

电磁热水器温度控制系统仿真设计

林雄伟, 胡大斌

(海军工程大学 船舶与动力学院, 湖北 武汉 430033)

摘要: 介绍了电磁热水器温度控制系统的设计与仿真实现方案。采用数字式温度传感器 DS18B20 测量水温, 用按键设定所需温度, 数码管显示实际温度与设定温度。当水温低于设定温度时, 单片机驱动加热电路进行加热, 当水温达到设定温度时停止加热。

关键词: 温度控制; 单片机; 数字式温度传感器; Proteus

中图分类号: TP273.1

文献标识码: A

Simulation design of temperature control system in electromagnetic water heater

LIN Xiong Wei, HU Da Bin

(College of Naval Architecture and Power, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

Abstract: The design and simulation realization of temperature control system in electromagnetic water heater is introduced. Water temperature is given by the digital sensor DS18B20, the wanted temperature is set by the button, both temperature are shown by LED. When the water temperature is lower than the wanted temperature, the MCU drives the heating circuit to heat the water. When the water temperature reaches the wanted temperature, then stop heating.

Key words: temperature control; MCU; digital temperature sensor; Proteus

热水器是现代家庭中一种十分重要的家用电器。目前, 常见的电热水器大多采用电热丝加热形式, 这种加热形式不仅效率低而且存在漏电隐患。现在, 基于电磁感应加热原理的、更加节能安全的新型电热水器已经崭露头角。本文所介绍即热式电磁热水器, 要求将初温为 10°C 左右的水加热到 $20^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ (具体温度由用户设定)。文中对其温度控制部分做了初步研究, 并用 Proteus 软件做了仿真实现。

1 电磁热水器的加热原理

根据电磁感应原理, 高频电流通过线圈时产生高频磁场, 将金属导磁材料置于这样的高频磁场, 金属体中会产生无数高速运动的电流回路(即涡流), 涡流产生的巨大的循环能量转换为有效热能, 并将会使金属加热组件迅速升温。这种利用涡流加热的方式在工业与民用方面已获得广泛应用, 其优势是有很高的功率密度, 单位加热面上的功率可达 $0.1\sim 2\text{ kW}/\text{cm}^2$, 加热速度极快, 能在数秒至数十秒内将金属表面加热到 $800^{\circ}\text{C}\sim 1\ 000^{\circ}\text{C}$ 。电磁即热式热水器正是根据这一特性通过电

磁转换传递足够能量, 将加热体的金属导磁材料迅速加热升温, 进而使流经加热体的水迅速升温。

电磁热水器加热主电路主要由 $L-C$ 振荡电路、绝缘栅双极晶体管(IGBT)构成, 如图 1 所示。其原理是: 电网电压 (220 V 、 50 Hz) 经整流、滤波后得到直流电压 U (图 1 中将这部分省略直接给出 U) 并把其加到谐振电路和功率开关管 IGBT 的两端。IGBT 在驱动脉冲信号的作用下处于“导通”和“关断”的工作状态中。

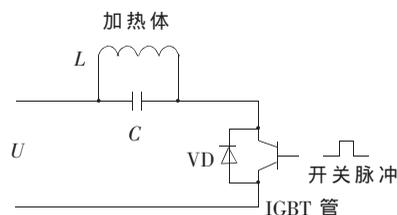
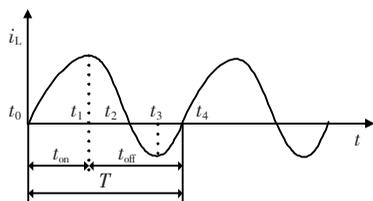


图1 加热主电路简化图

电感 L 中的电流变化如图 2 所示, 并分析^[1]如下:

(1) $t_0\sim t_1$ 时段: t_0 时刻 IGBT 开通, 此时 $U_c=0$, $i_L=0$, VD 关断。 t_0 之后直流电源 U 向线圈 L 充电, 直到 t_1 时刻

图2 电流 i_L 的波形

i_L 上升到最大值。

(2) $t_1 \sim t_2$ 时段: t_1 时刻, i_L 达到最大值, 此时, 关断 IGBT。L 对电容 C 充电, i_L 不断下降。当 i_L 下降到 0, U_c 上升到峰值电压时充电停止, 此时到 t_2 时刻。

(3) $t_2 \sim t_3$ 时段: t_2 时刻, C 开始对 L 放电, i_L 上升, U_c 下降, t_3 时刻 U_c 下降到 0, i_L 上升到反向峰值。

(4) $t_3 \sim t_4$ 时段: t_3 时刻, L 对 C 反向充电, 直到 t_4 时刻 i_L 下降为 0, 开通 IGBT, 开始下一个周期。

功率开关管 IGBT 在高频脉冲信号的作用下, 快速重复上述过程, 就产生了高频电流。

2 温度控制系统的总体组成

温度控制系统的总体组成^[2]如图 3 所示, 由温度检测电路、加热控制电路、数码管显示电路、温度设定电路等组成。



图3 温度控制系统总体组成

2.1 单片机选型

单片机是温度控制系统的核心, 它采集并处理温度数据、控制数码管显示及加热部分的运行。

本系统选用美国 ATMEL 公司生产的 AT89S52 型单片机, 具有低功耗、高性能 CMOS 8 位 Flash ROM。AT89S52 完全兼容传统的 8051 指令系统和引脚; 具有 8 KB 的程序存储空间, 足够存放一般大小的汇编程序; 支持在线编程功能, 可方便地擦写 1000 次左右; 网络资源丰富, 价格低廉, 编译工具多, 仿真环境好。因此在各种控制领域中被广泛应用。

2.2 温度检测电路

目前, 对于温度测量采用较多的是热电阻、热电偶或数字温度传感器。前两者采集的是模拟量, 需要经过 A/D 转换才能送入单片机进行处理。数字温度传感器可直接送出数字量, 省去了 A/D 转换电路。

为了降低电路的复杂程度, 本系统选用数字温度传感器 DS18B20。DS18B20 是美国 DSLLAS 公司生产的单总线数字温度传感器, 具有微型化、低功耗、抗干扰能力强、易匹配处理器等优点。它将温度感测、信号变换、A/D 转换等功能集成到一个芯片上, 采用 TO-92 封装形式, 接口非常简单。DQ 为数字信号输入/输出端; GND 为

电源地; V_{DD} 为电源输入端(在寄生电源接线方式时接地)。DS18B20 主要性能指标^[3]如下: 电压范围: 3~5.5 V (可用数据线供电), 测温范围: $-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$, 通过编程可实现 9~12 位的数字读数方式, 测温分辨率可达 0.0625°C , 可自设定非易失性的报警上下限值。

DS18B20 将温度值以规定的格式转换为数据并存放于内部的一个 9 字节的高速存储器中。当接收到读存储器指令时, 将数据发送给单片机, 用户通过相应的算法, 将数据还原为温度值; 采用单总线数据传输方式, 对读写的数据位有着严格的时序要求。其工作时序包括初始化时序、写时序和读时序。具体操作如下:

(1) 初始化操作。向 DS18B20 的数据线(即 DQ)发送 $480\mu\text{s} \sim 960\mu\text{s}$ 的低电平信号, 再将 DQ 拉高 $15\mu\text{s} \sim 60\mu\text{s}$ 。

(2) 写操作。当数据线从高电平拉至低电平时产生写时隙。从 DQ 的下降沿开始, 在 $15\mu\text{s} \sim 60\mu\text{s}$ 内对 DS18B20 进行写入。数据线为高电平写入 1, 为低电平写入 0, 这即为 1 个写周期。若要开始下一个写周期, 则须有 $1\mu\text{s}$ 以上的高电平恢复期。需要注意的是, 每个写周期都要有 $60\mu\text{s}$ 以上的持续时间。

(3) 读操作。主机将数据线拉低并保持 $1\mu\text{s} \sim 4\mu\text{s}$, 再将其拉高, 就产生读时隙。从数据线下下降沿之后 $15\mu\text{s} \sim 60\mu\text{s}$ 时段内, 主机读取数据。每个读周期最短须持续 $60\mu\text{s}$, 2 个读周期之间须有 $1\mu\text{s}$ 以上的高电平恢复期。

2.3 加热控制电路

单片机产生 PWM 脉冲经放大后驱动 IGBT 管, 在加热体中产生高频电流, 依据电磁感应原理产生热量对水加热, 如图 1 所示。加热体的输出瞬时功率决定于 PWM 周期中高电平的占空比, 占空比小, IGBT 的触发脉冲变窄, 输出功率下降; 占空比大, IGBT 的触发脉冲变宽, 输出功率上升。水温是大时滞性的对象, 在加热管内水温与“设定温度”相等时才停止加热, 但水温不会马上停止上升。因此, 本系统设计水温达到 80%“设定温度”之前时以全功率加热, 水温达到 80%“设定温度”之后加热功率适当减小, 减小的幅度由 PID 算法给出。TO 定时器生成 PWM 脉冲, 其占空比由计算结果确定。

2.4 温度设定与数码管显示电路

为减小电路的复杂程度又能得到良好的效果, 本系统设计“升温”、“降温”两个键对温度进行设定。开机后, 系统默认“设定温度”为 40°C , 并开始工作, 通过按键对“设定温度”进行增减, 达到 $20^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 可调的效果。同时, 对设定温度, 用数码管进行显示。

温度显示部分采用 4 位 7 段数码管显示电路, 数码管选用共阳极数码管, 前 2 位显示实际温度, 后 2 位显示设定温度, 电路连接如图 4 所示。数码管以动态扫描方式显示, 显示数据由 P0 口送出, 位选信号由 P2 口送出。T1 定时器每 4ms 对数码管扫描显示 1 次。

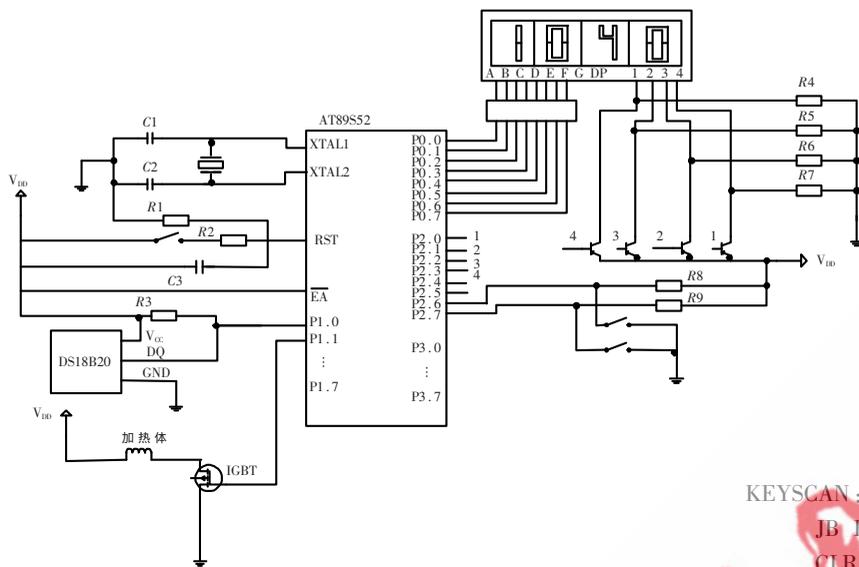


图 4 系统连接图

```

ORG 001BH
JMP T1_INT; T1 中断扫描显示数码管
MAIN:
...
MOV SP,#40 ;设置栈底
LOOP:
LCALL KEYSCAN;扫描按键得到设定温度值
LCALL DS18B20;获取实际温度值
LCALL PID;用设定温度和实际温度运算得出占空比
JMP LOOP
...
    
```

```

KEYSCAN:
JB KEYUP,KEY1;“加热”键被按下(低电平有效)
CLR C
MOV R3,#5
LCALL KEYDELAY;调用消抖程序
...;将设定温度值放入STEMP
DS18B20:
CLR DQ;数据线清零
MOV R6,#250
DJNZ R6,$;延时 500 μs
SETB DQ
...;初始化
WRITE:
MOV R5,#08H
CLR C
WLP:
CLR DQ
RRC A
MOV R6,#06
DJNZ R6,$
...;写入 1 字节指令
    
```

由于篇幅限制,其他代码不再赘述。

3 软件设计

系统软件流程图如图 5 所示,系统程序主要包括主程序、DS18B20 程序、LED 扫描显示程序和 PWM 控制程序。主程序对系统进行初始化、检测键盘输入、调用 DS18B20 程序、PID 计算得到占空比并控制 PWM 输出;DS18B20 程序是根据其特定的要求进行初始化、写操作、读操作、码制转换得到实际水温;定时器 T1 中断,动态显示实际温度与设定温度;定时器 T0 中断以一定的占空比输出 PWM 信号。

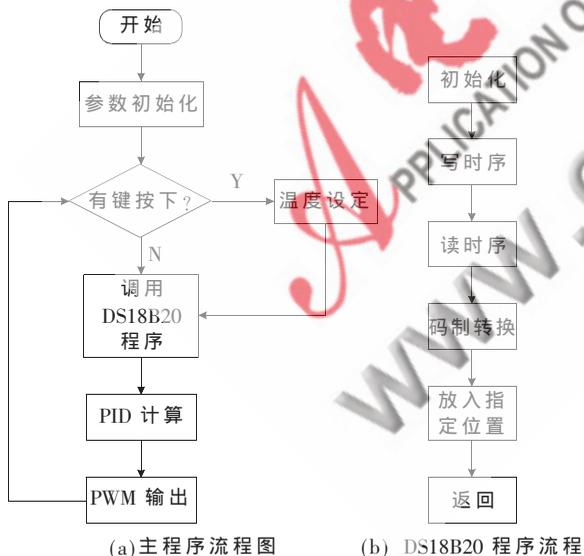


图 5 系统软件流程图

程序部分代码:

```

... ;定义变量、常量和端口等
ORG 0000h
JMP MAIN
ORG 00BH
JMP TO_INT ; T0 中断输出 PWM 脉冲
    
```

4 Proteus 仿真实现

Proteus 软件是英国 Labcenter Electronics 公司开发的电路分析与实物仿真软件,可以仿真、分析多种模拟器件和集成电路,尤其擅长于单片机的仿真与分析,并且可以很方便地与 Keil C51 集成开发。Proteus 还具有 PCB 设计功能,可以在仿真通过后方便地绘制出 PCB 图样、制作 PCB 板,完成硬件实现。Proteus 是一款优秀的单片机仿真与开发软件,它大大提高了效率、节省了开发周期和开发成本^[3]。

本系统在设计时选用 Proteus 进行仿真,各元器件的连接见图 4。将编写的汇编程序在 Keil 环境下编译生成十六进制的 .HEX 文件^[5],然后将其加载到单片机中运行,得到图 4 所示的结果:实际水温为 10℃,设定温度为 40℃系统开始加热。上述各步骤在单片机开发板上也

已经实现。

本文基于单片机和数字式温度传感器 DS18B20 设计了温度控制系统,这是目前温度控制中较为流行的设计思想。本设计方案,缩短了开发周期、降低了开发成本,不失为当前控制系统设计的一条捷径,有着较为广泛的应用价值。

参考文献

[1] 林渭勋.现代电力电子技术[M].北京:机械工业出版社,2006.

[2] 吕小红,周凤星.基于单片机的电阻炉温度控制系统设计[J].微计算机信息,2008,24(6-2).

[3] 陈少航,李山.基于 Proteus 的单片机应用系统的设计与仿真[J].现代电子技术,2007(6).

(收稿日期:2009-12-07)

作者简介:

林雄伟,男,1986年生,在读硕士研究生,主要研究方向:舰船动力装置自动化与仿真技术。

