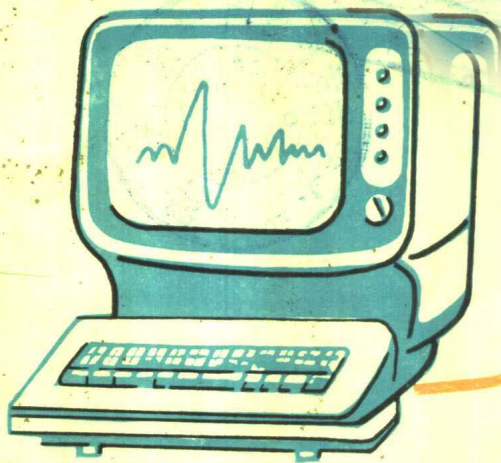


# 实用电子测量技术

周 仲 编  
杨建平



上海市业余工业大学全日制轻工分校

# 实用电子测量技术

周 仲 编  
杨 建 平

上海市业余工业大学全日制轻工分校

# 前 言

随着电子技术的广泛应用，迫切要求普及测量技术。但由于元器件的发展日新月异，电路形式又是千变万化，所以要全面地、系统地介绍它们的测量方法和操作步骤是难以办到的。在本书中，我们选择了部分常用的元件、电路和整机作为对象，介绍它们的测量方法与测试技巧，所用的仪器也尽量限于通用仪器，使本书成为一本实用性的测量手册。

全书共有四个部分。第一部分为常用元器件的测量，内容力求简单明了，测量方法举例较多，对于初学者来说，由此入门比较容易。第二、三部分是电路单元的性能测量和整机指标的测量，着重讲述各种性能指标的测量方法，同时还介绍了某些变通应用的方法，便于读者在其它有关测试中引用。第四部分介绍常用仪器的性能及使用方法，着重介绍操作要领。本书的四个部分各自独立，使用时不受先后次序的影响。

书中的材料来源于三个方面：编者在实际工作中的经验积累；国内电子技术方面的书刊摘引；国外有关资料的摘译。书中大部分测量技术均由编者实验证实，便于读者模仿。

全稿承519厂主任工程师何球同志审阅；由黄新刚同志绘制了全部插图，在此表示感谢。

限于我们的水平，书中错误缺点一定不少，敬希广大读者给予批评。

编 者

一九八二年四月

# 目 录

## 第一部分 常用元器件的测量

- 一、固定电阻器的测量····· ( 1 )
  - 1. 用万用表测量固定电阻器····· ( 1 )
  - 2. 用晶体管特性图示仪测量电阻器····· ( 2 )
  - 3. 用电桥测量电阻器····· ( 3 )
  - 4. 热元件电阻值的测量····· ( 4 )
  - 5. 热敏电阻器的简单判别····· ( 4 )
- 二、可变电阻器(电位器)的测量····· ( 5 )
  - 1. 用万用表测量可变电阻器(电位器)····· ( 5 )
  - 2. 用示波器测量电位器的噪声····· ( 6 )
- 三、电容器的测量····· ( 7 )
  - 1. 用万用表测量电容器容量····· ( 7 )
  - 2. 用万用表测量电容器的漏电情况····· ( 9 )
  - 3. 用万用表测量电解电容器的极性····· ( 10 )
  - 4. 用万用表测量双连可变电容器····· ( 10 )
  - 5. 用万用电桥测量电容器容量····· ( 10 )
  - 6. 用DYI型多用表测量电容器····· ( 11 )
  - 7. 用高频Q表测量电容器····· ( 12 )
- 四、电感器的测量····· ( 13 )
  - 1. 用万用表测量电感器····· ( 14 )
  - 2. 用DYI型多用表测量电感器····· ( 14 )
  - 3. 用电桥测量电感器····· ( 15 )

4. 用谐振电路测量电感	( 16 )
五、磁性元件的测试	( 17 )
1. 目测法	( 17 )
2. 水磨法	( 17 )
3. 用万用表测试	( 17 )
4. 用高频Q表测试	( 18 )
5. 用示波器测试磁滞和饱和	( 19 )
六、中频变压器及可调线圈的测量	( 21 )
1. 用万用表测量中频变压器	( 21 )
2. 中频变压器及可调线圈空载Q值的测量	( 21 )
3. 中频变压器及可调线圈电感量及 可调范围的测量	( 22 )
4. 中频变压器及可调线圈电压比的测量	( 22 )
七、变压器的测量	( 23 )
1. 变压器直流电阻的测量	( 23 )
2. 变压器绝缘电阻的测量	( 23 )
3. 变压器效率的测量	( 24 )
4. 变压器频率响应的测量	( 25 )
5. 变压器相位的测量	( 25 )
6. 变压器绕组平衡的测量	( 27 )
7. 变压器电感量的测量	( 27 )
8. 输入、输出变压器的判别	( 29 )
八、继电器的测量	( 30 )
1. 用万用表测量灵敏继电器	( 30 )
2. 用示波器测量继电器	( 32 )
九、扬声器的测量	( 33 )
1. 用万用表判断扬声器的好坏	( 34 )

2. 用万用表判断扬声器相位·····	( 34 )
3. 扬声器谐振频率的测量·····	( 35 )
4. 扬声器电声参数的测量·····	( 36 )
十、话筒的测量·····	( 40 )
1. 用万用表测量话筒·····	( 40 )
2. 话筒相位的检查·····	( 41 )
3. 用示波器测量话筒失真·····	( 42 )
4. 用示波器测量话筒频响·····	( 43 )
十一、助音箱电声性能的测量·····	( 44 )
1. 纯音试听·····	( 44 )
2. 阻抗曲线的测量·····	( 44 )
3. 频率响应的测量·····	( 45 )
十二、传输线和天线的测量·····	( 45 )
1. 传输线的测量·····	( 45 )
2. 天线测量·····	( 47 )
十三、用万用表测量显象管·····	( 47 )
十四、液晶显示器驱动电流的测量·····	( 48 )
十五、普通二极管的测量·····	( 51 )
1. 用万用表测量·····	( 51 )
2. 用晶体管图示仪测量·····	( 51 )
3. 用万用表测量高压二极管·····	( 53 )
十六、稳压二极管的测量·····	( 54 )
1. 用万用表测量稳压管·····	( 55 )
2. 测量三个管脚的稳压二极管·····	( 56 )
3. 用晶体管特性图示仪测量稳压二极管·····	( 57 )
十七、隧道二极管的测量·····	( 57 )
1. 用万用表测量隧道二极管·····	( 58 )

2. 用晶体管特性图示仪测量隧道二极管·····	( 58 )
3. 用示波器测量隧道二极管·····	( 60 )
十八、氖管的测量·····	( 61 )
十九、中小功率晶体三极管的测量·····	( 62 )
1. 用万用表测量晶体三极管·····	( 62 )
2. 用晶体管特性图示仪测量三极管·····	( 69 )
二十、大功率三极管的测量·····	( 72 )
1. 用万用表测量大功率三极管·····	( 73 )
2. 用晶体管特性图示仪测量大功率三极管·····	( 77 )
廿一、单结晶管的测量·····	( 81 )
1. 用万用表测量单结晶体管·····	( 82 )
2. 用检测器测量单结晶体管·····	( 83 )
3. 用晶体管特性图示仪测量单结晶体管·····	( 84 )
廿二、场效应管的测量·····	( 87 )
1. N沟道耗尽型MOS场效应管测量·····	( 87 )
2. N沟道结型场效应管的测量·····	( 91 )
廿三、可控硅的测量·····	( 92 )
1. 简易判别可控硅的方法·····	( 93 )
2. 用万用表测量可控硅·····	( 93 )
3. 用晶体管特性图示仪测量可控硅·····	( 95 )
廿四、硅集成稳压器的测量·····	( 98 )
1. 电压调整率的测量·····	( 99 )
2. 输出阻抗或电流调整率的测量·····	(100)
3. 纹波抑制比的测量·····	(101)
4. 输出电压温度系数的测量·····	(101)
5. 稳压器可调范围的测量·····	(101)
廿五、集成运算放大器的测量·····	(102)

1. 一般测量方法	(102)
2. 用仪器测量运算放大器	(105)
3. 业余条件下测量运算放大器	(107)
廿六、TTL门电路的测量	(108)
1. 开门电压的测量	(109)
2. 关门电压的测量	(110)
3. 输出低电平的测量	(111)
4. 输出高电平的测量	(112)
5. 静态功耗的测量	(112)
6. 输入短路电流的测量	(114)
7. 输入交叉漏电流的测量	(116)

## 第二部分 电路单元的性能测量 (117)

一、直流稳压电源的测量	(120)
1. 稳压系数的测量	(122)
2. 输出电阻的测量	(122)
3. 纹波电压的测量	(123)
4. 输出阻抗的测量	(123)
5. 过渡特性	(124)
6. 输出电压温度系数	(125)
7. 输入电压允差	(126)
8. 漂移	(127)
二、直流稳流电源的测量	(128)
1. 输出电流的测量	(128)
2. 最大输出电压的测量	(129)
3. 输出电阻的测量	(130)
4. 稳流系数	(131)
5. 纹波电流	(131)



三、恒流源的测量	(132)
1. 起始电压、最高电压和恒定电流的测量	(132)
2. 动态电阻的测量	(133)
四、振荡器的测量	(134)
1. 频率的测量	(134)
2. 波形的测量	(150)
3. 输出阻抗的测量	(151)
4. 振荡频率受负载变化的影响	(152)
5. 温漂系数的测定	(153)
五、频率均衡电路的测量	(153)
六、电压跟随器的测量	(161)
1. 输入阻抗的测量	(161)
2. 最高跟随频率的测量	(162)
3. 吸入电流的测量	(162)
4. 输出电压对电源电压的变化率	(163)
5. 输出电压温漂的测量	(163)
6. 闭环稳定性的测量	(164)
七、移相网络的测量	(167)
1. 基本李氏图形法	(168)
2. 调制李氏图形法	(171)
3. 光点调制李氏图形法	(172)
4. 半圆李氏图形法	(173)
八、交流电压放大器的测量	(175)
1. 电压增益的测量	(176)
2. 失真系数的测量	(176)
3. 噪声电压的测量	(176)
4. 频带宽度的测量	(177)

5. 最大输出电流的测量	(179)
九、直流电压放大器的测量	(179)
1. 转换函数的测量	(179)
2. 线性范围的测量	(180)
3. 吸入电流的测量	(180)
4. 直流增益的测量	(180)
5. 输入阻抗的测量	(181)
6. 输出阻抗的测量	(181)
7. 动态阶跃响应测量	(181)
8. 静态噪声测量	(181)
9. 温度特性测量	(181)
十、电平指示器的测量	(182)
1. 测量范围	(183)
2. 灵敏度的测量	(184)
3. 分辨率的测量	(184)
4. 输入阻抗的测量	(184)
5. 电源功耗的测量	(184)
十一、电唱盘的测量	(185)
1. 转速的测量	(185)
2. 杂音电平的测量	(187)
3. 功耗测量	(187)
十二、可控硅单相交流调压器的测量	(188)
十三、压控放大器的测量	(190)
1. 控制范围的测量	(190)
2. 控制增益的测量	(191)
3. 控制特性的线性度	(192)
4. 吸入电流的测量	(192)

5. 瞬态响应测量	(192)
6. 残余增益	(193)
7. 输出阻抗的测量	(193)
十四、压控振荡器的测量	(195)
1. 控制范围	(195)
2. 控制增益的测量	(196)
3. 吸入电流	(196)
4. 输出阻抗	(196)
5. 残余输出	(196)
6. 瞬态响应	(196)
7. 频率特性的测量	(197)
十五、电流—电压转换器的测量	(198)
1. 转换特性的测量	(199)
2. 转换增益	(199)
3. 频率响应	(199)
4. 温漂	(200)
十六、交—直流信号转换器的测量	(200)
1. 转换特性的测量	(200)
2. 电压传输系数	(201)
3. 输入阻抗的测量	(201)
4. 频率响应	(202)
十七、整流器的测量	(203)
1. 空载电压	(203)
2. 输出特性	(204)
3. 输出纹波和频率	(204)
4. 额定输出功率	(204)
5. 电源功率与效率	(204)

<b>第三部分 整机指标的测量</b> .....	(208)
<b>一、广播扩音机的测量</b> .....	(208)
1. 频率特性的测量.....	(209)
2. 输出功率的测量.....	(211)
3. 失真度的测量.....	(212)
4. 灵敏度的测量.....	(212)
5. 噪声电平测量.....	(212)
6. 输出电压调整率的测量.....	(213)
7. 过负荷电流的测量.....	(214)
<b>二、高传真立体声扩音机的测量</b> .....	(214)
1. 测量的标准条件.....	(215)
2. 失真度的测量.....	(215)
3. 输出功率的测量.....	(223)
4. 灵敏度的测量.....	(226)
5. 频率特性的测量.....	(227)
6. 左右声道串音测量.....	(229)
7. 信噪比的测量.....	(229)
8. 声道平衡控制器的对称性.....	(229)
9. 最低音量泄漏的测量.....	(230)
10. 交流哼声的测量.....	(231)
11. 阻尼系数的测量.....	(231)
12. 主观听音.....	(232)
<b>三、录音机的测量</b> .....	(239)
1. 带速误差的测量.....	(245)
2. 抖晃率的测量.....	(248)
3. 起动时间的测量.....	(249)
4. 倒带时间的测量.....	(249)

5. 机械噪声的测量	(250)
6. 放音通道频响的测量	(250)
7. 全通道频响的测量	(251)
8. 全通道谐波失真的测量	(252)
9. 全通道信噪比的测量	(253)
10. 串音	(253)
11. 通道隔离	(253)
12. 立体声通道幅度平衡	(254)
13. 消音效果	(254)
14. 不用仪器的简易检查	(254)
四、调幅广播收音机的测量	(257)
1. 测量的标准条件	(257)
2. 中频的测量	(267)
3. 频率范围的测量	(269)
4. 灵敏度的测量	(270)
5. 选择性的测量	(271)
6. 通频带的测量	(272)
7. 假象波道衰减	(272)
8. 中频波道衰减测量	(273)
9. 自动增益控制抑制系数	(274)
10. 统调的检查	(274)
11. 不失真功率的测量	(277)
12. 整机频响的测量	(278)
13. 整机谐波失真的测量	(279)
14. 高频机震抑制	(280)
15. 试听	(280)
五、调频收音机的测量	(283)

1. 测量的标准条件	(283)
2. 频率范围的测量	(287)
3. 中频特性的测量	(290)
4. 1mv 信噪比	(292)
5. 分离度	(293)
6. 灵敏度	(294)
7. 选择性的测量	(294)
8. 假象波道衰减	(295)
9. 自动增益控制特性	(296)
10. 调幅抑制制度	(296)
11. 自动频率控制特性	(296)
12. 整机失真度的测量	(296)
13. 5%失真时的频率偏移量	(297)
<b>第四部分 常用仪器的性能与使用方法</b>	<b>(298)</b>
一、万用电表	(298)
二、QBG—3型高频Q表	(301)
三、WQJ—1A型精密万用电桥	(302)
四、GB—9型真空管毫伏表	(303)
五、DA—16型晶体管毫伏表	(305)
六、XD—2型低频信号发生器	(307)
七、XC—1A型音频信号发生器	(308)
八、XFG—7型高频信号发生器	(310)
九、XFC—6型标准信号发生器	(314)
十、JT—1型晶体管特性图示仪	(319)
十一、QT2型晶体管特性图示仪	(323)
十二、BT—3型频率特性测试仪	(328)
十三、SZ—3型失真度测量仪	(331)

- 十四、SR8型二踪示波器.....(334)
- 十五、PB-2型十进频率计.....(340)

# 第一部分

## 常用元器件的测量

任何电子仪器设备或电子线路，都是由各种不同的电子元器件所组成的，也就是说，电子元器件是组成各种电子线路必不可少的基础零件。不同的电子元器件，有其不同的参数要求，判别其好坏，了解其参数，这是电子技术应用者所需要做的一件工作。生产元器件的工厂，为了保证其质量，都备有专门的测试仪器来检验，但对于应用单位或应用者来说，不可能备全有关测试仪器，因此必需借助于一般通用测试仪器来测量元器件，本部分主要就是借助于一般通用测试仪器来测量常用的电子元器件。

### 一、固定电阻器的测量

固定电阻器是电子线路最基本的元件之一，规格品种很多。如碳膜固定电阻器RT、金属膜固定电阻器RJ、线绕固定电阻器RX等等。另外，功率不同，标称阻值不同等等，但其测量的方法都是一样的。

#### 1. 用万用表测量固定电阻器

当一个固定电阻器不知道其阻值或测量一个固定电阻器的阻值时，可用万用表测量其阻值。测量前首先应将万用表进行调零，如将万用表置于 $R \times 1k\Omega$ 档，将红、黑二根表棒短接，使表头指针偏转指示阻值为零，然后用表棒接被测固定电阻器的



二个引出端，此时表头指针偏转的指示值即为被测电阻器的阻值，如指示在“10”上，即该固定电阻器的阻值为10KΩ。如果指针不摆动，则可将万用表置于R×10KΩ档，并从新调零，指针如果仍不摆动，则表示该固定电阻器内部已断路，不能再用了。如果指针摆动到指示为零，那么可将万用表置于R×10Ω或R×1Ω档，同样从新调零，此时指针偏转指示的值，即为该值×10或1的阻值。值得注意的是拿固定电阻器的手的手指不要触碰在被测固定电阻器的两根引出端上，否则人体手指的电阻与被测电阻器的阻值并联，影响测量精度。

## 2. 用晶体管特性图示仪测量电阻器

用万用表测量固定电阻器的阻值如果认为不够准确，那么，也可以用晶体管特性图示仪来测量。测量的方法类似测量普通二极管的方法，但应在被测电阻器所容许的最大功耗的情况下进行测量。如果测量一段电阻丝，被测电阻丝可按图1—1上方所示接线，各旋钮位置如下：

峰值电压范围 0~20伏

集电极扫描极性 正(+)

功耗电阻 5欧

X轴集电极电压 0.1伏/度

Y轴集电极电流 200毫安/度

将光点零点位置移至坐标的左下角，慢慢调节集电极峰值电压，使Y轴电流达到1安培，即得图1—1所示曲线。但在观察时，眼睛一定要正视，以便准确地读出X轴的小分格。

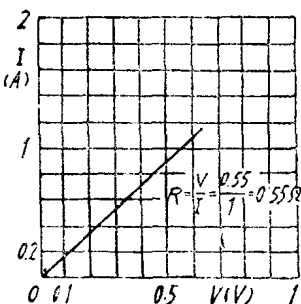
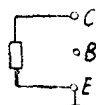


图1—1

图示曲线Y轴在1安培处所对应的X轴为0.55伏，根据欧