

# 一种微控制器的倒车雷达系统的设计

杨振宇, 李琳, 陈文彦

(厦门大学 机电工程系, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 设计实现了一种倒车用超声波测距仪; 系统以 MC68HC908GP32 型微控制器为核心进行模块化设计, 采用 4 路探头进行超声波的发射和接收, 通过通道选择电路对四路回波进行循环检测; 回波信号经多重反馈带通滤波放大电路和过零比较电路后, 触发定时器的输入捕捉中断, 微控制器存储回波往返时间, 经过温度校正和运算后送所测最短距离进行显示并报警; 经调试该仪器能满足 1.5m 范围内的距离测距要求, 测量“盲区”小于 20cm, 具有高的精确度和可靠性; 适当改进后可用于其它短距离测距要求的相关系统中。

**关键词:** MC68HC908GP32; 超声波; 测距; 实时性

## Design of Radar System for Backing a Car Based on a MCU

Yang Zhenyu, Li Lin, Chen Wenxiang

(Dept. of Electromechanical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** An ultrasonic distance measurement system for backing a car is designed. It is mainly designed with the adoption of the MCU MC68HC908GP32 together with other circuit module. The system detects circularly the four channels which is composed of four probes of transmitting and receiving the ultrasonic wave through select circuit. The reflected signal is disposed by the magnified circuit of multiple feedback band-pass filter and zero-crossing comparative circuit. When the MCU detects the reflecting wave, interrupting of timer would be triggered, and the trip-back time is saved in memory cell. The shortest distance operated through temperature correction is displayed and the system will alarm when the distance is less than the fixed parameters. After debugged, system can meet actual demand within 1.5 meter. The blind distance is less than 20cm and the system is of high precision and reliability. It can also be applied to other relative systems after properly improved.

**Key words:** MC68HC908GP32; ultrasonic; distance measuring; real-time performance.

## 0 引言

随着经济发展和工业化水平的提高, 汽车数量迅速增加, 交通拥挤导致交通事故频繁发生, 发展智能交通系统是我国交通运输发展的重要方向。本文着眼于倒车防护, 设计了一种基于 MC68HC908GP32 型微控制器<sup>[1]</sup>的倒车雷达系统, 能够在倒车时充分满足汽车防撞要求。本系统采用 Motorola 公司的高性能芯片, 具有反应灵敏和高可靠性的特点。

## 1 倒车雷达系统简介

### 1.1 超声波测距原理

本系统采用软件方式产生 40kHz 的超声波, 放大后经超声波探头发射并等待接收回波, 同时打开计数器计时, 单片机定时器通道捕捉到回波后关断计数器并触发中断, 以测出发射波和接收到回波的时间差  $t$ , 从而计算出定点障碍物的距离  $S=Ct/2$ , 式中的  $C$  为超声波波速。由于  $C$  与温度变化有关, 通过温度检测模块测出温度  $T$  后, 可计算  $C=331.5+0.607T$ 。

### 1.2 系统方案设计

系统结构图如图 1 所示, 系统的设计可分为 5 个部分: 发

射和接收, 通道选择, 回波信号处理、温度检测、显示报警。发射和接收部分采用 4 路完全相同的发射接收电路, 由多路选择开关依次选通, 回波信号经多路选择开关后, 进行信号放大、带通滤波和过零检测, 单片机接收到回波后立即停止计时。温度检测采集实时温度后, 通过温度补偿的方法对测量距离加以校正, 由单片机计算后送显示电路显示。

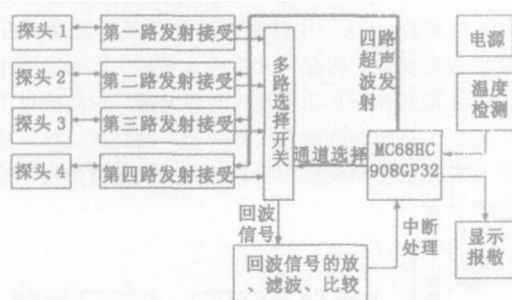


图 1 系统结构图

## 2 MC68HC908GP32 芯片特点简介

Motorola 公司的 MCU 产销量从 20 世纪 80 年代就占据了全球最大的份额, 是世界上应用最广泛的微控制器。MC68HC908GP32 是 CPU08 系列微控制器中的一款通用型高性能芯片, 执行速度快, 性价比高, 并由于其性能上的特点, 特别适用于倒车雷达系统中。

### 2.1 时钟模块

MC68HC908GP32 时钟模块与传统微控制器时钟电路相

收稿日期: 2006-06-06; 修回日期: 2006-07-10。

作者简介: 杨振宇(1976-), 男, 甘肃天水人, 硕士, 主要从事电子技术、嵌入式系统及应用的研究。

陈文彦(1955-), 男, 福建漳州人, 教授, 主要从事电子技术与嵌入式系统方向的研究。

比, 采用了锁相环技术, 是一个功能很强的可编程模块<sup>[2]</sup>。采用锁相环电路产生时钟时, 微控制器使用较低的外部晶振频率, 就可编程得到多种总线时钟频率。

本设计通过软件编程控制, 采用数字锁相环技术, 系统达到 8MHz 的较高的总线频率, 又由于采用了 32kHz 很低的外部晶振, 增强了系统抗干扰的能力。

### 2.2 安全保护模块

安全保护特性包括看门狗监视复位、低电压极限检测复位、非法指令检测复位等, 使应用系统免于进入死循环。集成于芯片上的看门狗模块是一个独立运行的计数器, 由一个 12 位的看门狗预定标器与一个 6 位的看门狗计数器级联而成, 计数器的时钟源是晶振的输出时钟。

### 2.3 监控 ROM 和片内 Flash

为方便用户二次开发, MC68HC08 系列芯片内部固化了一段基本程序, 称为监控 ROM, 其中包含有关系统检测、Flash 编程以及传行通信等功能的代码。在特定条件下, 微控制器复位后可以不进入正常的用户方式而进入到监控方式, 比如监控 ROM 的主要任务之一就是配合 Flash 的使用, 提供擦写子程序供用户调用。MC68HC908GP32 内部含有 32kB 的 Flash, 可以在用户模式下进行程序在线修改, 这在倒车雷达系统的“盲区”调整过程中, 提供了很大的方便。

### 2.4 定时器模块

MC68HC908GP32 有 2 个独立的 16 位定时器, 每个定时器有两个输入输出通道, 各占用两个 I/O 引脚, 定时器的计数方式有自由运行计数方式和预置计数方式, MC68HC908GP32 定时器的特点在于它的输入捕捉功能、输出比较功能和脉宽调制功能。

输入捕捉是在定时器通道的 I/O 引脚上输入外接信号, 微控制器检测该输入信号的跳变, 捕捉到外部信号变化时, 定时器将当前计数值存入输入捕捉寄存器。本系统的定时器 T2 便采用这种功能。

## 3 系统的硬件设计

### 3.1 超声波的发射与接收电路设计

为了准确地检测到车后障碍物, 系统采用 4 个探头组成 4 路完全相同的发射与接收回路, 分别从微控制器 I/O 口的 PTC2~PTC5 引脚发射超声波脉冲。超声波探头既可以通过放大电路发射出超声波, 也可以通过接收回路接收反射的回波。如图 2 所示, I/O 端口产生的超声波脉冲经过 RC 电路整

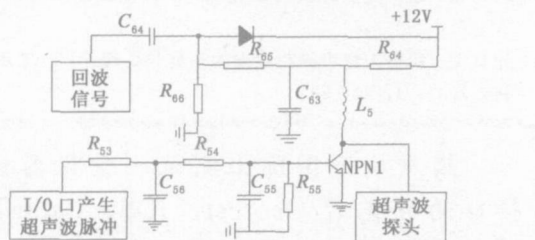


图 2 发射与接收电路

形, 使超声波脉冲加载在一个提升电压上, 刚好打开三极管对加载的脉冲信号进行放大, 接收时回波信号经 L-C 电路耦合, 进入通道选择开关。

超声波探头一般需要用中周升压到 150V 左右才能工作, 但同时中周会对电路造成干扰, 本系统采用中周升压电路固化为一体的超声波探头, 避免了中周带来的干扰。

由于有 4 路输入输出回路, 故用两片 CD4052 用作通道选择开关, 如图 3 所示, 使能端 6 脚端接地, 通道始终打开, 任意时间只有一路选通, 每一芯片的 9、10、11 脚接微控制器 I/O 口通过软件进行通道选择, 对 CD4053 (1) 14 脚输入, 13 脚输出, CD4053 (2) 14、15、4 脚输入, 13、1、3 脚输出。两个芯片的 4 个输出端接于一起, 任意时间只有一路信号被选通进入回波信号处理电路。

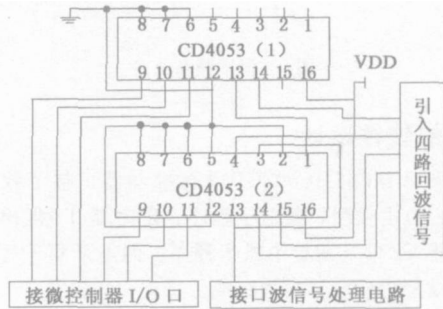


图 3 通道选择电路

### 3.2 回波信号处理电路设计

回波信号的处理主要包括滤波、放大、整形和过零比较。如图 4 所示, 采用低噪运算放大器 MC33078 构成两级多重反馈带通滤波放大电路, MC33078 有很低的电压噪声 ( $4.5nV/\sqrt{Hz}$ ) 和很高的带宽 (15MHz), 可以满足微弱信号放大和频带要求。放大后的信号经整形后送比较器负端与基准电压相比较, 输出跳变为低电平时定时器存当前计数值并启动中断。电压比较器采用 LM211, 可以充分满足较低输入电流的小信号放大要求。

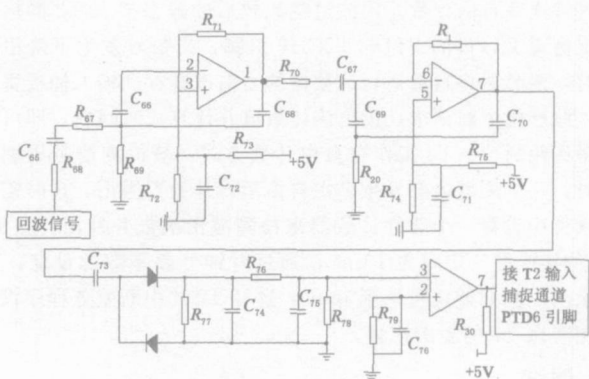


图 4 回波处理电路

### 3.3 温度测量电路设计

超声波是一种纵向振动的弹性机械波<sup>[3]</sup>, 传播速度受温度影响较大, 系统采用温度补偿的方法加以校正。温度采集电路采用了一种增益补偿电路, 用 NTC 型热敏电阻 FAD-103AT/1 做为温度传感器。如图 5 所示,  $R_T$  阻值随温度变化的改变值转为电压的变化量, 微控制器自带模数转换模块, 电压信号接微控制器 PB7/AD7 端口, 对同一时刻的采集信号重复采样 64 次求平均值, 然后通过查表程序得出温度值, 电路

输出电压由如下公式得出。

$$V_{out} = E \frac{R_1 R_3 - R_2 R_4}{R_1 [R_3 + R_4]}$$

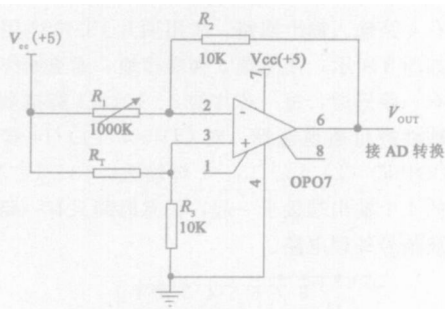


图 5 温度测量电路

### 4 系统的软件设计

系统采用 MC68HC908GP32 微控制器，整个软件采用模块化设计，由主程序、发射子程序、定时器 T1 溢出中断子程序、定时器 T2 输入捕捉中断子程序、温度采集子程序、显示子程序和报警子程序等模块组成。

主程序采用对 4 个发射接收回路的循环检测方式，计算各通道所测结果并保存于寄存器，四通道测完后取最小值送液晶显示，当测得距离小于预置距离时，调声音报警程序，并按设定的距离决定蜂鸣器报警声音的急促和缓慢。

T1 工作在预置计数方式，并设置为定时溢出中断，用于定时发射宽度为 250μs 的 10 个超声波脉冲。定时器的计数终值称为回波的接收窗口，在接收窗口内没有回波收到，T1 定时溢出后，转入下一通道的检测。接收窗口的溢出时间设定取决于测量最大距离及测量通道数，本系统定时 10ms，即理论可测最大距离为  $S = Ct/2 = 340 \times 0.01/2 = 1.7m$ 。

T2 设置为输入捕捉的中断方式，这种方式下计数器按指定时钟速率自由计数。回波过零比较后的输出接入 T2 的输入捕捉通道 I/O 口的 PTD6/T2CH0 引脚，当信号发生下降沿跳变时，定时器将自由运行计数器的当前值锁存到输入捕捉寄存器，并产生中断请求，读出该计数值并计算成时间后，即可计算得到距离值。T2 工作在自由计数方式，被检测信号周期过长时，一个周期内会发生多次自由运行计数器溢出，这时需要在软件中设置一个软件计数器来检测溢出次数并补回计数值，T1 的接受窗口定时为 10ms，通过时钟分频系数的设定，T2 的溢出中断周期也可达到 10ms，这样 T2 的中断服务程序设计不用考虑 T2 的溢出检测。

### 5 调试

系统采用模块化电路设计，采用较低的外部晶振和中周电路固化的超声波探头，数字和模拟部分电路分开供电，以提高系统抗干扰能力，但由于实际应用中仍存在较多电磁干扰，而回波信号为小信号输入，系统调试中通过硬件补偿的方式对电路进行了优化和调整，使系统达到了较高的可靠性。由于超声波探头存在余震效应，为避免余震产生的“虚假反射波”机器人超声测距数据的采集与处理错误申请中断，超声波脉冲发射后软件中设置了一段时间的延时，称为“死区”时间，“死区”形成了距离测量中的“盲区”<sup>[4]</sup>，由于探头的性能误差，装车

运行后要不断调整探头的“死区”。经过应用过程的调试，本系统的测量“盲区”控制在 20cm 内，“死区”时间为 1.5ms，测量误差为 ±1cm。

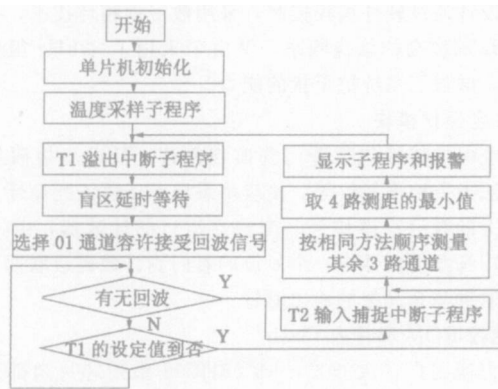


图 6 主程序流程图

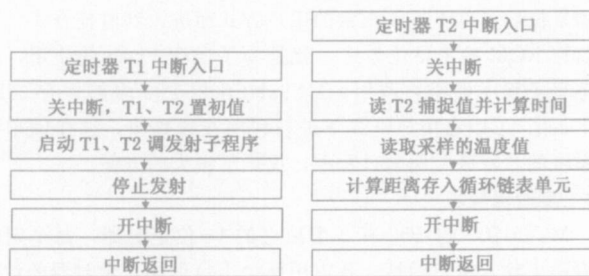


图 7 T1 定时溢出中断

图 8 T2 输入捕捉中断

### 6 结束语

本系统充分利用 MC68HC908GP32 型微控制器的性能特点，在实际应用中工作稳定可靠，反应敏捷，能满足 1.5m 范围内的距离测距要求，且成本较低，有良好的性价比，经适当改进后也可用于机器人的辅助视觉系统和其它短距离测距要求的相关系统中。

#### 参考文献:

[1] 谢瑞和. Motorola 68HC08 微控制器与嵌入式系统基础 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.  
 [2] 刘慧银. Motorola 微控制器 MC68HC08 原理及其嵌入式应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.  
 [3] 时德钢. 超声波测距仪的研究 [J]. 计算机测量与控制, 2002, 10 (7): 480 - 482.  
 [4] 纪良文. 机器人超声测距数据的采集与处理 [J]. 工业控制计算机, 2001, 4: 20 - 23.

热烈欢迎国际上测试测量仪器模块、接口的领先者 Geotest、ICS、CableTest、Meilhaus 四大品牌加入汉通达公司的产品线! 如果您想了解关于他们的更多信息, 请登录 [www.mtcs.com.cn](http://www.mtcs.com.cn).