

文章编号: 1005-8451 (2011) 05-0032-03

## 超声波探测器在地下停车场的应用设计

曹艳玲, 魏学业, 吴小进

(北京交通大学 电子信息工程学院, 北京 100044)

**摘要:** 针对大型停车场停车难的问题, 本文设计了地下停车场车位引导系统。依据超声波测距原理提出了测距算法, 基于单片机和 RS-485 总线研究设计了系统方案, 编写了控制程序。实验表明该系统能实时显示停车场剩余车位, 引导泊车人群快速找到车位。

**关键词:** 超声波传感器; 单片机; RS-485; 车位引导

**中图分类号:** TP274.5

**文献标识码:** A

### Application of ultrasonic detector in underground parking lots

CAO Yan-ling, WEI Xue-ye, WU Xiao-jin

(School of Electronic & Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** Due to the difficulty of parking in huge parking lots, Underground Parking Guidance System was designed in this paper. A new algorithm according to the ultrasonic ranging principle was presented. Following with the controlling procedures, a systematic program based on single-chip microcomputer and RS-485 bus was determined. The experiments showed that residuary parking spaces were displayed in real time. These results would be significant for users to find parking spaces quickly.

**Key words:** ultrasonic sensors; single-chip microcomputer; RS-485; parking space guidance

随着车辆保有量的增加, 公共场所停车难的问题愈加明显。目前, 常见的停车场管理系统只是对入场车辆的停车时间和计费进行管理, 实现了自动收费的功能, 但是对停车场内车位的管理, 尚缺乏有效的管理手段。本文采用超声波传感器和 AT89S51 单片机设计了一种车位引导系统, 判别车位占用情况, 并在停车场内部安装导向性指示屏, 引导用户快速找到空闲停车位。

### 1 超声波测距原理

#### 1.1 超声波传感器

超声波是频率高于 20 kHz 的声波, 它指向性强, 能量消耗缓慢, 在介质中传播的距离较远, 可在恶劣环境下工作, 因而超声波经常用于工业中距离的测量。超声波传感器是利用超声波特性研制而成的传感器。本文采用压电陶瓷超声波传感器 TCT40-12T/R, 一个发送传感器, 一个接收传感器, 中心频率为 40 kHz, 工作电压在 5 V~65 V 之间, 测距范围在 0.2 m~20 m 之间。

#### 1.2 测量原理

发送传感器向某一方向发射超声波, 在发射声波的同时开始计时, 超声波在空气中传播, 途中碰到障碍物就立即返回来, 接收传感器收到反射波就立即停止计时。超声波测距原理如图 1。

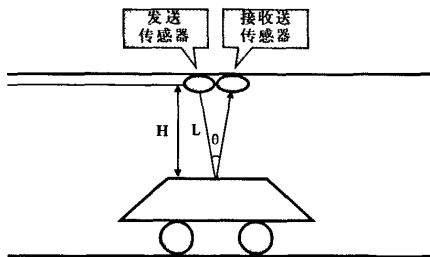


图1 超声波测量原理

根据超声波测距原理提出了测距算法为:

$$L = V \cdot T/2 \quad (1)$$

式(1)中:  $L$  为超声波经过的单向距离,  $V$  为超声波在空气中的传播速度 (通常为 340 m/s),  $T$  为超声波在空气中传播的时间。假设发射方向与反射方向的角度为  $\theta$ , 则传感器到障碍物的垂直距离  $H$  为:

$$H = L \cdot \cos(\theta/2)$$

收稿日期: 2010-07-13

作者简介: 曹艳玲, 在读硕士研究生; 魏学业, 教授。

由于发射传感器与接收传感器的距离小于 50 mm, 传感器与障碍物的距离大于 1m, 则  $\theta$  小于  $15^\circ$ , 可近似认为:

$$H = L \cdot \cos(\theta/2) \approx L = V \cdot T/2 \quad (2)$$

## 2 系统组成及硬件设计

本系统采用分布式控制系统 (DCS), 由单片机 AT89S51 和超声波传感器组成的车位探测器作为现场控制站, 控制站通过 RS-485 总线进行串行通信控制各从机, 主机对收到的数据进行信息处理, 并显示停车场剩余车位, 系统框图如图 2。

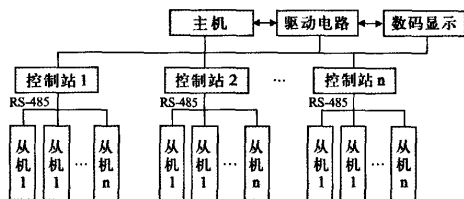


图2 系统框图

RS-485 总线支持多点连接, 最大可连接 32 个节点, 最大传输距离可以达到 1.2 km, 采用差分信号负逻辑进行传输, 一般只需 2 根连线。为了提高抗干扰能力, 各单片机系统与 MAX485 之间采用光耦隔离器件连接。作为从机的车位探测器, 主要探测障碍物距离, 并实时地把数据传输给控制站。车位探测器框图如图 3。

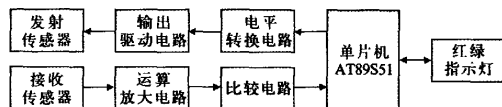


图3 车位探测器框图

### 2.1 超声波驱动电路

单片机的输出功率很小, 不足以驱动发射传感器, 本系统采用二进制非门来增大功率驱动发射传感器。

电路由 12 V 电压供电, 提供 24 V 峰峰值电压驱动发射传感器, 24 V 峰峰值电压通过 CD4049 二进制非门桥电路实现。2 个电容起到了导通交流阻断直流的作用, 当单片机不发射方波信号时, 能有效的防止 12 V 的直流电源作用在发射探头上, 达到降低功耗的作用。2 个门并联以便每一侧能够

为发射传感器提供足够的驱动电流。非门 U2 用来为驱动器的一侧提供  $180^\circ$  的相移信号, 另一侧由相内信号驱动, 这种结构使输出端电压提高了一倍。

因为单片机工作电压是 5 V, 而 CD4049 的工作电压是 12 V, 单片机和输出驱动器之间的逻辑电平是不匹配的, 这里采用双极性晶体管作为这 2 种电平的转换器。

### 2.2 放大及比较电路

当探测距离超过 1 m 时, 接收传感器输出的正弦信号非常微弱, 只有几十毫伏。对于这种微弱信号的放大, 只使用单个放大器难以达到好的效果, 本文采用 2 级放大, 如图 4。

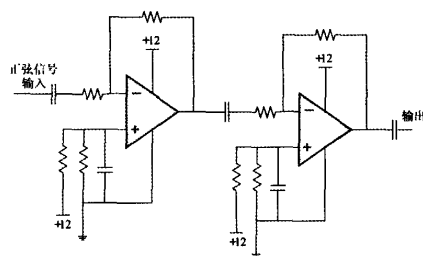


图4 超声波放大电路

交流正弦信号接到运算放大器的反向输入端, 如果只是和地电平做比较的话, 将会把交流信号的下半部分“吞噬”掉。而采用电源的中点作比较电压的话, 负半周的交流信号几乎没有损耗的被放大, 相当于抬高了交流信号的直流电平, 此时输入和输出信号都需要加交流耦合电容, 隔离直流分量, 避免直流分量对前后级之间产生干扰。

放大后的信号送入电压比较器。比较器的同相端设置基准电压, 反相端电压高于基准电压时输出低电平, 低于基准电压时输出高电平。当单片机采集到比较器下降沿信号时停止计时, 进行数据处理。

## 3 系统软件设计

目前地下停车场的高度一般在 3 m~5 m 之间, 车的高度一般在 0.5 m~1.8 m 之间。为了避免停车场高度不同导致测距程序的不兼容, 本方案把超声波传感器统一放置在距离地面 3 m 处。利用单片机定时器计算从发射超声波到接收超声波所需的时间, 确定障碍物到超声波探测器的距

离。当测得的距离小于2.5 m, 认为该车位已泊车; 当测得的距离大于2.5 m 小于3 m, 认为该车位没有车; 当测得的距离连续3次大于3.3 m, 认为该车位探测有问题, 报警。

本系统将程序所需处理的事件封装成函数, 例如40KPWM()函数实现每500 ms发射一次40 kHz的方波, LEDdisplay()函数实现每2 s更新数码管的显示内容。每个下位机作为从机要实时的和上位机进行通信, 每1 s向单片机以数据包的形式报告车位的占用情况。为保证数据的可靠性, 需对数据包进行校验和。图5 (a), 5 (b) 分别是通信部分主机程序和从机程序流程。

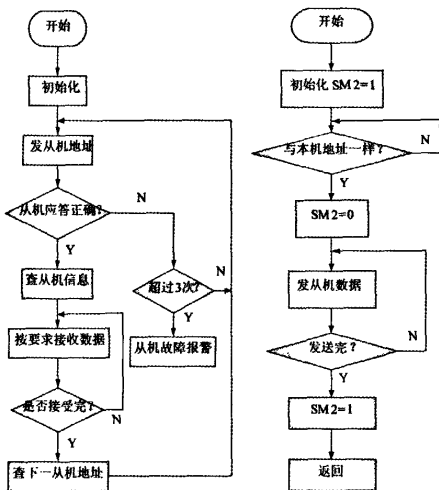


图5 (a) 主机通信流程图 图5 (b) 从机通信流程图

由于485通信中从机数量不能超过32个, 这里采用级联的方式, 在一个小系统中的主单片机作为大系统中的从单片机, 从而整个系统能够探测32 × 32=1024个车位的占用情况, 采用这种方式可以灵活的根据停车场车位的数量来设计系统从机的数量, 减少资源的浪费。对于更大型的停车场也可再进行扩展, 足以满足停车场的车位要求。

4 实验结果

实验时, 选择2个中间级控制站, 分别为控制站1和控制站2。每个控制站通过485总线控制2

个车位探测器, 分别从机1和从机2。做了3组实验, 如表1。为了检验车位探测器误差和可靠性, 实验中把车位探测器安置在距离地面高3 m处, 利用单片机的UART串口总线与PC机通信, 选取不同高度的障碍物放在车位探测器下面, 由PC机显示探测距离。

由实验可知, 车位状态显示正确, 探测距离存

表1 障碍物高度与测距误差

控制站1						控制站2					
从机1			从机2			从机1			从机2		
车位	探测	误差	车位	探测	误差	车位	探测	误差	车位	探测	误差
状态	距离(m)	(m)	状态	距离(m)	(m)	状态	距离(m)	(m)	状态	距离(m)	(m)
实验1 有车	1.24	0.08	有车	1.46	0.07	有车	1.77	0.07	有车	1.88	0.06
实验2 有车	1.90	0.05	有车	2.01	0.05	有车	2.15	0.04	有车	2.24	0.04
实验3 有车	2.34	0.04	无车	2.56	0.04	无车	2.79	0.03	无车	2.90	0.03

在较小的误差, 控制在厘米级。造成误差的原因有3点: (1) 在程序设计中, 由于单片机发射3个周期的40 kHz方波后开始计时, 导致时间上减少了3个周期的时间, 从而测量距离比实际距离短。依据时间和超声波的速度可知, 减少的距离约为2.5 cm。(2) 由公式(2)可知,  $\theta$ 的存在使探测距离L要稍大于垂直距离H, 随着探测距离的增加 $\theta$ 越小, 对距离的影响也越小。(3) 超声波在空气中传播的速度受外界温度的影响, 由于误差对于显示车位状态不会产生影响, 可忽略。

5 结束语

系统采用超声波传感器对停车场车位泊车情况进行探测, 以RS-485总线为通信方式, 组成主从多机网络对车位探测器进行控制, 实时显示停车场剩余车位。经实验表明, 系统探测距离满足停车使用, 运行稳定可靠, 能方便用户快速的找到车位泊车, 可有效解决大型停车场找车位难的问题。

参考文献:

[1] 戴佳, 戴卫恒, 刘博文. 51单片机C语言应用程序设计实例精讲[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.  
[2] 何希才, 薛永毅. 传感器及其应用实例[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.  
[3] 谢倩. 大型地下停车场智能管理系统探讨[J]. 计算机技术及应用, 2010, 36 (1): 364-365.

责任编辑 方圆