



王立欣 杨春玲 主编

电子技术实验与课程设计

Experiment and Curriculum Design
of Electronics

(第三版)

哈尔滨工业大学出版社

电子技术实验与课程设计

(第三版)

王立欣 杨春玲 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本书立足培养学生的电子电路设计和调试能力,基本完成了从验证性实验到设计性实验的转变。课程设计题目的选择注重其综合性和先进性,以培养学生运用所学知识解决实际问题的能力。全书分九章,第一至第四章介绍实验的管理办法、仪器使用、基本实验技术及电子元器件的有关知识;第五章是电子电路仿真软件(Multiisim7)的使用方法简介;第六章为模拟电子技术实验;第七章为数字电子技术实验;第八章为可编程逻辑器件(PLD)介绍,包括硬件和开发软件的有关内容;第九章为电子技术课程设计。

本书为高等院校电子技术实验和课程设计的指导书,也可供相关专业的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验与课程设计/王立欣等主编.—3版.—哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2009.3

ISBN 978-7-5603-1826-4

I.电… II.王… III.电子技术—高等学校—教学参考资料 IV.TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第028525号

责任编辑 杨 桦

封面设计 卞秉利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 14.75 字数 339千字

版 次 2003年3月第1版 2009年3月第3版

2009年3月第3次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-1826-4

定 价 22.00元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

第三版前言

本书第三版的修订工作包括:

- (1) 根据电子技术的发展,更新了使用的仿真软件,用 Multisim7 代替了 EWB5.0。
- (2) 对第六章、第七章的实验内容作了调整。
- (3) 由于仪器的更新和增加,相应修改了第二章的内容。

参加本次修订工作的有张武、孟涛、史庚苏、廉玉欣和吕超。

作者感谢使用本书的老师和同学对本书提出的宝贵意见。同时希望继续得到您的关注。

编者

2009年3月

修订版前言

针对本书使用中发现问题,结合相关技术的发展,第二版主要做了以下修订:

- (1) 对第六章、第七章的实验内容进行了充实。
- (2) 更新了第八章中 PLD 编程软件。
- (3) 对一些疏漏之处进行了修改。

除第一版作者外,张辉参加了第八章的修订工作。

与本书第二章内容相对应的多媒体光盘“常用电子仪器使用方法”由哈尔滨工业大学音像教材出版社出版,有需要者,请与哈工大电子学实验室张青森老师联系,电话:(0451) 86413604-604。

作者感谢对第一版提出宝贵意见的所有同志,并希望继续得到所有使用本书的老师和同学的关心和支持。

编者

2005年2月

前 言

电子技术基础作为工科电类专业的一门技术基础课，具有很强的实践性，其实验教学的重要性是不言而喻的。本书是根据作者从事电子技术及实验教学经验，在总结了教学改革成果的基础上编写的。主要特色有：

- (1) 采取了切实可行的“半开放式”的实验教学模式，拓展了实验空间和时间。
- (2) 根据素质教育的要求，明显增加了设计性实验的比例；同时注意实验内容的渐进性，使学生的实验能力逐渐得到提高，并加深对有关理论知识的认识和学习新的知识。
- (3) 充分发挥仿真实验的作用，将其与设计 and 实测过程有机结合，并成为动手实验的有益补充。
- (4) 将电子技术的新成果（PLD 和开关电源）引入实验教学，为后续课、毕业设计以及今后的工作打好基础。
- (5) 注重测试能力的培养，对仪器的使用方法、电路的测量方法、电子元器件的基本知识以及电路故障的排除方法都做了比较详细的介绍，力图使学生能参照本书独立完成实验。

(6) 注重综合和创新能力的培养，加大课程设计的比重，培养学生的创造性思维。

(7) 为使学生更好地掌握电子测试仪器的使用方法，本书配有相应的光盘。

参加本书编写工作的有张青森（第二章）、齐明（第四章）、关柏利（第五章）、杨春玲（第八、九章），其他部分由王立欣编写。提供课程设计题目的还有蔡惟铮、胡晓光、刘英、王淑娟、于泳、赵凯奇、王宇野、张辉。由王立欣、杨春玲任主编。本书的编写得到了哈尔滨工业大学电子学教研室和实验室全体教师的支持，在此一并致以诚挚的谢意。

本书中的实验运行模式和实验内容安排对于我们是一种新的尝试，疏漏之处在所难免，请使用本书的老师和同学将您发现的问题及时反馈给我们，作者将非常感谢。

编 者

2003 年 2 月

于哈尔滨工业大学

目 录

第一章 实验管理方法	1
1.1 实验内容.....	1
1.2 实验教学过程.....	1
1.3 实验报告的要求.....	1
1.4 实验成绩及相关因素.....	2
第二章 常用电子仪器的使用方法	3
2.1 DF1731SB3AD 三路直流稳压电源.....	3
2.2 VC97 数字万用表.....	5
2.3 ESCORT 型数字万用表.....	8
2.4 DS-5062CA 数字示波器.....	11
2.5 Agilent54621A 型数字示波器.....	12
2.6 DS-8608A 型示波器.....	15
2.7 SS-7802A 型模拟示波器.....	17
2.8 F20 型数字合成函数信号发生器/计数器.....	19
2.9 HP33120A 型信号发生器.....	23
2.10 EE1641B 型函数信号发生器/计数器.....	25
2.11 DA-16D 型交流毫伏表.....	27
2.12 EEL-69 模拟、数字电子技术实验箱.....	28
第三章 基本实验技术	31
3.1 电压和电流的测量.....	31
3.2 时间和频率的测量.....	33
3.3 电阻、电感和电容的测量.....	34
3.4 测量误差.....	36
3.5 测量结果的处理.....	41
3.6 电子电路测试技术.....	43
3.7 常用电子元器件的检测.....	51
第四章 常用电子元器件	57
4.1 电阻器.....	57
4.2 电位器.....	60

4.3 电容器	61
4.4 半导体二极管和三极管	63
4.5 集成运算放大器	66
4.6 面包板及电路的安装	67
第五章 Multisim7 仿真应用	69
5.1 Multisim7 的界面	69
5.2 Multisim7 主菜单的使用方法	71
5.3 Multisim7 的元件库	75
5.4 Multisim7 虚拟仪器的使用	83
5.5 创建电路的基本操作	87
5.6 仿真实例——单级放大电路的仿真分析	91
第六章 模拟电子技术实验	94
实验一 单管放大电路的静态测试及仪器使用练习	94
实验二 基本放大电路的动态研究	97
实验三 多级放大电路及差分放大电路的仿真分析	101
实验四 OCL 功率放大电路	106
实验五 集成运算放大器单元应用电路	108
实验六 温度测量电路	114
实验七 波形发生电路	116
实验八 线性稳压电源	119
实验九 开关稳压电源控制器 SG3524 及其应用	122
实验十 模拟乘法器运算电路	124
第七章 数字电子技术实验	127
实验一 TTL 与非门的参数和特性测试	127
实验二 组合数字电路(一)	130
实验三 组合数字电路(二)	134
实验四 555 定时器应用电路	138
实验五 集成触发器	139
实验六 中规模计数器	141
实验七 多位计数器的仿真	145
实验八 A/D 和 D/A 转换器	150

第八章 在系统可编程逻辑器件及其编程软件	152
8.1 在系统可编程逻辑器件试验系统 (EDA2000 实验仪)	152
8.2 ALTERA 开发环境使用入门.....	160
8.3 XILINX 开发环境 Foundation 使用入门.....	168
8.4 EDA2000 软件使用.....	180
8.5 FPGA/EPLD 实验.....	192
实验一 基于原理图输入方式的全加器设计.....	192
实验二 基于 VHDL 语言输入方式的全加器设计.....	200
实验三 4 位加法计数器设计.....	205
第九章 电子技术课程设计	211
9.1 电子技术课程设计的目的与要求.....	211
9.2 光控计数器.....	212
9.3 数字电容测试仪.....	213
9.4 调制与解调.....	214
9.5 数字式频率计.....	215
9.6 空调机温度控制器.....	216
9.7 数字式波形发生器.....	217
9.8 多功能数字钟.....	218
9.9 声控开关的设计与制作.....	219
9.10 数字式相位差测量仪.....	220
9.11 正弦波合成电路.....	222
9.12 便携式电子手提秤.....	224
9.13 数控直流电源.....	225
9.14 可编程字符发生器.....	226
参考文献	228

1.3 实验报告的要求

1. 实验报告的结构

学生在完成每个实验后, 均须认真撰写实验报告, 报告内容应包括实验设计报告、实验数据记录、实验结论三部分。

2. 设计报告

(1) 确定电路结构、画出电路原理图。

第一章 实验管理方法

本章根据作者所在学校电子技术实验教学的管理方法,对电子技术实验教学的内容、实验过程、实验报告的要求以及实验成绩等进行说明,仅供使用本书的院校参考。

1.1 实验内容

电工电子实验教学中心按照不同专业学生相关理论课的教学要求规定了不同的实验内容。这些内容取材于本书的六、七、八章。具体内容在实验中心网站(eelab.hit.edu.cn)上公布。

1.2 实验教学过程

1. 选课

按实验中心要求,网上选课,如有变动最迟提前一天在网上更改上课时间。

2. 预习

每一个实验都给出了设计要求,实验前必须完成设计任务,阅读和掌握相关的理论内容和测试方法,网上备有预习课件进行辅导。做实验前要通过实验预考核。

3. 做实验

学生应按选定时间做实验。实验过程中,应遵守实验室的有关规定,按要求记录实验数据。做完实验经教师验收签字,整理好实验台上的仪器、导线、工具后方可离开实验室。

4. 提交实验报告

交报告要以班级为单位在当次实验课循环结束后一周内交到电机楼 20038 房间的本班实验报告箱内。

5. 实验考核

在完成规定的实验内容后,学生还必须参加实验考核。考核时,学生抽签决定考核内容,在规定的时间内完成规定的实验任务,并回答老师提出的相关问题。

1.3 实验报告的要求

1. 实验报告的组成

学生在完成每个实验后,均须认真撰写实验报告,设计性实验的实验报告应由设计报告、原始数据记录、总结报告三部分组成。

2. 设计报告

(1) 确定电路结构,画出电路的原理图。

(2) 根据设计要求选择器件及参数。对于模拟电路给出各参数的计算过程；对于数字电路给出其设计过程。

(3) 拟出实验步骤，说明各项指标的测量方法。

3. 原始数据的记录

这里的数据包括仪器仪表的读数和信号的波形。原始数据的记录是科学实验的一个重要环节。应遵照以下原则严格进行：

(1) 真实。任何虚假都将使原始数据一钱不值，因此，对于没有记录的数据和条件，绝对禁止补记、凑数和推算填写。

(2) 详尽。要求可以由第三者按照原始数据记录的条件重复你所做的实验。因此，一切可能影响实验的因素都必须详尽记录。比如测量数据所使用的仪器、仪器使用中的挡位选择等。例如，记录了一个输出电压值为 1.2V，就必须注明是在什么样的输入条件下，用什么仪器测量的，选择的是什么挡位，所测值是有效值、平均值、峰值还是峰—峰值。记录波形时要标明坐标轴所代表的物理量及其单位，并注明主要参数：幅度、周期以及转折点的时刻、阈值等。

(3) 禁止涂改。对需要更改的数据必须重新记录，注明重新记录的理由。

4. 总结报告

(1) 数据处理。对原始数据进行处理，并计算出主要参数，给出实验结论。

(2) 结果分析。将所得结论与理论分析结果对比，说明产生误差的原因或存在的问题。

(3) 回答思考题。

1.4 实验成绩及相关因素

实验课总成绩=平时实验成绩+实验考试成绩。平时实验成绩是各次实验成绩的累加，占总成绩的 50%。每次实验成绩包括实验预考核成绩、实验成绩、实验报告成绩。实验考试占总成绩的 50%，且实行一票否决制，即实验考试不及格视为实验课不及格。成绩由以下诸项因素决定：

(1) 在实验过程中，是否遵守实验室的规定。

(2) 保证报告与实验的绝对真实性，真实第一、准确第二。

(3) 完成规定的实验内容和实验报告。

(4) 在学期末，进行实际操作考试并记录成绩。

(5) 实验课成绩按 5 分制打分。

(6) 无故不上课按旷课处理。旷课两次或两次以上无实验课成绩。

第二章 常用电子仪器的使用方法

2.1 DF1731SB3AD 三路直流稳压电源

DF1731SB3AD 面板排列如图 2.1.1 所示。

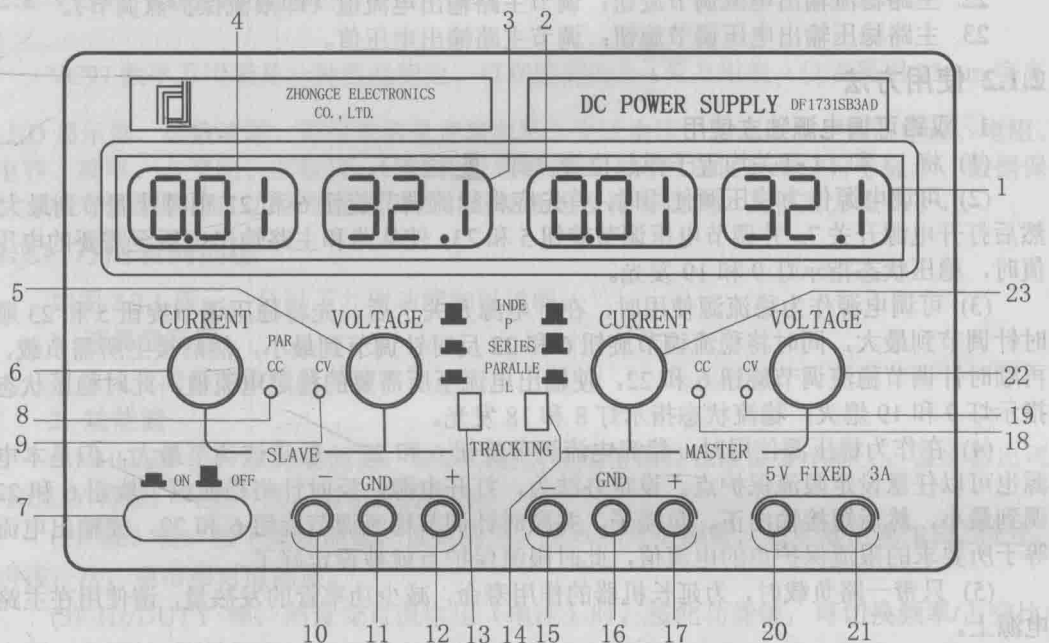


图 2.1.1 DF1731SB3AD 三路直流稳压电源面板


2.1.1 面板各元件的作用

1. 数字表：指示主路输出电压值。
2. 数字表：指示主路输出电流值。
3. 数字表：指示从路输出电压值。
4. 数字表：指示从路输出电流值。
5. 从路稳压输出电压调节旋钮：调节从路输出电压值。
6. 从路稳流输出电流调节旋钮：调节从路输出电流值（即限流保护点调节）。
7. 电源开关：当此电源开关被置于“ON”时（即开关被按下时），机器处于“开”状态，此时稳压指示灯亮或稳流指示灯亮。反之，机器处于“关”状态。
8. 从路稳流状态或二路电源并联状态指示灯：当从路电源处于稳流工作状态时或二路电源处于并联状态时，此指示灯亮。
9. 从路稳压状态指示灯：当从路电源处于稳压状态时，此指示灯亮。
10. 从路直流输出负接线柱：输出电压的负极，接负载负端。



11. 机壳接地端：机壳接大地。
12. 从路直流输出正接线柱：输出电压的正极，接负载正端。
13. 二路电源独立、串联、并联控制开关。
14. 二路电源独立、串联、并联控制开关。
15. 主路直流输出负接线柱：输出电压的负极，接负载负端。
16. 机壳接地端：机壳接大地。
17. 主路直流输出正接线柱：输出电压的正极，接负载正端。
18. 主路稳流状态指示灯：当主路电源处于稳流工作状态时，此指示灯亮。
19. 主路稳压状态指示灯：当主路电源处于稳压工作状态时，此指示灯亮。
20. 固定 5V 直流电源输出负接线柱：输出电压负极，接负载负端。
21. 固定 5V 直流电源输出正接线柱：输出电压正极，接负载正端。
22. 主路稳流输出电流调节旋钮：调节主路输出电流值（即限流保护点调节）。
23. 主路稳压输出电压调节旋钮：调节主路输出电压值。

2.1.2 使用方法



1. 双路可调电源独立使用

- (1) 将 13 和 14 开关均置于弹起位置（即  位置）。
- (2) 可调电源作为稳压源使用时，首先应将稳流调节旋钮 6 和 22 顺时针调节到最大，然后打开电源开关 7，并调节电压调节旋钮 5 和 23，使从路和主路输出电压至需要的电压值时，稳压状态指示灯 9 和 19 发光。
- (3) 可调电源作为稳流源使用时，在开电源开关 7 后，先将稳压调节旋钮 5 和 23 顺时针调节到最大，同时将稳流调节旋钮 6 和 22 反时针调节到最小，然后接上所需负载，再顺时针调节稳流调节旋钮 6 和 22，使输出电流至所需要的稳定电流值。此时稳压状态指示灯 9 和 19 熄灭，稳流状态指示灯 8 和 18 发光。
- (4) 在作为稳压源使用时，稳流电流调节旋钮 6 和 22 一般应该调至最大，但是本电源也可以任意设定限流保护点。设定办法为，打开电源，反时针将稳流调节旋钮 6 和 22 调到最小，然后短接输出正、负端子，并顺时针调节稳流调节旋钮 6 和 22，使输出电流等于所要求的限流保护点的电流值，此时限流保护点就被设定好了。
- (5) 只带一路负载时，为延长机器的作用寿命，减少功率管的发热量，请使用在主路电源上。

2. 双路可调电源串联使用

- (1) 将 13 开关按下（即  位置）、14 开关置于弹起（即  位置），此时调节主电源电压调节旋钮 23，从路的输出电压严格跟踪主路输出电压。使输出电压最高可达两路电压的额定值之和（即端子 10 和 17 之间电压）。
- (2) 在两路电源串联以前应先检查主路和从路电源的负端是否有联接片与接地端相联，如有则应将其断开，否则在两路电源串联时将造成从路电源的短路。
- (3) 在两路电源处于串联状态时，两路的输出电压由主路控制，但是两路的电流调节仍然是独立的。因此，在两路串联时应注意电流调节旋钮 6 的位置，如旋钮 6 在反时针到底的位置或从路输出超过限流保护点，此时从路的输出电压将不再跟踪主路的输出电压，所以一般两路串联时应将旋钮 6 顺时针旋到最大。
- (4) 在两电源串联时，如有功率输出则应使用线径与输出功率相对应的导线将主路负端和从路的正端可靠短接。因为机器内部是通过一个开关短接的，所以当有功率输出时短接开关将通过较大的输出电流，长此下去将无助于提高整机的可靠性。

3. 双路可调电源并联使用

- (1) 将 13 开关按下（即  位置）、14 开关也按下（即  位置），此时两路电源并联，

调节主电源电压调节旋钮 23，两路输出电压一样，同时从路稳流指示灯 8 发光。

(2) 在两路电源处于并联状态时，从路电源的稳流调节旋钮 6 不起作用。当可调电源作稳流源使用时，只需要调节主路的稳流调节旋钮 22，此时主、从路的输出电流均受其控制并且相同。其输出电流值最大可达两路输出电流值之和。

(3) 在两路电源并联时，如有功率输出，则应使用线径与输出功率对应的导线分别将主、从电源的正端和正端、负端和负端可靠短接，以使负载可靠地接在两路输出的输出端子上。不然，如将负载只接在一路电源的输出端子上，将有可能造成两路电源输出电流的不平衡，严重时有可能造成串并联开关的损坏。

2.2 VC97 数字万用表

VC97 数字万用表是一种性能稳定、可靠性高的 $3\frac{3}{4}$ 位万用表，仪表采用 23mm 字高 LED 显示器，读数清晰。可用来测量直流电压、交流电压、直流电流、交流电流、电阻、电容、频率、占空比、三极管、二极管及通断测试；同时还设有单位符号显示、数据保持、相对值测量、自动/手动量程转换、自动断电及报警功能。其使用方法如下。

2.2.1 万用表的面板

如图 2.2.1 所示，分以下九项功能加以说明。

1. 液晶显示器

显示仪表测量的数值及单位。

2. 功能键

(1) HOLD 键：按此功能键，仪表当前所测数值保持在液晶显示器上，显示器出现“HOLD”符号，再按一次，退出保持状态。

(2) REL 键：按下此功能键，读数清零，进入相对值测量，显示器出现“REL”符号，再按一次，退出相对值测量。

(3) Hz/DUTY 键：测量交直流电压（电流）时，按此功能键，可切换频率/占空比/电压（电流），测量频率时切换频率/占空比（1%~99%）。

(4) ~/-= 键：选择 AC 和 DC 工作方式。

(5) RANGE 键：选择自动量程或手动量程工作方式。仪表起始为自动量程状态，显示“AUTO”符号，按此功能键转为手动量程，按一次增加一档，由低到高依次循环。持续按下此键长于 2s，回到自动量程状态。

3. 旋钮开关

用于改变测量功能及量程。

4. h_{FE} 测试插座

用于测量晶体三极管电流放大倍数的数值大小。

5. 电容插座

6. 电压、电阻频率插座

7. 公共地

8. 小于 400mA 电流测试插座

9. 10A 电流测试插座

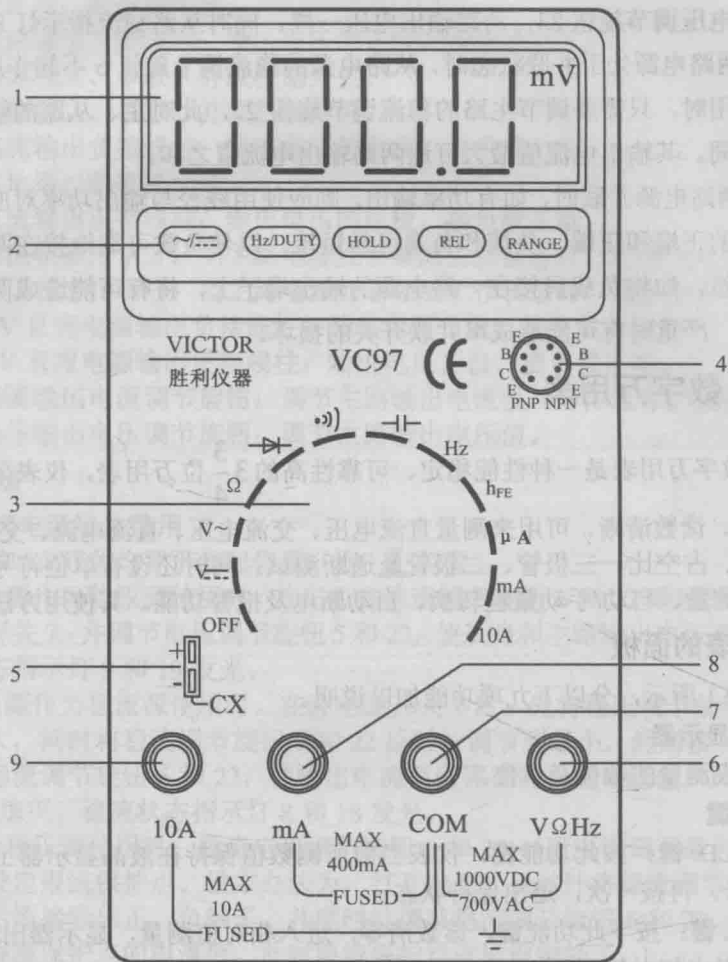


图 2.2.1 VC97 数字万用表面板图

2.2.2 直流电压测量

(1) 将黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“VΩHz”插孔。

(2) 将功能开关转至“V $\overline{\text{---}}$ ”挡。

(3) 仪表起始为自动量程状态，显示“AUTO”符号，按“RANGE”键转为手动量程方式，可选 400mV、4V、40V、400V、1000V 量程。

(4) 将测试表笔接触测试点，红表笔所接的该点电压与极性将同时显示在屏幕上。

注意：手动量程方式如 LCD 显示：“OL”，表明已超过量程范围，须将量程开关转至高一挡。

2.2.3 交流电压测量

(1) 将黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“VΩHz”插孔。

(2) 将功能开关转至“V \sim ”挡。

(3) 仪表起始为自动量程状态，显示“AUTO”符号，按“RANGE”键转为手动量程方式，可选 400mV、4V、40V、400V、700V 量程。

(4) 将测试表笔接触测试点，表笔所接的两点的电压的有效值显示在屏幕上。

2.2.4 直流电流测量

(1) 将黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“mA”或“10A”插孔中，最大量程分别为400mA和10A。

(2) 将功能开关转至电流挡，按动“~/=”键选择DC测量方式，然后将仪表的表笔串入被测电路上，被测电流值及红色表笔点的电流极性将同时显示在屏幕上。

注意：

(1) 如果事先对被测电流范围没有概念，应将量程开关转至到最高挡位，然后根据显示值转至相应的挡位上。

(2) 如LCD显示“OL”，表明已超过量程范围，须将量程开关转至高一档。

(3) 最大输入电流为400mA或者10A（视红表笔插入位置而定），过大的电流会将保险丝熔断，甚至损坏仪表。

2.2.5 交流电流测量

(1) 将黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“mA”或10A插孔中。

(2) 将功能开关转至电流挡，按动“~/=”键选择AC测量方式，然后将仪表测试表笔串入在被测电路上，被测电流显示在屏幕上。

2.2.6 电阻测量

(1) 将黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“VΩHz”插孔。

(2) 将功能开关转至“Ω”挡，将两表笔跨接在被测电阻上。

(3) 按动“RANGE”键选择自动或手动量程方式。

(4) 如果测量阻值小的电阻，应先将表笔短路，按“REL”键一次，然后再测未知电阻，这样才能显示电阻的实际阻值。

注意：

(1) 使用手动量程方式时，如果事先无法估计被测电阻范围，应将开关调至最高的挡位。

(2) 如LCD显示“OL”，表明已超过量程范围，须将量程开关调高一挡。当测量电阻超过1MΩ以上时，读数需几秒时间才能稳定，这在测量电阻时是正常的。

(3) 当输入端开路时，则显示超量程情形。

(4) 测量电路中电阻时，要确认被测电路所有电源已关断及所有电容已完全放电，才可进行。

(5) 请勿在电阻挡输入电压，这是绝对禁止的。

2.2.7 电容测量

(1) 将功能开关转至电容测量挡。

(2) 按一次“REL”键清零。

(3) 将被测电容对应极性插入“CX”插座，或用测试表笔（注意红表笔极性为“+”），将被测电容接入“COM”、“VΩHz”输入端，屏幕上将显示电容容量。

(4) 测量大于40 F时需15秒钟才能稳定。

注意：

(1) 严禁在测量电容时或电容未移开“Cx”插座，同时在“VΩHz”端输入电压或电流信号。

(2) 每次测试，必须按一次“REL”键清零，才能保证测量准确度。

(3) 电容挡仅有自动量程方式。

(4) 对被测电容要完全放电，以防止损坏仪表。

(5) 单位：1 F=1 000nF，1nF=1 000pF。

2.2.8 频率测量

- (1) 将表笔或屏蔽电缆接入“COM”、“VΩHz”输入端。
- (2) 将功能开关转至“Hz”挡，将表笔或电缆跨接在信号源或被测负载上。
- (3) 按“Hz/DUTY”键切换频率/占空比，显示被测信号的频率或占空比读数。

注意：

- (1) 频率挡仅有自动量程工作方式。
- (2) 输入超过 10V 交流有效值时，可以读数，但可能误差较大。

2.2.9 三极管 h_{FE} 测量

- (1) 将功能开关转至 h_{FE} 挡；
- (2) 决定所测晶体管为 NPN 型或 PNP 型，将发射极、基极、集电极分别插入相应插孔，显示器显示三极管电流放大系数近似值。

2.2.10 二极管测试

- (1) 将黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“VΩHz”插孔（注意红表笔极性为“+”）
 - (2) 将功能开关转到“二极管”挡；
 - (3) 正向测量：将红表笔接到被测二极管正极，黑表笔接到二极管负极，显示器显示为二极管正向压降的近似值；
 - (4) 反向测量：将红表笔接到被测二极管负极，黑表笔接到二极管正极，显示器显示“OL”；
 - (5) 完整的二极管测试包括正反向测量，如果测试结果与上述不符，说明二极管是坏的。
- 注意：请勿在二极管挡输入电压。

2.2.11 通断测试

- (1) 将黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入“VΩHz”插孔。
- (2) 将功能开关转至“蜂鸣器”挡。
- (3) 将表笔连接到待测线路的两点，如果电阻值低于 50Ω ，则内置蜂鸣器发声。

2.2.12 数据保持

按一下保持开关，当前数据就会保持在显示器上，再按一下数据保持取消，重新计数。

2.2.13 自动断电

- (1) 当仪表停止使用 15min 后，仪表便自动断电，然后进入睡眠状态，断电前 1min 内置蜂鸣器会发出 5 声提示；若要重新启动电源，按任意键，就可重新通电源。
- (2) 先按住“~/=”键再开机，可取消自动断电功能。

2.3 ESCORT 型数字万用表

该万用表的的面板图如图 2.3.1 所示，下面分四个部分分别介绍。

2.3.1 测试线插孔

此万用表有四个测试线插孔，其中 COM 为黑表笔插孔。在左边有两个测试电流的红表笔插孔，“A”和“ $\mu A \cdot mA$ ”分别用来测量大电流（0~10A）和小电流（0~500mA）。最右边的红表笔插孔用来测量其它参量的数值。

2.3.2 按键操作功能

SHIFT 键：切换测量功能。

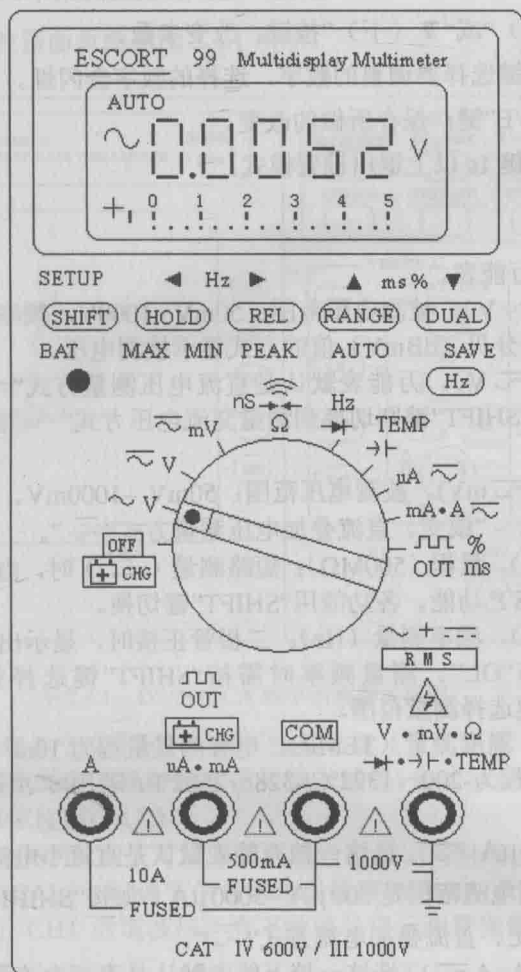


图 2.3.1 ESCORT 99 数字万用表面板图

HOLD 键：按该键采样并保存当前测量值。再次按下触发另外一个测量值。按下并持续 1s 则退出触发模式。按下该键并保持 1s 以上，万能表进入最大值、最小值、平均值测量功能，即万能表进入动态记录工作模式，此时，若快速按动此键，则循环切换 MAX、MIN、AVG 各记录模式，同时屏幕显示对应的数值。

REL 键：按该键设置屏幕上的值作为要减去的值。若按下该键并保持 1s 以上，则切换到 V/mA 峰值“PEAK”保持模式。

RANGE 键：改变量程。按下该键并保持 1s 以上，则切换到自动量程切换“AUTO”功能。

DUAL 键：选择不同组合显示。

Hz 键：选择 Hz（频率），%（占空比）和脉冲宽度测量。按 1s 以上退出。

BAT 按钮：切换屏幕背景。若按该下按钮并保持 1s 以上时间则在屏幕“APS”位置上可观看电池容量，如果出现“B”符号，说明电池电量不足。

选项按键：按住设置（蓝色）按键不放，切换开关放在任一测量位置，听到两声鸣响后放开按键，万能表进入设置模式：