

基于 STM32F 的企业楼宇节能控制系统设计

周克良, 张明丽, 刘太钢

(江西理工大学 电气工程与自动化学院, 江西 赣州 341000)

摘要: 针对企业楼宇耗电量严重的问题, 研究设计了基于 STM32F 的楼宇节能控制系统; 该系统采用红外传感模块统计楼宇内人数, 使用光控模块采集光照度, 通过微处理器实时采集人数和光照强度信号, 然后进行数据处理和算法分析, 从而实现楼宇照明灯具的自动控制; 同时采集用电器的工作状态信息, 若电器长时间处于待机状态, 系统将会自动切断其供电电源; 实验结果表明: 企业楼宇节能控制系统提高了电能利用率, 实现了楼宇的低碳节能。

关键词: 企业楼宇; STM32F; 待机; 节能控制

Design of Enterprise Building Energy-saving Control System Based on STM32F

Zhou Keliang, Zhang Mingli, Liu Taigang

(School of Electrical Engineering and Automation, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China)

Abstract: For the problem of huge electrical energy waste in the corporate buildings, the enterprise building energy-saving control system, was designed based on STM32F. Infrared sensor module was used in this system to count the number of people in buildings, while the light control module is applied to collect the light intensity. The people number and light intensity signal were real-time collected by the microprocessor, and data process and algorithm analyses were proceed. Then the system was used to control the automatic switch of the building lighting lamps. And that is also applied to collect the working condition of the electrical appliances to determine whether it has been in the standby state for a long time. If yes, then the system will cut off the power supply automatically. The experimental results show that the building energy-saving control system has improved energy efficiency, which realizes the low-carbon energy.

Keywords: enterprise building; STM32F; infrared sensor module; standby; energy-saving control

0 引言

随着我国经济的飞快发展, 各类企业楼宇如雨后春笋般建立起来, 然而, 近年来我国的电力能源已十分吃紧, 企业楼宇的耗电量却是极大的, 因此企业楼宇的节能变得十分重要。企业楼宇的用电器主要有以下几种: 空调、照明灯具、电脑、打印机及饮水机等电器。对于这些电器的使用, 基本上所有的企业都是人为控制开关, 而不是根据实际需要来控制, 例如一个开关控制整片办公区域的照明, 而不考虑有人没人或人多人少; 比如很多电器开了忘记关闭, 或者是一整天不用却供着电, 使电器长时间处于待机状态下, 这不仅给企业带来了损失, 也导致了我国电能的浪费^[1]。针对这些问题, 本文用单片机 STM32F103R8T6 为主芯片, 设计了企业楼宇的节能控制系统。考虑到本系统要进行大量的数据采集和处理, 因此选用高性能、低功耗、处理速度快、性价比高等优势于一体的 ARM Cortex-M3 内核的 STM32F 系列单片机, 它具有 18 通道的 12 位 A/D 转换器及丰富的外围设备。

该系统采用感光模块感知办公区域的光照强度, 利用红外

传感模块测量感测区域内的人数, 并将光照强度和人数信号传至 STM32F103 芯片中, 进行 A/D 转换和算法分析, 通过开关量输出实现对灯具开关的实时控制。同时, 通过电器待机监测电路采集各用电电器的工作状态, 若处于待机状态, 则在待机超过 60 min 后自动切断待机电器的供电电源, 与电源隔离, 不消耗电能, 其时间可根据具体情况具体设置。节能系统尽大可能节约企业楼宇的电能, 减少了能源浪费。

1 系统硬件设计

本系统以 STM32F103R8T6 微处理器为核心芯片, 主要由感光模块、红外测量人数模块、待机监测模块、驱动模块等组成。系统硬件原理框图如图 1 所示。系统包括手动模式和自动模式, 自动模式实现楼宇的自动化操作, 手动模式便于在特殊情况下实现人性化控制。

1.1 电源模块电路

STM32F103R8T6 芯片需要辅助电源供电, 辅助电源提供的是 220 V 的交流电, 而本系统中的芯片所需要的是 12 V、5 V 及 3.3 V 直流电, 因此需要将 220 V 交流电整流为各个芯片所需的直流电, 电源模块电路如图 2 所示。电路中的 220 V 交流电在保险丝 F1 的保护下经过 220 V/12 V 的变压器, 将电压转变为 12 V 交流电输出, 然后经过桥式整流, 将 12 V 交流电变为不平稳的脉动直流, 最后通过电解电容滤波再经过稳压芯片 LM7812 将不平稳的脉动直流电变为平稳的 12 V 直流电。12 V 的直流电经过稳压芯片 LM2596-12, 将 12 V 直流电转

收稿日期: 2015-07-20; 修回日期: 2015-08-25。

基金项目: 国家自然科学基金(F020308); 江西省教育厅科技资助项目(GJJ13429)。

作者简介: 周克良(1963-), 男, 江西赣州人, 教授, 硕士生导师, 主要从事过程控制、嵌入式等方向的研究。

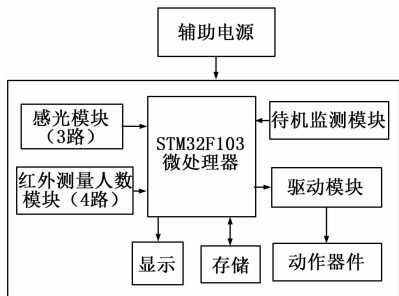


图 1 系统硬件原理框图

换为 5 V 直流电，再通过 AMS1117-3.3 稳压芯片控制输出 3.3 V 直流电，整个电源模块电路中加入了阻容滤波、TVS 管稳压等元器件，在保护电路的同时，确保了所需电压的稳定精确。

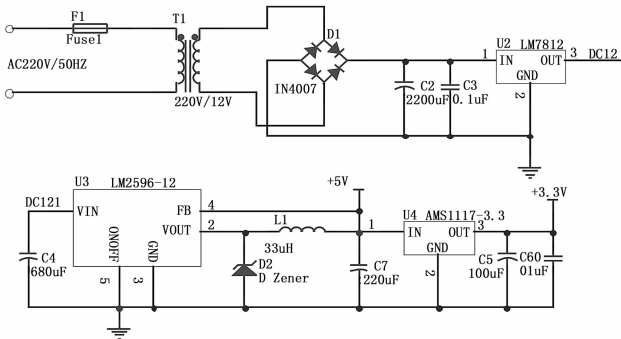


图 2 电源模块电路

1.2 感光模块

系统采用 3 路感光模块，安装于办公区域的 3 个位置，使得感光模块可以均匀探测办公区域的光照强度。光敏电阻是常用的光电传感器，它管脚间的阻值与照射到器件表面的光照强度有关，光照的强度越强，光敏电阻的阻值越小，当没有光照时，电阻则会恢复原值。在感光模块中加一个比较器，用固定电阻与感光电阻做比较，当固定电阻超过光敏电阻阻值时，比较器的输出为低电平，同时将信号传至 MCU，从而使系统开灯，实现简单的光控开关，感光模块的电路图如图 3 所示。从电路图可知，LCD 光敏电阻受到一定强度的光照强度时，感应出相应的阻值，进而给比较器输送一个电压值，在比较器中与固定值 R7 比较，若光敏电阻的电压大于固定电阻电压，则说明光照强度不够，比较器输出低电平，反之，输出高电平^[2]，将 Vout 信号传至 STM32F 单片机中进行采集，从而使驱动模块驱动对应区域的灯具开关开启。

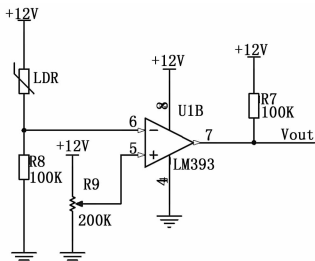


图 3 感光模块电路图

1.3 红外测量人数模块

每个办公区域进出口基本上都有两个，因此我们只需在出入口按上红外传感器，每个出入口安装 2 个红外测数模块，根据计数先后顺序确定人是出去还是进入。红外检测模块电路原理图如图 4 所示，基于 NE555 和 LM324 芯片设计，由发射电路和接收电路组成。NE555 作为震荡电路发出脉冲信号，并由 Q1 驱动红外发光二极管发出红外光，通过计算，该发射电路的发射红外光的频率为 7.1 kHz。红外接收电路主要由 LM324 对红外光信号进行放大，U6A 为 470 倍反相放大器，电容 C10 具有高频衰减的作用，U6B 为 100 倍反相运算放大器，这时红外线信号输出比较大。D3 与 C11 组成阻容整流滤波电路，当接收到红外信号时，TP1 输出高电平，当没有接收到红外线时，TP1 为低电平，使用 U6C 作为比较器，调整 R21 改变比较器的准位，可控制输出符合数位电路所需要的高低准位要求，配合计数器，进行计数。当人从门口经过，比较器输出电位变化一次，并将信号传至 STM32F103R6T8 芯片中，根据门口两个红外模块电位变化顺序，决定在入计数器或出计数器中加 1。

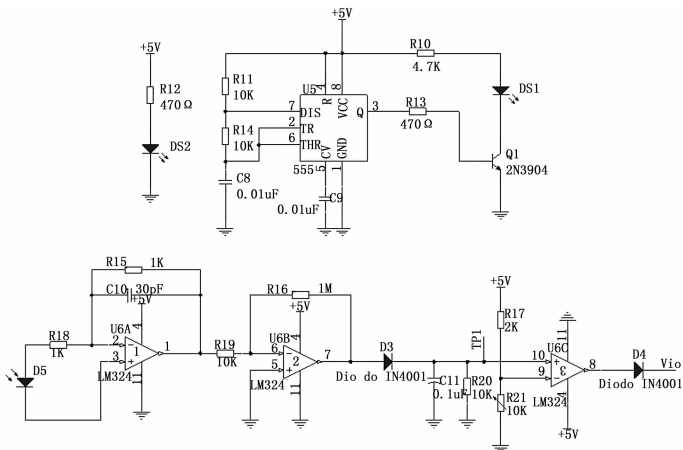


图 4 红外检测模块电路原理图

1.4 待机监控模块

待机监控模块是检测用电电器的工作状态，将探测出的信号传输至主芯片进行处理和算法分析的电路。正常工作的电器电流一般为几安到十几安，而待机时电流较小，为几十毫安，因此待机监控模块采用小电流互感器检测电器供电回路的电流^[3]，经过整流滤波，再将信号传至主芯片中，进行 A/D 转换，从而判断出电器电路是处于待机或正常工作状态。图 5 为待机监控模块电路原理图，电路中只监控了 5 路电器供电电路。

1.5 STM32F 微处理器

STM32F103 是意法半导体公司生增强型单片机，工作在 72 MHz，内部带有 1 μs 的双 12 位 ADC，4 兆位/秒的 UART，18 兆位/秒的 SPI，18 MHz 的 I/O 翻转速度，7 路 DMA，可以处理存储器之间和存储器与外围直接的转换，具有极高的集成度^[4]，STM32F103 的模块原理图如图 6 所示。感光模块将办公区域的光照转换成高低电平传输至芯片的、红外测量人数模块将办公区域内进出人数传至主芯片的计数器中、待机监测模块将电器待机电流传输至主芯片中，进行算

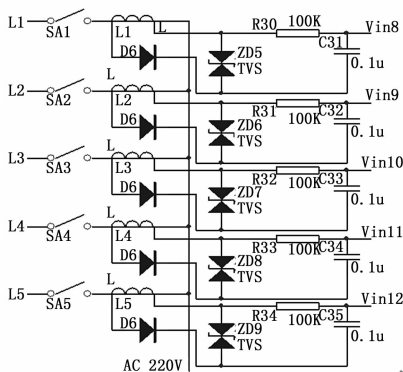


图 5 待机监控模块电路原理图

法分析, 从而判断电器的工作状态。通过对各模块的信号进行处理和转换分析, 控制驱动模块, 驱动动作元件执行相应的动作, 并对信息进行存储和显示, 方便工作人员查询相关记录。

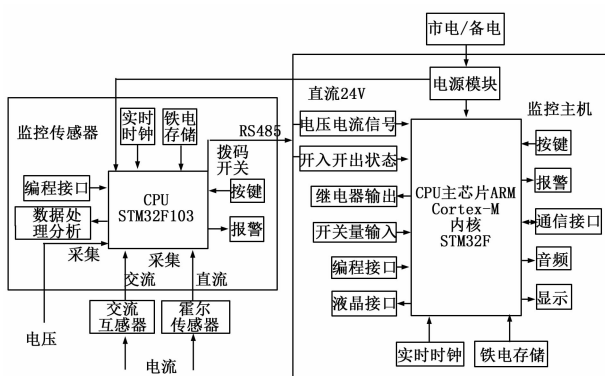


图 6 STM32F103 的模块原理图

1.6 驱动模块

驱动模块主要由限流电阻、三极管、续流二极管和继电器组成。STM32F 的控制信号通过 I/O 接口, 经过限流电阻连接至三极管的驱动电磁继电器, 当输出为高电平时, 三极管便驱动继电器吸合, 其常开触点闭合, 从而控制灯具的亮灭及电器电源的供电开断。在系统运行的过程中, 当人数不多、光照强度较大时, 可依次关闭灯具, 随着人数的增加, 可依次点亮灯具; 当用电器处于待机状态 30 min 时, 切断其对应的供电电源, 实现动态节能控制。驱动模块电路原理图如图 7 所示。

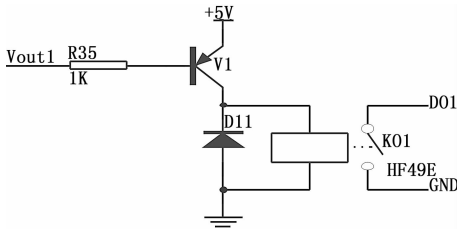
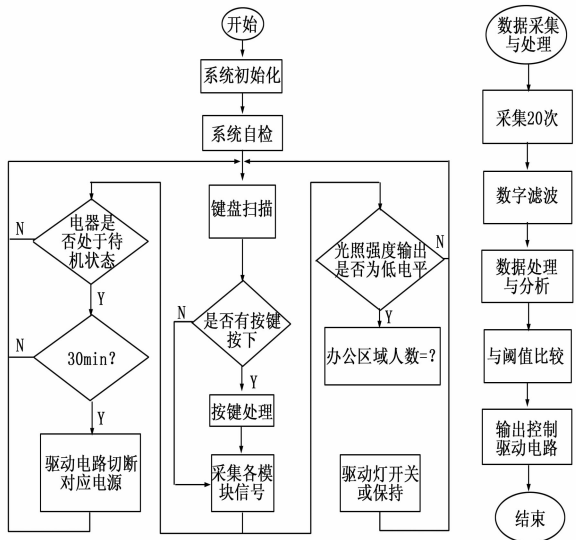


图 7 驱动电路

2 系统软件设计

本系统的软件程序设计主要包括以下几个模块: 系统初始化、系统自检、键盘扫描、驱动、信号采集与数据处理等模块。系统的主程序流程图及数据采集与处理子程序如图 8 所

示。对系统软件程序的设计首先要进行系统初始化, 其中包括初始化通用 I/O 口和系统时钟, 然后进行系统自检, 检测系统是否本身存在故障。本系统中, 需对感光模块、红外测数模块以及待机监控模块进行 A/D 采样, 各通道转换时间为 5 μs, 每个通道采集 20 个数据, 调用中位值处理数据。对数据进行采集完成以后, 再进行信号放大电路和算法处理。数据处理后进行相关的识别算法分析, 可利用阈值分析、相关性分析、FFT 识别算法分析及连续性分析等^[5]。系统通过算法分析, 根据光强、人数来控制灯的开关以及根据检测待机时间来控制驱动模块动作。同时, 系统记录灯具和电器开关信息并显示, 方便工作人员查询。



(a) 主程序流程图

(b) 数据采集与处理子程序

图 8 软件程序设计流程图

本文设计的企业楼宇节能控制系统最终目的是实现楼宇照明灯具的自动控制, 本文中的灯具控制器程序采用的是无线网络应用层配置文件^[6] (Application Profile), Application Profile 定义了应用层上的可互操作性, 包含了一系列配置, 其中包含了 End-point, Cluster, Attribute。该文件是关于消息、消息处理动作和消息格式的一种协定, 它能使不同节点的应用根据此协定发送不同的请求数据及请求处理命令, 具体代码如下:

```

Const tId_tLight_ClusterList[6] =
{Light_APP_LightContrl_CLUSTERID,
Light_APP_LightState_CLUSTERID
Light_APP_PowerSet_CLUSTERID
Light_APP_Protect_CLUSTERID};
端点的简单描述符如下:
Light_App_SimpleDesc =
{APP_ENDPOINT, //端点号
APP_PROFID, //配置文件号
APP_DEVICEID, //设备号
APP_DEVICE_VERSION, //版本号
APP_FLAGS, //应用标志
Light_APP_MAX_CLUSTERS, //输入簇数
(cId_t* )LightApp_ClusterInList,

```

```
Light_APP_MAX_CLUSTERS, //输出簇数
(cld_t* ) LightApp_ClusterOutList );
```

3 实验结果

在实验室的条件下，根据以上硬件设计制作 PCB 板，分为电源下板和显示控制上板，并用万用表和示波器测量了 PCB 板的硬件性能。编写程序后下载至芯片中，用 Microsoft visual studio 绘制上位机，测量系统是否能实现监控功能^[7]。将系统安装于中型实验室，通过监控电脑、灯具、仪器设备等电器，观察电表 3 个月。实验结果表明，相比于实验室之前的用电量，该节能控制系统平均每个星期节约了 1.4 度电，提高了电能的利用率。

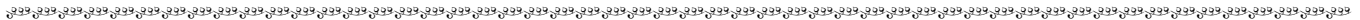
4 结束语

本文设计的基于 STM32F 的企业楼宇节能控制系统，采用 STM32F 高性能的芯片为主处理器对节能信号进行采集、转换和分析，从各个方面控制电能的浪费。试验结果表明，该系统有效提高了电能利用率，尽最大可能节约电能。系统还可以和别的系统，例如电能监测系统、电气火灾监控系统等结合设计，可以从结构上减少不必要的成本浪费^[8]。该系统可应用于家庭、学校、超市等场所。现今社会提倡低碳节能，厉行

节约，在此趋势下，智能节能控制系统能给人们带来客观的经济效益和环保效益。

参考文献：

- [1] 王永皎, 刘荣辉. 基于 ZigBee 技术的智能楼宇节能控制系统 [J]. 青岛科技大学学报: 自然科学版, 2014, 35 (1): 73-77.
- [2] 崔亮亮, 苏延全, 党晓婧. 基于单片机的教室智能节能控制系统设计 [J]. 机电工程技术, 2012, 41 (8): 136-138.
- [3] 赵显伟. 家用电器智能节能控制系统设计 [J]. 山西电子技术, 2013 (5): 23-25.
- [4] 张蕉蕉, 曹森, 郭坚毅, 等. 基于 STM32F103 装备数据采集系统的设计 [J]. 装备制造技术, 2012 (7): 307-311.
- [5] 刘燕燕, 杨帮华, 丁丽娜, 等. 基于 STM32 的红外火灾探测系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (1): 51-53.
- [6] Marra M A, Boling B E, Walcott B L. Genetic control of a ball-beam system [A]. Dearborn: Proceedings of the IEEE International Conference on Control Applications [C]. 1996.
- [7] 刘苏敏. 智能路灯节能控制系统研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2007.
- [8] 余娜. 智能路灯节能控制系统的研究 [D]. 天津: 天津大学, 2010.



(上接第 114 页)

表 1 现场测试数据

左偏移间隔/(mm)	线圈 A 传感器电压值/(V)	线圈 B 传感器电压值/(V)	右偏移间隔/(mm)	线圈 A 传感器电压值/(V)	线圈 B 传感器电压值/(V)
+1	2.223 3	2.915 9	-1	2.043 0	3.142 9
+2	2.218 6	2.920 7	-2	2.035 2	3.148 9
+3	2.215 5	2.924 3	-3	2.031 2	3.147 5
+4	2.210 6	2.928 3	-4	2.026 7	3.153 5
+5	2.207 7	2.933 0	-5	2.024 8	3.162 2
+6	2.203 8	2.937 6	-6	2.020 2	3.166 3
+7	2.200 3	2.940 6	-7	2.017 0	3.168 8
+8	2.196 4	2.946 0	-8	2.012 6	3.173 0
+9	2.193 5	2.950 0	-9	2.010 2	3.177 0
+10	2.189 0	2.955 1	-10	2.006 3	3.180 7
+11	2.185 5	2.957 5	-11	1.990 5	3.183 0
+12	2.182 0	2.962 5	-12	1.986 9	3.188 0
+13	2.178 2	2.968 0	-13	1.982 7	3.191 0
+14	2.173 5	2.973 2	-14	1.979 3	3.196 2
+15	2.170 0	2.977 6	-15	1.976 0	3.200 2

式线圈传感器代替绕线式线圈传感器，信号更加稳定。2) 滤波电路采用 4 阶带通滤波，更好地滤除了干扰信号。3) 采用电流传输方式，与传统电压传输电路相比具有信号损耗低、抗电磁干扰能力强的优势。

参考文献：

- [1] 刘宁, 王跃民. 带钢纠偏系统 (CPC) 分析及其应用 [J]. 中国仪器仪表, 2009 (8): 89-92.
- [2] 叶冬柏. 带钢纠偏设计和伺服系统性能分析 [J]. 液压与气动, 2013 (8): 57-61.
- [3] 李宁. EMG 对中系统在双机架冷轧机中的应用 [J]. 冶金自动化, 2009 (S1): 74-76.
- [4] 王佳佳, 高晓丁, 聂兆明, 等. 带钢纠偏控制系统设计 [J]. 电子世界, 2012 (24): 133-135.
- [5] 姬忠申. 带钢纠偏系统在冷轧生产线中的应用研究 [J]. 电源技术应用, 2013 (7): 222-222.
- [6] 权龙, 李敏, 姚李威, 等. 核心器件冗余的低耗电电液伺服纠偏控制技术 [J]. 机械工程学报, 2009, 45 (12): 53-58.
- [7] (美) 耶格, (美) 布莱洛克. 微电子电路设计 (第四版) [M]. 张为等译. 北京: 电子工业出版社, 2013.
- [8] (美) 科特尔, (美) 曼西尼. 运算放大器权威指南 (第三版) [M]. 姚剑清译. 北京: 人民邮电出版社, 2010: 300-374.
- [9] (美) 弗朗哥. 基于运算放大器和模拟集成电路的电路设计 (第三版) [M]. 刘树棠译. 西安: 西安交通大学出版社, 2004.
- [10] 吴鹏. 交直流滤波器及并联电容电容器装置运行及维护 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2013.
- [11] 马斌博, 张秀彬, 肖健, 等. 模糊免疫 PID 控制在带钢纠偏控制系统中的应用 [J]. 电工技术, 2009 (3): 44-46.
- [12] 钱斐斐, 张秀彬. 新型模糊控制策略在带钢纠偏控制系统中的应用 [J]. 电气自动化, 2011, 33 (2): 23-24.
- [13] 安利娟. 冷轧带钢 CPC 电液伺服控制系统 [J]. 电气传动, 2007, 37 (11): 58-60.