

Серия «Библиотека инженера»

А. А. Афонский, В. П. Дьяконов

Измерительные приборы и массовые электронные измерения

Под редакцией проф. В. П. Дьяконова

**Москва
СОЛОН-Пресс
2019**

Содержание

Предисловие.....	3
Глава 1. Основы электронных измерений и мультиметры	5
1.1. Измерения на постоянном токе.....	5
1.1.1. Источники напряжения и тока	5
1.1.2. Резисторы и резистивность	8
1.1.3. Измерения в произвольных цепях постоянного тока.....	8
1.2. Измерения переменного напряжения и тока	9
1.2.1. Параметры синусоидального напряжения и тока	9
1.2.2. Измерение истинного среднеквадратического значения (True RMS).....	10
1.2.3. Советские милливольтметры с True RMS.....	12
1.2.4. Измерение тока бесконтактными методами	13
1.3. Измерители R, C, L и иммитанса	14
1.3.1. Понятие об индуктивности и емкости	14
1.3.2. Эквивалентные и измерительные схемы для индуктивности и емкости	15
1.3.3. Портативные измерители индуктивности и емкости	17
1.3.4. Измерители иммитанса (импеданса)	19
1.3.5. Измеритель иммитанса E7-22 и работа с ним	20
1.3.6. Стационарные лабораторные LCR-измерители компании Good Will.....	23
1.3.7. Специфика измерений L, C и R	25
1.4. Портативные аналоговые и цифровые мультиметры.....	27
1.4.1. Рынок мультиметров и тенденции их развития.....	27
1.4.2. Функциональная схема цифрового мультиметра.....	29
1.4.3. Обзор массовых моделей мультиметров	30
1.4.4. Мультиметры для промышленных применений.....	32
1.4.5. Мультиметры с токовыми клещами.....	34
1.4.6. Мультиметры — токовые клещи для измерения мощности в трехфазных сетях.....	36
1.4.7. Мультиметры с цифровыми и аналоговыми измерителями.....	38
1.4.8. Мультиметры-щупы	39
1.4.9. Цифровые мультиметры с интерфейсом RS-232	39
1.4.10. Многоцелевой мультиметр METEX M-6000D	44
1.4.11. Цифровые мультиметры M-3890D и M-3890DT фирмы METEX с интерфейсом USB	45
1.4.12. Работа USB-мультиметров с персональным компьютером	48
1.5. Цифровые частотомеры	50
1.5.1. Принципы построения цифровых частотомеров.....	50
1.5.2. Цифровые частотомеры АКТАКОМ серии АСН	50
1.6. Элементная база современных мультиметров.....	52
1.6.1. Микросхемы АЦП с цифровыми индикаторами.....	52
1.6.2. Микросхемы преобразователей True RMS в постоянное напряжение.....	53
1.6.3. Примеры применения микросхем MX536A/536.....	55
1.6.4. Пример построения вольтметра на основе микросхем MX536A/536	56
1.6.5. Микросхема AD693 усилитель сигнала температурного датчика.....	57

1.6.6. Микросхемы интерфейсов RS-232.....	57
Глава 2. Источники напряжений, токов и тестовых сигналов	59
2.1. Источники постоянных напряжений и токов.....	59
2.1.1. Кремниевые стабилитроны как источники опорного напряжения	59
2.1.2. Микросхемы источников опорного напряжения	61
2.1.3. Микросхемы последовательных стабилизаторов	64
2.1.4. Микросхемы параллельных стабилизаторов	66
2.1.5. Супервизоры питания	66
2.1.6. Микросхемы импульсных преобразователей DC-DC	67
2.1.7. Микросхемы импульсных преобразователей AC-DC.....	69
2.1.8. Источники постоянного тока	70
2.1.9. Лабораторные источники постоянного напряжения и тока.....	71
2.2. Источники синусоидальных сигналов.....	73
2.2.1. Типы источников синусоидального напряжения	73
2.2.2. Пример схемы RC-генератора.....	75
2.2.3. LC-генератор на транзисторе, включенном по схеме с общей базой	76
2.2.4. LC-генератор на транзисторе, включенном по схеме с общим коллектором.....	77
2.2.5. LC-генераторы с упрощенным включением контура.....	77
2.2.6. Генераторы на пьезокерамических фильтрах.....	78
2.2.7. Кварцевые резонаторы	79
2.2.8. Кварцевые генераторы на логических микросхемах	81
2.2.9. Кварцевый генератор на операционном усилителе.....	82
2.2.10. Кварцевый генератор на биполярном транзисторе	82
2.2.11. Промышленные модули кварцевых генераторов	83
2.2.12. Промышленные генераторы низкочастотных сигналов.....	83
2.2.13. Генераторы стандартных сигналов (ГСС) высоких частот	85
2.3. Функциональные генераторы	87
2.3.1. Принципы построения функциональных генераторов	87
2.3.2. Формирователи синусоидального сигнала из треугольного	88
2.3.3. Микросхема функционального генератора MAX	89
2.3.4. Функциональные генераторы и частотомеры фирмы Wavetek Meterman ..	93
2.3.5. Функциональные генераторы и частотомеры фирмы METEX	94
2.3.6. Программа стыковки приборов METEX с компьютером	97
2.3.7. Функциональный генератор 33220A фирмы Agilent.....	98
2.4. Генераторы качающейся частоты (ГКЧ) и измерители АЧХ	99
2.4.1. Промышленные ГКЧ и измерители АЧХ	99
2.4.2. Применение функциональных генераторов в качестве ГКЧ.....	101
2.4.3. Построение ГКЧ на высоких частотах	102
2.4.4. Работа с измерителем АЧХ Х1-50	103
2.5. Измерительные комплексы MS-9150/60/70 фирмы METEX	107
2.5.1. Приборный состав комплекса	107
2.5.2. Универсальный мультиметр комплексов.....	107
2.5.3. Функциональный генератор и частотомер комплексов	107
2.5.4. Встроенный лабораторный источник питания	108
2.6. Широкополосные и импульсные интегральные усилители и компараторы ..	108
2.6.1. О требованиях к интегральным усилителям	108

2.6.2. Широкополосные интегральные усилители фирмы BURR-BROWN.....	109
2.6.3. Интегральный аналог идеального биполярного транзистора.....	112
2.6.4. Сверхширокополосные дифференциальные усилители фирмы MAXIM.....	114
2.6.5. Сверхширокополосные одноходовые усилители фирмы MAXIM.....	115
2.6.6. Сверхскоростные интегральные компараторы.....	119
2.7. Источники импульсных сигналов.....	120
2.7.1. Промышленные генераторы импульсов.....	120
2.7.2. Импульсные генераторы на транзисторах и интегральных микросхемах.....	123
2.7.3. Импульсные генераторы на интегральном таймере.....	124
2.7.4. Импульсные устройства на негатронах.....	126
2.8. Многофункциональные генераторы произвольных сигналов.....	133
2.8.1. Генераторы произвольных сигналов серии Tektronix AFG3000.....	133
2.8.2. Возможности генераторов серии AFG3000.....	136
2.8.3. Работа генераторов серии AFG3000 с компьютером.....	141
2.8.4. Генераторы произвольных сигналов других фирм.....	143
Глава 3. Основы электронной осциллографии.....	146
3.1. Сигналы и их спектры.....	146
3.1.1. Синусоидальные колебания и сигналы.....	146
3.1.2. Понятие о спектральном синтезе сложных сигналов.....	147
3.1.3. Фурье-анализ и синтез периодических функций.....	148
3.1.4. Дискретный Фурье-анализ и спектр периодических функций.....	150
3.1.5. Непрерывное преобразование Фурье для произвольного сигнала.....	150
3.1.6. Быстрое преобразование Фурье (БПФ).....	152
3.1.7. Эффект Гиббса.....	152
3.1.8. Спектральный анализ дискретных сигналов.....	154
3.2. Начало осциллографии.....	155
3.2.1. Рождение электронной осциллографии.....	155
3.2.2. Осциллограф и трубка Брауна.....	155
3.2.3. Осциллографическая трубка с электростатическим отклонением.....	157
3.3. Современные осциллографические трубки.....	160
3.3.1. Особенности конструкции осциллографических ЭЛТ.....	160
3.3.2. Графическая скорость луча.....	161
3.3.3. Время установления отклоняющей системы.....	161
3.3.4. Отклоняющие системы осциллографических ЭЛТ.....	163
3.3.5. Осциллографические трубки специального назначения.....	165
3.4. Принцип действия и устройство аналогового осциллографа.....	167
3.4.1. Принцип действия осциллографа.....	167
3.4.2. Структурная схема аналогового осциллографа.....	168
3.4.3. Требования к усилителям осциллографа.....	171
3.4.4. Особенности широкополосных осциллографических усилителей.....	177
3.4.5. Принципы построения генераторов развертки.....	182
3.4.6. Узлы синхронизации осциллографов.....	185
3.4.7. Блоки питания осциллографов.....	185
3.5. Принцип действия и устройство цифрового запоминающего осциллографа.....	186
3.5.1. Блок-схема цифрового запоминающего осциллографа.....	186
3.5.2. Достоинства и недостатки цифровых запоминающих осциллографов.....	187

3.5.3. Получение спектрограмм сигнала цифровыми осциллографами.....	189
3.6. Параметры и выбор электронных осциллографов.....	192
3.6.1. Основные параметры.....	192
3.6.2. Дополнительные параметры.....	193
3.6.3. Выбор осциллографов.....	193
Глава 4. Аналоговые электронные осциллографы.....	203
4.1. Осциллографы первого и второго поколений.....	203
4.1.1. Первое поколение ламповых осциллографов.....	203
4.1.2. Массовые советские транзисторные осциллографы 60-х годов.....	203
4.1.3. Осциллографы для радиолюбителей.....	205
4.2. Современные сервисные аналоговые осциллографы.....	206
4.2.1. Сервисные осциллографы серий ОСУ и MPC.....	206
4.2.2. Отечественные сервисные осциллографы.....	208
4.3. Современные отечественные универсальные осциллографы.....	210
4.3.1. Отечественные универсальные осциллографы.....	210
4.3.2. Современные универсальные осциллографы фирмы Good Will.....	217
4.3.3. Современные универсальные осциллографы серии АСК.....	220
4.3.4. Осциллографы АКТАКОМ-IWATSU Hi-End класса.....	226
4.3.5. Универсальные осциллографы фирмы HITACHI.....	229
4.3.6. Осциллографы фирмы PINTEK.....	230
4.3.7. Аналоговые осциллографы фирмы EZ Digital.....	232
Глава 5. Стационарные цифровые и стробоскопические осциллографы.....	237
5.1. Цифровое представление аналоговой информации.....	237
5.1.1. Общие принципы построения цифровых осциллографов.....	237
5.1.2. О выборе числа отсчетов и восстановлении сигналов.....	240
5.1.3. Об интерполяции в цифровых осциллографах.....	241
5.2. Современные аналого-цифровые осциллографы.....	242
5.2.1. Аналого-цифровые осциллографы АКТАКОМ.....	242
5.2.2. Аналого-цифровые осциллографы фирмы Good Will.....	243
5.2.3. Аналого-цифровой осциллограф C1-137/2.....	244
5.3. Цифровые осциллографы.....	245
5.3.1. Цифровые осциллографы Минского приборостроительного завода.....	245
5.3.2. Цифровые осциллографы фирмы Good Will.....	249
5.3.3. Цифровые осциллографы АКТАКОМ.....	250
5.3.4. Цифровые осциллографы фирмы HITACHI.....	253
5.3.5. Цифровые осциллографы фирмы TEKTRONIX.....	254
5.3.6. Цифровые осциллографы фирмы LeGroy (общая оценка).....	260
5.3.7. Цифровые осциллографы LeGroy WaveRunner.....	262
5.3.8. Цифровые осциллографы LeGroy WaveSurfer.....	266
5.3.9. Цифровые осциллографы LeGroy WavePro.....	266
5.3.10. Цифровые осциллографы LeGroy WaveMaster.....	270
5.3.11. Стробоскопические осциллографы серии Wave Expert с полосой до 100 ГГц.....	271
5.3.12. Цифровые осциллографы фирмы Agilent Technologies.....	274
5.4. «Бюджетные» цифровые запоминающие осциллографы.....	276
5.4.1. Какие из цифровых осциллографов можно отнести к бюджетным.....	276

5.4.2. «Бюджетные» цифровые осциллографы фирмы TEKTRONIX	276
5.4.3. «Бюджетные» цифровые осциллографы фирмы Agilent	277
5.4.4. «Бюджетные» цифровые осциллографы фирмы EZ Digital	277
5.4.5. «Бюджетные» осциллографы фирмы WENS	284
5.4.6. Цифровые осциллографы фирмы RIGOL	284
5.4.7. Цифровые осциллографы серии WaveJet фирмы LeGroy	286
5.5. Особенности осциллографов класса Hi-End	286
5.5.1. Сравнение осциллографов класса Hi-End различных фирм	286
5.5.2. Режимы выборок и пик-детектор	287
5.5.3. Получение глазковых диаграмм	288
5.5.4. Осциллографы фирмы Tektronix с Цифровым Люминофором	289
Глава 6. Портативные цифровые осциллографы	293
6.1. Тенденция микроминиатюризации цифровых осциллографов	293
6.2. Миниатюрные осциллографы объединения АКТАКОМ	293
6.2.1. Портативные осциллографы серии АСК	293
6.2.2. Осциллограф-щуп АСК-4011	294
6.3. Портативные осциллографы фирмы Flulke	295
6.3.1. Цифровые осциллографы — скопметры	295
6.3.2. Скопметры Fluke 105B/99B/96B/92B	295
6.3.3. Скопметры Fluke серии 120	297
6.3.4. Осциллографы и скопметры Fluke серии B	299
6.3.5. Скопметры серии 190	302
6.4. Мультиметры-осциллографы фирм BEETECH и WENS	304
6.4.1. Мультиметры-осциллографы фирмы BEETECH	304
6.4.2. Мультиметры-осциллографы WENS 820	306
6.5. Портативные осциллографы фирмы Velleman	306
6.5.1. Портативный осциллограф HPS5	306
6.5.2. Портативный персональный осциллограф HPS10	307
6.5.3. Портативный осциллограф HPS40	308
6.5.4. Панельный осциллограф VPS10	308
6.5.5. Малогабаритный цифровой осциллограф APS 320	308
6.6. Портативный осциллограф-мультиметр DMM-740	309
6.7. Портативные осциллографы/мультиметры фирмы METEX	310
6.7.1. Одноканальный осциллограф/мультиметр MS-1280	310
6.7.2. Осциллограф/мультиметр MS-2000	311
6.7.3. Осциллограф-мультиметр DG SCOPE	312
6.8. Портативные осциллографы корпорации Tektronix	313
6.8.1. Серия осциллографов Tektronix THS700	313
6.8.2. Серия осциллографов Tektronix TPS2012/2014/2024	314
6.8.3. Портативные осциллографы Tektronix TPS2012/2014/2024 с Цифровым люминофором	315
6.9. Цифровые осциллографы — ноутбуки фирмы Hitachi	317
Глава 7. Виртуальные PC-осциллографы и лаборатории	319
7.1. Виртуальные PC-осциллографы	319
7.1.1. Назначение виртуальных осциллографов и их типы	319

7.1.2. Виртуальные осциллографы в виде плат расширения ПК	320
7.2. Виртуальные осциллографы фирмы Velleman.....	321
7.2.1. Виртуальные осциллографы фирмы Velleman.....	321
7.2.2. Анализатор спектра виртуального осциллографа фирмы Velleman	323
7.2.3. Самописец на базе виртуального осциллографа фирмы Velleman.....	323
7.2.4 Работа с PC-осциллографом фирмы Velleman.....	324
7.3. Виртуальные функциональные генераторы фирмы Velleman.....	327
7.3.1. Функциональные измерительные генераторы	327
7.3.2. Виртуальные функциональные генераторы фирмы Velleman.....	327
7.3.3. Работа с виртуальным функциональным генератором фирмы Velleman	329
7.4 Компьютеризированная лаборатория PC-Lab 2000.....	330
7.4.1. Создание компьютеризированной лаборатории PC-Lab 2000.....	330
7.4.2. Специальные возможности лаборатории PC-Lab 2000	331
7.5. Новые возможности виртуальной лаборатория PC-Lab 2000 v. 1.38	334
7.5.1. Развитие лаборатории PC-Lab 2000	334
7.5.2. Установка обновленной лаборатории PC-Lab 2000.....	334
7.5.3. Новый режим запоминания (персистенции) осциллограмм PERSIST.....	335
7.5.4. Отключение режима соединения точек графиков	336
7.5.5. Автоматизация измерений параметров осциллограмм.....	336
7.5.6. Режим запоминания спектрограмм.....	339
7.5.7. Другие возможности обновленной PC-Lab 2000	339
7.5.8. Виртуальный самописец PCS10 (K8047)	341
7.5.9. Виртуальный USB-осциллограф PCSU1000.....	343
7.5.10. Виртуальная лаборатория PC-Lab 2000SE	343
7.6. Осциллографические модули и платы фирмы BORDO.....	347
7.6.1. Цифровой осциллограф BORDO-421 с USB-интерфейсом.....	347
7.6.2. Цифровые осциллографы — плата В-121 и приставка В-323.....	348
7.6.3. Двухканальные цифровые осциллографы — платы PCI.....	351
7.6.4. Интерфейс пользователя осциллографов фирмы BORDO	353
7.7. Платы-осциллографы других фирм	353
7.7.1. Ультраскоростные платы M8-500, M8-500Y и M8-1000.....	353
7.7.2. Приставка-осциллограф DSO-2100.....	355
7.7.3. Осциллографическая приставка SDS200	356
7.8. Виртуальная USB-лаборатория АКТАКОМ.....	358
7.8.1. Управляемые источники питания АТН-1535/1539	358
7.8.2. Функциональные генераторы АНР-3121/3122	358
7.8.3. Генератор измерительных телевизионных сигналов АНР-3125/3126	359
7.8.4. Цифровые запоминающие осциллографы АСК-3106/3107/3116/3117.....	360
7.8.5. Комбинированный прибор АСК-4106.....	362
7.9. Виртуальный характерограф АСС-4211	366
7.9.1. Приставка АСС-4211 и ее параметры.....	366
7.9.2. Работа с приставкой АСС-4211	366
7.10. Скоростные платы компании GaGe	367
7.10.1. Обзор продукции компании GaGe.....	367
7.10.2. Программное обеспечение виртуальных осциллографов GaGe	370
Глава 8. Осциллографические измерения	373

8.1. Подготовка аналогового осциллографа к работе	373
8.1.1. Включение аналогового осциллографа и подготовка его к работе	373
8.1.2. Подключение осциллографа к источнику сигнала	374
8.1.3. Выбор режимов работы усилителей канала Y	375
8.1.4. Калибровка чувствительности	376
8.1.5. Учет влияния входной цепи осциллографа	377
8.1.6. Применение компенсированных делителей напряжения	378
8.1.7. Установка точной компенсации делителя	380
8.1.8. Лабораторные испытания аналоговых осциллографов	382
8.2. Работа с разверткой и синхронизация	384
8.2.1. Изменение режимов развертки	384
8.2.2. Запуск нарастающим или спадающим изменениями сигнала	385
8.2.3. Установка длительности и растяжка развертки	385
8.2.4. Наблюдение телевизионных сигналов	386
8.2.5. Выбор источника запуска и синхронизации развертки	386
8.3. Измерение параметров сигналов	387
8.3.1. Измерение амплитуды и уровней сигнала	387
8.3.2. Измерение временных интервалов	388
8.3.3. Измерение сдвига фаз синусоидальных сигналов	389
8.4. Измерения в режиме X-Y	389
8.4.1. Измерение фазового сдвига с помощью фигур Лиссажу	389
8.4.2. Сравнение частот с помощью фигур Лиссажу	391
8.4.3. Осциллограф в роли характериографа	391
8.5. Некоторые другие применения осциллографа	393
8.5.1. Наблюдение амплитудно-модулированных сигналов	393
8.5.2. Вычисление коэффициента модуляции	395
8.5.3. Применение калибратора для исследования переходных процессов в RC-цепях	395
8.5.4. Наблюдение переходных процессов в LRC-цепях	396
8.5.5. Курсорные измерения	397
8.6. Особенности измерений цифровыми осциллографами	398
8.6.1. Измерение постоянных напряжений и калибровка	398
8.6.2. Измерение частотных и временных параметров цифровых осциллографов	399
8.6.3. Выбор вида интерполяции	401
8.6.4. Использование накопления (аналогового послесвечения)	402
8.6.5. Работа с памятью цифрового осциллографа	402
8.6.6. Цифровой осциллограф в роли анализатора спектра	403
8.7. Специальные вопросы осциллографирования	404
8.7.1. О дискуссии «Good Will против Tektronix»	404
8.7.2. Как регистрируют процессы различные типы осциллографов	405
8.7.3. О роли памяти в цифровых осциллографах	406
8.7.4. Применение окна для просмотра части содержимого памяти	406
8.7.5. О случайной дискретизации и эффективной ее частоте	408
8.7.6. Курсорные и автоматические вычисления	410
8.7.7. Особенности работы разверток и синхронизации	411

8.7.8. Быстрое преобразование Фурье и другие возможности осциллографов Good Will	413
8.7.9. Применение осциллографов с Цифровым Люминофором	414
8.8. Работа с массовыми цифровыми осциллографами серии DS-1000	417
8.8.1. Начало работы с осциллографами серии DS-1000	417
8.8.2. Применение режима усреднения осциллограмм	418
8.8.3. Режим наложения осциллограмм (персистенции).....	419
8.8.4. Особенности наблюдения сигналов	420
8.8.5. Работа с разверткой и системой запуска	421
8.8.6. Работа с основной группой кнопок меню.....	422
8.8.7. Применение режима XY	422
8.8.8. Работа с курсорами и курсорные измерения	423
8.8.9. Автоматические измерения.....	423
8.8.10. Применение пикового детектора.....	424
8.8.11. Просмотр деталей осциллограмм	424
8.8.12. Сохранение осциллограмм и установок осциллографа	426
8.8.13. Допусковый контроль осциллограмм.....	426
8.8.14. Быстрое преобразование Фурье и получение спектрограмм	426
8.8.15. Подключение осциллографов к принтеру	428
8.8.16. Подключение осциллографа к компьютеру.....	428
8.8.17. Применение сервисных утилит	430
8.9. Особенности работы осциллографов с различными сигналами	431
8.9.1. Подключение осциллографа к источникам сигналов	431
8.9.2. Просмотр сигналов с цифровых устройств	433
8.9.3. Измерение крутизны и нелинейности пилообразных сигналов.....	434
8.9.4. Осциллографирование телевизионных сигналов	435
Глава 9. Практическая работа с компьютеризированными лабораториями	437
9.1. Интерфейс компьютеризированной лаборатории PC-Lab 2000	437
9.1.1. Общий вид окна лаборатории PC-Lab 2000	437
9.1.2. Добавление текста в окно экрана.....	439
9.1.3. Меню лаборатории PC-Lab 2000	440
9.1.4. Позиция Options меню	440
9.1.5. Опции позиции View	442
9.1.6. Позиция Math задания математических операций.....	442
9.1.7. Меню файловых операций File	445
9.1.8. Работа со справкой PC-Lab 2000.....	446
9.2. Осциллографирование в PC-Lab 2000 в реальных условиях	446
9.2.1. Просмотр синусоидальных колебаний высоких частот	446
9.2.2. Просмотр амплитудно-модулированного сигнала	450
9.2.3. Функциональная схема исследование электронных цепей и устройств.....	451
9.2.4. Исследование дифференцирующей RC-цепочки	452
9.2.5. Получение семейств осциллограмм в режиме PERSIST	454
9.2.6. Исследование реакции интегрирующей RC-цепочки на меандр.....	454
9.2.7. Исследование реакции интегрирующей RC-цепочки на сложные импульсы.....	456
9.2.8. Исследование реакции LRC-цепочки на меандр	456
9.2.9. Исследование релаксационного генератора	456

9.3. Анализ спектра реальных сигналов.....	461
9.3.1. Назначение анализаторов спектра	461
9.3.2. Спектр синусоидального сигнала	461
9.3.3. Работа с окнами и режимами усреднения.....	462
9.3.4. Спектр амплитудно-модулированного колебания	463
9.3.5. Спектр прямоугольных и треугольных импульсов	467
9.3.6. Спектр сигнала вида $\sin(t)/t$	467
9.4. Работа с строителем АЧХ и ФЧХ устройств.....	469
9.4.1. Назначение и роль строителя АЧХ и ФЧХ.....	469
9.4.2. Построение АЧХ и ФЧХ дифференцирующей RC-цепи.....	469
9.4.3. Построение АЧХ и ФЧХ колебательного LRC-контура.....	470
9.5. Работа PC-Lab 2000 с системой Mathcad	471
9.5.1. Передача осциллограмм в среду системы Mathcad.....	471
9.5.2. Взаимодействие Mathcad с функциональным генератором.....	472
9.5.3. Импорт спектрограмм	473
9.5.4. Об экспорте данных из Mathcad	474
9.6. Работа PC-Lab с системой MATLAB	475
9.6.1. Передача осциллограмм в среду системы MATLAB.....	475
9.6.2. Взаимодействие MATLAB с виртуальным функциональным генератором	475
9.6.3. Импорт спектрограмм в MATLAB	476
9.6.4. Об экспорте данных из MATLAB	477
9.7. Работа с виртуальными лабораториями АКТАКОМ	478
9.7.1. Подготовка виртуальных лабораторий.....	478
9.7.2. Работа с осциллографом-анализатором	478
9.7.3. Применение анализатора спектра	481
9.7.4. Осуществление цифровой фильтрации.....	482
9.7.5. Математическая обработка сигналов	483
9.7.6. Статистические вычисления	484
9.7.7. Эмуляция сигналов.....	485
9.7.8. Работа в качестве виртуального самописца.....	485
9.7.9. Задание аварийной сигнализации	486
9.7.10. Работа с разверткой и памятью	487
9.7.11. Работа с курсорами	488
9.7.12. Режим мультиналожения.....	489
9.7.13. Измерение фазового сдвига	489
9.7.14. Применение режима цифрового вольтметра.....	490
9.7.15. Построение гистограммы распределения вероятности	490
9.7.16. Сохранение данных	491
9.7.17. Работа с модулем функционального генератора.....	492
9.7.18. Системные функции.....	496
9.8. Работа АСК-4106 с реальными сигналами.....	497
9.8.1. Измерительная схема и развертывание лаборатории	497
9.8.2. Автоматические измерения и определяемые параметры сигналов	498
9.8.3. Предоставление результатов измерений	499
9.8.4. Настройка графиков	501
9.8.5. Просмотр табличных данных.....	502
9.8.6. Применение модуля анализа формы сигналов	503

9.9. 18-ГГц осциллографический комплекс на базе стробоскопа С1-91/4 и приставки АСК-3106/4106.....	504
Глава 10. Пайка и паяльное оборудование	511
10.1. Обычная пайка.....	511
10.1.1. Общие сведения о пайке	511
10.1.2. Электрические паяльники и паяльные ванны	511
10.1.3. Припой и флюсы	515
10.1.4. Газовые паяльники	515
10.2. Паяльные станции	516
10.2.1. Простая паяльная станция SR 976ESD фирмы Solomon	516
10.2.2. Улучшенные паяльные станции с электрическим паяльником.....	517
10.2.3. Паяльные станции для пайки горячим воздухом	518
10.3. Организация рабочего места для пайки.....	520
10.3.1. Меры против статического электричества.....	520
10.3.2. Выбор инструментов для пайки	521
10.3.3. Процесс пайки	521
10.3.4. Распайка компонентов	523
Литература.....	525

Ответственный за выпуск: **В. Митин**
Верстка и обложка: **СОЛОН-Пресс**

По вопросам приобретения обращаться:
ООО «СОЛОН-Пресс»
123001, г. Москва, а/я 82
Телефоны:(495) 617-39-64, (495) 617-39-65
E-mail: kniga@solon-press.ru,
www.solon-press.ru

По вопросам подписки на журнал «Ремонт & Сервис» обращаться:
ООО «СОЛОН-Пресс»
тел.: (495) 617-39-64, www.remserv.ru

ООО «СОЛОН-Пресс»
115487, г. Москва, пр-кт Андропова, дом 38, помещение № 8, комната № 2.
Формат 70×100/8. Объем 34 п. л. Тираж 40 экз.