示范校重点专业建设成果教材
职业教育技能型实用人才培养系列规划教材

新能源汽车总线控制技术

XINNENGYUAN QICHE
ZONGXIAN KONGZHI JISHU

主　编　张　睿　王　谦
副主编　张　余　罗宏亮　何　川



西南交通大学出版社

示范校重点专业建设成果教材
职业教育技能型实用人才培养系列规划教材



XINNENGYUAN QICHE

新能源汽车总线控制技术

ZHONGXIAN KONGZHI JISHU

主　编　张　睿　　王　谦
副主编　张　余　　罗宏亮　　何　川

西南交通大学出版社
·成　都·

图书在版编目（CIP）数据

新能源汽车总线控制技术 / 张睿，王谦主编. —成都：西南交通大学出版社，2018.10
示范校重点专业建设成果教材　职业教育技能型实用人才培养系列规划教材
ISBN 978-7-5643-6543-1

Ⅰ. ①新… Ⅱ. ①张… ②王… Ⅲ. ①新能源－汽车－计算机控制系统－总线－职业教育－教材 Ⅳ. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 243963 号

示范校重点专业建设成果教材
职业教育技能型实用人才培养系列规划教材
新能源汽车总线控制技术
主编　张 睿　王 谦

责任编辑	李晓辉
助理编辑	梁志敏
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 （四川省成都市二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼）
邮政编码	610031
发行部电话	028-87600564　028-87600533
网址	http://www.xnjdcbs.com
印刷	四川森林印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm×260 mm
印张	9.5
字数	201 千
版次	2018 年 10 月第 1 版
印次	2018 年 10 月第 1 次
定价	32.00 元
书号	ISBN 978-7-5643-6543-1

课件咨询电话：028-87600533
图书如有印装质量问题　本社负责退换
版权所有　盗版必究　举报电话：028-87600562

市级中职示范校重点专业建设
教材编写委员会

主　任　李　灿　彭　超

副主任　钟晓芬　田跃红

委　员　（以姓氏拼音排序）

蔡　继　陈茂贤　蔡咏梅　邓文杰　戴　鑫　邓　宇

何　川　何加龙　何　鹏　黄永波　姜　雪　蒋　勇

匡　鹏　康元博　林　波　李　广　罗宏亮　刘　君

李进才　李施其　罗　潇　李小燕　李　怡　刘永平

彭月秋　庞远智　邱川鄂　任金花　冉原野　孙　静

苏　峻　孙纪胜　帅　林　涂　波　谭　忱　唐艳红

唐　炽　温承钦　吴　刚　王　焦　汪　亮　吴　鹏

王　谦　蔚衍娟　谢文静　夏晓波　肖应刚　杨昌玉

尹红安　袁　佳　杨　杰　杨炎锋　郑才敏　郑国秀

周海涛　赵甲进　张　余　张云川　张芸聆　周益权

张　睿

总　序

近 5 年来，国家先后颁布了《国务院关于加快发展现代职业教育的决定》（国发〔2014〕19 号）、《国家教育事业发展“十三五”规划》（国发〔2017〕4 号）、《国务院办公厅关于深化产教融合的若干意见》（国办发〔2017〕95 号），重庆市为贯彻落实国家颁布的相关政策文件，特制定了《重庆市人民政府关于加快发展现代职业教育的实施意见》（渝府发〔2015〕17 号）等政策文件，大力推进职业教育改革发展。

为积极响应国家政策，更好地适应重庆经济转型和产业结构调整的需要，2014 年，重庆市教委、市人力社保局、市财政局决定实施市级中等职业教育改革发展示范学校建设计划，2014—2016 年，在全市范围内重点支持建设不超过 30 所市级中等职业教育改革发展示范学校。项目学校通过人才培养模式改革、专业课程体系建设、校企合作、师资队伍建设等，促进学校改革创新、内涵发展，成为全市中等职业学校改革创新的示范、提高质量的示范、办出特色的示范，在中等职业教育改革发展中发挥引领骨干和辐射作用，为经济社会发展培养高素质劳动者和高技能技术人才。

2016 年 8 月，重庆市公共交通技工学校成功申报为市级中职示范校项目建设学校。经过两年的建设，在课程改革和教材建设上取得了可喜成绩，为进一步总结经验，固化成果，特组织骨干教师编写了 20 余门系列优质课程配套教材，并交由西南交通大学出版社审核出版。

本系列教材是在相关企业专家的悉心指导以及参与下完成的。教材以强化学生职业能力和培养综合素质为主线，以工作过程为导向，以典型工作任务和生产项目为载体，立足行业岗位要求，参照相关职业资格标准和行业技术标准，遵循中职学生成长规律、中职教育规律和行业生产规律进行开发建设。教材按

照项目导向、任务驱动、模拟情境等教学模式要求，构建学习任务单元，注重学生可持续发展能力、创新能力、综合技术能力的培养，具有典型的工学结合特征。

本系列教材是重庆市公共交通技工学校不断深化教学改革的结果，更是市级中职示范校建设的一项重要成果，其中凝聚了各位编审人员的大量心血与智慧，也凝聚了众多行业专家的智慧。同时，在编写过程中得到了有关兄弟院校的大力支持，在此一并表示诚挚感谢！希望该系列教材的出版能有助于促进中职相关专业人才培养质量的提高，能为交通运输类职业院校的教材建设起到积极的引领和示范作用。本系列教材涉及专业面广，加之编者对现代职业教育理念的学习和认知仍需不断地改进和提高，书中难免存在不妥之处，恳请专家、同行不吝赐教，以促使我们不断提高教材编写的质量和水平。

李 灿

2018 年 5 月

前 言 PREFACE

近年来，新能源汽车作为国家战略性新兴产业，得到了快速发展。而新能源商用车作为新能源汽车的重要组成部分，其产量占比已占新能源汽车总量 33% 左右，该汽车售后服务市场对新能源客车维修技术人员产生了大量需求，而市面上涉及该技术的参考书籍相对较少。为满足新能源客车市场对新能源汽车维修人才的需求，深入贯彻《国务院关于加快发展现代职业教育的决定》（国发〔2014〕19 号）和全国职业教育工作会议精神，加强优质职教资源建设，我们按照职业教育发展改革要求，结合新能源客车维修市场人才需求特点，以突出学生能力为本位，特组织人员编写新能源客车系列教材。

本系列教材是重庆市公共交通技工学校示范校重点建设专业汽车维修专业建设成果之一。编者在总结学校多年专业教学经验的基础上，结合行业企业对客车维修人员的岗位职业能力要求，以 CNG 新能源汽车维修为基础，兼顾插电式及纯电动汽车发展趋势，教学内容紧贴实际工作岗位的具体需要，以任务为驱动，文字简洁、图文并茂、形式生动，容易激发学生学习兴趣，提高学习效果。让学生在不断积累理论知识和实践能力的同时，逐步完成从知识入门到技能掌握的过程，实现学生职业心理角色的转换。

该系列教材可用作 CNG 新能源汽车维修从业人员、大客车汽车维修从业人员、纯电动汽车维护人员的教学用书及自学教材，也可用作职业院校新能源汽车应用与维修方向的教学参考书。

该系列教材在编写过程中得到了重庆公共交通控股（集团）有限公司的大力支持，同时参考了部分书籍、论文等文献资料，并借鉴了一些研究成果，在此对这些专家和学者表示深深的谢意。由于工作疏忽或者其他转载的原因，有一些引证参考资料未列明出处，若有此情况，在此表示诚恳的歉意。

本书由重庆市公共交通技工学校张睿、王谦担任主编，张余、罗宏亮、何川担任副主编参与编写。主要包括汽车单片机基本知识、车载网络技术基础、新能源汽车 CAN 总线控制系统、车载网络系统通信、新能源汽车总线电路识读、新能源汽车总线控制系统的维修等六大项目，总计十六个工作任务。

限于编者水平，书中难免有不当之处，敬请广大学校师生提出宝贵意见和建议。

编 者

2018 年 5 月

目 录 CONTENTS

绪 论……1

项目一 汽车单片机基础……16

任务一 单片机系统……16
任务二 微机的外部设备……21
任务三 单片机的接口与通信……32

项目二 车载网络技术基础……37

任务一 认识车载网络……37
任务二 车载网络系统的应用要求……40

项目三 新能源汽车 CAN 总线控制系统……53

任务一 CAN 总线控制系统……53
任务二 新能源汽车 CAN 总线控制……70

项目四 车载网络系统通信……76

任务一 通信的概念……76
任务二 汽车网络通信标准……78
任务三 不同版本通信协议的互联……82
任务四 数据传递过程……86

项目五 新能源汽车总线电路识读……93

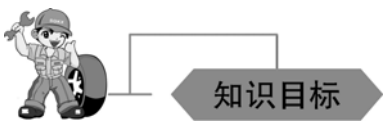
任务一 新能源汽车 CAN 总线的应用与识读……93
任务二 各模块线路识读……107

项目六 新能源汽车总线控制系统的维修……123

任务一 CAN 总线的故障检测与波形分析……123
任务二 车载网络常见故障及诊断……134
任务三 车载网络传输系统的基本诊断步骤和检测方法……137

参考文献……142

绪　论



（1）了解汽车电子的网络化发展趋势。

（2）熟悉车载网络体系结构。

（3）熟悉常见的车载网络。



（1）能说出几种常见车载网络的特点及应用。

（2）了解新能源汽车 CAN 总线的应用特点。

一、汽车电子的网络化发展趋势

自 20 世纪 50 年代以来，汽车发动机点火系统中的晶体管点火装置开始取代机械式点火系统，汽车电子装置深刻地影响了汽车的发展。电子装置正逐步取代机械部件，以微控制器为主体的汽车电子设备在整车中所占比重不断升高，汽车正在由机械产品逐步转向机电一体化产品，转向以分布式网络技术为基础的智能化系统，汽车电子化是现代汽车发展的重要标志。目前，电子设备在汽车中占的比重逐年增加，电子技术在汽车中的应用水平也逐年提高。电子技术的应用大大提高了汽车的动力性、安全性、舒适性和可靠性。现代汽车的高端性能大多来自汽车中使用的电子部件。有资料表明，一辆豪华汽车总制造成本的 33% 来自汽车电子的费用；汽车创新的 80% 源自汽车电子的使用。随着电子器件和芯片技术的日益成熟，汽车电子化趋势将持续发展下去，使用汽车电子的优势也会越来越明显。

汽车的电子化在几十年的时间里大概经历了三个阶段。第一阶段，是为提高个别机械部件的性能而在汽车中引入电子装置的初始阶段，如采用电子点火装置取代机械式点火系统，引入车载收音机等。第二阶段，是微型计算机开始在汽车中使用的阶段。此时，电子器件的应用范围还是比较局限，但随着燃油资源和排气问题的出现，电子技术显示出在解决这些问题中的优势。在这一阶段，汽车电子与机械技术、材料技术一起获得了快速发展，机电一体化成为汽车领域里的新概念。第三阶段，是汽车电子跨入智能化、网络化方向的阶段。在汽车的网络化结构中，所有部分协同工作满足汽车驾驶员的行驶和操作意图。先进控制、人工智能和模糊控制等控制策略与先进的半导体技术结合在一起，使驾驶变得越来越人性化。汽车电子的网络化是汽车电子走向成熟的一个标志。汽车网络的引入可追溯到 20 世纪，汽车网络是汽车电子发展到一定阶段的产物。

汽车网络的概念大部分来自计算机网络，但又同时被赋予控制的概念。起初，汽车的开关和执行器等部件是通过点对点的接线方式实现的。这种方式臃肿、昂贵、复杂，造成造车和装配中的诸多不便。随着车身电子设备的增加，点对点连线方式会造成占用空间多、可靠性差、增加汽车重量等一系列问题。汽车网络的引入成为解决这一问题的最佳方案。现代汽车可以说是各种网络的集合体，汽车内部已经基本形成了从低速到高速，从电缆到光纤，从有线到无线，从离散的数据通信到中央智能控制，从传感、显示到操作控制，从车载娱乐到通信、导航的复杂网络系统。据不完全统计，现在比较成熟的汽车电子网络标准多达几十种，在汽车领域应用普遍的也有十几种。有了网络，各种电子器件之间不再是孤立的单个传感器或执行器，它们共同构成了以汽车网络为媒介的功能化系统。

二、车载网络体系结构

汽车网络体系结构是由不同功能的多种网络构成的混合网络结构。高带宽网络用于汽车多媒体和信息交换，主要考虑信息的畅通。可靠性网络应用于实时性控制中，如牵引控制和底盘控制等。对于控制方面的应用，性能要求高于成本要求，网络一般设计有冗余从而保证安全性。而像电动车窗、自动座椅这样的舒适性电子设备，只需要一般的响应时间，对实时性的要求不高，相对而言对成本的要求却很高，在选择网络和实现功能时会充分考虑成本因素。通常，传输速率较小的单线网络比较适合这类应用。

汽车网络的标准化和规范化是汽车网络发展的标志，代表着汽车网络的发展趋势。在汽车网络发展初期，汽车厂家们只是“ 闭门造车 ”，潜心研究自己的网络系统，而极少关心网络的标准化问题。随着汽车网络的发展，这种“ 专网 ”极大地限制了各厂商电子设备的互操作性，严重阻碍了网络在汽车行业的推广，汽车网络的标准化成了当务之急。而一些标准化网络在汽车上的成功应用迎来了汽车网络的标准化浪潮，越来越多的汽车厂商先后参与到制定国际性或地区性开放标准网络协议的行列中，这进一步促进了汽车网络的发展和推广。汽车网络体系结构如图 0.1 所示。

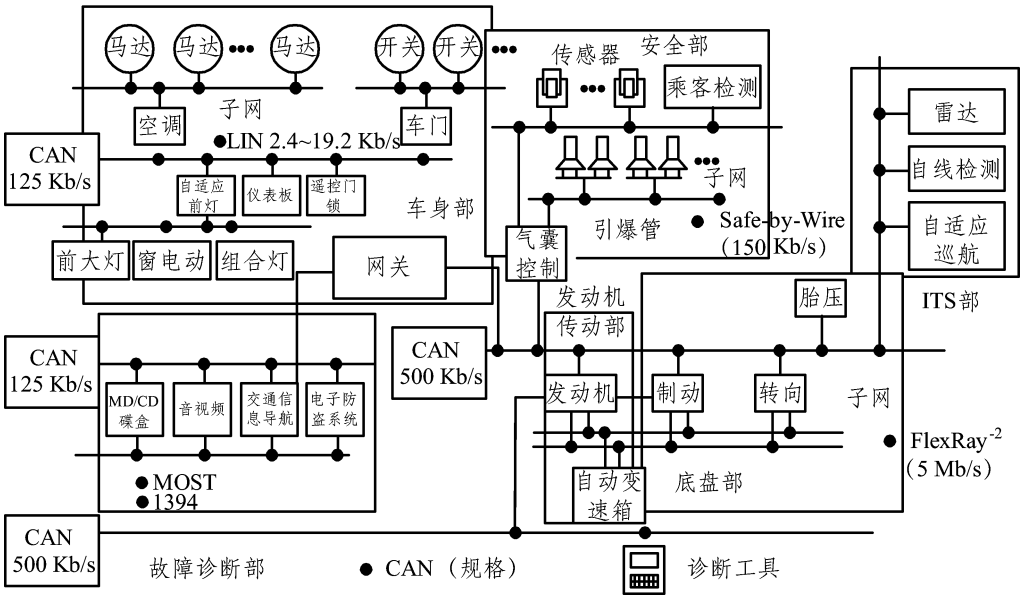


图 0.1 汽车网络体系结构

三、现代汽车上常见的车载网络

未来汽车电子的整个网络将是 CAN、LIN、MOST 三网合一的整体。MOST 负责音视频，CAN 负责重要的电子控制单元（如发动机、ABS、安全气囊等），LIN 负责次要的电子控制单元（如门窗、车灯等），有少数车辆还用到了高级通信技术 FlexRay 总线。

（一）CAN 总线简介

CAN 总线，全称 Controller Area Network，中文为控制器局域网，是现今汽车行业里被广泛应用的一种现场总线技术。CAN 总线技术是由德国 Bosch 公司开发的，最终发布了正式的 CAN 总线国际标准 ISO11898。CAN 总线是一种串行通信，它将各控制节点以某种结构连接在一起，实现通信和数据共享，是一种分布式多主结构的总线。CAN 总线主要由四部分组成：导线、CAN 控制器、CAN 收发器和终端电阻。其中导线可以是双绞线、同轴电缆或光纤。

CAN 控制器主要对收发的信号进行解析翻译。CAN 收发器用于接收和发送信息到总线网络上。终端电阻的作用是防止 CAN 信号发生反射导致通信故障。CAN 用于汽车里控制单元之间的数据交换和信息共享，所有节点都有一个自己的地址 ID，均可以发送和接收总线上的任何数据，成为一个多主结构的汽车网络。无论一辆汽车有多少控制器节点，无论有多少信息需要交互，每个控制单元都只需要连接到总线上即可，因此节省了大量的导线线束。现代汽车，特别是混合动力汽车整车功能更全面、更复杂，CAN 总线拓扑设计也更为分散，一般为多个网络，有独立网关，平台扩展性大。

国内 CAN 总线设计起步较晚，但现在已在各类车型迅速应用。不过目前混合动力汽车功能较简单，且具备批产能力、带有售后诊断的车型较少。

图 0.2 为丰田 Pruis 混合动力的拓扑结构，其特点是子网络较多，分为 BEAN 网络、CAN 网络、AVC-LAN 网络和本地通信网络，且具有独立网关。奔驰 S400 Blue HYBRID 混合动力车型的总线拓扑结构与丰田 Pruis 类似，如图 0.3 所示。两者均有较多功能，因此也有较多的控制器节点，子网络较多；不同点是奔驰 S400 Blue HYBRID 混合动力车型的总线基本所有子网络均采用 500 Kb/s 的 CAN 总线通信，既有独立网关，也有整车控制器作为集成网关。国内的混合动力汽车网络拓扑较简单。一汽某混合动力车型采用一条 500 Kb/s 的 CAN 总线网络，各通信节点均在一条网络中共享数据，结构较简单，如图 0.4 所示。

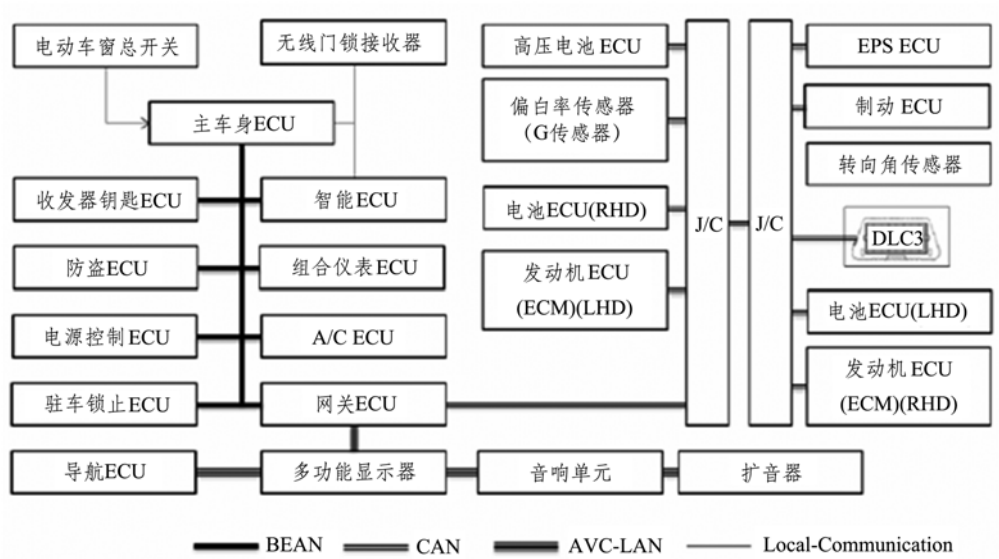


图 0.2　丰田 Pruis 混合动力的拓扑结构

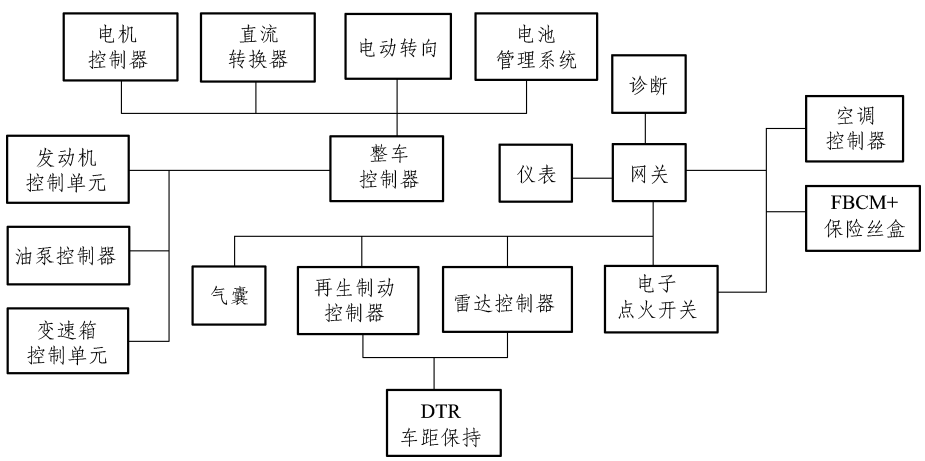


图 0.3　奔驰 S400 Blue HYBRID 混合动力车型的总线拓扑结构

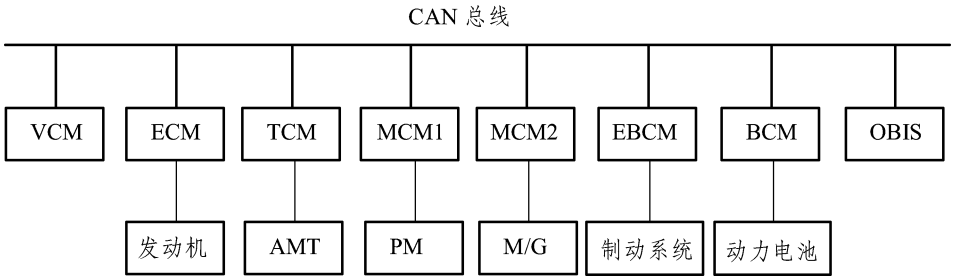


图 0.4 一汽某混合动力车型总线结构图

数据共享减少了数据的重复处理，节省了成本。比如，对于具有 CAN 总线接口的电喷发动机，其他电器可共享其提供的转速、水温、机油压力、机油温度、油量瞬时流速等数据，一方面可省去额外的水温、油压、油温传感器；另一方面可以将这些数据显示在仪表上，便于驾驶员检查发动机运行工况，从而便于发动机的保养维护。再比如，电涡流缓速器、空气悬架、门控制及巡航定速控制都用到车速数据，结果这些电器都有一套车速处理电路，会造成资源浪费。而采用总线技术后，大家都从总线上获得车速数据，减少了车身布线，进一步节省了成本。由于采用了总线技术，模块之间的信号传递仅需要两条信号线。

本书将在后续章节中重点介绍 CAN 总线的相关知识。

（二）单式数据总线——LIN 总线

LIN 是 Local Interconnect Network 的缩写。Local Interconnect（局域互联）表示所有的控制单元都装在一个有限的空间内（如车顶），所以它也被称为“局域子系统”。车上各个 LIN 总线系统之间的数据交换是由控制单元通过 CAN 数据总线实现的。

LIN 总线系统是单线式总线，在汽车上应用时常常将线束的底色做成紫色。该线的横截面面积一般为 0.35 mm^2，无须屏蔽。一般情况下一个系统可让一个 LIN 主控制单元与最多 16 个 LIN 从控制单元进行数据交换。LIN 提升了系统结构的灵活性，并且无论从硬件还是软件的角度，都为网络中的节点提供了联互操作性，并可获得更好的 EMC（电磁兼容）特性。

LIN 补充了当前的车辆内部多重网络，并且为实现车内网络的分级提供了条件，有助于车辆获得更好的性能并降低成本。LIN 协议致力于满足分布式系统软件复杂性、可实现性、可维护性要求，提供了一系列高度自动化的工具链。

LIN 总线是一种串行通信总线，支持汽车应用中分布式机械电子节点的控制。它的使用范围为单主机节点和从机节点的多点总线，其系统结构如图 0.5 所示。LIN 网络由一个主节点以及一个或多个从节点组成，媒体访问由主节点控制到从节点，不需要仲裁或冲突管理。可以保证最差状态下的信号传输延迟时间。LIN 相对于 CAN 在采用单线传输、硅片中硬件或软件方面的成本更低，且无须在从节点中使用石英或陶瓷谐振器。

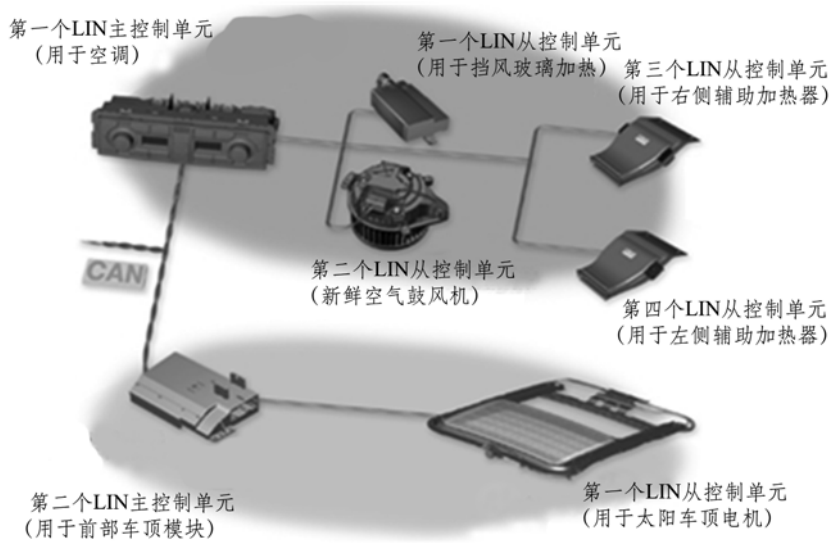


图 0.5　LIN 总线系统结构图

1．LIN 主控制单元

该控制单元连接在 CAN 数据总线上，它执行 LIN 的主功能。主要有以下几个方面的作用（见图 0.6）。

（1）监控数据传递和数据传递的速率，发送信息标题。

（2）该控制单元的软件内已经设定了一个周期，这个周期用于决定何时将哪些信息发送到 LIN 数据总线上。

（3）该控制单元在 LIN 数据总线系统的 LIN 控制单元与 CAN 总线之间起“翻译”作用，它是 LIN 总线系统中唯一与 CAN 数据总线相连的控制单元。

（4）通过 LIN 主控制单元进行与之相连的 LIN 从控制单元的自诊断。

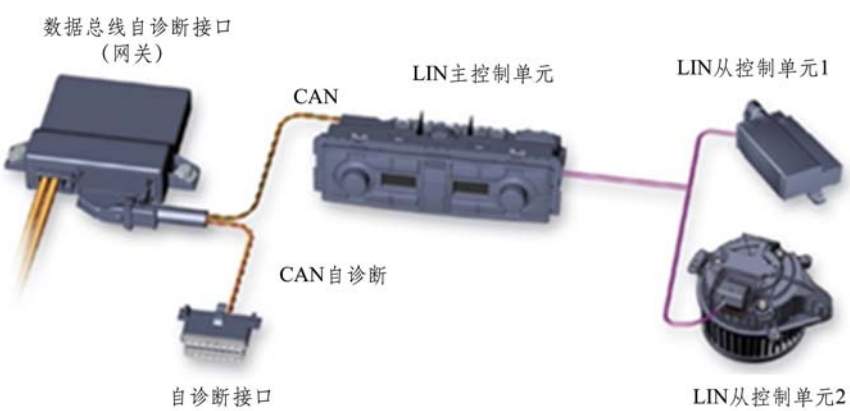


图 0.6　LIN 主控制单元连接结构示意图

2．LIN 从控制单元

在 LIN 数据总线系统内，单个的控制单元（如新鲜空气鼓风机）或传感器及执行元件（如水平传感器及防盗警报蜂鸣器）都可看作 LIN 从控制单元。

传感器内集成有一个电子装置，该装置对测量值进行分析，数值作为数字信号通过 LIN 总线传递。有些传感器和执行元件只使用 LIN 主控制单元插口上的一个针脚。LIN 总线只有当 LIN 主控制单元发送标题后，传感器和执行元件才会做出反应。

3．LIN 执行元件

LIN 执行元件都是智能型的电子或机电部件，这些部件通过 LIN 主控制单元的 LIN 数字信号接受任务。LIN 主控制单元通过集成的传感器来获知执行元件的实际状态，然后就可以进行规定状态和实际状态的对比。如图 0.7 所示。

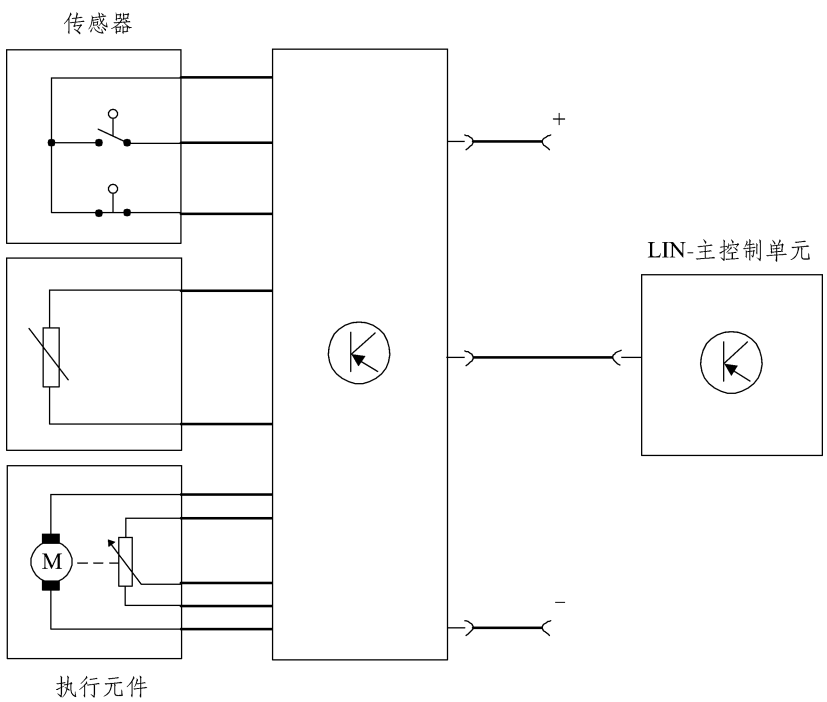


图 0.7　LIN 执行元件与主控单元的连接示意图

4．LIN 物理层

总线驱动/接收器的定义遵循 ISO 9141 单线标准，并带有一些增强性能。总线为单线传输，通过终端电阻由电池正极节点（VBAT）供电。总线收发器采用增强型的 ISO 9141 实现标准。总线可以取两个互补的逻辑值：主控值的电压接近于接地端，代表逻辑值“ 0 ”；退让值的电压与电池电压接近，代表逻辑值“ 1 ”。

总线采用上拉电阻作为终端，主节点的上拉电阻为 1 kΩ，从节点的上拉电阻为 30 kΩ。电阻需串联一个二极管以防止由于本地电源泄漏对总线产生的干扰。从节点

的终端电容通常值为 C_{Slave}=220 pF，主节点的电容值更高，以使整个总线的电容值小于从节点的电容值。

5．LIN 数据传输

由于采用单线媒质传输，LIN 总线最大的传输速率被限定在 20 Kb/s 以内，示意图如 0.8 所示。实际传输速率为最高值（满足信号同步而不产生冲突）到最低值（满足电磁兼容性要求且达到的传输要求）之间的实验中间值。最小的传输波特率为 1 Kb/s，这有助于避免在实际中产生超时冲突。

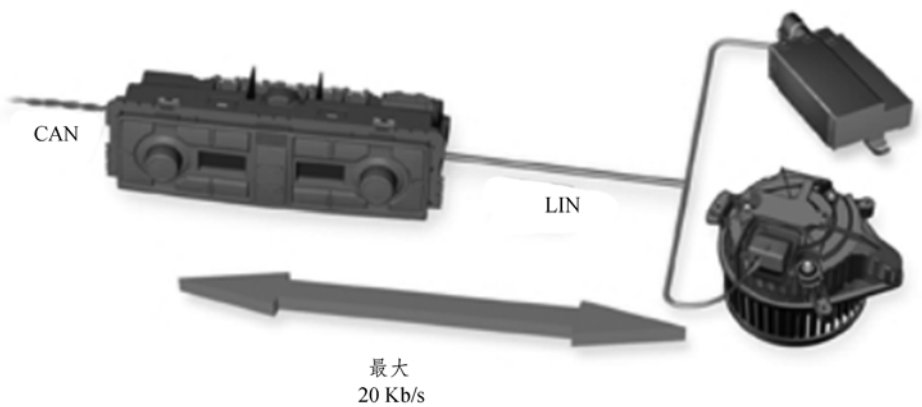


图 0.8　LIN 数据传输示意图

LIN 系统是一种单主机多从机组织（即没有总线仲裁），配置灵活。系统主要特点如下。

（1）主要基于普通 UART/SCI 接口的硬件实现低成本软件协议。

（2）带时间同步的多点广播接收，从机节点无须石英或陶瓷谐振器，可以实现自同步，也可以保证信号传输的延迟时间。

（3）可选的报文帧长度为 2、4 和 8 字节。

（4）有数据校验等安全性和错误检测，可自动检测网络中的故障节点。

（三）光纤数据总线——MOST 总线

除了大家已经熟悉的 CAN 总线、LIN 总线系统，现代汽车上还使用了光纤数据总线系统。这种数据总线系统称为 MOST（Media Oriented Systems Transport）总线，即面向媒体的系统传输总线。这是许多汽车制造厂、零部件供应商及软件开发商共同结成的联合体的合作成果，是一种统一的快速数据传递系统。

从“ Media Oriented Systems Transport ”这个名字就可看出：它是一种用于多媒体数据传送的网络系统。也就是说，该系统将符合地址的信息传送到某一接收器上，这点与 CAN 数据总线是不同的。在现代汽车上，该技术用于 Infotainment 系统的数据传递。Infotainment（informations and Entertainment）系统能提供多种信息及娱乐多媒体