

模糊控制在电磁电饭煲中的应用

李康茂 孙志峰 浙江大学电气工程学院(310027)

Abstract

In this paper, we recommend emphatically how to utilize the fuzzy control axiom to calculate the amount of the rice and control the temperature in electric rice cooker, accompanied with a simple illustration of the hardware control circuit and the design of the software system.

Keywords: fuzzy variable, electric rice cooker, fuzzy control, membership function

摘要

家用电器是模糊应用最多的领域之一,它们的控制过程一般很难用精确的数学模型来描述,所以对家用电器的控制往往要基于模糊控制,本文着重介绍在电饭煲的应用中,利用模糊控制原理如何来识别煮饭量及进行加热温度控制,同时简单介绍其硬件系统和软件系统的设计。

关键词:模糊变量,电饭煲,模糊控制,隶属函数

本项目是在原来电磁电饭煲的基础上加入模糊控制的环节。要煮出可口的米饭,有三个决定的因素,即米量、水量、温度。其中温度的控制是煮出高质量米饭的关键。模糊控制电饭煲利用“煮饭专家”的技术进行温度调节,实现加工过程中最佳加温曲线的控制,提高了米饭的烹调质量。

1 煮饭的工艺过程分析

模糊控制是综合多种变量,形成一种规范、程式的方式进行系统处理多种变量,从而达到控制的方式。用电饭煲煮饭时,为了达到一种最佳的烧煮效果,可利用模糊控制将诸如米量、水量、加热功率等模糊变量综合加以考虑,区别对待,按一种最佳模式进行烧煮。从烧饭专家的角度来分析煮饭的过程,可以把这个工艺过程分为吸水、加热、沸腾、焖饭、保温等几个阶段。其理想的加热温度曲线如图1所示。

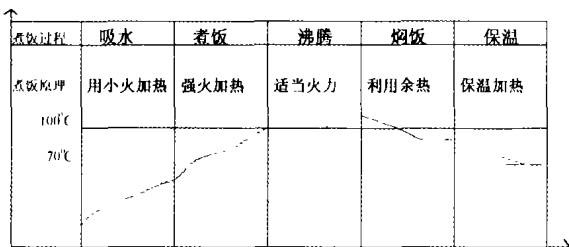


图1 理想煮饭加热温度曲线

从图中可以看出这是个智能化的控制过程,在煮饭过程中,由于煮饭量是影响加热工序的重要因素,而煮饭量又是受室温、初始水温、饭温、电源电压高低、加热器性能、电饭煲的机械误差等众多因素影响的输入量。显然电饭煲的煮饭过程是一个受众多因素影响,不易建立数学模型的控制系统,这种系统采用模糊控制方法是适宜的。

2 模糊控制机理及其实现

2.1 模糊控制电饭煲的结构

模糊电饭煲的结构分为内锅和外锅。以放米的内锅为中心,在其周围分别安置锅底主加热板、锅身电加热丝及锅顶电加热丝。此外,在锅底中心和锅顶出气口分别设置两个温度传感器,其中锅底温度传感器来检测初期水温和内锅温度的上升率,锅顶温度传感器负责检测室温。另外,为了保证电饭煲能够安全、可靠地运行,还设置了相应的保护功能。

2.1.1 电饭煲模糊控制系统及其实现

根据对煮饭工艺过程的分析 and 模糊控制的基本原理,可得

出系统中有两个模糊推理过程如图2所示。

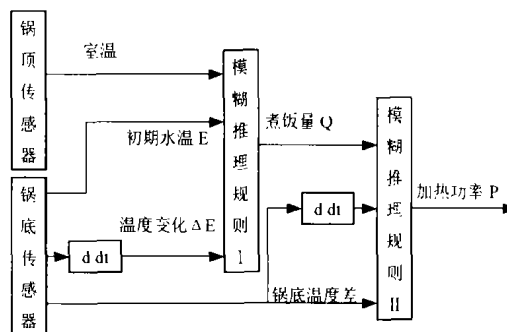


图2 确定加热功率的模糊推理框图

模糊推理 I: 以锅顶和锅底温度传感器提供的信息作为输入量,通过模糊推理自动判断出煮饭量 Q。

模糊推理 II: 以煮饭量 Q、锅底温度及其变化率为输入量,通过模糊推理给出加热功率的控制决策。

2.1.2 煮饭量 Q 的模糊推理法则

因为影响煮饭量 Q 的因素众多,所以对于煮饭量的自动检测是利用温度传感器给出的水温信号,利用模糊逻辑推理,组成检测煮饭量的软传感器。其温度传感器的结构框图如图3所示。

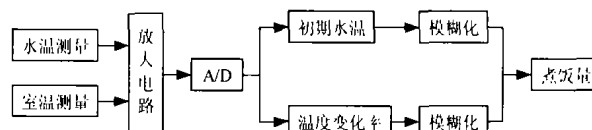


图3 模糊推理煮饭量的传感器结构框图

煮饭量的模糊推理是在吸水阶段开始进行的,由锅顶的温度传感器测出室温,锅底温度传感器测出初期水温并存入数字化单片机中。经过放大电路和 A/D 转换环节,根据初期水温及其温度变化率,利用模糊推理来判定煮饭量。

2.1.3 定义各模糊变量的模糊子集及隶属函数

(1) 初期水温 E 的模糊化

实际的输入变量(初期水温 E,温差变化率 ΔE)都是连续变化的量,通过模糊化处理,把实际范围内的连续量离散为 $[-3, +3]$ 之间有限个整数值,在这里将初期水温的基本论域分为 7 档,即 $[-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3]$,且定义很小、小、中、大、很大为初期水温 E 变量所对应的五个模糊子集。其模糊特性应该用相应的隶属函数来表示,根据实验研究,上述模糊变量的隶属函数如图4所示,对应的变量赋值表如表1。

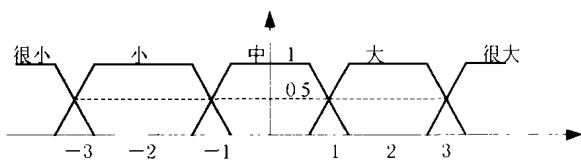


图4 鍋頂鍋底溫差的隶属度函数曲线

表1 模糊变量Y1的赋值表

量化等级	-3	-2	-1	0	1	2	3
很小	1	0	0	0	0	0	0
小	0.5	1	0.5	0	0	0	0
中	0	0	0.5	1	0.5	0	0
大	0	0	0	0	0.5	1	0.5
很大	0	0	0	0	0	0	1

(2) 温差变化率 ΔE 的模糊化

根据以上的分析, 温差变化率 ΔE 的隶属函数及对应模糊变量 Y2 赋值表可分如图 5 和表 2 所示。

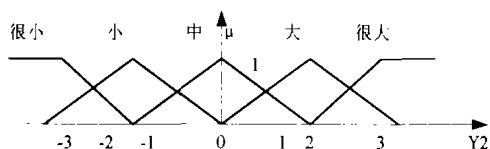


图5 温差变化率的隶属度函数曲线

表2 模糊变量Y2的赋值表

量化等级	-3	-2	-1	0	1	2	3
很小	1	0.25	0	0	0	0	0
小	0	0.75	1	0	0	0	0
中	0	0	0	1	0.25	0	0
大	0	0	0	0	0.75	1	0
很大	0	0	0	0	0	0	1

(3) 煮饭量 Q 的模糊化

设定煮饭量的基本论域为 [0.5kg, 5kg], 将其转化为整数论域 Y3, 将 Y3 分成 -3~3 7 个档次, 对应的模糊子集定义为很小、小、中、大、很大。根据实验研究, 其隶属函数曲线及模糊变量 Y3 的赋值表可分别由图 5 和表 2 来表示。

2.1.4 模糊控制规则的形成

模糊推理的规则一般由实验分析和经验得出, 在电饭煲模糊控制过程中, 如在室温和初期水温一定的条件下, 煮饭量越大, 加热过程越慢, 锅顶温度传感器所反映的室温与锅底温度传感器所反映的米温, 两者差值就越大, 且锅底温度变化率也小。按此分析有 25 条控制规则如表 3 所示。

表3 模糊控制规则表

ΔE \ Q	量化等级				
	很大	大	中	小	很小
很小	很小	很小	小	中	中
小	很小	小	小	中	中
中	小	中	中	中	大
大	中	中	大	很大	大
很大	小	中	大	大	大

根据模糊推理和模糊控制规则, 可求出其对应的模糊关系 $R = R1 \vee R2 \vee R3 \dots \vee R25$

其中任意的 $Ri = (Y1i \times Y2i) \times Y3i$ 为第 i 条控制规则对应的模糊关系矩阵。

当输入为 $Y1'$ 和 $Y2'$ 时, 根据最大隶属函数原则, 按以下合成算法可求出输出控制量 $Y3'$, 即推测出煮饭量 Q。

$$Y3' = (Y1' \times Y2') \cdot R$$

由合成运算离线生成煮饭量 Q 的控制查询表, 生成的查询

表作为“文件”存储在单片机中。当进行实时控制时, 便根据输入的信息, 从“文件”中查询所需采取的控制策略。

在这里注意在系统的模糊控制过程中, 煮饭量的推算通常是在吸水阶段升高到加热阶段进行, 如果用户用热锅或者热水煮饭时, 由于起始温度较高, 而且锅内初始时存储的热能不同, 在这种情况下, 煮饭量的推算往往会出错, 影响米饭的质量。为此必须使控制系统具有对各种米量的自适应和自动校正功能, 当米量识别可能出错的某些情况下, 能自动识别和适用过来, 以实现对各种米量的正确控制。因此除了在吸水阶段和加热阶段进行米量识别之外, 在整个煮饭过程中都要根据各个阶段的温度特征, 对米量进行适时跟踪和纠正, 并及时调整控制过程, 实现系统对米量的自适应控制。

2.2 加热功率 P 的模糊推理法则

在模糊推理中, 根据实测温度 T_{Δ} 和温度变化 TA_1 与查表数据进行比较, 求出温度偏差 E_1 和温度变化偏差 E_3 。本系统采用相位角控温法, 输出为双向晶闸管的控制角。通过改变双向晶闸管的控制角, 可以改变加热元器件上的有效电压, 从而改变热元件的加热功率。随着控制角 α 在 $0 \sim \pi$ 之间变化, 热元件两端的电压在额定电压 ~ 0 之间变动, 这样热元件的加热功率便会控制在给定的有效范围内。具体的模糊推理过程与前述内容类似, 这里不再赘述。

3 硬件系统的设计

系统选用以低成本、功耗小、性能良好的 8 位 A/D 型 HT46x22 单片机为控制核心的控制电路。其主要特性如下:

- 工作电压: $F_{sys} = 4MHz; 2.2 \sim 5.5V$
 $F_{sys} = 8MHz; 3.3 \sim 5.5V$
- 最多有 19 个双向输入/输出口
- 8 位可编程定时/计数器, 具有溢出中断和 7 级预分频器
- 内置晶体和 RC 振荡电路
- 看门狗定时器
- 2048X 14 程序存储器 ROM
- 64 X 8 数据存储器 RAM
- 在 $VDD = 5V$, 系统频率为 8MHz 时, 指令周期为 $0.5\mu s$
- 8 通道 9 位解析度 (8 位精度) 的 A/D 转换器
- 指令执行时间为 1 或 2 个指令周期

当通电后, 系统进入待机状态, 此时接受用户的功能选择, 用户按下确定键后, MCU 开始对温度进行监测, 对各种功能进行相应的加热控制。电饭煲硬件系统的结构框图如图 6。

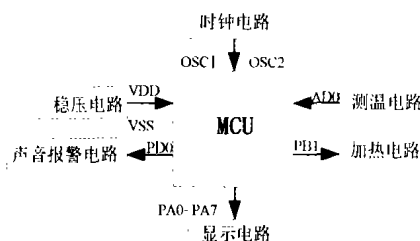


图6 硬件系统的结构框图

硬件电路的组成部分如下:

1) MCU。MCU 是电饭煲的核心部分, 主要完成数据采集、输入、处理、输出、显示等功能。

2) 测温元件。测温元件是准确检测温度的关键, 采用负温度系数的热敏电阻 R_t , 由于热敏电阻值的变化与温度的变化是非线性关系, 为了提高温度的测量分辨率和系统的抗干扰性能, 采用如图 7 所示的设计电路。

结构,它为不同厂家的 VXI 模块提供完全的兼容性。我们的仪器驱动程序是在 Agilent VISA I/O 库上编写的,符合 VXI 总线软件规范。

在系统中,仪器驱动程序需要驱动数据采集卡和时钟发生器这两个寄存器基 VXI 器件。寄存器基器件的控制和通信主要是读写其寄存器,其驱动程序实质就是将上层应用程序调用转化为一组寄存器读写。而寄存器的读写可以直接调用 VISA I/O 库函数。

每个 VXI 寄存器基器件都有一组基本配置寄存器,用来识别器件的类型、型号、生产厂家、地址空间与所要求的存储器空间。下面这段程序说明了如何读取数据采集卡的 ID 寄存器和器件类型寄存器:

```
#include <visa.h>
#include <stdlib.h>
ViSession defaultRM, dmm;
unsigned short id_reg, devtype_reg;
/* 打开缺省的资源管理器 */
viOpenDefaultRM (&defaultRM);
/* 打开逻辑地址为 24 的数据采集卡 */
viOpen (defaultRM, "VXI0::24::INSTR", VI_NULL,VI_NULL,
&dmm);
/* 读取 ID 寄存器(偏移地址为 0x00)的内容 */
viIn16 (dmm, VI_A16_SPACE, 0x00, &id_reg);
/* 读取器件类型寄存器(偏移地址为 0x02)的内容 */
viIn16 (dmm, VI_A16_SPACE, 0x02, &devtype_reg);
viClose (dmm);
viClose (defaultRM);
```

由于寄存器基器件完全是在直接硬件控制这一层次上进行通信的,因此其速度快、效率高,非常适合吞吐量大的数据采集系统。

整个软件系统实现以下功能:

1)设置数据采集的感兴趣区(图像大小)、连续采样帧数、时钟源和点时钟频率。该功能主要是通过写时钟发生器相关寄存器

使其输出合适的点时钟信号、场同步和行同步信号实现的。

2)设置模拟信号输入级程控运放的增益和调节模拟信号的偏移量。该功能是通过设置数据采集卡的相关寄存器实现的。

3)读取采集数据。该功能通过读取数据采集卡上 RAM 实现。

4)数据存储。数据文件的开始是一个数据结构 DATA_HEADER,原始数据紧跟在该数据结构之后。

```
struct DATA_HEADER
{ char Title[8]; //数据文件标记符:"VXI-DATA"
long nFrames; //图像帧数
long x; //图像阵列行数
long y; //图像阵列列数
long reserved; //预留
}
```

5)显示系统工作状态。该功能通过读取各个 VXI 设备的状态寄存器实现。

3 结束语

我们借助于 Agilent 公司的 VXI 机箱和零槽控制器,加上自己设计的数据采集卡和时钟发生器,构建了这套数据采集系统。系统中的数据采集卡是寄存器基的 VXI 器件,具备数据传输快的优点;另外,VXI 模块化的结构便于多通道的集成,适用于大规模数据采集系统的建立。软件开发利用了 NI 公司的 LabWindows/CVI 集成开发环境和 Agilent VISA I/O 库,软件编制周期不长,开发的软件符合 VPP 联盟制定的 VXI 总线软件规范。

参考文献

- 1 Agilent.Agilent E8491B Data Sheet[M],2001
- 2 National Instruments.Getting Started with LabWindows/CVI[M], 2004
- 3 陈光禹.VXI 总线测试平台技术.成都:电子科技大学出版社[M],1996
- 4 VXI Plug&Play System Alliance.VPP-3.1:Instrument Drivers Architecture and Design Specification[S],1998

[收稿日期:2004.11.24]

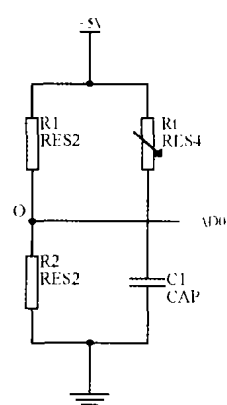


图7 测温电路

(上接第9页)

3)加热执行电路:MCU 通过 PB1 输出方波控制信号,通过电容耦合、整流后送到三极管的基极,放大后接双向晶闸管的触发段,通过移相方式输出控制角来触发双向晶闸管,以驱动锅底和锅顶的电加热丝对电饭煲进行加热。方波信号是 MCU 正常工作时才可输出的,当单片机死机时,不可能输出方波信号,电加热丝就可停止对电饭煲的加热,从而确保系统的安全性。

4)报警电路:MCU 通过 PD0 输出方波信号,通过三极管放大,驱动交流蜂鸣器发出声音报警。

5)显示电路。显示电路用分时扫描方式输出,三个公共口七个显示段,形成 3X7 显示输出。当扫描按键时,将全部显示关掉,并把以按键相连的 I/O 口作为输入口,当扫描结束后再改为输出口。

6)时钟电路。时钟电源电路用于提供 MCU 工作所需要的时钟和电源。

4 软件系统设计

模糊电饭煲的软件控制系统比较复杂,它主要由主程序和若干个功能子程序组成。我们采取的是模块化的程序设计思想,以减少程序的容量,提高其容错性。主程序负责对各个子程序的调度管理,子程序主要由快速煮饭子程序、慢速煮饭子程序、保温子程序组成。另外还有一些小的子程序模块,如实时时钟处理、A/D 转换、数字滤波、工程量转换、键盘扫描显示等。这里由于篇幅限制,故不作详细介绍。

5 结束语

由于电饭煲采用了模糊逻辑控制,模仿人的思维方式,又结合准确的条件判断,能准确检测到电饭煲内的水是否已经烧干,准确切断加热电源,使得煮出的米饭松软、不烧焦。在模糊逻辑控制的基础上,再加上时间控制功能,使电饭煲具有预约定时煮饭、煲汤、煲粥等功能。

参考文献

- 1 刘曙光,魏俊民,竺志超.模糊控制技术.北京:中国纺织出版社,2001
- 2 余永权.单片机模糊逻辑控制.北京:北京航空航天大学出版社,1995
- 3 黄布毅.模糊控制技术在家用电器中的应用.北京:中国轻工业出版社,1998

[收稿日期:2004.10.13]