

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Арутюнов П. А. Теория и применение алгоритмических измерений

МОСКВА

ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ 1990

Рецензент В. Г. Домрачев
Редактор В. И. Петухова

Изложены современные методы и алгоритмы аппаратно-программной реализации цифровых алгоритмических измерений, закладываемых на стадии создания информационно-измерительных систем и цифровой аппаратуры. Рассмотрен комплекс вопросов теории проектирования функциональных шкал для физических измерений и шкал метрологического кодирования информации, реализуемых на сигнальных микропроцессорах.

Для инженеров-проектировщиков устройств цифровой обработки измерительной информации с использованием микропроцессорной техники.

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

Содержание книги Теория и применение алгоритмических измерений

Предисловие
Введение

Глава 1. Алгоритмические измерения

- 1.1. Вводные замечания
- 1.2. Развитие понятий числа и измерения величин
- 1.3. Теория шкал и алгоритмические измерения
- 1.4. Алгоритмы измерения в номинальной шкале, аддитивной и порядка
- 1.5. Моделирование цифровых алгоритмических измерений
- 1.6. Эквивалентность между фильтрацией и алгоритмическим измерением
- 1.7. Моделирование сигналов. Дискретизация

Глава 2. Цифровые фурье-шкалы

- 2.1. Вводные замечания
- 2.2. Преобразования Фурье для периодических, непериодических и цифровых функций
- 2.3. Алгоритмическая структура цифровой фурье-шкалы
- 2.4. Варианты организации параллельной алгоритмической структуры быстрого преобразования Фурье
- 2.5. Шкала измерения спектра мощности, амплитудного и фазового спектра

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- 2.6. Фурье-шкалы для характеристик дискретного стационарного случайного процесса
- 2.7. Шкалы для кратковременного фурье-анализа
- 2.8. Фурье-шкалы с использованием модулярной арифметики

Глава 3. Цифровая свертка и корреляция

- 3.1. Вводные замечания
- 3.2. Операторы свертки и обратной свертки
- 3.3. Решение оригинальных алгебраических уравнений
- 3.4. Приложение к электронным схемам
- 3.5. Круговая (периодическая) свертка
- 3.6. Линейная свертка конечных последовательностей
- 3.7. Секционированные свертки
- 3.8. Корреляционная свертка
- 3.9. Вычисление сверток с использованием китайской теоремы об остатках
- 3.10. Алгоритмы вычисления коротких сверток и произведения полиномов
- 3.11. Вычисление сверток с использованием теоретико-числовых преобразований

Глава 4. Формальное описание цифровой шкалы и объекта измерения

- 4.1. Вводные замечания
- 4.2. Абстрактная модель шкалы
- 4.3. Топологическая модель шкалы
- 4.4. Конкретная модель шкалы
- 4.5. Описание обратимой шкалы
- 4.6. Вероятностное описание топологической модели шкалы
- 4.7. Описание топологии шкалы на нечетких графах
- 4.8. Описание топологии шкал второй категории
- 4.9. Статистические свойства нечетких структурных чисел
- 4.10. Описание топологии шкал системными структурными числами
- 4.11. Основные принципы преобразования планарной шкалы в цилиндрическую

Глава 5. Алгебротопологические структуры цифровой измерительной шкалы

- 5.1. Вводные замечания
- 5.2. Матричное представление цифровых цепей в терминах сигнального графа
- 5.3. Структура матрицы $T(z)$ и вычисление ее определителя
- 5.4. Вычисление определителя матрицы $T(z)$ топологическим путем
- 5.5. Связь между коэффициентами пропускания цепи и коэффициентами фильтра
- 5.6. Общие свойства цифровых цепей
- 5.7. Машинный анализ цифровых цепей
- 5.8. Потенциальный параллелизм, внутренне присущий структурам

Глава 6. Анализ точности и чувствительности цифровых цепей

- 6.1. Вводные замечания
- 6.2. Погрешности квантования в цифровых цепях
- 6.3. Погрешности квантования при описании цифровой цепи сигнальным графом
- 6.4. Общее уравнение погрешностей цифровой цепи
- 6.5. Модели чувствительности первого порядка
- 6.6. Модели чувствительности высших порядков
- 6.7. Отношение сигнал/шум для цифрового фильтра

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- 6.8. Синтез цифровых шкал с минимальной чувствительностью
- 6.9. Описание алгоритма расчета АЧХ и ФЧХ цифрового фильтра второго порядка.
Численный пример

Глава 7. Алгоритмы и элементная база шкалы метрологического кодирования

- 7.1. Вводные замечания
- 7.2. Сбор данных
- 7.3. Цифровое представление информации
- 7.4. Системы счисления с иррациональными основаниями
- 7.5. Общий алгоритм метрологического кодирования
- 7.6. Спектральная модель цифрового метрологического кодирования
- 7.7. Тенденции развития ЦАП и АЦП

Глава 8. Цифровые сигнальные микропроцессоры—элементная база цифровой измерительной шкалы

- 8.1. Вводные замечания
 - 8.2. Основные понятия, связанные с цифровым преобразованием аналогового сигнала
 - 8.3. Алгоритмические структуры сигнальных микропроцессоров
 - 8.4. Аппаратная реализация и программные средства
 - 8.5. Сигнальные микропроцессоры как универсальное средство измерения
- Список литературы

ПРЕДИСЛОВИЕ

В книге обоснованы новые научно-технические направления, связанные с развитием теории и практики цифровых алгоритмических измерений в БИС-сигнальных микропроцессорах (скалярных и векторных) и объединяющие три аспекта—проектирование, моделирование и измерение.

С момента появления первого однокристалльного сигнального микропроцессора (СМП) в 1979 г. фирмы Intel разработчики электронной аппаратуры убедились в том, что новый прибор открыл большие возможности и перспективы для решения проблемы комплексной микроминиатюризации аналоговой и цифровой электронной аппаратуры. Ведущие полупроводниковые фирмы, демонстрируя возможности технологии, предлагали различные варианты СМП, которые в основном отличались большим быстродействием и разнообразной архитектурой. Однако это развитие шло и продолжает идти без какой-либо системности путем слепого переноса достигнутого «сервиса» обычных ЭВМ на кристалл, и подчиняясь жесткой конкуренции мирового рынка. Под термином СМП иногда понимают комплексы аппаратурных, технологических и программных средств, применяемых для получения полезной информации при скалярной, векторной и систолической обработке сигналов.

Эти комплексы дополняются другой аппаратурой, предназначенной для автоматизации проектирования алгоритмов обработки сигналов и программирования конкретных задач, решаемых при помощи СМП.

Автор подошел к описанию СМП с более общих позиций, которые заключаются в следующем. Модель функционирования СМП описана как абстрактная измерительная система, характеризующаяся тем, что аналоговый сигнал в реальном времени обрабатывается

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

путем функционального измерения его свойств по алгоритму, реализуемому аппаратурно-программными средствами на базе определенных алгоритмических структур-сигнальных графов и модулярной арифметики. При этом система включает в себя шкалу метрологического кодирования (ШМК), цифровую измерительную шкалу (ЦИШ) и программную память коэффициентов—цифровых эталонов, которые представляют собой метрологически кодированные операнды, используемые в вычислительном процессе и именуемые в книге просто «пунктами» ЦИШ.

Фундаментальные исследования в области СМП в режиме реального времени, проводимые в нашей стране и за рубежом, требуют совершенствования не только техники и технологии их изготовления, но и математического аппарата их описания, так как СМП являются проблемно-ориентированными средствами микроэлектроники. Несмотря на уже десятилетнюю историю развития СМП, пока еще отсутствует общепризнанная теория их описания, поэтому приведенные в книге исследования автора представляют одну из первых попыток в этой области.

В основу книги положены лекции, которые автор читал в течение последних 10 лет студентам, а также на факультете повышения квалификации МИЭМ. Главное и основное внимание обращено на описание математического аппарата и методов, используемых для проектирования ЦИШ, ее программно-аппаратной реализации и методов моделирования аналоговых функций РЭА.

Данный материал согласуется с работами ученых, занимающихся проблемами теории измерения (А. Н. Колмогорова, Н. В. Хованова, А. П. Стахова, Я. Яворского, И. Пфанцгля, Д. Гофмана, В. Г. Кнорринга, С. Стивенса, Д. Зинеса, В. Торгенсо-на и др.). Современный этап развития теории цифровых алгоритмических измерений (ЦАИ) пока еще не позволяет дать ее исчерпывающее описание. Однако автор полагает, что наступило время сделать обобщение полученных к настоящему времени результатов. Цель такого обобщения может состоять только в том, чтобы стимулировать дальнейшие исследования этого складывающегося научно-технического направления, показать применение математических методов для построения теоретических основ проектирования ЦИШ для СМП и указать пути их практической реализации, рассмотреть вопросы метрологического обеспечения СМП.

Автор выражает глубокую благодарность лауреату Государственной премии Латв. ССР, главному конструктору первого отечественного однокристалльного СМП Г. Ф. Страутманису, который с первых дней разработки привлекал автора к решению рассматриваемых в книге вопросов и способствовал их внедрению. Автор признателен лауреату Государственной премии СССР, доктору техн. наук В. Г. Домрачеву и Б. Е. Редькину за ряд полезных советов и замечаний при подготовке рукописи к печати, а также Е. П. Арутюнову за помощь, оказанную в подборе литературных источников. Прикладные вопросы написаны с участием В. Л. Дшхуняна и учеников автора: В. А. Емельяненко, В. П. Давыдова, А. Л. Белостоцкого, А. А. Кирюшина.

Автор

ВВЕДЕНИЕ

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Важной тенденцией, наметившейся в электронной промышленности в последнее время, является комплексное проектирование средств связи и обработка данных. До конца столетия она займет господствующее положение. Новая тенденция уже получила название «телематика», означающее союз между техникой связи и автоматической обработкой данных. Именно благодаря этому союзу и успехам в полупроводниковой технологии в конце 70-х годов на мировом рынке появились первые разработки однокристалльных БИС-сигнальных микропроцессоров [174]. Уже первые СМП убедили разработчиков радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) в том, что новый прибор открыл большие перспективы для решения проблемы комплексной микроминиатюризации аналоговой и цифровой электронной аппаратуры.

Особенность СМП—цифровая обработка аналоговых сигналов в реальном времени. Сигнальные микропроцессоры используют для генерирования колебаний, модуляции, фильтрации, смешивания сигналов, кодирования и декодирования в реальном времени. В перечень возможностей СМП входят также анализ и синтез речи, быстрое преобразование Фурье (БПФ), спектральный и кепстральный анализ и другие специальные функции, требующие большого объема вычислительной работы. Такая организация СМП существенно отличает их от микропроцессоров (МП) общего назначения и обеспечивает исключительно высокую воспроизводимость цифрового моделирования характеристик от прибора к прибору, недоступную до сих пор для аналоговой техники. Есть, правда, кое-что и общее: он тоже обрабатывает данные, поступающие от обычного АЦП, и выдает результаты на выходной ЦАП. Однако вычисления, осуществляемые в СМП, как будет показано ниже, совсем непохожи на вычисления при обычной обработке данных.

[Скачать книгу Арутюнов П. А. Теория и применение алгоритмических измерений.](#)
Москва, Издательство Энергоатомиздат, 1990