

# Краткое оглавление

<b>Введение</b> .....	3
<b>Предупреждения</b> .....	40
<b>Благодарности</b> .....	41
<b>Адреса для переписки</b> .....	41
<b>Глава 1. РАБОТА С MATLAB И SIMULINK</b> .....	43
<b>Глава 2. РАСЧЕТ ЦЕПЕЙ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФИЛЬТРАЦИЯ СИГНАЛОВ</b> .....	119
<b>Глава 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФИЛЬТРАЦИЯ СИГНАЛОВ</b> .....	253
<b>Глава 4. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФИЛЬТРОВ</b> .....	315
<b>Глава 5. ВЕЙВЛЕТЫ В ПАКЕТЕ WAVELET TOOLBOX</b> .....	413
<b>Глава 6. ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТОВ</b> .....	505
<b>Глава 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЧАСТОТНЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ ЦЕПЕЙ И УСТРОЙСТВ</b> .....	595
<b>Глава 8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ</b> .....	675
<b>Глава 9. МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ</b> .....	801
<b>Глава 10. РАБОТА MATLAB С ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ</b> .....	881
<b>Список литературы</b> .....	970

# Оглавление

<b>Введение</b> .....	33
<b>Предупреждения</b> .....	40
<b>Благодарности</b> .....	41
<b>Адреса для переписки</b> .....	41
<b>Глава 1. Работа с MATLAB и SIMULINK</b> .....	43
1.1. Назначение и особенности системы MATLAB .....	44
1.1.1. Назначение системы MATLAB .....	44
1.1.2. Особенности версии MATLAB 7.* + Simulink 6.* / 7.* .....	45
1.1.3. Особенности реализации версий MATLAB R2007a,b .....	46
1.1.4. Особенности реализации версий MATLAB R2008a,b .....	47
1.1.5. Особенности реализации версии MATLAB R2009a .....	47
1.2. Установка и файловая система MATLAB 7.* .....	48
1.2.1. Системные требования к установке .....	48
1.2.2. Инсталляция системы MATLAB R2007 .....	49
1.2.3. Инсталляция системы MATLAB R2008/R2009 .....	51
1.2.4. Файловая система MATLAB .....	53
1.3. Общие возможности MATLAB .....	53
1.3.1. Интеграция с другими программными системами .....	53
1.3.2. Ориентация на матричные операции .....	54
1.3.3. Расширяемость системы .....	55
1.3.4. Мощные средства программирования .....	56
1.3.5. Визуализация и графические средства .....	56
1.4. Начало работы с MATLAB R2008a .....	57
1.4.1. Запуск MATLAB и работа в режиме диалога .....	57
1.4.2. Классический интерфейс MATLAB .....	58
1.4.3. MATLAB в роли мощного научного калькулятора .....	59
1.4.4. Перенос строки в сессии .....	60
1.4.5. Запуск примеров применения MATLAB из командной строки .....	61

1.4.6. Ввод и вычисление математических выражений .....	62
<b>1.5. Типы данных .....</b>	<b>62</b>
1.5.1. Действительные числа и их форматы .....	62
1.5.2. Комплексные числа и функции работы с ними .....	63
1.5.3. Константы и системные переменные .....	64
1.5.4. Работа с массивами, векторами и матрицами .....	65
1.5.5. Текстовые комментарии .....	68
1.5.6. Переменные и работа с ними .....	68
1.5.7. Операторы и функции .....	69
1.5.8. Применение оператора : (двоеточие) числовой последовательности .....	71
1.5.9. Сообщения об ошибках и исправление ошибок .....	73
<b>1.6. Элементы программирования с среде MATLAB .....</b>	<b>74</b>
1.6.1. Функции пользователя .....	74
1.6.2. Управляющие структуры .....	75
1.6.3. Файлы-сценарии и файлы-функции .....	78
1.6.4. Основы работы с редактором файлов .....	81
<b>1.7. Операции с рабочей областью, текстом сессии и редактором m-файлов .....</b>	<b>82</b>
1.7.1. Дефрагментация рабочей области .....	82
1.7.2. Сохранение рабочей области сессии .....	83
1.7.3. Ведение дневника .....	83
1.7.4. Загрузка рабочей области сессии .....	85
1.7.5. Завершение вычислений и работы с системой .....	85
<b>1.8. Графика системы MATLAB .....</b>	<b>86</b>
1.8.1. Особенности графики системы MATLAB .....	86
1.8.2. Графики функций одной переменной .....	87
1.8.3. Построение графиков функций двух переменных (3D-типа) .....	89
1.8.4. Форматирования и редактирование графиков .....	92
<b>1.9. Специальные средства графики .....</b>	<b>97</b>
1.9.1. Обработка данных в графическом окне .....	97
1.9.2. Полиномиальная регрессия для табличных данных .....	97
1.9.3. Оценка погрешности аппроксимации .....	99

1.9.4. Расширенные возможности окна приближения кривых .....	101
1.9.5. Сплайновая и эрмитовая интерполяции в графическом окне .....	101
1.9.6. Графики разного типа в одном окне .....	103
1.9.7. Низкоуровневая дескрипторная графика .....	105
<b>1.10. Работа со справкой и демонстрационными примерами MATLAB .....</b>	<b>106</b>
1.10.1. Запуск справочной системы Help Desk .....	106
1.10.2. Работа с демонстрационными примерами .....	108
<b>1.11. Пакет блочного имитационного моделирования Simulink .....</b>	<b>109</b>
1.11.1. Доступ к пакету расширения Simulink .....	109
1.11.2. Построение диаграмм моделей в Simulink .....	111
1.11.3. Запуск моделей Simulink из среды MATLAB .....	114
1.11.4. Особенности интерфейса Simulink .....	114
1.11.5. Поиск и загрузка модели .....	115
1.11.6. Установка параметров компонентов модели и моделирования .....	116
1.11.7. Запуск процесса моделирования .....	118

<b>Глава 2. Расчет цепей и моделирование сигналов .....</b>	<b>119</b>
<b>2.1. Символьные расчеты простых электронных цепей .....</b>	<b>120</b>
2.1.1. Пакет символьной математики Symbolic Math Toolbox(tm) .....	120
2.1.2. Символьные функции и переменные .....	123
2.1.3. Символьные матричные операции .....	126
2.1.4. Символьные функции математического анализа .....	131
2.1.5. Символьные интегральные преобразования .....	138
2.1.6. Задачи на комбинированное соединение компонентов .....	143
2.1.7. Расчет передачи энергии от двух источников постоянного тока .....	144

2.1.8. Пример применения метода узловых потенциалов .....	145
2.1.9. Расчет мостовой схемы методом контурных токов .....	146
2.1.10. Примеры расчета цепей на переменном токе .....	147
2.1.11. Примеры расчета переходных процессов в <i>RC</i> -цепях .....	147
2.1.12. Применение интеграла Дюамеля .....	150
2.1.13. Расчет переходных процессов включения реле .....	151
2.1.14. Расчет и построение АЧХ и ФЧХ электрических цепей .....	152
<b>2.2. Представление сигналов и зависимостей .....</b>	<b>155</b>
2.2.1. Сигналы и их виды .....	155
2.2.2. Примеры моделирования сигналов средствами ядра MATLAB .....	157
2.2.3. Аппроксимация и интерполяция нелинейных зависимостей .....	161
2.2.4. Фурье-интерполяция периодических функций .....	168
2.2.5. Прохождение сигналов через искажающие устройства .....	169
2.2.6. Быстрые прямое и обратное преобразования Фурье ....	170
<b>2.3. Начало работы с пакетом Signal Processing Toolbox .....</b>	<b>175</b>
2.3.1. Назначение пакета Signal Processing Toolbox 6.0/6.1 ....	175
2.3.2. Общепринятые сокращения и условные обозначения ...	176
2.3.3. Установка пакета Signal Processing Toolbox .....	177
2.3.4. Информационная поддержка пакета Signal Processing Toolbox .....	178
<b>2.4. Работа с комплексными числами и массивами ....</b>	<b>181</b>
2.4.1. Вычисление модуля комплексного числа — <i>abs</i> .....	181
2.4.2. Вычисление фазы комплексного числа — <i>angle</i> .....	182
2.4.3. Группирование комплексных чисел — <i>sortpair</i> .....	182
2.4.4. Преобразование в инверсный битовый порядок — <i>bitrevorder</i> .....	183
2.4.5. Функция удаления элементов в массиве <i>downsample</i> ...	183
2.4.6. Добавление элементов в массив <i>upsample</i> .....	184
2.4.7. Дискретная фильтрация .....	185

<b>2.5. Функции Signal Processing для моделирования сигналов</b> .....	188
2.5.1. Косинусоида с переменной частотой — chirp .....	188
2.5.2. Функция Дирихле — diric .....	190
2.5.3. Синусоида, модулированная функцией Гаусса — gausspuls .....	191
2.5.4. Генерация Гауссового моноимпульса — gmonopuls .....	192
2.5.5. Генерация импульсов — pulstran .....	193
2.5.6. Генерация пилообразного или треугольного колебания — sawtooth .....	194
2.5.7. Функция sinc и интерполяция сигнала .....	195
2.5.8. Генерация прямоугольных импульсов — square .....	196
2.5.9. Генерация апериодических треугольных импульсов — tripuls .....	197
2.5.10. Управляемый напряжением источник — vco .....	198
<b>2.6. Функции задания окон</b> .....	199
2.6.1. Назначение окон .....	199
2.6.2. Задание окна Бартлетта — bartlett .....	200
2.6.3. Задание окна Блэкмана — blackman .....	200
2.6.4. Задание прямоугольного окна — boxcar .....	201
2.6.5. Задание окна Чебышева — chebwin .....	201
2.6.6. Задание окна Хэмминга — hamming .....	201
2.6.7. Задание окна Хэннинга — hanning .....	202
2.6.8. Задание окна Кайзера — kaizer .....	202
2.6.9. Создание треугольного окна — triang .....	203
2.6.10. Новые функции задания окон .....	203
2.6.11. Обобщенная функция задания окон — window .....	204
2.6.12. Построение графиков амплитудного спектра окон .....	204
2.6.13. Применение вьювера окон VWTTool .....	206
<b>2.7. Изменение частоты дискретизации сигналов</b> .....	206
2.7.1. Децимация — decimate .....	206
2.7.2. Интерполяция сигналов — interp .....	208
2.7.3. Рациональное изменение частоты дискретизации — resample .....	210
<b>2.8. Модуляция и демодуляция сигналов</b> .....	212

2.8.1. Создание модулированных сигналов — modulate .....	212
2.8.2. Демодуляция сигналов — demod .....	213
2.8.3. Пофрагментный вывод сигналов — strips .....	214
<b>2.9. Специальные операции с сигналами .....</b>	<b>215</b>
2.9.1. Создание буфера кадров сигнала — buffer .....	215
2.9.2. Свертка одномерных сигналов — conv .....	216
2.9.3. Операция, обратная свертке — deconv .....	217
2.9.4. Свертка двумерная и многомерная — conv2 и convn .....	217
2.9.5. Дискретные сфероидальные последовательности — dpss .....	217
<b>2.10. Дискретные быстрые преобразования Фурье .....</b>	<b>218</b>
2.10.1. Прямое одномерное дискретное БПФ — fft .....	218
2.10.2. Перегруппировка выходного массива преобразования Фурье — fftshift .....	220
2.10.3. Обратное одномерное дискретное БПФ — ifft .....	221
2.10.4. Матрица дискретного преобразования Фурье — dftmtx .....	221
2.10.5. Прямое и обратное двумерное БПФ — fft2 и ifft2 .....	222
<b>2.11. Специальные виды преобразования сигналов ...</b>	<b>223</b>
2.11.1. Прямое дискретное косинусное преобразование — dct .....	223
2.11.2. Обратное дискретное косинусное преобразование — idct .....	224
2.11.3. Z-преобразование по спиральному контуру — czt .....	224
2.11.4. Преобразование Гильберта — Hilbert .....	226
<b>2.12. Кепстральный анализ .....</b>	<b>227</b>
2.12.1. Комплексный кепстр действительной последовательности — sscps .....	227
2.12.2. Вещественный кепстр и минимально-фазовая реконструкция — rscps .....	228
2.12.3. Обратный комплексный кепстр — icscps .....	228
<b>2.13. Спектральный анализ дискретных сигналов .....</b>	<b>228</b>
2.13.1. Основы спектрального анализа дискретных сигналов .....	228
2.13.2. Параметры функций спектрального анализа .....	230

2.13.3. Метод Бурга — <code>pburg</code> .....	231
2.13.4. Ковариационный метод — <code>pcov</code> .....	233
2.13.5. Модифицированный ковариационный метод — <code>pmcov</code> .....	234
2.13.6. Многооконный метод — <code>pmtm</code> .....	234
2.13.7. Метод Уэлча — <code>pwelch</code> .....	235
2.13.8. Метод собственных значений — <code>peig</code> .....	237
2.13.9. Метод Юла-Уокера — <code>pyulear</code> .....	237
2.13.10. Метод классификации множественных сигналов — <code>pmusic</code> .....	238
2.13.11. Вычисление частот и мощностей по алгоритму MUSIC — <code>rootmusic</code> .....	239
2.13.12. Сравнение спектральных оценок разными методами .....	240
<b>2.14. Статистика сигналов</b> .....	<b>241</b>
2.14.1. Оценка КМК двух сигналов — <code>cohere</code> .....	241
2.14.2. Взаимная СПМ двух сигналов — <code>csd</code> .....	242
2.14.3. Вычисление корреляционной и ковариационной матриц — <code>corrcoef</code> и <code>cov</code> .....	244
2.14.4. Взаимная корреляционная функция — <code>xcorr</code> и <code>xcorr2</code> ...	244
2.14.5. Оценка матрицы автокорреляции — <code>corrmtx</code> .....	246
2.14.6. Взаимная ковариационная функция <code>xcov</code> .....	246
<b>2.15. Средства визуализации спектра сигналов</b> .....	<b>246</b>
2.15.1. Построение периодограмм — <code>periodogram</code> .....	246
2.15.2. Построение графиков спектральной плотности .....	247
2.15.3. Построение спектрограмм — <code>specgram</code> .....	248
2.15.4. Применение функции дискретного Фурье-преобразования <code>goertzel</code> .....	252

## **Глава 3. Моделирование и фильтрация**

<b>сигналов</b> .....	<b>253</b>
<b>3.1. Построение характеристик фильтров</b> .....	<b>254</b>
3.1.1. Классификация фильтров .....	254
3.1.2. Основные структуры фильтров .....	256
3.1.3. АЧХ аналогового фильтра — <code>freqs</code> .....	257



3.1.4. Формирование отсчетов частоты — <code>freqspace</code> .....	259
3.1.5. АЧХ цифрового фильтра — <code>freqz</code> .....	260
3.1.6. Коррекция фазового сдвига — <code>unwrap</code> .....	261
3.1.7. Групповое время задержки — <code>grpdelay</code> .....	262
3.1.8. Импульсная характеристика цифрового фильтра — <code>impz</code> .....	263
3.1.9. Построение частотных зависимостей — <code>freqzplot</code> .....	264
3.1.10. Построение нулей и полюсов — <code>zplane</code> .....	265
3.1.11. Вычисление второй нормы фильтра — <code>filternorm</code> .....	266
<b>3.2. Базовые функции фильтрации</b> .....	<b>267</b>
3.2.1. Дискретная одномерная фильтрация — <code>filter</code> .....	267
3.2.2. Дискретная двумерная фильтрация — <code>filter2</code> .....	269
3.2.3. Цифровая фильтрация без фазовых искажений — <code>filtfilt</code> .....	269
3.2.4. Цифровая фильтрация решетчатым фильтром — <code>latcfilt</code> .....	269
3.2.5. Одномерная медианная фильтрация — <code>medfilt1</code> .....	269
3.2.6. Фильтрация фильтром Савицкого-Голея — <code>sgolayfilt</code> ....	270
3.2.7. Фильтрация каскадным фильтром — <code>sosfilt</code> .....	271
<b>3.3. Преобразование описаний линейных систем</b> .....	<b>271</b>
3.3.1. Вычисление коэффициентов передаточной функции по коэффициентам решетчатого фильтра — <code>latc2tf</code> .....	271
3.3.2. Масштабирование корней полинома — <code>polyscale</code> .....	272
3.3.3. Стабилизация полинома — <code>polystab</code> .....	273
3.3.4. Разложение на простые дроби — <code>residuez</code> .....	273
3.3.5. Функции представления линейных систем в пространстве состояний .....	273
<b>3.4. Функции линейного предсказания</b> .....	<b>275</b>
3.4.1. Прямые функции предсказания .....	275
3.4.2. Обратные функции предсказания .....	276
<b>3.5. Параметрическое моделирование</b> .....	<b>276</b>
3.5.1. Расчет параметров линейной AP-модели методом Бурга — <code>arburg</code> .....	276
3.5.2. Другие функции расчета параметров AP-модели .....	277

3.6. Аналоговые НЧ-фильтры — прототипы (АФП) .....	279
3.6.1. Расчет параметров АФП Бесселя — <code>besselap</code> .....	279
3.6.2. Расчет параметров АФП Баттерворта — <code>buttap</code> .....	279
3.6.3. Расчет параметров АФП Чебышева I рода — <code>cheb1ap</code> .....	280
3.6.4. Расчет параметров АФП Чебышева II рода — <code>cheb2ap</code> .....	280
3.6.5. Расчет параметров эллиптического АФП — <code>ellipap</code> .....	281
3.7. Проектирование базовых аналоговых и цифровых фильтров .....	282
3.7.1. Проектирование аналоговых фильтров Бесселя — <code>besself</code> .....	282
3.7.2. Проектирование фильтров Баттерворта — <code>butter</code> .....	284
3.7.3. Проектирование фильтров Чебышева I — <code>cheby1</code> .....	285
3.7.4. Проектирование фильтров Чебышева II — <code>cheby2</code> .....	286
3.7.5. Проектирование эллиптических фильтров — <code>ellip</code> .....	287
3.7.6. Расчет аналоговых фильтров по характеристикам прототипа — <code>lp2*</code> .....	288
3.7.7. Проектирование цифровых фильтров с БИХ .....	289
3.7.8. Выбор минимального порядка фильтров с БИХ .....	291
3.8. Дискретизация аналоговых фильтров .....	294
3.8.1. Билинейное преобразование — <code>bilinear</code> .....	294
3.8.2. Инвариантное импульсное преобразование — <code>impinvar</code> .....	297
3.9. Средства проектирования фильтров с конечной импульсной характеристикой .....	298
3.9.1. Вычисление матрицы свертки — <code>convmtx</code> .....	298
3.9.2. Метод Ремеза для фильтров с равными пульсациями — <code>remez</code> .....	298
3.9.3. Метод взвешивания — <code>fir1</code> .....	301
3.9.4. Метод взвешивания для фильтра с произвольной АЧХ — <code>fir2</code> .....	303
3.9.5. Метод наименьших квадратов — <code>fircls</code> , <code>fircls1</code> и <code>firls</code> .....	304
3.9.6. Расчет косинусного фильтра — <code>firrcos</code> .....	307
3.9.7. Расчет интерполирующего фильтра — <code>intfilt</code> .....	309

3.9.8. Использование окна Кайзера — kaiserord .....	311
3.9.9. Проектирование фильтров Ремеза — remez и remezord .....	312

## **Глава 4. Специальные средства обработки сигналов и проектирования фильтров .....**

4.1. Графический интерфейс пакета Signal Processing .....	316
4.1.1. Назначение графического интерфейса пользователя GUI .....	316
4.1.2. Демонстрация модуляции/демодуляции — moddemo ..	316
4.1.3. Вьюверы окон — wintool и wvtool .....	319
4.1.4. Доступ к инструменту sptools .....	321
4.1.5. Браузер сигналов .....	321
4.1.6. Браузер спектра .....	325
4.2. Демонстрационные примеры на основе GUI .....	327
4.2.1. Доступ к демонстрационным примерам и средствам проектирования .....	327
4.2.2. Демонстрация z-преобразований — dztdemo .....	328
4.2.3. Демонстрация непрерывного и дискретного преобразований Фурье .....	329
4.2.4. Демонстрация методов спектрального оценивания .....	329
4.2.5. Пример проектирования полосового фильтра .....	332
4.2.6. Интерактивное проектирование ФНЧ .....	333
4.2.7. Демонстрация работы фильтра Савицкого-Голея .....	334
4.2.8. Демонстрация изменений АЧХ секционных фильтров второго порядка .....	334
4.3. Визуально-ориентированное проектирование фильтров .....	336
4.3.1. Проектировщик/анализатор фильтров — fdatool .....	336
4.3.2. Панели инструментов fdtool .....	339
4.3.3. Браузер фильтров .....	342
4.3.4. Проектировщик фильтров — Filter Designer .....	343

4.4. Пакет проектирования фильтров	
Filter Design Toolbox .....	345
4.4.1. Назначение пакета Filter Design Toolbox .....	345
4.4.2. Справка и документация по пакету Filter Design Toolbox .....	346
4.4.3. Фильтры и объекты класса Quantized (Q-типа) .....	347
4.4.4. Влияние погрешности вычислений .....	348
4.5. Основные функции пакета Filter Design Toolbox ....	349
4.5.1. Функции преобразования чисел и бинарных строк .....	349
4.5.2. Функции преобразования ячеек и фильтров .....	350
4.5.3. Функции конструирования Q-фильтров и оценки их свойств .....	351
4.5.4. Характеристики Q-фильтров .....	353
4.5.5. Функции дискретных Q-фильтров .....	356
4.5.6. Функции тестирования Q-фильтров .....	357
4.5.7. Функции Q-квантователей и их свойств .....	358
4.5.8. Функции анализа Q-квантователей .....	359
4.5.9. Q-БПФ (быстрое преобразование Фурье) .....	360
4.5.10. Функции конвертирования Q-фильтров .....	362
4.6. Техника проектирования Q-фильтров .....	363
4.6.1. Проектирование фильтров в командном режиме работы .....	363
4.6.2. Использование демонстрационных примеров .....	364
4.6.3. Адаптивная фильтрация зашумленной синусоиды .....	365
4.6.4. Адаптивная фильтрация с линейным предсказанием .....	368
4.6.5. Проектирование Q-фильтров на основе проектировщика фильтров .....	372
4.6.6. Создание Simulink-блока спроектированного фильтра .....	376
4.7. Взаимодействие с другими пакетами расширения .....	377
4.7.1. Пакеты расширения со средствами задания и обработки сигналов .....	377
4.7.2. Работа с пакетом Communication Toolbox .....	378

---

4.7.3. О применении пакетов инструментального ящика Blockset .....	381
<b>4.8. Проектирование фильтров на специализированных микросхемах .....</b>	<b>381</b>
4.8.1. Назначение пакета Filter Design HDL Coder .....	381
4.8.2. Возможности пакета Filter Design HDL Coder .....	382
4.8.3. Доступ к справке пакета Filter Design HDL Coder .....	382
4.8.4. Работа с демонстрационными примерами .....	384
<b>4.9. Пакет расширения Signal Processing Blockset .....</b>	<b>389</b>
4.9.1. Назначение пакета расширения Signal Processing Blockset 6.5 .....	389
4.9.2. Состав блоков библиотеки пакета Signal Processing Blockset 6.5 .....	389
4.9.3. Работа с источниками и получателями сигналов .....	390
4.9.4. Работа с блоками математических операций .....	391
4.9.5. Квантование сигналов и управление ими .....	394
4.9.6. Организация очереди, стека, сдвигового регистра и линии задержки .....	397
4.9.7. Подраздел Signal Attributes .....	399
4.9.8. Переключатели и счетчики .....	399
4.9.9. Обработка сигналов (раздел Signal Operations) .....	402
4.9.10. Раздел оценки блоков — DSP Estimation .....	403
4.9.11. Преобразования сигналов — раздел Transforms .....	404
4.9.12. Статистическая обработка данных — раздел DSP Statistics .....	404
4.9.13. Фильтрация сигналов (раздел Filtering) .....	406
<b>4.10. Примеры моделирования систем на основе пакета SPB .....</b>	<b>407</b>
4.10.1. Модель адаптивного фильтра RLS .....	407
4.10.2. Модель адаптивного фильтра Калмана .....	407
4.10.3. Модель стерео-экспандера .....	407
4.10.4. Модель анализатора спектра с оконным БПФ .....	409
4.10.5. Однополосная модуляция (SSB) .....	410
4.10.6. Адаптивная дельта-импульсная кодовая модуляция .....	411

<b>Глава 5. Вейвлеты в пакете WAVELET TOOLBOX</b> .....	413
5.1. Характеристика и место вейвлетов .....	414
5.1.1. Вейвлеты как новое научное направление .....	414
5.1.2. Список основных сокращений по вейвлетам .....	415
5.1.3. Ограничения и недостатки преобразования Фурье .....	416
5.1.4. Кратковременное (оконное) преобразование Фурье ...	418
5.1.5. Идея вейвлет-преобразования .....	419
5.2. Основы теории вейвлет-преобразований .....	422
5.2.1. Аппроксимирующая и детализирующая компоненты вейвлетов .....	422
5.2.2. Непрерывное прямое вейвлет-преобразование .....	425
5.2.3. Вейвлет-анализ сигналов с помощью спектрограмм ...	425
5.2.4. Вейвлеты в частотной области .....	426
5.2.5. Непрерывное обратное вейвлет-преобразование .....	427
5.2.6. Сравнение различных представлений сигналов .....	428
5.2.7. О скорости вычислений при вейвлет-преобразованиях .....	429
5.3. Кратномасштабный анализ .....	429
5.3.1. Ортогональные вейвлеты .....	429
5.3.2. Дискретное вейвлет-преобразование непрерывных сигналов .....	430
5.3.3. Суть кратномасштабного анализа .....	431
5.3.4. Точное и грубое разрешение .....	433
5.4. Частотный подход и быстрое вейвлет-преобразование .....	434
5.4.1. Частотный подход к вейвлет-преобразованиям .....	434
5.4.2. Основы вейвлет-фильтрации .....	435
5.4.3. Квадратурные фильтры .....	436
5.4.4. Быстрое вейвлет-преобразование и алгоритм Малла ...	438
5.4.5. Декомпозиция и реконструкция сигналов в Wavelet Toolbox .....	439
5.5. Специальные вопросы вейвлет-преобразований .....	440

---

5.5.1. Пакетные вейвлеты .....	440
5.5.2. Дискретный вейвлет-анализ и временные ряды .....	441
5.5.3. Двумерные вейвлеты .....	443
5.5.4. Вейвлет-компрессия сигналов и изображений и их очистки от шумов .....	443
<b>5.6. Краткая характеристика пакета расширения Wavelet Toolbox .....</b>	<b>444</b>
5.6.1. Назначение пакета Wavelet Toolbox .....	444
5.6.2. Техническая документация по пакету Wavelet Toolbox ...	445
5.6.3. Типы вейвлетов в пакете Wavelet Toolbox .....	446
5.6.4. Вейвлет-менеджер — wavemngr .....	447
<b>5.7. Основные функции вейвлет-анализа .....</b>	<b>449</b>
5.7.1. Центральная вейвлет-частота — centfrq .....	449
5.7.2. Уменьшение размера матрицы вдвое — dyaddown .....	451
5.7.3. Увеличение размера матрицы вдвое — dyadup .....	452
5.7.4. Интегрирование вейвлет-функции — intwave .....	453
5.7.5. Масштабирование к частоте — scal2frq .....	454
5.7.6. Аппроксимирующая и масштабирующие функции — wavefunavefun .....	455
5.7.7. Максимальный уровень вейвлет-разложения — wmaxlev .....	457
<b>5.8. Семейство вейвлет-фильтров .....</b>	<b>457</b>
5.8.1. Множество фильтров биортогонального вейвлета — biorfilt .....	457
5.8.2. Множество фильтров ортогонального вейвлета — orthfilt .....	459
5.8.3. Фильтры ортогональных или биортогональных вейвлетов — wfilters .....	460
5.8.4. Биортогональный сплайновый вейвлет-фильтр — biorwavf .....	461
5.8.5. Комплексный Гауссовский вейвлет — sgauwavf .....	461
5.8.6. Комплексный вейвлет Морлета — smorwav .....	462
5.8.7. Вейвлет-фильтр Коифлета — coifwavf .....	462
5.8.8. Вейвлет-фильтр Добеши — dbaux и dbwavf .....	463
5.8.9. Частотный B-сплайновый вейвлет — fbspwavf .....	464

5.8.10. Гауссовый вейвлет — <code>gauswavf</code> .....	464
5.8.11. Вейвлет «мексиканская шляпа» — <code>mexihat</code> .....	466
5.8.12. Вейвлет-функция Мейера — <code>meyer</code> и <code>meyeraux</code> .....	466
5.8.13. Вейвлет Морлета — <code>morlet</code> .....	468
5.8.14. Обратный биортогональный вейвлет-фильтр — <code>rbiowavf</code> .....	469
5.8.15. Вейвлет-фильтр Шеннона .....	469
5.8.16. Масштабирующие фильтры вейвлета Симлета — <code>symaux</code> и <code>symwavf</code> .....	469
5.8.17. Грубые (Crude) вейвлеты .....	470
5.8.18. Бесконечные регулярные вейвлеты .....	470
5.8.19. Ортогональные вейвлеты с компактным носителем ....	471
5.8.20. Биортогональные парные вейвлеты с компактным носителем .....	471
5.8.21. Комплексные вейвлеты .....	471
<b>5.9. Утилиты управления построением деревьев</b> .....	<b>472</b>
5.9.1. Обзор утилит управления построением деревьев .....	472
5.9.2. Построение дерева разложения пакетного вейвлета — <code>drawtree</code> .....	473
5.9.3. Построение дерева — <code>plot</code> .....	473
5.9.4. Построение цветной вейвлет-спектрограммы — <code>wrviewcf</code> .....	475
<b>5.10. Основные утилиты</b> .....	<b>476</b>
5.10.1. Кодированная версия матрицы — <code>wcodemat</code> .....	476
5.10.2. Утилита расширения — <code>wextend</code> .....	477
5.10.3. Извлечение — <code>wkeep</code> .....	478
5.10.4. Разворот вектора — <code>wrev</code> .....	479
<b>5.11. Прочие функции</b> .....	<b>479</b>
5.11.1. Обратное нестандартное БПФ — <code>instdfft</code> .....	479
5.11.2. Нестандартное прямое БПФ — <code>nstdfft</code> .....	479
5.11.3. Точки оценки — <code>wvarchg</code> .....	480
<b>5.12. Особенности различных версий Wavelet Toolbox</b> .....	<b>480</b>
5.12.1. Новые возможности пакета Wavelet Toolbox 2.1 .....	480
5.12.2. Новая функция <code>disp</code> .....	481



5.12.3. Новая функция <code>wavfun2</code> .....	481
5.12.4. Особенности реализаций Wavelet Toolbox 3.* / 4.* .....	482
5.12.5. Конструктор вейвлетов по образцу для непрерывных вейвлет-преобразований .....	483
5.12.6. Функции моделирования дробного броуновского движения .....	485
5.12.7. Функции лифтинга .....	487
5.12.8. Функция слияния изображений и массивов .....	488
5.12.9. Многовариантная вейвлет-очистка сигналов .....	490
5.12.10. Анализ и обработка многомерных сигналов в Wavelet Toolbox V4.0 .....	492
5.12.11. Функция <code>swttext</code> Wavelet Toolbox V4.2 .....	494
5.12.12. Функции <code>swt2</code> и <code>iswt2</code> в Wavelet Toolbox V4.2 .....	497
5.12.13. Другие возможности Wavelet Toolbox V4.2 .....	498
5.12.14. Новые возможности компрессии изображений в Wavelet Toolbox V4.3 .....	498
5.12.15. Новые возможности пакета Wavelet Toolbox V4.4 .....	500

## **Глава 6. Применение вейвлетов** .....

505

6.1. Непрерывное одномерное вейвлет-преобразование .....	506
6.1.1. Функция одномерного непрерывного вейвлет-преобразования — <code>swt</code> .....	506
6.1.2. Вейвлет-спектрограмма синусоиды с малыми разрывами .....	506
6.1.3. Вейвлет-спектрограмма степенной функции синуса ...	508
6.1.4. Вейвлет-представление сигнала с разрывами и шумом .....	509
6.1.5. Вейвлет-анализ реальных звуковых сигналов .....	510
6.2. Дискретное одномерное вейвлет-преобразование .....	512
6.2.1. Нахождение вейвлет коэффициентов одномерного преобразования — <code>appcoef</code> .....	512
6.2.2. Функция нахождения одномерных детализирующих коэффициентов — <code>detcoef</code> .....	513

6.2.3. Одноуровневое дискретное одномерное вейвлет-преобразование — <code>dwt</code> .....	515
6.2.4. Метод расширения вейвлет-преобразования — <code>dwtmode</code> .....	517
6.2.5. Одноуровневое обратное вейвлет-преобразование — <code>idwt</code> .....	518
6.2.6. Прямое восстановление из одномерных вейвлет-коэффициентов — <code>urcoef</code> .....	520
6.2.7. Одноуровневое восстановление одномерного вейвлет-разложения — <code>urwlew</code> .....	522
6.2.8. Многоуровневое одномерное вейвлет-разложение — <code>wavedec</code> .....	522
6.2.9. Многоуровневое одномерное wavelet восстановление — <code>waverec</code> .....	523
6.2.10. Восстановление одиночной ветви из одномерных вейвлет-коэффициентов — <code>wrcoef</code> .....	523
<b>6.3. Средства GUI одномерного вейвлет-преобразования</b> .....	<b>525</b>
6.3.1. Вызов окна GUI пакета Wavelet Toolbox — <code>wavemenu</code> .....	525
6.3.2. Просмотр вейвлетов — окно Wavelet Display .....	525
6.3.3. Доступ к демонстрационным примерам — <code>wavedemo</code> ...	530
6.3.4. Работа с демонстрационными примерами .....	531
6.3.5. Просмотр примера Short 1D scenario .....	534
6.3.6. Демонстрационные примеры GUI .....	535
<b>6.4. Дискретное двумерное вейвлет-преобразование</b> .....	<b>537</b>
6.4.1. Нахождение вейвлет коэффициентов двумерного преобразования — <code>appcoef2</code> .....	538
6.4.2. Функция нахождения двумерных детализирующих коэффициентов — <code>detcoef2</code> .....	538
6.4.3. Одноуровневое дискретное двумерное вейвлет-преобразование — <code>dwt2</code> .....	539
6.4.4. Одноуровневое дискретное двумерное обратное вейвлет-преобразование — <code>idwt2</code> .....	539
6.4.5. Прямое восстановление из двумерных вейвлет-коэффициентов — <code>urcoef2</code> .....	540

6.4.6. Многоуровневое двумерное вейвлет-разложение — <code>wavedec2</code> .....	541
6.4.7. Одноуровневое восстановление двумерного вейвлет-разложения — <code>urwlew2</code> .....	541
6.4.8. Многоуровневое двумерное вейвлет-восстановление — <code>waverec2</code> .....	542
6.4.9. Восстановление одиночной ветви из двумерных вейвлет-коэффициентов — <code>wrcoef2</code> .....	542
<b>6.5. Пакетные вейвлет-алгоритмы</b> .....	<b>543</b>
6.5.1. Наилучшее дерево уровня — <code>bestlevt</code> .....	543
6.5.2. Наилучшее дерево по критерию энтропии — <code>besttree</code> ...	545
6.5.3. Вычисление энтропии — <code>wentropy</code> .....	546
6.5.4. Обновление энтропии — <code>entrupd</code> .....	546
6.5.5. Извлечение вейвлет-дерева из пакетного дерева — <code>wp2wtree</code> .....	547
6.5.6. Пакетные вейвлет-коэффициенты — <code>wprcoef</code> .....	547
6.5.7. Сечение вейвлет-пакетного дерева <code>wprcutree</code> .....	549
6.5.8. Пакетное одномерное вейвлет-разложение — <code>wprdec</code> ...	549
6.5.9. Пакетное двумерное вейвлет-разложение — <code>wprdec2</code> ...	550
6.5.10. Пакетная вейвлет-функция — <code>wprfun</code> .....	550
6.5.11. Перекомпонованный пакетный вейвлет — <code>wprjoin</code> .....	551
6.5.12. Восстановление коэффициентов пакетного вейвлета — <code>wprcoef</code> .....	552
6.5.13. Пакетное вейвлет-восстановление — <code>wprrec</code> и <code>wprrec2</code> .....	553
<b>6.6. Дискретное стационарное вейвлет-преобразование</b> .....	<b>553</b>
6.6.1. Дискретное стационарное одномерное вейвлет-преобразование — <code>swt</code> .....	553
6.6.2. Обратное одномерное стационарное дискретное <code>wavelet</code> преобразование — <code>iswt</code> .....	554
6.6.3. Дискретное стационарное двумерное вейвлет-преобразование — <code>swt2</code> .....	554
6.6.4. Обратное стационарное двумерное дискретное вейвлет-преобразование — <code>iswt2</code> .....	556

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)