

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

О.Д.Азаров

Г.Б.Ракитянська

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ
НАДЛИШКОВИХ АЦП
ПОРОЗРЯДНОГО ВРІВНОВАЖЕННЯ
(АЛГОРИТМІЧНА ШВИДКОДІЯ ТА
АЛГОРИТМІЧНА НАДІЙНІСТЬ)**

Затверджено на засіданні Ученої ради Вінницького державного технічного університету як навчальний посібник для студентів спеціальностей “Комп’ютерні системи та мережі”, “Програмне забезпечення автоматизованих систем”.
Протокол №5 від 30 грудня 1999 року.

Вінниця ВДТУ 2001

Рецензенти:

В.С. Осадчук, доктор технічних наук

Р.Н. Кветний, доктор технічних наук

Є.Т. Володарський, доктор технічних наук

Рекомендовано до видання Ученою радою Вінницького державного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Азаров О.Д., Ракитянська Г.Б.

А 35 **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.

В даному посібнику розглянуті питання раціонального використання інформаційної надлишковості в АЦП порозрядного врівноваження.

Навчальний посібник призначений для студентів спеціальностей “Комп’ютерні системи та мережі”, “Програмне забезпечення автоматизованих систем”, а також може бути рекомендований фахівцям в галузі моделювання та оптимізації вимірювальних приладів.

УДК 681 335.2:519.85

© О.Азаров, Г. Ракитянська, 2001

З М І С Т

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. НАДЛИШКОВІ АЦП ПОРОЗРЯДНОГО ВРІВНОВАЖЕННЯ ЯК ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ	7
1.1 АЦП на основі надлишкових систем числення як об'єкт моделювання та оптимізації	7
1.2 Швидкодія та алгоритмічна надійність АЦП як предмет дослідження	15
1.3 Задачі та принципи оптимізації швидкодії та алгоритмічної надійності АЦП	20
Контрольні питання	28
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ТА АЛГОРИТМІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ШВИДКОДІЇ АЦП	30
2.1 Моделювання самокомпенсувального АЦ перетворення	30
2.1.1 Постановка задачі	30
2.1.2 Модель цільової функції	32
2.1.3 Модель обмежень	34
2.1.4 Модель реалізаційних витрат	37
2.2 Оптимізація тривалості самокомпенсувального АЦ перетворення	38
2.2.1 Рекурентні співвідношення	38
2.2.2 Алгоритм оптимізації	39
2.3 Моделювання форсованого АЦ перетворення	42
2.3.1 Постановки задач	42
2.3.2 Моделі цільових функцій	44
2.3.3 Моделі обмежень	46
2.4 Оптимізація тривалості форсованого АЦ перетворення	51
2.4.1 Рекурентні співвідношення	51
2.4.2 Алгоритм оптимізації	51
2.5 Оптимізація швидкості зміни вхідного сигналу	54
2.5.1 Рекурентні співвідношення	54
2.5.2 Алгоритм оптимізації	56
Контрольні питання	59
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ТА АЛГОРИТМІВ ОПТИМІЗАЦІЇ АЛГОРИТМІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ АЦП	61
3.1 Алгоритмічні моделі процесу функціонування АЦП	61
3.1.1 Метод підвищення алгоритмічної надійності АЦП	61
3.1.2 Поліпшувальні підстановки	63
3.1.3 Критерії оптимізації та керувальні змінні	65

3.1.4 Постановки задач оптимізації	66
3.2 Ймовірно-часові моделі функціонування АЦП	67
3.3 Оптимізація алгоритмічної надійності АЦП	73
3.3.1 Алгоритм розв'язання прямих задач	79
3.3.2 Алгоритм розв'язання обернених задач	81
Контрольні питання	90
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ	
ОПТИМІЗАЦІЙНОГО ПРОЕКТУВАННЯ АЦП	91
4.1 Методика оптимізаційного проектування АЦП	91
4.2 Автоматизація проектування надлишкових АЦП	96
4.3 Порівняльний аналіз результатів аналітичного та імітаційного моделювання	104
4.4 Надлишковий АЦП із змінною тривалістю тактів	110
Контрольні питання	115
ВИСНОВКИ	117
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	118

ВСТУП

АЦП порозрядного врівноваження набули широкого розповсюдження в сучасних інформаційно-вимірвальних системах. Якість функціонування АЦП визначається його алгоритмічною надійністю, тобто здатністю безпомилково виконувати алгоритм перетворення аналогового сигналу в цифрову форму. Застосування надлишкових позиційних систем числення в АЦП порозрядного врівноваження дозволяє підвищити алгоритмічну надійність АЦП даного класу, причому існують два підходи до вирішення цієї проблеми. Перший підхід полягає у використанні багатозначного зображення чисел для компенсації помилок порівняння. Такий АЦП функціонує в безінерційному режимі, що з урахуванням подовження розрядної сітки призводить до значних витрат часу. Другий підхід полягає у використанні надлишковості для підвищення швидкодії АЦП за рахунок автокомпенсації динамічних похибок перетворення. В свою чергу, наявність часової надлишковості дозволяє підвищити алгоритмічну надійність за рахунок багаторазового порівняння, багаторазового врівноваження з осередненням або мажоритарною обробкою результатів.

Використання цих засобів призводить до зростання реалізаційно-часових витрат. Тому виникають задачі оптимізації АЦП за критеріями ймовірності перетворення з допустимою похибкою, часу перетворення та реалізаційних витрат за рахунок вибору доцільних значень тривалості такту, основи системи числення та кратності порівняння або врівноваження. Розв'язання поставлених задач на регулярній основі дозволить отримати потенційні оцінки ймовірнісно-часових параметрів перетворення, що необхідно для забезпечення оптимального використання введеної інформаційної надлишковості для підвищення якості функціонування АЦП.

Метою даного навчального посібника є створення методики оптимізаційного проектування надлишкових АЦП порозрядного врівноваження за критеріями швидкодії, алгоритмічної надійності та реалізаційних витрат, що передбачає розробку взаємопов'язаної сукупності математичних моделей та алгоритмів, методичного та програмного забезпечення аналітичного та імітаційного моделювання.

Розподіл матеріалу по розділах посібника здійснений таким чином. В першому розділі проаналізовані особливості застосування надлишкових систем числення в АЦП порозрядного врівноваження та сформульовані задачі та принципи оптимізації надлишкових АЦП за критеріями

швидкодії, алгоритмічної надійності та реалізаційних витрат. Зокрема, запропоновані принцип оптимізації швидкодії надлишкових АЦП на основі динамічного програмування та принцип генерації алгоритмів функціонування АЦП за допомогою поліпшувальних підстановок. Суть першого принципу полягає у тому, що дискретний процес функціонування АЦП інтерпретується в термінах принципу оптимальності Беллмана, причому крок оптимізації збігається з тактом врівноваження. Суть другого принципу полягає в генерації алгоритмів функціонування АЦП за допомогою поліпшувальних підстановок, які відповідають таким інженерним методам підвищення надійності функціонування АЦП як спосіб виконання алгоритму врівноваження, багаторазове порівняння або врівноваження з осередненням або мажоритарною обробкою результатів. Ці підходи є розвитком ідей динамічного програмування та теорії надійнісного проектування алгоритмічних процесів в напрямку підвищення якості функціонування АЦП.

В другому розділі представлені математичні моделі та алгоритми оптимізації АЦП за критеріями витрат часу та швидкості зміни вхідного сигналу, що компенсується надлишковим АЦП без погіршення показників точності. Для цього процес порозрядного АЦ врівноваження інтерпретується у вигляді одновимірних та двовимірних моделей динамічного програмування. Оптимальні тривалості тактів врівноваження обираються в результаті послідовного розв'язання орієнтованих на АЦП рекурентних співвідношень. Системи обмежень, які входять до цих співвідношень, отримані на основі вимог до точності АЦП.

В третьому розділі представлені математичні моделі та алгоритми оптимізації АЦП за критеріями ймовірності перетворення з допустимою похибкою, часу перетворення та реалізаційних витрат. Вибір основи системи числення та кратності порівняння (врівноваження) здійснюється відповідно з формалізованими процедурами надійнісного аналізу та синтезу алгоритмічних процесів. Для цього розроблена ієрархічна система ймовірнісно-алгоритмічних моделей процесу АЦ перетворення, що дозволяє здійснити синтез алгоритму функціонування АЦП на регулярній основі.

В четвертому розділі представлена інженерна методика оптимізаційного проектування надлишкових АЦП порозрядного врівноваження за алгоритмічною надійністю та реалізаційно-часовими витратами, яка реалізує розроблені моделі та алгоритми. Комплексне застосування аналітичного та імітаційного моделювання дозволяє створити ефективний програмний засіб для автоматизації прийняття проектних рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизация проектирования устройств измерительной техники / Ю.М.Туз, А.И.Забарный, Б.Н.Белоусов и др. - К.: Вища школа, 1988. -288с.

2. Азаров О.Д. Розробка теорії аналого-цифрового перетворення на основі надлишкових позиційних систем числення // автореф. дис. докт. техн. наук. - Вінниця: ВДТУ, 1994. - 42 с.

3. Беллман Р. Динамическое программирование. - М.: ИЛ, 1960.

4. Васильев Р.П. Численные методы решения экстремальных задач. - М.: Наука, 1978.

5. Вопросы проектирования преобразователей формы информации / Под ред. А.И.Кондалева. - К.: Наукова думка, 1977. - 242 с.

6. Высокопроизводительные преобразователи информации на основе избыточных систем счисления.: Учеб. пособие / Под ред. Стахова А.П. - К.:УМК ВО, 1988,- 180с.

7. Высокопроизводительные преобразователи формы информации / И.Кондалев, В.А.Багацкий, В.А.Романов, В.А.Фабричев. - К.: Наукова думка, 1987. - 280 с.

8. Гитис Э.И. Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств. - М.: Энергия, 1975. - 448 с.

9. Глушков В.М., Цейтлин Г.Е., Ющенко Е.Л. Алгебра. Языки. Программирование. - К.: Наукова думка, 1978. - 320 с.

10. Дал У., Дейкстра Э., Хоор К. Структурное программирование. - М.: Мир, 1975.-248 с.

11. Зажигаев Л.С., Кишьян А. А., Романиков Ю.И. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента. - М.: Атомиздат, 1978. - 277 с.

12. Избыточные системы счисления, моделирование, обработка данных и системное проектирование в технике преобразования информации: - Уч. пособие / В.А.Поджаренко, А.Д.Азаров, А.Власенко, И.И.Коваленко. - К.: Вища школа, 1990. - 208 с.

13. Измерения и контроль в микроэлектронике: Уч. пособие для вузов / Дубовой Н.Д., Осокин В.И., Очков А.С. и др. / Под ред. А.А.Сафонова. - М.: Высшая школа, 1984. - 367 с.

14. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. - М.: Сов. радио, 1975.-472 с.

15. Комплект гибридных схем для самокорректирующихся 16-разрядных аналого-цифровых преобразователей / А.П.Стахов, В.Я.Стейскал, В.П.Марценюк. // Приборы и техника эксперимента. - 1988. 16. N5. - С.232.

16. Кондалев А.И. Системные преобразователи формы информации. - К.: Наукова думка, 1974. - 334 с.
17. Кузин Л.Т. Основы кибернетики: Т.1. Математические основы кибернетики. - М.: Энергия, 1979. - 504 с.
18. Линейное и нелинейное программирование. / Под ред. Ляшенко И.И. - М.: Высшая школа, 1975.
19. Маликов В.Т., Кветный Р.Н. Вычислительные методы и применение ЭВМ. - К.: Вища школа, 1989. - 213 с.
20. Марценюк В.П. Разработка и исследование высокопроизводительных АЦП для прецизионных систем весоизмерения // автореф. дис. канд. техн. наук. - К.: РИО ИК АН УССР, 1984. - 20 с.
21. Микроэлектронные цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи информации. / Под ред. В.Б.Смолова - Л.: Энергия, 1976. 336 с.
22. Мирский Г.Я. Электронные измерения. - М.: Радио и связь, 1986. - 440 с.
23. Моисеев В.И. Разработка и исследование высокоточных АЦП и ЦАП на основе избыточных измерительных кодов // автореф. дисс. канд. техн. наук. - К.: РИО ИК АН УССР, 1985. - 20 с.
24. Моисеев В.С. Системное проектирование преобразователей информации. - Л.: Машиностроение, 1982. - 255 с.
25. Моисеев Н.Н. и др. Методы оптимизации. - М.: Наука, 1978.
26. Монахов В.М. и др. Методы оптимизации. - М.: Просвещение, 1978.
27. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы (аналоговые и цифровые). - К.: Вища школа, 1986. - 504 с.
28. Основы моделирования сложных систем / Под ред. И.В.Кузьмина К.: Вища школа, 1981. - 360 с.
29. Островецкое В.В. Динамические погрешности АЦП. - Л.: Энергия, 1975. - 176 с.
30. Преобразователи формы информации с обработкой данных / Багацкий В.А., Грешищев Ю.М., Самус И.В., Фабричев В.А. / Под ред. А.И.Кондалева. - К.: Наукова думка, 1992. - 264 с.
31. Ротштейн А.П., Кузнецов П. Д. Проектирование бездефектных человеко-машинных технологий. - К.: Техника, 1992. - 180 с.
32. Сафонов И.В. Надежностное проектирование структурно-алгоритмических систем. - К.: О-во "Знание" УССР, 1975. - 37 с.

33. Сафонов И.В. О формализованном надежностном анализе алгоритмических процессов // Управляющие системы и машины. - 1973. - N3. - С.92-95.

34. Статистические задачи обработки систем и таблицы для числовых расчетов показателей надежности. / Под ред. Р.С. Судакова. - М.: Высшая школа, 1975. - 604 с.

35. Стахов А.П., Азаров А.Д., Марценюк В.П., Моисеев В.И., Стейскал В.Я. Семнадцатиразрядный самокорректирующийся АЦП // Приборы и системы управления. - 1986. - N1. - С. 17-18.

36. Стейскал В.Я. Быстродействующие самокорректирующиеся АЦП1 для высококачественной цифровой магнитной записи // автореф. дисс. канд. техн. наук. - К.: РИО ИК АН УССР, 1987. - 20 с.

37. Туз Ю.М. Структурные методы повышения точности измерительных устройств. - К.: Вища школа, 1976. - 256 с.

38. Универсальные электронные преобразователи информации. / Под ред. Смолова В.Б. - Л.: Машиностроение, 1971. - 250 с.

39. Ушаков И. А. Методы решения простейших задач надежности при наличии ограничений. - М.: Сов.радио, 1969. - 162 с.

40. Фабричев В. А. Методы и средства повышения помехозащищенности аналого-цифровых преобразователей. - К.: О-во «Знание», 1980. - 24 с.

41. Хэдли Дж. Нелинейное и динамическое программирование. - М.: Мир, 1967.

42. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 2-х томах. - М.: Мир, 1983.

43. Энциклопедия кибернетики: В 2-х томах. - К.: О-во "Знание" УССР, 1977.

44. Стахов А. П. О возможности создания надежных преобразователей информации на основе кодов с иррациональными основаниями / А. П. Стахов, А. Д. Азаров, А. Г. Рубин // Управляющие системы и машины – К., 1980 – №4. С. 49 – 53.

45. Азаров О.Д. Підвищення точності та швидкодії аналого-цифрових перетворювачів методами інформаційної надлишковості / О.Д. Азаров, С.М. Захарченко, М.О. Кравцов // Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах – Х., 1998 – №2. – С. 78-83.

46. Азаров О.Д. Дослідження похибок самокаліброваних аналого-цифрових перетворювачів на основі надлишкових позиційних систем числення / О. Д. Азаров, С.М. Захарченко, Н.О. Біліченко // Вісник вінницького політехнічного інституту – В., 2000 – №1. – С. 59-64.

Навчальне видання

Азаров Олексій Дмитрович
Ракитянська Ганна Борисівна

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ
НАДЛИШКОВИХ АЦП ПОРОЗРЯДНОГО
ВРІВНОВАЖЕННЯ**
(АЛГОРИТМІЧНА ШВИДКОДІЯ ТА АЛГОРИТМІЧНА НАДІЙНІСТЬ)

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено авторами

Редактор С.А.Малішевська

Підписано до друку

Формат 29,7x42 1/4 Гарнітура Times New Roman

Друк різнографічний Ум. друк. арк. 6,9

Тираж 75 прим.

Зам. № 2000-0104

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького державного технічного університету
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВДТУ, ГНК, 9-й поверх
Тел. (0432) 44-01-59