



AUTOSAR 规范

与车用控制器软件开发

宋珂 王民 单忠伟 谭杨 编著



化学工业出版社

AUTOSAR 规范

与车用控制器软件开发

宋珂 王民 单忠伟 谭杨 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书共分 10 章, 首先介绍了汽车电子控制系统以及 AUTOSAR 规范的基本概念; 之后以 AUTOSAR 方法论为线索, 通过示例开发过程介绍, 全面展现了基于 AUTOSAR 工具链完成符合 AUTOSAR 规范的车用控制器软件开发的具体流程与方法; 最后, 剖析了 AUTOSAR 对道路车辆功能安全 ISO 26262 标准的支持情况, 并对 AUTOSAR 与信息安全以及 Adaptive AUTOSAR 平台进行了介绍。本书以通俗易懂的语言和形象的图解展现了 AUTOSAR 中一些复杂的概念问题, 精心设计的示例亦旨在以开发者的视角深度剖析 AUTOSAR 方法论的具体实施过程。

本书可作为汽车电子相关专业高年级本科生和研究生的参考书, 也可作为汽车电子行业软件工程师学习参考的资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

AUTOSAR 规范与车用控制器软件开发/宋珂等编著. —北京: 化学工业出版社, 2018.11

ISBN 978-7-122-32983-7

I. ①A… II. ①宋… III. ①汽车-电子系统-应用软件-软件开发 IV. ①U463.6-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 206980 号

责任编辑: 辛 田

文字编辑: 冯国庆

责任校对: 王鹏飞

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 389 千字 2019 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 78.00 元

版权所有 违者必究

很高兴为本书作序。

汽车电子已成为汽车产品功能拓展与性能提升的重要技术支撑，而软件则是汽车电子的灵魂。对于汽车电子软件行业而言，AUTOSAR 规范的应用打破了原有的汽车嵌入式系统软件开发模式，其快速提升软件质量及方便移植的特性降低了参与底层平台开发的门槛，对众多 OEM 厂商和 Tier1 而言可谓意义重大。自 AUTOSAR 规范诞生以来，至今亦不过十几载，而大规模应用更是近几年的事情。由于引入众多新的概念、新的工具、新的方法，AUTOSAR 与传统的嵌入式软件开发模式差异较大，对于初学者来说都会感到有一点不适应。同时，目前与 AUTOSAR 相关的参考资料太少了，大多也都仅仅停留于 AUTOSAR 规范的解读层面，对于基于 AUTOSAR 工具链的开发过程详细讲解的书籍和资料可谓是极少，而有实战经验的开发工程师直接参与的著作就更少了。

上海捷能汽车技术有限公司自 2009 年成立以来，一直担负着为上汽集团的新能源汽车研发核心“三电”技术与产品的责任。由于立足于自主研发，软件体系能力的建立尤为迫切。为此，我们自公司成立之初就设置了负责软件开发的控制集成部门，并且在 2011 年前后开始学习和探索 AUTOSAR 规范的落地应用。目前，上汽捷能已经完成了符合 AUTOSAR 规范的新能源汽车整车控制器 VCU、电动机控制器 MCU、电驱变速箱（EDU）控制器 HCU 等多个控制器的开发与量产，并建立了一支近 200 人专门从事控制软件开发的技术团队。国内的其他主流整车企业，以及一些零部件供应商也都已经开始为下一代符合 AUTOSAR 规范的“三电”系统 ECU 进行布局。

同济大学宋珂、上汽捷能资深软件工程师王民、同济大学单忠伟与 ETAS 谭杨合作撰写了《AUTOSAR 规范与车用控制器软件开发》一书，分享了多位作者在 AUTOSAR 学习和开发中的经验，这对大家认识 AUTOSAR 规范，学习遵循 AUTOSAR 方法论的汽车软件开发过程提供了有益的参考。全书先从 AUTOSAR 规范相关概念着手进行讲解，然后基于实际事例介绍了符合 AUTOSAR 规范的车用控制器的软件开发方法。最后，分享了 AUTOSAR 与功能安全、信息安全等交叉领域的部分经验，还对下一代 Adaptive AUTOSAR 技术进行了介绍……这些都有助于汽车软件工程师更好地理解这些新概念和新系统，并对 AUTOSAR 的下一步发展方向有一个较为清晰的认识。

随着新能源和智能网联技术在汽车领域的应用发展，传统的分布式电子电气架构向新一代集中式电子电气架构发展的趋势愈发明显，与之相适应的软件将占有越来越重要的地位。快速走向市场的时间压力和越来越庞杂的功能开发需求将迫使更多的产品采用 AUTOSAR 架构，乃至下一代的 Adaptive AUTOSAR 架构。本书的出版对于想学习 AUTOSAR 的汽车电子专业学生和企业工程师而言都将是一件非常有意义的事情！

上汽乘用车技术中心副主任

上汽集团捷能公司总经理

教授级高级工程师

朱 军 博士



如今，汽车电子技术在动力总成控制、底盘控制、车身控制以及车载信息娱乐系统等各个部分所占的比重越来越大，在整车成本中的占比也越来越高。随着汽车“电动化、网联化、智能化、共享化”的全面推进，几乎任何一项新技术的诞生都离不开汽车电子的身影。未来，汽车电子技术将成为汽车产品差异性的驱动力。ECU作为汽车电子控制系统的核心，其软件也变得日益复杂，传统的软件架构及开发模式已经不能适应日益复杂的汽车软件需求，此时AUTOSAR就是一个非常理想的解决方案。与传统ECU软件架构相比，AUTOSAR分层架构的高度抽象使得汽车嵌入式系统软、硬件耦合度大大降低。

AUTOSAR的应用源于德国，之后是美国、日本，现在已经到了中国。符合AUTOSAR规范的车用控制器开发在不久的将来将会成为行业趋势。

AUTOSAR方法论所提出的开发思路是一种基于工具链的开发，这与传统手写代码的方式具有很大的差异。工程师们在开始学习这一技术的时候需要花费大量的精力去熟悉整套开发流程。但是由于这一技术在中国刚刚起步，市面上几乎找不到合适的、针对性的参考书籍，因此一本好的AUTOSAR参考书籍是非常应景，非常必要的。

在仔细阅读了由同济大学宋珂、单忠伟以及上汽捷能王民与ETAS谭杨所著的《AUTOSAR规范与车用控制器软件开发》一书后，感觉耳目一新，这正是汽车电子行业内目前所急需的书籍。作者通过用心设计的例程详细讲解AUTOSAR规范的相关概念，揭示AUTOSAR方法论的具体实施方法，非常有助于读者去理解AUTOSAR的精髓。最后，本书还对AUTOSAR技术进行了展望。这对于AUTOSAR规范在中国的推广应用具有重要意义！

国家“千人计划”专家
同济大学校学术委员会委员
汽车学院学术委员会主任
燃料电池汽车技术研究所所长
同济大学教授
章桐博士



现代汽车是由电子元件和软件驱动的，它们在过去 20 年里驱动着创新，也将是未来 10 年汽车界创新的源动力。汽车已经成为人们设计的最复杂的软件系统之一，比如现代豪华车上运行着超过 1 亿行代码，基于复杂的车内网络在上百个 ECU 间进行数据交互。除了高复杂度之外，软件更承载着极其严酷的安全需求，软件的失效非常容易导致危险情况的发生。在这些安全需求的背后，信息安全近来也成为了一个焦点——没有信息安全就没有功能安全，因为不能保证软件不会以一些不安全的方式被非预期地篡改。

AUTOSAR 组织经过 15 年的努力设计了一个完善的软件平台，它可以为应对软件复杂性问题提供重要的技术支撑，并且可以让 Tier1 和 OEM 更专注于软件功能的设计与开发。基于该平台，可以开发动力总成、底盘、车身和驾驶辅助系统等领域的 ECU 软件。它涵盖了构建现代 ECU 所需的实时调度、通信、诊断、存储管理、功能安全和信息安全等功能。如今，符合 AUTOSAR 规范的软件已用于数亿辆汽车和数十亿个 ECU，仅 ETAS 就已经将其平台软件用于超过 15 亿个 ECU，并以每周超过 200 万个新 ECU 的生产速度在增长。

由同济大学的宋珂和单忠伟、上海捷能汽车技术有限公司的王民以及 ETAS 的谭杨合作撰写的《AUTOSAR 规范与车用控制器软件开发》一书，通过理论剖析和实践指导相结合的方式，深入介绍了 AUTOSAR 规范及其方法论的具体实施过程。对于参与汽车 ECU 设计或者开发的人员而言，非常值得一读。书中，作者以车灯控制器的开发示例诠释了基于 AUTOSAR 工具链、遵循 AUTOSAR 方法论，在 AUTOSAR 规范所定义的平台软件上进行功能开发的过程。

当下，汽车行业正在发生一场巨变，“电动化、网联化、智能化、共享化”引领着汽车创新的未来。为迎合这场变革带来的新需求，AUTOSAR 组织定义了一个新的自适应平台。该平台提供了更灵活的、面向服务的架构来满足“新四化”过程中所面临的复杂计算和精准决策等难题。本书也介绍了 AUTOSAR 规范中的一些新概念以及自适应 AUTOSAR 平台相关的内容。

本书的出版可谓是非常及时，内容也十分充实，不仅立足于基础，还展望了 AUTOSAR 规范的未来发展方向。这对于有志于从事以软件驱动的汽车电子行业工作的学生或者工程师而言都将是一份宝贵的学习资料。

Dr. Nigel Tracey
Director-RTA Solutions
ETAS

前言

Preface

AUTOSAR

汽车电子技术已成为汽车各方面功能拓展、性能提升的重要技术支撑。随着汽车新能源化与智能化的逐步推进，汽车电子技术的功能需求将不断增加，控制软件也将变得越来越复杂。为了提升软件复用度，提高软件开发质量与效率并降低开发风险与成本，由全球汽车制造商、零部件供应商及其他半导体和软件系统公司联合建立了汽车开放系统架构联盟（AUTomotive Open System ARchitecture, AUTOSAR），并联合推出了一个开放的、标准化的汽车嵌入式系统软件架构——AUTOSAR 规范。

AUTOSAR 规范在国外的应用已经较为普遍和成熟，随着 AUTOSAR 规范的认可度越来越高，它有望成为整个汽车电子行业普遍使用的软件标准。近年来，随着国内一些企业纷纷加入新能源汽车“三电”相关控制器的研发，控制器正向开发需求不断增加，AUTOSAR 规范在国内的应用也进入了一个高潮，基于 AUTOSAR 平台可以使得开发者更高效、更高质量地完成汽车嵌入式系统软件的开发。

本书中笔者以通俗易懂的语言、形象的图解展现了 AUTOSAR 中一些复杂的概念问题，并精心设计了一个示例作为本书的开发对象。笔者主要以 ETAS AUTOSAR 系统解决方案为基础，以 AUTOSAR 方法论为线索，详细介绍了基于 AUTOSAR 工具链完成车用控制器软件开发的具体流程与方法，并将基本概念融入开发过程介绍，加深读者的印象，提升读者的感性认识和认知水平。最后，还剖析了 AUTOSAR 对功能安全的支持情况，并对 AUTOSAR 与信息安全以及 Adaptive AUTOSAR 平台进行了介绍。

本书共分为 10 章。第 1 章介绍了汽车电子控制系统的发展史、应用现状和基本构成，并提出了当下车用控制器软件所面临的问题。第 2 章介绍了 AUTOSAR 的基础理论知识，详细介绍了 AUTOSAR 分层架构、软件组件、虚拟功能总线、方法论及应用接口。第 3 章介绍了本书示例的开发需求、设计方案以及本书所采用的 AUTOSAR 系统解决方案，起到承上启下的作用；第 4~8 章详细介绍了 AUTOSAR 方法论的具体实施过程，以方法论为“纲”，各阶段配置开发为“目”，纲举目张，便于读者理解开发过程中每个阶段的作用，并学会 AUTOSAR 工具链的基本使用方法。其中，第 4 章主要讲述了使用 Matlab/Simulink 进行应用层软件组件开发以及符合 AUTOSAR 规范的代码和描述文件配置生成方法。第 5 章

主要讲解了使用 ETAS ISOLAR-A 工具进行 AUTOSAR 系统级设计与配置的方法。第 6 章详细阐述了本书示例所涉及的基础软件模块和运行时环境的基本概念，以及基于 ETAS RTA 系列工具进行 AUTOSAR ECU 级开发的具体方法，包括 CAN 通信协议栈、ECU 状态管理器、BSW 模式管理器、运行时环境 RTE、操作系统 OS 等常用模块。第 7 章则详细介绍了本书示例所用到的微控制器抽象层 MCAL 各模块的基本概念、配置及接口代码实现方法，基本覆盖了所有常用的 MCAL 模块。第 8 章介绍了 AUTOSAR 工程代码集成与调试方法，并展示了本书示例的开发结果。第 9 章和第 10 章主要介绍了 AUTOSAR 与功能安全、AUTOSAR 与信息安全以及 Adaptive AUTOSAR 平台的相关内容，作为本书内容的拓展外延。

本书第 1 章~第 7 章由同济大学宋珂、单忠伟编写，第 8 章由 ETAS 谭杨编写，第 9 章与第 10 章由上海捷能汽车技术有限公司王民编写，书中示例由同济大学宋珂、单忠伟设计开发。全书由宋珂统稿，王民及 ETAS ERS 部门高级经理汤易负责审阅。

在本书编写过程中得到了 ETAS 公司、恩智浦半导体公司和 MathWorks 公司的支持！

本书适合具有一定嵌入式软件开发基础知识的读者阅读，可作为高等院校本科生、研究生学习 AUTOSAR 规范以及符合 AUTOSAR 规范的车用控制器软件开发方法的参考书，也可以作为汽车电子行业软件工程师学习参考的资料。

本书中所有内容都经过 ETAS 公司、恩智浦半导体公司和 MathWorks 公司相关专家的审阅，且本书示例经过笔者亲自测试验证。但由于我们水平有限，书中难免会出现疏漏或不当之处，诚望读者批评和指正。

编著者

第 1 章 汽车电子控制系统介绍 1

- 1.1 电子技术在汽车上的应用 / 1
 - 1.1.1 汽车电子技术的发展历史 / 1
 - 1.1.2 汽车电子技术的应用现状 / 1
- 1.2 汽车电子控制系统的基本构成 / 3
- 1.3 车用控制器软件标准（从 OSEK 到 AUTOSAR） / 3
- 1.4 本章小结 / 4

第 2 章 AUTOSAR 规范基础理论 5

- 2.1 AUTOSAR 的由来与发展历程 / 5
 - 2.1.1 AUTOSAR 的由来 / 5
 - 2.1.2 AUTOSAR 的原则及核心思想 / 6
 - 2.1.3 AUTOSAR 的发展历程及应用现状 / 6
- 2.2 AUTOSAR 分层架构 / 7
 - 2.2.1 AUTOSAR 应用软件层 / 8
 - 2.2.2 AUTOSAR 运行时环境 / 8
 - 2.2.3 AUTOSAR 基础软件层 / 8
- 2.3 AUTOSAR 软件组件 / 9
 - 2.3.1 软件组件的数据类型 / 10
 - 2.3.2 软件组件的端口与端口接口 / 11
 - 2.3.3 软件组件的内部行为 / 12
- 2.4 AUTOSAR 虚拟功能总线 / 14
- 2.5 AUTOSAR 方法论 / 15
- 2.6 AUTOSAR 应用接口 / 16
- 2.7 本章小结 / 17

3.1 本书示例介绍 / 18

3.1.1 示例开发需求介绍 / 18

3.1.2 示例总体方案设计 / 18

3.1.3 示例系统设计 / 18

3.1.4 示例系统 AUTOSAR 架构 / 21

3.2 ETAS AUTOSAR 系统解决方案介绍 / 23

3.3 本书 AUTOSAR 系统解决方案介绍 / 23

3.4 本章小结 / 24

4.1 Matlab/Simulink 与 Embedded Coder 工具简介 / 25

4.1.1 Matlab/Simulink 工具简介 / 25

4.1.2 Embedded Coder 工具简介 / 25

4.2 基于 Matlab/Simulink 的软件组件开发 / 26

4.2.1 Matlab/Simulink 与 AUTOSAR 基本概念的对
应关系 / 26

4.2.2 软件组件内部行为建模方法 / 27

4.2.3 AUTOSAR 客户端/服务器机制的实现
方法 / 27

4.3 软件组件代码及描述文件配置生成 / 29

4.3.1 求解器及代码生成相关属性配置 / 29

4.3.2 模型配置 / 31

4.3.3 AUTOSAR Properties 配置 / 33

4.3.4 Simulink-AUTOSAR Mapping 配置 / 36

4.3.5 符合 AUTOSAR 规范的代码及描述文件
生成 / 38

4.4 在 Simulink 中导入软件组件描述文件—— “自上而下”的工作流程 / 39

4.5 本章小结 / 40

第 3 章

本书示例及 AUTOSAR 系统解决方案介绍

18

第 4 章

AUTOSAR 软件组件级 设计与开发

25

第 5 章

AUTOSAR 系统级设计与配置

41

- 5.1 ETAS ISOLAR-A 工具简介 / 41
- 5.2 ETAS ISOLAR-A 工具入门 / 42
 - 5.2.1 ISOLAR-A 安装方法 / 42
 - 5.2.2 ISOLAR-A 界面说明 / 46
- 5.3 基于 ISOLAR-A 的软件组件设计方法 / 47
 - 5.3.1 AUTOSAR 工程创建 / 47
 - 5.3.2 数据类型定义 / 49
 - 5.3.3 端口接口设计 / 52
 - 5.3.4 软件组件设计 / 55
 - 5.3.5 I/O 硬件抽象层软件组件设计 / 67
 - 5.3.6 软件组件模板生成 / 70
- 5.4 基于 ISOLAR-A 的系统级设计与配置方法 / 73
 - 5.4.1 系统配置输入文件创建与导入 / 73
 - 5.4.2 Composition SWC 建立 / 79
 - 5.4.3 系统配置 / 83
 - 5.4.4 ECU 信息抽取 / 86
- 5.5 本章小结 / 87

第 6 章

AUTOSAR ECU 级开发之 RTE 与 BSW (除 MCAL 外)

88

- 6.1 ETAS RTA 系列工具简介 / 88
 - 6.1.1 RTA-BSW 简介 / 88
 - 6.1.2 RTA-RTE 简介 / 89
 - 6.1.3 RTA-OS 简介 / 89
- 6.2 ETAS RTA 系列工具入门 / 89
 - 6.2.1 RTA 系列工具安装方法 / 89
 - 6.2.2 RTA 系列工具界面说明 / 95
- 6.3 CAN 通信协议栈概念与配置方法介绍 / 96
 - 6.3.1 CAN 通信协议栈概念 / 96
 - 6.3.2 CAN 通信协议栈配置方法 / 96
- 6.4 EcuM 模块概念与配置方法介绍 / 105
- 6.5 BswM 模块概念与配置方法介绍 / 110

- 6.6 BSW 模块代码生成 / 116
 - 6.7 服务软件组件与应用层软件组件端口连接 / 118
 - 6.8 RTE 配置与代码生成 / 119
 - 6.8.1 RTE Contract 阶段生成 / 119
 - 6.8.2 RTE 配置 / 120
 - 6.8.3 RTE Generation 阶段生成 / 124
 - 6.9 AUTOSAR 操作系统概念与配置方法介绍 / 127
 - 6.9.1 AUTOSAR 操作系统概念 / 127
 - 6.9.2 RTA-OS 工程创建 / 131
 - 6.9.3 AUTOSAR 操作系统配置方法 / 132
 - 6.9.4 RTA-OS 工程编译 / 136
 - 6.10 本章小结 / 137
-
- 7.1 MCAL 配置工具入门 / 138
 - 7.1.1 MCAL 配置工具安装方法 / 138
 - 7.1.2 MCAL 配置工具界面说明 / 139
 - 7.1.3 MCAL 配置工程创建方法 / 140
 - 7.2 MCAL 模块配置方法及常用接口函数介绍 / 142
 - 7.2.1 Mcu 模块 / 142
 - 7.2.2 Gpt 模块 / 148
 - 7.2.3 Port 模块 / 151
 - 7.2.4 Dio 模块 / 154
 - 7.2.5 Adc 模块 / 157
 - 7.2.6 Pwm 模块 / 163
 - 7.2.7 Icu 模块 / 168
 - 7.2.8 Can 模块 / 171
 - 7.2.9 Base 与 Resource 模块 / 176
 - 7.3 MCAL 配置验证与代码生成 / 176
 - 7.4 本章小结 / 177

第 7 章

AUTOSAR ECU 级 开发之 MCAL

138

第 8 章

AUTOSAR 工程代码集成 与调试 178

- 8.1 AUTOSAR 工程代码架构与集成方法介绍 / 178
- 8.2 代码编译链接 / 178
- 8.3 代码调试 / 179
 - 8.3.1 单片机可执行文件下载 / 179
 - 8.3.2 A 型车灯调试现象 / 180
 - 8.3.3 B 型车灯调试现象 / 183
- 8.4 本章小结 / 184

第 9 章

AUTOSAR 与功能安全 185

- 9.1 AUTOSAR 对 ISO 26262 中支持部分的要求概述 / 185
 - 9.1.1 ISO 26262 对架构设计的要求 / 186
 - 9.1.2 ISO 26262 对硬件验证的要求 / 188
 - 9.1.3 ISO 26262 对通信验证的要求 / 190
 - 9.1.4 ISO 26262 对 FFI 的要求 / 191
 - 9.1.5 ISO 26262 对编码风格的要求 / 192
- 9.2 AUTOSAR 中实现 FFI 的安全机制 / 194
 - 9.2.1 AUTOSAR 安全机制的存储空间分区 / 194
 - 9.2.2 AUTOSAR 安全机制的存储空间保护 / 194
 - 9.2.3 AUTOSAR 安全机制的程序流监控 / 196
 - 9.2.4 AUTOSAR 安全机制的 E2E 保护 / 202
- 9.3 本章小结 / 206

第 10 章

AUTOSAR 技术展望 207

- 10.1 AUTOSAR 与信息安全 / 207
 - 10.1.1 密码协议栈 / 209
 - 10.1.2 安全车载通信 / 212
- 10.2 Adaptive AUTOSAR 平台 / 216
 - 10.2.1 Adaptive AUTOSAR 缘起 / 216
 - 10.2.2 AP 和 CP / 218
 - 10.2.3 Adaptive AUTOSAR 平台新概念介绍 / 220
- 10.3 本章小结 / 224

参考文献 225

第 1 章 汽车电子控制系统介绍

如今，电子技术在汽车中的应用日益广泛，汽车电子已成为汽车领域最热门的话题与研究方向之一。作为全书的引子，本章先介绍电子技术在汽车上的应用、汽车电子控制系统的基本构成以及车用控制器软件标准。

1.1 电子技术在汽车上的应用

1.1.1 汽车电子技术的发展历史

汽车电子技术的发展史是一段以电子技术发展为基础，以人们对汽车功能需求的日益增长为驱动力的发展史，其大致可以分为以下四个阶段。

第一个发展阶段：从 20 世纪 50 年代中期到 70 年代中期，这是汽车电子技术发展的起始阶段。在那时，一些汽车厂家开始研发一些单一的电子零部件，用来改善汽车上某些机械部件的性能，以及采用一些简单的电子设备来取代以前的机械部件，如整流器、电压调节器、交流发电机、晶体管无触点点火装置、电子喇叭、数字钟、汽车收音机等都是这一阶段出现的具有代表性的汽车电子装置。

第二个发展阶段：从 20 世纪 70 年代末期到 80 年代初期，以集成电路和 16 位以下的微处理器在汽车上的应用为标志，主要是开发汽车各系统专用的独立控制部分，电子装置被应用在某些机械装置无法解决的复杂控制功能方面。这期间最具代表性的是电子控制汽油喷射技术的发展和防抱死制动技术的成熟。该阶段涌现的其他汽车电子技术还包括自动门锁、高速警告系统、自动除霜控制、撞车预警传感器、电子正时、电子变速器、闭环排气控制、自动巡航控制、防盗系统等。

第三个发展阶段：从 20 世纪 80 年代中期到 90 年代初期，随着大规模集成电路技术的快速发展和微处理器在控制技术方面的应用，汽车电子技术迅速发展。此阶段主要是开发可以完成各种功能的综合系统，如集发动机控制与自动变速器控制为一体的动力传动控制系统、制动防抱死系统与驱动防滑转控制系统等。

第四个发展阶段：从 20 世纪 90 年代中期至今，随着计算机运算速度和存取位数的提高以及车载网络与通信技术的迅速发展，车辆的智能控制和网络控制技术应运而生，它们给汽车赋予了更多的“想象力”。在当今汽车“电动化、网联化、智能化、共享化”的过程中，几乎任何一项新技术的诞生都离不开汽车电子技术的身影。

1.1.2 汽车电子技术的应用现状

目前，汽车电子技术主要应用于动力传动总成电子系统、底盘电子系统、车身电子系

统、汽车通信与娱乐电子系统等。

(1) 动力传动总成电子系统

① 对于传统汽车而言，动力传动总成电子控制系统主要包括：发动机管理系统（Engine Management System, EMS）、自动变速器控制系统（Automatic Transmission Control System）等。

② 对于新能源汽车而言，则主要包括：整车控制器（Vehicle Control Unit, VCU）、混合动力控制单元（Hybrid Control Unit, HCU）、驱动电动机控制器（Motor Control Unit, MCU）、电池管理系统（Battery Management System, BMS）、燃料电池发动机控制系统（Fuel Cell Engine Control System, FCECS）等。

它们主要是保证汽车动力系统在不同的工况下均能在最佳状态下运行，从而降低能耗，并简化驾驶员的操作，减轻驾驶员的劳动强度，以此来提高汽车的动力性、经济性和舒适性。

(2) 底盘电子系统

汽车底盘由传动系统、行驶系统、转向系统和制动系统四大系统组成，随着电子技术在汽车中的广泛应用，使汽车底盘的控制正在快速地向电子化、智能化和网络化方向发展，从而出现了许多汽车底盘电子控制系统。常用的控制系统如下。

- ① 牵引力控制系统（Traction Control System, TCS）。
- ② 电子稳定控制系统（Electronic Stability Control, ESC）。
- ③ 电控悬架系统（Electronic Control Suspension System, ECS）。
- ④ 定速巡航系统（Cruise Control System, CCS）。
- ⑤ 自适应巡航控制系统（Adaptive Cruise Control, ACC）。
- ⑥ 电动助力转向系统（Electric Power Steering, EPS）。
- ⑦ 防抱死制动控制系统（Anti-lock Braking System, ABS）。
- ⑧ 电子制动力分配系统（Electronic Brakeforce Distribution, EBD）。
- ⑨ 电子控制制动辅助系统（Electronic Brake Assist, EBA）。
- ⑩ 自动紧急制动系统（Autonomous Emergency Braking, AEB）。
- ⑪ 车道偏离预警系统（Lane Departure Warning, LDW）。
- ⑫ 车道保持辅助系统（Lane Keeping Assist, LKA）。

(3) 车身电子系统

车身电子控制系统主要用于增强汽车的安全性与舒适性，常用的如下。

① 自动采暖通风和空调系统（Heating, Ventilation and Air-Conditioning System, HVAC）。

- ② 胎压检测系统（Tire Pressure Monitoring System, TPMS）。
- ③ 安全气囊系统（Supplemental Restraint System, SRS）。
- ④ 座椅位置调节系统（Seat Adjustment Position Memory System, SAMS）。
- ⑤ 雷达车距报警系统（Radar Proximity Warning System, RPWS）。
- ⑥ 倒车报警系统（Reverse Vehicle Alarm System, RVAS）。
- ⑦ 前部碰撞预警系统（Forward Collision Warning System, FCWS）。
- ⑧ 盲点监测系统（Blind Spot Detection, BSD）。
- ⑨ 停车辅助系统（Parking Assist System, PAS）。
- ⑩ 中央门锁控制系统（Central Locking Control System, CLCS）。
- ⑪ 防盗报警系统（Guard Against Theft and Alarm System, GATA）。