

# 智能坐便器嵌入式控制系统设计与实现

顾东袁,杨东勇,徐杨法,周 晓,王卫红

GU Dong-yuan, YANG Dong-yong, XU Yang-fa, ZHOU Xiao, WANG Wei-hong

浙江工业大学 软件学院, 杭州 310023

College of Software, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China

E-mail: starsky98@163.com

GU Dong-yuan, YANG Dong-yong, XU Yang-fa, et al. Design and implementation of control system for intelligent closetool. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(31): 98-101.

**Abstract:** A control system for intelligent closetool with functions of auto open and close, antifouling and deodorization, cleaning, rubdown, intelligent storage and memory is designed. The hardware and software are implemented on AVR MCU. The developed control system had been applied in a class of closetool products.

**Key words:** intelligent closetool; embedded system; step-motor; AVR

**摘 要:** 设计了具有自动翻盖、防污除臭、温水清洗、智能存储及记忆等功能的智能坐便器控制系统;以 AVR MCU 为主控器,进行了控制系统的硬件和软件实现。所设计开发的控制系统已经应用于实际产品中。

**关键词:** 智能坐便器;嵌入式系统;步进电机;AVR

**DOI:** 10.3778/j.issn.1002-8331.2008.31.028 **文章编号:** 1002-8331(2008)31-0098-04 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP368.2

## 1 引言

智能座便器便具有智能化、人性化、卫生、环保及舒适等优点,已成为不少家庭、高档宾馆必备的卫生洁具。目前国内市场上高档的智能化坐便器产品主要是进口产品。这些产品不但价格昂贵,而且水压等一些参数的设计不合国情。

采用嵌入式微处理器、多传感器、机电一体化等多种先进技术,设计开发智能坐便器的控制系统。该系统具有自动翻盖、防污除臭、温水清洗、暖风烘干、座圈加温、智能存储及记忆等功能。清洗喷管可以自动伸缩和自动清洗自洁,自动控制发泡水柱及七孔柔软水花喷淋洗净。所研发的系统在静音、节水、环保等方面达到国家卫生洁具相关标准的要求。

## 2 控制系统的硬件设计

### 2.1 控制系统的功能与工作流程

智能坐便器采用微处理器控制,具有温热坐圈、温水自动清洗、热风烘干、自动除臭、记忆恢复等多种功能;还具有水温过热、坐温过热两级冗余保护及保障安全使用的漏电保护等功能,如图 1 所示。

其中清洗过程中的增压功能通过开启水泵实现水势强度增强;按摩功能则通过水泵周期性的开停实现水势强弱的变化。智能记忆恢复功能保证系统工作期间自动识别和记忆系统的功能设定,在重新启动后,能够恢复系统前一次的功能设定。

智能坐便器系统的工作流程如图 2 所示。

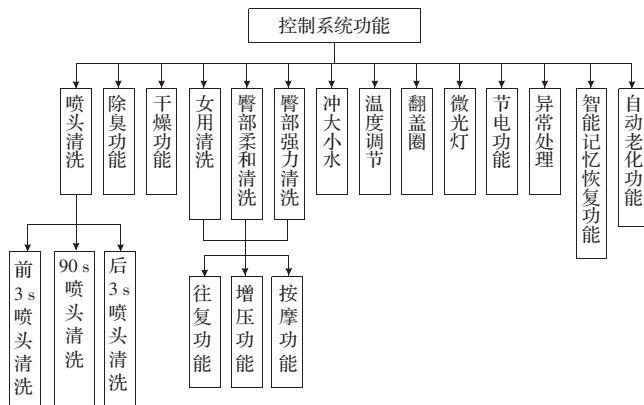


图1 智能坐便器控制系统的功能

### 2.2 智能坐便器控制系统硬件设计

整个控制系统由主控系统和遥控器系统两大组成。主控系统以 ATmega64L 微处理器为核心,配合相应的外围驱动电路,通过实时采集各种传感器信号、键盘输入及遥控器信息等,实现对外围设备的控制和交互,包括步进电机、电磁阀、加热装置(风温加热、水温加热、座温加热)、除臭风机的控制及功能设定指示灯、照明微光灯的显示。遥控器系统采用合泰的 HT49R30 作为控制芯片,主要负责遥控器中自动翻盖圈、臀部清洗、女用清洗、STOP 等功能设定按键的信息编码,采用红外方式实现与主机的通信,同时相应按键状态信息在 LCD 液晶屏中显示。主

### 2.3 控制系统的主要硬件电路



### 2.3.1 主控系统电路

控制系统实时采集各路传感器信息,对采集到的信息进行处理后控制外围驱动电路,即控制外围设备的工作。根据实际功能与性能的需要、考虑芯片的性价比等,控制芯片选用美国 ATMEAG 公司的高速 AVR 微处理器 ATmega64L。这是一款基于 AVR RISC 结构的 8 位低功耗 CMOS 微控制器<sup>[1]</sup>,采用哈佛结构,所有的寄存器都直接与算术逻辑单元(ALU)相连接,使得一条指令可以在一个时钟周期内同时访问两个独立的寄存器。这种结构大大提高了代码效率,数据吞吐率高达 1 MIPS/MHz。ATmega64L 内部有 32 个 8 位通用工作寄存器,53 个通用 I/O 口,内置 64 KB 的在线可编程 Flash,2 KB 的 EEPROM,4 KB 的内部 SRAM,4 个具有比较模式与 PWM 的定时器/计数器(T/C),8 路 10 位具有可选差分输入级可编程增益的 ADC,可用于访问片上调试系统及编程的 JTAG 接口,具有片内振荡器的可编程看门狗定时器等。

### 2.3.2 遥控器电路

遥控器电路主要完成自动翻盖、STOP 等按键信息的扫描及编码,相应按键状态信息须在 LCD 液晶屏中显示。选用合泰 HT49R30 作为 LCD 驱动控制芯片,它是 8 位的高性能、高效益的 RISC 结构单片机<sup>[2]</sup>,具有 2 K×14 的程序存储器,具有 19×2,19×3,18×4 格式的像素驱动能力,为 LCD 显示的数据信息提供专用的数据存储器,具有内部 LCD 信号电路及多种掩膜选项,可以自动产生时间与增益可变的信号直接驱动 LCD,与用户 LCD 的接口连接也相当容易。同时还提供了如暂停、唤醒功能等特殊功能。

### 2.3.3 外围驱动电路

外围驱动电路主要完成外围设备的驱动控制,核心电路包括了单极性、双极性步进电机驱动,安全保护电路。

步进电机驱动: 智能坐便器控制系统中的管路分配电机、往复电机、自动放水电机使用单极性步进电机, 其运行方式为四相八拍。均采用 H 桥驱动电路, 通过 4 个 I/O 引脚控制。根据



实际运用,同时为了提高系统效率和降低功耗,翻盖圈装置使用两个双极性步进电机控制,运行方式为二相八拍。驱动电路采用 L297+L298 的集成电路,利用 ATmega64L 内部定时器/计数器 T/C1 所产生的 PWM 信号,作为步进电机的驱动信号,通过两个 I/O 引脚控制步进电机的转动方向和使能。双极性步进电机驱动电路如图 4 所示。图中 8 个二极管作为限流保护,采用 BYW56C 型快速恢复二极管。调整 R24、R25 的阻值,可决定流过电机绕组的最大电流值,从而决定步进电机转动的力矩大小,避免在翻盖圈过程中由于力矩不够而导致电机失步。

**安全保护电路:**由漏电保护装置、水温过热保护装置、风温过热保护装置及恒温控制器等组成。漏电保护在漏电流达到 21 mA 时,能够迅速切断电源;水温过热保护由微处理器控制温度,在控制失效时候,通过如图 5 的水温过热检测电路,采集 35 脚的电平,来判断磁控温敏保护器的双触点是否融化粘合,微处理器可通过 34 脚使继电器处于断开状态,切断电源;风温过热保护通过双金属温控器,在内部发热达到 90℃时自行熔断,如其失效后,通过第二道保护温度熔断丝熔断并自行切断加热电源。

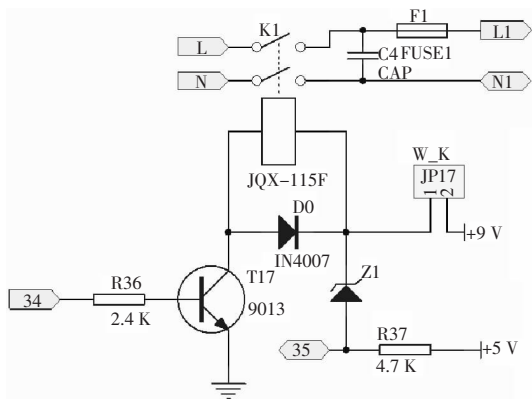


图 5 水温过热检测电路

### 3 控制系统软件设计

考虑到系统可移植性、可维护性、可扩展性,主控系统软件采用 C 语言编写,使用 WinAVR 的 GCC 编译器,ATMEL AVR Studio 集成开发环境(IDE)作为 JTAG 调试、仿真。

控制系统软件采用模块化设计思想,主要包括主程序、状态采集处理程序、设备驱动控制程序、温度调节程序、红外通信程序、异常处理程序和自动老化程序。主程序按预定优先级顺序调用各模块程序实现系统的控制功能,主程序流程如图 6 所示。初始化工作首先完成 I/O、定时器、A/D 等的 MCU 初始化,等待主机 Power 按键启用,启用后读取保存在 EEPROM 中的系统设置信息完成系统初始化工作(包括放水装置找零位、管路分配器找零位、往复装置初始位置设定等)。

#### (1) 状态采集处理程序

采用定时扫描方法,每隔 5 ms 轮询检查按键输入、红外接收信息、霍尔传感器等,根据采集到的数据经过一定逻辑处理后转换成设备的控制标志。

#### (2) 设备驱动控制程序

负责外围各个装置的控制,主要包括 3 个单极性步进电机、2 个双极性步进电机的控制,除臭装置、干燥、电磁阀装置

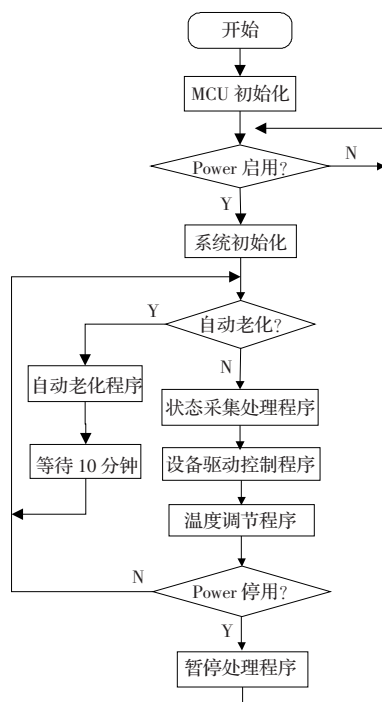


图 6 主控程序流程图

的控制,指示灯、微光灯控制等。在翻圈盖步进电机的控制中,通过 T/C1 调制出 PWM 输出,作为步进电机的控制时序脉冲,同时利用 T/C0 溢出中断连续采集翻圈盖过程中精密电位器的数值,实现翻圈盖的动态保护。清洗装置的控制程序需实现各种清洗动作、往复、增压、按摩的功能,按摩较增压具有较高的优先级别。其程序流程如图 7 所示。

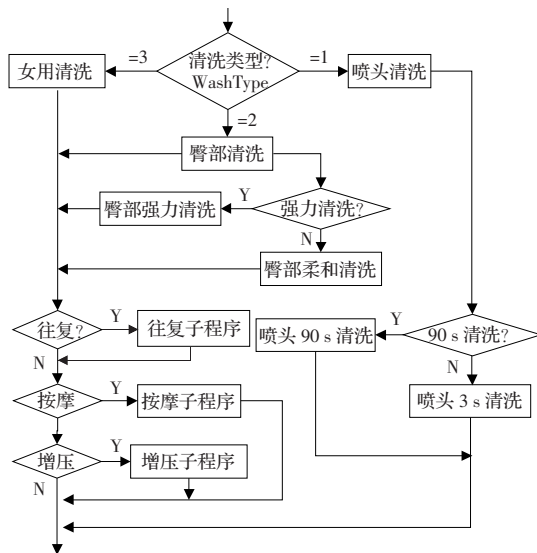


图 7 清洗装置控制程序流程图

#### (3) 温度调节程序

通过采集 DS18B20 传感器的数据实现水温、座圈温度、风温的调节。通过 1-Wire 协议访问 DS18B20,其处理顺序为:初始化、ROM 操作命令、存储器操作命令、处理/数据。

#### (4) 红外通信程序

通过外部中断 INT2 实现红外遥控器按键信息的接收并将信息解码,转换成控制状态信息。通过软件实现中断的嵌套访

问,将红外接收的外部中断设置成具有最高优先级。根据需求制定了遥控器和主控系统的通信协议,分为引导码、识别码、状态码、控制码 4 个部分。解码程序判断 INT2 中断的触发类型,下降沿触发即可判定为编码“1”,上升沿触发即可判定为编码“0”。在接收过程中,连续尝试接收 3 次,唯有两次接收数据相同才判定正确接收。红外接收程序流程如图 8 所示。

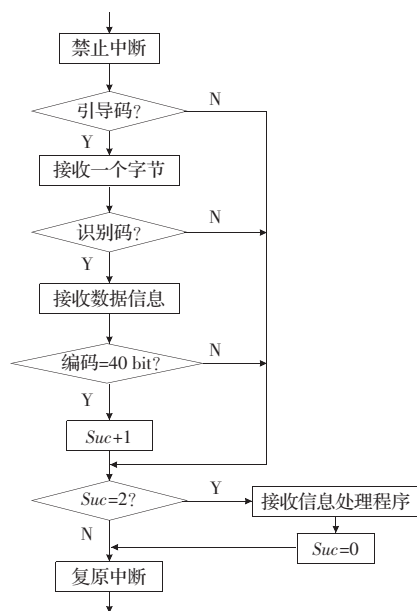


图 8 红外接收处理程序

遥控器软件包括了主程序、信号编码和发送程序、键盘处理程序、LCD 显示程序等几个部分。

遥控器部分软件使用汇编语言编写,使用盛群公司的 8 位 MCU 应用程序的集成开发环境。HT-IDE (Holtek Integrated Development Environment)是一个具有高效能,提供实时仿真和强有力的出错和跟踪功能,具有暂停、唤醒等特殊功能,可仿真 LCD 面板动作。

## 4 控制系统的调试

本控制系统利用 AVR Studio 的仿真调试和 AVR 强大的 JTAG 在线调试功能,综合运用单步、断点执行等进行控制系统的软硬件调试。

对于盖圈运动过程中的动态保护,调试过程中发现由于其装置齿轮之间的间隙过大及传感器安装位置的原因,在达到保护的时间内盖圈的齿轮组已经发生跳齿现象,无法实现动态保护效果。通过减少装置齿轮组的配合间隙,将传感器安装位置由原先的电机转轴处调整到圈盖转轴处,同时对 ATmega64 的 ADC 相关引脚加入 LC 和 RC 滤波电路,对读入的模拟数据进

行数字滤波等处理,提高数值转换精度。通过该方法能够达到在盖圈运动过程中,遇到拉、推盖圈时,电机自动转入停止运行状态,实现了对盖圈运动的动态保护。

在涉及电磁阀、水泵和管路分配器的控制中,必须注意各自打开的顺序,否则可能装置无法正常工作。管路分配器转到位后打开电磁阀,防止水压过大,管路分配电机力矩不够而失步;电磁阀打开后延迟几秒后启动水泵,防止水泵吸力过大而导致阀心不动作。

系统中多处用到对时序要求较高的 DS18B20 传感器、精确的时间定时等,需将编译器的优化级别设为 -O3,提高定时精度,同时优化代码大小。但必须注意有些全局变量需要使用 volatile 声明,程序结构的书写也需特别注意,防止某些语句在优化过程中丢失。对于 DS18B20 传感器的操作过程中,特别要注意初始化的时序关系,如图 9 所示。

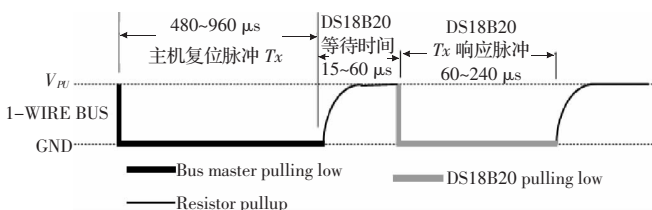


图 9 DS18B20 初始化时序

## 5 结束语

本系统的创新点在于通过精密的机械结构设计和控制系统的协作巧妙的实现了翻圈盖动作中的动态保护;选用多种步进电机的控制方式,实现了电机运行过程中力矩、噪声和精确定位,同时有效的降低了生产成本。

采用 ATmega64L 芯片设计开发了智能坐便器控制系统,目前已经应用于实际的智能坐便器产品中。系统具有智能度高、节电、环保等特点,功能上达到目前市场上同类产品的先进水平。

## 参考文献:

- [1] Atmel Corporation. ATmega64/ATmega64L datasheet [M]. USA: Atmel Corporation, 2003.
- [2] DS18B20 datasheet[EB/OL].[2007].http://www.dallascvb.com.
- [3] HT19R30A-1 LCD 型单片机使用手册[M].盛群半导体股份公司, 2006.
- [4] 沈文. AVR 单片机 C 语言开发入门指导[M].北京:清华大学出版社, 2003.
- [5] 耿德耿,宋建国,马潮,等. AVR 高速嵌入式单片机原理与应用:修订版[M].北京:北京航空航天大学出版社, 2002.