

一种停车位传感控制器设计^①

古 辉, 毛泉涌

(浙江工业大学 计算机科学与技术学院, 杭州 310023)

摘 要: 提出了一种停车位传感控制器. 应用超声波反射原理, 设计了超声波传感器发射电路和接收电路, 实现了车辆有或无的检测; 采用步进电机驱动作为车位锁的核心部件, 应用了步进电机的驱动电路, 实现了车位锁的开启与闭合控制. 实验结果表明, 停车位传感控制器能够自动检测停车位中有无车辆, 能够顺利控制车位锁的开闭.

关键词: 停车位控制器; 超声波传感器; 车位锁; 无线传感器网络; 仿真

Design of Parking Space Sensor Controller

GU Hui, MAO Quan-Yong

(College of Computer Science and Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: A parking sensor controller is proposed. The ultrasonic signal transmitted circuit and ultrasonic signal received circuit is designed to realize the detection of vehicles based on the ultrasonic reflection principle. Stepping motor, which is designed to be the core part of parking barrier, controls the open and close actions of the parking barrier on the basis of drive circuit. The results of experiment show that the parking sensor controller can detect the state of parking space and control the parking barrier automatically.

Key words: parking space controller; ultrasonic sensor; parking barrier; wireless sensor network; simulation

自从汽车出现之后, 已经有越来越多的人有能力购买, 导致私人汽车数量不断上升, 停车位的需求也随之增加. 多数私家车主选择购买一个专用的停车位, 可以确保在工作归来时有地方可以停车, 不用为寻找停车位而浪费更多的时间和精力. 然而由于管理措施和停车场(停车位)基础建设不完善, 专用停车位被他人占用的现象还是时有发生, 为此容易引发居民纠纷和损害他人车辆的行为, 于是就急需设计比较完善的停车场管理系统或者专门管理停车位的设备. 车位锁的出现可以有效缓解这一需求, 现在市场上已经有了多种车位锁, 沈其衡^[1]提出的车位锁、苏忆^[2]提出的停车限位器, 庞锐等^[3]提出的车位锁和沈连帮^[4]提出的防撞车位锁均为人工车位锁, 需要车主下车开锁和关锁, 既不方便又不卫生; 封鸿涛等^[5]提出的遥控车位锁, 需要车主随身携带遥控钥匙; 韩笑^[6]提出了一种无线遥感车位锁, 具有远程读写智能卡功能, 还可用

手机发射控制命令; Ahmed I.S.I.Al-Jafar^[7]提出了一种可远程控制的车位锁, 底部的传感器检测能保证车辆在经过车位锁时阻挡臂不升起, 不损害车辆; Eli Zana 和 Meitar^[8]设计了一种可以充电的车位锁, 远程控制, 他们设计了一种装置可以把车辆运动的机械能转化为电能供给车位锁的其它部分.

在上述研究的基础上, 本文提出一种停车位传感控制器设计方案, 不需要车主携带额外的事物, 可以实现车辆出入车位时的自动开锁和闭锁, 自动收费, 使用简单方便.

1 系统设计

本文提出的停车位传感控制器的组成主要有: 具有无线通信和温湿度检测的 GAINSJ-EVO 节点、超声波传感器、车位锁和投币器等, 系统结构框图如图 1 所示. GAINSJ-EVO 节点与 GAINSJ-EVO 节点进行点对点

^① 收稿时间:2012-09-08;收到修改稿时间:2012-10-22

通信, 基于 IEEE802.15.4 协议. 图 1 中的 Coordinator, EndDevice 是分工不同的 GAIN SJ-EVO 节点.

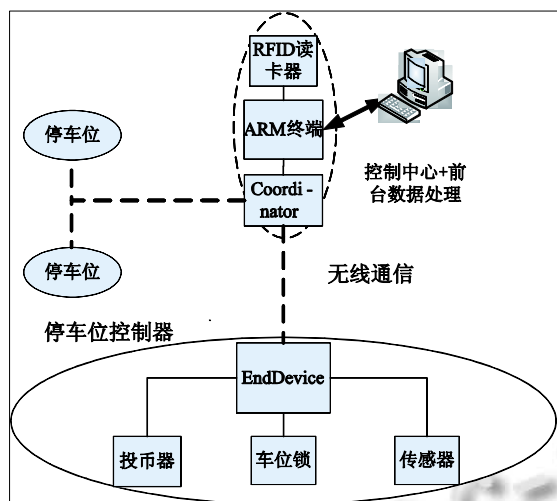


图 1 停车位控制器的结构框图

该无线传感器网络中有一个 Coordinator 和多个 EndDevice, 由 Coordinator 汇聚各 EndDevice 的停车信息, 把汇总后的信息交给 ARM 终端处理. EndDevice 连接超声波传感器, 车位锁和投币器.

2 模块设计

2.1 GAIN SJ-EVO 节点

文本采用深联科技有限公司开发的 GAIN SJ-EVO 无线传感器网络节点作为控制器和无线通信模块, 其内核结构^[9]如图 2 所示.

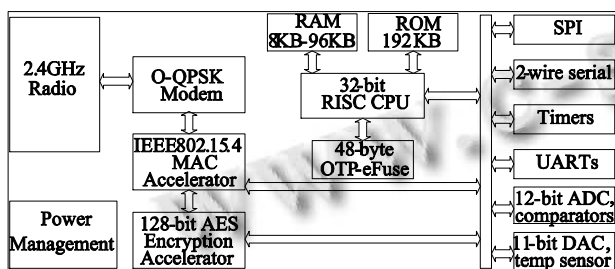


图 2 JN5139 的内核结构^[9]

2.2 超声波传感器模块

采用 NU40C16T/R-1 收发分体式超声波传感器, 工作中心频率 40KHz, 检测距离最大为 4 米. NU40C16T/R-1 工作原理, 发射器发射超声波信号, 该信号遇到阻挡物后反射回来, 被接收器接收, 完成一次收发行为, 计算公式如式(1)所示. 超声波在空气中

的传播速度与温度有关^[10], 如式(2)所示.

$$S = C * T / 2 \tag{1}$$

$$C = 331.5 + 0.607 * Temp \tag{2}$$

(1)(2)式中为超声波传感器与检测物之间的直线距离(单位 m), T 为超声波从发射到接收的时间(单位 s), $Temp$ 为当前的温度(单位 °C), C 为 $Temp$ 温度下超声波在空气中的传播速度(单位 m/s).

2.2.1 超声波传感器模块电路设计

本文设计了一个超声波传感器模块, 模块的电路设计框图如图 3 所示.

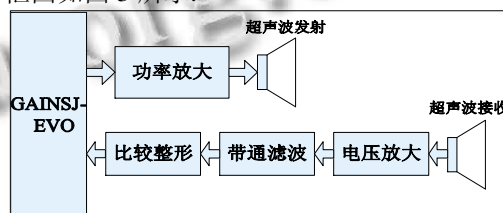


图 3 超声波传感器的电路设计框图

GAIN SJ-EVO 节点提供 40KHz 方波(实际频率为 39.988KHz), 由功率放大电路处理后, 驱动超声波发射器. 超声波发射电路见图 4.

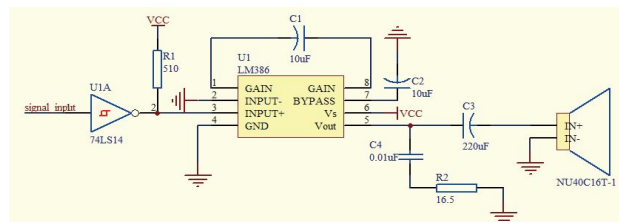


图 4 超声波传感器发射电路

图 4 中的功率放大电路可以有效隔离输入到超声波发射器上的低频噪声, 处理前与处理后的波形比较如图 5 所示.

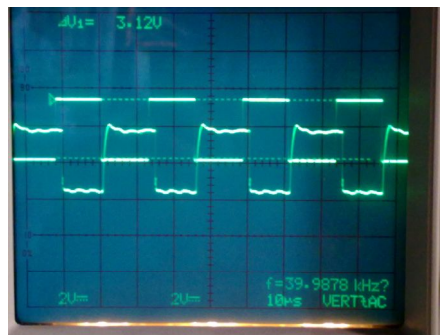


图 5 超声波传感器发射波形

图 5 中 GAIN SJ-EVO 节点提供的 40KHz 方波; 与其相位相反的波形是经过功率放大后接到超声波发射器两端的波形, 尽管在顶部和底部夹杂高频杂波, 但不影响超声波信号发射。

超声波传感器接收电路负责接收和处理收到的微弱超声波信号. 该信号经放大、滤波、比较整形处理

后输入到 GAIN SJ-EVO 节点. 超声波接收电路设计如图 6 所示, LM324 是一个四运算放大器, 把其中一个连接成同相交流放大器, 放大倍数由 R6 和 R7 决定, 见公式(3).

$$A_v = 1 + R_7/R_6 \quad (3)$$

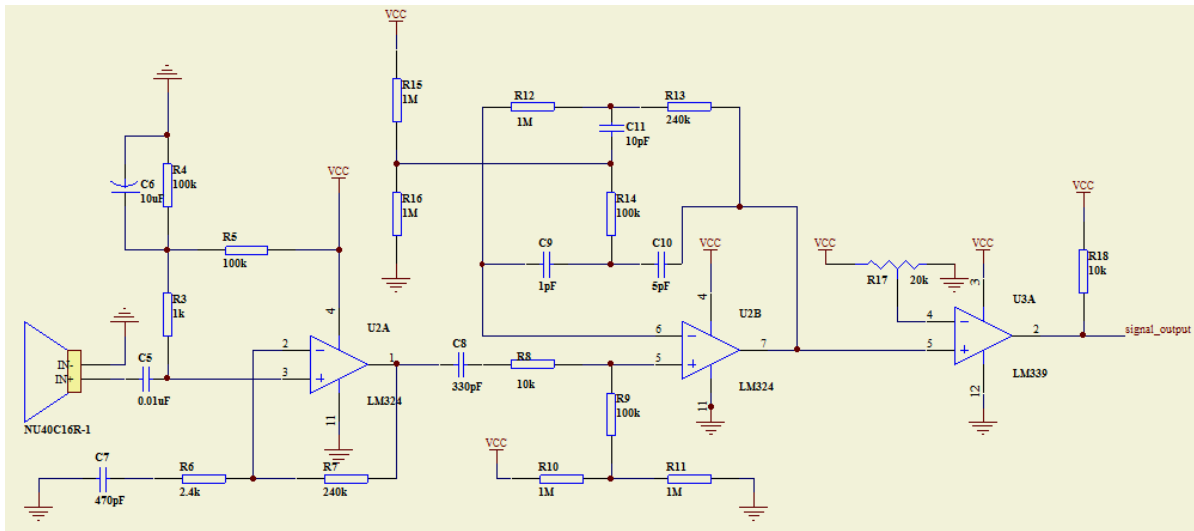


图 6 超声波接收电路图

按公式(3)和 R6、R7 的值, 此放大器电路最多可放大 101 倍. 在 Proteus Version 7.1 下仿真^[11], 40KHz 频率, 放大器电路的放大倍数为 74.9 倍, 该电路的幅频特性响应曲线如图 7 所示. 理论计算值与 Proteus 仿真值不同的原因在于理论计算值是在使用理想运算放大器的前提下得出的, 另外工作电压的不同也会影响放大倍数. 在额定工作电压范围内, 电源电压越大, 放大倍数越大, Proteus 仿真见表 1. LM324 的工作电压为 3-32V, 40kHz 频率下的放大倍数是设计所需的值.

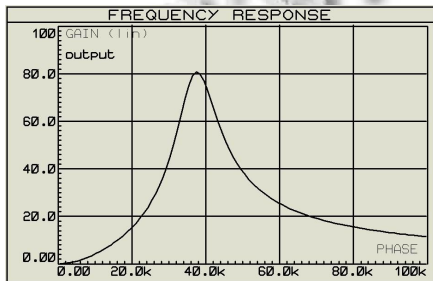


图 7 信号放大电路的幅频特性响应曲线

表 1 在不同工作电压下的放大倍数(频率 40KHz)

电压(V)	3	5	12	24	32
放大倍数	74.4	74.9	76.0	80.2	80.8

当工作电压为 5V 时, 放大倍数 74.9 倍, 可以把几毫伏电压放大到几百毫伏, 能够被 GAIN SJ-EVO 节点检测到. 不过此放大信号中夹杂着不少干扰信号, 需要进一步滤波处理才能得到较干净的波形.

图 6 中, 把 LM324 中的另一个运算放大器, 连接成一个带通滤波器. 经 Proteus 仿真, 该电路的幅频特性响应曲线如图 8 所示.

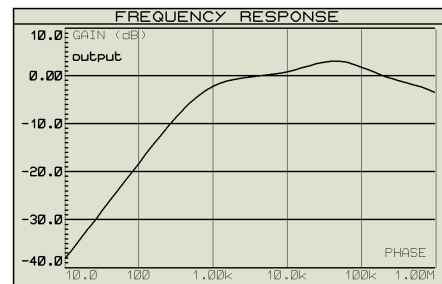


图 8 滤波电路的幅频特性响应曲线

中心频率为 40.2KHz, 下截止频率为 186KHz, 上截止频率为 5.56KHz, 能有效过滤电源(电源频率 50Hz<5.56KHz)引入的低频干扰.

图 6 中, LM339 内含四个独立的电压比较器. 电压

比较器正输入端接经过处理的超声波信号，负输入端接阈值电压，两端比较后输出高电平或低电平。该阈值电压由 20 千欧姆的电位器分压得到，阈值电压范围 0~5V，可精确到 mV 级别。

2.2.2 超声波传感器模块的有效性验证

经示波器检测，该超声波传感器模块的检测范围是 0~50cm。因超声波发射器与接收器的角度和程序延时等原因，本文所设计的电路存在 0~2cm 的检测盲区。

为了验证该模块的有效性，在 2cm~50cm 范围内，进行测距实验。实验示意图如图 9 所示，T 为超声波发射器，R 为超声波接收器，distance 为实验测得的距离值。实验中所用阻挡物有两类，一类是蓝色毛织物，另一类是普通 A4 复印纸。

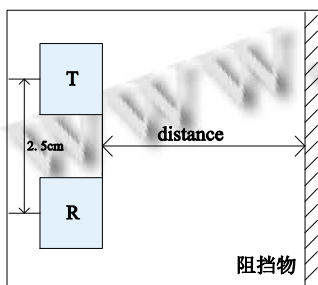


图 9 实验示意图

设定实验条件，光线充足，室温不变(27°C)，阻挡物为蓝色毛质物时，标准距离设定为 2cm, 5cm, 10cm, 20cm, 30cm, 34cm; 阻挡物为普通 A4 复印纸时，标准距离设定为 35cm, 40cm, 45cm, 50cm。各距离测距 100 次，每次间隔 0.5s 左右。实验结果经 matlab 6.0 处理后如图 10 所示。

图 10a 与图 10b 中彩色*星小点为各个实测距离值，黑色小点为预先设定的标准距离值。

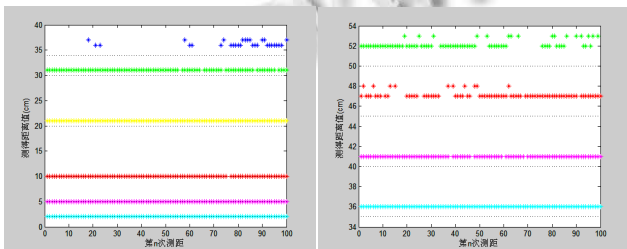


图 10 阻挡物为蓝色毛质材料(左)和普通 A4 复印纸(右)时的距离值

从两图中可以看出，测得距离值分为三种：(1) 测得距离与预先设定距离一致；(2) 测得距离比预先设

定距离大；(3) 数据丢失，即测量失败。假设误差限为 5%，超过这个误差为不合格数据，则两种材质阻挡物在各个距离的测距成功率见表 2。

表 2 测距成功率

蓝色毛质物						
距离(cm)	2	5	10	20	30	34
误差范围	±0.1	±0.2	±0.5	±1	±1.5	±1.7
成功率(%)	100	100	99	100	95	0
普通 A4 复印纸						
距离(cm)	35	40	45	50		
误差范围	±1.7	±2	±2.2	±2.5		
成功率(%)	100	96	75	62		

从表 2 可以看出当阻挡物为蓝色毛质物时，距离在 34cm 及以上就得不到正确的距离值，即 34cm 是该传感器模块在被毛质物阻挡时的极限距离。30cm 以下的测距成功率均在 95% 以上。当阻挡物为普通 A4 复印纸时，可测得距离明显增加，最远可测得 50cm。虽然随着距离的增加，测距成功率从 35cm 时的 100% 降到 50cm 时的 62%。

从实验结果中可以看出，毛质物反射超声波的能力小于普通 A4 复印纸反射超声波的能力，即超声波反射受阻阻挡物材质的影响。该实验亦可证明本文设计的超声波传感器模块在 2~30cm 范围内测距有效；在 30cm~50cm 范围内视阻挡物材质而定。

把本文设计的超声波传感器模块应用于车辆检测上，一般车辆的底盘高度小于 30cm。进行对车辆底盘的高度检测实验，实验车辆为银白色丰田 IV4，测得车头底盘离地面的距离，一共测 100 次，每隔 0.5s 测一次。1 次测得 17cm，1 次测得 20cm，9 次未检测到数据(检测失败，但未出现连续丢失数据情况)，其余 89 次测得 18cm。上述数据加上传感器距离地面的高度，传感器距离地面高度为 3cm，所以实际车头底部离地面高度为 21cm 左右。此实验可证明该超声波装置可以有效检测车辆底部与地面的距离。

为了提高检测结果的可靠性，采用以下检测策略：

Step 1: 连续两次检测车辆与传感器之间的距离

a. 若两次检测都有检测值且距离小于阈值(30cm)，则判定存在车辆；

b. 若至少有一次未检测到或者检测距离大于 30cm，则跳转到 step 2；

Step 2: 再次检测车辆与传感器之间的距离

a. 若未检测到或者距离大于 30cm，则判定车辆不存在；

b. 若检测到距离值且小于 30cm, 则跳转 Step1.

该策略能确保判定结果——车辆有无的可靠性. SP 为测距成功率. 在 30cm 的范围内, 最低 SP 为 95%. 在车辆存在的情况下, 判定正确的最小概率为 90.25%, 误判定的概率为 0.49%. 故本文所设计的超声波传感器模块可以用来检测车辆有无.

2.3 车位锁

2.3.1 车位锁电子电路设计

车位锁分成机械装置和电子电路两部分, 电子电路包括步进电机和步进电机驱动电路^[5]. 本文采用型号为 35HS34DF 的步进电机, 步进角 1.8 度, 两相四线. 在本文中简要介绍步进电机的驱动电路(图 11)和电源转换电路(图 12), 车位锁的机械部分另文介绍.

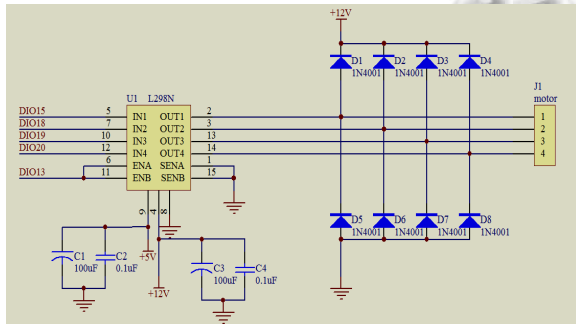


图 11 步进电机驱动电路

图 12 所示的电路在 L298 的开发资料^[12]中有介绍, 该驱动电路有四个信号接入口和四个信号输出口, 四个信号输出口接电机的四根引线, 四个信号接入口接 GAIN SJ-EVO 节点的四个通用 I/O 口. 驱动电路的 ENA 和 ENB 为启动和关闭 A、B 两相的控制端, 连接在一起接 GAIN SJ-EVO 节点的一个通用 I/O 口. 采用 8 个续流二极管 IN4001, 保护步进电机不被感应电压烧坏. 由于 L298 需要 12V 和 5V 两种电压, 故采用 LM7805 降压电路^[13]来满足这个要求. 如图 12 所示, 该电路把 12V 电压降到 5V 电压.

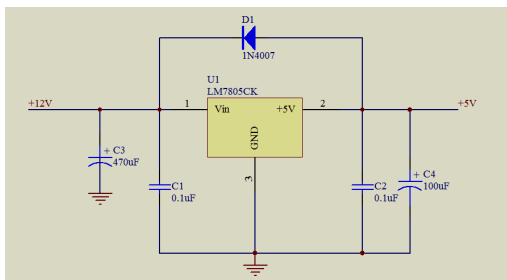


图 12 电源转换电路

2.3.2 车位锁软件设计

车位锁的主要动作为开锁和闭锁, 对应到步进电机本的正转和反转控制, 另外为了避免车位锁在开锁和闭锁时伤害到车辆或人, 车位锁的动作应尽可能慢, 故还涉及到步进电机的转速控制.

本文采用 2 相激磁方式驱动, 相比 1 相激磁, 输入功率变为 2 倍, 衰减振动小, 不容易失步^[14]. 设定电机的四根引线分别为 A、 \bar{A} 、B、 \bar{B} , 电机正转的输入信号为 $AB \rightarrow \bar{A}B \rightarrow \bar{A}\bar{B} \rightarrow A\bar{B}$, 电机反转为 $AB \rightarrow A\bar{B} \rightarrow \bar{A}\bar{B} \rightarrow \bar{A}B$. 1 个循环(loop)分为四步, 每一步步进电机转动 1.8 度, AB 输入就是 1 步. 1 周 360 度分为 50 循环, 共 200 步完成. 为了控制步进电机的转速, 可以在每一步之间加个延时. 以下给出电机正转的伪代码:

Program

Input(loop, delay)

Do While loop! =0

A=1, \bar{A} =0, B=1, \bar{B} =0

Call 延时(delay)

A=0, \bar{A} =1, B=1, \bar{B} =0

Call 延时(delay)

A=0, \bar{A} =1, B=0, \bar{B} =1

Call 延时(delay)

A=1, \bar{A} =0, B=0, \bar{B} =1

Call 延时(delay)

EndWhile

End

loop 用于控制电机转动的角度, delay 用于控制电机转动的速度. 反转只要改变时序输出即可. 实践证明该电路能够顺利地驱动电机转动, 实现开锁和闭锁.

2.4 投币器驱动模块

本文采用衢州港诚机电产品制造有限公司生产的港都 007 投币器, 一元硬币识别准确率高. 本文使用了此投币器的三根接出线, 12V 电源线、地线和 COIN 信号线. COIN 信号线接 GAIN SJ-EVO 节点的一个通用 I/O 口. 投币器可以作为付费的一种模式, 为以后的工作打下基础.

3 系统设计

由于专用停车位的停车位控制器还需要车辆身份识别的辅助, 如 RFID 卡识别, 故不在此展开. 在此提

出可用于公共停车位的停车位控制器工作流程, 如图 13 所示.

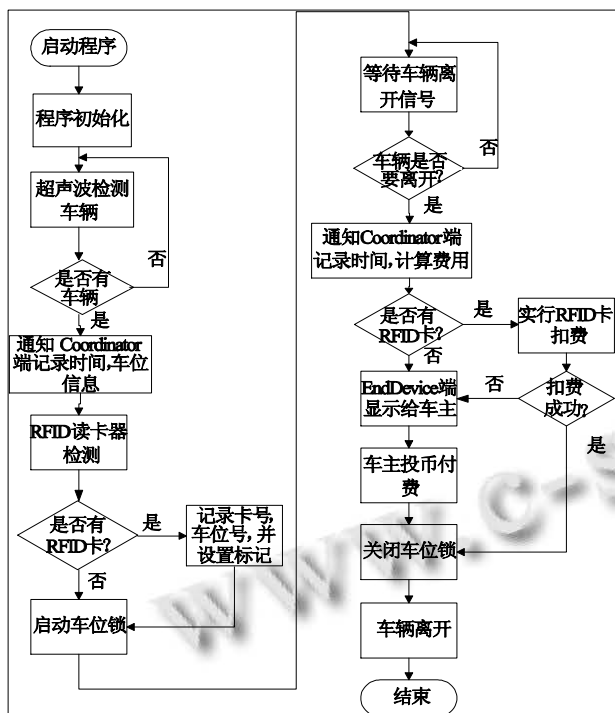


图 13 停车位传感控制器的工作流程图

工作流程的伪代码如下:

Begin

硬件初始化;

加入无线传感网络;

Call 超声波检测程序

Do While 无车

Call 超声波检测程序

EndWhile

通知 Coordinator

读卡器检测

If 有 RFID 卡

Then 记录卡中信息, set flag

Endif

启动车位锁

Do While 没有车辆离开信号

等待

EndWhile

通知 Coordinator

If 有 RFID 卡

Then RFID 卡扣费

If 扣费成功

Then 关闭车位锁

EndIf

Else

把费用告诉车主

车主投币付费

关闭车位锁

EndIf

车辆离开

End

初始状态停车位中无车, 车位锁关闭. 在等待车辆到来时, 只有超声波传感器处于工作状态. 当有车辆驶入车位被超声波传感器检测到时, 唤醒 EndDevice, 然后由 EndDevice 通知 Coordinator 节点记录时间和被占用车位号. 而后, Coordinator 进行 RFID 检测, 关于 RFID 卡读写装置和具体扣费流程另文介绍. 然后 Coordinator 通知 EndDevice 开启车位锁. 当 EndDevice 检测到车辆已经停好后就开启车位锁. 到此, 停车阶段结束.

接下来进入车辆离开阶段. EndDevice 等待车辆要离开的信号, 此信号由车主发出, 然后进行信息确认 (如 RFID 卡确认), 确认是车主后, EndDevice 通知 Coordinator 记录时间, 计算费用. 由于考虑的是无 RFID 卡的情况, Coordinator 把费用信息发回给 EndDevice, EndDevice 显示给车主, 让其缴费. 车主缴费后, EndDevice 关闭车位锁, 车辆离开. 到此整个停车流程结束, 车位进入等待状态.

为了验证该流程的有效性, 已制作简易缩小的停车位控制器模型, 通过把物品放在超声波传感器检测区域来模拟车辆的到来, 使超声波传感器检测到物体, 进入读卡程序. 由于此前已设定为无 RFID 卡, 则控制器控制车位锁开启, 停车结束. 在车辆离开阶段, 用按键模拟车主发出即将离开信号, 控制器通知投币付费, 付费成功后, 车位锁关闭, 拿开物品, 整个流程结束.

4 结论

本文把自行设计的超声波传感器模块用于停车位传感控制器中, 使系统能正确检测车辆有或无. 通过模型制作和合理假设流程的几个关键步骤, 使得系统可以运作完成, 顺利实现自动开闭车位锁的功能. 接

(下转第 112 页)

置模板参数,主要配置参数见表2。

表2 .Nettlers 主要配置参数

配置参数	说明
ChooseSourceDatabase	选择源数据库
SourceTables	数据库表
DotNetVersion	.NET 版本
EntLibVersion	微软企业库版本
IncludeComponentLayer	是否包含组件层
VisualStudioVersion	VisualStudio 版本
BusinessLogicLayerNameSpace	业务逻辑层命名空间
ComponentLayerNameSpace	组件层命名空间
DataAccessLayerNameSpace	数据访问层命名空间

在配置好模板后将可以直接生成系统的数据访问层。至此,整个下线检测系统的数据库设计完毕。

5 结语

本文以 SAE J1939 协议为出发点,采用了包括 PowerDesigner 和 CodeSmith 在内的软件自动化技术对数据库系统进行设计,缩短了系统的设计和开发的周

期,提高了生产效率,并为整车厂其他发动机供应商的下线检测系统的数据库设计提供了经验,为数据库通过复用和转换快速地整合到下线检测系统中提供了可能,整车厂可以通过一种下线检测系统就可以检测其不同型号的车辆,缩短了整车下线时间,提高了企业竞争力,是一种可行的基于 J1939 协议的整车下线检测系统的数据库方案。

参考文献

- 林跃.车辆下线检测系统的开发.汽车技术,2007,(4),18-20.
- SAE Standards,Data Link Layer,SAE J1939/21.Society of Automotive Engineers, 2005.
- SAE Standards,Vehicle Application Layer,SAE J1939/71.Society of Automotive Engineers, 2005.
- SAE Standards,Vehicle Application Layer-Diagnostics,SAE J1939/73.Society of Automotive Engineers, 2005.
- 赵韶平,徐茂生,周勇华.PowerDesigner 系统分析与建模.北京:清华大学出版社,2010.

(上接第90页)

下来可以把 RFID 加入到系统中,完成身份检测功能和自动收费功能,到时就可以真正地实现自动化停车和收费。

参考文献

- 沈其衡.车位锁.Int Cl:E04H6/42 201010292476.9,2010-09-25.
- 苏忆.一种支臂伸缩式停车限位器.Int Cl:E04H6/42 201120113250.8,2012-02-08.
- 庞锐,杨茜,庞华南.一种车位锁.Int Cl:E04H6/42 201110406032.8,2012-04-18.
- 沈连帮.一种防撞车位锁.Int Cl:E04H6/42 201120217453.1, 2012-2-29.
- 封鸿涛,余锋光.车位守护装置.Int Cl:E04H6/42 02149787.7, 2003-07-02.
- 韩笑.无线遥感车位锁.Int Cl:E04H6/42 201120275146.7, 2012-03-07.
- Ahmed I.S.I.Al-Jafar. Remote Control Parking Barrier. Int Cl: E01F13/04 US8070379B2,2012-2-23.
- Eli Zana, Meitar. Parking Barrier Activated by Its Own Electric Energy Creation.Int Cl:E01F15/00 US2012/0044046A1,2011-12-6.
- Jennic.JN-DS-JN5139MO-1v6.http://www.jennic.com/support, 2010-11-29.
- 闫东磊.基于ATmega8L高精度超声波测距仪的设计.武汉:武汉理工大学,2010.
- 张丽娜,周润景.基于PROTEUS的电路及单片机系统设计与仿真.北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- STMicroelectronics.L298.http://www.st.com.2011-10-8.
- 龙忠琪,金燕,李如春.模拟集成电路.北京:科学出版社, 2005.
- 本正文.王自强译.步进电机应用技术.北京:科学出版社, 2010.