

В. В. САПОЖНИКОВ
Вл. В. САПОЖНИКОВ
Д. В. ЕФАНОВ

КОДЫ С СУММИРОВАНИЕМ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

В двух томах

Том 2

**Взвешенные коды
с суммированием**

МОСКВА НАУКА 2021

УДК 681.518.5:004.052.32

ББК 32.965-04

С19

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *А.Ю. Матросова*,
доктор технических наук, профессор *С.В. Микони*,
доктор технических наук, профессор *Д.В. Сперанский*

Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Ефанов Д.В.

Коды с суммированием для систем технического диагностирования : в 2 т. / В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, Д.В. Ефанов. — М. : Наука, 2020 — 2021. — ISBN 978-5-02-040769-5

Т. 2 : Взвешенные коды с суммированием. — 2021. — 455 с. — ISBN 978-5-02-040834-0

В книге рассматриваются коды с суммированием, при построении которых предварительно устанавливается неравноправие между разрядами информационных векторов. Такие коды получаются путем взвешивания числами из натурального ряда разрядов либо переходов от разряда к разряду в информационных векторах. Приводятся оригинальные способы построения взвешенных кодов с суммированием, а также подробно описаны характеристики обнаружения ошибок в информационных векторах при безошибочности контрольных разрядов. Такая задача возникает при синтезе контролепригодных дискретных систем и их диагностического обеспечения.

Для разработчиков контролепригодных дискретных систем и их диагностического обеспечения, а также систем автоматизированного проектирования логических устройств автоматики и вычислительной техники.

ISBN 978-5-02-040769-5

ISBN 978-5-02-040834-0 (т. 2)

© Сапожников В.В., Сапожников Вл.В.,
Ефанов Д.В., 2021

© ФГУП Издательство «Наука», редакционно-издательское оформление,
2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Вступительное слово (П.П. Пархоменко).....	3
Предисловие.....	5
Введение.....	8
Глава 1. Методы улучшения характеристик обнаружения ошибок кодами с суммированием.....	10
1.1. Обнаружение ошибок кодами с суммированием.....	10
1.2. Установление неравноправия между разрядами информационных векторов.....	14
1.3. Классификация взвешенных кодов с суммированием.....	17
Глава 2. Коды с суммированием единичных и одного взвешенного информационных разрядов.....	20
2.1. Принципы построения кодов с суммированием единичных и одного взвешенного разрядов.....	20
2.2. Коды с суммированием с одним взвешенным разрядом.....	23
2.2.1. Особенности построения кодов с суммированием с одним взвешенным разрядом.....	23
2.2.2. Характеристики обнаружения ошибок кодами с суммированием с одним взвешенным разрядом.....	26
2.2.3. Синтез контрольного оборудования.....	43
2.2.4. Экспериментальные результаты.....	52
2.3. Модульные коды с суммированием с одним взвешенным разрядом.....	64
2.3.1. Многообразие модульных кодов с суммированием с одним взвешенным разрядом.....	64
2.3.2. Коды с суммированием с одним взвешенным разрядом в кольце вычетов по модулю кода Бергера.....	68
2.3.3. Экспериментальные результаты.....	93
2.4. Коды с суммированием с одним взвешенным разрядом в кольце вычетов по произвольному модулю.....	96
2.4.1. Коды с суммированием с одним взвешенным разрядом в кольце вычетов по модулю-степени числа «два».....	96
2.4.2. Коды с суммированием с одним взвешенным разрядом в кольце вычетов по произвольному модулю.....	113
2.4.3. Экспериментальные результаты.....	119
2.4.4. Модифицированные модульные коды с суммированием с одним взвешенным разрядом.....	123

Глава 3. Коды с суммированием произвольных весовых коэффициентов единичных информационных разрядов	125
3.1. Варианты взвешивания разрядов при построении кода.....	125
3.2. Характеристики обнаружения ошибок взвешенными кодами с суммированием	127
3.2.1. Особенности построения кодов с суммированием с произвольными весовыми коэффициентами разрядов информационных векторов	127
3.2.2. Характеристики обнаружения ошибок взвешенными кодами с суммированием с произвольными весовыми коэффициентами разрядов информационных векторов	130
3.3. Взвешенные коды с суммированием с избыточностью классического кода Бергера	133
3.4. Модифицированные коды с суммированием с произвольными весовыми коэффициентами с минимальным общим числом необнаруживаемых ошибок.....	155
3.5. Универсальный метод построения кода с обнаружением любых ошибок с нечетными кратностями.....	162
3.6. Методы синтеза контрольного оборудования	164
3.6.1. Синтез кодеров взвешенных кодов с суммированием	164
3.6.2. Синтез кодеров модульных взвешенных кодов с суммированием.....	171
3.6.3. Синтез кодеров модифицированных взвешенных кодов с суммированием.....	172
3.7. Экспериментальные результаты	175
Глава 4. Коды с суммированием с весовыми коэффициентами, образующими натуральный ряд	184
4.1. Выбор последовательности весовых коэффициентов при построении кода.....	184
4.2. Коды с суммированием с последовательностью весовых коэффициентов, образующей натуральный ряд чисел	186
4.2.1. Код с суммированием по максимальному модулю	186
4.2.2. Модульный код с суммированием с последовательностью весовых коэффициентов, образующей натуральный ряд чисел.....	196
4.2.3. Модификации кодов с суммированием с последовательностью весовых коэффициентов, образующей натуральный ряд чисел	207
4.2.4. Общие подходы к синтезу контрольного оборудования для кодов с суммированием с последовательностью весовых коэффициентов, образующей натуральный ряд.....	218
4.2.5. Экспериментальные результаты	227
4.3. Взвешенные коды с суммированием без использования операции переноса старшего разряда суммы	230

4.3.1. Принципы построения взвешенного кода с суммированием без использования операции переноса.....	230
4.3.2. Характеристики обнаружения ошибок взвешенными кодами с суммированием без использования операции переноса	232
4.3.3. Экспериментальные результаты	239

Глава 5. Коды с суммированием взвешенных коэффициентов переходов от разряда к разряду в информационном векторе	246
5.1. Особенности построения кода с суммированием взвешенных коэффициентов переходов.....	246
5.2. Коды с суммированием коэффициентов переходов от разряда к разряду с последовательностью весовых коэффициентов, образующей натуральный ряд чисел	248
5.2.1. Коды с суммированием по максимальному модулю.....	248
5.2.2. Код с суммированием с последовательностью весовых коэффициентов, образующей натуральный ряд чисел, с избыточностью кода Бергера	261
5.2.3. Коды с суммированием взвешенных переходов с фиксированным числом контрольных разрядов.....	273
5.2.4. Модифицированные коды с суммированием взвешенных переходов с последовательностью весовых коэффициентов, образующей натуральный ряд чисел	292
5.2.5. Общие подходы к синтезу контрольного оборудования кодов с суммированием с установленными последовательностями весовых коэффициентов	304
5.2.6. Экспериментальные результаты	306
5.3. Коды с суммированием коэффициентов переходов от разряда к разряду с последовательностью весовых коэффициентов, образующей ряд возрастающих степеней числа «два»	310
5.3.1. Код с суммированием взвешенных переходов с весовыми коэффициентами, образующими ряд возрастающих степеней числа «два»	310
5.3.2. Модифицированный код с суммированием взвешенных переходов с весовыми коэффициентами, образующими ряд возрастающих степеней числа «два»	317
5.4. Коды с перестановками	330
5.4.1. Построение кодов с перестановками.....	330
5.4.2. Особенности кодов с перестановками	336
5.4.3. Повторные перестановки.....	342
5.4.4. Экспериментальные результаты	345
Глава 6. Двухмодульные взвешенные коды с суммированием	353
6.1. Полимодульные взвешенные коды	353
6.2. Особенности двухмодульных взвешенных кодов с суммированием	354

6.2.1. Общие принципы построения двухмодульных кодов с взвешенными разрядами	354
6.2.2. Двухмодульные взвешенные коды с суммированием в кольце вычетов по модулю $M = 4$ с одним взвешенным разрядом в каждом из подмножеств информационных разрядов.....	357
6.3. Синтез кодеров двухмодульных взвешенных кодов с суммированием.....	372
6.4. Результаты экспериментов с набором контрольных комбинационных схем	377
6.5. Модификации двухмодульных кодов с суммированием	384
Глава 7. Использование взвешенных кодов с суммированием при организации систем с обнаружением неисправностей	389
7.1. Организация систем с обнаружением неисправностей на основе избыточных кодов.....	389
7.2. Синтез дискретных устройств с обнаружением неисправностей на основе разделения выходов блоков на группы.....	391
7.3. Синтез дискретных устройств с обнаружением неисправностей на основе поиска специальных групп выходов.....	399
7.3.1. Виды функциональной зависимости между выходами блоков дискретных устройств	399
7.3.2. Универсальная структура для синтеза дискретных устройств с обнаружением неисправностей.....	408
7.4. Использование кодов с суммированием с одним взвешенным информационным разрядом при построении устройств с обнаружением неисправностей.....	413
7.5. Подбор весовых коэффициентов при выборе способа построения кода с суммированием с учетом особенностей схемы контролируемого устройства	419
7.6. Использование модифицированных взвешенных кодов с суммированием при построении устройств с обнаружением неисправностей.....	423
Заключение.....	426
Условные обозначения	428
Литература.....	435
Предметный указатель.....	445