

注：惠州市科技计划项目（201223，2013W17）

摘要：采用模块化的方法设计了一款实用性强、成本低、操作简单的智能快递系统。功能包括：短消息的自动发送，通过键盘和面板决定功能的确定与信息的输入、柜门的开启。系统以 STC89C58RD+ 为主控制器，用键盘模块控制信息的输入，用 LCD1602 控制信息的显示，单片机控制 GSM 模块发送短信验证码。系统电磁干扰测试表明，系统在低频和高频段的辐射干扰和传导干扰均符合国家有关的电磁兼容标准。

关键词：智能系统；电磁兼容；单片机

中图分类号：TP393；G642 文献标识码：A 文章编号：1006-883X(2018)10-0037-05

收稿日期：2018-09-12

# 智能快递系统的设计及其辐射干扰与传导分析

郭朝晖 郑沛彬

惠州学院物理系，广东惠州 516007

## 一、引言

近年来，随着网络购物的繁荣，带动了快递业务的快速增长，行业发展势头迅猛，据中国邮政局预计，2018 年全国快递业务量将达 490 亿件。然而，快递业“最后 100 米”的配送问题依然没有得到很好的解决，快件几乎采用人工投放方式，这种方式效率低、成本高。

智能快递柜的出现为该问题提供了一个非常好的解决方案，智能快递系统让人们的时间不必浪费在等待上。针对以上问题，本文提出了一种基于 STC89C58RD+ 的智能快递系统。采用模块化的设计方法，以 STC89C58RD+ 为主控制器，通过 LCD1602 显示屏，用键盘控制存 / 取界面的选择与快递信息的输入。单片机控制 GSM 模块发送短信验证码与柜门的动作。由于民用无线发射信号的广泛应用，特别是辖区手机、遥控玩具、无人机等的出现，无线电对辖区快递系统的干扰也慢慢展现出来，人们常常发现快递系统容易发生错误。本文重点研究了系统的电磁干扰

问题。结果表明，本系统操作简单、经济、安全。

## 二、系统结构及工作原理

### 1、系统功能

本系统设计有存和取两个模式。存件模式下，通过键盘输入快件信息，并录入收件人手机号码，相关信息显示在液晶屏上面，确认无误后由单片机控制继电器打开柜门存入快件，再手动关闭柜门，然后再由单片机控制 GSM 模块发送信息到被录入的手机号码，之后返回初始界面；收到快件通知后，进入取件模式。将手机收到的验证码输入键盘，由单片机控制继电器开启柜门，取出快件，关闭柜门后返回初始界面。

本系统由单片机和 GSM 短信模块两部分组成，其中，主控芯片 STC89C58RD+ 为本控制系统的核心。系统功能有信息输入与显示、柜门的开启、短信验证码的发送以及短信验证码的验证等。GSM 短信模块可以向指定手机号码发送短信验证码。为保障系统的安全，系统考虑了短信验证码的随机性与验证的唯一性。

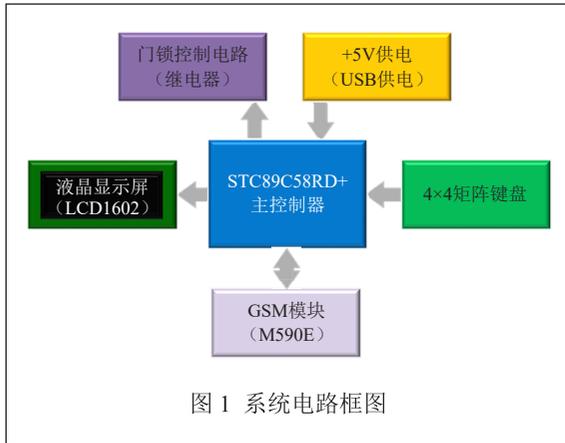


图 1 系统电路框图

借由 4×4 的键盘输入信息，使用 LCD1602 液晶显示屏信息。柜门锁串接了继电器，由单片机控制继电器的闭合 / 断开，继电器的动作带动柜门开启。系统的电路框图见图 1 所示。

## 2、系统电路

系统的电路原理图如图 2 所示。

图 2 左侧为单片机 STC89C58 的最小系统，P0、P1、P2 与 P3 为四个 I/O 口，每一条 I/O 线都能独立用作输出或输入。XTAL1 和 XTAL2 接时钟电路。XTAL1 连接外部晶振和电容的一端，在单片机内 XTAL1 为振荡器倒相放大器的输入端；XTAL2 连接外部晶振和电容的另一端，单片机内部 XTAL2 作为振荡器倒相放大器的输出端。本设计采用内部振荡方式，所用晶振为 11.0592MHz。复位采用按键手动，按复位键以后，复位端通过电阻与 VCC 电源接通。

通讯模块采用 M590E GSM 双频 GSM/GPRS 工业无线模块，可提供短信、数据业务等功能，内嵌有高可靠性的 GSM 引擎和 51 单片机系统，使用方便。GSM 网络基本覆盖全国，

数据传输范围广，传输稳定、可靠。

M590E GSM 接线说明：

① VBAT：电源，3.7V~4.5V 之间，由 5V 电源经过二极管降压提供。VBAT 管脚处输入的瞬间最大电流达到 2A，靠近 VBAT 管脚处放置低阻抗大容量的滤波电容 1000μF；

② GND：地；

③ ON/OFF：低电平有效，可通过电平变换后，用户控制侧为高电平开机。ON/OFF 也可以直接接地，然后模块上电自动开机；

④ TXD 接单片机的 RXD；

⑤ RXD 接单片机的 TXD。

注意：RXD 和 TXD 为 TTL 电平，不能直接接 USB 转 9 针串口。

显示屏采用 LCD1602，可以显示两行，每一行有字符液晶模 16 个块（显示字符和数字），由单片机的 P0 口信号驱动。本文主要显示快递单 ID（8 位数字），由 rand 随机函数产生的随机码和手机号码等。

矩阵键盘的接口电路是人机交互界面的输入设备，系统通过矩阵键盘进行输入数据。4×4 的矩阵式键盘是由 4 根列线和 4 根行线交叉组成，按键放在行列的交叉点上，这样就构成了 16 个按键。将程序所生成

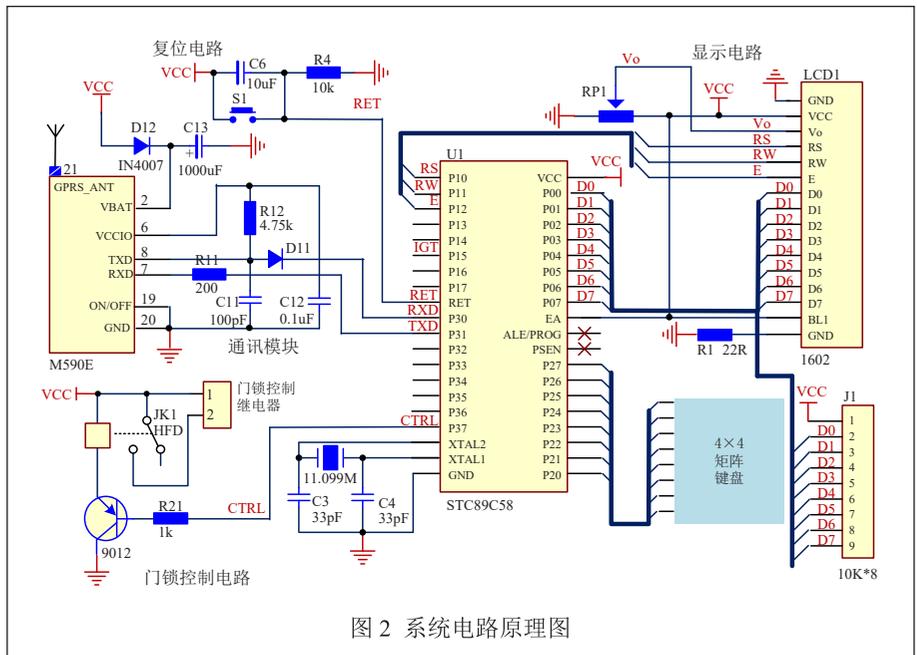


图 2 系统电路原理图

的 .hex 文件写入单片机后，打开串口调试助手软件，设置好波特率，复位单片机，然后按下任意一个按键，并注意观察串口调试助手上的显示，可以观察到接收窗口上对应按键的数据。通过按键，用户可以选择是存快件还是取快件，输入接收到具有随机性的随机码，输入快件单 ID、用户号码。

门锁控制电路采用一个简单的与锁连接的继电器开启与闭合的控制电路，以单片机 P3.7 引脚进行控制。

### 3、系统软件设计

#### (1) 系统流程设计

系统功能包括液晶显示、键盘输入、发送短信、随机码验证以及柜门的控制。具体如下：硬件初始化，GSM 模块初始化，显示待机界面；判断是否有按键操作，存件 / 取件模式选择；存件操作：输入快递单 ID，输入手机号码，发送随机码，打开柜门存件；取件操作：判断随机码是否正确并决定是否打开柜门；操作成功，系统自动恢复到待机界面。具体流程如图 3 所示。

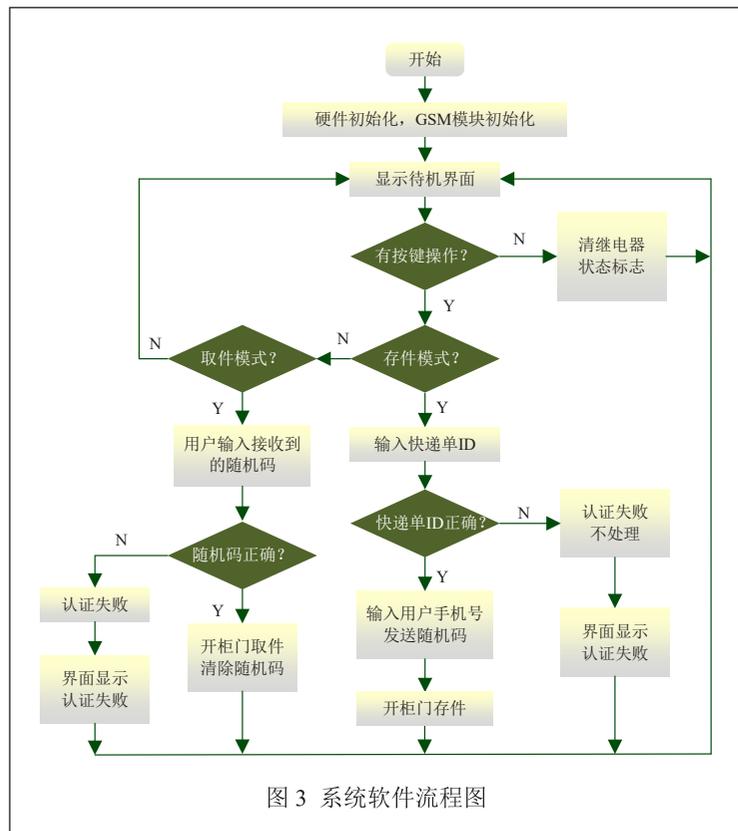


图 3 系统软件流程图

#### (2) 中文短信发送的设计

①短信中心号码处理：用字符串 `addr` 表示中心号码设置；

②手机号码用 `phone` 表示；

③短信部分用 `msg` 表示：首先将中文短信转为 `unicode` 码，再将 `msg` 的长度除以 2 保留两位 16 进制数放在 `unicode` 代码前面；

④组合：`phone` 前面加字符串 `11000B 91`，在 `phone` 后面加字符串 `0008A7` 和 `msg`；`phone` 的长度除以 2 化为 2 位 10 进制数“36”。

### 三、系统测试

当电路连接完毕后，将写好的测试程序写到单片机内，通电即可检测。LCD1602 能按设定的规则显示，表明 LCD1602 显示正常。键盘模块的设置采用串口调试助手软件，波特率设为 9600。按任意键，可以观察到按键操作的数据显示。GSM 模块主要测试不同运营商 SIM 卡的匹配，测试信息是否发射、接收成功。结果

显示液晶、键盘、GSM 模块工作正常。最后还应进行整机的测试，包括短路、开路的检测、电路连接正确性的检查以及各个模块的功能调试。

### 四、电磁干扰测试及结果分析

所有的电磁干扰 (EMI) 测试和性能评估都在具有屏蔽和吸波的 3m 法电波暗室中进行。测试频段分为高频段 (1GHz~6GHz) 和低频段 (30MHz~1GHz)。

#### 1、辐射干扰高频段测试

图 4 为辐射干扰高频段测试结果。表 1 为输入对应输出的测试数据。第一次峰值检波测试结果表明，1153.333MHz 处的曲线超过了国标限<sup>[1]</sup>。产生这种情况的原因是快递系统与测试设备接触不良导致谐波影响峰值检波；快递系统内部零件产生的干扰谐波。为了保证测试的正确性，对该频率点进行准峰值检波，结果离国标限值还有 34.9dB 余量，符合国家标准，故

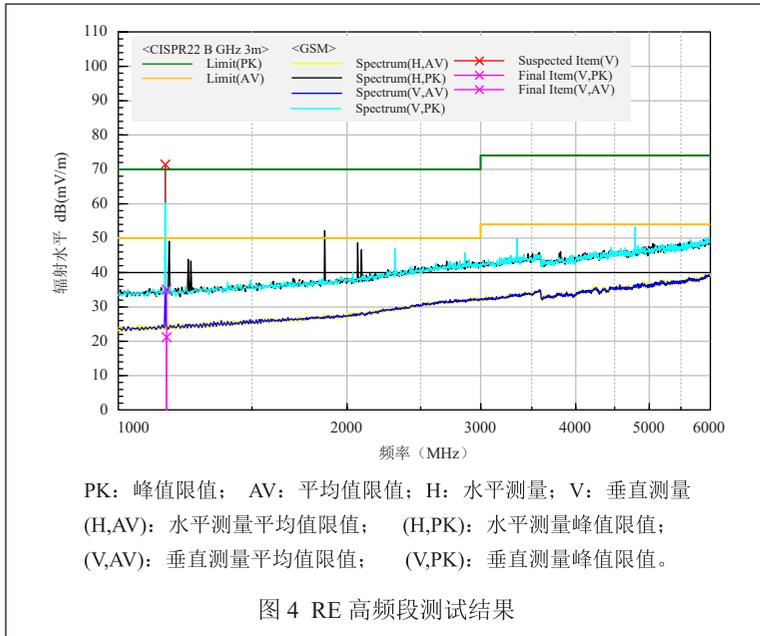


图 4 RE 高频段测试结果

表 1 高频段测试值 \*

	频率	频率 读值	天线 因子	均值限	峰值限	辐射水平			
						(PK)	(AV)	(高度)	(角度)
单位	MHz	dB $\mu$ V	dB(1/m)	dB $\mu$ V/m	dB $\mu$ V/m	dB	dB	cm	°
输入值	1153.333	70.5	0.9	71.4	70.0	-1.4		100.0	336.2
测量值	1153.773	34.2	0.9	35.1	70.0	34.9	28.8	105.0	5.9

\*H: 天线水平; V: 天线垂直; AV: 均值限值; PK: 峰值限值

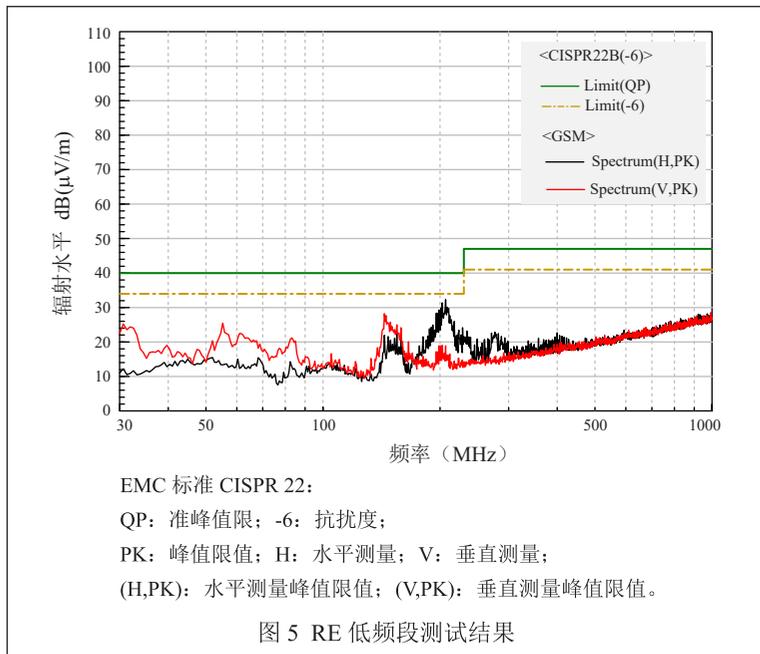


图 5 RE 低频段测试结果

本系统辐射干扰高频段测试合格。

## 2、辐射干扰低频段测试

与辐射干扰高频段测试布置一样，选用 9163 天线，360° 转台，天线高度范围：水平 1m~4m，垂直 2m~4m。

图 5 为 RE 低频段测试结果。图中红色曲线有两个波峰，黑色曲线有一个波峰，它们表示的是系统内部某部分电路聚集比较多能量，产生的辐射相对较大一些。在 30MHz~50MHz 一般是由供电电源引起的，不同的实验室在这个频段的背景噪声不尽相同；100MHz~500MHz 产生的波峰通常是系统的电容或某些电路接地与否所引起的。本次试验测试所得的曲线满足电磁兼容要求。

因此可以得出结论：系统通过峰值检波方式得到的曲线没有超过国家标准限值曲线，无需进行准峰值检波，本系统辐射干扰低频段测试合格。

## 3、传导干扰

快递柜电源或者通信端口与公共网络（如电网）连接时，可能存在共模干扰。下面根据国家标准 LISN（Line Impedance Stabilization Network）对本系统的 N 线与 L1 线进行传导测试。测试的结果如图 6 所示。

系统的 N 线与 L1 线进行传导测试，结果表明：测试频率范围为 150kHz~30MHz，在这个频率范围内，系统所产生的传导干扰跟国家标准《CISPR22 B》规定的限值还有 15dB~20dB 的余量。因此，系统传导干扰符合国家标准。

## 四、结论

系统采用了模块化的设计方法，通过 GSM 模块自动发送验证短信，由键

盘和显示面板确定功能的选择与信息的输入，柜门的开启动作由单片机控制。

系统电磁干扰满足以下的国家标准：GB9254—2008/CISPR 22:2006《信息技术设备的无线电骚扰限值 and 测量方法》和 GB/T22450.1—2008《900/1800MHz TDMA 数字蜂窝移动通信系统电磁兼容性限值和测量方法第一部分：移动台及其辅助设备》，本系统的辐

射干扰和传导干扰在低频和高频段均符合国家有关的电磁兼容标准。

#### 参考文献

[1] 杨乾. 民航无线电通信干扰分析及防范此类干扰的对策建议[J]. 中国无线电, 2015, 11: 31-32.

#### Design of An Intelligent Express System and Analysis of Its Radiation Interference and Conduction

GUO Zhao-hui, ZHENG Pei-bin

(Department of Physics, Huizhou University, Huizhou 516007, China)

**Abstract:** A intelligent express system, with high practicability, low cost and simple operation, is designed by modularization method. The functions include automatic sending of short messages, determination of functions through keyboards and panels, input of information and opening of cabinet doors. The system uses keyboard module to control the input of information and LCD1602 to display the information. Electromagnetic interference tests show that the radiation interference and conduction interference in low and high frequency bands of the system are in line with the relevant national electromagnetic compatibility standards.

**Key words:** intelligent system; electromagnetic compatibility; SCM

#### 作者简介

郭朝晖，惠州学院物理系副教授，研究方向为智能识别。

通信地址：广东省惠州市演达大道46号惠州学院物理系邮编：516007

邮箱：zhguohzu@163.com

郑沛彬，惠州学院学生，研究方向为嵌入式系统应用。

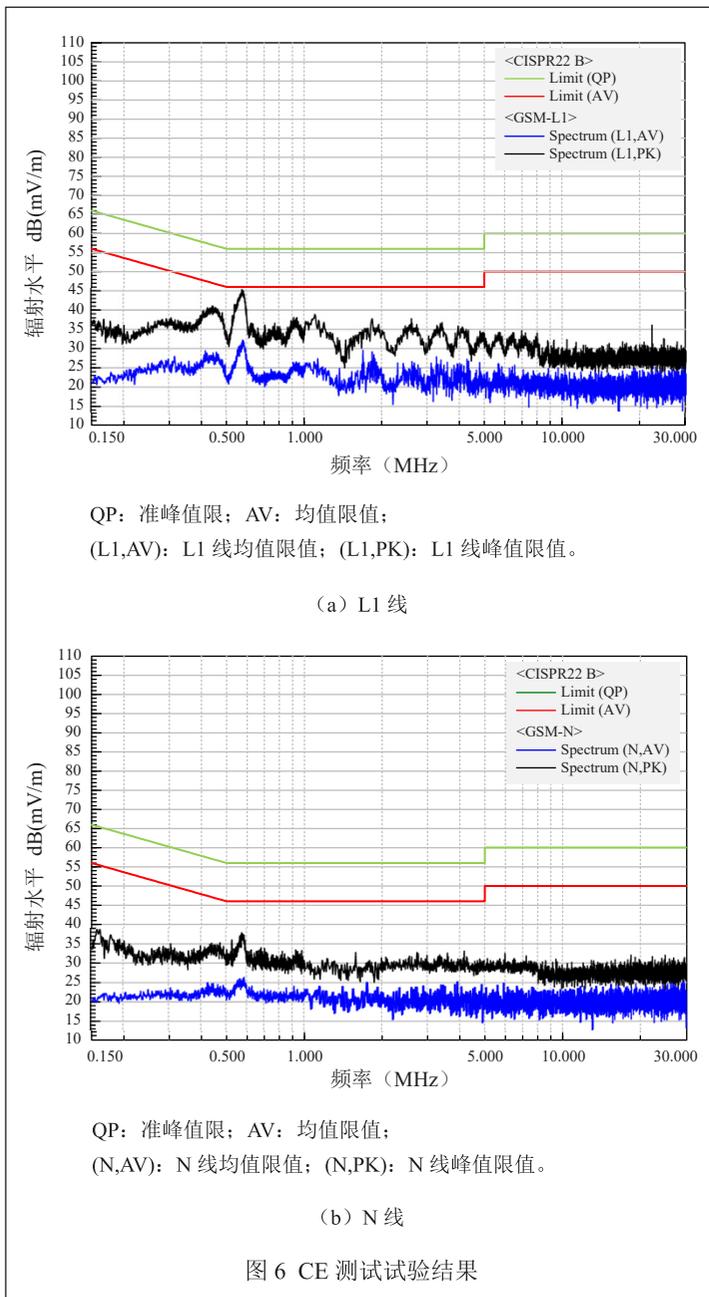


图 6 CE 测试试验结果