

基于MSP430的SLED控制系统的设计

中国石油大学(华东) 崔海朋

自1971年Kurbativ等人首次制备出半导体SLED以来，SLED得到了惊人的发展。特别是近几年，其在光纤陀螺仪、光纤传感、光时域发射仪等方面得到了广泛的应用。SLED兼有LD和LED的优点，是一种自发辐射单程光放大非相干光源，具有发射谱宽、高输出功率、体积小、质量轻的特点。另外，由于其时间相干性短和空间相干性长，能有效地将光耦合进单模光纤。

对于SLED来说，其出射光功率及中心波长会随着驱动电流和管芯温度的漂移而发生变化。为了获得良好的光源性能，SLED管芯的电流和温度控制精度必须达到一定的水平。基于实现输出功率稳定、可靠，输出波长准确的目的，笔者设计了基于MSP430F449单片机的智能数字化SLED控制系统。

SLED特点介绍

系统采用了美国DenseLight公司的DL-CS5029N SLED光源组件，它采用了标准的DIL14脚带尾纤的耦合封装，内置了热敏电阻和制冷器。内置的热敏电阻具有负温度系数，阻值随温度升高而减小，常温下(25℃)阻值为10kΩ。其中，该光源组件的TEC的制冷电压最高为1.8V，制冷电流为0.8A，在设计驱

动电路时注意不要超过这个参数限制。

当光源工作时，温度会升高，这对输出功率影响很大。当输入电流不变时，输出功率随温度的升高而减小，而且温度过高也会影响光源的使用寿命。因此，要想稳定功率，解决驱动电流和温度的问题很重要。SLED的驱动控制多采用恒流控制和制冷器控制，当温度不变时，输出光功率就随电流增加而增加。基于上面这几点特性要求，稳定输出功率的驱动光源电路要从控制驱动电流和制冷器入手，通过稳定电流和温度，间接来稳定输出光功率。

系统结构原理

系统主要实现了恒流驱动及恒温控制等功能。整个系统由单片机控制。单片机采用MSP430系列的F449单片机，它是TI公司推出的超低功耗16位单片

机，尤其适合于小型的嵌入式系统设计。其集成12位ADC和采样保持电路，采样速度快，最高可达200ks/s。系统中，电桥电路对温敏电阻进行电压采样，送入ADC进行转换，再经过内部的PID控制程序，通过DAC2输出一个电压来控制专用的半导体制冷器(TEC)控制芯片，以达到对SLED进行温度控制的目的。恒流功能由DAC1结合恒流源电路来实现。系统原理如图1所示。

恒流源电路设计

系统对恒流源的要求是电流高度稳定，漂移和噪声足够小。采用高精度DAC作为恒压源，再通过V-I转换电路就构成了数字式恒流源，电路原理如图2所示。本系统采用美信公司的12位串行DAC MAX5812结合两个运放组成V-I转换电路。其中，MAX5812与单片

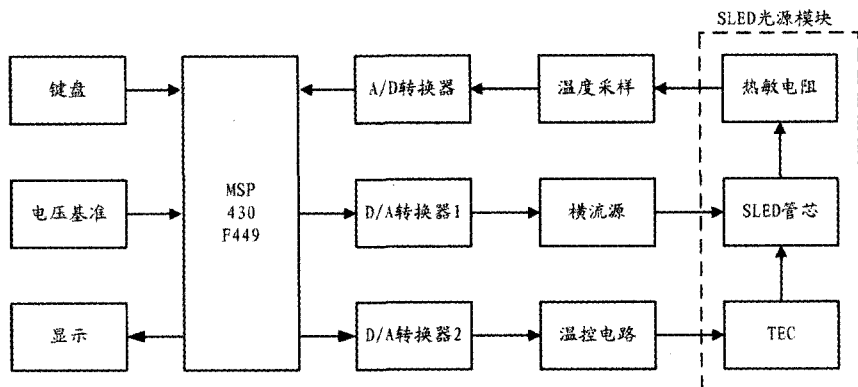


图1 控制系统原理图

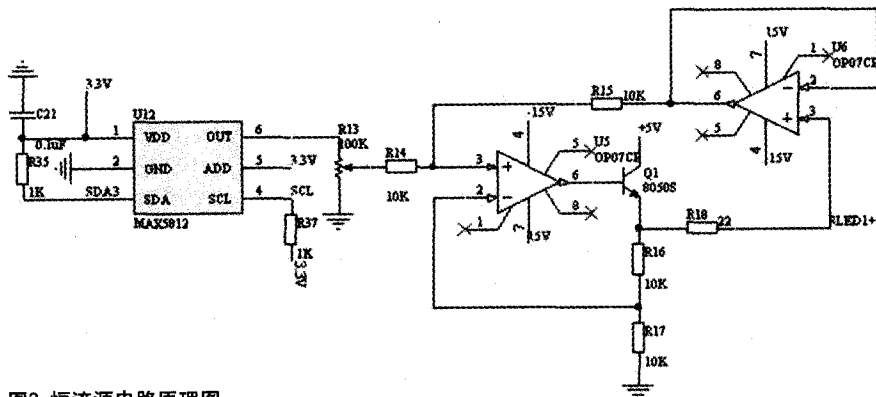


图2 恒流源电路原理图

机的通信采用串行I²C总线，需要注意的是其SDA、SCL管脚在使用时要外接上拉电阻。

该恒流源克服了模拟式恒流源的缺点，可以根据系统需要灵活地改变电流的大小，且其精度与稳定度与DAC精度有关，如果采用更高位数的DAC就可以做成更高精度的恒流源。

温控电路的设计

1 温度采样电路设计

该光源模块组件采用温敏电阻来反映管芯温度，温度采样电路如图3所示。采用电阻桥式电路，后面配合专用的桥式放大芯片和电压调理转换电路，将温敏电阻变化引起的电压变化转化为适合于单片机ADC输入的量程范围内。

电路中桥式放大器采用了美信公司的MAX4194。它是一种低功耗、单电源、满摆幅、精密、增益可调的仪表放大器，非常适合于做桥式放大器使用。但MAX4194的输出电压范围不适合MSP430F449单片机的输出量程，后面还需要加上信号调理电路，将信号调整到0~2.5V的输入电压范围。

MSP430的ADC基准有片内和片外两种。虽然选用片内基准就可以不外接，减小电路的复杂程度，但因为所需的转换精度较高，且片内基准的温度系数较大（ $100 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ），这里选用了精度比较高的片外基准电压源MAX6173。它的输入电压为4.5~40V，输出电压为2.5V，最大温度系数为 $3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，可以达到设计要求。

2 TEC控制电路设计

TEC控制器按输出的工作模式可分成线性和开关两种。传统SLED的温度控制大多采用线性模式的TEC控制器，一个简单的线性驱动TEC电路由两个推挽功率三极管构成，虽然具有电流纹波小且容易设计和制造的优点，但功率效率低，控制精度不高，电路集成度较低，而且存在温度控制“死区”问题。

本系统采用美信公司的

MAX1968，它是一款适用于Pehier TEC模块的开关型驱动芯片，工作于单电源，能够提供±3 A双极性输出，采用直接的电流控制。MAX1968用于设定和稳定TEC的温度，每个加载在MAX1968电流控制输入端的电压对应一个目标温度设定。适当的电流通过TEC将驱动TEC对SLED供热或制冷。SLED的温度由温度采集电路采集后，再经内部单片机运算后反馈给MAX1968，用于调整系统回路和驱动TEC工作。

图4为SLED温度控制电路原理图。在电路中，MAXIP和MAXIN引脚的电压用来控制流过TEC的最大正向和反向驱动电流，MAXIV引脚的电压用来设置TEC的最大驱动电压。通过一个分压电路来实现各个引脚电压的设定，如图4所示。CS和OS1引脚之间的电阻R_{SENSE}用来设置流过TEC的最大工作电流，这里选用了200mΩ的电阻。当V_{CTLI}>1.5V时，MAX1968制冷，反之制热。在实际应用中，根据驱动不同的SLED光源组件，合理设置参数即可。

系统中主控回路采用负反馈，将温度传感器输出的电压与给定电压比较，所得误差值经PID控制算法处理后，经

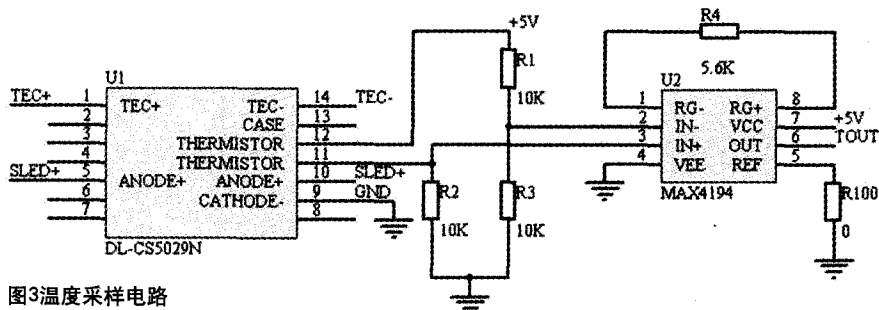


图3 温度采样电路

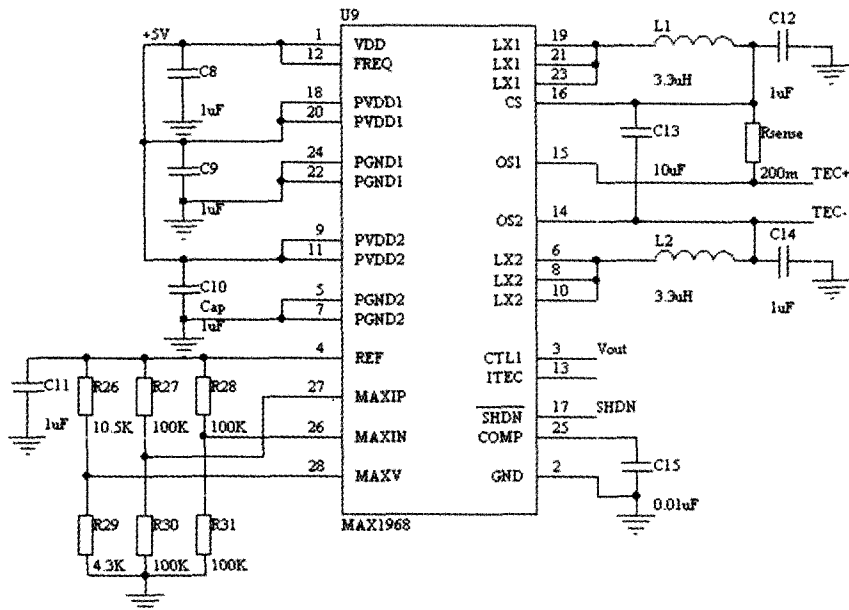


图4 温度控制原理图

过DAC，送入MAX1968，以控制 TEC 上的电压、电流的大小和方向，进而实现制冷或制热。

3 控制方法

在系统中利用单片机作为微控制器，通过ADC、DAC转换和PID算法，输出模拟量给MAX1968的CTLI，以驱动TEC实现对SLED的加热或制冷。这种软硬件结合的方法，大大提高了整个系统的稳定性和精度。

由于PID控制器具有稳态误差小、动态性能好、控制精度高等特点，所以

在温度控制系统中引入数字PID算法，其离散化的表达式为

$$U_i = u_{i-1} + \Delta u_i + P[\Delta e_i + Ie_i + D\Delta^2 e_i]$$

式中， u_i 是第*i*次PID运算输出量，经DAC转换后送给温度控制电路； $e_i = w - y_i$ ， y_i 是第*i*次温度采样值， w 是设定温度下温度采样的理论值； $\Delta e_i = e_i - e_{i-1}$ ， $\Delta^2 e_i = \Delta e_i - \Delta e_{i-1}$ 。

P、I、D分别是PID控制器的比例系数、积分系数和微分系数。通过调节这三个参数，可以使得温控系统处于一个控制快速，准确的工作状态。

键盘和显示电路的设计

键盘采用3键式独立按键，可以实现对PID控制算法三个参数的设置以及报警等功能的设计。由于MSP430的P1口具有中断功能，因此键盘软件的编写采用中断的方式来实现。显示电路采用RT1602C，这是一种能同时显示16×2个字符的液晶，内部存贮有常用的点阵字符图形，方便易用。由于是5V电压操作，而MSP430单片机在3.3V工作，因此采用了一个电平转换芯片SN74LVC4245DB来完成转换。

实验结果

该系统在室温下对功率为0.2m W左右的SLED光源组件DL-CS5029N进行试验，实验结果表明：其稳定度优于0.1%。

结语

采用“数控恒流源+高精度温控”的方案，设计了SLED控制系统，并且在系统内引入了PID控制算法。通过多次试验表明，SLED光源可以显著提高光源出纤光功率的稳定性。数字控制方法是目前比较理想的驱动方案，具有较好的发展前途。

EPC

(上接第67页)

出现问题时可直接切断电池组的输出，这种类型的电路也非常普遍，这里不再赘述。

另外需要说明的是，控制系统里面也含有非易失存储器 and 电池输出探测电路，当探测到保护电路动作的时候，当前的信息将保存到非易失存储器中，以

供日后分析。

总结

多节锂电池组成电池组是现在便携式较大功率设备的必然选择，如何管理和维护这个电池组使其高效长寿命地工作也是摆在电子设计师面前的任务。

本文提供了一个新思路，即采用简单而精确的电路，将复杂的模拟量转化为数字量，从而简化外部电路的设计，把复杂的充电时序控制交给可编程逻辑来处理。这样做不仅非常灵活，精度高，而且还降低了成本。

EPC