

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- амплитудно-частотная характеристика 13—19, 76, 77, 482
Баттерворта фильтры 214—218
Бесселя фильтры 258
 логарифмическая 216
 свойства 212—214
Чебышева фильтры 231—241
 эллиптические фильтры 249—251
 ЦП (аналого-цифровое преобразование) 430—433
- Баттерворта* фильтры 212, 214—228
 амплитудно-частотные характеристики 215
 передаточные функции 218—223
 полюсы 221—223
 свойства 216—218
 схемная реализация 224—225
 фазочастотные характеристики 216
Бесселя фильтры 212, 251—260
 группового времени характеристики 256
 затухания характеристики 258
 схемная реализация 259
 фазочастотные характеристики 256
 квадратное звено на нескольких усилителях схема *Тоу* 378—386
 квадратные передаточные функции 356
 илинейное преобразование 508—517
 ИХ-фильтры 470
- верхних частот фильтры (аналоговые) 14, 275
 звенья второго порядка 357—361
Тоу схема 382, 383
 верхних частот фильтры (цифровые) 484
 взвешивания метод 535—537
 виртуального короткого замыкания принцип 31—33
 волновые цифровые фильтры 546
 всепропускающие фильтры (аналоговые) 14, 282—284
 звенья второго порядка 357
 мостовая реализация 178
 на основе дополняющей функции 388—392
Тоу схема 383
- Всепропускающие фильтры (цифровые) 484, 526—529
 расположение полюсов и нулей 527
 Входные функции
 активные 96
 без потерь 102—107, 109
LC 91, 109
 пассивные 96
 Входные *LC*-функции 102—121
Кауэра реализации 111—121
 свойства 102—107
Фостера реализации 108—111
 Входные *RC*-функции 126—150
Кауэра реализации 137—148
 полного сопротивления 127—132
 полной проводимости 132—139
 свойства 127—132
Фостера реализации 131, 136
 Выбор пар полюс — нуль 393, 418
 Вычет 92
- Гильберта* преобразование 63—69
 Гираторы 34—39
 Группового времени характеристика 19, 252, 301
Бесселя фильтры 256
 всепропускающие фильтры 283
Гурвица критерий 83—85
Гурвица полином 83—96
 модифицированный 83—96
- Дарлингтона* методы 179—200
 двусторонние нагрузки 190—200
 односторонняя нагрузка 182—190
 чувствительности 203
 Двухполюсник
 математическое описание 28
 определение 27
 Дискретное преобразование Фурье (ДПФ)
 ограниченной последовательности 464
 периодической последовательности 460, 463
 Дифференциатор 48
 Добротность полюса 319, 327
 388—392
 Дополняющие передаточные функции

- Зависимые источники 33, 34
 Заграждающие фильтры (аналоговые)
 14, 273—275, 357—364
 звенья второго порядка 357—361
 на основе дополняющих функций
 388—392
 Тоу схема 383—386
 Заграждающие фильтры (цифровые)
 484
 Задержки единичные 467
 Запаздывание 20
 Затухание 66. *См. также* Амплитудно-частотная характеристика
- Импульсная характеристика
 аналоговые системы 12
 цифровые системы 437
 Инвариантности импульсной характеристики
 метод 495—508
 Инвариантные во времени системы
 аналоговые 12
 цифровые 436
 Инверсные фильтры *Чебышева* 212, 276—278
 Интегратор 47, 54, 401—403
 Интервал дискретизации 455
 Источник напряжения, управляемый напряжением (ИНУН) 33, 53
 Источник напряжения, управляемый током (ИНУТ) 33, 35
 Источник тока, управляемый напряжением (ИТУН) 33—35
 Источник тока, управляемый током (ИТУТ) 33, 36
- Каскадная реализация 356, 572—575, 578
 Катушки индуктивности, искусственные (активные) 38—41, 44, 54, 328
Кауэра реализации
 входные *LC*-функции 111—122
 входные *RC*-функции 137—148
 Квадратная симметрия 61, 78
 КИХ-фильтры 472
 КИХ-фильтры с линейной фазой 529—532
 расположение нулей 531
 реализация 578—580
 Классификация фильтров 11
 Конвертор полного сопротивления обобщенный 42
 отрицательный 39—42, 331—335
 Контуры без задержки 469
 метод исключения 565—570
- Коэффициенты передачи 190
Ку метод 335—341
- Лаверинга* метод 346—348
Лернера фильтры 503
 Лестничные схемы
 Баттерворта фильтры 224, 225
 Бесселя фильтры 250
 Дарлингтона методы 179—200
 передаточные *LC*-функции 167—177
 передаточные *RC*-функции 155—167, 172—177
 Чебышева фильтры 246—248
 Лестничные формы 551—565
 Линейные функции 500
Лорана постоянная 305
- Масштабирование по частоте 262—267, 279, 314, 318
Матая — Сайферта метод 345, 346
 Матрица вычетов 180
Митры метод 348—351
 Многоскоростные фильтры 538
 Модуль, *см.* Амплитудно-частотная характеристика
 Мостовые цепи (схемы) 49, 177—179
 Мощность средняя 102
- Найквиста* скорость 456
 Наложение 457, 460, 499
 Неравномерность передачи в полюсе пропускания 231
 Нижних частот фильтры (аналоговые) 14, 262—267
 активная *R*-схема 412—417
 звенья второго порядка 357—361
 нормированные идеальные 211
 Тоу схема 378—380
 Нижних частот фильтры (цифровые) 484
- Нормирование по переменному сопротивлению 45, 56, 331
 Нормирование по сопротивлению 278—280, 313, 317, 327
 Нормированные нижних частот фильтры
 Баттерворта 215—217
 идеальные характеристики 211
 Чебышева 231, 284
- Нули 130
 входные *LC*-функции 102—104
 входные *RC*-функции 127—136
 передаточные *LC*-функции 167
 передаточные *RC*-функции 158
 передачи 122, 150, 156—158

- Обобщенный конвертор полного сопротивления 42—44, 331—335
- Обратное дискретное преобразование Фурье
- ограниченной последовательности 464
 - периодической последовательности 460—463
- Обратное z -преобразование 445—451
- Однозначная функция 500
- Окно
- Бартлетта* 537
 - Блэкмана* 537
 - Кайзера* 537
 - прямоугольное 537
 - треугольное 537
 - Ханна* 537
 - Хэмминга* 537
- Операционные усилители
- амплитудно-частотные характеристики 366
 - внутренняя коррекция 407
 - встроенные 373
 - идеальные характеристики 30
 - неидеальности 395
 - однополюсное представление АЧХ 407
- Отображение подобное 500
- Отражения коэффициент 190—193
- Параллельная реализация 576
- Переменных состояния метод
- активные фильтры 352—355
 - звенья второго порядка 373—378
 - цифровые фильтры 585
- Перемножители 467
- метод исключения 546
- Переходные фильтры 260—262, 294
- Полиномы 59—62
- Баттерворта* 214, 285
 - Бесселя* 254
 - Гурвица* 83
 - нечетные 59, 60
 - Чебышева* 285—290
 - четные 59, 60
- Положительные вещественные функции 80—83, 91—96
- Полоса
- задерживания 14, 210
 - переходная 14, 210
 - пропускания 14, 209
- Полосовые фильтры (аналоговые) 14
- активные R -звенья 408—410, 415—417
 - арифметическая симметрия 267, 284
 - геометрическая симметрия 267—272
 - звенья второго порядка 357—361
 - Тоу* схема 381
 - Френда* звено 404—407
- Полосовые фильтры (цифровые) 484
- Полюсы 130
- Баттерворта* фильтры 220—223
 - входные LC -функции 102—104
 - входные RC -функции 127—136
 - передаточные LC -функции 167
 - передаточные RC -функции 158
 - переходные фильтры 260—262
 - Чебышева* фильтры 243—244, 285—290
 - чувствительности 309, 393
- Последовательность
- единичного импульса 433, 442
 - единичного скачка (ступенчатая) 434, 442
 - синусоидальная 434, 442
 - экспоненциальная 434, 442
 - z -преобразование 438—442
 - свойства 442—445
- Преобразование элементов 279
- НЧ \rightarrow ВЧ 276
 - НЧ \rightarrow ЗФ 274
 - НЧ \rightarrow НЧ 264
 - НЧ \rightarrow ПФ 267—269
- Произведение усиления на полосу пропускания 398, 408
- Равноволновые фильтры, см. *Чебышева* фильтры
- Разложение $RC - RC$ 341
- Разложение в непрерывную дробь относительно бесконечности 84, 112, 142
- относительно начала координат 118—120, 146
- Рациональные функции
- вещественная часть 12, 69—74
 - мнимая часть 12, 69—74
 - нечетные 63, 79—74
 - четные 63, 69—74
- Регистры сдвига 457
- Саллена* — *Ки* схема 358—361
- Свертка 437
- Стандартное z -преобразование, см. Инвариантности импульсной характеристики, метод
- Сумматоры (схемы)
- аналоговые 46—48
 - цифровые 467
- Тейлора* разложение 310—312, 448—450

- Теорема дискретизации 454—460
Транспонированные схемы 550
- Усилитель напряжения, *см.* ИНУН
Устойчивость, цифровые системы 437, 470—472
- Фаза (фазочастотная характеристика) 3, 19—22, 66, 74, 252, 482
Баттерворта фильтры 216
Бесселя фильтры 256
всепропускающие фильтры 283
фильтры с линейной фазой 483
- Физически реализуемые системы
аналоговые 12
цифровые 437
- Фильтры с максимально плоской характеристикой
амплитудно-частотной, *см.* Баттерворта фильтры
группового времени, *см.* Бесселя фильтры
- Фостера реализации 108—111
входные *LC*-функции 108—111
входные *RC*-функции 131, 136
- Френда схема 368—373, 404—407
- Функции цепи 62—77
процедуры построения 72, 75
чувствительности 315—317
- Функция потерь 66, *см.* Амплитудно-частотная характеристика
- Фурье-преобразование 451—454
быстрое 465
- ЦАП (цифро-аналоговое преобразование) 430, 433, 473
- Центральная частота
заграждающих фильтров 273
полосовых фильтров 267
- Цепь нормирования
по k_s сопротивлению 334—335
по k/s сопротивлению 332—333
- Цифровая последовательность 430—433
- Цифровой сигнал 430—433
- Цифровые фильтры
анализ 474—476
бесконечная импульсная характеристика 470
конечная импульсная характеристика 472
- Частота
дискретизации 455
полюса 319, 327
среза 264
- Частотная характеристика 453, 483
Частотно-зависимые отрицательные сопротивления 44, 54
Частотно-избирательные фильтры
аналоговые 14
цифровые 483
Частотной выборки метод 465, 533, 579
Частотно-ограниченный сигнал 456
Частотные преобразования (аналоговые) 279
НЧ → ВЧ 275
НЧ → ЗФ 272—275
НЧ → НЧ 262—267
НЧ → ПФ 267—272
- Частотные преобразования (цифровые) 517—526
НЧ → ВЧ 525, 526
НЧ → ЗФ 524, 525
НЧ → НЧ 522
НЧ → ПФ 522—524
- Чебышева фильтры 212, 229—248
затухания характеристики 233—241
неравномерность передачи в полосе пропускания 235
передаточные функции 244
расположение полюсов 243
свойства 231—236
схемные реализации 246—248
- Четырехполюсник взаимный 29
- Чувствительность 316
добротности полюса 319
корня 309, 311
тождества 316
частоты полюса 319
- Ширина полосы частот
заграждающих фильтров 273
полосовых фильтров 267
- Ширина полосы частот, полезная
инвертирующего ИНУН 398
интегратора 402
неинвертирующего ИНУН 400
- Ширина равноволновой полосы 232
- Штурма метод 93
- Эйлера аппроксимация 490
- Эквивалентная схема транзистора для малых сигналов
биполярного 49
полевого 49
- Эллиптические фильтры 212, 249—251
- Янагисавы метод 343, 344

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к переводу	5
Предисловие	7
Введение	11
1.1. Амплитудно-частотная характеристика	13
1.2. Характеристики фазочастотная и группового времени	19
1.3. Методика проектирования	22
Литература	23
Задачи	24
. Элементная база	27
2.1. Математическое описание	28
2.2. Элементы схем	29
2.2.1. Основная элементная база	30
2.2.2. Дополнительная элементная база	33
Литература	48
Задачи	49
. Свойства функций цепи	59
3.1. Полиномы комплексной переменной	59
3.2. Функция цепи	62
3.2.1. Преобразование Гильберта	63
3.2.2. Четная и нечетная части	69
3.2.3. Фаза и модуль	74
Литература	77
Задачи	77
! Положительные вещественные функции и пассивность	80
4.1. Полином Гурвица	83
4.2. Положительные вещественные функции	91
4.3. Пассивность	96
Литература	97
Задачи	97
й. Свойства и реализации входных функций	102
5.1. Свойства входных функций	102
5.2. Реализация входных функций	107
5.2.1. Методы реализации Фостера	108
5.2.2. Методы реализации Кауэра	111
5.3. Выводы	121
Литература	122
Задачи	123
ь. Свойства и реализации пассивных входных RC-функций	126
6.1. Свойства входных RC-функций полного сопротивления	127
6.2. Свойства входных RC-функций полной проводимости	132
6.3. Пример методов реализации Фостера	136
6.4. Методы реализации Кауэра	137
6.4.1. Первая форма Кауэра	138
6.4.2. Вторая форма Кауэра	143
6.5. Выводы	148
Литература	150
Задачи	150

7. Пассивная реализация передаточных функций	155
7.1. Лестничные схемы	155
7.1.1. Лестничные RC -схемы	156
7.1.2. Лестничные LC -схемы	167
7.1.3. Другие возможности	172
7.2. Мостовые схемы	177
7.3. Методы Дарлингтона	179
7.3.1. Схема без потерь с односторонней нагрузкой	182
7.3.2. Четырехполюсник без потерь с двусторонними нагрузками	190
7.4. Выводы	200
Литература	203
Задачи	203
8. Аппроксимация характеристики фильтра	208
8.1. Аппроксимация по Баттерворту	214
8.1.1. Основные свойства	216
8.1.2. Передаточная функция	218
8.1.3. Схемная реализация	224
8.1.4. Примеры	226
8.2. Аппроксимация по Чебышеву	229
8.2.1. Полиномы Чебышева	229
8.2.2. Фильтры Чебышева	231
8.2.3. Передаточная функция	240
8.2.4. Схемная реализация	246
8.2.5. Примеры	248
8.2.6. Эллиптические фильтры	249
8.3. Аппроксимация по Бесселю	251
8.3.1. Передаточная функция	252
8.3.2. Расчет и реализация	258
8.3.3. Переходные фильтры	260
8.4. Основные преобразования частот и схем	262
8.4.1. Преобразование $НЧ \mapsto НЧ$	262
8.4.2. Преобразование $НЧ \mapsto ПФ$	267
8.4.3. Преобразование $НЧ \mapsto ЗФ$	273
8.4.4. Преобразование $НЧ \mapsto ВЧ$	275
8.4.5. Нормирование по сопротивлению	278
8.4.6. Примеры	280
8.5. Все пропускающие фильтры	282
Литература	284
Приложение	284
Задачи	291
9. Чувствительность	303
9.1. Чувствительности полюсов и нулей	304
9.1.1. Методы расчета	304
9.1.2. Выводы	313
9.2. Чувствительности функций цепи	315
9.2.1. Выводы	317
9.3. Чувствительности фильтра второго порядка	319
Литература	321
Задачи	321
10. Активные фильтры	326
10.1. Прямая реализация	328
10.1.1. Прямая реализация через пассивные схемы	328
10.1.2. Прямая реализация с RC -четырехполюсниками. Метод Ку	335

10.1.3.	Прямая реализация с RC -двухполюсниками	341
10.1.4.	Прямая реализация методом переменных состояния	352
10.2.	Каскадная реализация	356
10.2.1.	Биквадратное звено на одном усилителе	358
10.2.2.	Биквадратное звено на нескольких усилителях	373
10.2.3.	Дополняющие схемы	388
10.2.4.	Выбор пары полюс — нуль	392
10.2.5.	Чувствительность полюсов	393
10.3.	Неидеальность операционного усилителя	395
10.3.1.	Инвертирующий усилитель напряжения	396
10.3.2.	Неинвертирующий усилитель напряжения	400
10.3.3.	Интегратор	401
10.3.4.	Звено полосового фильтра Френда	404
10.4.	Активные схемы без конденсаторов	407
10.4.1.	Полосовое биквадратное активное R -звено для высоких частот и добротностей	408
10.4.2.	Активное биквадратное R -звено	410
	Литература	417
	Задачи	419
11.	Введение в цифровые фильтры	429
11.1.	Цифровые сигналы и системы	429
11.2.	z -Преобразование	438
11.2.1.	Свойства z -преобразования	442
11.2.2.	Обратное z -преобразование	445
11.3.	Преобразование Фурье	451
11.3.1.	Теорема дискретизации	454
11.4.	Дискретное преобразование Фурье	460
11.5.	Основные функциональные узлы	466
11.6.	Устойчивость	470
11.7.	Простой пример цифрового фильтра	472
11.8.	Анализ цифровых фильтров	474
	Литература	476
	Задачи	477
12.	Расчет цифровых фильтров	482
12.1.	Расчет цифровых БИХ-фильтров	487
12.1.1.	Методы численного интегрирования	489
12.1.2.	Метод инвариантности импульсной характеристики	495
12.1.3.	Метод билинейного преобразования	508
12.1.4.	Частотные преобразования	517
12.1.5.	Расчет цифровых всепропускающих фильтров	526
12.2.	Расчет цифровых КИХ-фильтров	529
12.2.1.	Метод частотной выборки	533
12.2.2.	Метод взвешивания	535
12.2.3.	Сравнение КИХ-фильтров с БИХ-фильтрами	537
	Литература	538
	Задачи	539
13.	Реализация цифровых фильтров	545
13.1.	Реализация цифровых БИХ-фильтров	545
13.1.1.	Прямая реализация	546
13.1.2.	Косвенная реализация	570
13.2.	Реализация цифрового КИХ-фильтра	578
	Литература	580
	Задачи	581
	Предметный указатель	586