

硬件测试技术



2023年9月

课程纲领

硬件测试概述

测试前准备

硬件测试的种类与操作

硬件测试的级别

可靠性测试

测试问题处理

测试效果评估

硬件测试参照的通信技术原则

测试规范制定

测试人员的培养

2023年9月

硬件测试概述

1、硬件测试的概念

测试是为了发觉错误而执行操作的过程

测试是为了证明设计有错，而不是证明设计无错误

一种好的测试用例是在于它能发觉至今未发觉的错误

一种成功的测试是发觉了“至今未发觉的错误”的测试

2023年9月

硬件测试概述

2、硬件测试的目的

测试的目的决定了怎样去组织测试。假如测试的目的是为了尽可能多地找犯错误，那么测试就应该直接针对设计比较复杂的部分或是此前犯错比较多的位置。假如测试目的是为了给最终顾客提供具有一定可信度的质量评价，那么测试就应该直接针对在实际应用中会经常用到的商业假设。

综合评估，决定产品的测试方向！

2023年9月

硬件测试概述

3、硬件测试的目的——产品的零缺陷

关注点：产品规格功能的实现，性能指标，可靠性，可测试性，易用性等。

实现的保障：产品的零缺陷构筑于最底层的设计，源于每一种函数、每一行代码、每一部分单元电路及每一种电信号。测试就是要排除每一处故障和每一处隐患，从而构建一种零缺陷的产品。

MTBF不是计算出来的，而是设计出来的。

2023年9月

硬件测试概述

5、目前业界硬件测试的开展情况

伴随质量的进一步要求，硬件测试工作在产品研发阶段的投入百分比已经向测试倾斜，许多著名的国际企业，硬件测试人员的数量要远不不小于开发人员。而且对于硬件测试人员的技术水平要求也要不不小于开发人员。

2023年9月

硬件测试概述

4、硬件测试的意义

测试并不仅仅是为了要找犯错误。经过分析错误产生的原因和错误的分布特征，能够帮助项目管理者发觉目前设计过程的缺陷，以便改进。同步，这种分析也能帮助我们设计出有针对性地检测措施，改善测试的有效性。

没有发觉错误的测试也是有价值的，完整的测试是评估测试质量的一种措施。

2023年9月

硬件测试概述

6、硬件测试在企业价值链中的地位

——采购——研发——测试——生产——销售——



测试是每项成功产品的必经环节

2023年9月

硬件测试概述

7、硬件测试对企业形象和企业发展的主要性

硬件测试是评估产品质量的主要措施

产品质量是企业的信誉和品牌形象

企业的信誉和质量决定了企业的发展前景

2023年9月

课程纲领

硬件测试概述

测试前准备

硬件测试的种类与操作

硬件测试的级别

可靠性测试

测试问题处理

测试效果评估

硬件测试参照的通信技术原则

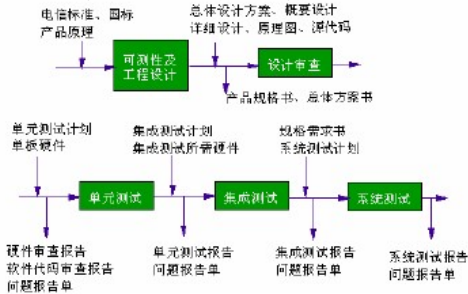
测试规范制定

测试人员的培养

2023年9月

硬件测试概述

8、硬件测试的一般流程和各阶段点的输出文件



2023年9月

测试前准备

1、正规检视

硬件设计审查

原理图检视

PCB检视

发觉硬件设计原理缺陷

发觉成本挥霍问题

发觉降额不规范设计

发觉布局和布线的缺陷

发觉EMC等专题设计缺陷

2023年9月

测试前准备

2、正规检视的流程

- 检视教授确实定
- 评审教授预检视
- 检视问题反馈整顿
- 检视会议召开
- 检视问题确认，处理
- 检视问题跟踪

2023年9月

测试前准备

3、FMEA（故障模式影响分析）

分析系统中每一产品全部可能产生的故障模式及其对系统造成的全部可能影响，并按每一种故障模式的严重程度、检测难易程度以及发生频度予以分类的一种归纳分析措施。

2023年9月

测试前准备

FMEA的意义

- 能帮助设计者和决策者从多种方案中选择满足可靠性要求的最佳方案；
- 确保全部元器件的多种故障模式及影响都经过周密考虑；
- 能找出对系统故障有重大影响的元器件和故障模式，并分析其影响程度；
- 有利于在设计评审中对有关措施（如冗余措施）、检测设备作客观的评价；

2023年9月

测试前准备

FMEA的意义（续）

- 能为进一步定量分析提供基础；
- 能为进一步更改产品设计提供资料；
- 能为产品可测试方案提供基础材料；
- 能为技术增援人员提供维修指南；
- 为基于故障模式的测试提供根据。

2023年9月

测试前准备

FMEA的层次

信号级：对接口信号或某些特殊器件的分析

器件级：对系统内功能模块的可靠性分析

系统级：对系统的整体可靠性分析

2023年9月

测试前准备

严酷度

在某些系统中，最终影响的严重程度等级又称为严酷度（有时也称为严重度，系指故障模式所产生后果的严重程度）类别。

严重程度等级（严酷度类别）定义应考虑到故障所造成的最坏的潜在后果来拟定。

严酷度的定义是FMEA的前提和基础，有了共识的严酷度才足够保证FMEA的顺利开展和问题的落实。

2023年9月

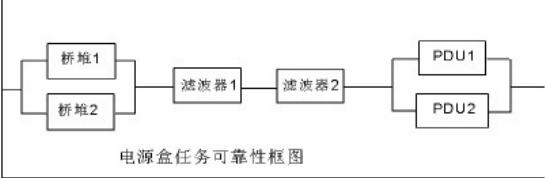
测试前准备

功能和可靠性框图

4、FMEA的步骤例1：××产品FMEA分析

a、建立功能和可靠性框图

任务定义：为系统提供要求的电压（-48V）。



2023年9月

测试前准备

表 2-2 严酷度定义

类别	名称	描述
I类	灾难的	这是一种会引起人员死亡或系统(如飞机、坦克、导弹及船舶等)毁坏的故障。
II类	致命的	这种故障会引起人员的严重伤害、重大经济损失或导致任务失败的系统严重损坏。
III类	临界性的	这种故障会引起人员的轻度伤害、一定的经济损失或导致任务延误或降低的系统轻度损坏。
IV类	轻度的	这是一种不足以导致人员伤害、一定的经济损失或系统损坏的故障，但它会导致非计划性维护或修理。

2023年9月

测试前准备

环境定义

4、FMEA的步骤例1：××产品FMEA分析

c、环境定义

产品的环境温度、湿度要求，机房地面要求（防静电），机房防尘和对有害气体浓度要求，抗电磁干扰的能力，本身产生的电磁干扰，抗地震措施，运输（防水、防震）和储存。各方面环境要求应满足相应规定。如工作温度、相对湿度应满足以下条件：

温度（℃）		相对湿度（%）	
长期工作条件	短期工作条件	长期工作条件	短期工作条件
15℃～30℃	0℃～45℃	40%～65%	20%～90%

2023年9月

F

M

E

测试前准备

A

分

析

步

骤

和

要

点

拟定范围
拟定功能
失效模式
潜在影响
严酷度
分类
潜在原因
发生频度
控制措施
探测率
RPN
整改措施

怎样定义严酷度分类：
对操作者危害最高
失效概率： 每小时，每班次，每天，每星期。。。请做影响：
修改前FMEA分频备与调整，试机损失
失效模式：失效部件，工具类
失效矩阵（物理干涉，能量传递，物流，信息转移）
4确保书
5专题研究报告

2023年9月

7现场服务报告

测试前准备

风险分析

风险分析的目的是按每一故障模式的严重程度及该故障模式发生的概率所产生的综合影响对产品中的产品划等分类，以便全方面评价系统中多种可能出现的产品故障的影响，它是一种相对定量的分析方法，一般借助图形工具（如矩阵图）来辅助分析。

风险分析常用的措施有两种，即风险优先数（Risk Priority Number，RPN）法和危害性分析（Criticality Analysis）法

前者主要用于汽车等民用工业领域，后者主要用于航空、航天等军用领域。在进行风险分析时可根据详细情况选择一种措施。

2023年9月

测试前准备

FMEA分析表格

编号	器件名称	所属功能	失效模式	失效百分比	局部影响	对系统的影响	对系统的影响	严重性	已经有的检测	已经有的补偿措施	提议改善措施	备注
	单元	率		元的最终影响	度				测方	偿措	措施	
									法	施		

2023年9月

测试前准备

4、故障处理

故障检测

故障定位

故障隔离

故障恢复

2023年9月

测试前准备

故障检测

故障检测是指明确到故障已经发生的过程，是故障处理流程的前提。

这里提到的检测一般是指系统在故障发生后的自动的检测，一般不需要人进行操作。

在进行故障检测的时候需要结合软、硬件故障检测措施。

某些故障可能需要屡次检测确认，预防进行误告警和误操作

2023年9月

测试前准备

故障定位

故障定位是指将故障定位到现场最小可更换单元的过程，是故障维修的基础。

故障定位的目的是为了便于维修工程人员进行现场的故障维修和返修件的故障处理。

2023年9月

测试前准备

故障隔离

故障隔离一般是将故障限定到可更换单元内部的过程。故障隔离的目的是将故障能够限定在越小的功能单元。

故障隔离是为了将故障的影响范围限制在尽量小的范围之内。

故障是无法预防的，怎样将故障产生的影响降到最低，是故障隔离所要考虑的关键。

2023年9月

测试前准备

故障恢复

故障恢复是将系统的功能状态恢复到故障发生前状态的过程，是客户最关心的也是系统稳定运营的关键环节。

常用的故障恢复手段有复位、冗余倒换、重发等。

故障恢复尽量需要做到自动进行，以降低对顾客的影响。

2023年9月

测试前准备

5、测试计划

描述该测试计划所应达成的目的如下（可根据项目的实际要求做合适调整）：

全部测试需求都已被标识出来；

测试的工作量已被正确估计并合理地分配了人力、物力资源；

测试的进度安排是基于工作量估计的、合用的；

测试开启、停止的准则已被标识；

测试输出的工作产品是已标识的、受控的和合用的。

2023年9月

测试前准备

测试计划的内容

测试计划一般应该涉及一下的内容：

测试对象，明确版本，范围，任务划分

角色和职责

测试和不被测试的特征原因

测试经过是否的原则

测试任务安排

测试结束的交付件

工作量评估

2023年9月

测试前准备

6、测试用例

测试用例更多的是需要描述测试措施，测试环节，测试的预期效果，需要达成的指标。需要愈加详细的对每一条测试项目进行描述。

测试用例是直接用来指导测试的，所以对测试项目的描述需要更详细，更便于参照操作。

2023年9月

测试前准备

测试用例的一般格式

测试用例编号
测试项目（模块或单元）
测试子项目（子项目描述）
测试级别（必测、选测、可测）
测试条件（环境、仪器等有关要求）
测试环节和措施（详细细致的操作措施）
应达成的指标和预期效果
备注

2023年9月

测试前准备

7、测试需求的起源

一切测试的需求都来自于产品设计的规格，规格来自于顾客的需求。所以我们的测试是针对产品规格的测试。详细能够从如下几方面进行考虑：

产品设计功能

根据功能的实现，分别对实现该功能的各个环节进行测试，从硬件、单板软件、高层软件到顾客界面，只有各个环节都通畅无阻，才干保证该功能的正常实现。

可靠性

备份、倒换、插拔、互助、自愈等

2023年9月

测试前准备

测试需求的起源（续）

指标性能需求

指标涉及电接口指标、光接口指标、时钟指标、传播指标和指标容差，指标一般都有有关的原则可查。性能一般可从容量、处理能力、容限等方面去考虑，一般是测试异常输入条件下的单元、模块、系统处理情况。性能测试的异常条件主要是指边界条件、异常条件及故障有关性。

组网

组网需求：电信网组网、异种厂商的互联

2023年9月

测试前准备

测试需求的起源（续）

应用环境

应用环境一般可从如下几种方面考虑：

高温、低温、高下温交变、盐雾、湿热、防尘

接地、电源、震动、冲击、存储、运送

电磁兼容性

断电恢复性

2023年9月

课程纲领

硬件测试概述

测试前准备

硬件测试的种类与操作

硬件测试的级别

可靠性测试

测试问题处理

测试效果评估

硬件测试参照的通信技术原则

测试规范制定

测试人员的培养

2023年9月

硬件测试的种类与操作

1、测试设计

测试并不是简朴意义上的某些测试操作，在测试前需要有详细的设计，周密的筹划，测试是一项高难度的工作。

测试设计概念的范围很广，大致能够分为如下几类：

设计测试平台，用此测试平台能进行通用项目的测试，或是进行能用此测试平台作一类测试。

设计测试工具，设计测试软件。

设计测试装备。

设计测试用例，测试措施。

2023年9月

硬件测试的种类与操作

测试设计的好处

良好的测试设计和有效测试工具可降低反复低效的劳动

有效地开发利用测试工具可使测试更进一步、更全方面

有些复杂的测试只能依托测试工具进行自动测试

在测试中经常进行测试设计是提升技术水平的有效手段

我们在做测试工作时，不能因循守旧，需要时刻考虑怎样改善我们的测试效果，提升我们的测试效率，在测试点上进一步研究，开发测试工具，最终使我们的全部点的测试达成自动化。

2023年9月

硬件测试的种类与操作

良好的测试设计一样也是节省测试成本的手段

目前的测试工作中，经常会遇到某些无法在试验室模拟的情况，可能在实际现场也无法模拟，而且假如要模拟所花的代价很大，如满配置、最大负荷的情况，而这些项目的测试经过是否是检验系统性能的主要手段。这个测试任务便给我们提出了编写测试软件模拟大负荷情况的要求。不但实现和自动化，而且大幅度的节省了成本。

2023年9月

硬件测试的种类与操作

2、基础指标测试

信号质量测试

基本的信号质量测试是经过测试单板上的多种信号质量，根据信号种类的不同，用不同的指标来衡量信号质量的好坏，并对信号质量的分析，发觉系统设计中的不足。

开发人员根据已有的信号质量和时序调试和测试方面的规范和指导书，在单板调试阶段完毕对单板信号质量的全方面测试并完整统计结果。

测试仪器——示波器

2023年9月

硬件测试的种类与操作

时序测试

对板内信号时序进行调试，验证信号实际时序关系是否可靠，是否满足器件要求和设计要求；分析设计余量，评价单板工作可靠性。

开发人员根据已有的信号质量和时序调试和测试方面的规范和指导书，在单板调试阶段完毕对单板时序（涉及逻辑外部时序）的全方面调试和测试。

测试仪器——示波器，逻辑分析仪

2023年9月

硬件测试的种类与操作

3、功能测试

功能测试是根据硬件详细设计报告中提及的功能规格进行测试，验证设计是否满足要求。

功能测试是系统功能实现的基本，是需要严格确保测试经过率的。如被测对象与其规格阐明、总体/详细设计文档之间存在任何差异的均需要详细描述。

一般涉及，电源、CPU、逻辑、复位、倒换、监控、时钟、业务等。

2023年9月

硬件测试的种类与操作

4、性能测试——容限测试

指使系统正常工作的输入允许变化范围。容限测试的目的是经过测试明确懂得我们的设备究竟在什么样的条件范围下能够正常工作，单薄环节究竟在哪里。

能否发觉和验证器件降额的问题，系统工作允许范围内的临界点上的性能。

2023年9月

硬件测试的种类与操作

5、容错测试——FIT

指经过冗余设计等手段预防、减小某些故障对系统造成的影响以及在外部异常条件恢复后系统能够自动恢复正常的能力。容错测试的目的是要检验系统对异常情况是否有足够的保护，是否会因为某些异常条件造成故障不能自动恢复的严重后果。

容错测试的一般措施就是采用故障插入的方式，模拟某些在产品使用过程中可能会产生的故障原因，进而考察产品的可靠性及故障处理能力的一种测试措施。

2023年9月

硬件测试的种类与操作

5、容错测试——FIT

容错测试项目的起源主要是经过FMEA取得，是验证FMEA分析成果的一种手段。而且某些经过FMEA分析无法精确取得结论的项目也要通过FIT来进行模拟。

容错测试还涉及的另外一种主要内容就是操作方面的，主要模拟在顾客使用不当的时候系统的容忍错误的能力。

2023年9月

硬件测试的种类与操作

5、容错测试——FIT

容错测试一般允许出现某些功能异常，但是不能出现功能丧失或故障扩散等严重的安全隐患。

常用的故障插入测试措施有时钟拉偏、误码插入、电源加扰等，，常用测试工具有些是专用的，有些是内部开发的。

经过容错测试，还能够拟定在产品的实际应用过程中哪些错是易产生的，哪些错是能够预防的，以尽量降低损失。

2023年9月

硬件测试的种类与操作

6、长时间验证测试

因为电子类产品诸多是需要长时间运营的，所以进行长时间的验证测试是很有必要的

某些器件应用不当的设计，更轻易在长时间的运营中，才会显露出来。

系统的散热能力也只有在长时间的大功率运营时才轻易暴露。

长时间的运营才轻易发生某些被忽视的偶尔原因，轻易发觉某些潜在问题。

2023年9月

硬件测试的种类与操作

6、长时间验证测试

长时间测试不但对于系统而言，在进行单元测试和集成测试时，对于每一种功能模块均需要进行长时间的功能验证。

长时间的验证详细的时间把握同产品的实际使用情况有关，对于通信产品系统，一般提议测试时间要达成一星期。对于每一种功能模块的时间要求一般要达成两天。

2023年9月

硬件测试的种类与操作

7、一致性测试

一致性测试是指将不同批次的产品分别取样，进行测试验证，考察产品功能和性能方面的一致性的测试

为了验证不同生产批次的产品质量和不同批次器件的质量，是否具有较高的一致性，是否能够满足产品的功能和使用条件要求。

2023年9月

硬件测试的种类与操作

7、一致性测试

测试要点

测试至少要涉及3次活以上不同器件批次和生产批次的产品
测试项目要涉及全部的功能测试项目，和主要的信号质量和时序等项目
要点需要验证长时间的稳定性是否一致
假如具有条件，需要验证在环境条件变化时（如高温环境），各样品的一致性能。

2023年9月

硬件测试的种类与操作

8、可靠性数估计

这里的可靠性数据一般涉及MTBF（平均故障间隔时间）、MTTR（平均修复时间）、失效率、可用度、返修率等。
可靠性数据估计的基础是FMEA分析，经过分析取得。

2023年9月

硬件测试的种类与操作

可用度 (A-availability) :

产品在未知时刻, 需要执行任务时, 处于可工作或可使用状态的概率。

平均故障间隔时间 (MTBF-mean time between failure) :

指相邻失效间隔工作时间的平均值。

平均失效前时间 (MTTF-mean time to failure) :

体现观察到下次失效的期望的时间。

2023年9月

硬件测试的种类与操作

平均拆卸间隔时间 (MTBR-mean time between removals)

系统寿命单位总数与从该系统上拆下的产品总次数之比。

平均修复时间 (MTTR-mean time to repair) :

是在要求的时间内, 修复性维修所造成的累积工作时间除以在同一时间内所完毕的修复维修活动总数得到的成果。

拆卸时间+定位时间+修理时间+安装时间

2023年9月

硬件测试的种类与操作

可靠度 R (t) :

在要求的条件下, 要求的时间内, 完毕要求功能的概率。

失效率 (λ)

失效率=1/MTBF

单位Fits

1Fits=1×10⁻⁹ 1/h

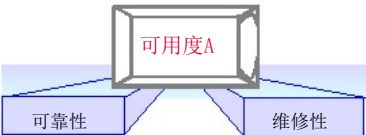
2023年9月

硬件测试的种类与操作

可用度A(Availability)

产品工作时间与总时间之比。若不考虑产品的储存时间和闲置时间, 则 :

A=MTBF/ (MTBF+MTTR)



2023年9月

硬件测试的种类与操作

返修率

年返修率=1/MTBF×8760

2023年9月

硬件测试的种类与操作

练习

系统M的器件使用情况如下表，请计算M的MTBF，A和年返修率

注：MTTR=1小时

器件种类	器件数量	单个器件失效率（单位：Fits）
电阻	150	2
电容	200	2
电感	25	6
接插件	3	50
集成电路	5	400
其他	10	100

2023年9月

硬件测试的种类与操作

器件种类	器件数量	单个器件失效率（单位：Fits）	失效率总和
电阻	150	2	300
电容	200	2	400
电感	25	6	150
接插件	3	50	150
集成电路	5	400	2023
其他	10	100	1000
总计			4000

MTBF=1/4000× 10⁹=250000小时=28.54年

A=250000/（250000+1）=99.9996%

返修率=1/250000×8760=3.5%

2023年9月

课程纲领

硬件测试概述

测试前准备

硬件测试的种类与操作

硬件测试的级别

可靠性测试

测试问题处理

测试效果评估

硬件测试参照的通信技术原则

测试规范制定

测试人员的培养

2023年9月

硬件测试的级别

1、黑盒测试与白盒测试

黑盒测试注重于测试功能性需求，将测试对象看成一黑盒，对外只有输入、输出。

设计黑盒测试用例只对于表目前外接口的多种输入，对不同的输入，测试其体现出来的输出，从而达到测试功能的目的。

白盒测试主要测试模块内部的逻辑细节，各个独立的逻辑途径，黑盒测试不论多么全方面，都可能忽视这些错误。
设计白盒测试用例需要构造到信号、逻辑或消息级。

2023年9月

硬件测试的级别

详细测试时结合使用

白盒测试与黑盒测试各有优势，设计测试用例时应结合使用

举例：

对于开关电的测试，一般采用黑盒测试，设计的测试用例为：迅速上、下电，频繁上、下电等；

对于时钟电路、锁相环等的测试，就需要设计白盒测试用例，如锁相范围、静态相差、固有抖动、抖动容限等。

2023年9月

硬件测试的级别

2、测试的级别

硬件测试按照系统的复杂程度，一般分为：

单元测试——针对独立功能单元的测试

集成测试——针对具有一定集成度的功能子系统的测试

系统测试——针对完整的系统整体的测试

2023年9月

硬件测试的级别

分层测试的行为方式

测试不能仅仅在一种层次进行，而是应该打破层次之间的界线问题出现较多的地方一般都是在层与层之间的配合上，如硬件逻辑与单板软件的配合，单板软件与高层软件的配合。

按照子系统来划分是打破物理层次的很好的措施。

如一种系统中的时钟系统，它可能与系统中的各块单板都有关，并可能贯穿高层软件、底层软件及硬件。对这个时钟系统测试需要将其首先划分为各个子模块，对各模块进行测试，然后将其贯穿为整个时钟系统进行测试

2023年9月

硬件测试的级别

3、测试项目的等级划分

表白该用例的主要性。用例的主要性并不相应用例可能造成的后果，而是相应用例的基本程度，一种可能造成死机的用例未必是高级别的，因为其触发条件可能相当生僻。测试用例的级别分4级：

级别“1”：基本。该类用例涉及系统基本功能，用于版本提交时作为“版本经过准则”。如存在不经过的项目时可考虑重新提交版本。

级别“2”：主要。该类用例涉及单个版本特征，例如某新业务的使用情况，可定义为2级用例。2级用例所相应的问题可作为主要或一般问题提交问题报告单，视详细情况决定是否进行更高级别的反馈。

2023年9月

硬件测试的级别

测试项目的等级划分（续）

级别“3”：详细。该类用例仅影响某单项功能的某一细节方面。例如某新业务的登记和使用正常，但和另一种新业务发生不应有的冲突。有关性能、极限等方面的测试可归入3级用例。有关顾客界面的基本规范等方面的测试可归入3级用例。

级别“4”：生僻。该类用例相应较生僻的预置条件和数据设置。虽然某些测试用例发觉过较严重的错误，但是那些用例的触发条件非常特殊，依然应该被置入4级用例中。有关顾客界面的优化等方面的测试可归入4级用例。

2023年9月

课程纲领

硬件测试概述

测试前准备

硬件测试的种类与操作

硬件测试的级别

可靠性测试

测试问题处理

测试效果评估

硬件测试参照的通信技术原则

测试规范制定

测试人员的培养

2023年9月

可靠性测试

1、EMC电磁兼容性

电磁骚扰测试

- 辐射骚扰测试（RE）
- 传导骚扰测试（CE）
- 谐波电流骚扰测试（Harmonic）
- 电压波动与闪烁测试（Fluctuations and flicker）

2023年9月

可靠性测试

EMC电磁兼容性

- 电磁敏感度测试
- 射频电磁场辐射抗扰度测试（RS）
- 传导骚扰抗扰度测试（CS）
- 电迅速瞬变脉冲群抗扰度测试（EFT/B）
- 静电放电抗扰度测试（ESD）
- 电压跌落、短时中断抗扰度测试（DIP/interruption）
- 工频磁场抗扰度测试（PMS）
- 浪涌抗扰度测试（SURGE）

2023年9月

可靠性测试

EMC电磁兼容性

- 电力线感应测试
- 电力线接触测试

2023年9月

可靠性测试

2、安规

输入测试	温升测试
耐压测试	接触电流测试
接地连续性测试	异常温升测试
元件异常测试	激光辐射测试
TNV电路和地的隔离测试	TNV电路电压测试
电容放电测试	单板安规审查
TNV电路和其他电路的隔离测试	

2023年9月

可靠性测试

3、环境试验

一般电子类产品涉及的环境测试有如下种类：	
气候类	
低温贮存	高温贮存
低温工作	高温工作
热测试	温度循环
交变湿热	低温极限试验
高温极限试验	噪声测试

2023年9月

可靠性测试

环境试验

机械振动类

包装随机震动试验	包装碰撞试验
包装跌落	包装冲击
模拟包装运送试验	实地跑车
随机振动	冲击试验
工作正弦震动	工作冲击试验
地震试验	

2023年9月

可靠性测试

环境试验注意事项

- 整个系统根据实际情况进行接地，不然不能模拟实际使用情况。
- 保持测试仪器的良好接地，以确保测试人员安全。
- 对于耐受性测试，试验工程师必须在试验现场看守，以防试验故障造成的意外事故。而且必须在试验区加危险警告标识。

2023年9月

可靠性测试

环境试验时产品工程师的职责

- 完毕测试计划中产品功能部分的描述。
- 准备和搭建系统的工作环境。
- 帮助制定试验判据。
- 对测试不经过项提出处理措施并实施。
- 每天试验结束后切断系统的电源，并清理试验场地的环境。
- 试验结束后清理试验环境。

2023年9月

可靠性测试

环境试验时环境工程师的职责

- 完毕测试计划中测试项部分的描述。
- 准备和搭建EUT的测试环境。
- 和产品工程师制定试验判据。
- 操作试验仪器。
- 对测试不经过项提出处理措施，并帮助产品工程师实施。
- 给出试验成果判断并输出试验报告。
- 创建测试计划和测试报告评审及归档。

2023年9月

可靠性测试

4、HALT

HALT（Highly Accelerated Life Test）的全称是高加速寿命试验，是一种试验措施（思想），采用的环境应力比加速试验愈加严酷。

主要应用于产品开发阶段，它能以较短的时间促使产品的设计和工艺缺陷暴露出来，从而为我们做设计改善，提升产品可靠性提供根据。

2023年9月

可靠性测试

HALT的基本特点

- 试验前无法给定环境应力值；无根据原则；
- 以加速暴露缺陷为目的；
- 直接有利于提升产品可靠性；
- 结论是发觉的缺陷和改善措施。

2023年9月

可靠性测试

HALT试验的优点

- 试验时间短；
- 相对可靠性鉴定试验费用更低；
- 效果明显，迅速发觉设计和工艺的不足；
- 缩短开发时间和费用；
- 评估产品更改的有力支撑工程工具

2023年9月

可靠性测试

HALT试验施加的应力和顺序

- 一、温度步进应力
 - 低温步进应力
 - 高温步进应力
- 二、迅速温度循环应力
- 三、振动步进应力
- 四、组合环境应力

2023年9月

可靠性测试

HALT试验失效发生处理方式

- 暂停试验，统计失效模式和应力水平
- 采用合适的隔离措施定位失效部分
- 统计失效位置
- 分析根本失效原因
- (可能需进行进一步的调查和失效分析)
- 进行临时性修复
- 继续HALT暴露其他问题

2023年9月

课程纲领

- 硬件测试概述
- 测试前准备
- 硬件测试的种类与操作
- 硬件测试的级别
- 可靠性测试
- 测试问题处理
- 测试效果评估
- 硬件测试参照的通信技术原则
- 测试规范制定
- 测试人员的培养

2023年9月

测试问题处理

1、测试问题的危害确认

- 站在顾客的角度看待测试问题，小问题也是问题。
- 产品的最终使用者是顾客
- 对于一种疑点是否属于问题，最有话语权的是顾客
- 测试工程师应该站在顾客的角度来看待每一种小问题，假设顾客看到问题体现后的反应

2023年9月

测试问题处理

2、测试问题的界别划分

- 致命：引起系统死机或系统崩溃的问题
- 严重：引起系统某一功能失效且不能简朴恢复（如插拔单板）的问题
- 一般：引起系统某一功能失效但可简朴恢复或较难重现的问题
- 提醒：从操作或维护的角度发觉的问题或提议

2023年9月

测试问题处理

3、测试问题的种类确认

可重现问题

每次重现（每次测试故障现象都会反复发生的问题）

偶尔重现（不时时出现的问题，临时没有发觉触发条件）

不可重现问题

问题只出现过一次，在后续的测试过程中没有再次发生

2023年9月

测试问题处理

4、测试问题的定位

定位措施

自动定位——系统经过自动检测等手段，能够直接产生有关告警

人为定位——指经过人的现场观察或是借助一定的测试手段能够即可定位。

不可定位——指在现场无法定位，需要借助专用的测试工具，或是专业的人员才有可能定位的问题

恢复方式

自动恢复、手动恢复、不可恢复（定义参照定位措施）

2023年9月

测试问题处理

5、测试问题反馈方式和注意事项

测试工程师发觉的任何问题都应该以问题反馈单的形式反馈

尽量不要测试人员直接协调开发人员处理问题，假如是为了保存测试环境或处理某些难以重现的问题，能够先告知开发人员了解故障现象，同步需要尽快补交问题反馈单。

问题反馈时应尽量将故障现象、触发条件、环境原因、组网情况等信息描述清楚，以便问题的处理

养成保存现场的习惯。

2023年9月

测试问题处理

6、测试问题跟踪和处理流程

测试工程师提交问题反馈单

测试经理审批，并转给相应处理部门经理

受理部门经理审批，转给开发工程师处理

开发工程师处理问题，并返还受理部门经理审批

返还测试经理审批

测试经理返回测试工程师

测试工程师回归测试

2023年9月

测试问题处理

问题反馈注意事项

- 流程中间的任何环节都能够经过正当的理由返回上一级处理
- 禁止跨流程，跨人员审批
- 每个环节都应该有相应的时间要求，不允许无故迟延时间
- 测试人员在进行回归测试时要严格把关，问题处理流程不能够随便关闭
- 流程处理过程中对事不对人，要按照事实说话
- 问题报告单应该最为测试人员测试绩效考核的一部分

2023年9月

课程纲领

- 硬件测试概述
- 测试前准备
- 硬件测试的种类与操作
- 硬件测试的级别
- 可靠性测试
- 测试问题处理
- 测试效果评估
- 硬件测试参照的通信技术原则
- 测试规范制定
- 测试人员的培养

2023年9月

测试效果评估

1、测试报告

测试报告一般需要涉及如下内容：

- 测试时间、地点、人员
- 测试环境
- 测试数据统计
 - 测试人员等工作量统计
 - 测试项目经过情况统计
 - 缺陷统计
 - 覆盖率统计

2023年9月

测试效果评估

- 测试评估
 - 测试活动评估
- 总结经验教训，评估工作量
- 测试对象评估
- 给出被测对象的客观评价
- 测试设计评估
- 描述对测试设计的改善提议和理由
- 遗留问题

2023年9月

测试效果评估

2、评审——评审角色

开发工程师

评审前需要提供有关的设计文档《总体设计方案》、《详细设计报告》

评审会议做简朴的原理和功能简介

评审完毕后，根据评审会议确认的问题做相应的更改

2023年9月

测试效果评估

2、评审——评审角色

硬件项目经理

明确设计责任，将评审会议拟定的问题按照指责分配给有关的责任人

公开评审会完毕后，确认并确保会议上的问题做了妥善处理

2023年9月

测试效果评估

2、评审——评审角色

硬件测试工程师

简介测试过程和采用的测试措施

论述测试过程发觉的问题

详细描述测试问题发生的条件，问题现象

整顿汇总测试问题，出具《测试报告》

评审会议结束后，跟踪问题的后续处理情况，进行回归测试

2023年9月

测试效果评估

2、评审——评审角色

硬件项目经理

对测试问题进行确认

组织评审会议

拟定评审教授

汇总评审意见

不放过任何一种可能的问题，站在测试的立场坚持一切可能的问题，不随便放过一种可能存在的问题，为测试工程师撑腰

2023年9月

测试效果评估

2、评审——评审角色

评审教授

在问题后续阶段结束时，即此次评审完毕时，将评审成果归档
正确归档组织者和开发者提供的归档资料

2023年9月

测试效果评估

2、评审——评审角色

归档员

提前一天反馈评审意见
对测试问题进行确认
按时参加评审会议，提出有针对性，有价值的评审意见
给出问题的提议处理措施

2023年9月

测试效果评估

2、评审——评审原则

开发和测试人员简介长度10—20分钟为宜，评审人员只听，不要打断设计人员简介。
资料袋下发到评审教授不少于5个小时
全部的评审人员都必须参加，如有特殊情况，要指定同等资历的教授加入
评审需要建立打分机制，根据评审教授的意见数量和质量进行打分，分数同评审教授的任职资格和考核相结合

2023年9月

测试效果评估

2、评审——评审效果

测试问题得到及时的处理
产品质量得到提升
测试问题和经验得到搜集和积累
为后续类似产品提供测试等经验

2023年9月

以上内容仅为本文档的试下载
的一半内容。如要下载或阅

部分，为可阅读页数

3、经验的总结

测试经验总结是我们共同的财富，也是我们提升本身的手段。经验总结的形式：

审查规范

测试规范

checklist

案例

技术报告

总结可预防反复劳动，平时工作中需要有总结的意识。

2023年9月

[k118.com/218055061056006110](https://d.boo.k118.com/218055061056006110)

4、测试经验的获取

从测试过程中获取

直接 印象深刻 进一步 正确程度？

从问题攻关中获取

直接 印象深刻 进一步 数量少

从别人的经验总结中获取

较进一步 数量大 间接

大量的经验应来自于获取别人的测试经验并加以自己实践的验证，从而加深印象，成为自己的经验。

阅读全文，请访问

：[https://d.boo](https://d.boo.k118.com/218055061056006110)

2023年9月

怎样增长测试经验

测试过程中进一步分析，挖掘到本质

主动参加问题攻关

多从网上获取别人经验

多与别人进行技术交流

参加测试技术的开发

增长测试经验即提升技术能力，优异的测试工程师肯定能够是优异的开发工程师。

2023年9月

5、遗留问题处理

遗留问题是指测试过程中发生的而且在测试报告时仍没有得到解决的测试问题。测试报告时已经得到处理，并经过回归验证的测试问题不记入其中。

遗留问题的划分需要非常谨慎，必须是长时间无法重现的问题，或者因为某些特定的原因（成本等），且问题并不严重的才够经过流程中各环节人员的认可被列为遗留问题。

遗留问题需要定时跟踪清理，且对于一款产品需要制定一种遗留问题的数量限制。

2023年9月