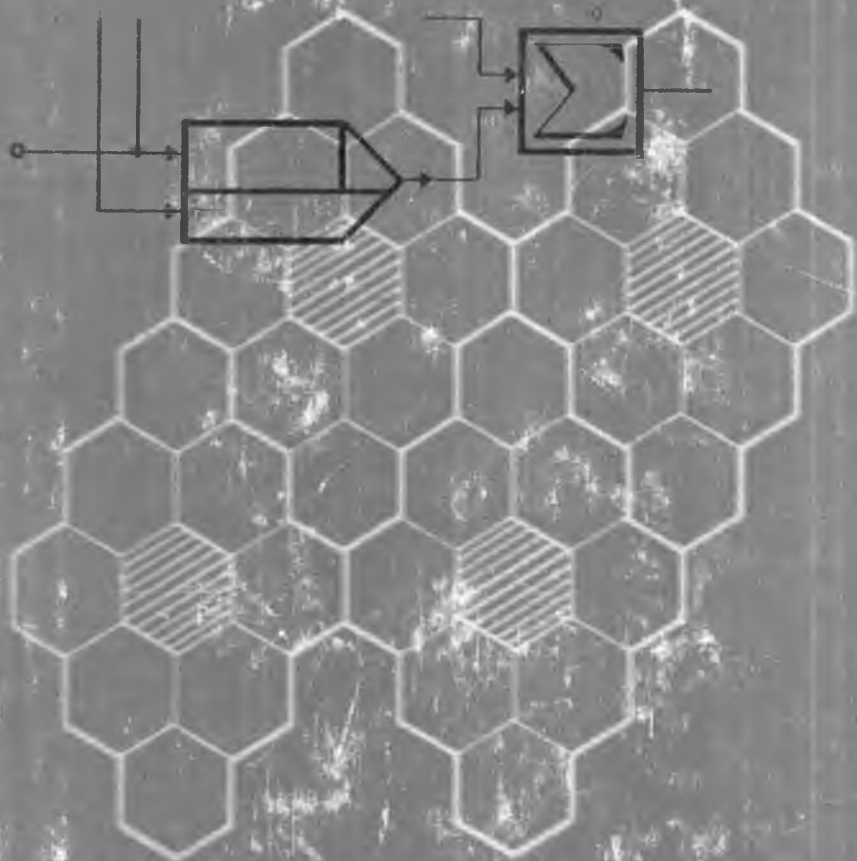


А. В. КАЛЯЕВ

ТЕОРИЯ ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРИРУЮЩИХ МАШИН И СТРУКТУР

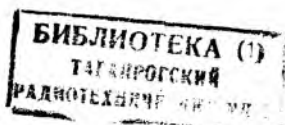


А. В. КАЛЯЕВ

ТЕОРИЯ ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРИРУЮЩИХ МАШИН И СТРУКТУР



«СОВЕТСКОЕ РАДИО» МОСКВА — 1970



Каляев А. В. Теория цифровых интегрирующих машин и структур. М., «Советское радио», 1970, 472 стр., т. 6300 экз., ц. 1 р. 54 к.

Излагается теория цифровых интегрирующих машин (ЦИМ). Рассматриваются уравнения Шеннона, реализуемые в ЦИМ, и методы численного интегрирования по Стильтесу, на основе которых строятся быстродействующие цифровые интеграторы, работающие с высокой точностью. Исследуется процесс квантования в ЦИМ. Анализируются погрешности метода и квантования. Рассматриваются возможности построения ЦИМ с плавающей запятой. Излагаются алгоритмы решающих блоков ЦИМ.

На основе разработанной теории формулируются принципы построения ЦИМ различных типов: экстраполяционных и интерполяционных, последовательных и параллельных, работающих с много-разрядными и одноразрядными приращениями, имеющих фиксированную и плавающую запятыю.

Рассматриваются принципы построения однородных цифровых интегрирующих структур.

Монография предназначена для научных работников и инженеров, ведущих исследования в области кибернетики, вычислительной техники и автоматического управления, а также для студентов соответствующих специальностей.

14 табл., 165 илл., библи. 229 назв.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1. Проблемы цифрового моделирования и управления в реальном масштабе времени	3
2. О возможности применения цифровых интегрирующих машин для управления и моделирования в реальном масштабе времени	7
3. Методы повышения быстродействия и точности цифровых интегрирующих машин	9
4. Основные принципы построения современных цифровых интегрирующих машин	12
5. Основные типы и структура цифровых интегрирующих машин	17
6. О сравнении характеристик ЦИМ и ЦВМ	24

Глава 1

УРАВНЕНИЯ ШЕННОНА

1. Представление обыкновенных дифференциальных уравнений в нормальной форме и в форме уравнений Шеннона	27
2. Способы записи уравнений Шеннона	30
3. Основные свойства уравнений Шеннона	37
4. Образование функциональных зависимостей с помощью уравнений Шеннона	39
5. Переход от функций к порождающим уравнениям Шеннона	49
6. О замене систем обыкновенных дифференциальных уравнений эквивалентными системами уравнений Шеннона	56
7. Методы перехода от произвольных систем обыкновенных дифференциальных уравнений к системам уравнений Шеннона	59

Глава 2

МЕТОДЫ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ ПО СТИЛЬТЭСУ

1. Особенности численного интегрирования уравнений Шеннона	63
2. Численное интегрирование по Стильтесу	64
3. Погрешность метода при численном интегрировании по Стильтесу	68
4. Оптимальные формулы численного интегрирования по Стильтесу	71
5. Интерполяционные разностные формулы численного интегрирования по Стильтесу	75

6. Частные интерполяционные формулы численного интегрирования по Стильтесу	81
7. Интерполяционные формулы Адамса как частный случай интерполяционных разностных формул численного интегрирования по Стильтесу	85
8. Экстраполяционные разностные формулы численного интегрирования по Стильтесу	87
9. Частные экстраполяционные формулы численного интегрирования по Стильтесу	91
10. Экстраполяционные формулы Адамса как частный случай экстраполяционных разностных формул численного интегрирования по Стильтесу	94
11. Интерполяционные формулы численного интегрирования по Стильтесу на основе первых разностей	96
12. Экстраполяционные формулы численного интегрирования по Стильтесу на основе первых разностей	104
13. Двухшаговые разностные интерполяционные формулы численного интегрирования по Стильтесу	109
14. Двухшаговые экстраполяционные формулы численного интегрирования по Стильтесу	119
15. Формулы численного интегрирования уравнений Шеннона на основе разделенных разностей	122
16. Разностные схемы, моделирующие систему уравнений Шеннона	131
17. Условия справедливости формул численного интегрирования по Стильтесу	134

Глава 3

КВАНТОВАНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ И ФУНКЦИЙ В ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРИРУЮЩИХ МАШИНАХ

1. Особенности квантования переменных в цифровых интегрирующих машинах	138
2. Элементарные дискретные функции	140
3. Функция расчленения	149
4. Квантование одномерных непрерывных числовых множеств	155
5. Элементарные математические операции на квантованных множествах	168
6. Квантование непрерывных многомерных множеств	171
7. Квантование непрерывных функций одной переменной	175
8. Алгоритмы квантования непрерывных функций одной переменной	182
9. Квантование непрерывных функций многих переменных	191

Глава 4

ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ ПО СТИЛЬТЕСУ ПРИ КВАНТОВАНИИ ПЕРЕМЕННЫХ

1. Квантование приращений и погрешность квантования первого рода	195
2. Алгоритмы квантования приращений	204
3. Формулы численного интегрирования по Стильтесу при квантовании приращений	214

4. Погрешность квантования второго рода при численном интегрировании по Стильтесу	215
5. О рациональном соотношении между погрешностями метода и квантования	222
6. Особенности численного интегрирования по Стильтесу при одноразрядных и многоразрядных приращениях	226
7. Оценка погрешностей метода и квантования ЦДА с одноразрядными приращениями	230

Глава 5

РАЗНОСТНО-КВАНТОВАННЫЕ СХЕМЫ ИНТЕГРИРОВАНИЯ УРАВНЕНИЙ ШЕННОНА

1. Разностно-квантованные уравнения	232
2. Вырождение решения разностно-квантованных уравнений	234
3. Локальное и глобальное вырождение решения разностно-квантованных уравнений	238
4. Разностно-квантованные уравнения с остатками	241
5. Экстраполяционные и интерполяционные разностно-квантованные схемы интегрирования уравнений Шеннона	241
6. Параллельные и последовательные разностно-квантованные схемы численного интегрирования уравнений Шеннона	247
7. Разностно-квантованные схемы интегрирования уравнений Шеннона при одноразрядных приращениях	252

Глава 6

О РАБОТЕ ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРИРУЮЩИХ МАШИН НА НАЧАЛЬНОМ УЧАСТКЕ

1. Особенности численного интегрирования уравнений Шеннона на начальном участке	256
2. Определение начального вектора приращений интегралов	257
3. Определение начальных векторов приращений методом прямоугольников	260
4. Определение начальных векторов приращений методом итераций	263
5. Определение начальных векторов приращений экстраполяционным методом	266

Глава 7

ОБЩАЯ ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРИРУЮЩИХ МАШИН

1. Внутренняя дифференциальная погрешность цифровых интеграторов	269
2. Внутренняя интегральная погрешность изолированного цифрового интегратора	274
3. Погрешность экстраполяторов приращений	275
4. Погрешность сумматоров приращений	280
5. Эквивалентная схема замещения реального интегратора	282
6. Погрешности многоразрядных цифровых интегрирующих машин на большом интервале интегрирования	285
7. Погрешности одноразрядных цифровых интегрирующих машин на большом интервале интегрирования	297

8. Исследование погрешностей цифровых интегрирующих машин с помощью ЦИМ	298
9. Погрешности воспроизведения в ЦИМ функциональных зависимостей	300
10. О вычислении погрешностей квантования ЦИМ	303

Глава 8

КОДИРОВАНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ И ПРИРАЩЕНИЙ В ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРИРУЮЩИХ МАШИНАХ

1. Системы приращений в цифровых интегрирующих машинах	311
2. Кодирование переменных и приращений в ЦИМ при полноразрядных и многоразрядных приращениях	314
3. Кодирование переменных и приращений при тернарной системе	316
4. Кодирование переменных и приращений при бинарной системе	318
5. Кодирование переменных и приращений при показательной системе	326

Глава 9

ЦИФРОВЫЕ ИНТЕГРИРУЮЩИЕ МАШИНЫ С ФИКСИРОВАННОЙ И ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ.

1. Цифровые интеграторы с фиксированной запятой	333
2. Масштабирование переменных и согласование работы интеграторов в ЦИМ с фиксированной запятой	337
3. Цифровые интеграторы с плавающей запятой	352
4. Согласование работы интеграторов в цифровых интегрирующих машинах с плавающей запятой	355

Глава 10

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ В ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРИРУЮЩИХ МАШИНАХ

1. Расширение возможностей и улучшение характеристик ЦИМ с помощью дополнительных операций	363
2. Операция умножения приращений	364
3. Интегральный метод слежения в ЦИМ	369
4. Алгоритм дифференцирования для многоразрядных ЦИМ	375
5. Алгоритм дифференцирования для одноразрядных ЦИМ	378
6. Оценка точности операции дифференцирования	379

Глава 11

СТРУКТУРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРИРУЮЩИХ МАШИН

1. Вычислительные машины с программируемой структурой	384
2. Экстраполяционные параллельные ЦИМ	386
3. Экстраполяционные последовательные ЦИМ	390
4. Интерполяционные последовательные и параллельные ЦИМ	392
5. Цифровые интегрирующие машины, работающие с одноразрядными приращениями (ЦДА)	396

6. Сравнение характеристик различных типов ЦИМ по точности и быстродействию	398
7. Оптимальные формулы численного интегрирования по Стилтъесу с точки зрения точности, быстродействия и затрат оборудования	402
8. О сравнении характеристик ЦИМ и ЦВМ по точности и быстродействию	404

Глава 12

ОДНОРОДНЫЕ ЦИФРОВЫЕ ИНТЕГРИРУЮЩИЕ СТРУКТУРЫ

1. Однородные структуры на основе универсальных цифровых интеграторов и элементарных коммутаторов	407
2. Методы коммутации интеграторов в однородных структурах	414
3. Оценка числа задач, реализуемых в однородных интегрирующих структурах	419
4. Программирование однородных цифровых интегрирующих структур	426
5. О перестройке однородных цифровых интегрирующих структур	444
Л и т е р а т у р а	448
Предметный указатель	461