

# 基于 51 单片机的公厕蹲位显示系统设计与实现\*

陈石波, 杨德刚, 杨 有, 贺 一

(重庆师范大学 计算机与信息科学学院, 重庆 401331)

**摘要:**为实现都市公厕信息化管理,给广大市民和旅客提供公厕使用情况的信息,公厕蹲位显示系统采用 51 单片机进行数据采集并控制 LED 屏显示,以实现高性价比的目的。本系统用磁控开关作为信号源,通过“STC12C5A60S2 单片机最小系统+08 接口+LED 显示屏”的精简硬件结构将蹲位使用情况信息实时、准确地显示出来。该系统现已在实际项目中应用通过测试,具有耗电量低、成本低廉、灵敏度高、美观大方等优点。此外,从更广阔的应用角度考虑,试图将该系统推广到银行营业排队人数显示、停车场剩余车位显示等公共服务领域信息可视化应用场景中去。

**关键词:**51 单片机;LED 显示屏;公厕;蹲位显示系统;信息可视化

**中图分类号:**TP27;O415.5

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-6693(2013)03-0089-05

随着人类文明的进步,厕所文化正向着智能化和人性化的方向发展。例如,日常生活中,上厕所排队原本就是一件很懊恼的事情,还常出现如厕之人,站在公共厕所的蹲位前等候别人“方便”,弄得大家都很尴尬的情况。这种情形恰恰是考量文明行为的细节之处。公厕蹲位显示系统的设计理念就是基于人性化的思考,设身处地考虑这些细节,消除这种尴尬:蹲位使用情况,用显示屏一目了然地显示在等候区的墙上(如图 1 所示),从而规范市民在等候区外排队如厕的秩序。另外通过这样的一种信息服务,市民可以决定是否在此等候还是到另外的地方去解决内急。同样,该系统若应用于银行营业厅、停车场等公共场所,只须根据需求改变显示内容,也可起到信息化服务的目的,使市民更加有效地工作和生活。



图 1 显示空位的 LED 显示屏

由图 1 可知,本系统是一个典型的 LED 显示屏控制系统。一般来说,一个完整 LED 显示屏控制系统由以下 3 部分组成:PC 机、控制卡、LED 显示屏<sup>[1-11]</sup>。如

图 2 所示,根据实际情况定制的显示内容一般由 PC 通过 RS-232 串口通信方式发送给控制卡,然后由控制卡驱动控制 LED 显示屏显示。显然,控制卡是 LED 显示屏的核心,通常其研发成本决定了整个系统的研发成本。

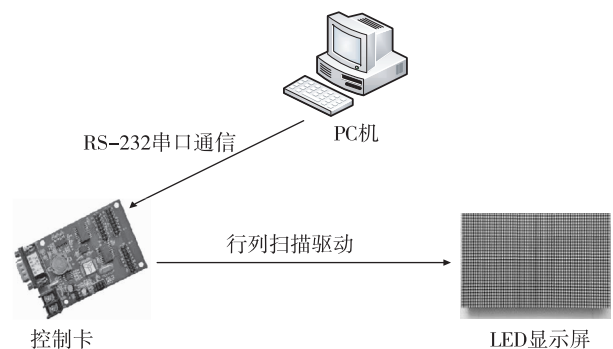


图 2 LED 显示屏控制系统图

目前对于 LED 屏控制卡的开发方案,按微控制器类型来分可以分为 3 类:一是基于高端嵌入式微处理器开发,如 ZH-U 型 U 盘控制卡,采用 NXP32-bit ARM Cortex-M3 芯片组,可应用于显示特殊效果,如循环移动、覆盖、霓虹灯效果,能满足对处理器运算速度快、执行效率高的要求;二是基于 DSP 与 FPGA 的开发方案,可应用于大屏幕 LED 图文显示屏系统;三是基于 51 系列单片机开发方案,此类方案由于单片机本身执行效率不高、内部资源不丰富,只能应用于中小

\* 收稿日期:2012-03-27 网络出版时间:2013-05-20 18:04

资助项目:国家自然科学基金(No. 10971240);重庆市教委科技计划项目(No. KJ110628);重庆市科委项目(No. cstc2011cx-rkx A0341)

作者简介:陈石波,男,硕士研究生,研究方向为嵌入式系统应用,E-mail: chenshibo0902@163.com;通讯作者:贺一,E-mail: cqnuheyi@163.com

网络出版地址: [http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20130520.1804.201303.89\\_017.html](http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20130520.1804.201303.89_017.html)

规模 LED 显示系统或特殊效果不太复杂的大型 LED 屏开发,但是此方案是 3 类开发方案中技术较成熟,开发周期最短,投入成本最少的一种。

从实际需求出发,考虑到此系统有如下特点:1) 显示内容不是特别丰富,属于规模较小的 LED 显示屏;2) 蹲位数量须根据实际动态变化,不能由 PC 机静态定制;3) 输入需要的引脚数目不是很多,一般 4~12 个。同时考虑到,在满足实际需求的前提下尽量节省投入,缩短开发周期,以降低成本。为此,选用 51 系列单片机作为控制卡设计的核心,开发出一款性价比较高的 LED 屏控制系统——公厕蹲位显示系统,为打造“星级厕所”添上画龙点睛的一笔。

## 1 系统工作原理

公厕蹲位显示系统是基于 51 单片机小型 LED 显示屏控制系统。一般选用室内单色(或双色)LED 显示屏,挂在等候区墙上,用来指示男女厕所的方位以及显示男女厕所剩余蹲位的数量。如图 3 所示,本系统使用 STC12C5A60S2 单片机作为核心控制单元,它将磁控开关采集来的开关门电平信号(即接地信号)通过 P0、P1 口输入,经过单片机处理后,通过 P2、P3 口将信号输出给 LED 显示屏的行扫描电路和列数据电路,从而驱动 LED 显示屏显示如图 1 所示的文字(或图案)信息。假设某公厕(男厕)的蹲位总数为 8,则显示屏初始显示以下信息:“男+男人图案+空位 08 个”,而后根据实际情况采集的开关门电平信号更改数字变量,变化范围“01—07”,当所有蹲位已满时,则显示“男+男人图案+满请稍候”的文字提示。本系统中 STC12C5A60S2 单片机和 LED 显示屏均由开关电源将 220 V 交流电压转换成 5 V 直流电压供电。

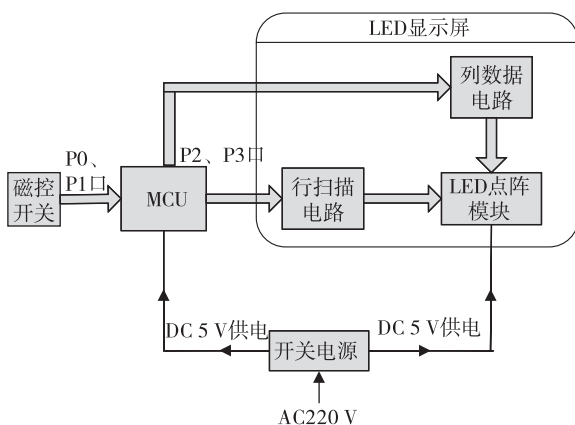


图 3 系统原理框图

## 2 硬件设计

### 2.1 LED 控制卡

LED 控制卡的设计是本系统设计的关键。它是

整个系统的控制中心,实际应用环境决定了其必须脱离上位 PC 机独立存在,即单片机在程序烧录好之后,它要达到既能采集信号(蹲位使用情况),又能控制 LED 显示屏显示的目的。设计思路是:精简实用,有一定的扩展性。如图 4 所示,本系统中,整个 LED 控制卡其实就是一个单片机最小系统,只是在外围预留了较多的输入端口,两个网线座,5 号端口用于接公共地,一共有 14 个输入端,同时设计了一个 16 针输出的 08 接口座,用于与 LED 显示屏的连接。

如图 4 所示,本系统选用的单片机是 STC12C5A60S2 单片机,这是一款由宏晶公司生产的单时钟(机器周期为 1T)单片机,是高速、低功耗、超强抗干扰的新一代增强型 8051 单片机,其指令代码完全兼容传统 8051,但执行速度比普通单片机快 8~12 倍,配合 12 MHz 晶振,应用于 LED 显示屏的驱动,显示效果明亮且稳定,没有任何闪烁等不良效果。STC12C5A60S2 的工作电压范围是 5.5~3.5 V,其用户应用程序空间(Flash 程序存储器字节数)为 60 K,对于字模数据不大的驱动应用程序完全够用。

### 2.2 信号采集

本系统需要采集的信号为开关门产生的高低变化的电平信号,它的触发装置采用磁控开关。磁控开关由永久磁铁和干簧管两部分组成。干簧管安装在木质门框上,永久磁铁安装在对应位置的门扇上,安装隐蔽,可避免被破坏。干簧管与永久磁铁的安装间距一般以 5 mm 左右为宜<sup>[1]</sup>。由于公厕的门在无人进入时是常开的,所以干簧管可采用常开型,一端与电路的公共地线连接,一段与输入信号线连接。通常情况信号线为单片机复位时的高电平信号,表示该蹲位为空;当有人如厕,门被关上,则输入信号线接地,产生低电平,表示该蹲位有人。信号线和公共地线使用常见的双绞线,双绞线传输数字信号、抗干扰性能良好,应用于实际项目中 100 m 以内的信号传输,其包含了 8 根彼此绝缘且由不同颜色标识的金属线,可以标识各种不同信号线的作用,便于安装调试和检修。本系统对于 7 个蹲位以下的公厕,只需用 1 根双绞线,其中 7 根金属线用作输入信号线,1 根作为公共地线;对于 8~14 个蹲位的公厕,则需用 2 根双绞线,每根双绞线均包含:1 根金属线用作公共地线,7 根金属线用作输入信号线;公共地线固定使用棕色金属线。由于单片机 I/O 口数量限制,本系统只能应用于男、女厕蹲位总数均小于或等于 14 个的公厕。事实上,对于 14 路以上开关量信号采集的系统,只需要增加编码器电路编码输出给单片机,即可达到信号采集的目的。

### 2.3 接口电路

如图 5 所示,本系统单片机信号输出是通过控制

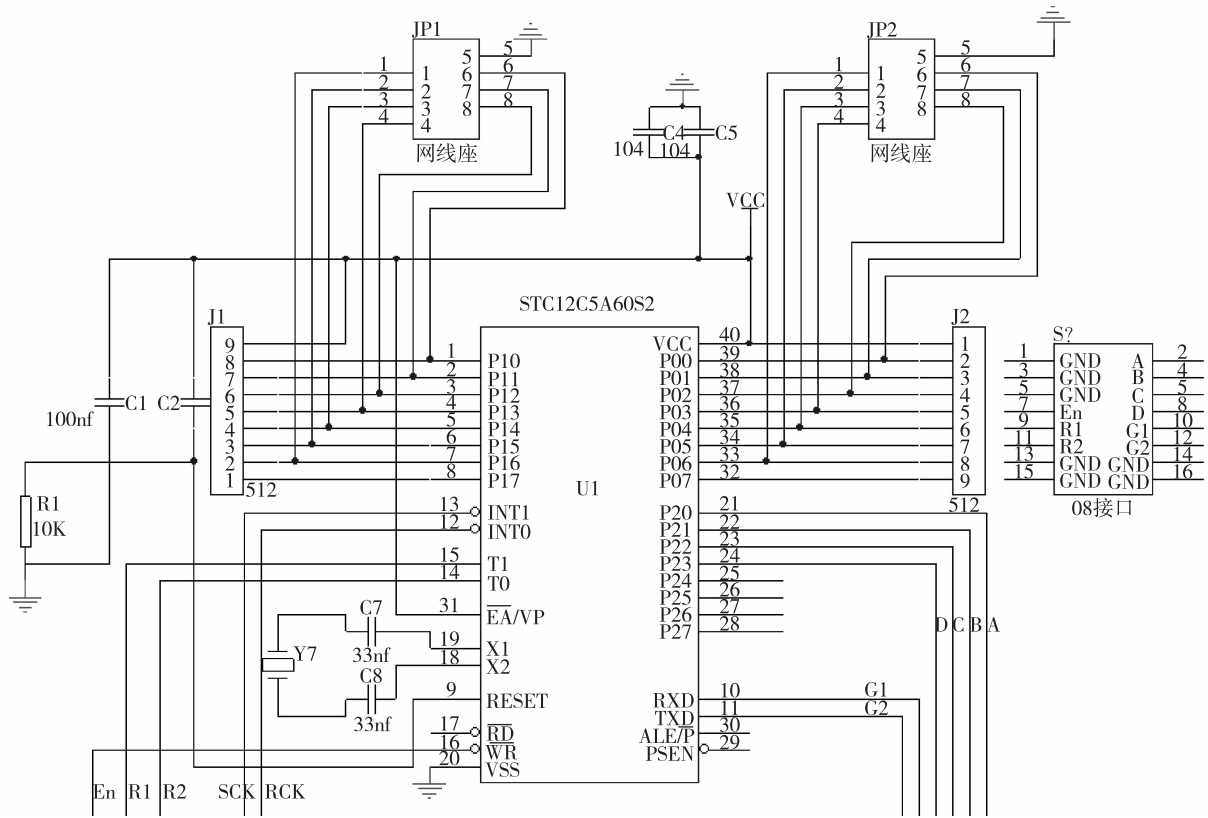


图 4 LED 控制卡电路图

卡上 08 接口座与 LED 屏单元板的 08 接口座通过专用的数据线, 发送给 LED 单元板的。对应的连接图如图 4 所示, 单片机的 P2.0、P2.1、P2.2、P2.3、P3.0、P3.1、P3.2、P3.3、P3.4、P3.5、P3.6 口分别与 08 接口座的 A、B、C、D、G1、G2、RCK、SCK、R2、R1、EN 端相连。08 接口数据线定义说明如下<sup>[2]</sup>:

A、B、C、D: 行扫描信号线, 决定 16 行中哪一行点亮。

R1、R2: 红色 LED 列数据线。

G1、G2: 绿色 LED 列数据线。

SCK: 74HC595 串行数据移位信号, 上升沿将数据锁存入驱动模块中的串行寄存器。

RCK: 74HC595 数据锁存信号, 上升沿将串行数据锁存入并行寄存器, 同时屏体显示更新。

EN: 74HC138 片选信号线, 有效时屏体点亮, 无效时屏体熄灭。

如图 5 所示, 为了防止信号线过长, 信号衰减, 在 08 接口后面加入一片增强信号驱动能力的芯片, 通常采用 74HC245。所有信号经过再次驱动后, 分为两部分进入控制电路: RCK、SCK、R1、R2、G1、G2 进入列数据电路; A、B、C、D、EN 进入行扫描电路<sup>[2]</sup>。对一块标准单色单元板而言, 每条扫描线的长度为 64 点, 整屏则可看作 16 线(水平扫描线)的普通 CRT 显示器, 上下 2 条扫描线共用行扫描线 A、B、C、D。图 5 只画出了上(或下)半屏的电路结构图。

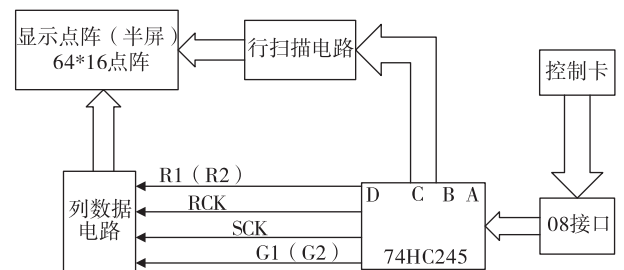


图 5 LED 单元板与控制卡的连接

### 3 软件设计

本系统的软件设计大体分为两部分: 驱动程序的设计和应用程序的设计。通常按显示数据的存储位置可将单片机直接驱动 LED 显示屏分为两种: 一是将显示数据存储存储在程序中; 二是将显示数据存储存储在扩展的外部并行或串行数据存储器中<sup>[2]</sup>。该系统属于小型 LED 显示屏控制系统, 采用的单色室内 LED 显示屏静态显示信息, 一块这样的单元板的显示数据 = 64(长度) × 32(宽度) / 8(数据宽度) = 512 字节(0.5 KB), 即用 4 块这样的单元板组成的大显示屏也只使用了 2 KB 的程序存储器数据, 加上程序的控制信息部分和一些需要替换显示的字模数据, 对于拥有 60 K 程序存储器单片机来说完全够用。所以, 本系统采用第一种方式直接驱动, 程序代码全部使用 C 语言书写, 易读性强, 便于移植。

下面以驱动一块单色显示屏单元板为例,说明软件设计。

### 3.1 驱动程序

首先定义两个二维数组:unsigned char bufH[4][32] //用于存储单元板上半屏的显示数据;unsigned char bufL[4][32] //用于存储单元板下半屏的显示数据。然后调用 display1 子函数驱动显示,该子函数非常简洁,但是最重要,它包含了对字模数据的调用、数据输出、显示控制这 3 大功能,其代码如下。

```
void Display1(){
    unsigned char line,i,j;
    for(line=0;line<16;line++){ //扫描线循环选择,数据进入行扫描电路,用于选通行
        for(i=0;i<4;i++){ //控制字模数据有序进入列扫描电路,用于选通列
            for(j=0;j<2;j++){
                sendHbit(~(bufH[i][2*line+j]),~(bufL[i][2*line+j])); //每次发送一个字节的字模数据,发送方式为移位串行发送
            }
        }
        En=0; //关显示
        SCK=0;
        SCK=1; //74HC595 移位寄存器信号,上升沿有效
        bit_change(line); //将=进制数据首尾置换
        P2=bbyte; // bbyte 是 bit-change 子函数返回值
        En=1; //开显示
    }
}
```

### 3.2 应用程序

应用程序(main 函数)的主要任务是采集各蹲位开关门产生的电平信号,并调用驱动程序(Display 子函数),显示实时的信息。由于单片机输出数据非常快,调试测试结果得出每显示一屏数据(即刷屏一次)耗时约 8.7 ms,扫描输入数据线的电平更是纳秒级,几乎可以忽略不计,显示屏静态显示的部分效果非常好。但是控制显示蹲位空位个数的是一个动态变量,如果在频繁的动态变化时,不加入延时控制,就会由于人的视觉暂留效应(闪烁频率高于“临界闪烁频率”)产生不断闪烁的效果。更甚者,在设计调试过程中由于外部意外干扰(如风吹)会产生开关电平抖动,而单片机的信号采集频率相当高,会导致开关门的一瞬间几乎看不清。基于上述考虑,动态变量(剩余蹲位数)必须延时显示,所以引入刷屏次数控制变量,使得每次统计剩余空位个数之后,连续刷屏若干次延时之后再

采集输入信号,从而使得有足够的时间能够显示清楚。但是延时时间不能太长,否则会影响采集速率,从而降低本系统的实时灵敏度。综合上述因素考虑,在不断调试中选择刷屏次数控制变量的初值为 243,可使得系统效果较好。

应用程序流程图如图 6 所示,初始化程序主要是对两个参数的初始化赋值,一个是输入信号高电平,初始值为蹲位总个数,另一个即上文所说的控制刷屏次数变量。

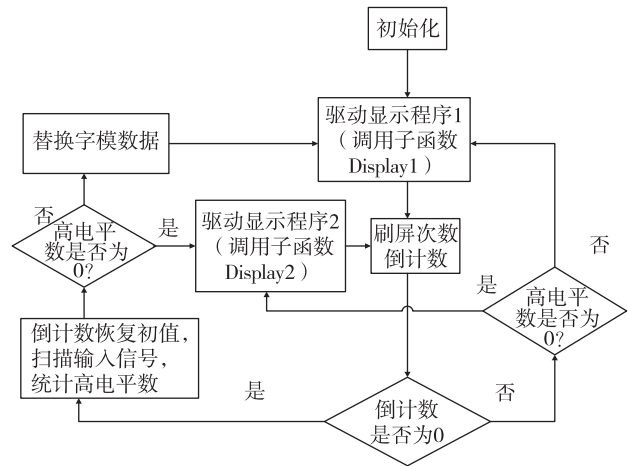


图 6 应用程序流程图

驱动显示程序 Display1 和 Display2 子函数的区别仅仅是发送的字模数据不同而已,Display2 只需把代码 sendHbit(~(bufH[i][2\*j+z]),~(bufL[i][2\*j+z])) 改为 sendHbit(~(bufH[i][2\*j+z]),~(full[i][2\*j+z]));二维数组 full 用于存储“满请稍候”的字模数据。图 6 中替换的字模数据为“00—14”的数字字模,即由实际情况决定的动态变量。

## 4 结语

作为重要的城市基础设施之一,公厕已成为现代城市文明形象的窗口之一,体现着城市物质文明和精神文明的发展水平。本系统已经在重庆市多个区县的公厕整改装修中投入使用。系统整机产品在配合定时开关机设备的长期工作过程中,运行良好,可靠性高。LED 控制卡和 LED 单元板均用输出 5 V 的开关电源供电,耗电量较低。从整体效果来看,该系统是公厕中一道亮丽的“风景线”,在便民服务和规范市民养成文明如厕习惯方面的确发挥了作用。从长远看,随着中国城镇化进程的推进和物联网时代的来临,公共设施信息可视化服务将越来越受到重视。该系统为实现公厕信息化打下基础,便于进一步统计公厕使用情况,可为合理分布和建设公厕提供基础数据。同时,笔者认为该系统只须改变信号采集的方式<sup>[11]</sup>,如利用红外传感、压力应变传感,甚至无线传感网,可推广至不同的

应用场景,应用前景较广阔。

#### 参考文献:

- [1] 郁有文,常健,程继红. 传感器原理及其工程应用[M]. 第3版. 西安:西安电子科技大学出版社,2008.  
Yu Y W, Chang J, Cheng J H. Sensor principle & engineering application[M]. The third edition. Xi'an: Xidian University Press, 2008.
- [2] 靳桅, 邬芝权, 李骥, 等. 51 系列单片机的 LED 屏开发技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2009.  
Jin W, Wu Z Q, Li Q, et al. Development of the 51 series single-chip LED[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2009.
- [3] 蒋辉平, 周国雄. 单片机原理与应用设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.  
Jiang H P, Zhou G S. Single chip principle & application design[M]. Beijing, Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2007
- [4] 赖义汉, 张卫平, 傅智河. 基于 FPGA 的 LED 大屏幕控制系统设计[J]. 单片机与嵌入式应用, 2011(2): 66-69.  
Lai Y H, Zhang W P, Fu Z H. LED large screen control system design based on FPGA[J]. Journal of Single-chip Microcomputer & Embedded Applications, 2011(2): 66-69.
- [5] 冯松. 基于 AVR 单片机 LED 显示屏系统的设计与实现[J]. 信息安全与技术, 2010(12): 66-68.  
Feng S. Design and implementation of LED display system based on AVR single-chip processor[J]. Information Security and Technology, 2010(12): 66-68.
- [6] 马福民, 牛伟杰. 基于嵌入式 PIC 的 LED 点阵显示屏控制系统[J]. 仪器仪表用户, 2011(1): 22-24.  
Ma F, Niu W J. Based on Embedded PIC of LED dot matrix display screen control system[J]. Instrument and Meter, 2011(1): 22-24.
- [7] 任燕舞. LED 电子显示屏的数据存储和处理[J]. 单片机与嵌入式应用, 2011(4): 20-22.  
Ren Y W. Data storage and processing of LED electronic display[J]. Microcomputer and Embedded Applications, 2011(4): 20-22.
- [8] 贾许望, 关云霞, 牛连斌, 等. ZnO 空穴缓冲层对 OLED 性能的影响[J]. 重庆师范大学学报: 自然科学版, 2012(2): 72-76.  
Jia X W, Guan Y X, Niu L B, et al. Influence of hole buffer layer ZnO on properties of organic light-emitting devices[J]. Journal of Chongqing Normal University: Natural Science, 2012(2): 72-76.
- [9] 张飙. LED 显示屏控制器设计研究[J]. 计算机应用与软件, 2011(3): 188-190.  
Zhang B. LED display controller design research[J]. Journal of Computer Applications and Software, 2011(3): 188-190.
- [10] 韩团军. 基于单片机的 LED 点阵显示控制的设计[J]. 电子设计工程, 2011(5): 180-182.  
Han T J. Design of LED dot matrix display control based on single chip[J]. Journal of Electronic Design Engineering, 2011(5): 180-182.
- [11] 王越, 韩菁. 信息融合技术在火灾探测中的应用[J]. 重庆理工大学学报: 自然科学版, 2011(1): 44-46.  
Wang Y, Han Z. Application of data fusion technology to fire detection [J]. Journal of Chongqing University of Technology: Natural Science, 2011(1): 44-46.

## The Design and Implementation of Public Toilet Kneeling-Squatting Position Display System Based on 51 MCU

CHEN Shi-bo, YANG De-gang, YANG You, HE Yi

(School of Computer and Information Science, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

**Abstract:** In order to realize the information management of public toilet in city and provide the general public and tourists with the information service about using situation of public toilet, the public toilet kneeling-squatting position display system uses 51MCU to collect data and control the LED panel for the purpose of improving the ratio of performance. The system uses magnetic switches as signal sources and uses the simple hardware structure of "STC12C5A60S2 single chip microcomputer minimum system + 08 port + LED panel" to show the real-time and accurate information of using situation about public toilet. The system has been applied in practical project and past the test; it has the virtues of low power consumption, low cost, high sensitivity, beautiful and generous, etc. In addition, from the wider application point of view, this paper tried to promote the system to applications to display the number queuing up in bank, and display remaining the parking number in parking, and field of other public service in information visualization application scenarios.

**Key words:** 51MCU; LED panel; public toilet; kneeling-squatting position display system; information visualization

(责任编辑 游中胜)