

“十四五”精品课程规划教材·汽车类 汽车类高端技能人才 | 理实一体化系列教材

汽车
电工
电子技术

汽车 电工电子技术

严景明 黄金娥 姚亮 主编



QICHE
DIANGONG DIANZI
JISHU



严景明
黄金娥
姚亮
主编

哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

目 录

项目一 安全用电	1
任务 1 用电安全	1
1.1 人身安全	1
1.2 设备安全	2
项目二 万用表及电工工具的使用	4
任务 2 万用表使用	4
2.1 指针式万用表	4
2.2 数字万用表	8
2.3 万用表使用和读数训练	11
2.4 电阻的测量技能训练	15
2.5 交流电压、直流电压、直流电流的测量技能训练	16
2.6 常用电工工具及其使用	18
项目三 常用汽车电子元器件及电路	22
任务 3 汽车电源电路制作	22
3.1 任务信息的收集和处理	22
3.2 制订任务计划	23
3.3 实施任务和检测	23
3.4 任务检验与评估	35
3.5 任务相关知识链接	36
任务 4 汽车光控电路	58
4.1 任务信息的收集和处理	58
4.2 制订任务计划	59
4.3 实施任务和检测	59
4.4 任务检验与评估	63

4.5	汽车相关电路实践运用	64
4.6	任务相关知识链接	65
4.7	基本放大电路	69
4.8	汽车常用电子元器件	75
4.9	三极管在汽车电路中的应用	77
任务 5	汽车闪光器电路制作	78
5.1	任务信息的收集和处理	78
5.2	制订任务计划	79
5.3	实施任务和检测	79
5.4	任务检验与评估	82
5.5	任务相关知识链接	82
任务 6	汽车温度控制电路	94
6.1	任务信息的收集和处理	94
6.2	制订任务计划	95
6.3	实施任务和检测	95
6.4	任务检验与评估	97
6.5	任务相关知识链接	98
任务 7	汽车振动报警电路	116
7.1	任务信息的收集和处理	117
7.2	制订任务计划	117
7.3	实施任务和检测	117
7.4	任务检验与评估	120
7.5	任务相关知识链接	121
项目四	常用汽车电工器件及电路	130
任务 8	汽车起动机电路	130
8.1	任务信息的收集和处理	130
8.2	制订任务计划	131
8.3	实施任务和检测	131
8.4	任务检验与评估	139
8.5	任务相关知识链接	140
任务 9	汽车发电机电路	185
9.1	任务信息的收集和处理	185
9.2	制订任务计划	185

9.3 实施任务和检测	186
9.4 任务检验与评估	192
9.5 任务相关知识链接	193
项目五 汽车电工电子拓展	211
任务 10 汽车酒驾测试电路	211
10.1 任务信息的收集和处理	211
10.2 制订任务计划	212
10.3 实施任务和检测	212
10.4 任务检验与评估	215
10.5 任务相关知识链接	216
参考文献	224

项目一 安全用电

电气安全是指电气产品本身的质量，以及它在安装、使用、维修过程中不发生火灾、人身事故、设备事故、电气火灾和爆炸事故等；按发生事故的基本原因又可分为触电事故、雷电和静电事故、射频伤害事故、电路事故，其中以触电事故最为常见。

任务1 用电安全

随着科学技术和经济水平的高度发展，人们接触电气设备的机会增多。如果不了解安全用电知识，就很容易发生电气事故，从而影响生产，危及生命。电气安全主要包括人身安全与设备安全两方面。电气设备分为高压设备（其对地电压在 250 V 以上）和低压设备（其对地电压在 250 V 及以下）。运行设备指全部带电及部分带电或一经操作即可带电的设备。

1.1 人身安全

人身安全是指在从事电气工作和电气设备操作使用过程中人员的安全。以下主要是从电气工作人员方面来考虑。

1.1.1 成为电气工作人员的必备条件

电气工作属于特殊工种，所以从事电气工作人员应具备下列条件。

- (1) 身体健康，经医生鉴定无妨碍工作的疾病。
- (2) 具备必要的电气知识且能按其职务和工作性质熟悉国家的有关规程及规定，并经主管部门考试合格。
- (3) 熟悉触电急救法和电气防火、救火方法。

1.1.2 电气工作人员人身安全知识

- (1) 在进行电气运行和维修工作时，严格遵守各种安全操作规程和规定，不得玩忽职守。
- (2) 在进行电气维修操作时，要严格遵守停、送电操作规定，确实做好防突然送电的各项安全措施，不准约时送电。
- (3) 在邻近带电部分进行电气操作时，一定要保持可靠的安全距离（表 1-1）。

表 1-1 工作人员与带电设备间的安全距离

设备额定电压/kV	10 及以下	20~35	44	60	110	220	330
设备不停电时的安全距离/mm	700	1000	1200	1500	1500	3000	4000
工作人员工作时正常活动范围与带电设备的安全距离/mm	350	600	900	1500	1500	3000	4000
带电作业时人体与带电体之间的安全距离/mm	400	600	600	700	1000	1800	2600

(4) 工作前, 应检查电工工具的绝缘性能, 以防工具绝缘损坏进行带电操作而发生触电事故。

(5) 若发现有人触电, 应立即采取正确的方法进行抢救。

1.1.3 一般用电安全知识

作为电气工作人员应积极宣传安全用电知识, 有权制止违章用电。

(1) 严禁采用“一线一地”“两线一地”“三线一地(指大地)”安装用电设备和器具。

(2) 严禁在一个插座或灯座上引接功率过大的用电器具或过多的用电器具。

(3) 严禁用金属丝(如铅丝)绑扎电源线。

(4) 不能用潮湿的手去触及开关、插座和灯座等用电装置, 更不能用湿抹布去擦拭电气装置和用电器具。

(5) 在搬移可移动电器如电风扇、电视机等时, 要先切断电源。

(6) 在潮湿环境中使用移动电器时, 一定要采用 36 V 以下的安全低压电源。在金属容器内(如锅炉、蒸发器或管道等)使用移动电器时, 必须采用 12 V 安全电源, 并应有有人在容器外进行监护。

(7) 雷雨天气在室外活动要防止跨步电压触电。

1.2 设备安全

设备安全是指电气设备及其附属设备、设施的安全。设备安全主要从下列因素考虑。

1.2.1 设备运行安全知识

(1) 对电气设备要做好安全运行巡视、检查工作, 并及时、准确地填写工作记录和规定的表格, 对出现故障的电气设备和线路应及时维修, 以免发生或扩大事故。

(2) 严格遵守送电、停电操作规定。

(3) 线路出现故障时, 若必须停电, 则停电范围以满足安全工作为限, 不能随意扩大停电范围, 要防止突然断电造成不良的后果。

(4) 电气设备一般不能受潮, 在潮湿场所使用时, 要有防雨、防潮措施; 电气设备工作时发热, 应有良好的通风散热条件和防火措施; 对裸露设备及线路要防止小动物造成

意外事故。

(5) 电气设备的金属外壳必须有保护接地或保护接零措施；电气设备运行时可能会出现一些故障，所以应有短路保护、过载保护、欠压和失压保护等保护措施；在雷击高发区应有防雷措施。

1.2.2 电气设备的安装安全要求

所有电气设备都应严格按照安装规定进行安装，不能随意变动。配电电器开关绝不允许倒装，如闸刀开关若倒装就可能自动合闸，危及线路检修人员的安全；不能将开关插座或接线盒等直接安装在建筑物上，否则可能在受潮时造成漏电事故。

1.2.3 移动电气设备的安全要求

安全电压是在各种不同工作使用环境下，正常情况下人体接触到该电压带电体后不发生损害。在任何情况下，两导体间或任一导体与地之间的交流工频安全电压的上限值都不得超过 50 V。我国工频电流的安全电压的额定值为 42 V、36 V、24 V、12 V、6 V，一般应根据作业场所、操作员条件、使用方式、供电方式、线路状况等因素选用相应的安全电压等级。

2.1.2 工作原理

万用表实际上都是采用磁电系测量机构，配合转换开关和测量线路实现的多量限直流电压表、多量限直流电流表、多量限整流式交流电压表和多量限欧姆表等仪表的总和，通过转换开关实现各种功能的选择（图 2-2），并通过表盘上多种刻度线和各种刻度单位指示出被测量的大小。

（1）直流电流的测量。图 2-3 是测量直流电流的简化电路图，将万用表的转换开关 K 拨至相应的直流电流量程挡位，就可按此量程测量直流电流。此时的万用表就是一片直流电流表。被测电流从外电路经万用表的“+”端流进，经相应的并联分流电阻和电流表头，再由“-”端流出。电流表头的指针偏转到相应的位置，根据相应量程的刻度尺进行读数，就可以测量出电流的数值。选用不同的分流器就可以制成多量程的直流电流表。

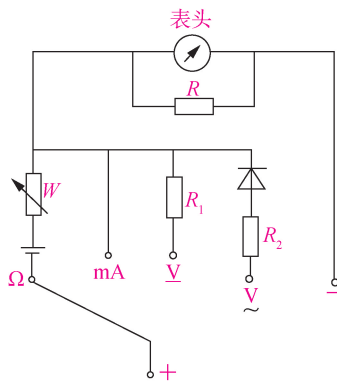


图 2-2 万用表的工作原理图

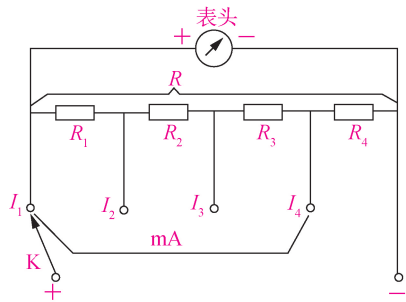


图 2-3 测量直流电流的简化电路图

在实际使用时，如果对被测电流的大小不了解，应先由最大挡量程试测，以防指针被打坏，然后选用适当的量程，以减小测量误差。接线方法与测量直流电流方法一样，应把万用表串联在电路中，让电流从“+”端流进，“-”端流出。

（2）直流电压的测量。图 2-4 是测量直流电压的简化电路图，将万用表的转换开关 K 拨至相应的直流电压量程，此时的万用表就是一片直流电压表。被测电压加在“+”“-”两端，产生的电流流经相应的串联分压电阻和电流表头，使电流表头的指针偏转到相应的位置，根据相应量程的刻度尺进行读数和换算，就可以测量出电压的数值。选择不同的串联分压电阻（转换开关 K 拨至不同的位置），即改变了量程，形成多量程的直流电压表。

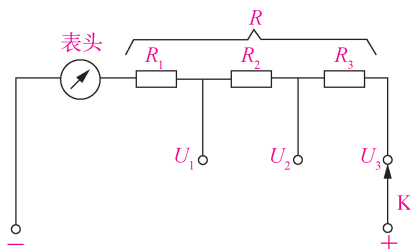


图 2-4 测量直流电压的简化电路图

（3）交流电压的测量。若转换开关拨在交流电压挡上，万用表就成为交流电压表。磁电系仪表本身只能测量直流，但由于在线路中增加了整流元件，被测交流电压经二极管整流（半波整流或桥式整流式）把交流变成直流，构成了一个整流系电压表，再选用不同的

串联分压电阻就可以制成多量程的交流电压表,其原理如图 2-5 所示。测量交流电压时会产生波形误差,这是因为万用表是按正弦波刻度的,而它的测量机构响应于平均值。若被测电压波形失真或者是非正弦波,其测量结果会有波形误差。仪表的读数为交流电压的有效值,普通万用表可测量频率为 45~1000 Hz 的正弦交流电,但不能测量非正弦周期量。

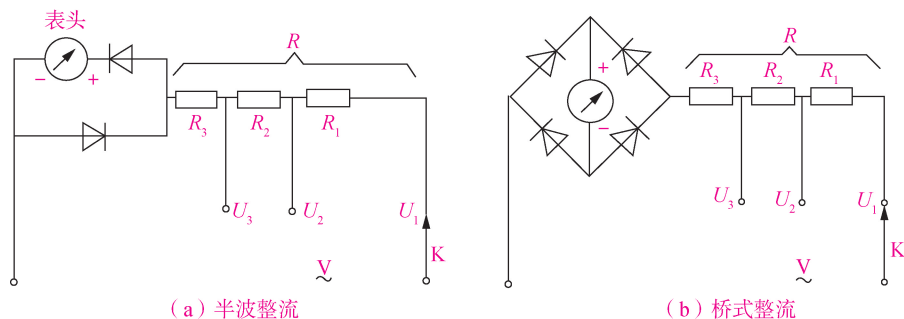


图 2-5 测量交流电压的简化电路图

(4) 电阻的测量。将转换开关 K 拨向测量电阻的位置,并把待测电阻 R_x 两端分别与两支表笔相接触,这时表内电池 E、调节电阻 R、电流表头及待测电阻 R_x 组成回路,便有电流通过表头使指针偏转,如图 2-6 所示。显然, R_x 阻值越大,则电流越小,偏转角也越小,当被测电阻为无限大时,电流为零,指针不动,指在 ∞ 刻度上。反之, R_x 阻值越小,则指针指在 0 刻度上。所以电阻的刻度方向与电流、电压的刻度方向相反。阻值数等于刻度尺上指示数乘以该量程的倍率数。

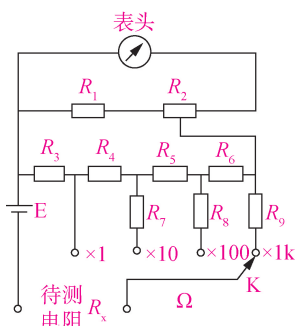


图 2-6 测量电阻的简化电路

2.1.3 万用表的使用方法

(1) 直流电压的测量。将转换开关拨至直流电压的相应量程挡位,若事先不知被测量的大致范围,应先选用最大的量程测量,测试后,再逐步换到适当的量程,尽可能地使被测值达到量程的 1/2 或 2/3 范围内。测量直流电压时,应把万用表与被测电路并联,并注意“+”“-”极不要接反,红色表笔接正(+)极,黑色表笔接负(-)极,以免指针倒转伤表。如果预先不知正负极,应置于较高量程挡,用表笔碰一下被测电路,根据指针的动向确定正负极。

(2) 直流电流的测量。将转换开关拨至直流电流的相应量程挡位,测量时应将表笔串接在被测电路之中,红色表笔接正极,黑色表笔接负极。量程的选择方法与测直流电压时相同。

(3) 交流电压的测量。将转换开关拨至交流电压的相应量程挡位,测量方法与测直流电压相似,但不必分极性。测量 250 V 及以上的电压时,应注意安全,最好养成一只手操作的习惯,另一只手不要触摸被测设备。有的表能测 1000 V 以上的高压,测量高电压时应使用专测高压的表笔,并使用绝缘手套、绝缘垫等安全保护工具,确保人身安全。

(4) 电阻的测量。将转换开关拨至电阻的相应量程挡位。首先进行欧姆调零, 调零时先将两表笔短接, 这时指针应向满刻度方向偏转并指在 0 刻度上, 否则应转动零欧姆调节电位器进行校正, 然后将两表笔分开去测量待测电阻。每换一挡量程, 都要重新调零。如果转动零欧姆调节电位器不能使指针调到 0 刻度上, 则说明表内的电池已用完, 需要更换。

为了提高测量的准确度, 应尽量使用刻度尺的中间段 (在全刻度的 20%~80% 范围内), 为此要选择合适的量程。

在测量电路中的某一电阻阻值时, 应将电路的电源断开, 不许在带电的线路上测量电阻, 否则不但测量无效, 还会损坏表头。如果被测电阻在电路中有并联支路, 则应将被测电阻的一端与电路分开后再测量。在测量高电阻 (大于 10 k Ω) 时, 应注意不要用手同时接触两表笔的导电部分, 以免形成与人体的并联电路, 而影响测量结果。

2.1.4 万用表的使用注意事项

(1) 红色表笔的插头插入正极 (+) 插口, 黑色表笔的插头插入负极 (-) 插口。

(2) 检查表笔是否完好 (使用电阻挡)、接线有无损坏, 以确保操作安全。要注意电表应放平稳。

(3) 检查指针是否在零位, 如不在零位, 可用小螺丝刀调整表盖上的调零器进行调零。

(4) 根据被测量的种类与数值范围, 将转换开关拨转到相应位置, 且每次测量前都应检查其位置是否正确。要养成习惯, 决不能拿起表笔就测量。因为错用电阻或电流挡去测电压时, 就会烧坏内部电路和表头。

(5) 根据转换开关位置, 先认清该量程所对应的刻度线及其分格数值, 防止在测量过程中找错, 影响读数速度和准确度。

(6) 注意万用表的红表笔与表内电池负极相连, 黑表笔与表内电池正极相连, 这一点在测量电子元件时应特别注意。

(7) 严禁用电阻挡或电流挡去测量电压, 否则将会烧坏仪表, 甚至危害人身安全。

(8) 不要带电拨动转换开关, 在测大电流时更要注意, 以免切断电流瞬间产生火花, 烧坏开关触点。

(9) 万用表欧姆挡不能直接测量电流表、检流计等表头的电阻, 也不能直接测标准电池。

(10) 用欧姆挡测晶体管参数时, 一般应选用 $R \times 100$ 挡或 $R \times 1K$ 挡。因为晶体管所能承受的电压较低, 允许通过的电流较小。万用表欧姆低倍率挡的内阻较小, 电流较大, 如 $R \times 1$ 挡的电流可达 100 mA, $R \times 10$ 挡电流可达 10 mA; 高倍率挡的电池电压较高, 一般 $R \times 10K$ 以上倍率挡电压可达十几伏, 所以一般不宜用低倍率挡或高倍率挡去测晶体管的参数。

(11) 万用表的表面有很多刻度标尺, 应根据被测量的量限在相应的标尺上读出指针指示的数值。另外读数时应尽量使视线与表面垂直, 对有反光镜的万用表, 应使指针与其

像重合, 再进行读数。

(12) 测量完毕, 应将转换开关拨到空挡或交流电压的最大量程挡, 以防测电压时忘记拨转换开关, 用电阻挡去测电压, 将万用表烧坏。不用时不要把转换开关置于电阻各挡, 以防表笔短接时使电池放电。

2.2 数字万用表

2.1 节介绍的万用表属于指针式万用表, 其原理是把被测量转换成直流电流信号, 使磁电系表头指针偏转。数字万用表采用完全不同于传统的指针式万用表的转换和测量原理, 且使用液晶数字显示, 使其具有很高的灵敏度和准确度, 显示清晰美观, 便于观看, 具有无视差、功能多样、性能稳定、过载能力强等特点, 因而得到广泛的应用。

数字万用表有手动量程和自动量程的, 有手持式和台式的。语音数字万用表内含语音合成电路, 在显示数字的同时还能用语音播报测量结果; 高档智能数字万用表内含单片机, 具有数据处理、自动校准、故障自检、通信等多种功能; 双显示万用表在数显的基础上增加了模拟条图显示器, 后者能迅速反映被测量的变化过程及变化趋势。

1. 数字万用表的特点

(1) 准确度高

准确度是测量结果中系统误差与随机误差的综合, 它表示测量值与真值的一致程度, 也反映了测量误差的大小。准确度越高, 测量误差越小。

数字万用表的准确度远远高于指针式万用表的准确度。以直流电压挡的基本误差 (不含量化误差) 为例, 指针式万用表误差通常为 $\pm 2.5\%$, 而低挡数字万用表误差为 $\pm 0.5\%$, 中挡数字万用表误差为 $\pm 0.1\% \sim \pm 0.05\%$, 高档数字万用表误差可达 $\pm 0.005\% \sim \pm 0.00003\%$ 。

(2) 显示直观、读数准确

数字万用表采用数显技术, 使测量结果一目了然, 不仅能准确读数, 还能缩短测量时间。许多新型数字万用表增加了标志符 (测量项目、单位、特殊标记等符号) 显示功能, 使读数更加直观。

数字万用表的显示位数分 $3\frac{1}{2}$ 位、 $3\frac{2}{3}$ 位、 $3\frac{3}{4}$ 位、 $4\frac{1}{2}$ 位、 $4\frac{3}{4}$ 位、 $5\frac{1}{2}$ 位、 $6\frac{1}{2}$ 位、 $7\frac{1}{2}$ 位、 $8\frac{1}{2}$ 位等 9 种。表示该表共可显示整数数字加一位数字, 如 $3\frac{1}{2}$ 位表可显示四位、 $4\frac{1}{2}$ 位表可显示五位, 依此类推。其中, 最高位最大数字可显示到分子的数值, 其他各个位可显示 $0 \sim 9$ 之间的任何数值。

(3) 分辨率高

数字万用表在最低量程上末位 1 个字所对应的数值, 就表示分辨率。它反映仪表灵敏度的高低, 并且随着显示位数的增加而提高。以直流电压挡为例, $3\frac{1}{2}$ 、 $4\frac{1}{2}$ 仪表的分辨率分别为 $100\ \mu\text{V}$ 、 $10\ \mu\text{V}$ 。分辨力指标也可用分辨率来表示。分辨率是指仪表所能显示的最小数字 (零除外) 与最大数字的百分比。例如, $3\frac{1}{2}$ 仪表的分辨率为 $1/1999 \approx 0.05\%$, 远优于指针式万用表。

(4) 测量速率快、测试功能强

数字万用表在每秒钟内对被测电量的测量次数叫测量速率。3 ½ 位和 4 ½ 位数字万用表的测量速率一般为每秒 2~5 次；数字万用表可以测量直流电压、交流电压、直流电流、交流电流、电阻、电容、频率、二极管、三极管等，有的智能数字万用表还增加了测量有效值 (TRMS)、最小值 (MIN)、最大值 (MAX)、平均值 (AVG)、设定上下限、自动校准等功能。

(5) 输入阻抗高、功耗低、保护电路比较完善

普通数字万用表 DCV 挡的输入阻抗为 10 MΩ。普通数字万用表的整机功耗仅为 30~40 mW，可采用 9 V 叠层电池供电。具有较完善的过电流、过电压保护功能，过载能力强。使用中只要不超过极限值，即使出现误操作也不会损坏 A/D 转换器。

2. 数字万用表的组成及原理

数字万用表面板由显示屏、电源开关、功能和量程选择开关、输入插孔、输出插孔等组成，如图 2-7 所示。

数字万用表内部电路由信号变换电路、直流电压测量电路、显示电路、电源等部分组成，如图 2-8 所示。信号变换电路一般包括直流衰减电路（进行直流量测量），AC-DC 变换电路（进行交流量测量），Ω-V 变换电路（进行电阻测量）等几个主要部分。电压测量、显示电路由 A/D 转换器、译码、显示器和微控制器等组成。

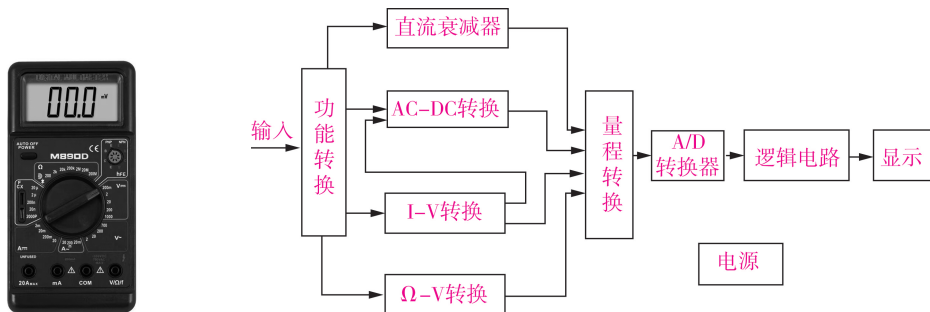


图 2-7 数字万用表面板结构

图 2-8 数字万用表的组成

数字万用表是在数字电压表的基础上扩展而来的，因此首先必须进行被测参数与直流电压之间的转换，由信号变换电路完成。由变换电路变换而来的直流电压经电压测量电路在微控制器（或逻辑控制电路）的控制下，将模拟电压量转换成数字量后，再经译码、驱动最后显示在液晶或数码管显示屏上（也有的是一个芯片集成了 A/D 转换器、译码、驱动等多种功能的转换电路）。

3. 数字万用表的使用方法（以 DT890D 为例）

(1) 使用前的准备工作

将黑表笔插入“COM”插孔内，红表笔插入相应被测量的插孔内，然后将转换开关旋至被测种类区间内并选择合适的量程，量程选择的原则和方法与指针式万用表相同，将

电源开关拨向“ON”的位置，接通表内工作电源。

(2) 直流电流、交流电流的测量

测量直流电流时，当被测电流小于 200 mA，将红表笔插入“mA”插孔内，黑表笔置于“COM”插孔，将转换开关旋至“DCA”或“A—”区间内，并选择适当的量程（2 mA、20 mA、200 mA），将万用表串入被测电路中，显示屏上即可显示出读数。测量结果单位是 mA。如果被测量的电流值大于 200 mA，则量程开关置于“10”或“20”挡，同时要将红表笔插入“10 A”或“20 A”插孔内，显示值以 A 为单位。

测量交流电流时，将转换开关旋至“ACA”或“A~”区间的适当量程上，其余与测量直流电流相同。

(3) 直流电压、交流电压的测量

测量直流电压时，将红表笔插入“V/ Ω ”插孔内，黑表笔插入“COM”插孔中，将转换开关旋至“DCV”或“V—”区间内，并选择适当的量程，通过两表笔将仪表并联在被测电路两端，显示屏上便显示出被测数值。一般直流电压挡有 200 mV、2 V、20 V、200 V、1000 V 等几挡，选择 200 mV 挡时，则显示的数值以 mV 为单位；置于其他 4 个直流电压挡时，显示值均以 V 为单位。测量直流电压和电流时，不必像指针式万用表时考虑“+”“-”极性问题，当被测电流或电压的极性接反时，显示的数值前会出现负号“-”。

测量交流电压时，将转换开关旋至“ACV”或“V~”区间的适当量程上，表笔所在插孔及具体测量方法与测量直流电压时相同。

(4) 电阻的测量

将红表笔插入“V/ Ω ”插孔内，黑表笔插入“COM”插孔不变，将转换开关旋至“ Ω ”区间并选择适当的量程，便可进行测量。注意，数字万用表红表笔的电势比黑表笔的电势高，即红表笔为正极，黑表笔为负极，这一点与指针式万用表正好相反。测量时要注意显示值的单位与“ Ω ”区间内各量程上所标明的单位（ Ω 、k Ω 、M Ω ）相对应。

(5) 二极管的测量

将红表笔插入“V/ Ω ”插孔内，黑表笔插入“COM”插孔中，转换开关旋至标有二极管符号的挡。将红表笔接二极管的正极，黑表笔接二极管的负极，显示屏显示出二极管的正向压降（以 V 为单位）。如果显示屏仅出现“1”字（溢出标志），说明两表笔接反，应将两表笔调换再测。若调换后，仍显示“1”或两次测量均有电压值或为零，则说明二极管已损坏。

(6) 三极管的测量

根据三极管是 PNP 型的还是 NPN 型的（可利用测量二极管和电阻的方法判断），把三极管的引脚插入 hFE 的相应插孔内，显示屏上会有 hFE 的数值显示。如果显示屏仅出现“1”字（溢出标志），说明引脚顺序有问题或三极管已损坏。

(7) 检查电路的通断情况

将量程转换开关旋至蜂鸣挡，表笔插孔位置和测电阻时相同。让两表笔分别触及被测电路

两端，若仪表内的蜂鸣器发出蜂鸣声，说明电路通（两表笔间电阻小于 $70\ \Omega$ ）。反之，则表明电路不通，或接触不良。必须注意的是，被测电路不能带电，否则会误判或损坏万用表。

4. 使用时须注意的问题

(1) 数字万用表在刚测量时，显示屏上的数值会有跳数现象，这是正常的，应当待显示数值稳定后（约 $1\sim 2\ \text{s}$ ）才能读数。另外，被测元器件的引脚因日久氧化或有锈污，造成被测元件和表笔之间接触不良，显示屏会出现长时间的跳数现象，无法读取正确测量值。这时应先清除氧化层和锈污，使表笔接触良好后再测量。

(2) 测量时，如果显示屏上只有“半位”上的读数 1，则表示被测数值超出所在量程范围（二极管测量除外），称为溢出。这时说明量程选得太小，可换高一挡量程再测试。

(3) 旋转量程转换开关时动作要慢，用力不要过猛。在开关旋转到位后，再轻轻地左右拨动一下，看看是否真的到位，以确保量程转换开关接触良好。严禁在测量的同时旋动量程转换开关，特别是在测量高电压、大电流的情况下，以防产生电弧烧坏量程转换开关。

(4) 测 $10\ \Omega$ 以下精密小电阻时（ $200\ \Omega$ 挡），先将两表笔金属端短接，测出表笔电阻（约 $0.2\ \Omega$ ），然后在测量结果中减去这一数值。

(5) 万用表是按正弦量的有效值设计的，所以不能用来测量非正弦量。只有采用有效值转换电路的数字万用表才可以测量非正弦量。

2.3 万用表使用和读数训练

1. 数字万用表（以 DY2201 为例）

(1) 训练目的

熟练使用数字万用表（DY2201），了解该型号万用表的功能。

(2) 训练器材

- ①DY2201 型数字万用表一块；

③5 号电池若干节；

⑤教室实训桌上 220 V 电源插座若干个；

⑦电阻若干只；

⑨二极管若干只；
- ②汽车蓄电池一个；

④教室里 380 V 电源箱一个；

⑥220 V/12 V 变压器一台；

⑧电烙铁一把；

⑩三极管若干只。

(3) 训练步骤与要点

- ①根据测量对象选择数字万用表测量项目和量程；
- ②根据数字万用表显示的数值，正确读数（带单位）填入各表中。
- a. 直流电压的测量（表 2-1）。

表 2-1 直流电压测量表

测量项目和量程								
读取数据（带单位）								

b. 交流电压的测量（表 2-2）。

表 2-2 交流电压测量表

测量项目和量程								
读取数据（带单位）								

c. 电阻的测量（表 2-3）。

表 2-3 电阻测量表

测量项目和量程								
读取数据（带单位）								

d. 电烙铁质量（电阻）的测量（表 2-4）。

表 2-4 电烙铁质量判断

测量项目和量程								
读取数据（带单位）								
电烙铁质量判断								

e. 变压器质量的检测（表 2-5）。

表 2-5 变压器质量的检测

测量项目和量程								
读取数据（带单位）								
变压器质量判断								

f. 二极管质量的检测（表 2-6）。

表 2-6 二极管质量的检测

测量项目和量程								
读取数据（带单位）								
二极管质量判断								

g. 三极管质量的检测（表 2-7）。

表 2-7 三极管质量的检测

测量项目和量程								
读取数据（带单位）								
三极管质量判断								

h. 数字万用表（DY2201）使用和读数技能训练评分（表 2-8）。

表 2-8 数字万用表（DY2201）使用和读数技能训练评分表

序号	项目	配分	评分标准	扣分	得分
1	各量程判断	70	不会选择量程及读数扣 5~50 分		
2	万用表结构	30	万用表结构不清楚扣 5~30 分		
3	用时				
4	合计	100			

2. 指针式万用表（MF50-1 型）

(1) 训练目的

学会万用表转换开关的使用和标度尺的读法，以 MF50-1 型万用表为例，了解该型号万用表的功能。

(2) 训练器材

MF50-1 型万用表一块，其标度尺读数示意图如图 2-9 所示，1.5 V 五号电池和小型叠层电池各一只，一字和十字小螺丝刀各一把。

(3) 训练步骤与要点

①如图 2-9 所示，若将表头指针指示在位置 a 处，请按表 2-9 中转换开关选定的测量项目和量程，将读数（带单位）填入表中。

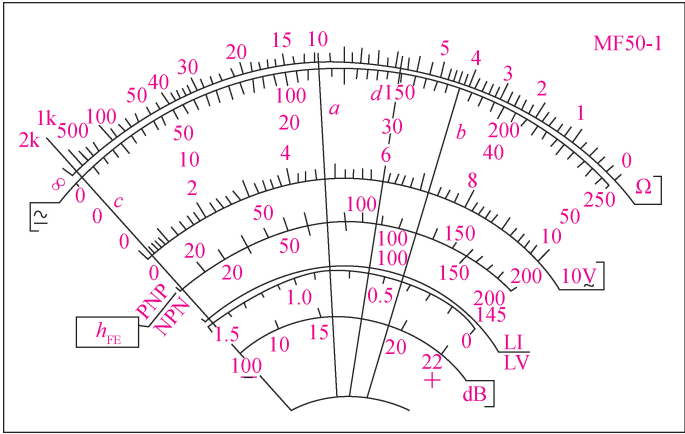


图 2-9 万用表标度尺读数和转换开关使用练习示意图

表 2-9 万用表表头读数练习一

测量项目和量程	$R \times 1 \Omega$	1 kV	10 V	$100 \mu A$	2.5 mA	50 V	250 mA	$R \times 100 \Omega$	1 kV	2.5 A
读取数据（带单位）										
测量项目和量程	10 V	250 V	$R \times 10 \Omega$	$R \times 10 k\Omega$	25 mA	$R \times 1 k\Omega$	50 V	50 V	2.5 V	
读取数据（带单位）										

②若表头指针指在图 2-9 的 *b* 处，表 2-10 为已读取的数据。问转换开关应拨在哪个测量项目和量程？将结果填入表 2-10 中。

表 2-10 万用表表头读数练习二

读取数据（带单位）	7.2 V	1.75 mA	35 V	4.3 Ω	7.2 V	17.5 mA	700 V	175 V	43 kΩ	1.75 A
转换开关的选择										
读取数据（带单位）	700 V	175 V	70 μA	43 Ω	1.75 V	35 V	430 Ω	175 mA	35 V	
转换开关的选择										

③若表头指针指在图 2-9 的 *c* 处，根据表 2-10 中转换开关选定的测量项目和量程，将读取的数据填入表 2-11 中。如果量程选择不合适，试找出其中的原因。

表 2-11 万用表表头读数练习三

测量项目和量程	250 V	25 mA	$R \times 100 \Omega$	2.5 mA	5 V	2.5 A	422 Ω	250 V	1 kV	$R \times 1 \Omega$
读取数据（带单位）										
适合量程										

④表头指针在图 2-9 的 *d* 处，如果被测电量是电阻，当换开关分别置于不同倍率挡时，将读取的数据填入表 2-12 中。

表 2-12 万用表表头读数练习四

项目 \ 倍率	$R \times 1 \Omega$	$R \times 10 \Omega$	$R \times 100 \Omega$	$R \times 1 k\Omega$	$R \times 10 k\Omega$	$R \times 100 k\Omega$
电阻值						
LV						

- ⑤万用表结构的初步认识。
- a. 熟悉万用表的面板结构，弄清各部分的名称和作用。
 - b. 拆开万用表的后盖，检查并取装表内电池，应特别注意电池极性不得装错。观察万用表内部结构，绘制转换开关结构示意图和平面展开图，然后将万用表后盖装好。

(4) 评分标准及验收检查

将训练的结果记录到表 2-13 中。

表 2-13 万用表转换开关的使用和读数技能训练评分表

序号	项目	配分	评分标准	扣分	得分
1	各量程判断	70	不会选择量程及读数扣 5~50 分		
2	万用表结构	30	万用表结构不清楚扣 5~30 分		

(续表)

序号	项目	配分	评分标准	扣分	得分
3	用时				
4	合计	100			

2.4 电阻的测量技能训练

1. 训练目的

能较为熟练地运用万用表测量电阻。

2. 训练器材

万用表、电阻、连线等。

3. 训练步骤与工艺要求

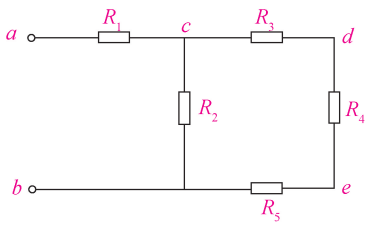


图 2-10 电阻测量电路

(1) 分别测量将要连接成图 2-10 电路的各个电阻 (电阻值自定) 的电阻值, 将数据记录在表 2-14 中, 注意带上单位。

表 2-14 电阻的测量技能训练表

序号	元件名称	型号规格	数量	质量检查
1				
2				

(2) 按图 2-10 所示的电路连接好, 并将图中各点间电阻的测量和计算数据记录在表 2-15 中, 注意带上单位。

表 2-15 电阻的测量一

测量内容	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
电阻标称值					
万用表量程					
电阻测量值					
测量误差					

表 2-16 电阻的测量二

测量内容	R_{ab}	R_{ac}	R_{cd}	R_{de}	R_{cb}	R_{cb}	R_{ce}	R_{db}	R_{ad}	R_{ae}
计算数据										
万用表量程										
测量数据										
测量误差										

(3) 用正确手法和错误手法（手同时接触被测电阻两端）测量 $68\text{ k}\Omega$ 、 $6.8\text{ k}\Omega$ 、 $68\ \Omega$ 三只电阻器的阻值，将测量数据记录在表 2-17 中，并分析错误手法与测量误差的关系。

表 2-17 电阻的测量三

被测电阻	万用表量程	正确手法测量数据	错误手法测量数据	误差
$68\text{ k}\Omega$				
$6.8\text{ k}\Omega$				
$68\ \Omega$				

4. 评分标准及验收检查

将训练的结果记录到表 2-18 中。

表 2-18 电阻的测量技能训练评分表

序号	项目	配分	评分标准	扣分	得分
1	电阻的连接	20	不会看图接线扣 20，接错线扣 5~10 分		
2	操作	30	不会选择及操作扣 5~30 分		
3	读数	40	不会读数扣 30 分，误差较大扣 5~10 分		
4	安全文明生产	10	违反安全文明规程扣 5~10 分		
5	用时				
6	合计				

2.5 交流电压、直流电压、直流电流的测量技能训练

1. 训练目的

熟练使用万用表，正确测量交流电压、直流电压和直流电流。

2. 训练器材

万用表、调压器、直流稳压电源、图 2-11 所需电阻、螺丝刀等。技能训练所需元器件填入表 2-19。

表 2-19 直流电压、直流电流的测量技能训练元器件清单

序号	元器件名称	型号规格	数 量	质量检查
1				
2				
3				
4				
5				

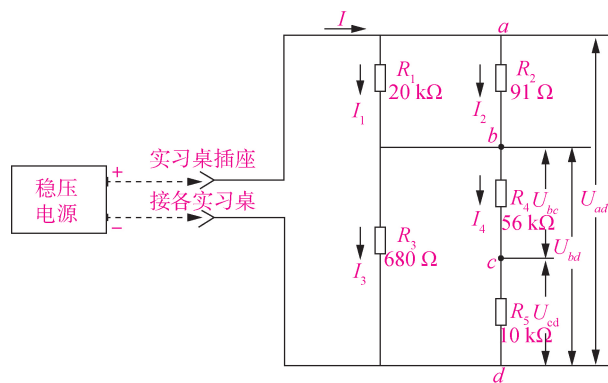


图 2-11 直流电压、直流电流的测量电路

3. 训练步骤与工艺要求

- (1) 断开实训室电源总闸，将调压变压器输入端接 220 V 市电，输出端接实验小组的空气开关，空气开关的输出端接实习桌上的插座（或接线柱）进行交流电压测量训练。
- (2) 按电路图焊接好，并接在直流稳压电源上。
- (3) 测量时，调节稳压电源，选择多种输出电压，测量后将数据填入表 2-20 和表 2-21 中。

表 2-20 交流电压的测量训练

读 数	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
量 程					
读 数					

表 2-21 直流电压、直流电流的测量记录

测量项目	电路元件参数	$R_1=15\text{ k}\Omega$ $R_2=80\text{ }\Omega$ $R_3=750\text{ }\Omega$ $R_4=56\text{ k}\Omega$ $R_5=10\text{ k}\Omega$				
	测量内容					
直流电压 /V	测量对象	U_{ad}	U_{ab}	U_{bd}	U_{bc}	U_{cd}
	计算数据					
	万用表量程					
	测量数据					
直流电流 /A	测量对象	I	I_1	I_2	I_3	I_4
	计算数据					
	万用表量程					
	测量数据					

4. 评分标准及验收检查

将训练的结果记录到表 2-22 中。

表 2-22 直流电压、直流电流的测量技能训练评分表

序号	项目	配分	评分标准	扣分	得分
1	元器件的连接	20	不会看图接线扣 20，接错线扣 5~10 分		
2	操作	30	不会选择及操作扣 5~30 分		
3	读数	40	不会读数扣 30 分，误差较大扣 5~10 分		
4	安全文明生产	10	违反安全文明规程扣 5~10 分		
5	用时				
6	合计	100			

2.6 常用电工工具及其使用

常用的电工工具包括通用工具、线路安装工具、登高工具和设备装修工具等。正确使用这些工具，既能提高工作效率和施工质量，又能减轻劳动强度，保证操作安全和延长工具使用寿命。

通用工具是指一般专业电工都要应用的常用工具和装备。

1. 验电器

验电器是检验导线和电气设备是否带电的一种电工常用工具，分为低压验电器和高压验电器两类。

低压验电器又称测电笔（简称电笔），有钢笔式和螺丝刀式两种，如图 2-12 所示。其检测电压范围为 60~500 V。它由氖管、电阻、弹簧和笔身等部分组成。

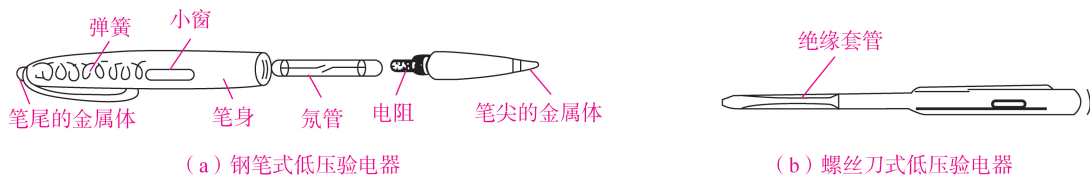


图 2-12 低压验电器

当用电笔测试带电体时，带电体经电笔、人体到大地形成通电回路，只要带电体与大地之间的电势差超过 60 V，电笔中氖管就会发出红色的辉光。

必须按照图 2-13 所示的正确握法使用电笔，即以手指触及笔尾的金属体，并使氖管小窗背光朝向自己，以便于观察；同时要防止笔尖的金属体触及皮肤造成触电。在螺丝刀式电笔的金属杆上，必须套上绝缘管，仅留出刀口部分供测试使用。

电笔使用注意事项：

(1) 使用电笔前，一定要在有电的电源上检查氖管能否正常发光。

- (2) 在明亮的光线下测试时, 往往不易看清氖管的辉光, 所以应当避光检测。
- (3) 电笔的金属探头多制成螺丝刀形状, 它只能承受很小的扭矩, 使用时应特别注意, 以免损坏。
- (4) 电笔不可受潮, 不可随意拆装或受剧烈震动, 以保证测试可靠。

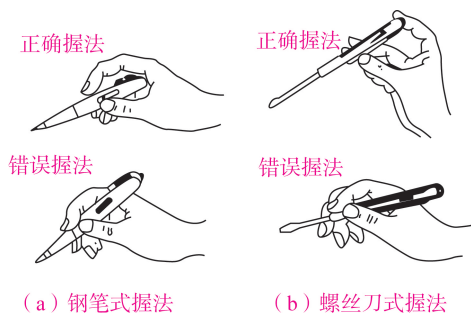


图 2-13 低压验电器的握法

电笔的实用经验:

- (1) 可根据氖管发亮的强弱来估计电压的高低。
- (2) 在交流电路中, 当电笔触及导线时, 氖管发亮的是相线 (正常情况下, 零线是不会使氖管发亮的)。
- (3) 交流电通过电笔时, 氖管里两个电极同时发亮; 直流电通过时, 只有一个电极发亮。
- (4) 用电笔触及电机、变压器等电气设备外壳, 若氖管发亮, 则说明该设备相线有碰壳现象, 若壳体上有良好接地装置, 氖管是不会发光的。
- (5) 在三相三线制星形接法的交流电路中, 用电笔测试时, 如果两根相线很亮, 而另一根不亮, 则这三相有接地现象。

2. 电工钳

(1) 钢丝钳是一种钳夹和剪切工具。它由钳头和钳柄两部分组成, 钳头有钳口、齿口、刀口和侧口四部分, 如图 2-14 所示。钳口可用来弯绞和钳夹导线头; 齿口用来紧固或起松螺母; 刀口用来剪切导线或剖削软导线绝缘层; 侧口用来侧切电线线心、钢丝或铅丝等较硬金属。其绝缘耐压为 500 V, 可在有电场合使用。钢丝钳规格以全长表示, 有 150 mm、175 mm、200 mm 三种。

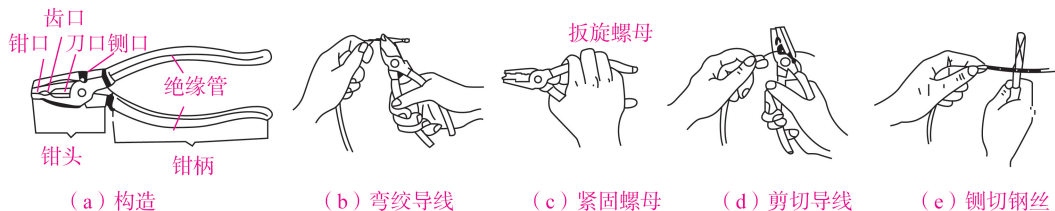


图 2-14 电工钢丝钳的构造及用途

钢丝钳使用注意事项：

①使用电工钢丝钳前，必须检查绝缘柄的绝缘是否完好。如果绝缘损坏，进行带电作业时会发生触电事故。

②用电工钢丝钳剪切带电导线时，不得用刀口同时剪切相线和零线，或同时剪切两根相线，以免发生短路故障。

③钳头不可代替手锤作为敲打工具使用。

④钳头应防锈，轴销处应经常加机油润滑，以保证使用灵活。

(2) 尖嘴钳如图 2-15 所示，其头部尖细而长，适用于在狭小的工作空间操作，绝缘柄耐压值为 500 V。其规格以全长表示，有 140 mm 和 180 mm 两种。主要用途是可剪断较细的导线和金属丝，将其弯制成所需的形状，并可夹持、安装较小螺钉、垫圈等。

3. 电工刀

电工刀主要用来剖削或切割电工器材，如剖削电线电缆绝缘层、切割木台缺口、削制木桩及软金属等，其结构如图 2-16 所示。使用时，刀口应朝外进行操作；剖削导线的绝缘层时，应使刀面与导线成较小锐角，以免割伤导线；用毕，应随即把刀身折入刀柄。电工刀刀柄是无绝缘保护的，不能在带电导线或器材上剖削，以防触电。

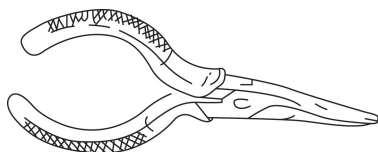


图 2-15 尖嘴钳

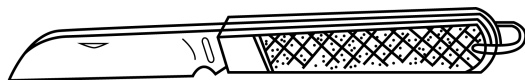


图 2-16 电工刀

4. 活络扳手

活络扳手是用来紧固和起松螺母的一种专用工具，主要由头部和柄部组成。头部又由活络扳唇、扳口、蜗轮和轴销等构成，如图 2-17 (a) 所示，旋动蜗轮可调节扳口的大小。其规格是以长度×最大开口宽度（单位：mm）来表示，有 150×19 (6')、200×24 (8')、250×30 (10') 和 300×36 (12') 四种。

活络扳手使用时要注意以下几点：

(1) 扳动大螺母时，需用较大力矩，手应握在近柄尾处，如图 2-17 (b) 所示。

(2) 扳动较小螺母时，需用力矩不大，但螺母过小易打滑，故手应握在接近头部的地方，随时调节蜗轮，收紧活络扳唇防止打滑，如图 2-17 (c) 所示。

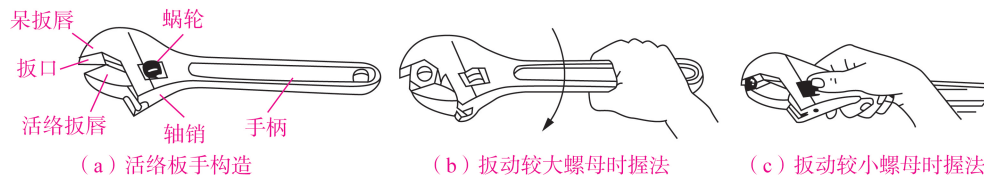


图 2-17 活络扳手

(3) 活络扳手不可反用, 以免损坏活络扳唇, 也不可用钢管接长手柄来施加较大的扳拧力矩。

(4) 活络扳手不得当做撬棒和手锤使用。

5. 螺钉旋具

螺钉旋具俗称螺丝刀, 又称为起子、改锥等, 它是一种紧固或拆卸螺钉的工具, 其式样和规格很多, 按头部形状可分为一字形和十字形两种, 如图 2-18 所示, 每一种又分为若干规格。电工多采用绝缘性能较好的塑料柄螺丝刀。

(1) 一字形又称平口起, 用来紧固或拆卸一字槽的螺钉和螺丝, 它的规格用握柄以外的刀杆长度来表示, 常有 75 mm、125 mm、150 mm、200 mm、300 mm、400 mm 等规格。

(2) 十字形又称梅花起, 用来紧固或拆卸十字槽的螺钉和螺丝, 常用的规格有四种: I 号适用于直径为 2~2.5 mm 的螺钉; II 号适用于 3~5 mm 的螺钉; III 号适用于 6~8 mm 的螺钉; IV 号适用于 10~12 mm 的螺钉。

(3) 多用形是一种组合工具, 握柄和刀体是可拆卸的。它除具有几种规格的一字形、十字形刀体外, 还附有一只钢钻, 可用来预钻木螺丝的孔。握柄采用塑料制成, 有的还具有试电笔的功能。

使用螺钉旋具时注意以下几点:

① 电工不可使用金属杆直通柄顶的螺钉旋具, 以免发生触电事故。

② 使用时, 手不得触及螺丝刀的金属杆, 以免发生触电事故, 正确使用方法如图 2-19 所示。使用大螺钉旋具时, 除大拇指、食指和中指要夹住握柄外, 手掌还要顶住柄的末端, 以防旋转时滑脱。使用小螺钉旋具时, 可用大拇指和中指夹着握柄, 用食指顶住柄的末端旋转。

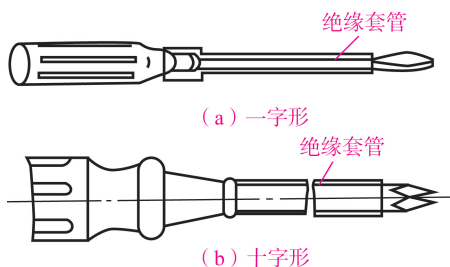


图 2-18 螺钉旋具

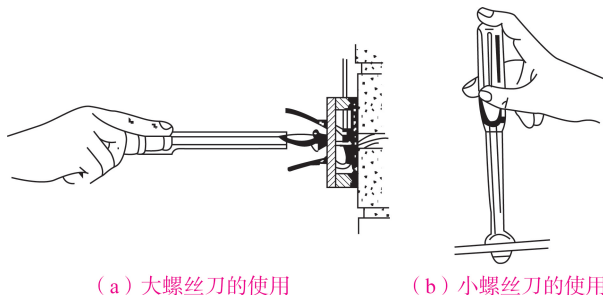


图 2-19 螺丝刀的正确使用

③ 为避免螺钉旋具的金属杆触及皮肤或邻近带电体, 应在金属杆上穿套绝缘管。

项目三 常用汽车电子元器件及电路

任务3 汽车电源电路制作

任务情景	汽车电子控制单元（ECU）的电源管理电路：电子电路需要直流电源供电，直流电是将电网中的交流电经过整流滤波稳压等一系列变换获得的。		
任务目标要求	能力目标 1. 能使用汽车万用表测量电阻、电压、电流 2. 能借助万用表判断常用元器件的好坏 3. 能制作整流滤波电路 4. 能制作固定输出三端稳压电源 5. 能制作可调稳压电源应用电路 6. 能维修汽车电源电路	知识目标 1. 了解汽车万用表各挡测量对象和测量方法 2. 理解色环电阻的读数特点和方法 3. 掌握万用表检测二极管、三端稳压器的方法 4. 掌握单相半波、全波桥式整流二极管滤波电路工作原理 5. 掌握固定三端稳压器工作原理 6. 掌握可变三端稳压器工作原理	素质目标 1. 通过电源电路制作，培养学生用电安全意识 2. 通过分组制作电源电路，培养学生的团队协作精神 3. 通过电源电路设计、制作，培养学生创新能力 4. 执行实训室整理、整顿、清扫、清洁、素养、安全的 6S 管理模式，培养学生良好职业素养
任务实施步骤	接单 收集信息并处理 制订工作计划 实施作业 完工检验与评估 提升 <pre>graph LR; A[接单] --> B[收集信息并处理]; B --> C[制订工作计划]; C --> D[实施作业]; D --> E[完工检验与评估]; E --> F[提升];</pre>		

3.1 任务信息的收集和处理

任务信息的收集及处理，见表 3-1。

表 3-1 任务信息的收集及处理

变压器作用、符号、测量方法	
二极管作用、符号、测量方法	
电容的作用、符号、测量方法	
三端稳压的作用、符号、测量方法	
整流、滤波、稳压电路的组成	
整流、滤波、稳压电路板的设计	
整流、滤波、稳压电路板的焊接	
整流、滤波、稳压电路板的测量与调试	

3.2 制订任务计划

制订电源电路制作、测试计划，见表 3-2。

表 3-2 电源电路制作、测试计划表

1. 查阅资料，了解电源电路常用元器件 2. 查阅资料，了解电路板制作相关知识 3. 查阅资料，选择合适的参考电路，进行电路板制作		
变压器测试	测量变压器	完成时间
二极管测试	测量二极管	
电容测试	测量电容	
固定输出三端稳压 LM7812 测试	通电测量 LM7812	
可调三端稳压 LM317 测试	通电测量 LM317	
整流滤波电路板设计制作	设计电路板并焊接，测量及调试整流滤波电路	
固定输出三端稳压电源应用电路制作	设计电路板并焊接测量及调试固定输出三端稳压电源应用电路	
可调稳压电源应用电路制作	设计电路板并焊接测量及调试可调稳压电源应用电路	

3.3 实施任务和检测

3.3.1 整流滤波电路制作

1. 单相半波整流电路

(1) 参考单相半波整流电路

单相半波整流电路如图 3-1 所示。

(2) 单相半波整流电路调试步骤

①未接电源时，首先测量电路的总电阻，当电阻为 $0\ \Omega$ 时，说明电路存在短路现象。切记：不能接入电源。

②测量电路关键点电压。

③根据测量数据分析电路工作状态、电路特点。

④根据测量数据判断故障范围、找出故障点及排除故障。

(3) 测量数据

电路关键点测量值见表 3-3。

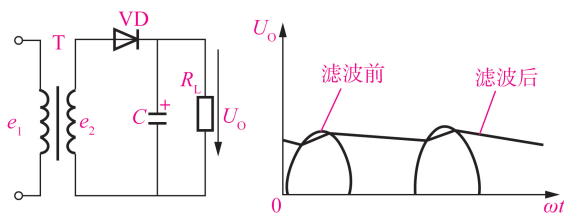


图 3-1 单相半波整流电路

表 3-3 电路关键点测量值

单位： Ω/V

电路关键点	R_{ab}	R_{u1}	R_{u2}	u_1	u_2	u_{ab}	V_A	V_{VD}	V_C	U_R
测量值										

注：

R_{ab} ——电路总电阻，主要目的是检测电路未接电源时，是否存在短路现象；若 $R_{ab} = 0\ \Omega$ ，说明电路存在短路现象。切记：电路不能接电源。

R_{u1} ——变压器原边线圈电阻，用电阻法测量变压器原边线圈的好坏。

R_{u2} ——变压器副边线圈电阻，用电阻法测量变压器副边线圈的好坏。

u_1 ——变压器原边线圈电压，用电压法测量变压器原边线圈的好坏。

u_2 ——变压器副边线圈电压，用电压法测量变压器副边线圈的好坏。

u_{ab} ——变压器副边线圈电压，检测电路是否有供电电压。

V_A ——A 点电压（整流输出电压正极）。

V_C ——电容电压。

(4) 常见故障的（分析）诊断与排除

①故障现象：指示灯不亮。

②故障可能的范围：变压、整流、负载。

③故障分析（诊断思路）：测量 A 点电位电压约为 $0\ V$ ，测量 u_{ab} 为交流 $12\ V$ ，说明故障范围在二极管。在断电状态下，用数字万用表的二极管挡，检测二极管（在路测量），加正向电压导通，万用表显示“0.5”；加反向电压截止，万用表显示“1”。说明该二极管接反。

④故障排除：更换二极管极性，测量 A 点电位（整流输出电压正极）电压约为 $5.4\ V$ ，电路恢复正常工作。

2. 桥式整流滤波电路

(1) 参考桥式整流滤波电路

桥式整流滤波电路原理图如图 3-2 所示。桥式整流滤波电路参考布线图如图 3-3 所示。

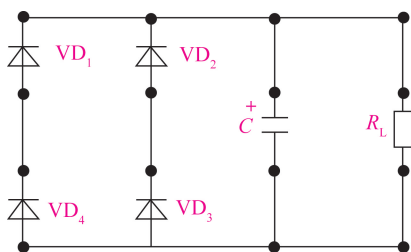


图 3-2 桥式整流滤波电路原理图

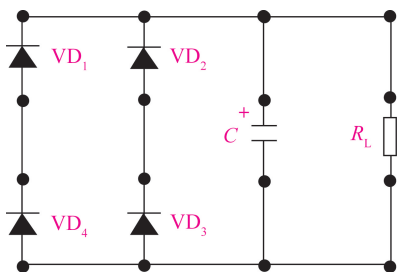


图 3-3 桥式整流滤波电路参考布线图

(2) 桥式整流滤波电路调试步骤

具体操作步骤可参考单相半波整流电路调试步骤。

(3) 测量数据

电路关键点测量值见表 3-4。

表 3-4 电路关键点测量值

单位: Ω/V

电路关键点	R_{ab}	R_{u1}	R_{u2}	u_1	u_2	u_{ab}	V_A	$V_{\text{发光}}$	U_R	U_O
测量值										

注:

R_{ab} ——电路总电阻, 主要目的是检测电路未接电源时, 是否存在短路现象; 若 $R_{ab} = 0 \Omega$, 说明电路存在短路现象。切记: 电路不能接电源。

V_A ——A 点电位 (整流输出电压正极)。

$U_{\text{发光}}$ ——发光二极管两端电压。

U_R ——电阻 (负载) 两端电压。

U_O ——电路输出电压。

(4) 常见故障的 (分析) 诊断与排除

①故障现象: 指示灯不亮, 二极管发热。

②故障可能的范围: 变压、整流、负载。

③故障分析 (诊断思路): 测量 A 点电位 (整流输出电压正极) 电压约为 5.4 V, 说明故障范围在整流电路, 在断电状态下, 用数字万用表的二极管挡, 分别检测 4 只二极管 (在路测量), 加正向电压导通, 万用表显示 “0.5”; 加反向电压截止, 万用表显示 “1”。其中一只二极管加正反向电压, 都导通, 说明该二极管击穿。

④故障排除: 更换二极管, 测量 A 点电位 (整流输出电压正极) 电压约为 10.8 V, 电路恢复正常工作。

3. 桥式整流稳压电路

(1) 参考桥式整流稳压电路图

桥式整流稳压电路图如图 3-4 所示。

(2) 桥式整流稳压电路调试步骤

具体操作步骤可参考单相半波整流电路调试步骤。

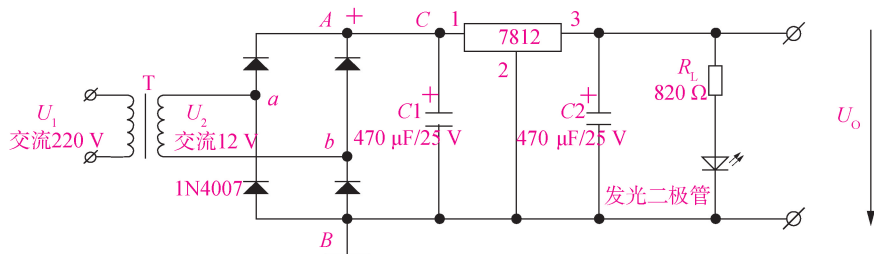


图 3-4 桥式整流稳压电路

(3) 测量数据

电路关键点测量值见表 3-5。

表 3-5 电路关键点测量值

单位: Ω/V

电路关键点	R_{ab}	R_{u1}	R_{u2}	u_1	u_2	u_{ab}	V_A	V_1	V_2	V_3	$V_{\text{发光}}$	U_R	U_O
测量值													

注:

R_{ab} ——电路总电阻, 主要目的是检测电路未接电源时, 是否存在短路现象; 若 $R_{ab} = 0 \Omega$, 说明电路存在短路现象。切记: 电路不能接电源。

V_A ——A 点电位 (整流输出电压正极)。

V_c ——电容电压。

V_1 ——三端稳压器输入端电压。

V_2 ——三端稳压器接地端电压。

V_3 ——三端稳压器输出端电压。

U_R ——负载两端电压。

U_Z ——发光二极管两端电压。

U_O ——电路输出电压。



汽车电源电路检测

4. 电路分析

(1) 单相半波整流电路输出电压

$$U_O = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \sqrt{2} U_2 \sin \omega t d(\omega t) = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0.45 U_2$$

(2) 单相全波整流电路输出电压

$$U_O = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_o d\omega t = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi 2\sqrt{2} U_2 \sin \omega t d(\omega t) = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 \approx 0.9 U_2$$

(3) 桥式整流稳压电路组成、作用

① 电路由变压、整流、稳压、负载 4 个部分组成。

② 变压器 (220 V/12 V): 将交流 220 V 电压降到交流 12 V 电压; 作用是给电路提供电源。

③整流：将交流电转变成直流电。

④稳压：将直流电稳定在 12 V。

⑤负载：电路中的用电器。

桥式整流稳压电路工作原理：将交流 220 V 电压降到交流 12 V 电压，给电路提供电源电压，由 4 个二极管组成全波整流电路，将交流 12 V 电压转变成直流电压；采用三端稳压器 7812，将直流电压稳定为 12 V，给负载提供直流 12 V 电压。

(4) 常见故障的（分析）诊断与排除

①故障现象：指示灯不亮。

②故障可能的范围：变压、整流、稳压、负载。

③故障分析（诊断思路）：测量三端稳压器输出端 V_3 电压为 0 V，测量 A 点电位（整流输出电压正极）电压约为 14.4 V，说明故障范围在稳压电路。在断电状态下，将三端稳压器 7812 从电路中取出（离线测量），用万用表的 20 k Ω 挡测量，检测三端稳压器 7812，1 引脚与 2 引脚的电阻为 0 Ω ，说明三端稳压器 7812 击穿。

④故障排除：更换三端稳压器 7812，电路恢复正常工作。

3.3.2 二极管的识别与检测

1. 识别正负极

二极管正负极如图 3-5 所示。正负极性的测量如图 3-6 所示。

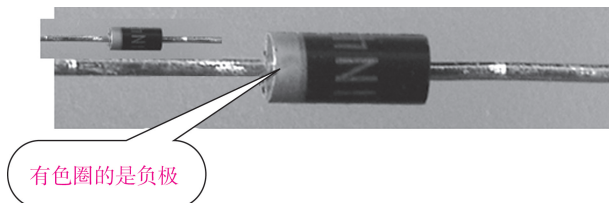


图 3-5 二极管的识别

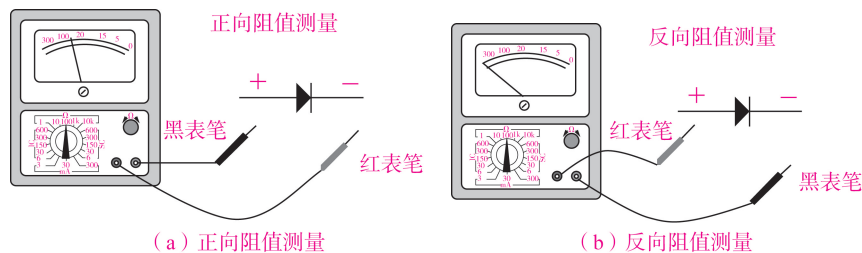


图 3-6 二极管正负极性的测量

2. 用万用表检测

下面介绍用万用表测量判断二极管的正、负极性的方法。

根据二极管正向电阻小，反向电阻大的特点：

- (1) 先将万用表转换开关置于 $R \times 100$ 或 $R \times 1K$ 电阻挡。
- (2) 用万用表红黑表笔分别接二极管的两端，测得一个阻值。

(3) 交换万用表表笔再测一次。如果二极管是好的,则两次测量结果必定一大一小。

(4) 以阻值较小的一次测量为准,黑表笔所接为二极管的正极,红表笔所接为二极管的负极。

用万用表检测二极管的质量见表 3-6。

表 3-6 二极管正、反向电阻检测分析

检测结果		二极管状态	判断结果
正向电阻	反向电阻		
几百欧至几千欧	几十千欧至几百千欧	二极管单向导电	正常
趋于无穷大	趋于无穷大	二极管正负极之间断开	开路
趋于零	趋于零	二极管正负极之间通路	短路
二极管正向电阻增大	反向电阻减小	单向导电性变坏	性能变差

3.3.3 项目实施

桥式整流滤波电路如图 3-7 和图 3-8 所示。

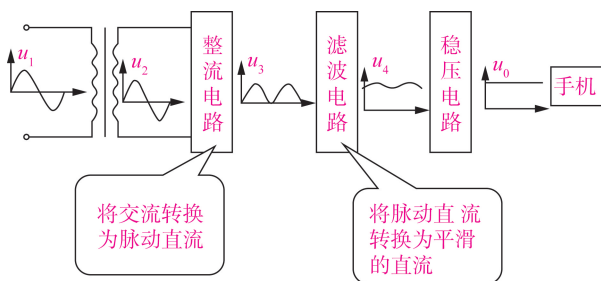


图 3-7 桥式整流滤波电路方框图

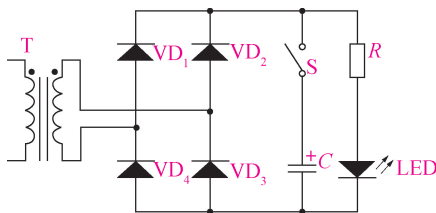


图 3-8 桥式整流滤波电路原理图

1. 认识电路

该电路由电源变压器 T 、整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 和滤波电容 C 组成,其中发光二极管 LED 与限流电阻 R 组成电源指示电路。

电源变压器 T 二次侧的低压交流电,经过整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 变成了脉动直流电。这种脉动直流电含有交流成分,因而需要利用滤波电容 C 滤除其中的交流成分,得到波动较小的直流电。电阻 R 和发光二极管 LED 既是电源指示电路,又可以作为整流滤波电路的负载。

2. 电路元器件的检测

- (1) 色环电阻:学会识读其标称阻值并用万用表测量其实际阻值。
- (2) 发光二极管:学会识别正负极性,会用万用表测量其正反向电阻。
- (3) 拨动开关:主要测量其质量及动合与动断端。
- (4) 电解电容器:识别判断其正负极性,并用万用表检测其质量好坏。

- (5) 二极管：识别正负极，并用万用表测其正反向电阻。
- (6) 电源变压器：用万用表测量其一次、二次线圈的阻值。

3. 电路仿真

用 Multisim 10.0 对该电路进行仿真，仿真图如图 3-9 所示。

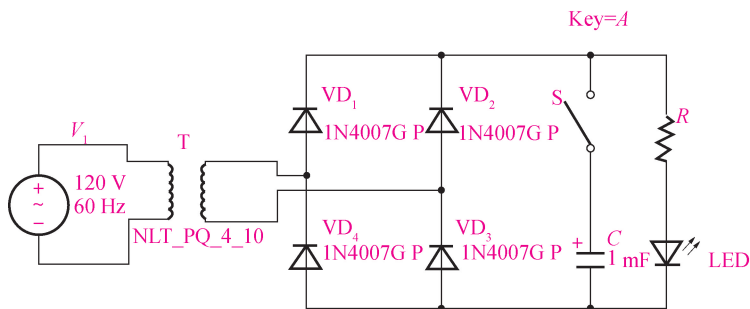


图 3-9 桥式整流滤波电路仿真图

4. 电路测试与分析

测试 1：用万用表测量变压器二次侧电压，并用示波器观察二次侧交流电压波形，如图 3-10 所示。

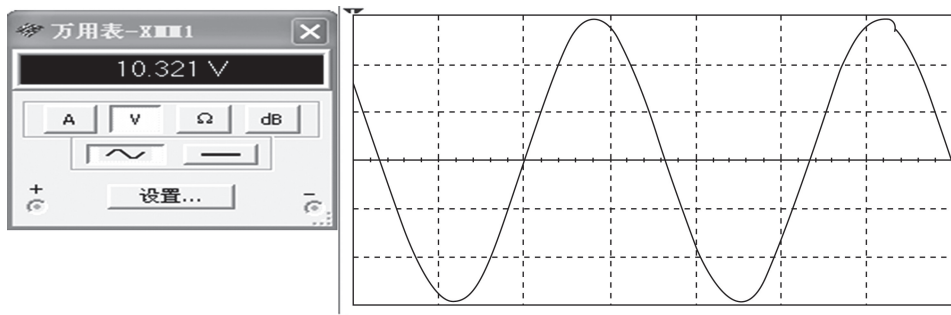


图 3-10 二次侧交流电压波形图

测试 2：当断开开关 S，断开滤波电容器 C 时，用万用表测量整流输出电压，并用示波器观察其波形，如图 3-11 所示。

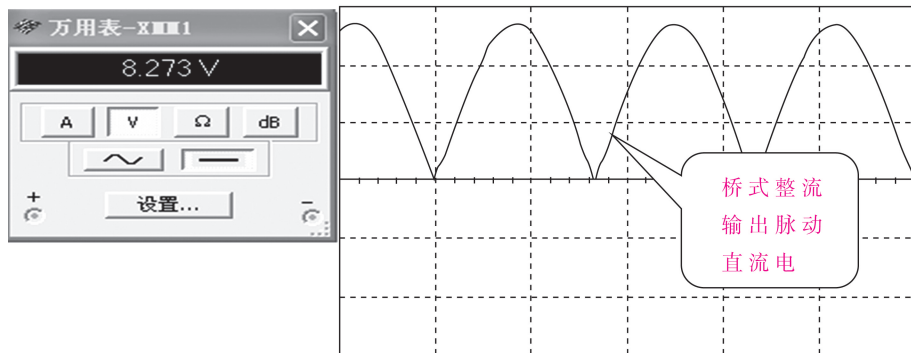


图 3-11 整流后电压波形图

测试 3：当闭合开关 S，接入滤波电容器 C 时，用万用表测量整流滤波输出后的电压，并用示波器观察其波形，如图 3-12 所示。

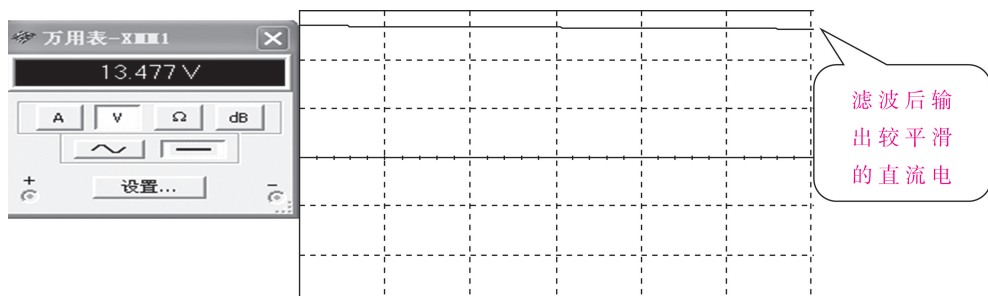


图 3-12 滤波后电压波形图

桥式整流滤波电路测试数据见表 3-7。

表 3-7 桥式整流滤波电路测试表

测试项目	变压器二次电压 u_2		输出电压 u_o	
	有效值	波形	有效值	波形
断开开关 S，未接入电容器 C 时				
闭合开关 S，接入电容器 C 时				

5. 电路的制作与调试

(1) 电路制作步骤

- ①按电路原理的结构在万能板上绘制电路元器件排列的布局。
- ②按工艺要求对元器件的引脚进行成形加工。
- ③按布局图在实验电路板上依次进行元器件的排列、插装。
- ④按焊接工艺要求对元器件进行焊接，直到所有元器件连接并焊完为止。
- ⑤焊接电源输入线或输入端子。

要求：元器件的排列与布局以合理、美观为标准。其中，普通二极管、色环电阻采用水平安装，电解电容器、发光二极管、开关采用直立式安装，开关安装时应尽量紧贴印制电路板。

注意：电解电容器、二极管、发光二极管的正负极性。

(2) 电路调试

用万用表 $R \times 1$ 电阻挡测整流输出端对地电阻

- ①测正向电阻。表针摆动后应接近无穷大。
- ②测反向电阻。表针摆动后应为几千欧至十几千欧。

测整流输出端对地电阻的目的是检查整流电路整流二极管、滤波电容是否正常，若其中有一个被击穿，此阻值必然发生变化。

6. 电路分析

桥式整流滤波电路正负半周电流通路分析如图 3-13 所示。

$u_2 > 0$ 时 VD_1 、 VD_3 导通 VD_2 、 VD_4 截止，
电流通路： $A \rightarrow VD_1 \rightarrow R_L \rightarrow VD_3 \rightarrow B$ 。

$u_2 < 0$ 时 VD_2 、 VD_4 导通 VD_1 、 VD_3 截止，
电流通路： $B \rightarrow VD_2 \rightarrow R_L \rightarrow VD_4 \rightarrow A$ 。

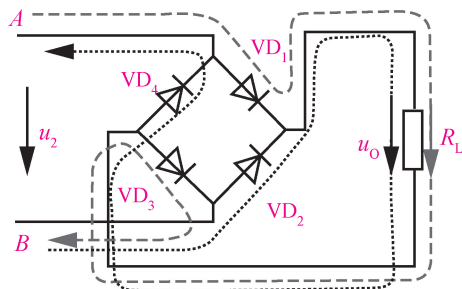


图 3-13 桥式整流滤波电路
正负半周电流通路分析图

3.3.4 电路板的设计与焊接要求

1. 电路板设计原则

(1) 根据电路图，对元器件进行整体布局，要求结构紧凑、排列美观、疏密均匀、重量均衡，一般按功能单元进行区域划分。

(2) 元器件的摆放方向和次序应尽量保持与电路图及信号传递顺序一致，走向一般为从左至右、自上而下，以方便接线。

(3) 布线时应走直线，保持横平竖直，不能出现斜线、交叉线。

(4) 对称性电路布置时应尽量保持其原有的对称性。

2. 元器件的安装要求

(1) 元器件的检查

元器件在焊接之前，应对其进行测量检查，确定其性能处于良好状态后方能安装。

(2) 元器件的安装

元器件的安装方法有多种，主要介绍以下 3 种。

①贴板安装。一般是指卧式安装，元器件与电路板的安装间隙在 1 mm 左右，其特点是简单、易安装、稳定性好，但不利于散热。安装示意图如图 3-14 所示。

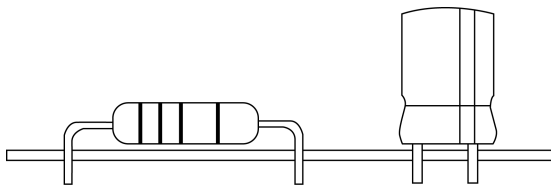


图 3-14 贴板安装示意图

②悬空安装。如图 3-15 所示，悬空安装与贴板安装的区别在于安装的高度不同，安装间隙为 3~8 mm，散热条件较好，但稳定性较差，安装也稍复杂。发热或怕热元器件一般都采用此种安装方法。

③立式安装。立式安装也称为竖直安装或垂直安装，如图 3-16 所示，其特点是元器件占地面积小，一般用于元器件密度较高的区域。但是，对于较重或引脚较细的元器件，不宜采用此法安装。