

УДК 621.316.544.1 + 004.312.46

ББК 31.264

P97

Рюмик С. М.

P97 1000 и одна микроконтроллерная схема. Вып. 4 / С. М. Рюмик. — М.: ДМК-Пресс, 2017. — 336 с.: ил. — ISBN 978-5-97060-565-3.

Книга дополняет и развивает схемотехнические идеи, изложенные в аналогичных по названию авторских сборниках под общим заголовком «1000 и одна микроконтроллерная схема». Ранее вышли в свет книги: «Выпуск 1» (2010 г.), «Выпуск 2» (2011 г.), «Выпуск 3» (2016 г.). Новая книга «Выпуск 4» отличается профессиональной направленностью, поскольку в ней анализируются технические решения, применяемые фирмами в реальных конструкциях, прошедших проверку практикой.

За основу взяты так называемые отладочные платы, входящие в обязательный инструментарий современных разработчиков аппаратуры. Платы позволяют оценить потенциальные возможности разных микроконтроллерных семейств. Пользователь точно знает, что схемотехнических «сюрпризов» в отладочной плате нет, и она будет устойчиво функционировать в широком диапазоне температур, нагрузок и питающих напряжений. Это способствует тому, что специалист может полностью сосредоточиться на отработке программного обеспечения.

Если внимательно присмотреться, то в отладочных платах присутствуют все элементы микроконтроллерных подсистем: ввода и вывода сигналов, питания, тактирования, сброса, интерфейсов, программирования. Системный уровень позволяет рассматривать схемы через призму небольших, но функционально завершённых узлов.

Все электрические схемы, как и в прежних книгах цикла, систематизируются по разделам и снабжаются краткими пояснениями о назначении элементов. Из новинок — дополнительный раздел, посвящённый конструктивным особенностям и топологии размещения радиоэлементов на печатных платах. Используемые конструктивные идеи взяты из реальных отладочных плат, что может в дальнейшем пригодиться при разработке своей собственной аппаратуры.

Общее число рисунков в книге достигает 1000, что хорошо согласуется с её названием.

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

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.

ISBN 978-5-97060-565-3

© Рюмик, С.М., 2017

© Оформление, Издание, ДМК Пресс, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
Глава 1. Отладочные платы для МК	
1.1. Опытное знание.	12
1.2. Историческая справка	13
1.3. Классификация	16
1.3.1. Оценочный инструментарий	16
1.3.2. Плата или набор?	18
1.4. Внутреннее устройство отладочной платы	20
1.4.1. Схема подключений.	20
1.4.2. Структурный уровень	21
1.4.3. Подсистема памяти	21
1.4.4. Подсистема программирования.	22
1.4.5. Подсистема ввода/вывода	23
1.4.6. Подсистема питания	23
1.4.7. Подсистема интерфейсов.	24
1.4.8. Подсистема тактирования	24
1.4.9. Подсистема сброса	25
1.4.10. Особенности элементной базы отладочных плат	25
1.4.11. Разгадка надписей на схемах	26
1.5. Условные обозначения на схемах с МК	27
Список использованных источников и литературы к главе 1	33
Глава 2. Схемы узлов ввода сигналов	
2.1. Приём аналоговых и цифровых сигналов	34
2.1.1. Непосредственная связь	34
2.1.2. Подача аналоговых сигналов	35
2.1.3. Транзисторные формирователи	36
2.1.4. Буферные повторители сигналов на ОУ	37
2.1.5. Активные фильтры на ОУ	38
2.1.6. Подключение внешних АЦП	39

2.2. Механические датчики	40
2.2.1. Энкодеры	40
2.2.2. Пользовательские кнопки	40
2.2.3. Многокнопочное управление	43
2.2.4. Движковые переключатели	45
2.2.5. Механические джойстики	45
2.3. Резистивные датчики	48
2.4. Акустические датчики.	49
2.5. Оптические датчики.	51
2.6. Ёмкостные датчики	54
2.7. Температурные датчики.	55
2.7.1. Терморезисторы	55
2.7.2. Интегральные аналоговые термодатчики	56
2.7.3. Интегральные цифровые термодатчики	57
2.8. Погодные датчики	58
2.8.1. Датчики атмосферного давления	58
2.8.2. Датчики влажности	59
2.9. Датчики пространственной ориентации	60
2.10. Прочие схемы узлов ввода	64
Список использованных источников и литературы к главе 2	66

Глава 3. Схемы узлов управления и тактирования

3.1. Формирователи сигналов начального сброса	67
3.1.1. Узлы внешнего сброса МК	67
3.1.2. Начальный сброс МК от тактовой кнопки	69
3.1.3. Сброс МК от супервизоров	71
3.2. Внешние источники опорного напряжения	73
3.3. Тактирование от внешних генераторов.	77
3.4. Кварцевая стабилизация тактовой частоты	79
3.5. Узлы подсистемы программирования	82
Список использованных источников и литературы к главе 3	85

Глава 4. Схемы подачи питания

4.1. Стабилизаторы напряжения 1.2 В.	86
4.2. Стабилизаторы напряжения 1.8 В.	87
4.3. Стабилизаторы напряжения 2.5 В.	88
4.4. Стабилизаторы напряжения 3.3 В.	89
4.5. Стабилизаторы напряжения 3.6 В.	93
4.6. Стабилизаторы напряжения 4.3 В.	94
4.7. Стабилизаторы напряжения 5 В.	94
4.8. Регулируемое питание	96
4.9. Понижающие DC/DC-преобразователи.	100
4.10. Инвертирующие DC/DC-преобразователи	103
4.11. Повышающие DC/DC-преобразователи	104
4.12. Фильтрация аналогового питания	105
4.13. Фильтрация цифрового питания.	108

4.14. Батарейное/аккумуляторное питание	109
4.15. Автоматическое переключение питания	111
4.16. Зависимая подача питания	114
4.17. Электронное включение питания	115
4.18. Использование ионисторов	118
4.19. Питание внешних устройств	119
4.20. Защита от переплюсовки питания	119
4.21. Электронные ограничители тока	121
4.22. Защита плавкими предохранителями	122
4.23. Индикация наличия питания	124
4.24. Прочие схемы организации питания	125
Список использованных источников и литературы к главе 4	126

Глава 5. Схемы узлов вывода

5.1. Светодиодные индикаторы	127
5.1.1. Одиночные светодиоды	127
5.1.2. Одиночные светодиоды с буферными элементами	129
5.1.3. Многоцветные светодиоды	131
5.1.4. Семисегментные светодиодные индикаторы	133
5.2. Жидкокристаллические индикаторы	135
5.2.1. Мультиплексированные сегментные ЖКИ	135
5.2.2. Алфавитно-цифровые ЖК-модули (АЦЖК)	136
5.2.3. Монохромные ЖК-дисплеи	138
5.2.4. Цветные TFT-дисплеи	139
5.2.5. OLED-дисплеи	144
5.3. Звуковая система	147
5.3.1. Вывод звука на пьезоизлучатели	147
5.3.2. Вывод звука на динамические излучатели	148
5.3.3. Транзисторные усилители звука	149
5.3.4. Интегральные усилители звука	149
5.3.5. Стереоусилители	151
5.3.6. Формирование сигналов через внутренний ЦАП МК	152
5.3.7. Подключение внешних ЦАП	154
5.4. Ключевые узлы	155
5.4.1. Преобразователи уровней	155
5.4.2. Узлы управления	156
5.4.3. Генераторные узлы	158
5.5. Силовая электроника	159
5.5.1. Механические и электронные реле	159
5.6. Прочие схемы узлов вывода	159
Список использованных источников и литературы к главе 5	164

Глава 6. Схемы комбинированных узлов ввода/вывода

6.1. Измерительные узлы	165
6.2. Схемы узлов с обратной связью	166
6.3. Двухнаправленное прохождение сигналов	167

6.4. Двухнаправленные конверторы уровней	169
6.5. Опрос тастатуры	172
6.6. Прочие схемы узлов ввода/вывода	173
Список использованных источников и литературы к главе 6	175

Глава 7. Схемы интерфейсных узлов

7.1. СОМ-порт	176
7.2. Интерфейс RS-485.	179
7.3. Интерфейс RS-422.	181
7.4. Интерфейс CAN	182
7.5. Интерфейс «1-Wire»	186
7.6. Интерфейс I ² C	187
7.7. Интерфейс S/PDIF	188
7.8. Интерфейс Ethernet	189
7.9. Интерфейс JTAG.	190
7.10. Интерфейс SWD	192
7.11. Интерфейс LIN	193
7.12. Часы реального времени RTC	194
7.13. Интерфейс IrDA	196
7.14. Интерфейс SPI	198
7.15. SIM-карты.	199
7.16. Схемотехника внешних подключений	200
7.17. Прочие интерфейсы	201
Список использованных источников и литературы к главе 7	207

Глава 8. Интерфейс USB

8.1. Общие замечания	208
8.2. Конверторы USB-UART	208
8.3. Информационные цепи D^+ , D^-	210
8.4. Силовая цепь V_{Bus}	210
8.5. Резисторы выбора режима	212
8.6. Защитные элементы USB.	215
8.7. Экран USB-разъёма	218
8.8. Режимы «Device», «Host», «OTG»	220
8.9. Питание в режимах «Host»/«OTG»	224
Список использованных источников и литературы к главе 8	227

Глава 9. Внешняя память

9.1. Микросхемы EEPROM	228
9.2. Микросхемы последовательной Flash-памяти	229
9.3. Микросхемы параллельной Flash-памяти	232
9.4. Микросхемы последовательно-параллельной Flash-памяти	235
9.5. Микросхемы ОЗУ	237
9.6. Микросхемы SDRAM.	239
9.7. Карты памяти microSD	242
9.8. Прочие схемы устройств памяти	246
Список использованных источников и литературы к главе 9	247

Глава 10. Измерительные схемы

10.1. Особенности измерений	248
10.2. Измерение напряжения в отладочных платах	249
10.3. Измерение тока в отладочных платах	250
Список использованных источников и литературы к главе 10	255

Глава 11. Схемы с нюансами

11.1. Нюансы в тракте питания	256
11.2. Нюансы в схемах применения ЭРИ	258
11.3. Нюансы в цепях входа и выхода	260
Список использованных источников и литературы к главе 11	262

Глава 12. Схемы, которые можно улучшить

12.1. Неточности в схемах	263
12.2. Улучшения в тракте питания	264
12.3. Улучшения в канале USB	265
12.4. Улучшения в цепях ввода/вывода сигналов	267
Список использованных источников и литературы к главе 12	271

Глава 13. Конструктивные особенности

13.1. Принципы конструирования РЭА	272
13.2. «Золотое сечение»	273
13.3. Характеристики печатных плат	274
13.4. Спецификация элементов	275
13.5. Отсутствующие ЭРИ	278
13.6. Прямоугольные платы	279
13.7. Фигурные платы	281
13.8. Крепёжные отверстия	282
13.9. Контактные отверстия	283
13.10. Физически разделяемые платы	284
13.11. Разъёмы на платах	285
13.12. Угловое подключение шилдов	287
13.13. Макетная область	288
13.14. Топология контактных площадок	289
13.15. Сенсорные кнопки	292
13.16. Сенсорные слайдеры	293
13.17. Встроенные дисплеи	294
13.18. Элементы индикации	295
13.19. Групповое расположение кнопок	295
13.20. Универсальная разводка посадочных мест	296
13.21. Элементы на краю платы	297
13.22. Двухвыводные SMD-элементы	299
13.23. Маркировка SMD-диодов	299
13.24. Маркировка танталовых SMD-конденсаторов	300
13.25. Маркировка столбиковых SMD-конденсаторов	300
13.26. Маркировка микросхем в SOIC-корпусе	301
13.27. Маркировка микросхем в TQFP-корпусе	302

13.28. Маркировка штыревых разъёмов	303
13.29. Выносной разъём USB	305
13.30. Топология цепей питания	306
13.31. Дамперные соединители	307
13.32. Кварцевые резонаторы	308
13.33. Графика под элементами	309
13.34. Групповая маркировка ЭРИ	310
13.35. Текстовые пояснения на платах	311
13.36. Графические пояснения на платах	314
13.37. Реперные знаки	316
13.38. Идентификационные знаки	317
13.39. Фирменные знаки	318
13.40. Сертификационные знаки	319
13.41. Конструктивные нюансы	320
Список использованных источников и литературы к главе 13	323
Послесловие	324
Приложения	
Приложение 1. Ссылки и адреса в Интернете	326
Приложение 2. Список аббревиатур	333