

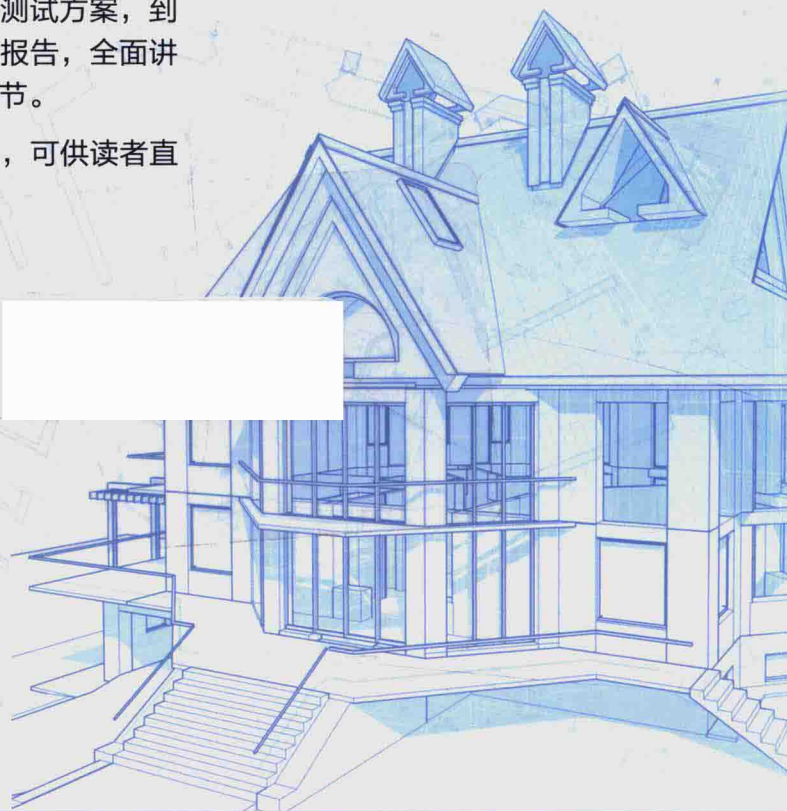
嵌入式软件测试

方法、案例与模板详解

EMBEDDED SOFTWARE TESTING

- 从需求说明书、测试计划、测试方案，到测试用例、缺陷分析、测试报告，全面讲解嵌入式系统测试的流程细节。
- 本书附带大量测试模板详解，可供读者直接下载参考使用。

李龙 刘文贞 铁坤 编著



机械工业出版社
China Machine Press

嵌入式软件测试

方法、案例与模板详解

EMBEDDED SOFTWARE TESTING

李龙 刘文贞 铁坤 编著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式软件测试:方法、案例与模板详解/李龙,刘文贞,铁坤编著. —北京:机械工业出版社, 2016.12

ISBN 978-7-111-55517-9

I. 嵌… II. ①李… ②刘… ③铁… III. 软件—测试 IV. TP311.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 294548 号

本书全面介绍嵌入式系统软件测试的设计方法、流程和常用模板,并且以实际工作案例的方式,对测试方法和流程进行详细介绍。本书分为三个部分,“方法篇”介绍嵌入式测试的流程管理、配置管理,并介绍基本的应用场景,例如,基于业务的场景、探索式测试、任务驱动的测试等方法体系,以及基于思维导图实现嵌入式测试的设计方法。“案例篇”以一个真实的嵌入式测试项目为主线,从需求说明书开始具体讲解嵌入式软件测试的各个环节,包括测试计划、测试方案、测试用例、缺陷分析、测试报告等,多维度地介绍嵌入式系统测试流程的细节实现。“模板篇”包括大量测试案例与模板详解,而且相关网站提供这些案例与模板的电子版,可供读者直接下载参考使用。本书的特点是:扎根嵌入式系统,重点突出,系统全面,实用性强。

嵌入式软件测试——方法、案例与模板详解

出版发行:机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码:100037)

责任编辑:吴怡

责任校对:殷虹

印刷:北京市荣盛彩色印刷有限公司

版次:2017 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开本:186mm×240mm 1/16

印张:21

书号:ISBN 978-7-111-55517-9

定价:59.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

客服热线:(010) 88379426 88361066

投稿热线:(010) 88379604

购书热线:(010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱:hzt@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底防伪标均为盗版

本书法律顾问:北京大成律师事务所 韩光/邹晓东

前 言

近几年，我国的软件测试行业进入了飞速发展阶段，在一个新兴行业刚刚发展的时期，给人们带来的误区也是最多的，例如：很多人认为测试工作简单，技术门槛低，容易上手，也有人担心测试工作的长久性。在此，我给大家做几点解释。

1) 软件测试工作不是很快入门的职业，需要的知识多，是一门实践性、应用性很强的职业，有人认为测试工作简单，主要是由于我国测试技术发展刚刚起步，测试还处于低级别的水平。

2) 很多测试工作者加入工作后，发现测试工作非常简单，只是点点界面，模拟用户使用软件，这是片面的，这类工作只是测试的最初级水平，是靠人力驱动的测试，这种工作的发展前景不容乐观，并且会被自动化测试所取代。

3) 现在测试工作细分的领域非常多，至少包括性能测试、白盒测试、自动化测试等，所要求的技能水平越来越高。近几年，测试人员的招聘指标已经增加了会写代码、会做自动化测试、会做性能测试、会软件工程管理等要求，以后的要求会更高。

4) 软件测试工作是一个长久的行业，测试经验越多，工作年限越长，越吃香。在发达国家，提到测试专家，都是从事测试工作三四十年的人员，但是在我国，十多年的测试人员也可以称为专家。这些事实一方面体现了测试工作的长久性，另一方面也说明了我们的测试工作起步较晚，还需要不断学习、进步，我们的发展空间还是巨大的。

通过以上说明可以看到，软件测试是一门非常重要的、崭新的、具有广泛应用的学科，目前有的测试方法和测试技术已上升到理论层次。本书针对软件测试的一个重要分支：嵌入式测试，为大家进行介绍，介绍当前嵌入式测试行业所使用的主要测试技术，基本上反映了当前嵌入式测试领域的重要技术。

本书适合有一定经验的（最好是嵌入式测试方面的）测试工程师、测试主管等阅读。本书在以“保证最终用户的需求和质量”为宗旨的前提下，充分发挥每一名测试人员的能力性，依据“以测试者引导开发，以文档化把控质量”的测试实施理念，全面详细地讨论了嵌入式测试的思想、流程、方法和嵌入式测试常用的测试模板，并且以实际工作案例的方式，对测试人员组织、测试工作安排、测试组织架构进行了详细的探讨和说明。本书的架构如下：

- 方法篇（第1~7章）
- 案例篇（第8~13章）
- 模板篇（附录A、附录B）

在方法篇中，直接切入嵌入式测试流程，把研发与测试、测试与文档、文档与质量高

效地结合在一起。让每一名测试人员明确嵌入式测试的流程管理、配置管理、质量保证方法。本书对当今最新的测试方法做了大量的分析工作，并结合嵌入式测试的特点进行了深入讲解。

在案例篇中，作者专门拿出一款之前做过的真实嵌入式软件测试项目进行探讨，这是一个完整的软件测试项目，包括需求说明书、测试计划、测试方案、测试用例、缺陷分析、测试报告等测试环节，在一定程度上可提高读者对软件测试的理解和对测试项目的把控能力。

在模板篇中包含了两个附录，作者把实际工作中使用的嵌入式测试模板进行了归纳、总结，形成了一套完整的嵌入式测试模板体系，可供读者在实际工作中直接使用。

本书的特点是：扎根嵌入式，系统全面，重点突出，实用性强。本书中提到的所有测试案例及文档资料，都有电子版，可在中国软件测试联盟（www.51sqa.com）、济南织雀测试实训基地（www.zhiquetech.com）或华章官网（www.hzbook.com）免费下载学习。附件资料的内容丰富、实用。包括：

- 本书的测试案例数据：安全性测试方案及结果、测试用到的代码、测试仪测试性能结果、测试用例及过程数据、单元测试方案及结果、缺陷记录；
- 本书测试用到的项目资料：测试需求说明书及其评审资料、测试计划及其评审资料、测试方案及其评审资料、测试用例及其评审资料、测试报告等；
- 还有很多其他的测试资料供读者参考使用。

本书由李龙、刘文贞、铁坤编著。在成书的过程中，得到了以下人员的帮助：张翠、刘文杰、铁淑赛、刘芳园、刘沂刚、索方旭、陈丹丹、曹甜双、段自兴、顾晓薇、韩京林、李彬、李贺、李坤、邵乐、沈伟、马勇、王红、王美丁、位明杰、王瑞、张楠等，在此表示感谢。

在写作过程中，本书参考了大量的书籍、网上技术资料和相关文章，并且参考引用了有关书籍、资料、文章里的观点以及同行交流的心得，但由于部分内容无法获得原始出处，在此向这些专家表示谢意！特别鸣谢济南织雀信息科技有限公司高级测试顾问史玥、北京软达启航科技发展有限公司运营总监李睿、济南织雀信息科技有限公司设计总监张曼、万特电气有限公司乔路阳。

李 龙

2016 年于织雀测试实训基地

目 录

前言

方法篇

第1章 全面解读嵌入式测试规程... 1

- 1.1 什么是嵌入式测试..... 2
 - 1.1.1 先来认识一下嵌入式软件..... 2
 - 1.1.2 嵌入式测试的特点..... 3
 - 1.1.3 嵌入式测试环境..... 3
 - 1.1.4 嵌入式测试的策略..... 5
- 1.2 认识嵌入式测试流程..... 5
 - 1.2.1 图解嵌入式测试流程..... 5
 - 1.2.2 解析嵌入式测试流程的不同阶段..... 7
- 1.3 测试与开发的活动的关系..... 8
- 1.4 嵌入式测试对人员的技术要求..... 10
- 1.5 测试发展前景分析..... 12
 - 1.5.1 现今测试的发展趋势..... 12
 - 1.5.2 测试人员的发展方向..... 13

第2章 嵌入式测试视角下的

配置管理..... 17

- 2.1 无规矩，不成方圆..... 17
 - 2.1.1 先谈谈测试配置管理..... 17
 - 2.1.2 测试配置管理的关键活动..... 19
 - 2.1.3 测试配置管理流程..... 22
- 2.2 嵌入式测试配置管理案例解析..... 22
 - 2.2.1 缺陷库规范解析..... 22
 - 2.2.2 受控库规范解析..... 29
 - 2.2.3 测试库规范解析..... 32

2.3 配置管理工具操作说明..... 33

- 2.3.1 受控库管理工具使用说明——SVN..... 33
- 2.3.2 缺陷库管理工具使用说明——QC..... 39

第3章 基于业务场景的嵌入式

测试设计..... 53

- 3.1 基本概念..... 53
 - 3.1.1 业务场景的来源..... 53
 - 3.1.2 基于业务场景的测试目的..... 54
- 3.2 如何进行基于业务场景的嵌入式测试..... 54
 - 3.2.1 创建业务场景的方法..... 55
 - 3.2.2 创建业务场景的原则..... 55
- 3.3 设计案例详解..... 56
- 3.4 常用的测试技术..... 58
 - 3.4.1 等价类划分法..... 58
 - 3.4.2 边界值分析法..... 62
 - 3.4.3 因果图法..... 64
 - 3.4.4 场景分析法..... 68
- 3.5 基于业务场景测试的优缺点..... 72
- 3.6 基于业务场景测试设计时的注意点..... 73

第4章 基于风险的嵌入式测试

设计..... 75

- 4.1 基本概念..... 75
 - 4.1.1 什么是风险..... 75
 - 4.1.2 风险与测试的关系..... 76

4.2 嵌入式测试中为何引入基于风险的测试.....	77	测试设计的优点和缺点.....	115
4.2.1 嵌入式测试中基于风险测试的意义.....	77	6.2 如何进行基于任务驱动的嵌入式测试.....	116
4.2.2 嵌入式测试中常见的风险.....	78	6.2.1 明确约束条件和目的.....	116
4.3 对测试风险的识别、评估与防控.....	81	6.2.2 测试任务的划分.....	117
4.3.1 风险识别的常用方法.....	81	6.2.3 测试实施.....	117
4.3.2 如何评估被识别的风险.....	82	6.2.4 测试结果的判定.....	118
4.3.3 风险的防控.....	84	6.2.5 案例详解.....	118
4.4 常用的测试技术.....	85	6.3 测试任务的把控.....	122
4.4.1 判定表驱动法.....	85		
4.4.2 正交试验法.....	88		
4.5 设计案例详解.....	90		
第5章 基于探索式的嵌入式测试设计.....	94	第7章 基于思维导图实现嵌入式测试的设计与分析.....	124
5.1 基本概念.....	94	7.1 基本概念.....	124
5.1.1 何时进行探索式测试.....	94	7.1.1 测试用例设计的发展.....	124
5.1.2 探索式测试如何做.....	95	7.1.2 思维导图的引入.....	127
5.2 探索式测试需要注意的问题.....	96	7.2 基于思维导图的测试设计和分析.....	128
5.2.1 探索式测试也要写文档.....	96	7.2.1 基于思维导图的需求分析.....	128
5.2.2 与即兴测试的区别.....	97	7.2.2 基于思维导图的模块测试用例设计.....	130
5.2.3 与传统测试的区别.....	97	7.3 案例设计的方式探讨.....	134
5.3 探索式测试的设计方法.....	98	7.4 基于思维导图的测试设计和分析常见问题.....	134
5.3.1 局部探索式测试法.....	98	7.4.1 思维导图设计时机的问题.....	134
5.3.2 全局探索式测试法.....	102	7.4.2 分级的问题.....	136
5.3.3 混合探索式测试法.....	108	7.4.3 思维导图设计具体思路.....	136
5.4 设计案例详解.....	110	7.4.4 质量特性与测试类型对应的问题.....	137
		7.4.5 使用场景的问题.....	139
第6章 基于任务驱动的嵌入式测试.....	113	案例篇	
6.1 基本概念.....	113	第8章 案例分析——探秘测试需求说明书.....	141
6.1.1 任务驱动测试的目的及特点.....	113	8.1 先来认识需求说明书.....	142
6.1.2 任务驱动测试的常见模式.....	113		
6.1.3 基于任务驱动的嵌入式			

8.1.1 需求说明书的重要性	142
8.1.2 需求说明书的组成要素	143
8.2 测试活动的基础——测试需求分析	144
8.2.1 理解测试需求	144
8.2.2 为什么要进行测试需求分析	144
8.2.3 测试需求分析的方法技术	145
8.3 测试需求说明书的要点解释	146
8.3.1 目的和范围	147
8.3.2 系统说明	147
8.3.3 系统功能性需求	148
8.3.4 系统非功能性需求	148
8.3.5 环境需求	148
8.3.6 完成标准	149
8.4 案例解析：嵌入式测试需求说明书	149
8.4.1 项目背景说明	149
8.4.2 探秘一款开源路由器项目的软件测试需求说明书	151
8.4.3 系统功能性需求	153
8.4.4 系统非功能性需求	154
8.5 案例解析：嵌入式测试需求的评审	154
8.5.1 评审的重要性	154
8.5.2 评审报告的设计方法与模板	155
8.6 测试需求分析阶段容易忽略的问题	157

第9章 案例分析——解析

测试计划

9.1 测试计划的重要性	159
9.2 编写测试计划的要点	160
9.2.1 测试的目的和范围	160
9.2.2 测试资源	161
9.2.3 测试质量和风险评估	161

9.2.4 测试任务	162
9.2.5 测试组织和进度计划	162
9.3 案例解析：嵌入式测试计划	163
9.3.1 风险评估	163
9.3.2 测试项	163
9.3.3 测试进度计划	165
9.4 案例解析：测试计划的评审	166
9.4.1 测试计划评审的重要性	166
9.4.2 测试计划评审要点与模板	167
9.5 测试计划阶段需要注意的问题	168

第10章 案例分析——剖析

测试方案

10.1 测试方案的重要性	170
10.2 如何设计测试方案	171
10.2.1 概述	171
10.2.2 测试环境	171
10.2.3 测试项说明	172
10.2.4 测试策略	172
10.2.5 测试职责和分工	172
10.3 案例解析：嵌入式测试方案	173
10.3.1 单元集成测试方案	174
10.3.2 系统测试方案	179
10.4 测试方案的评审	183
10.4.1 测试方案评审的重要性	183
10.4.2 测试方案评审要点及报告	183
10.5 测试方案分析和设计时的注意要点	186

第11章 案例分析——设计

测试用例

11.1 浅析测试用例	187
11.1.1 测试用例的重要性	187
11.1.2 设计测试用例的依据和原则	188

11.1.3 测试用例内容设计	190	13.2 测试报告要素分析	226
11.2 测试用例评审	197	13.2.1 背景说明	226
11.2.1 测试用例评审的重要性	197	13.2.2 测试环境与资源	227
11.2.2 测试用例评审要点 及检查单	198	13.2.3 测试范围	227
11.3 测试执行	200	13.2.4 测试过程分析	227
11.3.1 单元集成测试执行要点 分析	200	13.2.5 建议	227
11.3.2 系统测试执行要点分析	204	13.3 案例解析：嵌入式测试报告	228
11.4 本阶段的注意事项	205	13.3.1 背景说明	229
第 12 章 案例分析——分析 测试缺陷	207	13.3.2 测试环境与资源	230
12.1 是软件，就有缺陷	207	13.3.3 测试范围	232
12.2 缺陷管理的重要性	209	13.3.4 测试过程分析	234
12.3 缺陷分析方法详解	209	13.3.5 建议	236
12.3.1 缺陷分析的好处	209	13.3.6 差异	236
12.3.2 从哪些方面去分析缺陷	210	13.3.7 测试总结和评价	236
12.3.3 分析缺陷需要的技能	212	13.4 对项目后期的解释	237
12.4 案例解析：嵌入式项目的 缺陷分析	213	13.4.1 项目的结束不是终止， 而是新的开始	237
12.4.1 测试覆盖率分析	213	13.4.2 项目归档的重要性	238
12.4.2 缺陷分析情况说明	215	13.4.3 项目后期阶段注意事项	238
12.4.3 测试问题汇总	218	13.5 认识项目结项及总结	239
第 13 章 案例分析——解读 测试报告	225	13.5.1 项目结项	239
13.1 测试报告的作用	225	13.5.2 项目总结	240
		模板篇	
		附录 A 模板详解	242
		附录 B 规范说明	298
		参考文献	328

方 法 篇

| 第 1 章 |
Chapter 1

全面解读嵌入式测试规程

云计算、大数据、物联网和“互联网+”时代的到来，使越来越多的电子产品成为人们不可或缺的工具，计算机应用已经完全深入到我们的生活中，人们现在已经无法适应没有软件的世界。

尤其是我们现在处在后 PC 时代，嵌入式系统因其低成本、小体积、低功耗、强稳定性、强实时性等优点越来越多地被人们应用。以下例子都是嵌入式产品。

- 工业控制产品方面，包括医疗设施（血糖仪、血压计、监护仪器、核磁共振仪器等）、工控设备、智能仪表、汽车电子等产品；
- 军事国防产品方面，包括军事电子、军事装备、航空电气等产品；
- 消费电子产品方面，包括信息家电（如空调、微波炉、消毒柜、mp3、语言复读机、智能电视、智能冰箱、机顶盒、数码相机、游戏机等）、智能玩具、通信设备（如手机、可视电话等）、移动存储等产品；
- 网络产品方面，如交换机、路由器、电子商务等产品。

虽然质量可靠的软件给我们的工作和生活带来了前所未有的便利，但是质量不好的软件也让我们付出过惨痛的代价。这让我们充分认识到软件质量的重要性。

本书的重点，直接针对嵌入式软件测试，不讲市面上常讲的测试基础知识，也不介绍测试的基本方法。但是，有几点内容我们还是需要提前理清，以便接下来正确地进行嵌入式测试。

1.1 什么是嵌入式测试

嵌入式软件是一种比较特殊的软件，软件经过分析、设计、编码后只有烧入硬件环境中才可以看见，比如机顶盒的中间件软件、空调的自动控制软件、路由器、交换机等等。嵌入式软件测试 / 嵌入式测试的目的与传统软件测试是相同的，都是为了发现软件缺陷，修复软件缺陷，最终提高软件的质量。嵌入式系统安全性的失效可能会导致灾难性的后果，即使是非安全性失效，由于其应用场合特殊也会导致重大经济损失。因此，往往嵌入式软件对可靠性的要求比普通软件高。这就要求对嵌入式软件进行严格的测试、确认和验证，以提高产品的可靠性。

1.1.1 先来认识一下嵌入式软件

嵌入式软件测试与传统软件测试有什么区别呢？嵌入式系统我们如何测试呢？在介绍这些疑问之前，我们先了解一下嵌入式系统。

嵌入式系统是以应用为中心，以计算机技术为基础，并且软硬件可剪裁，适应于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统。它一般由微嵌入式处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统以及用户的应用程序组成（如图 1-1 所示，嵌入式系统结构），用于实现对其他设备的控制、监视和管理等功能。

嵌入式软件开发与通用软件是不同的，嵌入式应用程序运行在软硬件资源相对缺乏的目标机上。开发环境被认为是宿主机平台（Host），软件运行环境为目标平台。为了保证嵌入式软件的质量，需对嵌入式软件做相应的测试，其目的是为了保证嵌入式软件产品满足用户的需求。嵌入式软件测试领域与传统软件测试目的是相同的，都是找出软件的缺陷，验证软件是否可用，是否符合用户的要求，以提高软件质量。在可靠性方面，嵌入式系统的要求是比较高的。在安全性方面，如果其安全性失效，那么可能会导致灾难性的后果。所以嵌入式软件相比传统软件会进行更严格的测试、确认和验证。

嵌入式软件有自身的特点，如实时性、内存不丰富、I/O 通道少、专用性强、开发工具昂贵、与硬件紧密相关、CPU 种类繁多、缺陷不像传统软件的缺陷容易修补等等。嵌入式软件开发与传统软件开发存在一定的差异，因此，嵌入式软件的测试工作也不同与传统软件的测试工作。与传统软件测试区别主要表现为以下几点：

- 嵌入式软件测试与其特定的硬件环境密不可分。在嵌入式测试过程中软件与硬件兼容性测试很重要。
- 嵌入式软件对实时性要求严格，并保证嵌入式系统的可靠性和实时性。在测试时需要考虑系统实时性响应问题。

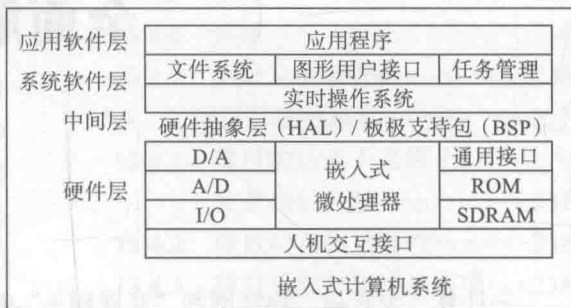


图 1-1 嵌入式系统结构

- 嵌入式系统经常出现内存的问题。嵌入式软件测试需要对内存泄露、内存碎片等问题进行充分测试。

1.1.2 嵌入式测试的特点

基于嵌入式软件对硬件的依赖性，其要求软件测试时必须最大限度地模拟被测软件的实际运行环境，以保证测试的可靠性，而底层程序和应用程序界限的不清晰又增加了测试的难度，因此，嵌入式软件测试与传统软件测试相比，有其自身的特点：

- 嵌入式软件测试是在特定的硬件环境下才能运行的软件。
- 嵌入式软件测试除了要保证嵌入式软件在特定环境下运行的高可靠性，还要保证嵌入式软件系统的实时性。
- 嵌入式软件产品为了满足高可靠性的要求，不允许内存在运行时有泄漏等情况发生，因此嵌入式软件测试除了对软件进行传统性软件测试，如性能测试、GUI 测试、覆盖分析测试等，还要对内存进行测试。
- 嵌入式软件测试的最终目的是使嵌入式产品在满足所有功能的同时安全可靠地运行。
- 嵌入式软件经常运行在实时操作系统上。具有非常严格的质量要求，除了追求准确的高质量功能特性，嵌入式软件还要提供高质量的非功能性特性，包括可靠性、可维护性、可移植性、可扩展性、灵活性和健壮性等等。
- 嵌入式系统的一个突出的特点，是其专用性。具有功能专用、接口专用、应用场景专用等特点。为此开发单位需要为嵌入式系统专门开发嵌入式系统的测试平台。
- 在嵌入式软件测试的各个阶段，其测试的环境是不一样的，嵌入式软件开发和运行的环境是分开的。

1.1.3 嵌入式测试环境

由于嵌入式软件的特殊性，嵌入式软件测试可以有两种不同的测试环境，分别是：基于目标的测试环境和基于宿主的测试环境。嵌入式软件测试充分利用了开发语言的可移植性，将与目标环境无关的测试转移到宿主环境中完成测试（如逻辑测试、界面测试）。在系统中与硬件密切相关的测试（如硬件接口测试、中断测试、实时性测试等）尽量选择在目标环境中进行。所以我们要根据嵌入式软件的特点搭建相应的测试环境，主要分为：仿真测试环境、交叉测试环境和插桩环境。

图 1-2 为嵌入式测试常用的测试平台说明。

1.1.3.1 嵌入式软件仿真测试环境

1. 全实物仿真测试环境

在全实物仿真测试环境中，被测软件处在完全真实的运行环境中，直接将整个系统（包括硬件平台和嵌入式软件）和其交联的物理设备建立真实的连接，形成闭环进行测试。全实物仿真测试侧重于对被测系统与其他设备的接口进行测试。

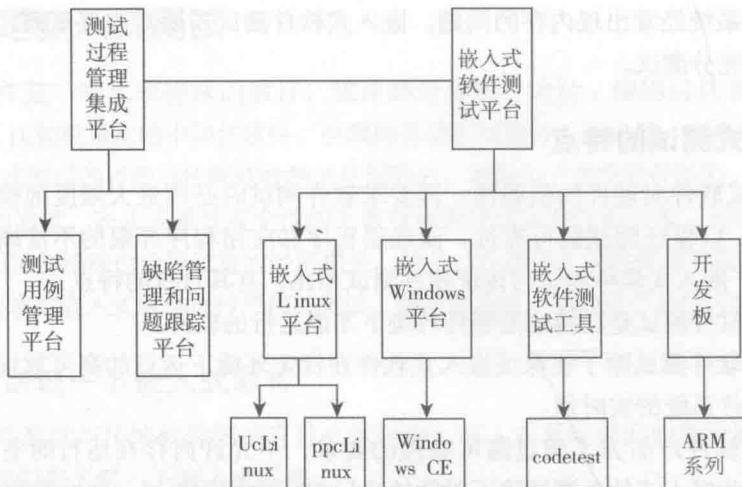


图 1-2 嵌入式常用测试平台

2. 半实物仿真测试环境

半实物仿真测试环境是利用仿真模型来仿真与被测系统的交互关系，而被测系统采用真实系统，其他系统采用仿真模型（即模拟真实环境的 I/O 关系及接口）。测试环境需要对被测软件进行自动的、实时的、非侵入性的闭环测试，要求能够逼真地模拟被测软件运行所需要的真实物理环境。

3. 全数字仿真测试环境

全数字仿真测试环境是指仿真嵌入式系统硬件及外围环境的一套软件系统。全数字仿真环境在宿主机上构造嵌入式软件运行所必须的硬件环境，为嵌入式软件的运行提供一个精确的数字化硬件环境模型。全数字仿真测试是三类测试中对测试环境要求最为复杂的一种仿真测试。

1.1.3.2 交叉测试方式

在嵌入式操作系统中，开发主机和目标机处于不同的机器中，可以通过交叉测试的方式来实现主机对目标机程序进行调试及测试控制、捕捉目标机上被测试程序是否正常接受测试数据。

交叉测试也称远程调试，即调试器在宿主机的桌面操作系统上运行，而被调试/测试程序在目标机的嵌入式操作系统上运行。在进行交叉测试时，调试器以某种方式控制被调试进程的运行方式，并具有查看和修改目标机上内存单元、寄存器以及被调试进程中变量值的能力。这种方式有效地解决了主机对目标机程序进行测试控制的情况，更便于提早发现问题。

1.1.3.3 插桩技术

在动态测试中，插桩技术是一种基本的测试手段，对源程序进行一些语句的添加，其测试目的是对程序语句的执行、变量的变化等情况进行检查。对程序进行动态测试时，一般要使用程序插桩来进行覆盖测试。程序当前的状态主要是通过插桩点来进行捕获。插桩语句

植入被测试的源程序，在插桩函数库中定义插桩语句，以期在程序运行中发现软件缺陷。

1.1.4 嵌入式测试的策略

根据嵌入式系统的开发流程，为了最经济地实现系统的功能，采用自顶向下、自底向上、层层推进的方法对嵌入式系统进行测试。

按软件开发阶段可划分为：平台测试、单元测试、集成测试、系统测试。嵌入式软件测试在模块测试、集成测试、硬件和软件集成测试时需进行特有的测试，目的是验证嵌入式软件与其所控制的硬件设备能否正确地交互。

- 平台测试：这部分包括硬件电路测试、操作系统及底层驱动程序测试等。硬件电路测试需要用专门的测试工具进行测试。操作系统和底层驱动程序的测试主要包括测试操作系统的任务调度、实时性能、通信端口的数据传输率。
- 单元测试：把大型的嵌入式软件系统划分为若干个相对较小的任务模块，由测试人员对单个模块进行测试。该阶段测试一般是在宿主机上进行的（宿主机有丰富的资源和方便的调试环境），除非特别指定了单元测试直接在目标环境进行。
- 集成测试：将所有模块按照设计要求组装起来进行测试，主要测试内容有程序模块间的接口参数传递、集成后的功能实现以及模块间的相互影响等。软件集成可在主机环境上完成，在主机平台上模拟目标环境运行，将嵌入式软件与计算机硬件、外设、某些支持软件、数据和人员等元素结合在一起，对整个系统进行测试。这一阶段的主要任务是：测试开发软件的功能、性能以及其他要求是否满足用户的需要，软件是否满足需求规格说明书的规定，软件是否可以被认为是合格的以及软件是否被接受。
- 系统测试：集成测试完成后，退出宿主机测试环境，把系统移植到目标机上来，把软件、硬件和环境结合起来进行测试，验证软件是否满足用户需求。本阶段测试包括：功能测试、性能测试、接口测试、负载测试、容量测试、安全性测试、稳定性测试、兼容性测试、可靠性测试等。

1.2 认识嵌入式测试流程

一个软件产品从形成概念开始，直到最后退出市场，整个过程可称为一个软件的生命周期。而软件测试则一直伴随在整个软件的生命周期中，与传统软件测试相比，嵌入式测试的流程要求更加严格，这与嵌入式的特点有很大关系。

1.2.1 图解嵌入式测试流程

下面就给大家介绍一款全新软件测试“川模型”下的全程软件测试流程图，如图 1-3 所示。

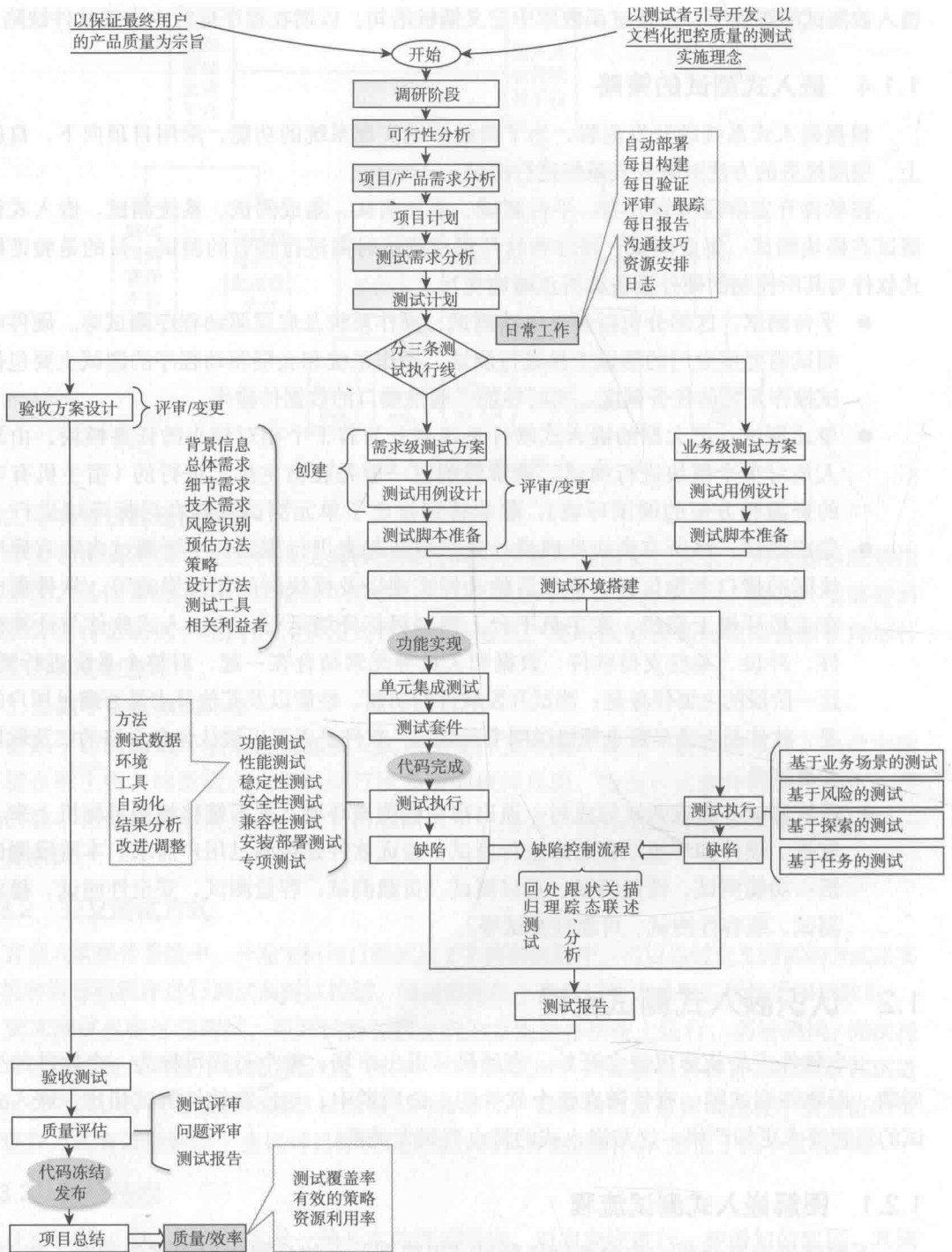


图 1-3 “川模型”下的全程软件测试流程图

该嵌入式测试流程分为三个测试主线，从左到右依次是验收测试实施流程、需求级测试实施流程、业务级测试实施流程。

1) 验收测试实施流程。该流程提出的目的与重点在于保护用户的真实需求不偏差，因为最终产品或项目能否成功交付，验收结果是重要的依据，而验收的主导者一定是用户或用户代表。该流程的起始阶段就是在投入真正的研发和测试之前，根据项目需求或测试需求设计出验收方案，以纸质方案的形式与用户或用户代表进行需求的评审，以减少后期由于三方（用户、研发、测试）需求不一致的原因导致开发迭代增加。同时，以此验收方案为标尺，约束另两个流程的实施。

2) 需求级测试实施流程。该阶段强调测试伴随着整个软件开发周期，测试与开发并行进行，达到尽早发现问题的目的，同时把测试的对象扩展成程序、设计（文档资料）、数据等内容。测试工作实时准备，其目的是在某个测试点准备就绪时，就可以从测试准备阶段切入到测试执行阶段。在该流程中，把迭代测试的内容进行了细致的分析与说明，明确提出迭代过程中需要进行单元/集成测试、功能测试、性能测试、稳定性测试、安全性测试、兼容性测试、安装部署测试以及专项测试。

3) 业务级测试实施流程。如果把测试人员按测试能力分为测试负责人、测试执行人员，那么需求级测试实施阶段的测试执行可以让普通的测试执行人员进行，但是业务级测试实施流程的主要执行人员就应该定位成测试负责人，至少应该是测试负责人主导测试。其根本原因在于该阶段的意义是业务、风险等的把控，甚至引入了探索性测试，是作为需求级测试阶段的有利补充。

需求级测试实施流程与研发流程有机结合，业务级测试实施流程存在的价值在于把控与掌握住产品实际投入使用时的场景、风险等因素，对常使用的用户需求进行针对性的设计，满足“八二法则”的经典理论，该流程把重点放在了“二”上（用户使用的80%的场景可能就存在于20%的功能中）。验收测试实施流程依托于用户的实际需求与前期的测试分析，它作为软件生命周期的标尺，一直运行到产品或项目结项，最大程度上遵循用户的需求。

1.2.2 解析嵌入式测试流程的不同阶段

我们可以根据以上流程，把测试过程划分为四个重要阶段：

- 测试计划阶段：从流程开始一直到测试计划完成，为第一阶段。
- 测试设计阶段：在测试环境搭建之前、测试计划完成之后的阶段。
- 测试执行阶段：实际测试操作阶段，包括环境搭建、执行用例、缺陷汇报。
- 测试总结阶段：为测试活动的最后阶段，主要是缺陷分析、报告编写、项目结项任务。

1.2.2.1 测试计划阶段

该阶段从可行性分析开始，测试人员就需要介入其中，参与项目的前期讨论与决策，

一是为了熟悉产品，二是为了给整个项目提供可测试性建议。

在这个过程中测试人员要完成“软件测试需求说明书”和“软件测试计划”等概要性和指导性资料的编写工作，然后与项目组成员一起进行评审，评审通过后进行下一步工作，否则，重新修订相关内容。

1.2.2.2 测试设计阶段

设计阶段在测试计划完成之后进行，参考文档为“软件需求规格说明书”与“软件测试计划”等资料，该阶段是软件测试的重要环节，对测试的覆盖率和深度起着决定性的作用，需要有经验的测试人员参与，在这个过程中测试人员要完成“软件测试方案”与“软件测试用例”的编写工作，并进行组内评审，评审通过后进行下一步工作，否则，重新修订相关内容。

如果项目过程中，“软件需求规格说明书”等资料发生改变时，后续的软件测试类相关资料也要随之发生变化，但是必须做好相关的变更记录。

1.2.2.3 测试执行阶段

测试执行阶段从研发人员提交被测试软件的安装包或升级包开始，一直到测试操作工作结束。在整个软件测试过程中，测试执行阶段占用时间相对较少，占用时间最多的阶段应该为前两个阶段。主要任务是根据测试案例进行实际测试，并且实时输出测试结果，参考的文档是“软件测试用例”等指导测试过程的相关资料。在测试之前，需测试人员依据测试用例提前搭建测试环境和准备测试数据，达到随时切入切出测试的目的，在嵌入式测试中，测试环境要求较高，所以该阶段又可细分为环境准备与测试执行两部分。

在这个阶段测试人员要随时把测试出来的产品缺陷提交到缺陷管理库中，并且根据项目测试迭代情况，输出迭代测试报告。

1.2.2.4 测试总结阶段

测试的最后阶段，也是很重要的一个环节，测试的结论性报告产生在本阶段。本阶段主要对产生的缺陷进行分析、归纳，并且输出软件测试报告等资料，对被测产品能否顺利发布起着重要作用。

1.3 测试与开发的活动的关系

测试与开发的关系，就像鱼与水的关系，只有融合到一起，才能真正活起来。图 1-4 就是以软件配置管理规范为指导的测试与开发的活动的关系图。图中显示了测试与开发的活动的关系。从测试实际的前后过程来看，软件测试可以细分为多个独立的阶段，分为：需求分析审查、设计审查、单元测试、集成测试、功能测试、系统测试、验收测试、回归测试（维护）等，如表 1-1 所示。