

一种采用数字电位器的功率调节器

空军雷达学院微波教研室（武汉 430010） 石 雄 冷 毅 彭世葵

摘要 介绍采用数字电位器、NE555 和固态继电器构成的功率调节器。该功率调节器电路简单，调试方便，既能手动控制，也便于与单片机接口实现自动控制，适用范围广，能够实现非常精细的功率调节，实际使用效果良好。

关键词 数字电位器 占空比 固态继电器 功率调节

在科学研究和工业生产的许多领域中，人们都需要对各类加热炉的内部温度进行监测和控制。采用单片机来对它们进行监测控制不仅具有控制方便、简单、灵活等优点，而且可以提高被控温度的精度。

单片机通常是通过输入通道将温度传感器感受到的被控对象当前温度转变为数字量并输入到单片机内，单片机求出输入的当前温度值与设定值的偏差并根据该偏差进行 PID 运算，最后根据 PID 运算的结果，通过功率调节器改变给定周期内加热丝的通电时间来实现对温度的控制，整个系统是一个典型的闭环控制系统。功率调节器是控制系统的执行机构，不仅要求输出功率大，还要求能根据需要对输出功率进行精确的调节，是系统中最关键、最昂贵的组成部分，也常常是故障率最高的部分。

本文介绍用数字电位器和 NE555 组成占空比可调的脉冲振荡器，驱动固态继电器实现的功率调节器及其单片机控制程序。

1 典型的可控硅功率调节电路

某型标准恒温油槽是根据国家颁布的计量检定规程要求而专门设计制造的，最大加热功率 4kW，加热温度可根据需要在室温（25℃）至 300℃之间任意设置，接近设置温度时由 PID 进行控制。到达恒温后要求 15min 内温度波动小于 0.01℃，其调温执行机构采用典型的可控硅功率调节电路，电路组成框图如图 1 所示。

输出器件为双向可控硅，它和加热丝串接在 220V 50Hz 市电回路中，可控硅接通时间可以通过可控硅控制极上的触发脉冲控制。由单片机用软件在 I/O 引脚上产生或由 PID 运算电路产生控制脉

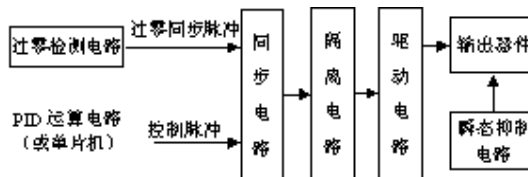


图 1 典型的可控硅功率调节电路组成框图

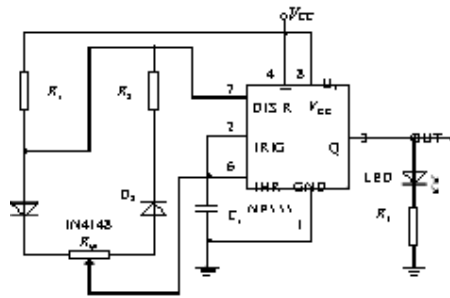
冲，受过零同步脉冲同步后经隔离电路（一般用光耦）和驱动电路输出送到可控硅的控制极。在给定周期 T 内，单片机或 PID 运算电路只要通过控制脉冲改变可控硅的导通时间便可改变加热丝功率，以达到调节温度的目的，其实质是利用占空比的调节来改变加热丝的平均功率。

该电路复杂，成本高，且调试困难，故障率高。为克服典型可控硅功率调节电路的缺点，可采用数字电位器和 NE555 组成占空比可调的脉冲振荡器，在单片机的直接控制下驱动固态继电器实现功率调节。

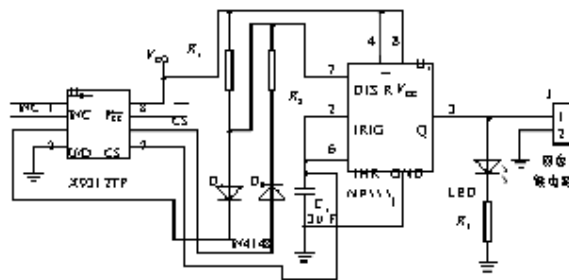
2 采用数字电位器的功率调节电路

图 2 (a) 是用机械电位器和 NE555 组成的占空比可调的脉冲振荡器，该振荡器占空比调节范围较大，NE555 工作于无稳态工作方式。图 2 (a) 电路实现占空比调节的关键元件是电位器 R_w ，普通机械电位器是利用一个活动滑臂在电阻膜或电阻丝上滑动来改变电阻值，结构简单，成本低，但它在滑臂运动时会产生噪声，而且寿命短，也容易受到振动而改变位置，影响调整精度；另外很重要的一点就是机械电位器仅适用于手动调节，不便于遥控、程控操作，无法实现与单片机的接口。电位器 R_w 如果选用数字电位器就能方便地解决上述问题。

数字电位器是利用微电子技术制成的集成电路，一般用电阻阵列和多路模拟开关组合实现电阻值的改变，因此克服了机械电位器的主要缺点，尤其重要的是数字电位器具有可编程能力，可方便地实现与单片机的接口。数字电位器允许用户通过程序控制利用电阻值或电阻比率变化进行参数的调整，替换机械电位器 R_w ，可在单片机控制下直接调整输出脉冲的占空比，驱动固态继电器实现功率调节，其电路如图 2 (b) 所示。数字电位器选用 Xicor 公司的 X9312TP。



(a) 采用模拟电位器



(b) 采用数字电位器

图 2 NE555 组成的占空比可调脉冲振荡器

由于温度传感器检定用的标准恒温油槽对恒温波动度的要求很高，因此要求功率调节器能进行非常精细的功率调节，而数字电位器由于生产工艺等因素的限制，目前其抽头数最大一般为 256，所选的 X9312 的抽头数仅为 100，也就是说图 2 (b) 电路只能按加热丝最大功率的百分之一的分辨力进行功率调节，其

功率调节精度难以满足恒温油槽的要求，为此在图 2 (b) 电路的基础上增加了微调数字电位器，使功率调节分辨能力达到加热丝最大功率的万分之一，可提高温度调节精度，改善性能，其电路如图 3 所示。

图中数字电位器 U_2 、 U_4 是粗调电位器，两者同步调节，选用 X9312TP，阻值为 $100k\Omega$ ，抽头数为 100，每一档阻值约为 $1k\Omega$ ； U_3 是微调电位器，选用 X9312ZP，阻值为 $1k\Omega$ ，抽头数为 100，每一档阻值约为 10Ω 。微调电位器将粗调电位器的每一档又分为 100 档，因此加热功率分辨能力达到万分之一。固态继电器选用 30A/220V 交流过零型。 R_1 、 R_2 决定占空比的最大值和最小值， R_1 、 R_2 阻值应尽可能小，以增大功率调节范围，但受数字电位器滑动端所能承受的最大电流限制，应根据需要综合考虑。X9312 滑动端所能承受的最大电流为 $1mA$ ，按图 3 中所选择 R_1 、 R_2 的阻值，实测 X9312 滑动端电流约为 $0.1mA$ 。必要时 R_1 、 R_2 阻值可进一步减小，但已满足了恒温油槽功率调节范围的需要，为保证数字电位器有大的安全系数， R_1 、 R_2 没有选择更小的阻值。电容 C_1 应选择漏电小的钽电解电容，其容量决定固态继电器的开关周期。

3 单片机控制程序

单片机对功率调节器进行调节的程序框图如图

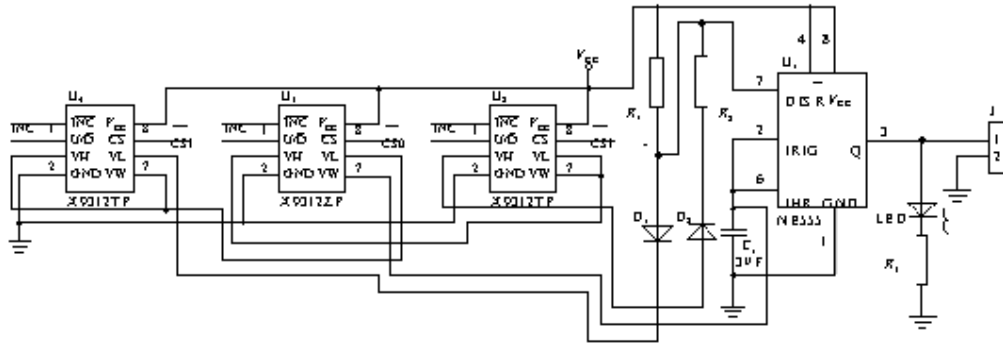


图 3 带微调数字电位器的调功器电路图

4 所示，其中单片机的 P2.4、P2.5、P2.6、P2.7 引脚分别接微调电位器片选、粗调电位器片选和升/降控制输入引脚、输入时钟引脚，P2.6、P2.7 为微调 and 粗调电位器共用，根据片选信号区分两电位器。

程序中，位寻址单元 SIGN1 为 PID 运算所决定的功率调整方向，SIGN1 为 1 时减小功率，为 0 时增大功率；单片机的 58H、59H 单元为调整量寄存器，存放 PID 运算结果，决定调整量的大小，功率调节子程序执行完时该寄存器应为全零；内存的 W0P、W1P 单元记录微调、粗调电位器当前所处的位置，当 W0、W1 均位于最高（低）端时，说明加热功率为最大（小），此时已无法继续增大（减小）功率，因此不作调整。

改进后的恒温油槽经测试完全符合计量检定规程的要求，温度波动小于 0.01°C 。适当调整该控制系统的 PID 参数后用于某型恒温水槽，其温度波动小于 0.008°C ，优于计量检定规程要求的 0.01°C 温度波动。

与图 1 的电路相比，运用数字电位器的功率调节器有以下特点：

- (1) 电路结构简单，调试方便。整个功率调节电路仅十余个元件，只要焊接无误，几乎不需要调试。
- (2) 成本低。除固态继电器需根据加热功率选择外，其它器件总成本不高。

本文内容来自互联网，著作权归原作者所有。由电子零件城 (<http://www.epcity.com/>) 整理并制作成 PDF 文件，仅供个人学习之用，不得用于任何商业目的，否则后果自负。如果您认为本 PDF 文件侵犯了您的任何权利，请来信 epcity@epcity.com 通知，本站立即删除。

搜集整理：电子零件城-笨笨兔 (QQ: 154502842) 2004-04-10