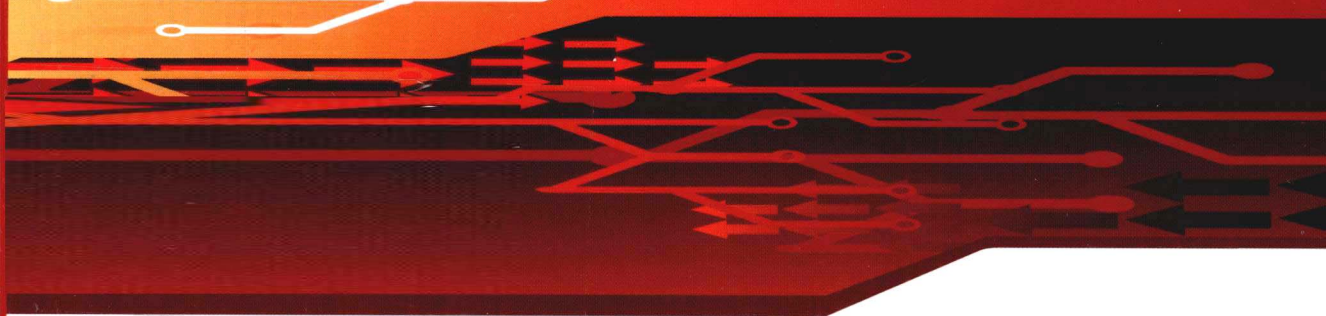




高等院校电工电子工程实训教材

电工电子技术 工程实践

DIANGONG DIANZI JISHU
GONGCHENG SHIJIAN

● 主编 高宁 主审 郑军



国防工业出版社

National Defense Industry Press



高等院校电工电子工程实训教材

电工电子技术工程实践

主 编 高 宁
参 编 宋晓娜 侯晓霞 李 沛
张景荣 胡延平
主 审 郑 军



国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书共两篇十二章,电工技术篇七章,电子技术篇五章。内容主要介绍电工常用仪器仪表、机电一体化元件的性能、继电器—接触器控制线路的典型线路、松下 FPO 型可编程控制器和 ABB 公司 ACS140 变频器、MCGS 组态技术、电子电路的焊接工艺、常用电子元器件、表面安装技术(SMT)、印制电路板的制作工艺、典型电子产品安装与调试。教材内容的选择基于电气自动化和电子技术人才培养的需要,有利于形成学生的工程实践能力,为专业课的学习奠定基础,适合学生独立操作和自学。书中设置了实训作业和设计内容,以备学生更全面的掌握实训的知识和技能。

本书是本、专科电类、机电类学生电工电子实习教学用书,也可以做为实验、课程设计、工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术工程实践 / 高宁主编. —北京:国防工业出版社,2012.8
高等院校电工电子工程实训教材
ISBN 978 - 7 - 118 - 08192 - 3

I. ①电... II. ①高... III. ①电工技术 - 高等学校 - 教材②电子技术 - 高等学校 - 教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 177094 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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 13½ 字数 303 千字

2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前言

本实习教材是按照教育部关于加强大学本科实验、实习、毕业设计等实践教学,推进实验内容和实验模式改革和创新,培养学生运用理论知识分析问题和解决工程实践问题的能力,使学生在工程实训中逐渐形成创新意识,造就具备严谨的科学态度、精益求精、不畏失败的工程素质,以满足现代工业对人才的要求而编写的。教材选择电工电子基本技能和现代电工电子技术工程应用的电工、电子元器件、工艺流程、机电一体化设备和电工电子实用工程项目为工程实训内容,使学生通过电工、电子实习,了解现代生产的应用设备,掌握现代电工电子工程制造技术,激发专业技能学习的兴趣和热情,使教材在人才培养过程中发挥应有的作用。

电工、电子实习教学是理论知识连接工程制造的桥梁,因此实习内容融合了必要的理论和设计环节,使学生加深了理论知识的理解,巩固了理论教学的内容;在工程制造的平台强调实际技能操作的基本训练,掌握工程和产品制造的工艺技术和方法,为学生的研发奠定一定的基础;实习内容选取典型的工程应用项目和产品,使学生经过电工电子实习形成工程实践能力。出于上述考虑,教材的编写力求体现以下特点:

1. 注重电工、电子基础知识和基本技能的训练。
2. 介绍电工电子工程的工艺要求和过程。
3. 电工、电子元器件在工程中的具体应用。
4. 实习内容都经过实践验证,具有工程实际应用价值。
5. 注意与其他课程的衔接,为学生后续课程的学习奠定基础。
6. 教材内容力求篇幅精炼,内容详实,有利于学生独立操作和自学。

本实习教材由多年从事电工电子实习教学的教师参加编写、由高宁组稿,其中电工技术篇第1章介绍用电常识、第2章介绍测量仪表原理与应用,由高宁编写;第3章介绍机电控制元件、第4章介绍机电控制电路,由张景荣编写;第5章介绍变频器的使用、第6章介绍可变程序控制器的应用、第7章介绍组态技术应用,由宋晓娜编写;电子技术篇第1章介绍电子元器件焊接技术,由胡延平编写;第2章介绍电子元器件及使用知识、第5章介绍典型电子产品制作,由李沛编写;第3章介绍印刷电路板制作技术、第4章介绍表面贴装技术,由侯晓霞编写;第5章第2、4节由侯晓霞编写,第5节由高宁编写;附录由宋晓娜整理。全书由高宁主编,郑军主审。

本书在编写过程中,参考了许多书籍、杂志及互联网的技术资料,由于时间的原因,记不清资料的出处,因此没有在参考文献中列出,敬请有关资料的作者谅解。

由于编者水平有限,教材中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2012年4月

目 录

第1篇 电工技术

第1章 安全用电常识	1
1.1 安全电压	1
1.2 接地保护装置	1
1.2.1 工作接地	1
1.2.2 保护接地	1
1.2.3 保护接零	2
1.3 实训作业	3
第2章 常用电工仪器和仪表	4
2.1 电磁系电压表和电流表	4
2.2 模拟式万用表	4
2.2.1 模拟式万用表的组成原理	4
2.2.2 万用表测量原理	7
2.2.3 实训1 指针式万用表的安装	10
2.3 数字万用表	12
2.4 直流单臂电桥	13
2.5 晶体管毫伏表	14
2.5.1 主要性能	14
2.5.2 使用方法	14
2.6 实训作业	14
第3章 机电控制元器件	15
3.1 低压电器	15
3.1.1 低压电器的分类	15
3.1.2 常用的低压电器简介	15
3.2 固态继电器	23
3.2.1 固态继电器原理	23
3.2.2 实训2 固态继电器单相电动机控制电路	24

3.3	传感器	24
3.3.1	传感器元件	24
3.3.2	实训3传感器的应用电路	25
3.4	气动元件	27
3.4.1	气动元件工作原理	27
3.4.2	实训4气动控制应用	27
3.5	实训作业	28
第4章	继电控制电路	29
4.1	三相异步电动机	29
4.2	电动机控制电路	29
4.2.1	实训5电动机的起、停控制电路	29
4.2.2	实训6带点动的起、停控制电路	30
4.2.3	实训7电动机正反转控制电路	31
4.2.4	实训8自动循环控制电路	32
4.2.5	实训9电动机顺序延时启动的自动控制	33
4.3	实训作业	33
第5章	变频器的应用实践	34
5.1	控制盘和控制端子	34
5.1.1	控制盘	34
5.1.2	控制端子	34
5.2	变频器的控制参数	35
5.2.1	变频器输出频率参数	35
5.2.2	启动/停止参数	35
5.2.3	多挡转速频率参数	35
5.2.4	多功能端子	35
5.3	变频器的控制方式	35
5.3.1	控制盘控制方式(内部控制方式)	36
5.3.2	外部控制方式	36
5.4	变频器的使用	36
5.4.1	实训10变频器参数设置	36
5.4.2	实训11变频器的运行	37
5.5	实训作业	38
第6章	可编程控制器的应用实践	39
6.1	概述	39
6.2	可编程序控制器的结构	39
6.2.1	中央处理器	39

6.2.2 存储器	40
6.3 可编程序控制器输入输出	40
6.4 可编程序控制器的编程语言	41
6.4.1 编程语言	41
6.4.2 指令系统	41
6.5 FPWIN - GR 软件的使用	48
6.5.1 FPWIN - GR 的启动	48
6.5.2 FPWIN - GR 的界面和工具栏	49
6.5.3 FPWIN - GR 的编程	49
6.5.4 程序的监控	50
6.6 指令系统应用实训	51
6.6.1 实训 12 逻辑指令	51
6.6.2 实训 13 定时、置数指令	52
6.6.3 实训 14 计数与比较指令	53
6.6.4 实训 15 移位与传输指令	53
6.6.5 实训 16 算术运算指令	54
6.6.6 实训 17 电动机正反转控制	55
6.6.7 实训 18 竞赛抢答器	55
6.6.8 实训 19 数据输入输出	56
6.6.9 实训 20 交通信号灯控制	57
6.6.10 实训 21 霓虹灯广告的控制	58
6.6.11 实训 22 多挡转速的 PLC 控制	59
6.6.12 实训 23 机械手控制	60
6.6.13 实训 24 电梯控制	64
6.7 实训作业	68
第 7 章 MCGS 组态技术应用实践	69
7.1 MCGS 组态软件的整体结构	69
7.2 MCGS 组态软件的组成	69
7.3 用 MCGS 实现一个工程组态	70
7.4 实训作业	83

第 2 篇 电子技术

第 1 章 焊接工艺	84
1.1 焊接工具和材料	84
1.1.1 焊接工具	84

1.1.2	焊接材料	88
1.2	焊接工艺与方法	90
1.2.1	手工焊接的基本方法	90
1.2.2	印制电路板的焊接工艺	98
1.2.3	操作安全	99
第2章	常用的无线电元器件	100
2.1	电阻器和电位器	100
2.1.1	电阻器的作用	100
2.1.2	常用电阻器	100
2.1.3	电阻器的主要技术参数	102
2.1.4	电阻器阻值的测量及选用常识	103
2.2	电容器	104
2.2.1	电容器的作用和特性	104
2.2.2	几种常用电容器	105
2.2.3	电容器的主要质量参数	107
2.2.4	电容量标注方法	107
2.2.5	电容器的检测及选用常识	108
2.3	E 系列标称方法	110
2.4	电感器元件	111
2.4.1	电感元件的作用	111
2.4.2	常用电感器	111
2.5	电声器件	113
2.5.1	扬声器的结构和工作原理	113
2.5.2	扬声器的种类和规格	113
2.5.3	扬声器的选用	114
2.5.4	耳机	114
2.6	半导体分立器件	114
2.6.1	二极管	114
2.6.2	双极型半导体三极管	116
第3章	印制电路板的制作与安装	120
3.1	印制电路板	120
3.1.1	覆铜板的组成	120
3.1.2	印制电路板的种类	121
3.1.3	覆铜板的选用	121
3.1.4	印制电路板对外连接方式	122
3.2	印制电路板的设计	123
3.2.1	印制电路板设计原则	123

3.2.2	印制电路板设计方式	130
3.3	印制电路板的制作	133
3.3.1	漆图法制作印制电路板	134
3.3.2	热转印法制作印制电路板	134
3.3.3	雕刻机法制作印制电路板	135
3.3.4	多层印制电路板制作简介	135
第4章	表面安装技术(SMT)	137
4.1	表面安装元器件	137
4.1.1	SMT与THT的区别	137
4.1.2	表面安装元器件的特点、种类和规格	138
4.2	SMT印制电路板设计	143
4.2.1	SMB印制电路板的特点	144
4.2.2	SMB印制电路板的设计	144
4.3	SMT装配工艺	145
4.3.1	SMT装配焊接材料	145
4.3.2	SMT表面安装基本结构	146
4.3.3	SMT表面安装基本工艺流程	147
第5章	实习产品的安装和调试	149
5.1	调幅收音机	149
5.1.1	晶体管收音机的原理	149
5.1.2	收音机的安装	151
5.1.3	收音机的调试	153
5.1.4	实习内容与基本要求	156
5.2	SMT实训产品介绍——FM微型(电调谐)收音机	157
5.2.1	收音机的原理	157
5.2.2	收音机的安装	159
5.2.3	收音机的调试及总装	160
5.2.4	实习内容与基本要求	162
5.3	印制板实训产品介绍——稳压电源与充电器的制作	162
5.3.1	稳压电源与充电器的原理	162
5.3.2	稳压电源与充电器的制作与安装	163
5.3.3	检测调试	167
5.3.4	实习内容与基本要求	168
5.4	DT830B数字万用表安装与调试	168
5.4.1	DT830B数字万用表简介	168
5.4.2	DT830B数字万用表工作原理	168
5.4.3	DT830B数字万用表安装工艺	176

5.4.4	DT830B 数字万用表调试、校准和总装	181
5.4.5	DT830B 数字万用表的使用方法	185
5.4.6	DT830B 数字万用表常见故障及解决方法	186
5.5	单片机实验板的安装与调试	187
5.5.1	单片机实验板的组成结构与工作原理	187
5.5.2	单片机实验电路板的安装与测试	190
5.5.3	程序的编制与在线编程	194
5.5.4	单片机系统实验板软硬件联调	202
5.5.5	实训作业	203
附录 A	FP0 型 PLC 存储区表	204
附录 B	特殊内部继电器表	205
参考文献		206

第 1 篇 电工技术

第 1 章 安全用电常识

1.1 安全电压

安全电压是根据人体最小电阻和工频致命电流得出的最小危险电压。我国规定的安全电压有 42V、36V、24V、12V、6V 五个等级,供不同场合选用。在一般建筑物中可使用 36V 或 24V;在特别危险的生产场地,如潮湿有辐射性气体或有导电尘埃及能导电的地面和狭窄的工作场所,则要用 12V 或 6V 的安全电压。提供安全电压的电源必须采用独立的双绕组隔离变压器,严禁使用自耦变压器。

具有金属外壳的电器设备在绝缘良好的情况下是不带电的,在绝缘损坏后,外壳便会带电,人触及外壳就会触电。接地和接零是防止触电事故发生的有效措施。

1.2 接地保护装置

1.2.1 工作接地

将电源变压器和三相四线电路中的中性点通过接地装置与大地可靠地连接起来称作工作接地,如图 1-1 所示。实行工作接地后,当单相对地发生短路故障时,短路电流使熔断器断开或自动断路器跳闸断电,起到安全保护的作用。

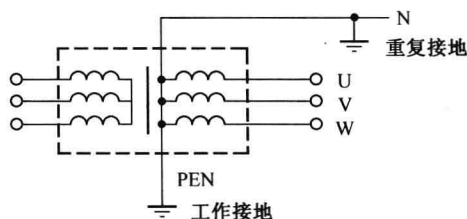


图 1-1 工作接地

1.2.2 保护接地

用电设备的金属外壳通过保护接地线与接地体连接。保护接地适用于中性点不接地

的供电系统,保护接地如图 1-2 所示。采用保护接地,当一相电绝缘损坏接触外壳时,电流通过保护接地流向大地,通过人体的电流很小不会有危险。

1.2.3 保护接零

1. 保护接地

保护接零是目前我国应用最广泛的用电保护措施。保护接零是将用电设备的金属外壳接到零线上,适用于中性点接地的供电系统,如图 1-3 所示。当一相绝缘损坏接触外壳时,形成单相短路,使漏电保护装置迅速动作,切断电源,从而避免触电危险。为确保安全,零线必须连接牢固,开关和熔断器不许装在零线上。单相电源的一根相线和一根零线都装有熔断器,在短路时快速的切断电源。

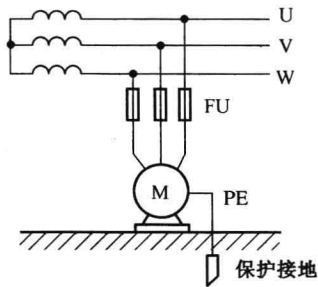


图 1-2 保护接地

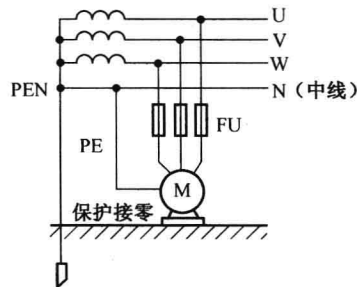


图 1-3 保护接零

2. 三相五线制

在三相四线制低压电网的安全保护接线中,还使用三相五线制。三相四线制增加一根保护零线 (PE), 原零线称为工作零线, 如图 1-4 所示。目前单相电源的相线和中线都装有熔断器, 一旦熔断器熔断, 中线 (工作零线) 不起保护接零作用, 保护零线 (PE) 起保护接零作用。单相负载的工作电流和三相不平衡电流通过工作零线, 短路电流通过保护零线。

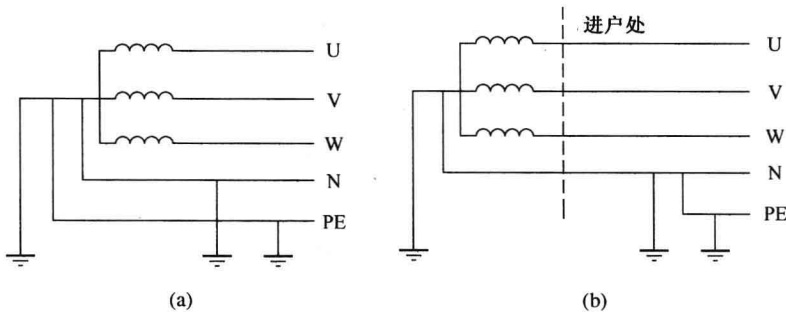


图 1-4 三相五线制接线、三相四线制接线
(a) 三相五线制; (b) 三相四线制。

3. 插座的正确接线

插座上端有接地符号的孔为保护接零端, 如三眼插座上边的孔接地线, 右边的孔是电源火线, 左边的孔是中线; 四眼插座上边的孔接地线, 其他三个孔接三相火线, 二者连线如图 1-5 所示。插座接线不能接错, 否则会造成负载零电压或相电压通过插座内连线使用

电设备外壳带电。

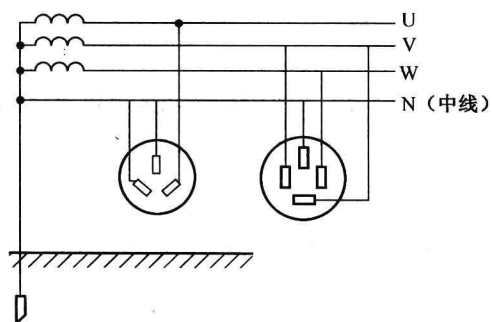


图 1-5 插座的正确接线

1.3 实训作业

三眼插座中的电源火线与中线接反,用电器会出现什么故障?

第2章 常用电工仪器和仪表

2.1 电磁系电压表和电流表

电磁系电压表可以测量直流电压和交流电压,电磁系电流表可以测量直流电流和交流电流。电磁系仪表测量交流电时指针指示的数值是交流电的有效值。电磁系测量仪表指针偏转角度与线圈中电流的平方成正比,电磁系测量仪表的刻度尺是不均匀分布的。指针的偏转角度和线圈中的电流有以下关系

$$\alpha = K(NI)^2$$

式中, K 为仪表结构常数; N 为偏转线圈匝数; I 为偏转线圈电流。

测量直流电压时电压表应和被测电路并联,电压表“+”端接被测电路高电位端,“-”端接被测电路低电位端;测量交流电压时,电压表不分正负极性。测量时根据被测电压或电流的大小选择量程,尽量使指针偏转在标尺的2/3以上,使测量结果准确。测量电路如图2-1所示。

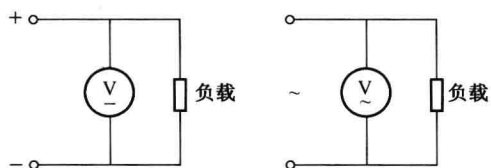


图 2-1 直、交流电压测量电路

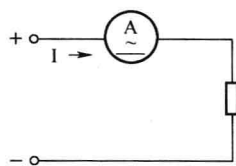


图 2-2 电流测量电路

2.2 模拟式万用表

模拟式万用表又称指针式万用表,采用磁电系表头作为测量指示机构。指针式万用表可以测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻和音频电平,有的指针式万用表可以测交流电流、三极管放大倍数、电容、电感等参数。

2.2.1 模拟式万用表的组成原理

1. 表头

1) 表头结构及工作原理

指针式万用表采用磁电系表头,其内部结构如图2-3所示,它由永久磁铁、极掌、圆

柱形铁芯、转动线圈、转轴、制针、游丝、平衡锤和调零器组成。永久磁铁在两极掌和固定在仪表支架上的圆柱形铁芯之间形成一个均匀分布的磁场。转动线圈与转轴、指针、游丝、平衡锤、调零器装成一体。转动线圈用细漆包线绕制在矩形铁芯框架上,当线圈内流过电流时,可以在气隙内转动。转轴两端支承在表头支架的轴承上。安装在转轴两端的两盘游丝,绕向相反,其内端固定在转轴上与转动线圈相连,并参与导通电流。其中一盘游丝的外端固定在支架上,另一盘游丝外端与调零器相连。当仪表指针不在零位时,可以调节调零器上的调零螺丝,改变游丝的松紧程度,使指针指零。

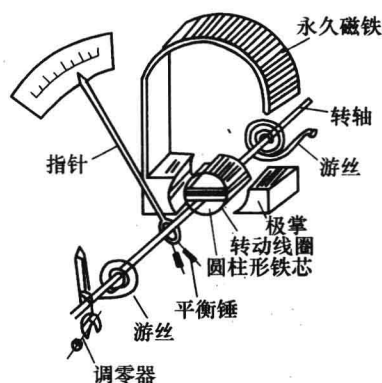


图 2-3 表头结构

2) 表头的偏转原理

指针式万用表起主要作用的是磁电系表头。表头的满偏转电流一般由 $10\mu\text{A}$ 到 $100\mu\text{A}$, 满偏转电流越小, 灵敏度越高, 表头性能越好。

磁电系表头一般由永久磁钢、动圈框架、动圈绕组、游丝、轴承支架和指针组成。永久磁钢在气隙中产生均匀辐射磁场, 动圈绕组中通以直流电流, 二者相互作用使动圈产生转动力矩。当转动力矩与装在转轴上的游丝所产生的反作用力矩平衡时, 指针便停下来, 从表盘标度尺上可以读出测量的电量。

通电导体在磁场中受力的方向可以由左手定则来判断。受力的大小由下式决定

$$F = B_0 I L N$$

作用于动圈绕组上的转动力矩由下式决定

$$M = 2F \times b/2 = Fb = B_0 ILbN = B_0 ISN$$

式中, B_0 为空气隙中的磁感应强度; I 为通过动圈绕组电流; L 为动圈绕组在空气隙中的有效长度; b 为动圈绕组的平均宽度; S 为动圈的有效面积; N 为动圈绕组匝数。

转动力矩使与线圈固定在一起的转轴转动时, 游丝抱紧, 产生反作用力矩 $M_{\text{反}}$ 。反作用力矩的大小与游丝抱紧的松紧成正比, 即与线圈转动时的角度 α 成正比。

$$M_{\text{反}} = k_{\alpha}$$

式中, k 为游丝的反作用系数, 其值由游丝的材料, 尺寸决定。反作用力矩的大小随线圈偏转的角度 α 增大而增大, 当达到某一平衡位置时, 指针停止在某一位置。

$$M = M_{\text{反}}$$

$$B_0 ISN = k\alpha$$

$$\alpha = B_0 ISN/k$$

式中, B_0 、 S 、 N 、 k 为常数, 线圈偏转角度 α 与通过线圈的电流 I 成正比, 即用指针偏转角度的大小指示被测电流的大小, 并在标度尺只是被测电流的值。

由以上两式可以确定动圈转动力矩 M 与动圈中通过的电流 I 成正比, 与动圈绕组相连的表指针转动的角度与通过动圈绕组的电流 I 成正比, 即电流 I 越大, 指针偏转的角度越大。

3) 表头参数测定

表头参数主要指表头内阻和表头灵敏度, 这两个参数是组装万用表电路的重要依据。在组装万用表时须测定表头内阻和灵敏度的精确值, 与表头标定值比较, 尽可能选择标准

的表头。

(1) 表头内阻的测定。表头内阻指动圈绕组的直流电阻,其测量方法应用电桥法,测量电路如图 2-4 所示。图中 $R_1 = R_2$, R_x 为标准电桥调节电阻,其旋钮的标示值指示调节电阻, R_M 为表头内阻。当 $R_x = R_M$ 时,检流计 G 指示为零, R_x 标示值指示表头内阻值。

(2) 表头灵敏度的测定。测定表头灵敏度是测量其满偏转时的电流值,电流值越小表明表头灵敏度越高,测量电路如图 2-5 所示。图中 M_1 为比被测表高 1~2 级的标准表, M_2 为被测表头。调节 R_2 使被测表指针指示满偏转,此时标准表上指示的电流值即为被测表的灵敏度。

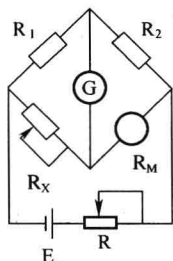


图 2-4 表头内阻测量电路

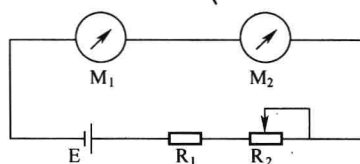


图 2-5 表头灵敏度测量

2. 转换开关

转换开关用于选择测量参数及量程,用于切换需要连接的测量电路。转换开关包括固定触点和活动触点。MF-47 型万用表的转换开关如图 2-6 所示。此转换开关直接在印制电路板上做出,使用手动旋钮,通过旋转和手动旋钮装在一起的活动触点选择测量电路。



图 2-6 转换开关

3. 表盘

表盘是万用表指示测量的电参数,标度尺表盘中共有 6 条标度尺,每个标度尺的指示量为

- (1) 欧姆挡标度尺;
- (2) 直流电流、直流电压和交流电压公用标度尺;
- (3) 三极管直流放大系数标度尺;
- (4) 测量电容标度尺;
- (5) 测量电感标度尺;
- (6) 测量音频电平标度尺。

4. 测量电路

指针式万用表测量电路由直流电流、直流电压、交流电压和电阻等测量电路组成。各测量电路把被测电量转换成表头所能接受的微小电流,使表头指针偏转。MF-47 型指针式万用表电路如图 2-7 所示。电路中分为直流电流、直流电压、交流电压、电阻和三极管放大倍数测量电路。表头内阻为 $1.7\text{k}\Omega$,灵敏度为 $46.2\mu\text{A}$ 。

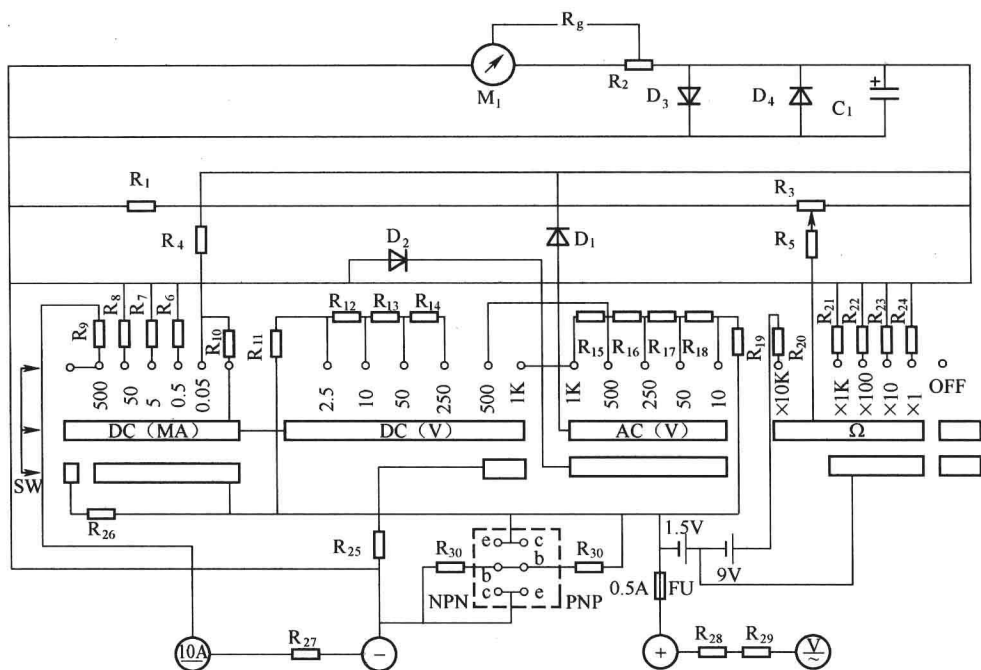


图 2-7 MF-47 型指针式万用表电路

2.2.2 万用表测量原理

1. 直流电流挡测量电路及原理

MF-47 型万用表使用的表头灵敏度 $46.2\mu\text{A}$ ，若使用表头测直流电流，其测量范围局限在 $0 \sim 46.2\mu\text{A}$ 内。若想增大测量电流，需要给表头并联分流电阻，直流电流挡测量电路如图 2-8 所示。图中 I_g 为表头偏转电流，当 $I_g = 46.2\mu\text{A}$ 时，表头满偏转。当不并联 R 时，电路为直流 $50\mu\text{A}$ 挡， $I_{50\mu\text{A}}$ 与 I_g 的关系满足下式

$$I_{50\mu\text{A}} = \frac{R_g + R_1 + R_3}{R_1 + R_3} I_g$$

因表头指针偏转角度与 I_g 成正比， $I_{50\mu\text{A}}$ 与 I_g 成正比，故表头指针偏转角度与 $I_{50\mu\text{A}}$ 成正比。

电路图中若在 a, c 两端并联不同阻值的电阻 R ，($R = 1.11\text{k}\Omega, R = 101\Omega, R = 10\Omega, R = 0.99\Omega$) 可将直流电流量限扩大为 $500\mu\text{A}, 5\text{mA}, 50\text{mA}, 500\text{mA}$ 。并联电阻由下式得出

$$R = \frac{R_{ac} I_{50\mu\text{A}}}{I - I_{50\mu\text{A}}}$$

直流电流各挡并联电阻选定后，各挡被测电流 I 与表头电流 I_g 满足下式：

$$I = \frac{R_{ac} + R}{R} I_{50\mu\text{A}} = \frac{R_{ac} + R}{R} \times \frac{R_g + R_1 + R_3}{R_1 + R_3} I_g$$

上式表明，直流电流各挡并联电阻选定后，各挡电流 I 与

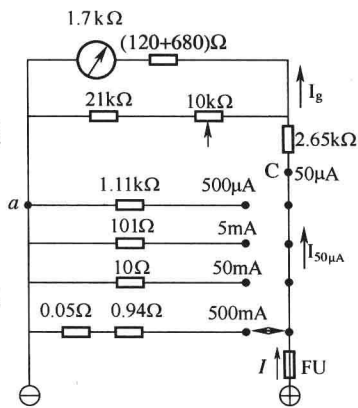


图 2-8 直流电流挡测量电路