

The Design of the Safety Control Circuit Across the Bottom

LIU Shengping ZOU Yang DENG Shaojin*

(Electronic information college of Yangtze University, Jingzhou Hubei 434023)

Abstract: In order to remedy the defect that the classic 555 circuit are sometimes out of control, the bottom control time base circuit is designed. Design scheme: put the upper limit, lower limit and minimum potential comparison circuit of signal input in parallel, with three output isolated by two resistors. Then a series connection of the two resistors is connected with the input of trigger. Therefore, the bottom control time base circuit not only has a limit control function but also a bottom control function, which can prevent the load out of control. It can improve the safety performance and reduce the risk of fire or overpressure explosion under the circumstance of controlling temperature, pressure and timing circuit, etc. In conclusion, the bottom control time base circuit has important practical value and social benefits.

Key words: across the bottom of the safety control circuit; prevent runaway; the safety control of temperature; avoid fire
EEACC: 0160; 8140 **doi:** 10.3969/j.issn.1005-9490.2017.02.017

越底安控时基电路设计

刘圣平 邹 阳 邓绍金*

(长江大学电子信息学院, 湖北 荆州 434023)

摘 要: 为弥补经典式 555 时基电路存在失控的缺陷, 特设计越底安控时基电路。设计方案: 将上限、下限和底限电位比较电路的信号输入端并联, 其 3 个输出端由两只电阻隔离, 再将这两只电阻的串接点连接后级电位触发器的输入端。因而, 越底安控时基电路既有限位控制功能, 又有越底安控功能, 可防负载失控, 在控温、控压、定时等应用电路中, 能提高安全性能, 避免火灾或超压爆炸事故。所以越底安控时基电路具有重要的实用价值和社会效益。

关键词: 越底安控时基电路; 防失控; 控温安全; 避免火灾

中图分类号: TN45

文献标识码: A

文章编号: 1005-9490(2017)02-0346-05

根据经典式 555 时基电路的结构特点可知: 用经典式 555 时基电路设计单稳态电路、双稳态电路、无稳态电路、定时电路以及各种电子开关电路等基本典型应用电路是较为方便易行的^[1-7]。但如果用经典式 555 时基电路设计如温度控制可调节之类(超上下限位控制功能)电路时, 外围电路复杂难调, 成本较高, 性价比不能满足用户要求。然而, 我们依赖 555 时基电路这个核心模块或平台为时太久^[5-10]! 应该自己创新设计一种兼容度更高、通用性更强、用途更广泛的功能模块, 作为新时期电子应用设计领域所需的核心器件或基础性新平台, 作为 555 时基电路的升级换代产品。因此, 越底安控时基电路(或简称: 666 时基电路)应需而生。

1 电路设计方案

针对 555 时基电路的缺陷和应用设计新需求, 本文笔者特从自己已获得的两件专利(专利号为 200810048942.1 和 201020211450.2)中优选一个实例, 再进一步优化, 创新设计了一种越底安控时基电路, 其电路图如图 1 所示, 其内部结构由图 1 中虚线框内 5 个模拟集成电压比较器 $B_1 \sim B_5$ (也可用集成运算放大器等效替换) 和电阻 R_{tc} (或用正温度系数热敏电阻 P_{tc} 替换)、电阻 $R_1 \sim R_{13}$ 简单构成; 所述的电压比较器 B_1 作为底限比较器, 电压比较器 B_2 作为上限比较器, 电压比较器 B_3 作为下限比较器, 电压比较器 B_4 、 B_5 作为电位触发型互补式施密特触发器^[11-12]。

收稿日期: 2016-03-25

修改日期: 2016-05-08

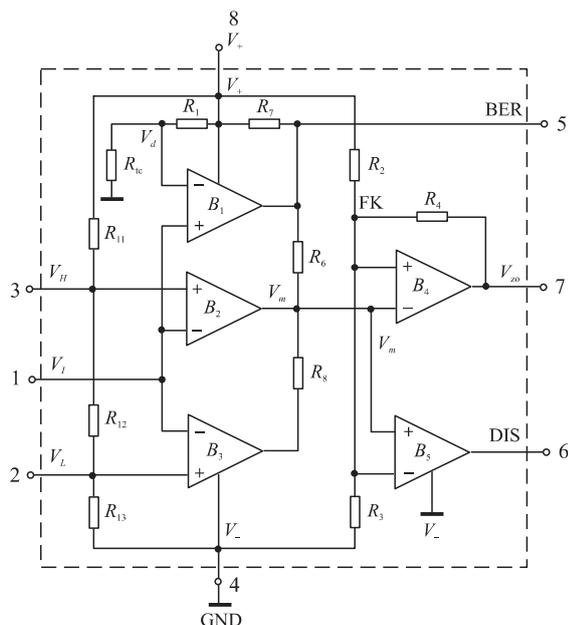


图 1 越底安控时基电路

越底安控时基电路对外引脚(端口)序号、符号、名称,如表 1 所述。

表 1 越底安控时基电路引脚(端口)说明

| 引脚序号 | 引脚符号 | 引脚(端口)名称 |
|------|-------------|----------|
| 1 | V_I | 信号输入端 |
| 2 | V_L | 下限设置端 |
| 3 | V_H | 上限设置端 |
| 4 | V_- (GND) | 电源负极端 |
| 5 | BER | 保显复位端 |
| 6 | DIS | 反相放电端 |
| 7 | V_{ZO} | 同相输出端 |
| 8 | V_+ | 电源正极端 |

2 电路原理功能

2.1 越底安控时基电路(666 时基电路)工作原理

电路上电后,当信号输入端(V_I) 电位低于下限 V_L 电位而高于底限 V_d 电位,即 $V_d < V_I < V_L$, 下限比较器 B_3 输出高电平 H (高阻态),而此时,底限比较器 B_1 输出端 BER 和上限比较器 B_2 输出端(V_m) 早已处于高电位 H (高阻态),让电压比较器 B_4 的反相(-) 入端电位高于其正相(+) 入端电位,使电压比较器 B_4 输出端(V_{ZO}) 输出低电平 L ,随之电阻 R_4 将回差设置端(FK) 电位降为 $\frac{1}{3}V_+$ 左右,电压比较器 B_5 输出端(放电端 DIS) 相反输出高电平 H ,电压比较器 B_4 输出端 $V_{ZO} = L$,可吸流导通驱动外围小功率负载通电工作;当信号输入端(V_I) 电位上升, $V_L < V_I < V_H$,电压比较

器 B_3 输出低电平 L ,使 V_m 点电位略低于保显复位端口 BER 电位的 $\frac{1}{2}$ 处,但仍然大于回差设置端(FK) 电位(约 $\frac{1}{3}V_+$),使电压比较器 B_4 输出端(V_{ZO}) 继续保持在低电位 L 状态,可吸流导通驱动外围小功率负载通电工作;当信号输入端 V_I 电位高于上限 V_H 电位时,即 $V_I > V_H$,电压比较器 B_2 输出低电平 L (小于 FK 约 $\frac{1}{3}V_+$ 电位),直接触发电压比较器 B_4 、 B_5 工作状态,同相输出端(V_{ZO}) 输出高电平 H ,可使外围驱动电路截止,停止工作。同时,同相输出端 V_{ZO} 的高电平 H 也使回差设置端(FK) 电位跃升到(约 $\frac{2}{3}V_+$),还使电压比较器 B_5 输出端(放电端 DIS) 输出低电平 L ,可让外电路电容放电。

当信号输入端 V_I 电位由高降低,低于上限 V_H 电位时,即 $V_I < V_H$,电压比较器 B_2 输出端 V_m 又恢复原有电位($\frac{1}{2}V_+$ 左右处),但比电压比较器 B_4 的正

相(+) 输入端 FK 电位(约 $\frac{2}{3}V_+$) 要低,使电压比较器 B_4 输出端(V_{ZO}) 继续维持高电平 H 状态,可使外围驱动电路保持截止,停止工作;当信号输入端 V_I 电位继续下降,即 $V_I < V_L$ 时,电压比较器 B_3 输出高电平 H ,将电压比较器 B_4 反相(-) 输入端 V_m 点电位抬升到接近保显/复位端口 BER 电位(因电压比较器 B_4 输入阻抗非常大,电阻 R_6 上的压降非常小), V_m 点电位大于电压比较器 B_4 正相(+) 入端的回差设置端(FK) 电位($\frac{2}{3}V_+$),触发电压比较器 B_4 输出端(V_{ZO}) 翻转为低电平 L 状态,由于电阻 R_4 的反馈作用将回差设置端(FK) 电位降为 $\frac{1}{3}V_+$,同相输出端(V_{ZO}) 输出的低电平 L ,可吸流导通驱动外围小功率负载通电工作。

当信号输入端 V_I 发生故障时,使输入电位 V_I 极低,即 $V_I < V_d$,底限比较器 B_1 输出端 BER 输出低电位 L ,通过串联电阻 R_6 使电压比较器 B_4 的反相(-) 输入端(V_m 点) 电位降低(因为电压比较器 B_4 输入阻抗极高,所以电阻 R_6 上的压降极小), V_m 点电位接近于电压比较器 B_1 输出端 BER 的低电位 L , V_m 点低电位触发施密特电路 B_4 翻转为复位状态(同相输出端 V_{ZO} 输出高电平 H),可使外围驱动电路截止,停止工作,从而实现越底安控,防止失控,

保证安全。同时,同相输出端 V_{Z0} 的高电平 H 也使回差设置端(FK) 电位跃升到(约 $\frac{2}{3}V_+$),还使电压比较器 B_5 输出端(放电端 DIS) 输出低电平 L ,可让外电路电容放电。同时,电压比较器 B_1 输出的低电

位 L ,可直接由保显复位端口 BER 驱动外围发光二极管 LED 发光显示故障。

2.2 越底安控时基电路(666 时基电路) 基本功能的真值表

真值表,如表 2 所示^[11-12]。

表 2 越底安控时基电路基本功能的真值表

| 上限 V_H 端电位 | 下限 V_L 端电位 | 输入 V_I 端电位 | 保显复位 BER 端电位 | 放电端 DIS 电位 | 输出端 V_{Z0} 电位 |
|--------------------------|--------------------------|------------------------------|---|-----------------------------|-------------------------|
| $\frac{2}{3}V_+$ | $\frac{1}{3}V_+$ | $V_d < V_I < V_L$ | 使能电位 $\frac{2}{3}V_+ \sim \frac{5}{6}V_+$ | 高电位 H 高阻态(悬空) | 低电位 $L < 0.5V$ 吸流导通 |
| $\frac{2}{3}V_+$ | $\frac{1}{3}V_+$ | $V_L < V_I \uparrow < V_H$ | 使能电位 $\frac{2}{3}V_+ \sim \frac{5}{6}V_+$ | 高电位 H 高阻态(悬空) | 低电位 $L < 0.5V$ 保持原态 |
| $\frac{2}{3}V_+$ | $\frac{1}{3}V_+$ | $V_I \uparrow > V_H$ | 使能电位 $\frac{2}{3}V_+ \sim \frac{5}{6}V_+$ | 低电位 $L < 0.5V$ (放电) | 高电位 H 高阻态(悬空) |
| $\frac{2}{3}V_+$ | $\frac{1}{3}V_+$ | $V_L < V_I \downarrow < V_H$ | 使能电位 $\frac{2}{3}V_+ \sim \frac{5}{6}V_+$ | 低电位 $L < 0.5V$ (放电) | 高电位 H 保持原态 |
| $\frac{2}{3}V_+$ | $\frac{1}{3}V_+$ | $V_d < V_I \downarrow < V_L$ | 使能电位 $\frac{2}{3}V_+ \sim \frac{5}{6}V_+$ | 高电位 H 高阻态(悬空) | 低电位 $L < 0.5V$ 吸流导通 |
| 大于 $\frac{1}{2}V_+$ 强制导通 | 大于 $\frac{1}{2}V_+$ 强制导通 | $\frac{1}{2}V_+$ | 使能电位 $\frac{2}{3}V_+ \sim \frac{5}{6}V_+$ | 高电位 H 高阻态(悬空) | 低电位 $L < 0.5V$ 吸流导通 |
| 小于 $\frac{1}{2}V_+$ | 小于 $\frac{1}{3}V_+$ | $\frac{1}{2}V_+$ | 使能电位 $\frac{2}{3}V_+ \sim \frac{5}{6}V_+$ | 低电位 $L < 0.5V$ (放电) | 高电位 H 高阻态(悬空) |
| 任意电位 | 任意电位 | 任意电位 | 强制复位 $< \frac{1}{3}V_+$ | 低电位 $L < 0.5V$ (放电) | 高电位 H 高阻态(悬空) |
| $\frac{2}{3}V_+$ | $\frac{1}{3}V_+$ | 越底电位小于底限 V_d | 越底保显 $< 0.5V_+$ | 低电位 $L < 0.5V$ (放电) 越底复位 | 高电位 H 高阻态(悬空) 越底复位 |

3 用于温度控制

3.1 应用 666 时基电路作为核心模块(IC) 设计的温度控制电路原理图

原理图 如图 2 所示。

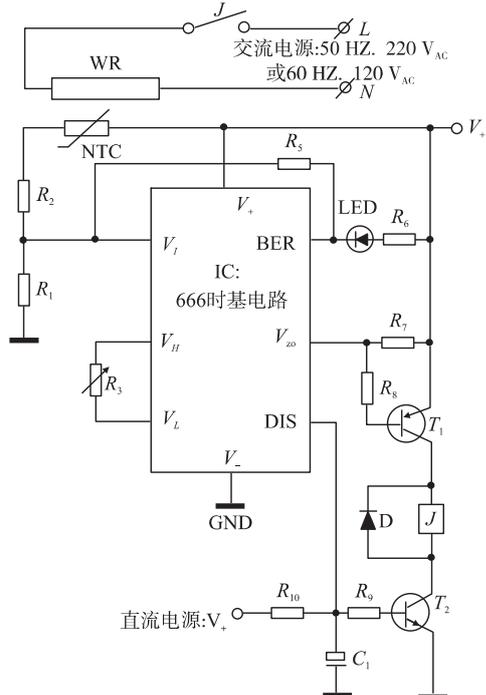


图 2 温度控制电路

3.2 图 2 中温度控制电路工作原理

在电路上电之初,电热负载 WR 和负温度系数热敏电阻 NTC 都处在低温时,由于热敏电阻 NTC 阻值较大,使核心模块(IC) 的信号输入端(V_I) 电位低于下限电位 V_L 而高于底限 V_d 电位,即 $V_d < V_I < V_L$,核心模块(IC) 的反相放电端 DIS 输出高电平 H ,由电阻 R_9 、 R_{10} 推动三极管 T_2 导通,同时,核心模块(IC) 的同相输出端 V_{Z0} 输出低电位 L ,可直接驱动小功率负载 R_7 , $V_{Z0} = L$,经电阻 R_8 拉动三极管 T_1 导通,继电器 J 线圈得电吸合,继电器 J 的常开触点给大功率电热负载 WR 通电加热升温,升温后,热敏电阻 NTC 阻值变少,信号输入端 V_I 电位上升,当 $V_I > V_L$ 时,使核心模块(IC) 的输出端 V_{Z0} 继续维持在低电位 L 状态,反相放电端 DIS 继续保持高电平 H ,三极管 T_1 、 T_2 同时继续导通,继电器 J 继续给电热负载 WR 通电加热升温。当温度上升使信号输入端 V_I 电位高于上限 V_H 电位时,即 $V_I > V_H$,核心模块(IC) 的工作状态翻转,其同相输出端 V_{Z0} 输出高电平 H ,反相放电端 DIS 输出低电位 L ,使三极管 T_1 、 T_2 同时截止,继电器 J 释放(反向电势由 D 消除),关断电热负载 WR 的交流电源,停止加热。

待电热负载 WR 温度略降低后, $V_I < V_H$,核心模块(IC) 继续保持原有工作状态,其同相输出端 V_{Z0}

继续维持高电平 H 状态,反相放电端 DIS 继续保持低电位 L ,电热负载 WR 继续停电降温,热敏电阻 NTC 阻值继续增大,信号输入端 V_I 电位继续下降,当 $V_I < V_L$ 时,核心模块(IC)工作状态被触发翻转,其同相输出端 V_{Z0} 由高电平 H 状态翻转为低电平 L 状态,反相放电端 DIS 由低电位 L 状态翻转为高电平 H 状态,使三极管 T_1 、 T_2 同时导通,继电器 J 吸合,电热负载 WR 又通电加热,进入下一个工作循环,使加热的温度稳定在一定的范围内。核心模块(IC)的这种主控循环工作的正常状态,随时受到其内部底限比较器的监控。

当信号输入端 V_I 电路发生故障(如热敏电阻 NTC 断线、或电阻 R_1 短路)时,输入电位 V_I 极低,即 $V_I < V_d$,核心模块(IC)内部底限比较器 B_1 输出低电位 L ,直接由其保显/复位端口 BER 驱动发光二极管 LED 发光显示故障(电阻 R_6 是限制发光电流的);同时,核心模块(IC)的同相输出端 V_{Z0} 输出高电平 H ,反相放电端 DIS 输出低电位 L ,使三极管 T_1 、 T_2 同时截止,继电器 J 释放(反向电势由 D 消除),关断电热负载 WR 的交流电源,停止加热,防止失控,保证安全。

由核心模块(IC)的同相输出端 V_{Z0} 和反相放电端 DIS 分别控制三极管 T_1 、 T_2 ,再由两只三极管串控继电器 J 线圈,这种互补方式进一步增强了电路系统的防失控能力。

可变电阻 R_3 用于调节上限和下限电位及其回差,因而可以调节热敏电阻 NTC 的控温点的高低以及温差的大小。电阻 R_2 是用于微调热敏电阻 NTC 的参数离散偏差。电阻 R_1 与热敏电阻 NTC 串联匹配,用于设定电路控温点的高低。

电阻 R_5 是正反馈电阻,在核心模块(IC)的保显复位端口 BER 输出高电平时,可改善热敏电阻 NTC 低温高阻不良特性,在保显复位端口 BER 输出低电平 L 时,能消除核心模块(IC)在保护动作时的临界振荡现象。

当核心模块(IC)的反相放电端 DIS 处于高电平 H 状态时,电阻 R_{10} 对电容 C_1 进行充电;反相放电端 DIS 输出低电位 L 时对电容 C_1 直接放电,因而,电容 C_1 可防止继电器 J 吸合或释放动作时的抖动现象。

4 电路设计总结

根据上述设计的越底安控时基电路(或简称:666 时基电路)的结构、原理、功能及其在控温电路中的应用实例可知,越底安控时基电路(或简称:

666 时基电路)结构简单,通用性强,用途广泛,性能优异,其具体技术优势在于^[11-12]:

(1) 在完全兼容经典式 555 时基电路所有功能之外,还扩展了越底安控功能,使应用电路具有防失控能力,在温度、压力、水位、定时及安全防护等安全控制领域中,具有重要的实用价值和社会效益。而 555 电路完全没有故障保护控制功能,因而存在失控的缺陷。

(2) 由于上限设置端(V_H)和下限设置端(V_L)都对外开放,因此,即可作为信号输入端口,又可从外部灵活设置或改变其内部固定的上下限电位和回差,方便应用设计,更加扩展了应用范围。而 555 电路的下限内置固定,不便外调,不利于调节回差,作控温应用时外电路复杂。

(3) 只用 1 个端口(V_I)输入传感信号,高低电位触发都有效,因而,可灵活适应不同特性的传感器,并使所接传感电路简化,应用简便。而 555 时基电路设高、低电平输入 2 个端口就不方便。

(4) 提高了电路复位性能,复位端口(BER)在输入电位小于 $\frac{1}{3}V_+$ 就可使电路复位,与数字电路对接方便,还兼有故障保护显示功能。而 555 电路的复位电平在 0.4 V~1.0 V 之间,离散性大,与数字电路的低电平 L 电位相近,区别不大,不利于对接;又不能与输入电位作比较;更无保护显示功能,因而作用不大。

(5) 由于电路输出级采用互补式施密特触发器,不用输入脉冲触发,而是用输入电位触发,因而抗脉冲干扰能力更强。而 555 电路是采用脉冲触发的 R-S 触发器,抗干扰能力不强。

(6) 可使应用设计成本低,性价比高。

可见,越底安控时基电路(或简称:666 时基电路)不仅弥补了 555 时基电路的缺陷、保留了 555 时基电路的优点,而且扩展了功能,增加了用途,简化了结构,降低了成本,提高了性能,超越了 555 时基电路,是 555 时基电路的升级换代产品,通用性更强的越底安控时基电路(或简称:666 时基电路)替代经典式 555 时基电路是技术向高标准发展的必然趋势。

参考文献:

- [1] 阎石. 数字电子技术基础[M]. 第 5 版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 489-494.
- [2] 阎石. 数字电子技术基本教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007: 241-246.

- [3] 康华光. 电子技术基础(数字部分) [M]. 第5版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 414-421.
- [4] 陈永甫. 555 集成电路应用 800 例 [M]. 北京: 电子工业出版社, 1992: 1-8, 208.
- [5] 陈永甫. 新编 555 集成电路应用 800 例 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2000: 140, 144, 150, 157.
- [6] 陈有卿. 555 时基电路原理与应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 1-9, 250-252.
- [7] 陈有卿, 叶桂娟. 555 时基电路原理、设计与应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007: 1-12, 219.
- [8] 何香玲. 555 时基电路的研究与应用 [J]. 电子技术, 2009(5): 30-31.
- [9] 陈宜建. 基于 555 时基电路的测温系统设计 [J]. 信息化研究, 2009: 35-37.
- [10] 何静. 基于 555 定时器和单片机温度测量电路的设计 [J]. 电子工程师, 2008(2): 158.
- [11] 刘圣平. 三限位时基电路 [P]. 中国专利. 专利号: 200810048942.1.
- [12] 刘圣平. 越底反控时基电路 [P]. 中国专利. 专利号: 201020211450.2.



刘圣平(1992-) 男, 本科, 主要研究方向为电路安全控制;



邹阳(1993-) 女, 本科, 主要研究方向为数字信号处理;



邓绍金(1963-) 男, 高级实验师, 主要研究方向为网络技术。