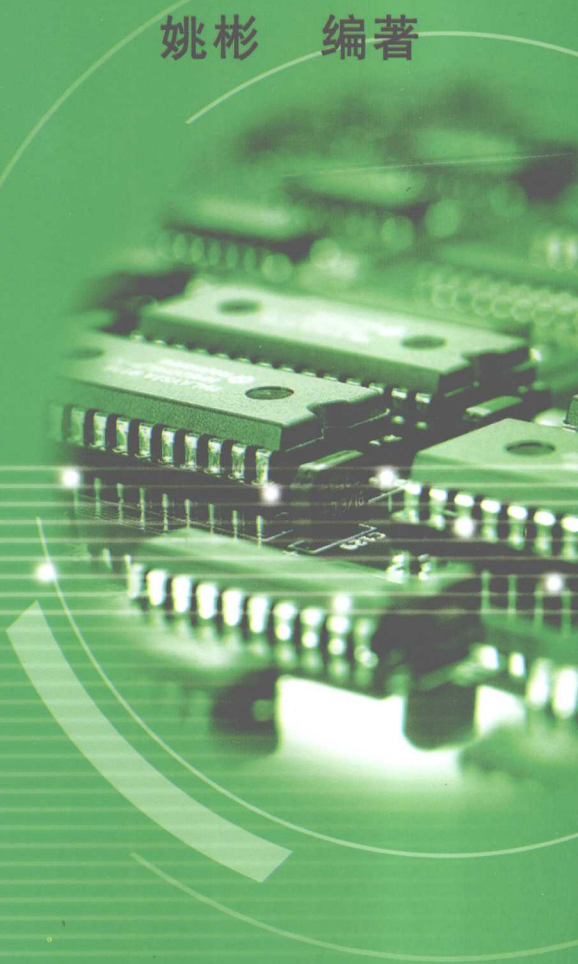


电子元器件 与电子实习实训教程

DIANZI YUANQIJIAN YU DIANZI SHIXI SHIXUN JIAOCHENG

姚彬 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电子元器件与电子实习 实训教程

姚 彬 编著



机械工业出版社

本书分为四个部分：第一部分介绍了常用电子元器件的基本原理与应用，同时介绍了电子技术基本技能的操作方法，它包括常用电子仪器、仪表的使用，常用电子元器件的识别与检测、安装与焊接工艺等；第二部分介绍了单元电路与综合电路的安装与测试；第三部分介绍了用 Protel 99 SE 进行原理图设计、电路仿真、印制电路板设计等内容；第四部分介绍了单片机的基础知识、编程、仿真、烧录过程以及应用程序实例等。

本书的最大特色是插入了许多实物图和操作步骤图，以便大家直观地理解、认识，更好地把理论与实践结合起来。本书通俗易懂、简明实用，适合普通高等工科电类专业学生的电子技术工艺实习实训以及各类初级电子技能培训班师生使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

电子元器件与电子实习实训教程/姚彬编著. —北京：机械工业出版社，2009.3

ISBN 978-7-111-26186-5

I. 电… II. 姚… III. ①电子元件—教材②电子技术—实习—教材 IV. TN6 TN-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 014266 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：吉 玲 责任编辑：蔡家伦 版式设计：霍永明

责任校对：姜 婷 封面设计：张 静 责任印制：李 妍

北京振兴源印务有限公司印刷厂印刷

2009 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18.25 印张·449 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-26186-5

定价：30.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010) 68326294

购书热线电话：(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010) 88379768

封面防伪标均为盗版

前言

我国既是高科技产业基地,又是全球制造业中心,需要大量基础知识扎实、专业技能突出的高级实用型人才。现代企业都强调动手能力,具备了良好的实践动手能力才能不断迎接新的挑战。

电子科学技术是当今信息时代的标志和关键,而培养高科技技术人才是电子科学技术得以发展的一个很重要的基础,在学习电子技术过程中我们需要不断地将理论与实践结合起来,以便于今后的发展与创新。本书通过许多实践实例意图全面提高学生的综合应用能力和动手能力,为学生理论结合实践,提高动手能力搭建了一个很好的平台。

编者从事电子实习实训教学二十余年,采取了多种形式的训练方法,积累了丰富的实践经验,将多年来制作以及创新的许多电子电路制作总结起来,通过这些电子电路制作的小实例激发学生的学习热情,取得了良好的实训效果,得到了广大师生的好评。

电子类专业的学生需掌握一定的技能才能更好地为将来走上工作岗位奠定良好的基础,通过多年的教学与社会实践,我们发现电子类专业的学生在校学习期间应掌握以下几个方面

- 1) 熟练使用万用表、示波器、信号源、稳压电源等常用仪表、仪器。
- 2) 掌握常用元器件的基本功能、识别方法和选型原则。
- 3) 熟练使用电烙铁焊接电路,掌握基本工具的使用。
- 4) 能够读懂并分析常见的电路,能搭接基本单元电路,如运放电路、4000 系列和 74 系列的数字电路。
- 5) 熟悉各种元器件的封装形式,熟练使用 Protel 99 SE 等软件进行原理图的设计绘制、电路图的仿真和印制电路板的设计。
- 6) 掌握单片机编程技术,进行电路与系统的开发应用。

许多电子类专业的学生在毕业求职时才感到自己的能力与企业所需要的能力差距很大,原因之一就是缺乏现代科技企业所需要的技术。面对如此激烈的市场竞争及如此高的就业压力,电子类专业的学生必须积极掌握这些技能,为以后的就业以及人生的发展打下良好的基础。

本书主要由山西大同大学工学院高级实验师姚彬老师编写,张媛媛搜集了大量资料,制作了全书的文稿和所有图表。本书中参考了部分刊物的实例,在此对这些作者表示衷心的感谢!

目 录

前言

第1章 常用仪表与仪器的

使用方法..... 1

1.1 万用表 1

1.2 直流稳压电源 6

1.3 示波器 6

第2章 常用传统元器件 15

2.1 电阻器 15

2.2 电容器 19

2.3 电感器 23

2.4 变压器 24

2.5 晶体二极管 26

2.6 晶体管 31

2.7 场效应晶体管 34

2.8 单结晶体管 36

2.9 晶闸管 37

2.10 开关 39

2.11 继电器 41

2.12 电声器件 44

2.13 光电器件 48

2.14 集成电路 51

2.15 集成稳压器 53

2.16 集成运算放大器 57

2.17 霍尔元件 59

2.18 LED数码管 60

2.19 石英晶体 61

2.20 接插件 62

2.21 保护元件 64

第3章 常用贴片元器件 67

3.1 贴片电阻 67

3.2 贴片电容 69

3.3 贴片电感 70

3.4 贴片二极管 70

3.5 贴片晶体管与贴片场效应晶体管 71

3.6 贴片稳压块 71

3.7 贴片集成电路 72

第4章 常用材料及工具 74

4.1 线材 74

4.2 绝缘材料 75

4.3 磁性材料 76

4.4 印制电路板 76

4.5 常用工具 80

第5章 焊接技术 82

5.1 锡焊的技术要素 82

5.2 焊点的质量要求 83

5.3 焊接工具 83

5.4 焊接材料 85

5.5 手工焊接技术 88

5.6 拆焊技术 92

5.7 浸焊与波峰焊 93

5.8 表面安装技术 94

5.9 无锡焊接技术 95

第6章 电子装配技术 97

6.1 装配准备技术 97

6.2 电子设备组装工艺 99

6.3 电子元器件的布局 99

6.4 元器件的安装方式 100

6.5 印制电路板组装技术 101

6.6 连接工艺和整机总装工艺 101

6.7 整机总装质量的检验 102

第7章 调试工艺基础 103

7.1 调试工艺过程 103

7.2 静态测试与调整 103

7.3 动态测试与调整	104	8.34 一种新颖的“多米诺骨牌” 电路	157
7.4 整机性能测试与调整	104	8.35 多谐振荡器电路集锦	158
7.5 电路故障检测方法	105	第9章 整机装配实例——中夏牌 ZX—619 袖珍台式收音机装配	162
第8章 电子电路制作	107	9.1 电路图总体分析	162
8.1 光控电路	107	9.2 单元电路分析	163
8.2 变色发光管电路	108	9.3 直流供电电路分析	164
8.3 晶闸管检测电路	109	9.4 装配说明	164
8.4 微分电路	110	9.5 调试工艺	165
8.5 单稳态电路	111	9.6 执行工艺文件, 完成整机装配	166
8.6 电池状态指示器	112	第10章 制作安全	167
8.7 多谐振荡电路	113	10.1 人身安全	167
8.8 红外线发射与红外线接收电路	114	10.2 仪器、仪表的安全	167
8.9 电压监视器	115	10.3 制作作品的安全	168
8.10 数码显示器	116	第11章 Protel99 SE	170
8.11 脉冲振荡器	116	11.1 Protel99 SE 简介	170
8.12 译码计数器	117	11.2 两级放大电路原理图设计	171
8.13 通路(短路)测试器	119	11.3 单管放大电路仿真	179
8.14 单键控制的双稳态电路	120	11.4 Protel99 SE 印制电路板(PCB)手工 绘制技术	183
8.15 开路报警自锁电路	120	11.5 PCB 的自动布线	190
8.16 温度报警器	121	11.6 绘制双面印制板	195
8.17 声控闪光电路	123	11.7 用 Protel99 SE 设计原理图的 注意事项	198
8.18 用 LM386 组成的功率 放大电路	124	11.8 PCB 图设计的常见问题解答	200
8.19 音乐集成电路	125	11.9 用 Protel99 SE 设计电路板的常见 错误分析	203
8.20 直流稳压电源	127	11.10 Protel99 SE 元件库的 编辑与创建	204
8.21 四路智力竞赛抢答器	128	第12章 单片机应用系统与 开发过程	207
8.22 两位计数显示器	130	12.1 单片机的基本概念	207
8.23 倒计时显示器	132	12.2 常用的8位单片机	208
8.24 两位数字选号器	134	12.3 单片机中存储器的类型及特点	213
8.25 动态扫描显示电路	136	12.4 8050 单片机引脚功能	214
8.26 模拟救护车声响电路	138		
8.27 竞赛用计分器	139		
8.28 彩灯控制器	142		
8.29 时间累计器	145		
8.30 数字电子钟	147		
8.31 数字频率计	150		
8.32 交通信号灯	153		
8.33 摩托车“霹雳灯”	155		

12.5 89C51 单片机的基本结构和	215
工作原理	215
12.6 单片机的总线与口线	217
12.7 单片机的学习方法	219
12.8 单片机的仿真与调试	221
12.9 汇编程序设计基础	222
12.10 单片机的集成开发环境	226
12.11 单片机的仿真过程	229
12.12 单片机应用系统的构建	230
12.13 单片机产品的开发过程	232
12.14 单片机定时程序的	

编程技术	232
12.15 单片机编程基础练习	235
12.16 单片机综合训练——花样	
灯控制	261
12.17 单片机应用实例	269
12.18 单片机应用时要注意的问题	271

附录 常用 TTL、CMOS 等集成电路	
引脚排列图	272

参考文献	285
------	-----

10.1 安全事项	285
10.2 安全事项	285
10.3 安全事项	285
10.4 安全事项	285
10.5 安全事项	285
10.6 安全事项	285
10.7 安全事项	285
10.8 安全事项	285
10.9 安全事项	285
10.10 安全事项	285
10.11 安全事项	285
10.12 安全事项	285
10.13 安全事项	285
10.14 安全事项	285
10.15 安全事项	285
10.16 安全事项	285
10.17 安全事项	285
10.18 安全事项	285
10.19 安全事项	285
10.20 安全事项	285
10.21 安全事项	285
10.22 安全事项	285
10.23 安全事项	285
10.24 安全事项	285
10.25 安全事项	285
10.26 安全事项	285
10.27 安全事项	285
10.28 安全事项	285
10.29 安全事项	285
10.30 安全事项	285
10.31 安全事项	285
10.32 安全事项	285
10.33 安全事项	285
10.34 安全事项	285
10.35 安全事项	285
10.36 安全事项	285
10.37 安全事项	285
10.38 安全事项	285
10.39 安全事项	285
10.40 安全事项	285
10.41 安全事项	285
10.42 安全事项	285
10.43 安全事项	285
10.44 安全事项	285
10.45 安全事项	285
10.46 安全事项	285
10.47 安全事项	285
10.48 安全事项	285
10.49 安全事项	285
10.50 安全事项	285
10.51 安全事项	285
10.52 安全事项	285
10.53 安全事项	285
10.54 安全事项	285
10.55 安全事项	285
10.56 安全事项	285
10.57 安全事项	285
10.58 安全事项	285
10.59 安全事项	285
10.60 安全事项	285
10.61 安全事项	285
10.62 安全事项	285
10.63 安全事项	285
10.64 安全事项	285
10.65 安全事项	285
10.66 安全事项	285
10.67 安全事项	285
10.68 安全事项	285
10.69 安全事项	285
10.70 安全事项	285
10.71 安全事项	285
10.72 安全事项	285
10.73 安全事项	285
10.74 安全事项	285
10.75 安全事项	285
10.76 安全事项	285
10.77 安全事项	285
10.78 安全事项	285
10.79 安全事项	285
10.80 安全事项	285
10.81 安全事项	285
10.82 安全事项	285
10.83 安全事项	285
10.84 安全事项	285
10.85 安全事项	285
10.86 安全事项	285
10.87 安全事项	285
10.88 安全事项	285
10.89 安全事项	285
10.90 安全事项	285
10.91 安全事项	285
10.92 安全事项	285
10.93 安全事项	285
10.94 安全事项	285
10.95 安全事项	285
10.96 安全事项	285
10.97 安全事项	285
10.98 安全事项	285
10.99 安全事项	285
11.00 安全事项	285

11.1 安全事项	285
11.2 安全事项	285
11.3 安全事项	285
11.4 安全事项	285
11.5 安全事项	285
11.6 安全事项	285
11.7 安全事项	285
11.8 安全事项	285
11.9 安全事项	285
11.10 安全事项	285
11.11 安全事项	285
11.12 安全事项	285
11.13 安全事项	285
11.14 安全事项	285
11.15 安全事项	285
11.16 安全事项	285
11.17 安全事项	285
11.18 安全事项	285
11.19 安全事项	285
11.20 安全事项	285
11.21 安全事项	285
11.22 安全事项	285
11.23 安全事项	285
11.24 安全事项	285
11.25 安全事项	285
11.26 安全事项	285
11.27 安全事项	285
11.28 安全事项	285
11.29 安全事项	285
11.30 安全事项	285
11.31 安全事项	285
11.32 安全事项	285
11.33 安全事项	285
11.34 安全事项	285
11.35 安全事项	285
11.36 安全事项	285
11.37 安全事项	285
11.38 安全事项	285
11.39 安全事项	285
11.40 安全事项	285
11.41 安全事项	285
11.42 安全事项	285
11.43 安全事项	285
11.44 安全事项	285
11.45 安全事项	285
11.46 安全事项	285
11.47 安全事项	285
11.48 安全事项	285
11.49 安全事项	285
11.50 安全事项	285
11.51 安全事项	285
11.52 安全事项	285
11.53 安全事项	285
11.54 安全事项	285
11.55 安全事项	285
11.56 安全事项	285
11.57 安全事项	285
11.58 安全事项	285
11.59 安全事项	285
11.60 安全事项	285
11.61 安全事项	285
11.62 安全事项	285
11.63 安全事项	285
11.64 安全事项	285
11.65 安全事项	285
11.66 安全事项	285
11.67 安全事项	285
11.68 安全事项	285
11.69 安全事项	285
11.70 安全事项	285
11.71 安全事项	285
11.72 安全事项	285
11.73 安全事项	285
11.74 安全事项	285
11.75 安全事项	285
11.76 安全事项	285
11.77 安全事项	285
11.78 安全事项	285
11.79 安全事项	285
11.80 安全事项	285
11.81 安全事项	285
11.82 安全事项	285
11.83 安全事项	285
11.84 安全事项	285
11.85 安全事项	285
11.86 安全事项	285
11.87 安全事项	285
11.88 安全事项	285
11.89 安全事项	285
11.90 安全事项	285
11.91 安全事项	285
11.92 安全事项	285
11.93 安全事项	285
11.94 安全事项	285
11.95 安全事项	285
11.96 安全事项	285
11.97 安全事项	285
11.98 安全事项	285
11.99 安全事项	285
12.00 安全事项	285

第1章 常用仪表与仪器的使用方法

1.1 万用表

万用表又称万能表、三用表等，是一种多功能携带式电工电子测试仪表。它可用来测量交、直流电压、电流，直流电阻以及二极管、晶体管等参数，其结构和型号多种多样，表盘、旋钮的分布也有所区别。使用时必须熟悉每个转换开关、旋钮、按键、插座和接线柱的作用，了解表盘上每条刻度的特点及其对应的被测电量，这样可以充分发挥万用表的作用，使测量结果准确可靠，并防止万用表在误操作中被损坏。

目前常用的万用表有指针式和数字式两种。

1. 指针万用表

(1) 指针万用表介绍

指针万用表又称模拟式万用表，主要指磁电式万用表。指针万用表主要由表头（测量机构）、测量电路和转换开关组成。它的外形可以做成便携式和袖珍式两种，刻度盘、转换开关、调零旋钮以及接线插孔装在面板上。指针万用表可靠耐用，观察动态过程直观，但读数精度和分辨率较低。衡量指针万用表性能的重要指标是电压表灵敏度（ Ω/V ），较好的指针万用表参数大于 $20k\Omega/V$ 。MF47 型指针万用表的外观如图 1-1 所示。



(2) 指针万用表的组成

1) 表头是指针万用表的重要组成部分，它的工作原理是利用电磁感应将电量的变化转变为指针偏转角的变化。表头的满刻度偏转电流一般为几微安到几百微安，指针满偏时，流过表头的电流较小，表的灵敏度较高。表头是比较精密而又“娇气”的电子元件，较强的振动或过载都会损坏它。

2) 测量电路由电子元件和印制电路板装配而成，是指针万用表的中心环节，主要用来实现多种电量测量时的变换，即把被测量变换成磁电式表头所能接受的直流电流，从而使指针偏转并指示读数。测量电路根据测量范围的不同，其复杂程度也不相同。

3) 转换开关也称旋转开关、功能开关、量程开关等。它和插孔结合实现换挡，从而选择电量 DC（直流）/AC（交流）、V/ Ω /mA 和换量程（测量范围）等。

转换开关的插孔有以下几种形式。

主插孔——用来接插表笔，对指针万用表来说，红表笔的插头应接到标有“+”符号的插孔中，黑表笔的插头应接到标有“-”或“COM”符号的插孔中；对数字万用表而言，红表笔的插头应接到标有“V/ Ω ”符号插孔中，黑表笔的插头应接到标有“COM”符号的

图 1-1 MF47 型指针万用表的外观

插孔中。红、黑表笔是根据万用表的内部电路来区分的,在测量直流电流或直流电压时,应使电流从红表笔流入,从黑表笔流出。这样万用表才能正确指出被测电量的数值,否则不仅不能测量数值,还很可能烧毁万用表,因此使用时要把红、黑表笔插入相应的插孔中。

辅助插孔——在很多万用表中,除红、黑表笔插孔外,还有其他一些辅助的插孔,这些插孔因万用表不同而有所差异。以 MF47 型万用表为例,“2500V”插孔是用来测量交直流电压的,当被测电压在 1000 ~ 2500V 之间时,则将红表笔插入该插孔中,黑表笔插入标有“-”或“COM”符号的插孔中,同时万用表量程开关置于直流电压 1000V 挡;“DC5A”插孔只在测量大于 500mA 的直流电流时使用,此时将万用表红表笔插入该插孔中,黑表笔插入标有“-”或“COM”符号的插孔中,量程开关置于直流电流 500mA 挡即可测量。

晶体管测量孔——在测量晶体管的电流放大系数 β 值时,万用表具有专用的插孔。测量时将转换开关置于“ h_{FE} ”挡位,晶体管的三个电极分别插入标有 e、b、c 的三个孔即可读出 β 值。该孔标有“N”或“NPN”字母的用来测量 NPN 型晶体管,标有“P”或“PNP”字母的用来测量 PNP 型晶体管。

(3) 被测电量和量程的选择

指针万用表是一个多电量、多量程的测量仪表,在测量中应首先选择相应的电量和量程,如测量 220V 交流电的电压时,转换开关应置于交流电压挡,并选择 250V 或 500V 量程。

指针万用表被测电量子程的选择有两种方法:一种是同时选择,即一个转换开关在选择量程的同时,还用来选择电量;另一种是分别选择,使用两个转换开关,一个用来选择被测电量的种类,另一个用来选择量程。在选择指针量程时,一般要使指针指示在满刻度的 $\frac{1}{2}$ 或 $\frac{2}{3}$ 以上的位置,这样既便于读数,测量结果又比较准确。如果不知道被测电量的范围,可先选择最大的量程,若指针偏转很小,再逐步换用小量程。

(4) 数值的读取

指针万用表的表盘上有多条标度尺,它们分别在测量不同电量时使用。在选好电量种类和量程后,还要在相应的标度尺上读数。如标有“DC”或“-”的标度尺可用来读取直流量;而标有“AC”或“~”的标度尺可以用来读取交流量。在读数时,眼睛应位于指针的正上方,以便准确读数。对于有反射镜的万用表,应使指针和镜像中的指针重合,这样可以减小读数误差,提高读数的准确性。在测量电流和电压时,还要根据所选择的量程来确定刻度线上每一个小格所代表的值,从而确定最终的读数。

(5) 表笔极性及表笔间电压

测量有极性的元器件如二极管、晶体管、电解电容等时需注意表笔的极性。在电阻挡,指针表的极性为:红表笔“-”,黑表笔“+”;表笔间电压为:10k 挡为 9 ~ 22.5V,其他挡为 1.5V。

(6) 指针万用表的使用方法 (以 MF47 型万用表为例)

1) 机械调零:在使用指针万用表之前,应先检查机械零位,即在没有被测电量时,万用表指针指在零电压或零电流的位置上,否则应进行“机械调零”。机械调零的方法是用小螺钉旋具调整调零旋钮(在万用表面板的中心位置),使指针准确指示在刻度尺的零位(一

一般在表盘的左侧)。

2) 交直流电压的测量: 将红、黑表笔分别插在“+”、“-”(或“COM”)插孔中, 测量交流 10 ~ 1000V 或直流 0.25 ~ 1000V 时, 量程开关旋至所需电压挡。如测量交流或直流 2500V 时, 量程开关应分别旋至交流 1000V 或直流 1000V 位置上, 然后将表笔跨接于被测电路的两端, 测量结果从表盘上的第三条刻度线读取数值。表盘上的第二条刻度线专门用来显示交流 10V 的测量。

3) 直流电流的测量: 测量 0.05 ~ 500mA 的直流电流时, 应将量程开关旋至所需的电流挡。测量直流电流时一定要将万用表的两个表笔串接于电路中, 并且红表笔要接电压高的一端, 黑表笔要接电压低的一端, 否则指针偏向左边(反偏), 电流大时有可能将指针打弯, 万用表内不装电池也可进行交直流电压和直流电流的测量。直流电流测量结果从表盘上的第三条刻度线读取数值。

4) 直流电阻的测量: 表内需装入一节 R14 型 2 号 1.5V 电池(这时 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 挡能使用), 和一节 9V 叠层电池(这时 $R \times 10k$ 也能使用)。将量程开关旋至所需的电阻挡, 接着进行电调零。电调零的方法是将红、黑两表笔短接, 然后调节欧姆调零旋钮, 使指针对准欧姆刻度线的零位上(一般在表盘的右侧), 然后分开红、黑表笔将它们跨接在电阻两端即可测量, 测量结果从表盘上的第一条刻度线读取数值。

5) 电容、电感的测量: 将量程开关旋至交流 10V 的位置, 被测电容或被测电感串接于任一表笔, 然后跨接于 10V 交流电压电路中进行测量。测量电容结果从表盘上的第五条刻度线读取数值, 测量电感结果从表盘上的第六条刻度线读取数值。

6) 直流放大倍数 h_{FE} 的测量: 先使量程开关旋至晶体管调节 ADJ 位置上, 将红、黑两表笔短接, 调节欧姆(调零)旋钮电位器使指针对准“ $300h_{FE}$ ”的刻度线上, 然后转动开关到 h_{FE} 位置, 将要测试的晶体管引脚分别插入晶体管测试座的 e、b、c 孔中, 这时指针偏转所示数值约为晶体管的直流放大倍数 β 值, 测量结果从表盘上的第四条刻度线读取数值。

7) 音频电平测量: 音频电平测量是在一定的负荷阻抗上, 用以测量放大级的增益和电路输送的损耗, 测量单位以分贝表示。音频电平是以 10V 为基准刻度, 测量方法与交流电压基本相似, 转动量程开关至相应的交流电压挡, 并使指针有较大的偏转。如被测电路中带有直流成分时, 可在“+”插座中串接一个 0.1 μF 的隔直流电容器。测量结果从表盘上的第七条刻度线读取数值。

2. 数字万用表

(1) 数字万用表介绍

数字万用表(DMM)以十进制数字直接显示, 它的特点是读数直接、简单、准确、功能较多(可测量交直流电压、电流、电阻、电容、二极管、晶体管、温度等参数), 分辨率高, 测量速度快, 输入阻抗高, 功耗低, 保护功能齐全等。由于它的这些优点而被广泛应用到社会生活的各个领域。但数字万用表有错误不易察觉, 使用维护要求较高的缺点。显示位数是衡量数字万用表性能的重要指标, 有 3 位半(一般习惯写作 3.5 位, 最大显示值为 1999)、4 位半、5 位半、6 位半等。其位数越多, 精度和分辨率越高。DT890C+ 型数字万用表的外观如图 1-2 所示。

(2) 数字万用表的组成原理

图 1-2 DT890C+ 型数字万用表的外观

1) 直流电压挡的使用：将电源开关置于“ON”，红表笔插入“V/ Ω ”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，量程开关置于“DCV”范围内合适的量程，两表笔并接于被测电路两端即可测量直流电压。DT890C+型数字万用表直流电压最大可测1000V。若无法估计被测电压大小时，应先拨至最大量程，然后再根据显示调小量程开关并选择合适量程后再读出数值（在交直流电压、交直流电流测量中都应如此）。

3) 直流电流挡的使用：将量程开关置于“DCA”范围内合适的量程，红表笔插入“A”孔，黑表笔仍插在“COM”插孔，两表笔串联在被测电路中即可进行直流电流测量，测量出的电流值即时出现在显示屏上。当被测电流大于200mA时，应将红表笔改插“20A”插孔。注意，测量大电流时，测量时间不应超过15s。

5) 电阻挡的使用：使用电阻挡时，红表笔应插入“V/Ω”插孔，黑表笔仍在“COM”插孔，量程开关置于“Ω”范围合适的量程即可进行电阻测量。可以测量 $0.1\Omega \sim 200M\Omega$ 的电阻，若发现显示屏左端出现“1”字，可采用高一挡位的量程来测量。如果所测的电阻在任何挡位上都如此，可以确定该电阻已断路。当无输入时，如开路情况，显示屏也显示“1”。对于测量大于 $1M\Omega$ 或更高的电阻，读数要经过几秒才能稳定，这是正确的。

一般此挡测量结果只作参考用。若显示“0”（短路）或“1”（开路），则表示被测晶体管已损坏，不能使用。

7) 电容挡的使用：当需要测量电容的容量大小时，不用两表笔，量程开关置于 CAP（或 Cx）挡的合适量程，将待测电容直接插入电容插孔中，等读数稳定后即可读取相应的数值。由于仪器本身已对电容挡设置了保护，故在电容测试过程中不必考虑电容器的极性及充放电等情况。但对大容量、高耐压的电容器最好事先给电容器放电，否则有可能损坏万用表。给电容器放电的方法是用一根表笔线，将线的两端分别接触电容器的两端，也可用螺钉旋具的金属部分去碰触电容器的两端。

8) 二极管测试及带蜂鸣器的连续性测试：将红表笔插入“V/ Ω ”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，量程开关置于“二极管”挡，两表笔分别接待测二极管或待测电路的两点，万用表显示屏的读数为二极管正向压降的近似值。若显示“0”，说明二极管短路；若显示“1”，说明二极管开路。当待测电路的两点间电阻值低于 70Ω ，内置蜂鸣器发出声音。表内发出蜂鸣声说明导线通或导线间存在短路。

9) 温度测试：将功能开关置于温度量程，将热电偶传感器的冷端（自由端）插入温度测试孔中，热电偶的工作端（测温端）置于待测处，即可直接从显示屏上读取温度值，单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。当热电偶传感器开路时，显示为常温。

3. 指针与数字万用表的使用注意事项

1) 指针万用表在进行直流电阻测量时，每变换一次量程开关都要进行一次电调零，否则测量出的电阻阻值不精确。

2) 指针万用表在使用时必须水平放置，以免造成误差。同时还要避免外界电场对万用表的影响。

3) 在测量某一电量时，尤其是在测量高电压或大电流时更应注意，不能在测量时换挡，否则会使万用表损坏。如需换挡，应先断开表笔与电路的接触，换挡后再进行测量。

4) 测量时一般采用单手握笔，特别是测量高电压，如 AC220V 以上，测量点较远时可用双手握笔。在使用万用表的过程中，不能用手接触表笔的金属部分，这样一方面可以保证测量的准确，另一方面也可以保证人身安全。

5) 测量电阻时，严禁带电测量，还要注意两手不要同时接触电阻，以免造成测量误差，特别是阻值较大的电阻。

6) 测量交流时，交流电压或电流的频率不得超过 $45 \sim 500\text{Hz}$ ，否则测量结果不准确。

7) 指针万用表使用完毕，应将转换开关置于交流电压的最大挡，数字万用表使用完毕，应将量程开关置于电压最高量程，然后再关电源。如果长期不用，还应将万用表内部的电池取出，以免电池腐蚀损坏表内其他器件。

8) 指针万用表和数字万用表两者配合可取长补短，例如测量电阻阻值和电压时可用数字万用表，这样读数精确直观；测量电流或电容器的充放电时可用指针万用表，这样观察动态过程明显。通常测试要求精度高时应用数字万用表。

9) 需要注意的是不得在高温、曝晒、潮湿、灰尘大等恶劣环境下使用或存放数字万用表。

10) 更换电池或熔丝管时，应切断电源并移出表笔，打开电池门用同样规格的新电池或熔丝管替换原有的。更换电池时应注意电池的极性；更换熔丝管时应使新熔丝管与原来熔

丝管的额定电流一致。

1.2 直流稳压电源

本书以 QF1730M 系列直流稳压电源为例,介绍直流稳压电源的使用,QF1730M 系列直流稳压电源输出电压、电流连续可调,电压 $0 \sim 32\text{V}$,有电流 $0 \sim 1\text{A}$ 、 $0 \sim 2\text{A}$ 、 $0 \sim 3\text{A}$ 、 $0 \sim 5\text{A}$ 四种机型,其外观如图 1-3 所示。该类电源在恒压、恒流下工作,这两种模式随负载变化自动转换。主机、从机分别独立工作,也可并联、串联工作和自动跟踪工作,即从机输出电压随主机而变。面板上有一块 3.5 位数码显示表,显示输出电压、输出电流大小。本机内每组输出有两个继电器自动切换电源变压器二次抽头,使仪器输出低电压时减小调整管上的功率损耗。

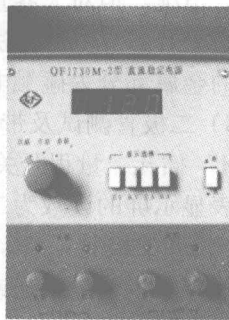


图 1-3 QF1730M 系列直流稳压电源的外观

1. 双路分别恒压工作

将波段开关旋钮转到“双路”位置,恒流旋钮分别顺时针转到最大。接通电源观察数字显示表,旋转恒压旋钮调到所需电压。改变表头指示开关可测定主机或从机的工作电压和电流。

2. 并联工作

将波段开关旋钮转到“并联”位置,负载接到主机接线柱上,调节主机恒压旋钮即可工作。实际工作电流为数字显示表头指示电流的 2 倍。

3. 串联工作

将波段开关旋钮转到“串联”位置,负载两端分别接到主机 (+)、从机 (-),调节主机恒压旋钮达到所需电压,实际工作电压为数字显示表头指示电压的 2 倍。在主机 (-) 和从机 (+) 之间连接一根短粗导线可大大地提高串联工作负载效应。在恒压时,绿色恒压指示灯点亮,在恒流时,红色恒流指示灯点亮,说明有可能负载短路或超过电源输出额定值,应检查外接设备是否接错或损坏。

4. 恒流工作(单独或串联并联)

将输出电压调在所需值,接入负载,调节恒流旋钮,达到所需恒定电流,此时恒流指示灯点亮,恒压指示灯熄灭。

5. 对称工作

将波段开关旋钮转到“串联”位置,负载所需电源的负极接到从机的 (-) 端,负载所需电源的正极接到主机的 (+) 端,负载所需电源的中性点接到主机的 (-) 端。调节主机恒压旋钮,可得到所需正负电压,如 $\pm 5\text{V}$ 、 $\pm 15\text{V}$ 、 $\pm 18\text{V}$ 、 $\pm 30\text{V}$ 等,两路输出电压误差均小于 0.2V 。

1.3 示波器

示波器是一种用途广泛的图示测量仪器。示波器用于时域测量时,可观察电信号随时间变化的波形,测量波形的幅值、宽度、周期和频率等参数;用于频域测量时,可显示网络的

频率特性；用做 X-Y 示图仪时，以图形方式显示任意两个相关参数间的关系，如元器件伏安特性、状态变量轨迹等。示波器在数字电路中主要用来观察时钟脉冲波形，各种触发器、计数器的输入、输出端波形，以及波形之间的比较。示波器尽管种类很多，但面板上的操作旋钮基本相似。

1. HD4286 型双踪示波器

HD4286 型双踪示波器的外观如图 1-4 所示，其旋钮名称及功能如下。

(1) Y1、Y2 位移

调节这两个旋钮可以控制 Y 轴两个通道在荧光屏上显示轨迹线垂直方向的位置。顺时针旋转时，光迹向上移动；逆时针旋转时，光迹向下移动。

(2) Y1、Y2 通道的衰减开关 (V/DIV)

转动这两个旋钮可以改变 Y 轴放大器输入偏转灵敏度。从 0.01 ~ 5 V/DIV (格) 按一、二、五进制共 9 挡。

(3) Y1、Y2 通道的增益微调旋钮

增益微调旋钮的作用是调整显示出来的波形幅度。将旋钮顺时针旋转到头为校准位置，此时增益最大。

(4) Y1、Y2 通道的输入端子 (CH1、CH2)

CH1、CH2 分别为 Y1、Y2 通道的信号输入插座。

(5) AC、DC 开关

AC、DC 开关分别为 Y 轴放大器的 Y1、Y2 两个通道的输入选择开关。“DC”位置可使信号直接输入通道，特别适合观察各种缓慢变化的信号；“AC”位置使输入端处于交流耦合状态，它隔断了被测信号中的直流分量，使屏幕上显示的信号波形位置不受直流电流的影响；“⊥”位置使通道处于接地状态，而输入端子和通道放大器输入端断开，此时通道送不进信号，这样可确定输入端子为零电位时扫描线在屏幕上的基准位置。

(6) 垂直工作方式开关

垂直工作方式开关用来控制电子开关的工作状态，可产生 Y1、Y2、双踪、相加四种工作方式。单独按进 CH1 或 CH2 按钮时，显示单通道 Y1 或 Y2；同时按进时为 Y1 + Y2 (相加) 方式；两钮都不按进时为双踪状态，屏幕上同时显示 Y1、Y2 两条扫描线。

(7) 聚焦旋钮

调节聚焦旋钮可以调整示波管中电子束的焦距，光点圆且小时波形光迹清晰。

(8) 亮度旋钮

调节亮度旋钮，可以控制荧光屏上光迹的明暗。顺时针方向旋转时亮度增加，逆时针方向旋转时亮度减弱。如果光点长期停留在屏幕上不动，应将亮度减弱或熄灭，以延长示波管的使用寿命。

(9) 电源开关旋钮

顺时针旋转电源开关旋钮时电源开关打开，指示灯点亮，示波器开始通电，经过预热便能正常工作。

(10) 接地接线柱

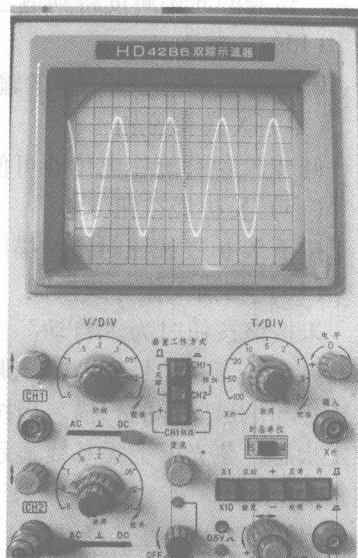


图 1-4 HD4286 型双踪示波器的外观

接地接线柱供测试线接地用。

(11) 校幅信号输出

校幅信号输出端可以输出幅度为 $(0.5 \pm 2\%)$ V, 频率约为 1kHz 的方波信号。用该信号可对示波器进行自检。

(12) 校幅信号输出

调节校幅信号输出电位器可改变“+”、“-”极性的外调辉信号的幅度和极性, 从而使调辉信号的光迹辉度得到适当的调节。

(13) Z 输入

Z 输入端是外调辉信号的输入端。

(14) X 位移旋钮

调节 X 位移旋钮电位器可使屏幕上显示的波形在水平方向上, 向左、向右移动。

(15) X 扩展按钮

按下 X 扩展按钮时使扫描因数扩展 10 倍。

(16) 扫描工作方式按钮

未按该按钮时为“自动”工作方式, 此时扫描在无信号时处于自激状态, 荧光屏上有亮线显示; 当有信号输入时, 调节“电平”旋钮, 扫描自动转入待触发状态, 并由信号触发产生与信号同步的扫描。当按钮按进时, 扫描为常态“触发工作方式”, 此时扫描处于待触发状态, 荧光屏上无基线显示。有信号时调节“电平”旋钮, 由信号触发而产生同步扫描。

(17) 触发极性选择开关

触发极性选择开关用于选择触发信号的上升或下降部分来触发扫描电路。测量正脉冲前沿或负脉冲前沿宜用“+”脉冲; 测量负脉冲前沿或正脉冲后沿宜用“-”脉冲。按钮按进时为“-”斜率触发, 不按进时为“+”斜率触发。

(18) 触发源按钮

触发源按钮用来选择触发信号的来源。按钮按进为外触发, 触发信号来自外触发放大器; 按钮在外面时为内触发, 信号来自内触发放大器。

(19) 电视(场)触发按钮

按进此按钮时, 触发源为电视信号, 其通过积分电路使屏幕上显示的电视信号与场频同步。

(20) 扫描因数单位开关

拨动此开关的“ms”和“ μ s”选择, 可确定扫描因数开关 T/DIV 的时间单位名称和扫描时间因数开关共同构成扫描时间因数的确切数量。

(21) T/DIV 开关

T/DIV 开关是扫描时间因数开关, 它以 $0.2\mu\text{s (ms)}/\text{DIV} \sim 100\mu\text{s (ms)}/\text{DIV}$ 按一、二、五进制共 9 挡, 和扫描因数单位选择开关共同构成扫描因数的确切数量, 即构成 $0.2\mu\text{s}/\text{DIV} \sim 100\text{ms}/\text{DIV}$ 的 18 挡扫描因数。另外, 当 T/DIV 开关逆时针旋转到头时(第 10 挡), 使外触发输入插头变换为外水平放大输入, 此时示波器时基电路停止工作, 确定信号的频率和相位, 也可作为其他仪器(例如磁滞回线显示器、晶体管特性曲线图示仪)的终端显示。注意, 当外触发输入端变换为外水平输入时还必须将触发源选择开关置于“外”

位置。

(22) X 及外触发输入

X 及外触发输入插头是水平信号或外触发信号的输入端。

(23) 扫描微调

调节扫描微调电位器可连续微调扫描因数，顺时针到头为校准位置，该位置扫描因数为最大值。

(24) 电平调节旋钮

用该旋钮可调节和确定触发点在触发信号上的位置。当波形不稳定时，左右调节该旋钮，可使波形稳定。

2. HD4286 型示波器的使用方法

(1) 准备工作

用测量连线将示波器的校幅方波信号连到 Y1 或 Y2 通道的输入端子，顺时针旋转电源开关、亮度旋钮，此时指示灯点亮，表明已接通电源。经预热后，继续转动电源开关、亮度旋钮，荧光屏上应出现扫描亮线或波形。调节触发电平旋钮，使荧光屏的波形稳定显示，进而调节聚焦旋钮，使波形清晰。此时波形幅度为 5 DIV (格)。水平方向对应 10 个左右的波形，此时说明仪器基本正常工作。如无波形显示，可轻轻旋动 X、Y 位移旋钮找到波形，否则要进行必要的检查与调整。如将 X 扩展置于“ $\times 10$ ”位置，此时应显示 10 DIV (格) 内一个周期的波形。

(2) 数字波形幅度测量

将 Y 输入选择置于“AC”位置，把信号中的直流分量隔开，否则被测信号的交流分量叠加后，往往会超过放大器的有效动态范围，不得不采用较低的 Y 输入灵敏度挡级，从而影响交流分量的测量精度，甚至使交流分量不能测量。将 Y 轴微调旋钮转至“校准”位置，调整“V/DIV”开关到合适的挡级，扫描因数开关“T/DIV”置于适当的挡级，调节触发“电平”旋钮使波形稳定。读出欲测点的两点后，在 Y 轴偏转距离上的读数 A (DIV) 也就是波形在垂直方向占有的格数，则被测电压 $= A \text{ (DIV)} \times B \text{ (V/DIV)} = AB \text{ (V)}$ ，如用 10:1 探极，则应乘上探极的衰减因数 10，即被测电压为 $10AB \text{ (V)}$ 。

(3) 数字波形频率测量

将衰减开关“V/DIV”置于合适的挡级，扫描因数微调旋钮转至“校准”位置，调整“T/DIV”开关到适当的挡级，调节触发“电平”旋钮，使波形稳定。读出在一个周期内波形在水平方向占有的格数 A (DIV)，则被测波形周期 $T = A \text{ (DIV)} \times B \text{ (T/DIV)} = AB \text{ (s)}$ ，被测波形频率 $f = 1/T \text{ (Hz)}$ 。

(4) 两波形比较

将电路输入端的信号接入 CH1 通道，将电路输出端的信号接入 CH2 通道，垂直工作方式采用双踪，分别调节 Y1、Y2 位移旋钮，可使两个波形靠近或重叠，从而进行输入输出波形幅度和周期或频率的比较。

3. V—222 双踪通用示波器

V—222 双踪通用示波器的外观如图 1-5 所

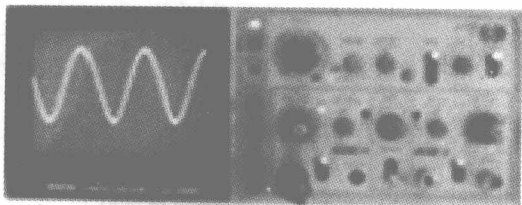


图 1-5 V—222 双踪通用示波器的外观

示，其旋钮名称及功能见表 1-1。

表 1-1 V—222 双踪通用示波器的旋钮名称及功能

区 位	序号	控制件名称	功 能
基本控制件	1	电源开关 (POWER)	自锁按键开关，按进去为电源开
	2	电源指示灯 (POWER LAMP)	指示灯在电源接通后点亮
	3	聚焦控制 (FOCUS)	轨迹清晰度调节
	4	刻度照明控制 (SCALE ILLUM)	照明刻度线
	5	基线旋钮 (TRACE ROTATION)	调节扫描线和水平刻度线平行
	6	辉度控制 (INTENSITY)	调节辉度电位器，改变辉度
	7	电源选择开关 (POWER SOURCE SELECT)	选择不同电压的电压源
	8	电源输入插座 (AC INLET)	电源插头插入插座
垂直偏转系统控制件	9	通道 1 输入 (CH1 INPUT)	垂直轴信号输入的 BNC 同轴连接，当示波器工作在 X-Y 方式时，输入到此端的信号变成 X 轴信号
	10	通道 2 输入 (CH2 INPUT)	类似 CH1，但当示波器工作在 X-Y 方式时，输入到此端的信号作为 Y 轴信号
	11	输入耦合开关 (AC-GND-DC)	选择被测信号反馈至 Y 轴放大器输入端的耦合方式
	12		
	13	伏/度选择开关 (VOLTS/DIV)	选择垂直偏转因数，可以方便看到垂直放大器上的各种幅度范围的波形
	14		
	15	微调 (VAR) (PULL $\times$ 5GAIN)	旋转此旋钮时，可以小范围连续改变垂直偏转灵敏度，旋钮被拉出时，垂直系统的增益扩展 5 倍
	16		
	17	不校准 (VACAL) 灯	灯亮表示旋钮没有处于校准位置
	18		
	19	位移 (POSITION) 和拉——直流偏置 (PULL DC OFFSET) 旋钮	调节垂直方向的位移，顺时针旋转扫描线上移，逆时针旋转扫描线下移
	20	CH1 输出插口 (OVTPVTCONECTOR)	输出 CH1 通道信号的取样信号
	21	位移 (POSITION) 和拉——倒相 (PULL INVERT) 旋钮	调节垂直方向的位移，当旋钮被拉出时，输入到 CH2 的信号极性被倒相
	22	工作方式开关 (MODE)	选择垂直偏转系统的工作方式
	23	直流电压偏置输出插口 (DC OFESET VOLT OUT)	处于此方式时，这个插口可配接数字万用表，读出被测量的电压值
	24	直流平衡调节控制 (DC BAL)	直流平衡调节
	25		