. Вінницький національний технічний університет, Україна
Костюкевич С.О. Інститут фізики напівпровідників НАНУ, Київ, Україна

Мартинюк Т.Б.
Вінницький національний технічний університет
Медиковський М.О.
Національний університет "Львівська політехніка"
Муравський Л.І.
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України
Николайчук Я.М.
Тернопільський національний економічний університет, Україна
Осадчук О.В.
Вінницький національний технічний університет
Осінський В.І.
Державне підприємство НДІ Мікроприладів, Київ
Петрук В.Г.
Вінницький національний технічний університет
Поворознюк А.І.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Романюк О.Н.
Вінницький національний технічний університет
Ротштейн А.П.
Донецький національний університет ім. Василя Стуса
Русин Б.П.
Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України, Львів
Салдан Й.Р.
Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова
Саченко А.О.
Тернопільський національний економічний університет, Україна
Студеняк І.П.
Ужгородський національний університет
Сорокін В. М.
Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАНУ, Україна
Тимчик Г.С.
Національний технічний університет України "КПІ", Київ
Тимченко Л.І.
Національний транспортний університет, Київ, Україна
Шайко-Шайковський О. Г.
Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича
Шевчук В.І.
Український державний науково-дослідний інститут медико-соціальних проблем інвалідності, Вінниця
Яровий А.А.
Вінницький національний технічний університет

ТЕХНІЧНІ СЕКРЕТАРІ:

Безкресний О. С.

РЕДАКТОРИ-КОРЕКТОРИ:

Прадівляний М.Г., Веремієнко С.Я.

**МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ
ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

ЗМІСТ

ОПТИЧНА І КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНІКА В КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ	
М.П. Проскурін Оптичні аналого-цифрові перетворювачі UVЧ діапазона паралельного типу: огляд підходів і конструкцій	5
МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ	
В.С. Курко, І.С. Колесник, Т.М. Боровська Метод підвищення швидкості завантаження веб-сторінок	13
Т.Б. Мартинюк, О.В. Войцеховська, О.С. Городецька Еквідистантність та одиничні коди	20
О.М. Кириленко Розробка методу повторної ідентифікації людини.....	25
Д.Д. Луп'як, Р.Н. Кветний Шляхи підвищення ефективності сучасних методів матування зображень.....	33
БІОМЕДИЧНІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ТА ПРИЛАДИ	
В.В. Холін, М.Ф. Терещенко, С.В. Павлов, М.Ф. Богомолов, О.С. Комарова, А.К. Зільгараева, О.С. Безкрєвний, А.В. Рева Волоконно-оптичний малоінвазивний дифузний розсіювач на оптичному волокні для внутрішньотканинного лазерного впливу	39
Я.В. Носова, О.Г. Аврунін, Н.О. Шушляпина, Ібрагім Юнусс Абделхамід, Алофи Бендер Али Салех Діагностична значимість методів визначення порушень носового дихання.....	47
Айнур Оразаєва, Джамалбек Туєупов, Сергій Павлов, Сергій Тимчик, Наталія Савина, Олександр Безкрєвний Математична модель взаємозв'язку генотипу хворих РМЗ по BRCA1 і TP53 і гістологічного типу пухлини на основі методу множинної регресії.....	59
ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИБОРИ ТА КОМПОНЕНТИ В ЛАЗЕРНИХ І ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ	
В.М. Боровицький, О.Є. Гудзь, С.Є. Тужанський Метод розрахунку функції розсіювання точки оптичної системи.....	69
ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СЕНСОРИ І ПЕРЕТВОРЮВАЧІ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ	
М.П. Дивак, А.М. Мельник, Є.С. Кедрін, Ф.А. Отоо Інтервальна модель портрету користувачів тематичної групи з проблем екології у соціальній мережі.....	78

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL
“OPTOELECTRONIC INFORMATION-POWER TECHNOLOGIES”
CONTENTS**

OPTICAL AND QUANTUM ELECTRONICS IN COMPUTER AND INTELLECTUAL TECHNOLOGIES

M.P. Proskurin Optical analog-to-digital converters of UHF range of parallel type: review of approaches and designs..... 5

METHODS AND SYSTEMS OF OPTICAL-ELECTRONIC AND DIGITAL PROCESSING OF IMAGES AND SIGNALS

V.S. Kurko, IS Kolesnik, T.M. Borovskaya A method of increasing the speed of loading web pages..... 13

T.B. Martinyuk, O.B. Wojciechowska, O.S. Gorodets Equidistance and unit codes..... 20

O.M. Kyrylenko Development of a method of re-identification of a person..... 25

D.D. Lupyak, R.N. Kvyetnyy Ways to increase the efficiency of modern methods of image matting..... 33

BIOMEDICAL OPTICAL AND ELECTRONIC SYSTEMS AND DEVICES

V.V. Kholin, M.F. Tereshchenko, S.V. Pavlov, M.F. Bohomolov, O.S. Komarova, A.K. Zil'haraeva, O.S. Bezkrevnyi, A.V. Reva Fiber-optic minimally invasive diffuse diffuser on optical fiber for intratissue laser exposure..... 39

YA.V. Nosova, O.H. Avrunin, N.O. Shushlyapyna, Ibrahim Yunuss Abdelkhamid, Aloyf Bender Aly Salekh Diagnostic significance of methods for determining nasal breathing disorders..... 47

Aynur Orazaeva, Dzhamalbek Tusupov, Serhiy Pavlov, Serhiy Tymchyk, Natal'ya Savyna, Oleksandr Bezkrevnyi Mathematical model of the relationship between the genotype of patients with breast cancer on BRCA1 and TP53 and histological type of tumor based on multiple regression..... 59

OPTICAL AND ELECTRONIC DEVICES AND COMPONENTS IN LASER AND ENERGY TECHNOLOGIES

V.M. Borovitsky, OE Hudz, S.Ye. Tuzhansky Method for calculating the scattering function of an optical system point 69

OPTICAL AND OPTICAL-ELECTRONIC SENSORS AND CONVERTERS IN CONTROL AND ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEMS

M.P. Divak, A.M. Melnyk, Y.S. Kedrin, F.A. Otoo Interval model of the portrait of users of the thematic group on environmental issues in the social network..... 78

ОПТИЧНА І КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНІКА В КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

- УДК 621.3.087.92

М.П. ПРОСКУРІН

ОПТИЧНІ АНАЛОГО-ЦИФРОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ УВЧ ДІАПАЗОНА ПАРАЛЕЛЬНОГО ТИПУ: ОГЛЯД ПІДХОДІВ І КОНСТРУКЦІЙ

Національний університет «Запорізька політехніка» (НУЗП), 69063, вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, Україна; т.+38(061)7698249, E-mail: nickolay@zpu.edu.ua

Анотація. Наведено огляд способів, архітектури, блок-схем і конструкцій оптичних аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) прямого перетворення «інтенсивність випромінювання - цифровий код». Запропоновано оригінальні конструктивно-технологічні рішення з покращення характеристик оптичних АЦП такого типу.

Ключові слова: оптичний АЦП, яскравість, інтенсивність, фотоприймач, UVЧ діапазон, пряме перетворення, код 8-4-2-1

Аннотация. Приведен обзор способов, архитектуры, блок-схем и конструкций оптических аналого-цифровых преобразователей (АЦП) прямого преобразования «интенсивность излучения - цифровой код». Предложены оригинальные конструктивно-технологические решения по улучшению характеристик оптических АЦП такого типа. **Ключевые слова:** оптический АЦП, яркость, интенсивность, фотоприемник, UVЧ диапазон, прямое преобразование, код 8-4-2-1

Annotation. An overview of methods, architecture, block diagrams and designs of optical analog-to-digital converters (ADC) of direct conversion "radiation intensity - digital code" is given. Original design and technological solutions are proposed to improve the characteristics of optical ADCs of this type.

Keywords: optical ADC, brightness, intensity, photodetector, UHF range, direct conversion, code 8-4-2-1

ВСТУП. В роботі розглянуто способи перетворення і конструктивно - технологічні рішення (КТР) для паралельних оптичних АЦП, а також запропоновано підходи щодо їх вдосконалення у вигляді: розширення адаптивності, підвищення точності обчислень, швидкодії і функціональності, ін., що знайшли своє втілення в публікаціях, зафіксовані в статтях, блок-схемах і отриманих ним патентах.

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., ін.). Але навколишнє середовище (НС) має в більшості аналогову природу своїх характеристик (тиск, температура, швидкість повітря, інтенсивність/потужність оптичного або радіаційного випромінювання, ін.). Широке застосування цифрових пристроїв, смартфонів, персональних комп'ютерів (ПК), вбудованих комп'ютерних систем (ВКС [1]), мікроконтролерів (МК) 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, при вирішенні завдань: обробки відео зображень в авіаційній і космічній галузях; лідари, як елементи підсистем просторової

орієнтації ВКС (керування авто без водія); промислові і/або побутові роботи; медико-діагностичні оптоелектронні комплекси аналізу плазми крові, лімфи, їх компонентів; тощо, які використовують оптичні АЦП [3]. Ці пристрої здатні якісно і вчасно вирішити задачі вводу характеристик НС у цифрові пристрої на основі мікроконтролерів (МК), ПК, ВКС, відповідними для них протоколами вводу-виводу типу GPIO [3], ін..

Серед багатьох їх типів в останній час приділено увагу саме електронним АЦП (в т. ч. оптичним, оптоелектронним, ін.), серед яких надшвидкісними є паралельні АЦП [4,5], які вирізняються між тим, що використовують принципи безпосереднього перетворення вимірювальної величини в цифровий код, займають окрему нішу серед ієрархії різновидів АЦП (рис.1), мають відповідну внутрішню будову (архітектуру, яка це забезпечує) і формують різновиди їх блок-схем (рис.2 - 4). Розглянемо відомі способи, блок-схеми і КТР кількох оптичних АЦП прямого перетворення «яскравість випромінювання - код», окреслимо їх недоліки і запропонуємо підходи, ідеї і їх реалізацію щодо суттєвого розширення і покращення їх основних характеристик.



Рис.1 - Класифікація АЦП (по основних типах перетворення) [6]

Відомий спосіб вимірювання інтенсивності $I_{вх}$ оптичного випромінювання [7], що заснований (рис.2) на використанні світловода 1, який складається з n відрізків світловодів ($2_1, 2_2, \dots, 2_n$) різної довжини L із значенням послаблення $\beta = 1/L \cdot 10 \cdot \lg I_{вх}/I_{вих}$ інтенсивності I_i на відріжку i -го світловода довжиною L , наприкінці кожного з яких встановлено світлочутливі елементи 3 ($3_1, 3_2, \dots, 3_n$), що спрацьовують при інтенсивності світла $I_i \geq I_x$. Коли настає умова, що $I_i < I_x$, світлочутливі елементи наступних відрізків світловодів не будуть збуджуватися. Кількість збуджувальних елементів 4 ($4_1, 4_2, \dots, 4_n$), прямо пропорційно вхідній інтенсивності $I_{вх}$ оптичного сигналу (рис.2). Спосіб відноситься до паралельного оптичного перетворення «інтенсивність випромінювання - пропорційний вихідний електричний сигнал» [7].

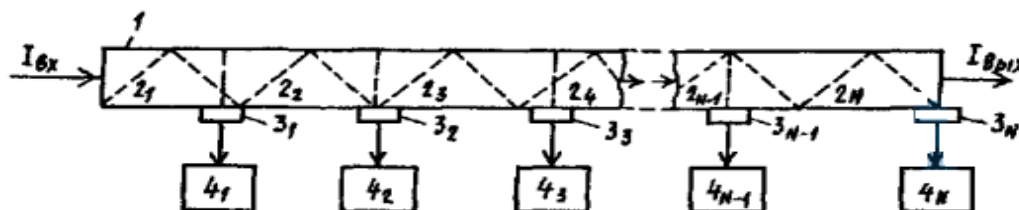


Рис.2 - Блок-схема способу для реалізації оптичного АЦП паралельного типу по а.с. 1484050 SU, МКИ G01 J1/42 (патент на винахід UA 14466 від 25.04.1997- перереєстроване а. с. СРСР 1484050) [7], автори В.П. Кожемяко, Л.И. Тимченко, С.Н. Белан.

Оригінальним КТР оптичного АЦП є пристрій по патенту РФ [8] (рис.3), 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 ($5_1 - 5_n$) під відповідним до осі кутом по числу розрядів в коді і ФП ($6_1 - 6_n$), що оптично з'єднані зі своїми НМД, імпульсні підсилювачі ($7_1 - 7_n$) 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 імпульсів (11), дільник частоти (12) і логічний елемент 2І (13).

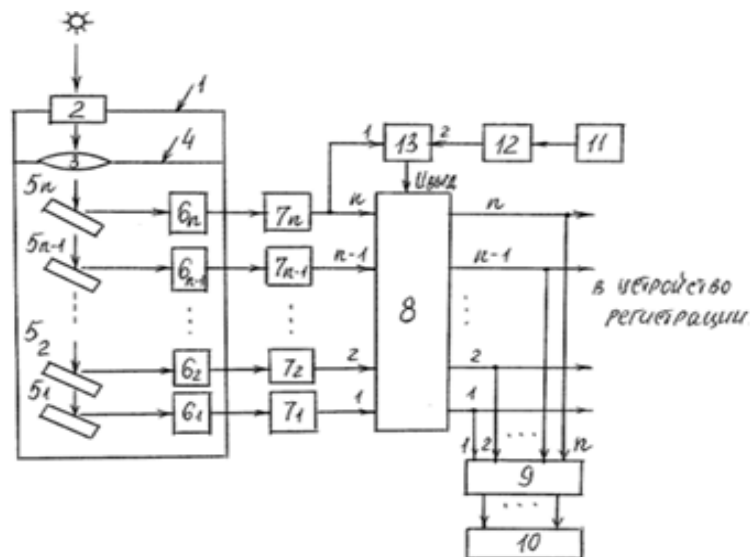


Рис. 3 - Блок-схема оптичного АЦП паралельного типу, патент №2419116 (RU), МПК G02A7/00 [8], автор Б.І. Волков.

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 світло-розподільне 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 ($5_1 - 5_n$). Потік випромінювання проходить крізь них, яких узято стільки, щоб після нижнього НМД (5_n) випромінювання не було, тобто їх число повинне відповідати найбільшій величині вимірюваної потужності (яскравості) $R_{випр.}$. Результатом вимірювання є багато-розрядний 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 (7_1), 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 $U_{вих.}$ 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.) цифровому коді. Процес АЦП визначається часом спрацьовування ФП і становить $t_{ФП} \leq 10^{-6}c$.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ І МЕТА СТАТТІ. Метою статті є покращення характеристик оптичних АЦП паралельного типу шляхом розширення їх діапазону яскравості (інтенсивності) і підвищення точності (зниження похибки Δ) вимірювання через ведення нових цифрових елементів, використання алгоритмів обробки даних і оптимізації взаємодії його складових. Автором було поставлено завдання вдосконалити конструкції і їх КТР та вийти на патентно-спроможні описи цих кроків (у вигляді матеріалів заявок на винаходи) та запропонувати в них: 1- блок-схему вимірювання (втілює етапи перетворення, блоки, їх зв'язки і взаємодію між ними, ін.); 2 - спосіб (описує принцип перетворення, архітектуру і ідеологію обчислення вихідних даних, ін.); 3- КТР (конкретизує реалізацію п.1 і п.2 відомими чи новими пристроями для виконання функціоналу, ін.); 4- модель обчислення результатів (створення алгоритмів отримання вихідних даних у цифровому коді типу 8-4-2-1, ін.) для оптичних АЦП паралельного типу, а за рахунок цього - забезпечити покращення їх технічних, експлуатаційних і споживчих властивостей, про які було наголошено у роботі автора [9].

При розгляді способу і відповідного КТР для оптичного АЦП паралельного типу по рис.2 [7], його недоліками були наступні:

- використання значної кількості n відрізків світловодів (десятки і більше) різної довжини при вимірюванні великої інтенсивності $I_{вх.}$ світла з підвищеною точністю;
- відсутність властивості адаптивності при збільшенні значення вхідної інтенсивності світла $I_{вх.}$, ніж обраний діапазон вимірювання (при фіксованій кількості n відрізків світловодів);
- вихідні значення вимірювання не є кодом типу 8-4-2-1 (двійкова СЧ), бо вони формуються при значенні послаблення $\beta = 10$ (десятькова СЧ) або логарифмічною залежністю L_i довжин n відрізків світловодів;
- відсутній блок керування процесом вимірювання, зберігання і обчислювання значень вихідних даних та зв'язки між ними.

Більш досконалим (порівняно з рис.2) є пристрій і його КТР оптичного АЦП паралельного типу по рис.3 [8], бо в нього закладено механізм формування вихідного коду Джонсона (входить в код 8-4-2-1 у вигляді підряд значень «1» сусідніх розрядів: при вимірюванні $R_{випр.}$ частина з n їх розрядів підряд дорівнює «1» в регістрі 8).

Але і його КТР має недоліки, які полягають в наступному:

- АЦП не має властивості адаптивності під інтенсивність (яскравість) вхідного випромінювання $R_{випр.}$ при вимірюванні більшої потужності, ніж діапазон АЦП (n розрядний цифровий регістр і вихід якого має діапазон $N = 2^n - 1$);
- невисока точність і значна абсолютна похибка Δ вимірювання АЦП, бо формується тільки комбінації типу підряд розташованих «0» (старші розряди) і «1» (молодші розряди) з n . Саме тому виникає суттєва невизначеність при спрацьовуванні 1,2 ... i -го ФП, але не спрацьовуванні $i + 1$ ФП з n розрядів,

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 наступного за старшим розрядом коду Джонсона (вимірюване значення $R_{\text{випр.}}$), а особливістю якого є те, що вага його старшого розряду задається кількістю одиниць «1» в молодших розрядах;

- використано ВЧ ФП без вбудованого підсилення, що підвищує кількість каскадів перетворення;
- відсутній МК для управління електронної частини АЦП (з вбудованими в нього генератором імпульсів, лічильниками, внутрішнім блоком пам'яті, ін.), схеми довготривалої зовнішньої пам'яті (зберігання результатів вимірювань: попередніх, поточних, ін., їх угруповання в блоки даних, ін.).

Поставлене завдання вдосконалення паралельного оптичного АЦП «яскравість випромінювання - код» (у вигляді: розширення діапазону вимірювання до $N = 2^{(n+k)} - 1$, підвищення точності і зменшенні похибки Δ вимірювання і зростання швидкодії АЦП до УВЧ діапазону) вирішується за рахунок введення: 1- властивості адаптивності під яскравість вхідного випромінювання $R_{\text{випр.}}$ (при більшому її значенні, ніж діапазон АЦП); 2- підвищення точності вимірювання і зниження значення абсолютної похибки до ваги молодшого розряду коду Джонсона (до величини $\Delta \leq 2^{1-i}$ для ціло чисельних форматів результату); 3- ІФП з підсиленням УВЧ діапазону; 4- додавання цифрових схем, шини даних, функції керування електронними частинами АЦП і алгоритмами отримання вихідних цифрових результатів швидкісним МК; а за рахунок всього цього - вдосконалення КТР АЦП, поліпшення його експлуатаційних і споживчих властивостей.

Завдання вирішується тим, що за основу обрано блок-схему паралельного оптичного АЦП «яскравість випромінювання - код» по рис.3, але в яку додано наступне:

- перед мікро-лінзою об'єктива встановлена керована діафрагма, яка може перекривати її площу S в діапазон і від 0 до 100%, що формує властивість адаптивності оптичного АЦП під вхідну інтенсивність (яскравість) випромінювання $R_{\text{випр.}}$ більшої потужності, ніж діапазон пристрою по рис.3;

- додано другий вихідний регістр $R_{\text{г2}}$ (розрядність на k розрядів більше, ніж перший), ОЗП результатів, швидкодіючий мало-розрядний МК (має вбудовані в нього: генератор імпульсів, таймери/лічильники, регістри, внутрішні ОЗП, ПЗП програм обробки даних вимірювань) і загальну шину управління (ЗШУ), МК зв'язаний по ній з першим, другим вихідним регістрами і дешифратором, ОЗП результатів, виконавчим пристроєм (ВП) керованої діафрагми адаптивного об'єктива, другий регістр з'єднаний з блоком індикації (БІ) і цифровим виходом оптичного АЦП в коді 8-4-2-1 (або десятковим);

- введено інтегральні фотоприймачі (ІФП) з підсиленням УВЧ діапазону [10] для забезпечення зростання швидкодії оптичного АЦП;

- оптичний АЦП працює в кількох режимах під керуванням швидкодіючого МК, який виконує відповідні алгоритмами вимірювання (входять в патентну формулу винаходу і забезпечують підвищення точності вимірювання i , відповідно, зниження значення абсолютної похибки Δ): звичайному і з підвищеним значенням інтенсивності (яскравості) вхідного випромінювання $R_{\text{випр.}}$ (режим «засвітки»).

Блок - схема оптичного АЦП наведена на рис.4 і на означене КТР отримано патент на корисну модель [11].

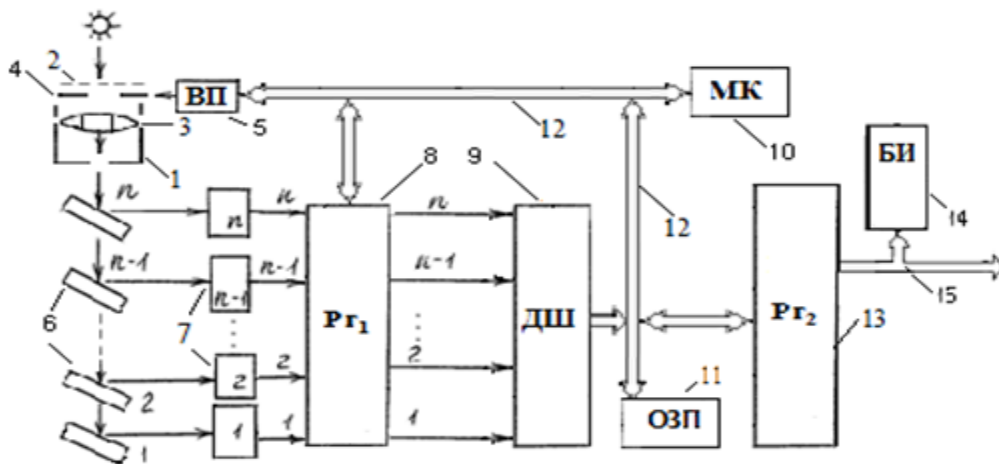


Рис. 4 - Блок-схема згідно патенту на корисну модель 139591 (UA), МПК G02F 7/00 «Оптичний аналого-цифровий перетворювач «яскравість випромінювання - код» адаптивного типу з підвищеною точністю вимірювань» [11], автор Проскурін М.П.

Оптичний АЦП має непрозорий корпус (1) з двох частин, в першій частині якого розташовано блок світлофільтрів (2), у другій частині - вхідна мікролінза /об'єктив/ (3), яка містить керовану діафрагму (4) з виконавчим пристроєм - ВП (5) перед мікролінзою (3), яка пропускає вхідне випромінювання $R_{випр.}$ через групу з $1, 2, \dots, i, \dots, n$ НМД (6), що послідовно розташовані нижче мікролінзи (3) під відповідним до неї кутом, кожне з яких 50% яскравості вхідного випромінювання $R_{випр.}$ пропускає крізь себе, а інші 50% відбиває на $1, 2, \dots, i, \dots, n$ ІФП (7), кожний електричний вихід яких поєднано з відповідним входом синхронного першого регістру Pr_1 (8), вихідні $1, 2, \dots, n$ розрядів якого зв'язані з $1, 2, \dots, n$ входами дешифратора - ДШ (9), виходи якого зв'язані з МК (10), який через ЗШУ (12) зв'язано із зовнішнім ОЗП (11) і з другим вихідним регістром Pr_2 (13), який видає цифровий код результату на блок індикації - БІ (14) і на зовнішній цифровий вихід (15) оптичного АЦП; зв'язок, виконання кількох алгоритмів обчислення результатів вимірювання, пересилка команд і даних, синхронізація між усіма пристроями АЦП - ВП (5), Pr_1 (8), Pr_2 (13), ДШ (9), ОЗП (11) - здійснюється по ЗШУ (12) під управлінням МК (10) в синхронному режимі роботи за допомогою вбудованого в нього генератора імпульсів (ГІ).

Оптичний АЦП [11] має властивість адаптивності під інтенсивність (яскравість) вхідного випромінювання $R_{випр.}$, що дає можливість використовувати кілька режимів його вимірювання. Це дозволяє розширити діапазон вимірюваної потужності вхідного випромінювання $R_{випр.}$ в k разів більше, ніж діапазон, що охоплює АЦП по рис.3. Означена відмінність АЦП забезпечується: встановленням керованої діафрагми (4), що може перекривати площу S об'єктива АЦП - мікролінзи (3) за допомогою ВП (5) від 0 до 100% з фіксацією у внутрішньому регістрі МК (5) значення коефіцієнта перекриття КП1; введенням другого регістра Pr_2 (13), який має розрядність $n + k$ (діапазон $N = 2^{n+k} - 1$), в порівнянні з першим n - розрядним внутрішнім регістром Pr_1 (8), як у АЦП по рис.3 (діапазон $N = 2^n - 1$); застосуванням кількох алгоритмів вимірювання інтенсивності (яскравості) вхідного $R_{випр.}$, ін..

Для підвищення швидкодії паралельного оптичного АЦП по рис.4 використано: малорозрядні МК (10) UVЧ діапазону, динамічний тип запису даних (по фронтах синхроімпульсів) в регістри Rг.1 (8), Rг.2 (13), ОЗП (11), а зв'язок по ЗШУ (12) виконано по типу шини PCI express [12] з частотами до 1...3 ГГц.

Додаткові ознаки, що введені автором в запатентоване КТР оптичного АЦП «яскравість випромінювання - код» [11], а також кілька режимів вимірювання і алгоритми обчислювання цифрових результатів (при взаємодії з існуючими частинами АЦП по рис.3), дозволяють досягнути нового технічного результату, вирішити поставлене завдання, отримати пристрій адаптивного типу і нові якісні і кількісні показники вимірювання, а в цілому - забезпечують розширення діапазону вимірювання до значень $N = 2^{n+k}-1$, підвищення точності і зниження абсолютної похибки Δ (до значення молодшого розряду вихідного цифрового коду) при вимірюванні та суттєвого зростання швидкодії (приблизно до нижньої частини UVЧ діапазона). Запропоноване автором КТР для АЦП такого типу є високотехнологічним пристроєм з вбудованим малорозрядним МК, цифровим виходом і можливістю бути вбудованими в оптичні вимірювальні пристрої і інформаційні технології, в т. ч. у ВКС, IoT, ін..

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ. Означені підходи вдосконалення оптичних АЦП «яскравість випромінювання - код» паралельного типу, методики щодо підвищення якісних, кількісних характеристик (для пристроїв такого типу), а також запропоновані алгоритми обчислень вихідних цифрових даних є результатом досліджень і узагальнень КТР автора, які знайшли своє втілення у патенті [11]. В подальшому цей підхід було зафіксовано в патенті: «Спосіб прямого паралельного оптичного аналого-цифрового перетворювання «інтенсивність випромінювання - код» з функцією адаптивності і підвищеною точністю вимірювань» [13], в якому узагальнено основні підходи щодо вдосконалення оптичних АЦП такого типу. На думку автора можливе їх використання в сучасній IT індустрії (пристрої розпізнання зображень, технології ВКС, IoT, ін.) і в аерокосмічних системах (зіркова орієнтація космічних апаратів, цифрова астрономія, дослідження випромінювання зірок, ін.), а також медичних та військових технологіях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Встраиваемая система (встроенная система) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Встраиваемая_система
2. Интернет вещей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Интернет_вещей
3. GPIO (Интерфейс ввода/вывода общего назначения) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/GPIO>
4. Зибчук В.И., Сигорский В.П., Шкуро А.Н. Справочник по цифровой схемотехнике. Киев, «Тэхника», 1990. 448с.
5. Х.-К. Найтцерт. Оптическое аналого-цифровое преобразование: современное состояние. Ж. Датчики и системы (Измерения. Контроль. Автоматизация) №1-2001, с. 42-47; [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://naukarus.com/opticheskoe-analogo-tsifrovoe-preobrazovanie-sovremennoe-sostoyanie>
6. Основные типы АЦП [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ppt-online.org/643220>
7. А.с. 1484050 SU, МКИ G01 J 1/42. Способ измерения интенсивности света. (ДСП). Патент на винахід UA 14466 від 25.04.1997 (перереєстроване а. с. СРСР 1484050) / В.П. Кожемяко, Л.И. Тимченко, С.Н. Белан; заявл. 26.12.1986; опубл. 25.04.1997. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=35563&chapter=description>

8. Волков Б.И. Преобразователь «яркость излучения- код»: патент № 2419116 Россия, G02F7/00. Подача заявки: 2010-03-16; публикация патента 2419116: 20.05.2011. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2419116>
9. Проскурін М.П. Оптичні аналогово-цифрові перетворювачі прямої дії для цифрових систем /М.П. Проскурін. Т39 Тижень науки-2019. Факультет комп'ютерних наук і технологій. Тези доповідей НПК, 15-19 квітня 2019р.- Запоріжжя: ЗНТУ, 2019, с.10-13; ISBN 978-617-529-224-2.
10. Проскурін М.П. Інтегральний фотоприймальний пристрій: деклараційний патент 68540А Україна (UA): 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.
11. Проскурін М.П. Оптичний аналого-цифровий перетворювач «яскравість випромінювання - код» адаптивного типу з підвищеною точністю вимірювань, патент на корисну модель 139591 від 10.01.2020, Україна (UA): МПК G02F 7/00, заявка u201906987// М.П. Проскурін, заявл. 21.06.2019; опубл. 10.01.2020, Бюл. №.1 - 5с.
12. PCI express [Електронний ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI_Express
13. Проскурін М.П. Спосіб вимірювання інтенсивності світла з функцією адаптивності і підвищеною точністю, патент на корисну модель 142327 від 25.05.2020, Україна (UA): МПК G01J 1/42 (2006.01), G02F 7/00, заявка u201912340 // заявл. 28.12.2019; опубл. 25.05.2020, Бюл. №.10 - 6с.

LIST OF REFERENCES

1. Vstraivaemaya sistema (vstroennaya sistema) [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Vstraivaemaya_sistema](https://ru.wikipedia.org/wiki/Vstraivaemaya_sistema)
2. Internet veshchej [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Internet_ veshchej](https://ru.wikipedia.org/wiki/Internet_veshchej)
3. GPIO (Interfejs vvoda/vyvoda obshchego naznacheniya) [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <https://ru.wikipedia.org/wiki/GPIO>
4. Zibchuk V.I, Sigorskij V.P., Shkuro A.N. Spravochnik po cifrovoj skhemotekhnike. Kiev, «Tekhnika», 1990. 448s.
5. 5. Н.-К. Najtcert. Opticheskoe analogo-cifrovoe preobrazovanie: sovremennoe sostoyanie. Zh. Datchiki i sistemy (Izmereniya. Kontrol'. Avtomatizaciya) №1-2001, s. 42-47; [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://naukarus.com/opticheskoe-analogo-tsifrovoe-preobrazovanie-sovremennoe-sostoyanie>
6. Osnovnye tipy ACP [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <https://ppt-online.org/643220>
7. A.s. 1484050 SU, MKI G01 J 1/42. Sposob izmereniya intensivnosti sveta. (DSP). Patent na vinahid UA 14466 vid 25.04.1997 (perereestrovane a. s. SRSR 1484050) / V.P. Kozhemyako, L.I. Timchenko, S.N. Belan; zayavl. 26.12.1986; opubl. 25.04.1997. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=35563&chapter=description>
8. Volkov B.I. Preobrazovatel' «yarkost' izlucheniya- kod»: patent № 2419116 Rossiya, G02F7/00. Podacha zayavki: 2010-03-16; publikaciya patenta 2419116: 20.05.2011. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.freepatent.ru/patents/2419116>
9. Proskurin M.P. Optichni analogovo-cifrovi peretvoryuvachi pryamoї дії dlya cifrovih sistem /M.P. Proskurin. T39 Tizhden' nauki-2019. Fakul'tet komp'yuternih nauk i tekhnologij. Tezi dopovidej NPK, 15-19 kvitnya 2019r.- Zaporizhzhya: ZNTU, 2019., s.10-13; ISBN 978-617-529-224-2.
10. Proskurin M.P. Integral'nij fotoprijmal'nij pristirij: deklaracijnij patent 68540A Ukraїna (UA): MPK G02B 6/12 № 2003 30764962004 // Bilyavs'ka O.S., Kostenko V.L., Proskurin M.P.; zayavl. 11.07.2003; opubl.16.08.2004, Byul. №8. 3 s.
11. Proskurin M.P. Optichnij analogo-cifrovij peretvoryuvach «yaskravist' viprominyuvannya - kod» adaptivnogo tipu z pidvishchenoyu tochnistyu vimiryuvan', patent na korisnu model' 139591 vid 10.01.2020, Ukraїna (UA): MPK G02F 7/00, zayavka u201906987// M.P. Proskurin, zayavl. 21.06.2019; opubl. 10.01.2020, Byul. №.1 - 5s.
12. PCI express [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: https://ru.wikipedia.org/wiki/PCI_Express
13. Proskurin M.P. Sposib vimiryuvannya intensivnosti svitla z funkcieyu adaptivnosti i pidvishchenoyu tochnistyu, patent na korisnu model' 142327 vid 25.05.2020, Ukraїna (UA): MPK G01J 1/42 (2006.01), G02F 7/00, zayavka u201912340 // zayavl. 28.12.2019; opubl. 25.05.2020, Byul. №.10 - 6s.

**Проскурін Микола Петрович, к.т.н., доцент, доцент каф. комп'ютерних систем і мереж
Національного університету «Запорізька Політехніка», м. Запоріжжя, Україна.**