

文章编号: 2096-1618(2020)06-0625-07

# 智能泊车引导系统的研制及应用

胡仕兵, 陈子为

(成都信息工程大学电子工程学院, 四川 成都 610225)

**摘要:**针对大中型城市停车场泊车困难、车位使用效率不高和入口交通拥挤等问题,设计并研制一种无线智能泊车引导系统。系统由基于激光测距传感器的数据终端、数据路由器、数据协调器和上位计算机组成,数据终端实现对所有车位是否占用信息的检测和无线发送;数据路由器接收这些车位信息后无线转发给数据协调器;数据协调器通过串口把接收到的数据上传到上位计算机;上位机管理平台对车位数据作解析和统一处理,由大屏幕显示器进行发布和管理。测试结果表明该系统测距精度 $\leq 3\%$ ,通信距离 $\leq 400$  m,检测准确率为99.6%,验证了设计的正确性和有效性。

**关键词:**泊车引导;车位检测;车位发布和管理;激光测距传感器;MSP430 低功耗单片机;无线收发器;串行通信控件 MSComm

中图分类号:TN919.6<sup>+4</sup>

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2020.06.008

## 0 引言

随着社会进步和科技快速发展,汽车已经成为人们工作和生活中不可缺少的重要交通工具之一。目前中国大多数停车场车位数量多、分布广泛且地形较复杂,驾驶员难以及时了解车场的车位信息,给泊车带来极大不方便,经常存在驾驶员进入车场后找不着车位、互抢车位、车场内拥堵以及车场入口交通拥挤等停车难现象。因此,研制和应用智能化停车场管理系统已经迫在眉睫,且有重要的现实意义。传统的停车场车位管理系统一般使用视频车位检测和车牌识别技术<sup>[1-2]</sup>,超声波传感器、地磁传感器、红外线反射传感器、电磁感应线圈检测器等探测技术<sup>[3-5]</sup>及 ZigBee 自组网小范围通信技术<sup>[6-8]</sup>等,存在成本高、通信距离短、安装和布线复杂、稳定性差、效率低、浪费人力、维修复杂等缺点和不足,难以满足大型停车场车位智能化管理需求。鉴于此,设计并研制了一种基于最新激光测距传感器、MSP430 低功耗单片机和无线通信网络的智能泊车引导系统,能有效提高大型停车场车位使用效率和解决泊车困难、道路拥堵等情况。

## 1 系统结构

智能泊车引导系统由数据终端、数据路由器、数据

协调器和上位计算机 4 部分组成,其结构框图如图 1 所示。数据终端由若干个探测节点组成,实现对停车场所有车位是否占用信息的监测。数据路由器通过无线方式接收各个探测节点发来的车位信息数据后转发给数据协调器。数据协调器接收到这些数据后,通过串口发送到上位计算机。最终上位机管理平台将数据协调器发送来的车位数据作统一处理,通过大屏幕显示器(信息发布系统)对车位信息进行发布和管理。其中,数据路由器的使用,极大地拓展了车位信息的无线传输距离。

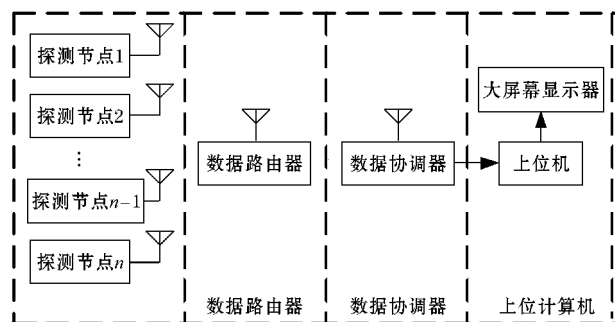


图1 系统结构框图

## 2 系统硬件电路设计

### 2.1 数据终端电路

数据终端中各个探测节点的电路完全相同,结构如图2所示。

收稿日期:2020-04-15

基金项目:2016年四川省大学生创新创业训练计划资助项目(201610621061)

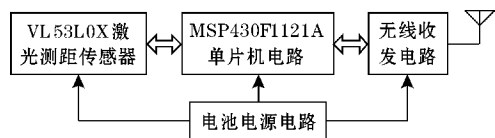


图2 探测节点结构框图

### 2.1.1 电池电源电路

探测节点采用一节3.7 V锂电池供电,电池供电电路如图3所示。其中:S1是自锁开关;D1是小信号肖特基二极管SS5819,作用一是将3.7 V电源电压降低成3.3 V左右(SS5819的正向导通压降大约为0.4 V)给其他模块供电,二是保护电路中元器件在电池接反时不被烧坏。由于系统设计时不采用线性电源稳压器(LDO)芯片,从而可以降低线性电源在工作时浪费电池的电量,延长电池的使用时间。电路中C1、C2分别是低频、高频退耦滤波电容,用来改善电源的瞬态响应特性。U1是日本理光(RICOH)公司的检测阈值精确度高、超低功耗型低电压检测芯片R3111H261A-T1,一般情况下工作电流仅为1  $\mu$ A左右。当电池电压正常时,OUT端输出高电平,红色发光二极管D2灯灭;当各模块的工作电压低于2.6 V时,OUT端使出低电平,D2灯点亮,提示电池欠电、需要更换电池。

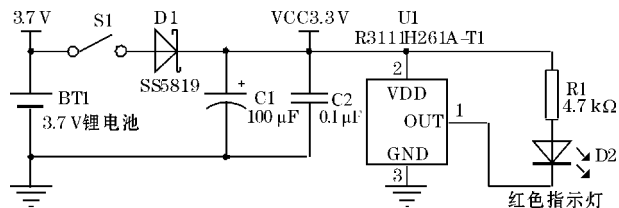


图3 电池电源电路

### 2.1.2 测距传感器电路

对车位是否占用的检测,采用的是意法半导体(ST)公司生产的目前市场上封装最小的飞行时间(ToF)测距和手势检测传感器VL53L0X<sup>[9]</sup>。与传统的测距技术不同,VL53L0X集成了领先的单光子雪崩二极管(SPAD)阵列,嵌入了ST的第二代FlightSense™专利技术。其940 nm垂直腔面发射激光器(VCSEL)的发射极完全看不见,再加上内部物理红外滤波器,使无论目标颜色和反射率如何,都能提供精确且更远的距离测量。此外,它对环境光具有更强的抗干扰能力,对玻璃光串扰也具有更好的鲁棒性。其技术参数如下:工作电压:2.6~3.5 V;测距:30~2000 mm;测距精度:±5%/±3%(高速模式/高精度模式);测距时间:20 ms/200 ms(高速模式/高精度模式);测距角度:25°。硬件待机和软件待机模式时的消耗电流分别为5  $\mu$ A、6  $\mu$ A,定时测距时的消耗电流为16  $\mu$ A,正常工

作模式时最大平均功耗仅为20 mW。

VL53L0X传感器模块的电路如图4所示。供电部分使用1  $\mu$ F、4.7  $\mu$ F和0.1  $\mu$ F 3个电容并联,用来减少电源开关时产生的脉冲纹波,使电路能够快速稳定工作。XSHUT是芯片关闭管脚,当低电平时,VL53L0X关闭;当高电平时,模块正常工作。GPIO1是中断输出端,当获取到一次距离值后会输出一个正向脉冲。SCL和SDA分别是I<sup>2</sup>C总线的串行时钟输入端和数据端,最大通信速率可达400 kbps。

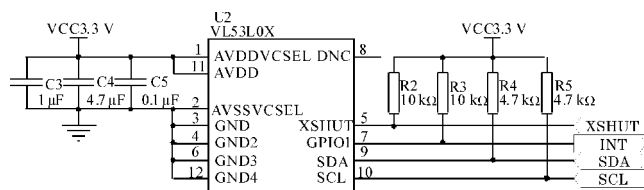


图4 测距传感器电路

### 2.1.3 无线收发电路

对于数据的无线收发,采用挪威Chipcon公司生产的低成本、超低功耗单片UHF收发器CC1100来实现<sup>[10]</sup>。该模块采用Chipcon的基于0.18  $\mu$ m CMOS晶体的SmartRF®04技术,主要设定在315、433、868和915 MHz的ISM和SRD频率波段,也可以容易地编程在300~348 MHz、400~464 MHz和800~928 MHz频段的其他频率上工作。其RF收发器集成的高度可配置的调制解调器支持2-FSK、GFSK和MSK调制格式,数据传输速率最低为1.2 kbps、最高可达500 kbps。CC1100支持数据包处理、数据缓冲、突发数据传输、清晰信道评估、链接质量指示和电磁波激发等功能,MCU通过四线SPI接口与CC1100进行命令和数据交换。CC1100主要性能参数有:工作电压1.8~3.6 V;高灵敏度(1.2 kbps时-110 dBm,1%数据包误差率);低电流消耗(接收模式、2.4 kbps、868/915 MHz时为15.4 mA,发送模式、5 dBm输出功率、868/915 MHz时为19.7 mA,SLEEP状态时400 nA);输出功率编程可达+10 dBm(10 mW);通信距离在300 m左右。

CC1100在868/915 MHz频带下的电路如图5所示。SCLK、SI、SO和CSn引脚分别是SPI总线的时钟输入端、数据输入端、数据输出端和片选端;GDO0、GDO2为专用的可配置管脚,可输出控制软件有用的内部状态信息,可用作产生CPU中断信号。C6是CC1100片内数字电路部分电压调节器的外接去耦合电容,R6为内部偏置电流参考的外接电阻。CT1为外接晶振,为频率合成器产生参考频率及给ADC和数字电路部分提供时钟;C7、C8为负载电容。C10、C11、L1和L2构成巴伦电路,将CC1100上的差分RF端口转

换成单端 RF 信号;C9 是隔直流电容。巴伦电路后面的 LC 网络起阻抗匹配作用,将阻抗变换以匹配50 Ω

的天线。C15 ~ C19 为芯片的模拟/数字电源管脚的去耦合电容,保证芯片稳定工作。

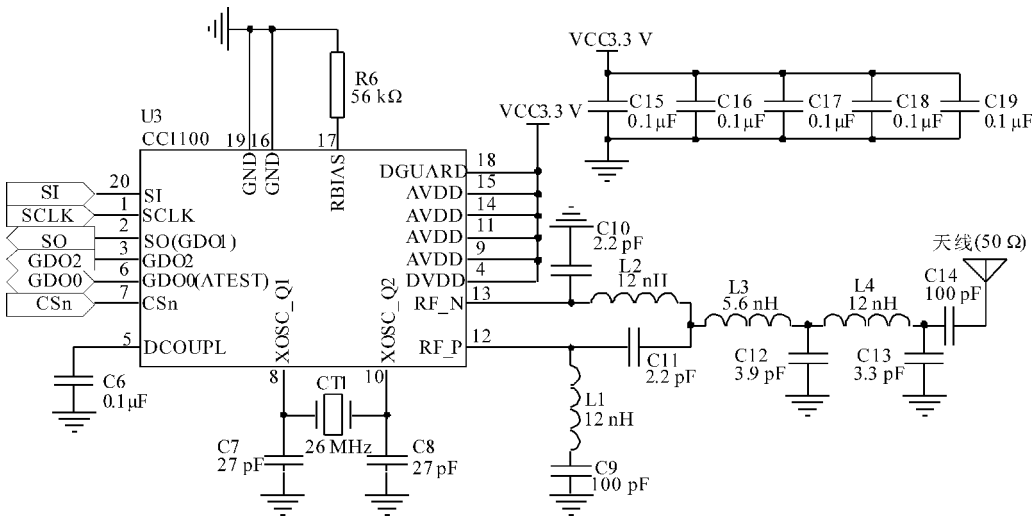


图5 无线收发电路

2.1.4 MSP430F1121A 单片机电路

系统选用TI公司推出的一款廉价、低功耗Flash单片机MSP430F1121A作为探测节点的主控芯片<sup>[11]</sup>。MSP430系列超低功耗单片机由针对不同的应用而提供的外围模块组成,该体系结构与5种低功耗模式相结合,延长了便携式测量应用中电池寿命。系列单片机采用的是功能强大的16位精简指令系统CPU,集成了16位寄存器和常数发生器,能够发挥代码的最高效率。MSP430F1121A单片机片内有4KB+256BFlash存储器和256字节RAM,内置一个16位定时器A、一个多功能模拟比较器(可用作高精度斜率A/D转换)和14个I/O端口(P1口和P2.0~P2.5口)。其特性如下:1.8~3.6V低电压供电;125ns指令周期时间;待机模式唤醒时间小于6μs;超低功耗(RAM保持方式、待机方式、活动模式时电流分别为0.1μA、0.7μA和160μA)。

MSP430F1121A单片机电路如图6所示。系统选用32.768kHz超低功耗、低频晶体振荡器,C23、C24为旁路电容。电容C20、C21的作用是:一方面作为电路的蓄能电容,提供和吸收电路中瞬间的充放电能;另一方面旁路掉芯片的电源噪声。电阻R7、电容C22、二极管D3和按键S2组成复位电路,具有上电复位和手动复位功能。D3的作用是系统断电时将电阻R7短路,让C22快速放电,在下一次来电时能产生有效的复位;当按下S2时,复位脚RST/NMI变成低电平,触发单片机复位。J1为BSL程序下载器的接口。

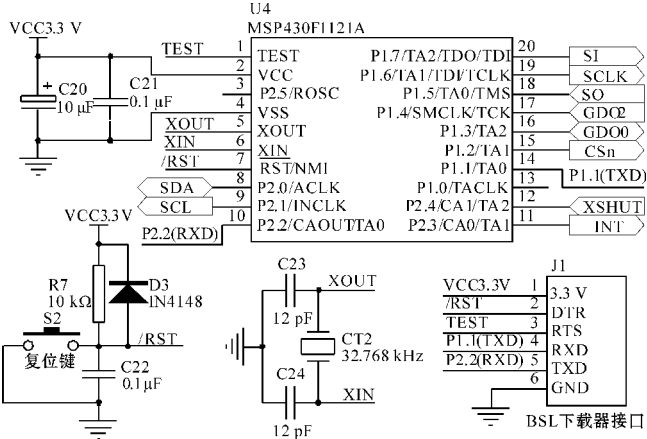


图6 MSP430F1121A单片机电路

2.2 数据路由器电路

数据路由器电路的系统框图如图7所示,其中单片机电路和无线收发电路与探测节点完全相同。由于需要频繁地接收多个探测节点发送来的车位信息并实时转发给数据协调器,功耗较大,故不采用电池供电、而用+5V电源供电。其电源电路如图8所示,稳压芯片LM1117-3.3V将+5V电源输入电压转换成+3.3V给系统供电。二极管D4的作用是防止电源接反对电路元器件的破坏。C25和C26是输入电容,作用是防止断电后出现电压倒置。C27和C28是输出滤波电容,作用是抑制自激振荡;如果不接这两个电容,通常稳压器的输出是个振荡波形。

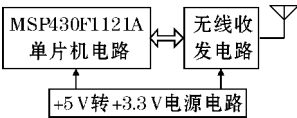


图7 数据路由器系统框图



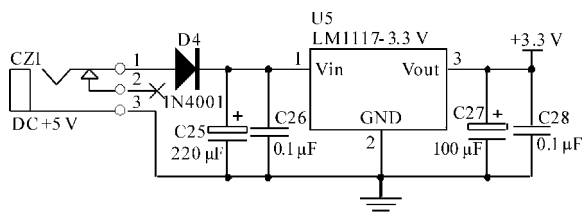


图8 数据路由器电源电路

## 2.3 数据协调器电路

数据协调器电路系统框图如图9所示,其中无线收发电路与探测节点完全相同。

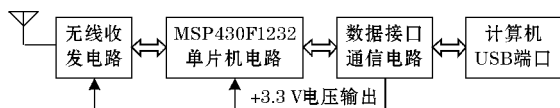


图9 数据协调器系统框图

### 2.3.1 数据接口通信电路

数据接口通信电路由 Silicon Laboratories 公司开发的 USB 转 UART 芯片 CP2102 完成。CP2102 片内集成有 USB 收发器、上电复位电路、48MHz 晶体振荡器、电压调节器(3.3 V 输出)、USB 功能控制器、异步串行数据总线(UART)、1024 字节 EEPROM(用于存储供应商和产品 ID、序列号、修订编号、电源参数、产品说明等信息)、576 字节接收缓冲区、640 字节发送缓冲区等。它兼容 USB2.0 规范(全速可达12 Mbps), UART 通信速率为300 bps ~ 1 Mbps。CP2102 应用电路如图10所示。REGIN 是片内电压调节器的输入端,VBUS 是 USB 网络的 VBUS 感知输入端,都接至 USB 口的 +5 V 电源口线。VDD 为片内电压调节器 3.3 V 电压输出端,给无线收发电路和 MSP430F1232 单片机提供工作电源。RST 为芯片复位管脚,通过 4.7 kΩ 上拉电阻接至 VDD 端;C29 ~ C31 为去耦电容。

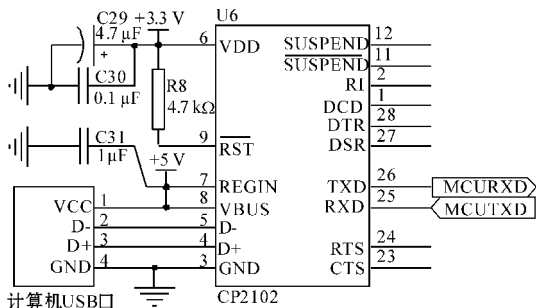


图10 数据接口通信电路

### 2.3.2 MSP430F1232 单片机电路

为最大限度地利用单片机端口和片内外设并降低设计成本,选用 MSP430F1232 单片机作为数据协调器的主控单元<sup>[12]</sup>。MSP430F1232 单片机有 22 个 I/O 端

口(P1 口、P3 口和 P2.0 ~ P2.5 口),片内集成 8KB+256B 程序存储器和 256B 数据存储,8 路 10 位精度、200 kbps 转换速率的 A/D 转换器(内部参考电压源和自带采样/保持器),串行通信接口 USART0(可用软件选择为异步 UART 或同步 SPI),具有 3 个捕获/比较寄存器的 16 位计时器 A,片内看门狗定时器 WDT,片内温度传感器等模块。MSP430F1232 单片机电路如图 11 所示,系统采用外部 32.768 kHz 的晶体振荡器作为时钟源。单片机串口 USART0 (P3.4、P3.5) 接至 USB 转 UART 芯片 CP2102 (RXD、TXD),按照指定的协议与上位机进行数据通信。

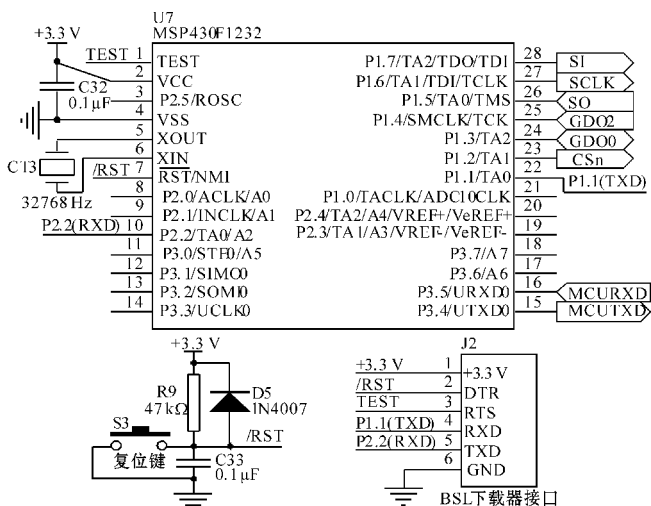


图11 MSP430F1232 单片机电路

## 3 系统软件设计

系统软件包括数据终端软件、数据路由器软件、数据协调器软件 and 上位计算机软件。其中前三者的程序开发和调试是在 IAR Embedded Workbench for MSP430 version 5.30.1 集成开发环境下进行的,后者在微软公司开发的基于 Windows 操作系统可视化编程环境的编程设计软件 Microsoft Visual Basic 6.0 上完成。

### 3.1 数据终端软件

因启动测距模块 VL53L0X 测距和无线模块 CC1100 发送数据都要消耗电池电流,为降低探测节点的系统功耗,单片机每间隔 10 s 才检测 1 次车位信息。当检测到车位没有变化时,CC1100 不发送数据;只有车位信息有变化时,CC1100 才发送数据。

探测节点的软件流程如图 12 所示。MSP430F1121A 单片机上电后完成内部系统变量初始化、I<sup>2</sup>C 总线和 SPI 接口初始化以及复位 VL53L0X 和 CC1100 等操作。然后配置 CC1100 各寄存器,设置发射功率为 0 dBm 后将其置为空闲 (Idle) 模式。接着将看门狗定

时器设置为1 s中断1次,打开其中断和全局中断,单片机进入 LPM3 低功耗模式。若10 s时间到,启动 VL53L0X 测距,判断车位是否占用。若当前的车位信息没有变化,CC1100 不发送数据;若车位信息有变化,则使 CC1100 进入发送模式,发送车位编号和车位状态信息给数据路由器后,再次进入空闲状态。

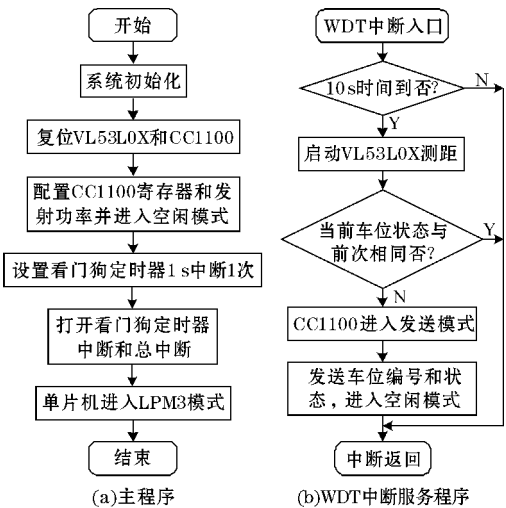


图 12 探测节点软件流程图

3.2 数据路由器软件

数据路由器的软件流程如图 13 所示。MSP430F1121A 单片机上电后完成内部系统变量的初始化、关闭看门狗定时器、复位 CC1100 等操作,然后配置 CC1100 各寄存器和设置发射功率参数为10 dBm,并进入接收数据等待状态。若有接收数据,CC1100 进入接收状态并接收数据;如果接收数据的 CRC 校验位正确,将接收数据转发给数据协调器并清洗接收缓冲区。如果 CRC 校验位不正确或者没有接收数据,则继续进入数据接收等待状态。

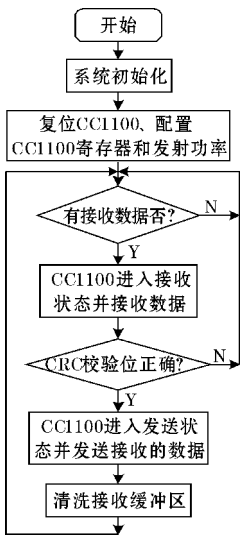


图 13 数据路由器软件流程图

3.3 数据协调器软件

数据协调器的软件流程如图 14 所示。MSP430F1232 单片机上电后完成内部系统变量的初始化、关闭看门狗定时器和复位 CC1100,然后配置 CC1100 各寄存器和设置发射功率参数为10 dBm,初始化串口 USART0 后使 CC1100 进入接收数据等待状态。若 CC1100 有接收数据,CC1100 进入接收状态并接收数据;如果接收数据的 CRC 校验位正确,则将接收到的数据通过 USART0 发送给上位机,然后清洗 CC1100 接收缓冲区。如果 CRC 校验位不正确或 CC1100 没有接收数据,则重使 CC1100 处于数据接收等待状态。MSP430F1232 单片机与上位机之间数据交互采用异步通信模式、独立波特率,串口协议设置为:波特率 9600 bps,8 位数据位,1 位停止位,无校验位。

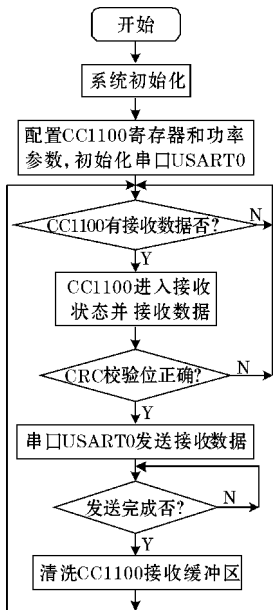


图 14 数据协调器软件流程图

3.4 上位机软件

上位机采用 Visual Basic 6.0 开发用户界面,实现数据协调器中单片机通过 CP2102 发来的各个车位信息的接收、解析、统一管理与发布。Visual Basic 6.0 是一种包含协助开发环境的事件驱动编程语言,拥有图形用户界面(GUI)和快速应用程序开发(RAD)系统,可以轻易地使用 DAO、RDO、ADO 连接数据库或者创建 ActiveX 控件。上位机软件设计时使用串行通信编程 ActiveX 控件 MSComm,通过对此控件的属性和事件进行相应的编程操作,即可容易地实现串行通信。上位机软件的程序流程如图 15 所示,其中串口通信协议与数据协调器完全相同。

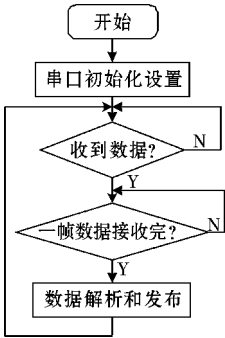


图 15 上位机软件流程图

4 系统测试

4.1 激光测距测试

为检验激光测距传感器 VL53L0X 的测距准确性,将探测节点外接 4 位数码管显示电路,改变传感器与墙壁间的距离,得到测试结果如表 1 所示。其中:实际距离和测量距离分别是皮尺测量结果和数码管显示结果。可以看出,测试数据覆盖传感器的 30 ~ 2000 mm,测距绝对误差在 20 mm 以内,最大相对误差 $\leq 3\%$ ,优于超声波、红外线、FMCW 雷达等测距传感器的测量性能<sup>[3-5,13]</sup>。

表 1 VL53L0X 测试数据结果

实际距离/mm	测量距离/mm	相对误差/%	实际距离/mm	测量距离/mm	相对误差/%
40	41	2.5	1200	1218	1.5
100	103	3	1500	1511	0.73
300	306	2	1700	1716	0.94
500	513	2.6	1800	1818	0.01
800	819	2.38	1900	1917	0.89
1000	1017	1.7	2000	2015	0.75

4.2 无线通信距离测试

CC1100 模块的无线通信传输距离与传输速率和发射功率有关,速率越低、功率越大,传输距离越远;反之,距离越近。经实地实际测试,在传输速率为 2.4 kbps、终端和路由器功率分别为 0 dBm 和 10 dBm 情况下,系统数据终端和数据路由器的通信距离分别达到 150 m 和 250 m,总实际通信距离为 400 m,低于理论值 300+300=600 m。原因是测试环境中建筑物、树木和汽车的阻挡,场所中其他无线频率信号的干扰以及 PCB 板天线部分走线等问题所致。若该通信距离无法满足某些地形复杂的停车场实际需求,可以再增加一级数据路由器,以有效地拓展数据协调器的采集范围,进而扩大整个系统有效的无线传输距离。

4.3 检测准确率测试

在成都市某大型停车场完成了系统检测准确率的实际测试。测试时将数据终端中的探测节点放置于汽车的前后左右及中间 9 个不同位置(图 16)的地面下,激光测距传感器正对上方(无障碍物阻挡);并将测得距离在 100 ~ 1500 mm 视为有车停放,其他情况视为无车状态。对测试数据作对比分析得知,在数据终端和数据路由器间距离小于 150 m、数据路由器与数据协调器间距离小于 250 m 的情况下,该系统均能有效地

将车位占用情况准确地判断和发布,检测准确率达到 99.6%。

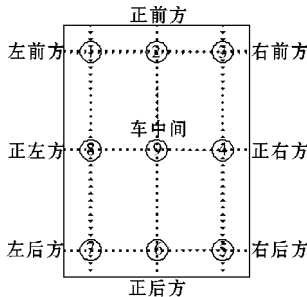


图 16 车位测试点位置分布图

5 结束语

针对大中型城市“停车难”现象提出一种无线智能泊车引导系统的设计方案,详细介绍了系统的硬件电路和软件系统设计。系统现已投入到成都市某大型停车场车位的实际管理和泊车引导中,实际运行结果表明:系统能够适应车位数量多、分布广泛且地形较为复杂的停车场现场环境,具有检测准确率高、探测精度高、功耗低、通信距离远、稳定性好、抗工业干扰能力强、成本低廉、安装方便等优点。系统实现了停车场的无人化操作值守管理,提高了停车场的自动化和智能化水平,优化了城市停车资源的配置,间接地缓解了城

市的交通压力,具有较高的推广价值和广阔的市场应用前景。

## 参考文献:

- [1] 黄发扬. 基于视频车牌识别技术的车位引导及反向寻车系统的探讨[J]. 智能建筑, 2018(9): 78-80.
- [2] 孟春宁, 于艳美, 蔡诚. 基于计算机视觉的车辆及车位检测系统设计[J]. 公安海警学院学报, 2015, 14(4): 11-13.
- [3] 田立武, 沈晓萍. 基于超声波与无线传感技术的地车位信息检测器的研究[J]. 电子测试, 2016(24): 8-10.
- [4] 孔令燃. 基于地磁传感器和卷积神经网络的停车检测方法研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2018.
- [5] 袁若辰, 王连震, 艾雨豪, 等. 基于红外探测及无线传输的地下泊位显示装置[J]. 通信技术, 2019, 52(5): 1263-1267.
- [6] 刘军. 基于 ZigBee 的智能停车场管理系统的设计与实现[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2012.
- [7] 芦晨博. 基于物联网的智能车位管理系统设计[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2019.
- [8] 张珍军. 基于物联网的智能停车场管理系统设计与实现[D]. 聊城: 聊城大学, 2018.
- [9] STMicroelectronics. VL53L0X: World's smallest Time-of-Flight ranging and gesture detection sensor [EB/OL]. <https://www.st.com/resource/en/datasheet/vl53l0x.pdf>, 2018.
- [10] 孙剑, 可欣荣, 张建瓴, 等. 基于 CC1100 的土壤湿度监测与控制系统[J]. 灌溉排水学报, 2015, 34(6): 99-103.
- [11] 张颖超, 王金成, 钱慧. 超低功耗奶牛发情期监测器的设计——MSP430F1121A 实现计步功能[J]. 微计算机信息, 2008, 24(2): 74-75.
- [12] 国建岭. 基于单片机 MSP40F1232 的多路温度测试仪的设计[J]. 上海电气技术, 2012, 5(2): 34-37.
- [13] 郑东跃. 关于测距传感器的开发和性能介绍分析和应用[EB/OL]. <http://www.elecfans.com/d/1032317.html>, 2019.

## Development and Application of an Intelligent Parking Space Guidance System

HU Shibing, CHEN Ziwei

(College of Electronic Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

**Abstract:** In view of the problems such as difficult parking, inefficient use of parking spaces and heavy traffic at the entrance in parking of lots of large and medium-sized cities, a wireless intelligent parking space guidance system is designed and developed in this paper. This system consists of a data terminal based on laser ranging sensors, a data router, a data coordinator and an upper computer. The data terminal realizes the detection and wireless transmission of the occupation information of all the parking spaces, the data router receives this information and then wirelessly transmits it to the data coordinator, and the data coordinator uploads the received data to the upper computer through the serial port. The parking space data is analyzed and uniformly processed by the management platform of the upper computer, and is released and managed by a large-screen display device. The test results of the system show that the ranging accuracy of the system is less than 3%, the communication distance is less than 400 m, and the detection accuracy is 99.6%, which verify the correctness and effectiveness of the design.

**Keywords:** parking guidance; parking space detection; parking space release and management; laser ranging sensor; MSP430 low power consumption microcontroller; wireless transceiver; serial communication control MSComm