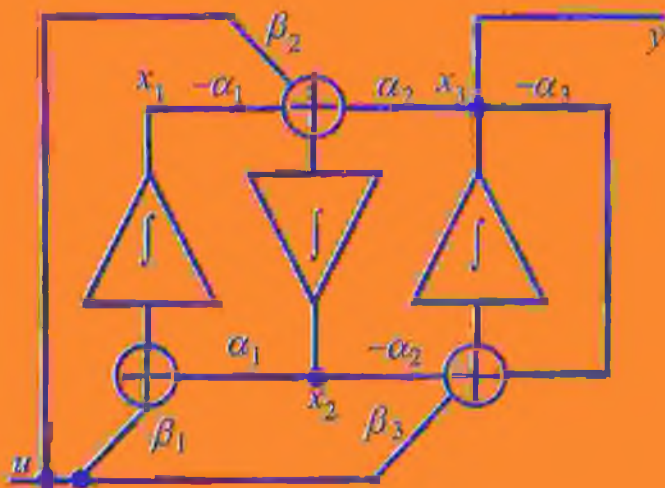


Вопросы
к 11, 14
19, 13, 1

Г. Т. Мишин

СОВРЕМЕННАЯ АНАЛОГОВАЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

Теория и практика



Г. Т. Мишин

**СОВРЕМЕННАЯ
АНАЛОГОВАЯ
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА**

Теория и практика

**Издательство «Радиотехника»
Москва 2007**

УДК 621.372

М72

ББК 32.844

Рецензент:

В. И. Старосельский – проф. Московского института
электронной техники

Мишин Г.Т.

М72 Современная аналоговая микроэлектроника: теория и практика. – М.: Радиотехника, 2007. – 208 с.: ил.

ISBN 5-88070-125-5

Изложены естественнонаучные представления аналоговой микроэлектроники, основой которых являются математическая теория дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в обобщенной форме. Впервые показано, что полномасштабный переход к естественнонаучным представлениям позволяет сформировать новый элементный базис; предложить решения для матричных аналоговых больших интегральных микросхем и перепрограммируемых аналоговых интегральных схем; обосновать процедуру синтеза аналоговых электронных цепей. Теоретические выводы сопровождаются практическими примерами.

Предназначена для инженеров, аспирантов и студентов, занимающихся исследованием и разработкой аналоговых систем электроники.

ISBN 5-88070-125-5

УДК 621.372

ББК 32.844

© Издательство «Радиотехника», 2007

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. МОДЕЛИ АНАЛОГОВЫХ УСТРОЙСТВ	9
1.1. Элементы и модели элементов	9
1.2. Модели реальных ЭРЭ	12
1.3. Динамические системы и их описание	14
1.4. Метод переменных состояния	16
1.4.1. Модель механической системы	16
1.4.2. Модель <i>RCL</i> -цепи	17
1.4.3. Модель электронного ключа	20
1.4.4. Формальная модель в пространстве состояний	21
1.5. Пример составления формальной модели	24
1.6. Классификация моделей	31
ГЛАВА 2. СТРУКТУРА МОДЕЛИ В ФОРМЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ	34
2.1. Дифференциальные уравнения автоматки	34
2.2. Структура моделей динамических систем	37
2.3. Метод структурных матриц в исследовании систем	45
2.3.1. Определение структурной матрицы	45
2.3.2. Компактная форма записи структурных матриц	47
2.3.3. Матричные циклы в структурных матрицах	49
2.3.4. Графы, структурные схемы и структурные матрицы	50
2.3.5. Структурная матрица системы	53
2.4. Исследование структуры типовых звеньев САУ	57
2.4.1. Элементарные (простейшие) звенья	58
2.4.2. Неэлементарные, типовые звенья	58
ГЛАВА 3. СТРУКТУРА МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛОВ	70
3.1. Модели в форме преобразования Лапласа	70
3.2. Компонентные уравнения элементов электрической цепи	72
3.3. Метод узловых потенциалов	78
3.4. Структура типовых устройств аналоговой электроники	82
3.4.1. Каскад с общим эмиттером	82
3.4.2. Дифференциальный усилитель	85
3.4.3. Элементарная <i>RC</i> -цепь	86
3.4.4. Двухзвенная <i>RC</i> -цепь	87
3.4.5. Элементарная и двухзвенная <i>CR</i> -цепи	90

ГЛАВА 4. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ АНАЛОГОВЫХ УСТРОЙСТВ	93
4.1. Анализ существующих аналоговых устройств	93
4.1.1. Двойной T -образный мост	93
4.1.2. RCO -цепь с распределенными параметрами	97
4.1.3. $RCNR$ -цепь с распределенными параметрами	100
4.1.4. Генератор Харгги	102
4.2. Синтез электронных устройств по математической модели	106
4.2.1. Синтез устройства по модели шестого порядка	113
4.2.2. Синтез устройства по абстрактной модели 7-го порядка	118
4.3. Разработка структуры системы по заданным целям	127
4.3.1. Синтез структуры генератора со специальными свойствами	129
4.3.2. Введение в адаптивную фильтрацию	134
4.3.3. Синтез структуры аналогового адаптивного ФНЧ	159
ГЛАВА 5. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИНТЕЗИРУЕМЫХ УСТРОЙСТВ	173
5.1. Генератор Колпитца	173
5.2. Генератор на двойном T -образном мосте	180
5.3. Фильтр Кауэра девятого порядка	187
5.4. Специальный генератор синусоидальных колебаний	193
5.5. Адаптивный фильтр низкой частоты	195
Обсуждение и выводы	205
ЛИТЕРАТУРА	218

ПРЕДИСЛОВИЕ

Необходимость написания данной книги была продиктована тем, что в теории и практике проектирования аналоговых электронных устройств накопилось настолько большое количество проблем и противоречий, что развитие аналоговой электроники значительно замедлилось, а в дальнейшем, возможно, и остановилось бы. В то время как цифровые СБИС увеличивают степень интеграции, превращаются в системообразующие элементы и внедряются во все новые области науки и техники, аналоговые интегральные схемы остаются на уровне микросхем средней степени интеграции, являясь только универсальными комплектующими для проектирования электронных устройств. Это отставание стало особенно заметным в таких направлениях, как производство матричных и перепрограммируемых СБИС. Оправдывая такое состояние дел, обычно говорят, что точность, с которой аналоговая электроника решает технические задачи, стала недостаточной для современного уровня развития техники. Вместе с тем, оригинальность и экономичность в решениях ряда сложных задач аналоговыми методами часто делают аналоговую электронику незаменимой, несмотря на малую точность, с которой работают аналоговые электронные приборы. В такой ситуации представлялась необходимой процедура ревизии основных положений аналоговой электроники, которая должна была выявить заблуждения, мешающие ее развитию.

В данной работе предложена также методика синтеза электронных устройств по уже известным математическим моделям. Рассмотренные примеры синтеза устройств по абстрактным моделям 6-го и 7-го порядков определяют методику синтеза электронных устройств по уже известной математической модели устройства и позволяют получать структурно-функциональную схему, аналогичную по степени подробности схеме электрической принципиальной.

Итак, круг задач, решенных в данной работе, создает теоретические предпосылки и практическую базу для реализации новой концепции аналоговой электроники, перспективы которой становятся соизмеримыми с перспективами электроники дискретной.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Философский словарь*/Под ред. *М.М. Розенталя* – М.: ИЛ. 1975.
2. *Ильин В.Н., Козан В.П.* Разработка и применение программ автоматизации схемотехнического проектирования. – М.: Радио и связь, 1984.
3. *Ильин В.Н.* Основы автоматизации схемотехнического проектирования. – М.: Энергия, 1979.
4. *Месарович М., Такахага Я.* Общая теория систем. – М.: Мир, 1978.
5. *Katman, R.E., Falb, P.L., and Arbib, M.A.* Topics in mathematical System Theory, McGraw Hill, New York, 1969; Русский перевод: *Р. Калман, П. Фалб, М. Арбиб.* Очерки по математической теории систем. – М.: Энергия, 1971.
6. *Zade, L.A. and Desoer. C.A.* Linear System Theory – The State Spase Approach, McGraw Hill, New York, 1963; Русский перевод: *Заде Л., Дезоер Ч.* Теория Линейных систем. Метод пространства состояний. – М.: Наука, 1970.
7. *Стрейц В.* Метод пространства состояний в теории дискретных линейных систем управления: Пер. с англ. *Я.З. Цыпкина.* – М.: Наука, 1985.
8. *Сигорский В.П., Петренко А.И.* Алгоритмы анализа электронных схем. – М.: Советское радио, 1976.
9. *Ильин В.Н.* Машинное проектирование электронных схем. – М.: Энергия, 1972.
10. *Ку Е.С. and Roper P.A.* Применение метода переменных, характеризующих состояние, к анализу цепей. – ТИИЭР, 1965, №7.
11. *Ланкастер П.* Теория матриц. – М.: Наука, 1978.
12. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике. – М.: Наука, 1968.
13. *Макаров И.М., Менский Б.М.* Линейные автоматические системы. – М.: Машиностроение, 1977.
14. *Петров Б.Н.* О построении и преобразовании структурных схем – Изв. отделения технических наук АН УССР, 1959, с. 59–80.
15. *Гальперин И.И.* Синтез систем автоматики. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1960.
16. *Нейман М.С.* Автоматические процессы и явления. – М.: Советское радио, 1959.
17. *Шталов А.С.* Структурные методы в теории управления и электроавтоматике. – М.: Госэнергоиздат, 1962.
18. *Юревич Е.И.* Теория автоматического управления. – Л.: Энергия, 1975.

19. Куропаткин П.В. Теория автоматического управления. – М.: Высшая школа, 1973.
20. Воронов А.А., Титов В.К., Новогранов Б.Н. Основы теории автоматического регулирования и управления. – М.: Высшая школа, 1977.
21. Воронов А.А. Теория автоматического управления. Ч. Теория линейных систем автоматического управления. – М.: Высшая школа, 1977.
22. Шатихин Л.Г. Структурные матрицы и их применение для исследования систем. – М.: Машиностроение, 1974.
23. Шатихин Л.Г. Структурные матрицы и их применение для исследования систем. – М.: Машиностроение, 1991.
24. Влах А.И., Сингхал К. Машинные методы анализа и проектирования электронных схем. – М.: Радио и связь, 1988.
25. Деч Г. Руководство по практическому применению преобразования Лапласа и Z-преобразования. – М.: Наука, 1971.
26. Аналоговые интегральные схемы/Под ред. Дж.Коннели. – М.: Мир, 1977.
27. Ленк Дж. Электронные схемы. Практическое руководство. – М.: Мир, 1985.
28. Энгельс Ф. Анти-Дюринг. – М.: ИШЛ, 1973.
29. Ланнэ А.А. Оптимальный синтез линейных электронных схем. – М.: Связь, 1978.
30. Нестеренко Б.К. Интегральные операционные усилители. – М.: Энергоиздат, 1982.
31. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. Т.1. – М.: Мир, 1983.
32. Зотов М.Г. Алгоритмы конструирования управляющих устройств. – М.: МИЭМ, 1991.
33. Зотов М.Г. Многокритериальное конструирование систем управления. – М.: МИЭМ, 1992.
34. Фишер Дж., Гетланд Х.Б. Электроника – от теории к практике. – М.: Энергия, 1980.
35. Мишин Г.Т. Естественно-научные основания аналоговой электроники. – М.: МИЭМ, 2003.
36. Мишин Г.Т. Универсальные аналоговые программируемые ИС. – ЭЛЕКТРОНИКА: наука, технология, бизнес, 2004, №4, с. 26–30.
37. Адаптивные фильтры/Под ред. К.Ф.Н. Коузна и П.М. Гранта. – М.: Мир, 1988.
38. Хьюлсман Л.П. Активные фильтры. – М.: Мир, 1972.
39. Su, K.L. Analog Filters, Chapman&Hall, London, 1996.
40. Johns, D.A., Snelgrove, W.M., and Sedra, A.S. Orthonormal Ladder Filters. – IEEE Transactions on circuits and systems. March 1989, vol. 36, no. 3, pp. 337–343.
41. Johns, D.A., Snelgrove, W.M., and Sedra, A.S. Continuous-Time LMS Adaptive Recursive Filters. IEEE Transactions on circuits and systems. July 1991, vol.38, no. 7, pp. 769–778.
42. Aiella, S.R. and Cornett, P. Continuous-time adaptive recursive and nonrecursive filters. Proceedings of IEEE Southeastcon 93, April 1993.
43. Parikh, D. and Ahmed, N. On an Adaptive Algorithm for IIR Filters, Proceedings IEEE, May 1978, vol. 65, №5, pp. 585 – 587.
44. Мишин Г.Т. Новый ряд элементарных звеньев для проектирования линейных динамических систем. – Наукоемкие технологии, 2004, т. 5, № 2–3, с. 85–97.
45. Мишин Г.Т. Новые решения в аналоговой микроэлектронике. – Технология приборостроения, 2003, №4(8), с. 33–45.