

# 计算机软件设计中嵌入式实时软件的应用实践

李嘉豪

南京理工大学紫金学院

DOI: 10.12238/ems.v6i6.8054

[摘要] 由于嵌入式软件的运行环境不同,产生了不同的测试工具,并且每个测试工具都是相互独立的,确定了一个系统化、整体性的工具解决方案。针对上述问题,研究并构建一套完整的嵌入式软件测试平台,可以为嵌入式软件的测试提供完整的工具支撑。在这一平台上,通过构建完整的测试工具链,为测试工作流程构建模型,完成自动化测试工作流程,同时运用单独的测试工具整合测试结果,编制全面的质量报告,搭建用于测试工件的工程库。由此将不同类型的测试工具整合在一起,形成了一个完整的测试平台,从而有效地提升了系统的整体性能和工作效率。此外,还可以对测试工具、工作以及质量报表进行扩展,提出一种可复用嵌入式软件测试的新途径。

[关键词] 嵌入式软件; 集成测试; 持续集成; 测试平台

## Application Practice of Embedded Real time Software in Computer Software Design

Li Jiahao

Nanjing University of Technology Zijin College

[Abstract] Due to the different operating environments of embedded software, different testing tools have emerged, and each testing tool is independent of each other, determining a systematic and holistic tool solution. To address the above issues, research and build a complete embedded software testing platform that can provide complete tool support for embedded software testing. On this platform, by building a complete testing toolchain, modeling the testing workflow, completing automated testing workflows, and using separate testing tools to integrate test results, comprehensive quality reports are compiled, and an engineering library for testing artifacts is built. By integrating different types of testing tools together, a complete testing platform has been formed, effectively improving the overall performance and work efficiency of the system. In addition, testing tools, work, and quality reports can be extended to propose a new approach for reusable embedded software testing.

[Keywords] embedded software; Integration testing; Continuous integration; Testing platform

### 引言

在当下工业产业的控制等方面,嵌入式软件得到充分应用,其中大部分都事关人们的安全。嵌入式软件测试配置对应试验对象、工具以及结果报告,不同类型的嵌入式软件在不同的环境下运行。上述原因使得嵌入式软件的测试变得更加复杂,也更加具有挑战性。本文将从以下几个方面阐述嵌入式软件测试中出现的一些问题,并给出一些解决办法。

#### 1 嵌入式软件的运行效益分析

嵌入式软件是一种基于计算机系统的功能需求,嵌入到硬件中的操作系统或开发工具。它不仅可靠性高,在性能上也表现出高度适用性。在现实生活中,采用嵌入式软件开发计算机软件具有诸多优势。首先,利用嵌入式软件技术,既能满足用户的需求,又能提高产品的设计品质,弥补软件本身存在的缺陷。基于嵌入式软件特性的精细化研究,可以将

其划分为运行环境、自身质量和时间三个方面的综合分析。其中,时间要素是一个非常关键的环节,它是保证软件任务能够被合理地分配的前提,如果在具体的运作中出现了质量问题,那么就会严重地影响到计算机硬件的正常工作。一般来说,一个完整的软件开发过程需要以稳定的运行环境为前提,只要其运行环境安全、稳定,就能确保嵌入式软件的高效工作,同时,也将极大地提升软件自身的品质与可靠性,使计算机在使用过程中发生故障的概率降至最低。另外,按照构成要素的不同,通常可以把嵌入式软件划分为驱动层、硬件层、应用层和操作层等四大类,这对嵌入式软件的发展起着至关重要的作用。在进行计算机软件开发时,必须根据当前的开发目标,对其进行合理地选择。

考虑到嵌入式软件对于计算机软件的重要意义,在选用嵌入式软件时,除了要按照计算机软件的设计思想来选择,

还必须要确保各方面都符合实际的需要。通过对嵌入式系统进行管理,使得系统开发者在软件、硬件等各方面都能很好地适应。应用嵌入式软件进行系统软件设计,能有效地实现软硬件的协同工作,从而大大简化了软件的开发过程。同时,还可以有效改善软件的运行环境,让使用者的需求和新鲜感得到满足。

2 计算机软件开发中嵌入式软件的应用原则

嵌入式软件分析是指经过处理外部事件后,将多个单独的任务进行集成,从而达到对某个事件进行模块化管理的目的。嵌入式实时软件通过参考主逻辑进行调试,精确完成整个调度过程,在通讯变量中动态调用模块,能够在保证单任务执行的前提下,根据软件的架构,达到语言支撑的操作目的。通过使用框架模式,减少对系统的依赖性,从而促进总体运行效率得以提升。

相对于计算机软件而言,在计算机软件的设计和开发过程中,嵌入式软件在操作原则上存在差异。在这之中,最主要的一点是在计算机软件的设计与开发中恰当地使用嵌入式软件,用于动态资源分配、指令预测、缓存等,并能体现积极的促进作用。在软件开发过程中,通过修改原程序的运行方式,促使系统控制效果得到优化。尽管与一般的系统相比,嵌入式软件和计算机软件有很大的不同,但是两者都要考虑到运行环境和硬件设备。在这两个部分中,操作系统和应用程序属于软件部分,内存的微处理器、端口则归属于硬件。在设计计算机软件时,要依靠计算机应用程序来控制整个系统的运行,通过操作系统对应用程序的硬件进行编程,最后才能让计算机硬件实现交互功能。另外,在整个软件设计中,处理器是核心部分。许多设计者在进行软件开发时,大都采用同一型号、同一功耗的处理器。在计算机软件的设计和开发过程中,关键在于确定处理器的型号,其中,处理器的性能对整个系统的安全性及适用性产生关联。

3 嵌入式软件测试存在的问题与方案

3.1 嵌入式软件测试存在的问题

要构建一套完善的嵌入式软件测试工具,就必须对其流程、角色、工具和数据进行综合分析,找出各个环节中的问题。在当前的嵌入式软件测试中,有如下几个问题:

(1) 测试效果不佳:各种测试试验流程繁琐,需要人工支持,难免产生测试数据偏差,包括输入数据的不准确、测试环境的变化以及测试用例的覆盖度不足等。

(2) 缺少测试工具:由于嵌入式软件的测试工具和测试环境联系紧密,通常很难找到适合具体项目的测试工具。这导致测试人员在测试过程中需要花费大量时间和精力来寻找、配置和定制测试工具,增加了测试的难度和成本。

(3) 难以获得全面的质量呈现:各种测试手段产生结果不尽一致,且没有统一的质量报表。测试人员难以对软件的整体质量进行准确评估,无法快速发现和定位潜在的问题。

(4) 缺少对测试过程、测试评价的统一管理:嵌入式软件测试中,由于缺乏对测试过程和测试评价的统一管理,可能导致测试活动的混乱和不一致。

(5) 复用性差:尽管试验过程、使用工具和输出产品之间存在高度重合,但仍需要重复构建,导致测试效率低下和资源浪费等问题。

3.2 嵌入式软件测试方案

在嵌入式软件测试中,各个环节和模块相互关联,共同构成一个完整的测试体系。

- (1) 全循环过程模型:代码审核,单元试验,综合检测;
- (2) 提供完备的工具链:代码校验工具、单元测试工具、集成测试工具、系统测试工具;
- (3) 自动完成整个循环的试验过程;
- (4) 将每个测试工具的结果汇总,形成一份完整的质量报告;
- (5) 构建测试项目库,统一管理测试流程,包括测试流程、环境设定、测试用例、测试结果等;
- (6) 为整个工程级试验资料复用提供支持。

4 基于体系结构的嵌入式软件测试平台设计

为了实现以上的目标,需要对整个系统进行一个整体的结构设计,主要是系统的功能架构及软件开发架构。

4.1 功能架构

基于用户端与服务端相结合的方法,将系统划分为管理服务器与测试服务器,并将相关的功能分配给每一个部署节点。表1中列出了相应的子系统及其职能配置。

表1 嵌入式软件试验平台各子系统及功能说明

子系统	功能描述
客户端	提供使用者行动介面,包含:建立专案、设定 workflow、组态作业与外挂程式、设定品质报表范本;开始和结束 workflow,形成作业质量报告,然后进行自我审核
管理服务器	项目、工作流程、质量报告、工程库房等方面的应用服务;提供工程资料库,储存各类工程资料,如专案资讯、工作流程组态、工具组态、品质报表组态等
测试服务器	workflow引擎的排程工具:程式码提取、程式码检查、程式码编译、单元测试、部署、整合测试;收集各种测试设备输出的质量报告;提供工程仓库:工作流程、工具、试验步骤、环境布局、检验报告
代码仓库	在开发期间向存储库提交代码,在进行测试时提取代码

4.2 软件开发架构

为支持重用和扩充开发,构建基于构件化和面向服务的

体系结构模型。基于可重用性和可扩展性,将公用部件分解成应用程序框架、公用部件以及公用服务,并优化公用部件

的界面和配置参数文档。以下是对开发架构的简单说明: 使用一个可扩充的程序框架, 可以通过配置来扩充功能; 基于 Restful 的微服务技术, 解决用户和服务间的互动问题; 采用 GDI+ 技术, 支持工作流程重用的工作流建模方法。工作流程的组态是以 XML 格式储存的, 容易维护。

## 5 关键技术设计及实现

### 5.1 嵌入式软件测试工具及其运行环境

当前, 嵌入式系统大都基于 C、C++ 语言, 并相应平台上运行。为了适应各种复杂的运行环境, 需要开发一种适用性强、匹配度高的嵌入式系统的测试工具。

(1) 检查并测试源代码, 其中包括: Beyond Compare、代码校验工具 Cpp Check、单元测试工具 Gtest、C++Test 等。

(2) 运行环境相关的工具由以下两类支持:

①为各种作业系统设计相应的操作容器; 比如, 在 Vx Works 的 OS 中, 它提供了 Simics Run Container, 构成一个虚拟的软件运行环境。

②在操作系统的基础上, 搭建一条数据总线。在试验过程中, 仿真多种通讯数据, 对操作环境进行屏蔽。DDS 的结构设计为数据总线。搜集、分类并整合嵌入式软件的测试工具, 以满足实际工作的需求。

### 5.2 可扩充的工具调整界面

嵌入式测试平台需要多个测试工具的集成, 这需要一个扩展适配器接口, 可以很容易向新的测试工具输入新的测试工具。

不同的测试工具在接口设置、指令模式、各项参数以及报表风格上各不相同。平台为各种接口构造一种统一的组态参数架构。当有新的工具出现时用户只需设置对应的接口参数即可。

工具的基础描述信息是基础属性, 每个工具都有相同的数据支持, 但是对于不同的工具来说, 输入和输出参数也是不同的, 使用者可以按照工具的类型对输入和输出参数进行定制。通过 XML 的定制结构, 将个别 job 的组态资讯以 XML 档案的形式分类存储。

### 5.3 统一的质量报告

在软件开发中, 为保证产品的质量, 必须将各测试工具输出的报表进行集成, 形成一份完整的质量报表。其目标是便于对工程质量情况有一个整体的认识, 以便更好地对工程质量进行管理改善。

要做到这一点, 需要具备两种功能: 配置文件和生成报告。首先, 要将各测试工具所产生的测试报表与完整的质量报表之间的对应关系进行建模。这可以通过创建一个配置文件来实现, 包含各个测试工具的名称和输出的报表形式。通过这个配置文件, 能将多台设备的测试结果整合到一个单独的质量报告中。其次, 报表的产生功能是必需的。这个功能是指按照组态文件, 对各个工具的试验报告进行读入、分析、按组态产生品质报告。要完成这项工作, 需要对某些配置参

数进行定义, 如来源报告 (包括名称和 URL)、目标报告 (包括名称和输出的 URL) 以及报告构造器 (用于选择适当的报表结构, 以适应不同的质量报表要求)。

基于构造器的类和可伸缩的框架, 提高对各种质量报表的支持能力。通过这种方式, 在需要增加新报表类型时, 可以实现对应的构造器子类。通过配置报表与报表生成, 将单个检测工具产生的报表整合为一份完整的报表, 从而实现对项目质量进行全面监测。

## 6 平台实现与验证

设计一套完整的嵌入式软件测试系统, 并对其进行了测试。在测试平台的操作界面中, 用户可以创建一个测试流程, 为每一个 job 配置工具和质量报告, 并启动工作流程, 依次调用各个 job 工具进行测试, 并输出测试报告, 检测流程结束后, 形成一份完整的质量报告。使用者可随时了解试验进度, 检查最终产品的质量测试报告。

## 结语

以嵌入式软件测试为研究对象, 通过对其进行全过程建模、测试工具链、测试流程自动执行、综合质量报告等方面的研究, 为嵌入式软件测试提供一种先进的、示范性的测试方法。测试平台经过多次实践应用, 持续改良嵌入式软件的运行方式, 强化测试工作的实际效益。同时, 测试平台还应该具备对多种嵌入式软件的兼容能力, 可以匹配多种类型的嵌入式系统, 实现多个测试任务的同步运行。为了满足上述改善要求, 通过对平台的功能进行了加强, 这些条件中部分已经得到改进, 并且继续对其进行改进, 从而提高系统的实用性, 拓宽应用范围。

## [参考文献]

[1] 郑志敏, 文健峰, 刘逸群等. 一种适用于新能源商用车嵌入式控制软件产品的质量保障体系[J]. 客车技术与研究, 2024, 46 (01): 31-34.

[2] 崔业梅, 杨焕峥, 徐玲. 基于串级 PID 算法的加热炉温控嵌入式软件自动化设计[J]. 制造业自动化, 2023, 45 (07): 56-60.

[3] 马若飞, 牛栋, 杨柳. 一种基于射频频路由的电子对抗系统嵌入式软件框架设计[J]. 火控雷达技术, 2023, 52 (02): 33-40.

[4] 李玉龙, 苏宇航, 陈胜来等. 基于嵌入式技术的自动扶梯机械振动数据采集系统设计及应用[J]. 西部特种设备, 2023, 6 (03): 17-25.

[5] 谢菲, 武文革, 杨阳等. 基于嵌入式应变薄膜传感器的三维切削力测量系统设计及数据采集研究[J]. 工具技术, 2023, 57 (06): 127-133.

[6] 吴雄洲, 赵根学, 何玉泉等. 基于 Wind River Hypervisor 的机载嵌入式系统虚拟化技术研究[J]. 航空计算技术, 2023, 53 (03): 92-94.