



单片机应用技术丛书 主编 何立民

单片机应用系统 抗干扰技术

王幸之 王雷 翟成 王闪 编著



北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.cn.net>

73.456
213

单片机应用系统 抗干扰技术

王幸之 王雷 翟成 王闪 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

随着微型计算机的广泛应用,抗干扰技术愈来愈引起人们的重视,并且贯穿于微机测控系统的设计、制造、安装以及运行的各个阶段。

全书分 12 章。主要包括:可靠性及抗干扰技术的基础知识;常用元器件的选用方法;常用硬件、软件抗干扰原理及方法;微机测控系统中的主机单元、测量单元、D/A 及 A/D 单元、输入/输出单元、键盘/显示单元的配置与抗干扰技术;最后介绍了电源及印制板的抗干扰措施。

本书可供大专院校自动化、计算机应用、仪器仪表等有关专业师生,以及从事微机应用系统设计、开发和维修的广大科技人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用系统抗干扰技术/王幸之等编著. —北京:
北京航空航天大学出版社, 1999. 12

ISBN 7-81012-932-5

I. 单… II. 王… III. 单片微型计算机—系统设计—抗干扰措施 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 43093 号

D013/13

单片机应用系统抗干扰技术

王幸之等 编著

责任编辑 杨昌竹

责任校对 李宝田

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市学院路 37 号(100083) 发行部电话(82317024)

<http://www.buaapress.cn.net>

E-mail: pressell@publica.bj.cninfo.net

北京市宏文印刷厂印装 各地书店经销

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 25 字数: 633.6 千字

2000 年 2 月第 1 版 2000 年 2 月第 1 次印刷 印数: 5000 册

ISBN 7-81012-932-5/TP·371 定价: 38.50 元

前 言

随着微电子技术和计算机技术的进步,特别是单片微型计算机的出现和发展,微型计算机在工业自动化控制、智能化仪器仪表中的应用愈来愈广泛,成为进行老设备技术改造、新产品研制与开发的重要手段,并取得了十分明显的技术效果和可观的经济效益。

微型计算机应用于工业测控系统,使原来以强电和电器为主、功能简单的电气测控设备发展成为强弱电结合,具有智能化特点、功能完善的新型微电子设备。在微机测控系统中,人们总是期望系统的输出以一定的精度跟随输入。但是,由于系统所处的现场环境往往比较恶劣,干扰严重,导致输出脱离输入指令的要求,甚至引起设备事故。导致测控系统输出严重失真的主要原因是由于干扰存在。为了提高测控系统的输出精度,保证系统长期稳定可靠运行,抗干扰技术的研究与应用愈来愈引起人们的关注,并贯穿于系统的设计、制造、安装和运行的各个阶段。

本书吸收了近几年来微机测控系统开发设计、抗干扰技术的优秀成果和成功的经验,是作者多年教学、科研和工程实践的总结。以应用抗干扰技术和措施为重点,列举了大量实例,内容丰富,技术先进,通俗易懂,实用性强。全书由四部分十二章构成。第一部分为基础知识,包括第一、二章,主要介绍可靠性与抗干扰的基本概念,常用元器件的抗干扰特性及选用方法;第二部分系统全面地介绍了硬件、软件抗干扰原理和方法,主要在第三章和第十一章中做了详尽地阐述;第三部分是抗干扰技术的具体应用研究,将微机测控系统分为主机板单元、测量单元、D/A和A/D单元、输入/输出单元、键盘/显示单元,详细阐述了各个单元的抗干扰措施,并列举大量实例予以说明;最后部分介绍了电源和印刷电路板的抗干扰措施。

本书可作为高等院校自动化、计算机应用、智能化仪器仪表等有关专业的高年级学生在教学、课题设计时的教材或参考书;也可供从事微机应用系统设计、智能化仪器仪表开发,以及从事微机自动化设备运行、维护的广大科技人员阅读。

本书由王幸之等集体编写。王雷撰写第一、五、七、八章;翟成撰写第九、十章;王闪撰写第二、十二章;王幸之撰写第三、四、六、十一章,并负责全书统稿、定稿工作。

北京航空航天大学何立民教授认真审阅了原稿,提出了许多宝贵意见。笔者在此表示衷心的感谢。

编写过程中,得到了李友善教授、吴士昌教授的支持和帮助,在此致以深切的谢意。

由于水平所限,疏漏或不当之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

作 者

1999 年 5 月

作者联系地址与电话:

地址:河北科技大学电气信息学院(邮编 050054)

电话:(0311)7047034(H)

目 录

第一章 可靠性与抗干扰技术概述

1.1 研究抗干扰技术的重要性	1
1.2 可靠性概念	2
一、可靠性定义及定量描述	2
二、系统的可靠性模型	4
1.3 微机测控系统可靠性设计任务与方法	12
一、可靠性设计任务	12
二、可靠性设计一般方法	12
1.4 电磁兼容性设计及常用术语	15
一、电磁兼容性设计及内容	15
二、电磁兼容性标准	16
三、常用名词术语	18
1.5 干扰的分类	20
一、按噪声产生的原因分类	20
二、按噪声传导模式分类	20
三、按噪声波形及性质分类	21
1.6 干扰的耦合方式	22
一、直接耦合方式	23
二、公共阻抗耦合方式	23
三、电容耦合方式	23
四、电磁感应耦合方式	24
五、辐射耦合方式	24
六、漏电耦合方式	25
1.7 单片机测控系统可靠性设计的主要途径	25

第二章 常用元件可靠性能与选择

2.1 元件的失效特性	27
一、元件的失效规律	27
二、元件的失效形式	27
2.2 元件的失效机理	28
一、温度影响	28
二、湿度影响	29
三、电压影响	29

四、振动、冲击影响	29
2.3 元件的选择与降额设计	30
一、元件的选择准则	30
二、元件的降额设计	30
2.4 电阻器性能比较及应用	31
一、电阻器的噪声与频率特性	31
二、电阻器的选择	32
三、电阻器使用的注意事项	34
四、电阻器的型号命名及标称阻值	34
2.5 电容器特性及应用	35
一、电容器的等效电路	35
二、电容器的种类及选用	36
三、电容器使用注意事项	38
四、电容器的型号及容量表示法	38
2.6 数字集成电路特性与型号	40
一、噪声容限与抗干扰能力	40
二、施密特集成电路的噪声容限	42
三、TTL 数字集成电路的抗干扰性能	43
四、CMOS 数字集成电路的抗干扰性能	44
五、CMOS 电路使用中注意事项	46
六、集成门电路系列型号	46
2.7 高速 CMOS 54/74HC 系列接口设计	48
一、54/74HC 系列芯片的特点	48
二、74HC 与 TTL 接口	50
三、74HC 与 CPU、单片机的接口	50
2.8 半导体器件的选择	50
2.9 元器件的装配工艺对可靠性影响	51
第三章 硬件抗干扰技术原理与方法	
3.1 无源滤波器	52
一、电容滤波器	53
二、电感滤波器	53
三、RC 低通滤波器	54
四、LC 低通滤波器	56
五、低通滤波器的结构选择	58
六、低通滤波器的平衡结构与串联形式	58
七、双 T 滤波器	60
3.2 有源滤波器	61
一、一阶低通有源滤波器	62

二、二阶低通有源滤波器·····	62
三、单片集成电路滤波器·····	64
3.3 去耦电路·····	67
一、尖峰电流的形成原理·····	67
二、去耦电容的配置·····	68
3.4 屏蔽技术与双绞线传输·····	69
一、屏蔽的一般原理·····	69
二、双绞线和金属屏蔽线的使用·····	72
3.5 隔离技术·····	77
一、光电隔离·····	77
二、继电器隔离·····	80
三、变压器隔离·····	81
四、布线隔离·····	82
3.6 接地技术·····	83
一、概 述·····	83
二、安全接地·····	84
三、工作接地·····	86
四、屏蔽接地·····	87
五、微机测控系统的接地技术·····	88
3.7 反射波干扰及抑制·····	91
一、反射波干扰分析·····	92
二、数字电路中反射干扰的抑制·····	96
3.8 静电放电干扰及其抑制·····	98
3.9 漏电干扰的防止措施·····	100

第四章 主机单元配置与抗干扰技术

4.1 单片机主机单元组成特点·····	101
一、8051/8751 最小应用系统·····	101
二、8031 最小应用系统·····	102
三、低功耗单片机最小应用系统·····	102
4.2 总线的可靠性设计·····	106
一、总线驱动器·····	106
二、总线的负载平衡·····	106
三、总线上拉电阻的配置·····	107
4.3 芯片配置与抗干扰·····	108
一、去耦电容配置·····	108
二、数字输入端的噪声抑制·····	109
三、数字电路不用端的处理·····	110
四、存储器的布线·····	110

4.4 译码电路的可靠性分析	111
一、过渡干扰与译码选通	112
二、译码方式与抗干扰	114
4.5 时钟电路配置	115
4.6 复位电路设计	115
一、复位电路 RC 参数的选择	115
二、复位电路的可靠性与抗干扰分析	116
三、I/O 接口芯片的延时复位	119
4.7 单片机系统的中断保护问题	119
一、MCS-51 单片机的中断机构	119
二、常用的几种中断保护措施	119
4.8 RAM 数据掉电保护	121
一、数据掉电保护基本电路	121
二、采用软件冗余措施	122
三、EEPROM 的数据保护	122
4.9 TL7705 构成的掉电保护电路	123
一、TL7705 工作原理	124
二、TL7705 的典型应用	124
4.10 微处理器监控器 MAX690A/MAX692A	125
一、工作原理	126
二、与单片机接口电路	128
4.11 微处理器监控器 MAX703~709/813L	129
一、组成及功能	129
二、典型应用	132
4.12 微处理器监控器 MAX791	133
一、工作原理	134
二、MAX791 与 8031 接口	136

第五章 测量单元配置与抗干扰技术

5.1 概 述	138
5.2 集成运算放大器	139
一、ADOP-07	139
二、AD517	141
5.3 测量放大器及抗干扰分析	141
一、测量放大器的工作原理	142
二、单片集成测量放大器 AD521	143
三、单片集成测量放大器 AD522	145
四、测量放大器的抗共模干扰能力	146
五、测量放大器的技术指标及选用	147

5.4 具有放大、滤波、激励功能的模块 2B30/2B31	147
一、性能特点	148
二、引脚与结构框图	149
三、使用要点	150
四、典型应用	154
5.5 隔离放大器	155
一、AD210 三端隔离放大器	155
二、AD290 三端隔离放大器	156
5.6 电压/电流变换电路	158
一、V/I 转换电路	158
二、集成 V/I 变换器 XTR101	159
三、集成 V/I 变换器 XTR110	162
5.7 电流/电压变换电路	164
5.8 传感器线性化处理及零点调整	165
一、传感器线性化硬件校正电路	166
二、传感器线性化软件处理	168
三、数字式线性转换	172
四、零位误差的校正方法	173
5.9 实用线性光电耦合放大器	173
5.10 外部噪声源的干扰及其抑制	174
5.11 输入信号串模干扰的抑制	175
5.12 输入信号共模干扰的抑制	176
5.13 仪器仪表的接地噪声	178
5.14 集成运放的保护措施	179
一、输入端的保护电路	179
二、输出端的保护电路	180
三、输入电路的屏蔽保护	180
5.15 传感器供电电源的配置及抗干扰	181
一、传感器供电电源的扰动补偿	181
二、单片集成精密电压芯片	184
三、A/D 转换器芯片提供基准电压	185
5.16 提高传感器输出信号综合精度的方法	185
一、系统的组成与分析	185
二、串联数字校正	187
三、校正数字测定	188

第六章 D/A、A/D 单元配置与抗干扰技术

6.1 概 述	190
一、模拟量输入通道的结构	190

二、模拟量输出通道的结构	191
三、A/D 转换中的混叠噪声与量化噪声	191
四、D/A、A/D 转换器的干扰源	193
6.2 D/A 转换原理与误差分析	195
一、T 型电阻 D/A 转换器及误差分析	195
二、典型 D/A 转换芯片 DAC1232 应用设计举例	198
三、DAC 加法器及基准电源的精度要求	200
四、D/A 转换器的尖峰干扰	201
6.3 D/A 转换器的技术参数和测量	202
一、D/A 转换器的主要参数	202
二、D/A 转换器参数的测量方法	204
三、DAC 精度校准与测试举例	207
6.4 A/D 转换器的原理与抗干扰性能	208
一、逐次比较式 ADC 原理	208
二、余数反馈比较式 ADC 原理	209
三、双积分 ADC 原理	211
四、V/F ADC 原理	212
五、 Σ - Δ 式 ADC 原理	214
6.5 典型 ADC 与单片机接口举例	218
一、逐次比较式 AD574A	218
二、余数反馈比较式 AD7884	221
三、双积分式 5G14433	226
四、V/F 式 AD652	229
五、 Σ - Δ 式 AD7703	234
6.6 A/D 转换器的主要参数与测试	240
一、A/D 转换器的主要参数	240
二、A/D 转换器参数的测量方法	241
三、ADC 校准举例	243
6.7 采样保持电路与抗干扰措施	244
一、采样保持器参数	244
二、采样保持器集成芯片 AD582	245
三、采样保持器的抗干扰措施	246
6.8 多路模拟开关与抗干措施	247
一、CD4051	247
二、AD7501	247
三、多路开关配置与抗干扰技术	249
6.9 数据采集系统的综合误差计算	251
一、设计要求	251
二、系统转换时间	251

三、系统转换精度	252
6.10 A/D、D/A 的光电隔离接口技术	254
一、概 述	254
二、8031 与 D/A 的光电接口电路	254
6.11 工频干扰及其抑制措施	256
一、干扰信号分析	256
二、工频干扰的抑制措施	257
6.12 D/A、A/D 转换器的电源、接地与布线	259
第七章 数字信号传输通道的抗干扰措施	
7.1 数字信号负逻辑传输方式	260
7.2 提高数字信号的电压等级	261
7.3 数字输入信号的 RC 阻容滤波	261
一、RC 滤波原理	261
二、RC 滤波器的选用	262
7.4 提高输入端的门限电压	263
7.5 输入开关触点抖动干扰的抑制方法	264
一、软件延时法	264
二、在触点两端并联 RC 元件	265
三、利用整形电路消除抖动影响	265
7.6 信号线间串扰及其抑制	266
一、线间串扰分析	266
二、线间串扰的抑制	270
7.7 信号线的选择	271
一、信号线型式的选择	271
二、信号线截面的选择	272
三、单股导线的阻抗分析	272
7.8 信号线的敷设	273
第八章 功率接口与抗干扰技术	
8.1 输出控制功率接口电路	275
一、继电器输出驱动接口	275
二、继电器—接触器输出驱动电路	276
三、光电耦合器—晶闸管输出驱动电路	276
四、脉冲变压器—晶闸管输出电路	277
8.2 感生负载电路噪声抑制	278
一、抑制直流感性负载瞬变噪声的方法	278
二、抑制交流感性负载瞬变噪声的方法	281
三、利用晶闸管抑制感性负载的瞬变噪声	284

8.3 晶闸管变流装置的干扰和抑制措施	285
一、晶闸管变流装置电气干扰分析	285
二、晶闸管变流装置的抗干扰措施	286
8.4 晶闸管过零触发的几种方式	288
一、利用集成运放或比较器产生过零脉冲	288
二、直接从单相电网取出过零脉冲	288
三、直接从三相电网取出过零脉冲	289
8.5 光控晶闸管输出光耦合器	289
一、GD-L 光控耦合器特性	290
二、典型应用	291
8.6 固态继电器原理及应用	292
一、固态继电器的原理和结构	292
二、固态继电器的主要性能特点	294
三、SSR 应用图例	295
四、使用固态继电器注意事项	295
第九章 键盘/显示单元配置与抗干扰技术	
9.1 键盘接口抗干扰问题	297
9.2 LED 显示器的构造与特点	299
9.3 LED 显示接口及抗干扰措施	300
一、LED 静态显示接口及抗干扰	300
二、LED 动态显示接口及抗干扰	304
9.4 液晶显示器的构造与特点	306
一、液晶显示器的基本结构及工作原理	306
二、液晶显示器的特点	308
三、液晶显示器主要参数	308
9.5 液晶显示器的驱动方式与接口	308
一、静态驱动方式与接口实例	309
二、动态驱动方式与接口实例	311
9.6 LCD 注意事项及同 LED 比较	319
一、LCD 使用中异常现象及注意事项	319
二、LCD 与 LED 的比较	320
第十章 电源的干扰与抑制	
10.1 电源干扰类型及耦合途径	321
一、电源干扰的类型	321
二、电源干扰的耦合途径	321
三、电源抗干扰的基本方法	322
10.2 交流稳压器	323

10.3 压敏电阻器原理及应用	324
一、ZnO 压敏电阻的电气参数	325
二、ZnO 压敏电阻器的型号	326
三、压敏电阻的选择	327
四、压敏电阻的接线方式	329
五、压敏电阻器的使用注意事项	329
10.4 瞬变电压抑制器 TVS 特性及应用	330
一、TVS 的特性及主要参数	330
二、TVS 的选用原则	331
三、TVS 的典型应用	331
四、TVS 与压敏电阻的比较	331
10.5 交流电源滤波器	333
一、电容滤波器	334
二、电感电容滤波器	334
三、多级电源滤波器	334
四、双绕组扼流圈的应用	334
五、安装滤波器的注意事项	335
10.6 电源变压器的屏蔽与隔离	335
10.7 交流电源的供电抗干扰方案	337
一、交流电源配电方式	337
二、交流电源抗干扰综合方案	337
10.8 供电直流侧抑制干扰措施	338
一、整流电路的高频滤波	338
二、串联型直流稳压电源配置与抗干扰	339
三、集成稳压器使用中的保护	340
四、集成稳压电源的分散与附加配置	341
10.9 开关电源干扰的抑制措施	342
一、开关噪声的分类	342
二、开关电源噪声的抑制措施	343
10.10 微机用不间断电源 UPS	344

第十一章 软件抗干扰原理与方法

11.1 概 述	347
一、测控系统软件的基本要求	347
二、软件抗干扰的一般方法	347
11.2 指令冗余技术	348
一、NOP 的使用	349
二、重要指令冗余	349
11.3 软件陷阱技术	349

二、软件陷阱的安排	350
11.4 “看门狗”技术	353
一、硬件“看门狗”电路	353
二、软件“看门狗”技术	355
三、软硬件结合的“看门狗”技术	357
11.5 故障自动恢复处理程序	359
一、上电标志设定	360
二、RAM 中数据冗余保护与纠错	362
三、软件复位与中断激活标志	363
四、程序失控后恢复运行的方法	363
11.6 数字滤波	364
一、程序判断滤波法	365
二、中位值滤波法	365
三、算术平均滤波法	367
四、递推平均滤波法	368
五、防脉冲干扰平均值滤波法	369
六、一阶滞后滤波法	371
11.7 干扰避开法	372
11.8 开关量输入/输出软件抗干扰设计	374
一、开关量输入软件抗干扰措施	374
二、开关量输出软件抗干扰措施	374
11.9 编写软件的其他注意事项	375
第十二章 印刷电路板抗干扰措施	
12.1 印制板导线的特性阻抗	376
12.2 抑制电源线和地线阻抗噪声	377
一、地线设计	377
二、配置去耦电容方法	378
三、电源线的布置	379
12.3 高速电路的导线条形状和布局	381
12.4 印制板辐射噪声及其抑制	381
12.5 印制板电路的布线方式	382
一、印制板的布线原则	382
二、微机自动布线注意问题	383
12.6 印制板的尺寸和器件布置	383
12.7 印制板的安装方法和板间配线	384
参考文献	385

第一章 可靠性与抗干扰技术概述

1.1 研究抗干扰技术的重要性

近年来,微机测控系统,特别是单片机在工业自动化、生产过程控制、智能化仪器仪表等领域的应用越来越深入和广泛,有效地提高了生产效率,改善了工作条件,大大提高了控制质量与经济效益。但是,测控系统的工作环境往往是比较恶劣和复杂的,其应用的可靠性、安全性就成为一个非常突出的问题。微机测控系统必须长期稳定、可靠地运行,否则将导致控制误差加大,严重时会使系统失灵,甚至造成巨大的损失。

影响测控系统可靠、安全运行的主要因素是来自系统内部和外部的各种电气干扰,以及系统结构设计、元器件选择、安装、制造工艺和外部环境条件等。这些因素对测控系统造成的干扰后果主要表现在下述几个方面。

1. 数据采集误差加大

干扰侵入微机系统测量单元模拟信号的输入通道,叠加在有用信号之上,会使数据采集误差加大,特别是当传感器输出微弱信号时,干扰更加严重。

2. 控制状态失灵

一般微机输出的控制信号较大,不易受到外界的干扰。但微机输出的控制信号常依据某些条件的状态输入信号和这些信号的逻辑处理结果。若这些输入的状态信号受到干扰,引入虚假状态信号,将导致输出控制误差加大,甚至控制失常。

3. 数据受干扰发生变化

微机系统中,由于 RAM 存储器是可以读/写的,因此在干扰的侵害下, RAM 中的数据有可能被篡改。在单片机系统中,程序及表格、常数存于程序存储器 EPROM 中,避免了这些数据受干扰破坏。但是,对于内 RAM,外扩 RAM 中的数据都有可能受到外界干扰而变化。根据干扰窜入的途径、受干扰数据的性质不同,系统受损坏的情况也不同。有的造成数据误差,有的使控制失灵,有的改变程序状态,有的改变某些部件(如定时器/计数器,串行口等)的工作状态等。例如, MCS-51 系列单片机的复位端(RESET)没有特殊抗干扰措施时,干扰侵入该端口,虽然不易造成系统复位,但会使单片机内特殊功能寄存器(SFR)状态变化,导致系统工作不正常。又如,当程序计数器 PC 值超过芯片地址范围(当系统扩展小于 64K),CPU 获得虚假数据 FFH 时,对应执行“MOV R7,A”指令,造成工作寄存器 R7 内容变化。

4. 程序运行失常

微机中程序计数器 PC 的正常工作,是系统维持程序正常运行的关键所在。但若外界干扰导致 PC 值的改变,破坏了程序的正常运行。由于受干扰后的 PC 值是随机的,因而导致程序混乱。通常的情况是程序将执行一系列毫无意义的指令,最后进入“死循环”,这将使输出严重混乱或系统失灵。

由于存在干扰,如何保证和提高微机测控系统的可靠性和安全性,成为一个亟待解决的问题。

题。这是因为:

(1) 随着微型计算机在测控系统中的广泛应用,使用条件从环境优良的机房转向工厂、野外、水上、空中等复杂环境,其工作条件往往比较恶劣,导致计算机受干扰而出错的概率增加。

(2) 随着微机功能的日益完善和运算速度的加快,其系统的组成日趋复杂,所使用的元器件增多,印刷电路板装配密度加大,这些都使测控系统发生故障的概率增大。

(3) 随着工业自动化程度的提高和数字化、智能化仪器仪表的广泛采用,人们对计算机的依赖程度也越来越高,成为提高生产率和产品质量的重要技术手段。若计算机在运行中经常发生故障,轻则影响产品的质量和产量,重则可以导致事故,造成巨大的经济损失。

(4) 随着计算机应用的迅速普及,操作人员一时难以全面、深入地了解 and 掌握复杂系统的各个环节。这就要求微机测控系统能自动防止和容许工作人员操作失误,而不至于产生严重的控制误差和系统发生故障。

综上所述,提高微机系统的可靠性、安全性,成为人们日益关心的课题。微机测控系统抗干扰技术的研究,就是在这种需求下产生的。人们在不断完善微机测控系统硬件配置过程中,分析系统受干扰的原因,探讨和提高系统的抗干扰能力,这不仅具有一定的科学理论意义,而且具有很高的工程实用价值。因此,微机测控系统抗干扰技术的研究和应用,已成为计算机应用技术中一个十分重要的课题。

1.2 可靠性概念

在深入研究微机测控系统的可靠性和抗干扰技术之前,我们先介绍有关可靠性技术方面的一些基本知识,作为今后选用电子元器件、电路设计、软件编制的理论基础。

一、可靠性定义及定量描述

可靠性是描述系统长期稳定、正常运行能力的一个通用概念,也是产品质量在时间方面的特征表示。可靠性又是一个统计的概念,表明在某一时间内某个产品或系统稳定正常完成预定功能指标的概率。对于应用在工业现场的微机测控系统而言,可靠性水平是最重要的质量指标。

可靠性的定义是指产品或系统在规定条件下和规定时间内,完成规定功能的能力。例如,一台计算机在室内有空调的条件下,使用 3 000 小时不出故障的可能性为 67%,即意味着在 3 000 小时内无故障的概率为 67%。一台电视机在室内工作 5 000 小时无故障概率为 84%。可靠性最集中反映了某种产品或设备的质量指标。

描述可靠性的定量指标常用可靠度、失效率、平均无故障时间这些特征量。

1. 可靠度(Reliability)

可靠度是指产品或系统在规定条件下和规定的时间内完成规定功能的概率。这里的规定条件包括运行的环境条件、使用条件、维修条件和操作水平等等。

系统在时刻 t 的可靠度用 $R(t)$ 表示。 $R(t)$ 也是随机变量 T 大于时间 t 的条件概率,即

$$R(t) = P(T > t)$$

与可靠度相对应的另一个特征量称为不可靠度,用 $F(t)$ 表示,即

$$F(t) = 1 - R(t)$$