

**НОВОЕ
В НАУКЕ
И ТЕХНИКЕ-
студентам
и учащимся**

Серия основана в 1989 г.

Выпуск 18

**Избыточные
системы счисления,
моделирование,
обработка данных
и системное
проектирование
в технике
преобразования
информации**

Утверждено Министерством высшего
и среднего специального образования УССР
в качестве комплекса учебных пособий
по дисциплинам специализации для студентов
вузов, обучающихся по специальностям
«Информационно-измерительная техника»,
«Автоматика и управление в технических системах»

КИЕВ
«ВЫЩА ШКОЛА»
1990

ББК 32.973.3—04я73

ИЗ2

УДК 681.32

Авторы:

*В. А. Поджаренко, А. Д. Азаров,
В. А. Власенко, И. И. Коваленко*

Редакционная коллегия:

*Б. И. Мокин (отв. ред.), В. А. Казаков (зам. отв. ред.),
М. З. Згуровский, В. И. Иваненко,
В. С. Коваленко, М. А. Павловский, С. М. Рудь, В. П. Тарасенко*

Редакция литературы по информатике и автоматике
Редактор *Л. В. Ковтун*

ИЗ2 **Избыточные системы счисления, моделирование, обработка данных и системное проектирование в технике преобразования информации: Учеб. пособие / В. А. Поджаренко, А. Д. Азаров, В. А. Власенко, И. И. Коваленко. — К.: Выща шк., 1990. — 208 с.: ил. — (Новое в науке и технике — студентам и учащимся; Вып. 18).**

ISBN 5-11-002585-1

Рассмотрены вопросы системного проектирования схемные решения и технические характеристики микропроцессорных тахометров. Описаны принципы построения высокоточных самокорректирующихся АЦП и ЦАП на основе избыточных позиционных систем счисления (ИПСС). Показаны возможности построения эффективных алгоритмов циклической цифровой свертки на основе теоретико-числовых преобразований по модулям простых чисел.

Для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Информационно-измерительная техника», «Автоматика и управление в технических системах».

И $\frac{2402000000-157}{M211(04)-90}$ БЗ-36-11-89

ББК 32.973.3—04я73

ISBN 5-11-002585-1

© В. А. Поджаренко, А. Д. Азаров
В. А. Власенко, И. И. Коваленко
1990

ПОДЖАРЕНКО В. А.

Системное проектирование тахометров (5)

1. Основы системного анализа (6).

- 1.1. Элементы системного подхода к проектированию тахометров (8).
- 1.2. Выбор системных переменных, характеризующих электродвигатель (14).
- 1.3. Общая стратегия проектирования тахометрических систем (19).
- 2. Декомпозиция тахометрической системы (22).
- 2.1. Электрическая распределительная сеть (22).
- 2.2. Объект контроля — электромеханический преобразователь (23).
- 2.3. Тахометрические преобразователи (30).

2. Инвариантная оптимизация результатов тахометрических систем (45).

- 3.1. Коррекция погрешностей тахометров мгновенного значения (49).
- 3.2. Методика внутреннего проектирования тахометров мгновенного значения (52).

Контрольные вопросы для самопроверки (59).

Список рекомендуемой литературы (61).

АЗАРОВ А. Д.

Избыточные позиционные системы счисления в технике преобразования информации (62)

1. Перспективные направления повышения точности и быстродействия аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователей (64).

- 1.1. Структурные методы повышения точности ЦАП параллельного действия (64).
- 1.2. Структурно-алгоритмические методы повышения точности АЦП, содержащих ЦАП параллельного действия (70).
- 1.3. Нетрадиционные пути повышения точности и быстродействия «интеллектуальных» АЦП, содержащих ЦАП параллельного действия (73).

2. Особенности построения ЦАП на основе избыточных позиционных систем счисления (74).

- 2.1. Общие сведения об избыточных позиционных системах счисления (75).
- 2.2. Резистивные цифро-управляемые делители напряжения и тока на основе ИПСС (78).
- 2.3. Микроэлектронные преобразователи код — ток на основе ИПСС (84).

3. Повышение точности и метрологической стабильности АЦП и ЦАП на основе ИПСС (86).

- 3.1. Самопроверка АЦП и ЦАП на основе ИПСС (86).
- 3.2. Принципы самокоррекции АЦП, содержащих ЦАП параллельного действия на основе ИПСС (91).
- 3.3. «Интеллектуальный» самокорректирующийся АЦП поразрядного кодирования (93).

4. Повышение быстродействия АЦП на основе ИПСС (96).

4.1. Компенсация динамических погрешностей в АЦП поразрядного кодирования на основе ИПСС (96). 4.2. АЦП поразрядного кодирования на основе ИПСС с ускоренным алгоритмом уравнивания (101). 4.3. Выбор основания ИПСС при комплексном решении задачи повышения быстродействия и точности "интеллектуальных" АЦП (101).

Список рекомендуемой литературы (104).

ВЛАСЕНКО В. А.

Матричные модели алгоритмов обработки многомерных сигналов в видеоинформационных системах (106).

1. Матричные модели базовых алгоритмов линейной обработки (103).

1.1. Методы синтеза быстрых алгоритмов многомерного дискретного преобразования Фурье (108). 1.2. Методы синтеза быстрых алгоритмов многомерного дискретного преобразования Хартли (123). 1.3. Методы синтеза быстрых алгоритмов цифровых сверток (124). 1.4. Методы синтеза алгоритмов дискретного преобразования Гильберта (145).

Контрольные вопросы для самопроверки (157).

Список рекомендуемой литературы (159)

КОВАЛЕНКО И. И.

Анализ измерительных данных методами устойчивого оценивания (161).

1. Общая характеристика проблемы устойчивого оценивания (163).

1.1. Основные понятия теории устойчивого оценивания (163). 1.2. Линейные комбинации порядковых статистик (*L*-оценки) (165). 1.3. Устойчивые оценки на основе ранговых критериев (*R*-оценки) (168). 1.4. Устойчивые оценки на основе метода максимального правдоподобия (*M*-оценки) (169). 1.5. Адаптивное устойчивое оценивание (171). 1.6. Кривые чувствительности (172). 1.7. Помехоустойчивое сглаживание временных рядов (174).

2. Прикладные задачи методов устойчивого оценивания (175).

2.1. Устойчивое оценивание пороговых значений решающих правил классификации (175). 2.2. Классификация по величине относительной смещенности оценок (179). 2.3. Устойчивое оценивание критериальных статистик (180). 2.4. Некоторые структуры изображений и их представления моделями смесей распределений (182). 2.5. Классификация изображений на основе адаптивного оценивания центров симметричных распределений (186). 2.6. Адаптивное прогнозирование значений временных рядов (190).

3. Численный анализ устойчивых оценок (193).

3.1. Моделирование смесей распределений (193). 3.2. Анализ выборочной медианы и адаптивных устойчивых оценок (196). 3.3. Анализ скользящей медианы (200). 3.4. Анализ выборки данных на однородность (неоднородность) (202). Контрольные вопросы и задачи для самопроверки (207).

Список рекомендуемой литературы (208).

А. Д. АЗАРОВ*канд. техн. наук***ИЗБЫТОЧНЫЕ ПОЗИЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
СЧИСЛЕНИЯ В ТЕХНИКЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
ИНФОРМАЦИИ**

Комплексная Программа научно-технического прогресса стран — членов СЭВ ставит целью создание до 2000 года автоматизированного оборудования со встроенными системами управления, высокоточной измерительной техники, автоматизированных средств контроля технологических процессов, технологического оборудования и приборов, особенно прецизионных, обеспечение их надлежащей надежности [1]. Решение указанных задач предполагает использование различных средств цифровой вычислительной техники, в первую очередь, мини- и микроЭВМ, микропроцессоров, а также специализированных цифровых вычислительных устройств. Особенностью цифровых методов обработки информации является применение средств преобразования информации: аналого-цифровых (АЦП) и цифроаналоговых (ЦАП) преобразователей. Важным направлением развития преобразователей информации (ПИ) является повышение их точности, быстродействия и надежности (особенно метрологической). Совершенствование этих характеристик ранее велось в основном за счет улучшения параметров применяемых элементов (технологическое направление) и разработки новой схмотехники. Данный подход является доминирующим для ПИ III поколения. Бурное развитие средств цифровой вычислительной техники в 80-х годах создает условия для применения ее в преобразователях информации как для усовершенствования характеристик последних, так и для расширения их функциональных возможностей. Такая «интеллектуализация» ПИ позволяет, например, без физического воздействия на аналоговые узлы вести автоматическую «настройку» АЦП и ЦАП на необходимую точность при изменении условий внешней среды, а также резко снизить (при применении некоторых подходов) требования к технологии изготовления аналоговых узлов и их стабильности.

Кроме того, в таких ПИ, работающих в составе системы, появляется возможность выполнения первичной обработки, что разгружает ЦВМ, управляющую системой. Конец 80-х годов характеризуется как в СССР, так и за рубежом поиском новых путей повышения производительности, метрологической стабильности АЦП и ЦАП, а также снижения их стоимости. Традиционные АЦП и ЦАП превращаются в аналого-цифровые процессоры, содержащие широко развитую цифровую часть. Благодаря расширению функциональных возможностей эти устройства обладают свойством в определенной степени повышать ограниченную точность обработки информации. Последняя достигается, в частности, за счет компенсации динамических и коррекции статических погрешностей аналоговых узлов АЦП и ЦАП, осуществляемой с помощью цифрового вычислительного устройства. В таких аналого-цифровых процессорах целесообразно осуществлять и первичную цифровую обработку информации. В этом смысле ПИ становятся интеллектуальными. При этом появляется возможность отказаться от традиционных методов изготовления аналоговой части, связанных, например, с использованием лазерной подгонки номиналов резистивных матриц и применения дорогостоящих прецизионных элементов.

Важными и актуальными в этом плане являются исследования, направленные на повышение точности и стабильности параметров ПИ, их быстродействия и надежности, так называемыми структурно-алгоритмическими методами [2]. Особо следует отметить работы научных школ В. Б. Смолова [2, 3], А. И. Кондалева [4—7], Э. И. Гитиса [8, 9], Б. И. Швецкого [10, 11], Ю. М. Туза [12], В. М. Шляндина [13—15], П. П. Орнатского [16—18], Т. М. Алиева [19], А. Н. Касперовича [20] и др. В конце 80-х годов в технике преобразования информации наряду со структурно-алгоритмическими начинают применяться подходы [21], связанные с использованием избыточных позиционных систем счисления (ИПСС). Такой подход в сочетании с цифровой обработкой позволяет комплексно решать проблемы повышения точности и быстродействия, метрологической стабильности характеристик ПИ. При этом появляется возможность одновременно резко снизить требования к технологии изготовления аналоговых узлов, в частности, отказаться от лазерной подготовки номиналов резистивной

матрицы ЦАП. Актуальной задачей в разрезе упомянутого подхода является выбор оптимальной ИПСС.

ИПСС, определяющая меру вводимой в устройство избыточности за счет удлинения разрядной сетки, должна обеспечить для разрабатываемого устройства максимальный положительный эффект (в виде повышения быстродействия и точности, снижения требований к технологии изготовления аналоговых узлов) с минимальными дополнительными затратами. Целью настоящей публикации является изложение принципов построения высокоточных АЦП и ЦАП на основе ИПСС, комплексного решения проблемы повышения точности и быстродействия АЦП на основе ИПСС, а также критериев выбора оптимальной ИПСС.

1. *Комплексная программа научно-технического прогресса стран — членов СЭВ до 2000 года* // Правда.— 1985.— 19 дек.
2. *Микроэлектронные цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи информации* / Под ред. В. Б. Смолова.— Л.: Энергия, 1976.— С. 191—197; 268—314.
3. *Полупроводниковые кодирующие и декодирующие преобразователи напряжений* / Под ред. В. Б. Смолова, Н. А. Смирнова.— Л.: Энергия, 1967.— 312 с.
4. *Кондалев А. И., Хачатуров С. Д., Стокай В. П.* Структурные методы повышения быстродействия аналого-цифровых преобразователей электрических сигналов низкого уровня: Материалы II Всесоюз. симпозиума «Проблемы создания преобразователей формы информации».— К., 1973.— С. 329—339.
5. *Кондалев А. И.* Системные преобразователи формы информации.— К.: Наук. думка, 1974.— 334 с.
6. *Вопросы проектирования преобразователей формы информации* / Под ред. А. И. Кондалева.— К.: Наук. думка, 1977.— 242 с.
7. *Высокопроизводительные преобразователи формы информации* / Под ред. А. И. Кондалева.— К.: Наук. думка, 1987.— 280 с.
8. *Гитис Э. И.* Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств.— М.: Энергия, 1975.— 448 с.
9. *Гитис Э. И., Пискунов Е. А.* Аналого-цифровые преобразователи.— М.: Энергоиздат, 1981.— 360 с.
10. *Швецкий Б. И.* Электронные измерительные приборы с цифровым отсчетом.— К.: Техніка, 1970.— 204 с.
11. *Швецкий Б. И.* Электронные цифровые приборы.— К.: Техніка, 1981.— 247 с.
12. *Туз Ю. М.* Структурные методы повышения точности измерительных устройств.— К.: Вища шк. Головное изд-во, 1976.— 256 с.
13. *Цифровые электроизмерительные приборы* // Под ред. В. М. Шляндина.— М.: Энергия, 1972.— 400 с.
14. *Цифровые измерительные преобразователи и приборы* / Под ред. В. М. Шляндина.— М.: Высш. шк., 1973.— 280 с.
15. *Шляндин В. М.* Цифровые измерительные устройства.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Высш. шк., 1981.— 335 с.
16. *Орнатский П. П.* Автоматические измерения и приборы / аналоговые и цифровые / — 5-е изд., перераб. и доп.— К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986.— 504 с.

17. Алиев Т. М., Сейдель Л. П. Автоматическая коррекция погрешностей цифровых измерительных приборов. — М. Энергия, 1975. — 216 с.
18. Вьюхин В. Н., Касперович А. Н. Вопросы проектирования аналогоцифровых преобразователей предельной разрядности // Автометрия. — 1985. — № 5. — С. 3—12.
19. Высокоскоростные преобразователи информации на основе избыточных систем счисления / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, В. И. Моисеев и др. — К., 1988. — 180 с.
20. Применение интегральных схем. Практическое руководство : В 3 кн. / Пер. с англ. Под ред. А. Уильямса. — М. : Мир, 1987—1989. — Кн. 1. — 1987. — С. 229—335.
21. Brubaker J., Boyacigiller Z., Bradshaw P. 14 — bit DAC mates with μ PS., settles in less than 1μ S // Electronic Design. — 1981. — 16 Apr. — P. 149.
22. Быстродействующие интегральные микросхемы ЦАП и АЦП и измерение их параметров / Под общ. ред. А.-И. К. Марцинкявичюса, Э.-А. К. Багданскиса. — М. : Радио и связь, 1988. — С. 38.
23. Daniel L., Waston P. 16 — bit monolithic DAC attains modular performance // Electronic Design. — 11 Nov. — P. 121—130.
24. Пат. 55—36215. МКИ НОЗК 13/32, Япония. Цифро-аналоговый преобразователь // Изобрет. в СССР и за рубежом. — 1981. — № 5. — С. 109.
25. Клочан П. С., Лаврентьев В. Н. Автоматическая коррекция в аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователях. — К. : Общество «Знание» УССР, 1980. — 20 с.
26. Лаврентьев В. Н., Клочан П. С. Алгоритмы аналого-цифрового преобразования с двусторонним уравниванием преобразуемого сигнала // Автоматика. — 1985. — № 1. — С. 18—22.
27. Boyacigiller Z., Sockolov S. Increase analog system accuracy with a 14 — bit monolithic ADC // EDN. — 1982. — 18 Aug. — P. 137—144.
28. Ризенман М. Проблемы и перспективы развития производства АЦП с высокой разрешающей способностью // Электроника. — 1988. — № 1. — С. 67.
29. Касаткин В. Н. Новое о системах счисления. — К. : Вища шк. Головное изд-во, 1982. — 55 с.
30. Карцев А. А. Арифметика цифровых машин. — М. : Наука, 1969. — 576 с.
31. Стахов А. П. Коды золотой пропорции. — М. : Радио и связь, 1984. — 152 с.
32. Стахов А. П. Алгоритмическая теория измерения. — М. : Знание, 1979. — С. 40.
33. Воробьев Н. Н. Числа Фибоначчи. — 5-е изд. — М. : Наука, 1984. — 144 с.
34. Комплект гибридных схем для самокорректирующихся 16-разрядных аналого-цифровых преобразователей / А. П. Стахов, В. Я. Стейскал, В. П. Марценюк и др. // Приборы и техника эксперимента. — 1988. — № 5. — С. 232.

Поджаренко Владимир Александрович
Азаров Алексей Дмитриевич
Власенко Виктор Алексеевич
Коваленко Игорь Иванович

**ИЗБЫТОЧНЫЕ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ,
МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОБРАБОТКА ДАННЫХ
И СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
В ТЕХНИКЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
ИНФОРМАЦИИ**

Художественный редактор
С. П. Духленко
Технический редактор
О. В. Козлигина
Корректор *Л. М. Тищенко*

ИБ № 14500

Сдано в набор 25.12.89.
Подписано в печать 13.08.90.
Формат 84 × 108¹/₁₆. Бум. тип. № 2.
Гарнитура литературная.
Высокая печать.
Усл.-печ. л. 10,92.
Усл. кр.-отт. 11,18.
Уч.-изд. л. 10,8.
Тираж 1000 экз.
Изд. № 9092. Заказ 47.
Цена 35 к.

Издательство
«Выща школа».

252054, Киев-54, ул. Гоголевская, 7

Отпечатано с матриц книжной фабрики
им. М. В. Фрунзе. 310057, Харьков-57, ул.
Донец-Захаржевского, 6, 8 в Харьковской го-
родской типографии № 16 310003 г. Харь-
ков, ул. Университетская, 16. Зак. 1108.