

高职高专电子信息类精品课程规划教材

现代电子工艺

李晓虹 编著 ■



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

精品课程

高职高专电子信息类精品课程规划教材

现代电子工艺

李晓虹 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书以培养学生从事实际工作的综合职业能力和综合职业技能为目的,本着理论联系实际、仿真与实际操作并用、会做与能写会画相结合的原则,注重知识的实用性、针对性和综合性,注重专业操作技能的训练与综合职业素质的培养,同时反映电子工艺的新技术、新动向,有利于学生的可持续发展。

全书分为三篇,其中:上篇“电子工艺基础知识”内容包括常用电子仪器仪表的使用、常用电子材料、常用电子元器件三章;中篇“电子产品装配工艺”内容包括常用技术文件、电子产品安装工艺基础、线材加工与连接工艺基础、电子部件装配工艺、表面组装技术(SMT)、电子整机总装与调试工艺、检验与包装工艺七章;下篇“电子工艺实验与综合实训”内容包括电子工艺基础实验、电子工艺综合实训两章。书中所有操作实例、实验及综合实训具有很强的可操作性,均可通过实际操作或仿真完成,且对实验设备的要求不高,适用面较广。

本书可作为高等职业院校应用电子技术、电子信息工程技术、通信技术等专业教材,也可作为学生电子兴趣小组学习电子制作的指导用书,亦可供从事电子信息技术相关工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代电子工艺/李晓虹编著. —西安:西安电子科技大学出版社, 2015.1

高职高专电子信息类精品课程规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3460 - 9

I. ① 现… II. ① 李… III. ① 电子技术—高等职业教育—教材 IV. ① TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 268800 号

策划编辑 秦志峰

责任编辑 秦志峰 宁晓蓉

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2015年1月第1版 2015年1月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 14

字 数 325千字

印 数 1~3000册

定 价 26.00元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3460 - 9/TN

XDUP 3752001 - 1

*** 如有印装问题可调换 ***

西安电子科技大学出版社

前 言

“现代电子工艺”是高等职业院校应用电子技术、电子信息工程技术、通信技术等专业必修的一门专业综合能力训练课程，目的是为电子产品整机生产企业培养具有产品装配、调试、检验与维修等能力的高端技能型专门人才。

本书是高等职业教育课程教学改革成果。为了满足高等职业教育培养高端技能型专门人才的教学需要，本书的编写注重融入自己的独特风格，将教师多年的教学经验总结升华，体现“教、学、做、画、写”多元一体的课程教学组织模式，实现理论与实践教学相融合，并在教学过程中引入 Proteus 仿真实验、工艺视频等现代教学技术手段。教学内容与当今企业的实际应用紧密结合，既强调传统工艺基础知识，又引入表面组装等新知识、新技术、新工艺，注重学生专业操作技能的训练与综合素质的培养。实际技能操作以元器件检测与应用、电路板装配为基础，以故障分析与处理、PCB 识图为重点，且每个实验及实训课题都可进行实际的操作与制作。教学的过程中引导学生积极思考，注重学生创新能力的培养，提倡同一课题任务的研究结果能够百花齐放；实验实训内容充实，除完成课程教学之外，留有足够的扩展空间及课题供学生课外自我提高，从而将课程教学由课内延伸到了课后，这一切充分体现了教材体系的完整性、先进性、针对性与适用性。

通过本书全部教学内容的学习与实践，能使获得电子工艺必要的基本理论、基本知识、基本技能及综合分析问题和解决问题的能力、能力，为学习后续专业知识以及今后从事工程技术工作打下坚实的基础。

通过本书全部教学内容的学习与实践，可使学生掌握电子整机生产中装配准备、装联、总装、调试、检验、包装等工艺；掌握电子整机装配工艺常用技术文件的识读，掌握工艺文件的编制；能够正确检测和合理使用各类电子元器件，掌握电子电路分析与仿真、电路识图与绘图；掌握电路板元件布局、电路板布线；掌握电子电路故障分析与处理等技能，能熟练地运用电子仪器仪表检测元器件、电路和整机的工作状态或性能；掌握实验与实训报告的撰写。

此外，在学习本书的过程中，还可培养学生根据项目任务制定、实施工作计划的能力，培养学生分析问题、解决问题的能力，培养学生的沟通能力及团

队协作精神，培养学生勇于创新、敬业乐业的工作作风，培养学生的社会责任心、质量意识、成本意识等。

本书为高职高专院校应用电子技术、电子信息工程技术、通信技术等专业的教学用书，不同的院校和专业选用本书时，可根据具体情况进行教学。

全书共 12 章，由武汉工程职业技术学院李晓虹编写。

本书的编写得到了武汉工程职业技术学院和西安电子科技大学出版社的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，真诚地欢迎读者及时进行交流并予以指正。编者邮箱 lixiaohong_youxiang@126.com。

编者

2014 年 4 月

目 录

上 篇 电子工艺基础知识

第 1 章 常用电子仪器仪表的使用	(3)
1.1 万用表	(3)
1.1.1 MF47 型万用表	(3)
1.1.2 MY-61 型数字万用表	(6)
1.2 示波器	(8)
1.2.1 SR-8 型双踪示波器	(8)
1.2.2 TDS1002 型数字示波器	(11)
1.3 信号发生器	(14)
1.4 兆欧表	(15)
习题 1	(15)
第 2 章 常用电子材料	(16)
2.1 线材	(16)
2.1.1 线材的分类	(16)
2.1.2 线材的选用	(18)
2.2 绝缘材料和磁性材料	(18)
2.2.1 绝缘材料	(18)
2.2.2 磁性材料	(19)
2.3 印制电路板	(19)
2.3.1 覆铜箔层压板	(19)
2.3.2 印制电路板的分类和特点	(20)
2.3.3 印制电路板常用抗干扰设计	(21)
2.4 辅助材料	(23)
2.4.1 焊料	(23)
2.4.2 助焊剂	(24)
2.4.3 阻焊剂	(25)
2.4.4 胶粘剂	(25)
习题 2	(26)
第 3 章 常用电子元器件	(27)
3.1 电阻器	(27)
3.1.1 电阻器概述	(27)
3.1.2 电阻器主要技术参数	(28)

3.1.3	电阻器的标识	(29)
3.1.4	可变电阻器	(30)
3.1.5	电阻器的检测与选用	(31)
3.2	电容器	(32)
3.2.1	电容器概述	(32)
3.2.2	电容器主要技术参数	(32)
3.2.3	电容器的标识	(32)
3.2.4	可变电容器和微调电容器	(33)
3.2.5	电容器的检测与选用	(33)
3.3	电感元件	(35)
3.3.1	电感线圈	(35)
3.3.2	变压器	(36)
3.4	半导体器件	(39)
3.4.1	半导体二极管	(39)
3.4.2	晶体三极管	(40)
3.4.3	场效应晶体管	(42)
3.4.4	晶闸管	(46)
3.4.5	光电器件	(49)
3.4.6	显示器件	(51)
3.5	集成电路(IC)	(53)
3.5.1	集成电路的基本类别	(53)
3.5.2	集成电路的封装与使用	(54)
3.6	电声器件	(56)
3.6.1	扬声器	(56)
3.6.2	传声器	(57)
3.7	开关、接插件和继电器	(58)
3.7.1	开关及接插件	(58)
3.7.2	继电器	(60)
3.8	霍尔元件	(61)
习题 3		(62)

中 篇 电子产品装配工艺

第 4 章	常用技术文件	(65)
4.1	设计文件	(65)
4.1.1	设计文件及其作用	(65)
4.1.2	电路图	(66)
4.1.3	框图	(73)
4.1.4	流程图	(73)
4.1.5	装配图	(74)

4.1.6	接线图	(75)
4.1.7	其他设计文件	(77)
4.2	工艺文件	(77)
4.2.1	工艺文件及其作用	(77)
4.2.2	常用工艺文件	(79)
习题4		(79)
第5章	电子产品安装工艺基础	(80)
5.1	常用工具与常用设备	(80)
5.1.1	常用工具	(80)
5.1.2	常用设备	(83)
5.2	焊接工艺	(84)
5.2.1	焊接的基本知识	(84)
5.2.2	焊接的操作要领	(87)
5.2.3	拆焊	(88)
5.3	其他连接工艺	(90)
5.3.1	胶接工艺	(90)
5.3.2	紧固件连接工艺	(91)
5.3.3	接插件连接工艺	(93)
习题5		(94)
第6章	线材加工与连接工艺基础	(95)
6.1	线材加工工艺	(95)
6.1.1	绝缘导线加工工艺	(95)
6.1.2	屏蔽导线端头加工工艺	(96)
6.2	线材连接工艺	(97)
6.2.1	导线焊接工艺	(97)
6.2.2	线材与线路接续设备接续工艺	(100)
6.3	线扎制作	(101)
6.3.1	线扎的要求	(101)
6.3.2	线扎制作方法	(101)
习题6		(102)
第7章	电子部件装配工艺	(103)
7.1	印制电路板的组装工艺	(103)
7.1.1	印制电路板组装工艺流程和要求	(103)
7.1.2	印制电路板元器件的插装	(104)
7.1.3	印制电路板的自动焊接技术	(109)
7.2	面板、机壳装配工艺	(111)
7.2.1	塑料面板、机壳加工工艺	(112)
7.2.2	面板、机壳的装配	(113)
7.3	散热件、屏蔽装置装配工艺	(114)

7.3.1 散热件的装配	(114)
7.3.2 屏蔽装置的装配	(114)
习题 7	(117)
第 8 章 表面组装技术(SMT)	(118)
8.1 SMT 元器件	(118)
8.1.1 常用贴片元件	(119)
8.1.2 常见贴片集成电路封装形式	(120)
8.2 SMT 辅助材料	(121)
8.2.1 贴片胶	(121)
8.2.2 焊膏	(122)
8.3 SMT 印刷、点胶与贴装工艺	(124)
8.3.1 SMT 印刷工艺	(124)
8.3.2 SMT 点胶工艺	(126)
8.3.3 SMT 贴装工艺	(127)
8.4 SMT 焊接工艺	(128)
8.4.1 SMT 自动焊接技术	(129)
8.4.2 SMT 组装工艺	(133)
8.5 SMT 质量标准	(135)
8.5.1 SMT 检验方法	(136)
8.5.2 SMT 检验标准	(136)
8.5.3 SMT 返修	(139)
8.6 安全常识及静电防护	(141)
8.6.1 安全常识	(141)
8.6.2 静电防护	(142)
习题 8	(142)
第 9 章 电子整机总装与调试工艺	(143)
9.1 电子整机总装工艺	(143)
9.1.1 总装	(143)
9.1.2 总装工艺	(144)
9.2 电子整机调试工艺	(146)
9.2.1 调试	(146)
9.2.2 调试工艺	(148)
9.2.3 故障查找与处理	(150)
9.2.4 调试的安全措施	(154)
习题 9	(154)
第 10 章 检验与包装工艺	(156)
10.1 检验	(156)
10.1.1 检验的基本知识	(156)
10.1.2 产品检验	(157)

10.1.3 例行试验	(158)
10.2 包装	(159)
10.2.1 包装的基本知识	(159)
10.2.2 条形码与防伪标志	(161)
习题 10	(162)

下 篇 电子工艺实验与综合实训

第 11 章 电子工艺基础实验	(165)
11.1 电阻器的识读与检测	(165)
11.2 电容器的识读与检测	(166)
11.3 电感元件的识读与检测	(168)
11.4 二极管的检测	(169)
11.5 三极管的检测与应用	(170)
11.6 场效应管的检测与应用	(172)
11.7 晶闸管的检测与应用	(175)
11.8 光电、显示器件的检测	(177)
11.9 集成电路、扬声器、开关	(178)
11.10 电磁继电器的检测与应用	(180)
11.11 导线加工工艺、导线的焊接	(182)
11.12 焊接及拆焊	(183)
11.13 贴片元件的检测	(184)
11.14 贴片元件的手工焊接与拆焊	(185)
第 12 章 电子工艺综合实训	(187)
12.1 多孔板电子电路的仿真、安装与调试	(187)
12.2 报警器 PCB 的测绘、安装与调试	(189)
12.3 自动照明电路 PCB 的测绘、安装与调试	(191)
12.4 ZX2031FM 微型收音机的安装与调试	(194)
附录	(201)
附录 A 电子电路设计软件 Protel 99 SE 的常用元件	(201)
附录 B 电子电路仿真软件 Proteus ISIS 的常用元件	(204)
附录 C 实验、实训报告的撰写	(209)
参考文献	(214)

上篇 电子工艺基础知识

第1章 常用电子仪器仪表的使用

【教学目标】

1. 掌握万用表的使用。
2. 掌握示波器的使用。
3. 掌握信号发生器的使用。
4. 了解兆欧表的使用。

1.1 万 用 表

万用表是电子电路安装与调试过程中使用最多的仪表。它一般以测量电阻、电压和电流为主要目的,同时具有测量电容、电感、晶体三极管直流电流放大系数等功能,由于用途广泛而被称为万用表。

万用表按指示方式可分为模拟式和数字式两大类。模拟式万用表以指针的形式指示测量结果,它由指示部分(磁电系表头)、测量电路和转换装置三部分组成;数字式万用表以数字的方式显示测量结果,可以自动显示测量数值及正、负极性,读数十分方便。

1.1.1 MF47 型万用表

1. MF47 型万用表的技术性能指标

电压灵敏度和欧姆表的中值电阻是万用表的两个重要指标。电压灵敏度以每伏的内阻表示,单位为 Ω/V 或 $k\Omega/V$ 。电压灵敏度越高,取自被测电路的电流越小,对被测电路正常工作状态的影响就越小,测量电压也越准确。中值电阻是当欧姆表的指针偏转至刻度的几何中心位置时所指示的电阻值,其数值正好等于该量程欧姆表的总内阻值。欧姆表标度的不均匀性,使欧姆表的有效测量范围仅局限于基本误差较小的刻度中央部分,它一般对应于 0.1~10 倍的中值电阻,因此测量电阻时应合理选择量程,使指针尽量靠近中心处(满刻度的 $1/3 \sim 2/3$ 之间),确保所测阻值准确。

2. 面板部件功能

MF47 型万用表面板如图 1-1 所示,面板上半部分是表头,表头中有红、绿、黑三种刻度线;表头下方是欧姆调零电位器旋钮(右)、 h_{FE} 测量插孔(左)以及量程选择开关(用于选择测量项目和测量范围);面板左下方有两个常用的表笔插孔,标有“+”的插孔插红表笔,标有“-”及“COM”的公共插孔插黑表笔;面板右下方也有两个表笔插孔,其中标有“5 A”的为大电流测量插孔,红表笔插入该插孔时可测量 500 mA~5 A 的直流电流,标有“2500 V”的为高电压测量插孔,红表笔插入该插孔时在直流 1000 V 或交流 1000 V 挡可

测量交、直流 1000~2500 V 高压；在 10 V 交流电压挡处有“C. L. dB”标识，用于外加 50 Hz、10 V 交流电压时测量电容、电感及电平值。面板下方正中还有一个表头机械调零旋钮，用于机械调零。



图 1-1 MF47 型万用表

3. 使用方法

(1) 机械调零。使用万用表前，需先调节机械调零旋钮，使指针指到零位。

(2) 测量电压。量程选择开关旋至合适的电压量程，如果不能估计被测电压的大约数值，应先选择最大量程“1000 V”，经试测后再确定适当量程。测量电压时，要分清交、直流电压量程。测量交、直流 2500 V 时，量程选择开关应分别旋至交流 1000 V 或直流 1000 V 挡位，红表笔插入“2500 V”专用插孔，黑表笔插入“COM”插孔，而后将红、黑表笔跨接于被测电路两端。注意：测量直流电压时，黑表笔应接低电位点，红表笔应接高电位点。测量电压时，应在指针偏转较大的位置进行读数，以减小测量误差。

(3) 测量直流电流。量程选择开关旋至合适的直流电流挡，红表笔串入电路的高电位点，黑表笔串入电路的低电位点，切不可将电流表跨接于电路中，防止烧坏表头。当测量 500 mA~5 A 电流时，万用表红表笔应插在“5 A”插孔内，量程选择开关置于 500 mA 直流电流量程挡。测量直流电流时，应在指针偏转较大的位置进行读数，以减小测量误差。

(4) 测量电阻。量程选择开关旋至适当的电阻挡，先将红、黑表笔短接，调节欧姆调零电位器使指针指向欧姆刻度线的“0Ω”处(满偏)，然后将表笔接至被测电阻两端，使表针指示在欧姆刻度线的中部进行读数。注意：测小阻值电阻时，要使表笔与电阻接触良好，测大阻值电阻时，要防止两手或其他物体造成旁路，影响测量结果；每次转换量程都应重新

进行欧姆调零后再测量；测量电路中的电阻时，应先切断电源，如电路中有电容则应先行放电，严禁在带电电路上测量电阻，因为这样做实际上是把欧姆表当作电压表使用，极易使电表烧毁；测量电解电容器的漏电阻时，可转动量程选择开关至 $R \times 1 \text{ k}\Omega$ 挡，红表笔接电容器负极，黑表笔接电容器正极。

(5) 测量音频电平。测量方法同测量交流电压一样，读数时观察面板最下方标有“dB”字样的刻度线。测量音频电平时，量程选择开关旋至交流“10V”挡，此时可以直接读数。如果音频电平很高，可将量程选择开关旋至交流 50 V、250 V、500 V 挡，测量结果应在 dB 刻度线读取数值基础上分别加上 +14 dB、+28 dB 和 +34 dB。如被测电路中带有直流电压成分，可以在“+”表笔中串接一个 $0.1 \mu\text{F}$ 的隔直电容器。

(6) 二极管极性判别。测试时选电阻 $R \times 100 \Omega$ 挡或 $R \times 1 \text{ k}\Omega$ 挡，测得阻值小时黑表笔所接的引脚为正极(MF47 型万用表的电阻挡中，红表笔为低电位极，黑表笔为高电位极)。

(7) 三极管直流电流放大系数 h_{FE} 值的测量。先转动量程选择开关至 ADJ 挡位，将红、黑表笔短接，调节欧姆调零电位器，使指针对准 h_{FE} 刻度线最大值(0 Ω)处，然后将量程选择开关旋至 h_{FE} 挡位，将要测的三极管引脚分别插入相应的三极管测试座的 e、b、c 孔内，指针偏转所示数值约为三极管直流电流放大系数 h_{FE} 值。标有“N”的插孔用于 NPN 型三极管，标有“P”的插孔用于 PNP 型三极管。

4. 使用注意事项

(1) 在使用万用表之前，应先进行机械调零，即在没有被测电量时，使万用表指针指在零电压或零电流的位置上。

(2) 遵守“临测检查”原则。要在每次临测前坚持检查是否“孔插对、挡拨对、笔接对”。其中：“孔插对”有两个意思，一是两表笔插头是否插进该插的孔，二是笔与孔的正、负不应颠倒；“挡拨对”是指测电路中的什么参数，就要对应相应挡位；“笔接对”是指表笔的正、负与被测电路的电位高、低应相对应(红表笔接高电位，黑表笔接低电位)。有这“三对”后才能接入测量。严禁用电流挡、电阻挡去测量电压。

(3) 遵守“单手操作”原则。如单手用握筷姿势握住两笔测量，测量间隔远的两个点时，可用鳄鱼夹固定一支表笔，单手持另一笔测量。测量高压时，应单手操作，注意安全。

(4) 遵守“未知用大”的原则。测未知电压或电流时，应选择最高量程挡，待测出粗值后，方可变换量程以准确测量。测量各电量时，遵守“不超极限”的原则。

(5) 遵守“测不换挡”原则。在测量某一电量时，不能在测量的同时换挡，尤其是在测量高电压或大电流时更应注意。否则，会使万用表毁坏。如需换挡，应先断开表笔，换挡后再去测量。

(6) 选择合适的量程挡后，测量时应用表笔触碰被测试点，同时观察指针的偏转情况。如果指针急剧偏转并超过量程或反偏，应立即抽回表笔，查明原因，予以改正。

(7) 所使用的挡位应尽量使指针指在刻度中部或中部偏右的区域，这时测量更准确些。有反射镜的表，应看到指针“物像重合”才读数；而无反射镜的表，则应让视线在指针所指刻度处垂直于表面读数。

(8) 万用表使用完毕，应将量程选择开关置于交流电压的最大挡位。定期检查、更换电池，以保证测量精度。如果长期不使用，应取出电池，以免电池腐蚀表内其他器件。

(9) 当发生过载而烧断熔断器时，可打开表盒更换相同型号的熔断器(通常为 0.5 A)。

1.1.2 MY-61 型数字万用表

MY-61 型万用表是一种数字式仪表,与一般指针式万用表相比,该表具有测量精度高、显示直观、可靠性好、功能全等优点。另外,它还具有自动调零和极性显示、超量程显示、低压指示等功能,装有快速熔丝管过流保护电路和过压保护元件。

1. MY-61 型数字万用表面板结构

MY-61 型数字万用表面板结构如图 1-2 所示。

(1) 电源开关(AUTO POWER OFF): 按键按下时,电源接通;按键弹起时,电源断开。

(2) 功能量程选择开关: 用于测量功能和量程的选择。

(3) 输入插孔: 共有四个输入插孔,分别标有“V· Ω ”、“COM”、“mA”和“10A”。其中,“V· Ω ”和“COM”两插孔间标有“CAT III 600 V CAT II 1000 V”字样,表示从这两个插孔输入的交流电压不能超过 600 V(有效值),直流电压不能超过 1000 V。此外“mA”和“COM”两插孔之间标有“200 mA MAX”,“10 A”和“COM”两插孔之间标有“20 A 15SEC MAX”,它们均表示由插孔输入的交流、直流电流的最大允许值。其中“20 A 15SEC MAX”表示最大输入电流为 20 A 的时间不能超过 15 s。测试过程中,黑表笔固定于“COM”不变,测电压或电阻时,红表笔置于“V· Ω ”,测电流时置于“mA”或“10 A”。

(4) h_{FE} 插座为 8 孔插座,标有 B、C、E 字样,其中 E 孔有两个,它们在内部是连通的,该插座用于测量晶体三极管的 h_{FE} 参数。



图 1-2 MY-61 型数字万用表

(5) 液晶显示器用于显示测量的数值和极性。该仪表可自动调零和自动显示极性。当仪表所用的9 V层叠电池的电压低于7 V时, 低压指示符号被点亮, 提醒更换电池以保证测量精度; 极性指示是指被测电压或电流为负时符号“-”点亮, 为正时极性符号不显示。最高位数字兼作超量程指示“1”。

2. MY-61型数字万用表的使用方法

(1) 测量电压。红表笔插入“V· Ω ”插孔, 黑表笔插入“COM”插孔, 将功能量程选择开关拨到“V—”或“V~”区域内适当的量程挡位, 即可进行直流或交流电压的测量。使用时将表与被测电路并联。注意由“V· Ω ”和“COM”两插孔输入的直流电压最大值不得超过对应量程的允许值。另外, 应注意所测交流电压的频率在40~400 Hz范围内。

(2) 测量电流。红表笔插入“mA”插孔(被测电流小于200 mA)或插入“10 A”插孔(被测电流大于200 mA), 黑表笔插入“COM”插孔, 将功能量程选择开关拨到“A—”区域内适当的量程挡位, 即可进行直流电流的测量。使用时应注意由“mA”、“COM”两插孔输入的直流电流不得超过200 mA。将功能量程选择开关拨到“A~”区域内适当的量程挡位, 即可进行交流电流的测量, 其余操作与测直流电流时的相同。

(3) 测量电阻。红表笔插入“V· Ω ”插孔, 黑表笔插入“COM”插孔, 将功能量程选择开关拨到“ Ω ”区域内适当的量程挡位, 即可进行电阻阻值的测量。精确测量电阻时应使用低阻挡(如20 Ω), 将两表笔短接测出两表笔引线电阻, 并据此值修正测量结果。为避免仪表或被测设备的损坏, 测量电阻前, 应切断被测电路的所有电源并将所有高压电容器放电。

(4) 测量二极管。红表笔插入“V· Ω ”插孔, 黑表笔插入“COM”插孔, 将功能量程选择开关拨到二极管挡, 即可进行测量。红表笔为高电位极、黑表笔为低电位极, 两表笔的开路电压为2.8 V(典型值)。测量时, 红表笔接二极管正极、黑表笔接二极管负极时为二极管正向接入, 锗管应显示0.15~0.3 V, 硅管应显示0.55~0.7 V; 当二极管反向接入时, 显示超量程指示“1”。

(5) 测量三极管。将功能量程选择开关拨到“ h_{FE} ”挡, 并将三极管的三个引脚分别插入 h_{FE} 插座“NPN”或“PNP”位置对应的孔内, 再打开电源开关, 即可进行测量。由于被测管工作于低电压、小电流状态(未达额定值), 因而测出的 h_{FE} 参数仅供参考。

(6) 测量电容。将功能量程选择开关拨到“F”区域内适当的量程挡位, 即可进行电容容量的测量。测量时, 将电容的两个引脚分别插入“Cx”插座的插孔内。注意: MY-61型数字万用表所能测量的最大电容量为20 μ F, 超过量程时显示超量程指示“1”。

(7) 检查线路通断。红表笔插入“V· Ω ”插孔, 黑表笔插入“COM”插孔, 将功能量程选择开关旋至蜂鸣器挡(与二极管挡为同一挡位), 测量线路时, 若被测线路电阻低于规定值(20 $\pm$ 10 Ω), 蜂鸣器发出声音, 表示线路是通的。

3. MY-61型数字万用表使用注意事项

- (1) 后盖没有盖好前严禁使用, 否则有电击危险。
- (2) 使用前应检查表笔绝缘层完好, 无破损及断线。
- (3) 使用前注意测试表笔插孔旁的符号“ $\triangle$ ”, 这是提醒测试电压和电流不要超出指示数字。测量前, 量程开关应置于对应量程。
- (4) 严禁在测量时任意改变量程开关挡位。
- (5) 被测电压高于DC 60 V和AC 36 V的场合, 均应小心谨慎, 防止触电。