



高等职业教育“十一五”规划教材
河北省精品课教材·工学结合

电子技能与工艺



王 薇 王计波 郝敏钗 编著

本书配有
电子课件



国防工业出版社
National Defense Industry Press

高等职业教育“十一五”规划教材
河北省精品课教材·工学结合

电子技能与工艺

王薇 王计波 郝敏钗 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

全书以学习认识元器件为起点,内容设计上从识别、检测和选用电子元器件入手,再通过学习焊接技术和印制线路板的设计制作,逐步落实到如何设计、选择元器件、制作与调试一个单元电路或制作简单的电子产品。教学时可采用教、学、认、做相结合的方式,直观、有趣、灵活,便于学生创造发挥、动手操作,可培养学生的创新能力以及分析问题和解决问题的能力,并为今后的专业实验、课程设计、学期项目和毕业设计提供必要的操作技能和工艺知识。主要内容包括:常用电子测量仪器与仪表;常用电子元器件及其识别;焊接技术;印制线路板的设计与制作;调试工艺;表面贴装工艺、电子工艺文件等知识和技能,每章均安排有相关实训内容。

本书可供高职高专电子信息类和电气自动化类专业的学生使用,也可供实践指导教师和相关专业的工程技术人员参考,并适合刚步入电子行业的初学者阅读。(本书提供电子课件,请老师发邮件至 xysong@ndip.cn 索取。)

图书在版编目(CIP)数据

电子技能与工艺/王薇,王计波,郝敏钊编著. —北京:
国防工业出版社,2009.8
高等职业教育“十一五”规划教材
ISBN 978-7-118-05961-8

I. 电... II. ①王...②王...③郝... III. 电子技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 130988 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 15 字数 371 千字

2009 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 25.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

当今社会是信息社会,各种电子技术与电子产品层出不穷。这些电子产品是由各种元器件根据电子工艺要求制作而成的。学习电子技能与工艺必须认识各种元器件,掌握元器件的性能和规格,学会选择合适的元器件设计一定功能的电子电路,并应用仪器仪表对元器件进行测量、电路进行调试,最终按照一定的工艺要求制作各种实用电路并编写相关工艺文件。

本书相应的课程“电子技能与工艺”被评为河北省精品课。本书根据高职高专教学与教育特点,根据高职高专学生就业岗位所应具有的知识、能力和素质编写,既可作为电子基本技能和工艺知识的入门向导,又是电子技术设计的基础和创新实践的开始。

全书分为7章,内容涵盖了常用电子测量仪器与仪表、常用电子元器件及其识别、焊接技术、印制线路板的设计与制作、调试工艺、表面贴装工艺、电子工艺文件等知识和技能,并通过安排大量相关实训环节,使学生融会贯通、举一反三,为学生学习后续课程和就业打下坚实基础。

本教材主要特色如下:

1. 以工学结合为主线,充分体现任务引领、实践导向的课程设计思想。
2. 以完成任务的典型活动项目来驱动,采用递进和并列相结合的方式来组织编写,使学生在各种活动中学会实际操作。
3. 突出实用性,避免把职业能力简单理解为纯粹的技能操作,同时要具有前瞻性,将本专业领域的发展趋势及实际操作中应遵循的新知识及时纳入其中。
4. 以学生为本,文字表述简明扼要,内容展现图文并茂、突出重点,重在提高学生学习的主动性和积极性。
5. 教学内容设计具有可操作性,本书每章均安排有相关实训,使学生通过相关实训掌握相关工艺知识和技能。

本书由石家庄职业技术学院王薇教授、王计波高级工程师、郝敏钗老师编著。第2章、第3章、第4章、第5章、第6章理论部分由王薇教授执笔,全书实训内容、第2章2.5节、2.6节、第7章由王计波高级工程师执笔,第1章由郝敏钗老师执笔并对书中部分图表进行了绘制;本书由王薇、王计波进行了统稿校对工作。

本书编著过程中参考了大量的参考文献及网络资料,在此对其作者表示诚挚的谢意!

由于编者水平有限,书中不当和错误之处在所难免,恳请同行专家和读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 常用电子测量仪器与仪表	1
1.1 万用表	1
1.1.1 指针式万用表	1
1.1.2 数字万用表	7
1.2 信号发生器	10
1.2.1 信号发生器的分类	11
1.2.2 信号发生器的基本组成	12
1.2.3 函数信号发生器的工作原理	13
1.3 电子示波器	16
1.3.1 示波器的基本特点	17
1.3.2 示波器的主要用途	17
1.3.3 示波器的类型	17
1.3.4 示波器的基本结构	18
1.3.5 示波器的基本原理	19
1.3.6 示波器的性能指标	26
1.3.7 YB4320 型示波器的使用方法	26
1.3.8 示波器的应用	29
1.4 直流稳压电源	31
1.4.1 直流稳压电源的工作原理	31
1.4.2 直流稳压电源的主要性能指标和各部件的功能	32
1.4.3 SS4325 直流稳压电源的使用方法	34
1.5 晶体管特性图示仪	35
1.5.1 QT2 型晶体管特性仪性能参数	35
1.5.2 QT2 型晶体管特性仪面板功能	36
1.5.3 QT2 型晶体管特性仪使用方法	39
1.5.4 QT2 型晶体管特性仪各种特性曲线的测试	40
实训 常用仪器的使用	47
思考与练习	51
第 2 章 常用电子元器件及其识别	52
2.1 电阻器	52

2.1.1	电阻器的作用与特性	52
2.1.2	电阻器与电位器的型号命名方法	52
2.1.3	电阻器的分类	53
2.1.4	电阻器的参数及选用知识	56
2.1.5	电阻器的选用、代换与检测	59
2.2	电容器	59
2.2.1	电容器的特性	59
2.2.2	电容器的种类与用途	60
2.2.3	电容器的参数与标志	63
2.2.4	电容器的选择与代换	64
2.2.5	电容器的测量	64
2.3	电感器	65
2.3.1	电感线圈的种类、基本参数、绕制方法及使用常识	65
2.3.2	变压器的种类、特性及设计知识	67
2.3.3	电感器与变压器的选用、代换	68
2.4	晶体管	69
2.4.1	晶体二极管	69
2.4.2	晶体三极管	79
2.5	场效应管	86
2.5.1	结型场效应管	86
2.5.2	绝缘栅型场效应管	87
2.5.3	场效应管的主要参数及使用注意事项	89
2.6	常用集成器件	90
2.6.1	集成电路简介	90
2.6.2	集成电路分类及命名	90
2.6.3	集成电路引脚排列识别	93
2.6.4	集成电路的主要参数及应用注意事项	95
2.6.5	集成电路选用与代换	96
2.6.6	集成电路的检测	97
2.6.7	集成电路举例——555 定时器	97
2.7	继电器	102
2.7.1	电磁继电器	102
2.7.2	固态继电器	104
2.8	电声器件	109
2.8.1	扬声器	109
2.8.2	传声器	110
实训一	温度控制电路设计	113
实训二	光控电路设计	116

实训三 可调直流稳压电源设计·····	118
实训四 功放电路设计·····	120
实训五 智力抢答电路设计·····	123
实训六 报警电路设计·····	125
实训七 波形发生电路设计·····	126
实训八 继电器应用电路设计·····	128
实训九 声控电路设计·····	130
思考与习题·····	132
第3章 焊接技术·····	133
3.1 焊接的基础知识·····	133
3.2 焊接工具与材料·····	134
3.2.1 装接工具 ·····	134
3.2.2 焊接工具 ·····	135
3.2.3 焊接材料 ·····	136
3.3 手工焊接工艺及质量标准·····	136
3.3.1 元器件焊接前的准备 ·····	136
3.3.2 手工烙铁焊接技术 ·····	141
3.4 浸焊与波峰焊·····	147
3.4.1 浸焊 ·····	147
3.4.2 波峰焊 ·····	149
实训 焊接练习·····	150
思考与习题·····	151
第4章 印制线路板的设计与制作·····	152
4.1 印制线路板的基础知识·····	152
4.1.1 覆铜板的种类与选用 ·····	152
4.1.2 印制线路板的分类 ·····	153
4.1.3 印制线路板常用名词 ·····	153
4.2 印制线路板的设计·····	154
4.2.1 印制线路板设计内容 ·····	154
4.2.2 印制线路板板材、板厚、形状及尺寸的确定 ·····	155
4.2.3 确定对外连接方式 ·····	155
4.2.4 元器件的布局 ·····	156
4.2.5 布线设计 ·····	157
4.2.6 焊盘及孔的设计 ·····	158
4.2.7 印制线路板干扰的产生与抑制 ·····	160
4.3 印制线路板的制作·····	160

实训 制板训练·····	162
思考与习题·····	163
第5章 调试工艺 ·····	164
5.1 调试工艺过程·····	164
5.2 测试与调整内容·····	165
5.2.1 静态测试与调整·····	165
5.2.2 动态测试与调整·····	166
5.2.3 电路调整方法·····	167
5.3 整机测试与调整·····	167
5.3.1 整机电路的测量与调试内容·····	167
5.3.2 整机调试方法·····	168
5.3.3 调试步骤·····	168
5.4 调试与检测仪器·····	170
5.4.1 检查电路接线·····	170
5.4.2 调试用的仪器·····	170
5.5 电路故障分析及排除方法·····	171
5.5.1 常见检查方法·····	171
5.5.2 故障分析与排除·····	172
5.5.3 故障举例·····	173
实训一 收音机装调·····	174
实训二 直流稳压/充电电源装调·····	182
思考与习题·····	185
第6章 表面贴装工艺 ·····	186
6.1 表面贴装技术·····	186
6.2 表面贴装元器件及材料·····	187
6.2.1 SMC/SMD 元器件的特点·····	187
6.2.2 片状元器件的种类·····	187
6.3 表面贴装工艺·····	191
6.3.1 表面贴装技术·····	192
6.3.2 表面贴装技术的组装形式·····	193
6.3.3 片状元器件的贴焊·····	195
6.4 片状元器件的包装·····	195
实训 贴片收音机的制作·····	195
思考与习题·····	200
第7章 电子工艺文件 ·····	201
7.1 电子产品工艺工作程序·····	201
7.1.1 工艺与工艺文件·····	201
7.1.2 工艺工作中常用术语·····	201

7.1.3	工艺工作内容	202
7.1.4	编制工艺文件的原则及要求	202
7.1.5	电子产品工艺工作程序	203
7.2	电子产品制造工艺技术.....	206
7.2.1	电子产品制造工艺技术的种类	206
7.2.2	电子产品制造工艺技术的管理	207
7.3	电子产品技术文件.....	208
7.3.1	产品技术文件的特点	209
7.3.2	设计文件	209
7.3.3	工艺文件	213
	实训 编写贴片收音机的工艺文件.....	222
	思考与习题.....	231
	参考文献.....	232

第1章 常用电子测量仪器与仪表

本章要点

1. 掌握指针万用表和数字万用表的正确使用与测量。
2. 掌握示波器的正确使用及正确读数。
3. 掌握多台仪器公用的连接方法和测量方法。
4. 熟悉信号发生器、直流稳压电源及晶体管特性测试仪的正确使用。
5. 培养安全用电意识和操作规范。

1.1 万用表

“万用表”是万用电表的简称,它是电子制作中必不可少的工具。万用表可以用来测量电流、电压、电阻,有些万用表还可以测量三极管的放大倍数、频率、电容值、逻辑电位、分贝值等,以及判断各种元器件的好坏。

万用表种类很多,现在最流行的有机械指针式万用表和数字式万用表,它们各有优缺点。

模拟(指针)式万用表的特点:直观,价格低,没电时不能测量电阻,其他仍可测量,怕震动,准确度较低。

数字式万用表的特点:测量精度高,功耗小,过载能力强,测量功能更多,没电时失去所有功能。

1.1.1 指针式万用表

指针式万用表是无线电爱好者必备的仪表。只有正确、熟练地使用好指针式万用表才能很好地测量元器件的数值和好坏。目前市场上销售的指针式万用表有几十种,但结构和使用方法都大同小异,只要学会一种万用表的使用方法,其他型号的万用表也就会使用了。

指针式万用表在结构上主要由三个部分组成,即测量机构(又称表头)、测量线路和转换开关。万用表的刻度盘、转换开关、调零旋钮以及接线柱(或插孔)装置在面板上。形式不同的万用表外形布置不完全相同,但其内部结构基本是一致的。现以 500B 型指针式万用表为例进行介绍,它的外形如图 1-1 所示。

1. 指针式万用表的基本机构

1) 测量机构(表头)

多采用灵敏度高、准确度较好的磁电式直流微安表。一般为几微安到几百微安,满偏电流越小,灵敏度就越高,测量电压时内阻就越大。表头上的表盘印有多种符号、刻度线和数值,如图 1-2 所示。表头上还设有机件零位调整旋钮,用以校正指针在左端指零位。

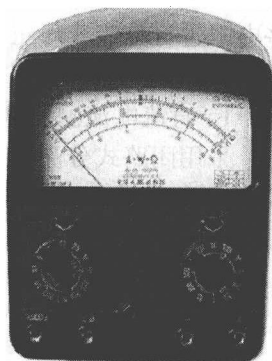


图 1-1 指针式万用表外形图

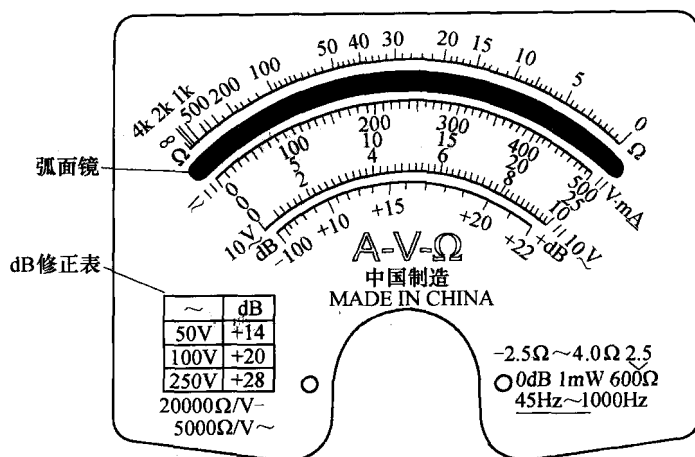


图 1-2 指针式万用表表盘

2) 测量线路

万用表能测量多种电量,靠的就是测量线路,它能将被测量转换成磁电式微安表可以接受的电流。功能越多、越复杂。测量线路主要由各种类型、各种规格的电阻元件(如绕线电阻、金属膜电阻、碳膜电阻、电位器等)和整流器件(如二极管)组成。测量线路是万用表实现多种电量、多量程变换的电路。测量线路的改进,可使仪表的功能增多,操作方便,体积减小。

3) 转换开关

用来选择不同的被测量和不同量程时的切换元件,它具有固定触点和活动触点。当固定触点和活动触点闭合时就可以接通电路,实现了不同测量电路的切换,因此对转换开关的要求是转动灵活、接触良好,它的测量过程如图 1-3 所示。

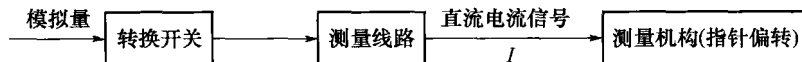


图 1-3 万用表的测量过程

2. 指针式万用表的测量原理

指针式万用表的测量原理是利用一只灵敏的磁电式直流电流表(微安表)做表头。当微小电流通过表头,就会有电流指示。但表头不能通过大电流,所以,必须在表头上并联与串联一些电阻进行分流或降压,从而测出电路中的电流、电压和电阻。各种指针式万用表的测量电路和转换装置的工作原理基本是相同的,500型指针式万用表的电路原理图如图 1-4 所示。

1) 直流电流测量电路

采用闭路式分流器,使整个闭合回路的电阻不变。分流器电阻减小,则表头支路电阻增大。另外,在表头上并联一个适当的电阻(叫分流电阻)进行分流,就可以扩展电流量程。改变分流电阻的阻值,就能改变电流测量范围。万用表直流电流测量电路如图 1-5 所示。

转换开关置于不同挡位时,该挡量程即满偏电流值为

$$I = I_c \frac{R_{sh} + R_c}{R_{sh}}$$

式中 I ——表头满偏时被测电路电流;

I_c ——表头满偏电流;

R_{sh} ——该量程的分流电阻；
 R_c ——该量程表头支路电阻。

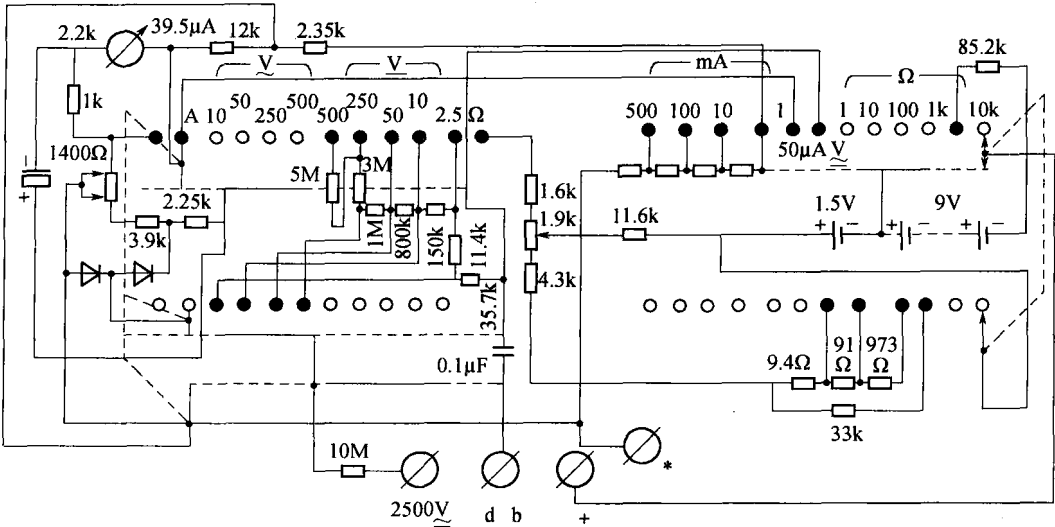


图 1-4 500 型指针式万用表的电路原理图

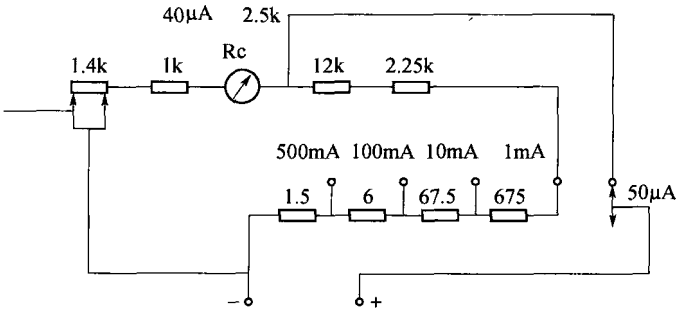


图 1-5 万用表直流电流测量电路

当转换开关置于右边第二挡,该挡的分流器电阻为

$$R_{sh}=675\Omega+67.5\Omega+6\Omega+1.5\Omega=750\Omega$$

表头支路的总电阻为

$$R_c=2.25k\Omega+12k\Omega+2.5k\Omega+1k\Omega+0.25k\Omega=18k\Omega$$

表头满偏电流为 $40\mu A$,可求得该挡量程为 $1mA$ 。计算式中 $0.25k\Omega$ 为可调电阻动触点右端的电阻值。

2) 直流电压测量电路

测量直流电压的测量原理是在表头上串联一个适当的电阻(叫倍增电阻)进行降压,可以扩展电压量程,改变倍增电阻的阻值,就能改变电压的测量范围,如图 1-6 所示。

3) 交流电压测量原理

测量交流电压的原理图如图 1-7 所示,磁电式电流表不能直接用来测交流,必须配以整流电路,将交流电变为直流电才可以测量,因此在测量时需加装一个并串式半波整流电路,将交流进行整流变成直流后再通过表头,这样就可以根据直流电的大小来测量交流电压。扩展

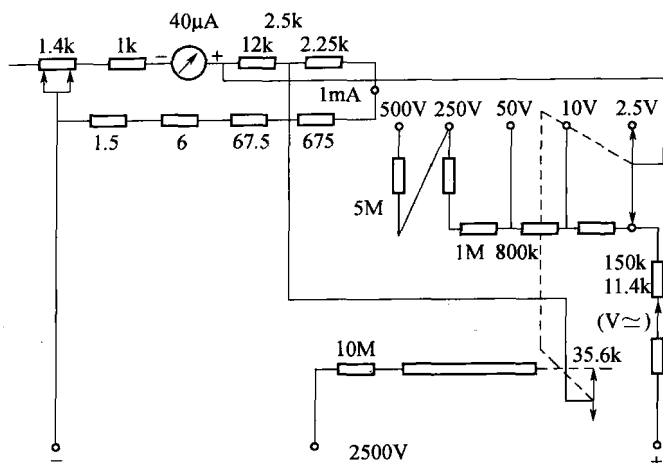


图 1-6 万用表直流电压测量电路

交流电压量程的方法与扩展直流电压量程相似。

4) 电阻测量原理

测量电阻的电路如图 1-8 所示,在表头上并联和串联适当的电阻,同时串接一节电池,使电流通过被测电阻,根据电流的大小,就可测量出电阻值。改变分流电阻的阻值,就能改变电阻的量程。

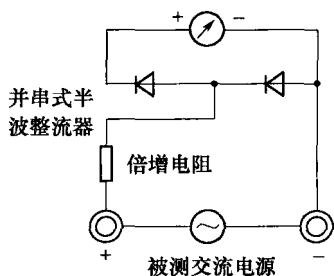


图 1-7 交流电压测量电路

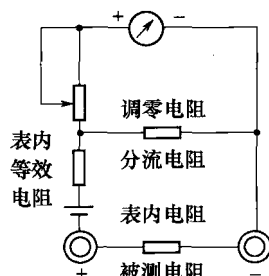


图 1-8 测量电阻电路

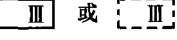
3. 指针万用表表盘及字符意义

表头的刻度盘上带有多条标度尺,每一标度尺都对应某一被测量,并以文字和符号表示(不同型号表刻度盘内容不同)。表盘常见字符及含义见表 1-1。

表 1-1 表盘常见字符及意义

序 号	字 符	意 义
1	A-V-Q 或 A-V-O	万用表(三用表)
2	⎵	交、直流两用
3	—或 DC	直流
4	~或 AC	交流(单相)
5		整流系仪表

(续)

序 号	字 符	意 义
6		一级防外磁场
7	 或 	二级防外磁场
8	 或 	三级防外磁场
9	 或 	四级防外磁场
10		水平放置使用
11	 或  2kV	绝缘强度试验电压为 2kV
12	2.5-或 	测直流时以指示值的百分数表示的准确度等级。 2.5表示误差不超过 2.5%
13	2.5~或 	测交流时以指示值的百分数表示的准确度等级。 2.5表示误差不超过 2.5%
14		以标度尺长度百分数表示的准确度等级。2.5表示 2.5级
15	45Hz~1500Hz	工作频率范围
16	20k Ω /V 或 20000 Ω /V	直流电压灵敏度
17	5k Ω /V 或 5000 Ω /V	交流电压灵敏度
18	0dB=1mW 600 Ω	规定零电平表示在 600 Ω 负载上获得 1mW 的功率,以此作为参考电平

- (1) 第一条线为电阻挡(Ω),为反向刻度,而且刻度不均匀。
- (2) 第二条线为交直流电压、交直流电流共用挡(V·mA)线性刻度。
- (3) 第三条线为测量晶体管放大倍数(h_{FE})
- (4) 第四条线为测量电容用(C),单位 μF 。
- (5) 第五条线为测量电感用(L),单位 H。
- (6) 第六条线为 dB 测量交流电平,与 10V 挡一一对应。

4. 指针式万用表的使用方法

万用表结构形式多种多样,面板上的旋钮开关布置也各有差异,但内部结构基本一致。因此在使用万用表之前,必须了解和熟悉各部件的作用,同时也要注意分清表盘上各条标度尺所对应的量。下面介绍万用表的使用步骤:

机械调零→插孔选择→种类及量程的选择→
测量过程→读数

1) 调整机构

调零装置:有机械调零和校准调零,用 Ω 表示。

(1) 第一类是“机械调零”,不使用表内电池(不通电时应为 0)。设在距指针转轴不远处,用平口改锥缓缓调节,使指针指在左侧刻度线起始线上,使用任何挡测量都必须从这条起始线开始,如图 1-9

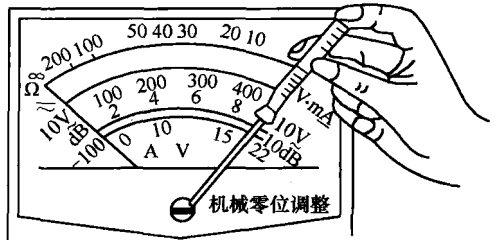


图 1-9 万用表机械调零

所示。

(2) 第二类是“校准调零”,此项调零使用表内电池。电阻各挡调零、 h_{FE} 调零、 0Ω 挡调 ∞ 均用“校准调零”。

【注意】“机械调零”能影响“校准调零”时指针调好的“零”位置,而“校准调零”不影响已调好的机械零位。

2) 转换开关

用来选择不同的测量项目(功能)和量程。

3) “+”“-”插孔

“+”插红表笔,“-”插黑表笔。有的是“+”“*”或“+”“COM”。专用插孔有微电流(mA)插孔、高电压(1000V)、 h_{FE} 插孔、大电流(10A)插孔、电容插孔。

4) 种类及量程的选择

根据被测量对象,将转换开关旋至所需要的位置。在选择时需注意以下几点:

(1) 种类选择错,烧毁表头。切不可用电流挡或电阻挡测量电压。

(2) 如不知道电流、电压的大小量程选择应从大量程选起,然后再改到适当的量程测量。

(3) 合理选择量程的标准:①测量电流和电压时,应使指针指在满偏的 $2/3$ 以上最准确。

② 测量电阻时,标尺中心位置最准确($1/3 \sim 2/3$)。

(4) 万用表不使用了应将量程拨到交流电压最高挡或空挡。

5) 测量过程

电流和电压挡与欧姆挡最大的区别是,前两者本身无电源,是被测对象供电使表针偏转,而后者本身使用表内的电池。

(1) 电压测量。电压的测量电路如图 1-10 所示。表笔应并联在被测电路中,首先看量程是否正确。不知被测电路是直流还是交流时,先用交流挡测量(测量直流电压时,显示的电压值偏大)。如换成直流挡测量指针不动,说明是交流电,有指示是直流电。测量过程中不能转换挡位。测量 2500V 以上电压设有专门插口,如图 1-10 所示。

(2) 电流测量。电流的测量电路如图 1-11 所示。万用表串入被测电路中,应尽量选择较大的电流量程,以降低万用表内阻,减小对被测电路的影响。测量过程中不能转换量程开关。测量大于 1A 的电流时设专用插口。

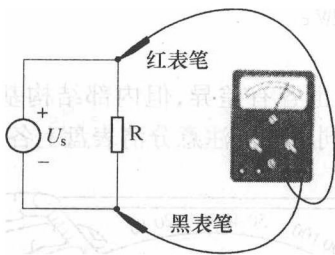


图 1-10 电压测量

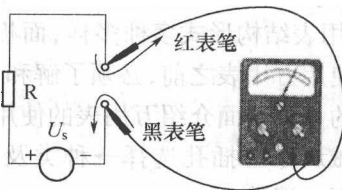


图 1-11 电流测量

(3) 电阻测量。每次测量前先进行“欧姆调零”,两表笔短接。欧姆挡调零的方法如图 1-12 所示。在调零过程中应注意:

① 如调不到零,说明电池没电了。

② 不能带电测量电阻。

③ 在线测量电阻时一端应从电路上焊开。

④ $R \times 10k$ 挡用表内 9V 电池。测量二极管和三极管极间电阻尽量不使用此挡。

⑤ 暂不测量时养成拨至交流电压最高挡的习惯。

⑥ 测量大电阻时,手不要触及表笔金属部分。

⑦ 不允许用欧姆挡测量微安表头、检流计、标准电池电阻。

6) 万用表的读数

用万用表读数时,万用表表盘上的“读数” $\neq$ “实值”,读数方法为:

电流电压挡实值 = 量程 $\times$ 读数分度(实际偏转格数/满刻度格数)

电阻挡实值 = 读数 $\times$ 该挡倍率

7) 使用万用表应遵循的原则

首先应保证人体安全、仪表安全、元件安全和测量准确。

(1) 人体安全应遵循“单手操作”原则。单手握筷姿势,即使不慎触电也可避免电流流过心脏。

(2) 仪表安全应遵循“临测 检查”原则,坚持检查“孔插对、挡拨对、笔接对”;仪表安全还应遵循“测不换挡”原则和“未知用大”原则。

(3) 元件安全应遵循“不超极限”原则。

(4) 测量准确应遵循“指针偏中或偏右”原则。

8) 万用表使用后应注意事项

(1) 拔出表笔。

(2) 将选择开关旋至“OFF”挡,若无此挡,应旋至交流电压最大量程挡,如“交 1000V”挡。

(3) 若长期不用,应将表内电池取出,以防电池电解液渗漏而腐蚀内部电路。



图 1-12 欧姆挡调零

1.1.2 数字万用表

常用数字万用表显示数字位数有三位半($3\frac{1}{2}$)、四位半($4\frac{1}{2}$)、五位半($5\frac{1}{2}$),因最高位不能显示 0~9 所有的数字(只能显示 0、1 两个数),所以称“半位”。例如:

DT830 型数字万用表是三位半液晶显示小型数字万用表,其面板结构如图 1-13 所示。它可以测量交、直流电压和交、直流电流,电阻、电容、三极管 β 值、二极管导通电压和电路短接等,由一个旋转波段开关改变测量的功能和量程,共有 30 挡。

本万用表最大显示值为 ± 1999 ,可自动显示“0”和极性,过载时显示“1”或“-1”,电池电压过低时,显示“ $\leftarrow$ ”标志,短路检查用蜂鸣器。

1. 面板功能

1) 电源开关

当开关置于“ON”位置时,电源接通。不用时,应置于“OFF”位置。

2) 量程选择开关

所有量程均由一个旋转开关进行选择。根据被测信号的性质和大小,将量程选择开关置于所需要的挡位。

3) LCD 显示器

在 LCD 屏上显示数字、小数点、“—”及“ $\leftarrow$ ”符号。

4) 输入插孔

根据测量范围选定测试表笔插入的插孔。

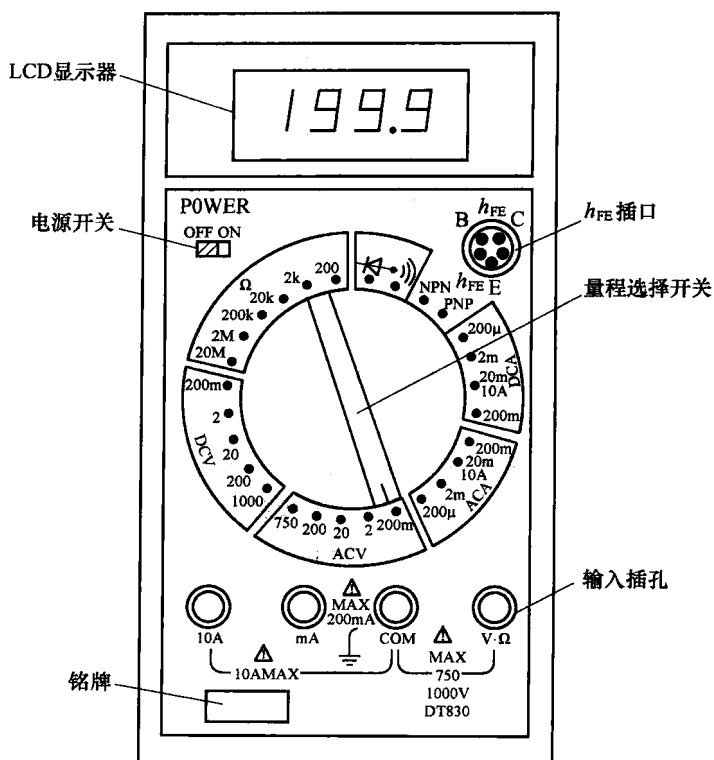


图 1-13 数字万用表面板结构图

- (1) 黑表笔始终插入“COM”孔。
- (2) 测量直流电压、交流电压、电阻(Ω)、二极管和连续检验时,红表笔插入“V· Ω ”孔。
- (3) 当被测的交、直流电流小于 200mA 时,红表笔插入“mA”孔;当被测的交、直流电流大于 200mA 时,则红表笔应插入“10A”孔。
- (4) h_{FE} 插口。 h_{FE} 插口用于插放晶体管的管脚。基极、集电极和发射极分别插入“B”、“C”和“E”。对于难于插入的晶体管可用表中附件探针 UP-11 进行连接。

2. 数字万用表的特点

- (1) 数字读数(液晶显示器 LCD),无视觉误差,并具有自校零、自动极性显示的功能。
- (2) 测量精度及分辨率都很高,只需三个量程可测量 1V~1000V 电压,精度 1.0 级以上。
- (3) 对被测电路影响小,保证了最小的测量误差。
- (4) 不存在指针式万用表表头的缺点,可在磁场环境下正常工作。
- (5) 保护电路比较完善:具有较完善的过电流、过电压保护功能,过载能力强,但使用过程中尽量不要超过极限值。
- (6) 采用大规模集成电路,提高了可靠性和耐久性。
- (7) 测试功能多,包括测量直流电压、交流电压、直流电流、交流电流、电阻、电容、频率(f)、温度(T)、MOS 场效应管栅极(G)和三极管放大倍数(h_{FE})。

3. 数字式电压表的结构组成

数字式万用表主要由数字式电压基本表、测量线路、量程转换开关三部分组成。

数字式万用表的核心电路是单片大规模集成电路(A/D)转换器。A/D 转换:把连续变化