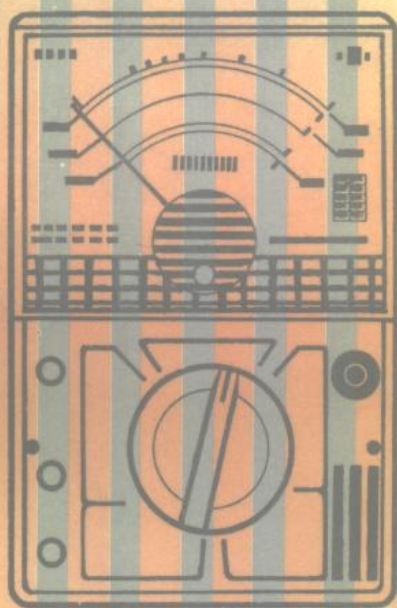


万用表测量技巧

沙占友 著



电子工业出版社

万用表测量技巧

沙占友 著

電子工業出版社

(京)新登字 055 号

内 容 简 介

本书系统阐述指针式万用表的测量技术。该书与《新型数字电压表与数字万用表大全》一书互为姊妹篇。

全书共五章。第一章至第四章分别介绍选择万用表的原则,使用要点,频率特性,电阻、电容和电感档误差分析,整机电路设计。第五章详细介绍万用表测量技术,其中测试功能扩展类专供设计、改装或自制新型万用表时选用;检测类则深入阐述 40 大类;500 余种新型电子元器件、组件、模块、集成电路等的检测方法及注意事项,所检测的参数达 1000 多种。

本书立意新颖、内容丰富、深入浅出、图文并茂,融科学性、实用性、系统性于一体。可供从事科研、检测与维修工作的电子技术人员和业余电子爱好者阅读,并可作为大专院校电子测量、仪器仪表、传感器等专业的教学参考书。

万用表测量技巧

沙占友 著

责任编辑 魏永昌

电子工业出版社出版 (北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

北京科技印刷厂印刷

开本: 850 × 1168 毫米 1 / 32 印张: 26.5 字数: 665 千字

1992 年 7 月第 1 版 1992 年 7 月第 1 次印刷

印数: 13100 册 定价: 15.00 元 (平)

印数: 17000 册 定价: 17.50 元 (精)

ISBN 7-5053-1662-1/TN·472 (平)

ISBN 7-5053-1663-X/TN·473 (精)

前 言

指针式(亦称模拟式)万用表已有近百年的发展历史。当今时代,尽管各种电子测量仪器、仪表日新月异,发展迅速,但就单台整机所具有的测试功能、使用灵活性及广泛性而言,非指针式万用表莫属。指针式万用表的功能齐全、操作简单、携带方便、价格低廉、容易维修,长期以来成为电子测量及维修工作的必备仪表。近年来虽有数字万用表与之竞争,但指针式万用表目前仍是国内最普及、最常用的电测仪表。

万用表测量技术是电子测量的基础。目前国内外专门介绍指针式万用表测量技术(包括测试功能扩展与使用技巧)的书很少,而这正是广大电子界读者所期盼的。为此,作者曾于1984年撰写《万用表妙用100例》一书。该书被电子工业出版社评为优秀畅销书,还曾被选送参加在香港举办的“中国书展”。此书出版后深受广大读者欢迎。经过10次印刷,共发行达40万册。进入90年代以来,随着电子工业的迅猛发展和电子产品的日益普及,对万用表测量技术也提出了更高的要求。最近作者不断收到各地读者来信,希望能介绍各种新型电子元器件、组件、模块和集成电路的检测方法;有些读者还希望了解万用表最新电路设计,以便在维修、改装和自制万用表时参考。鉴于原书已不能反映上述领域的最新发展,为推广万用表科研及应用领域的新技术,以满足广大读者的需要,特将我们近年来在工作中积累的许多有推广价值的新经验和部分科研成果加以系统总结,撰成此书献给广大读者。期望读者在阅读此书时能勤于实践,灵活运用。

李学芝、邱凯、沙江、沙占为、李国威、沙占方、邱捷、李国顺、李秀坤、张宏同志也参加了本书撰写工作。

鉴于作者水平有限，书中缺点和不妥之处在所难免，敬请广大读者指正。

作者

1992年4月

于河北机电学院

目 录

第一章 选择指针式万用表的原则	1
§1.1 选择指针式万用表的原则	1
1.1.1 准确度与误差	1
1.1.2 灵敏度	3
1.1.3 电流档的内阻	8
1.1.4 测试功能及测量范围	11
1.1.5 频率特性	16
1.1.6 外观与操作	17
1.1.7 过载保护装置	18
§1.2 指针式万用表典型产品的技术指标	20
第二章 指针式万用表的使用要点	21
第三章 指针式万用表频率特性及电阻、电容、电感档误差分析	32
§3.1 指针式万用表的频率特性及其改善方法	32
3.1.1 万用表的频率特性	32
3.1.2 改善万用表频率特性的方法	34
§3.2 电阻档测量误差的分析	38
3.2.1 相对误差 γ_R	38
3.2.2 基本误差 δ_R	44
3.2.3 相对误差与基本误差的关系	46
3.2.4 减小测量误差的方法	47
§3.3 电容档及电感档测量误差的分析	47
3.3.1 测量电容及电感的原理	48
3.3.2 误差分析	48
3.3.3 减小测量误差的方法	52
第四章 指针式万用表整机电路设计原理	53
§4.1 500型万用表的电路设计原理	53

§4.2 MF30 型万用表的电路设计原理	60
第五章 指针式万用表测量技术	70
§5.1 万用表测试功能的扩展	70
5.1.1 利用电阻档读取负载电流法	70
5.1.2 利用电阻档读取负载电压法	73
5.1.3 利用电阻档读取负载功率法	77
5.1.4 给万用表增加 LI、LV 刻度线的方法	80
5.1.5 利用万用表和兆欧表测量元器件的击穿电压	83
5.1.6 准确测量高内阻电源电压(方法之一)	88
5.1.7 准确测量高内阻电源电压(方法之二)	90
5.1.8 提高电流表灵敏度的方法	91
5.1.9 提高直流电压档灵敏度(方法之一)	94
5.1.10 提高直流电压档灵敏度(方法之二)	96
5.1.11 提高直流电压档输入阻抗的方法	97
5.1.12 利用低压档测量高压(方法之一)	99
5.1.13 利用低压档测量高压(方法之二)	100
5.1.14 展宽直流电压表刻度(方法之一)	103
5.1.15 展宽直流电压表刻度(方法之二)	104
5.1.16 利用 $50\ \mu\text{A}$ 档测量毫伏级直流电压(方法之一)	106
5.1.17 利用 $50\ \mu\text{A}$ 档测量毫伏级直流电压(方法之二)	107
5.1.18 测量正弦波峰值电压 U_p	108
5.1.19 测量正弦波峰-峰值电压 U_{p-p}	110
5.1.20 测量周期性非正弦波电压的平均值 \bar{U} 、有效值 U 、峰值 U_p 、峰-峰值 U_{p-p}	111
5.1.21 线性交流电压表(电路之一)	117
5.1.22 线性交流电压表(电路之二)	118
5.1.23 增设电池负载电压测试档(BATT)	119
5.1.24 准确测量电流的方法	121
5.1.25 利用交流电压档测量交流电流的方法	123
5.1.26 利用电压降间接测量交流电流	126
5.1.27 增设交流电流档	127
5.1.28 利用低电流档测量大电流的方法	128

5.1.29	测量交流纹波系数 γ 的方法	129
5.1.30	测量低电阻的附加装置	130
5.1.31	增设倒欧姆表(D Ω)测低电阻	131
5.1.32	增设电子蜂鸣器(BZ)档	133
5.1.33	利用直流电压档测量电阻(方法之一)	135
5.1.34	利用直流电压档测量电阻(方法之二)	136
5.1.35	当表内电池电量不足时利用差值法应急测量电阻值	138
5.1.36	扩展高阻测量范围(方法之一)	140
5.1.37	扩展高阻测量范围(方法之二)	141
5.1.38	在线电阻测量法	142
5.1.39	线性欧姆表(电路之一)	144
5.1.40	线性欧姆表(电路之二)	147
5.1.41	分贝(dB)读数快速修正法	148
5.1.42	增加极性转换开关的方法	150
5.1.43	自制极性转换探头的方法	151
5.1.44	将表头改作零位指示计的方法	151
5.1.45	附加 f/V 转换器测量市电频率	153
5.1.46	附加 n/V 转换器测量转速(电路之一)	154
5.1.47	附加 n/V 转换器测量转速(电路之二)	156
5.1.48	附加 V/f 转换器(电路之一)	160
5.1.49	附加 V/f 转换器(电路之二)	162
5.1.50	增设过载用光报警器	163
5.1.51	增设过载用声、光报警器	165
§5.2	信号发生器和逻辑测试笔	166
5.2.1	利用表内蜂鸣器作信号发生器	166
5.2.2	附加方波信号发生器(电路之一)	168
5.2.3	附加方波信号发生器(电路之二)	170
5.2.4	附加秒信号发生器(电路之一)	172
5.2.5	附加秒信号发生器(电路之二)	174
5.2.6	附加秒信号发生器(电路之三)	175
5.2.7	附加秒信号发生器(电路之四)	177
5.2.8	附加秒信号发生器(电路之五)	180

5.2.9	附加秒信号发生器(电路之六)	184
5.2.10	附加占空比可调的矩形波发生器(电路之一)	186
5.2.11	附加占空比可调的矩形波发生器(电路之二)	186
5.2.12	附加函数波形发生器	189
5.2.13	附加精密函数波形发生器	191
5.2.14	三态逻辑测试笔(电路之一)	196
5.2.15	三态逻辑测试笔(电路之二)	197
5.2.16	三态逻辑测试笔(电路之三)	198
§5.3	检测半导体二极管	200
5.3.1	判定二极管的正、负极	200
5.3.2	检查二极管的好坏	201
5.3.3	区分硅二极管与锗二极管(方法之一)	202
5.3.4	区分硅二极管与锗二极管(方法之二)	203
5.3.5	测量二极管的反向击穿电压 V_{BR}	204
5.3.6	测绘二极管的伏安特性(方法之一)	204
5.3.7	测绘二极管的伏安特性(方法之二)	207
5.3.8	检查塑封(玻封)硅整流二极管的方法	209
5.3.9	检查硅高速开关二极管的好坏	212
5.3.10	检查快恢复二极管(FRD)、超快恢复二极管(SRD)的好 坏	214
5.3.11	检查肖特基二极管(SBD)的好坏	217
5.3.12	检查隧道二极管(TD)的好坏	222
5.3.13	检查变容二极管(VCD)的好坏	224
§5.4	检测双极型晶体管	228
5.4.1	判定晶体管电极的方法	228
5.4.2	准确判定晶体管 C 、 E 电极的方法	229
5.4.3	区分硅晶体管与锗晶体管(方法之一)	231
5.4.4	区分硅晶体管与锗晶体管(方法之二)	232
5.4.5	区分高频管与低频管	234
5.4.6	测量晶体管的穿透电流 I_{CEO}	236
5.4.7	测量晶体管的集电极-基极反向截止电流 I_{CBO}	238
5.4.8	测量晶体管的发射极-基极反向截止电流 I_{EBO}	240

5.4.9	测量晶体管集电极-发射极击穿电压 $V_{(BR)CEO}$	241
5.4.10	测量晶体管集电极-基极击穿电压 $V_{(BR)CBO}$	242
5.4.11	测量晶体管发射极-基极击穿电压 $V_{(BR)EBO}$	242
5.4.12	测量晶体管集电极-发射极击穿电压 $V_{(BR)CES}$ 、 $V_{(BR)CER}$ 、 $V_{(BR)CEX}$	243
5.4.13	估测晶体管的放大能力(方法之一)	243
5.4.14	估测晶体管的放大能力(方法之二)	245
5.4.15	估测晶体管的 h_{FE} (方法之一)	245
5.4.16	估测晶体管的 h_{FE} (方法之二)	247
5.4.17	估测功率晶体管的放大能力	249
5.4.18	准确测量晶体管 h_{FE} 的简便方法	250
5.4.19	测量晶体管 h_{FE} 值的一般方法	253
5.4.20	利用 LI 刻度线测量晶体管的 h_{FE}	254
5.4.21	估测功率晶体管的 h_{FE}	255
5.4.22	测绘电视机高、中放管的正向 AGC 特性	257
5.4.23	判定晶体管的工作状态	258
5.4.24	晶体管放大器故障速查法	260
5.4.25	检查晶体管振荡器是否起振(方法之一)	262
5.4.26	检查晶体管振荡器是否起振(方法之二)	264
5.4.27	检测功率开关管的方法	265
5.4.28	检测巨型晶体管(GTR)的方法	267
5.4.29	检测达林顿管(DT)的方法	272
5.4.30	检测差分对管的方法	276
5.4.31	检测互补对管的方法	278
§5.5	检测硅整流桥、硅堆	279
5.5.1	检查硅整流桥的方法	279
5.5.2	检查高压硅堆(方法之一)	282
5.5.3	检查高压硅堆(方法之二)	283
5.5.4	检查高压硅堆(方法之三)	284
5.5.5	检查高压硅堆(方法之四)	285
§5.6	检测稳压二极管和恒流管	286
5.6.1	区分稳压管与二极管(方法之一)	286

5.6.2	区分稳压管与二极管(方法之二)	288
5.6.3	检查稳压管的好坏	289
5.6.4	测量稳压管的工作电压 V_z (方法之一)	290
5.6.5	测量稳压管的工作电压 V_z (方法之二)	292
5.6.6	测量稳压管的工作电压 V_z (方法之三)	293
5.6.7	测绘稳压管的伏安特性	294
5.6.8	检测恒流二极管(CRD)与可调恒流二极管(VCRD)	296
§5.7	检测单结晶体管	301
5.7.1	判定单结晶体管(UJT)的电极	301
5.7.2	检查单结晶体管的触发能力(方法之一)	303
5.7.3	检查单结晶体管的触发能力(方法之二)	305
5.7.4	测量单结晶体管的分压比 η_v (方法之一)	306
5.7.5	测量单结晶体管的分压比 η_v (方法之二)	310
5.7.6	估测单结晶体管分压比的方法	311
5.7.7	计算单结晶体管的峰值电压 V_p	312
5.7.8	测量程控单结晶体管(PUT)的方法	312
§5.8	检测场效应晶体管	316
5.8.1	判定结型场效应管(JFET)的电极(方法之一)	317
5.8.2	判定结型场效应管的电极(方法之二)	319
5.8.3	检查结型场效应管的好坏	319
5.8.4	估测结型场效应管的放大能力(方法之一)	320
5.8.5	估测结型场效应管的放大能力(方法之二)	322
5.8.6	测量结型场效应管的静态漏-源通态电阻 $R_{DS(on)}$ 及零偏 压跨导 g_m	323
5.8.7	测量结型场效应管的栅-源截止电压 $V_{GS(Off)}$	325
5.8.8	测量结型场效应管零偏压时的漏极电流 I_{DSS} 、饱和区跨导 g_m	327
5.8.9	测量结型场效应管在漏极开路时的栅-源击穿电压 $V_{(BR)GSO}$ 等参数	328
5.8.10	检查 MOS 场效应管(MOSFET)的方法	329
5.8.11	检查 VMOS 场效应管的方法	332
§5.9	检测晶闸管	335

5.9.1	判定普通晶闸管(SCR)和快速晶闸管(FSCR)的电极	336
5.9.2	检查晶闸管的触发能力(方法之一)	338
5.9.3	检查晶闸管的触发能力(方法之二)	339
5.9.4	检查晶闸管的触发能力(方法之三)	340
5.9.5	检查晶闸管的触发能力(方法之四)	340
5.9.6	测量晶闸管的直流转折电压 $V_{(BO)}$ 、反向击穿电压 $V_{(BR)}$ 等参数	341
5.9.7	判定双向晶闸管(TRIAC)的电极并检查触发能力	344
5.9.8	检查大功率双向晶闸管触发能力的方法	348
5.9.9	检查双向晶闸管的好坏(方法之一)	349
5.9.10	检查双向晶闸管的好坏(方法之二)	350
5.9.11	检查双向触发二极管(DIAC)的方法	351
5.9.12	检查硅单向开关(SUS)的方法	354
5.9.13	检查硅双向开关(SBS)的方法	356
5.9.14	检查可关断晶闸管(GTO)的方法	358
5.9.15	检查硅控制开关(SCS)的方法	361
5.9.16	检查逆导晶闸管(RCT)的方法	366
§5.10	检测光电器件	368
5.10.1	检查单色发光二极管 LED(方法之一)	369
5.10.2	检查单色发光二极管(方法之二)	374
5.10.3	检查单色发光二极管(方法之三)	377
5.10.4	检查单色发光二极管(方法之四)	378
5.10.5	检查单色发光二极管(方法之五)	379
5.10.6	检查双色发光二极管的方法	379
5.10.7	检查三变色发光二极管(方法之一)	381
5.10.8	检查三变色发光二极管(方法之二)	383
5.10.9	区分高亮度、低亮度发光二极管的方法	383
5.10.10	测量发光二极管的正向电压 V_F	384
5.10.11	测量发光二极管的正向电流 I_F 和正向电压 V_F	385
5.10.12	测绘发光二极管的伏安特性(方法之一)	387
5.10.13	测绘发光二极管的伏安特性(方法之二)	390
5.10.14	测绘变色发光二极管的伏安特性	391

5.10.15	检查电压控制型发光二极管 BTV(方法之一)	392
5.10.16	检查电压控制型发光二极管(方法之二)	396
5.10.17	检查闪烁发光二极管 BTS(方法之一)	398
5.10.18	检查闪烁发光二极管(方法之二)	401
5.10.19	检测负阻型发光二极管(NRLED)的方法	403
5.10.20	检查光电管的方法	404
5.10.21	检查光电二极管的方法	405
5.10.22	检查光电半导体管的方法	407
5.10.23	检查红外线发射管与接收管	411
5.10.24	检查光电开关的方法	413
5.10.25	检查光电耦合器的方法	415
5.10.26	测量光电耦合器的 V_F 、 V_{BC} 、 V_{BE} 、 h_{FE} 等项参数	421
5.10.27	估测光电耦合器的电流传输能力	422
5.10.28	测量光电耦合器的电流传输比(CTR)及饱和压降 V_{CES}	424
5.10.29	区分通用型与达林顿型光电耦合器(方法之一)	425
5.10.30	区分通用型与达林顿型光电耦合器(方法之二)	426
5.10.31	检查光敏电阻的方法	427
§5.11	检测显示器件	429
5.11.1	显示器概述	429
5.11.2	检查辉光数码管(NRT)的方法	430
5.11.3	检查荧光数码管(VFD)的方法	432
5.11.4	检查 LED 数码管(方法之一)	436
5.11.5	检查 LED 数码管(方法之二)	439
5.11.6	检查大型 LED 数码管的方法	441
5.11.7	区分高亮度、普通亮度 LED 数码管的方法	443
5.11.8	检查 LED 符号管的方法	445
5.11.9	检查 LED 电平显示器的方法	446
5.11.10	检查双位 LED 数码管的方法	448
5.11.11	检查三位 LED 扫描显示器的方法	449
5.11.12	检查多位 LED 扫描显示器的方法	451
5.11.13	检查单色 LED 点阵显示器(方法之一)	453

5.11.14	检查单色 LED 点阵显示器(方法之二)	457
5.11.15	检查彩色 LED 点阵显示器的方法	458
5.11.16	检查微型、高密度多位 LED 点阵显示器的方法	460
5.11.17	检查微型多位 LED 显示器的方法	464
5.11.18	检查 LED 面发光器件的方法	465
5.11.19	检查 CMOS-LED 组件的方法	468
5.11.20	检查多位 CMOS-LED 组件的方法	472
5.11.21	检查仪器、仪表专用液晶显示器(LCD)的方法	476
5.11.22	检查计算器、电子表专用液晶显示器的方法	481
5.11.23	检查液晶点阵显示器的方法	482
5.11.24	检查 CRT 像元管的方法	484
5.11.25	检查磁翻板显示器的方法	487
§5.12	检测电真空器件	488
5.12.1	检查电子管的阴极发射能力	489
5.12.2	测量电子管的跨导 S	491
5.12.3	检查示波管的阴极发射能力	493
5.12.4	检查黑白显像管的阴极发射能力	496
5.12.5	检查彩色显像管的阴极发射能力	496
5.12.6	测量示波管、显像管上的高压	497
5.12.7	检测频闪管、闸流管的触发能力	499
5.12.8	测量充气稳压管的稳定电压 U_s	501
5.12.9	测量氖管、氦气辉光灯的着火电压 U_f 和熄灭电压 U_H	502
5.12.10	测绘稳流管的伏安特性	505
§5.13	检测电容器	507
5.13.1	电容器的分类	507
5.13.2	判定电解电容器的正、负极	508
5.13.3	判定组合式电解电容器的极性	509
5.13.4	测量电解电容器漏电流的方法	510
5.13.5	检查电解电容器容量的方法	513
5.13.6	快速检查电解电容器漏电阻的方法	514
5.13.7	测量电容器绝缘电阻的方法	515
5.13.8	测量电容器容量(方法之一)	516

5.13.9	测量电容器容量(方法之二)	519
5.13.10	测量电容器容量(方法之三)	521
5.13.11	测量电容器容量(方法之四)	522
5.13.12	测量电容器容量(方法之五)	523
5.13.13	测量小电容器容量(方法之一)	525
5.13.14	测量小电容器容量(方法之二)	529
5.13.15	线性电容表	530
5.13.16	五量程线性电容表	532
5.13.17	测量电解电容器容量(方法之一)	533
5.13.18	测量电解电容器容量(方法之二)	536
5.13.19	测量电解电容器容量(方法之三)	537
5.13.20	测量电解电容器容量(方法之四)	538
5.13.21	测量微型记忆电容器的容量	540
§5.14	检测电感器、变压器和互感器	541
5.14.1	测量电感量(方法之一)	541
5.14.2	测量电感量(方法之二)	543
5.14.3	测量电感量(方法之三)	546
5.14.4	判定变压器、互感器线圈极性	547
5.14.5	测量变压器的每伏匝数	548
5.14.6	测量互感 M	549
5.14.7	测量变压器的绝缘电阻	550
§5.15	检测电动机	551
5.15.1	判定电动机定子绕组的始、末端	551
5.15.2	检查电动机的绝缘强度(方法之一)	552
5.15.3	检查电动机的绝缘强度(方法之二)	554
5.15.4	测量电动机的转速	554
§5.16	检测特种开关	556
5.16.1	检测指轮开关的方法	556
5.16.2	检测薄膜开关的方法	559
5.16.3	检测薄膜面板的方法	563
§5.17	检测继电器	565
5.17.1	测量灵敏电磁继电器(EMR)的方法	565

5.17.2	检查固态继电器 SSR(方法之一)	567
5.17.3	检查固态继电器(方法之二)	573
5.17.4	检查固态继电器组件的方法	574
5.17.5	检查干式舌簧管 DRC 的方法	575
§5.18	检测电声器件	578
5.18.1	判定扬声器的极性(方法之一)	578
5.18.2	判定扬声器的极性(方法之二)	579
5.18.3	检查压电陶瓷片(方法之一)	580
5.18.4	检查压电陶瓷片(方法之二)	582
5.18.5	检查压电陶瓷片(方法之三)	583
5.18.6	检查驻极体话筒的方法	584
5.18.7	检查微型电磁讯响器的方法	586
5.18.8	检查电子蜂鸣器的方法	586
5.18.9	检查 VT66A 型功率音乐 IC 的方法	588
5.18.10	检查石英晶体的方法	589
§5.19	检测照明灯具	594
5.19.1	检查日光灯管的起辉情况	594
5.19.2	检查日光灯启辉器(方法之一)	595
5.19.3	检查日光灯启辉器(方法之二)	597
5.19.4	检查日光灯镇流器的方法	597
5.19.5	检查经济日光灯的方法	599
5.19.6	检查环形日光灯管及黑光灯管	599
5.19.7	检查高压汞灯、碘钨灯、钠灯的起辉情况	600
5.19.8	检查超高压球形汞灯的起辉情况	602
5.19.9	检查霓虹灯的起辉方法	604
§5.20	检测表头	605
5.20.1	判定表头好坏的方法	605
5.20.2	估测表头灵敏度和内阻的方法	606
5.20.3	测量表头灵敏度的方法	607
5.20.4	测量表头内阻(方法之一)	608
5.20.5	测量表头内阻(方法之二)	609
§5.21	检测放大器	610

5.21.1	测量放大器的输入阻抗与输出阻抗(方法之一)	610
5.21.2	测量放大器的输入阻抗与输出阻抗(方法之二)	611
5.21.3	测量放大器的输入阻抗与输出阻抗(方法之三)	612
5.21.4	测量收音机、录音机和扩音机的最大不失真输出功率	613
§5.22	检测电池	615
5.22.1	干电池负载电压测试法	615
5.22.2	氧化银纽扣电池充电测试法	616
5.22.3	镍镉蓄电池的充电测试法	617
5.22.4	检查硅光电池的方法	622
§5.23	检测磁性元器件及设备	624
5.23.1	检测软磁铁氧体磁芯	624
5.23.2	检查霍尔元件的方法	626
5.23.3	检查集成霍尔开关的方法	629
5.23.4	检查磁饱和交流稳压电源的稳压特性	632
§5.24	检测热敏元器件	637
5.24.1	检查 NTC 热敏电阻器的方法	637
5.24.2	检查 PTC 热敏电阻器的方法	640
5.24.3	测量半导体热敏电阻器的温度系数 α_T	643
5.24.4	检查热电偶的方法	646
§5.25	检测过压保护元件	649
5.25.1	检测火花放电器(SG)的方法	649
5.25.2	检测压敏电阻器(VSR)的方法	650
§5.26	检测力敏元件	654
5.26.1	检测电阻应变片的方法	654
5.26.2	检查压阻压力传感器	656
§5.27	检测可燃性气体	658
§5.28	测量温度	663
5.28.1	利用 PN 结温度传感器测量温度	663
5.28.2	利用 AD 590 型集成温度传感器测量温度	666
5.28.3	利用 HTS 1 型集成温度传感器测量温度	668
5.28.4	利用微型珠状半导体热敏电阻器测量温度	671
5.28.5	利用 LM 334 型三端可调电流源测量温度	672