

汽车电子控制装置 与应用

王旭东 主编

电气自动化
新技术丛书

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电气自动化新技术丛书

汽车电子控制 装置与应用

王旭东 主编

机械工业出版社

本书针对汽车电子技术应用和汽车电子电路设计,较深入和系统地介绍了汽车电子技术的设计基础、汽车主要电子控制装置的系统组成、电路基本结构和工作原理,并较系统和深入地介绍了汽车电子技术的应用实例。全书共分8章,分别介绍了汽车电子技术概述、汽车传感器与输入信号处理、汽车执行器与驱动控制、汽车电子装置硬件系统、自动变速器及控制器的硬件电路、汽车防抱死制动系统设计基础、汽车网络技术应用和汽车自动巡航控制系统。

本书适宜于从事汽车电子技术的工程技术人员阅读,也可作为大专院校车辆工程等相关专业的教材和教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电子控制装置与应用/王旭东主编. —北京:机械工业出版社, 2007.4

(电气自动化新技术丛书)

ISBN 978-7-111-21089-4

I. 汽... II. 王... III. 汽车—电子控制—控制设备
IV. U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第030367号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:孙流芳 版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:姚毅 责任印制:洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷

2007年5月第1版第1次印刷

140mm×203mm·14.875印张·1插页·401千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-21089-4

定价:30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

《电气自动化新技术丛书》

序 言

科学技术的发展，对于改变社会的生产面貌，推动人类文明向前发展，具有极其重要的意义。电气自动化技术是多种学科的交叉综合，特别在电力电子、微电子及计算机技术迅速发展的今天，电气自动化技术更是日新月异。毫无疑问，电气自动化技术必将在提高国民经济水平中发挥重要的作用。

为了帮助在经济建设第一线工作的工程技术人员能够及时熟悉和掌握电气自动化领域中的新技术，中国自动化学会电气自动化专业委员会和中国电工技术学会电控系统与装置专业委员会联合成立了《电气自动化新技术丛书》编辑委员会，负责组织编辑《电气自动化新技术丛书》。丛书将由机械工业出版社出版。

本丛书有如下特色：

一、本丛书是专题论著，选题内容新颖，反映电气自动化新技术的成就和应用经验，适应我国经济建设急需。

二、理论联系实际，重点在于指导如何正确运用理论解决实际问题。

三、内容深入浅出，条理清晰，语言通俗，文笔流畅，便于自学。

本丛书以工程技术人员为主要读者，也可供科研人员及大专院校师生参考。

编写出版《电气自动化新技术丛书》，对于我们是一种尝试，难免存在不少问题和缺点，希广大读者给予支持和帮助，并欢迎大家批评指正。

《电气自动化新技术丛书》

编辑委员会

第4届《电气自动化新技术丛书》

编辑委员会成员

主 任：王 炎

副主任：王兆安 王志良 赵相宾 牛新国

委 员：王正元 王永骥 王兆安 王 旭

王志良 王 炎 牛新国 尹力明

刘宗富 许宏纲 孙流芳 阮 毅

李永东 李崇坚 陈伯时 陈敏逊

陈维均 周国兴 赵光宙 赵 杰

赵相宾 张 浩 张敬明 郑颖楠

涂 健 徐殿国 黄席樾 彭鸿才

霍勇进 戴先中

秘 书：刘凤英

第4届《电气自动化新技术丛书》 编辑委员会的话

自1992年本丛书问世以来，在学会领导和广大作者、读者的支持下，至今已出版发行丛书38种33万余册，受到广大读者的欢迎，对促进我国电气传动自动化新技术的发展和传播起到了很大作用。

许多读者来信，表示这套丛书对他们的工作帮助很大，希望我们再接再厉，不断推出介绍电气传动自动化新技术的丛书。因此，本届编委会决定选择一些大家所关心的新选题，继续组织编写出版，同时对受读者欢迎的已出版的丛书，根据技术的发展，我们将组织一些作者进行修订再版，以满足广大读者的需要。

我们诚恳地希望广大读者来函，提出您的宝贵意见和建议，以使本丛书搞得更好。

在本丛书出版期间，为加快与支持丛书出版，成立了丛书出版基金，得到了中国电工技术学会、天津电气传动设计研究所等单位的支持，在此我们对所有资助单位再次表示感谢。

第4届《电气自动化新
技术丛书》编辑委员会
2002年10月12日

前 言

汽车工业的快速发展和市场竞争的需求极大地促进了汽车电子技术的应用和发展，而汽车电子技术本身的创新和进步也为汽车产业的发展提供了技术保证，并为汽车向电子化、智能化、网络化和多媒体方向发展创造了条件。汽车电子技术的发展正在改变着汽车的传统结构和扩展着汽车的功能。在汽车技术的发展过程中，随着环保、节能、安全和舒适的要求，汽车中逐步采用了各种汽车电子装置，如发动机电子控制系统、底盘电子控制系统和车身电子控制系统等，这些系统的应用可使汽车在各种工况下都处于最佳工作状态，提高了汽车的动力性和经济性，并使汽车排放污染减到最低。

在国外，普通轿车中电子控制装置的成本已占到轿车总成本的近 20%，在高档轿车上所占的比例还会更高。在国内，中高级轿车电子控制装置的配置已经接近或达到了国外汽车工业发达国家的水平。但我国汽车电子控制技术与国外差距还很大，关键汽车电子零部件中拥有自主知识产权的还很少，汽车电子产业核心技术大部分被国外垄断，国家和有关部委制定了有关“汽车电子发展规划”，加强了汽车电子产品的开发力度。近几年，许多大专院校、科研院所和企事业单位都加大了汽车电子技术的研究力量和投入力度，具有我国自主知识产权的汽车电子产品逐年增加，汽车电子工业有了长足的发展。

近几年来，国内外有大量的汽车电子技术方面的论文发表。为了系统地总结国内外作者在这一领域的最新理论和技术研究成果，总结汽车电子产品的研发经验，沟通汽车电子技术的学术交流，促进汽车电子技术的进步，并使广大工程技术人员了解、掌握和运用这一领域的最新技术，我们编写了本书。本书从应用角

度出发,力求深入浅出,着重介绍具体的系统结构、设计思想和应用电路,突出理论联系实际,面向广大工程技术人员,具有较强的工程性和实用性。本书适宜于从事汽车电子技术的工程技术人员阅读,也可作为大专院校车辆工程等相关专业的教材和教学参考书。

本书共分8章。第1章介绍了汽车电子技术的发展概况,第2~4章分别介绍了汽车传感器与输入信号处理、汽车执行器与驱动控制和汽车电子控制装置的硬件系统,为汽车电子控制装置硬件电路设计打下基础。第5~8章为具体的应用设计实例,内容包括:自动变速器及控制器的硬件电路、汽车防抱死制动系统(ABS)设计基础、汽车网络技术的应用和汽车自动巡航控制系统。全书由王旭东教授任主编,第1章由哈尔滨理工大学的余腾伟执笔,第2~5章由哈尔滨理工大学的王旭东执笔,第7章由泛亚汽车技术中心有限公司的张仁海执笔,第6章和第8章分别由哈尔滨理工大学的李文娟和周永勤执笔。

本书第4~8章的内容多为作者及作者课题组成员几年来开发工作的总结,供读者参考,更望同行批评指正。

在本书选题、编写、定稿和出版过程中得到了《电气自动化新技术丛书》编委会和机械工业出版社的大力支持和帮助。特别感谢哈尔滨工业大学的王炎教授、机械工业出版社的孙流芳教授。本书编写过程中曾参考和引用了许多专家和学者的论文和论著,作者在此一并表示衷心的感谢。

由于编写的时间匆促,资料不足和作者水平有限,书中的缺点和错误一定不少。恳切地希望同行和读者批评指正。

作 者

2007年元月

目 录

《电气自动化新技术丛书》序言

第4届《电气自动化新技术丛书》编辑委员会的话

前言

第1章 汽车电子技术概述	1
1.1 汽车电子技术的应用	2
1.1.1 汽车电子技术回顾	2
1.1.2 现代汽车电子技术	3
1.2 汽车电子新技术的应用情况	11
1.2.1 线控 (Control-By-Wire) 技术	11
1.2.2 控制器局域网 (CAN) 总线技术	13
1.2.3 电子巡航控制系统 (CCS)	14
1.2.4 乘员感知系统 (OPDS)	14
1.2.5 进气系统参数可调式 V8 发动机	15
1.2.6 电子液压制动系统	15
1.2.7 可移动式轿车顶篷	16
1.2.8 座椅调节记忆与后视镜调节记忆	16
1.3 汽车电子技术的发展趋势	16
1.3.1 传感器技术	16
1.3.2 微处理器技术	17
1.3.3 软件新技术应用	17
1.3.4 智能汽车及智能交通系统的研究及应用	17
1.3.5 多通道传输技术	18
1.3.6 数据传输载体方面的电子新技术应用	19
1.3.7 汽车车载电子网络	19
参考文献	20
第2章 汽车传感器与输入信号处理	21
2.1 汽车传感器概述	21

2.1.1	汽车传感器的特点	21
2.1.2	汽车传感器的应用现状	23
2.1.3	汽车传感器的发展趋势	26
2.1.4	传感器的种类	29
2.2	温度传感器	32
2.2.1	温度传感器的功用和类型	32
2.2.2	几种常见的温度传感器	33
2.3	空气流量传感器	38
2.3.1	空气流量传感器的功用和类型	38
2.3.2	几种常见的空气流量传感器	39
2.4	进气歧管压力传感器	53
2.5	位置传感器	61
2.5.1	曲轴位置传感器	61
2.5.2	节气门位置传感器	80
2.6	氧传感器	84
2.6.1	氧传感器的功用	84
2.6.2	氧传感器的类型	85
2.6.3	二氧化锆式氧传感器	85
2.6.4	二氧化钛式氧传感器	89
2.7	爆燃传感器	91
2.7.1	爆燃传感器的功用和类型	91
2.7.2	压电式爆燃传感器	92
2.7.3	磁致伸缩式爆燃传感器	95
2.7.4	压力检测式爆燃传感器	96
2.8	电流传感器	96
2.9	输入信号的调理	98
2.9.1	传感器输入信号的调理	98
2.9.2	传感器输出信号的调理	99
2.9.3	系统中传感器的连接	103
	参考文献	105
第3章	汽车执行器与驱动控制	107
3.1	汽车执行器的分类	107
3.2	汽车执行器的主要驱动元件——MOSFET 和 IGBT	108

3.2.1	电力 MOSFET	109
3.2.2	绝缘栅双极型晶体管 (IGBT)	115
3.2.3	MOSFET 与 IGBT 的驱动电路	122
3.3	汽车用电机的驱动与控制	124
3.3.1	直流电动机的主要用途、结构和特性参数	127
3.3.2	直流电动机的基本模型及控制方式	131
3.4	汽车电子点火系统	140
3.4.1	汽车电子点火系统的种类和特点	140
3.4.2	无触点汽车电子点火系统控制电路的设计	148
3.4.3	L 497 型高能无触点点火控制器及其应用	154
3.4.4	基于 BTS2146 汽车智能点火系统	159
3.5	电磁线圈的驱动控制	166
3.5.1	汽车继电器的驱动	166
3.5.2	汽车电磁阀的驱动	171
3.5.3	汽车喷油器的驱动	179
3.6	怠速控制阀	180
3.6.1	怠速控制的功用	180
3.6.2	怠速控制的工作原理	181
3.6.3	怠速控制装置的分类	182
	参考文献	186
第 4 章	汽车电子装置的硬件系统	189
4.1	汽车电子装置的输入量处理	189
4.1.1	信号输入装置	189
4.1.2	输入信号	190
4.1.3	ECU 的构成和功能	191
4.2	输入信号的处理	194
4.2.1	开关量	195
4.2.2	模拟量	201
4.2.3	脉冲信号	204
4.3	电源电路的设计	205
4.3.1	汽车 IC 电路电源的特点	205
4.3.2	汽车供电电源的分类和工作原理	208
4.3.3	主要汽车电源芯片供应商典型产品简介	214

4.4 MCU 的选择	218
4.4.1 MCU 的主要性能指标	218
4.4.2 车用 MCU 的主要供应商产品简介	222
4.4.3 MCU 的选择和注意事项	229
4.5 汽车电子产品的基本设计方法	233
4.5.1 汽车电子产品的历史、发展现状与展望	233
4.5.2 汽车电子产品的开发过程	234
4.5.3 汽车电子产品开发的难点	238
4.5.4 汽车电子产品开发所需的技术	239
4.5.5 汽车电子控制单元的开发	240
4.5.6 中国汽车电子产品供应商的发展策略	248
4.6 汽车电子器件的保护	249
4.6.1 汽车电气系统的电磁干扰	249
4.6.2 汽车电子中的各种保护电路	253
4.6.3 汽车电子保护器件——PPTC 介绍	262
4.7 汽车电子硬件系统设计的注意事项	266
4.7.1 电源要求	268
4.7.2 微处理器的散热问题	268
4.7.3 ECU 的散热问题	269
4.7.4 设计工具	270
参考文献	273
第 5 章 自动变速器及控制器的硬件电路	275
5.1 自动变速器的分类	275
5.2 自动变速器的基本结构和工作原理	276
5.2.1 AT 传动系统的工作原理	276
5.2.2 AMT 传动系统的工作原理	278
5.2.3 CVT 传动系统的工作原理	278
5.3 自动变速器电子控制系统的基本组成和功能	279
5.4 具有电磁离合器的 CVT 控制系统硬件电路	281
5.4.1 具有电磁离合器的 CVT 基本结构	281
5.4.2 CVT 控制系统硬件的总体设计	283
5.5 变速器控制单元的故障诊断	309
5.5.1 对于输入轴、输出轴转速传感器故障的检测	309

5.5.2	电磁离合器故障的诊断	311
5.5.3	CVT 速比电动机故障的诊断	314
5.5.4	发动机转速和节流阀开度信号故障的检测	314
5.5.5	档位开关信号故障的诊断	315
	参考文献	316
第 6 章	汽车防抱死制动系统 (ABS) 设计基础	320
6.1	概述	320
6.1.1	ABS 发展概述	320
6.1.2	ABS 概述	321
6.1.3	ABS 的基本构成	322
6.1.4	ABS 的研究方向	324
6.2	ABS 的工作原理	325
6.2.1	ABS 的工作原理分析	325
6.2.2	ABS 控制方法的分析	327
6.3	ABS 控制器的硬件设计基础	331
6.3.1	ABS 控制器硬件的框图	331
6.3.2	轮速传感器信号的采集	331
6.3.3	电源电路	335
6.3.4	CAN 总线电路	337
6.3.5	泵电动机和电磁阀的控制电路	338
6.4	ABS 控制器软件的设计基础	345
6.4.1	系统资源配置概述	345
6.4.2	轮速采集的算法分析和流程	346
6.4.3	主程序功能框图	349
6.4.4	初始化程序	349
6.4.5	制动压力调节子程序	350
	参考文献	351
第 7 章	汽车网络技术的应用	355
7.1	汽车网络的概述	356
7.1.1	汽车网络技术的发展	356
7.1.2	汽车网络协议标准	360
7.1.3	网络技术在汽车中的应用概况	364
7.1.4	汽车网络技术的发展趋势	369

7.2 CAN 总线协议	370
7.2.1 CAN 总线基本概念	370
7.2.2 CAN 总线协议内容	372
7.2.3 CAN 总线的报文传输和结构	374
7.2.4 CAN 总线特点的分析	379
7.3 LIN 总线协议及其特点分析	380
7.3.1 LIN 总线基本概念	380
7.3.2 LIN 总线的报文传输和结构	384
7.3.3 LIN 总线报文帧的长度	387
7.3.4 LIN 总线报文的滤波和确认	387
7.3.5 同步过程	388
7.3.6 LIN 总线特点的分析	389
7.4 基于 CAN/LIN 总线的车灯驱动控制系统硬件设计	389
7.4.1 CAN/LIN 模块控制器	389
7.4.2 控制器电源模块	393
7.4.3 CAN 总线收发器	395
7.4.4 LIN 总线物理接口模块	396
7.4.5 功率驱动电路	399
7.4.6 系统硬件电路设计	401
7.5 基于 CAN/LIN 总线的车灯驱动控制系统软件设计	407
7.5.1 功能简介	407
7.5.2 开发环境	407
7.5.3 系统软件设计	408
7.5.4 CAN/LIN 总线的部分信号图	413
参考文献	416
第 8 章 汽车自动巡航控制系统	419
8.1 汽车自动巡航控制系统概述	419
8.1.1 国内外汽车自动巡航技术发展现状	419
8.1.2 汽车自动巡航控制技术	423
8.1.3 汽车自动巡航控制系统的发展趋势	426
8.1.4 汽车自动巡航控制系统的工作环境	428
8.2 巡航控制系统的构成和工作原理	429
8.2.1 巡航控制系统的构成	429

8.2.2	巡航控制系统的工作原理	433
8.2.3	汽车巡航控制系统的功能	434
8.2.4	系统可扩展性、可靠性和抗干扰性	435
8.3	系统的建模和分析	436
8.3.1	汽车巡航控制系统的数学模型	436
8.3.2	控制器模型的建立	437
8.4	巡航控制系统的硬件设计	440
8.4.1	硬件设计概述	440
8.4.2	信号的采集和处理	443
8.4.3	硬件可靠性的设计	448
8.5	巡航控制系统的软件设计	451
8.5.1	汽车巡航控制系统程序设计的要求	451
8.5.2	巡航控制系统的程序流程	452
8.5.3	软件可靠性措施	453
参考文献		454

第1章 汽车电子技术概述

汽车在当今社会和经济发展中的重要性已显而易见，而当今电子控制、计算机、通信等技术的迅猛发展，使汽车电子产品和产品的开发日新月异。汽车电子化已被视为衡量一个国家汽车工业发展水平的重要标志。随着汽车工业与电子工业的不断发展，在现代汽车上，电子技术的应用越来越广泛。今天的汽车已经逐步进入了计算机控制的年代。据介绍，目前发达国家的高级轿车电子产品装备量已超过整车价值的30%，我国只占不到20%。汽车将由单纯的机械产品向高级的机电一体化产品方向发展，成为所谓的“电子汽车”。我国汽车电子产业与国外同行业相比，在技术和产品方面还存在较大的差距。因此“十五”期间积极引进国外先进技术，并与国内的电子信息产业和其他产业形成战略联盟，振兴我国的汽车电子产业就成了当务之急。从20世纪90年代到21世纪初，汽车工业也是我国重点发展的产业之一，特别是轿车发展得更快。这对于促进钢材、其他材料等产业的发展、人民生活水平的提高都将起到重大的作用。

自从20世纪70年代引入电子发射规范和最初的发动机电子控制实用化以来，电子技术和汽车就建立了不可分割的联系。以微型计算机为代表的控制技术和半导体技术的快速进步，使它们之间的关系愈加密切。现在，一辆汽车中就可能装有20~30台微型计算机。如果没有电子技术，就不可能在汽车的基本特性之外再实现舒适、环保和安全等要求。展望未来，电子技术在实现汽车电子化、智能化、网络化的目标上所起的作用也将日益增加。

21世纪汽车的三大任务是：安全、节能、环保。其中，环保与节能主要体现在发动机与传动系的电子控制以及燃料电池、

CAN (Control Area Network, 控制器局域网) 通信、X-By-Wire (线控) 为代表的电动汽车、整车控制技术方面;而行驶安全性则主要体现在 ABS (Anti-lock Braking System, 防抱死制动系统)、TCS (Traction Control System, 牵引力控制系统)、VDC (Vehicle Dynamic Control, 车辆动力学控制系统)、4WS (四轮转向系统)、TPMS (Tire Pressure Monitoring System: 轮胎压力检测系统) 等核心电子控制技术的发展上。此外,还有为提高行驶舒适性而开发的电子悬架技术,以及为提高汽车智能化而开发的自动防撞系统、车载导航系统等电子控制技术。

1.1 汽车电子技术的应用

1.1.1 汽车电子技术回顾

汽车电子技术广泛地深入我们的社会,也就是说,今天如果没有电子技术,汽车就不能行驶。其原因可以追溯到 20 世纪 70 年代社会对电子发射规范和提高燃料经济效益的需求日益增长上。以这些规范作为依据对各种能源加以改进,使得空气污染减少了。美国的 Muskie 法则是环境保护的先例,该法则执行后不久,日本也建立了“电子发射规范”,不能达到要求的汽车不可销售。就在此时,电子燃油喷射 (EFI) 系统也被广泛采用,这就是汽车革命的开始。在这个革命中,电子控制部件代替了如化油器那样的精密的机械部件。

电子技术还被用于提高燃料经济效益方面,这是由 20 世纪 70 年代早期的石油危机所触发的。不仅发动机需要电子控制,而且传动也需要电子控制,减少燃油损耗是首要的问题。最初控制发动机和传输系统的控制装置已广泛用于动力系统控制中,并成为建立目前的汽车电子技术的驱动力。

20 世纪 70 年代,汽车电子技术主要体现在无线电接收机和电子点火装置方面。电子点火消除了点火处的磨损,点火时间准确,延长了燃烧时间。这些开发设计产生出了能在 125℃ 下工作的混合微电子组件和无机械调谐器的无线电收音机。这两项装置