

经典 电子电路

200 例

常见电子电路

速查、速学、速用



化学工业出版社

详解

付少波 何惠英 主编

经典 电子电路 200 例

XIANGJIE
JINGDIAN
DIANZIDIANLU 200LI



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

详解经典电子电路 200 例/付少波, 何惠英主编.
北京: 化学工业出版社, 2016. 6
ISBN 978-7-122-26570-8

I. ①详… II. ①付…②何… III. ①电子电路-
基本知识 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 057389 号

责任编辑: 卢小林
责任校对: 边 涛

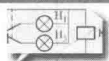
文字编辑: 张绪瑞
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 三河市延风印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 12 字数 309 千字 2016 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究



前言

随着电子技术的迅猛发展,各种电子设备在社会生产和人们日常生活的各个领域得到了广泛应用。为满足电工电子技术人员学习、工作需要,编者从实用的角度出发,根据目前人们在生产、生活、办公等不同场所所使用的电子设备,从现场收集、参考相关文献编写成本书。书中的精选电路、器件参数准确,调试方法得当,并给出了电路原理图与参数,对其性能特点和应用范围都进行了说明,非常适合广大电子技术工作者和电子设备维护人员使用。

全书共分为8章。第1章讲述控制功能电路,主要包括灯光控制电路、温度控制电路、湿度控制电路、开关控制电路及电机转速控制电路等;第2章讲述转换功能电路,包括频率/电压、电压/频率、电流/电压、频率/电压、压力/频率、电流/频率等各种转换电路;第3章讲述放大功能电路,包括可变增益放大器、功率放大器、差动放大器、隔离放大器、电流放大器等;第4章讲述充电功能电路,主要包括锂离子电池充电器、镍镉电池充电器、铅酸蓄电池充电器、手机充电器、太阳能充电器、电动车电池充电器等;第5章讲述定时功能电路,主要包括基本定时电路、长时间定时电路和延时电路等;第6章讲述电源功能电路,主要包括稳定电源实用电路、变换器电路等;第7章讲述报警功能电路,主要包括常用的烟雾报警电路、有害气体报警电路、声光报警电路、防盗报警电路等;第8章讲述传感功能电路,主要包括热电传感器、力敏传感器、磁敏传感器、霍尔传感器等。

本书由付少波、何惠英任主编,李良洪、俞妍任副主编,参加编写工作的还有范毅军、赵玲、胡云朋、张森、李纪红、马博韬、赵建辉。全书由付兰芳、陈影主审。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,在此敬请广大读者批评指正。

编 者

第1章 控制功能电路

1.1 热敏电阻构成的电加热器温度自动控制电路	1	1.27 采用 TC631 的风扇转速控制电路 ...	19
1.2 由 NE555 构成的电热毯控制电路	1	1.28 由 555 时基集成电路构成的小型直流电动机稳速电路	20
1.3 晶体调整管构成的恒温电热毯电路 ...	2	1.29 由 NE555 构成的小型直流电动机的转速控制电路	21
1.4 由集成电路 CD4013 构成的电开水器自动控制电路	2	1.30 由 CS4124 构成的直流电动机 PWM 控制器	21
1.5 采用 555 时基电路的高精度温控电路	3	1.31 由 CD4016B 构成的直流电动机转速控制电路	22
1.6 采用热敏电阻的运算放大器温控电路	4	1.32 由 CC40106 构成的光控窗帘电路 ...	23
1.7 采用 TWH8751 电子开关的温度控制器电路	4	1.33 由 555 时基集成电路构成的电动窗帘控制器电路	25
1.8 采用 TWH8778 电子开关的温度控制器电路	6	1.34 楼梯灯控制电路	26
1.9 由 μ A741 构成的孵蛋箱温度自动控制器电路	7	1.35 电灯多地控制线路	26
1.10 由 LM324 构成的温度控制器电路	7	1.36 由 555 时基电路构成的多地控制开关电路	27
1.11 家用恒温箱控制电路	8	1.37 由 555 时基电路构成的多功能节电自动开关电路	27
1.12 由 μ PC616 温度传感器构成的温度控制电路	9	1.38 用两只双联开关在两地控制一盏灯电路	28
1.13 由 PN 结二极管传感器构成的温度控制电路	10	1.39 光控夜灯控制电路	29
1.14 超温监测自动控制电路	10	1.40 吊灯控制电路	29
1.15 由 PN 结二极管传感器构成的感温开关电路	11	1.41 两只单联开关控制两盏灯电路 ...	31
1.16 由热敏电阻构成的淋浴器加热控制电路	12	1.42 楼房走廊照明灯自动延时关灯电路	31
1.17 由热敏电阻构成的温度自动控制电加热器	12	1.43 交通警示灯控制电路	32
1.18 数显恒温控制器电路	13	1.44 触摸式照明灯自动延时关灯电路	32
1.19 采用分立元件构成的温度控制器电路	14	1.45 触摸式调光灯控制电路	33
1.20 燃气热水器中脉冲点火控制器电路	14	1.46 触摸式分挡调光灯控制电路	34
1.21 仓储湿度控制电路	15	1.47 微波传感照明灯自动控制电路 ...	35
1.22 房间湿度控制器电路	16	1.48 人体探测自动门控制电路	36
1.23 湿度测量自动浇花器电路	16	1.49 电话来电自动延时灯控制电路 ...	37
1.24 汽车后窗玻璃自动去湿装置	17	1.50 采用 LM324 构成的水位控制器电路	37
1.25 由湿敏传感器 KSC-6V 构成的湿度控制电路	18	1.51 采用 555 集成电路构成的水位自动控制电路	39
1.26 自动除湿控制电路	19	1.52 采用 CD4069 的水位自动控制器电路	39
		1.53 触摸式水龙头节水开关电路	40
		1.54 无塔增压供水自动控制电路	41
		1.55 由液面专用检测电路 SL2429A 构成的水位控制电路	41

第2章 转换功能电路

2.1	555 构成的低转换系数电压/频率转换器	43
2.2	由 74HC74 构成的电压/频率转换电路	43
2.3	由单片集成电路 AD650 构成的电压/频率转换电路	44
2.4	由 555 构成的线性电压/频率转换电路	45
2.5	由 555 时基集成电路和集成运放 F007 构成的电压/频率电路	45
2.6	由 μ PC811 构成的电压/频率转换电路	46
2.7	由 555 构成的电压/频率转换电路	47
2.8	大电流-电压变换电路	47
2.9	电压/周期转换电路	48
2.10	由模拟开关 HCT4053 构成的频率/电压(周期)转换电路	48
2.11	由 LM35D 构成的温度/频率转换电路	49
2.12	由 AD590 构成的绝对温度和摄氏温度转换电路	50
2.13	K 型热电偶温度转换电路	51
2.14	由 555 构成的温度/脉宽转换电路	52
2.15	压力-4~20mA 电流变送器	52
2.16	由 LTC1043 构成的频率/电压转换电路	53
2.17	RS-232/RS-485 转换电路	53
2.18	压力/频率转换电路	54
2.19	微小电流/电压转换电路	55
2.20	高精度温度/频率转换电路	56
2.21	电阻/电压转换电路	57
2.22	由 μ PC157 构成的电压/频率转换电路	57
2.23	由运放构成的简单电流/电压转换电路	58
2.24	采用开关电容的湿度/电压转换电路	58
2.25	由 555 构成的电流/频率转换电路	59
2.26	由 LM331H 构成的电压/频率转换电路	60

2.27	集成 LMx31U/f 转换器电路	60
2.28	采用 AD536A 的有效值/直流转换电路	62
2.29	高精度线性电压/频率转换电路	63
2.30	高精度 U-I 变换电路	64

第3章 放大功能电路

3.1	光敏信号放大电路	66
3.2	三运放构成的仪表放大电路	66
3.3	铂电阻测温放大电路	67
3.4	高精度压力放大电路	67
3.5	光传感器的驱动与放大电路	69
3.6	可编程增益放大器	69
3.7	光电二极管隔离放大电路	71
3.8	光电二极管的充电泵放大器电路	71
3.9	互补式光电耦合隔离放大器	73
3.10	双电源供电交流电压放大电路	73
3.11	单电源供电交流电压放大电路	74
3.12	电荷放大器	75
3.13	增益可变高性能放大器 INA111	77
3.14	由 INA106 构成的增益及共模抑制比可调的差动放大器	77
3.15	自动稳零放大电路	78
3.16	MAX2602 构成的射频功率放大器	79
3.17	实用 OTL 功率放大电路	79
3.18	集成 BTL 功率放大电路	80
3.19	电流放大电路	80
3.20	差分放大器限幅电路	81

第4章 充电功能电路

4.1	48V 电动车电池充电电路	82
4.2	镍镉电池的充放电电路	84
4.3	由 555 时基集成电路构成的不间断供电的自动恒流充电电路	84
4.4	定时器 555 构成的镍镉镍氢电池快速充电电路	85
4.5	实用手机充电器电路	86
4.6	可调型蓄电池充电电路	87
4.7	由 TWH9312 构成的密封式铅酸蓄电池充电电路	88
4.8	蓄电池双状态充电电路	88
4.9	采用时基集成电路 CA555 构成的限	

流自停式充电电路	90
4.10 LM324 运算放大器构成的先放后 充功能的镍镉电池充电器	90
4.11 LM3420 构成的恒压恒流锂电池充电 电路	91
4.12 采用 LM358 运算放大器的镍镉电池充 电器电路	91
4.13 锂离子电池充电器电路	93
4.14 采用双向晶闸管的无极性电池充电 电路	93
4.15 采用 555 时基集成电路的镍镉电池快 速充电器电路	94
4.16 采用 555 时基集成电路的脉冲式镍镉 电池充电器电路	94
4.17 采用 555 时基集成电路的自动充电器 电路	95
4.18 多功能充电器电路	96
4.19 能自动断电的充电器电路	97
4.20 太阳能充电器电路	98

第 5 章 定时功能电路

5.1 采用 CD4528 时间限制器电路	99
5.2 采用 555 时基集成电路的定时控制 电路	100
5.3 9 挡定时呼叫器电路	101
5.4 简易延时定时电路	101
5.5 由晶体管构成的延时释放电路	102
5.6 由 CD4017 集成电路构成的声、光双控 延时照明灯应用电路	103
5.7 由 NE555 构成的循环定时控制器电路	104
5.8 由 C4060 集成电路构成的自动循环定 时器电路	104
5.9 由 555 时基电路构成的延时可调电路	105
5.10 由 CD4017 集成电路构成的多功能定 时控制器电路	106
5.11 由 555 构成的限时声光报警器电路	108
5.12 30s 定时器	108
5.13 由 CD4040 构成的汉语报时电路	109
5.14 简易单片定时报警电路	110
5.15 由计数器 CC40161 构成的延时控制 楼道照明灯电路	110
5.16 触摸式延时照明灯电路	111
5.17 由 555 时基电路组成的两级定时器 电路	112
5.18 由 555 定时器组成的定时插座	112
5.19 由 CD4541B 组成的延时开关电路	113
5.20 渐亮延时灯控制电路	114

第 6 章 电源功能电路

6.1 二倍压整流电路	116
6.2 输出 $\pm 5V$ 电压的直流稳压电源	116
6.3 可调直流稳压电源电路	117
6.4 直流 24V-直流 12V 降压开关电源 电路	118
6.5 固定直流稳压电源电路	118
6.6 开关直流稳压电源电路	119
6.7 可输出对称电压的电源电路	120
6.8 采用集成控制器的开关直流稳压 电源	120
6.9 小型正负双电源发生器	121
6.10 5V/12V 升压电源电路	122
6.11 由 CD40193 构成的数控直流稳压 电源	123
6.12 30V/3A 线性稳压电源电路	124
6.13 由开关电路 MC44608P40 构成的电源 电路	127
6.14 LM317/LM337 可调三端集成稳压器 电路	129
6.15 由 TL431 构成的稳压电源电路	129
6.16 由 LM723 构成的高压直流稳压电源	130
6.17 晶体管构成的降压型稳压电路	131
6.18 无变压器直流/直流正电压输出电路	132
6.19 串联调整型稳压电路	132
6.20 555 时基调整电压输出稳压电路	133
6.21 脉冲可调的开关稳压装置电路	134
6.22 采用 LM317 三端稳压器的可调直流 稳压电源电路	135
6.23 倍压升压电源变换器电路	136
6.24 多路输出稳压电源电路	136
6.25 逆变电源电路	137

6.26	交流稳压器电路	138
6.27	由 CD4047 构成的不间断电源电路	139
6.28	由 CA3524 集成电路构成的不间断电源(UPS)电路	141
6.29	采用 CD4069 的市电过、欠压自动保护器电路	142
6.30	由 CD4093 集成电路构成的可输出安培级电流的升压电路	142

第7章 报警功能电路

7.1	可燃气体报警电路	144
7.2	一氧化碳检测报警电路	144
7.3	煤气泄漏报警器	145
7.4	有毒有害气体报警器电路	146
7.5	烧煤居室一氧化碳超标自动排气伴语言告诫电路	147
7.6	便携式瓦斯报警器	147
7.7	家用有毒气体报警器	148
7.8	由 HQ-2 构成的烟雾报警电路	148
7.9	采用 555 时基集成电路的火灾报警器电路	149
7.10	采用 TWH8778 功率开关集成电路的火灾烟雾报警器电路	150
7.11	采用热敏电阻的温度上下限报警器电路	151
7.12	采用热敏电阻的双向超温报警控制器电路	151
7.13	多点温度上限声光报警电路	152
7.14	热释电红外线传感器报警电路	153
7.15	人体红外报警器	154
7.16	人体红外传感防盗看门狗电路	155
7.17	由多功能集成门电路 CC4572B 构成的停电/来电报警电路	155
7.18	智能接触式门锁防盗报警器电路	156
7.19	红外监控无线报警电路	157
7.20	由 LM3914 集成电路构成的汽车油量监测报警器电路	159
7.21	由 LQ46 构成的汽车多功能报警器电路	160
7.22	采用 CC4081 组成的摩托车防盗报警器电路	161

7.23	由微波传感器 RD627 构成的微波防盗报警电路	161
7.24	由微波传感器 RD627B 构成的微波报警电路	162
7.25	由微波传感器 RD627 构成的防盗语音报警电路	162
7.26	禁止吸烟警示器电路	163
7.27	HTS 火灾报警器电路	164
7.28	停电报警器电路	164
7.29	防触电报警器电路	165
7.30	停电、来电报警器电路	165

第8章 传感功能电路

8.1	铂电阻线性测温电路	167
8.2	三线式铂电阻测温电路	167
8.3	电桥湿度测量电路	168
8.4	由 HS15 湿敏传感器构成的电压输出式湿度检测电路	169
8.5	由 LM334 构成的温度测量电路	169
8.6	双路输出的 J 型热电偶测温电路	170
8.7	K 型热电偶数字温度仪测量电路	171
8.8	由磁敏二极管构成的全桥式磁场探测电路	172
8.9	由磁敏电阻构成的微弱信号放大器电路	173
8.10	相对湿度计电路	173
8.11	K 型热电偶温度转换电路	174
8.12	数字计数电路	175
8.13	力敏传感器 4~20mA 电流环传送电路	176
8.14	力敏传感器恒压驱动电路	176
8.15	由 INA114 构成的增益可调压力检测电路	178
8.16	由四运放构成的恒流驱动式压力传感器放大电路(一)	178
8.17	由四运放构成的恒流驱动式压力传感器放大电路(二)	179
8.18	超声波传感器接收放大电路	180
8.19	超声波发送与接收电路	181
8.20	霍尔式传感器直流(交流)放大电路	181

参考文献

图 1-2 由 555 时基集成电路构成的电热毯控制电路

2 脚电平小于 $V_F/2$ 。此时 555 时基集成电路置位, 3 脚输出高电平, LED₂ 发光指示, 同时晶闸管 VTH 导通, 使插在 X 里的电热毯通电加热。被褥里温度开始升高, VT 的穿透电流也随之增大, 使 2、6 脚电位均开始上升, 当 2 脚电平大于 $V_F/2$, 6 脚电平大于 V_F 时, 555 时基集成电路复位, 3 脚跳变为低电平, LED₂ 熄灭, VTH 关断, 电热毯断电。此时, LED₁ 发光指示。然后, 温度开始下降, VT 的穿透电流减小, 使得 2 脚电位开始下降, 当 2 脚电平小于 $V_F/2$ 时, 电路又翻转置位, 使电热毯重新通电加热, 如此反复可使被褥里的温度保持恒定。

1.3 晶体调整管构成的恒温电热毯电路

图 1-3 所示为电热毯可调恒温控制电路。220V 交流电经电阻 R_1 、电容 C_1 降压, 再由 VD₁ ~ VD₄ 整流, 电容器 C_2 滤波, 晶体管 VT₁ 基极偏流由电阻 R_2 提供, 经 VDW₁、电容 C_4 稳压后得到 12V 稳定直流电压。晶体管 VT₁ 处于导通状态。电位器 RP_1 、 RP_2 , 电阻 R_4 、 R_5 、 R_7 , 脉冲变压器 T、电容 C_5 、VT₂ 共同组成张弛振荡器, 为双向晶闸管 VS 提供控制极触发电压, VS 导通, 电热毯通电加热。

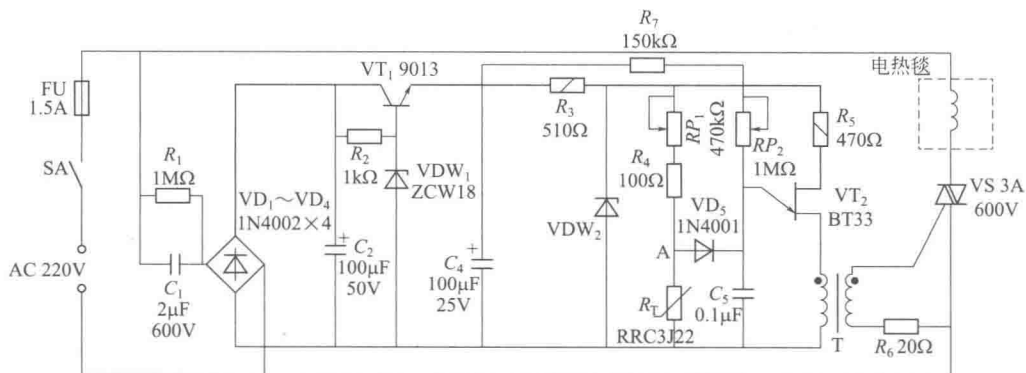


图 1-3 晶体调整管构成的恒温电热毯电路

晶体管 VT₁ 作放大管使用, 作为一个调整管, 相当于一个可变电阻器, 在晶体管 VT₁ 上有较大的电压降, 至少有 2.5V 左右。调节电位器 RP_1 、 RP_2 即可调节电热毯的加热温度。当电热毯温度较高时, R_T 阻值较小, A 点电位下降, 电容 C_5 上的电压值需要较长时间达到设定值, VT₂ 延迟振荡, 使 VS 的导通角后移, 通过电热毯的电流减小, 从而改变了电热毯的温度; 当电热毯温度较低时, R_T 阻值变大, 使 VS 的导通角前移, 经过电热毯的电流增大, 使温度上升。VT₂ 为单结晶体管, 它通常与电容、电阻构成张弛振荡器, 产生尖脉冲。

改变 VT₁ 的导通电阻, 改变 VT₁ 发射极输出电流的大小, 进而改变双向晶闸管 VS 的导通角, 改变电热毯的通电电流, 从而控制电热毯的温度变化。

1.4 由集成电路 CD4013 构成的电开水器自动控制电路

图 1-4 所示电路是由集成电路 CD4013 构成的电开水器自动控制电路, 该电路属于定点控制, 可以控制对水的加热和保温。

电路中, LM358 (IC1) 是一块双运放集成电路, 本电路中仅使用了其中一只; CD4013 (IC2) 是一块双 D 触发器; KA 是一只 12V 直流继电器, KA-1 和 KA-2 为两组常

开触点，一组控制电热板的供电，另一组控制 IC2-2 触发器；VT₁ 为驱动三极管。

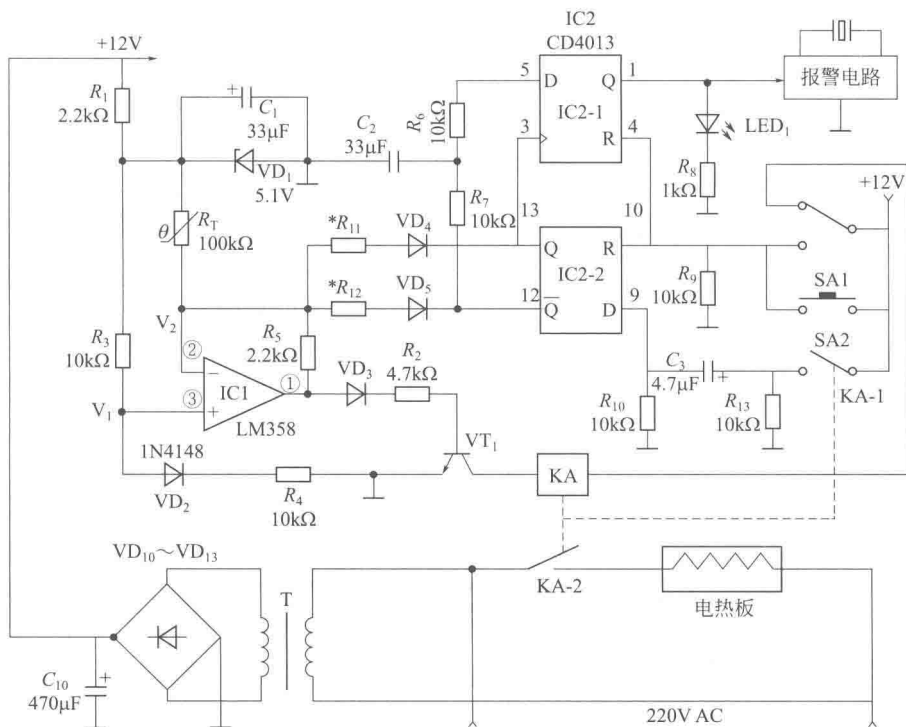


图 1-4 由集成电路 CD4013 构成的电开水器自动控制电路

热敏电阻 R_T 与 IC1 等组成温度检测电路。12V 电压经 R_1 限流后，一路经电容 C_1 去耦，VD₁ 稳压后得到 5V 直流电压；一路经 R_3 、VD₂、 R_4 分压后加至 IC1 的信号输入端 3 脚，IC1 的 2 脚电位会随着 R_T 阻值的变化而变化。

当水加热时，合上电源开关后，在装有一定容量的水的情况下，开合加水盖或按加热盖按钮后，都可以进入加热工作状态。由于水的温度较低， R_T 的阻值较大，因此 IC1 的 3 脚电压高于 2 脚电压，其 1 脚输出高电平，经 VD₃、 R_2 后使 VT₁ 导通，KA 得电吸合，其两组常开触点 KA-1 和 KA-2 均闭合，使电热板得电工作。与此同时，IC1 的 1 脚输出高电平，经 R_{11} 、VD₄ 加至 IC2-1 的 3 脚，使 IC2-1 的 1 脚输出为低电平，发光二极管 LED₁ 及报警电路都不工作。

随着水温的升高，当水温达到 100℃（水温控点）时，由于 R_T 的阻值变小使 IC1 的 3 脚电压低于 2 脚电压，故 IC1 的 1 脚输出为低电平，该信号一方面使 VT₁ 截止，KA 继电器断电释放，使电路板断电停止加热并利用电热板的余温进行保温；另一方面使 VD₄ 截止，IC2-1 的 1 脚输出高电平。

当 IC2-1 的 1 脚输出高电平时，一路使发光二极管 LED₁ 发光；另一路为报警电路供电，使其得电工作发出声响。

SA1 为加热/保温切换开关。当水被烧开时自动进入保温状态，保温的温控点为 80℃，一旦低于 80℃，电路又进入工作状态。

1.5 采用 555 时基电路的高精度温控电路

图 1-5 所示是采用 555 时基电路的高精度温控电路。它是利用温度-频率转换的高精度

温控电路，即将温度信号转换成频率信号，再经音频译码器后驱动电子开关控温。由于利用温度信号转换成频率信号，只要温度有一点微小的变化，就会引起频率信号发生变化，因此控温精度高。

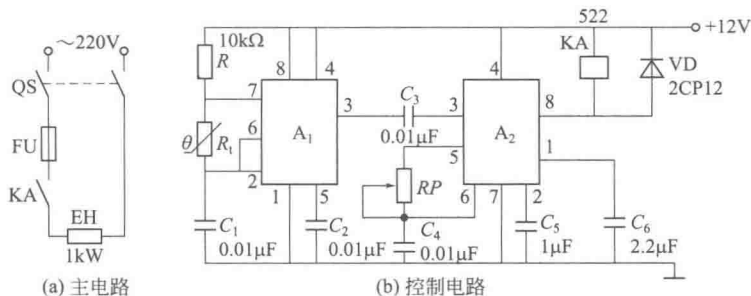


图 1-5 采用 555 时基电路的高精度温控电路

控制电路调试好后，将热敏电阻 R_t 置于温箱内，再合上主电路电源开关 QS 进行现场调试。用温度计测量温箱的温度，调节 RP ，使温箱内的温度符合设计要求。

1.6 采用热敏电阻的运算放大器温控电路

图 1-6 所示是采用热敏电阻的运算放大器温控电路。这三个电路都是利用运算放大器作为控制元件，工作原理基本相同，不同的是图 1-6 (a) 所示的电路中电源部分最简单，采用电容降压，省去了变压器；图 1-6 (b) 所示的电路中采用变压器降压；图 1-6 (c) 所示的电路中采用变压器降压及串联型稳压电源，稳压性能好。另外，图 1-6 (a) 和图 1-6 (b) 直接控制双向晶闸管给电热器加热，而图 1-6 (c) 则通过继电器 KA 再去控制加热器。

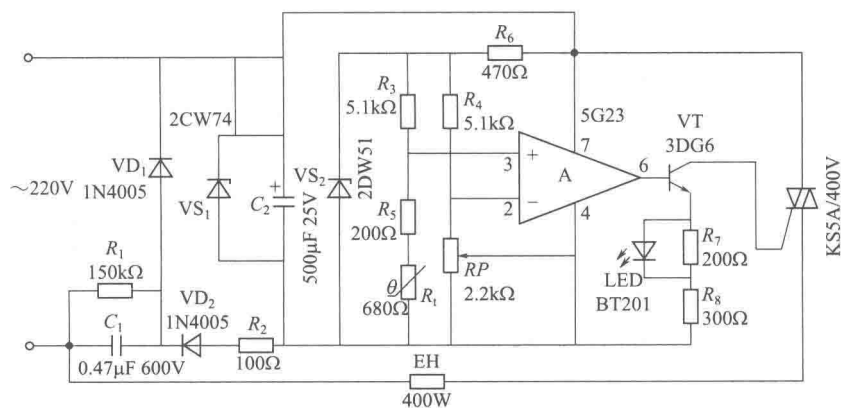
下面以图 1-6 (b) 所示的电路进行介绍。

接通电源，经变压器 T 降压、二极管 VD_1 、 VD_2 全波整流、电容 C 滤波后，提供控制电路约 9V 直流电源。发光二极管 LED_1 为运算放大器 A 提供 1.5V 基准电压，同时它也起电源指示的作用，也可用两只二极管串联代替。热敏电阻 R_t 、电阻 R_2 、电位器 RP 一起为运放 A 提供比较电压。当孵化箱内温度较低时， R_t 阻值很大，运放 A 的 2 脚电位大于 1.5V，其 6 脚输出低电平，三极管 VT 导通，双向晶闸管 V 触发导通，接通电热器 EH 加热，同时发光二极管 LED_2 亮，表示正在升温。当孵化箱内的温度达到设定值时， R_t 阻值减小到正好使 A 的 2 脚电位低于 1.5V (需调节电位器 RP 实现)，A 的 6 脚输出高电平，三极管 VT 截止，双向晶闸管 V 关断，停止加热，指示灯 LED_2 熄灭。如此反复循环，达到恒温的目的。

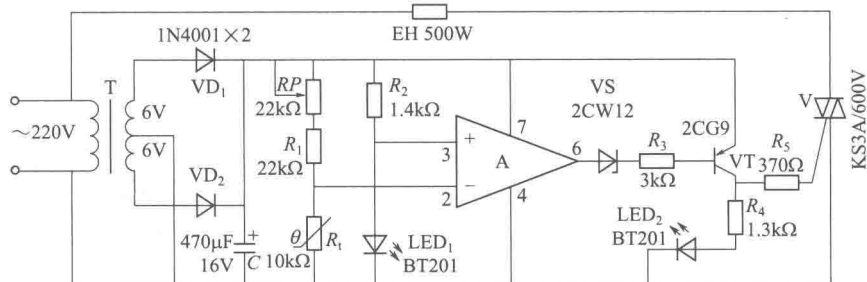
调节电位器 RP ，可使恒温点在 $26 \sim 43^\circ\text{C}$ ($\pm 1^\circ\text{C}$) 的范围内变换。对于孵化温度，应调定在 38°C 。

1.7 采用 TWH8751 电子开关的温度控制器电路

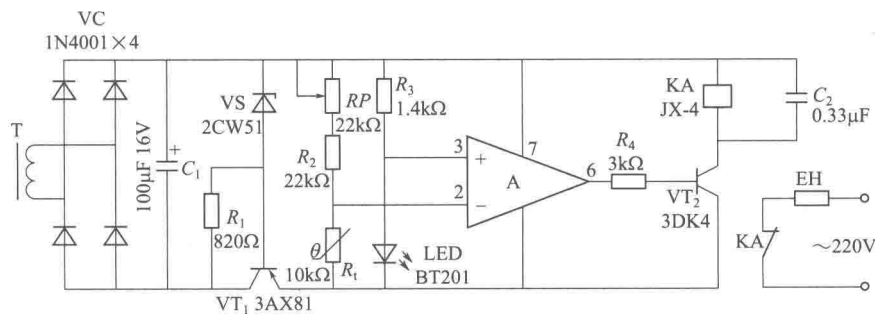
利用 TWH8751 电子开关集成电路构成的温度控制器电路如图 1-7 所示。电路中， R_1 、 C_2 、整流二极管 VD_1 、稳压二极管 VD_2 和滤波电容 C_1 组成电源电路；电子开关集成电路 TWH8751、热敏电阻 R_T 、电位器 RP 、晶体管 VT_1 、发光二极管 LED、双向晶闸管 VS 和电热器 EH 等器件组成温度检测控制电路。晶体管 VT_2 、 VT_3 和电阻 R_4 、 R_5 组成过零触发电路。



(a) 电路之一



(b) 电路之二



(c) 电路之三

图 1-6 采用热敏电阻的运算放大器温控电路

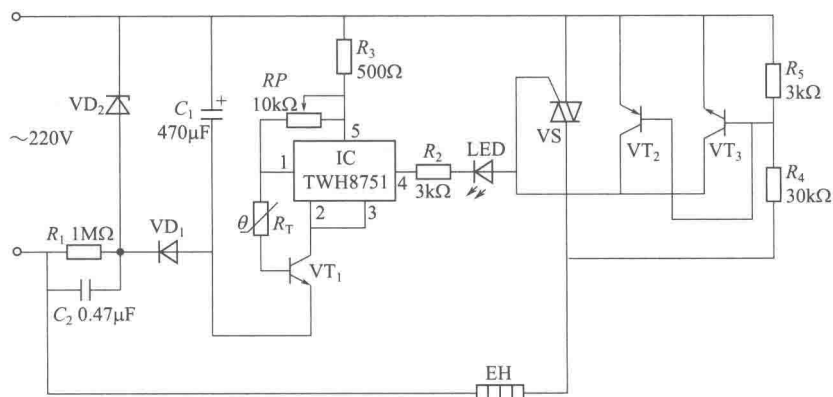


图 1-7 采用 TWH8751 电子开关的温度控制器电路

电源接通后,当热敏电阻 R_T 检测到的受控场所的环境温度低于电位器 RP 的设定温度时, TWH8751 内电路工作,使 VS 导通,电热器 EH 通电工作。 R_T 的阻值随着温度的上升而下降,当受控温度达到设定温度值时, TWH8751 内电路停止工作, VS 截止, EH 停止加热。当温度降至设定温度以下时, VS 又导通, EH 又通电工作。如此循环反复,即可使受控场所的温度恒定在设定温度值上。

VT_1 用于热敏电阻 R_T 的断路保护。当 R_T 正常工作时, VT_1 饱和导通;当 R_T 开路时, VT_1 截止, TWH8751 无法通电工作, VS 截止,切断电热器 EH 的供电回路。

VT_2 和 VT_3 在交流电源电压接近零点、VS 两个阳极之间的电压为零时截止,而在 VS 两个阳极之间的电压较高时饱和导通,禁止 VS 触发导通。

1.8 采用 TWH8778 电子开关的温度控制器电路

采用 TWH8778 大功率电子开关集成电路构成的温度控制器电路如图 1-8 所示。该电路由电源电路、温控电路和继电器控制电路三部分组成。其中电源电路由电源开关 S、交流保险 FU、电源变压器 T、整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 、滤波电容 C、限流电阻 R_1 、电源指示发光二极管 LED_1 和三端集成稳压电路 LM7812 (IC1) 组成;温控电路由 TWH8778 大功率电子开关集成电路及温度调节电位器 RP 、温度检测二极管 VD_5 等组成;继电器控制电路主要由继电器 K、保护二极管 VD_6 、发光二极管 LED_2 等元件组成。

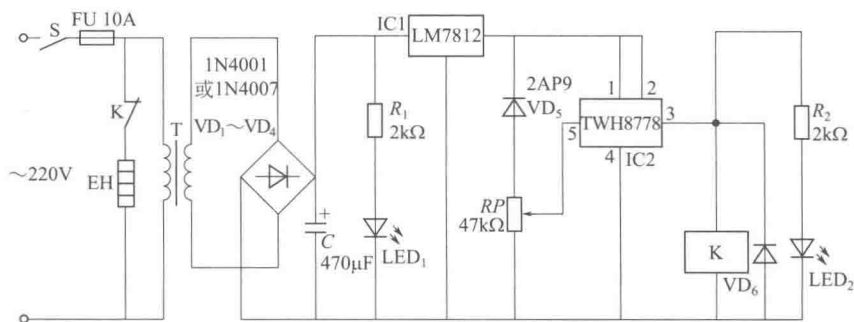


图 1-8 采用 TWH8778 电子开关的温度控制器电路

电源接通后,当环境温度较低时,温度检测二极管 VD_5 反向阻值较大, TWH8778 (IC2) 因 5 脚电压低于触发电压 (1.6V) 而截止, K 处于释放状态,其动断触头将电加热器 EH 的工作电源接通, EH 对升温物体进行加热。随着环境温度的不断上升, VD_5 的反向阻值不断减小, TWH8778 的 5 脚电压则不断上升,当温度超过设定温度时, TWH8778 内部的电子开关因 5 脚电压达到其触发电压而接通,继电器 K 吸合,其动断触头将 EH 的工作电源切断, EH 停止加热。同时,发光二极管 LED_2 点亮。

加热器 EH 停止加热后,温度开始逐渐下降, VD_5 的反向阻值也在逐渐增大,使 TWH8778 的 5 脚电压逐渐下降。当温度低于设定温度时, TWH8778 内部的电子开关又接通,使 K 释放, EH 又得电开始加热。如此循环反复,使受控场所的温度保持在设定的温度上。

该控制器采用 2AP 系列锗二极管作为温度传感器件,具有电路简单、工作稳定等特点,调节电位器 RP 的阻值可以设定控制温度,其温度调节范围在 $20 \sim 100^\circ\text{C}$,可用于禽蛋孵化、种子催芽、温室电热炉或电热水循环取暖等方面的温度控制。

1.9 由 $\mu A741$ 构成的孵蛋箱温度自动控制器电路

图 1-9 所示电路是由 $\mu A741$ 构成的孵蛋箱温度自动控制器电路。该电路可将温度控制在 $25\sim 45^{\circ}\text{C}$ ，控制精度可达 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，以适应孵蛋需要。温控器主要由电源电路、集成运放 $\mu A741$ 、时基集成电路 NE555 和晶闸管开关电路等组成。

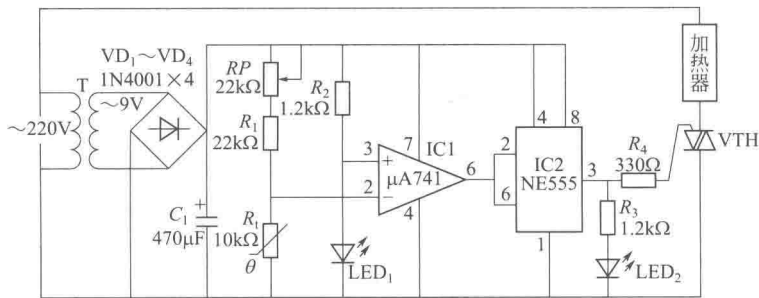


图 1-9 由 $\mu A741$ 构成的孵蛋箱自动控制器电路

电源电路经变压器 T 降压、二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 整流和电容 C_1 滤波后得到。IC1 为 $\mu A741$ 集成运放，在电路中作电压比较放大。NE555 时基集成电路 IC2 接成施密特触发器，作滞回比较器。双向晶闸管 VTH 构成加热器的电子开关，发光二极管 LED₂ 为加热器工作指示灯。

电路中， R_t 为负温度系数热敏电阻，用以感受孵化箱内的温度变化。它与电阻 RP 、 R_1 构成分压器，分压点接在 IC1 的反相输入端 2 脚上，调节 RP 可以控制温控点的高低。发光二极管 LED₁ 在电路中既充当稳压二极管又兼作电源指示灯，可为 IC1 的同相输入端 3 脚建立约 1.8V 的基准电压。当孵化箱内温度较低时， R_t 呈现阻值较大，IC1 的 2 脚电平升高，当温度低于设定值时，IC1 的 2 脚电平高于 3 脚电平，输出端 6 脚输出为低电平（要求低于 3V），所以 IC2 置位，3 脚输出为高电平，晶闸管 VTH 导通，加热器通电加热，同时 LED₂ 发光指示。随着箱内温度升高， R_t 阻值随之下降，当温度高于设定值时，IC1 的 2 脚电平低于 3 脚电平，6 脚输出为高电平（要求高于 6V），IC2 复位，3 脚恢复低电平，加热器停止加热，同时 LED₂ 熄灭。

VTH 可选用 3~5A、耐压 400V 以上的双向晶闸管。 $VD_1 \sim VD_4$ 选用 1N4001 型硅整流二极管。 RP 选用 WS 型有机实芯微调电位器。 R_t 选用 MF58 型负温度系数热敏电阻。加热器可选用 100W 白炽灯或 300~500W 的小型电炉。

1.10 由 LM324 构成的温度控制器电路

图 1-10 所示电路是一款以通用型集成运算放大器 LM324 为核心构成的新颖实用温度控制器，可完成对温度的检测、显示和恒温控制，具有精度高、造价低、体积小、使用方便等特点。该电路适用于工业生产上各类需要进行恒温控制的场合，如加热室、冷藏室等；在农业生产上可用于温床育苗和家禽孵化等场合；在家庭中可用于室温控制等。

该控制器由温度检测、温度指示、温度设定、温度比较及控制电路四部分组成，如图中虚线框内部 (1)、(2)、(3)、(4) 所示。在温度检测电路中，热敏电阻 R_t 接在由 IC1-1 组成的放大电路反馈回路中。当温度发生变化时，放大倍数也发生变化，使 IC1-1 输出端的输

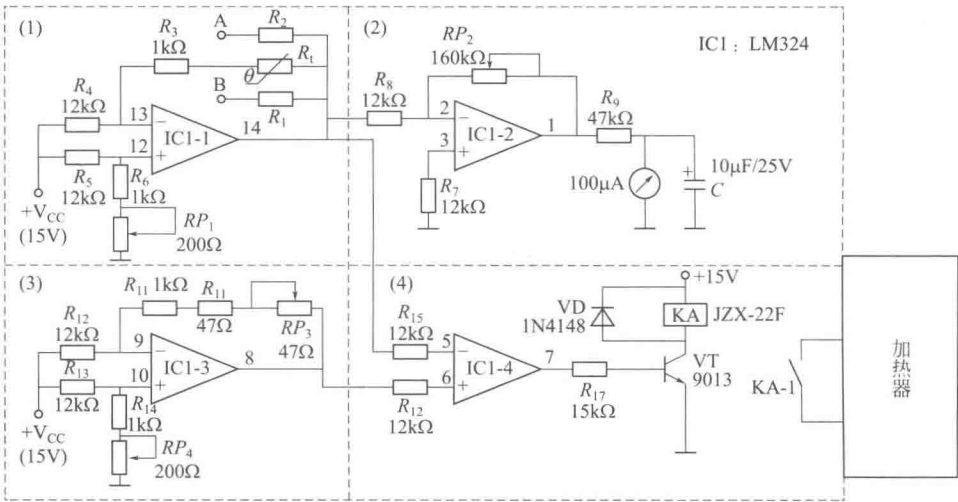


图 1-10 由 LM324 构成的温度控制器电路

出电压发生变化。温度指示电路由 IC1-2 组成的反比例运算电路和电流表来完成，温度检测电路输出的随温度变化信号，经 IC1-2 放大后，驱动电流表进行温度显示。在温度设定电路中，通过调节精密电位器 RP_3 的阻值，可对温度控制器的控制温度进行调节。温度比较及控制电路由 IC1-4 构成的电压比较器和输出驱动电路构成。当被测温度低于设定温度时，由于 IC1-4 接成电压比较器，因此当 IC1-1 输出电压（IC1-4 的反相输入端电压）低于 IC1-3 的输出电压（IC1-4 的同相输入端电压）时，IC1-4 输出正向饱和电压，通过 VT 驱动微型继电器 KA，其动合触点 KA-1 闭合，加热器得电工作。当被测温度高于或等于设定温度时，IC1-4 的反相输入端电压等于或高于反相输入端电压，IC1-4 输出电压为低电平，VT 不能导通，继电器 KA 线圈失电，动合触点断开使加热器停止工作，从而保证被控对象处于恒温状态。

1.11 家用恒温箱控制电路

图 1-11 所示为家用恒温箱控制电路。家用恒温箱可用于家庭制作面包和馒头的面团发酵、制作酸奶、给饭菜保温等，其温度调节范围为 $30 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。此电路采用脉冲调宽 (PWM) 方式，开关位式控制，控温精度较高，温度波动小。

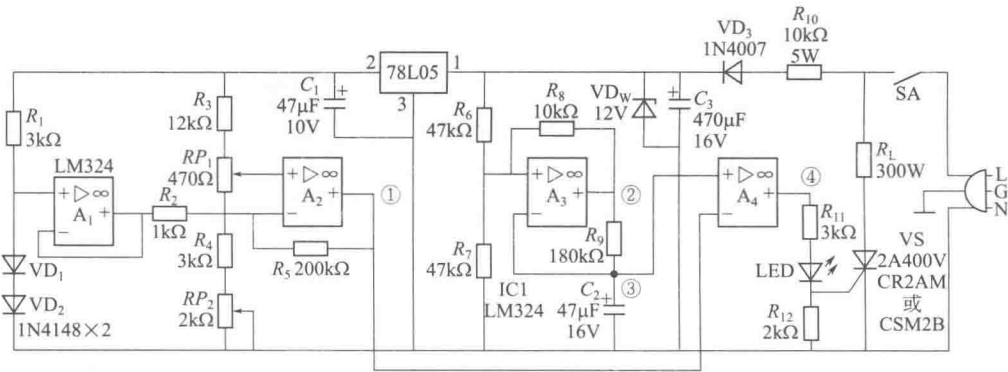


图 1-11 家用恒温箱控制电路

此电路可分为以下三个环节：

(1) 测温放大环节

电路中，采用 VD_1 、 VD_2 两只硅管作为温度传感器。在 $-50\sim 150^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内工作时，硅管正向压降变化与温度变化呈线性。 VD_1 、 VD_2 也可由硅三极管代替（将三极管的集电极和基极短接）。

VD_1 、 VD_2 、 R_1 、 R_3 、 R_4 等组成测温电桥，78L05 为输出最大电流 100mA，输出电压为 5V 的三端固定集成稳压器，为测温电桥提供 5V 稳定电压。 A_1 组成电压跟随器，起缓冲隔离作用。 A_2 等组成差分放大器电路，测温电桥的输出信号由 A_2 放大后送入 A_4 的反相输入端，控制温度通过 RP_1 来调节。

(2) 三角波形成环节

A_3 、 R_6 、 R_7 、 R_8 等形成方波发生器， A_3 输出端②输出方波信号。又因为 C_2 上的充放电现象使 C_2 的③端输出波形近似于三角波。

(3) 比较控制加热环节

将 C_2 上的三角波信号送至 A_4 的同相输入端，放大的测温信号送至 A_4 的反相输入端，电压比较器 A_4 用作脉宽调制器，其输出矩形波的脉冲宽度受放大的测温电压的调制。

VS 为单向晶闸管，当 A_4 输出高电平时，VS 触发导通，加热器 R_L 通电加热。在恒温箱内温度高于控制值时， VD_1 、 VD_2 两端压降减小，使 A_2 输出增大，从而 A_4 输出高电平的时间减少，即 A_4 输出的矩形波的脉冲宽度减小，导致加热时间随之减少，使温度下降；反之，过程正好相反，因此可达到恒温控制的目的。

该装置的 12V 电源电路由 R_{10} 、 VD_3 、 VD_W 、 C_3 等组成，其中 R_{10} 为降压电阻， VD_W 为 12V 稳压二极管。LED 用作加热指示。

1.12 由 μPC616 温度传感器构成的温度控制电路

图 1-12 所示电路是由 μPC616 温度传感器构成的温度控制电路。该温度控制电路采用了 μPC616 温度传感器集成电路，是一种将采集到的温度进行线性化处理的集成化 IC，利用其构成的温控电路简单、准确度高。温控范围宽（ $10\sim 60^{\circ}\text{C}$ ），完全可以应用于家禽孵化等设备上，加之成本较低、安装调试方便，非常适合应用于农村电器设备中。

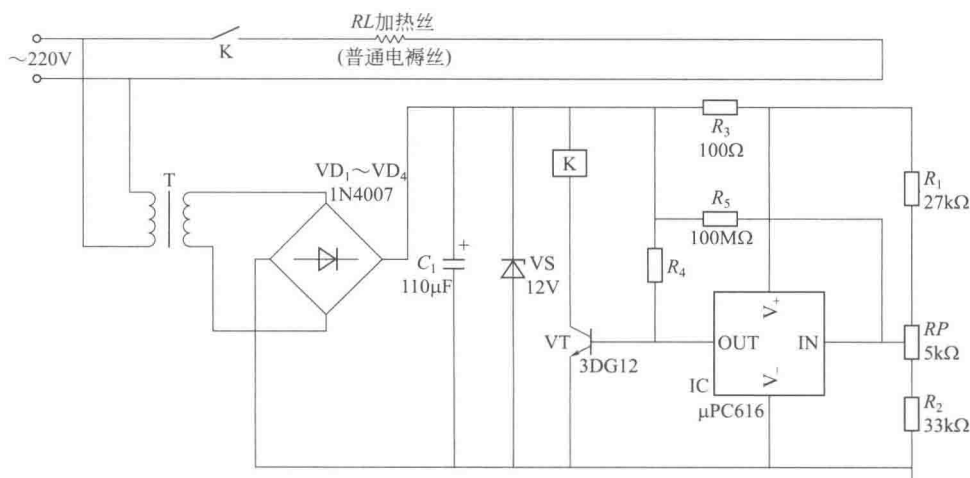


图 1-12 由 μPC616 温度传感器构成的温度控制电路