

УЧЕБНИК

Джон Ленк

500 ПРАКТИЧЕСКИХ СХЕМ НА ПОПУЛЯРНЫХ ИС

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ
И РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ

ТАБЛИЦЫ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ
И ВРЕМЕННЫЕ ДИАГРАММЫ

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
И ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ

ОТЛАДКА, ПОИСК
И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Mc
Graw
Hill

ДМК
Издательство

УДК 621.396.6
ББК 32.844я2
ЛЗЗ

Ленк Д.
ЛЗЗ 500 практических схем на популярных ИС: Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, – 440 с.: ил. (Серия «Учебник»).

ISBN 5-94074-043-X

Книга известного американского специалиста по электронике Дж. Ленка универсальна по своему содержанию. В этом справочном пособии по самым распространенным типам интегральных микросхем и схемотехническим решениям на их основе собрана вся информация, нужная специалистам по электронике.

В книге рассмотрены более 500 рабочих схем, объяснены принципы их функционирования и особенности применения; даны указания по проверке, отладке, поиску и устранению неисправностей; приведены расчетные соотношения для выбора номиналов схемных элементов, таблицы взаимозаменяемости, временные диаграммы сигналов.

Все схемы сгруппированы по функциональному назначению: схемы контроля микропроцессоров (супервизоры), коммутаторы, интерфейсные схемы, мостовые измерители, генераторы, широкополосные устройства, операционные усилители, источники питания, АЦП и ЦАП.

Издание предназначено для инженеров, техников, специалистов по ремонту и эксплуатации электронных приборов и средств автоматики, а также научных работников, студентов и любителей технического творчества.

Original edition copyright © by the McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.
Russian edition copyright © by ДМК Пресс. All rights reserved.

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 0-07-038117-8 (англ.)
ISBN 5-94074-043-X

© by the McGraw-Hill Companies, Inc.
© Перевод на русский язык,
оформление. ДМК Пресс

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	16
1. Схемы контроля микропроцессоров	31
1.1. ИС контроля микропроцессоров	31
1.2. Сброс при включении питания	32
1.3. Сброс при понижении напряжения питания	32
1.4. Запрет записи в память при пониженном напряжении питания	32
1.5. Предупреждение об отключении питания	33
1.6. Переключение на резервную батарею	33
1.7. Сторожевой таймер	34
1.8. Тестирование и устранение неисправностей цифровых и микропроцессорных схем	34
1.8.1. Логический пробник	34
1.8.2. Логический импульсный генератор	35
1.8.3. Тестирование и поиск неисправностей с помощью пробника и генератора	35
1.9. Общие принципы поиска неисправностей цифровых устройств на ИС	36
1.9.1. Цепи питания и заземления	36
1.9.2. Сигналы сброса, выбора ИС, считывания, записи и начала работы	36
1.9.3. Синхронизирующие сигналы	41
1.9.4. Входные и выходные сигналы	41
1.10. Тестирование ИС контроля микропроцессоров	42
1.11. Описание схем контроля микропроцессоров	49
1.11.1. Схема контроля микропроцессора	49
1.11.2. Схема резервирования питания МП	51
1.11.3. Схема контроля и резервирования питания МП	52
1.11.4. Схема контроля МП с дополнительными возможностями	54
1.11.5. Схемы контроля МП с улучшенными характеристиками	58
1.11.6. Схемы контроля МП повышенной надежности	59
1.11.7. Схемы контроля МП повышенной надежности с дополнительными возможностями	59
1.11.8. Недорогие схемы контроля МП с батарейным резервированием	60
1.11.9. Недорогие схемы контроля МП повышенной надежности с ручным сбросом	60
1.11.10. Недорогие схемы контроля МП для напряжения питания +3 В	62
1.11.11. Схема контроля МП, формирующая сигнал разрешения записи в ОЗУ	63
1.11.12. Недорогие схемы контроля МП с батарейным резервированием для напряжения питания 3,0/3,3 В	63
1.11.13. Схема контроля напряжения питания с формированием сигнала сброса	64
1.11.14. Схемы контроля МП с внутренней резервной батареей	66
2. Аналоговые коммутаторы и ключи	67
2.1. Экстремальные уровни напряжения	67
2.2. Методы проверки интегральных коммутаторов и ключей	69
2.2.1. Проверка основных функций	70
2.2.2. Проверка тока утечки выключенного канала	70
2.2.3. Проверка времени переключения	71

2.2.4. Измерение прямого сопротивления замкнутого ключа	72
2.2.5. Измерение тока утечки замкнутого ключа	72
2.2.6. Измерение тока утечки разомкнутого ключа	73
2.2.7. Проверка основных функций коммутатора	73
2.2.8. Измерение времени задержки переключения каналов относительно адресных сигналов	75
2.2.9. Время перекрытия переключаемых каналов	75
2.2.10. Измерение задержки переключения каналов относительно сигнала разрешения переключения	75
2.2.11. Измерение заряда переключения	76
2.2.12. Измерение развязки разомкнутого ключа	76
2.2.13. Измерение развязки между включенными каналами	77
2.2.14. Емкость канала	77
2.3. Описание аналоговых коммутаторов и ключей	77
2.3.1. Входные каскады устройства сбора данных	77
2.3.2. Система сбора данных с защищенным дифференциальным входом	78
2.3.3. КМОП коммутатор радио- и видеосигналов	81
2.3.4. Коммутатор повышенной надежности	81
2.3.5. Усилитель с программируемым коэффициентом усиления	82
2.3.6. Ослабление влияния емкостной нагрузки	82
2.3.7. Компенсация фазовых искажений	83
2.3.8. Восьмиканальная схема коммутации дифференциальных сигналов с последовательным переключением каналов	83
2.3.9. 16-канальная схема коммутации дифференциальных сигналов с последовательным переключением каналов	84
2.3.10. Схема выборки-хранения	84
2.3.11. Восьмиканальный переключатель с управлением по последовательному интерфейсу	85
2.3.12. Коммутатор 8×1 на ИС MAX335	88
2.3.13. Дифференциальный коммутатор 4×2 на ИС MAX335	88
2.3.14. Однополюсные переключатели на два направления на ИС MAX335	89
2.3.15. ИС защиты многоканальных линий передачи сигналов с ключами повышенной надежности	90
3. Схемы интерфейса	92
3.1. Длина кабеля	92
3.2. Снижение потребляемой мощности и режим отключения	94
3.3. Гальваническая развязка линий передач	95
3.4. Сравнение стандартов на интерфейсы	96
3.5. Проверка и поиск неисправностей интерфейсных ИС	97
3.6. Проверка работоспособности	98
3.6.1. Проверка работы в режимах разрешения/запрета и отключения	99
3.6.2. Проверка тока потребления в режиме отключения	99
3.6.3. Проверка скорости нарастания выходного напряжения при переключении	100
3.6.4. Проверка в режиме замкнутой петли	100
3.7. Описание интерфейсных ИС	101
3.7.1. Передача данных по стандарту RS-485/422 с гальванической развязкой	101
3.7.2. Организация типовой сети обмена данными по стандарту RS-485/422	104

3.7.3. Приемопередатчики с внешними конденсаторами с напряжением питания 5 В ..	105
3.7.4. Приемопередатчики с защитой от электростатического разряда	115
3.7.5. Программируемый приемопередатчик DTE/DCE	117
3.7.6. Двойной приемопередатчик с напряжением питания +1,8... +4,25 В	117
3.7.7. Многоканальные передатчики/приемники с напряжением питания 5 В	122
3.7.8. Импульсный генератор для источника питания интерфейса RS-485 с гальванической развязкой	140
3.7.9. Приемопередатчики с пониженной потребляемой мощностью для интерфейсов RS-485/422	147
4. Мостовые схемы	153
4.1. Основные мостовые схемы и их работа	153
4.1.1. Мостовой измерительный усилитель	153
4.1.2. Мостовой датчик давления с цепью автоматического регулирования	154
4.1.3. Малошумящий мостовой усилитель с подавлением синфазных сигналов	154
4.1.4. Малошумящий мостовой усилитель со стабилизацией прерыванием	155
4.1.5. Мостовой усилитель с одним источником питания и подавлением синфазных сигналов	158
4.1.6. Мостовой усилитель с высокой разрешающей способностью и одним источником питания	159
4.1.7. Схема для точного измерения веса	159
4.1.8. Мостовая схема с «плавающим» входом	161
4.1.9. Мостовой резистивный датчик температуры	161
4.1.10. Резистивный датчик температуры с переключаемым конденсатором	162
4.1.11. Терморезисторный мост с линейным выходом	163
4.1.12. Мостовая схема с малой потребляемой мощностью	164
4.1.13. Периодическое включение мостового тензодатчика	164
4.1.14. Импульсной режим работы мостового тензодатчика	164
4.1.15. Мостовой датчик с устройством выборки-хранения	164
4.1.16. Мостовой датчик высокой разрешающей способности с УВХ	168
4.1.17. Синхронный мостовой демодулятор с питанием переменным током	169
4.1.18. Мостовая схема, работающая в заданном временном интервале	170
4.1.19. Генератор прямоугольных импульсов	170
4.1.20. Генератор с кварцевой стабилизацией частоты	171
4.1.21. Генератор гармонических колебаний с кварцевой стабилизацией частоты	172
4.1.22. Генератор с кварцевой стабилизацией частоты и подавлением синфазного сигнала	172
4.1.23. Базовая схема генератора гармонических колебаний с мостом Вина	172
4.1.24. Многодиапазонный генератор с мостом Вина	173
4.1.25. Генератор гармонических колебаний с мостом Вина и электронной стабилизацией амплитуды сигнала	174
4.1.26. Высокостабильный генератор с мостом Вина	176
4.1.27. Генератор с мостом Вина и автоматической подстройкой сигнала	177
4.1.28. Генератор с мостом Вина и подавлением синфазного сигнала моста	177
4.1.29. Выпрямитель/вольтметр переменного тока с диодным мостом	179
5. Быстродействующие схемы	180
5.1. Основные быстродействующие схемы и их работа	180

5.1.1. Усилитель ЦАП	180
5.1.2. Двухканальный видеоусилитель	180
5.1.3. Простой видеоусилитель	182
5.1.4. Усилитель для приема сигнала с кабеля	182
5.1.5. Стабилизация по постоянному току с использованием точки суммирования	182
5.1.6. Стабилизация по постоянному току с дифференциальным съемом напряжения смещения нуля	183
5.1.7. Стабилизированный усилитель с высоким входным сопротивлением	183
5.1.8. Стабилизированный усилитель с коэффициентом усиления 10	183
5.1.9. Стабилизированный усилитель с коэффициентом усиления 1000	185
5.1.10. Быстродействующий дифференциальный приемник сигналов с двухпроводной линии	187
5.1.11. Усилитель с трансформаторной связью	189
5.1.12. Быстродействующий дифференциальный усилитель-компаратор с регулируемым порогом	189
5.1.13. Двухпороговый усилитель-компаратор с регулируемым окном	190
5.1.14. Усилитель с фотодиодом	192
5.1.15. Быстродействующий фотоинтегратор	193
5.1.16. Приемник для волоконно-оптической линии связи	194
5.1.17. Адаптивный приемник для волоконно-оптической линии связи в диапазоне частот до 40 МГц	194
5.1.18. Точный аналоговый перемножитель в диапазоне частот до 50 МГц	196
5.1.19. Усилитель мощности	196
5.1.20. Усилитель мощности с большим выходным током	198
6. Операционные усилители и компараторы	199
6.1. Проверка усилителей	199
6.1.1. Оборудование для испытаний усилителей	199
6.1.2. Децибел: основные понятия	201
6.1.3. Соотношения для удвоения мощности	202
6.1.4. Сложение децибелов	202
6.1.5. Использование децибелов для сравнения величин напряжений и токов	203
6.1.6. Децибелы и измерения абсолютных величин	203
6.1.7. Амплитудно-частотная характеристика	204
6.1.8. Усиление по напряжению	210
6.1.9. Выходная мощность и усиление мощности	210
6.1.10. Входная чувствительность	211
6.1.11. Полоса пропускания	211
6.1.12. Влияние нагрузки	211
6.1.13. Выходное сопротивление	212
6.1.14. Входное сопротивление	213
6.1.15. Ток потребления, выходная мощность, КПД и чувствительность	213
6.1.16. Анализ искажений с использованием синусоидального сигнала	213
6.1.17. Анализ искажений с использованием прямоугольных сигналов	214
6.1.18. Гармонические искажения	217
6.1.19. Интермодуляционные искажения	219
6.1.20. Фонový шум	220
6.1.21. Отношение сигнал/шум	221

6.1.22. Скорость нарастания и переходные характеристики	222
6.1.23. Измерение переходных характеристик	223
6.1.24. Фазовый сдвиг	225
6.1.25. Измерения в цепях обратной связи	226
6.1.26. Входной ток	227
6.1.27. Входной ток сдвига и напряжение смещения нуля	228
6.1.28. Ослабление синфазного сигнала	229
6.1.29. Влияние нестабильности напряжения питания	230
6.2. Типы усилителей на ИС	230
6.2.1. Операционные усилители	230
6.2.2. Управляемый операционный усилитель	233
6.2.3. ОУ со стабилизацией прерыванием	234
6.2.4. Прохождение сигнала	236
6.2.5. Измерение усиления отдельных каскадов	237
6.2.6. Пониженное усиление	238
6.2.7. Искажения в каскадах усилителя на дискретных элементах	239
6.2.8. Влияние утечки на работу схем с дискретными элементами	239
6.2.9. Ток утечки коллектор–база	240
6.2.10. Проверка токов утечки транзисторов в схеме	240
6.2.11. Пример поиска неисправностей в усилителе	241
6.3. Компараторы	245
6.3.1. Работа с интегральными компараторами	246
6.3.2. Проверка компараторов	247
6.3.3. Определение неисправностей в схемах компараторов	248
6.3.4. Проблемы быстрого действия компараторов	250
6.4. Применение ОУ и компараторов	251
6.4.1. Малошумящий измерительный усилитель	251
6.4.2. Инвертирующий усилитель	252
6.4.3. 8-канальный мультиплексор видеосигналов для работы на кабель	253
6.4.4. 2-канальный мультиплексор видеосигналов для работы на кабель	254
6.4.5. Усилитель для работы на кабель с минимальными фазовыми искажениями	254
6.4.6. Двухполупериодный выпрямитель на одном ОУ	254
6.4.7. Однополупериодный выпрямитель	256
6.4.8. Сверхбыстродействующий компаратор с ЭСЛ выходом и управляемым режимом выборки-хранения	256
6.4.9. Компаратор с ЭСЛ выходом	257
6.4.10. Широкополосный быстродействующий ОУ с мультиплексным входом	258
6.4.11. Малошумящий быстродействующий измерительный усилитель	259
6.4.12. Малошумящий микрофонный предусилитель	259
6.4.13. Двухполупериодный выпрямитель на одном ОУ	259
6.4.14. Выносной датчик измерителя рН со встроенным усилителем	260
6.4.15. 4-канальная схема выборки-хранения	262
6.4.16. Усилитель выносного датчика напряжение–ток с дистанционным питанием	262
6.4.17. Источник отрицательного опорного напряжения –2,5 В	263
6.4.18. Повторитель напряжения для емкостной нагрузки до 100 пФ	264
6.4.19. Повторитель напряжения для емкостной нагрузки свыше 100 пФ	264
6.4.20. Повторитель напряжения повышенной точности	265
6.4.21. Малошумящий прецизионный дифференциальный усилитель с высоким коэффициентом усиления	265

6.4.22. Дифференциальные усилители с однополярным питанием	268
6.4.23. Согласующее устройство для низковольтного АЦП	269
6.4.24. Источник питания с автоматическим выключением через заданное время	271
6.4.25. Детектор с окном	271
6.4.26. Одношкальный индикатор на светодиодах	272
6.4.27. Простой линейный приемопередатчик	273
6.4.28. Пороговый детектор с цифровым управлением	273
7. Схемы источников питания	275
7.1. Методы проверки источников питания и стабилизаторов	275
7.1.1. Методика тестирования	275
7.1.2. Детальная проверка	281
7.1.3. Влияние источника питания	283
7.1.4. Влияние нагрузки	284
7.1.5. Шумы и пульсации	284
7.1.6. Дрейф	284
7.1.7. Температурный коэффициент	285
7.2. Поиск неисправностей в импульсных источниках питания	285
7.2.1. Паразитная связь с «землей»	285
7.2.2. Компенсация измерительного кабеля осциллографа	286
7.2.3. Наводки в заземляющем проводе с зажимом	286
7.2.4. Измерения на элементах	286
7.2.5. Электромагнитные помехи	287
7.2.6. Советы и предостережения	289
7.3. Поиск неисправностей в линейных источниках питания	293
7.3.1. Двухполярный источник питания с предварительной стабилизацией	294
7.4. Описание схем источников питания	295
7.4.1. Схема управления МДП транзисторами	295
7.4.2. Мостовая схема управления двигателем постоянного тока	295
7.4.3. Система управления шаговым двигателем	297
7.4.4. Источник питания, повышающий напряжение	297
7.4.5. Переключатель с открытым выходом	299
7.4.6. Преобразователи напряжения	299
7.4.7. Преобразователь положительного и отрицательного напряжений	299
7.4.8. Быстродействующие драйверы МДП транзисторов с токами до 1,5 А	301
7.4.9. Повышающие ШИМ стабилизаторы	301
7.4.10. Источник питания на 12 В для программирования флэш-памяти	304
7.4.11. Понижающий ШИМ стабилизатор	304
7.4.12. Преобразователь положительного напряжения в отрицательное	304
7.4.13. Повышающий преобразователь отрицательного напряжения	306
7.4.14. Модуль программирования флэш-памяти	307
7.4.15. Понижающий преобразователь	307
7.4.16. Модуль, преобразующий напряжение +5 В в ± 12 или ± 15 В	309
7.4.17. Быстродействующий одиночный МДП драйвер на ток 6 А	310
7.4.18. Преобразователь напряжения с перекачиванием заряда	313
7.4.19. Р-канальный линейный стабилизатор с малым падением напряжения	313
7.4.20. Перестраиваемый инвертирующий ШИМ стабилизатор на -5 В	313
7.4.21. Контроллер токового режима на базе импульсного источника питания	315

7.4.22. Понижающий Р-канальный контроллер	316
7.4.23. Понижающий ШИМ стабилизатор на ток 5 А	319
7.4.24. Понижающий ШИМ стабилизатор на ток 2 или 5 А	321
7.4.25. Эффективный преобразователь напряжения на 12 В с обратной связью	321
7.4.26. Преобразователь напряжения на 12 В без обратной связи	321
7.4.27. Эффективный преобразователь напряжения 9 В	323
7.4.28. Повышающий/понижающий преобразователь с выходным напряжением 5 или 3,3 В	323
7.4.29. Компенсированный источник питания с выходным 12 В и входным от 4,5 до 15 В напряжением	323
7.4.30. Бестрансформаторная схема источника питания с входным –48 В и выходным 5 В напряжением	324
7.4.31. Монолитный КМОП преобразователь напряжения	325
7.4.32. Источник питания для программирования микросхем флэш-памяти	325
7.4.33. Источник питания на два выхода с напряжениями +12 и +20 В	327
7.4.34. Эффективный инвертирующий источник питания	327
7.4.35. Инвертор с изменяемым выходным напряжением	328
7.4.36. Эффективный преобразователь на 5 В	329
7.4.37. Эффективный преобразователь на 12 В с обратной связью	329
7.4.38. Эффективный преобразователь на 12 В без обратной связи	329
7.4.39. Эффективный маломощный преобразователь на 9 В	331
7.4.40. Преобразователь на 12 В с функцией контроля напряжения	331
7.4.41. Преобразователь на 24 В	332
7.4.42. Преобразователь на 15 В	332
7.4.43. Преобразователь на 16 В	333
7.4.44. Источник выходного напряжения 100 В	333
8. Батарейные и микромощные схемы питания	336
8.1. Описание микромощных схем с батарейным питанием	336
8.1.1. Повышающий импульсный стабилизатор	336
8.1.2. Инвертирующий импульсный стабилизатор	336
8.1.3. Микромощный стабилизатор напряжения	338
8.1.4. Стабилизатор +5 В с малым падением напряжения	339
8.1.5. Регулируемый стабилизатор с малым падением напряжения	339
8.1.6. Уменьшение тока покоя	340
8.1.7. Снижение минимального тока покоя	340
8.1.8. Эффективный понижающий стабилизатор напряжения +5 В	340
8.1.9. Низковольтный повышающий преобразователь	341
8.1.10. Повышающий преобразователь напряжения на 3,3/5 В	341
8.1.11. Регулируемый повышающий преобразователь	342
8.1.12. Стабилизатор/зарядное устройство для четырех никель-кадмиевых аккумуляторов	344
8.1.13. Термочувствительное зарядное устройство для никель-кадмиевых аккумуляторов	344
8.1.14. Зарядное устройство для никель-кадмиевых аккумуляторов	345
8.1.15. Переключаемое термочувствительное зарядное устройство	346
8.1.16. Термочувствительное зарядное устройство для никель-кадмиевых аккумуляторов с низкоомным источником заряда	347

8.1.17. Контроллер ускоренного заряда аккумуляторов NiCd/NiMH	347
8.1.18. Зарядное устройство с линейным стабилизатором	351
8.1.19. Источник питания флуоресцентных ламп подсветки	352
8.1.20. Комбинированный источник питания ЖК дисплея	353
8.1.21. Источник питания ЖК дисплея с цифровой подстройкой	353
8.1.22. Источник отрицательного напряжения для ЖК дисплея	354
8.1.23. Микромощный источник питания ЖК дисплея	355
8.1.24. Источник питания ЖК дисплея с перекачиванием заряда	357
8.1.25. Источник для цепи регулировки контрастности цветного ЖК дисплея	357
8.1.26. Сдвоенный драйвер, переключающий повышенные напряжения	359
8.1.27. Сдвоенный переключающий драйвер повышенного напряжения	359
8.1.28. Снижение влияния бросков тока при высокоемкостных нагрузках	360
8.1.29. Контроллеры двунаправленных МОП переключателей	360
8.1.30. Переключающий драйвер для напряжений 18–28 В	361
8.1.31. Экономичный переключающий драйвер напряжений 18–28 В	362
8.1.32. Управление питанием портативного компьютера	362
8.1.33. Управление блоком питания	
с четырьмя никель - кадмиевыми аккумуляторами	362
8.1.34. Переключатели для работы в схемах напряжением 3,3 В	364
8.1.35. Электронный прерыватель	365
8.1.36. Защита цепи питания интерфейса SCSI	366
8.1.37. Мощный источник питания на 3,3 В с входным напряжением 5 В	367
8.1.38. Маломощный преобразователь напряжения 3,3 В в 5 В	367
8.1.39. Источник питания с выходными напряжениями 5 и 12 В	368
8.1.40. Импульсный стабилизатор с питанием от щелочной батареи	370
8.1.41. Замена батареи напряжением 9 В двумя элементами типа АА	370
8.1.42. Схема получения напряжений 3,3 или 5 В от двух или трех элементов	372
8.1.43. Схема получения напряжений 3,3/5 В и 5/12 В от двух или трех элементов	373
8.1.44. Схема получения напряжений 3,3/5 В, +12 и –18 В	
от двух или трех элементов	374
8.1.45. Схема получения напряжения –24 В от двух или трех элементов	375
8.1.46. Схема получения малощумящего напряжения 5 В от двух или трех элементов	375
8.1.47. Недорогая микромощная схема получения напряжения 5 В	
от двух или трех элементов	376
8.1.48. Линейный стабилизатор на 3/3,3 В с питанием от трех элементов	377
8.1.49. Схема получения напряжения 3,3 В от четырех – шести элементов	378
8.1.50. Линейный стабилизатор на 5 В с питанием от четырех элементов	380
8.1.51. Двухкаскадный стабилизатор напряжения 5 В от четырех элементов	380
8.1.52. Инвертирующая схема получения напряжения 5 В от четырех элементов	380
8.1.53. Повышающий/понижающий стабилизатор 5 В от четырех элементов	382
8.1.54. Линейный стабилизатор с тремя выходами	
и питанием от пяти элементов	383
8.1.55. Схема получения напряжения 5 В от пяти элементов	384
8.1.56. Схема получения напряжений 3,3/5 В от 9-вольтовой батареи	384
8.1.57. Схема преобразования отрицательного напряжения в напряжение +5 В	384
8.1.58. Схема получения напряжения –5 В из напряжения +5 В	
или от четырех – восьми элементов	385
8.1.59. Схема получения напряжения –5 В из напряжения +5 В	
или от пяти – восьми элементов	386

8.1.60. Схема получения напряжения -5 В с малыми шумами от источника $+5$ В	386
8.1.61. Маломощная схема получения напряжения -5 В из напряжения $+5$ В	387
8.1.62. Маломощная схема с перекачиванием заряда для получения напряжения -5 В	388
8.1.63. Микромощная схема с перекачиванием заряда для получения напряжения -5 В	389
8.1.64. Линейный стабилизатор с малым падением напряжения	389
8.1.65. Токочувствительный усилитель с повышенным напряжением	390
8.1.66. Схема контроля напряжений	391
8.1.67. Схема получения напряжений $3, 3, 5$ и 12 В от $6-12$ элементов	392

9. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи

9.1. Проверка и поиск неисправностей АЦП	393
9.2. Проверка и поиск неисправностей ЦАП	394
9.3. Описание схем АЦП и ЦАП	397
9.3.1. Восьмиразрядный АЦП с внутренним 16-канальным мультиплексором	397
9.3.2. Аналого-цифровое преобразование относительных величин	398
9.3.3. Аналого-цифровое преобразование абсолютных величин	400
9.3.4. Использование источника опорного напряжения в качестве источника питания	400
9.3.5. Использование буферизованного опорного напряжения в качестве питающего	401
9.3.6. Исключение регулировок усиления по входу	401
9.3.7. Простой 32-канальный АЦП	403
9.3.8. Простой дифференциальный 8-канальный АЦП	404
9.3.9. Дифференциальный 16-канальный АЦП	405
9.3.10. Схемы буферизации	406
9.3.11. АЦП с микропроцессорным управлением усиления	408
9.3.12. АЦП с выборкой и хранением	409
9.3.13. Организация интерфейса АЦП/МП	411
9.3.14. Упрощенный интерфейс с МП 8080	412
9.3.15. Интерфейс с МП 8080 с частичным дешифрированием	414
9.3.16. Упрощенный интерфейс с МП Z80	415
9.3.17. Интерфейс с МП Z80 с дешифрированием	416
9.3.18. Интерфейс с МП NSC800 с частичным дешифрированием	416
9.3.19. Упрощенный интерфейс с МП NSC800	417
9.3.20. Упрощенный интерфейс с МП 6800	418
9.3.21. Интерфейс с МП 6800 с частичным дешифрированием	419
9.3.22. Перемножающие ЦАП	421
9.3.23. Генератор синусоидальных сигналов с цифровым управлением	421
9.3.24. Цифровой потенциометр	422
9.3.25. Цифровой потенциометр с комбинированным усилителем	423
9.3.26. ЦАП со смещенным уровнем выходного сигнала	423
9.3.27. Использование ЦАП с одним источником питания	424
9.3.28. ЦАП с биполярным выходным сигналом	425
9.3.29. Усилитель, управляемый ЦАП	425
9.3.30. Умножитель емкости	426

9.3.31. ЦАП с увеличенными выходными напряжениями и токами	427
9.3.32. Токовый контроллер на основе ЦАП	427
9.3.33. Контроллер токовой петли на основе ЦАП	428
9.3.34. Цифровая компенсация веса тары	430

1. СХЕМЫ КОНТРОЛЯ МИКРОПРОЦЕССОРОВ

Предполагается, что вы уже знакомы с основными понятиями цифровой техники (системы исчисления, логические схемы, микропроцессоры, цифровое измерительное оборудование и т.п.). Если это не так, прочтите сначала книгу John D. Lenk, «Digital Handbook», McGraw-Hill, 1992. В начале главы кратко рассмотрены способы тестирования и выявления неисправностей цифровых интегральных схем. Материал расположен так, что читатель, не знакомый с процедурами электронных измерений и методами выявления неисправностей, сможет выполнить тестирование схем, приведенных в этой главе, и локализовать неисправность в случае, если исследуемое устройство не пройдет проверки. Прежде чем углубиться в детали, начнем с краткого обзора схем контроля микропроцессоров.

1.1. ИС контроля микропроцессоров

ИС контроля микропроцессоров (супервизоры) выполняют как аналоговые, так и цифровые операции, что позволяет упростить и ускорить весь процесс разработки электронной аппаратуры. Основное назначение этих микросхем – жизненно важное для микропроцессорных систем обеспечение безопасности и функционирования при различных нарушениях работы и электрических сбоях. Некоторые микропроцессоры выполняют функции контроля, но они, как правило, не могут выявить свои собственные неисправности. Для повышения эффективности и надежности работы контроль должен выполняться внешними ИС.

Обычно ИС контроля выполняют следующие задачи: системный сброс при включении питания, сброс при внезапном понижении питающего напряжения, запрет записи в память при пониженном напряжении питания, предупреждение о возможном отключении питания, переключение на резервную батарею и контроль с помощью сторожевого таймера. Все это можно легко реализовать по отдельности. Но если необходимо совместное выполнение перечисленных действий, особенно при недостатке свободного места на плате, могут возникнуть проблемы. Рассмотрим кратко эти функции и их роль в работе микропроцессорной системы в целом.

1.2. Сброс при включении питания

При подаче питания на микропроцессор его внутренние регистры устанавливаются в произвольные состояния и содержат, таким образом, случайные данные. Применение команды RESET (сброс) позволяет решить эту проблему за счет установки всех регистров в заранее определенное начальное состояние. Для обеспечения правильного начала работы на вход RESET микропроцессора должен поступать сигнал низкого логического уровня в течение 20–120 мс после включения питания. Точнее, внешняя схема сброса должна удерживать на входе RESET этот логический уровень, пока напряжение питания не достигнет минимального значения, необходимого для нормального функционирования микропроцессора. Только после этого сигнал сброса должен быть снят. Если отсчет начнется слишком рано или закончится слишком быстро, внутренние регистры микропроцессора останутся в хаотическом начальном состоянии. Следовательно, схема сброса при включении питания должна содержать таймер, компаратор и источник опорного напряжения, а также цепи, обеспечивающие электрическое сопряжение с входом RESET микропроцессора.

1.3. Сброс при понижении напряжения питания

После включения микропроцессор сохраняет работоспособность, пока напряжение питания остается номинальным. Чтобы обеспечить надежность работы, схема контроля должна фиксировать как кратковременные колебания, так и длительные спады напряжения питания. Пониженное напряжение редко бывает непосредственной причиной поломок аппаратуры, но способно вызвать не предусмотренные программой действия, что, в свою очередь, может вывести из строя всю систему. Так как микропроцессор не способен управлять собственным сбросом, то этот сигнал должен автоматически вырабатываться внешним устройством.

В большинстве ИС контроля (например, компании Maxim) цепи, формирующие сброс при понижении напряжения питания, используют те же прецизионные схемы контроля напряжения, что и цепи, работающие при включении питания. Поэтому при возвращении значения питающего напряжения к минимально допустимому выход RESET ИС контроля, подключенный к соответствующему входу микропроцессора, остается в состоянии низкого логического уровня на время задержки включения, как и при обычном первоначальном включении питания.

1.4. Запрет записи в память при пониженном напряжении питания

Обычные системные сбои иногда становятся причиной серьезной проблемы. В момент сбоя микропроцессор может ошибочно записать в энергонезависимое ЗУ случайные данные, что приведет к потере информации и нарушениям программы, которые нельзя восстановить при простом сбросе. Для предотвращения подобных ситуаций система должна блокировать сигнал, разрешающий запись в память (CE), при кратковременном или продолжительном снижении напряжения питания. С этой целью выходной сигнал компаратора, следящего за напряжением питания, и команда CE подаются на логический элемент, сигнал с выхода которого

используется для управления входом СЕ энергонезависимого ЗУ. Но такой логический элемент должен надежно функционировать даже при снижении напряжения питания до 2 В (учитывая, что обычно напряжение питания цифровых устройств равно 5 В).

1.5. Предупреждение об отключении питания

Полная защита цифровых систем требует не только обнаружения падения питающего напряжения и последующего сброса. До сброса могут быть необходимы и другие действия. Например, запись микропроцессором содержимого регистров в энергонезависимую память (такую, как КМОП ОЗУ с батарейным питанием). При построении схем предупреждения об отключении питания учитывается то, что у большинства стабилизаторов напряжения во входном фильтре стоят конденсаторы большой емкости. В типичном пятивольтовом источнике питания они заряжаются до 8–10 В. Такой заряд позволяет стабилизатору поддерживать выходное напряжение на уровне номинального в течение 50–100 мс после отключения первичного питания, пока конденсатор не разрядится до напряжения примерно 6,5 В (или менее, при использовании стабилизатора с малым падением напряжения). Поэтому схема контроля может следить за напряжением на конденсаторе входного фильтра. В ИС компании Maxim это осуществляется с помощью входа контроля отключения питания (PFI). Когда входное нестабилизированное напряжение на конденсаторе фильтра снижается до заданного значения (как правило, около 7,5 В), внутренний компаратор выдает сигнал о предстоящем отключении питания (PFO). Это предоставляет микропроцессору достаточное время для процедур, которые необходимо выполнить перед выключением системы. Сигнал PFO обычно подается на вход немаскируемого прерывания (MNI) микропроцессора, что обеспечивает высший приоритет исполнения.

В ИС контроля сигнал PFI, формируемый из напряжения на конденсаторе фильтра с помощью внешнего делителя на двух резисторах, поступает на один из входов внутреннего КМОП компаратора; на другой его вход подается опорное напряжение (обычно 1,3 В). Это позволяет выбрать требуемый порог срабатывания ИС при снижении напряжения на конденсаторе.

1.6. Переключение на резервную батарею

КМОП ОЗУ обычно питается от того же источника напряжения 5 В, что и микропроцессор. При переключении на батарею с напряжением 3 В в режиме резервирования ОЗУ сохраняет ранее записанную информацию при потреблении очень малой мощности (ток питания снижается от нескольких миллиампер в номинальном режиме до нескольких микроампер в режиме резервирования). Поэтому резервная батарея может быть небольшой емкости.

Схема, которая переводит питание ОЗУ с основного на резервное, должна оставаться в активном состоянии, чтобы произвести обратное переключение при восстановлении основного питания. Она также получает энергию от батареи, следовательно, ее ток потребления должен составлять несколько микроампер. Кроме

небольшого энергопотребления необходима также надежная работа схемы переключения при снижении напряжения питания в случае постепенного разряда резервной батареи. Те же требования относятся к схемам сброса и защиты ОЗУ от случайной записи, которые также остаются в активном состоянии в режиме резервирования.

1.7. Сторожевой таймер

Как правило, программное обеспечение состоит из взаимосвязанных последовательно выполняемых модулей. Иногда из-за непредусмотренных и зачастую непредсказуемых обстоятельств выполнение программы останавливается на каком-то из модулей, и происходит бесконечное выполнение одного и того же бесполезного или даже вредного действия. Сторожевой таймер следит за выполнением программы и дает команду сброса при появлении признаков остановки.

Для использования сторожевого таймера его вход подключается к порту микропроцессора, программа которого составляется таким образом, чтобы предусмотреть запись несколько раз в секунду каких-либо данных в порт. При отсутствии периодических сигналов от микропроцессора в течение заранее заданного времени ожидания таймер оценивает ситуацию как сбой программы и выдает команду системного сброса. Оптимальная длительность этого интервала времени зависит как от аппаратного, так и от программного обеспечения. Так, больший период обеспечит дополнительное время для микропроцессора, который инициирует систему после включения до запуска основного пакета программного обеспечения. В некоторых системах сторожевой таймер активизируется только для определенных приложений.

1.8. Тестирование и устранение неисправностей цифровых и микропроцессорных схем

Тестирование, поиск и устранение неисправностей цифровых схем можно выполнить с применением обычного контрольного оборудования (различных измерителей, генераторов, осциллографов и т.д.). Однако, если вам приходится регулярно тестировать и ремонтировать цифровые устройства, логический или цифровой пробник и цифровой импульсный генератор облегчат эту задачу. В этом разделе кратко описаны пробник и генератор, а также рассмотрены методики тестирования и поиска неисправностей в различных цифровых устройствах.

1.8.1. Логический пробник

Логические (цифровые) пробники применяются для наблюдения за работой цифровых логических устройств. При помощи простого светящегося индикатора пробник показывает логические состояния цифровых схемных элементов и позволяет обнаружить импульсные сигналы (даже очень короткие, которые можно пропустить, используя осциллограф). Логические пробники выявляют и показывают высокие и низкие (лог. 1 или лог. 0), а также промежуточные (в случае обрыва цепи) логические уровни на выводах логического элемента

(например, на входах и выходах логической схемы, цифро-аналогового преобразователя или микропроцессора).

Не все пробники обладают одинаковыми характеристиками. Например, многие усовершенствованные модели обеспечивают индикацию четырех состояний: индикатор не светится, светится тускло (вполнакала), светится ярко (в полный накал) или мигает.

После включения индикатор светится вполнакала и может перейти в одно из трех состояний в зависимости от уровня напряжения на щупе пробника. Яркое свечение означает логическую 1, а его отсутствие – логический 0. Свечение вполнакала указывает, что величина напряжения находится между уровнями логических 0 и 1 или цепь разомкнута. Мигание индикатора с частотой около 10 Гц свидетельствует о наличии в цепи сигнала импульсного характера (частота вспышек не связана с параметрами этого сигнала). Особенно эффективно использование пробника вместе с импульсным генератором.

1.8.2. Логический импульсный генератор

Переносной логический импульсный генератор (внешне похожий на логический пробник) – это прибор, который может подключаться к тестируемому элементу схемы и автоматически подавать на его вход импульсы требуемого логического уровня, амплитуды и длительности. Обычно импульсный генератор имеет несколько режимов формирования импульсных последовательностей.

Логические генераторы совместимы с большинством цифровых устройств. Амплитуда импульсов определяется напряжением источника питания тестируемого оборудования, который используется и для питания генератора. Величина импульсов тока и их длительность зависят от тестируемой нагрузки, а частота и количество импульсов, генерируемых прибором, определяются положением переключателя. Мигающий светодиодный индикатор на щупе генератора указывает рабочий режим.

Прибор может быть запрограммирован на выдачу как одиночных импульсов, так и их непрерывной или ограниченной последовательности, что позволяет сформировать управляющие импульсы или синхросигналы, необходимые для работы исследуемой схемы. При использовании генератора вы можете наблюдать за работой устройства с помощью логического пробника.

1.8.3. Тестирование и поиск неисправностей с помощью пробника и генератора

Схему, представленную на рис. 1.1, можно протестировать путем контроля выхода при подаче импульсных сигналов на вход. Для этого применяются логический (или обычный) генератор импульсов на входе и пробник (или осциллограф) на выходе схемы. Так, если импульсы ЭСЛ уровня поданы на вход логического элемента ЭСЛ, то на выходе должны наблюдаться импульсы ТТЛ уровня. Если они отсутствуют на выводе 7 компаратора 4805, проверьте наличие импульсных сигналов на выводе 2 и уровня порога на выводе 3. Эти измерения позволят определить, где возникла проблема – в компараторе или в логических элементах.

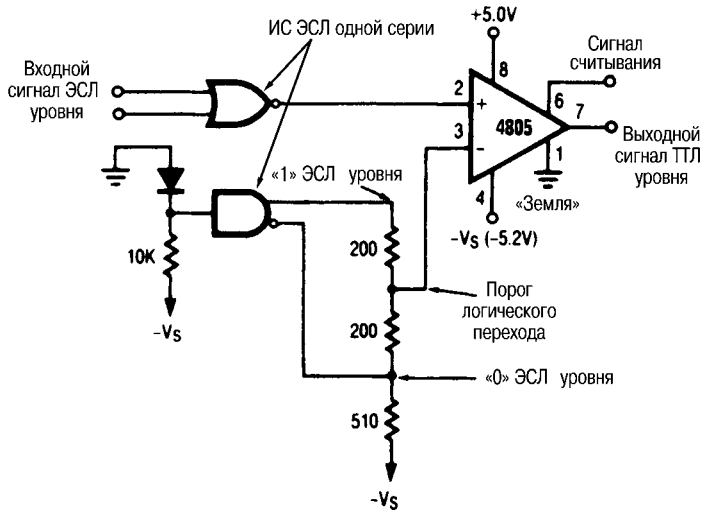


Рис. 1.1
Преобразователь сигналы ЭСЛ уровня в сигналы ТТЛ уровня

1.9. Общие принципы поиска неисправностей цифровых устройств на ИС

Сведения, приведенные ниже, касаются цифровых схем, главными компонентами которых являются ИС.

1.9.1. Цепи питания и заземления

Первый шаг по поиску неисправностей цифровых схем – это проверка цепей питания и заземления всех ИС. Многие ИС имеют более одного контакта для подачи питающих напряжений и несколько контактов заземления. Например, ИС LTC1043, показанной на рис. 1.2, требуется подать напряжение +5 В на вывод 4 и напряжение –5 В на вывод 17. А ИС LTC1090 (рис. 1.3) имеет и цифровое (DGND), и аналоговое (AGND) заземления. ИС DAC-8565 (рис. 1.4) также имеет аналоговое (вывод 5) и цифровое (вывод 12) заземления.

1.9.2. Сигналы сброса, выбора ИС, считывания, записи и начала работы

Если выводы питания и заземления подключены правильно, проверьте входы сигналов сброса, выбора ИС, начала работы и других необходимых функциональных сигналов. Например, для DAC-4881 (рис. 1.5, табл. 1.1) сигнал выбора ИС (CS) поступает на вывод 1, а декодированные сигналы адреса (ADH и ADL) – на выводы 2 и 28. Для АЦП ADC0808/080 (рис. 1.6) требуются сигналы начала работы (START), разрешения считывания адреса (ALE), окончания преобразования (EOC) и разрешения считывания выходных данных (OE) от микропроцессора или управляющего логического устройства. Если хотя бы один из указанных сигналов отсутствует или не обладает требуемыми параметрами (иная амплитуда сигнала, нарушение временных соотношений и т.д.), схема немедленно прекратит работу.

В одних случаях сигналы управления цифровой ИС поступают на схему в импульсном виде, обычно в определенной временной последовательности, в других – для управления используются постоянные сигналы логического (высокого или низкого) уровня. Если источник питания (обычно +5 или +12 В и +3 или +3,3 В

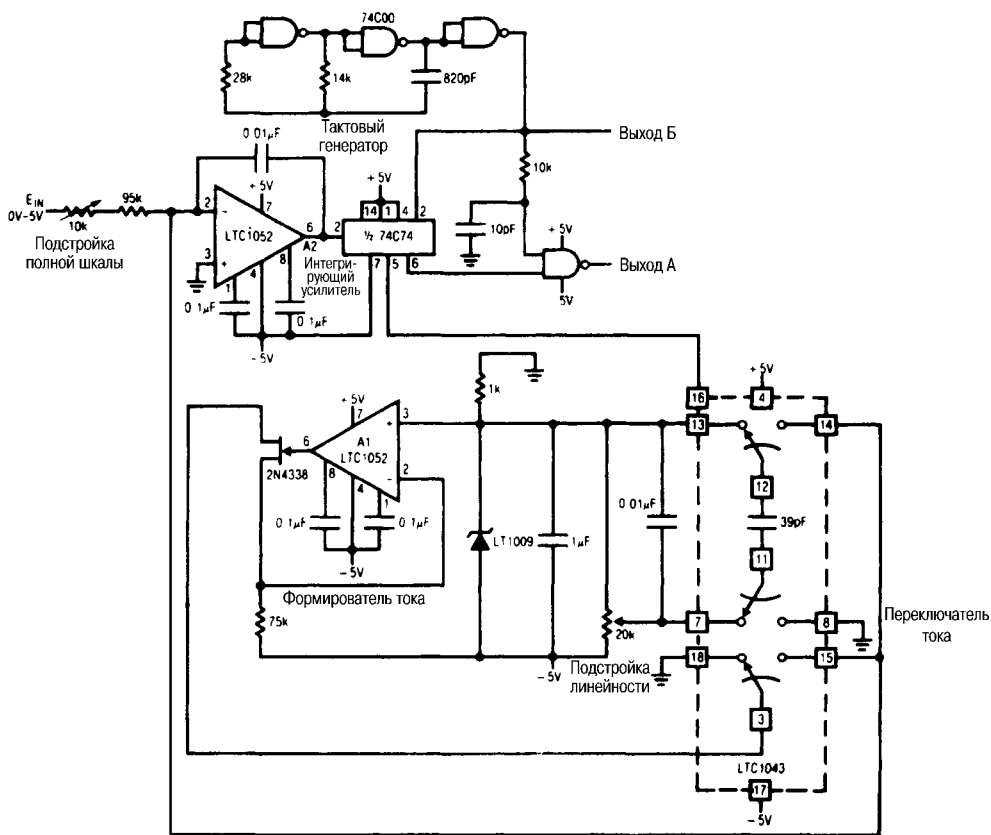


Рис. 1.2. 16-битовый АЦП со стабилизацией прерыванием

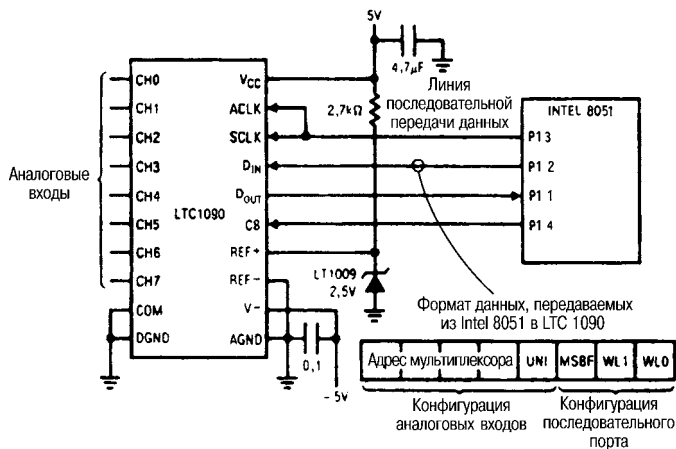


Рис. 1.3
ИС сбора данных
с четырехпроводным микро-
процессорным интерфейсом

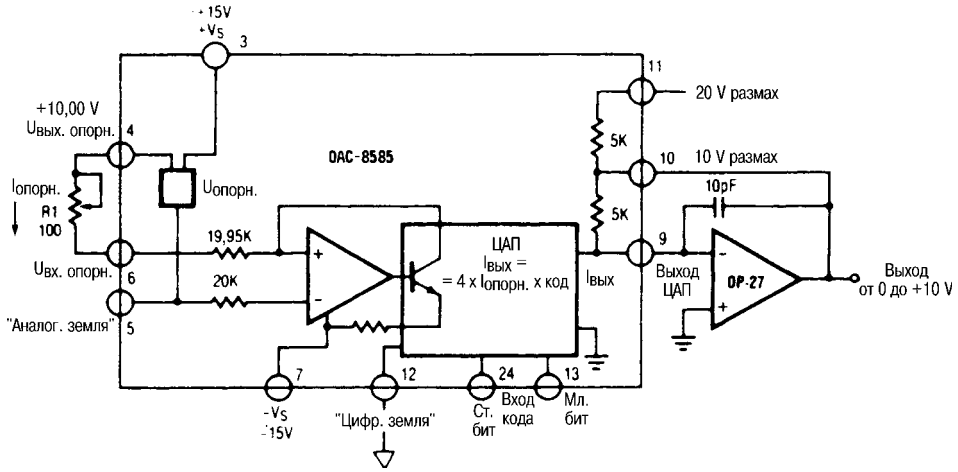


Рис. 1.4. ЦАП с однополярным выходным напряжением от 0 до $+10V$

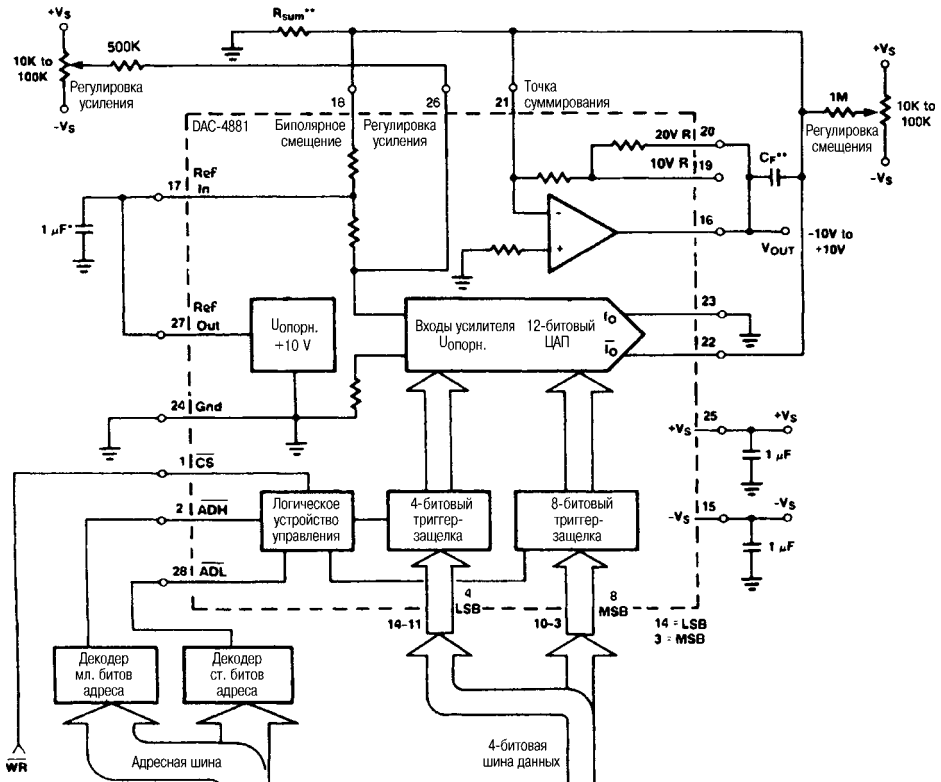


Рис. 1.5. 8-битовый ЦАП с микропроцессорным интерфейсом

Таблица 1.1. Таблица преобразования 8-битового ЦАП

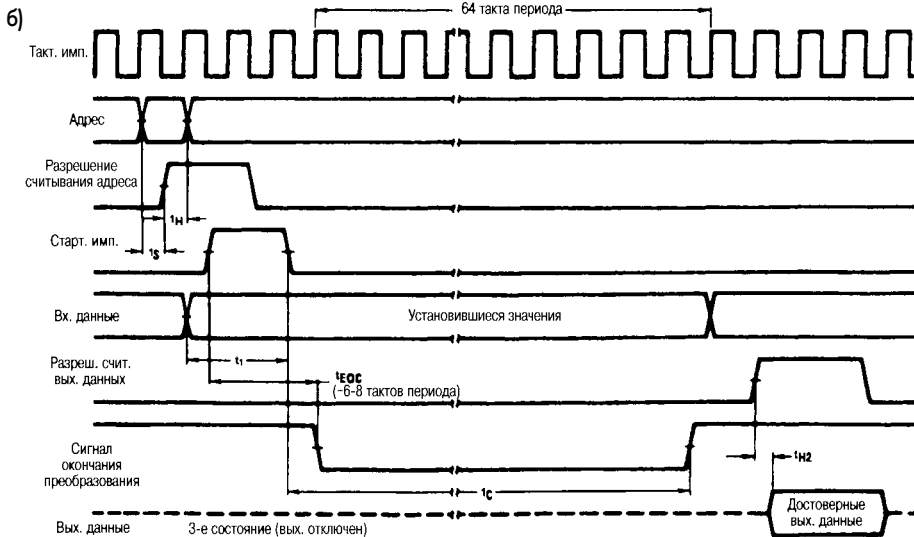
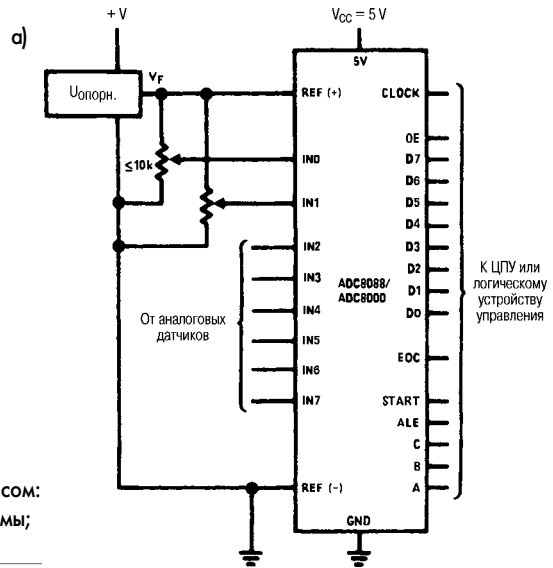
Формат данных	Значения выходной шкалы	Старшие разряды								Младшие разряды								$I_{гр}$, мА	V_{out} , В
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12						
Смещенный двоичный код Несмещенный ноль выходного напряжения	Максимальное положительное	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3,999	0,000	9,9951
	Максимальное положительное минус младший разряд	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	3,998	0,001	9,9902
Ноль плюс младший разряд	Ноль	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,001	1,998	0,0049
	Ноль плюс младший разряд	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,000	1,999	0,0000
	Ноль минус младший разряд	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,999	2,000	-0,0049
	Максимальное отрицательное плюс младший разряд	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	3,998	-9,9951
Двоичный код с дополнением до двух (прямой с инверсией старшего разряда). Несмещенный ноль выходного напряжения	Максимальное отрицательное	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	3,999	-10,000
	Максимальное положительное	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3,999	0,000	9,951
	Максимальное положительное минус младший разряд	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	3,998	0,001	9,902	
	Ноль плюс младший разряд	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,001	1,998	0,0049
	Ноль	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,000	1,999	0,0000
	Ноль минус младший разряд	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,999	2,000	-0,0049
Максимальное отрицательное плюс младший разряд	Максимальное отрицательное	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	3,998	-9,9951
	Максимальное отрицательное	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	3,999	-10,000

Таблица 1.2. Таблица преобразования 12-битового ЦАП

Формат данных	Значения выходной шкалы	Старшие разряды												Младшие разряды												$I_{гр}$, мА	V_{out} , В	
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18									
Прямой униполярный двоичный код с позиционной логикой. Несмещенный ноль выходного напряжения	Максимальное положительное	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3,999	0,000	9,9976	
	Максимальное положительное минус младший разряд	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	3,998	0,001	9,9951
	Ноль плюс младший разряд	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	3,998	0,0024
Дополнительный униполярный двоичный код (прямой с негативной логикой). Несмещенный ноль выходного напряжения	Максимальное положительное	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	3,999	0,0000
	Максимальное положительное минус младший разряд	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	3,999	9,9976
	Ноль плюс младший разряд	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	3,998	0,001
Ноль	Ноль	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3,999	0,000	0,0000
	Ноль	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3,999	0,000	0,0000

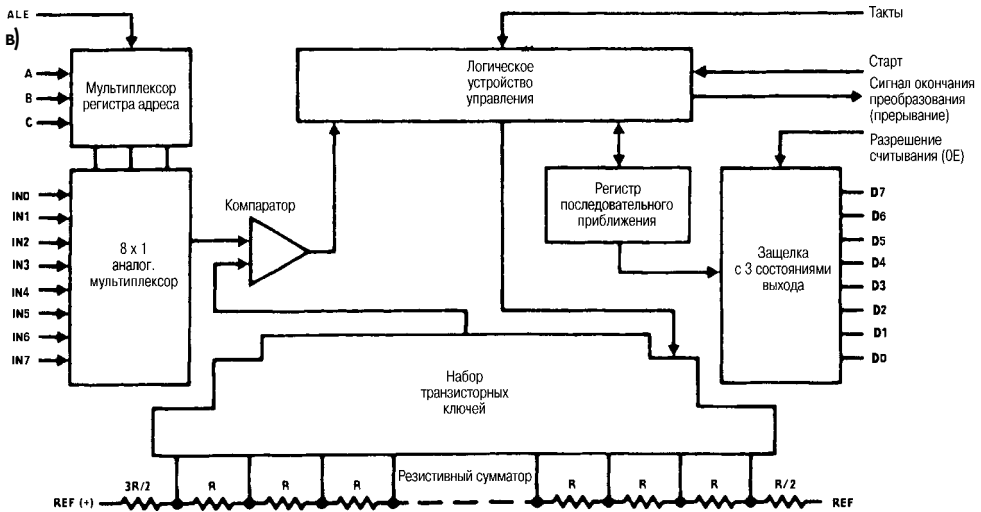
Рис. 1.6

Измерительный АЦП с раздельным интерфейсом:
 а) схема подключения; б) временные диаграммы;
 в) структурная схема



для последних разработок) или какие-то цепи, передающие сигналы на ИС, окажутся оборванными или замкнутыми на «землю», то схема работать не будет. Таким образом, если вы обнаружили, что на управляющем входе ИС постоянно имеется сигнал высокого (низкого) уровня или этот вход явно не подключен (сигнал «плавает» по уровню), то следует внимательно проверить дорожки печатной платы и другие проводники, соединенные с выводом.

Например, если DAC-4881 включен в схему (рис. 1.7, табл. 1.2) как 12-битовый ЦАП прямого двоичного кода (см. главу 9), то его входы CS (вывод 1), ADH и ADL (выводы 2, 28) замыкаются на «землю». Если он используется как 8-битовый ЦАП



дополнительного двоичного кода (рис. 1.5), то на вывод CS должен поступать сигнал записи данных (WR), а на выводы ADH и ADL – декодированные сигналы соответственно младшего и старшего бита адреса от микропроцессора.

1.9.3. Синхронизирующие сигналы

На многие цифровые ИС необходимо подавать синхронизирующие сигналы (тактовые импульсы). Например, в интегральных схемах SAR2504 (рис. 1.8, табл. 1.3) и 74C905 SAR (рис. 1.9) имеются специальные входы для тактовых импульсов (CP). На рис. 1.6б показаны тактовые импульсы для АЦП, изображенного на рис. 1.6а. В некоторых случаях тактовые импульсы подаются от внешнего источника (см. рис. 1.6а и 1.8а), а иногда синхронизатор имеется в составе схемы.

Как правило, наличие импульсов на каком-либо выводе цифровой ИС означает, что тактовые импульсы поступают на схему, однако не стоит всегда на это рассчитывать. Проверьте непосредственно тактовые выводы (как правило, все ИС, требующие синхронизации, подключены к одному источнику тактовых импульсов). Их наличие можно определить при помощи осциллографа или логического пробника, однако частотомер обеспечивает большую точность измерений. Ясно, что ИС не будет функционировать, если на нее не поступают тактовые сигналы. С другой стороны, если произошло отклонение от требуемого значения тактовой частоты, нормальная работа схемы будет нарушена, хотя тактовые сигналы поступают на все ИС. Нужно отметить, что кварцевые тактовые генераторы, обычно сохраняющие фиксированное значение частоты, иногда могут самопроизвольно переходить на другую (обычно третью) гармонику тактовой частоты из-за повышенной емкости входа ИС.

1.9.4. Входные и выходные сигналы

Если вы убедились, что все ИС исправны, правильно подключены к питанию и заземлены, а все тактовые и управляющие сигналы (сброса, выбора ИС, записи, начала работы, разрешения и т.д.) присутствуют, проверьте входные и выходные сигналы каждой ИС. Это можно сделать при помощи осциллографа или пробника.

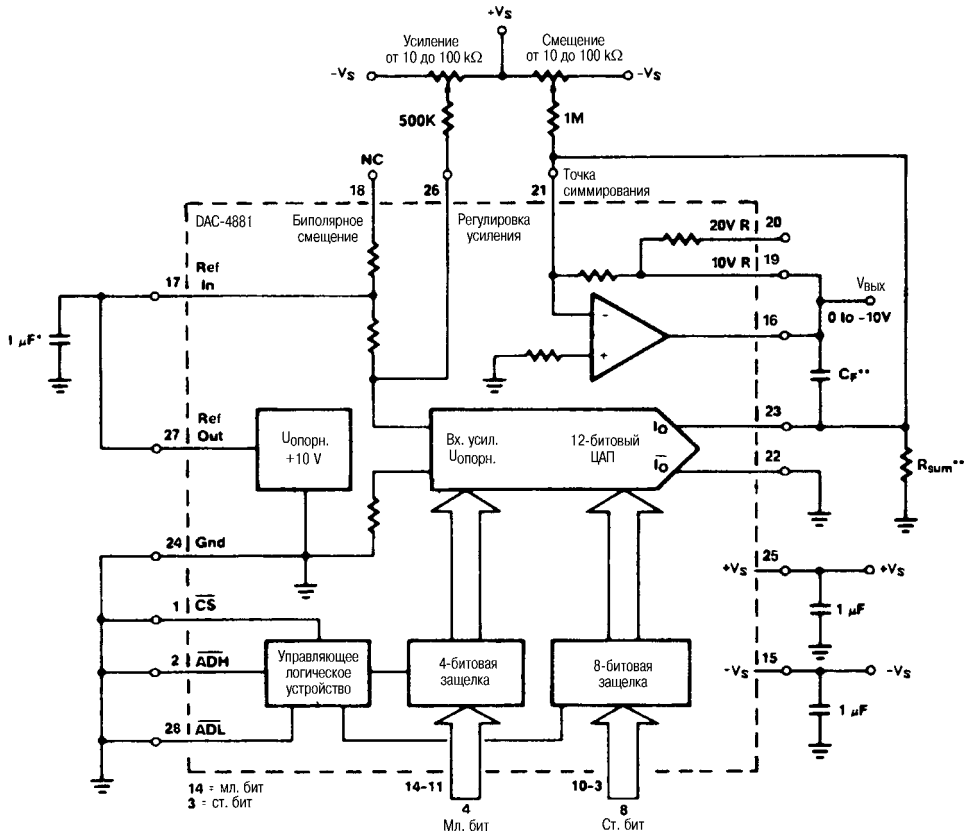


Рис. 1.7. 12-битовый ЦАП

Примечание к рис. 1.5 и 1.7.

Процедура калибровки:

1. Установите на входах логический 0.
2. С помощью регулировки смещения установите напряжение на выходе, равным максимальному отрицательному значению (нулю).
3. Установите на входах логическую 1.
4. С помощью регулировки усиления установите максимальное (в соответствии с масштабом) значение выходного напряжения.

* Уменьшает шумы опорного сигнала.

** Уменьшает время установления.

1.10. Тестирование ИС контроля микропроцессоров

Наиболее практично при проверке ИС контроля наблюдать их в действии (особенно, если вы понимаете, как они работают). Приведем несколько примеров.

На рис. 1.10 показана ИС контроля питания DS1231, которая используется в цифровых схемах. В интегральной схеме DS1231 применяется температурно-компенсированная схема источника опорного напряжения, обеспечивающая как

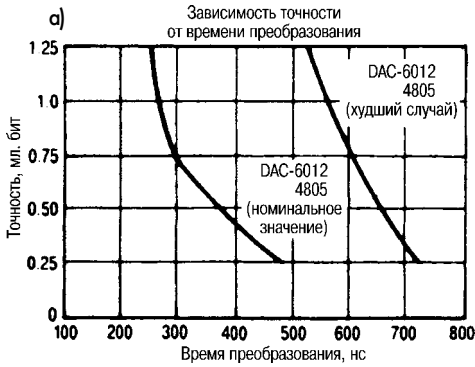


Рис. 1.8

Быстродействующий 12-битовый АЦП: а) зависимость точности от времени преобразования; б) структурная схема АЦП

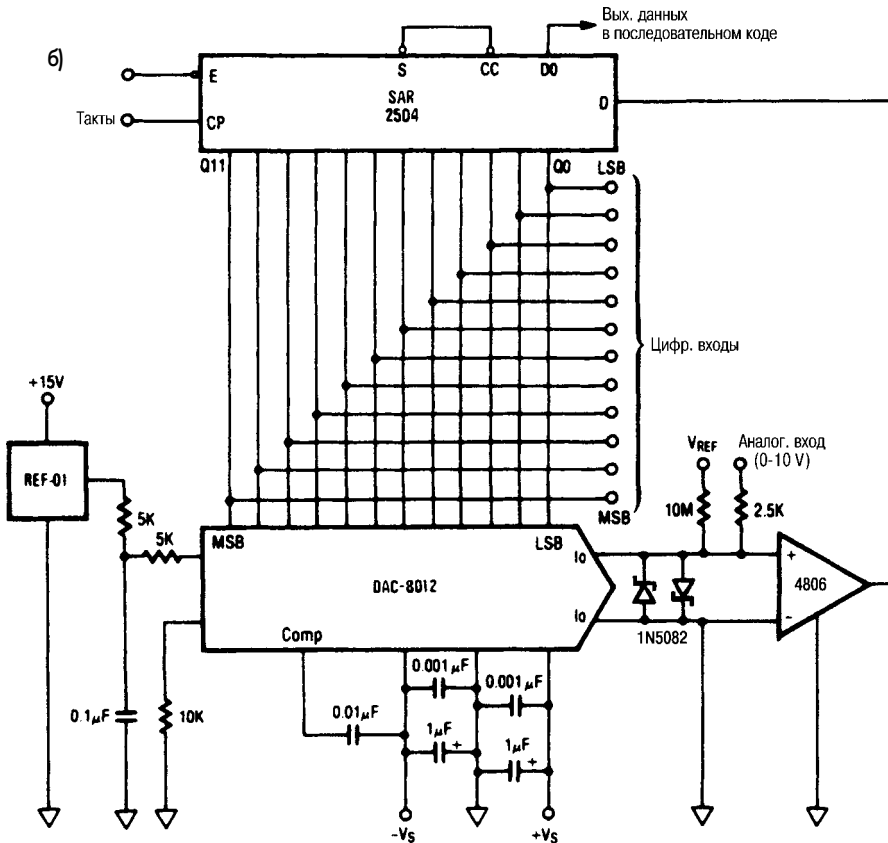


Таблица 1.3. Время преобразования быстродействующего 12-битового АЦП

Время преобразования	Типовое значение	Худший случай
SAR	33 нс	55 нс
4805	92 нс	125 нс
Общее	375 нс	680 нс
Общее \times 13	4,9 мкс	8,8 мкс

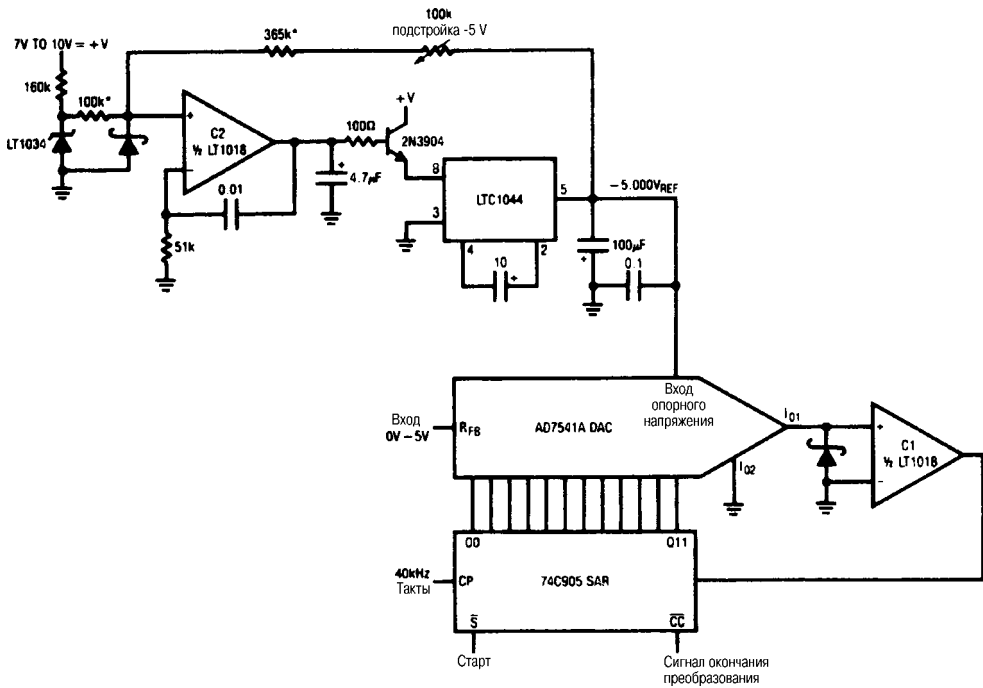


Рис. 1.9. 12-битовый АЦП с малой потребляемой мощностью

правильное выключение, так и автоматический сброс процессорных систем. Эта ИС следит за уровнем входного напряжения стабилизатора источника питания (обычно на конденсаторе входного фильтра) и выдает управляющие сигналы \overline{RST} или \overline{RST} и \overline{NMI} на процессор. Время, отведенное процессору для выключения, прямо пропорционально времени удержания напряжения питания при выключении источника. Как только уровень V_{cc} понизится на заранее выбранную пороговую величину (5 или 10%), ИС DS1231 остановит процессор. Это предотвратит выполнение ошибочных тактов. Отметим, что в данной схеме для выбора пятипроцентного значения порога вывод TOL заземлен. При восстановлении напряжения питания до прежнего уровня, во избежание какого-либо искажения данных, хранящихся в энергонезависимой памяти системы, процессор остается неактивным до тех пор, пока питание полностью не стабилизируется.

Таким образом, ИС DS1231 должна обеспечить подачу сигналов \overline{RST} , \overline{RST} (для некоторых систем могут быть необходимы оба сигнала) и \overline{NMI} на микропроцессор при отключении питания на входе стабилизатора. Для проверки выполнения этой функции подайте напряжение 10 В на точку контроля напряжения питания и зафиксируйте исходное состояние выводов \overline{RST} , \overline{RST} и \overline{NMI} (предварительно убедитесь, что на выводы V_{cc} и MODE поступает напряжение +5 В, как показано на рис. 1.10). Теперь отключите контролируемое напряжение и проверьте появление сигналов \overline{RST} , \overline{RST} и \overline{NMI} на соответствующих выводах ИС DS1231.

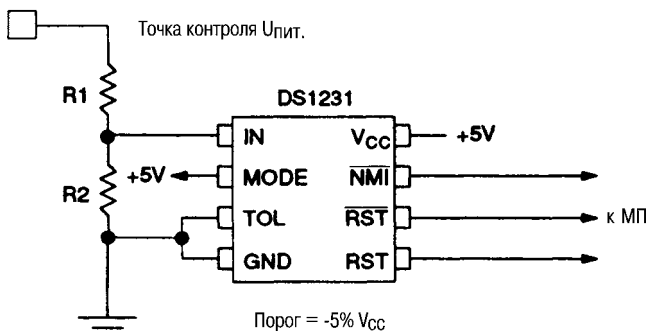


Рис. 1.10
 Схема контроля питания цифровых устройств

На рис. 1.11 показана ИС DS1232LP/LPS, которая используется для контроля питания и управления выполнением программ в микропроцессорных системах, а также обеспечивает ручной сброс при помощи кнопки. При снижении напряжения V_{cc} до определенного порогового значения (определяемого подключением вывода TOL) генерируются сигналы сброса RST и \overline{RST} . Если вывод TOL подключен к V_{cc} , сигналы сброса вырабатываются при падении V_{cc} ниже 4,5 В. Если же вывод TOL заземлен, то сигналы сброса выдаются при падении V_{cc} ниже 4,75 В.

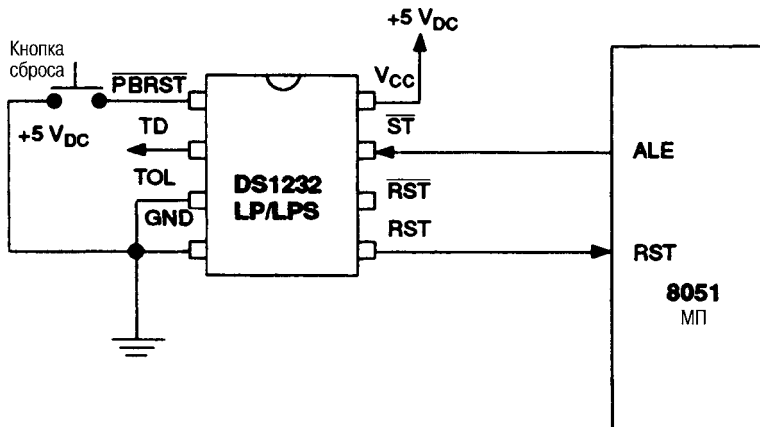


Рис. 1.11
 Схема контроля питания с кнопкой сброса

При восстановлении напряжения питания сигналы RST и \overline{RST} продолжают оставаться активными в течение минимум 250 мс, что необходимо для стабилизации работы источника питания и процессора. При нажатии кнопки на вход \overline{PBRST} поступает напряжение низкого (активного) уровня. При отпускании кнопки вырабатываются сигналы сброса длительностью минимум 250 мс. Указанный период времени отсчитывается с момента размыкания контактов кнопки.

Для того чтобы проверить срабатывание ИС при снижении напряжения питания, уменьшите напряжение V_{cc} с 5 до 4,5 В (или до 4,75 В при замыкании вывода TOL на «землю», как показано на рис. 1.11) и убедитесь в появлении сигнала RST на соответствующем выводе ИС (также должен появиться инвертированный сигнал \overline{RST} , хотя он и не используется в данной схеме).

Для проверки работы ручного сброса восстановите уровень напряжения V_{cc} до +5 В. Затем нажмите и отпустите кнопку. Проверьте появление сигнала RST. Если необходимо, измерьте с помощью двухканального осциллографа интервал времени между моментом отпускания кнопки и появлением сигнала RST. Он должен составлять 250 мс. Длительность сигнала RST (как и \overline{RST}) должна быть 250 мс.

И наконец, отключите, а затем вновь подайте напряжение V_{cc} (5 В). Убедитесь, что сигналы RST и \overline{RST} выдаются как минимум 250 мс.

На рис. 1.12 показана аналогичная схема, дополненная функцией сторожевого таймера, контролирующего выполнение программы. Сторожевой таймер активизирует сигналы \overline{RST} и RST (выключающие процессор) при отсутствии сигналов на входе \overline{ST} в течение заранее заданного периода времени из-за каких-либо сбоев в исполнении программы.

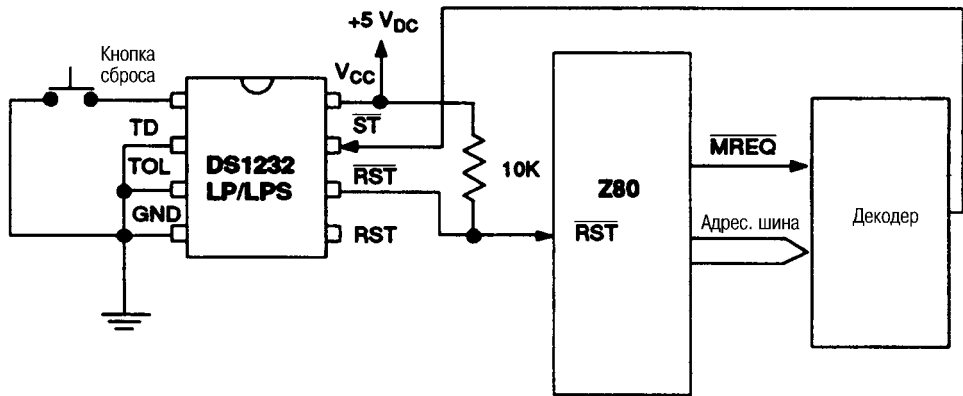


Рис. 1.12. Схема контроля питания с кнопкой сброса и сторожевым таймером

Этот период ожидания устанавливается равным примерно 150 мс при подключении входа TD к «земле», 600 мс – если вход TD не подключен, и 1,2 с – при подключении входа TD к шине питания V_{cc} . Отсчет периода ожидания начинается сразу по окончании сигналов сброса. На вход \overline{ST} могут подаваться данные, адресные и/или управляющие сигналы. При выполнении процессором программы они периодически поступают на таймер, сбрасывая его до истечения периода ожидания.

Во время тестирования схемы, приведенной на рис. 1.12, для проверки функций сброса используйте процедуры, описанные выше. Чтобы оценить работоспособность сторожевого таймера, блокируйте сигнал \overline{ST} и убедитесь в появлении сигналов RST и \overline{RST} после окончания установленного периода ожидания. Если, как показано на рис. 1.12, вывод TD заземлен, этот период должен быть примерно равным 150 мс. При проверке вывод \overline{ST} может быть закорочен на «землю» или, что более практично, отключен от цепи. Для измерения длительности периода ожидания используйте двухканальный осциллограф.

На рис. 1.13 показана ИС DS1236, которая используется для контроля питания цифровых систем. Она подает на микропроцессор сигнал \overline{NMI} для предупреждения об отключении питания. Прецизионный компаратор следит за изме-

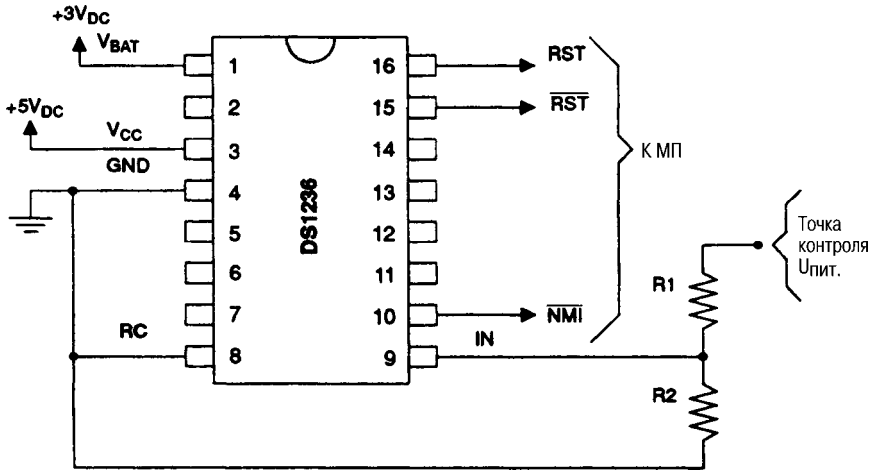


Рис. 1.13. Схема контроля питания цифровых систем с предупреждением об отключении питания

нением напряжения на высокоомном входе IN относительно уровня напряжения внутреннего опорного источника. Это позволяет использовать вход IN для установки требуемого значения напряжения срабатывания. Входное напряжение с шины питания 5 В или более высокое (обычно с конденсаторов входного фильтра источника питания для сигнала раннего предупреждения) подается на вход IN через внешний делитель напряжения. Так как пороговое значение напряжения для этого входа равно 2,54 В (V_{TP}), то значения сопротивлений R1 и R2 могут быть определены следующим образом.

Пример 1: напряжение питания равно 5 В, R2 = 10 кОм, напряжение срабатывания (в точке контроля $U_{пит}$) $V_{sense} = 4,80$ В.

$$\therefore 4,80 = \frac{R1 + 10K}{10K} \times 2,54$$

$$R1 = 8,9 \text{ кОм.}$$

Пример 2: напряжение питания равно 12 В, R2 = 10 кОм, напряжение срабатывания $V_{sense} = 9,00$ В.

$$\therefore 9,00 = \frac{R1 + 10K}{10K} \times 2,54$$

$$R1 = 25,4 \text{ кОм.}$$

$$V_{\text{макс}} = \frac{9,00}{2,54} \times 5,00 = 17,7 \text{ В (чтобы не превысить напряжение 5 В на входе IN).}$$

Чтобы проверить работоспособность канала раннего предупреждения схемы контроля питания, уменьшите напряжение в точке контроля до необходимого значения и убедитесь в появлении сигналов RST, RST и NMI. При этом контролируйте именно напряжение срабатывания, а не V_{CC} . Если указанные сигналы появляются, но напряжение срабатывания не совпадает с заданным, проверьте значения сопротивлений R1 и R2. При этом следует иметь в виду,

что ИС должна срабатывать при напряжении на входе IN, равном 2,54 В. Если этого не происходит при любом напряжении на входе IN или в точке контроля, скорее всего, микросхема вышла из строя.

На рис. 1.14 показана схема DS1236, которая используется для управления подключением резервного батарейного питания статического ОЗУ (SRAM). В DS1236 имеется внутренний переключатель, подключающий к ОЗУ питание от источника напряжения 5 В (V_{CC}) или от внешней батареи (V_{BAT}) в зависимости от того, какое из них больше. Это резервируемое питание (V_{CCO}) также может быть использовано для КМОП процессора. Кроме того, при уменьшении напряжения питания ниже 4,5 В (порог 10%) или ниже 4,75 В (5%) выдаются сигналы RST и \overline{RST} . Таким же образом обеспечивается поддержание уровня сигнала разрешения работы ОЗУ (\overline{CEO}). При этом допускаются отклонения до 0,3 В (для V_{CC}) или до 0,7 В (для V_{BAT}). Этот механизм, предотвращающий запись в ОЗУ, срабатывает при уменьшении напряжения питания ниже порогового значения, равного 4,5 или 4,75 В.

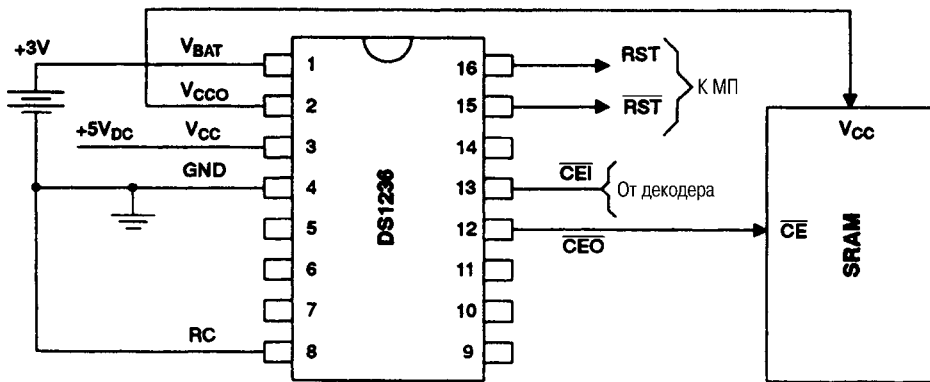


Рис. 1.14. Схема резервирования питания ОЗУ

Для проверки функции сброса уменьшите напряжение V_{CC} до 4,5 В (или до 4,75 В) и убедитесь в появлении сигналов RST и \overline{RST} . Продолжайте снижать напряжения V_{CC} до значения менее 3 В и выясните, что сигналы RST и \overline{RST} присутствуют, а напряжение сигнала \overline{CEO} упало до 3 В (в пределах отклонения до 0,7 В). И наконец, увеличьте напряжение V_{CC} до 5 В и убедитесь, что напряжения сигнала \overline{CEO} также возросло до 5 В (в пределах отклонения до 0,3 В). Изменение уровня сигнала \overline{CEO} должно произойти при увеличении V_{CC} примерно до 4 В. Сигналы RST и \overline{RST} должны быть сняты, когда V_{CC} достигнет уровня 4,5 В (или 4,75 В). Если при снижении V_{CC} сигнал \overline{CEO} отсутствует или просто следует изменениям V_{CC} , можно предположить, что неисправна батарея. Если же она в исправном состоянии, то, скорее всего, отказала микросхема.