

嵌入式软件测试及军检验收

高卫兵

(中国电子科技集团公司第二十八研究所沪宁地区军代室 南京 210007)

【摘要】 嵌入式软件就是存在于计算机中,随产品一起交付的软件。当前,嵌入式软件在开发过程中的质量控制工作比较薄弱。在产品交付前,对嵌入式软件(以下简称软件)进行独立军检验收,是提高产品整体质量水平的有力保证。本文着重介绍软件测试及军检验收,讨论软件测试和软件军检验收的方法。

【关键词】 软件测试 军检验收

【Abstract】 Embedded software is the computer software delivered with the product. Currently, the quality control of embedded software during the development is relatively weak. So, separate military inspection & acceptance of embedded software is a powerful guarantee to improve the overall level of quality of the product. This article emphatically introduces the software test and military inspection & acceptance and discusses its implementary methods.

【Keywords】 Software test Military inspection & acceptance

1 引言

随着我军军事信息装备发展的不断加快,我军军事实力正在实现质的飞跃。在国防武器装备的研制生产过程中软件所占的比例越来越大,成为现代武器装备的主要内容之一,发挥着越来越重要的作用。随着装备软件品种、数量的大大增加,对软件质量的要求也大大提高。对软件进行测试是发现软件错误和缺陷,保证软件质量的主要手段。嵌入式系统软件具有实时性强、可靠性高、自测试能力强、分布式多机系统结构及综合复杂程度高等特点。我国的软件工程化管理工作起步较晚,软件测试工作尚未得到很好的开展,特别是在国防武器装备的研制生产过程中软件的质量控制工作还较薄弱,大多数型号将软件作为硬件的一个附属部分,对软件没有足够的重视,软件考核指标不太充分,有时没有列入型号技术配套表,没有充足的人力和资源保证;相当一部分型号中软件由同一个人设计、编码、测试,这种“三自一包”的软件开发方式仍未得以根本改变;对软件测试,特别是将安全/关键软件提交独立的第三方测试仍有相当的阻力。测试不充分会将软件中的缺陷和错误带入外场试验,延缓设计定型时间甚至对装备造成灾难性隐患。因此,软件的测试工作和军检验收十分必要和重要。

2 软件开发过程的测试

2.1 软件测试要素定义

1) 软件错误（故障）

不能满足或完成软件需求定义的所有软件操作。如：

- 设计错误
- 逻辑错误
- 算法错误
- 引用错误
- 实现偏离

2) 软件缺陷

不直接产生错误，但是产生错误的温床。如：

- 没有规范或规范定义不完整（系统规范，设计规范，编码规范，测试规范）；
- 需求定义不清，不完整；
- 设计与实现不分；
- 模块定义（事件与操作不分，多出口，未有长度要求）；
- 模块、变量定义无物理含义；
- 冗余处理和冗余变量；
- 系统调用和变量引用无次序；
- 死循环。

3) 软件安全性

在正常条件下产生错误，但是如果环境和系统异常，结果状况不可控。

- 系统未有异常处理程序（如溢出，异常中断）；
- 系统未考虑安全模式（系统故障处理模式）；
- 全部使用全局变量，未考虑参数传递和局部变量；
- 关键模块和变量未考虑安全使用保护等级；
- 系统未设计后台 BIT。

2.2 软件错误产生的主要原因

1) 错误理念

- 仿真代替软件测试；
- 不是设计人员不能完成软件测试；
- 只关心软件运行结果的符合性测试，不关心软件品质和运行过程测试；
- 只关心编码程序的测试，不关心文档检查；
- 要求测试过的软件没问题；
- 软件测试一定要发现问题，而且是关键问题才能得到承认；
- 当软件测出问题时，未能应其重视，而经常说“是不应该犯的低级错误”。

2) 管理问题

- 软件测试队伍素质低，做不了设计的人去做测试；
- 未建立软件测试研究队伍，未设置软件测试预研课题；

- 软件测试环境投入小;
- 大多数项目未将软件测试纳入到型号工程研发流程中;
- 给设计和开发过程的时间多, 给软件测试过程的时间少;
- 对软件测试要求低;
- 在项目中, 软件测试的地位低, 所有成果都属于设计人员。

3 软件测试过程

1) 代码走查(代码复审)

代码走查是软件测试的第一个过程。也是所有其它测试过程的基础。代码走查是由项目设计人员之间对软件设计文档的走读检查。主要内容有:

- 文档种类检查(设计文档, 评审纪录, 修改状态);
- 文档规范检查(系统规范, 设计规范, 编程规范);
- 需求设计与概要设计符合性检查;
- 概要设计与详细设计符合性检查;
- 详细设计与编码符合性检查;
- 各模块接口参数类型与传递检查;
- 各模块实现算法检查;
- 各模块输入/输出参数范围定义;
- 各功能输入参数和运行结果范围定义;

2) 单元测试(模块测试)

单元测试是针对软件概要设计模块的划分、功能要求、算法描述、接口定义, 根据代码给出的接口参数范围, 根据设计规范、编码规范和测试规范, 逐项对每一个模块进行测试。

主要内容有:

- 模块接口测试;
- 局部数据结构测试;
- 路径覆盖测试;
- 变量覆盖测试;
- 参数边界测试。

3) 集成测试(组合测试)

集成测试是针对软件概要设计模块的划分、功能要求、接口定义, 参数传递, 根据功能覆盖要求, 根据设计规范、编码规范和测试规范, 逐项对每一个项功能的模块组成结构进行测试。

主要方式有:

- 自定向下集成测试方式;
- 自低向上集成测试方式。

4) 确认测试

确认测试是针对软件需求设计定义的功能和性能要求,根据软件概要设计实现的方法,根据设计规范、编码规范和测试规范,逐项对每一个项功能测试对需求的覆盖率。

主要方式有:

- 有效性测试(黑盒测试);
- 软件配置复查。

5) 系统测试

系统测试是针对软件需求设计定义的功能和性能要求,根据软件运行的硬件载体的特征,根据系统运行环境的要求,在系统全构型的实际云向环境下,逐项对软件需求定义的所有功能和性能进行验证。

主要方式有:

- 需求符合性确认;
- 实现过程有效性验证。

4 嵌入式实时软件仿真测试平台

1) 利用软件仿真技术实现对嵌入式系统实时处理软件进行静态分析(白盒测试)、动态测试(黑盒测试)、实时调度、中断管理、开发调试、文档管理等功能。

2) 建立在CPU模块仿真的基础上,实现对嵌入式系统实时软件的测试。CPU的仿真主要有:CPU指令系统的仿真、运算寄存器的仿真、状态寄存器的仿真、中断寄存器的仿真等。

3) 实现被测的嵌入式系统实时软件所涉及到的I/O操作的仿真。如:串/并行接口的仿真、离散量I/O接口的仿真、A/D, D/A数/模转换的仿真、以及传感器状态变化的仿真等。

4) 面向C语言和汇编语言,并提供了功能强大的仿真调试功能,如:单步运行、多断点设置、结果和状态在线显示、任意运行程序定时计算、变量和结果窗口实时显示等。

5) 提供了嵌入式系统实时中断功能。如:随机中断、周期定时中断、多级总断以及其使能/禁止的功能。

5 软件的军检验收

与硬件产品的军检验收不同,军代表对交付产品的软件进行验收尚处于起步阶段,缺乏可供借鉴的经验与方法。软件验收人员不但要有高度的责任心、认真细致的工作作风,还需要具有丰富的计算机软硬件基础知识,熟悉常用汇编语言(如8086)、高级编程语言(如C、C++)的语法结构与编程方法;个别小型应用也有采用单片机或单板机的,验收人员必须熟悉其相应的指令系统。另外,软件测试是软件验收的重要环节,验收人员应熟悉软件测试的一般原理与方法。因此,对相关军代表进行培训,提高其业务素质和能力,是确保军代表做好软件军检验收的前提。

软件验收应在软件设计与测试全部完成并通过相应的评审之后,由研制单位向驻研制单位的军代表提交正式软件验收申请报告。军代表应了解被验收软件的功能、性能、文档

等内容,检查其技术协议书或研制任务书是否一致,并对软件验收申请报告进行审查,提出处理意见。软件军检验收的一般程序有如下几点:

1) 成立软件验收小组

军代表室应成立独立的软件验收小组,与研制单位共同制定软件验收计划,软件验收计划应包括验收活动程序、验收测试要求、技术条件、日程安排等。

2) 对研制单位提供的软件文档进行审查

根据 GJB2786-96《武器系统软件开发》、GJB438A-97《武器系统软件开发文档》及软件开发过程质量管理等方面的规定,软件文档有:系统或软件研制任务书、软件开发计划、软件需求规格说明、接口需求规格说明、软件设计文档、接口设计文档、软件产品规格说明、版本说明文档、软件质量保证大纲、软件配置管理计划、软件测试计划、软件测试说明、软件测试报告、计算机系统操作员手册、软件用户手册、软件程序员手册、固件保障手册、计算机资源综合保障文件。根据软件等级及类别的不同,上述文档允许剪裁或合并。

文档审查的目的是检查软件文档是否完整、齐全、统一、有较、具有可追溯性,检查软件开发各阶段是否通过了相应的评审。对研制单位提供审查的文档,在全面审查的基础上应重点审查以下内容:

a) 审查软件需求规格说明。主要审查软件需求内容是否满足产品技术协议书或软件研制任务书的要求,软件需求规格说明的质量要求是否满足系统定义的要求,是否明确了对软件可靠性和安全性的要求,是否明确了对软件的维护性要求等。

b) 审查软件开发计划。主要审查软件开发阶段划分是否明确,计划是否明确、合理、可行,软件配置管理的要求是否明确等。

c) 审查软件测试计划。主要审查测试范围和内容是否与软件需求规格说明相对应,有无可靠性及安全性方面的测试内容,测试用例、测试方法、测试通过准则是否满足要求等。

d) 审查软件测试报告。主要审查是否完成了软件测试计划规定的所有测试项目,测试的过程和结果是否有较,软件的功能、性能等是否满足产品技术协议书或任务书的要求,软件的安全性与可靠性测试情况,软件设计和测试过程中出现的问题是否已经归零等。对需要通过第三方测试的软件,还应审查软件的第三方测试报告。

e) 审查软件配置管理计划。配置管理的内容应明确、完整。对配置管理情况应进行审计,软件配置管理项的状态应满足正确性、一致性、完备性、有较性和可追溯性,检查软件程序与文档的一致性、文档与文档的一致性,检查交付产品与任务书要求的一致性、与标准规范的一致性,检查交付的产品与任务书要求的一致性、与标准规范的一致性,任何情况下都要保证“文实相符、文文相符”。

3) 程序检查

根据 GJB437-88《军用软件开发规范》等有关标准中有关源程序编写的约定,检查软件开发单位出示的全套软件源程序清单、数据及相应原软件支持环境是否符合要求。

4) 软件演示

根据需要,军检验收小组要求开发单位现场演示软件的部分或全部功能,验收小组也可设计测试用例对软件软件演示考核。演示结果应能证明软件功能与需求的一致性、软件程

序与文档的一致性。

5) 软件验收测试

软件验收测试的目的,主要是检查软件的功能及性能是否达到了规定要求,检查软件工作是否稳定可靠。软件验收测试一般包含以下几个方面的测试内容:

a) 安装性测试:按规程规定进行软件的安装、参数装订、程序加载等,检查软件的安装性能。

b) 功能测试:根据任务书的规定与要求,逐项检查软件的功能与任务书规定的功能的一致性,并记录测试结果。

c) 性能测试:逐项检查软件的各项性能指标是否符合软件研制任务书规定的性能要求,如:信号输出范围、数据处理精度、系统响应时间、控制信号波形等,并记录测试结果。

d) 测试强度:对软件进行强化测试或降级测试,并检查系统的恢复能力。

e) 安全性测试:对系统各种软硬件故障模式、错误操作等情况进行测试,以评估软件的安全性和可靠性。

6) 形成软件验收报告

在软件文档资料审查和验收测试结束后,应形成软件验收报告,从软件设计与需求的一致性,程序代码与设计的一致性,文档描述与程序的一致性,文档的完整性、准确性和标准化程度方面对软件进行综合评价。验收小组应以投票表决得出验收结论。在软件验收报告中应详细记录验收的各项内容、评价及验收结论,验收小组应进行签署。

7) 对验收未通过的处理

将验收未通过的结论、未通过原因、存在问题等通知研制单位,并限期改正有关问题,重新提交军检验收。

6 结束语

软件测试的重要性越来越为人们所认识并加以重视。在产品研制开发过程中要充分认识软件的特征,掌握软件测试的方法。确保软件测试的充分性,增加软件测试的客观性,增强软件测试的专业性,树立软件测试的权威性。在工作中,一定要结合实际工作,进一步学习掌握软件质量基础理论知识,加强研究探讨和工作协调,不断完善软件的军检验收方法,把好软件军检关,以促进系统性能的提高和效能的发挥。

参考文献(略)

【作者简介】

高卫兵,男(1966-),军事代表,工程师,毕业于空军工程大学,现从事军队装备检验验收工作。