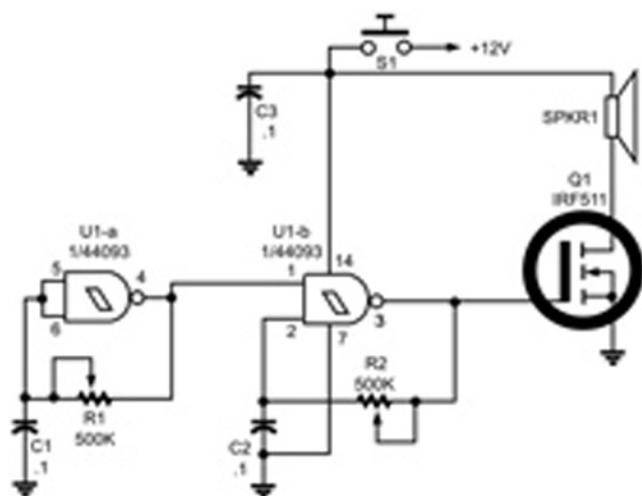


Электроника



302 НОВЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

Схемотехнические решения
для радиолюбителей
и профессионалов

302 neue professionelle Schaltungen

Elektronik

302 neue
professionelle
Schaltungen

**Applikationsschaltungen für
Praxis, Labor und Studium**

FRANZIS

302 **НОВЫЕ** **ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ** **СХЕМЫ**

**Схемотехнические решения
для радиолюбителей
и профессионалов**

Санкт-Петербург

«БХВ-Петербург»

2009

УДК 621.382
ББК 32.85
Т67

Т67 302 новые профессиональные схемы: Пер. с нем. — СПб.: БХВ-Петербург, 2009. — 480 с.: ил. — (Электроника)

ISBN 978-5-9775-0311-2

В книге собраны схемы готовых функциональных блоков или устройств: приемопередатчиков, устройств измерения и регулирования температуры, таймеров, ГУН, измерительных устройств, сенсорных выключателей, тестовые схемы и др. Каждая схема сопровождается кратким описанием, проста, легко читаема и не требуют много времени на создание рабочего образца.

Для профессиональных инженеров-электронщиков и радиолюбителей

УДК 621.382
ББК 32.85

Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Игорь Шишигин</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Перевод с немецкого	<i>Виктора Букирева</i>
Редактор	<i>Юрий Рожко</i>
Компьютерная верстка	<i>Ольги Сергиенко</i>
Корректор	<i>Зинаида Дмитриева</i>
Оформление обложки	<i>Елены Беляевой</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Die berechtigte Übersetzung von deutschsprachiges Buch 302 neue professionelle Schaltungen, ISBN: 978-3-7723-4036-9. Copyright © 2007 Franzis Verlag GmbH, 85586 Poing. Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträger oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt. Die Russische Übersetzung ist von BHV St. Petersburg verbreitet, Copyright © 2009.

Авторизованный перевод немецкой редакции книги 302 neue professionelle Schaltungen, ISBN: 978-3-7723-4036-9. Copyright © 2007 Franzis Verlag GmbH, 85586 Poing. Все права защищены, включая любые виды копирования, в том числе фотомеханического, а также хранение и тиражирование на электронных носителях. Изготовление и распространение копий на бумаге, электронных носителях данных и публикация в Интернете, особенно в формате PDF, возможны только при наличии письменного согласия Издательства Franzis. Нарушение этого условия преследуется в уголовном порядке. Перевод на русский язык "БХВ-Петербург" © 2009.

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 30.04.09.

Формат 70×100^{1/16}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 38,7.

Тираж 2000 экз. Заказ №

"БХВ-Петербург", 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию № 77.99.60.953.Д.003650.04.08 от 14.04.2008 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГУП "Типография "Наука"
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12

ISBN 978-3-7723-4036-9 (нем.)
ISBN 978-5-9775-0311-2 (рус.)

© 2007 Franzis Verlag GmbH, 85586 Poing
© Перевод на русский язык "БХВ-Петербург", 2009

Оглавление

ГЛАВА 1. Схемы терморегуляторов	1
1.1. Регулятор для электроплиток	2
1.2. Дозирующий регулятор	3
1.3. Регулирование температуры печи	4
1.4. Регулятор температуры печи от 75 до 250 °С	5
1.5. Семисторный регулятор для нагревателя	6
1.6. Регулятор с диодным датчиком	7
1.7. Пропорциональный регулятор хлебопекарной печи	8
1.8. Регулятор с точностью до 0,001 °С	9
1.9. Регулятор с временным пропорциональным регулированием	10
1.10. Регистратор разницы температур	11
1.11. Регулятор для термостата кварцевого резонатора	12
1.12. Тиристорный регулятор с импульсно-фазовым управлением	13
1.13. Переключатель с малой мощностью рассеивания	14
1.14. Термопара с переключателем, срабатывающем при переходе питающего напряжения через нуль	15
1.15. Регулятор для отопления помещения	16
1.16. Термостат на температуру 75 °С для кварцевого резонатора	17
1.17. Регулятор температуры для ванны с точностью до 0,000075 °С	18
1.18. Нагреватель с фазовым регулированием и без электромагнитных помех	20
1.19. Датчик для тепловых циклов	21
1.20. Детектор разницы температур	22
1.21. Регулятор температуры нагревателя печи с точностью до 0,0000033 °С	23
1.22. Регулятор, использующий измерительный мост с позистором	24
1.23. Опережающий регулятор	25
1.24. Коррекция перегрузки	26
1.25. Термостат для кварцевого резонатора	27
1.26. Регулятор с компаратором на операционном усилителе с точностью до 0,01 °С	27
ГЛАВА 2. Схемы измерения температуры	29
2.1. Усилитель для термоэлемента	30
2.2. Термометр на 70—80 °С	31
2.3. Электронный термометр с транзисторным датчиком	32
2.4. Термометр для измерения температур в диапазоне от –125 до +200 °С с точностью до 1°	32

2.5. Термометр с использованием позистора.....	33
2.6. Цифровой 5-разрядный термометр.....	34
2.7. Датчик разницы температур.....	35
2.8. Термометр с двухцветным красно-зеленым светодиодным индикатором.....	36
2.9. Преобразователь температуры в диапазоне 0—100 °F в частоту в пределах 0—1 кГц.....	36
2.10. Схема установки нуля на выходе термометра.....	37
2.11. Преобразователь температура-частота.....	38
2.12. Схема термометра с микросхемой и дифференциальным термоэлементом.....	39
2.13. Интерфейс преобразователя температуры.....	40
2.14. Интегратор для тепловой энергии.....	41
2.15. Усилитель для термоэлемента.....	42
2.16. Преобразователь температура-частота на микросхеме.....	43
2.17. Термометр с точностью до 0,1 °C.....	44
2.18. Преобразователь температура-частота на таймере, управляемом позистором.....	45
2.19. Цифровой термометр.....	46
2.20. Совершенный линейный диодный датчик.....	47
2.21. Дифференциальный термометр.....	48
2.22. Транзисторный датчик.....	49
2.23. Измеритель температуры для диапазона от 0 до 100 °C с точностью в 1°.....	50
2.24. Измерение абсолютной температуры.....	50
2.25. Термометр.....	51
2.26. Преобразователь температуры в длительность импульса.....	52
2.27. Измерительный прибор "Горячо/Холодно".....	52
2.28. Датчик с парными транзисторами.....	53
2.29. Измерительный прибор для определения эквивалента ощущения чувства холода на ветру.....	54
2.30. Преобразователь температуры 125—470 °K в частоту 125—470 Гц.....	55
2.31. Датчик положения.....	56
2.32. Схема термометра с преобразователями напряжение-частота, частота-напряжение и цифровым прибором.....	57
2.33. Анемометр.....	58
2.34. Микроомощный термометр.....	59
2.35. Преобразователь температура-частота.....	60
2.36. 4-термоэлементный мультиплексный термометр.....	61
2.37. Мультиплексор для термоэлементов.....	62
2.38. Датчик-мост.....	63
2.39. Цифровой термометр со светодиодным индикатором.....	64
2.40. Термометр с источником опорного напряжения.....	65
2.41. Термометр с приведением температуры экрана шупа к измеряемой.....	66
2.42. Термометр для измерения температуры в диапазоне 0—100 °C с точностью 0,15 °C.....	67
2.43. Термометр с преобразователем напряжение-частота.....	68
2.44. Термометр для измерения температуры в диапазоне от -55 до +125 °C с точностью ±1°.....	69

ГЛАВА 3. Схемы для тестирования	71
3.1. Характериограф для полевого транзистора	72
3.2. Низкочастотный генератор контрольного сигнала	73
3.3. Транзисторно-диодный пробник	74
3.4. Диодный пробник с осциллографом.....	75
3.5. Диодный характериограф	75
3.6. Тестер для кварцевого резонатора.....	76
3.7. Тестер для герметичных катушек	76
3.8. Сигнал-генератор	77
3.9. Тестовый генератор для транзисторов	77
3.10. Подбор операционных усилителей.....	78
3.11. Схема для проверки тока утечки диодов и полевых транзисторов.....	79
3.12. Тестер высокочастотного транзистора.....	80
3.13. Тестер для проверки транзистора на одном операционном усилителе	81
3.14. Программируемый тестер для цифровых ИС	82
3.15. Тестер аудиокабеля	83
3.16. Высокоточная схема характериографа.....	84
3.17. Панелька для проверки логических микросхем	86
3.18. Определитель выводов транзистора	87
3.19. Характериограф для полупроводников	88
3.20. Миниатюрный тестер для кварцевого резонатора	89
3.21. Тестер диодов	90
3.22. Тестер лампового стабилитрона	90
3.23. Карманный тестер кварцевого резонатора.....	91
3.24. Тестер для определения пробоя транзистора.....	92
3.25. Прибор для измерения максимальной мощности.....	93
3.26. TTL-тестер	94
3.27. Тестер полосового фильтра.....	95
3.28. Генератор качающейся частоты.....	96
3.29. Тестер транзистора.....	97
3.30. Генератор псевдослучайных чисел для цифровых устройств	98
3.31. Генриметр	99
3.32. Тестер источников питания.....	100
3.33. Тестер для кварцевого резонатора.....	100
3.34. Тестер для проверки транзисторов и диодов.....	101
3.35. Схема для снятия переходной характеристики регулируемого источника питания ...	102
3.36. Тестер полевых транзисторов	103
3.37. Характериограф для транзисторов и диодов	104
3.38. Прибор для измерения сопротивления.....	105
3.39. Тестер диодов	106
3.40. Карманный тестер для транзисторов.....	107
3.41. Прибор для проверки прохождения НЧ-сигнала.....	108
3.42. Тестер для проверки работоспособности диодов.....	108
3.43. Тестер "Годен/Негоден" микросхем TTL	109
3.44. Тестер источников питания.....	110

3.45. Динамическая нагрузка для испытаний блоков питания	110
3.46. Тестер однокорпусного счетверенного операционного усилителя	111
3.47. Тестер операционного усилителя	112
3.48. Тестер для транзистора	113
3.49. Определитель температурного коэффициента деталей и схем	114
3.50. Характериограф для тестирования компонентов схем	115
3.51. Прибор для проверки прохождения НЧ-сигнала	116
3.52. Тестер шумов прибора, обусловленных флуктуациями напряжения смещения	117
3.53. Тестер для транзистора	118
3.54. Амперметр для печатных токопроводящих дорожек	119

ГЛАВА 4. Схемы таймеров

4.1. Временной компаратор	122
4.2. Полупроводниковый выключатель с задержкой	123
4.3. Таймер с повторяющимся циклом	123
4.4. Таймер для управления устройствами	124
4.5. Схема 10-минутной задержки	125
4.6. 10-часовой таймер на полевом транзисторе	126
4.7. Выключатель для радио	126
4.8. 10-минутный таймер со световой индикацией	127
4.9. Предварительно устанавливаемый аналоговый таймер	128
4.10. Таймер для варки яиц с мигающим светодиодом	128
4.11. Выключатель транзисторного радиоприемника	129
4.12. Схема 1,5-минутной задержки	130
4.13. Схема 10-секундной задержки с напряжением питания 1,5 В	130
4.14. Каскадный таймер	131
4.15. Схема устройства отключения питания	132
4.16. Схема таймера со сбросом	133
4.17. Таймер с минимальным током потребления	134
4.18. Последовательный таймер	135
4.19. Стабильный таймер на 4 транзисторах	136
4.20. Схема последовательного таймера	137
4.21. Длительная задержка отключения двигателя	138
4.22. Таймер на 10 сек	139
4.23. Таймер с 10-часовой задержкой	140
4.24. Каскадный таймер с автоматическим перезапуском	140
4.25. Схема задержки с мощным транзистором	141
4.26. Преобразователь время-напряжение	141
4.27. Высокоточный 1-секундный таймер	142
4.28. Схема 30-секундной задержки после запуска	143
4.29. Схема таймера для сохранения энергии батареи питания прибора	144
4.30. 4-часовой последовательный таймер	145
4.31. Таймер на 1 год	146
4.32. Таймер длительностью от микросекунды до часа	147
4.33. 1-часовой таймер с переключателем для выбора режима работы	148

4.34. Секундомер	149
4.35. Таймер для передатчика	150
4.36. Устройство звукового предупреждения через 90 сек для АМ-приемопередатчиков	151
4.37. Схема задержки от 0,5 до 136 сек с точностью, зависящей от частоты сети переменного тока	152
4.38. Схема последовательного таймера	153
4.39. Регистратор событий	154
4.40. 10-минутный таймер с цифровым знаковым индикатором	155
4.41. Таймер для безопасной эксплуатации поездов	156
4.42. Таймер на включение или выключение нагрузки	157
4.43. Схема временной задержки от микросекунды до часа	158
4.44. Схема временной задержки от 0 до 5 мин	159
4.45. Схема задержки от 0 до 10 мин с точностью 1 сек	160
4.46. Таймер с большой временной задержкой, использующий небольшую емкость конденсатора	161
4.47. Схема для определения продолжительности выполнения программы	162
4.48. Бюджетный 1-часовой таймер	163
4.49. Таймер с 10 интервалами	164
4.50. Схема задержки времени от 2 до 5 мин	165
4.51. Таймер с установкой времени от 1 до 99 мин с помощью дискового цифрового переключателя	166
4.52. Таймер для сохранения энергии батареи питания	167
4.53. Последовательный таймер для тестирования внешних устройств	168
4.54. Таймер на 10 мин	169
4.55. Таймер с индикацией от 1 до 10 сек или от 1 до 10 мин	170
4.56. Таймер с однопереходным транзистором и тиристором	171
4.57. Безаварийный таймер освещения	172
4.58. 4-часовой таймер, управляющий симистором	173
4.59. Таймер со временем срабатывания от 3 мин до 4 час	174
4.60. Моностабильный таймер 555 с длительной задержкой	175
4.61. Таймер на полевом транзисторе с реле	176
4.62. Схема со временем задержки более 1 мин	177
4.63. Цифровое дистанционное программирование таймера	178
4.64. 1-минутный таймер на транзисторной сборке	179
4.65. Схема с двумя независимыми задержками	180
4.66. Таймер с памятью	181
4.67. Последовательный трехступенчатый таймер	182
4.68. Цифровой секундомер	183

ГЛАВА 5. Схемы сенсорных выключателей

5.1. Бистабильный сенсорный выключатель	186
5.2. Сенсорный выключатель без дребезга	186
5.3. Сенсорный переключатель в схеме с регулируемой вероятностью для лотереи	187
5.4. Бистабильный переключатель	188

5.5. Сенсорный выключатель	188
5.6. Сенсорный выключатель на тиристоре	189
5.7. Сенсорное устройство ввода данных	189
5.8. Сенсорный выключатель на полевом транзисторе и реле	190
5.9. Сенсорный выключатель с памятью	190
5.10. Сенсорный переключатель для управления логическими схемами	191
5.11. Бесконтактный переключатель	191
5.12. Сенсорный пульт управления игрой	192
5.13. Сенсорная игра "Орел-решка"	193
5.14. Сенсорный выключатель с использованием таймера	194
5.15. Схема управления аналоговыми коммутаторами	195
5.16. Сенсорная кнопка	196
5.17. Реле, управляемое касанием	197
5.18. Схема сенсорного управления настройкой ЧМ-приемника	198
5.19. Схема автоматического выключения	199
5.20. Сенсорная клавиатура	200
5.21. Сенсорный выключатель	201
5.22. Бесконтактный переключатель	202
5.23. Сенсорный выключатель для музыкальной клавиатуры	202
5.24. Устранение дребезга сенсорного выключателя	203
5.25. Мощный сенсорный выключатель	204

ГЛАВА 6. Схемы премопередатчиков

6.1. Логическая схема, управляемая речью	206
6.2. Передатчик мощностью 3,5 Вт	207
6.3. Схема для согласования с низкоомным микрофоном	208
6.4. Переключатель "прием-передача" с диодом	208
6.5. Звуковой сигнализатор окончания передачи	209
6.6. Сканирующий адаптер	210
6.7. Переключатель "прием-передача" с 4 диодами	211
6.8. Схема преобразователя частоты	212
6.9. Двусторонний усилитель	213
6.10. Схема голосового управления в SSB-связи	214
6.11. Схема защиты премопередатчика	215
6.12. Схема, позволяющая получить дополнительно 15 Вт звуковой мощности	216
6.13. Кварц на 9 МГц в передатчике	216
6.14. Опрашивающее устройство на 10 каналов	217
6.15. Схема утроения частоты до 1267,2 МГц	218
6.16. Нерегулируемый кварцевый генератор для SSB-премопередатчика на 2—23 МГц	219
6.17. 12-вольтовая схема защиты премопередатчика (закорачивающая перемычка)	219
6.18. Схема 4-канального опрашивающего устройства для метрового диапазона волн с ЧМ	220
6.19. Схема управления "прием-передача"	221
6.20. Усилитель мощности для частоты 422,4 МГц	222
6.21. Генератор частоты на 5 МГц \pm 500 кГц	223

6.22. Генератор перестраиваемой частоты на 14 МГц с удвоителем	224
6.23. Генератор перестраиваемой частоты на 6,545—6,845 МГц.....	225
6.24. Генератор перестраиваемой частоты для 2-метрового диапазона и всех каналов	226
6.25. Кварцевый генератор на 422,4 МГц	227
6.26. Балансный смеситель.....	228
6.27. Генератор перестраиваемой частоты на 5—5,55 МГц.....	229
6.28. Управляемая слогами передача речевых сообщений.....	230
6.29. Смеситель передатчика.....	232
6.30. Переключатель "прием-передача"	233
6.31. Компенсатор температурного дрейфа частоты приемопередатчика	234
6.32. Генератор перестраиваемой частоты на 7—7,1 МГц.....	235
6.33. Схема поиска станций в 2-метровом диапазоне с шагом 500 кГц.....	236
6.34. Применение угольного микрофона в транспортном средстве	237
6.35. Устройство опроса с переменным поиском.....	238
6.36. Схема высокоскоростной передачи речевых сообщений.....	239
6.37. Тюнер диапазона 3—3,5 МГц на варикапе	240
6.38. Переключатель "прием-передача"	241
6.39. Опрашивающее устройство для 2-метрового диапазона	242
6.40. Переключатель "прием-передача" на PIN-диодах.....	244
6.41. Регулировка с дистанционным управлением	245
6.42. Устройство для опроса радиоканалов	246
6.43. Схема генератора с кварцевыми резонаторами на 76,25 и 81,6 МГц.....	247
6.44. Опрашивающее устройство для приемопередатчика 2-метрового диапазона.....	248
6.45. Переключатель антенны "прием-передача"	249
6.46. Генератор меток	250

ГЛАВА 7. Схемы передатчиков

7.1. Транзисторы вместо генераторных и ВЧ усилительных радиоламп.....	252
7.2. Источник напряжения 3 кВ мощностью 2 кВт	253
7.3. Передатчик мощностью 5 Вт на полевых транзисторах.....	254
7.4. Передатчик малой мощности на 144 МГц	254
7.5. Схема линейного усилителя мощностью 4 Вт.....	255
7.6. СВ-передатчик мощностью 250 мВт для 40-метрового диапазона	256
7.7. Схема линейного усилителя мощностью 140 Вт для диапазона 2—30 МГц.....	258
7.8. Линейный усилитель мощностью 1,4 Вт для диапазона 7—14 МГц.....	259
7.9. СВ-передатчик мощностью $\frac{1}{4}$ Вт.....	260
7.10. Маломощный передатчик 2-метрового диапазона.....	261
7.11. Схема усилителя мощностью 10 Вт для 2-метрового диапазона.....	261
7.12. Линейный усилитель мощностью 80 Вт для мобильного SSB-передатчика.....	262
7.13. Генератор перестраиваемой частоты 20-метрового диапазона.....	263
7.14. Усилитель мощностью 30 мВт для диапазона 25 МГц.....	264
7.15. Маломощный СВ-передатчик 80-метрового диапазона для QRP-связи	265
7.16. Усилитель мощностью 80 Вт для диапазона 143—156 МГц	266
7.17. Линейный усилитель мощностью 100 Вт для диапазона 420—450 МГц.....	267
7.18. Схема на транзисторах вместо лампы усилителя мощности.....	268

7.19. Источник эталонного термостабильного 10-вольтового напряжения.....	269
7.20. УКВ-передатчик диапазона 432—450 МГц.....	270
7.21. Схема повышения мощности стабилитронов.....	271
7.22. Линейный усилитель мощностью 10 Вт для приемопередатчика 2-метрового диапазона.....	272
7.23. Линейный усилитель мощностью 300 Вт для диапазона 2—30 МГц.....	273
7.24. Усилитель мощности 2-метрового диапазона.....	274
7.25. Линейный усилитель мощностью 160 Вт для SSB-передатчика.....	275
7.26. Широкополосный усилитель мощностью 8 Вт на МОП-транзисторах.....	276
7.27. Усилитель мощности на 10 Вт УКВ-диапазона частот для морской связи.....	277
7.28. ВЧ-ваттметр.....	278
7.29. Радиотелефон, работающий на частоте 20 МГц.....	279
7.30. Генератор перестраиваемой частоты на 1,8—1,9 МГц.....	280
7.31. Схема линейного усилителя мощностью 60 Вт для диапазона 432 МГц.....	281
7.32. Мобильный однокаскадный ЧМ-передатчик мощностью 80 Вт для диапазона 144—175 МГц.....	282
7.33. Усилитель мощностью 80 Вт для 2-метрового диапазона.....	283
7.34. Возбудитель мощностью 1 Вт для диапазонов частот 7 и 14 МГц.....	284
7.35. Схема линейного усилителя мощностью 300 Вт на полупроводниках.....	285
7.36. Передатчик мощностью 500 мВт для диапазона 180 кГц.....	286
7.37. АМ-передатчик мощностью 2,5 Вт для авиасвязи.....	287
7.38. QRP-передатчик мощностью 7 Вт.....	288
7.39. Схема для измерения максимальной мощности.....	289
7.40. Усилитель мощностью 25 Вт для передатчика диапазона 450—470 МГц.....	290
7.41. СВ-передатчик для диапазона 40 м.....	291
7.42. Мобильный ЧМ-передатчик мощностью 80 Вт для диапазона 175 МГц.....	292
7.43. Линейный усилитель мощностью 100 Вт для диапазона 432 МГц.....	293
7.44. Генератор перестраиваемой частоты для диапазонов 7 и 14 МГц.....	294
7.45. УКВ-передатчик мощностью 10 Вт для диапазона 450 МГц.....	295
7.46. Широкополосный усилитель мощностью 5 Вт на МОП-транзисторе.....	295
7.47. Ламповый усилитель мощности на 1200 Вт.....	296
7.48. Схема усилителя мощности на 10 Вт для диапазона 450—470 МГц.....	297
7.49. Ламповый усилитель мощностью 1 кВт с заземленной сеткой.....	298
7.50. Передатчик мощностью 5 Вт для диапазона 80 или 40 м.....	299
7.51. Схема ЧМ-возбудителя для диапазона 2 м.....	300
7.52. Схема СВ-передатчика мощностью 2 Вт для диапазона 20 м.....	301
7.53. Двухтактный ВЧ-усилитель мощности на 50 Вт.....	302
7.54. Схема 10-ваттного усилителя мощности для диапазона 220 МГц.....	303
7.55. Схема длинноволнового передатчика мощностью 1 Вт для диапазона 175 кГц.....	304
7.56. Усилитель мощностью 30 Вт для диапазона 40—180 МГц.....	305
7.57. Двухтактный усилитель на 400 Вт.....	306
7.58. Возбудитель с большим усилением, мощностью 20 Вт и диапазоном 1,6—30 МГц.....	307
7.59. АМ-передатчик на диапазон 1—2 МГц.....	308
7.60. Схема замены НЧ-радиоламп транзисторами.....	309
7.61. Усилитель мощности на 15 Вт для диапазона 400 МГц.....	310

7.62. Защелка для тангенты микрофона	311
7.63. Полупроводники вместо лампового смесителя и стабилизатора.....	312
7.64. Усилитель класса "D" мощностью 35 Вт для диапазона 40, 80 или 160 м.....	313
7.65. Генератор перестраиваемой частоты для диапазона 80 м	314
7.66. Усилитель мощностью 1 кВт для диапазона 2 м.....	315
7.67. СВ-приемопередатчик с генератором перестраиваемой частоты для диапазона 21—21,5 МГц.....	316
7.68. Выключатель усилителя на основе напряжения смещения.....	317
7.69. SSB-возбудитель для диапазона 2—30 МГц.....	318
7.70. ВЧ-ваттметр на 50 Вт.....	319
7.71. Линейный усилитель мощностью 20 Вт для диапазона 16—30 МГц.....	320
7.72. Усилитель мощностью 3,5 Вт для диапазона 40 м.....	321

ГЛАВА 8. Схемы генераторов, управляемых напряжением..... 323

8.1. Генератор, управляемый напряжением с двумя выходными сигналами, жестко сдвинутыми по фазе на 90°.....	324
8.2. Точная дистанционная настройка генератора	325
8.3. Линейный ГУН для диапазона от 0 до 10 кГц.....	326
8.4. ГУН с быстродействующей синхронизацией	327
8.5. Линейный ГУН.....	328
8.6. Схема управления включением ГУН.....	329
8.7. Линейный генератор, управляемый напряжением	330
8.8. ГУН на номинальную частоту 1 кГц.....	331
8.9. ГУН для диапазона 0—10 кГц при напряжении управления 0—10 В.....	331
8.10. Экспоненциальный ГУН.....	332
8.11. Настройка частоты генератора посредством реактивного сопротивления	333
8.12. Подстройка частоты кварцевого резонатора с помощью управляющего напряжения	334
8.13. Высокоскоростной управляемый напряжением задающий генератор.....	335
8.14. Генератор с частотой 52 МГц и частотной модуляцией на варикапе.....	336
8.15. Синусоидальный генератор с частотой 1,5—2,5 кГц.....	336
8.16. Простой задающий генератор для ГУН	337
8.17. Высокостабильный линейный ГУН.....	338
8.18. Схема ГУН с удвоенным диапазоном управления	339
8.19. Квадратурный ГУН на умножителях.....	340

ГЛАВА 9. Схемы определителей уровня напряжения 341

9.1. Защищенный ТТЛ-интерфейс	342
9.2. Схема устройства, контролирующего напряжение 12 В постоянного тока.....	342
9.3. Схема, определяющая два пороговых напряжения 4 и 8 В	343
9.4. Схема, сигнализирующая о падении напряжения ниже определенного уровня.....	344
9.5. Схема, сигнализирующая об исчезновении напряжения в сети.....	344
9.6. Схема, сигнализирующая о превышении напряжения определенного уровня.....	345
9.7. Многоканальная сигнализирующая схема с памятью.....	346
9.8. Схема, контролирующая напряжение на светодиоде.....	347

9.9. Схема, определяющая выход периода следования входных импульсов за установленные границы	348
9.10. Схема для обнаружения напряжения вне установленного диапазона	349
9.11. Схема детектора положительных пиковых напряжений	349
9.12. Схема, предупреждающая о низком напряжении питания	350
9.13. Детектор высшей и низшей точек амплитуды напряжения входного сигнала	350
9.14. Схема защиты нагрузки от перенапряжения в сети	351
9.15. Детектор перехода напряжения через нуль с гистерезисом	352
9.16. Схема буферизированного пикового детектора	353
9.17. Детектор прохода напряжения через нуль на логарифмическом усилителе	354
9.18. Схема, срабатывающая при входных напряжениях, находящихся внутри окна пороговых напряжений	355
9.19. Программируемый пиковый детектор напряжения для диапазона от 0 до ± 10 В	356
9.20. Схема для обнаружения двух граничных напряжений	357
9.21. Защелка уровня напряжения	358
9.22. Схема для обнаружения уровней напряжения со светодиодной индикацией	359
9.23. Пиковый детектор для сигналов с напряжением 5 В и частотой до 2 МГц	359
9.24. Схема отображения уровня напряжения сигнала на светодиоде	360
9.25. Схема контроля напряжений	361
9.26. Детектор прохода через нуль сетевого переменного напряжения	362
9.27. Триггерная схема на таймере 555	362
9.28. Схема для мгновенного определения верхнего предельного значения напряжения	363
9.29. Схема визуальной сигнализации при низком значении напряжения	364
9.30. Звуковой сигнализатор для морозилки	365
9.31. Схема детектора порогового напряжения в диапазоне от $\pm 1,5$ до $\pm 7,5$ В	366
9.32. Детектор диапазона пороговых напряжений	367
9.33. Схема, определяющая моменты времени при проходе входного переменного сигнала через нуль	368

ГЛАВА 10. Схемы для измерения напряжения

10.1. Схема прецизионного усилителя с входным сопротивлением 1 ГОм для измерения переменного и постоянного напряжения	370
10.2. Вольтметр с полосковым индикатором на светодиодах	371
10.3. Детектор для положительных пиков напряжения	372
10.4. Электрометр на полевых транзисторах	372
10.5. Милливольтметр на полевом транзисторе	373
10.6. Вольтметр переменного тока с расширенным диапазоном	374
10.7. Преобразователь переменного напряжения в постоянное	374
10.8. Схема, контролирующая сетевое напряжение	375
10.9. Схема защиты измерительного прибора с помощью стабилитрона	375
10.10. 5-разрядный вольтметр	376
10.11. Схема для измерения абсолютного значения напряжения	377
10.12. Схема для контроля сетевого напряжения	377
10.13. Вольтметр на 20 В постоянного тока, выполненный на одном полевом транзисторе	378

10.14. Модернизированный ламповый вольтметр на интегральной микросхеме.....	379
10.15. Измерительный зонд на светодиоде для большого диапазона напряжений	380
10.16. Усилитель с калибруемым усилением	381
10.17. Схема для предотвращения перегрузки измерительного прибора.....	382
10.18. Вольтметр для пиковых значений напряжения	383
10.19. Детектор для истинного действующего значения напряжения	384
10.20. Вольтметр постоянного тока	385
10.21. Милливольтметр на интегральной микросхеме.....	386
10.22. Схема для измерения истинного действующего значения напряжения с амплитудой 2—10 В и частотой 600 кГц.....	387
10.23. Схема для измерения пиковых значений напряжения переменного тока	388
10.24. Схема выпрямителя с дифференциальным входом и с отрицательным выходом.....	389
10.25. Схема для измерения максимальных и минимальных значений сигналов волнообразной формы	390
10.26. Схема настраиваемого вольтметра	391
10.27. Схема выпрямителя с дифференциальным входом и высоким входным сопротивлением	392
10.28. Вольтметр постоянного тока на операционном усилителе.....	393
10.29. Милливольтметр переменного тока.....	394
10.30. Схема ВЧ-пробника, показывающего пиковые значения напряжения на вольтметре постоянного тока	395
10.31. Схема 10-диапазонного вольтметра постоянного тока	396
10.32. Электрометр на операционном усилителе	397
10.33. Схема для измерения абсолютного значения напряжения	398
10.34. Вольтметр со звуковой индикацией.....	399
10.35. Цифровой вольтметр на интегральной схеме со стрелочным измерительным прибором	400
10.36. Индикация полярности напряжения для цифрового вольтметра	401
10.37. Цифровой вольтметр постоянного тока для диапазона 0—2 В.....	402
10.38. Схема индикации нулевого напряжения	403
10.39. Прецизионный выпрямитель входного сигнала	403
10.40. Компьютеризованный 8-канальный 4-разрядный цифровой вольтметр	404
10.41. Схема для формирования временных меток на ленте самопишущих приборов	405
10.42. 4-разрядный цифровой вольтметр	406
10.43. Прецизионный выпрямитель	407
10.44. Вольтметр постоянного тока со сбалансированными полевыми транзисторами.....	408
10.45. Схема 3-разрядного цифрового вольтметра.....	409
10.46. Вольтметр постоянного тока на полевом транзисторе	410
10.47. Усилитель для измерительного прибора	411
10.48. Преобразователь напряжение-частота.....	412
10.49. Схема электроскопа	413
10.50. Схема для измерения напряжения с высоким входным сопротивлением	414
10.51. Вольтметр на сдвоенном полевом транзисторе.....	415
10.52. Вольтметр с логарифмической шкалой.....	416
10.53. Схема индикации полярности цифрового вольтметра	417

10.54. Схема 5-разрядного цифрового вольтметра.....	418
10.55. Схема дифференциального выпрямителя сигналов переменного тока	419
10.56. Вольтметр переменного тока для частот 0,04—200 МГц.....	420
10.57. Измерительный прибор для определения полярности сети.....	421
10.58. Цифровой 4-разрядный вольтметр постоянного тока	422
10.59. Вольтметр на полевом транзисторе	423
10.60. Вольтметр переменного тока на полевом транзисторе	424
10.61. Схема автоматического переключения полярности.....	425

ГЛАВА 11. Схемы источников опорного напряжения 427

11.1. Источник изменяемого опорного напряжения	428
11.2. Схема четырех регулируемых источников опорных напряжений от 1,5 до 12 В.....	429
11.3. Схема источника опорного напряжения с отклонением 0,005%.....	430
11.4. Источник опорных напряжений +5 и –5 В.....	430
11.5. Схема источника изменяемого опорного напряжения от –6,95 до +6,95 В	431
11.6. Схема источника регулируемого опорного напряжения	431
11.7. Прецизионный источник опорного напряжения запрещенной зоны ТТЛ-сигналов.....	432
11.8. Источник трех опорных напряжений на +5, +15 и +30 В	433
11.9. Источник регулируемого опорного напряжения от 0 до 10,0000 В с шагом 100 мкВ.....	434
11.10. Схема опорного напряжения на самостабилизирующемся стабилитроне	435
11.11. Источник опорного 5-вольтового напряжения при токе 7,5 мА	436
11.12. Источник опорного напряжения на +15 В и ток 100 мА	436
11.13. Источник 10-вольтового опорного напряжения с использованием эталонного гальванического элемента	437
11.14. Маломощный источник опорного напряжения на 10 В.....	438
11.15. Источник опорного напряжения с двумя выходными напряжениями +3,4 и 2,0 В, противостоящий гамма-излучению	439
11.16. Источник опорного напряжения на +10,000 В	440
11.17. Буферизованный источник опорного напряжения на 10 В.....	441
11.18. Высокоточный источник опорного напряжения на 10 В.....	442
11.19. Источник опорного напряжения с выходным изменяемым напряжением от 2,5 до 10 В	443
11.20. Источник опорного напряжения с напряжением –6,6 В на операционном усилителе.....	444
11.21. Источник опорного напряжения на выходное напряжение +6,6 В и ток 5 мА	444
11.22. Источник опорного напряжения с тремя выходными напряжениями +10, +20 и +30 В.....	445
11.23. Источник высокоточного 1-вольтового опорного напряжения	446
11.24. Источник опорного напряжения с напряжением +6,6 В на операционном усилителе.....	447
11.25. Маломощный источник опорного напряжения и с низким дрейфом	448
11.26. Источник 6,5-вольтового опорного напряжения	449
11.27. Источник опорного напряжения с напряжением 10 В и балансировкой термокомпенсации	450

11.28. Источник 10-вольтового опорного напряжения с умеренным дрейфом	451
11.29. Двухполярный источник опорного напряжения с напряжениями +2,5 и -2,5 В	452
11.30. Заменитель эталонного элемента с напряжением 1,01 В	453
11.31. Двухполярный источник опорного напряжения с напряжениями +7 и -7 В	454
11.32. Высокоточный источник опорного напряжения с выходным напряжением +15 В ...	455
11.33. Источник 5-вольтового опорного напряжения при 15 В на входе	456
11.34. Источник опорного напряжения с выходным напряжением 10,000 В со стабилизатором	456
11.35. Источник регулируемого опорного напряжения с выходным напряжением 0—6,6 В и током 5 мА	457
11.36. Источник опорного напряжения на ОУ с милливольтным выходным напряжением	458
11.37. Источник опорного напряжения с большим диапазоном входного напряжения	459
11.38. Источник опорного напряжения с выходным напряжением +8,2 В	459
11.39. Схема источника опорного напряжения с линейным регулированием	460
11.40. Источник опорного напряжения на ОУ с положительной обратной связью и выходным напряжением +10 В	461

1. Схемы терморегуляторов

Существует большое количество электрических принципиальных схем, которые могут поддерживать желаемую заданную температуру с точностью до 0,0000033 °С. Эти схемы включают коррекцию при отклонении от установленного значения температуры, пропорциональное, интегральное и дифференциальное регулирование.

1.3. Регулирование температуры печи

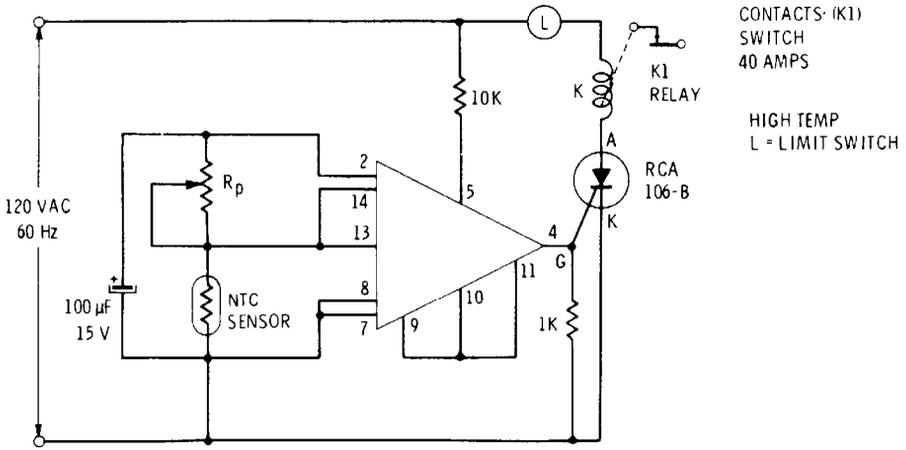


Рис. 1.3

Простая схема (рис. 1.3) с переключателем при переходе питающего напряжения через нуль на микросхеме CA3059 позволяет регулировать включение и выключение тиристора, который управляет катушкой нагревательного элемента или реле для управления электро- или газовой печью. Переключение тиристора происходит при малых токах. Измерительное сопротивление NTC SENSOR обладает отрицательным температурным коэффициентом. Резистором R_D устанавливается желаемая температура.

1.4. Регулятор температуры печи от 75 до 250 °С

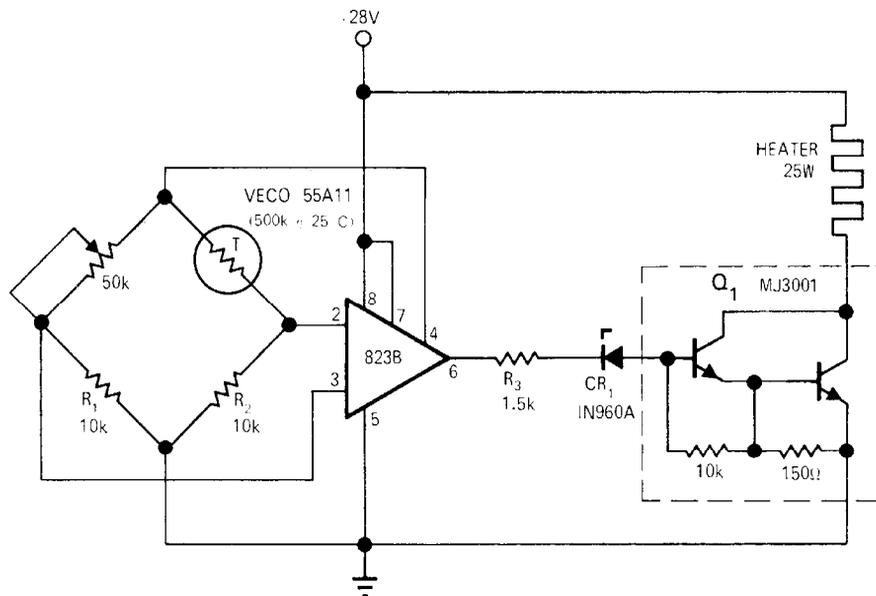


Рис. 1.4

Устройство (рис. 1.4) обеспечивает пропорциональное регулирование температуры небольшой маломощной печи с точностью до 1 °С относительно температуры, заданной с помощью потенциометра. В схеме используется стабилизатор напряжения 823В, который питается, как и печь, от того же источника напряжением 28 В. Для задания величины температуры должен использоваться 10-оборотный проволочный потенциометр. Мощный транзистор Q₁ работает в режиме насыщения или близко к этому режиму, однако радиатор для охлаждения транзистора не требуется.

1.5. Семисторный регулятор для нагревателя

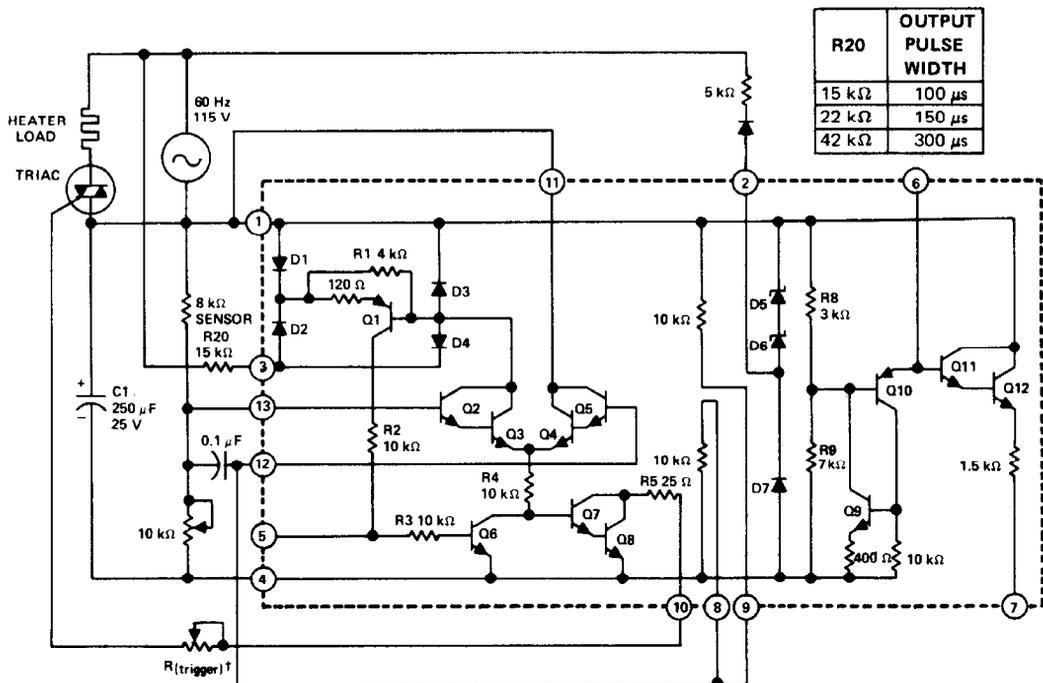


Рис. 1.5

Для управления симистором при переходе питающего напряжения через нуль используется переключатель на микросхеме SN72440 от фирмы Texas Instruments. Эта микросхема переключает симистор TRIAC (рис. 1.5), включающий или выключающий нагревательный элемент, обеспечивая необходимый нагрев. Управляющий импульс в момент перехода напряжения сети через нуль подавляется или пропускается под действием дифференциального усилителя и моста сопротивлений в интегральной схеме (ИС). Ширина последовательных выходных импульсов на выводе 10 ИС регулируется потенциометром в цепи запуска $R_{(trigger)}$, как это показано в таблице на рис. 1.5, и должна изменяться в зависимости от параметров используемого симистора.

1.6. Регулятор с диодным датчиком

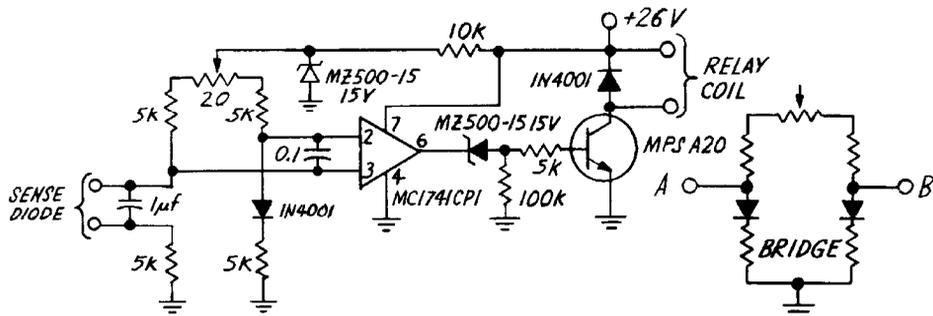


Рис. 1.6

Обычный кремниевый диод с температурным коэффициентом $2 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$ служит для поддержания разницы температур до $\pm 10 \text{ }^\circ\text{F}^1$ с точностью примерно $0,3 \text{ }^\circ\text{F}$ в широком диапазоне температур. Два диода, включенные в мост сопротивлений (рис. 1.6), дают напряжение на выводах А и В, которое пропорционально разнице температуры. Потенциометром регулируется ток смещения, который соответствует предварительно устанавливаемой области смещения температуры. Низкое выходное напряжение моста усиливается операционным усилителем MC1741 производства фирмы Motorola до 30 В при изменении напряжения на входе на $0,3 \text{ мВ}$. Буферный транзистор добавлен для подключения нагрузки с помощью реле.

¹ Температура по шкале Фаренгейта. Для перевода температуры из шкалы Фаренгейта в шкалу Цельсия нужно от исходного числа отнять 32 и умножить результат на $5/9$. — Ред.

1.7. Пропорциональный регулятор хлебопекарной печи

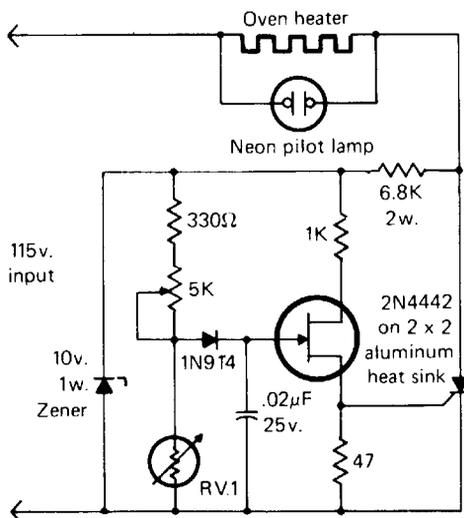


Рис. 1.7

Позистор RV1 (рис. 1.7) и комбинация из переменного и постоянного резисторов образуют делитель напряжения, поступающего с 10-вольтового диода Зенера (стабилитрона). Напряжение с делителя подается на однопереходный транзистор. Во время положительной полуволны напряжения сети на конденсаторе возникает напряжение пилообразной формы, амплитуда которого зависит от температуры и установки сопротивления на потенциометре номиналом 5 кОм. Когда амплитуда этого напряжения достигает отпирающего напряжения однопереходного транзистора, он включает тиристор, который и подает напряжение на нагрузку. Во время отрицательной полуволны переменного напряжения тиристор выключается. Если температура печи низка, то тиристор открывается в полуволне раньше и производит больший нагрев. Если предварительно установленная температура достигнута, то тиристор открывается позже и производит меньший нагрев. Схема разработана для использования в устройствах с температурой окружающей среды 100 °F.

1.8. Регулятор с точностью до 0,001 °C

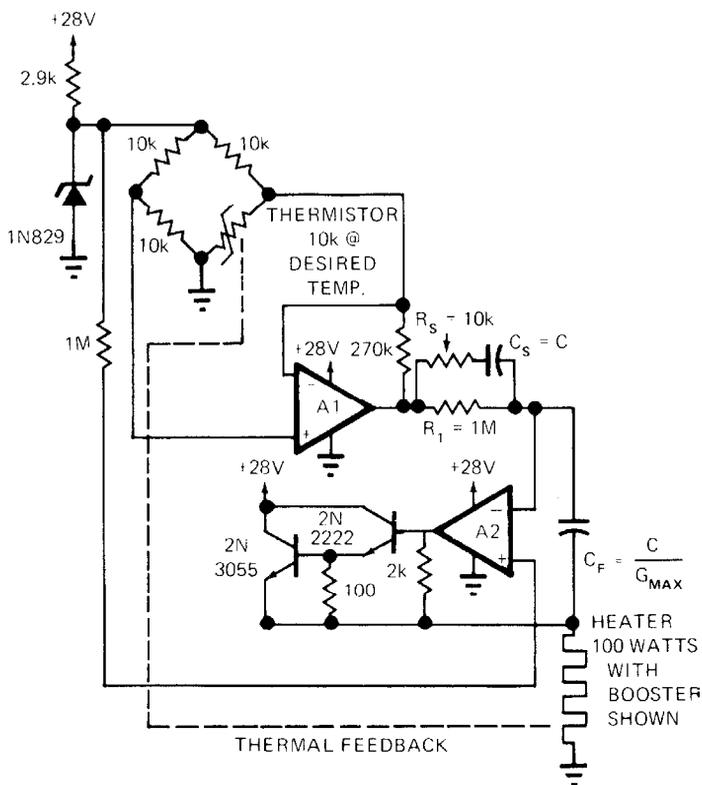


Рис. 1.8

Простой регулятор (рис. 1.8), содержащий измерительный мост с термистором и два операционных усилителя, регулирует температуру с очень высокой точностью и большим динамическим диапазоном, что необходимо при быстрых изменениях условий окружающей среды.

1.9. Регулятор с временным пропорциональным регулированием

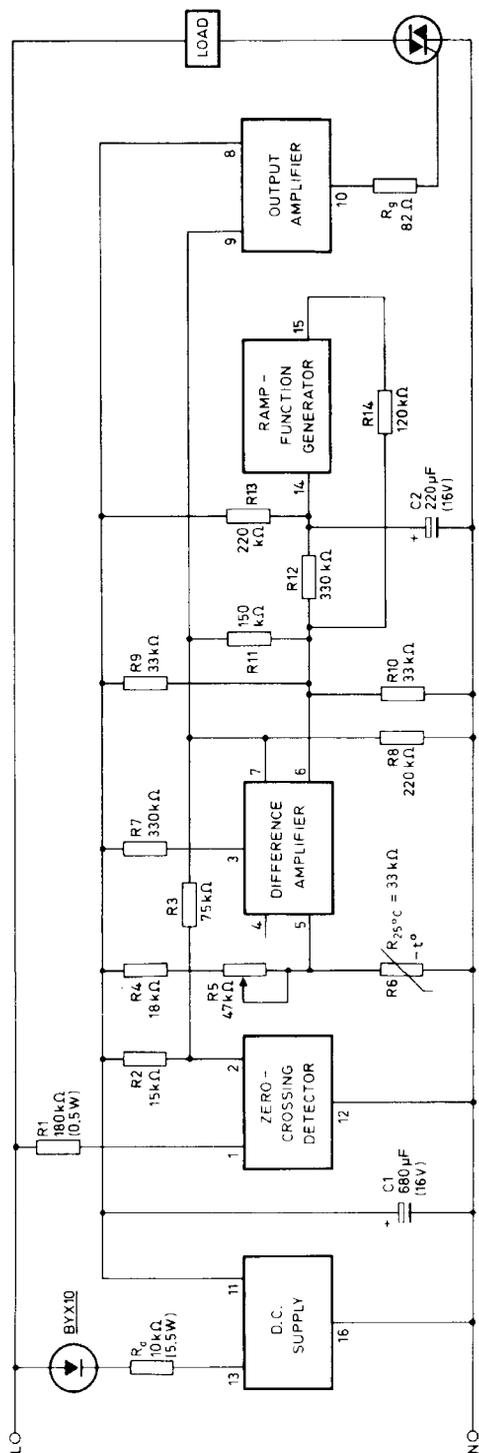


Рис. 1.9

Устройство (рис. 1.9) состоит из симистора и микросхемы, которая включает в себя источник питания постоянного тока, детектор перехода питающего напряжения через нуль, дифференциальный усилитель, генератор пилообразного напряжения и выходной усилитель. Устройство обеспечивает синхронное включение и выключение омической нагрузки. Управляющий сигнал получается при сравнении напряжения, получаемого от чувствительного к температуре измерительного моста из резисторов R_4 и R_5 и резистора с отрицательным температурным коэффициентом R_6 , а также резисторов R_9 и R_{10} в другой цепи. Все необходимые функции реализованы в микросхеме TCA280A фирмы Mullard. Показанные значения действительны для симистора с током управляющего электрода 100 мА, для другого симистора значения номиналов резисторов R_d , R_g и конденсатора C_1 должны изменяться. Пределы пропорционального регулирования могут устанавливаться с помощью изменения значения резистора R_{12} . При проходе через нуль напряжения сети симистор будет переключаться. Период колебаний пилообразной формы составляет примерно 30 сек и может устанавливаться изменением емкости конденсатора C_2 .

1.10. Регистратор разницы температур

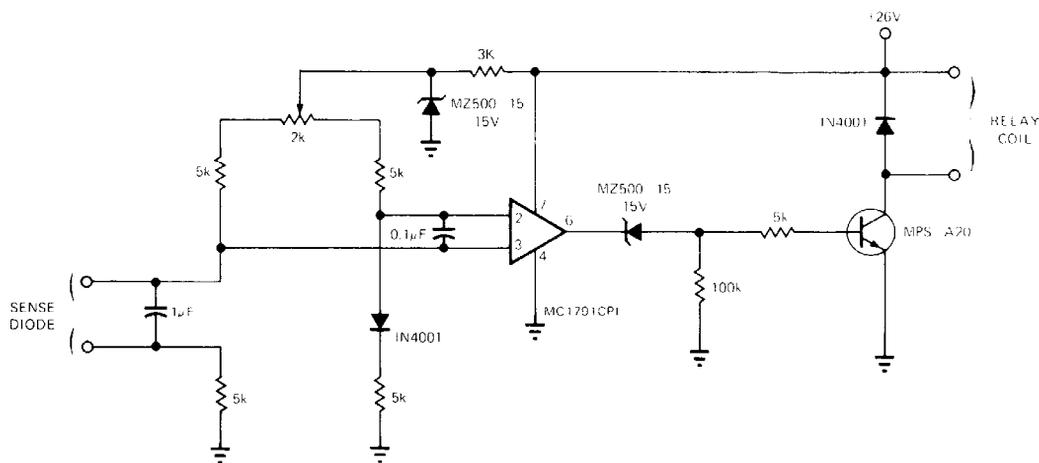


Рис. 1.10

Представленная простая схема (рис. 1.10) регистрирует разницу температур двух объектов, нуждающихся в использовании регулятора. Например, для включения вентиляторов, выключения нагревателя или для управления клапанами смесителей воды. Два недорогих кремниевых диода 1N4001, установленные в мост сопротивлений, используются как датчики. Температура пропорциональна напряжению между измерительным и опорным диодом, которое подается на выводы 2 и 3 операционного усилителя MC1791. Так как при разнице температур с выхода моста поступает только примерно $2 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$, то необходим операционный усилитель с высоким усилением. Если для нагрузки требуется более 10 мА, то необходим буферный транзистор.

1.11. Регулятор для термостата кварцевого резонатора

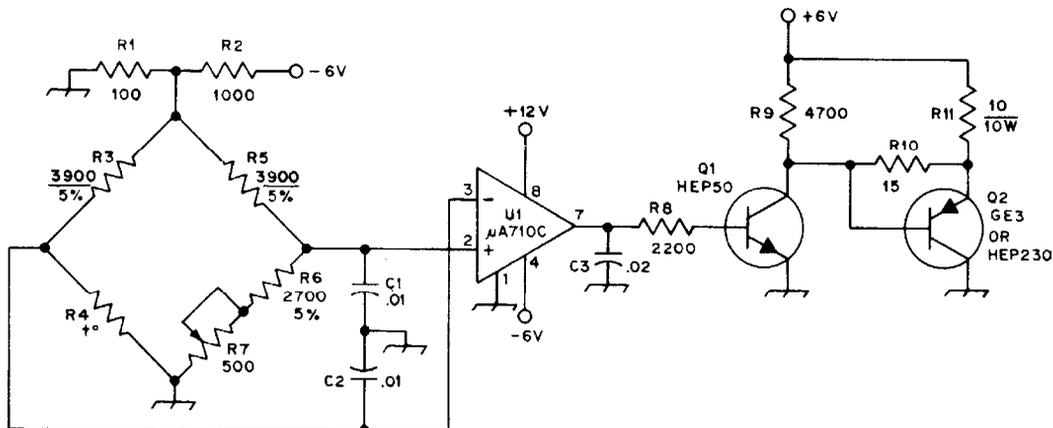


Рис. 1.11

При падении температуры ниже установленного значения разность напряжений, на измерительном мосте с терморезистором, регистрируется дифференциальным операционным усилителем, который открывает буферный усилитель на транзисторе Q1 (рис. 1.11) и усилитель мощности на транзисторе Q2. Рассеиваемая мощность транзистора Q2 и его нагрузки резистора R11 обогревают термостат. Терморезистор R4 (1D53 или 1D053 от фирмы National Lead) имеет номинальное сопротивление 3600 Ом при 50 °C. Делитель напряжения R1—R2 уменьшает входной уровень напряжения до необходимого значения и способствует тому, что терморезистор работает при малых токах, обеспечивающих малый разогрев. Все цепи моста, за исключением резистора R7, предназначенного для точной регулировки температуры, находятся в конструкции термостата.

1.12. Тиристорный регулятор с импульсно-фазовым управлением

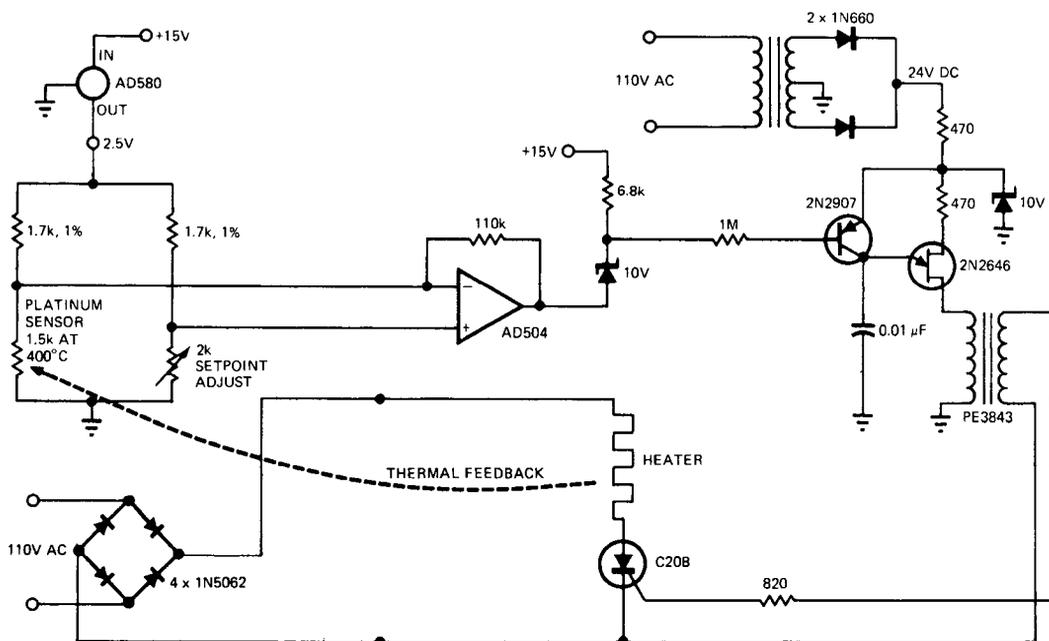


Рис. 1.12

Схема (рис. 1.12) осуществляет линейное регулирование температуры с точностью до $0,001\text{ }^{\circ}\text{C}$, с высокой мощностью и высокой эффективностью. Источник опорного напряжения на микросхеме AD580 питает мостовую схему преобразователя температуры, в которой платиновый измерительный резистор (PLATINUM SENSOR) работает в качестве датчика. Операционный усилитель AD504 усиливает выходной сигнал моста и управляет транзистором 2N2907, который, в свою очередь, управляет синхронизируемым с частотой 60 Гц генератором на однопереходном транзисторе. Этот генератор питает управляющий электрод тиристора через развязывающий трансформатор. Предварительная установка способствует тому, что тиристор включается в различных точках переменного напряжения, что необходимо для точной регулировки нагревателя. Возможный недостаток — возникновение помех высокой частоты, т. к. тиристор переключается посреди синусоиды.

1.13. Переключатель с малой мощностью рассеивания

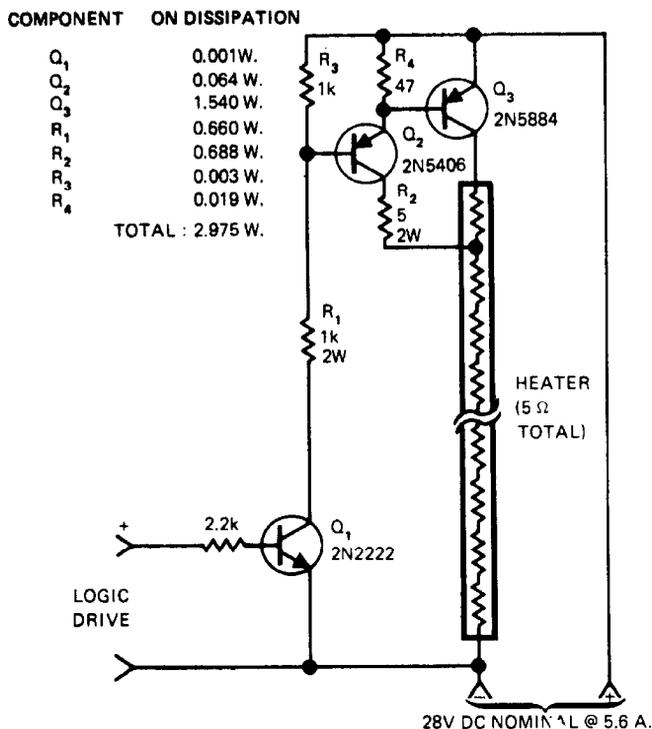


Рис. 1.13

Узел управления мощного транзисторного ключа (рис. 1.13) для нагрева инструментов мощностью 150 Вт использует отвод на нагревательном элементе, чтобы принудить переключатель на транзисторе Q₃ и усилитель на транзисторе Q₂ достичь насыщения и установить малую рассеиваемую мощность. Когда на вход транзистора Q₁ поступает положительное напряжение, транзистор Q₁ открывается и приводит транзисторы Q₂ и Q₃ в открытое состояние. Ток коллектора транзистора Q₂ и базовый ток транзистора Q₃ определяются резистором R₂. Падение напряжения на резисторе R₂ пропорционально напряжению питания, так что управляющий ток обладает оптимальным уровнем для транзистора Q₃ при большом диапазоне напряжения.

1.14. Термопара с переключателем, срабатывающем при переходе питающего напряжения через нуль

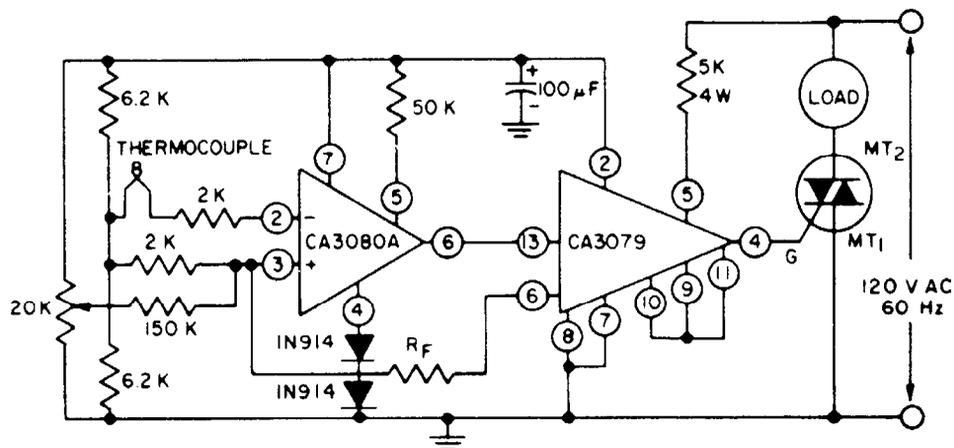


Рис. 1.14

Операционный усилитель CA3080A производства фирмы RCA (рис. 1.14) включает вместе термопару с переключателем, срабатывающем при прохождении питающего напряжения через нуль и выполненным на микросхеме CA3079, который служит как триггер для симистора с нагрузкой переменного напряжения. Симистор нужно подбирать под регулируемую нагрузку. Напряжение питания для операционного усилителя не критично.

1.15. Регулятор для отопления помещения

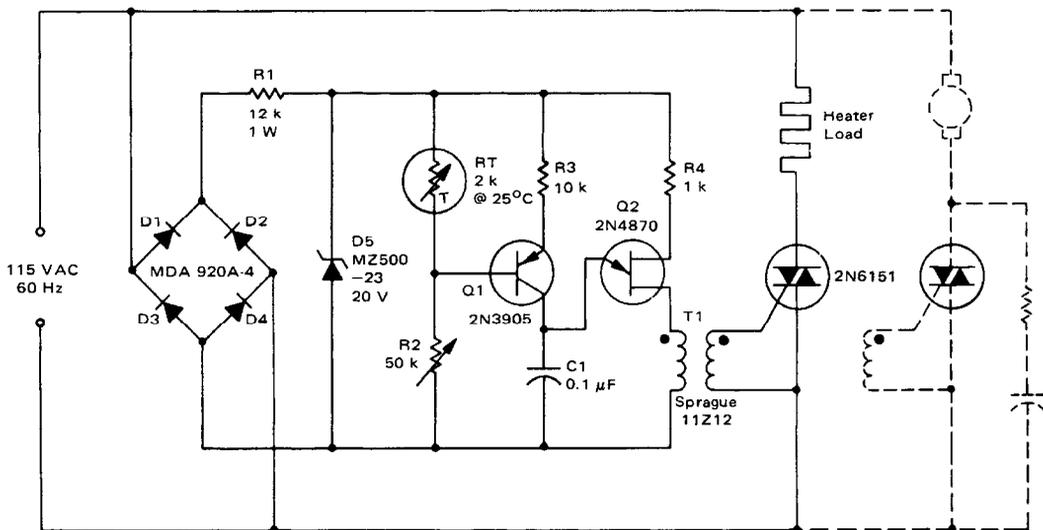
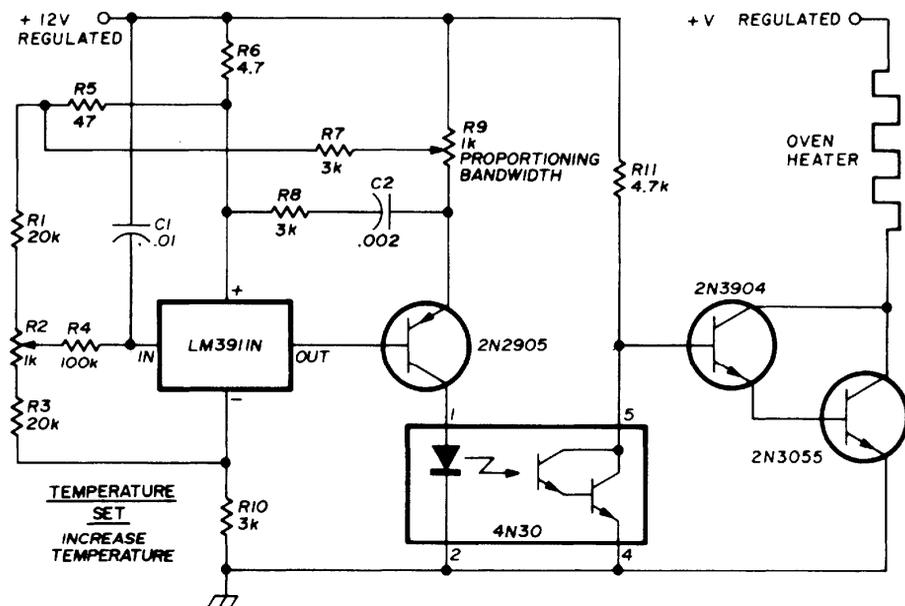


Рис. 1.15

При использовании фазового управления симистором ток нагрева сокращается постепенно, если происходит приближение к установленной температуре, что предотвращает большое отклонение от установленного значения. Сопротивление резистора R2 (рис. 1.15) регулируется так, чтобы транзистор Q1 при желаемой температуре был закрыт, тогда генератор коротких импульсов на транзисторе Q2 не функционирует и таким образом симистор больше не открывается. Если температура понижается, то сопротивление датчика RT увеличивается и транзистор Q1 открывается. Конденсатор C1 начинает заряжаться до напряжения открывания транзистора Q2, который лавинообразно открывается, формируя мощный короткий импульс, выполняющий включение симистора. Чем больше открывается транзистор Q1, тем быстрее заряжается емкость C1 и симистор в каждой полуволне переключается раньше и, вместе с тем, в нагрузке возникает большая мощность. Пунктирной линией представлена альтернативная схема для регулирования двигателя с постоянной нагрузкой, например с вентилятором. Для работы схемы в режиме охлаждения резисторы R2 и RT нужно поменять местами.

1.16. Термостат на температуру 75 °C для кварцевого резонатора



NOTES:

1. ALL RESISTORS 1/2 WATT COMPOSITION, EXCEPT R1 AND R3, WHICH SHOULD BE METAL FILM OR WIREWOUND.
2. VALUES OF R1, R2 AND R3 ARE FOR OVEN TEMPERATURE OF 75°C.
3. +V SHOULD BE 5-6 VOLTS FOR 6.3 VOLT SURPLUS OVEN; 9-12 VOLTS FOR HOME BREW OVEN.

Рис. 1.16

Пропорциональный терморегулятор (рис. 1.16), использующий микросхему LM3911 от фирмы National, устанавливает постоянную температуру кварцевого термостата на уровне 75 °C с точностью $\pm 0,1$ °C и улучшает стабильность кварцевого генератора, который часто используется в синтезаторах и цифровых счетчиках. Отношение импульс/пауза прямоугольного импульса на выходе (отношение времени включения/выключения) изменяется в зависимости от температурного датчика в ИС и напряжения на инверсном входе микросхемы. Изменения продолжительности включения микросхемы изменяют усредненный ток включения нагревательного элемента термостата таким образом, что температура приводится к заданной величине. Частота прямоугольного импульса на выходе ИС определяется резистором R4 и конденсатором C1. Оптрон 4N30 открывает мощный составной транзистор, у которого в цепи коллектора имеется нагревательный элемент. Во время подачи положительного прямоугольного импульса на базу транзисторного ключа последний переходит в режим насыщения и подключает нагрузку, а при окончании импульса отключает ее.

1.17. Регулятор температуры для ванны с точностью до $0,000075\text{ }^{\circ}\text{C}$

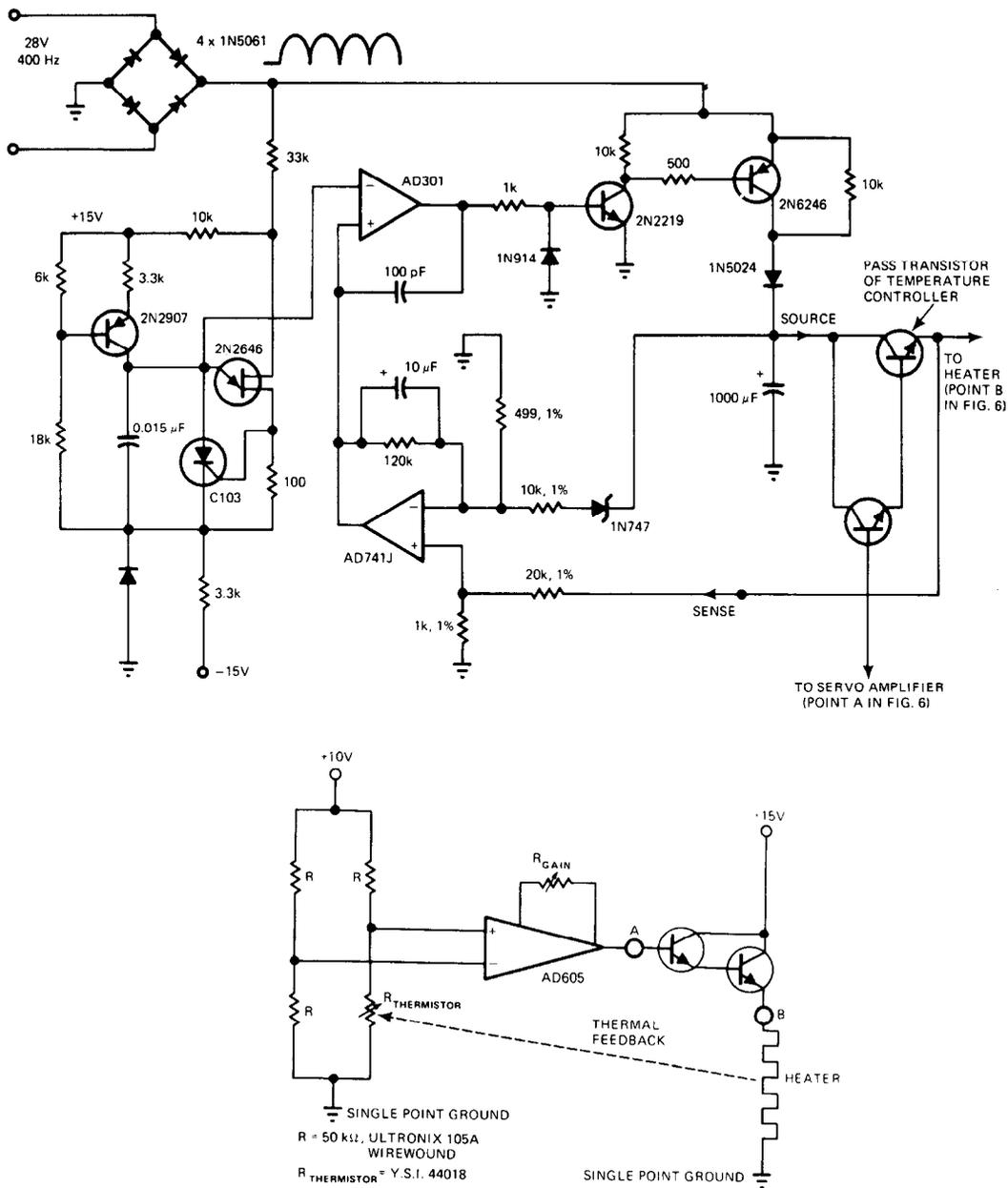


Рис. 1.17

Регулятор (рис. 1.17) поддерживает температуру печи или ванны с высокой стабильностью на уровне 37,5 °С. Рассогласование измерительного моста регистрируется измерительным операционным усилителем AD605 с высоким коэффициентом подавления синфазной составляющей, низким дрейфом и симметричными входами. Составной транзистор с объединенными коллекторами (пара Дарлингтона) осуществляет усиление тока нагревательного элемента. Транзисторный ключ (PASS TRANSISTOR) должен принимать всю мощность, которая не подводится к нагревательному элементу. Чтобы справиться с этим, большая схема следящей системы подключается между точками "А" и "В", чтобы установить постоянно 3 В на транзисторе без учета напряжения, требуемого для нагревательного элемента. Выходной сигнал операционного усилителя 741 сравнивается в микросхеме AD301А с напряжением пилообразной формы, синхронным с напряжением сети частотой 400 Гц. Микросхема AD301А работает как широтно-импульсный модулятор, включающий транзисторный ключ 2N2219—2N6246. Ключ предоставляет управляемую мощность конденсатору емкостью 1000 мкФ и транзисторному ключу (PASS TRANSISTOR) терморегулятора.

1.18. Нагреватель с фазовым регулированием и без электромагнитных помех

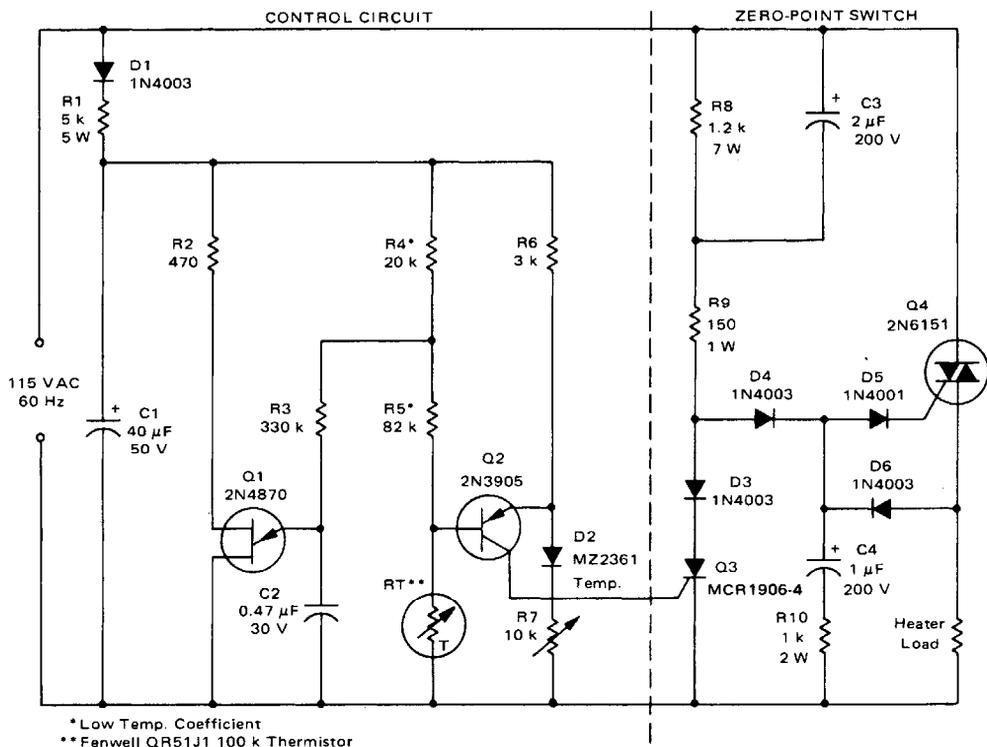


Рис. 1.18

Схема переключателя, срабатывающего при проходе напряжения сети через нуль (ZERO-POINT SWITCH) (рис. 1.18), устраняет электромагнитные помехи, которые возникают при фазовом управлении нагрузкой. Для точного регулирования температуры электронагревательного прибора используется пропорциональное включение/выключение семистора. Схема, справа от штриховой линии, представляет собой переключатель, срабатывающий при проходе через нуль питающего напряжения, который включает симистор почти непосредственно после прохода через нуль каждой полуволны напряжения сети. Сопротивление резистора R7 устанавливается таким, чтобы измерительный мост в регуляторе был уравновешен для желаемой температуры. Если температура превышена, то сопротивление позистора RT уменьшается и открывается транзистор Q2, который включает управляющий электрод тиристора Q3. Тиристор Q3 включается и замыкает накоротко сигнал управляющего электрода симистора Q4 и нагрузка отключается. Если температура понижается, то транзистор Q2 закрывается, тиристор Q3 отключается, а к нагрузке поступает полная мощность. Пропорционального управления достигают подачей пилообразного напряжения, формируемого транзистором Q1, через резистор R3 на цепь измерительного моста, причем период пилообразного сигнала — это сразу 12 циклов частоты сети. От 1 до 12 этих циклов могут вставляться в нагрузку и, таким образом, мощность может модулироваться от 0—100 % с шагом 8 %.

1.19. Датчик для тепловых циклов

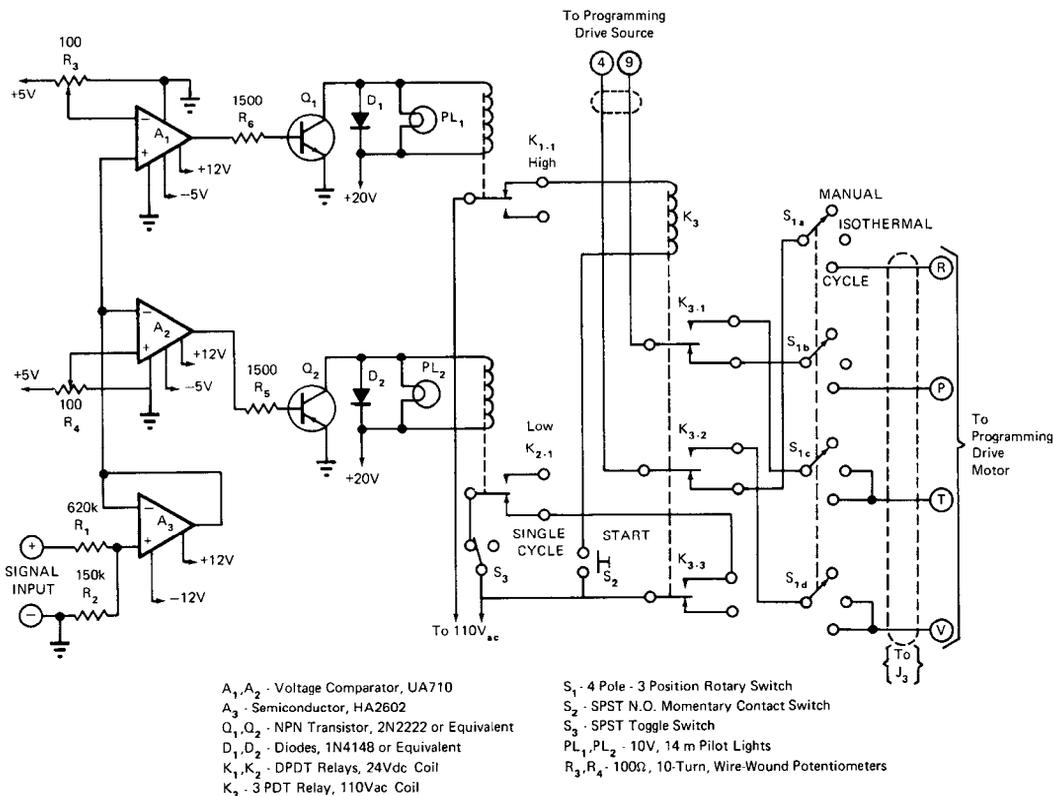
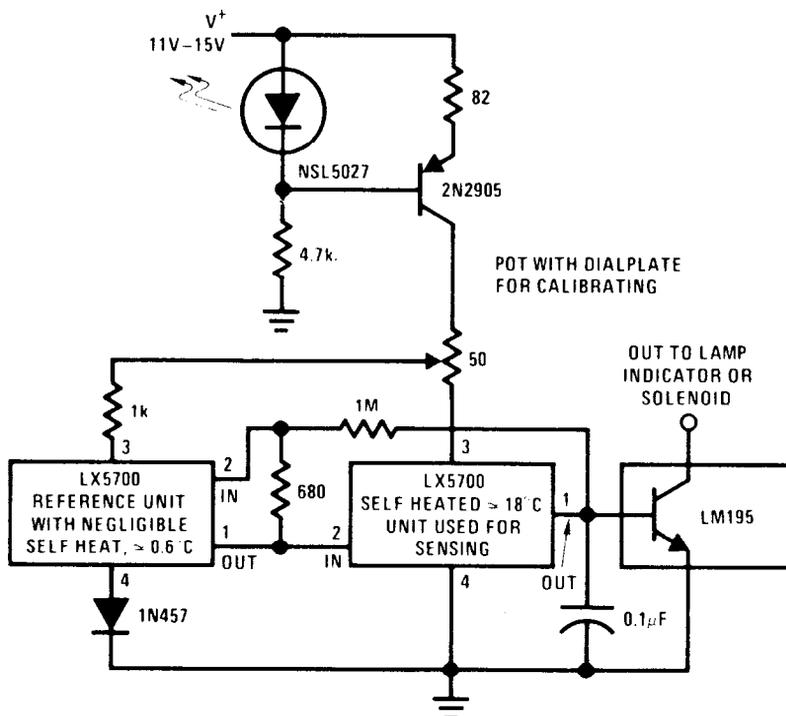


Рис. 1.19

Схема устройства (рис. 1.19) позволяет оператору устанавливать верхние и нижние границы температуры для регулятора, что бывает необходимо при продолжительных тепловых испытаниях свойств материала. Конструкция переключателя дает возможность для выбора способов управления: от ручного до полностью автоматизированных циклов. С помощью контактов реле K_3 управляют двигателем. Когда реле включено, двигатель вращается в прямом направлении с целью повышения температуры. Для понижения температуры направление вращения двигателя меняется на противоположное. Условие переключения реле K_3 зависит от того, какое из ограничительных реле было включено последним, K_1 или K_2 . Схема управления проверяет выход программатора температуры. Этот входной сигнал постоянного тока будет уменьшен резисторами R_1 и R_2 максимально на 5 В и усилен повторителем напряжения A_3 . Сигнал сравнивается в компараторах напряжения A_1 и A_2 с непрерывно изменяющимся эталонным напряжением от 0 до 5 В. Пороги компараторов предварительно устанавливаются 10-оборотными потенциометрами R_3 и R_4 . Транзистор Q_1 закрыт, если сигнал на входе ниже опорного сигнала. Если входной сигнал превосходит опорный сигнал, то транзистор Q_1 отщелкивается и возбуждает катушку реле K_1 верхнего предельного значения.

1.20. Детектор разницы температур



Output "OFF" if sensing unit becomes hot, i.e., out of liquid or airstream.
Reference unit is 1 inch from the sensing unit in airstreams, and below the sensor in liquid sensing systems.

Рис. 1.20

Пара преобразователей температуры LX5700 от фирмы National (рис. 1.20) выдает выходное напряжение, которое пропорционально разнице температуры между обоими преобразователями и используется для измерения градиента температуры в таких процессах, как, например, распознавание отказа вентилятора охлаждения, распознавание движения охлаждающего масла, а также для наблюдения за другими явлениями в охлаждающих системах. С измерительным преобразователем, находящимся в горячей среде (вне охлаждающей жидкости или в покоящемся воздухе более 2 мин), 50-омный потенциометр должен устанавливаться таким образом, чтобы выход выключался. Тогда как с преобразователем в прохладной среде (в жидкости или в подвижном воздухе продолжительностью 30 сек) должно находиться положение, при котором выход включается. Эти установки перекрываются между собой, но окончательная установка между тем дает в итоге достаточно стабильный режим.

1.21. Регулятор температуры нагревателя печи с точностью до $0,000033\text{ }^{\circ}\text{C}$

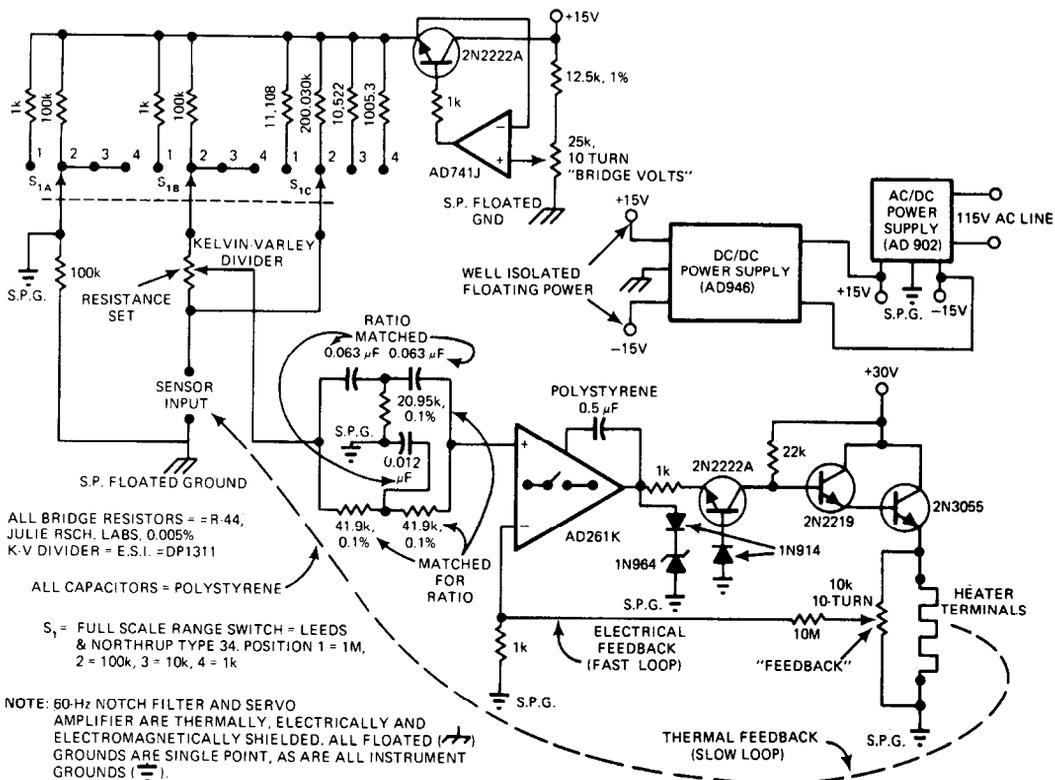


Рис. 1.21

В схеме (рис. 1.21) используется высокоскоростной изолированный усилитель AD261K для высокоточного регулирования температуры лабораторной печи. Многодиапазонный мост содержит датчики с сопротивлением от 10 Ом до 1 мОм с делителями Кельвина—Варлея (Kelvin-Varley), которые используются для предварительного выбора точки управления. Выбор точки правления осуществляется с помощью переключателя на 4 положения. Для питания моста допускается применение неинвертирующего стабилизируемого усилителя AD741J, не допускающего синфазной погрешности напряжения. Пассивный фильтр на 60 Гц подавляет помехи на входе усилителя AD261K, который питает транзистор 2N2222A. Далее питание поступает на пару Дарлингтона и подводится 30 В к нагревательному элементу.

1.22. Регулятор, использующий измерительный мост с позистором

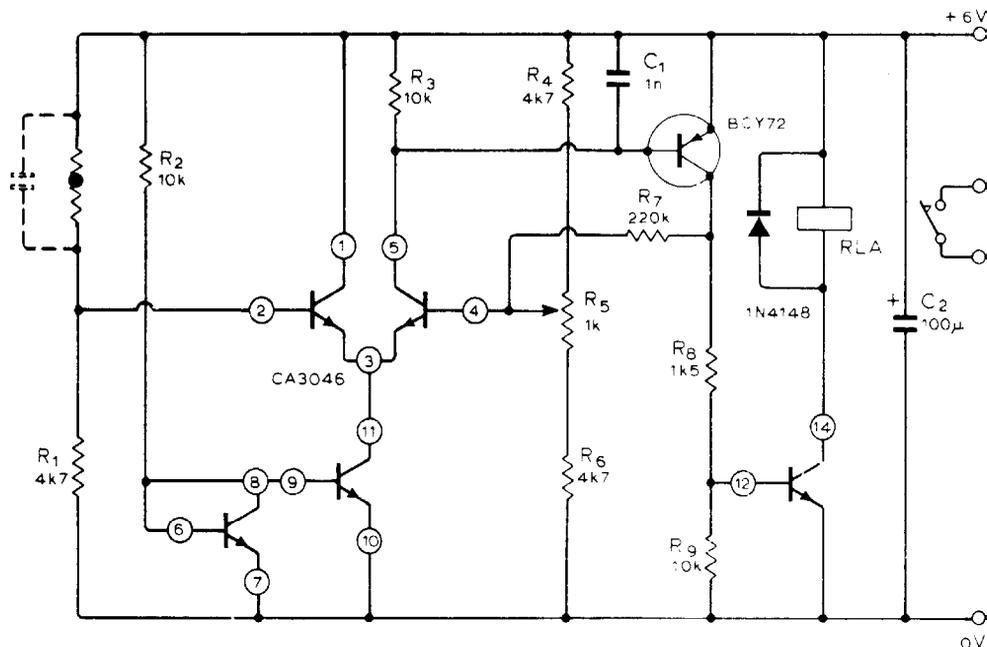


Рис. 1.22

Измерительный мост (рис. 1.22) образуется позистором (резистором с положительным температурным коэффициентом) и резисторами R_1 , R_4 , R_5 , R_6 . Сигнал, снимаемый с моста, усиливается микросхемой CA3046, которая в одном корпусе содержит 2 спаренных транзистора и один отдельный выходной транзистор. Положительная обратная связь через резистор R_7 предотвращает пульсации, если достигнута точка переключения. Резистором R_5 устанавливается точная температура переключения. Если температура опускается ниже установленного значения, то реле RLA включается. Для противоположной функции должны меняться местами только позистор и R_1 . Значение резистора R_1 выбирается так, чтобы приблизительно достичь желаемой точки регулировки.

1.23. Опережающий регулятор

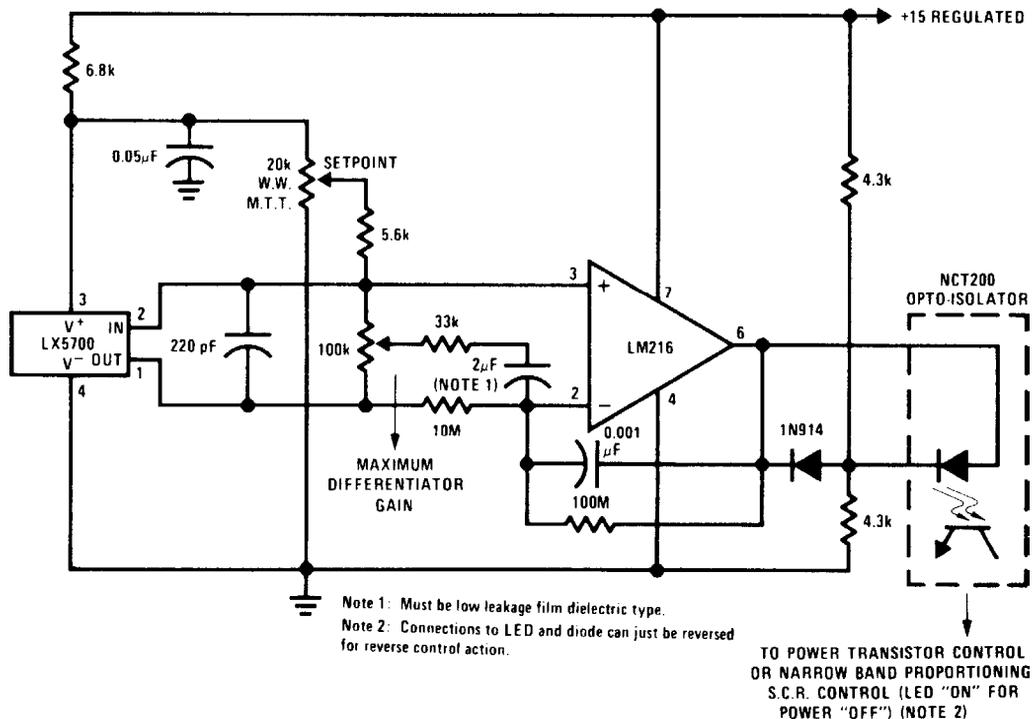


Рис. 1.23

Схема регулятора (рис. 1.23) добавляет множество стадий опережающего сигнала к нормально усиленному выходу температурного датчика LX5700 от фирмы National, чтобы, по меньшей мере, частично компенсировать измерительные задержки. Коэффициент усиления по постоянному напряжению операционного усилителя LM216 будет установлен на значение, равное 10, с помощью резисторов с сопротивлением 10 и 100 мОм, что дает в итоге 1 В/°С на выходе операционного усилителя. Выход операционного усилителя активирует оптрон, который управляет обычным терморегулятором.

1.24. Коррекция перегрузки

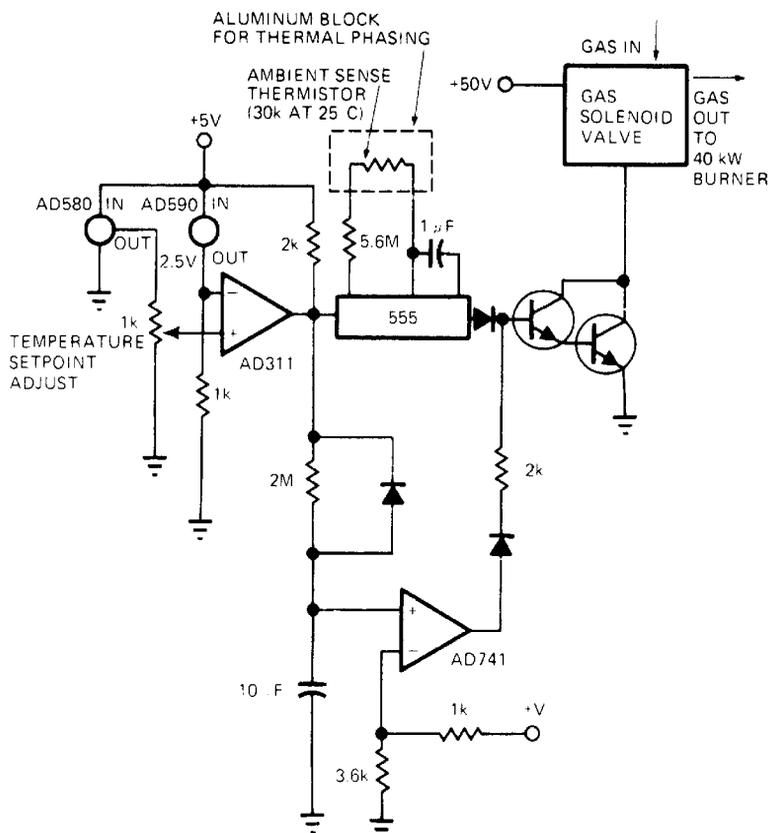


Рис. 1.24

Схема (рис. 1.24) используется для регулирования температуры в установке промышленного отопления, работающей на газе и обладающей высокой тепловой мощностью. Когда операционный усилитель-компаратор AD311 переключается при требуемой температуре, то запускается мультивибратор 555, выходной сигнал которого открывает транзисторный ключ, а следовательно, включает газовый вентиль и зажигает горелку отопительной системы. По истечении одиночного импульса горелка выключается, несмотря на состояние выхода операционного усилителя. Постоянная времени таймера 555 компенсирует задержки в системе, при которой нагрев выключается, прежде чем датчик AD590 достигает точки переключения. Позистор, включенный во времязадающую цепь мультивибратора 555, компенсирует изменения постоянной времени таймера из-за изменений температуры окружающей среды. При включении питания во время процесса запуска системы сигнал, формируемый операционным усилителем AD741, минует таймер и включает нагрев отопительной системы, при этом схема имеет одно устойчивое состояние.

1.25. Термостат для кварцевого резонатора

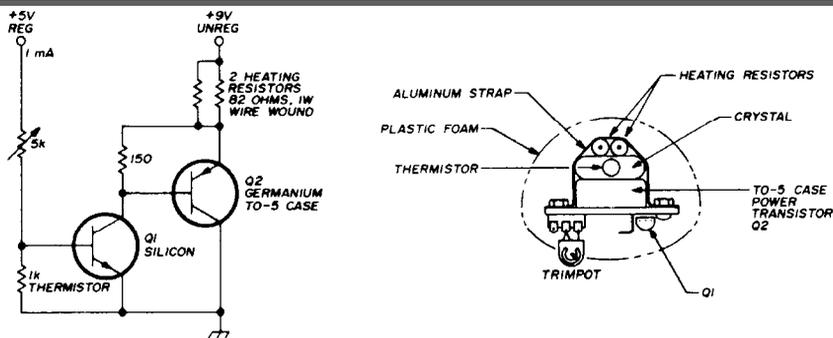


Рис. 1.25

Все компоненты терморегулятора находятся на корпусе кварцевого резонатора (рис. 1.25), таким образом, максимальная рассеиваемая мощность резисторов 2 Вт служит для того, чтобы поддерживать температуру в кварце. Позистор имеет при комнатной температуре сопротивление около 1 кОм. Типы транзистора не критичны, но должны иметь низкие токи утечки. Ток позистора примерно от 1 мА должен быть гораздо больше, чем ток базы 0,1 мА транзистора Q1. Если в качестве Q2 выбрать кремниевый транзистор, то нужно повысить 150-омное сопротивление до 680 Ом.

1.26. Регулятор с компаратором на операционном усилителе с точностью до 0,01 °C

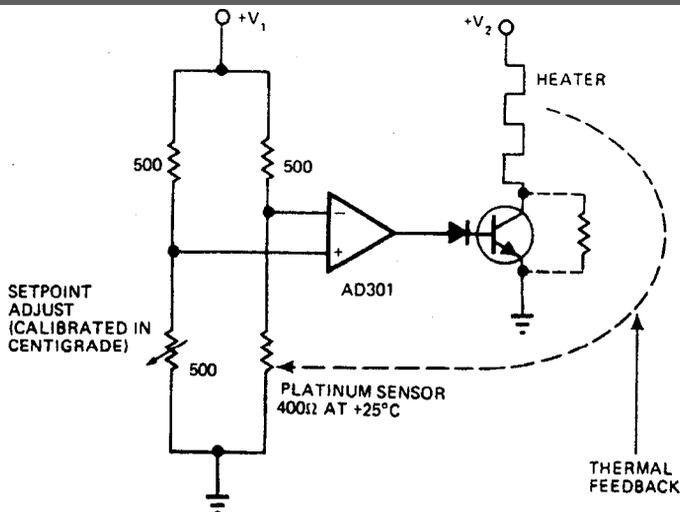


Рис. 1.26

В мостовой схеме регулятора (рис. 1.26) используется платиновый датчик. Сигнал с моста снимается операционным усилителем AD301, который включен как дифференциальный усилитель-компаратор. В холодном состоянии сопротивление датчика менее 500 Ом, при этом выход операционного усилителя приходит в насыщение и дает положительный сигнал на выходе, который открывает мощный транзистор и нагревательный элемент начинает греться. По мере нагревания элемента растет и сопротивление датчика, которое возвращает мост в состояние уравнивания, и нагрев выключается.

