

文章编号:1001-5078(2007)07-0641-03

基于 PWM 的红外探测器温控系统研究

陈晓宁, 刘建国, 司福祺, 刘文清

(中国科学院环境光学与技术重点实验室, 安徽 合肥 230031)

摘 要:设计了一种基于脉冲宽度调整(PWM)技术的精确闭环温控系统,实现了其在 CO 红外气体监测仪中的应用,能够对探测器进行精确温度控制,保证了探测器的恒温工作环境,提高了 CO 系统测量结果的稳定性,系统精度达到 2.534%。

关键词:脉冲宽度调整;红外探测器;恒温制冷

中图分类号:TN215

文献标识码:B

Study of Closed Loop Temperature Control System Based on Pulse-width Modulation

CHEN Xiao-ning, LIU Jian-guo, SI Fu-qi, LIU Wen-qing

(Key Laboratory of Environmental Optics and Technology, CAS, Hefei 230031, China)

Abstract: A temperature control system based on the pulse-width modulation (PWM) technique is designed, and it was applied in CO gas analyzer. It can control IR detector of the system precisely. The constant temperature environment is achieved, and the measurement stability is improved. The system precision reach 2.534%.

Key words: pulse-width modulation; IR detector; cool

1 引 言

环境问题日益成为社会的焦点,我国环保总局计划在“十五”期间对 47 个重点城市增加 CO 监测,因此,研制出满足自动在线监测需求的 CO 监测仪器已势在必行。我们成功地研制了一种采用 PbSe 热电导探测器的便携式非分散红外(Non-dispersive infrared)CO 分析仪。该系统实现的关键是对微弱变化的红外辐射的检测,探测器的工作稳定性将直接决定了测量结果的精确度。由于红外 PbSe 等光敏电阻受温度的影响,探测灵敏度随着温度的升高而产生下降的自身固有特性,必须采取恒温制冷以保证探测器自身的稳定工作,所以探测器一定要在低温、恒温的条件下使用^[2]。红外热电导 PbSe 探测器的制冷方式一般是基于帕尔贴效应的半导体制冷原理。而半导体制冷方法一般是给予一个简单通断式的电压,使其在额定功率下工作,但这种方法温度

惯性大、精度差、温控不够灵敏。另一种半导体供电方法就是恒流供电,但在外界环境温度不稳定的时候,制冷元件仍受外界温度变化的影响。设计一种通过反馈来驱动电压或者电流以控制半导体制冷,就可以解决通断带来的温度惯性误差和没有温度反馈造成的误差。

脉冲宽度调整(pulse-width modulation, PWM)技术就是以采样控制理论中的一个重要结论——冲量相等而形状不同的窄脉冲加在具有惯性的环节上时,其效果基本相同为理论基础,对半导体开关器件的导通和关断进行控制,使输出端得到一系列幅

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)(No. 2002AA641020)。

作者简介: 陈晓宁(1977 -), 中国科学院安徽光机所博士研究生,从事光电子技术及城市空气污染物检测的研究。E-mail: xncnen@aiofm.ac.cn

收稿日期: 2006-12-13; **修订日期:** 2007-01-31

值相等而宽度不相等的脉冲,用这些脉冲来代替正弦波或其他所需要的波形。按一定的规则对各脉冲的宽度进行调制,从而改变电路输出电压的大小,也即改变输出频率。把这种概念引入到探测器温控系统中,通过脉冲的变化来调整供电功率,因此探测器能够停留在较稳定的温度点,使探测器能够获得较高的探测响应度和探测精度。本文设计了一种基于 PWM 原理的新型探测器精确闭环反馈制冷系统,应用于 CO 气体在线检测中,获得了理想的效果。

2 系统实现

2.1 系统组成

系统可以分为脉冲控制单元、温度反馈单元和驱动单元。脉冲控制单元主要是产生用于驱动探测器的电压宽度,它由具有 PWM 功能的驱动型脉宽调制控制集成电路 TL494 完成。温度反馈单元是用来提供实时温度值,反馈给脉冲控制单元,以便于修正脉冲的宽度,从而调节供电电流大小。驱动单元主要是通过脉冲来导通供电开关,实现对探测器的脉冲供电方式。系统中最关键的就是 PWM 脉冲控制部分,它能够把反馈的温度信息转换成相应的脉冲宽度。系统原理框图如图 1 所示。

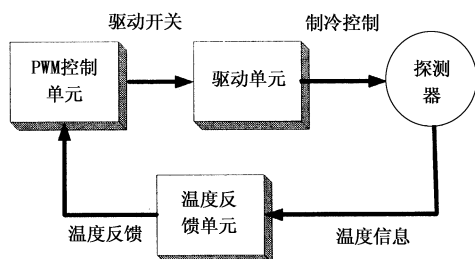


图1 系统原理框图

2.2 PWM 调制原理

TL494 是频率固定的 PWM 调制器。TL494 结构原理图如图 2 所示。TL494 的核心部分是 PWM 和死区时间控制比较器。PWM 用来控制脉冲输出宽度,而死区时间控制比较器主要用来调节限制输出脉冲的最大占空比。PWM 比较器的反相端接至振荡器,正相端接至误差放大器或者反馈 PWM 比较器输入端。当死区时间控制端电压和振荡器产生的锯齿波电压相比较后可得到一定宽度的脉冲,这个脉冲又与 PWM 比较器出

来的信号相“或”,得到的信号作为触发器的触发信号,把输出控制端接地,TL494 工作在单端方式下,输出三极管 T1、T2 的发射极串联就得到一个两倍功率的脉冲输出信号。这个信号可以导通场效应管。在死区时间控制端电压确定之后,比较器两端的输入电压差大小将决定输出的脉冲宽度,因此温差比较大时脉冲相应变宽,而温差小的时候脉冲相应变窄。

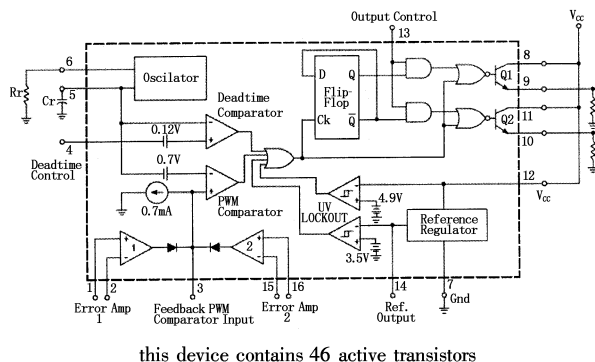


图2 TL494 结构原理图

2.3 PWM 系统实现

如图 3 电路原理图所示,探测器内部的热敏电阻为 R_T , R_T 和电位器 $POT1$ 串联之后又与 R_1 和 R_3 并联在 V_{CC} 和 GND 之间,因为 R_1 、 R_3 相等,所以 $+V_1$ 为 2.5V,而 $-V_1$ 的电平取决于 R_T 和电位器 $POT1$ 的值; $POT1$ 的大小要根据所需温度来调整,设定探测器工作在 5℃,从图 5 的 R_T 的阻温特性可以看出, R_T 的阻值为 2.44kΩ,因此调整 $POT1$ 到 2.44kΩ;在工作状态时,如果环境温度高于 5℃,即 R_T 小于 $POT1$,就有 $-V_1$ 小于 2.5V,电压信号通过误差比较放大器 1 的比较、放大,经隔离二极管输出到 PWM 比较器的正相输入端。

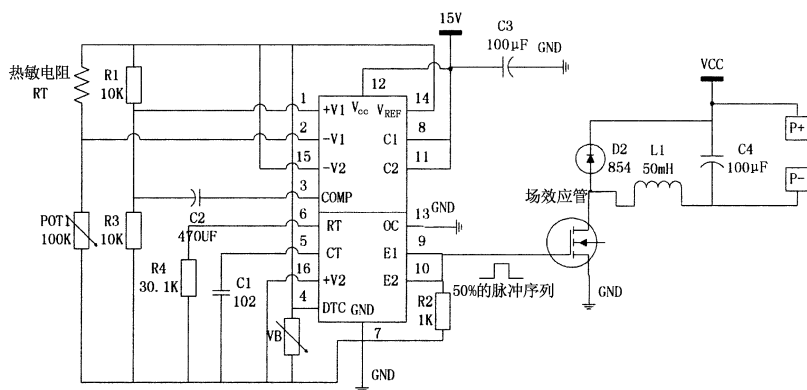


图3 电路原理图

从 TL494 输出的脉冲导通场效应管,使得接在 $P+$ 、 $P-$ 两端的温控芯片工作,当温度慢慢降低时,

RT 趋近于 $2.44\text{k}\Omega$, 此时 PWM 的脉冲宽度就相应地慢慢变窄, 输出功率渐渐变小; 当 $R_T = \text{POT1} = 2.44\text{k}\Omega$, $-V_1 = +V_1 = 2.5\text{V}$, 环境温度到达 5°C , 控制 TL494 输出的脉冲会变得非常窄, 场效应管导通时间变短, 所以探测器制冷时间也变短。可以说 TL494 控制的是输出功率的大小, 当温差较大的时候, 输出的功率较大, 而当温差变小的时候, 输出的功率也变小, 这就是它可以对温度进行微量控制的原因所在。图 4 所示为探测器内部热敏电阻特性曲线。

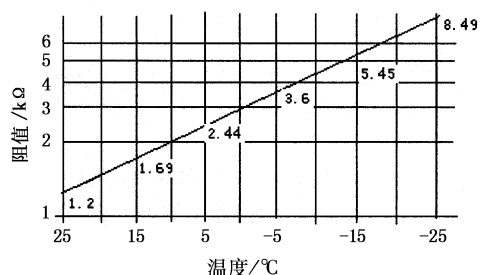


图4 探测器内部热敏电阻特性曲线

R4 与 C1 构成外部频率发生器, 提供 TL494 所需的振荡器频率; 通过改变 DTC 端的电压, 可以调整输出的最大占空比。场效应管选择 N 型 COMS 管, 当栅极为高电平时, 效应管导通。电感 L1、电容 C4 分别是起到保护芯片, 防止瞬间电流过大和滤波, 去噪音的作用, 二极管起截流导通的作用。

3 实验结果与分析

本温控系统在实际应用于红外 CO 气体监测仪所得结果如下:

实验一: 制冷前后对信号的影响

图 5 所示是同一个脉冲调制信号中截取的单峰信号在制冷前后的波形图。可以很明显地看到, 探测器在不加制冷, 处在变化的温室中的信号较弱, 并且干扰噪声较大。而由于加了恒温制冷控制之后, 不仅仅提高了探测响应, 同时提高了抗干扰能力。

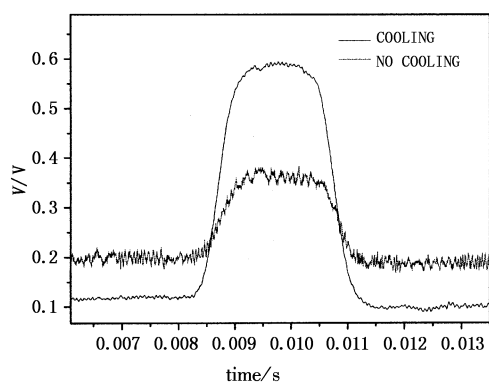


图5 制冷前后探测器单峰信号对比图

实验二: 温控结果如表 1 所示。

表 1 温控结果

时间/m	温度/ $^\circ\text{C}$	相对误差/ $^\circ\text{C}$	绝对误差/%
0	5.2	0.2	3.94
10	5.3	0.3	5.92
20	5.1	0.1	1.97
30	4.9	0.1	1.97
40	4.9	0.1	1.97
50	5.1	0.1	1.97
60	5.0	0.0	0.0
平均	5.07	0.13	2.534

由表 1 可知, 在对探测器连续制冷的 1h 内, 所测得温度的平均绝对误差是 0.13°C ; 平均绝对误差是 2.534%。由数据可见, 通过 PWM 供电制冷的方法完全可以满足对温度的控制需要和精度。

4 结 论

本文把脉宽调制器 TL494 的 PWM 控制功能成功地应用到了红外探测器精确恒温制冷方面, 提高了探测器得稳定性和仪器的测量精度。经过长期调试, 运行稳定, 安全可靠, 而且结构简单, 易于实现, 具有实用、多功能性强的特点, 可随意进行温度设定和占空比调节, 能够很好地达到技术要求。其在 LED, CCD 等精密器件的温控上都有很好的应用。

参考文献:

- [1] 李洁, 严高师. 近红外波长 CO 浓度检测技术[J]. 激光与红外, 2006, 36(3): 171-173.
- [2] 何勇, 等. 光电传感器及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 237-247.
- [3] 陈波. 红外系统[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1995: 24-33.
- [4] Platt U, Perner D. Simultaneous measurements of atmospheric CH_2O , O_3 and NO_2 by differential optical absorption[J]. Geophys. Res, 1979, 84: 6329-6335.
- [5] Platt U, Perner D. Direct measurements of atmospheric CH_2O , HNO_2 , O_3 and SO_2 by differential absorption in the near UV[J]. Geophys. Res, 1980, 85: 7453-7458.
- [6] E Y Shu, M K Cueman, et al. Gas filter correlation technique applied to in situ monitoring of nitrogen[J]. SPIE, 2834: 223.
- [7] T chen, G f su, et al. In situ gas filter correlation photoacoustic co detection method for fire warning[J]. Sensors and Actuators, 2005, B 109: 233-237.