

汽车软件工程

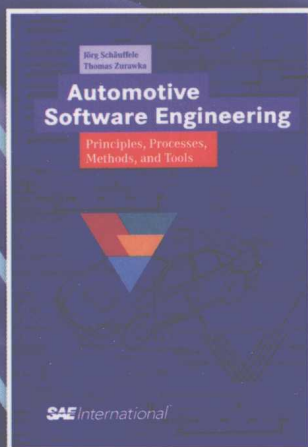
——原理·过程·方法·工具

Automotive Software Engineering
Principles, Processes, Methods, and Tools

[德]

Jörg Schäuffele 著
Thomas Zurawka

张聚 等译



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

汽车软件工程

——原理·过程·方法·工具

Automotive Software Engineering
Principles, Processes, Methods, and Tools

『德』Jörg Schäuffele 著

『德』Thomas Zurawka

张聚 等译

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书系统地阐述汽车电子系统和软件开发的原理、过程、方法和工具。全书内容分为三部分。第一部分是相关基础知识,包括控制系统、嵌入式系统、实时系统、分布和网络控制系统,以及系统的安全性和可靠性等。第二部分是汽车软硬件系统开发的支持过程和核心开发过程,支持过程包括配置管理、项目管理、供应商管理、需求管理和质量管理等;核心开发过程包括汽车软件系统的需求分析、设计、实现、集成和测试等。第三部分介绍汽车软件设计方法与工具,以及生产和服务过程中涉及的工具。

书中采用大量的图表和实例阐述相关的理论并提供工程背景知识,具有很强的实践性和实用性。本书可供从事汽车电子和软件系统研究、开发、管理与维护的工程技术人员使用和参考,也可作为高等院校相关专业本科生和研究生的教材或参考书。

Translated from the English language edition:

Automotive Software Engineering: Principles, Processes, Methods, and Tools by Jörg Schäuuffele and Thomas Zurawka

Copyright ©2005 by Society of Automotive Engineers International (SAE International), 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-001, United States America (USA)

ISBN: 0-7680-1490-5

Chinese language edition Copyright ©2007 by Publishing House of Electronics Industry.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without prior permission in writing from Publishing House of Electronics Industry

本书简体中文版由电子工业出版社出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2007-0518

图书在版编目(CIP)数据

汽车软件工程:原理·过程·方法·工具 / (德)绍弗勒(Schäuuffele,J.), (德)卢拉弗卡(Zurawka,T.) 著;张聚等译. —北京:电子工业出版社,2008.1

书名原文:Automotive Software Engineering: Principles, Processes, Methods, and Tools

ISBN 978-7-121-05475-4

I. 汽… II. ①绍… ②卢… ③张… III. 汽车—电子系统—系统设计 IV. U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第184043号

责任编辑:朱清江

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:16 字数:350千字

印 次:2008年1月第1次印刷

印 数:4000册 定价:38.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

软件技术在汽车中的作用

通过应用新的开发方法处理复杂性问题

没有一种其他的技术像软件技术那样能够在设计过程中提供这么大的灵活性。汽车功能的增加，汽车中控制系统的网络化，汽车高可靠性和安全性的要求，以及汽车型号系列的增加，为软件技术在汽车中的应用提供了巨大的舞台。解决汽车中的这些高要求，对于汽车整体生产商和汽车部件的提供商是个很大的挑战：在开发阶段必须采取措施来保证软件和系统中与汽车安全性相关的功能的实现。

——Siegfried Dais 博士
副董事长，博世（Bosch）集团（德国，斯图加特）

软件正成为汽车中的一种关键性的产品

汽车中的软件部分越来越成为汽车制造商的一种关键性的产品。在汽车领域，电子和软件部分已经成为汽车技术改进和革新的一种主要推动力。汽车中约 90% 的革新通过电子和软件技术来完成。一方面，汽车中越来越多的典型功能转由软件来实现；另一方面，通过网络化那些原来是分离的功能，使得开发一些全新的汽车功能成为可能。系统工程方法和技术的综合应用是成功开发汽车整体系统的至关重要的因素。本书讨论汽车软件工程方面的问题，并对主要应用软件的开发进行了着重讲述。

——Hans-Georg Frischkorn
系统体系和集成副总裁，宝马（BMW）集团（德国，慕尼黑）

从成本驱动到竞争优势

汽车工业中的技术飞跃只有通过软件技术的进步才能达到。在系统开发中不同专业领域工程师之间的富有成效的合作需要一种统一的背景知识，通用一致的概念和一种合适的开发过程模型。借助于工程实际中的实例，本书阐述相关的基本内容和方法。

——Wolfgang Runge 博士
首席执行官（CEO），采埃孚（ZF）转向系统股份有限公司（德国）

嵌入式系统是汽车的重要组成部分

在竞争日益激烈的汽车业务领域，嵌入式系统为区别不同的汽车产品和服务提供了机会。根据摩尔定律，电子产品的功能变得越来越强大而价格却持续在下降。为了能够处理由此而得到的系统的复杂性，必须对本书中所讨论的一些原理、应用、方法和工具有深入的了解。

我很赞赏 Zurawka 博士和 Jörg Schäuffele 先生在这个非常重要的领域所开展的系统性的工作。对于所有希望加入到汽车行业中的企业来说，了解本书的内容是必要的。由于我们将不断地进一步改善工程开发过程，我们期待着能够得到该领域读者的更多帮助。

——Craig A. Brown

通用电气工程部，通用汽车公司（美国，底特律）

高等教育的机会和挑战

正是在斯图加特地区，汽车制造业是支柱产业。一些著名的汽车制造商和零部件供应商的研发中心为斯图加特地区提供了大量的就业岗位。在斯图加特大学，软件技术课程是工科专业学生必不可少的学习部分。本书为学生提供了接触和了解汽车工业中软件开发和应用的实践经验，且本书中介绍的软件开发方法甚至可以作为模型，在其他工业领域中参考应用。

——Peter Göhner 博士、教授

斯图加特大学自动化与软件技术研究所（德国，斯图加特）

汽车开发需要一种基于集成模型的新方法

汽车开发技术进步的自然结果是，必须满足用户的需求并与政府的相关规定保持一致。与这些方面相关的问题正成为汽车电子系统的特殊领域。事实上，在汽车中当前的绝大部分的竞争优势在于汽车中的电子系统，而软件系统又是汽车电子系统的重要组成部分。安全、可靠、低成本和快速地开发基于软件的汽车电子系统是汽车制造商和零部件提供商所关心的重要问题。本书从一个集成模型的角度，讨论了汽车电子系统开发这个复杂的问题，为学生们提供了解决汽车嵌入式软件工程问题的一种集成的系统解决模式和方案。本书为汽车软件集成化开发的实际工作提供了基础。

Mark Thompson 教授

电气和计算机工程学院，凯特林（Kettering）大学（美国）

需要一种新的系统科学

由于硬件的开发成本和制造成本不断且急剧地增加，以及对于产品需求的变化越来越快，嵌入式系统、子系统或者集成电路的设计者开始把目光转向借助软件技术作为处理这些问题的一种方法。然而这种转变也带来一系列新挑战。例如，用于交通系统的软件技术必须满足一些由于具体的软件实现平台和环境而引起的约束条件，因而使得传统的软件技术不能适用。这也就毫不奇怪，大约 30% 的汽车中的严重故障是由于软件的错误而造成的。我们需要一种新的系统科学以统一的方式来处理软件抽象和真实的物理世界间的联系。本书是作者在汽车软件开发的方法论和开发工具方面所作的开创性工作的总结。强调方法论方面的重要性一点儿也不为过，因为开发工具的作用只有通过合适的方法才能发挥出来，这些是过去几年我在电子设计自动化方面工作中得到的经验教训。本书的独特价值是成功地把方法与工具有机地结合起来。

——Alberto Sangiovanni Vincentelli 教授
加利福尼亚大学电子工程学院（美国，伯克利）
EDA 先驱、EECS 主席
美国 Cadence 公司创办人之一、技术总顾问

前 言

经过 100 多年的发展历史后，汽车作为一种产品仍然继续以一种很快的速度在演化发展。自从 20 世纪 70 年代早期以来，汽车中电子系统和软件的持续增加，对于汽车的发展产生重大的影响，并且这种趋势还在继续。这种发展趋势的结果是汽车的开发、生产和服务的方式正在发生一种根本性的改变。应用软件技术来实现汽车的功能为开发者解决现有的一些复杂矛盾问题提供了更大的自由度和新的解决方法。由此而产生的汽车系统的复杂性只有通过应用合适的过程、方法和工具才能解决。

在过去的几年中，人们提出了多种方法和标准用于汽车电子系统的软件开发。这些方法和标准统一以汽车软件工程这个术语来概括描述。

多年来，在汽车软件工程领域，存在着一系列复杂的概念和术语。从事汽车软件工程领域的人们经常接触这些术语和概念，但是我们有时很难准确理解这些术语和概念的准确定义和含义。事实上，有时同样的术语和概念应用在不同的场合，表达的含义是不同的。例如，“Process”这个术语不仅出现在控制工程的领域，而且也应用于与实时系统相关的情况，更不用说也应用于产品的开发过程。在这些应用场合，“Process”所指的含义是完全不同的。在本书中，我们将首先定义一些最为基本的概念，以便于随后章节的统一应用。

本书中的章节重点是介绍汽车软件系统开发的过程、方法和工具，同时也强调软件开发和汽车系统工程之间的相互作用。本书中阐述的开发过程具有模型化的特点，也就是说，开发过程是实际工作的一种抽象、理想化的图形表示。虽然开发过程模型可以为各种项目的开发提供指导，但具体到某个实际的开发项目，必须对开发过程模型的适用性做出评价，如有可能还需做适当的修改。在本书中，我们将努力对开发的过程、方法和工具做一个清楚准确的描述。

由于我们讨论的问题涉及的面比较广，不可能对于所有的主题进行深入的讨论，因而我们只限于讨论与汽车工业相关的领域。

我们不能保证在本书中给出的是唯一合适的或唯一一种完整的汽车软件开发方法。然而作为 ETAS 的员工，我们确信我们公司提供的工具和产品非常适合用于支持本书中介绍的开发过程和方法。

来自工程实际的例子

只有成功地解决了工程实际中的大量问题，一种开发过程模型才被认为是一支开发团队的成功工具。本书并不是一本理论性的教科书，本书中所有的建议和观点都是基于实际的应用例子，并通过具体例子来形象地叙述。同时也考虑到，我们在过去的几年中与汽车制造商和汽车零部件供应商之间的密切合作所获得的一些经验和体会。例如，包括生产和服务方面的产品开发过程以及在研究项目方面所获得的经验。

译者前言

汽车工业是现代工业的典型代表，一个国家汽车工业的发展水平一定程度上代表一个国家的现代化水平。在当今工业水平高度发达的国家，如美国、日本和德国，无一不是汽车工业的强国。汽车工业的生产方式和管理模式对现代制造业的发展具有巨大的促进和推动作用。正是因为发展汽车工业的重大意义，国家非常重视汽车工业，并力争使汽车产业在 2010 年前发展成为国民经济的支柱产业。

快速发展的中国汽车工业正在推动整个国家汽车电子产业的技术升级，节能减排、汽车电子智能化、动力总成、安全管理、通信导航、信息娱乐及车载网络等成为汽车领域热门的话题，并为软件技术在汽车中的应用提供了巨大的舞台。在汽车领域，电子和软件部分已经成为汽车技术改进和革新的一种主要推动力。应用软件技术来实现汽车的功能为开发者解决现有的一些复杂问题提供了更大的自由度和新的解决方法。然而，汽车系统的复杂性只有通过应用合适的开发过程、开发方法和工具才能解决。

本书系统地阐述汽车电子系统和软件开发的过程、方法和工具。该书的主要内容可以归纳为三部分：（1）汽车软件设计与开发的基础知识。包括控制系统、离散系统、嵌入式系统、实时系统、分布和网络控制系统，以及系统的安全性和可靠性等基本知识。（2）汽车软硬件系统开发的外部支持过程和核心开发过程。外部支持过程包括配置管理、项目管理、供应商管理、需求管理和质量管理等内容。核心开发过程即汽车电子系统设计开发的详细过程，包括汽车软件系统的需求分析、系统的体系结构、系统的设计、系统的实现、系统的集成和测试等内容。（3）汽车软件设计的方法与工具以及生产和服务过程中涉及的工具。书中还列举了大量的图表和实例用于阐述相关的方法和提供工程背景知识。

本书不仅仅面向那些从事汽车研究、开发、管理与维护的人员，广大的工科类在校大学生（包括机械、车辆、电气、电子、自动化、计算机、信息、软件以及系统与管理类专业的学生）也将从这本书中获益。这也是德国斯图加特大学的教授极力向工科大学生推荐该书的原因。

参与本书翻译工作的有：张聚博士，徐新黎博士，张霓博士，汤丽平博士，王掣华，杨光利，刘江。全书翻译工作由张聚统稿、审校和安排组织完成。在翻译过程中，译者虽然力求准确和风格一致，但限于学识和水平，译文中难免有不当之处，欢迎读者批评指正。

张 聚

2007 年 8 月于杭州

目 录

第 1 章 引言与概述	(1)
1.1 驾驶员—车—环境系统	(2)
1.1.1 汽车电子系统的构成和工作原理	(2)
1.1.2 汽车电子系统和环境	(4)
1.2 汽车电子系统概述	(5)
1.2.1 驱动部分电子系统	(6)
1.2.2 底盘电子系统	(8)
1.2.3 车身体电子系统	(10)
1.2.4 多媒体系统	(11)
1.2.5 分布式网络电子系统	(12)
1.2.6 小结和展望	(13)
1.3 逻辑体系结构概述	(13)
1.3.1 汽车中的 ECU 网络和功能网络	(13)
1.3.2 开环/闭环控制和监视系统的逻辑体系结构	(14)
1.4 汽车的开发过程	(15)
1.4.1 汽车开发概述	(15)
1.4.2 电子系统开发概述	(15)
1.4.3 电子系统和软件开发的核心理过程	(18)
1.4.4 电子系统和软件开发的支持过程	(20)
1.4.5 电子系统和软件的生产及服务	(21)
1.5 电子系统软件开发方法和工具	(22)
1.5.1 基于模型的开发	(22)
1.5.2 综合质量管理	(24)
1.5.3 减少开发风险	(25)
1.5.4 标准化和自动化	(26)
1.5.5 汽车开发步骤	(28)
第 2 章 基础知识	(29)
2.1 开环和闭环控制系统	(29)
2.1.1 建模	(29)
2.1.2 结构图	(30)
2.2 离散系统	(33)
2.2.1 离散时间信号和系统	(34)

2.2.2	离散值信号和系统	(35)
2.2.3	离散时间且离散值信号与系统	(35)
2.2.4	状态机	(36)
2.3	嵌入式系统	(37)
2.3.1	微控制器结构	(38)
2.3.2	存储技术	(39)
2.3.3	微控制器编程	(41)
2.4	实时系统	(45)
2.4.1	定义任务	(46)
2.4.2	实时性需求的定义	(47)
2.4.3	任务的状态	(49)
2.4.4	处理器的调度策略	(50)
2.4.5	实时操作系统的构成	(53)
2.4.6	任务间的相互作用	(54)
2.5	分布式网络系统	(58)
2.5.1	系统的逻辑体系结构和技术体系结构	(60)
2.5.2	逻辑通信链路定义	(61)
2.5.3	技术网络拓扑结构定义	(62)
2.5.4	报文定义	(63)
2.5.5	通信网络管理组织结构	(64)
2.5.6	总线仲裁机制	(67)
2.6	系统可靠性、安全性、监控和诊断	(68)
2.6.1	基本概念	(69)
2.6.2	系统的可靠性和可用性	(70)
2.6.3	系统的安全性	(73)
2.6.4	系统监控和诊断	(75)
2.6.5	电控单元监控系统的构成	(79)
2.6.6	电控单元诊断系统的构成	(81)
2.7	小结	(85)
第3章	电子系统和软件开发的支撑过程	(87)
3.1	系统论的基本定义	(87)
3.2	过程模型和标准	(90)
3.3	配置管理	(91)
3.3.1	产品生命周期	(91)
3.3.2	型号系列	(91)
3.3.3	版本和配置	(92)
3.4	项目管理	(94)

3.4.1	项目计划	(94)
3.4.2	项目跟踪和风险管理	(98)
3.5	供应商管理	(98)
3.5.1	系统及其组成部分的责任承担者	(99)
3.5.2	规格说明和集成的接口	(99)
3.5.3	开发过程的交叉合作定义	(99)
3.6	需求管理	(100)
3.6.1	用户需求挖掘、记录和解释	(101)
3.6.2	用户需求跟踪	(104)
3.7	质量保证	(105)
3.7.1	集成和测试程序	(105)
3.7.2	软件质量保证方法	(106)
第4章	电子系统和软件的核心开发过程	(107)
4.1	要求和限制条件	(108)
4.1.1	系统和组件责任的分担	(108)
4.1.2	系统工程和软件工程的协调	(108)
4.1.3	基于模型的软件开发	(110)
4.2	基本概念	(110)
4.2.1	过程、处理步骤和产品	(110)
4.2.2	方法和工具	(111)
4.3	用户需求分析和系统逻辑结构的确定	(112)
4.4	逻辑功能结构分析和系统技术结构的确定	(114)
4.4.1	开环和闭环控制系统的分析和确定	(117)
4.4.2	实时系统的分析和确定	(117)
4.4.3	分布式网络控制系统的分析和确定	(118)
4.4.4	可靠性及与安全相关系统的分析和规范	(118)
4.5	软件的需求分析和软件体系结构的确定	(119)
4.5.1	软件组件和组件间接口的描述	(120)
4.5.2	软件层次结构的描述	(121)
4.5.3	软件运行状态的描述	(122)
4.6	软件组件的描述	(123)
4.6.1	数据模型的描述	(124)
4.6.2	动态模型的描述	(124)
4.6.3	实时模型的描述	(126)
4.7	软件组件的设计和实现	(128)
4.7.1	考虑非功能性的产品特性要求	(128)
4.7.2	数据模型的设计和实现	(130)

4.7.3	动态模型的设计和实现	(130)
4.7.4	实时模型的设计和实现	(131)
4.8	软件组件的测试	(132)
4.9	软件组件的集成	(132)
4.9.1	程序版本和数据版本的产生	(133)
4.9.2	描述文件的产生	(134)
4.9.3	文档的产生	(134)
4.10	软件集成测试	(135)
4.11	系统组件的集成	(136)
4.11.1	软件和硬件的集成	(137)
4.11.2	ECU、设定点发生器、传感器和执行器的集成	(137)
4.12	系统的集成测试	(138)
4.13	校准	(141)
4.14	系统测试和验收测试	(141)
第5章	开发方法与工具	(143)
5.1	工具和电子控制单元之间的非车载接口	(144)
5.2	逻辑系统结构分析和技术系统结构描述	(145)
5.2.1	开环和闭环控制系统的分析和描述	(145)
5.2.2	实时系统的分析和描述	(148)
5.2.3	分布式网络化系统的分析和描述	(152)
5.2.4	可靠和安全系统的分析和描述	(155)
5.3	软件功能的描述和有效性验证	(160)
5.3.1	软件体系结构和软件组件的描述	(161)
5.3.2	数据模型描述	(164)
5.3.3	用框图描述行为模型	(164)
5.3.4	基于真值表的行为模型描述	(166)
5.3.5	行为模型的状态机描述	(168)
5.3.6	行为模型的高级语言描述	(171)
5.3.7	实时模型的描述	(172)
5.3.8	通过仿真和快速原型来验证描述	(173)
5.4	软件函数的设计及实现	(179)
5.4.1	考虑产品的非功能特性	(179)
5.4.2	定点和浮点算法的设计及实现	(185)
5.4.3	软件结构的设计及实现	(196)
5.4.4	数据模型的设计与实现	(199)
5.4.5	行为模型的设计与实现	(202)
5.5	软件功能的集成和测试	(204)

5.5.1	回路软件仿真	(205)
5.5.2	实验室汽车和试验台	(206)
5.5.3	实验性的、原型和产品车辆	(210)
5.5.4	实验的设计及自动化	(211)
5.6	软件功能的校准	(211)
5.6.1	离线和在线校准过程	(212)
5.6.2	通过 Flash 编程的软件更新	(213)
5.6.3	微控制器信号和仪器使用信号的同步测量	(214)
5.6.4	下载和评估车载诊断数据	(215)
5.6.5	离线校准	(215)
5.6.6	在线校准	(216)
5.6.7	在线校准的离线接口分类	(216)
5.6.8	CAL-RAM 管理	(220)
5.6.9	参量和数据版本管理	(222)
5.6.10	实验的设计和自动化	(223)
第 6 章	用于生产与服务的方法和工具	(224)
6.1	非车载诊断	(225)
6.2	软件功能参数设置	(225)
6.3	通过 Flash 编程的软件更新	(227)
6.3.1	Flash 存储器的擦除和编程	(227)
6.3.2	诊断界面的 Flash 编程	(227)
6.3.3	安全性要求	(228)
6.3.4	可用性要求	(230)
6.3.5	引导程序转换和 Flash 编程	(231)
6.4	汽车电子系统的启动和测试	(232)
第 7 章	总结和展望	(233)
参考文献	(235)

引言与概述

为了满足如今日益增长的消费者需求以及更加合乎法律化的要求，现代汽车制造应基于以下两点来考虑：

- (1) 减少燃料消耗和有害气体的排放；
- (2) 增加驾驶安全性以及驾驶员和乘客的舒适度。

这些要求都已经和现代汽车电子产品的发展紧紧地联系在了一起。因此汽车已经成为当今技术要求最高、最综合的消费产品。然而同时值得注意的是，人们对于汽车电子产品的要求和对其他领域的电子产品的要求是截然不同的。以下列出了对于汽车电子产品最主要的要求：

- (1) 工作在苛刻的环境（温度、湿度、振动）或者是在对电磁兼容性有严格要求的环境；
- (2) 严格的可靠性要求和可用性要求；
- (3) 严格的安全性要求；
- (4) 有相对较长的产品生命周期。

尽管人们对于汽车电子产品的技术要求非常高，但是设计开发者依旧在如何降低成本，如何缩短产品开发周期以及如何处理大量的不同型号系列模型等方面面临巨大压力。然而在大批量生产时，这些非技术方面的需求必须得到满足。

为了成功开发一个随车携带电子产品项目，项目领导者必须一方面处理变得日益复杂的产品；另一方面在保持产品质量稳定的同时处理好风险与成本的控制问题。

对于想要在汽车电子系统的开发、生产以及服务方面建立合适可行的方法，及想要用面向工程应用的标准和工具来支持这些方法的人员来说，对汽车工程的要求和发展趋势有个基本的理解是必不可少的。本章将对于目前的发展现状做一个介绍性的分析，目的是为理解现代汽车电子技术未来的发展和面临的挑战提供必要的基础和背景知识。

本章首先对汽车电子系统以及它们的功能进行概况性的介绍，随后介绍用于汽车电子系统开发和汽车软件开发的方法。本章的最后对基于模型的工程学方法进行了介绍。

本书剩余章节详细讨论了相关的基础知识（第 2 章）、开发过程（第 3、4 章）、用于

开发汽车软件的方法和工具(第5章)和用于汽车软件生产及服务的方法和工具(第6章)。在本书中,特别强调了发动机、底盘和车身等汽车子系统。书中也提到了多媒体领域,但没有详细展开。第7章对于本书讨论的内容作了回顾和总结,同时也展望了汽车电子发展的未来远景和将面临的挑战。

1.1 驾驶员—车—环境系统

任何一个开发项目的目标都是致力于完成一项新的或者是改善已有的汽车功能。在本书中,我们所说的“功能”指的是所有的汽车功能特性。最终,用户(比如驾驶员)能直接或者间接地体验到这些功能所提供的价值或者带来的便利。

一个功能特征到底是通过机械、液压、电气还是通过电子系统来具体实现,对于用户来说,是次要的。

但是,对于考虑如何实现这些功能的工程师们来说,综合应用电子系统、机械系统、电气系统或者液压系统能带来很多的好处,特别是在考虑到可靠性、重量、安装的空间限制以及成本等方面。正是基于以上这些原因,汽车电子技术已成为实现汽车领域许多革新的一项关键技术。事实上在今天,汽车上几乎所有功能都在电子系统的控制或者监控之下。

1.1.1 汽车电子系统的构成和工作原理

下面通过一个关于汽车电子液压制动系统的例子,来具体了解汽车中电子系统的构成和工作原理。

举例:电液制动控制系统结构介绍^[1]

图1-1展示了博世公司电子控制液压制动系统的结构。如图所示,电液制动系统由制动助力器(Brake Booster)功能、防抱死制动系统(Antilock Braking System, ABS)以及电子稳定程序(Electronic Stability Program, ESP)功能构成。

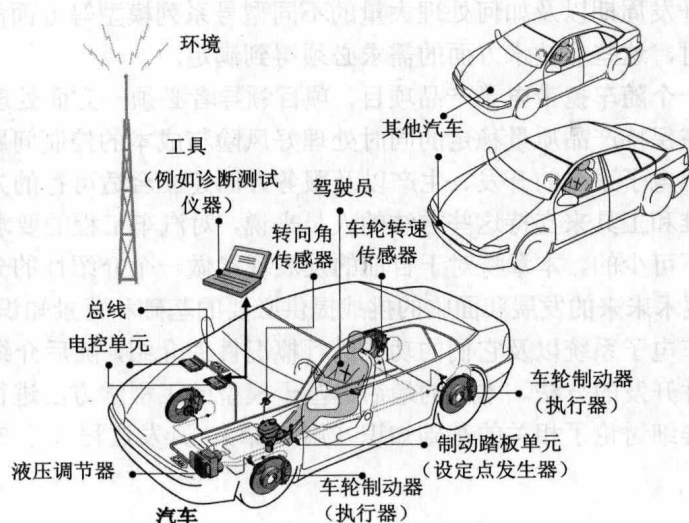


图 1-1 电子控制制动系统示意图^[1]

驾驶员进行制动操作时,踏板行程传感器探知驾驶员的制动意图,并把这一信息传给电子控制单元(Electronic Control Unit, ECU),ECU综合踏板行程传感器(相当于制动系统的设定值)、轮速传感器、转向盘转向角传感器等各路信号,计算出ECU的输出变量值,随后传送给液压调节器,并进一步转化为车轮上制动装置的制动压力。车轮上制动装置直接影响汽车(被控对象)的驾驶状态,因此,车轮上制动装置被称为是执行器。

车载电子控制元件之间通过数据总线进行通信,例如CAN总线,因此一些较复杂的涉及多个ECU参与完成的功能也能够实现。其中的一个例子就是汽车牵引力控制系统(Traction Control System, TCS),它需要在汽车发动机操控和制动系统之间起协调作用。

事实上通过电子液压制动系统的结构,已经表明了汽车中所有的电子控制系统(开环/闭环)和汽车监控系统的典型系统构成。通常,一个控制系统包含以下的组成部分:设定点发生器、传感器、执行器、电子控制单元(ECU)和被控系统。电子控制元件间的网络化使数据交换更加便利。

在更高层次的驾驶员-车-环境系统中还包括驾驶员部分和环境部分,它们对于汽车的行为都能产生影响。

单单看ECU本身,它只是提供了实现功能的一种手段,是一个孤立的部分,对于汽车用户来说它并没有显而易见的价值。只有一个包含电子控制元件、设定点发生器、传感器和执行器的完整系统才能对被控对象起影响和监控作用,比如对用户的动作和请求做出回应。然而在许多情况下,特别是在嵌入式系统(实际系统经常如此)的情形,汽车功能的电子实现对于汽车用户来说甚至是不可见的。

如图1-2所示,车载控制和监控系统可以通过控制方框图来表示。系统的组成部分以方块表示,箭头表示方块之间信号的流向。有关控制和监视技术的基本知识和术语,见本书的2.1和2.6节。

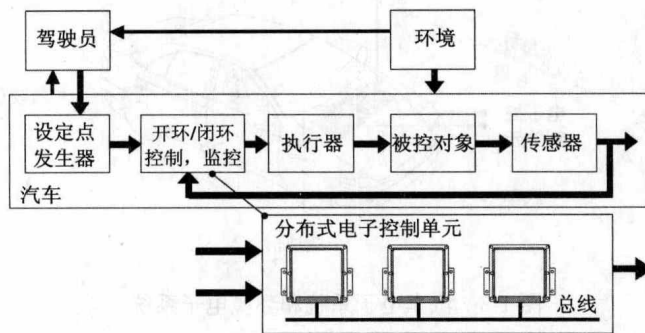


图 1-2 控制及监控系统结构方框图

如图1-2所示,有可能在多个组成部件间存在着信号流向,比如在驾驶员、汽车及环境之间。在这个图中,驾驶员作为一个占位符来表示所有的汽车用户,比如驾驶员和乘客。

环境系统包括附近的其他车辆以及相关的电子系统。这些相关的电子系统包括在汽车维修店连接到车载电子控制系统上的诊断测量设备等工具(图1-1)。

新技术能更好地帮助驾驶员和汽车、驾驶员和环境以及环境和汽车之间交换信息，从而促进更多创新的功能。举个简单的例子，我们能超越车身通过无线通信系统建立网络连接，这种无线方式的网络使一种崭新类型的系统可能得以实现，比如驾驶员辅助支持系统。在过去的几年中，通过车-环境网络，我们得以引入很多基于多媒体系统领域的新功能。例如汽车动态导航功能，它能根据具体的环境信息，比如交通堵塞报告，从而估算出理想的行车路径。

其他一些新的革新也为汽车用户界面领域带来更多的便捷，也就是在驾驶员或者乘客与汽车之间建立互动。在今天，操作系统和显示系统都能基于声控方式得以实现。

正如前面所叙述的，在本书中，我们讨论的网络已经不仅仅局限于汽车电子功能，它超出汽车本身的界限，并包含了驾驶员和汽车互动的电子功能和电子系统。这也能帮助我们更好地理解以下所引入和讨论的术语：车载和非车载、在线和离线。

1.1.2 汽车电子系统和环境

在以下的章节中，我们把汽车中电子系统中的通信称为车载通信（Onboard Communication）。相应地，车载电子系统和环境系统间的通信我们称之为非车载通信（Offboard Communication）。相类似地，当提及汽车电子系统界面的时候我们也区别车载界面与非车载界面。通过图 1-3 我们可以得到一个概括的了解。

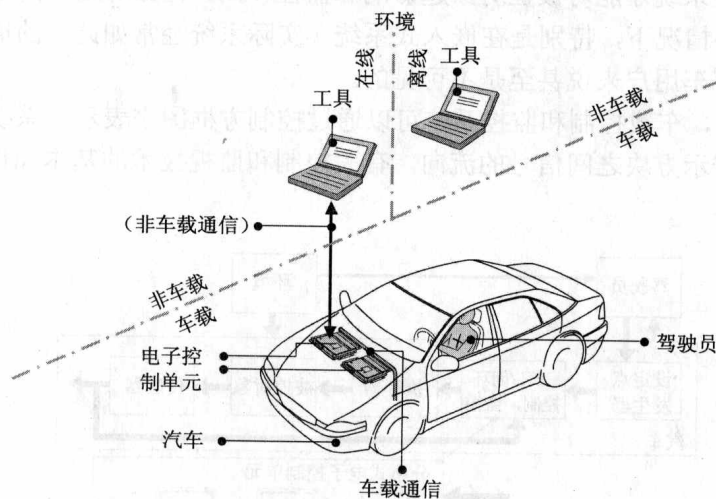


图 1-3 汽车电子系统和环境电子系统

对于由汽车中电子系统执行的功能和由外界环境所处理的功能，我们也区分车载功能和非车载功能。我们可以把功能分割成多个子功能，这些子功能也可以分别由车载电子系统和非车载电子系统来分别实现。

另一个区别是，非车载系统执行某个功能的时刻与车载系统执行某个功能的时刻之间的关系。在这种情况下，我们可以做出同步执行（也称为在线执行）和异步执行（也称为离线执行）的区分。