

基于 MQX 实时操作系统的智能家居系统*

周广涛^{1,2}, 裘 君^{2*}

(1. 太原科技大学 电子信息工程学院, 山西 太原 030024;

2. 浙江大学宁波理工学院 信息学院, 浙江 宁波 315100)

摘要:针对在传统的以单片机为核心的智能家居系统开发过程中,存在“程序陷入死循环后耗时分析”等问题,将嵌入式实时操作系统应用到智能家居中。在分析了多种实时操作系统之后,提出了一种基于 MQX 实时操作系统的智能家居系统实现方案。该方案以飞思卡尔 32 位单片机 MK60DN512VLQ10 为硬件平台,结合 MQX 实时操作系统的实时性,实现了对家居环境温湿度、光照强度和常见燃气浓度等状况的实时数据采集,同时基于 LabVIEW 软件开发的上位机控制平台程序,实现了数据的实时监控。在搭建的实验平台上对系统进行了测试。测试结果表明,系统运行稳定、数据采集准确、对嵌入式实时操作系统应用到智能家居系统中的课题具有探索意义。

关键词:智能家居;MQX 实时操作系统;LabVIEW

中图分类号:TP273

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2013)11-1435-06

Smart home system based on MQX real-time operating system

ZHOU Guang-tao^{1,2}, QIU Jun²

(1. School of Electronic Information Engineering, Taiyuan University of Science and

Technology, Taiyuan 030024, China; 2. School of Electronic Information Engineering, Zhejiang University Ningbo Institute of Technology, Ningbo 315100, China)

Abstract: Aiming at the problems of the development in traditional smart home system based on single-chip microcomputer always falling in a dead cycle, which is the time-consuming analysis, thus embedded real-time OS was applied to smart home. After the analysis of varieties real-time OS, an implementation scheme of smart home system based on MQX real-time OS was presented. The scheme, which was realized on the platform of Freescale 32-bit microcontroller MK60DN512VLQ10 hardware and combined with MQX Real-Time OS, was implemented with the acquisition of temperature, humidity, light intensity and the concentration of common gas. At the same time, the LabVIEW software was used for PC control platform program to realize data real-time monitoring. At last, the system was tested on the experiment platform. The results indicate that the system runs stably, collects data accurately and has exploring significance for embedded real-time OS applied to smart home system.

Key words: smart home system; MQX real-time OS; LabVIEW

0 引 言

随着计算机技术的发展,嵌入式技术的应用越来越广泛,工业控制、家用电器、医学检验、网络设备、智能开关、汽车制造、航空航天—特别是嵌入式操作系统

的应用被结合到人类的生活起居中,用于实现集系统、结构、服务、管理为一体的高效、舒适、安全、便利、环保的居住环境^[1]。

在分析和比较现有实时操作系统的基础上,本研究提出一种基于 MQX 实时操作系统、以 MK60DN512VLQ10

收稿日期:2013-07-05

基金项目:浙江省自然科学基金资助项目(LY12F03021);宁波自然科学基金资助项目(2011A610128)

作者简介:周广涛(1988-),男,山东临沂人,主要从事嵌入式操作系统方面的研究. E-mail:zgt1209@163.com

通信联系人:裘 君,男,副教授,硕士生导师. E-mail:qiujunnb@zju.edu.cn

为硬件核心的智能家居系统实现方案,该系统可实现温湿度检测、光敏检测、电机控制窗帘、常见燃气浓度检测、LCD 显示、串口通信和 GPRS 短信报警等功能,并且可以通过基于 LabVIEW 开发的上位机控制平台对智能家居系统进行实时监控。

该系统是基于 MQX 实时操作系统设计的。MQX 是飞思卡尔旗下众多 MCU 及 MPU 上使用的实时操作系统(RTOS),支持多核、多任务、以优先级为基础的抢占式和轮询调度、具备内存管理、执行期间错误侦测、信息传递、信号量等一系列功能。与目前已有的诸如 $\mu\text{C}/\text{OS}$ 、FreeRTOS 等其他实时系统相比,MQX 还提供了免费的 TCP/IP 协议栈(RTCS)、USB 协议栈和文件系统(MFS),可大大降低产品设计难度,缩短开发时间^[2]。MQX 是一个公开源码、可移植性强的多任务 RTOS,是应用任务程序的开发平台,通过基于时间片的任务调度能很好地协调系统中所有任务的运行,实现宏观任务并发处理。与传统的前后台编程模式相比,能使 CPU 效率得到最大发挥,使系统具有实时性、可靠性和可维护性。

1 系统设计

整个系统由 3 部分组成:硬件层、操作系统层和应用软件层。K60 通过内部 A/D 模块实时采集光照强度和常见燃气浓度、通过 SPI 单总线实时采集温湿度等现场数据,然后进行数据处理和运算,将处理后的数

据作为输入信号,上传到上位机实时显示。上位机将输入的数据经过算法运算,得到控制指令下载到 K60, K60 输出脉冲信号,经驱动放大后,实时控制窗帘升降。整个系统的运行如信号采集、输出脉冲、GPRS 短信报警、与上位机通信等都由操作系统调度,它是整个系统中上层控制和下层硬件系统的连接纽带。

2 硬件设计

硬件原理图如图 1 所示。硬件核心为 MK60DN512VLQ10,该 MCU 内部集成了 512 KB Flash,4 路 16 位高精度 ADC,32 位 DMA,4 个可编程定时器,8 个可编程 PWM 通道,6 路 UART、IIC、SPI、CAN 等资源,以便进行功能扩展。同时,它具有很强的逻辑控制功能,完全可以取代信号处理和逻辑运算等硬件电路,这样一方面大大减少了外部硬件电路受干扰的可能,提高抗干扰性,另一方面只需改变程序就能改变控制功能,提高了控制能力^[3-4]。

系统精确控制的关键在于数据采集。该系统选择光敏电阻作为光照强度检测装置,选择 MQ-9B 作为常见燃气检测装置,通过 K60 内部集成的 AD 模块采集光照强度和常见燃气浓度。选择 DHT11 作为温湿度检测装置,DHT11 是一款温湿度一体化的数字传感器,该传感器包括一个电阻式测湿单元和一个 NTC 测温单元,通过单片机等微处理器经过简单的电路就能够实时的采集当前的温湿度数据。DHT11 与 K60 采用 SPI 单总线进行通信。

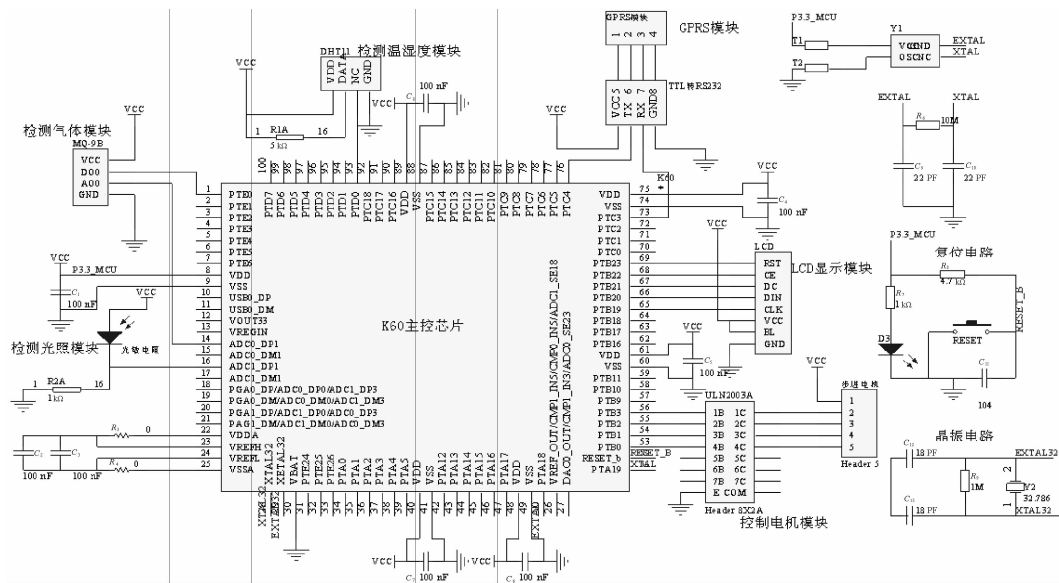


图 1 硬件原理图

整个系统工作流程如下:首先, K60 将 DHT11 采集的温湿度值和 A/D 采样的光照强度、常见燃气浓度值上传到上位机中,上位机实时显示数据;然后,根据

采集值与目标值之间的比较,得到窗帘的升降高度,将控制指令通过 RS232 接口传递给 K60, K60 驱动步进电机转动进而控制窗帘升降,实现了调节室内亮度的目

的,并且在 LCD 上显示温/湿度、光照强度和常见燃气浓度,当采集值达到报警设定值时,系统就会通过 GPRS 模块向目标手机发送报警消息,以便人工及时处理情况。在该系统中步进电机采用双四拍通电方式,很好地解决了单四拍方式所引起的电机振荡等缺点。这里不考虑锁存功能,其简化的控制原理图如图 2 所示。

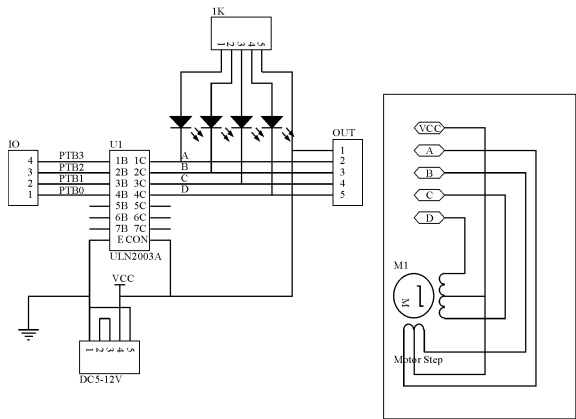


图 2 步进电机控制原理图

3 软件设计

3.1 MQX 操作系统

传统以单片机为核心的智能家居系统,其程序一般采用前、后台的方式编写。后台运行一个死循环,循环中调用相应的函数完成相应的操作;前台为多个中断,处理异步事件。这种传统的单片机开发工作中经常遇到程序跑飞或是陷入死循环,程序跑飞了可以用看门狗解决,但对于死循环,只有设置断点,耗费大量时间来慢慢分析,也因为无法确定发生中断时程序到底执行到了什么地方,从而无法判断数据处理程序要经过多长时间才会执行,中断响应时间无法确定,使得系统的实时性不强。

MQX 是 ARC 公司开发的 Real Time Operation System,又叫 Precise/MQX。MQX RTOS 是一套具备延展扩充性的小型可携式实时操作系统,提供快速的确定性 (deterministic) 运算效能和可靠的连续作业能力,满足

嵌入式应用的严格要求,这套操作系统具有源码开放、功能齐全、完全免费等优势,还支持多任务、以优先级为基础的抢占式 (pre-emptive) 和循环式 (round-robin) 排程、内存管理,执行期间错误侦测、信息传递、信号量 (semaphore)、效能量测和自我测试与稽核 (audit)^[5-8]。

3.2 MQX 任务间的调度

家居系统的应用程序采用模块化的设计思想,由于 MQX 支持多任务,本研究将每个功能模块以一个个任务来实现。从时间上看,各个任务处于并行运行的状态,极大地提高了系统对事件响应的速度,有效地提高了 CPU 对资源的利用率。该应用程序共创建了 7 个任务:总使能任务、消息处理任务、采集任务、显示任务、通信任务、控制任务以及报警任务。本研究将总使能任务优先级设定为 5,消息处理任务优先级设定为 9,其它 4 个任务优先级都设定为 11。这样可使消息处理任务尽快地处理其他任务发送来的消息,提高系统对外部事件的响应速度^[9-11]。

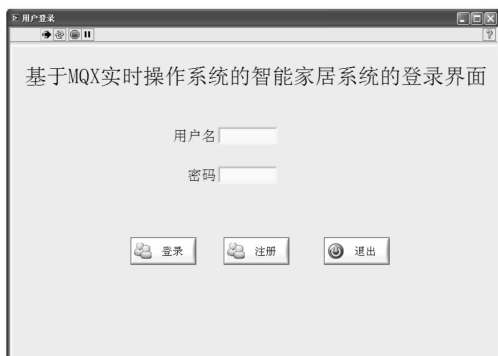
3.3 软件实现

软件实现部分包括两个部分:LabVIEW 开发的上位机部分和基于 MQX 编写的下位机部分。

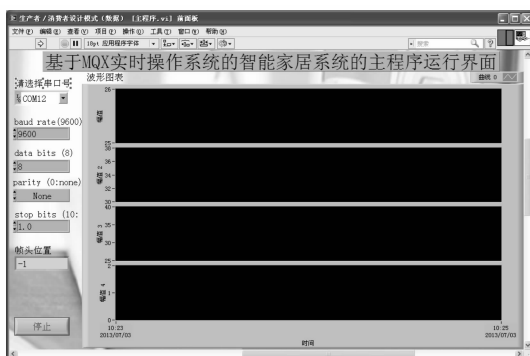
3.3.1 基于 LabVIEW 开发的上位机部分

LabVIEW 与 C 和 BASIC 一样,也是通用的编程系统,有一个完成任何编程任务的庞大函数库。LabVIEW 的函数库包括数据采集、GPIB、串口控制、数据分析、数据显示、数据存储,等等。LabVIEW 也有传统的程序调试工具,如设置断点、以动画方式显示数据及其子程序 (子 VI) 的结果和单步执行等,以便于程序的调试^[12-13]。

该设计主要利用 LabVIEW 的 VISA 串口通信、数据分析、数据显示和 DCT 数据库存储等功能。另外,为了增加程序的实用性,本研究还添加了用户登录界面。并将程序编译成 EXE 程序便于分发。具体实现如图 3 所示,用户登录界面图如图 3(a)所示,主程序运行界面如图 3(b)所示。



(a) 用户登录界面



(b) 主程序运行界面

图 3 上位机程序图

3.3.2 在 MQX 操作系统下编写的下位机部分

在 MQX 操作系统下编写的下位机软件结构框图如图 4 所示。MQX 实时操作系统负责协调和调度各个任务。总使能任务负责其他任务的工作与否,消息处理任务负责在几个任务之间传递消息,采集任务负责采集温/湿度、光照强度和常见燃气浓度,控制任务负责驱动步进电机,进而控制窗帘,显示任务负责实时显示采集的信息,通信任务负责与 PC 之间的数据传输,报警任务负责通过 GPRS 模块向手机发送报警信息。

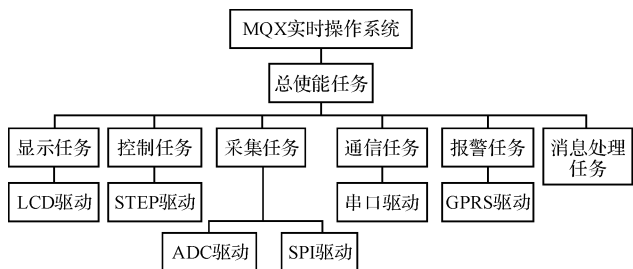


图 4 下位机软件结构框图

(1) 总使能任务。

该任务包括系统软、硬件的初始化,调用系统配置文件,创建其他任务(调用 MQX 函数 `_task_create()`),控制其他任务的工作与否,这样既便于扩展功能,也有利于对系统裁剪、可移植性好。

(2) 消息处理任务。

任务之间可以通过交换消息实现相互通信。任务从消息池分配消息。任务发送消息到消息队列,并从消息队列接收消息。MQX 操作系统里可以调用 `_msg_create_component()` 函数显式地创建消息组件。

(3) 采集任务。

该任务主要用于采集温/湿度、光照强度和气体密度。首先查看总使能是否有效,若有效则通过 A/D 接口读取光敏电阻和 MQ-9B 的数据,再通过 SPI 单总线读取 DHT11 的数据,然后将数据转化为温/湿度值、光度值和常见燃气浓度值,进行平均滤波,最后将数据放入消息队列,供控制任务使用。

(4) 控制任务。

该任务主要是通过驱动步进电机来控制窗帘。查看总使能是否有效,若有效则从消息队列中取出数据,输出脉冲信号,从而驱动步进电机控制窗帘升降。

(5) 通信任务。

该任务主要是负责通信。查看总使能是否有效,如有效,则一方面向上位机实时发送数据,包括温湿度值、光度值、常见燃气浓度值等;另一方面上位机可以向 K60 发送各类命令,包括设置角度值、启动还是停止等,从而达到智能控制的作用,使整个系统更加人性化。

(6) 报警任务。

该任务首先完成 GPRS 模块的初始化,然后通过 GPRS 模块向目标手机发送报警消息。查看总使能是否有效,若有效则当采集的信息超出设定的阈值时,系统通过 GPRS 模块向目标手机发送报警信息,达到远程监控的作用,使整个系统功能更加全面。通过 `AT + CMGF = 0;` 命令将模式切换到 PDU 模式,一旦采集值超出报警值,系统就通过 GPRS 模块向目标手机发送“异常报警”的报警命令:0891683108504705F011000B81,目标手机号码 0008A7085F025E3862A58B66^[14]。其中:08 代表短信中心号的长度,91 代表短信息中心号码类型,683108504705F0 短消息中心服务号码,实际号码是 8613800574500,11 代表文件头字节,00 代表信息类型是 TP-MR,0B 被叫号码长度,81 代表被叫号码类型,目标手机号码处要添加处理过的目标手机号码,00 代表协议标识(TP-PID),08 代表数据编码方,A7 代表短信息有效期,08 代表用户数据长度,5F025E3862A58B66 这 16 位代表汉字“异常报警”,每个 4 位代表一个汉字。

(7) 显示任务。

该任务主要是用来实时显示温湿度、光照强度和常见燃气的浓度值。查看总使能是否有效,若有效则进行实时显示采集的信号。

总使能任务的任务代码如下:

```

void MAIN_TASK(uint_32 initial_data)//总使能任务
{
    _task_id MESSAGE_task_id, COLLECT_task_id,
    LCD_task_id, UART_task_id, CONTROL_task_id, GPRS_task_id;
    COLLECT_task_id = _task_create(0, COLLECT_TASK, 0); //创建采集任务,返回任务 ID 号
    MESSAGE_task_id = _task_create(0, MESSAGE_TASK, 0); //创建消息处理任务
    LCD_task_id = _task_create(0, LCD_TASK, 0); //创建显示任务
    UART_task_id = _task_create(0, UART_TASK, 0); //创建通信任务
    CONTROL_task_id = _task_create(0, CONTROL_TASK, 0); //创建控制任务
    GPRS_task_id = _task_create(0, GPRS_TASK, 0); //创建报警任务
    _mqx_exit(0); //正常结束程序运行
}
  
```

串口通信任务部分的源代码如下:

```

//头文件中包含 uart0_driver.h 文件
void UART_TASK(uint_32 initial_data)//串口任务
{
    MQX_FILE_PTR uart0_dev = NULL;
    //采集的信息值从消息处理任务传来
    chardata_Temp = Temperature; //温度
    chardata_Humi = Humidity; //湿度
  }
  
```

```

chardata_Air = Air ;//燃气浓度
chardata_Light = Light;//光照强度
UART_MemMapPtr uartMemMap;
int uartIndex = 0;
uart0_dev = (MQX_FILE_PTR) fopen( " ttya:" ,BSP_DE FAULT_
IO_OPEN_MODE);
if (uart_dev == NULL)
{
    printf(" Cannot open the uart0 device\n" );
} else {
    /* write data */
    uart0_write( uart0_dev, chardata_Temp, strlen( chardata
_Temp));
    uart0_write( uart0_dev, chardata_Humi, strlen( chardata
_Humi));
    uart0_write( uart0_dev, chardata_Air, strlen( chardata_
Air));
    uart0_write( uart0_dev, chardata_Light, strlen( chardata_
Light));
    /* empty queue - not needed for polled mode */
    fflush( uart0_dev);
}
uartMemMap = ( UART_MemMapPtr) _bsp_get_serial_base_ad_
dress( uartIndex);
}

```

4 实 验

为了验证该智能家居系统的实现效果,本研究搭建的实验平台如图 5 所示。LCD 实时显示数据图如图 6 所示。

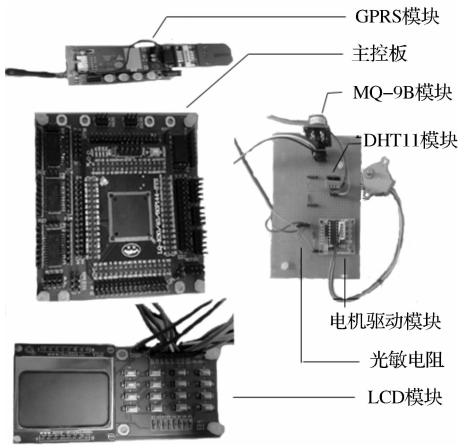


图 5 实验平台

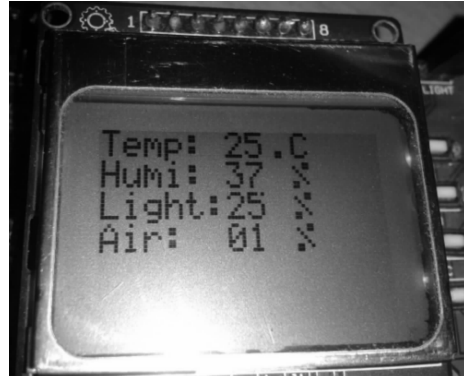
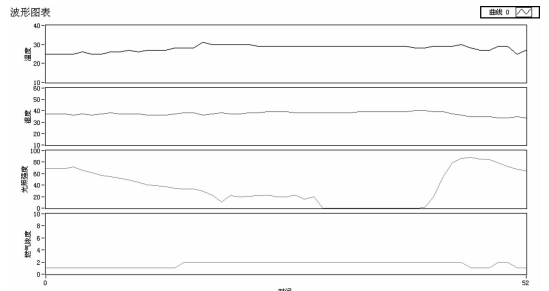


图 6 LCD 显示图

该系统在基于 LabVIEW 开发的上位机控制平台上实现了温湿度、光照强度和常见燃气浓度的检测。测试结果图如图 7 所示。采集的 24 h 的温/湿度、光照强度和常见燃气浓度曲线图如图 7(a)所示,实验每隔 30 min 进行一次数据采集,体现了该系统的实时性。对应的数据库存储数据图如图 7(b)所示。



(a) 24 h 温、湿度曲线图

测量时间	温度	湿度	光照强	可燃气体浓
2013-7-1 上午 11:00:28	25	37	69.1	69.1
2013-7-1 上午 11:30:28	25	37	69.1	69.1
2013-7-1 下午 12:00:28	25	37	69.1	69.1
2013-7-1 下午 12:30:28	25	36	72.1	72.1
2013-7-1 下午 01:00:28	26	37	66.1	66.1
2013-7-1 下午 01:30:28	25	36	62.1	62.1
2013-7-1 下午 02:00:28	25	37	57.1	57.1
2013-7-1 下午 02:30:28	26	38	55.1	55.1
2013-7-1 下午 03:00:28	26	37	52.1	52.1
2013-7-1 下午 03:30:28	27	37	49.1	49.1
2013-7-1 下午 04:00:28	26	37	45.1	45.1
2013-7-1 下午 04:30:28	27	36	40.1	40.1
2013-7-1 下午 05:00:28	27	36	39.1	39.1
2013-7-1 下午 05:33:06	28	38	33.2	33.2
2013-7-1 下午 06:03:06	28	38	33.2	33.2
2013-7-1 下午 06:33:06	31	36	29.2	29.2
2013-7-1 下午 07:03:06	30	37	23.2	23.2
2013-7-1 下午 07:33:06	30	38	11.2	11.2
2013-7-1 下午 08:03:06	30	37	22.2	22.2
2013-7-1 下午 08:33:06	30	37	20.2	20.2
2013-7-1 下午 09:03:06	30	38	21.2	21.2

(b) 数据库存储数据图

图 7 测试结果图

5 结束语

本研究主要介绍了基于 MQX 实时操作系统的智能家居系统 (下转第 1444 页)

本文文献著录格式:

周广涛,裴 君. 基于 MQX 实时操作系统的智能家居系统[J]. 机电工程,2013,30(11):1435 - 1439,1444.

ZHOU Guang-tao, QIU Jun. Smart home system based on MQX real-time operating system[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2013,30(11): 1435 - 1439,1444.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

mobile robots in a reduced scenario[J]. **Robotics and Autonomous System**, 2010, 58(1):37-45.

[5] 周学益. 清洁机器人全区域覆盖路径算法与避障控制研究[D]. 重庆:重庆大学自动化学院, 2007.

[6] JONES M T. 人工智能[M]. 黄厚宽, 尹传环, 董兴业, 等, 译. 北京:电子工业出版社, 2010.

[7] 赵百铁, 张利军, 贾鹤鸣. 基于四叉树和改进蚁群算法的全局路径规划[J]. 应用科技, 2011, 38(10):23-28.

[8] 马正华, 李敏, 章明, 等. 智能吸尘器全覆盖遍历路径规划及仿真实现[J]. 测控技术, 2012, 31(2):99-102.

[9] 张紫辉, 熊岳山. 未知环境下基于 A* 的机器人路径规划算法[J]. 计算机工程与科学, 2012, 34(11):141-147.

[10] 蒋玉杰, 曾岑. 清洁机器人基于遗传算法的全区域路径规划[J]. 机械制造, 2009, 47(5):18-20.

[11] 曾碧. 移动机器人的动态环境建模与路径规划研究[D]. 广州:广东工业大学自动化学院, 2010.

[12] LUO C, YANG S X. A bioinspired neural network for real-time concurrent map building and complete coverage robot navigation in unknown environments[J]. **IEEE Transactions on Neural Networks**, 2008, 22(12):1279-1298.

[13] 李学洋, 李悦, 张亚伟. 基于遗传变异蚁群算法的机器人路径规划的改进[J]. 电子设计工程, 2012, 20(15):38-40.

[14] 杨惠, 李峰. 粒子群和蚁群融合算法的自主清洁机器人路径[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(32):200-203.

[15] 刘淑华, 夏菁, 孙学敏, 等. 已知环境下一种高效全覆盖路径规划算法[J]. 东北师范大学学报, 2011, 43(4):39-43.

[编辑:李辉]

(上接第 1439 页)

能家居系统的软、硬件设计方案以及系统的具体实现。MQX 实时操作系统满足应用对嵌入式系统的实时性、可靠性, 缩短开发周期和减小后期维护的难度的要求, 基于 LabVIEW 开发的上位机软件实现了对外界环境的采集和实时监控。经实验验证, 该系统具有运行稳定、测量准确、报警及时、操作简单等优点。该设计方案的实现使 MQX 实时操作系统应用在智能家居上成为一种可能。

参考文献 (References):

[1] 谭涛, 徐晓辉, 黄晓亮, 等. 基于 Arm-Linux 的嵌入式智能家居控制系统的设计[J]. 电子设计工程, 2011, 19(3):160-162.

[2] 程玉娟. 基于嵌入式实时操作系统 MQX 的内核分析与应用研究[D]. 苏州:苏州大学计算机科学与技术学院, 2011.

[3] 薛席, 刘贯营. 基于 Cortex-M4 内核的智能瓦斯监测仪的设计[J]. 中国科技新产品, 2012(18):9.

[4] Freescale Semiconductor Inc.. K60 Sub-Family Reference Manual [EB/OL]. [2011-11-06]. <http://www.freescale.com>.

[5] 张伟, 王晓涛, 王世伟. 基于 ARM 的智能家居远程控制系统的的设计[J]. 信息科学, 2010(8):72-73.

[6] Freescale Semiconductor Inc.. Freescale MQX RTOS Reference Manual [EB/OL]. [2011-04-06]. <http://www.freescale.com/mqx>.

[7] 刘刚. 基于 S3C44B0X 和 μ C/OS-II 智能家居嵌入式系统设计[J]. 现代电子技术, 2008(14):43-45.

[8] Freescale Semiconductor. Inc.. Motor Control Under the Freescale MQX Operating System [M]. Freescale Semiconductor. Inc., 2011.

[9] 贾少才, 兰西柱, 李叶. 基于 MQX 实时操作系统的微机保护装置研究[J/OL]. [2012-03-29]. <http://www.paper.edu.cn>.

[10] 吴瑾, 程玉娟, 王宜怀. MQX 实时操作系统在 MCF52259 上移植的研究与实现[J]. 微计算机信息, 2011, 27(3):95-97.

[11] 傅杰. 嵌入式操作系统的任务调度策略研究[D]. 长沙:湖南大学软件学院, 2005.

[12] 陈敏, 汤晓安. 虚拟仪器软件 LabVIEW 与数据采集 [J]. 小型微型计算机系统, 2001, 22(4):501-503.

[13] 蒋威, 吴建华. 基于 Matlab 和 LabVIEW 的电机控制系统集成开发[J]. 机电工程, 2006, 23(7):8-9.

[14] 徐之健, 史伟民, 彭来湖, 等. 基于 GSM 短消息的滚动式广告机远程通信控制系统[J]. 机电工程, 2011, 28(3):357-359.

[编辑:李辉]

本文引用格式:

赵晓东, 鲍方. 清洁机器人路径规划算法研究综述[J]. 机电工程, 2013, 30(11):1440-1444.

ZHAO Xiao-dong, BAO Fang. Survey on cleaning robot path planning algorithm[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2013, 30(11):1440-1444. 《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>