

◎ 陈永甫 主编

<http://www.phei.com.cn>



電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

巧用万用表系列丛书

用万用表检测电子元器件

陈永甫 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以使用万用表检测电子元器件为主线,介绍了各种常用电子元器件的基础知识和测量方法、操作技能。全书共12章,第1章简明扼要地介绍了指针式万用表和数字式万用表对常见电量的检测方法和使用技巧。第2章至第12章介绍了元器件的常见种类、组成、工作原理、性能特点,以及使用中的注意事项,列举了大量应用电路和用万用表进行性能检测的图例,文图结合,直观易懂,突出了重在应用和操作技能方面的内容。

全书各章节选材讲究、重点突出、层次分明,语言简练、图文并茂、形象直观,可操作性强。可作为电子技术初学者、电子应用从业人员、家电维修人员的培训教材,也可供大中专院校、职校、技校电气、电子类专业的师生、广大电子爱好者阅读、参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

用万用表检测电子元器件/陈永甫主编. —北京:电子工业出版社,2008.3

(巧用万用表系列丛书)

ISBN 978-7-121-05701-4

I. 用… II. 陈… III. ①复用电表-检测-电子元件②复用电表-检测-电子器件 IV. TN607

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第199958号

责任编辑:魏永昌 特约编辑:李云霞

印 刷: 北京市李史山胶印厂
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18 字数: 461千字

印 次: 2008年3月第1次印刷

印 数: 5000册 定价: 32.80元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前言

电子元器件是构成电子电路、电子装置的最基本元素。从事电器维修、电子制作和电路实验的人员,经常需要检测和选用电子元器件、鉴别其质量好坏。但对于正在学习电子技术的学子与刚刚加入电器维修和电子制作行列的从业人员来说,由于种种条件(包括经济条件和实验条件)的限制,手头可供使用的电测仪器很少。

万用表价格低廉、操作简单、携带方便、容易维修,是最大众化的电测仪表。用它检测常用的电子元器件是一种既经济又便捷的测量方法。

了解电子元器件的基本特性,正确地检测、合理地选择和使用电子元器件,是电子技术工作者、电子爱好者应该掌握的基础知识和技能。在检测元器件之前,应对待测的元器件的基本结构、工作原理、主要特性及在电路中的作用等基础知识,有一定的了解,以便在进行元器件测试时,合理地设置检测项目和参数、拟订测试顺序,明明白白地测试,并对测试结果做到心中有数。在设计和装调电路时,应根据元器件的特性合理使用,尽量做到“物尽其用”,使其工作在最佳工作状态。

本书内容共 12 章。第 1 章为万用表的使用,该章简明扼要地介绍了指针式万用表和数字式万用表的组成、测量原理、检测方法和使用技巧。学习本章可为对元器件进行准确测试和正确操作打下基础。第 2 章至第 11 章分别介绍了电阻器、电位器、敏感型电阻器、电容器、电感器、变压器、电声器件、半导体二极管、三极管、场效应管、晶闸管等元器件。为突出实际应用和测试技能,结合各章节内容,列举了大量典型应用电路和万用表检测实例,引导读者学用结合、灵活运用,也便于读者触类旁通、举一反三。第 12 章介绍元器件综合应用、典型电路解读及工作点检测,以提高读者的综合应用能力和实际操作技能,拓宽视野。书中各章内容相对独立,读者可根据自己的需求,系统地读或选读某一章节。

全书各章节内容选材讲究、层次分明、重点突出、图文并茂、直观易懂,实用性强。

本书由陈永甫主笔,谭秀华、王文理、龙海南、高国君、潘立冬、陈一民、景春国、舒冬梅、张微、陈立等参加了编写工作。

关于书中相关栏目的说明

◆ **要点:**位于每节的开始,点明该节的实质内容,以利于读者了解所讲的中心内容或精髓所在。

◆ **基本内容:**是本节的主要部分,对“要点”进行详细介绍或论证,突出基本概念、主要特性及所起的作用。语言简练、图文结合,易学易懂。

◆ **相关知识:**对所讲内容的相关知识或连带的技术或新器件进行扼要说明或介绍,加强知识间的链接,拓宽知识面。

◆ **应用知识:**穿插于各章节中,结合所讲内容,联系实际,列举应用实例或典型元器件,进行扼要说明或分析,学用结合,提高读者的应用能力和动手制作能力。

◆ **选用导读:**向读者推荐性价比高的元器件。如何根据实际要求和自身条件选择或购买元器件或仪表。

◆ **图、表的使用:**为使读者易于理解所讲内容,书中安插了大量(333幅)配图,图形绘制形象逼真,图文结合,直观易懂,便于实际操作、触类旁通;书中结合各章所讲内容,配备了具有代表性的元(器)件的数据表格,资料来源确切、翔实。

目 录

第1章 万用表的使用	1
1.1 指针式万用表	1
1.1.1 指针式万用表的基本结构	2
1.1.2 指针式万用表的测量原理	4
应用知识 万用表上常用的测量单位符号及名称	6
1.1.3 MF-47型指针式万用表	7
1.1.4 MF-500型指针式万用表	9
1.1.5 指针式万用表使用注意事项	10
1.2 数字式万用表	13
1.2.1 数字式万用表的基本结构	13
应用知识 数字式万用表的 $3\frac{1}{2}$ 位、 $4\frac{1}{2}$ 位与显示位数、量程范围有什么关系?	15
1.2.2 数字式万用表的特点	15
1.2.3 普及型 $3\frac{1}{2}$ 位数字式万用表DT-830系列的主要技术性能	16
应用知识 数字式万用表的显示位数、满量程、最大显示值和最高分辨率	18
1.2.4 数字式万用表使用注意事项	19
选用导读 电子爱好者购买万用表是选购指针式的,还是选购数字式的?	20
第2章 电阻器、电位器和微调电阻器	23
2.1 电阻器	23
2.1.1 固定电阻器	24
2.1.2 电阻器的型号命名和主要技术参数	28
相关知识 电阻器色标的顺口溜速记法	33
2.2 电位器和微调电阻器	34
2.2.1 电位器	34
2.2.2 微调电阻器	41
2.3 用万用表检测电阻器、电位器和微调电阻器	42
2.3.1 用万用表检测固定电阻器	42
2.3.2 用万用表检测电位器和微调电阻器	46
相关知识 片状电阻器和片状半可调电位器	48
第3章 敏感型电阻器	51
3.1 敏感型电阻器的型号命名	51

3.2 热敏电阻器	52
3.2.1 热敏电阻器的种类和型号命名	52
3.2.2 负温度系数(NTC)热敏电阻器	54
3.2.3 正温度系数(PTC)热敏电阻器	56
3.2.4 用万用表检测热敏电阻器	58
3.3 光敏电阻器	60
3.3.1 光敏电阻器的种类和主要性能参数	60
3.3.2 光敏电阻器的应用	62
3.3.3 用万用表检测光敏电阻器	64
应用知识 业余条件下 100 lx 光照强度的确定	65
3.4 压敏电阻器	66
3.4.1 压敏电阻器的特性和种类	66
3.4.2 氧化锌压敏电阻器	67
3.4.3 压敏电阻器的应用	68
3.4.4 用万用表检测压敏电阻器	69
应用知识 压敏电阻器的安装与使用	70
第4章 电容器	72
4.1 电容器的基本知识	72
4.1.1 什么是电容器	72
4.1.2 电容器的电容量	73
4.1.3 电容器的种类及型号命名方法	73
4.1.4 电容器的主要技术参数	76
应用知识 电容器的额定电压,国家是否也规定了标准系列值?	76
4.2 固定电容器	77
4.2.1 金属化纸介电容器(CJ型、CZJ型)	78
4.2.2 聚苯乙烯电容器(CB型)	78
4.2.3 聚丙烯电容器(CBB型)	79
4.2.4 云母电容器(CY型)	79
4.2.5 瓷介电容器(CT1型、CC1型)	80
4.2.6 电解电容器	81
应用知识 固定电容器标称容量的允许误差有几种表示方法?	83
4.3 可变电容器和半可变电容器	83
4.3.1 可变电容器	84
4.3.2 半可变电容器	86
应用知识 电容器的标注和识别方法	87
4.4 用万用表检测并判别电容器	88
4.4.1 用万用表检测无极性固定电容器	88
4.4.2 用万用表检测电解电容器	91

4.4.3 用万用表检测可变电容器和微调电容器	93
4.5 电容器的主要作用及实际应用	95
4.5.1 电容器的主要作用	95
4.5.2 电容器的实际应用	96
4.5.3 电容器在选型和使用时应注意的问题	99
选用导读 常用电容器的合理选用	100
第5章 电感器	102
5.1 电感器的种类、电路图形符号和型号命名	102
5.1.1 电感器的种类和电路图形符号	102
5.1.2 电感器的型号命名方法	103
5.2 电感器的结构和种类	104
5.3 电感线圈的自感特性及主要技术参数	106
5.3.1 线圈的自感与电感量	106
5.3.2 电感器的主要技术参数	107
5.4 电感器的主要作用及应用	108
应用知识 小型固定电感器的标志和识别	111
5.5 电感器的检测	112
第6章 变压器	116
6.1 变压器基础知识	116
6.1.1 变压器的制作原理	116
6.1.2 变压器的种类和电路图形符号	117
6.2 变压器的特性参数	118
6.3 常见的变压器及其应用	119
6.3.1 电源变压器	119
6.3.2 自耦调压器(自耦变压器)	121
6.3.3 音频变压器	122
6.3.4 中频变压器	124
6.3.5 行输出变压器	127
6.3.6 磁棒天线线圈(磁性天线)	128
应用知识 采用磁棒天线线圈的低阻耳塞中波三管收音机	130
6.4 用万用表检测变压器	131
6.4.1 变压器的外观检查和识别	132
6.4.2 用万用表检测变压器的绕组通/断、绕组电阻和绝缘电阻	133
6.4.3 变压器的通电检查	134
6.4.4 变压器技术参数的检测和性能判断	135

第7章 电声器件	138
7.1 电声器件型号命名方法	138
7.2 扬声器	139
7.2.1 扬声器的种类和主要技术参数	140
相关知识 扬声器的标称尺寸	142
7.2.2 电动式扬声器	142
7.2.3 球顶式扬声器	144
7.2.4 号筒式扬声器	145
7.2.5 压电式扬声器(晶体片扬声器)	146
7.2.6 电磁式扬声器	146
7.2.7 平板式扬声器	146
7.2.8 其他扬声器	146
7.3 用万用表检测扬声器并进行质量判别	147
7.3.1 扬声器的外观检查和试听鉴别	147
7.3.2 用万用表检测扬声器的质量和性能参数	148
7.4 耳机、耳塞机	150
7.4.1 耳机的种类和电路图形符号	151
7.4.2 电动式耳机	152
7.4.3 电磁式耳机	153
7.4.4 耳机的性能参数	153
7.4.5 耳机的检查和检测	154
选用导读 耳机和耳塞机的选用	155
7.5 传声器	156
7.5.1 传声器的种类、电路符号	156
7.5.2 传声器的主要性能参数	157
7.5.3 动圈式(电动式)传声器	159
7.5.4 电容式传声器	160
7.5.5 驻极体传声器	161
7.5.6 铝带式传声器	163
7.6 用万用表检测并判别动圈式传声器和驻极体传声器	164
7.6.1 用万用表检测并判断动圈式传声器	164
7.6.2 用万用表检测并判断驻极体传声器	166
第8章 半导体二极管	169
8.1 半导体器件基础	169
8.1.1 半导体的导电性能及PN结的形式	169
8.1.2 PN结的单向导电特性	170
相关知识 导体、半导体、绝缘体和电阻率	171

8.2 半导体二极管	172
8.2.1 半导体二极管的结构和分类	172
8.2.2 二极管型号的命名方法	173
8.2.3 普通半导体二极管的主要参数和伏安特性	174
8.3 整流二极管、整流组件(整流堆)	176
8.3.1 整流二极管	177
8.3.2 全桥整流组件(整流堆)	177
8.3.3 整流二极管及整流组件的应用	178
8.3.4 用万用表检测整流二极管	179
8.4 检波二极管	180
8.4.1 二极管检波原理	180
8.4.2 检波二极管的特点及常用型号	181
8.4.3 检波二极管的选用及参数测试	182
8.5 稳压二极管	182
8.5.1 稳压二极管的稳压特性(伏安特性)	183
8.5.2 稳压二极管的主要参数及常用型号	183
8.5.3 稳压二极管的应用	184
8.5.4 用万用表检测稳压二极管	185
8.6 双基极二极管(单结晶体管)	186
8.6.1 双基极二极管的结构、等效电路及图形符号	187
8.6.2 双基极二极管的伏安特性及负阻特性	187
8.6.3 常用国产双基极二极管及主要参数	188
8.6.4 双基极二极管的应用	189
8.6.5 用万用表检测双基极二极管	190
8.7 发光二极管(LED)	191
8.7.1 发光二极管(LED)的发光原理	192
8.7.2 发光二极管(LED)的种类及电路图形符号	192
8.7.3 发光二极管(LED)的主要技术参数及特点	193
8.7.4 单色发光二极管	194
8.7.5 变色发光二极管	195
8.7.6 闪烁发光二极管	196
相关知识 LED 的发光颜色与发光波长、半导体材料的关系	197
8.7.7 发光二极管(LED)的应用	198
8.7.8 发光二极管正、负极性判别和性能检测	199
第9章 半导体三极管(双极型晶体管)	201
9.1 半导体三极管的结构、分类和型号命名	201
9.1.1 半导体三极管的基本结构	201
9.1.2 半导体三极管分类	202

9.1.3 半导体三极管的型号命名方法	202
9.2 半导体三极管的工作原理及电流分配关系	204
9.2.1 三极管的工作原理	204
9.2.2 三极管各极电流分配关系及实例数据	205
应用知识 介绍几个主要半导体器件生产国家(地区)二极管、三极管型号的命名方法	206
9.3 半导体三极管的特性曲线及主要技术参数	207
9.3.1 半导体三极管的特性曲线	208
9.3.2 半导体三极管的主要技术参数	209
应用知识 三极管的 β 和 $\bar{\beta}(h_{FE})$	211
9.4 半导体三极管的检测及质量判别	211
9.4.1 锗管和硅管的判别	212
9.4.2 三极管三个引脚的辨别和检测	213
9.4.3 三极管的穿透电流 I_{ceo} 和电流放大倍数 h_{FE} 的测量	214
应用知识 在三极管管顶上用不同色点表示其电流放大系数 $\bar{\beta}(h_{FE})$	217
9.5 半导体三极管的主要作用及应用实例	217
选用导读 推荐一组性价比比较好的9000系列塑封小功率三极管	221
第10章 场效应晶体管(单极型晶体管)	222
10.1 场效应晶体管的特点和分类	222
10.2 结型场效应管(JFET)	223
10.2.1 结型场效应管的内部结构及电路图形符号	223
10.2.2 结型场效应管的工作原理	224
10.2.3 结型场效应管的特性曲线	225
10.3 绝缘栅型场效应管(MOSFET)	226
10.3.1 绝缘栅型场效应管的结构	226
10.3.2 绝缘栅型场效应管的特性曲线	227
10.4 场效应管的主要特性参数及常用管型	228
10.5 场效应管的检测、质量判别及合理使用	230
10.5.1 结型场效应管(JFET)的检测和质量判断	230
10.5.2 绝缘栅型场效应管(MOSFET)的检测和质量判别	232
10.5.3 场效应管使用注意事项	234
10.6 场效应管的应用	235
相关知识 场效应管(单极型)与三极管(双极型)的性能比较	237
第11章 晶闸管(可控硅)	239
11.1 晶闸管的基本知识	239
11.1.1 晶闸管的特点和用途	239
11.1.2 晶闸管的种类	239

11.1.3 晶闸管的主要参数	241
11.2 单向晶闸管	241
11.2.1 单向晶闸管的结构和等效电路	242
11.2.2 单向晶闸管的单向导电性及特性曲线	242
11.2.3 单向晶闸管的识别和检测	244
11.3 双向晶闸管	248
11.3.1 双向晶闸管的结构、等效电路和电路图形符号	248
11.3.2 双向晶闸管的导通、阻断及双向触发特性	249
11.3.3 双向晶闸管的伏安特性曲线及电性能参数	250
11.3.4 双向晶闸管的检测	251
应用知识 常用半导体管经常出现 $TO \times \times \times$ 表示什么意思?	253
11.4 可关断晶闸管(GTO)	254
11.4.1 可关断晶闸管的结构和工作原理	254
11.4.2 可关断晶闸管的参数和 3CTG 系列小功率管	255
11.4.3 可关断晶闸管的优点及其应用	256
11.4.4 用万用表检测可关断小功率晶闸管	256
11.5 晶闸管的应用	257
11.5.1 采用单向晶闸管的低成本调光台灯电路	257
11.5.2 采用双向晶闸管的无级调光灯电路	258
11.5.3 具有记忆功能的触摸式无级调光灯电路	258
11.5.4 采用调功集成器件 LC906 和双向晶闸管的调速电风扇电路	259
11.5.5 可关断晶闸管(GTO)的三款应用	260
11.5.6 采用两只单向晶闸管的并联逆变电路	261
11.5.7 由多只晶闸管和变压器构成的阶梯波逆变电路	262
11.5.8 三相桥式晶闸管整流调速电路	263
第 12 章 综合应用、典型电路解读及工作点检测	264
12.1 典型小信号放大电路分析及工作点测量与调整	264
12.2 典型功放电路解读及工作点检测	266
12.3 低噪声电视天线放大器电路	267
12.4 袖珍型低阻耳塞三管机	268
12.5 袖珍六管超外差收音机	269
12.6 采用单结管触发电路的线性调光台灯电路	272
12.7 单通道无线电遥控电动模型游艇	273
参考文献	276

第 1 章

万用表的使用

万用表是一种多用途多量程的便携式的测量仪表。早期的表主要用来测量电流、电压和电阻值，故常称为三用表。后期的万用表，还发展为能测量音频电平、电容、电感量和半导体三极管的放大倍数 h_{FE} 等，且每个测量项目都有几个量程，成为一种能进行多种电量测量的多量程的便携式测量仪表，故称为万用表。

由于万用表具有用途广、操作简便、便于携带等，成为电工和电子技术中最基本、最常用的测量仪表，也是无线电爱好者、电器维修人员、电子制作者必不可少的必备器具。

万用表除了使用最多的指针式万用表外，还有数字式万用表。数字式万用表的功能更多，测量精度也较高。指针式万用表结构简单，使用方便、价格相当便宜。因此，指针式万用表和数字式万用表各有各的优势，在电工和电子测量中均有广泛的应用，本章将分别介绍这两种类型的万用表的基本原理和典型应用。

1.1 指针式万用表

➤ 要点

指针式万用表是采用磁电系测量机构的电测仪表，它历史久远、技术成熟、使用方便、价格便宜，应用广泛。这种表除可进行直流电压 (DCV)、直流电流 (DCA)、交流电压 (ACV)、交流电流 (ACA) 和电阻 (R) 基本测量项目外，还可进行交流音频电平 (dB)、电感 (L)、电容 (C) 和三极管电流放大系数 (h_{FE}) 等项目的测试。但指针式万用表内阻低、精度不够高、测量功能不够多。

指针式万用表的发展历史久远 (有一百多年)、技术成熟、结构简单、使用方便，价格便宜。低档指针式万用表市售单价仅十几元，中档的单价为几十元，高档的也就在百元上下。这种表因读数直观、操作简便、经久耐用，很适合业余电子爱好者和初学者使用。

市面上销售的指针式万用表多达几十种，但其结构和使用方法大同小异，只要学会一两种万用表的使用方法，就可“触类旁通”来使用其他型号的指针式万用表了。

本节介绍两种电子爱好者使用较多、性价比较高的 MF-47 型和 MF-500 型万用表的结构和使用方法。

1. 表头 (测量机构)

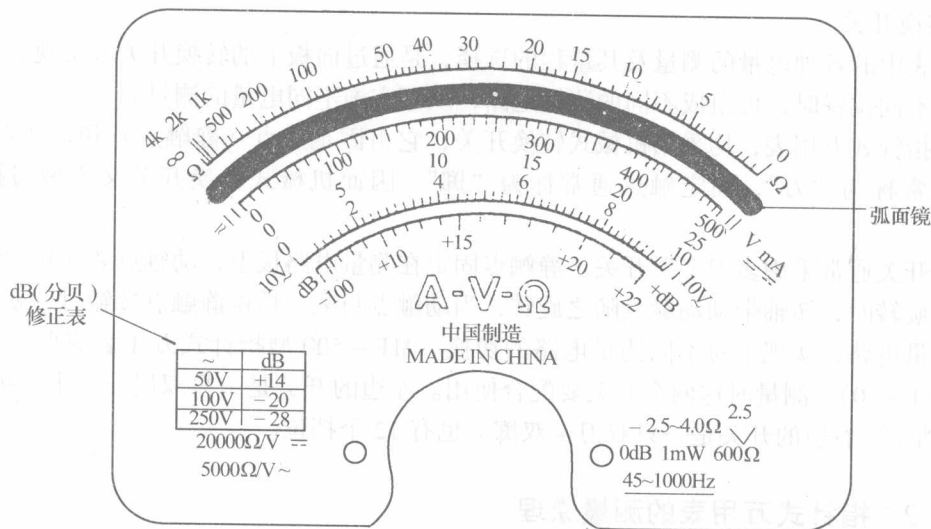
一般国产 MF 系列指针式万用表表头的灵敏度在 $10 \sim 100\mu\text{A}$ 范围, 测量电压时的内阻约在 $2 \sim 20\text{k}\Omega/\text{V}$ 。

由图 1-1 可见,多数刻度线中没标出测量单位,其用意是一条刻度线可供不同的量程使用。为区别不同用途的刻度线,在每条刻度线的左端或右端均标示出字母或符号:欧姆刻度线用“ Ω ”表示;直流电用“—”或“DC”表示;交流电用“~”或“AC”表示;交直流共用的刻度线用“ $\sim$ ”表示。有些万用表还采用了带反射镜的标度盘,读取读数时,应在指针与反射镜内指针倒影重合时读数,以减小读数的视差。

2. 测量线路

测量线路是用来实现多种电量、多种量程测量的组合和进行变换的电路。万用表能用一





(b) 表盘上的刻度线

图 1-1 常见指针式万用表及其表盘刻度线

只微安表头实施多种电量和多种量程的测量，靠的就是测量线路，把被测量变换成磁电系表头所能接受的直流微小电流。

一个万用表的功能越多、测量范围越广，则其测量线路会越复杂。但各种万用表的基本电路大体类同。实际上，一般万用表的测量线路是由多量程直流电流表、多量程直流电压表、多量程整流式交流电压表、交流电流表和多量程欧姆表等几种测量线路组合而成的。

构成测量线路的主要元件，是各种类型、各种阻值的电阻元件，如线绕电阻、金属膜或碳膜电阻、电位器等。在测量交流时，还使用整流元件（如二极管），把交流电转换为磁电系表头所能测量的微小直流电流。

图 1-2 是 MF-500 型指针式万用表的电气原理图。

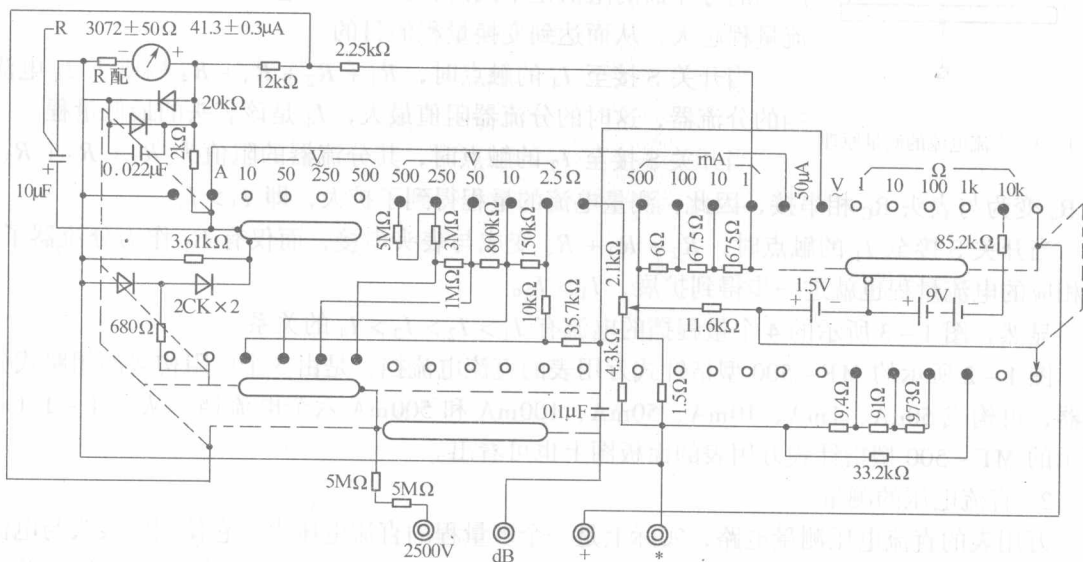


图 1-2 MF-500 型指针式万用表的电气原理图

3. 转换开关

万用表中的各种电量的测量及其量程的选择,是通过面板上的转换开关来实现的。当转换开关在不同位置时,可组成不同的测量电路,从而实施不同电量的测量。

一般指针式万用表,均采用机械式转换开关,它由固定触点(静触点)和动触点组成,动触点通常称为“刀”,固定触点通常称为“掷”,因而机械式转换开关又称做刀掷转换开关。

转换开关通常采用多刀多掷开关。静触点固定在测量电路板上,动触点装在转轴上,当转换开关旋转时,转轴带动动触点随之旋转,当动触点与某一挡位静触点接触时,就接通了该挡的测量电路,实现了对不同测量电路的切换。MF-500型指针式万用表有两个转换开关(见图1-10),测量时这两个开关要配合使用。左边的开关是一只双层三刀十二掷开关,共12个挡位;右边的开关是一只双刀+双掷,也有12个挡位。

1.1.2 指针式万用表的测量原理

万用表的测量线路包括直流电流测量电路、直流电压测量电路、交流电压测量电路、电阻测量电路等。下面扼要说明各种参量的测量原理。

1. 直流电流的测量

万用表中的直流电流测量电路,实际上是一个多量程的直流电流表,它是将磁电系直流微安表与一些分流电阻并联,以实现扩大量程的目的,测量原理如图1-3所示。

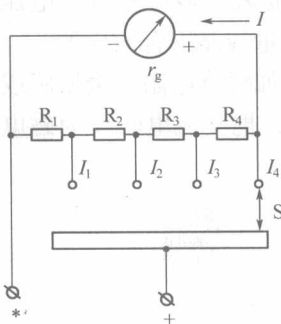


图1-3 直流电流的测量原理

万用表测量直流电流时,将转换开关拨至直流电流挡,并通过转换开关 S 的不同位置来改变分流器的阻值,以便达到改变量程的目的。在这个电路中,将各分流电阻彼此串接后,再与表头并接,形成一个闭合环路。

由图1-3可见,当开关 S 接在 $R_1 \sim R_4$ 的不同位置时,表头所配用的分流器的阻值是不同的,分流器的电阻值越小,则相应的电流量程越大,从而达到变换量程的目的。

当开关 S 接至 I_4 的触点时, $R_1 + R_2 + R_3 + R_4$ 构成了 I_4 电流挡的分流器,这时的分流器阻值最大, I_4 是该表头的最低量程。

当开关 S 接至 I_3 的触点时,其分流器的阻值为 $R_1 + R_2 + R_3$,而 R_4 变为与表头 R_C 相串接,因此,测量电流的量程得到了扩大,即 $I_3 > I_4$ 。

当开关 S 接至 I_1 的触点时, $R_2 + R_3 + R_4$ 变成与表头串接,而仅有 R_1 作为分流器了,则相应的电流量程也就进一步得到扩展, $I_1 > I_2$ 。

显然,图1-3所示的4个量程挡的电流有 $I_1 > I_2 > I_3 > I_4$ 的关系。

图1-2所示的 MF-500 型指针式万用表的直流电流挡,是由5个电阻构成的闭路式分流器,可构成 $50\mu\text{A}$ 、 1mA 、 10mA 、 50mA 、 100mA 和 500mA 六个电流挡。从图1-1(a)所示的 MF-500 型指针式万用表的面板图上也可看出。

2. 直流电压的测量

万用表的直流电压测量电路,实际上是一个多量程的直流电压表。它使用的表头与电流测量电路使用的是同一个磁电系微安表头,将该表头与 $R_1 \sim R_4$ 分压电阻器相串接,并从

U_1 、 U_2 、 U_3 、 U_4 的触点引出,通过开关 S 与相应触点相接,就可获得一个多量程的直流电压挡,如图 1-4 所示。多个分压电阻的接入,可扩大测量电压。

图 1-4 是分压电阻共用式直流电压测量电路。当表头串联的电阻越大时,串联电阻分得电压就越大,万用表电压挡的测量量程就越大。

图 1-4 所示的共用式多量程直流测量电路的优点是,低量程的分压电阻被其他高电压量程所利用。如 U_1 量程的 R_1 分别为 U_2 量程 ($R_1 + R_2$)、 U_3 量程 ($R_1 + R_2 + R_3$) 和 U_4 量程 ($R_1 + R_2 + R_3 + R_4$) 所利用。这样,可以节省绕制电阻 (一般用价格昂贵的锰铜丝绕制) 的材料,压低生产成本。

由于 U_1 量程的电阻为 R_1 , U_2 量程的电阻为 $R_1 + R_2$, U_3 量程的电阻为 $R_1 + R_2 + R_3$, U_4 量程的电阻为 $R_1 + R_2 + R_3 + R_4$, 因此,通过开关 S 转换测得的直流电压的量程为 $U_4 > U_3 > U_2 > U_1$ 。

MF-500 型指针式万用表,通过转换开关可获得 500V、250V、50V、10V 和 2.5V 五种不同量程的直流电压挡。各分压电阻的阻值请参看图 1-2 所示的整机电路。

3. 交流电压的测量

指针式万用表的表头是磁电系测量机构,只适合测量直流电流或直流电压。欲要测量交流电压,测量电路必须有整流装置,把交流变为直流。因此,可用表的交流电压测量电路,实际上是一个多量程的整流系交流电压表的电路。它由表头、半波整流电路或全波整流电路和共用式分压电阻 (或附加电阻) 等组成。图 1-5 给出了半波整流和桥式整流的电阻共用式测量电路。

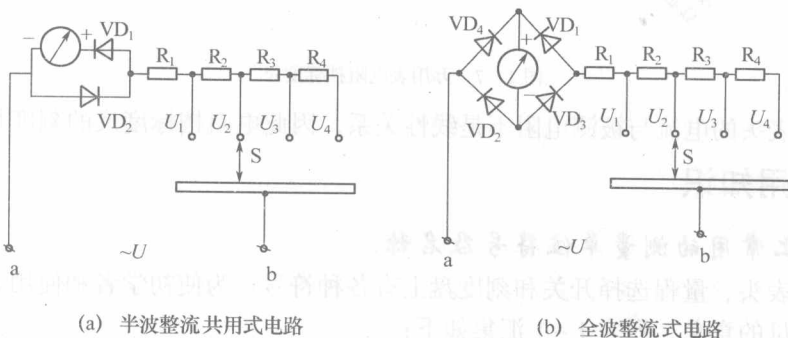


图 1-5 半波整流和桥式整流的电阻共用式测量电路

图 1-5 (a) 所示半波整流式电路,当交流电压处于正半波时,二极管 VD_1 导通,接入的电阻和表头可得到整流电流,从而使表头的指针发生偏转;当交流电压处于负半波时,二极管 VD_2 导通,可对表头和二极管 VD_1 起保护作用。

图 1-5 (b) 所示为全波整流式测量电路。当交流电压处于正半波时,二极管 VD_1 、 VD_2 导通,接入电阻和表头分压可以得到整流电流,从而使表头指针偏转;当交流电压处于负半波时,二极管 VD_4 、 VD_3 导通,接入电阻和表头分压可以得到整流电流,使表头的指针发生偏转。