

可靠性·维修性·保障性技术丛书 ⑪

丛书主编 王自力

RMS

# 电子元器件 使用可靠性保证

Operational Reliability Assurance of Electronic Components

主编 付桂翠

Reliability  
Maintainability  
Supportability



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

可靠性·维修性·保障性技术丛书

# 电子元器件使用 可靠性保证

**Operational Reliability Assurance of  
Electronic Components**

主    编    付桂翠  
编写组成员    于庆奎    万    博    张素娟  
(按姓氏笔画排序)    陈    颖    洪    晟    高    成  
                            唐    民

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

全书共分11章。第1章主要介绍了元器件使用可靠性保证的目的、相关概念、工作内容及工作流程;第2章主要介绍了元器件的分类、命名和封装等基础知识;第3章至第10章是本书的重点内容,系统地论述了元器件使用可靠性保证的工作内容、措施及要求,包括元器件的选用控制、采购控制、监制验收控制、筛选、破坏性物理分析、失效分析、使用可靠性设计、电装连接、评审与信息管理等;第11章介绍了元器件在电路应用中的一般要求及各类元器件的可靠使用方法。

本书具有较强的工程实用性,可供工程技术人员学习和参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

电子元器件使用可靠性保证/付桂翠主编. —北京:国防工业出版社,2011.4

(可靠性·维修性·保障性技术丛书)

ISBN 978-7-118-07115-3

I. ①电... II. ①付... III. ①电子元件-使用-可靠性②电子器件-使用-可靠性 IV. ①TN60

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第009870号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

\*

开本710×960 1/16 印张22 $\frac{3}{4}$  字数403千字

2011年4月第1版第1次印刷 印数1—4000册 定价56.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

# 《可靠性·维修性·保障性技术丛书》 编辑委员会

主任委员 王自力

副主任委员 康 锐 屠庆慈

委 员 (按姓氏笔划排序)

于永利	马 麟	石君友	田 仲	付桂翠
吕 川	吕明华	朱小东	刘 斌	刘春和
阮 镰	孙有朝	孙宇锋	李建军	宋晓秋
陆民燕	陈 新	罗汉生	金惠华	房祥忠
赵 宇	赵廷弟	姜同敏	章国栋	曾天翔
曾声奎	曾曼成	徐居明	戴慈庄	

1995年,国防科技及教育界著名专家杨为民教授组织编辑出版了国内第一套《可靠性·维修性·保障性丛书》,对推动武器装备质量观念的转变,提高武器装备的可靠性、维修性、保障性水平,发挥了重要的推动作用。

15年后的今天,树立现代质量观,持续提高可靠性、维修性、保障性水平,已成为武器装备建设与国防科技发展中的共识,特别是《武器装备质量管理条例》的颁布实施,表明可靠性、维修性、保障性在现代质量观中具有战略性、全局性和基础性的地位和作用,高可靠、长寿命、好维修、易测试、能保障、保安全已成为武器装备研制、生产和使用中的普遍要求,可靠性、维修性、保障性工程活动已全面进入武器装备寿命周期各阶段,为提高武器装备的效能、降低寿命周期费用发挥了不可替代的作用。

在上述背景下,在武器装备建设与国防科技发展中,无论在技术上还是在管理上,都对可靠性、维修性、保障性提出了更高的要求。为适应这种新形势,我们组织有关专家重新编辑出版了这套《可靠性·维修性·保障性技术丛书》,共12册,以满足广大工程技术和管理人员的迫切需求。

本套丛书认真总结了15年来国内外武器装备可靠性、维修性、保障性最新实践经验,全面吸收了我国在预先研究和技术基础研究领域中取得的主要研究成果,从装备、系统、设备、元器件等多个产品层次和硬件、软件等不同产品类别,可靠性、维修性、测试性、保障性、安全性等多种质量特性,以及论证、研制、生产和使用与保障等寿命周期各阶段,全方位地论述了相关领域的基本概念、技术方法、实践经验及发展方向,具有系统性、实用性和前瞻性,从而有助于读者全面、系统地了解 and 掌握该项技术的全貌。本套丛中阐述的可靠

性、维修性、保障性理论与技术,对武器装备和一般民用工业产品均具有普遍的适用性。

《可靠性·维修性·保障性技术丛书》是一套理论与工程实践并重的著作,它不仅可以为广大工程技术和管理人员提供有用的指导和参考,也可作为有关工程专业本科生、研究生的教学参考书。我们相信,这套丛书的出版,对我国武器装备可靠性、维修性、保障性工程的全面深入发展将起到重要的推动和促进作用。

丛书编辑委员会

2010年12月

## Preface 前言

电子元器件(以下简称元器件)是构成电子系统的基本单元,随着武器装备向电子化、自动化、智能化方向的发展,对电子系统而言,为了保证在复杂的条件下工作,不仅需具有优良的性能,而且要具有较高的可靠性。而任何一个元器件发生失效,都可能引起电子系统的故障,从而影响武器装备性能的发挥,因此对元器件的可靠性提出了越来越高的要求。

元器件的可靠性由固有可靠性和使用可靠性组成。固有可靠性主要由元器件生产单位在元器件设计、生产过程中的质量控制所决定。使用可靠性则由装备在研制、生产、使用各阶段对元器件的选择、采购和使用等过程的质量控制所决定。大量的元器件失效分析和统计数据表明,由于固有缺陷导致的元器件失效与元器件的选择、采购或使用不当造成的元器件失效几乎各占 50%。因此,在提高元器件固有可靠性的同时,必须高度重视保证元器件的使用可靠性。

本书围绕元器件使用可靠性保证这一主题,针对元器件的选择、采购、使用设计、环境保护设计、检验分析、评审管理等使用全过程的质量保证工作进行了分类介绍,目的在于提高型号用元器件的使用可靠性水平,避免由于元器件的选择和使用不当而导致的元器件可靠性降低,从而保证装备的可靠性水平。

全书共分 11 章,其中第 1 章、第 3 章及第 8 章的 8.1、8.2、8.5 节由付桂翠编写,第 2 章、第 9 章由陈颖编写,第 4 章、第 5 章由高成编写,第 6 章、第 7 章和第 8 章的 8.3 节由张素娟编写,8.4 节由唐民、于庆奎编写,第 10 章和附录部分由万博编写,第 11 章由洪晟编写。全书由付桂翠主编,戴慈庄教授、徐居明研究员两位专家主审。在本书的编写过程中得到了北京航空航天大学可靠性与系统工程学院元器件质量工程研究中心有关同志的大力协助,特表示诚挚的感谢。

本书可供工程技术人员学习和参考,由于水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2010 年 6 月



<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 基本概念 .....	1
1.1.1 元器件可靠性 .....	1
1.1.2 元器件失效率 .....	1
1.1.3 元器件质量等级及应用 .....	3
1.2 元器件使用可靠性保证的目的 .....	7
1.3 元器件使用可靠性保证的内容及流程 .....	7
1.3.1 元器件使用可靠性保证的内容 .....	7
1.3.2 元器件使用可靠性保证的流程 .....	8
1.4 军工型号元器件使用可靠性的控制与管理 .....	10
<b>第 2 章 元器件的分类</b> .....	13
2.1 元器件的总体分类 .....	13
2.2 各类元器件的分类及命名 .....	14
2.2.1 电气元件 .....	14
2.2.2 机电元件 .....	26
2.2.3 电子器件 .....	32
2.2.4 其他元器件 .....	44
2.2.5 MEMS 器件 .....	45
2.3 元器件的封装分类 .....	47
2.3.1 封装材料 .....	47
2.3.2 插装型封装 .....	48
2.3.3 表面安装型封装 .....	49
<b>第 3 章 元器件的选择</b> .....	52
3.1 元器件选择的基本要求 .....	52
3.1.1 选择原则 .....	52
3.1.2 选择顺序 .....	52
3.1.3 质量等级的选择 .....	53



3.1.4	环境适应性选择 .....	80
3.1.5	优选目录的制定与执行 .....	80
3.2	进口元器件的选择 .....	82
3.2.1	进口元器件选择的一般要求 .....	82
3.2.2	进口元器件选择的原则 .....	82
3.2.3	进口元器件断档及应对措施 .....	84
3.3	塑封元器件的选择 .....	85
3.3.1	塑封元器件简介 .....	85
3.3.2	塑封元器件高可靠应用中的主要问题 .....	86
3.3.3	塑封元器件选择的原则 .....	87
3.4	新研元器件的选择 .....	87
3.4.1	新研元器件简介 .....	87
3.4.2	新研元器件研制过程控制管理 .....	88
3.4.3	新研元器件选择的原则 .....	89
<b>第4章</b>	<b>元器件采购、监制与验收 .....</b>	<b>90</b>
4.1	元器件采购 .....	90
4.1.1	元器件采购管理与控制要求 .....	90
4.1.2	元器件合格供应方质量认定 .....	91
4.1.3	进口元器件采购管理 .....	93
4.1.4	国产元器件采购管理 .....	94
4.1.5	注意事项 .....	94
4.2	元器件监制管理 .....	95
4.2.1	元器件监制管理的一般要求 .....	95
4.2.2	元器件监制工作的主要内容 .....	96
4.2.3	元器件监制工作的实施 .....	96
4.3	元器件验收管理 .....	97
4.3.1	元器件验收管理的一般要求 .....	97
4.3.2	元器件验收工作的主要内容 .....	98
4.3.3	元器件验收的实施 .....	98
4.3.4	元器件验收工作结果的处理 .....	99
<b>第5章</b>	<b>元器件筛选 .....</b>	<b>100</b>
5.1	概述 .....	100
5.1.1	元器件筛选定义 .....	100
5.1.2	元器件筛选目的 .....	100
5.1.3	元器件筛选意义 .....	101
5.1.4	元器件筛选分类 .....	101

5.1.5	元器件筛选的试验项目	101
5.2	元器件二次(补充)筛选	113
5.2.1	二次(补充)筛选特点	113
5.2.2	二次(补充)筛选规范制定	113
5.2.3	二次(补充)筛选项目确定	114
5.2.4	二次(补充)筛选应力确定	114
5.2.5	二次(补充)筛选方案设计	115
5.2.6	二次(补充)筛选实施	116
5.2.7	二次(补充)筛选过程质量管理	120
5.3	批允许不合格率	121
5.3.1	PDA 定义	121
5.3.2	PDA 实施	121
5.3.3	实施 PDA 需要注意的问题	121
5.4	元器件升级筛选	122
5.4.1	元器件升级筛选概念	122
5.4.2	元器件升级筛选工程意义	122
5.4.3	元器件升级筛选实施	122
5.5	元器件二次(补充)筛选注意事项	124
<b>第 6 章</b>	<b>元器件破坏性物理分析</b>	<b>126</b>
6.1	破坏性物理分析的目的和意义	126
6.1.1	破坏性物理分析定义	126
6.1.2	破坏性物理分析目的	126
6.1.3	破坏性物理分析意义	126
6.2	DPA 工作适用范围及时机	127
6.3	DPA 工作方法和程序	127
6.3.1	型号 DPA 工作全过程流程	127
6.3.2	DPA 试验项目和程序	129
6.3.3	DPA 试验项目裁剪	133
6.4	DPA 结论和不合格处理	133
6.5	DPA 工作实例	134
6.6	DPA 注意事项	138
<b>第 7 章</b>	<b>元器件失效分析</b>	<b>139</b>
7.1	失效分析目的和作用	139
7.2	失效模式和失效机理	140
7.2.1	定义	140
7.2.2	失效的分类	140

7.2.3	元器件的主要失效模式和失效机理 .....	141
7.2.4	元器件的主要失效原因 .....	149
7.3	失效分析工作的基本内容和失效情况调查 .....	150
7.3.1	失效分析工作的基本内容 .....	150
7.3.2	失效情况调查 .....	150
7.4	元器件失效分析程序 .....	152
7.4.1	半导体集成电路失效分析标准程序 .....	152
7.4.2	元器件失效分析一般程序 .....	154
7.5	常用失效分析分解技术 .....	162
7.5.1	元器件解焊技术 .....	162
7.5.2	元器件开封技术 .....	162
7.5.3	钝化层去除技术 .....	163
7.5.4	剖面制作 .....	164
7.6	先进的分析技术和设备 .....	164
7.6.1	超声扫描显微分析技术 .....	165
7.6.2	显微红外热像分析技术 .....	166
7.6.3	光辐射显微分析技术 .....	166
7.6.4	液晶热点检测技术 .....	166
7.6.5	扫描电子显微分析技术 .....	167
7.6.6	电子探针 X 射线显微分析技术 .....	170
7.6.7	离子微探针 .....	170
7.6.8	俄歇电子能谱 .....	171
7.6.9	聚焦离子束技术 .....	171
7.7	失效分析示例 .....	172
<b>第 8 章</b>	<b>元器件使用可靠性设计 .....</b>	<b>175</b>
8.1	降额设计 .....	175
8.1.1	降额设计定义与目的 .....	175
8.1.2	降额设计工作内容 .....	175
8.1.3	各类元器件降额设计实施要点 .....	190
8.1.4	降额设计示例 .....	195
8.1.5	注意事项 .....	198
8.2	热设计 .....	198
8.2.1	热设计定义与目的 .....	198
8.2.2	温度对元器件可靠性影响 .....	198
8.2.3	常用元器件热设计方法 .....	199
8.2.4	注意事项 .....	203

8.3	静电防护设计 .....	203
8.3.1	静电产生与静电损伤实例 .....	203
8.3.2	静电来源 .....	205
8.3.3	静电放电模型 .....	207
8.3.4	静电放电损伤特点和失效机理 .....	212
8.3.5	静电防护方法与防静电器材和设施 .....	215
8.3.6	注意事项 .....	220
8.4	抗辐射加固技术 .....	221
8.4.1	空间辐射环境 .....	221
8.4.2	器件空间辐射效应机理及危害 .....	224
8.4.3	典型器件的抗辐射能力 .....	226
8.4.4	抗辐射加固 .....	227
8.4.5	加固评估与验证试验 .....	232
8.4.6	注意事项 .....	238
8.5	耐环境设计 .....	238
8.5.1	环境类别分析 .....	238
8.5.2	元器件典型应用环境 .....	239
8.5.3	典型环境因素下元器件失效模式 .....	239
8.5.4	元器件环境适应性要求 .....	242
8.5.5	耐环境设计 .....	242
<b>第9章</b>	<b>元器件电装与调试 .....</b>	<b>245</b>
9.1	元器件电装基本要求 .....	245
9.2	元器件通孔安装技术 .....	245
9.2.1	安装的基本条件要求 .....	246
9.2.2	元器件安装 .....	246
9.2.3	元器件手工焊接 .....	251
9.2.4	通孔安装元器件的自动焊接 .....	253
9.3	元器件表面安装技术 .....	254
9.3.1	表面安装技术 .....	254
9.3.2	贴片胶/波峰焊 .....	255
9.3.3	焊锡膏/回流焊 .....	255
9.4	焊接后检查 .....	257
9.4.1	焊接质量的要求 .....	257
9.4.2	焊接质量检测方法 .....	257
9.5	电路调试 .....	258
9.5.1	调试前准备 .....	258

9.5.2	调试步骤 .....	259
9.5.3	调试中故障检测方法 .....	262
9.5.4	调试注意事项 .....	263
<b>第 10 章</b>	<b>元器件储存、评审与信息管理 .....</b>	<b>264</b>
10.1	元器件储存 .....	264
10.1.1	概述 .....	264
10.1.2	元器件储存环境和储存失效机理 .....	264
10.1.3	元器件储存有效期和超期复验 .....	266
10.2	元器件评审 .....	274
10.2.1	元器件评审目的 .....	274
10.2.2	元器件评审内容 .....	274
10.2.3	元器件评审方式和要求 .....	275
10.3	元器件信息管理 .....	277
10.3.1	概述 .....	277
10.3.2	元器件信息收集与分析 .....	278
10.3.3	元器件信息数据库 .....	281
10.3.4	元器件信息管理系统 .....	282
<b>第 11 章</b>	<b>元器件可靠使用 .....</b>	<b>286</b>
11.1	概述 .....	286
11.2	使用的一般要求 .....	286
11.2.1	元器件防浪涌要求 .....	286
11.2.2	元器件使用的可靠性设计 .....	293
11.2.3	元器件的可靠测量 .....	299
11.3	半导体分立器件可靠使用 .....	299
11.3.1	半导体分立器件概述 .....	299
11.3.2	二极管可靠使用 .....	301
11.3.3	晶体管可靠使用 .....	302
11.4	半导体集成电路可靠使用 .....	303
11.4.1	半导体集成电路概述 .....	303
11.4.2	数字集成电路 .....	303
11.4.3	模拟集成电路 .....	305
11.4.4	接口集成电路 .....	307
11.5	微波元器件可靠使用 .....	308
11.5.1	微波元器件概述 .....	308
11.5.2	微波二极管 .....	309
11.5.3	微波晶体管 .....	310

11.5.4	定向耦合器 .....	311
11.5.5	功率分配器和合成器 .....	312
11.5.6	环行器和隔离器 .....	313
11.6	电容器可靠使用 .....	313
11.6.1	电容器概述 .....	313
11.6.2	有机介质固定电容器 .....	314
11.6.3	无机介质固定电容器 .....	314
11.6.4	固定电解电容器 .....	315
11.7	继电器可靠使用 .....	317
11.7.1	继电器概述 .....	317
11.7.2	电磁继电器 .....	318
11.7.3	固体继电器 .....	319
11.7.4	延时继电器 .....	320
11.8	电阻器和电位器可靠使用 .....	321
11.8.1	电阻器和电位器概述 .....	321
11.8.2	固定电阻器 .....	322
11.8.3	热敏和压敏电阻器 .....	324
11.8.4	电位器 .....	325
11.8.5	电阻网络 .....	327
11.9	晶体元器件可靠使用 .....	328
11.9.1	晶体元器件概述 .....	328
11.9.2	晶体谐振器 .....	330
11.9.3	晶体振荡器 .....	331
11.9.4	晶体滤波器 .....	332
11.10	电连接器可靠使用 .....	333
11.10.1	电连接器概述 .....	333
11.10.2	圆形电连接器 .....	336
11.10.3	矩形印制板电连接器 .....	337
11.10.4	射频电连接器 .....	338
附录	常用国内外元器件质量与可靠性相关标准 .....	340
	参考文献 .....	346

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 基本概念

### 1.1.1 元器件可靠性

可靠性是指产品在规定时间、规定条件下完成规定功能的能力。完成规定功能是指产品满足工作状态要求而无故障地工作。因此,要定量分析产品的可靠性,就要明确规定时间、规定条件以及规定功能及故障状态。

元器件可靠性内涵中对规定时间、规定条件及规定功能的描述如下:

#### 1) 规定时间

通常随着时间的推移,无论元器件是否处于工作状态,其性能都会由于各种内外部条件的影响而发生一些变化,其可靠性会随着时间的延长而缓慢下降。时间单位不仅指日历时间,还包括循环次数、动作次数等。

#### 2) 规定条件

可分为使用条件和环境条件。不同的使用条件意味着元器件承受的工作应力水平不同,当这些应力或其累积应力超过材料所能承受的极限时,元器件功能就会丧失或发生渐变。环境条件同样对元器件可靠性影响很大,温变会使不同温度特性材料的内应力增加而导致损坏,高湿可导致材料腐蚀和元器件漏电流增加,振动冲击会使材料疲劳而降低其机械强度,而在温度、湿度、振动等综合应力条件下对元器件可靠性的影响则更为显著。

#### 3) 规定功能

元器件完成特定任务的技术性能指标。当元器件工作不能满足其技术性能指标要求时,或处于不能或将不能完成规定功能的事件或状态时,称为失效。

元器件的可靠性可分为固有可靠性和使用可靠性。固有可靠性是指元器件通过设计和制造等工作表现的可靠性特征,提高元器件固有可靠性是元器件承研单位和生产厂的任务。使用可靠性是指元器件在使用过程中表现的可靠性特征,提高元器件使用可靠性是产品承制方和用户的任务。

### 1.1.2 元器件失效率

失效率是产品可靠性的一种基本参数。其度量方法是在规定的条件下和规

定的时间内,产品的故障总数(或失效总数)与寿命单位总数之比。元器件的失效率是表征元器件可靠性的重要参数,可表示为

$$\lambda(t) = \frac{r(t + \Delta t) - r(t)}{[N - r(t)] \Delta t} \quad (1-1)$$

式中  $\lambda(t)$ ——失效率;

$r(t)$ —— $t$ 时刻的失效数;

$r(t + \Delta t)$ —— $t + \Delta t$ 时刻的失效数;

$N$ ——样品总数。

当  $\Delta t$  很小时,  $\lambda(t)$  是一个瞬时值,称为瞬时失效率,简称失效率;当  $\Delta t$  很大时,  $\lambda(t)$  则为  $(t, \Delta t)$  区间的平均失效率。

为了便于电子设备的可靠性预计,常用的失效率单位是  $1/h$ ,对于继电器等以动作次数计算其寿命的元器件,失效率单位为%/次。

根据元器件失效率水平的高低,可以确定出元器件的不同失效率等级,例如我国国军标 GJB 2649—96《军用电子元件失效率抽样方案和程序》和国标 GB/T 1772—79《电子元器件失效率试验方法》均规定了军用元件的失效率等级(表 1-1)。

表 1-1 失效率等级

失效率等级	失效率等级代号		最大失效率/(1/h)
	GB/T 1772—79	GJB 2649—96	
亚五级	Y	L	$3 \times 10^{-5}$
五级	W	M	$10^{-5}$
六级	L	P	$10^{-6}$
七级	Q	R	$10^{-7}$
八级	B	S	$10^{-8}$
九级	J	—	$10^{-9}$
十级	S	—	$10^{-10}$

为便于电子设备的可靠性预计,元器件的失效率又分为基本失效率、非工作基本失效率、工作失效率、非工作失效率及通用失效率。

### 1) 基本失效率

元器件仅在电应力和温度应力作用下的失效率,是元器件未计其质量控制等级、环境应力、应用状态、性能额定值和种类、结构等影响因素,仅计其温度和电应力比(工作电应力/额定电应力)影响时的失效率。



## 2) 非工作基本失效率

元器件在非工作状态下仅与元器件的种类、结构、工艺有关的失效率。

## 3) 工作失效率

元器件在应用环境下的失效率。除个别元器件类别外,工作失效率都包含基本失效率和温度、电应力之外的元器件质量控制等级、环境应力、应用状态、性能额定值和种类、结构等失效率影响因素。即通常由基本失效率乘以上述各因素的调整系数来表示。

## 4) 非工作失效率

元器件在非工作状态下的失效率,通常由非工作基本失效率与非工作质量系数、环境系数、温度系数、设备电源通—断循环系数等调整系数的乘积来表示。

## 5) 通用失效率

元器件在某一环境类别中,在通用工作环境温度和常用工作应力下的失效率。在元器件计数可靠性预计时,使用此通用失效率。

### 1.1.3 元器件质量等级及应用

元器件质量等级是指元器件装机使用之前,按产品执行标准或供需双方的技术协议,在制造、检验及筛选过程中其质量的控制等级,是表示元器件固有可靠性的一个重要指标之一。各类元器件均按其在生产过程中经受的质量检验项目的多少划分为不同的质量等级。在我国现行的标准中,元器件的质量等级有两种:一种是用于元器件生产厂进行生产控制的和用户采购的各类元器件总规范规定的质量等级;另一种是用于设计人员进行可靠性预计和供使用方选择用的《元器件优选目录》上的元器件质量等级。为避免混淆,通常将用于元器件生产控制的质量等级又称为元器件的质量保证等级。

#### 1) 用于元器件生产和采购控制的质量等级

元器件的质量等级与其生产过程执行的规范是密不可分的,国产元器件质量等级从高到低依次是国军标等级、七专等级、工业品等级、民用等级(低档)几类。目前多数军用产品中使用的国产元器件,其质量等级为国军标、“七专”840611A、“七专”8406、“七九〇五”七专7905等。国军标元器件质量等级分级见表1-2。

表 1-2 国军标元器件质量等级分级

序号	元器件类别	依据标准	质量分级(从高到低)
1	半导体分立器件	GJB 33A—97	JY、JCT、JT、JP
2	半导体集成电路	GJB 597A—96	S、B、B <sub>1</sub>
3	混合集成电路	GJB 2438A—2002	K、H、G、D