

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

О.Д. Азаров

**ОСНОВИ ТЕОРІЇ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО  
ПЕРЕТВОРЕННЯ НА ОСНОВІ НАДЛИШКОВИХ  
ПОЗИЦІЙНИХ СИСТЕМ ЧИСЛЕННЯ**

Монографія

УНІВЕРСУМ –Вінниця  
2004

УДК 681.325; 681.335  
А35

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор **В.О. Романов**  
доктор технічних наук, професор **О.М. Роїк**

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 5 від 25.12.2003р.)

**Азаров О.Д.**

**А35 Основи теорії аналого-цифрового перетворення на основі надлишкових позиційних систем числення. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2004. – 257 с.**

**ISBN**

У монографії розглянуто основи теорії порозрядного аналого-цифрового перетворення на основі надлишкових позиційних систем числення. Описано принцип комплексного вирішення проблеми підвищення як точності, так і швидкодії аналого-цифрових перетворювачів, побудованих на низькоточній елементній базі.

Книгу розраховано на науковців, аспірантів, студентів та фахівців, які займаються проектуванням і розробкою інформаційно-вимірвальних систем, систем цифрового реєстрування й оброблення аналогових сигналів.

УДК 681.325; 681.335

**ISBN**

© О.Д. Азаров, 2004

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП .....	6
1 ОГЛЯД СТАНУ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНІКИ СИСТЕМНОГО АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ.....	9
1.1 Функціонально-архітектурні рішення системних пе- ретворювачів інформації. Галузі застосування.....	9
1.2 Аналіз сучасних принципів підвищення точності та швидкодії аналого-цифрових перетворювачів високої роздільної здатності.....	16
1.3 Аналіз особливостей застосування надлишкових позиційних систем числення в перетворювачах інформації.....	28
2 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕОРІЇ ПОРОЗРЯДНОГО АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ НА ОСНОВІ НПСЧ.....	37
2.1 Способи підвищення точності АЦП, побудованих на неточній елементній базі.....	37
2.2 Методика дослідження статичних і динамічних по- хибок самокаліброваних АЦП шляхом імітаційного моделювання.....	54
2.3 Методика складання математичних моделей похибок установлення при прискореному аналого-цифровому перетворенні.....	64
3 ПРИСКОРЕНЕ ПОРОЗРЯДНЕ АНАЛОГО-ЦИФРОВЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ НА ОСНОВІ НПСЧ .....	84
3.1 Прискорене форсоване порозрядне врівноваження на основі НПСЧ $(1, \bar{1})$ і НПСЧ $(0, 1)$ .....	84
3.2 Математичні моделі похибок установлення при форсованій компенсації динамічних похибок I роду.....	99
3.3 Розробка математичної моделі похибки установлення при прискореному форсованому врівноваженні на осно- ві НПСЧ $(0,1)$ .....	113

4	ПРИСКОРЕНЕ ПОРОЗРЯДНЕ АНАЛОГО-ЦИФРОВЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЗА УМОВ ДІЇ ДОДАТКОВИХ ЧИННИКІВ .....	132
4.1	Похибки встановлення за умов багатократного прискореного порозрядного врівноваження. ....	132
4.2	Прискорене перетворення при коливальному встановленні компенсуючого сигналу. ....	145
4.3	Прискорене врівноваження за умови змінення рівня вхідного сигналу. ....	161
5	РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З ПРОЕКТУВАННЯ ВИСОКОТОЧНИХ ШВИДКОДЮЧИХ СИСТЕМ ЦИФРОВОЇ РЕЄСТРАЦІЇ Й ОБРОБКИ АНАЛОГОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ .....	184
5.1	Розробка методики ефективного вибору НПСЧ для підвищення точності і швидкодії АЦП системного застосування .....	184
5.2	Рекомендації щодо проектування систем цифрового реєстрування й оброблення аналогових сигналів. ....	198
5.3	Схемотехнічне проектування і розроблення аналогових вузлів самокаліброваних АЦП у вигляді інтегральних мікросхем .....	217
	ЛІТЕРАТУРА .....	236

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

А-Ц- перетворення – аналого-цифрове перетворення;  
АЦМП – аналого-цифровий мікропроцесор;  
АЦП – аналого-цифрові перетворювачі;  
БК – блок керування;  
ДСТ – державний стандарт;  
ІВС – інформаційно-вимірювальні системи;  
ІОС – інформаційно-обчислювальна система;  
НПСЧ – надлишкові позиційні системи числення;  
ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій;  
ПІ – перетворювач інформації;  
ПЗП – постійний запам'ятовуючий пристрій;  
ПК – пристрій керування;  
ПФІ – перетворювачі форми інформації;  
РПН – реєстр послідовного наближення;  
САЦП – системний аналого-цифровий перетворювач;  
СП – схема порівняння;  
СПІ – системні перетворювачі інформації;  
СЦАП – системний цифроаналоговий перетворювач;  
ЦАП – цифроаналогові перетворювачі;  
ЦОМ – цифрова обчислювальна машина;  
ЦОП – цифровий обчислювальний пристрій;  
ЦФ – цифровий фільтр;  
НСМ – накопичуючий суматор.

## ВСТУП

Аналого-цифрові перетворювачі сукупно з цифроаналоговими перетворювачами утворюють клас перетворювачів форми інформації, що широко застосовуються в різних сферах людської діяльності. Параметри і характеристики ПФІ (надалі буде вживатися термін "перетворювачі інформації" - ПІ) залежать від галузі використання і складності розв'язуваних задач. У теперішній час набуло поширення використання ПІ разом із ЦОП у складі різних систем. При цьому АЦП і ЦАП розглядаються як системні перетворювачі інформації, причому СПІ, у свою чергу, виконують роль аналого-цифрових підсистем [1], які залежно від призначення систем реалізують функції зв'язку з об'єктом, аналого-цифрових контролерів, аналого-цифрових інтерфейсів, аналого-цифрових спецпроцесорів, підсистем тестування, випробовування та регулювання параметрів і характеристик виробів, що виготовляються, збирання й оброблення вимірювальної інформації, аналізу і синтезу сигналів і т.п. Особливо серйозні вимоги висуваються до характеристик СПІ, що входять до складу інформаційно-вимірювальних систем. У першу чергу це точність і швидкодія. Удосконалення зазначених характеристик є центральним напрямком досліджень у галузі одержання, перетворення й оброблення аналогових сигналів.

Вирішенням проблем підвищення точності і швидкодії протягом тривалого часу плідно займалися наукові школи А.І. Кондалева [1-7], В.Б. Смолова [8-10], Є.І. Гітіса [11-13], П.П. Орнатського [14-18], Б.І. Швецького [19-21], О.П. Стахова [22-24], В.М. Шляндина [25-27], Ю.М. Туза [28], М.П. Цапенка [29-30] та інші. На жаль, багато оригінальних ідей учених України і країн колишнього СРСР так і не було впроваджено в практику внаслідок орієнтації політики колишнього керівництва міністерств і відомств СРСР, що відповідають за засоби електронізації, вимірювальну й обчислювальну техніку, на копіювання закордонних підходів і зразків, аж до копіювання інтегральних схем. Це обумовило серйозне відставання рівня техніки в цій галузі, зокрема, в Україні. Проте запропоновані ідеї ряду наукових колективів не тільки не втратили своєї актуальності в сучасних умовах, але й створюють передумови для проектування і розроблення ІВС і засобів

перетворення інформації, що за своїми параметрами і характеристикам не поступаються кращим закордонним зразкам. При цьому орієнтація на передову технологію дозволила б налагодити розроблення, виготовлення і впровадження таких виробів у народне господарство України.

Традиційно проблеми підвищення точності і швидкодії ПІ вирішувалися і частково вирішуються за рахунок застосування більш досконалої елементної бази. Проте за умов, коли можливості технології на певному етапі вичерпані, потрібні принципово інші підходи, що базуються, зокрема, на введенні надлишковості на різних рівнях проектування пристроїв і систем: функціонально-алгоритмічному, інформаційному і структурно-схемотехнічному.

Слід зазначити, що перший і третій напрямки вже досить тривалий період мають місце в теоретичних дослідженнях і практичних розробках ряду наукових шкіл і дали свої позитивні результати. Проте зазначені підходи в основному дозволяють вирішувати тільки одну з проблем: або підвищення точності, або – швидкодії. Так, наприклад, підвищення швидкості високоточного аналого-цифрового перетворення може здійснюватися структурно-схемотехнічним шляхом (паралельно-послідовні структури) або функціонально-алгоритмічним (багатокрокові інтегруючі АЦП). Підвищення ж точності, що досягається за допомогою даних підходів, орієнтованих на різні методи коригування статичних похибок, як правило, призводить до зниження швидкодії перетворювачів. У цьому зв'язку визначену нішу посідають дослідження, пов'язані з вирішенням проблем комплексного підвищення як точності, так і швидкодії шляхом уведення в проєктовані пристрої окремого виду надлишковості, а саме, у формі надлишкових позиційних систем числення (НПСЧ).

Застосування НПСЧ у техніку АЦП і ЦАП почалося в Україні з кінця 70-х років у науковій школі А.П. Стахова незалежно від аналогічних робіт, що розгорнулися водночас у США (фірма Intersil Inc.). На першому етапі (до середини 80-х років) в основному вирішувалася проблема підвищення точності. У результаті цього, зокрема, у практичному плані були створені високоточні багаторозрядні (14-17-розрядні) самокалібровані і самокориговані АЦП і ЦАП середньої

швидкодії (час перетворення 50-500 мкс, основна похибка – 0,006-0,02%). На другому етапі (із середини 80-х років) почала вирішуватися проблема комплексного підвищення точності і швидкості аналого-цифрового перетворення. Актуальність досліджень у цій галузі підтверджується позитивними практичними результатами. Водночас слід зазначити, що НПСЧ, що використовується в СПП, у загальному випадку варто розглядати як внутрішню (робочу) стосовно основної (двійкової) системи числення, в якій функціонують цифрові обчислювальні пристрої, що входять до структури різноманітних ІВС.

Метою монографії є викладення основ теорії високоточного, прискореного порозрядного аналого-цифрового перетворення на основі надлишкових позиційних систем числення, рекомендацій з розробки самокаліброваних швидкодіючих АЦП, побудованих на низькоточній елементній базі, проектування високоточних швидкодіючих систем цифрового реєстрування та оброблення аналогових сигналів.

Автор буде вдячний за відгуки на монографію, а також за побажання щодо розвитку подальших досліджень.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Преобразователи формы информации компьютерного типа / Кондалев А. И.– Киев, 1990.– 46с. (Препр. /АН Украины; 90-91).
2. Кондалев А. И. Преобразователи формы информации.– К.: Наукова думка, 1965. – 246с.
3. Кондалев А. И. Системные преобразователи формы информации.– К.: Наукова думка, 1974. – 336с.: ил.
4. Вопросы проектирования преобразователей формы информации /Под. ред. А. И. Кондалева.– К.: Наукова думка, 1977. – 242с.
5. Преобразователи формы информации для малых ЭВМ / Кондалев А. И., Багацкий В. А., Романов В. А., Фабричев В. А. – К.: – Наукова думка, 1982.– 312с.
6. Высокопроизводительные преобразователи формы информации / А. И. Кондалев, В. А. Багацкий, В. А. Романов, В. А. Фабричев.– К.: Наукова думка, 1987.– 280с.
7. Преобразователи формы информации с обработкой данных / В. А. Багацкий, Ю. М. Грешищев, И. В. Самус, В. А. Фабричев / Под ред. А. И. Кондалева.– К.: Наукова думка, 1992.– 264с.
8. Смоллов В. Б. Вычислительные преобразователи с цифровыми управляемыми сопротивлениями. – М.: Госэнергоиздат, 1961.– 135с.
9. Полупроводниковые кодирующие и декодирующие преобразователи / Под ред. В. Б. Смолова и Е. А. Смирнова. – Л.: Энергия, 1967. – 312с.: ил.
10. Микроэлектронные цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи информации / Под ред. В. Б. Смолова.– Л.: Энергия, 1975. – 336с.: ил.
11. Гитис Э. И. Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств.– М.: Энергия, 1970.
12. Гитис Э. И. Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств. Изд. 3-е, перераб. М: Энергия, 1975. – 448с.: ил.
13. Гитис Э. И., Пискулов Е. А. Аналого-цифровые преобразователи: Учеб. пособие для вузов.– М.: Энергоатомиздат, 1981.–

360с.: ил.

14. Орнатский Е. П. Автоматические измерения и приборы.– К.: Вища школа, 1973.

15. Орнатский Е. П. Теоретические основы информационно-измерительной техники. – К.: Вища школа, 1976.

16. Орнатский Е. П. Автоматические измерения и приборы. 4-е изд. перераб. и доп.– К.: Вища школа, 1980. – 560с.

17. Орнатский Е. П. Теоретические основы информационно-измерительной техники.– 2-е изд., перераб. и доп.– К.: Вища школа, 1983.– 455с.

18. Орнатский Е. П. Автоматические измерения и приборы.– 5-е изд. перераб. и доп.– К.: Вища школа, 1986.– 504с.

19. Швецкий Б. И. Электронные цифровые приборы.– К.: Техника, 1981.– 247с.: ил.

20. Швецкий Б. И. Электронные цифровые приборы.– 2-е изд., перераб. и доп.– К.: Техника, 1991– 191с.

21. Швецкий Б. И. Электронные измерительные приборы с цифровым отсчетом.– К.: Техника, 1970.– 268с.

22. Стахов А. П. Введение в алгоритмическую теорию измерения.– М.: Сов. радио, 1977. – 288с.

23. Стахов А. П. Алгоритмическая теория измерения.– М.: Знание, 1979. – 64с.

24. Стахов А. П. Коды золотой пропорции.– М.: Радио и связь, 1984.– 152с.: ил.

25. Шляндин В. М. и др. Цифровые электроизмерительные приборы.– М.: Энергия, 1972.

26. Шляндин В. М. Цифровые измерительные преобразователи и приборы. – М.: Высшая школа, 1973, 280с.: ил.

27. Шляндин В. М. Цифровые измерительные устройства: Учебник для вузов.– 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Высшая школа, 1981.– 335с.: ил.

28. Туз Ю. М. Структурные методы повышения точности измерительных устройств.– К.: Высшая школа, 1976. – 256с.

29. Цапенко М. Е. Измерительные информационные системы.: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергия, 1974. – 320с.

30. Цапенко М. П. Измерительные информационные системы.: Учеб. пособие для вузов.– 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Энергоатомиздат, 1985. – 440с.: ил.
31. Государственный комитет СССР по стандартам. Метрологическое обеспечение информационно-измерительных систем. – М.: Изд-во стандартов, 1984.
32. Брагин А. А., Семенюк А. Л. Основы метрологического обеспечения аналого-цифровых преобразователей электрических сигналов. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 164 с.: ил.
33. Нормирование и использование метрологических характеристик средств измерений: Нормативно-технические документы.– М.: Изд-во стандартов, 1985. – 152с.
34. Хьфтор М. Е., Таднсенд М. Однокристалльный микрокомпьютер для обработки сигналов в реальном времени // Электроника, 1979. – Т. 52, N5. – С. 23-30.
35. Романов В. А.. Аналого-цифровые микропроцессоры в информационно-вычислительных и управляющих системах.– Киев: Знание, 1984.– 16с.
36. Analog Devices. Woldwide headqurters. – USA, Norwood, 1993.– 160p.
37. Верни У. Автоматическая система контроля аналоговых преобразователей // Электроника. 1981.– N19. – С. 57-63.
38. Ризенман М. Проблемы и перспективы развития производства АЦП с высокой разрешающей способностью // Электроника. – 1988. – N1.
39. Swager A. V. High-resolution A/D converters // EDN, 1989.– d.34, N15.
40. Jeffrey Child. High-resolution ADCs gain speed and onchip functions // XComputer Design, 1990.– N1.
41. Гудинаф Ф. Новые области применения аналого-цифровых преобразователей с высоким разрешением // Электроника.– 1991,– N7.
42. Азаров А. Д. Исследование принципов построения и разработка преобразователей информации на основе кодов с иррациональными основаниями: Автореф. дис... канд. техн. наук.– Харьков, 1980,– 24с.

43. Моисеев В. И. Разработка и исследование высокоточных АЦП и ЦАП на основе избыточных измерительных кодов: Автореф. дис... канд. техн. наук.– Киев, 1984.– 23 с.

44. Стейскал В. Я. Быстродействующие самокорректирующиеся аналого-цифровые преобразователи для высококачественной цифровой магнитной записи: Автореф. дис... канд. техн. наук.– Киев, 1987.– 24с.

45. Микроэлектронные цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи информации / Под ред. В. Б. Смолова. – Л.: Энергия, 1976.– 336 с.: ил.

46. Грушвицкий Р. И. и др. Аналого-цифровые периферийные устройства микропроцессорных систем.– Л.: Энергоатомиздат, 1989.– 160 с.: ил.

47. Гельман М. М. Системные аналого-цифровые преобразователи и процессоры сигналов.- М: Мир, 1999.- 559 с.: ил.

48. Гельман М. М. Аналого-цифровые преобразователи для информационно-измерительных систем.- М.: Изд-во стандартов, 1989.- 320 с.

49. ГОСТ 24736-81. Преобразователи интегральные цифроаналоговые и аналого-цифровые.

50. Бахтиаров Г. Д., Малинин В. В., Школин В. П. Аналого-цифровые преобразователи. – М.: Сов. радио, 1980. - 280 с.

51. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC: Пер. с англ. / Под ред. У. Томпкинса, Дж. Уэбстера. – М.: Мир, 1992. – 592 с.: ил.

52. Гудинаф Ф. 500-МГц ЦАП с разрешением 12 бит, формирующий 100 – МГц аналоговые сигналы // Электроника. – 1992. - № 11-12. – С. 76-80.

53. Коломбет Е. В. Микроэлектронные средства обработки аналоговых сигналов. – М.: Радио и связь, 1991. – 376 с.

54. Каппелини К. и др. Цифровые фильтры и их применение.– М.: Энергоатомиздат, 1983.– 360 с.: ил.

55. Стахов А. П., Азаров А. Д., Марценюк В. П., Моисеев В. И. Параметры и схемотехника высокопроизводительных АЦП и ЦАП // Зарубежная радиоэлектроника. – 1984. – N2. – С. 79-91.

56. Алиев Т. М., Сейдель Т. Р. Автоматическая коррекция погрешностей цифровых измерительных приборов. – М.: Энергия, 1975.– 216 с.

57. Дворецкий И. М., Дриацкий Е. Е. Цифровая передача сигналов звукового вещания.– М.: Радио и связь, 1987.– 192 с.: ил.

58. Капиев Р. Э. Измерительно-вычислительные комплексы.– Л.: Энергоатомиздат, 1988.– 176 с.: ил.

59. Гельман М. М., Шаповал Г. Г. Автоматическая коррекция систематических составляющих погрешности в преобразователях напряжение-код. – Перераб. и доп.– К.: Техника, 1991.– 191с.: ил.

60. Бех А. Д., Чернецкий В. В. Периферийные измерительные устройства / АН УССР. Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова.– К.: Наукова думка, 1991.– 224 с.

61. Введение в кибернетическую технику: Обработка физической информации / Под ред. Б. Е. Малиновского.– К.: Наукова думка, 1979.– 256 с.

62. Власенко В. А., Школин О. И. Микропроцессорные системы неразрушающего контроля качества изделий электронной техники.– К.: Техника, 1990.– 144 с.

63. Гельман М. М. Аналого-цифровые преобразователи для информационно-измерительных систем.– М.: Из-во стандартов, 1989.– 320 с.

64. Кондалев А.И. , Ключан П. С., Лаврентьев В. Н. и др. Преобразователи формы информации для контрольно-измерительных систем и вычислительных комплексов / Проблемы создания преобразователей формы информации. – К.: Наукова думка, 1980. – Т.2. – С. 12-20.

65. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: В 2-х томах. Пер. с франц.– М.: Мир, 1983. – Т.1, Т. 2.

66. Проблемно-ориентированные комплексы на основе персональных ЭВМ и средств их профессиональной ориентации для автоматизации экспериментальных исследований / Палагин А. В., Яковлев Ю. С., Новиков Б.В., Гуменюк-Сычевский В. И., Горин Ф. Е.– Киев, 1989. – 77с. ( Препр. / АН УССР. Ин-т кибернетики имени

В. М, Глушкова).

67. Цветков Э. И. Процессорные измерительные средства.– Л.: Энергоатомиздат, 1989.– 224с.

68. Циделко В. О., Яремчук Е. А. Метрологическое обеспечение систем.– Киев: УМК ВО, 1988.– 100 с.

69. Doebelin E. O. 1983. Measurement systems: application and design, 3rd ed. – New York: McGraw-Hill.

70. Современное состояние и тенденции развития электроразведочной аппаратуры // Приборы, средства автоматизации и системы управления: Электроизмерительные приборы, геофизические и гидрометеорологические приборы.– Е: ЦНИИ ТЭН приборостроения. – 1983.– С. 12-37.

71. Быстров В. П. и др. Многоканальная измерительная система для акустического зондирования океана // Приборы и техника эксперимента.– 1985.– №5. – С. 151-155.

72. Fielder L. D. Pre-and postemphasis techniques as applied to audio recording systems / 1. Audio Eng. Soc.– 1985.– Vol. 33. – №9. – P. 649-657.

73. Помпков М. К. Системы регистрации и обработки данных сейсморазведки.– М.: Недра, 1984.– 381 с.

74. Осокин Ю. В. и др. Параметры, области применения и перспективы развития полупроводниковых преобразователей // Микроэлектронные и полупроводниковые приборы.– М.: Радио и связь, 1983.– 272 с.

75. Глухов А. А., Зорин И. Ф., Никонов А. В. Измерение и контроль в трактах звукового вещания.– М.: Радио и связь. 1984.– 304 с.

76. Кавалеров Г. И. Измерительно-вычислительные комплексы // Приборы и системы управления.– 1977.– №11.

77. Арутюнов П. А. Теория и применение алгоритмических измерений.– М.: Энергоатомиздат, 1990.– 256 с.: ил.

78. Новопашенный Г. Н. Информационно-измерительные системы. М.: Высшая школа, 1977.

79. Страхов А. Ф. Автоматизированные измерительные комплексы. М.: Энергоатомиздат, 1982.

80. Нормирование и определение динамических характеристик

аналого-цифровых преобразователей мгновенного электрического напряжения и тока: Методические указания РД 50-148-79. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 16 с.

81. ГОСТ 8.009-72. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.

82. Методика поверки цифровых вольтметров, аналого-цифровых преобразователей напряжения и комбинированных (универсальных) цифровых приборов постоянного и переменного тока МИ 118-77.– К.: Изд-во стандартов, 1978. – 16 с.

83. Федорков Б. Г., Телец В. А. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение.– М.: Энергоатомиздат, 1990.– 320 с.: ил.

84. Brubaker I., Boyacigiller Z., Bradshaw P. 14-bit DAC mates with mPS, settles in less than 1  $\mu$ s / *Electronic Design*. – April 16, 1981. – P. 147-151.

85. Watson D. 16-bit monolithic DAC attains modular performance / *Electronic Design*. – November 11, 1982. – P. 121-130.

86. A 250 KS/S 13-bit pipelined A/D converter / Sutarja Sehat, Gray Paul R. // *IEEE Int. Solid State Circuits Conf.*– 1988. – Febr.

87. Boyacigiller Z., Sockolov S. Increase analog system accuracy with a 14-bit monolithic ADC // *EDN*. – 1982. – August. – N18. – P. 137-144.

88. Коул Б. Первый 12-бит параллельный аналого-цифровой преобразователь компании Cristal Semiconductor // *Электроника*. – 1987.– N25/26.

89. Goodenough F. New high-speed high-resolution ADCs // *Electronic Design*. – 1990.– Vol. 38.– N17.

90. Гудинаф Ф. Интегральные 12-разрядные АЦП с частотой выборки от 5 до 20 МГц // *Электроника*.– 1992.– N3/4.

91. А. с. 750751 СССР, МКИ Н 03 К 13/02. Аналого-цифровой преобразователь /А. П. Стахов, А. Д. Азаров, М. Е. Бородянский и др. (СССР).– 4 с.: ил.

92. А. с. 928632 СССР, МКИ Н 03 К 13/02. Аналого-цифровой преобразователь /А. П. Стахов, А. Д. Азаров, Ю. А. Петросюк и др. (СССР). – 5 с.: ил.

93. А. с. 947956 СССР, МКИ Н 03 К 13/02. Аналого-цифровой преобразователь / А.П. Стахов, А.Д. Азаров, В.А. Лужецкий (СССР).– 4 с.: ил.

94. Азаров А. Д., Бородянский М. Е., Оношко В. П. АЦП с циклическим уточнением результата // Приборы и техника эксперимента.– 1977. – N 2. – 2 с.

95. Алипов Е. В. Помехоустойчивые алгоритмы функционирования преобразователей формы информации // Проблемы создания преобразователей формы информации: Сб. тез. док. V Всесоюзного симпозиума.– К.: Наукова думка. – 1984.– Т. 1. – С. 107-109.

96. Алипов Е. В. Алгоритмы функционирования параллельно-последовательных преобразователей формы информации, корректирующих динамические ошибки // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики : Сб. трудов.– Харьков: Высшая школа.– 1985. – С. 57-64.

97. Алипов Е. В. Об одном классе корректирующих алгоритмов аналого-цифрового преобразования // Радиотехника: Сб. трудов.– Харьков: Высшая школа.– 1985. – С. 120-125.

98. Алипов Е. В. Разработка теории методов решения задач помехоустойчивого поиска и преобразования информации: Автореф. дис... д-ра техн. наук.– Харьков, 1986.– 54 с.

99. Devis H., Fine R., Regimbal D. Merging Data Converters and DSPs for Mixed- Signal Procesors // IEEE Int. Symp. Cironits and Syst.– 1990.– October.

100. Goodenough F. Serial-Output Ic ADCs Span DC to Audio Range // Electronic Design.– 1989.– Vol. 27.

101. Hurst P., Levinson R. Delta-sigma A/D s with rednsed sensitivity to op AMP noise and gain // IEEE Int. Symp. Circuits and Syst.– 1989.– Vol. 1.

102. Гудинаф Ф. 20-разрядные дельта-сигма АЦП для измерительной аппаратуры // Электроника.– 1991. – N8.– С. 41-45.

103. А. с. 1179533 СССР, Н 03 М 1/26. Аналого-цифровой преобразователь / А.П. Стахов, А.Д. Азаров, В.И. Моисеев и др. (СССР).– 4 с.: ил.

104. А. с. 1223368 СССР, Н 03 М 1/26. Аналого-цифровой пре-



образователь / А.П. Стахов, А.Д. Азаров, В.Я. Стейскал и др. (СССР).– 8 с.: ил.

105. А. с. 1226664 СССР, Н 03 М 1/26. Аналого-цифровой преобразователь / А.П. Стахов, А.Д. Азаров, В.Я. Стейскал и др. (СССР).– 9 с.: ил.

106. А. с. 1288913 СССР, Н 03 М 1/26. Аналого-цифровой преобразователь / А.П. Стахов, А.Д. Азаров, В.П. Марценюк и др. (СССР). – 4 с.

107. А. с. 1288914 СССР, Н OS М 1/26. Устройство аналого-цифрового преобразования / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В.И. Моисеев и др. (СССР).– 12 с.

108. А. с. 1304172 СССР, Н 03 М 1/26. Способ аналого-цифрового преобразования / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал и др. (СССР).– 3 с.

109. А. с. 1474824 СССР, Н 03 М. Устройство для аналого-цифрового и цифроаналогового преобразования / А. Д. Азаров, В.П. Марценюк, В. И. Моисеев и др. (СССР).– 14 с.

110. А. с. 1513619 СССР, Н 03 М 1/26. Аналого-цифровой преобразователь / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. И. Моисеев и др. (СССР).– 7 с.

111. А. с. 1591182 СССР, Н 03 М 1/26. Аналого-цифровой преобразователь / Л. В. Крупельницкий, В. Я, Стейскал, А. Д. Азаров и др. (СССР).– 6 с.

112. Патент 2500Э71 Франция, МКИ Н 03 К. Аналого-цифровой преобразователь / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. А. Лужецкий (СССР).– 16 с.

113. Патент N2091507 Англия, МКИ Н 03 К. Аналого-цифровой преобразователь / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. А. Лужецкий (СССР). – 18 с.: ил.

114. А. с. 783979 СССР, Н 03 К 13/02. Аналого-цифровой преобразователь / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. А. Лужецкий и др. (СССР). – 5 с.: ил.

115. А. с. 911720 СССР, Н 03 К 13/02. Аналого-цифровой преобразователь / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, Ю. А. Петросюк и др. (СССР)– 3 с.

116. А. с. 1046926 СССР, Н 03 К 13/02. Аналого-цифровой преобразователь / А.П. Стахов, А. Д. Азаров, В. И. Моисеев и др. (СССР). – 5 с.: ил.

117. А. с. 788372 СССР, Н 03 К 13/02. Аналого-цифровой преобразователь / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. И. Моисеев (СССР). – 3 с.

118. А. с. 790285 СССР, Н 03 К 13/02. Аналого-цифровой преобразователь /А. П. Стахов, А. Д. Азаров, Ю. Е Ужвак и др. (СССР).– 4с.

119. А. с. 1027815 СССР, Н 03 К 13/17. Аналого-цифровой преобразователь /А. П. Стахов, В. И. Моисеев, А. Д. Азаров и др. (СССР).– 5 с.

120. А. с. 1197078 СССР, К 03 М 1/26. Аналого-цифровой преобразователь /А. П. Стахов, В. И. Моисеев, А. Д. Азаров и др. (СССР).– 10 с.

121. А. с. 1216827 СССР, Н 03 М 1/26. Аналого-цифровой преобразователь / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. И. Моисеев и др. (СССР).– 8 с.

122. А. с. 1221750 СССР, Н 03 М 1/26. Аналого-цифровой преобразователь / А. П. Стахов, В. И. Моисеев, А. Д. Азаров и др. (СССР). – 3 с.

123. А. с. 1381706 СССР, Н 03 М 1/42. Конвейерный аналого-цифровой преобразователь /А. П. Стахов, С. М. Арапов, А. Д. Азаров и др. (СССР). – 5 с.

124. А. с. 1495993 СССР, Н 03 М 1/26. Аналого-цифровой преобразователь / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. И. Моисеев и др. (СССР). – 7 с.

125. А. с. 1279064 СССР, Н 03 М 1/26. Аналого-цифровой преобразователь / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал др. (СССР).– 8 с.

126. Азаров А. Д. К вопросу об оценке надежности преобразователей информации на основе кодов с иррациональными основаниями // Методы построения алгоритмических моделей сложных систем. Выпуск 4. – Таганрог: ТРТИ. – 1979. – С. 146-149.

127. Азаров А. Д., Крютченко Е. В. , Моисеев В. И. Преобразователи информации в кодах с иррациональными основаниями.– Серпухов, 1979. – 13 с. (Препринт: ОЭА 17-184 / Ин-т физики высоких

енергий).

128. Стахов А. П., Азаров А. Д., Рубин А. Г. О возможности создания надежных преобразователей информации на основе кодов с иррациональными основаниями // Управляющие системы и машины. – 1980. – С. 49-53.

129. Патент 2428031 Франция, МКИ Н 03 К. Преобразователь р-кодов в аналоговую величину / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. И. Моисеев и др. (СССР). – 16 с.

130. Патент 11658889 Канада, МКИ Н 03 К. Преобразователь р-кодов в аналоговую величину / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. И. Моисеев и др. (СССР). – 16 с.

131. Патент 2090490 Англия, МКИ Н 03 К. Преобразователь р-кодов в аналоговую величину / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. И. Моисеев и др. (СССР). – 16 с.

132. А. с. № 758510 СССР, Н 03 К 13/02. Аналого-цифровой преобразователь / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. А. Лужецкий (СССР). – 4 с.: ил.

133. А. с. № 947955 СССР, Н 03 К 13/02. Цифро-аналоговый преобразователь / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. И. Моисеев (СССР). – 4 с. ил.

134. А. с. 864548 СССР, Н 03 К 13/02. Цифро-аналоговый преобразователь / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. И. Моисеев и др. (СССР). – 4 с.

135. Азаров О.Д., Захарченко С.М., Кравцов М.О. Підвищення точності та швидкодії аналого-цифрових перетворювачів методами інформаційної надлишковості // Між. наук.-техн. журнал: Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький. – 1998. – №2. – С. 78-83.

136. Азаров О.Д., Скрипник О.С., Шапошников О.В. Розробка самокаліброваної системи цифрової реєстрації аналогової інформації // Між. наук.-техн. журнал: Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький. – 1999. – №2. – С. 73-78.

137. Азаров О.Д., Біліченко Н.О., Захарченко С.М. Самокалібрування надлишкових АЦП з перерозподілом заряду // Реєстрація, зберігання і обробка даних // Наук.-техн. журнал НАНУ ІПРІ. – 1999.

– Т. 2. – № 1. – С. 67-74.

138. Азаров О.Д., Шапошников О.В. Дослідження високопродуктивного аналого-цифрового перетворення на основі НПСЧ // Вісник ВПІ. - 2000. – № 4. – С. 76-80.

139. Азаров О.Д., Снігур А. В. Самокалібровані аналого-цифрові перетворювачі на основі надлишкових позиційних систем числення // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Збірник наукових праць. – Хмельницький: ТУП, 2002. – Том 2.

–  
С. 18-20.

140. Азаров О.Д., Войтун О.Г. Системи цифрового оброблення аналогових сигналів на базі самокаліброваних АЦП // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Збірник наукових праць. – Хмельницький: ТУП. – 2002. – Том 2. – С. 21-23.

141. Азаров О.Д., Захарченко С.М., Архипчук О.А. Метод самокалібрування похибок порозрядних АЦП з ваговою надлишковістю // Вісник ВПІ. – 2002. – № 6. – С. 5-8.

142. Мулявка Я. Схемы на операционных усилителях с переключаемыми конденсаторами: Пер. с польск.– М.: Мир, 1992.

143. Goodenough F. 'Dual 18-bit ADC chip grabs 20-kHz audio // Electronic Design.– 1989.– Vol. 14.

144. Naylor J., Metzger J. Zwei 18-bit-AD-Umsetzer auf einem chip // Electronic Industrie.– 1989.– N9.

145. Mosley LD. Self-calibrating 16-bit A/D converter quarantees no missing codes to 50 kHz // EDN.– 1987.– Vol. 32. – N2.

146. А. с. 1277396 СССР, Н 03 М 1/26. / А. Д. Азаров, А. П. Стахов, В. П. Волков (СССР).– 9 с.

147. А. с. 1197079 СССР, Н 03 М 1/26. / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. П. Волков и др. (СССР).– 14 с.

148. Азаров О.Д., Захарченко С.М., Біліченко Н.О. Нові методи цифрового самокалібрування для АЦП з перерозподілом заряду // 35 праць міжнародної науково-технічної конференції “Приборостроение - 2000”. – Вінниця–Симеїз. – 2000. – С. 233 - 237.

149. Азаров О.Д., Шапошников О.В. Підвищення точності швидкодіючих АЦП конвеєрного типу методом інформаційної

надлишковості // Вісник ВПШ. – 2001. – № 5. – С. 68 - 73.

150. Азаров О.Д., Ракитянська Г.Б. Оптимізація надлишкових АЦП порозрядного врівноваження за реалізаційно-часовими витратами // Матеріали 1У міжн. наук.- техн. конф.: Контроль і управління в технічних системах. – П.- Вінниця: Універсум–Вінниця, 1997.

151. Захарченко С.М. Розробка і дослідження конденсаторних АЦП на основі надлишкових позиційних систем числення: Автореф. дис. канд. техн. наук / Вінницький державний технічний університет. – Вінниця, 1997.

152. Біліченко Н.О. Високоточні аналого-цифрові перетворювачі з перерозподілом заряду на основі інформаційної надлишковості: Автореф. дис. канд. техн. наук / Вінницький державний технічний університет. – Вінниця, 2001. – 19 с.

153. Пешков А. П., Твердохлеб А. И. Использование избыточного кодирования для компенсации динамической погрешности аналого-цифрового преобразователя // Автоматика и вычислительная техника: Респ. сб. – Вып. 13. – Минск: Высшая школа. – 1983. – С. 99-102.

154. Погосов А. Ю., Полонников Д. Е. Методы повышения быстродействия прецизионных интегральных АЦП поразрядного уравнивания // Микроэлектроника. – Т. 15. – Вып. 5. – 1986. – С. 431-433.

155. Федорков Б. Г., Рябов Е. А., Сотский Д. В. и др. Повышение быстродействия БИС аналого-цифровых преобразователей последовательного приближения // Методы и микроэлектронные средства цифрового преобразования и обработки сигналов: Тез. докл. науч. техн. конф. – Т. I. – Рига: ИЭВТ АН Латв. ССР. – 1983. – С. 70-73.

156. Бохонко Б. А. Быстродействующий микроэлектронный аналого-цифровой преобразователь с цифровой коррекцией динамической погрешности // Методы и микроэлектронные средства цифрового преобразования и обработки сигналов: Тез. докл. науч. техн. конф. – Т. I. – Рига: ИЭВТ АН Латв. ССР. – 1983. – С. 30-33.

157. Стахов А. П. Избыточные двоичные позиционные системы счисления // Однородные цифровые вычислительные и интегрирующие структуры. – Таганрог. – 1974. – Вып. 2. – С. 5-41.

158. Стахов А. П. Использование естественной избыточности “Фибоначчиевых” систем счисления для контроля вычислительных систем // Автоматика и вычислительная техника. – 1975. – №6. – С. 80-87.

159. Стахов А. П. Фибоначчиевы двоичные позиционные системы счисления // Кодирование и передача дискретных сообщений в системах связи. – М.: Наука, 1976. – С. 155-179.

160. Bergman G. A. Number system with an irrational base // Mathematics Magazine. – 1957. – N3. – P. 98– 119.

161. Стахов А. П. Перспективы применения систем счисления с иррациональными основаниями в технике аналого-цифрового и цифроаналогового преобразования // Измерения, контроль, автоматизация: Научн.- техн. сб. ЦНИИТЭН приборостроения. – М. – 1981. – Вып. 6/40. – С. 3-40.

162. Азаров А. Д. Выбор оптимального основания избыточного кода для высокопроизводительных АЦП // V Всесоюз. симпозиум: Проблемы создания преобразователей формы информации: Тез. докл. – К., 1984. – С. 56-58.

163. Стахов А. П, Азаров А. Д. Перспективы создания высокопроизводительных АЦП и ЦАП на основе избыточных измерительных кодов // V Всесоюзн. симпозиум: Проблемы создания преобразователей формы информации: Тез. докл. – К. – 1984. – С. 54-56.

164. Марценюк В. П., Азаров А. Д. Некоторые свойства модифицированных позиционных кодов и особенности их использования в технике АЦ и ЦА-преобразования // Межвуз. сб. научн. тр.: Автоматизация измерений. – Рязанск. радио-техн. ин-т. – 1982. – С. 46-52.

165. Азаров А. Д. Эффективность применения избыточных измерительных кодов в высокопроизводительных преобразователях информации IV поколения // Сб. ст.: Новые методы и средства вычислительной техники. – Тбилиси.: Сабчота – Сакартвело. – 1985. – С. 48-54.

166. Марценюк В. П., Азаров А. Д., Коваль О. В. Метод снижения динамической погрешности АЦП // Межвуз. сб. научн. тр.: Обработка сложных сигналов на базе устройств функциональной электроники и цифровой техники. – Рязанск. радиотехн. ин-т. – 1985. – С. 33-

37.

167. Азаров А. Д. Интеллектуальные преобразователи формы информации на основе избыточных систем счисления // Матер. все-союзн. конф.: Функциональная оптоэлектроника в вычислительной технике и устройствах управления. – Грузинский политехн. ин-т. – 1986. – С. 279-283.

168. Стахов А. П., Азаров А. Д., Моисеев В. И. и др. Аналого-цифровые преобразователи на основе избыточных систем счисления // Помехоустойчивые коды.– М.: Знание. – 1989. – С. 40-48.

169. Азаров А. Д. Разработка отказоустойчивых быстродействующих АЦП на основе избыточных позиционных систем счисления // Респ. конф.: Вопросы проектирования и практического использования ПФИ в управляющих и вычислительных комплексах: Тез. докл.– Одесса. – 1990. – С. 140-142.

170. Карцев М. А. Арифметика цифровых машин. – М.: Наука, 1969.

171. Стахов А. П. Принципы асимметрии логики измерения / “Проблемы передачи информации”, 1976. – Т. XII. – Вып. 3.

172. Савельев А. Я. Арифметические и логические основы цифровых автоматов: Учебник.– М.: Высш. школа, 1980.– 225 с.: ил.

173. Савельев А. Я. Прикладная теория цифровых автоматов: Учеб. для вузов по спец. ЭВМ.– М.: Высш. шк. – 1987.– 272 с.: ил.

174. Азаров О.Д. Розробка теорії аналого-цифрового перетворення на основі надлишкових позиційних систем числення: Автореф. дис... д-ра техн. наук / Вінницький державний технічний університет. – Вінниця, 1995, 48 с.

175. Стахов А. П., Азаров А. Д., Моисеев В. И. и др. Высокоточный самокорректирующийся аналого-цифровой преобразователь на основе кодов с иррациональными основаниями. – К., 1982. – 35 с. (Препр. / АН УССР. Ин-т кибернетики.

176. Стахов А. П., Азаров А. Д., Моисеев В. И. и др. Избыточные измерительные коды и их использование для построения АЦП и ЦАП // Всесоюз. конф. “ИИС-81”: Тез. докл.– Львов. – 1982. – С. 88-93.

177. Азаров А. Д., Моисеев В. И., Марценюк В. П. Методы кон-

троля преобразователей формы информации на основе избыточных измерительных кодов // Межвуз. сб. научн. тр.: Автоматизация обработки первичных данных – Пенз. политехн. ин-т. – 1984. – С. 107-108.

178. Азаров А. Д. Высокопроизводительные стабильные преобразователи формы информации на основе избыточных измерительных кодов // VII Всесоюзн. конф. “ИИС-85”: Тез. докл.– Винница. – 1985. – С. 193-194.

179. Азаров А. Д., Марценюк В. П., Стейскал В. Я. и др. Применение оптоэлектронных элементов в АЦП на основе избыточных кодов Фибоначчи // Матер. II Всесоюзн. научн.-техн. конф. по функциональной оптоэлектронике. – Винница–Тбилиси. – 1987. – С. 382-386.

180. Азаров А. Д., Стейскал В. Я., Коваленко Е. А. Высоколинейный АЦП для цифровой звукозаписи // XII Всесоюзн. конф.: Перспективы развития техники радиовещательного приема, радиовещания, звукоусиления и акустики. – Ленинград. – 1988. – С. 134.

181. Высокопроизводительные преобразователи информации на основе избыточных систем счисления: Учеб. пособие / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. П. Марценюк и др. – К.: УМК ВО, 1988. – 180 с.

182. Анисимов Б. В., Четвериков В. Н. Основы теории и проектирования цифровых вычислительных машин. – М.: Машиностроение, 1965.– 486 с.: ил.

183. Азаров А.Д. Избыточные позиционные системы счисления в технике преобразования информации /В кн.: Избыточные системы счисления, моделирование, обработка данных и системное проектирование в технике преобразования информации: Уч. пособие для вузов. –Киев, 1990.

184. Азаров О.Д., Ракитянська Г.Б. Моделювання та оптимізація надлишкових АЦП порозрядного врівноваження (алгоритмічна швидкодія та алгоритмічна надійність): Навчальний посібник / Під загальною редакцією д.т.н., проф. О.Д. Азарова. – Вінниця: ВДТУ, 2001. – 120 с.

185. Азаров О.Д., Захарченко С.М. Аналіз статичних похибок АЦП із врівноваженням зарядів // Вісник ВПІ. – 1995.– № 2. – С. 5 – 12.

186. Азаров А. Д. О возможности повышения линейности АЦП



и ЦАП на основе кодов с иррациональными основаниями // IV Всесоюзн. симпозиум: Проблемы создания преобразователей формы информации: Тез. докл. – К. – 1980. – С. 7-10.

187. Захарченко С.М., Архипчук О.А. Зменшення методичної похибки самокалібрування АЦП на основі надлишкових позиційних систем числення // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Збірник наукових праць. – Хмельницький: ТУП. – 2002. – Том 2. – С. 24-28.

188. Азаров О. Д. Біліченко Н.О., Захарченко С.М. Дослідження похибок самокалібрування АЦП на основі надлишкових позиційних систем числення // Вісник ВПІ. – 2000. – №1. – С. 59-64.

189. Муттер В. М. Аналого-цифровые следящие системы. – Л.: Энергия, 1974. – 184 с.: ил.

190. Островерхов В. В. Динамические погрешности аналого-цифровых преобразователей. – Л.: Энергия, 1975. – 176 с.: ил.

191. Разевиг В.Д. Применение программы P-CAD и PSpice для схемотехнического моделирования на ПЭВМ. В 4 выпусках. Вып. 4. Моделирование цифровых и смешанных устройств. – М.: Радио и связь, 1992. – 71 с.: ил.

192. Гребен А. Б. Проектирование аналоговых интегральных схем: Пер. с англ. – М.: Энергия, 1976.– 256 с.: ил.

193. Шило В. Л. Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре.– 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Сов. радио, 1979.– 368 с.: ил.

194. Соклоф С. Аналоговые интегральные схемы: Пер. с англ.– М.: Мир, 1988.– 583 с.: ил.

195. Гринфилд Дж. Транзисторы и линейные ИС: Руководство по анализу и расчету: Пер. с англ.– М.: Мир, 1992.– 560 с.: ил.

196. Иванов В. Е, Иванов В. В. Проектирование аналоговых систем на специализированных БИС.– Л.: ЦНИИ РУМБ, 1988.– 140 с.: ил.

197. Чахмахсазян Е. А. и др. Математическое моделирование и макро моделирование биполярных элементов электронных схем.– М.: Радио и связь, 1985.– 144 с.: ил.

198. Азаров А. Д. Моделирование быстродействующих алгоритмов аналого-цифрового преобразования на основе избыточных

систем счисления // Техн. конф. стран СНГ: Контроль и управление в технических системах: Тез. докл. – Винниц. политех. ин-т. – 1982. – С. 148-149.

199. Азаров А. Д. Проектирование самокорректирующихся быстродействующих преобразователей информации на основе оптимальных избыточных систем счисления // Тез. докл. 7-го симпозиума: Проблемы создания преобразователей формы информации. – Киев. – 1992. – С. 9-10.

200. Кондалев А. И., Ключан П. С., Лаврентьев В. М. и др. ПФИ для контрольно-измерительных систем и вычислительных комплексов // Тез. докл. IV Всесоюзного симп.: Проблемы создания преобразователей формы информации. – К. – 1980. – С. 12-20.

201. Лаврентьев В. М., Ключан П. С. Аналого-цифровые преобразователи двухстороннего уравнивания. – К.: Знание, 1982. – 22с.

202. Марценюк В. П. Разработка и исследование высокопроизводительных АЦП для прецизионных систем весоизмерения: Дис.. канд. техн. наук. – К., 1984 – 217 с.

203. Сигорский В. П., Петренко А. И. Основы теории электронных схем. – К.: Техника, 1967. – 610 с.: ил.

204. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – 13-е изд. – М.: Наука, 1986. – 544 с.

205. Аладьев В. З., Гершгорн Н. А. Вычислительные задачи на персональном компьютере. – К.: Техника, 1991. – 245 с.

206. Азаров О. Д. Прискорене аналого-цифрове перетворення на основі надлишкових позиційних систем числення // Вісник ВПІ. – 1993. – N1. – С. 22-27.

207. Захарченко С.М., Архипчук О.А. Статичні похибки АЦП порозрядного врівноваження з ваговою надлишковістю // Наукові праці Донецького національного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. – Випуск 58. – Донецьк: Вид-во ДонНТУ. – 2003. – С. 6-12.

208. А. с. 1388985 СССР, Н 03 М 1/26. Способ аналого-цифрового преобразования / В. Я. Стейскал (СССР). – 7с.

209. Щушков Е. К., Цодиков М. Б. Многоканальные аналого-

цифровые преобразователи. – Л.: Энергия, 1975. – 160 с.: ил.

210. Достал И. Операционные усилители: Пер. с англ.– М.: Мир, 1982.– 512 с.: ил.

211. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство: Пер. с нем.– М.: Мир, 1982. – С. 82-84.

212. А. с. 1450098 СССР, Н 03 К 5/24, G 05 В 1/01. Входное устройство схемы сравнения токов / А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал, Ю. М. Степайко и др. (СССР).– 4с.: ил.

213. Моисеев В. С. Системное проектирование преобразователей информации.– Л: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982.– 255 с.: ил.

214. Азгальдов Г. Г., Райхман Э. И. О квалиметрии. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 17 с.

215. Стахов А. П., Азаров А. Д., Моисеев В. И. и др. Аналого-цифровые преобразователи на основе избыточных систем счисления // Помехоустойчивые коды (Компьютер Фибоначчи). – Сер. Радиоэлектроника и связь. – №9.– М.: Знание, 1989. – 64 с.

216. Высокоточный самокорректирующийся аналого-цифровой преобразователь на основе кодов с иррациональными основаниями / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. И. Моисеев и др.– К.: ИК АН УССР, 1982.– 35 с.

217. Стахов А. П., Азаров А. Д., Моисеев В. И. и др. Семнадцатиразрядный самокорректирующийся АЦП // Приборы и системы управления.– 1986.– №1.– С. 17-18.

218. Стахов А. П., Марценюк В. П., Азаров А. Д. и др. Высокоточный АЦП, сопряженный с микро ЭВМ // Управляющие системы и машины.– 1985.– №5.– С. 23-27.

219. А. с. 1200422 СССР, Н 03 М 1/66. Цифроаналоговый преобразователь / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал и др. (СССР).– 4 с.: ил.

220. А. с. 1216829 СССР, Н 03 М 1/66. Цифроаналоговый преобразователь / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. И. Моисеев и др. (СССР).– 16 с.

221. А. с. 1138949 СССР, Н 03 М 1/66. Цифроаналоговый преобразователь / А. П. Стахов, В. П. Марценюк, А. Д. Азаров (СССР).– 5 с.

222. А. с. 1221754 СССР, Н 03. М 1/66. Устройство цифроаналогового преобразования /А. П. Стахов, В. И. Моисеев, А. Д. Азаров и др. (СССР).– 7 с.

223. А. с. 1221755 СССР, Н 03 М 1/66. Устройство цифроаналогового преобразования /А. П. Стахов, В. И. Моисеев, А. Д. Азаров и др. (СССР).– 8 с.

224. А. с. 1248072 СССР, Н 03 М 1/66. Устройство для цифроаналогового преобразования /А. П. Стахов, В. И. Моисеев, А. Д. Азаров и др. (СССР).– 8 с.

225. А. с. 1257847 СССР, Н 03 М 1/66. Устройство цифроаналогового преобразования /А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. П. Марценюк (СССР).– 4 с.

226. А. с. 1257848 СССР, Н 03 М 1/66. Устройство цифроаналогового преобразования /А. П. Стахов, В. И. Моисеев, А. Д. Азаров и др. (СССР).– 8 с.

227. А. с. 1312739 СССР, Н 03 М 1/66. Устройство цифроаналогового преобразования / А. Д. Азаров, Т. Н. Васильева, В. И. Моисеев и др. (СССР). – 5 с.

228. А. с. 1319280 СССР, Н 03 М 1/66. Цифроаналоговый преобразователь /А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. И. Моисеев и др. (СССР). –10 с.

229. А. с. 1325704 СССР, Н 03 М 1/66. Цифроаналоговый преобразователь /А. Д. Азаров, В. И. Моисеев, В. Я. Стейскал и др. (СССР).– 3 с.

230. А. с. 1405117 СССР, Н 03 М 1/66. Устройство цифроаналогового преобразования /А. Д. Азаров, В. И. Моисеев, В. Я. Стейскал и др. (СССР).– 7 с.

231. А. с. 1474824 СССР, Н 03 М 1/2. Устройство для аналого-цифрового и цифроаналогового преобразования / А. Д. Азаров, В. П. Марценюк, В. И. Моисеев и др. (СССР).– 14 с.

232. А. с. 1538524 СССР, Н 03 М 1/66. /А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал и др. (СССР).–5 с.

233. А. с. 1790030 СССР, Н 03 М 1/66. Цифроаналоговый преобразователь /А. Д. Азаров, Е. А. Коваленко, В. Я. Стейскал и др. (СССР).– 15 с.

234. Баранов Л. А. Квантование по уровню и временная дискретизация в цифровых системах управления.– М.: Энергоатомиздат, 1990.– 304 с.

235. Сентурия С., Уэдлок Б. Электронные схемы и их применение.– М.: Мир, 1977. – 434 с.

236. А. с. 1485309 СССР, G 11 C 27/00. Аналоговое запоминающее устройство /А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал, А. П. Голубев и др. (СССР). – 4 с.

237. А. с. 1552231 СССР, G 11, C 27/00. Аналоговое запоминающее устройство /А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал, А. П. Голубев и др. (СССР). – 4 с.

238. А. с. 1256147 СССР, H 03 F 3/45. Источник тока /А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал, В. П. Марценюк и др. (СССР).– 2 с.

239. А. с. 1397892 СССР, П 05 А 1/56. Источник постоянного тока / А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал, В. П. Волков и др. (ССС).– 4 с.: ил.

240. А. с. 1534440 СССР, G 05, F 1/55. Стабилизатор постоянного тока /А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал, В. П. Волков и др. (ССС)– 3 с.

241. Азаров А. Д., Степайко Ю. М. Проектирование аналоговых узлов самокорректирующихся ПФИ на полужаказных БИС // Тез. докл. респ. конференции: Вопросы проектирования и практического использования ПФИ в управляющих и вычислительных комплексах.– Одесса, 1990. – С. 110-111.

242. Азаров А.Д. Избыточные позиционные системы счисления в технике преобразования информации // Избыточные системы счисления, моделирование, обработка данных и системное проектирование в технике преобразования информации: Учебн. пособие.– К: Вища школа, 1990.– 208 с.: ил.

243. А. с. 1246378 СССР, H 03 M1/66. Преобразователь код-ток /А. Д. Азаров, А. П. Стахов, В. Я. Стейскал (СССР). – 5 с.: ил.

244. А. с. 1499498 СССР, H 03 M 1/66. Преобразователь код-ток /А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал, Ю. М. Степайко и др. (СССР). – 6 с.: ил.

245. Стахов А. П., Стейскал В. Я., Марценюк В. П., Азаров А. Д. и др. Комплект гибридных схем для самокорректирующихся 16-

разрядных аналого-цифровых преобразователей // Приборы и техника эксперимента.– 1988.– N5.– С. 232.

246. Азаров А. Д., Стейскал В. Я., Крупельницкий Л. В. ГИС термостатированого источника опорного напряжения для самокорректирующихся ПФИ // VI Всесоюзн. симпоз.: Проблемы создания преобразователей формы информации: Тез. докл.– К., 1988. – С. 201-202.

247. Greben A. V. Bipolar and MDS analog integrated circuit design. – London– Paris– New-York, 1985. – 888 p.

248. Степаненко И. П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергия, 1973. – 608 с.

249. Степаненко И. П. Основы микроэлектроники: Учебное пособие для вузов.– М.: Сов. радио, 1980.– 424 с.

250. Справочник по специальным функциям / Под ред. М. Абрамовича и И. Стиган: Пер. с англ. – М.: Наука, 1979 – С. 401-442.

251. Янке Е., Эмде Ф., Леш Ф. Специальные функции - Пер. с нем. – М.: Наука, 1977. – С. 92-117.

252. А. с. 1363452 СССР, Н 03 К 5/24 , G 05 В 1/01. Входное устройство схемы сравнения токов / А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал, А. Е. Рафалюк и др. (ССС). – 4 с.

253. Азаров А. Д., Стейскал В. Я., Лысюк В. В. и др. Быстродействующая схема сравнения токов для высокопроизводительных АЦП // Тез. докл. респ. конф.: Перспективы развития и применение быстродействующих преобразователей формы данных.– Винница, 1985. – С. 12-13.

254. А. с. 1450098 СССР, Н 03 К 5/24, G 05 В 1/01. Входное устройство схемы сравнения токов /А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал, Ю. М. Степайко и др. (СССР). – 4 с.

255. А. с. 1455387 СССР, Н 03 К 5/24. Входное устройство схемы сравнения токов / А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал, Ю. М. Степайко и др. (СССР). – 4 с.

256. А. с. 1497713 СССР, Н 03 F 3/26. Двухтактный усилитель мощности / А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал, В. П. Марценюк и др. (СССР). – 3 с.

257. А. с. 1529434 СССР, Н 03 К 5/24. Входное устройство схемы сравнения токов / А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал, Ю. М. Степайко и

др. (СССР). – 5 с.

258. А. с. 1548841 СССР, Н 03 F 3/26. Усилитель тока /А.Д. Азаров, В. Я. Стейскал, Ю. М. Степайко и др. (СССР). – 3 с.

259. А. с. 1554128 СССР, Н 03 К 5/24, G 05 В 1/01. Входное устройство схемы сравнения токов / А. Д. Азаров, В. Я. Стейскал, Ю. М. Степайко и др. (СССР). – 4 с.

260. А. с. 1739476 СССР, Н 03 F 3/26. Усилитель тока / А. Д. Азаров, Ю. М. Степайко, Е. М. Арапова и др. (СССР). – 3 с.