

УДК 621.316.544.1 + 004.312.46

ББК 31.264

P97

А

Рюмик, Сергей Максимович.

P97 1000 и одна микроконтроллерная схема. Вып. 3 / С. М. Рюмик. — 2-е изд., эл. — 1 файл pdf: 356 с. — Москва : ДМК Пресс, 2023. — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10". — Текст : электронный.

ISBN 978-5-89818-442-1

Книга является третьей частью авторского издания под общим титульным названием «1000 и одна микроконтроллерная схема». Ранее в издательстве «Додэка-XXI» вышли в свет две книги из данной серии: «Выпуск 1» (2010 г.) и «Выпуск 2» (2011 г.). Новая книга «Выпуск 3» служит их логическим продолжением и дополнением. В ней содержатся электрические схемы сопряжения микроконтроллеров с внешними устройствами. Основной упор, в отличие от аналогичных по тематике изданий, делается на рассмотрение небольших, конструктивно завершённых, схемных узлов.

В книге освещается работа базовых микроконтроллерных подсистем, в частности ввода и вывода сигналов, питания, тактирования, сброса, программирования. Уделяется должное внимание популярным интерфейсам: USB, SPI, RS-485, I2C, 1-Wire. Приводятся схемы электрической «обвязки» для популярных плат Arduino, которые тоже содержат микроконтроллеры.

Книгу можно считать справочником типовых решений, поскольку все электрические схемы систематизированы по разделам и снабжены краткими пояснениями о назначении элементов. Ссылки на дополнительные материалы и литературу даны в конце каждого из разделов. В общей сумме в трёх книгах «Выпуск 1..3» насчитывается около 3000 схем.

В книге содержится мини-курс, посвящённый компьютерному моделированию. Приводится методика анализа небольших узлов, подключаемых к выводам микроконтроллеров. С помощью моделирования можно заранее спрогнозировать результат работы устройства без паяльника и без макетирования «в железе».

Книга будет полезна разработчикам электронной аппаратуры, радиолюбителям (в том числе начинающим), студентам, а также всем неспециалистам в области электроники, самостоятельно осваивающим микроконтроллеры.

УДК 621.316.544.1 + 004.312.46

ББК 31.264

Электронное издание на основе печатного издания: 1000 и одна микроконтроллерная схема. Вып. 3 / С. М. Рюмик. — Москва : ДМК Пресс, 2016. — 356 с. — ISBN 978-5-97060-348-2. — Текст : непосредственный.

Все права защищены. Никакая часть этого издания не может быть воспроизведена в любой форме или любыми средствами, электронными или механическими, включая фотографирование, ксерокопирование или иные средства копирования или сохранения информации, без письменного разрешения издательства.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации.

ISBN 978-5-89818-442-1

© Рюмик, С. М., 2016

© Оформление, Издание, ДМК Пресс, 2016

А

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
Глава 1. Из чего состоит МК	
1.1. Загадки терминологии	13
1.2. Историческая справка	16
1.3. Обновлённая классификация МК	19
1.4. Микроконтроллерные новости	21
1.4.1. Мультиядерные МК	21
1.4.2. Гибкие МК	22
1.4.3. МК с сегнетоэлектрической памятью FRAM	22
1.4.4. Беспроводные МК	24
1.4.5. 32-битные МК начального уровня	25
1.4.6. Клонирование МК	26
1.5. Мотивация в изучении МК	27
1.6. Какой МК выбрать?	29
1.7. Внутреннее устройство МК	31
1.7.1. Обновлённая структурная схема МК	31
1.7.2. Центральное вычислительное устройство	32
1.7.3. Память ОЗУ	32
1.7.4. Память ПЗУ	33
1.7.5. Подсистема прерываний	33
1.7.6. Подсистема интерфейсов	34
1.7.7. Подсистема программирования	35
1.7.8. Подсистема питания	36
1.7.9. Подсистема начального сброса	38
1.7.10. Подсистема тактирования	40
1.7.11. Подсистема портов ввода/вывода	42
1.8. Условные обозначения на схемах с идеализированным МК	48
Список использованных источников и литературы к главе 1	54

Глава 2. Типовые схемы узлов ввода МК

2.1. Приём аналоговых и цифровых сигналов	55
2.1.1. Приём сигналов низкого напряжения	55
2.1.2. Приём сигналов высокого напряжения	57
2.1.3. Внутренний аналоговый компаратор	60
2.2. Входные усилители сигналов	62
2.2.1. Усилители на транзисторах и микросхемах	62
2.2.2. Трансформаторная развязка	64
2.3. Механические датчики	65
2.3.1. Энкодеры	65
2.3.2. Кнопки, переключатели	66
2.3.3. Датчики вибрации	67
2.4. Акустические датчики.	69
2.4.1. Микрофоны и громкоговорители	69
2.5. Оптические датчики.	70
2.5.1. Дискретные фотодатчики	70
2.5.2. Интегральные фотомодули.	71
2.5.3. Оптипары	73
2.5.4. Датчики с открытым оптическим каналом	74
2.6. Температурные датчики.	75
2.6.1. Терморезисторы	75
2.6.2. Термопары	77
2.6.3. Интегральные термодатчики.	78
2.7. Погодные датчики	78
2.7.1. Датчики атмосферного давления	78
2.8. Прочие схемы узлов ввода	80
Список использованных источников и литературы к главе 2	84

Глава 3. Типовые схемы узлов управления и тактирования

3.1. Формирователи сигнала начального сброса	87
3.2. Внешние источники опорного напряжения.	90
3.3. Стабилизация тактовой частоты.	91
3.4. Приём тактовых сигналов	92
3.5. Прочие схемы тактирования.	93
Список использованных источников и литературы к главе 3	94

Глава 4. Типовые схемы подачи питания на МК

4.1. Параметрические стабилизаторы напряжения	95
4.2. Линейные интегральные стабилизаторы.	96
4.3. Импульсные DC/DC-преобразователи напряжения.	97
4.4. «Импульсно-линейные» источники питания	98
4.5. Электронное включение/выключение питания	99
4.6. Фильтрация питания	102
4.7. Прочие схемы организации питания	103
Список использованных источников и литературы к главе 4	106

Глава 5. Типовые схемы узлов вывода МК

5.1. Светодиодные индикаторы.	108
5.1.1. Одиночные светодиоды.	108
5.1.2. Сокращение числа соединительных линий	110
5.1.3. Одиночные светодиоды с буферными элементами.	111
5.1.4. Цепочки светодиодов	114
5.1.5. Линейки светодиодов	115
5.1.6. Светодиодные матрицы.	116
5.1.7. Двухцветные светодиоды	119
5.1.8. Трёхцветные светодиоды	120
5.1.9. ИК-светодиоды	121
5.1.10. Многоразрядные семисегментные индикаторы	122
5.1.11. Уплотнение сигналов в семисегментных индикаторах	124
5.1.12. Буквенно-цифровые индикаторы	126
5.1.13. Алфавитно-цифровые OLED-модули.	127
5.1.14. Цветные OLED-дисплеи	131
5.1.15. Лазерные излучатели.	132
5.1.16. Мигающие светодиоды	134
5.1.17. Излучатели внутри оптопар.	134
5.2. Накальные и газоразрядные индикаторы	138
5.2.1. Электрические лампы накаливания	138
5.2.2. Ваккуумные индикаторы семейства Nixie	141
5.2.3. Низковольтные люминесцентные вакуумные индикаторы.	143
5.2.4. Прочие газоразрядные индикаторы	144
5.3. Жидкокристаллические индикаторы.	146
5.3.1. Семисегментные ЖКИ	146
5.3.2. Алфавитно-цифровые ЖК-модули (АЦЖК)	146
5.3.3. ЖК-дисплеи	151
5.4. Звуковая система.	152
5.4.1. Ультразвуковые излучатели	152
5.4.2. Транзисторные усилители звука.	153
5.4.3. Интегральные усилители звука	155
5.4.4. Генерация звука через ШИМ	156
5.4.5. Генерация звука через ЦАП	158
5.4.6. Формирование огибающей.	159
5.5. Ключевые узлы.	160
5.5.1. Транзисторные ключи.	160
5.5.2. Узлы управления параметрами	162
5.6. Электродвигатели	163
5.6.1. Транзисторное управление двигателями	163
5.6.2. Управление двигателями через мостовые схемы	166
5.6.3. Микросхемы управления двигателями.	168
5.6.4. Шаговые двигатели	170
5.6.5. Серводвигатели	171

5.7. Генерация, модуляция, переключение сигналов	172
5.7.1. Формирование телевизионных сигналов	172
5.7.2. Коммутация сигналов с участием МК	176
5.7.3. Подключение ЭРИ к внешнему тракту.	177
5.7.4. Генерация сигналов	178
5.8. Силовая электроника	180
5.8.1. Элементы Пельтье	180
5.8.2. Механические реле общего применения.	181
5.9. Прочие схемы узлов вывода	182
Список использованных источников и литературы к главе 5	187
Глава 6. Типовые схемы комбинированных узлов ввода/вывода	
6.1. Информационно-измерительные узлы	194
6.2. Схемы с программной обратной связью	197
6.3. Подключение внешних АЦП	199
6.4. Опрос состояния кнопок и переключателей	200
6.5. Опрос тастатуры	202
6.6. Сокращение числа линий при опросе кнопок	204
6.7. Измерение частоты	207
6.8. Светоизлучатели и фотоприёмники	207
6.9. Датчики со знакопеременным напряжением	209
6.10. Прочие схемы узлов ввода/вывода.	211
Список использованных источников и литературы к главе 6	216
Глава 7. Типовые схемы интерфейсных узлов	
7.1. COM-порт	218
7.2. Интерфейс USB	220
7.3. Интерфейс CAN	222
7.4. Интерфейс «1-Wire»	223
7.5. Интерфейс «K-Line».	224
7.6. Интерфейс I ² C	226
7.7. Интерфейсы UART/USART	230
7.8. Интерфейс RS-485.	232
7.9. Интерфейс «Токовая петля»	235
7.10. Часы реального времени RTC	236
7.11. Интерфейс SPI	238
7.12. Интерфейс карт памяти MMC/SD	241
7.13. Работа с навигационными модулями GPS	246
7.14. Интерфейс MIDI	248
7.15. Интерфейс S/PDIF.	251
7.16. Прочие интерфейсы	252
Список использованных источников и литературы к главе 7	256
Глава 8. Типовые схемы автономных устройств	
8.1. Микроконтроллерные модули питания	259
8.2. Встраиваемые микроконтроллерные узлы.	260
8.3. Измерительные устройства.	262

8.4. Самостоятельно значимые устройства	267
8.5. Вблизи от терменвокса	271
8.6. Устройства автоматики	274
8.7. Дорабатываемые устройства	275
Список использованных источников и литературы к главе 8	277
Глава 9. Схемы для Arduino	
9.1. Кратко про Arduino	280
9.1.1. Постановка задачи.	280
9.1.2. На кого рассчитан проект Arduino?	281
9.1.3. Платформа «Open»	281
9.1.4. Историческая справка	283
9.1.5. Особенности Arduino	283
9.1.6. Тестовая проверка Arduino	285
9.1.7. Философия Arduino	291
9.2. Схемы подключения Arduino	291
9.2.1. Схемы с цифровыми входами	292
9.2.2. Схемы с аналоговыми входами	294
9.2.3. Схемы цифровых выходов	297
9.2.4. Схемы аналоговых выходов	300
9.2.5. Комбинированные схемы со входами и выходами	303
9.2.6. Конструкции на базе Arduino	306
Список использованных источников и литературы к главе 9	309
Глава 10. Схемы, не рекомендуемые к применению	
10.1. О достижении цели.	311
10.2. Примеры анализа электрических схем	312
10.2.1. Разноцветный «светодинамик»	312
10.2.2. Помехи в канале АЦП	313
10.2.3. Внешняя нагрузка на выходе Arduino	314
10.2.4. Arduino в качестве конвертора USB-UART.	316
Список использованных источников и литературы к главе 10	318
Глава 11. Среда моделирования Micro-Cap	
11.1. Компьютерное моделирование.	319
11.2. Micro-Cap: ограничения, версии, установка	323
11.3. Технология рисования схем в Micro-Cap	326
11.4. Базовые логические элементы	329
11.4.1. Схема замещения КМОП-инвертора	329
11.4.2. Компоненты замещения из библиотеки Micro-Cap	330
11.4.3. Схема замещения КМОП-триггера Шмитта.	331
11.4.4. Схема замещения КМОП-инвертора с регулируемыми фронтами.	332
11.4.5. Моделирование аналоговых входов/выходов МК.	334
11.4.6. Модели в формате IBIS	335
11.4.7. Текстовая макромодель инвертора для МК	336
11.4.8. Экспериментальное уточнение параметров макромодели.	338

11.5. Моделирование подсистем МК	341
11.5.1. Моделирование подсистемы питания.	341
11.5.2. Моделирование подсистемы начального сброса	342
11.5.3. Моделирование подсистемы тактирования	343
11.5.4. Моделирование подсистемы портов ввода/вывода	344
Список использованных источников и литературы к главе 11	346
Послесловие.	347
Приложения	
Приложение 1. Ссылки и адреса в Интернете	349
Приложение 2. Список аббревиатур.	353