



第 1 章 简 介

本书针对那些在汽车领域从事测试相关工作，如对于基于软件的系统进行测试规划、准备、执行或评估的人员。本书旨在尽可能广泛地介绍汽车软件测试的主题，但也要说明，并不涵盖所有相关的专业内容。

对于一些专题的深入讨论，请参考相关独立的 ISTQB® 模块的课程大纲和书籍，例如，用于敏捷软件开发的测试、用于 IT 信息安全的测试和用于基于模型的测试。关于当前非常热门的基于人工智能（AI）的测试系统，如自动驾驶汽车，相应的 ISTQB® 课程大纲也正在编制中。

1.1 课程大纲

本书可以帮助读者准备 ISTQB® 专业领域 - 汽车软件测试工程师（CTFL-AuT）的认证考试（注：ISTQB® 已将原 CTFL-AuT 调整为独立的专业课程大纲 CT-AuT，请参看 ISTQB® 官网），适用于自学及培训课程。它涵盖了 ISTQB® 课程大纲（版本 2.0.2）的全部内容。附录 E 包含一个信息来源的参考表，列出了 CTFL-AuT 课程大纲中各个章节在本书中的位置。在这本书中给出了很多重要的背景知识，并对其中一些方面进行了更为深入的探讨。然而，本书的部分内容也超出了课程大纲的内容要求。

为了准备认证考试，除了本书外，还必须阅读和理解课程大纲，因为考试问题来源于课程大纲，并且课程大纲对某些主题的处理与书本略有不同。然而，书中也标明了与课程大纲的不同之处。

CTFL-AuT 以 ISTQB® 基础级课程大纲为基础，补充了汽车相关的特定内容。因此，CTFL-AuT 认证需要有 CTFL（ISTQB® 基础级）的认证证书。这本书本质上预设了读者对 CTFL 内容的了解，这部分内容如有需要可阅读《软件测试基础》一书。



本书中使用的测试专业术语基于跨课程大纲的 ISTQB® 术语表。如果读者对某个测试专业术语不熟悉或不了解，可以在该术语表中找到相应的定义。

1.2 本书概述

本书基本上以 CTFL-AuT 课程大纲的结构（见附录 E）为基础。

第 2 章论述了 CTFL-ISTQB® 基础级的基本知识。它概述了 CTFL 中对于理解 CTFL-AuT 所必要的测试基本原则。此外，本章还描述了汽车行业典型的产品开发过程（Product Development Process, PDP），并讨论了测试人员在产品开发过程中参与的活动，例如（产品）发布。

第 3 章涵盖了软件测试人员在汽车行业中通常会接触到的标准和规范。书中特别关注 ASPICE、ISO 26262 和 AUTOSAR，对这些标准和规范的基本结构，以及对测试人员的相关要求和挑战都做了解释。与课程大纲相比，本书提供了更多关于各标准和规范的信息和背景。本章的目的是向测试人员提供足够的信息，以便他们能够参与有关标准和规范中引申出的测试需求的讨论。本章最后对标准和规范中的目的、测试级别、测试技术和测试方法进行了比较。

第 4 章介绍了汽车行业中使用的不同虚拟测试环境。在对测试环境进行一般性阐释后，本章介绍了闭环系统和开环系统之间的区别。然后，深入分析了各类虚拟测试环境的特性，如 MiL（模型在环）、SiL（软件在环）和 HiL（硬件在环）。最后，对不同的虚拟测试环境及其在产品开发中的应用领域进行了比较。

第 5 章介绍了汽车行业中使用的特殊测试方法和技术，并通过实例说明了它们的具体应用。在软件测试中，测试方法具有普遍性，代表了解决测试任务的基本方式和理论。而测试技术是解决测试任务的具体方式和技术手段。测试技术包括静态和动态测试技术。静态测试侧重于根据 MISRA C 进行的代码分析，以及用于评审需求的质量特性。动态测试特别侧重于 ISO 26262 推荐的测试技术。例如，其中包括修正条件 / 判定测试（MC/DC 测试）、背靠背测试和故障注入测试。此外，第 5 章还展示了如何在具体的项目环境中选择测试技术。

在撰写本书的过程中，有些作者编写的部分内容超出了本书主要章节的涵盖范围。不过，由于这些内容都是很有价值的信息，因此可以在附录中找到。例如，ISO 26262 中所有卷的内容摘要，包括对 2018 版更新的说明。

为了便于读者更容易理解本书的内容，本书以汽车制造商巴伐利亚电动汽车（Bavarian Electric Cars, BEC）的城市轻型车（Urban Lite Vehicle, ULV）项目作为贯穿全文的一个示例项目（见 1.3 节）。在可能和适当的情况下，书中的各个章节内容都会参考该示例项目。这将使读者更容易理解书中的内容，并将所学内容应用到日常的项目工作中。

1.3 示例项目介绍

本书中贯穿全文的示例旨在帮助读者更好地理解书中内容。书中所有的示例均用灰色突出显示：

示例：巡航系统

待开发的巡航系统功能指的是单一的速度调节器，而不是自适应巡航系统。

1.3.1 示例项目背景

该示例项目的核心是爱迪森电子（Eddison Electronics, EE）公司。爱迪森电子是一家专注于汽车电力驱动的中型企业。汽车制造商巴伐利亚电动汽车（BEC）委托爱迪森电子公司为其新型的城市轻型车（ULV）开发电力传动系统。爱迪森电子在该项目中担任（一级）系统供应商，并为巴伐利亚电动汽车（BEC）公司开发完整的电力驱动系统，其中包括驱动轮防滑控制或巡航系统等相关功能。图 1-1 显示了爱迪森电子负责的车辆部分。

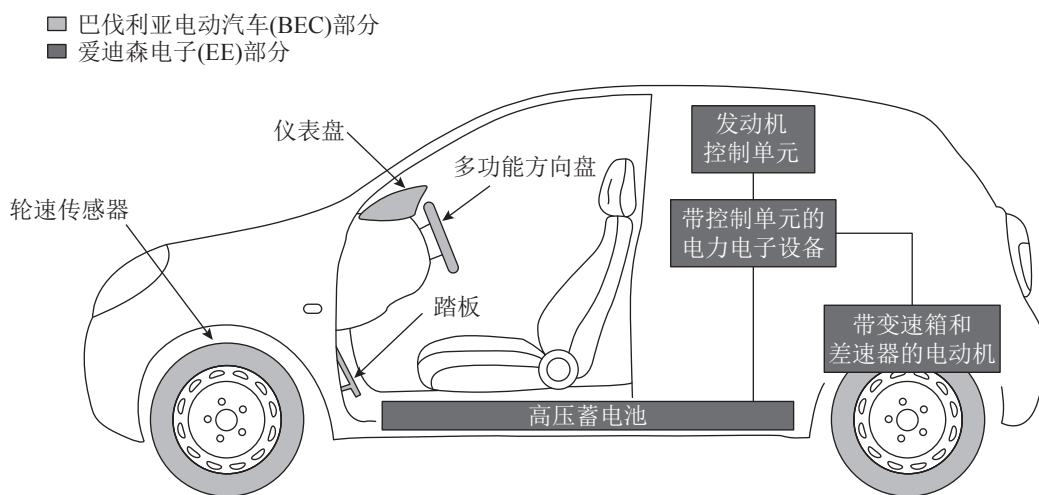


图 1-1 爱迪森电子（EE）在 ULV 项目中负责的范围

1.3.2 系统构成

ULV 的电力传动系统由 E/E 驱动系统和纯机械部件（例如，变速箱和差速器）组成。E/E 驱动系统包括电机、电力电子设备（如逆变器）、高压蓄电池及电力电子设备控制单元和电机控制单元。它们集成到车辆的电气系统和总线系统（包括 CAN 总线）中。这些控制单元为现代平台控制单元，其硬件和软件均由爱迪森电子公司自主开发。

图 1-2 展示了电力传动系统的结构，包括构成两个控制单元软件的软件组件。带有软件部分的结构元素对于本书中的示例尤为重要，它们都用灰色表示。

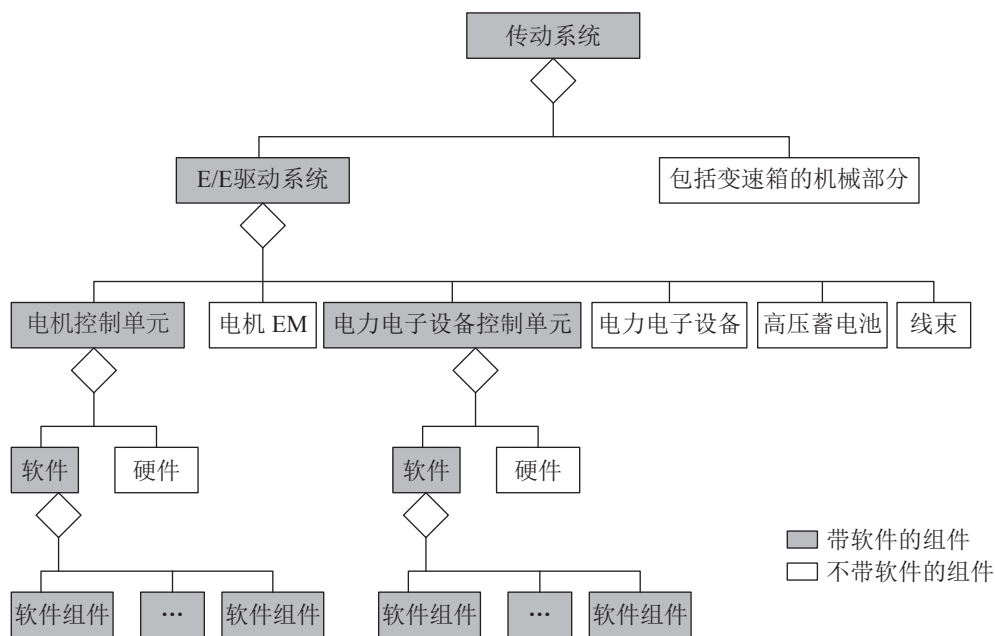


图 1-2 电力传动系统的结构

由于整个电力传动系统的范围非常广泛，下面重点介绍示例中巡航系统的功能特征。

巴伐利亚电动汽车（BEC）公司在项目开始时起草了粗略的巡航系统说明，具体如下。

- （1）这是一个纯粹的速度调节器，而不是自适应巡航系统。
- （2）巡航系统的速度调节完全通过电力驱动执行，巡航系统不提供制动干预。
- （3）驾驶员可以通过多功能方向盘激活和关闭巡航系统。激活时，驾驶员设定所需的速度。当巡航系统处于激活状态时，驾驶员可以更改所需的车速。
- （4）踩下加速踏板超过当前设置的期望速度（例如加速）会中断巡航系统的速度调节。一旦加速踏板位置重新降至该期望速度之下，巡航系统将恢复速度调节。
- （5）驾驶员踩下制动踏板（刹车）后，巡航系统立即关闭。
- （6）出于舒适性考虑，巡航系统的加速度限制在 4m/s^2 以内。

爱迪森电子公司根据 BEC 的描述制定了系统需求规格说明（见附录 D），并在此基础上开发了功能系统架构，包括对系统组成部分进一步的细化需求（见附录 D）。图 1-3 显示了巡航系统的功能架构。

巡航系统功能由以下 7 个系统架构元素组成。

- （1）处理轮速传感器：用来评估 4 个车轮上的转速传感器的测量值，并计算车辆的实际速度。
- （2）处理驾驶员期望：对驾驶员请求进行预处理（例如，预期速度和制动踏板状态）。该元素分析巡航系统是否处于激活状态，并为巡航系统提供目标车速。
- （3）巡航系统（调节器）：根据目标和实际车速计算发动机的目标扭矩。

- (4) 扭矩协调器：根据巡航系统是否激活来确定正确的目标扭矩。
- (5) 电力电子设备控制：根据目标扭矩对电机进行必要的控制。
- (6) 转换器：将控制信号转换为具体的电流。
- (7) 电机和变速箱：通过集成的变速箱驱动车轮。

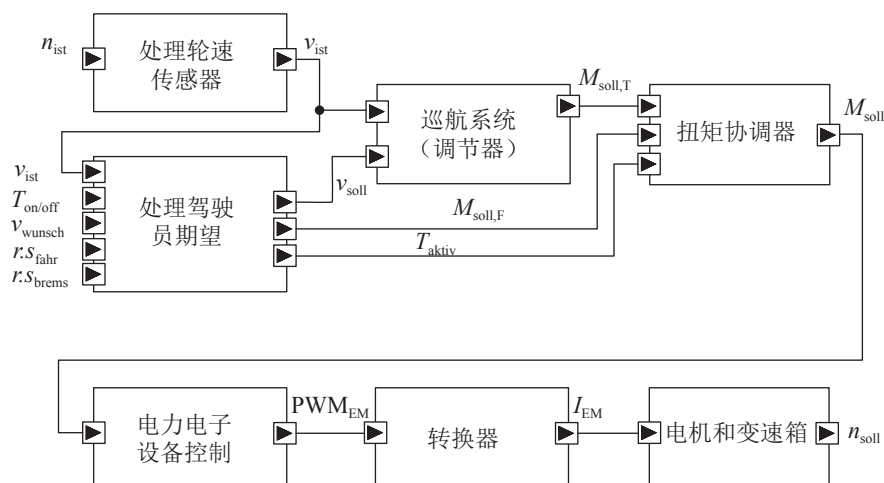


图 1-3 巡航系统的功能架构

图 1-3 中架构元素边缘的小方框表示接口。方框中的三角形指示信号方向，并以此标记该接口发送和接收数据。表 1-1 详细介绍了接口传输的信号。

表 1-1 巡航系统接口传输的信号

信 号	说 明
I_{EM}	流向电机的电流强度
M_{soll}	整合后的目标扭矩
$M_{soll,F}$	基于加速踏板的目标扭矩
$M_{soll,T}$	基于巡航系统调节器的目标扭矩
n_{ist}	4 个轮速传感器的当前实际值
n_{soll}	电机和变速器之后的目标轮速
PWM_{EM}	用于控制电机的脉宽调制信号
$r.S_{brems}$	制动踏板的位置
$r.S_{fahr}$	油门（加速）踏板的位置
T_{aktiv}	巡航系统的实际活动状态
$T_{on/off}$	驾驶员请求的巡航系统激活状态（打开 / 关闭）
v_{ist}	车辆的当前实际速度
v_{soll}	巡航系统的车辆目标速度
v_{wunsch}	巡航系统的驾驶员期望速度

1.3.3 适用的标准

巴伐利亚电动汽车公司（BEC）希望爱迪森电子能够按照标准和规范定义的最新技术



水平进行开发。这里重点介绍了汽车开发的三个关键标准，第 3 章对这些标准进行了更详细的讨论。

(1) 爱迪森电子的开发过程必须符合 ASPICE (Automotive SPICE)。巴伐利亚电动汽车公司已确定采用 VDA 软件过程评估 (VDA Scope)，并希望在该项目中对于这些过程达到能力级别 2。有关 VDA 软件过程评估 (VDA Scope) 见附录 B.2 节。

(2) 由于 ULV 的电力传动系统是一个安全关键系统，爱迪森电子在开发过程中必须考虑 ISO 26262 的要求 (见 3.2 节)。

(3) 在开发控制软件时，爱迪森电子必须符合 AUTOSAR 标准 (见 3.3 节)。

此外，还有许多其他与项目相关的标准和规范。第 3 章中列出了其中的一些。

1.3.4 参与人员

以下人员参与了爱迪森电子的项目。

(1) 卡斯滕 (Karsten)，商务负责人：卡斯滕除了负责商业任务外，还负责供应商的监督和管控。

(2) 佩特拉 (Petra)，项目负责人：佩特拉是 ULV 项目的总负责人，也是 BEC 的核心联系人。

(3) 拉斯 (Lars)，开发部门负责人：拉斯是开发部负责人，还是爱迪森电子公司的产品开发过程的负责人。

(4) 托尔斯滕 (Thorsten)，子项目负责人：托尔斯滕负责巡航系统的子项目。

(5) 斯蒂芬 (Stefan)，安全经理：斯蒂芬负责巡航系统功能的安全概念方案。他的工作得到了一个专家小组的支持。

(6) 昆汀 (Quentin)，质量经理：昆汀负责质量保证、配置管理和变更管理。他是 ASPICE 的临时评估师，为该项目准备评估提供支持。

(7) 托马斯 (Thomas)，测试经理：托马斯负责爱迪森电子公司项目中的所有测试工作。由于爱迪森电子公司已将部分测试工作外包给外部服务供应商，他还负责协调这些服务供应商。

(8) 提姆 (Tim)，软件测试人员：提姆负责巡航系统的功能测试。

(9) 埃丽卡 (Erika)，开发员：埃丽卡负责开发巡航系统功能的软件。

(10) 西蒙 (Simon)，系统和软件架构师：西蒙是负责平台架构的首席架构师，并为 ULV 项目中的电力传动系统设计了具体的系统和软件架构。

(11) 罗尔夫 (Rolf)，需求经理：罗尔夫负责需求工程和需求管理。他是动力总成系统规格说明的作者 (见附录 D)。

(12) 鲁迪 (Rudi)，发布经理：鲁迪负责发布的时间安排和内容管理。