

汽车防撞预警与巡航系统的研究

摘 要

随着经济的发展和车辆增多，公路道路交通安全形势越来越严峻，汽车安全事故中，正面和侧面碰撞事故发生的概率远远高于其他类型的事故。如果能够在车辆宽松的环境中实现巡航，同时在碰撞事故发生前用蜂鸣或者语音提醒汽车驾驶员，会在很大程度上减少交通事故。

本文总体构思纵向、侧向防撞安全预警和巡航控制的理论基础、硬件设计和软件设计。探讨了车辆制动过程中的运动状态的跟车模型，选取适合系统需求的纵向测距毫米波雷达测距传感器，设计了侧向超声波测距传感器。对系统的硬件模块构成、器件选择、方案确定及程序等方面进行了分析和研究。

本文侧重于硬件设计。硬件系统划分为主控单元、车速输入、开关量输入、纵向雷达测距输入，侧向测距、蜂鸣报警、语音报警与显示、紧急辅助制动系统。在定义了各系统功能的基础上，中央处理单元选用了飞思卡尔公司的MC9S12DT256，这一汽车专用处理器为在复杂多变的车身系统里的稳定安全运行提供了保障。本系统集成 CAN 接口，可以将采集、处理之后的数据通过总线接口，为其他设备采用。

在确定了实现系统功能所需要的各个硬件模块基础上，绘制了硬件电路原理图和主控板电路原理图、制出了 PCB 板，焊接完成了主控电路板实物，成功调试了主控板的电源、串口、超声波等功能模块，完成超声波测距实验，实验结果合乎系统设计的需求。

汽车防撞系统及巡航的研究和开发符合汽车朝智能和安全方向发展的需求，本文在汽车公路行驶当中防撞预警安全与巡航行驶的集成开发作出了探讨。这一系统不断完善和深入研究，对于保障驾驶员和行人安全，提高公路运输效率具有应用前景和经济前景。

关键词：汽车 防撞预警 超声波传感器 检测输入 CAN

The Research on automobile anti-collision warning and cruise system

Abstract

With economic development and growth amount of vehicles, road safety situation comes more and more serious, the front and side's probability of collision is much higher than others in car accidents.

This paper based on the automotive active safety. The front and side anti-collision warning and cruise control on the system's hardware, consists of parameter selection, control program and software aspects of the analysis and research, emphasised on the hardware design, benchmark and experiment. This paper discussed the braking process with the state of car model, Selected Front Ranging System Requirements Millimeter Wave Radar ranging sensor, and designed transverse ultrasonic range sensor.

Hardware system is divided into main control unit systems, radar ranging system of front and side measurement system, sound, voice warning systems, display systems, emergency assisted braking system. The definition of the system function is on the basis of the main control unit subsystem and front location, Selected Freescale's MC9S12DT256, a dedicated processor for complex and unstable system which could provides safe operation. And this paper identified system functions to finish the hardware system and software system, designed and drew hardware circuit, main board system and debuged these modules, I made experiments on the ultrasonic ranging experiments. The anti-collision warning and cruise system is not an independent system, but integrated CAN interface, it is easy to collect data from bus interface, and be used for other equipment.

Research on automobile anti-collision and the cruise is accordable to the direction of the Transportation intelligence and security needs, This paper discussed car anti-collision warning and cruise integrated development. It could improve the efficiency of road transportation with application prospects and economic growth if the system will be deeper stuyed constantly.

Key words: Automobile Anti-collision Ultrasonic Sensor Detection Input
CAN

插图清单

图 2.1 前方车辆加速或匀速时 v-t 图.....	5
图 2.2 前方车辆减速或减速至停止时 v-t 图.....	7
图 2.3 两车同时停止时 v-t 图.....	7
图 2.4 自车减速先行停止时 v-t 图.....	7
图 2.5 磁致伸缩超声波发生器.....	9
图 2.6 超声波测距传感器实物图.....	9
图 2.7 发射信号回拨信号.....	10
图 2.8 中频输出的混频信号.....	10
图 2.9 PID 控制框图.....	13
图 2.10 巡航控制模糊控制原理框.....	13
图 3.1 防撞安全预警与巡航系统整体架构.....	15
图 3.2 系统设计框图.....	15
图 4.1 MC9S08T256 最小系统.....	18
图 4.2 去除高频噪声.....	19
图 4.3 4931 电源电路.....	20
图 4.4 LD1086D2M50 电源电路.....	20
图 4.5 时钟电路.....	20
图 4.6 复位电路.....	21
图 4.7 毫米波雷达测距传感器信号输入电路.....	22
图 4.8 超声波测距传感器工作框图.....	22
图 4.9 超声波发射驱动电路.....	23
图 4.10 超声波模块单片机控制电路.....	23
图 4.11 超声波接收、放大、检出电路.....	24
图 4.12 超声波输出处理电路.....	24
图 4.13 模式选择开关量.....	25
图 4.14 MC33993 简化应用图.....	25
图 4.15 MC33993 应用开关量输入.....	26
图 4.16 制动、油门开关信号.....	27
图 4.17 节气门位置传感器输入处理电路.....	27
图 4.18 霍尔式轮速传感器磁路.....	28
图 4.19 霍尔式轮速传感器实物图.....	28
图 4.20 车速输入电路.....	28
图 4.21 字符显示地址与 DDRAM 关系图.....	29
图 4.22 LM16032 实物图.....	29
图 4.23 液晶显示电路.....	29

图 4.24 液晶模块时序图	30
图 4.25 蜂鸣报警电路	31
图 4.26 WT588D 模块	31
图 4.27 语音警示电路	32
图 4.28 节气门控制电机驱动电路	33
图 4.29 紧急辅助制动控制电机驱动电路	33
图 4.30 SN65HVD230 针脚图	34
图 4.31 CAN 节点接口电路	35
图 4.32 BDM 接口	36
图 4.33 BDM 接口电路	36
图 4.34 硬件总体原理图	39
图 4.35 主控板原理图	40
图 4.36 主控部分实物板	41
图 5.1 系统总体流程图	44
图 5.2 防撞预警主程序框图	44
图 5.3 巡航控制流程图	45
图 5.4 毫米波雷达与 MCU 串行数据通信流程图	46
图 5.5 侧面防撞设计流程图	46
图 5.6 液晶驱动流程图	47
图 5.7 CAN 接口初始化流程图	47
图 6.1 调试串口实验实物图	50
图 6.2 串口返回数据显示	50
图 6.3 振动测试试验台	51
图 6.4 液晶显示	52

表格清单

表 2.1 几种距离传感器的主要参数.....9

表 2.2 三种路面附着系数.....11

表 4.1 SN65HVD230 的引脚.....34

表 4.2 SN65HVD230 的工作模式选择.....35

表 4.3 MC9S12 工作模式表.....37

表 6.1 电机调试参数设置.....51

表 6.2 不同车速下侧向最小安全距离.....54

表 6.3 所测距离与理想距离比较.....54

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得合肥工业大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名：

朱琦

签字日期：2009年4月21日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解合肥工业大学有关保留、使用学位论文的规定，有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人授权合肥工业大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

(保密的学位论文在解密后适用本授权书)

学位论文作者签名：

朱琦

签字日期：2009年4月21日

导师签名：

汪建伟

签字日期：2009年4月21日

学位论文作者毕业后去向：华为技术有限公司

工作单位：华为技术有限公司

通讯地址：深圳华为技术有限公司

电话：

邮编：

致 谢

时光飞逝，研究生生活转瞬即逝，有太多的感动和太多的收获，千言万语只能汇成一腔深情的谢意。

首先我要衷心感谢我的导师——张辉教授和吴晔副研究员。他们在我两年多的研究生学习阶段给予了精心指导，本论文进行的自始至终，二位老师倾注了大量的心血。从题目的选取、资料的收集到疑难的解答、论文的撰写等各个方面都给予了我具体而有效的指导和帮助，使我顺利地完成了课题的工作。两位老师严谨的治学态度、高深的学术造诣和随和的为人风格使我受益匪浅，这将对我以后的工作和学习产生重要的影响。在此我向他们表示最诚挚的敬意和深深的谢意。

在校期间，每天都在感染着强烈的学术研究气氛，感受着温馨的大家庭式的关怀。作为汽车电子成员我非常幸运，自己的成长和成熟都是和这个团体息息相关的。感谢学院的老师们，他们严谨的治学态度、渊博的学识和宽厚的师长作风是我研究生时期学到的最宝贵的精神财富。他们不仅是我学习上的楷模，更是我生活中的榜样。他们教会我学科知识，更教会我做人的道理，是我人生道理上非常重要的指引者。同时特别感谢搭档陈峰峰同学，正是在他的大力协助下，我才能一步一步走下去，他独特的人格魅力，乐于助人不计个人得失的优秀品质深深影响了我！感谢郑大腾博士帮我修改论文和提供修改意见，非常感谢！

感谢我的爸爸妈妈，他们一直以来关爱、支持和理解，感谢他们对我的学业的全力支持，感谢他们在生活上的关心和支持。

作者：朱琦

第一章 绪论

汽车交通是运输系统的重要组成部分，它关系到国家经济发展，影响到每个人生活，在整个国家正常运转中起着纽带作用，为经济的发展提供了强有力的基础保障。汽车防撞安全与巡航系统主要目的是进行防撞安全的预警和执行，同时实现巡航功能来增加驾驶员的舒适度，它是基于提高车辆的主动安全性来实现在行车过程中，给驾驶员提供便利和安全保障。

1.1 汽车防撞预警与巡航系统概述

1.1.1 课题研究背景

2003 年全国公安部门共受理一般以上道路交通事故 667507 起，这些事故造成 104372 人死亡，直接经济损失 33.7 亿元。

2004 年中国道路交通事故死亡人数达 9.4 万人，居世界第一。驾驶员是道路交通安全最重要的影响因素。2004 年因驾驶员因素导致的交通事故占总数的 89.8%，造成的死亡人数、受伤人数分别占到了总数的 87.4%和 90.6%^[1]。

2005 年，全国共发生道路交通事故 450254 起，造成 98738 人死亡、469911 人受伤，直接财产损失 18.8 亿元。

2006 年，全国共发生道路交通事故 378781 起，造成 89455 人死亡、431139 人受伤，直接财产损失 14.9 亿元^[1]。

2007 年，全国共发生道路交通事故 327209 起，造成 81649 人死亡、380442 人受伤，直接财产损失 12 亿元。

2008 年，全国共发生道路交通事故 265204 起，造成 73484 人死亡、304919 人受伤，直接财产损失 10.1 亿元^[2]。

在道路交通事故频发的现代社会，汽车交通事故占据了重要的比例。

近年来，汽车保有量保持着快速增长，由于我国汽车保有量的增长幅度大于道路基础建设的增长幅度，道路交通安全问题将会日益突出。

如果能够给予驾驶员缓解驾驶疲劳并且在事故发生前提醒驾驶员并采取一定的安全措施，对减少交通事故的发生则是非常有用的。汽车防撞预警与巡航系统正是基于提高车辆的主动安全性来实现在行车过程中，给驾驶员提供必要的技术设施。

1.1.2 基本原理和发展

1. 基本原理

汽车防撞预警是一种主动安全技术，主要由车用测距传感器、节气门位置传感器、轮速传感器、路况检测传感器、制动ECU、节气门ECU和报警ECU等组成。该系统能够通过传感器组测量车辆运行工况，并将测量到的信息送入系

统控制单元，系统控制单元根据所接收到的信息进行车辆行驶安全判定并向系统执行机构发出动作指令，系统输出执行机构根据接收的执行信息启动相应的执行机构进行防撞安全预警。

重要部件雷达传感器安装在散热器的护栅内，可探测到汽车前方150米内的距离；前后轮毂上的轮速传感器，可测出车辆的行驶速度；发动机控制器和扭矩控制器用以探测和调整发动机接通和输出扭矩，以提高发动机的动力性，并适时调整车辆的运行速度^{[4][5]}。

当主车前方无行驶车辆时，主车将处于普通的巡航行驶状态，巡航系统按照设定的行驶车速对车辆进行匀速控制^[6]；当主车前方有目标车辆，且目标车辆的行驶速度小于主车的行驶速度时，系统将控制主车进行减速，并在不同车距对驾驶员进行提示，当两车间的距离小于设定的安全距离时，MCU计算实际车距和安全车距之比及相对速度的大小，选择减速方式。同时通过报警器向驾驶员发出警报，提醒驾驶员采取相应的措施，在紧急情况时刻辅助制动。

尽管控制系统在一定程度上协助驾驶员驾驶，驾驶时的动作和制动还是要由驾驶员自己来决定的。控制系统对自动加速和对制动刹车的意识是有局限性的，它无法代替驾驶员对此作出的反应。

2. 国外发展现状

当前研制、开发的主流Bosch公司开发的系统包括雷达、执行机构和显示单元。系统包括原有的车辆控制ECU以及位于车辆前端的传感器和控制装置。它用于完成对雷达信号的处理和防撞预警与巡航系统控制流程，并通过CAN数据总线与车辆主控ECU相连。近年来，德国的大陆特威斯公司致力于汽车安全行驶的全方位研究和产品开发。该公司开发出采用微波雷达技术和红外传感技术两类产品，可探测出前方150m范围内的目标车辆与主车间的车距和相对速度，在自动进行安全车距控制时，发动机和传动系工作稳定和乘坐舒适。

德国英飞凌宣布，该公司的低成本雷达芯片已由博世公司的新一代毫米波雷达采用。英飞凌将于2008年底开始量产雷达芯片，博世计划2009年初生产配备该芯片的毫米波雷达。目前使用的毫米波雷达芯片均为高成本GaAs（砷化镓）芯片。博世将提供取代这种芯片的低成本SiGe（硅锗）芯片。博世表示，毫米波雷达成本降低之后“中型车及小型车均有望实现雷达标配”。博世将这种新一代毫米波雷达称为“LRR3”。设想用于基于检测前方250m内车辆的前方车辆追踪功能以及碰撞前的自动制动等。博世在“AT International 2008”上展出了在单片微波集成电路上采用SiGe技术的毫米波雷达模块“LRR3”。该产品实现了低价位以及业界最小级别的小型化^[8]。

3. 国内研究状况

国内目前的研究多处于理论研究和样机验证阶段。一些高校正对汽车防撞与巡航的进行研究。清华汽车技术研究所等多家科研机构正在从事这方面研制

开发工作，并取得了阶段性的进展。在防撞雷达方面，上海微系统与信息技术研究所已经首次研制成功小型防撞雷达，其中关键的雷达前端芯片是国内首次研制成功，拥有独立知识产权。

国内在控制中主要针对车辆的某一特定系统建立局部车辆动力学模型，如 ABS、发动机、变速器、直道与弯道行驶系统动力学模型，不能直接用于汽车防撞预警与巡航系统的开发。应用于汽车电子中的雷达产品以超声波、激光方式为主，毫米波雷达产品不多。中国科学院上海微系统所研制出的毫米波雷达系统具有重量轻、体积小和全天候等特点，工作频率 35GHz，测距范围 >100m，测速范围 >100km/h，采用了先进的 DSP 技术^[9]。

1.1.3 防撞安全与巡航技术未来趋势

汽车防撞预警与巡航技术历经几十年发展，各大汽车厂商投入都很大，但离真正大规模应用还有一段距离。随着汽车与计算机信息技术的相结合，其发展也呈现以下几个趋势：

(1)充分的信息共享，降低成本，完善更新各种功能，更加稳定可靠。系统具有更好的近距离探测能力和更快的信号处理能力，研发出适于城市中低速、高车流密度状况的智能巡航系统，增加城市交通流量。

(2)随着系统集成化程度提高和电子器件价格降低，近几年智能公路概念的提出以及卫星导航系统的开发与应用，未来的防撞技术及巡航系统将同其它的汽车电控系统相互融合，形成智能汽车电子控制系统。

(3)低成本化。在使用上，未来防撞和巡航系统逐渐应用于中低档机动车之上。

1.2 研究的内容

1.2.1 课题来源和特点

课题来源：

本选题来源于省部产学研结合项目：基于 CAN 协议的车用网络系统集成技术研究及相关系统开发，项目编号：2008B090500226。

课题特点：

(1)现有的防撞预警系统和巡航控制系统多为独立系统，需要在汽车上分别安装两套系统来实现功能，本文探讨了将两个系统集成在一起，对于在汽车内部的安置和使用增强了便利性。

(2)选用了飞思卡尔汽车等级 16 位单片机作为主控芯片，飞思卡尔 MC9S08DT256 单片机具有使用方便，智能化、可靠性、低功耗、总线、多功能、易开发、稳定性好等特点，可以适合用于复杂多变的恶劣环境，为系统的安全运行和行车安全提供了保障。

(3)防撞预警系统中除正面语音预警外，增加了汽车侧面防撞预警功能，

这种设计有别于单一的纵向防撞预警设计，采用超声波雷达测距方法，通过蜂鸣警报提醒驾驶员注意侧面车辆或其它物体的威胁，更好地提高行车安全。

(4) 系统集成 CAN 接口，使得孤立的系统与车身其他模块互联，信号采集系统的数据可以通过 CAN 为其他系统所采用。CAN 接口的集成方便了系统诊断、升级、扩展和后续开发提供了便利。

1.2.2 论文结构

论文的结构及主要内容如下：

第一章为绪论。对汽车主动防撞预警安全与巡航作了介绍，分析了防撞安全系统应用于汽车电子的必然趋势和发展前景。

第二章为汽车的动力学模型、测距雷达的选用和控制器。分析了汽车纵向安全车距和几种安全状况，详述了车用雷达测距仪器的类型与本文选用的依据。并且介绍了两种控制器。

第三章为系统的总体设计。介绍了防撞预警与巡航系统整体架构，输入、执行与输出。并且指出课题的研究控制对象和实现功能。

第四章为系统的硬件设计，设计整个系统硬件电路包括输入部分、控制部分、输出部分和器件的选定，以及生产出主控部分实物板。

第五章为软件的设计。通过动力学模型，控制模型来实现防撞预警、巡航和紧急情况下的辅助制动控制。

第六章为调试与实验。调试了部分电路板模块，做了侧面防撞实验。

第七章为工作总结与展望。

1.2.3 本章小结

本章介绍了汽车防撞预警与巡航系统的研究背景、基本原理、发展和趋势，并总结了论文的结构。

第二章 动力学模型、测距传感器与控制器

在汽车防撞预警与巡航控制系统中，动力学模型、传感器和控制器是重要的三部分。动力学模型决定了在防撞预警过程中的安全车距，测距传感器的选用对系统的准确性和汽车的安全驾驶有很大的影响，不同的控制器算法决定了巡航功能质量的高低。下面分三部分分别做阐述。

2.1 车辆纵向动力学模型分析

2.1.1 概述

建立系统安全距离模型的目的是保证行车安全，安全距离模型应该在公路交通中使得防撞预警系统能正常工作。为了保证汽车安全行驶，避免行驶中的车辆发生追尾碰撞，可以通过调节相对车速和增加纵向车间距离来实现，从容量角度来看车与车之间的车距应尽可能地小，鉴于安全问题更为重要，最小安全距离对安全和公路容量来说都很重要。

汽车之间的距离是汽车行驶过程中的关键问题。间距过小会增加汽车行驶时发生交通事故，间距过大会导致道路通行能力降低。汽车防碰撞系统作为汽车驾驶的辅助系统，需要建立相对比较合理的安全跟车距离模型，准确判断前方目标，保证行驶的安全性，又保持良好的道路通行，即保持较好的安全间距。汽车安全行车间距的与车辆的制动距离有着十分密切的联系，汽车制动距离的计算公式如下^{[10][11][12][13]}：

$$d = v_0(t_x + \frac{t_s}{2} + t_h) + \frac{v_0^2}{2a_{\max}} \quad (2.1)$$

式中：

d —制动距离，单位为 m 。 v_0 —制动时刻初速度，单位为 m/s 。

t_x —制动协调时间，单位为 s 。 t_s —制动减速度时间，单位为 s 。

t_h —驾驶员反应动作时间，单位为 s 。 $a_{\max}$ —最大制动减速度，单位为 m/s^2 。

2.1.2 安全车距模型

依据自车，将前车分为三种运行状态—匀速或加速、静止、减速。

(1) 前车匀速或加速运动

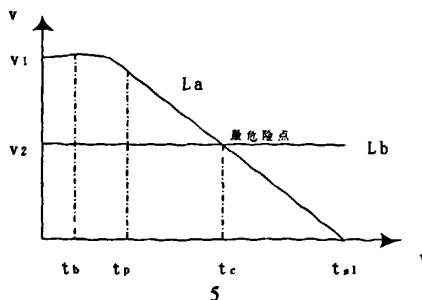


图 2.1 前方车辆加速或匀速时 v-t 图

La 为自车行驶 v-t, Lb 为前方车辆行驶 v-t

t_b —产生危险警报的时刻, 单位 s。 t_p —制动减速度最大值的时刻, 单位为 s。

t_c —最危险的时刻, 单位为 s。 t_{s1} —自车停止的时刻, 单位为 s。

v_1 —自车的速度, 单位为 m/s。 v_2 —前车的速度, 单位为 m/s。

v_{rel} —两车间的相对速度, 单位为 m/s。

当前车做匀速或加速运动时, 两车间的最危险时刻是后车的速度减小至与前车同速时。如果在两车速度相等的时刻未发生碰撞事故, 之后就不再可能发生碰撞事故, 因为最危险时刻以后, 前车继续保持匀速或加速运动, 而后车仍在做减速运动, 两车间距将变得大, 因此只需保证两车速度相等时不发生碰撞, 整个过程就能保证绝对安全。

$$d_b = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a_1} + v_{rel}(t_x + \frac{t_s}{2}) - v_2 \frac{v_{rel}}{a_1} + d_0 \quad (2.2)$$

提醒报警距离 d_w 的计算公式如下;

$$d_w = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a_1} + v_{rel}(t_x + t_h + \frac{t_s}{2}) - v_2 \frac{v_{rel}}{a_1} + d_0 \quad (2.3)$$

$$\text{即: } d_w = v_{rel} t_h + d_b \quad (2.4)$$

上面的公式是建立在前车匀速运动的基础上, 若前车加速运动, 模型仍采用上面所列出的公式。

(2) 前车静止

前车处于静止状态时, 两车间的最危险时刻是自车停止, 且与障碍物相隔最近的时刻。为了保证此刻自车的绝对安全, 设定自车停止时, 两车间还存在一定的安全间距, 则危险报警距离 d_b (单位:m)为:

$$d_b = \frac{v_1^2}{2a_1} + v_1(t_x + \frac{t_s}{2}) + d_0 \quad (2.5)$$

提醒报警距离 d_w , 是在危险报警距离基础上, 考虑自车在驾驶员反应动作时间内行驶的距离, 所以其计算公式如下:

$$d_w = \frac{v_1^2}{2a_1} + v_1(t_x + \frac{t_s}{2} + t_h) + d_0 \quad (2.6)$$

$$\text{即: } d_w = v_1 t_h + d_b \quad (2.7)$$

其中 a_1 为自车的最大减速度, 单位为 m/s^2 ;

(3) 前车减速运动或前车减速停止

把前后两车可能的行驶状态分为三种情况进行讨论:

a. 前车先停, 自车后停。

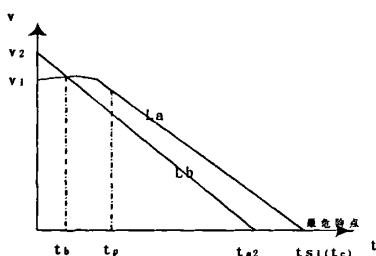


图 2.2 前方车辆减速或减速至停止时 v-t 图

La 为自车行驶 v-t， Lb 为前方车辆行驶 v-t

两车间的最危险时刻为自车停止的时刻。

b. 自车和前车同时停止。

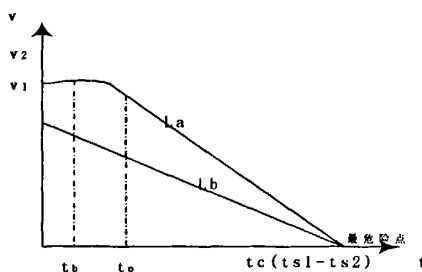


图 2.3 两车同时停止时 v-t 图

La 为自车行驶 v-t， Lb 为前方车辆行驶 v-t

两车间的最危险时刻为自车或前车停止的时刻。

c. 自车先停，前车后停

两车间的最危险时刻应为自车减速到与前车速度相同的时刻，为了便于计算，将最危险时刻确定为前车停止的时刻。

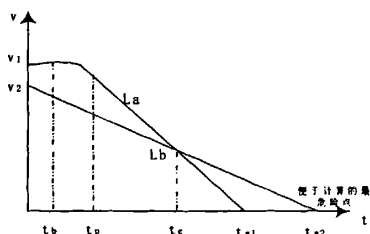


图 2.4 自车减速先行停止时 v-t 图

La 为自车行驶 v-t， Lb 为前方车辆行驶 v-t

在这三种情况下，前车均制动至停止，自车也从某一速度采取制动至停止。所以，这三种情况公式均可简化为同一种。该状况下的危险报警距离为：

$$d_b = \frac{a_2 v_1^2 - a_1 v_2^2}{2a_1 a_2} + v_{rel} \frac{t_s}{2} + v_1 t_x + d_0 \quad (2.8)$$

a_2 —前车的最大减速度，与自车最大减速度相同，单位为 m/s^2 。

提醒报警距离 d_w 为：

$$d_w = \frac{a_2 v_1^2 - a_1 v_2^2}{2a_1 a_2} + v_1 (t_h + t_x) + v_{rel} \frac{t_s}{2} + v_1 t_x + d_0 \quad (2.9)$$

$$\text{即: } d_w = v_1 t_h + d_b \quad (2.10)$$

确定模型中参数

系统安全跟车模型参数确立的原则：防撞系统的目的是保证行车安全，需要降低车速和保持足够的车间距离，考虑到汽车防撞系统只是提醒驾驶员的操作，依据安全距离模型进行行车状态的判断结果应当反映相同条件下实际驾驶员的驾驶特点。从提高汽车防撞系统实用性方面出发，安全距离模型要保证多数交通情况下防撞系统正常工作，减少由于误判断造成的虚报警的可能。

自车速度 v_1 ，由转速传感器测得，相对速度 v_{rel} 、由毫米波雷达测得，根据公式：

$$v_2 = v_1 - v_{rel} \quad (2.11)$$

可计算出前车的速度 v_2 ，模型中的参数 a_1 、 a_2 、 t_h 、 t_x 、 t_s 、 d_0 的具体设置如下：

a. 确定时间参数和 α 值

t_h 是驾驶员的动作反应时间，它长短对系统模型很重要，若选取过长，则提醒计算值偏大，会造成虚报；若选取过短，则预警能力下降。资料表明，驾驶员的反应动作时间一般为 0.6~1.0 秒，本文取 $t_h=0.8$ 秒。

t_x 是制动协调时间，与车辆采用的制动结构及制动方式有关，本系统为商用车设计，该车采用液压制动， t_x 的取值为 0.1 秒。

t_s 为制动减速度的增长时间，本文取 0.2 秒。

在制动过程中，前车为主动后车被动，后车减速度会大于前车，它的大小主要取决于路面附着系数。为了简化计算，两车的减速度 α_1 和 α_2 取相同值 α 。系统根据路面干燥、潮湿和冰雪三种不同情况，设置了三个选择开关，根据路面情况来选择， α 的取值如表^[11]：

表 2.1 三种路面附着系数

路面情况	α
沥青/水泥干燥路面	6.0
沥青/水泥湿滑路面	5.0
冰雪路面	2.8

b. 确定绝对安全距离 d_0 。为了保证绝对安全，自车从采取制动至完全停止后，两车之间应保持一定的安全间距 d_0 ，该值选取的越大则系统的虚警率越高；选取的越小则系统安全保障能力越小。对不同驾驶员的驾驶风格进行分析表明，激进的驾驶员希望 d_0 值较小，谨慎的驾驶员希望 d_0 值较大^[11]。为了保证系统的安全性，本系统取 4 米。将相关参数代入公式，得到危险报警距离：

前车匀速或者加速运动时：

$$d_b = \frac{v_{rel}^2}{2a} + 0.2v_{rel} + 4 \quad (2.12)$$

前车静止时：

$$d_b = \frac{v_1^2}{2a} + 0.2v_1 + 4 \quad (2.13)$$

前车减速运动或减速停止时：

$$d_b = \frac{v_{rel} v_1}{a} - \frac{v_{rel}^2}{2a} + 0.1(v_1 + v_{rel}) + 4 \quad (2.14)$$

提醒报警距离：

前车匀速或者加速运动时

$$d_w = 0.8v_{rel} + d_b \quad (2.15)$$

前车静止或减速运动时

$$d_w = 0.8v_1 + d_b \quad (2.16)$$

2.2 测距传感器选型和设计

2.2.1 概述

雷达诞生于上世纪三十年代,通过电磁波来发现远距离的目标并实现测距,应用在上世纪 40 年代第二次世界大战期间,之后随着科学技术的进步日臻完善,雷达技术真正开始蓬勃发展并投入使用。

2.2.2 测距传感器类型

距离传感器主要分为三类:声学类—超声波,光学类—无源红外线、激光雷达,电磁类—毫米波雷达。每一种距离探测技术都有其最适用的场合。

2.2.2.1 超声波传感器

超声波发射原理是把铁磁材料置于交变磁场中,产生机械振动,发射出超声波。接收原理是当超声波作用在磁致材料上时,使磁致材料磁场变化,使线圈产生感应电势输出。

1) 超声波的发生

超声波发生器将电磁能转换成机械能。其结构分为两部分,一是产生高频电流或电压的电源,二是换能器,它将电磁振荡变换成机械振荡而产生超声波。

压电式超声波发生器就是利用压电晶体的电致伸缩现象制成的。常用的压电材料为石英晶体、压电陶瓷锆钛酸铅等。在压电材料切片上施加交变电压,使它产生电致伸缩振动,而产生超声波,如图 2.5 所示。

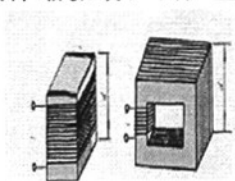


图 2.5 磁致伸缩超声波发生器



图 2.6 超声波测距传感器实物图

2) 超声波的接收

在超声波技术中,除了需要能产生一定的频率和强度的超声波发生器以外,还需要能接收超声波的接收器。一般的超声波接收器是利用超声波发生器的逆效应而进行工作的。

超声波测距仪由发射器、接收器和信号处理装置三部分组成。工作时,超声波发射器不断发出一系列连续的脉冲,并给测量逻辑电路提供一个短脉冲。超声波接收器则在接收到遇障碍物反射回来的反射波后,也向测量逻辑电路提供一个短脉冲。最后由信号处理装置对接收的信号依据时间差进行处理,自动计算出车与障碍物之间的距离。它主要优点是原理简单、成本低、制作方便、成本较低、尺寸较小。故超声波测距一般应用在短距离测距,最佳距离为 4~5 米。图 2.6 为超声波测距传感器实物图。

2.2.2.2 激光雷达传感器

激光测距分为脉冲和连续波相位两种。连续波测距是用无线电波段的频率,对激光束进行幅度调制并测定调制光往返侧线一次所产生的相位延迟,在根据调制光的波长,换算成相位延迟所代表的距离。测量方法是在确定时间起止间用时钟脉冲计数。这种方法可以得到 10^{-10} 以上的测量精度。由固体激光发射器产生一作用时间为几纳秒的激光脉冲经光学系统射向被测目标,经过目标反射之后返回到接受系统。通过主波脉冲和回波脉冲的时间差即可测出被测距离。

激光测距装置具有测量时间短、量程大、精度高等优点,在汽车上应用较广的激光测距系统可分为非成像式激光雷达和成像式激光雷达。

2.2.2.3 毫米波雷达传感器:

毫米波雷达采用频率调制的高频电磁载波,比较反射信号与发射信号,可得到与被测距离成比例的频率差,利用返回信号的多普勒偏转还能确定被测物体的相对速度。

防撞雷达系统的基本原理:线性 FMCW 雷达结构简单,比较适宜测量近距离目标,故作为目前车用防撞雷达的普遍选择方式。其基本原理可以描述为信号的瞬时频率随时间线性变换,当前方有单目标回波时,发射信号和反射信号将进行混频,混频后得到的信号中含有目标的相对距离和相对速度的信息^[14]。

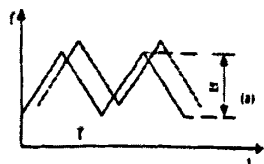


图 2.7 发射信号回波信号

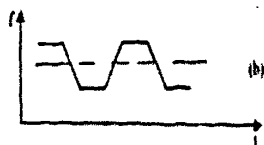


图 2.8 中频输出的混频信号

图 2.7 为发射信号和点目标的回波信号,当和前方目标间有相对速度时,信号的回波中含有频移,图 2.8 为中频输出的混频信号,通过对中频信号的处理

理即可获得目标的相对速度和相对距离的信息。记 f_0 作为发射信号中心频率， B 为频带宽度， T 为扫频周期，调制信号为三角波， c 为光速， R 和 V 分别为目标的相对距离和相对速度。在发射信号的上升段和下降段，中频输出信号可以表示为^{[15][16]}：

$$f_+ = \left| \frac{4B}{Tc} R - \frac{2f_0 V}{c} \right| \quad (2.17) \quad f_- = \left| \frac{4B}{Tc} R + \frac{2f_0 V}{c} \right| \quad (2.18)$$

根据 (2.17) 和 (2.18) 两式，可以获得前方目标的相对速度 V 和相对距离 R 为：

$$V = \frac{|f_+ - f_-|c}{4f_0} \quad (2.19) \quad R = \frac{|f_+ + f_-|Tc}{4B} \quad (2.20)$$

毫米波有三个基本特性：短波长、大带宽和与大气成分的相互作用。这三个基本特性的优点如下：

- 1.短波长。可减小元件的尺寸，便于装车；可获得窄的波束宽度，为目标跟踪和识别提供了较高的分辨率和精度；高抗干扰能力。
- 2.大带宽。因为有大量的频率可以使用，能有效地消除相互干扰，并可提供大的宽带；在雷达系统中可使用窄脉冲或宽带调频信号来研究目标的精细特征。
- 3.与大气成分的相互作用。在大气传播窗口内和烟雾灰尘污染环境中，毫米波的衰减低于红外和光波，不受天气状况的影响，具有全天候工作的优点。

几种距离传感器的主要参数的对比如表 2.2 所示^[17]。

表 2.2 几种距离传感器的主要参数

探测方法	超声波	激光雷达	毫米波雷达
最大探测距离 $d(m)$	$d \leq 10m$	$0.5m \leq d \leq 300m$, 最大值取决于激光功率, 最小值取决于脉冲长度。	$d \geq 150m$, 取决于波束宽度和接收 机灵敏度。
分辨率	取决于目标探测的极限	最小 $1mm$	$10mm$
方向性	一般 90° 波束宽度, 采用棱镜能够改善	能够到 1.0° 波束宽度	最小 2.0° 能具有宽波束
响应时间	慢, 一般为 $1 \times 10^3 ms$	快, 一般为 $10ms$	快, 一般为 $1ms$
环境适应能力	在能见度低时比其他光学系统好	能见度和脏污敏感。在强磁场干扰的区域性能好	不受能见度低的影响

2.2.3 测距传感器选定和设计标准

2.2.3.1 纵向防撞测距传感器的标准

汽车防撞测距传感器系统的性能要求：

- a.作用距离：要符合道路国情，测距范围的确定以保证车制动时两车不会发生追尾碰撞为善。依据我国公路现状，选择为 $100 \sim 150m$ 。
- b.水平扫描角：保证扫描到足够的宽度超过车身宽度，据车身宽度定为 2° 。
- c.距离分辨率：径向距离分辨率达到 $1m$ 即可。

在最初的测距传感器的选取上，偏重于激光测距传感器，它的优点在于价

格相对毫米波雷达要低许多，但是它的实用性比后者要差很多，受环境影响非常大。毫米波雷达的突出优点是能穿透泥土和飞溅物，并且窄波束和宽波束均可以使用，因而能够把波束宽度调制得适于特殊用途。它的特性保证了它能够适应恶劣的气候条件，如在能见度比较低的雨雾等正需要防撞系统提供帮助的天气条件下，激光方式则不能正常工作，毫米波雷达则不会受到影响，而且毫米波雷达的天线也不会因为灰尘等污染而产生误差，比较适合在高速公路中运用。考虑到我国交通状况和车辆状况的多样性，因此放弃了激光传感器的选取。

另一个重要的原因选取毫米波雷达测距传感器是因为可以从传感器中提取出距离信号和相对车速信号，为系统的设计简化了提供了方便，同时毫米波雷达测距传感器的精度也表明了车距和车速的准确性，为整个车辆的防撞安全提供的保障。

2.2.3.2 横向防撞测距传感器

车辆间或车辆与护栏间的侧向最小安全间距 d 的选取要根据车辆的行驶环境、车辆的性能以及行驶道路的状况等因素来决定，参照有关资料，不同车速 v 对应的侧向最小安全间距 d 可用下式计算^[17]：

$$d = \frac{v-40}{200} + 0.94 \quad (2.21)$$

此处 v 为车辆速度，单位为 km/h。

因此，侧面防撞超声波测距传感器作为被选对象，对于汽车限速而言，普通一级公路在 40km/h~100km/h，高速公路上车速一般 80km/h~120km/h。测距在 3 米以内满足需求。

通过对这些传感器的参数进行比较，讨论汽车防撞系统对目标探测技术的要求及主要影响因素，探讨能够用于高速公路纵向距离测量和侧向距离测量的目标探测技术。

2.3 巡航控制器

为了满足巡航控制系统控制车速的要求，采用怎样的控制方法，成为一个不可忽略的问题。用于汽车巡航控制系统的控制方案主要有 PID 控制、模糊控制等^[19]。

2.3.1 PID 控制

PID 是比例、积分、微分的缩写，PID 调节的实质就是根据输入的偏差值，按照比例、积分、微分的函数关系进行运算，运算结果用作输出控制。PID 控制算法简单、鲁棒性好、可靠性高，它根据给定值和实际输出值构成控制偏差

$$u(t) = K_p[e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_D \frac{d(e(t))}{dt}] \quad (2.22)$$

其中 K_p 为比例系数， T_I 为积分时间系数， T_D 为微分时间系数。

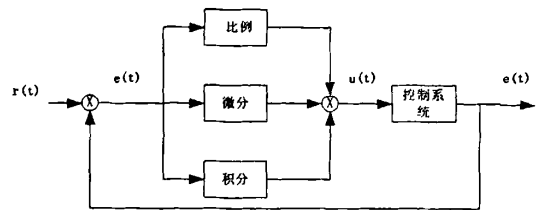


图 2.9 PID 控制框图

PID 控制的特点如下：

a. 比例控制作用的特点系统误差一旦产生，控制器立即就有控制作用，使被 PID 控制的对象朝着减小误差的方向变化，控制作用的强弱取决于比例系数 K_p 的大小。

b. 积分控制作用的特点能对误差进行记忆并积分，有利于消除系统的静差。不足之处在于积分作用具有滞后特性，积分作用太强会导致闭环系统不稳定。

c. 微分控制作用的特点通过对误差进行微分，感觉出误差的变化趋势，增大微分控制作用可加快系统响应，使超调减小。

PID 控制具有结构简单、参数整定方便的优点。但是对于被控对象的特性比较复杂、具有非线性或时变的过程。应用常规 PID 控制，如果参数调整不当，会使系统不停的振荡，控制效果欠佳。

2.3.2 模糊控制

模糊控制实质上是一种非线性控制，属于智能控制的范畴。模糊控制的一大特点是既具有系统化的理论，又有着大量实际应用背景。它模仿人工控制活动中人脑的控制策略，运用模糊数学把人工控制策略用计算机实现，控制原理框图如图 2.10 所示^[19]。

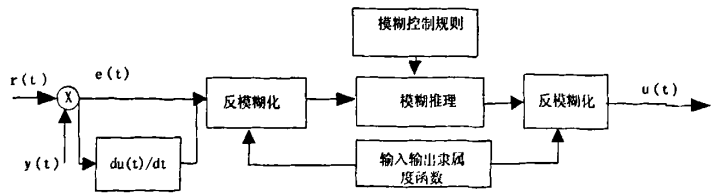


图 2.10 巡航控制模糊控制原理框图

模糊控制的基本思想是：对于用传统控制理论无法进行分析和控制的、复杂的、无法建立数学模型的系统，采用定性化、模糊化，经验化的控制方法，根据经验事先建立若干条用模糊变量表达的控制规则，将控制输入量由精确量转变为模糊变量，以便按模糊规则进行推理，然后经模糊推理规则得到模糊控

制输出，再将模糊输出指令进行精确化处理，最终输出精确控制值。

模糊控制的特点：模糊控制是以模糊集合论、模糊语言变量和模糊逻辑推理为基础的计算机数字控制；模糊控制是以模糊数学为基础，用语言规则表示方法和先进的计算机技术，由模糊推理进行判决的一种高级控制策略和新技术。

控制器的算法本文不做深入研究。

2.4 本章小结

本章对防撞报警系统的距离模型和防撞传感器进行了分析，根据行车过程的实际状况以及前方目标车辆静止、减速以及匀速或加速建立安全车距离模型。对车辆的纵向防撞和侧面防撞的传感器原理做出了分析和选择，同时简介了两种巡航控制方式。

第三章 系统总体设计结构

3.1 系统控制部分设计框图

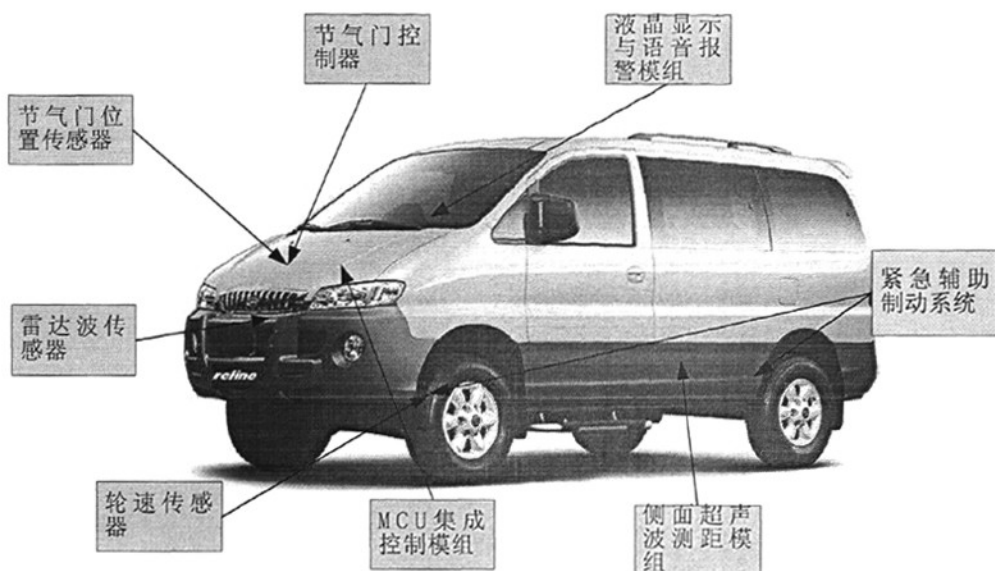


图 3.1 防撞安全预警与巡航系统整体架构

控制部分的功能是把输入的信息转换成控制单元可以识别和接收的内容，并进行相应的滤波、放大、最后分析运算，得出系统所要输出的执行命令的数值，输出执行命令。

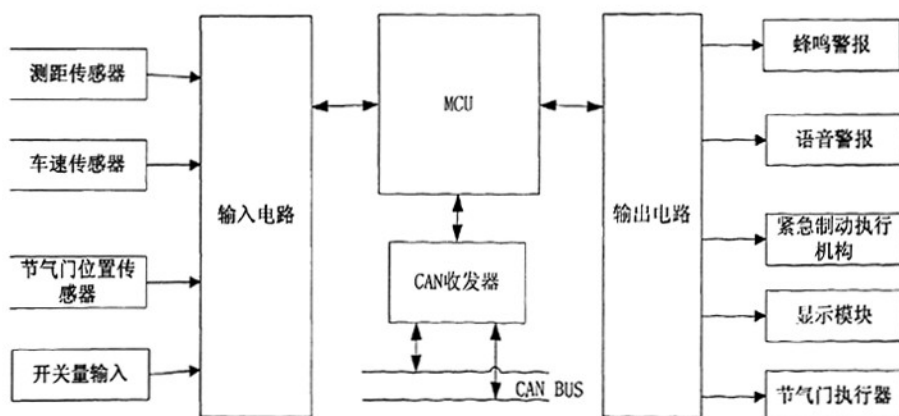


图 3.2 系统设计框图

3.2 系统信号检测部分与功能

(1)车用测距传感器:分为纵向和横向两种,用于测量自车与前车间的相对距离。由于同时可以测量目标物体的相对速度等信息,本系统选用毫米波雷达作为车用纵向测距传感器,超声波雷达测距传感器为侧向防撞预警。

(2)车速传感器:用于测量自车的车速。由于霍尔轮速传感器具有精度高、灵敏度高、线性度好、体积小、频率响应宽、无触点、抗电磁干扰能力强等优点,故本系统选用了霍尔轮速传感器来测量车速。

(3)节气门位置传感器:用于检测节气门的位置。

(4)路况开关量:用于路面运行情况。

(5)模式转换开关量:系统在巡航状态时的开关。

3.3 系统输出部分功能

(1)蜂鸣报警模块:侧面防撞预警中,提醒驾驶员采取减速、制动、转向等措施以避免碰撞的报警装置。

(2)声音报警模块:正面危险情况时为了提醒驾驶员采取减速、制动、转向等措施以避免碰撞所设置的报警装置。

(3)液晶显示模块:显示自身车速、与前车的车距。

(3)自动制动执行模块:当驾驶员未对危险情况做出及时处理,且为了避免碰撞所设置的实现自动制动作用的执行机构。

(4)节气门执行模块:巡航模式下实现巡航控制的节气门执行机构。

3.4 CAN 接口

控制器局域网 CAN(Controller Area Net)是一种现场总线,主要用于各种过程检测及控制。本系统在实现防撞预警和巡航功能的同时,通过 CAN 收发模块连接到 CAN 总线当中,可以方便其他系统,如 ABS,EBD 等调用数据信息,形成一个开放的可调用可扩展的系统,同时这个系统也成为 CAN 总线中的一个节点,为日后其他系统的开发提供的很大的便利。

第四章 系统硬件设计

控制系统的运转，硬件是基础。本文的硬件设计包括功能需求、选型、原理图制作、确定元件封装、PCB 板绘制、加工制版、器件焊接、部分功能模块调试这一系列过程，并在章节末附上了整体原理图、主控部分原理图、主控部分电路板实物图。硬件原理的绘制和 PCB 板子的绘制采用的 Altium DXP 2004。

4.1 MCU 选择

用于汽车内的单片机及其外围芯片，其要求相对其他环境来说是比较高的。因为汽车的复杂环境，包括高温、振荡等都会给芯片、整个系统造成非常大的影响，所以，选择适合与汽车的 MCU 是很重要的。

全球最大的汽车电子半导体器件供应商 Freescale 的微控制器广泛用于汽车电子控制单元中，而其 16 位单片机 MC9S12 系列以强大的功能及优异的性能越来越受到青睐。MC9S1212DT256 单片机特别适合用在汽车上，该单片机的特点是拥有丰富的 I/O 模块和工业控制专用的通信模块，其 112 引脚封装的有 91 个 I/O 引脚。通信模块有 SCI、SPI、IIC、CAN、J1850 等模块，并且所有 MC9S12 系列单片机功能相同的引脚都兼容。

MC9S12DT256 的结构^[20]：

MC9S12DT256 16 位微控制器是基于 16 位 HCS12 CPU 及 0.25 μ m 微电子技术的高速、高性能 5.0V FLASH 存储器产品中的中档芯片。其较高的性能价格比使其非常适合用于一些中高档汽车电子控制系统。同时其较简单的背景开发模式（BDM）也会使开发成本进一步降低，也使得现场开发与系统升级变得更加方便。

MC9S12 系列单片机主要特点：

片内集成 256kB 的闪速存储器（Flash），Flash 是一种非易失性存储介质，读取它的内容同 RAM 的读取一样方便，而对它的写操作却比 EPROM 还要快。同时，在系统掉电后，Flash 中的内容仍能可靠保持不变。Flash 的主要优点是结构简单、集成密度大、成本低。由于 Flash 可以局部擦除，且写入、擦除次数可达数万次以上，从而使开发微控制器不再需要昂贵的仿真器。

应用锁相环技术提高了系统的电磁兼容性。MC9S12 的时钟发生系统中巧妙地使用了锁相环技术，因而可在外接几十千赫的外部晶振情况下，通过软件编程产生几兆的系统时钟，从而降低了对外辐射干扰，提高了系统的稳定性。简单的背景开发模式 BDM 使得开发成本进一步降低，也使得现场开发和系统升级变得比较方便。

MC9S12DT256 的主频高达 25MHz，同时片上还集成了许多标准模块，包括 2 个异步串行通信口 SCI、3 个同步串行通信口 SPI、8 通道输入捕捉 / 输出

比较定时器、2 个 10 位 8 通道 A / D 转换模块、1 个 8 通道脉宽调制模块、49 个独立数字 I / O 口、兼容 CAN2.0A / B 协议的 5 个 CAN 模块以及一个内部 IC 总线模块；片内拥有 256kB 的 FlashEEPROM, 12kB 的 RAM、4kB 的 EEPROM。

图 4.1 为 MC9SDT256 单片机能正常工作的最小系统。

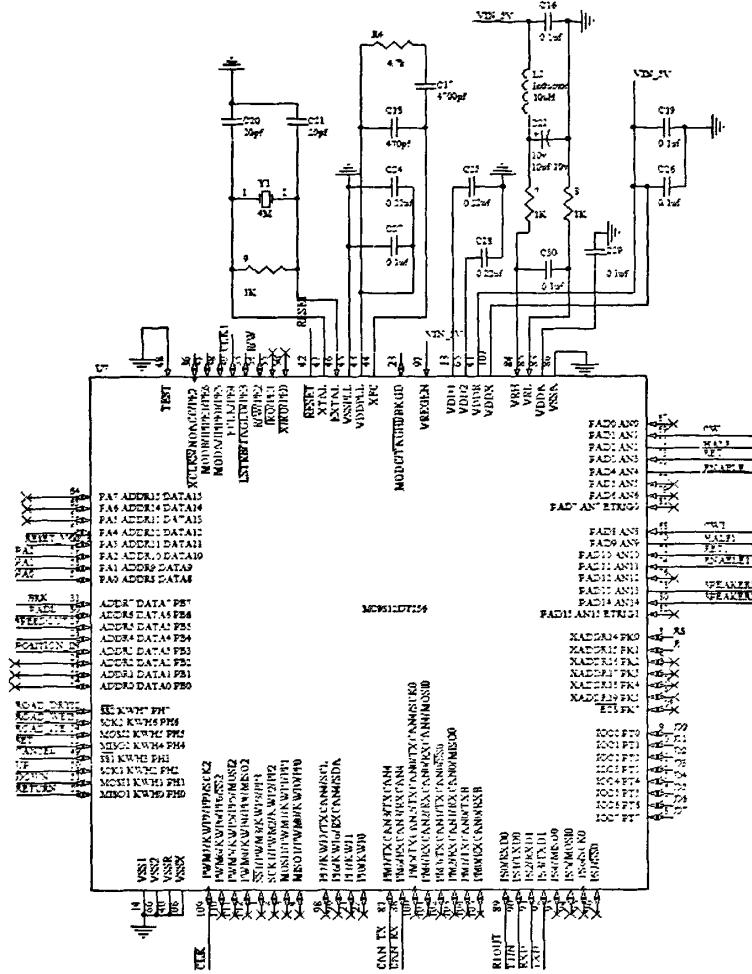


图 4.1 MC9SDT256 最小系统

4.2 电源控制、时钟电路和复位电路

电源设计：

MC9S12系列单片机的外部供电电压为5V，分别为单片机的内部电压调整器，I/O 端驱动器，AD 转换器提供电源，详细情况如下^[12]：

使用5V供电的端口有：

VDDR(41引脚) 接+5V VSSR(40引脚) 接地 内部电压调整器供电端
VDDX(107引脚) 接+5V VSSX(106引脚) 接地 IO 驱动供电端
VDDA(83引脚) 接+5V VSSA(86引脚) 接地 AD 转换器供电端

使用2.5V供电的端口有:

VDDPLL(43引脚) 接+2.5V VSSPLL(45引脚) 接地 锁相环供电端

VDD1(13引脚) 接+2.5V VSS1(14引脚) 接地 内部电源供电端1

VDD2(65引脚) 接+2.5V VSS2(66引脚) 接地 内部电源供电端2

VRH (84引脚) VRL (85引脚) AD 转换器参考电压 (不大于5V)

在布线的时候, 考虑到模拟和数字的缘故, 为避免模拟信号对数字信号产生窜扰, 在模拟地和数字地之间通过了一个感抗的电感使之分离, 这个分离电感置于电源进口处。虽然, 整个系统涉及的模拟部分不是很多, 但还是将模拟和数字部分分开布局。

在设计供电走线时, 为确保各自的稳定性, 避免之间产生相互干扰, 要分开为他们供电和滤波, 并相对分割。为了滤除更多的杂波, 即在VDD1与VSS1、VDD2与VSS2 分别接两个滤波电容, 在其他芯片附近也放置了去耦电容。另外, 由于电源线走过的最大电流可达到2.0A, 因此, 电源线的宽度特别加宽到100个mil。同时, 在设计VDDR和 VSSR内部电压调整器供电端, VDDX和VSSX I/O驱动供电端, VDDA和VSSAAD转换器供电端的供电电路时, 由于它们有较大的电量进出量, 尤其是I/O驱动供电端工作时往往需要很大的吞吐电流, 所以在连接去藕电容的同时, 再并联上大容量电容, 来保证供电端电流的平稳。这些电容也一定要尽量靠近MCU的相应引脚处。

为了充分提高供电电路的电磁兼容性, 去除高频噪声, 在各供电电路中串接一磁性元件, 它通常为电阻非常小的电感。具体的设计方案入下图所示:

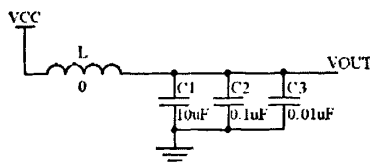


图4.2 去除高频噪声

电源控制芯片最初选择的是ST公司的L4931^[21],它具有以下特征: 超低压差电压 (0.4v), 超低静态电流, 输出电流250毫安, 逻辑控制的电子关机, 输出电压幅值较宽, 这里输出5v, 参照L4931数据手册对应的引脚和封装, 选用的型号为L4931CD50, 内部电流和热限制, 仅2.2 μ F就可以满足稳定性, 电源电压抑制: 70db, 温度范围: -40°C至125°C。

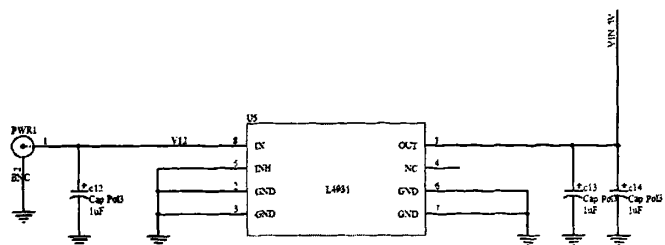


图4.3 4931电源电路

但是，调试时候出现了问题。由于采用分开调试方式，当模块单独调试的时候，各功能模块可以正常工作。当把各个功能模块组成整个系统调试的时候，电机、显示不能正常。起始认为是干扰引起的，但去掉另外一些模块的时候，这两个模块开始正常了。由此判断可能是电源供电不足。L4931的供电电流最大为450毫安，对整个系统供电不足。于是就选用了ST的LD1086D2M50^[22]，它的供电电流最大达到3A。改用此芯片后，整个系统没有出现同样的问题。

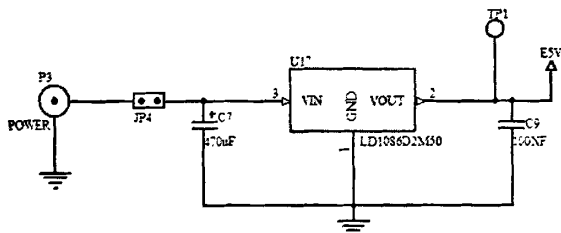


图4.4 LD1086D2M50电源电路

时钟电路设计：

时钟电路在单片机系统硬件设计中往往是一个关键的部分，因为晶振体的工作频率很高，设计不当很有可能使其工作时的产生的高频信号对其他电路造成干扰，尤其是对模拟部分如AD 转换输入信号的干扰；或者甚至晶振体不工作，导致整个单片机系统无法运行。MC9S12 系列单片机的时钟输入接口在其46(EXTAL)和47(XTAL)引脚上(112 引角封装)。时钟电路如下图所示。

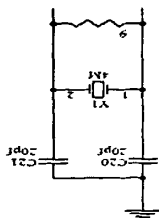


图4.5 时钟电路设计

在布线的时候，将晶振置于离MCU最近的地方，以保证走线最短。另外，时钟信号线周围用覆铜做了处理，防止其他干扰信号进来。

复位设计：

Microchip公司的三引脚单片机复位监视器TCM809为高性价比的系统监控

电路，它广泛应用在汽车车载电子设备，如嵌入式系统和单机电源电压监控，用来对数字系统的电源电压VDD 进行监控，并在必要时向主处理器提供复位信号。无需外部元件。

选用3引脚SOT-23B。

TCM809经过优化设计，可以抑制出现在VDD电源线上的快速瞬态脉冲干扰，它的特点如下^[23]：高精度VDD 监控电路，140 ms 最小复位超时周期；VDD 低至1.0V 时，RESET 输出仍然有效；低供电电流9 μ A；VDD 瞬间变化不会导致复位；小型3引脚SC-70 和SOT-23B 封装；推挽式复位输出；温度范围：-40 $^{\circ}$ C 至 +125 $^{\circ}$ C。本文采用的SOT-23B封装。复位电路可以设计如图4.6所示。

因为未增加手动复位的开关，刚开始调试时电路不能工作。判断可能是电源问题或复位问题。经过万用表的测量，电源是正常的。应该是复位问题，但是换了一个芯片，还不能工作。怀疑是否芯片型号不对，由于芯片非常小，肉眼是根本无法看清的。后来用放大镜观看，果然发现型号不对，它的电压阈值是5v的，因此不能工作了。重新换上复位芯片后电路正常工作。

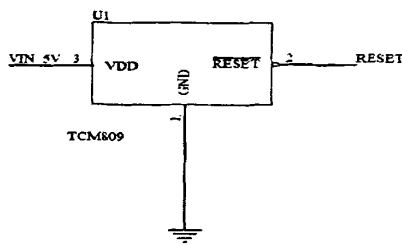


图 4.6 复位电路

4.3 毫米波雷达测距信号输入电路

MCU 与毫米波测距传感器间的通信，将毫米波测距测得的数据顺利地传给单片机，需要设计接口来完成这项功能。由于毫米波测距传感器多采用的是 RS-232 标准接口，因此采用进行串口通信设计。RS-232 在通信速率达到 115200bps 的时候，通信距离还可以达到 15 米，在本系统中是可以满足要求的。

鉴于系统接口的需要，所以采用 DB9 型接口。RS-232 中对于一般的双向通信，只需要使用串行输入 R1IN、串行输出 T1OUT 和地线可以满足要求。

由于 MC9S12DT256 单片机输入和输出电平是 TTL，而雷达却采用标准的串行接口，须进行电平转换来完成单片机和雷达的数据通信。转换芯片选取 Sipex 公司生产的 SP3232E，芯片内部有一个电源电压变换器，可以把输入的 +5v 电源电压变换成 RS-232 输出电平所需的电压。所以接口串行通信系统只需 +5v 电源。SP3232E 外接的电容用以提高抗干扰能力，在车内环境中，器件对电源噪声很敏感，VCC 须加去耦合电容 C1，其值为 10 μ F。该电容也布在芯片的电源引脚附近。接口电路中，选择 SP3232E 芯片中两路发送接口中选择一路作为接口，将 T1IN 接单片机的发送端 T1IN，雷达的 RS-232 接收端 RXD 一定

超声波发生电路如图 4.9:

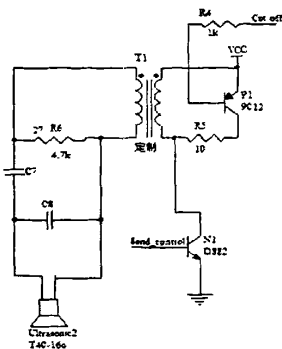


图 4.9 超声波发射驱动电路

STC12LE4052 指令集及主要架构与经典引相同, 硬件资源略有增加: 2 通道可编程计数器阵列; I/O 口改进为可设置方式, 支持: 引准双向、高阻输入、OC 输出、推挽输出四种模式,

STC12 端口资源分配如下:P10-P13: 控制 TL852 增益, 设置为 OC 输出, TL852 内部有上拉电阻; P14-P17: 保留; P30 (RXD)、P31 (TXD): UART 通讯; P32 (INT0): 接 SOUT 端, 作为超声波发射时的 TL852 输出抑制, 置为 OC 输出; P33 (INT1): 超声波接收输入, 设置为输入; P34: 产生超声波发射方波, 设置为推挽输出模式; P35: 控制 P1, 用于衰减余波, 设置为 OC 输出模式; P37: 工作指示灯, 设置为 OC 输出模式。

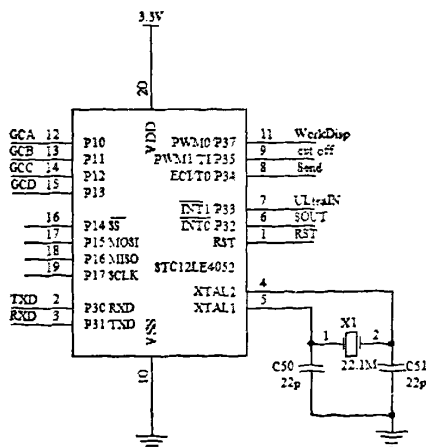


图 4.10 超声波模块单片机控制电路

超声波接收电路、信号放大、检出电路

参照 TL852 数据手册分析^[27]，图 4.11 中的 R7、R17 为运放的输入、反馈电阻，通过改变两者比值可方便的改变灵敏度，故将 R7、R17 设计为直插器件。TL852 输出信号处理电路如下：

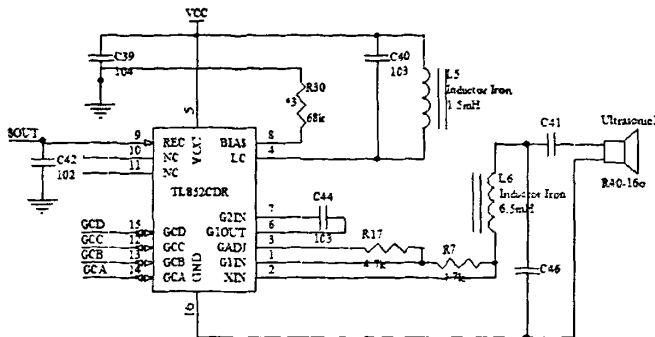


图 4.11 超声波接收、信号放大、检出电路

图 4.12 所示输出信号处理电路把 TL852 的输出转换为 STC12LE4052 需要的中断信号，为了隔离后级对积分电路的影响，U10A 构成了一级同相跟随器，U10B 构成一个比较器。

在系统的主控板上，预留了接口，将超声波测距模块通过 Txd、Rxd 将采集到的数据传送给 MC9S12DT256，由 MCU 根据传送的数据来判断是否需要蜂鸣报警。

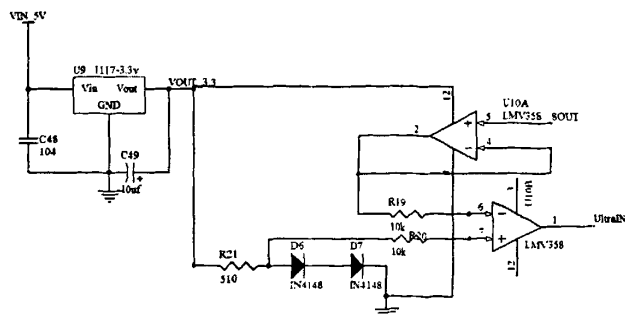


图 4.12 超声波输出处理电路

超声波模块在汽车上应该是左侧和右侧各有一块，这样可以探测两个侧面是否有车辆靠的太紧或者其它物体具有威胁性，左右模块的功能和设计是一模一样的，此处只给出一个模块的设计。

4.5 巡航控制开关和模式开关

(1)恒速行驶功能指汽车在公路上行驶时，驾驶员即使不踏加速踏板，汽车仍可以按驾驶员所希望的车速自动保持行驶的功能。

(2)加速、减速功能车辆处于巡航行驶的状态时，若按下加速开关，则在此期间速度增加，车辆就以当时的车速恒速行驶。反之减速功能。

(3)解除、恢复功能如果踏下踏板或是操纵巡航控制操纵主开关，则可自动

解除巡航功能，如果重新按下开始开关，则恢复解除前的固定车速。

在巡航控制模式时，控制量只需要开关量，单片机识别高、低电平，并做出控制反应。

目前尚未有成熟的即时路况自动检测功能的设备，因此采用手动触点路面模式选择开关，用来设定不同的路面所对应的附着系数。本系统将路面分为干路面、湿路面和冰雪路面三种情况，由驾驶员根据行驶的路况来选择相应的模式，系统则根据驾驶员的选择，把与该路况所对应的路面附着系数放进系统模型进行计算。系统利用 MC9S12DT256 的 I/O 口的三个引脚作为路面选择开关。加电阻的目的是防止引脚电流过大，芯片产生较大的瞬时损耗。

最初的路面信号开关量输入的设计想法如图 4.13 所示，正常状态下各个引脚处于高电平，当有开关按下，低电平有效。打算巡航控制开关也是采用这样的方式设计，引脚 ROAD_DRY 代表柏油干路面，ROAD_WET 代表柏油湿路面，ROAD-ICE 代表冰雪路面。

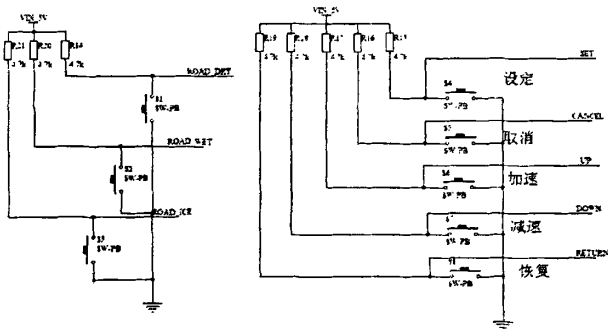


图 4.13 模式开关量输入

但是考虑到汽车电器电流不稳定，需要一个开关量检测芯片，后来就更换了设计方案，选用了飞思卡尔的 MC33993^[30]作为开关量输入芯片。

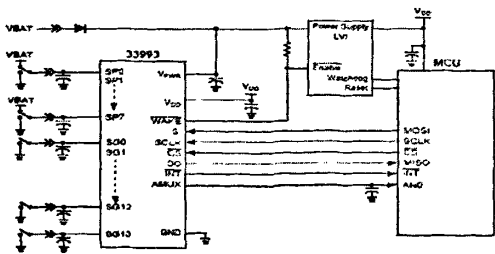


图 4.14 MC33993 简化应用图

虽然 MC33993 的设计运行电压范围为 5.5V~26V，其开关量输入设计的电压范围为 -14V 到最大为 40V。

调试的时候，在芯片地与输入引脚之间没有正向二极管，则基本不会出现大电流。采用 MC33993 开关检测输入如下图：

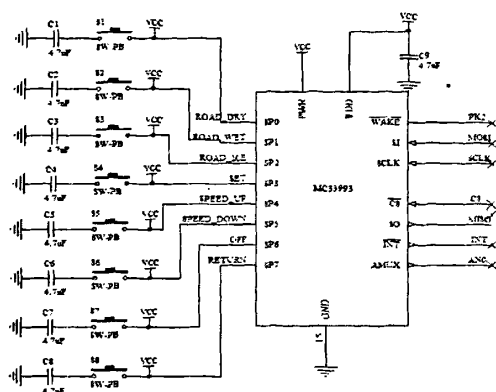


图 4.15 MC33993 应用开关量输入

4.6 开关量输入电路

制动传感器用来监测车辆是否处于制动状态，以便于系统决定是否要抑制报警。驾驶员采取制动措施时，脚移到制动踏板上产生压力后，得到一个开关信号，在制动的控制线路中并入一条信号线，就可以获得制动踏板动作信号。经处理后作为车辆制动信息的标志信号送入控制单元。油门踏板传感器用来监视在临界安全报警响时，驾驶员是否松油门。油门信号从油门踏板处取得。图中光电耦合器既起隔离干扰的作用，又可将现场接点信号转换为单片机所需的标准高/低电平变化。制动、油门信号与单片机的接口如图 4.16 所示。

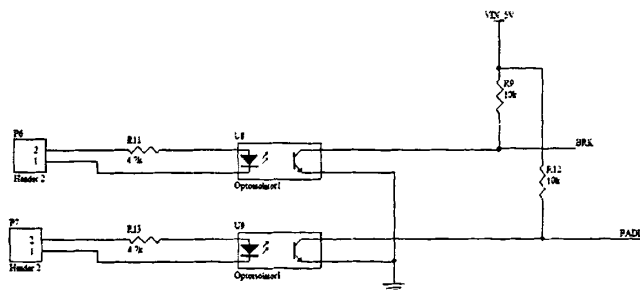


图 4.16 制动、油门开关信号

4.7 节气门位置传感器输入处理电路

节气门由驾驶员通过加速踏板来操纵，以改变发动机的进气量，从而控制发动机的运转。不同的节气门开度标志着发动机的不同运转工况。为了使喷油量满足不同工况的要求，电子控制汽油喷射系统在节气门体上装有节气门位置传感器。它可以将节气门的开度转换成电信号输送给 ECU，作为 ECU 判定发动机运转工况的依据。节气门位置传感器有开关量输出型和线性可变电阻输出型两种。电位器传感器可以将机械位移或其他能转换为位移的非电量转换为具有一定函数关系的电阻值的变化，从而引起输出电压的变化。

常用的角位移传感器有：(1).线绕电位器式传感器。线绕电位器的电阻体由电阻丝缠绕在绝缘物上构成。(2).光电电位器式传感器。光电电位器是一种非接触式电位器，它用光束代替电刷。

本系统的油门位置传感器选用电位器式角位移传感器。

电位器式角位移传感器输出为频率固定而占空比变化的脉冲信号，不同的油门位置对应固定频率下不同的占空比。油门传感器输出的频率为 500Hz，油门传感器占空比系数调节范围为 5%-95%。传感器信号经过滤波、钳位、放大输入到 MC9S12DT256。电阻是用于过流保护。二极管是电流钳位，用于过流保护。并联一个 0.11uF 的电容器，用于滤波，起到改善输出波形的作用。输出端增加了运算放大器 LM324,它是一个具有四运放的可使用正负电源工作的运算放大器。它的每一个运放都接成电压跟随器的形式，使得输出端的驱动能力大

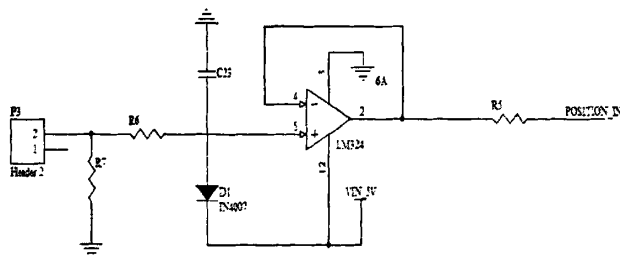


图 4.17 节气门位置传感器输入处理电路

大增强，输入处理电路如图 4.17 所示。

4.8 车速输入电路

轮速传感器用于检测车轮的速度，并将速度信号输入控制系统的电控单元。目前较为普遍的轮速传感器主要有电磁感应式、霍尔元件式。但由于电磁感应式传感器存在一些缺点:如随着转速的变化，输出信号的幅值小于 1V 就无法检测了。当转速达到较高速度时，易产生错信号。由于信号输出幅值不同，在幅值输出较小时，抗电磁干扰能力较差。

霍尔传感器克服了电磁式传感器的缺点，优点^[31]:

1)输出幅度不变。在汽车工作电压 12V 时输出幅度保持 11.5V~12V 不变，车速再慢甚至到“0”转速，幅值都不变。

2)频率响应高。响应频率达 20KHz，满足使用要求。

3)由于输出信号在整个轮速范围内不变，且幅值较高，所以抗电磁干扰能力很强。

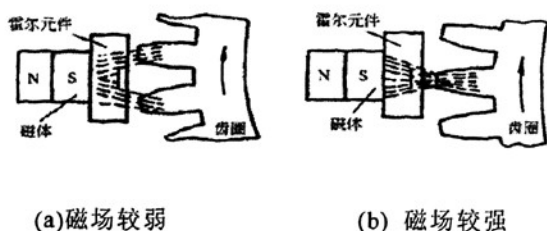


图 4.18 霍尔式轮速传感器磁路



图 4.19 霍尔式轮速传感器实物图

霍尔式轮速传感器由传感头和齿圈组成。

传感头由永磁铁、霍尔元件和电子电路等组成，如图 4.18 所示。它的工作原理是永磁铁的磁力线穿过霍尔元件通向齿轮，齿轮相当于一个集磁器。当齿轮位于图 1 (a) 所示位置时，穿过霍尔元件的磁力线分散，磁场相对较弱。当齿轮位于图 1 (b) 所示位置时，穿过霍尔元件的磁力线集中，磁场相对较强。齿轮转动时，使得穿过霍尔元件的磁力线密度发生变化，因此引起霍尔电压的变化，霍尔元件将输出 m 级正弦波电压。该交流信号需经由电子电路转换成标准的脉冲电压。

根据汽车自身的实际情况，从里程表里直接接出处理过的速度信号可行性不高，从电路上看，车速采集系统的硬件终端和汽车自身的里程计系统处于并联的关系。根据并联分流原理，要不影响汽车里程计正常工作，需在其接入端加一个阻值在一百欧左右的限流电阻，但带来的问题是会使原始信号通过电阻后衰减很大。以瑞风车为例，传感器出来的原始波形是幅值为 $8V$ 的单极性方波信号，通过限流电阻后，信号衰减很明显，在硬件终端接入得到的信号幅值约 $100mV$ 左右。由于信号几乎消失在噪声中，所以在前期需对信号进行预处理：滤波、放大，再传给 MCU^[32]。

由于原始信号比较微弱，为了防止信号被压制，所以在预处理阶段对原始信号进行放大。放大电路选用 HA17741^[33]，在放大之前加了一个 RC 低通滤波器，它的作用就是滤除高频噪声于扰。在反馈电阻上并联一个瓷片电容 103 主要作用就是去除高频噪声，使之不通过放大器放大。把经过放大和滤波后的方波信号送给单片机 MC9S12DT256^[43]。如图 4.20 所示。

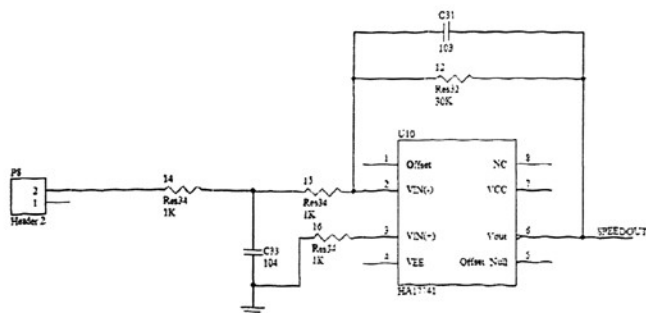


图 4.20 车速输入电路

4.9 显示输出电路

系统在工作当中，采集的车辆数据如果没有通过人机界面进行交互，作为司乘人员来说是无法得到目前状态的准确数据。为了能够让司机可以很明确地知道目前自己的车速是多少，与前方车辆的车距是多少，需要一块显示器屏来告诉司乘人员。这个液晶在显示面积上不能太大，因为太大会干扰正常行车，也不能太小，太小会导致看不清楚，间接诱发事故，因此考虑显示面积在 10 平方厘米到 20 平方厘米之间。在此次实验中，考虑到先期的成本因素，决定暂用价格较低的黑白 LCD。到后期，再改用彩屏的。

LM16032^[34]系列点阵图形式液晶显示模块，采用 ST7920 控制器，点阵数 160 x 32dot。适配 M6800 的操作时序电路，4bit/8bit 并口数据传输，内带 8192 个标准 GB 码的简体中文，126 个字母符号字型。单电源 5.0V；显示分辨率为

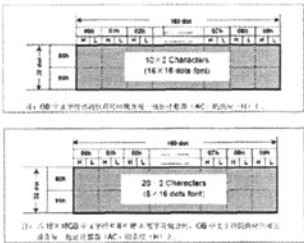


图 4.21 字符显示地址与 DDRAM 关系图

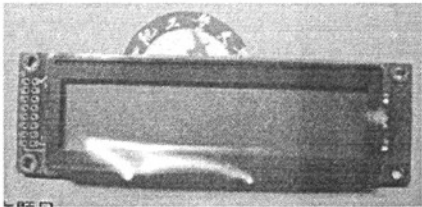


图 4.22 LM16032 实物图

160 x 32dot； STN 正显半透；白色 LED 背光。它的大小和特性比较能够满足显示需求。

LM16032 模块有并行和串行两种接口方式的，此处选择前种方式。液晶显示电路设计如图 4.23 所示。

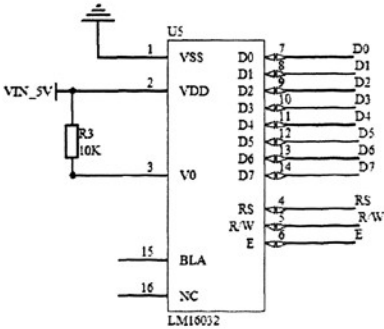


图 4.23 液晶显示电路

RS, R/W 和 E 是控制接口，下图给出了该模块的一个时序图。

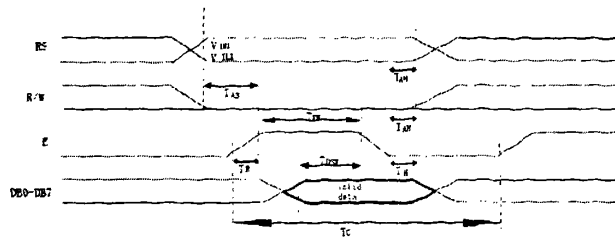


图 2.24 液晶模块时序图

RS 和 R/W 为低电平，E 从高电平到低电平时，可以写指令到指令寄存器 IR；RS 为高电平，R/W 为低电平，E 从高电平到低电平时，可以写数据到数据寄存器 DR。想要显示中文字符时，必须先给地址，再写入中文字符编码。由于该模块可以自动增加地址，因此，只须写入一次地址即可，后续字符由模块自动增加地址。当字符有两个编码时，须先写入高字节，再写入低字节。

该模块的程序编程是比较方便的。先进行初始化，清屏，然后就可以写入字符了。

写命令到 LCD 的程序如下：

```
#define RS=P^0;
#define RW=P3^7;
#define E =P3^6;
#define LCD_BUS=PT;    //MCU 端口映射
```

```
Void write_cmd(unsigh char command)
{
    RS=0;
    RW=0;
    E=1;
    LCD_BUS= command;
    E=0;
    Delay(5);
}
```

写数据到 LCD 的程序如下：

```
Void write_data(unsigh char data)
{
    RS=1;
    RW=0;
    E=1;
    LCD_BUS= data;
    E=0;
    Delay(5);
}
```

显示字符串的程序如下：

```
Void Display(unsigh char *s)
{
    While(*s > 0)
    {
        Write_data(*s);
        s++;
    }
}
```

```

        delay(5);
    }
}

```

4.10 声音报警电路

声音报警电路由两部分组成，第一个汽车侧向距离检测的报警；第二个是前方车距检测的报警。前者采用蜂鸣器来模拟，后者采用语音模块设计。

蜂鸣报警电路

报警输出单元采用了结构简单的单音频压电蜂鸣器，其应用电路设计原理如图，当中央处理单元通过信息处理、分析，发现侧向有碰撞隐患时，便向 I/O 口送出高电平，经过三极管 8850 后触发蜂鸣器。

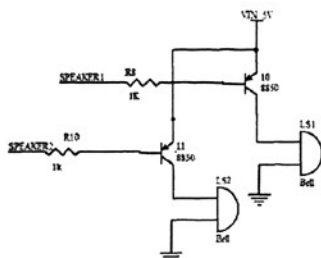


图 4.25 蜂鸣报警电路

语音模块报警

前后的报警采用语音模块 WT588D^[35]语音芯片。该模块集单片机和语音电路于一体，是可编辑语音芯片，使用比较方便，所占板子的体积也较小，价格也不高。它采用语音数据直接在 SPI-Flash 存储器中存储的技术、降噪处理技术，能够真实地再现语音。

WT588D 系列语音芯片具有如下特点：支持 2M~64M 的 SPI-Flash 内存；可以循环放音；具有自动节电控制；信息存储无需后背电源。

该语音模块与 MCU 的连接主要有以下部分组成。复位电路：由 MC9S12DT256 给 WT588D 的 RESET 脚进行复位，在每次控制 WT588D 前，先给一个复位信号。震荡电阻：根据不同的阻值，可使语音播放速度不一样。电路供电：模块在 5V 供电时，串两个二极管到 VCC 端，模块在 3V 供电时，可直接把电源接到 VCC 端。在 5V 供电时，串两个二极管到 Flash 存储器正电源输入端，Flash 存储器的供电电压为 2.8V-3.5V，串二极管是为了把电压降到 Flash 存储器的电压范围。在 3V 电源供电时，直接把电源接到 Flash 电源输入端。PWM 音频输出：直接驱动扬声器的方式，扬声器两端接 PWM+ 和 PWM-，此状态输出时，PWM+/PWM- 两端不可短路、不可接电容电阻到地。如需采用此状态外接功放，可用差分方式输出到功放。

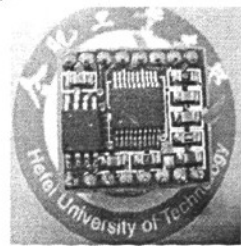


图 4.26 WT588D 模块

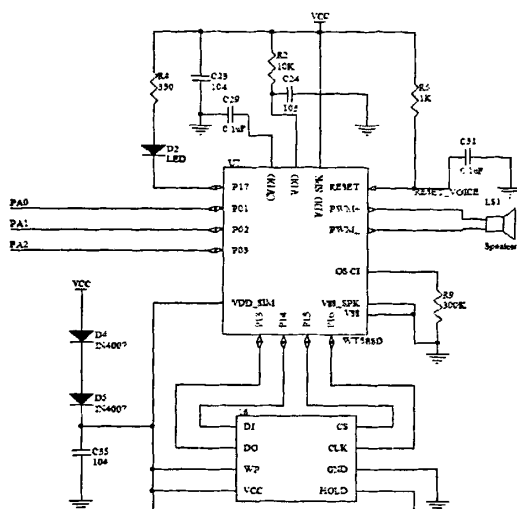


图 4.27 语音警示电路

4.11 节气门驱动电路

电子节气门则采用一种柔性控制方式，由加速踏板位置传感器，电子节气门体和电子控制单元 ECU 组成。其中，电子节气门体主要由驱动电机、节气门阀片、节气门位置传感器、齿轮机构以及复位弹簧组成。

电子节气门系统的工作原理如下：油门踏板位置传感器产生相应的电压信号输入节气门控制单元，控制单元首先对输入的信号进行滤波，消除噪声的影响，通过采集到的其它工况信息以及各种传感器信号如车速、车距、节气门位置等等，由此计算出整车是否满足控制需求，通过对节气门转角进行补偿，得到节气门的最佳开度，并把相应的电压信号发送到驱动电路模块，驱动控制电机使节气门达到最佳的开度位置。节气门电机使用步进电机，有许多种方案可以驱动步进电机。主要有集成式和驱动控制与驱动器组合式两种，前种可能方便一些，但价格可能要高一些。

本系统选用后种方式，即 L297^[36]加 L298 的组合方式。

L297 是意大利 ST 半导体公司生产的步进电机专用控制器，它能产生 4 相控制信号，可用于计算机控制的两相双极和四相单极步进电机，能够用单四拍、双四拍、四相八拍方式控制步进电机。芯片内的 PWM 调波器电路可在模式下调节步进电机绕组中的电流。使用 5V 的电源电压，全部信号的连接都与 TTL/CMOS 或集电极开路的晶体管兼容。L297 的芯片引脚特别紧凑，采用双列直插 20 脚塑封封装。

L297 只需要时钟、方向和模式输入信号。相位是由内部产生的，因此可减轻微处理机和程序设计的负担。L297 加驱动器组成的步进电机控制电路具有以下优点：使用元件少、组件的损耗低、可靠性高，体积小、开发简单。L297 与 L298 配合使用控制双极步进电机工作电流可达 2.5A。L297 的特性是只需要时

钟、方向和模式输入信号,相位是由内部产生的,因此可减轻单片机和程序设计的负担; L298 芯片是一种高压、大电流双 H 桥式驱动器。

L297+L298^[37]的设计具有外围元件简单,工作稳定性好的特点。L297+L298 集成块是专为步进电机驱动而设计。L298 是双 H 桥式驱动器,内含的功率输出器件。

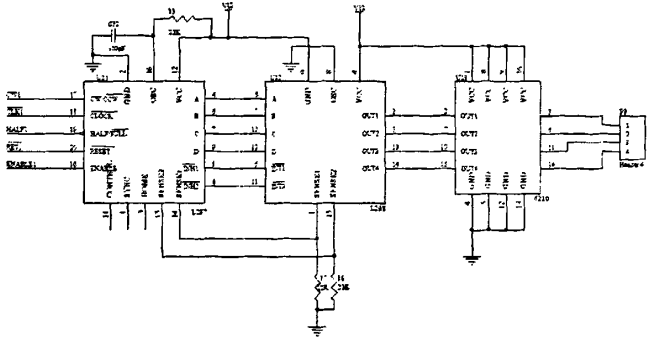


图 4.28 节气门控制电机驱动电路

因为 L298 选用了接插件的形式,该元件使用的缺点是,如果置于振荡强度过高的场合,会出现驱动错误。在第六章调试的时候,就设计了把控制板放在一个振动台上,不同振动强度下的工作情况,符合设计需求。另外,此芯片的发热量是非常可观的,必须加大散热片。改进设计种将考虑改用其他方式。

4.12 辅助紧急制动输出电路

电子机械制动系统以电能作为能量来源,由电机驱动制动垫块,由电线传递能量,数据线传递信号,它是线制动系统的一种形式。高效的性能和简洁的结构极大地提高了车辆的制动安全性。相对传统的液压制动系统,电子机械制动系统具有以下主要优点:机械连接少、无制动管路、结构简洁、体积小;采用机械和电气连接,信号传递迅速,反应灵敏;模块式结构更加性体化、装配简单、维修方便。

鉴于同样的电机驱动控制,采用与节气门控制驱动电路一样的 L297+L298 控制,电路原理图:

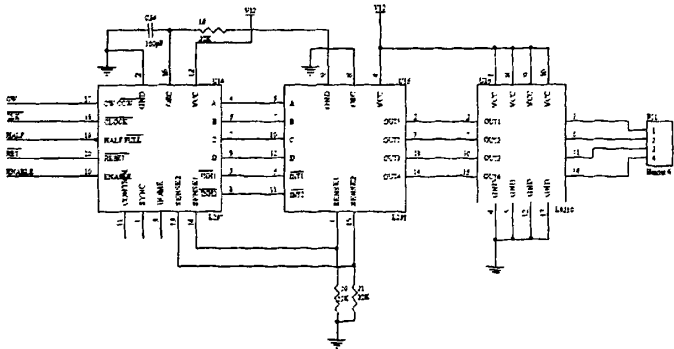


图 4.29 紧急辅助制动控制电机驱动电路

4.13 CAN 节点硬件设计

随着汽车电子技术的不断发展，汽车使用的电子控制系统和通讯系统越来越多，如发动机电控系统、自动变速器控制系统和车载多媒体系统等。系统之间，系统和汽车的仪表之间，系统和汽车故障诊断系统之间均需要进行数据交换，如此巨大的数据交换量，如仍然采用导线进行点对点的连接的传输方式将难以满足快速和大量数据传输的需求^[39]。采用 CAN 总线技术构成分布式过程控制系统。现场智能 CAN 测控节点以微处理器为核心，并配有 CAN 总线接口。其主要功能是实现对汽车现场数据的实时采集与处理，并根据采集的数据实现对现场设备进行实时控制，同时通过 CAN 总线实现与其他总线节点之间的信息交换。

2008 年全球主要汽车生产厂商生产欧 III/IV 排放标准以上的汽车后，采用 CAN 总线的汽车将超过 95%，目前 CAN 总线在汽车动力总成中占了 85% 的市场份额。

本系统中，控制核心 MC9S12DT256 单片机内部的 CAN 模块只是个协议控制器，不能提供物理层驱动，所以在使用时需要外加 CAN 总线收发器提供物理层驱动，较为常用的 CAN 总线收发器有 Philips 公司的 PCA82C250 收发器、高速 TJA1050 收发器、TI 公司的高速 SN65HVD230 收发器，前两个收发器的供电电压为 5V，而后一个收发器的供电电压为 3.3V。CAN 总线收发器使用 TI 公司的 SN65HVD230 收发器。

SN65HVD230 收发器具有差分收发能力，最高速率可达 1Mb/s,广泛用于汽车领域。SN65HVD230 可用于较高干扰环境下。该器件在不同的速率下均有良好的收发能力，其主要特点如下：高输入阻抗，允许 120 个节点；低电流等待模式，典型电流为 370 μ A；信号传输速率最高可达 1Mb/s；具有热保护，开路失效保护功能；具有抗瞬间干扰，保护总线的功能；斜率控制，降低射频干扰；差分接收器，具有抵抗宽范围电磁干扰能力。

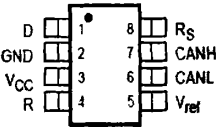


图 4.30 SN65HVD230 引脚图

表 4.1 SN65HVD230 的引脚

引脚号	引脚名称	引脚功能	描述
1	D	输入	CAN控制器发送数据输入端
2	GND	地	接地
3	VCC	+3电源	+3电源电压
4	R	输出	CAN总线接收数据输出端
5	VREF	参考电压	参考电压输出
6	CANL	CAN总线低	低电平CAN电压输入输出
7	CANH	CAN总线高	高电平CAN电压输入输出
8	RS	方式选择	斜率电阻器输入

SN65HVD230 具有高速、斜率和等待 3 种不同的工作模式。其工作模式控制可通过 R_s 控制引脚来实现。CAN 控制器的输出引脚 T_x 接到 SN65HVD230 的数据输入端 D，可将此 CAN 节点发送的数据传送到 CAN 网络中；而 CAN 控制器的接收引脚 R_x 与 SN65HVD230 的数据输出端相连，用于接收数据。SN65HVD230 方式选择端口 R_s 通过跳线和一端接地的斜率电阻器连接，通过硬件方式可实现 3 种工作模式的选择，其中斜率电阻器为 $0\sim 100k\Omega$ 的电位器。VRs 为加在 R_s 引脚上的电压。具体工作模式的选择如表 4.2 所列。

表4.2 SN65HVD230的工作模式选择功能

Vrs	工作模式
$VRs \geq 0.75V_{cc}$	等待模式
$10k\Omega$ 到 $100k\Omega$ 接地	斜率控制模式
$VRs \leq 1V$	高速模式

使 R_s 接逻辑低电平可以使收发器工作在高速模式。在高速模式下，收发器的通信速率达到最高，此时没有内部输出上升斜率和下降斜率的限制。为了减少因电平快速上升而引起的电磁干扰，在 SN65HVD230 中引入了斜率控制方式。这种控制方式可通过连接在 R_s 引脚上的串联斜率电阻器来实现。在 R_s 引脚加上逻辑高电平 ($\geq 0.75V_{cc}$)，可使器件进入等待模式，处于待机状态。

光电耦合器件 6N137^[40] 在 MCU 与 SN65HVD230 之间起到光电耦合作用，经高速光耦 6N137 进行连接，实现 CAN 总线各节点的电气隔离。为了实现真正意义上完全的电气隔离，光耦部分的 VCC1 和 VCC2 必须通过 DC-DC 模块，或者是带有多个隔离输出的开关电源模块进行隔离。SN65HVD230^{[41][42]} 收发器具有强电磁干扰下宽共模电压范围的差动接收能力、交叉线保护、过热保护、失地保护、过压保护等卓越特性，CANH 与 CANL 之间并联两个 $30pf$ 的小电容有助于滤除总线的高频干扰。

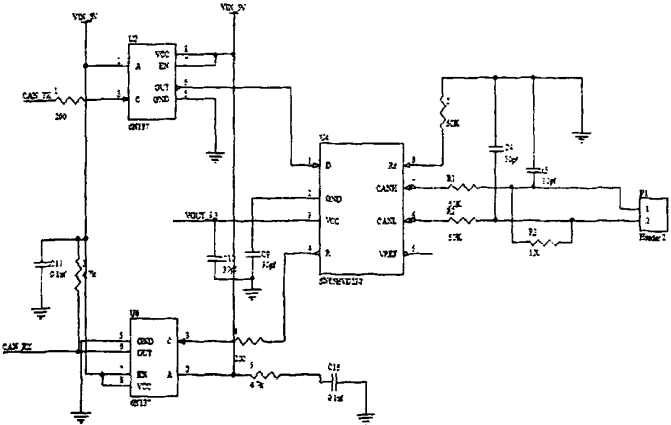


图 4.31 CAN 节点接口电路

刚开始调试 CAN 口的时候，作为接收方，通过示波器观察发送方的 CANTX 引脚，是正常的波形。但作为发送方时，只能看到很乱的波形。检查波特率等设置没有问题。通过查阅资料，在 CAN2.0 协议中，有个很重要的规定，叫“握手”，即发送方要知道接收方的接受状况，否则 TA 不会改变。发送方在发送数据的时候，一方面其 CAN 逻辑要自检发送的数据是否正确，如果检测出错误（发送方认为错误，其实可能是对的），就以高速自动重新发送信息，很容易把接收方的缓冲器塞死。TA 值永远不会改变；另一方面，发送方要检测接受方接收到的数据是否正确，如果检测出错误，同样会高速重新发送。只有在两个检测都正确的情况下，通信才会成功。此时，CANTX 引脚才会观测到正确的波形。如果接受方工作不正常，那么观察到的信号就是如上面描述的很乱的波形了。经过检查，的确是选用的另外一块调试板有问题，不能正常接收。

4.14 BDM 接口电路设计

BDM 接口是MC9S12单片机用来连接BDM 调试器的，BDM 接头通常设计为6针的双排插头，其中4个引脚分别为VDD、RESET、GND 和BKGD，另外2个针脚为空。图4.32是Freescle的针脚定义，定义的引脚排列图中，BKGD 与 VDD 在矩形对角线的两端，一旦将插座插反，则单片机的BKGD 引脚将会直接与BDM 调试器的VDD 引脚连通，引发烧毁单片机的危险。新的定义方式避开了这种可能，将BKGD定义在中间引脚，这样即使反插，VDD 只会连接到孔引脚，不会造成危险^[45]。

单片机的BKGD引脚还与VCC串联了一个3.3K的电阻，这是单片机的运行模式决定的。图中的R2大小为51Ω来保护单片机的该引脚。图4.33为具体的电路设计方案：

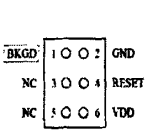


图 4.32 BDM 接口

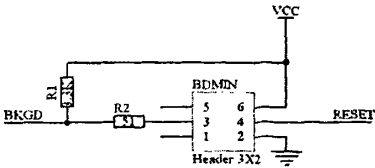


图 4.33 BDM 接口电路

4.15 单片机工作的模式

MC9S12系列单片机可以通过对MODA、MODB、MODC、ROMCTL的输入设定8 种不同的工作模式，具体见下表：

表4.3 MC9S12工作模式表^[45]

BKGD= MODC	PE6= MODB	PE5= MODA	PK7= ROMCTL	ROMON Bit	Mode Description
0	0	0	x	1	特殊单片模式
0	0	1	0	1	仿真扩展窄模式
			1	0	
0	1	0	x	0	特殊测试模式
0	1	1	0	1	
1	0	0	x	1	普通单片模式
			0	0	
1	0	1	0	1	普通扩展窄模式
			1	0	
1	1	0	X	1	特殊外扩模式
1	1	1	0	0	普通扩展模式
1			1	1	

它的设置原理是在单片机进行复位时，将以上几个引角的电平状态写入到模式寄存器的相应位，表中的ROMON位是决定FLASH 内存状态的，而ROMON位是由ROMCTL决定的。MC9S12系列单片机的内部FLASH和RAM都比较大，普通单片模式就可达到要求，即上表的第5种情况。从表中可知，这时MODA需给低电平，MODB也给低电平，而MODC需要给高电平，ROMCTL决定是否使用片内FLASH，在单片模式该引角设置不起作用，使其悬空。

由于MODA和MODB具有内部下拉电阻即默认为普通单片模式，所以不对其进行电路连接就可使单片机工作于单片模式。当使用BDM 调试单片机时，单片机必须处于调试状态即特殊模式，即调试状态要求MODC为低电平，而当BDM调试器的插头接入单片机，MODC被BDM调试器对应引角拉低，单片机自动进入调试状态，当BDM调试器插头拔出时由于给MODC上拉了3.3K电阻，单片机又自动进入普通单片模式。

4.16 抗干扰能力和稳定性

对于汽车通用嵌入式硬件电子平台来说，速度和成本是众所周知的问题。这些平台具有基本或公用的硬件功能，通过面向应用的软件设计，可以为同一车型系列或不同车厂的各种车型专门定制功能。系统级芯片半导体器件将各种功能集成到单一芯片之中，减少了对元件数量的要求，在确保长期可靠性的同时，对于成功地开发通用嵌入式电子平台是至关重要的。

系统的配置应遵循的原则：a.抗干扰设计和可靠性，它包括芯片、器件选择、去耦合滤波、电路板布线、通道隔离等。b.外围设备的配置应充分满足应用系统的功能要求，并留有适当余地方便进行再次开发。c.系统中的相关器件要尽可能做到性能匹配。d.外围电路较多时须考虑其驱动能力。e.尽量采用“单片”式硬件系统。因为器件越多，它们之间相互干扰也越强，功耗也会增大，降低了系统的稳定性^[48]。

针对形成干扰的要素，采取的抗干扰主要有以下手段。

1. 抑制干扰源

汽车内部的自生骚扰发射干扰源有很多，如刮水器电动机、燃油泵、火花点火线圈、空调起动机、交流发电机线缆连接的间歇切断，以及某些无线电子设备，如手机和车载电台等。这些干扰源是产生种瞬变电脉冲即可能通过电磁骚扰发射对环境中的其它设备造成干扰。抑制干扰源的常用措施如下：继电器线圈增加续流二极管，消除断开线圈时产生的反电动势干扰。仅加续流二极管会使继电器的断开时间滞后，增加稳压二极管后继电器在单位时间内可动作更多的次数；在继电器接点两端并接火花抑制电路，减小电火花影响；给电机加滤波电路，电容、电感引线要尽量短；高频电容的连线应靠近电源端并尽量粗短；布线时避免 90 度折线，减少高频噪声发射。

2. 切断干扰传播路径

干扰传播路径可分为传导干扰和辐射干扰。传导干扰是指通过导线传播到敏感器件的干扰。高频干扰噪声和有用信号的频带不同，可以通过在导线上增加滤波器的方法切断高频干扰噪声的传播，有时也可加隔离光耦来解决。辐射干扰是指通过空间辐射传播到敏感器件的干扰，解决方法是增加干扰源与敏感器件的间距，用地线把它们隔离和在敏感器件上加蔽罩。

车内电磁环境较为复杂，为避免电磁耦合产生相互干扰的隐患，切断干扰传播路径的常用措施如下：给单片机电源加滤波电路或稳压器来减小电源噪声对单片机的干扰。在速度能满足要求的前提下，尽量降低单片机的晶振和选用低速数字电路；晶振与单片机引脚尽量靠近，用地线把时钟区隔离起来，晶振外壳接地并固定。电路板合理分区，尽可能把干扰源与敏感元件远离；数字区与模拟区隔离。数字地与模拟地要分离，最后在一点接于电源地。A/D、D/A 芯片布线也以此为原则，为减小相互干扰，单片机和大功率器件的地线要单独接地。大功率器件尽可能放在电路板边缘。在单片机 I/O 口、电源线、电路板连接线等关键地方使用抗干扰元件如磁珠、磁环、电源滤波器、屏蔽罩。

3 印制板工艺抗干扰

电源线加粗，合理走线可以减少互感振荡；CPU 芯片的 VCC 和 GND 之间接电解电容及瓷片电容，去掉高、低频干扰信号；减少接插件与连线，提高可靠性；集成块与插座接触可靠，最好集成块直接焊在印制板上，防止器件接触不良故障。

4.17 整体电路图与实物板

随着电路设计规模的不断扩大以及高速电路越来越广泛的应用，普通的 EDA 设计工具已经不能满足日益缩短的产品设计周期和复杂的电路功能的要求。Altium Designer 软件基于 PC 平台开发，符合 Windows 操作习惯,新增大量高效率的布局布线功能,是绘制电路图和 PCB 板图的理想平台。Altium DXP2004^[49]是一款一体化电子产品设计解决方案。将设计流程、集成化 PCB 设

计、可编程器件（如 FPGA）设计和基于处理器设计的嵌入式软件开发功能整合在一起的一种同时进行原理图、PCB 和 FPGA 设计以及嵌入式设计的解决方案，具有将设计方案从概念转变为最终成品所需的全部功能。整体硬件原理图如图 4.34 示：

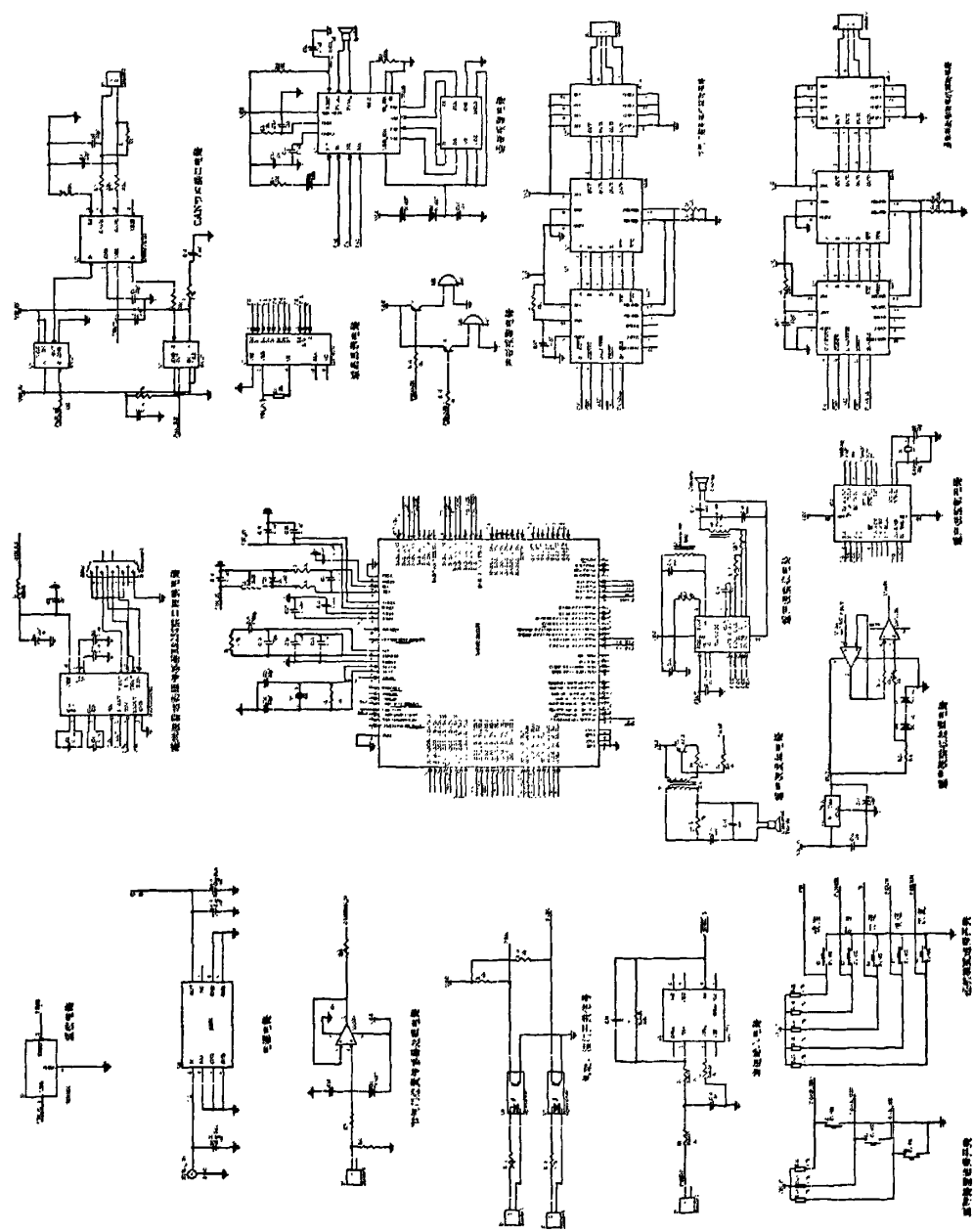


图 4.34 硬件总体原理图

注：此处原理图的巡航与模式开关采用的是 4.5 节的最初设计，MC33993 检测输入的方案是在板子制成之后的修改方案。

主控部分原理图如图 4.35

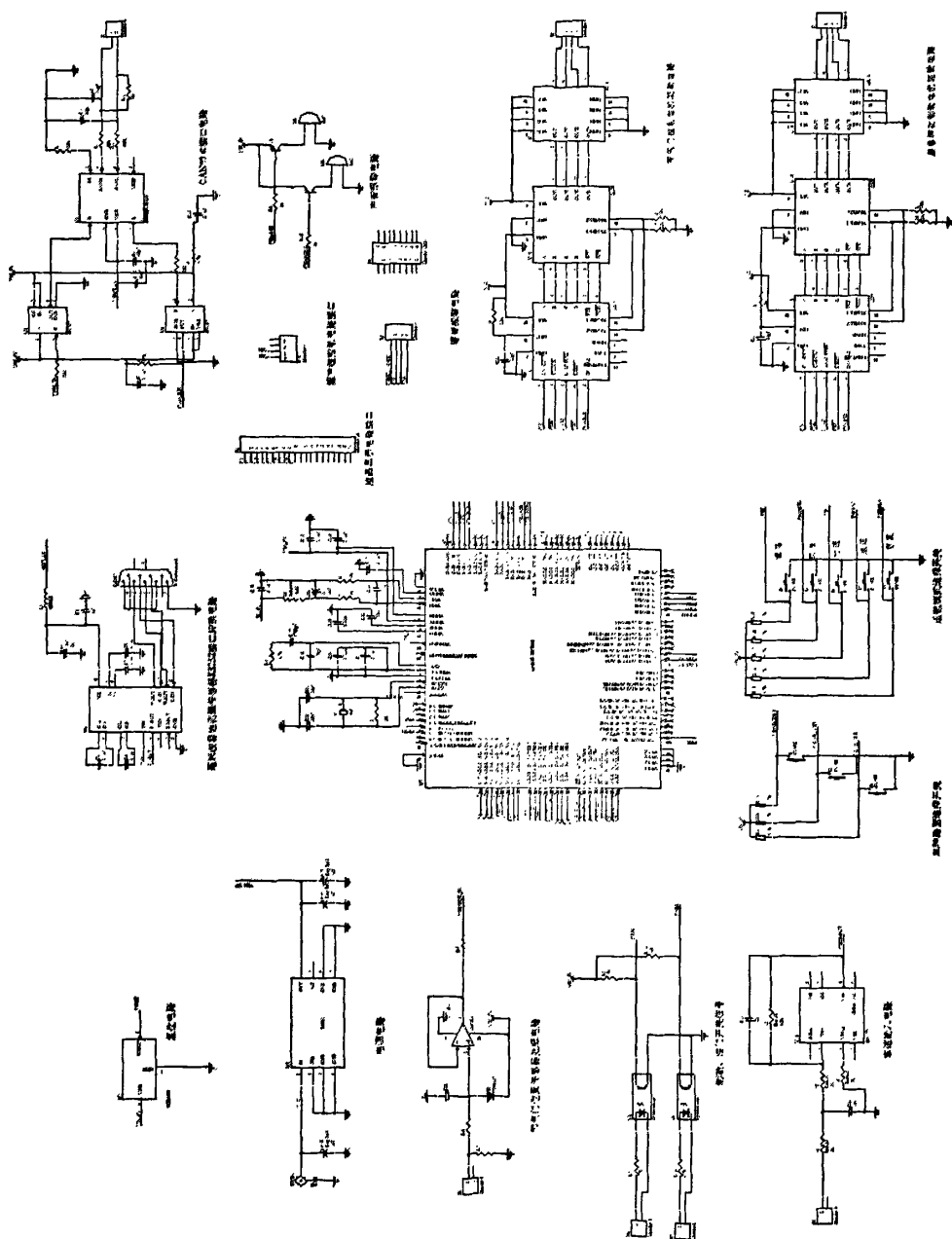
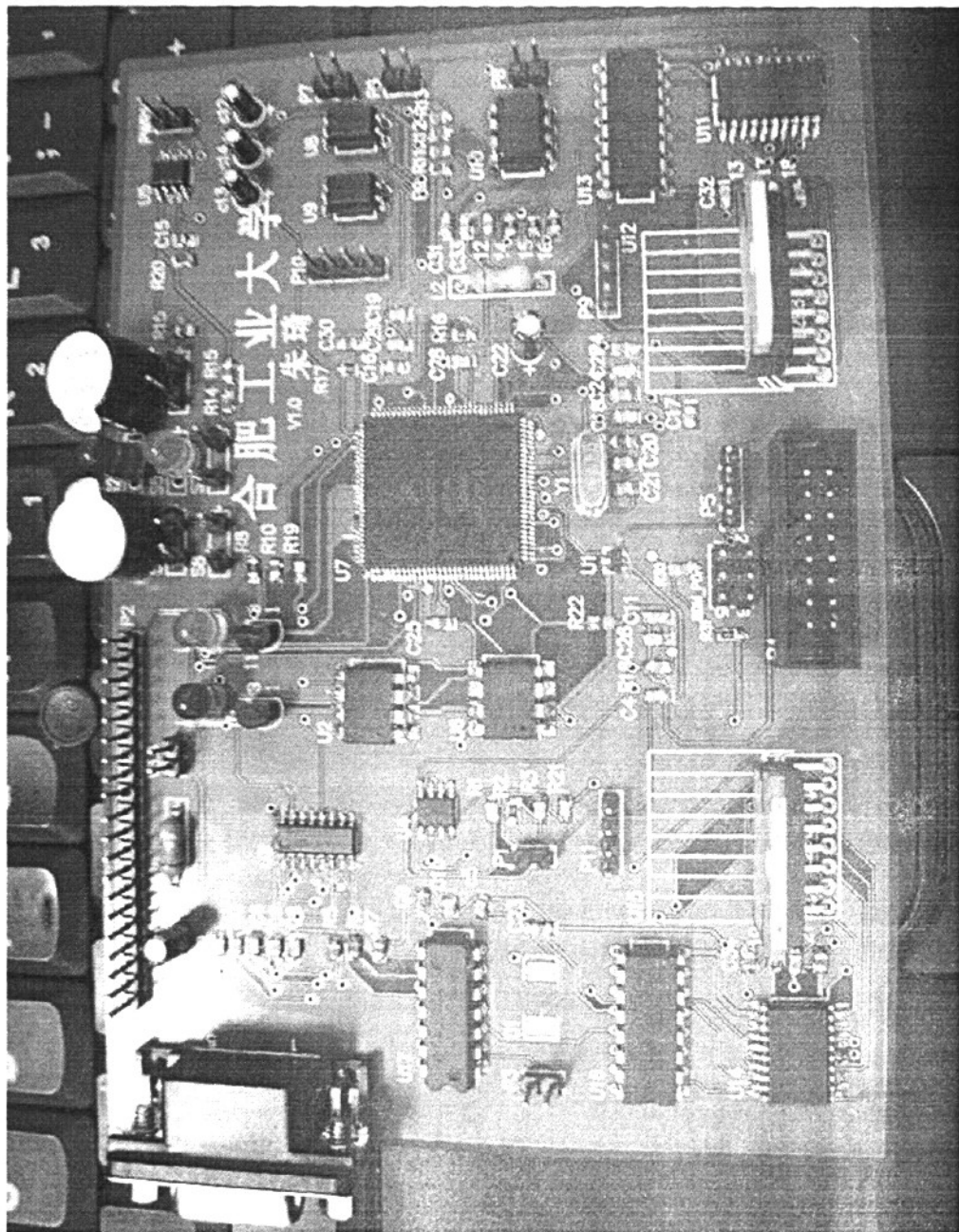


图 4.35 主控板原理图

注：此处原理图的巡航与模式开关采用的是 4.5 节的最初设计，MC33993 检测输入的方案是在板子制成之后的修改方案。

主控部分实物板：



4.18 本章小结

图 4.36 主控部分实物板

本章详细介绍了实现巡航及防撞控制系统功能的各个模块的设计思想，芯片的选择，电路原理图的绘制，PCB 板的绘制和布线，以及硬件电路设计的抗干扰能力和稳定性要求。为实现功能需求打下硬件基础。

第五章 系统的软件设计

软件是系统的灵魂，软件编写的好坏决定了系统运行的好坏。因此，对系统的功能进行分析，采用好的开发环境，同时设计考虑诸多影响因素。

5.1 功能分析

本文设计的汽车防碰撞报警系统用于给驾驶员提供车辆行驶的安全状况信息，警示驾驶员目前采取的操作。包括信息输入部分、输出部分和主控制单元两部分，采用 MC9SDT256 作为控制器核心。只有软件和硬件的组合系统才能实现它的设计目的，而且软件设计的好坏直接决定了系统的运行的好坏。

1. 信息输入部分的软件功能需求：

- (1) 系统参数初始化程序。
- (2) 霍尔车速传感器脉冲信号计数溢出中断处理程序。
- (3) 雷达传感器与主控单元通信程序。
- (4) 节气门位置传感器与主控单元程序。
- (5) 开关量存储与调用程序。
- (6) 信息采集单元主程序。

2. 主控部分的软件功能需求：

- (1) 根据车距模型，判断行车安全状况程序。
- (2) 巡航控制程序。
- (3) CAN 串行通信接口初始化程序。

3. 输出部分的软件功能需求：

- (1) 液晶显示器初始化程序。
- (2) 蜂鸣、语音报警模块初始化程序。
- (3) 节气门驱动程序。
- (4) 辅助制动程序。

5.2 开发环境

CodeWarrior是Metrowerks 公司专门面向Freescale所有MCU与DSP嵌入式应用开发的软件工具。Code Warrior Development Studio 7.0进一步简化了32位嵌入式应用开发，提供了先进的开发工具和图形界面。CodeWarrior软件工具强调应用开发的使用性和便利性。

设备初始化工具提供了一条配置片上寄存器和生成代码快速而简单的途径，能够将代码直接添加到工程中，或者创建独立的文本文件。由于硬件系统采用的是MC9S12DT256型的MCU，选择CodeWarrior作为软件开发平台，使用C语言编程，BDM工具向目标板下载和调试程序。

软件流程图的绘制，使用的是Windows Office 2007中的Visio 2007。

Microsoft Visio 是独立的图表解决方案，它可以帮助用户交流创意、信息和系统并将其可视化。使用 Visio 很方便地绘制流程图。另外，如果将 Visio 图表合并到 Office 文档中，将使信息变得更简洁、让别人更容易记住要点、更容易克服文化和技术上的障碍。

5.3 软件设计思想

(1) 总体规划：软件所要完成的任务已在总体设计时规定，在具体软件设计时，要结合硬件结构，进一步明确软件所承担的一个个任务细节，确定具体实施的方法，合理分配资源。

(2) 程序设计技术：合理的软件结构是设计一个性能优良的单片机应用系统软件的基础。在程序设计中，应培养结构化程序设计风格，各功能程序实行模块化、子程序化。一般有以下两种设计方法：

1. 模块程序设计：模块程序设计是单片机应用中常用的一种程序设计技术。它是把一个较长的程序分解为若干个功能相对独立的较小的程序模块，各个程序模块分别设计、编程和调试，最后由各个调试好的模块组成一个大的程序。其优点是单个功能明确的程序模块的设计和调试比较方便，容易完成，一个模块可以为多个程序所共享。

2. 自顶向下的程序设计：自顶向下程序设计时，先从主程序开始设计，从属程序或子程序用符号来代替。主程序编好后再编制各从属程序和子程序，最后完成整个系统软件的设计。其优点是比较符合于人们的日常思维，设计、调试和连接同时按一个线索进行，程序错误可以较早的发现。缺点是上一级的程序错误将对整个程序产生影响，一处修改可能引起对整个程序的全面修改。

(3) 程序设计：在选择好软件结构和所采用的程序设计技术后，便可着手进行程序设计，将设计任务转化为具体的程序。

5.4 软件设计流程图

限于文章的篇幅和内容，只在以下列出软件设计当中的几个重要的流程图，分别是图 5.1 系统总体流程图，图 5.2 防撞预警程序图，图 5.3 巡航控制流程图，图 5.4 毫米波雷达与 MCU 串行数据通信流程图，图 5.5 侧面防撞设计流程图，图 5.6 液晶软件流程图，图 5.7 CAN 接口初始化流程图。

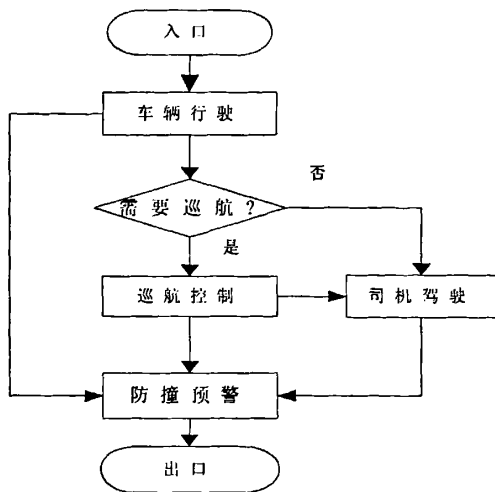


图 5.1 系统总体流程图

从总体流程图中可以看出，车辆在行驶中可以选择是否巡航，如果不巡航则可以由司机自主驾驶，不管是否是巡航驾驶还是司机自主驾驶，最终通过防撞预警模式进行车辆防撞安全控制。

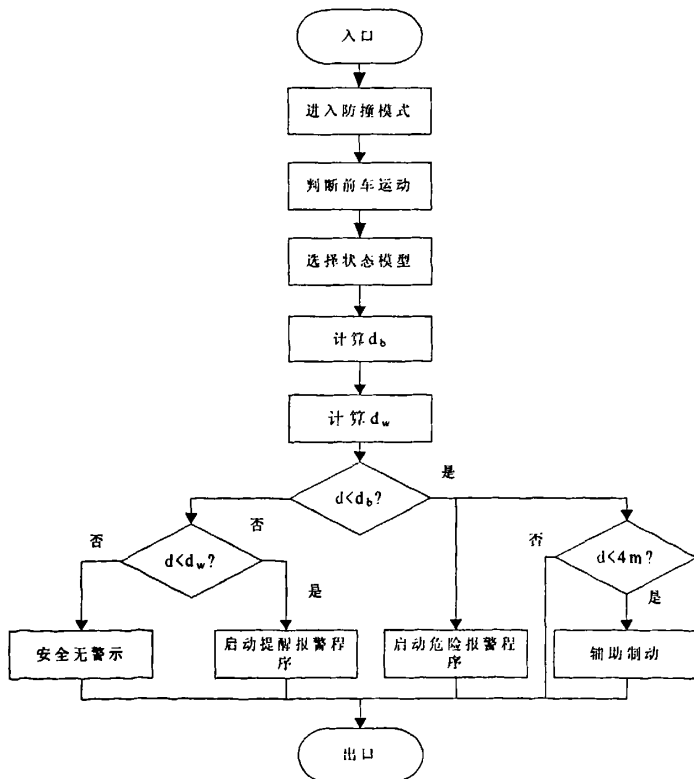


图 5.2 防撞预警主程序框图

汽车在行驶过程中，脱离了纵向巡航模式，进入纵向防撞预警状态，根据毫米波雷达测距传感器和霍尔车速传感器传输的数据计算出车距和前车车速，判断前车的运动状态，选择出第 2 章列出的三种模型，据此来计算出 d_b 和 d_w ，然后判断当前实时车距是否小于 d_b 。再分别进入判断模式，判断是否安全，是否启动提醒报警，是否车距小于绝对安全车距 4m，驱动紧急辅助制动系统对车辆进行制动。

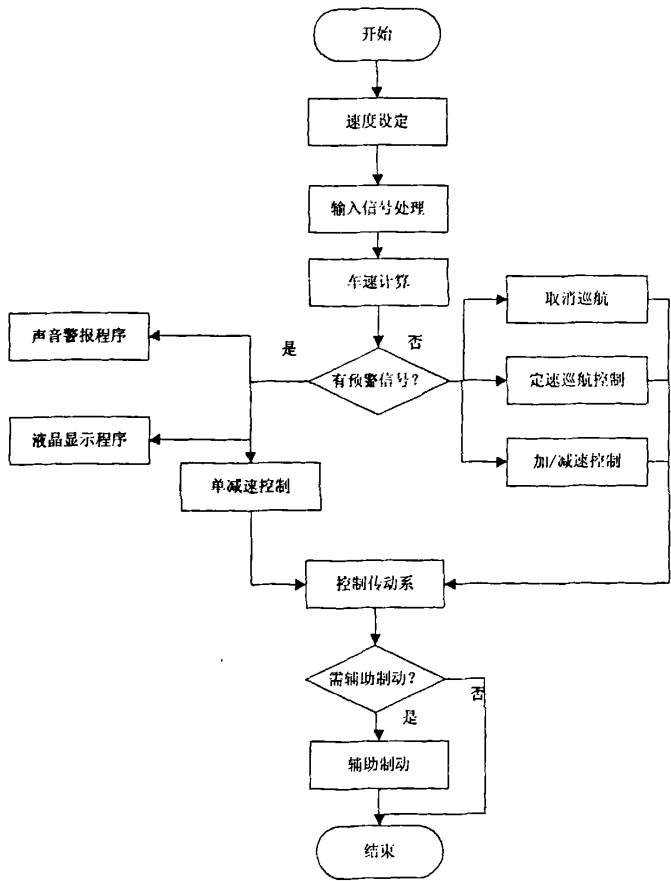


图 5.3 巡航控制流程图

汽车在无前方障碍的情况下，可以由驾驶员选定是否进入巡航行驶。进入巡航行驶后，需要设定一定的速度，同时可以通过 Up、Down 进行速度调节，当探测到前方有车辆时，判断是否进入防撞预警模式，如果是则进入防撞程序，相反，则可以继续保持巡航状态，驾驶员可以通过开关控制是否加速与减速，甚至终止巡航，由驾驶员自己驾驶。巡航与防撞程序之间切换，达到汽车在行驶过程中节油、减轻驾驶员疲劳和提高安全性的目的，但本设计不探讨在防撞后如何重新回到巡航驾驶的模式，这方面牵扯到更多的是控制策略上的问题，目前也是研究的一个方向，比如走-停控制，起步与跟随模式等等。

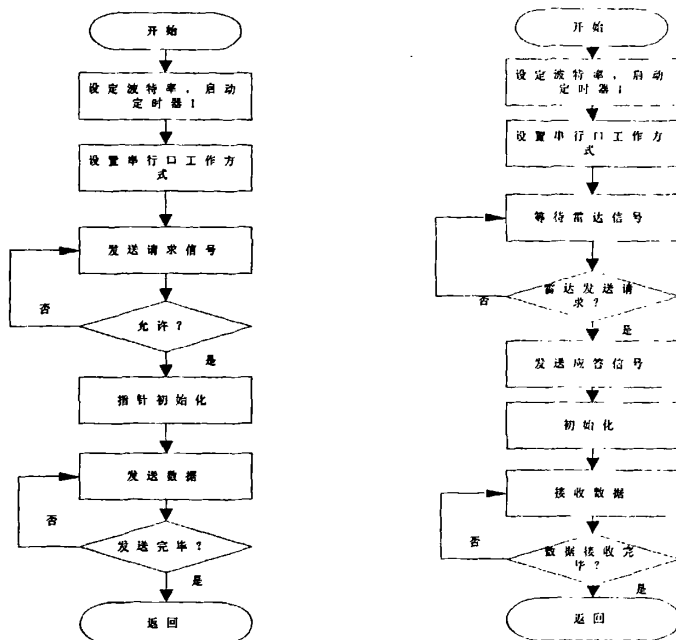


图 5.4 毫米波雷达与 MCU 串行数据通信流程图

毫米波雷达与 MCU 之间的通讯也是系统设计的一个相对比较重要的地方，左边的图为发送程序，右边的图为接收程序，分别由毫米波雷达测距仪和 MC9SDT256 完成。毫米波雷达的工作主要在初始化程序，如定时器，串口的工作模式，指针的初始化与数据的发送，MCU 在雷达数据传输时保持与之相对应的接收状态，设定定时器与串口工作模式，等待数据发送并回应，接收数据。鉴于文章的重点与篇幅，此处只列出毫米波测距信号的传输采集，巡航开关量与路况开关量信号输入，车速输入等不做详细阐述。

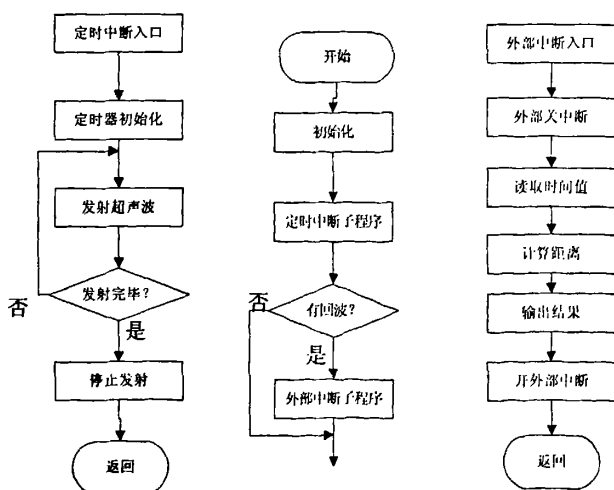


图 5.5 侧面防撞设计流程图

超声波软件设计主要分两部分，分别为主程序与中断。如上图左、中、右

所示。主程序完成初始化的工作、各路超声波发射和接收顺序的控制。中断服务程序完成超声波发射，中断服务程序完成时间的读取、距离计算与结果输出。

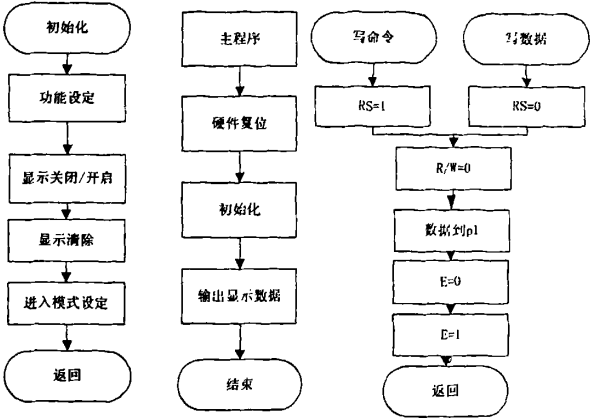


图 5.6 液晶驱动流程图

液晶驱动主要分为三个程序，主程序与显示驱动，分别由上图可以看出。

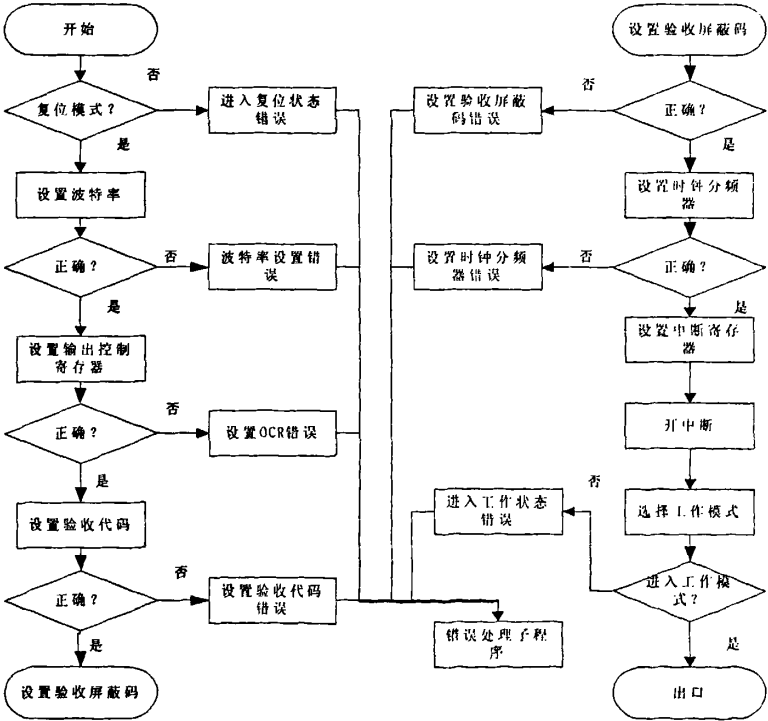


图 5.7 CAN 接口初始化流程图

本系统的硬件设计中集成了 CAN 口，如果通过信号采集系统传输到 MCU 的信号被其他系统所采用的话，就需要通过车身总线进行传输，车身总线当中 CAN 总线的应用最为广泛，为高速总线。对 CAN 接口的初始化，由上图可以

看到，主要包括了复位、波特率设置、输出控制寄存器、验收代码和错误处理程序。

5.5 软件抗干扰和可靠性

汽车车身系统的干扰源很多，工作环境比较恶劣，不仅需要硬件设计方面要求高性能和高抗干扰能力，还需要系统软件的配合。软件可靠性设计是当系统受到干扰后，使系统恢复正常运行。软件的抗干扰和可靠性有以下几个方面的基本要求^[48]：

(1)可靠性：一方面是软件的自适应性，当运行参数环境发生变化时，软件都能可靠运行并得出正确的结果；另一方面是在工作环境恶劣，干扰环境复杂严重的情况下，软件必须保证可靠运行。

(2)可理解性：软件源代码应注意加注提示内容，一般应不少于整个代码行数的 60%，使其易于理解和阅读，便于修改和补充。

(3)可维护性：要求尽可能地采用模块化设计，程序流程清晰明了，最大限度地控制使用和调用嵌套次数。

(4)准确性：在进行大量运算时，选取合适的算法以便控制最后结果的精度。

软件抗干扰技术主要研究的方面：

(1)采取的方法对叠加在模拟输入信号的噪声进行抑制，读取有用的信息。

(2)在程序受到干扰“跑飞”的情况下，采取措施使程序回到正常的轨道上来，常见的抗干扰技术有：软件陷阱、输入口信号重复检测方法、输出口数据刷新。

(3)程序具有自检功能。

单片机中最容易受到干扰的是内部程序计数器，当受到干扰时，内部程序计数器值被改变，处理器误将程序从正确位置跳转到无意义区域，导致程序运行出错。常用的方法是在对程序走向有重要作用的指令之前加 2~3 个单字节的空转指令，当失控的程序遇到该指令后得到调整，使接下来的程序得以正常执行。

毕竟软件抗干扰技术只是被动的方式，只有在硬件设计合理的情况下，使用适当的抗干扰技术，才能更有效地保证软件可靠地工作。在采取以上所述的多种软件抗干扰技术，经过汽车内部噪声干扰和外部沙尘、雨雪的考验严重的环境下验证，才可以可靠运行。

5.6 本章小结

本章分析了实现系统控制的软件功能需求，介绍了软件设计思想，给出了几个重要的流程图，并对软件的抗干扰和可靠性作出了分析。

第六章 调试与实验

6.1 主控板调试

在嵌入式设计中，系统方案的确定、硬件设计、软件设计，到硬件安装，最后进入调试一系列步骤。在前面的叙述中已经介绍了部分调试内容，此处做一个详细的叙述。

调试是比较重要的一个步骤，我制定了调试计划，分块调试。以下列出几个模块的调试过程和结果。

6.1.1 前期调试

1.查电源地是否短路，关键器件引脚是否有短路，从外观看有无焊错的触点，是否有漏焊的引脚，引脚是否有歪曲脱落的，是否有焊接反的器件。同时看焊接上去的器件是否有外观损坏的。在焊器件的时候就已经开始这部分工作了，按照各模块焊接，简单检查有无短路情况。

2.选用有过流保护的供电电源，然后上电，用示波器立刻检查电源输出是否正常，用手摸器件是否过热，用鼻子闻是否有特殊气味等等，有问题的话第一件事情是关闭电源，然后检查是否有短路现象。发现有短路现象的话，会有对应的芯片烧掉，可以将其取下，换上新的功能完好的芯片，但是这样的替换前提条件是确认只有一片芯片烧坏，换上新的芯片仍旧无法工作，就可能是其它芯片也烧坏。

3.通电正常后，为检查晶体震荡输出信号是否正常。根据电源模块，时钟电路，复位电路，检查板子的工作情况，一些关键位置放了一些测试点，比如电源处，晶振处等。这中间发现复位芯片选择的有问题，板子一直不能工作。后来发现复位芯片的阈值电压不符，换了符合要求的复位芯片后，用示波器检查复位正常。

4.随后接上液晶显示模块，通电后可正常显示。

6.1.2 串口调试

测试环境：

主控板+PC机+数据线，通信的接口分别是PC机的串口和主控板的串口，通过数据线将其连接起来。由下图可以看到实物测试环境。

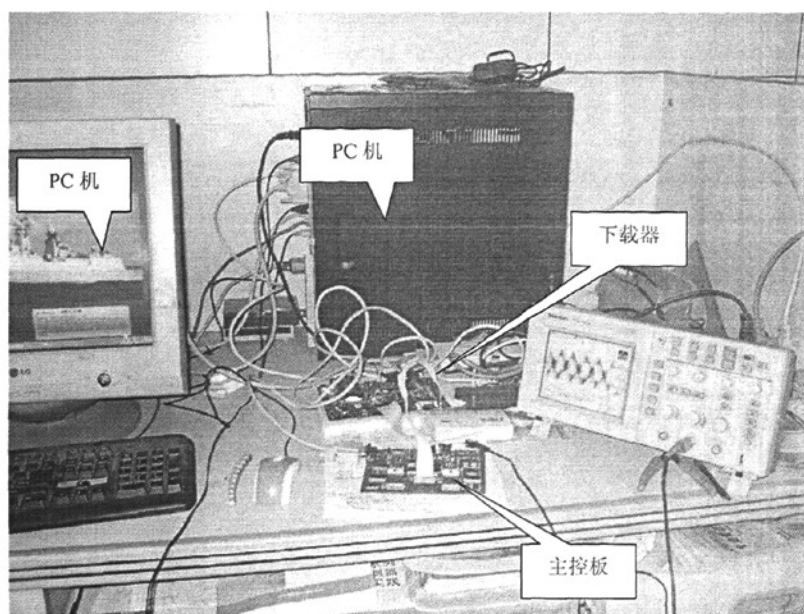


图 6.1 调试串口实验实物图

测试步骤如下：

- 1 主控板通过 BDM 接口下载一段简单的程序，程序的功能是在接收到串口发来的信号时作出应答。
- 2 将主控板的 232 接口与 PC 机串口相连。
- 3 PC 机打开串口调试助手，负责向主控板发送数据或者接收数据。
- 4 控制 PC 机向主控板发送信号。
- 5 在接收端接收到主控板发送回来的应答信号，一组数字：40 50，说明串口工作正常。



图 6.2 串口返回数据显示

由上图可以，返回数据符合预期。调试结果：主控板串口工作正常。

6.1.3 电机调试

1 简单调试

只需要输入时钟、方向和模式三个参数，就可以驱动最高 2.5A 的电机。我用做调试的步进电机是两相的。频率选择 100HZ。

分别设置参数输入 MCU：逆时针、顺时针、半步、整步。测试结果如下：

表 6.1 电机调试参数设置

方向\模式	半步	整步
顺时针	正常	正常
逆时针	正常	正常

由上表可以看出，电机能正常运转起来。

2. 震荡测试

由于汽车上的环境震荡比较强烈，需要测试控制板在震荡情况会对系统产生的影响，因此，设计本实验，以验证本文所设计的驱动电路在不同震荡强度下的工作情况。方法是 将主控板放置在模拟汽车运输振动试验台上，振幅固定为 1 英寸。选择不同的振动频率，该试验台的振动频率从 100RPM~300RPM，可以从该机的数字式仪表显示出振动频率。

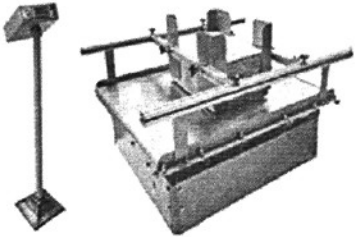


图 6.3 振动测试试验台

实验结果，电机驱动电路可以正常工作，低于 250 的高强度震荡下电机可以正常工作。考虑到商务车车身振动强度属于中等，因此实验符合期望。

6.1.4 显示调试与蜂鸣器调试

液晶显示调试

液晶调试还是比较顺利的。只不过，正如前面所指出的，把电机和显示都接上系统时，由于供电不足而不能工作，更换电源芯片后就可以了。

参考 LM16032 的数据手册，运行示例程序。

主程序如下：

```
void main()  
[
```

```

initialize();
DisplayChar(0,0,"深圳拓普微科技发展有限公司 LM16032A/D");
while(1)
    {};
}

```

显示结果为如下图，液晶显示器显示工作正常。



图 6.4 液晶显示

蜂鸣器调试

蜂鸣器的声响与电压和频率有很大关系，看蜂鸣器的谐振频率与 MCU 输出是否一致，通过设置玩定时器，产生 PWM，频率的高低不同，蜂鸣器的音调就会有所变化，通过设定频率不同的频率可以分别表示车距有威胁或极危险。

6.1.5 CAN 接口调试

本系统在整个汽车系统需要发送和接收数据，不过数据量到不是很大，但 CAN 协议的能保证在汽车环境中保证数据的可靠传输。在调试 CAN 口的时候，程序有跑飞的时候，虽然次数很少，但也足够引起重视，究其原因是在 6N137 的电源接线上，按照 6N137 的使用手册来看，两端的电源端要分接不同的电源，如果是接同一个电源输入，无法起到光电隔离的效果，因此在 CAN 口测试通信过程中出现通信不畅的情况，重新布线、焊板子调试，跑飞的情况消失了。另外一个问题就是在 4.13 节提到的“握手”信号。

6.2 超声波模块调试

发射部分。

先检测单片机输出的波形是否正确，测量 N1 D882 接 STC 单片机端的信号，保证波形的频率、占空比及脉冲的个数正确。然后测试余波减弱控制信号，检测 R4 Cut_off 接 MCU 的端子，采用双通道示波器 TDS2014。

看驱动的波形和变压器次级的输出。驱动波形测量 D882 的 C 端。次级波形可检测超声波发射器两端。确定是否达到谐振状态，可检测没有余波抑制时的余波信号，此时的频率为谐振频率，大小为 40kHz。

超声波接收部分的关键是软件控制增益的变化和内部计时。调试时首先检测一下 C44 上的信号，此处为 TL852 的第一级放大输出，能看到一组波，即发射时的信号，如果有比较近的物体，可看到回波信号。但是，在调试第一块超声波模块时候，没有看到回波信号，检查引脚，没有发现问题，随后仔细查了电路原理图和 PCB 板，也没有发现问题。只有焊接第二块板子，焊接第二块板子

时候格外小心，核对每个器件的型号和接法是否正确，第二块板子焊接后测试，终于看到了通过示波器回波信号，通过这个事情判断，有可能是器件焊接的问题。

看到回波信号之后，检测STC输出给TL852的增益控制信号，确定增益控制有效后，检测SOUT端，为消除自身发射时收到的信号干扰测量，在发射时用STC单片机控制了SOUT 端，发射结束后释放后收到回波。

SOUT 端波形输出的调试耗费时间很多，开始无法调试出信号，考虑是否是超声波信号干扰较强，又查询了 TL852 的数据手册，始终没有找出问题的所在，后来按照前述的方法重新焊制第三块板子，经过长时间拆装，查找资料后意识到，或许是布线引起的电路自激。根据 6500 和 851 等手册数据参考和 STC 电路设计指导，重新布线，调试出来 SOUT 短信号。

调试的结果可以看出，设计的侧面超声波系统可以正常工作。

虽然在实验室环境中调试大部分都通过了，但不能说整个系统就能用于汽车环境，因为汽车环境很复杂。在汽车电子的设计当中，尽可能采用贴片元件，同时设计要留有裕量，这样对于系统运行的稳定性来说非常重要。

6.3 硬件调试总结

首先是焊接的顺序。板子制出后，如果将所有的元件焊上去了，对于没有调试过的板子，就很难找到原因。所以焊接的顺序很重要，应该是应该按功能划分的器件进行焊接，遵从“模块焊接->调试->检查->通过->下一模块的焊接”的顺序。

其次，如果在调试按功能划分的器件上出现问题，排查检查原理图连接是否正确；原理图与 PCB 图是否一致；原理图与器件的数据手册上引脚是否一致；用万用表检查是否有虚焊，引脚短路现象；查询器件的数据手册，分析时序是否一致，同时分析命令字是否正确；通过示波器进行检查；线路该通不通的引脚，需要搭飞线解决问题。

再次，应当硬件调试与软件调试相配合。

6.4 侧面测距实验

实验目的：检验超声波测距传感器的测量效果

最小安全车距：根据第二章第 2 节的侧面传感器选定的计算公式可知，对应不同车速下相应的侧向最小安全间距如表 6.2 所示：

表 6.2 不同车速下侧向最小安全距离

车速(km/h)	最小安全间距(m)
40	0.94
50	0.99
60	1.04
70	1.14
80	1.19
90	1.24
100	1.29
110	1.34
120	1.39

试验方法：将系统装在实验台，模拟车辆逐步远离，测试超声波测距性能。

实验结果：如表 6.3 所示

表 6.3 实际距离与超声波测距比较

实际距离 (m)	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85
超声波测距 (m)	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.46	0.50	0.55	0.60	0.64	0.70	0.75	0.80	0.86
实际距离 (m)	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55
超声波测距 (m)	0.91	0.95	1.00	1.06	1.10	1.15	1.20	1.25	1.31	1.36	1.42	1.45	1.49	1.55
实际距离 (m)	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95	2.00	2.05	2.10	2.15	2.20	2.25
超声波测距 (m)	1.62	1.63	1.68	1.74	1.80	1.82	1.89	1.94	2.01	2.04	2.11	2.14	2.20	2.26
实际距离 (m)	2.30	2.35	2.40	2.45	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85	2.90	2.95
超声波测距 (m)	2.31	2.36	2.41	2.46	2.51	2.56	2.61	2.65	2.69	2.74	2.78	2.84	2.92	2.94
实际距离 (m)	3.00	3.05	3.10	3.15	3.20	3.25	3.30	3.35	3.40	3.45	3.50	3.55	3.60	3.65
超声波测距 (m)	3.01	3.06	3.12	3.15	3.21	3.24	3.30	3.34	3.40	3.44	3.52	3.56	3.61	3.63
实际距离 (m)	3.70	3.75	3.80	3.85	3.90	3.95	4.00	4.05	4.10	4.15	4.20	4.25	4.30	4.35
超声波测距 (m)	3.72	3.76	3.82	3.86	3.93	3.96	4.02	4.08	4.14	4.19	4.26	4.29	4.35	4.39

结果分析：由上表可以看出，返回值点基本成线性排列，侧面测距实验的测量距离从 0.20 米到 4.35 米，较为准确的最大测距到了 4.00 米，从实际数据来看，超过 4.00 米误差较大，鉴于侧面预警在 3.00 米以内足够，因此实验结果符合预期效果。

第七章 总结与展望

7.1 总结

本文阐述了汽车防撞安全预警与巡航系统的设计与实现过程，主要工作表现在以下几个方面：

1. 分析研究背景和提出总体策略

根据统计数据，分析出汽车交通事故带来的伤害和破坏，确定开发汽车主动安全系列范畴内防撞安全预警与巡航控制系统的必要性。按照所要实现的功能和要求，提出汽车防撞系统的总体设计方案。通过分析公路路况，基于安全性、可靠性和通用性的考虑提出了系统设计思想。提出了纵向、侧向防碰撞预警方法和巡航控制的总体架构。

2. 建立汽车防碰撞模型、测距传感器选定和设计。

分析自车与前车运动状态来建立防撞模型。针对整个系统非常重要的两大器件，纵向车距传感器和侧向车距传感器，本文对比了几种常见的纵向传感器，选取了毫米波雷达测距传感器，确定了侧面传感器的类型，为后续的侧面超声波雷达测距传感器的硬件设计提供了依据。

3. 汽车防撞与巡航系统的硬件设计。

硬件设计是本文的重点。分析了目前汽车电子控制单元的实际应用情况，确定选用 16 位微处理器 MC9S12DT256 作为实现系统的功能的主控芯片 MCU。设计了汽车防撞系统的硬件电路，包括雷达波传感器接口电路、车速输入接口电路、巡航控制开关和油门、制动开关量输入检测电路、MCU 工作最小系统、CAN 通信模块、车速/车距显示模块、声音报警模块、电源复位模块。由于该系统是汽车电子，装载在车身内，考虑到复杂多变的车身环境和恶劣的外部电磁干扰、外部自然界变化多端，探讨了车载设备在车辆行驶过程中所受到的各种干扰，需要采取的措施，尽可能提高系统的可靠性与抗干扰能力。使用 Altium Designer Protel DXP 绘制电路原理图，确定器件封装，绘制 PCB 板图，制出主控板和超声波模组板，订购器件，按照硬件焊接的原则，即：从小到大，从低到高，从贴片到插件，完成硬件焊接。

4. 汽车防撞与巡航系统的软件设计。

介绍了软件设计思想，并给出了部分软件流程图。探讨了软件设计的干扰和可靠性，从提高软件设计效率着手所采取的措施，尽可能提高系统的稳定性与可靠性。

5. 调试与实物实验。

硬件设计需要调试才可知是否可以工作，对于本文的嵌入式设计，选取了电源模块、串口通信模块、侧面超声波测距模块调试，均达到预期效果。调试是一个苦功夫，控制系统从立项到结束，调试耗费的时间是很多，只有通过耐心细致的检查、分析、总结和搭档一起配合，才能解决问题。

超声波测距实物实验是在试验台上实行,根据测量的数据反馈来看,符合对该模块的期望。

7.2 展望

总结本文所作的工作及研究、开发的成果,结合目前国内外研究状况来看,该方向的研究具有很大的潜力,虽侧重点不同但殊途同归,目的都是为了提高汽车的安全性,能在最大程度上使得驾驶汽车更为便利、更加安全。

个人拙见,今后的国内外研究大概会集中在以下几个方面:

1. 新型测距传感器的开发。

目前现有的传感器有这样和那样的缺点或者缺陷,未来将要开发的传感器不单单满足现有的工作条件的需求,更重要的是能降低成本,而且仅仅服务于特种车辆或者高端车型,而是可以在更多的车辆上使用。

2. 更多的可视化操控界面。

现有的研究多集中在基本器件的开发上,今后的研究和开发重点不单是这些,更为重要的是将多个单元集中在一体,例如视觉操作、语音控制、生物能控制、智能仪表和自动驾驶为一体。

鉴于作者的有限能力,提高系统的安全性、可靠性、易维护性、扩展性以及降低成本还需更多的探索。

汽车电子技术在 20 世纪 90 年代直到 21 世纪初模块化产品在汽车电子技术中是一个重要的里程碑。目前限于自身的成本和稳定性,国内尚未在汽车工业中大量应用该装置,许多高校和科研单位都在加紧这方面的研究和开发,本文做了探索和尝试。伴随着技术的进步,新材料的发明和新控制技术的进步,将以低成本、高可靠性及人性化操作等诸多优势推动我国汽车工业的发展,为我国的国民经济的发展和现代化事业的进步做出贡献。

参考文献

- [1] 中国新闻网 www.chinanews.com
- [2] 新华网 www.xinhuanet.com
- [3] 叶兴成, 我国道路交通事故统计分析对策研究[J], 中国公共安全, 2005
- [4] Uttamkumar Dravidam, Sabri Tosunoglu. A Survey on Automobile Collision Avoidance System [J], the Paper of Florida International University, 2001
- [5] Automotive Distance Control Systems GmbH. Specification for NISSAN 172 ACC Radar System ARS100 (Version 2), 2001.11
- [6] 李海军, 基于 PIC 单片机汽车巡航控制系统的研究[J], 2006
- [7] Robert Kalman, 汽车车身计算机中的安全性能[M], 2006
- [8] 中国汽车在线 <http://motor.vertinfo.com/newsdetail.asp?id=42641>
- [9] 王斌, 车用测距雷达研究进展[M], 2006
- [10] 余志生, 汽车理论第三版, 人民交通出版社, 2000
- [11] 徐杰, 杜文, 孙宏, 跟随车安全距离的分析[J], 交通运输工程学报, 2002.3
- [12] 陈光武, 侯德藻, 李晓霞等, 高速公路实用安全车距计算模型[J], 人类工效学, 2001 年 3 月
- [13] 曾诚, 基于 CAN-BUS 的汽车防撞报警系统控制单元的研究开发[D], 硕士学位论文, 长安大学, 2004
- [14] 盛怀茂, FMCW 毫米波防撞雷达系统, 汽车电子, 2001 年 2 月
- [15] 刘禄江, 汽车防撞毫米波雷达技术及临界报警探讨[M], 汽车电器, 2005
- [16] Peter Kang, Advanced Driver Assistance Solutions Based on Radar, Freescale Semiconductor, November 29, 2007,
- [17] 王华, 汽车智能巡航系统及安全问题的研究[D], 硕士学位论文, 东北大学, 2006 年 2 月
- [18] Terry B. Wilson, Walker Butler, Dan V. McGehee, Forward-Looking Collision Warning System Performance Guidelines, SAE:970456
- [19] 党宏社, 赵广社, 韩崇昭, 汽车巡航控制用传感器进展[J], 传感器技术, 2002 年第 21 卷第 1 期
- [20] Freescale Semiconductors Inc. MC9S12DT256, Device User Guide V2.0 2003
- [21] STMicroelectronics. L4931SERIES VERY LOW DROP VOLTAGE REGULATORS WITH INHIBIT, 2004
- [22] STMicroelectronics. LD1085SERIES 3A LOW DROP POSITIVE VOLTAGE REGULATOR ADJUSTABLE AND FIXED, 2005
- [23] Microchip Technology Inc. TCM809/TCM810 USER GUIDE, 2003
- [24] 马娟丽, 汽车防撞控制系统的研究[D], 硕士学位论文, 西北工大, 2007

- [25] Sipex. SP3222EB/3232EB TRUE +3.0V~+5.5V RS-232 TRANSCEIVERS USER GUIDE , 2003
- [26] 超声波测距传感器, <http://www.embedream.com>
- [27] STC12C5410 Datasheet <http://www.mcu-memory.com>, 2002
- [28] Texas Instruments. TL852/851 datasheet, 1998
- [29] SensComp Inc. 6500 sensor module datasheet, 2002
- [30] Freescale Semiconductors Inc. MC33993 Device User Guide, 2002,
- [31] 曲金玉, 任桂周, 基于 C8051 F 单片机的发动机转速测量[J], 拖拉机与农用运输车, 2007 年 12 月
- [32] 梁贸源, 王忠, 薛晓娜, 车速传感器和压电陀螺仪数据采集系统的设计[J], 中国测试技术, 2008
- [33] HITACHI Inc. HA17741/PS General-Purpose Operational Amplifier ADE-204-043(Z) Rev.0 , Dec 2000
- [34] PanFeng, LM16032 Reference Guide , Topway technology , 2005
- [35] WT588D Reference Guide , Weichuang Electronics technology, 2005
- [36] STMicroelectronics. L297/L297D STEPPER MOTOR CONTROLLERS USER GUIDE , 1996
- [37] 秦志强, L297 和 L298 电机驱动芯片使用详解 [M], 北京: 国防工业出版社, 2007 年 3 月
- [38] ST Microelectronics. L6210 DUAL SCHOTTKY DIODE BRIDGE USER GUIDE , 1994
- [39] 史久根, 张培仁, 陈真勇, CAN 现场总线系统设计技术[M], 北京国防工业出版社, 2004
- [40] TOSHIBA Inc. 6N137 USER GUIDE, 2002
- [41] Texas Instruments. SN65HVD230/231/232 3.3 V CAN TRANSCEIVERS USER GUIDE, 2002
- [42] 陈育良, 许爱强, 李文海, 汪定国, SN65HVD230 型 CAN 总线收发器的原理及应用, 2006
- [43] 付伟, 秦树人, 邱建伟, 基于 CAN 总线的车载数据采集器的设计[J], 重庆大学学报:自然科学版, 2006 年第 3 期
- [44] 曹珊, 于秀敏, 高莹, 孙平等, CAN 总线在混合动力电动公共汽车中的应用, 汽车技术[J], 2005 (6) : 13-17
- [45] DEMON, 飞思卡尔 S12 系列单片机系统硬件设计, 智能车制作
- [46] 陈三鉴, 特种汽车 CAN 网络子节点研制[D], 清华大学综合训练, 2008
- [47] Richard Bishop. Intelligent Vehicle Applications Worldwide, Intelligent Transportation Systems [J], 2000

- [48] 伦德全, 电路板级的电磁兼容设计[J], 飞思卡尔半导体应用笔记, 2005
- [49] Altium Designer Summer Inc, Protel DXP, 2002
- [50] 刘国权, 韩晓东, Protel DXP 电路原理图设计指南, 2004
- [51] 王浩全, Protel DXP 电路设计与制版实用教程, 2004

附 录

作者在攻读硕士期间发表的论文：

朱琦 吴晔， 一种汽车电子巡航系统的应用[J]，北京汽车，2009 年第 2 期，