



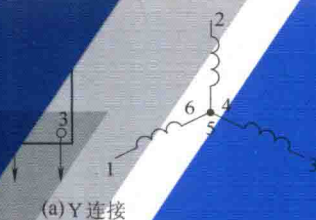
“十三五”应用型本科规划教材

电子技术实践指导书

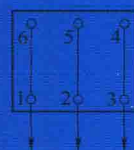
董 恒 吕守向 / 主 编

叶 楠 寇丽杰 戴坤成 / 副主编

非 外 借



(a) Y 连接



(b) Δ 连接



(a)



(b)



(c)



(d)





“十三五”应用型本科规划教材

电子技术实践指导书

董 恒 吕守向 / 主 编

叶 楠 寇丽杰 戴坤成 / 副主编

吕念芝 王海鹏 / 参 编

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实践指导书/董恒,吕守向主编. —上海:上海财经大学出版社,2017.12

(“十三五”应用型本科规划教材)

ISBN 978-7-5642-2877-4/F·2877

I. ①电… II. ①董… ②吕… III. ①电子技术-高等学校-教材
IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 290675 号

☐ 责任编辑 袁 敏

☐ 封面设计 杨雪婷

DIANZI JISHU SHIJIAN ZHIDAOSHU

电子技术实践指导书

董 恒 吕守向 主 编

叶 楠 寇丽杰 戴坤成 副主编

吕念芝 王海鹏 参 编

上海财经大学出版社出版发行
(上海市中山北一路 369 号 邮编 200083)

网 址: <http://www.sufep.com>

电子邮箱: webmaster@sufep.com

全国新华书店经销

上海华教印务有限公司印刷装订
2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16 25.75 印张 659 千字
印数:0 001—3 000 定价:46.00 元

“十三五”应用本科型规划教材

编委会

主 任 陈兴华(国脉科技股份有限公司总裁)

副主任 茆政吉(福州理工学院副校长)

隋榕华(慧翰微电子股份有限公司董事长)

谷振宇(国脉(福建)生物科技有限公司总经理)

编 委(按姓氏拼音为序排列)

蔡声镇(福州理工学院)

陈 麓(福州理工学院)

陈 新(福州理工学院)

陈幼敏(福州理工学院)

程伟熙(国脉科技股份有限公司)

冯 静(国脉科技股份有限公司)

金大明(国脉科技股份有限公司)

王龙村(国脉科技股份有限公司)

占德荣(华信邮电咨询设计研究院有限公司)

张承耀(华信邮电咨询设计研究院有限公司)

本书主编 董 恒 吕守向

前言

随着电子技术的不断发展和应用,越来越多的行业需要以电子技术作为基础。无论是电子信息专业,还是计算机、软件专业,都需要对电子专业的基础课程有所了解,否则,在以后的日常工作中就会遇到这样或那样的问题。因此,学好电子专业基础课程是非常重要的。

然而,大学里面通常针对不同的专业,开设不同课时要求的课程。对于学生而言,相应的课程安排也是根据知识的前后关系进行规划安排。目前,尚未有一个综合的实验教材可以适用于这些不同专业需求的实验指导,以及满足这些不同课程学时的需求。没有知识点的整体规划性的实验课程安排,也容易造成学生学习上的迷茫。

为此,我们整理和汇总了计算机专业、电子信息专业、物联网工程专业等各个电子基础课程的实验内容。为学生提供一套完整的实验学习指导书。书中主要分为4个部分:

第一部分主要介绍了电子相关专业的学生应该掌握的基本技能。这包括具备操作基础仪器设备的技能、基本的电子测量知识和必要的工程素质。

第二部分,主要是基础课程的课内实验,其中包含“电路基础”、“模拟电子技术”、“数字电子技术”、“高频电子电路”课程。课内实验分为基础实验和扩展实验两个部分,针对不同的专业学生需求,可以根据实际的开课要求对实验内容进行选择。

第三部分,主要是课程设计和实训部分。针对每门课程,我们提供了至少3个左右的实训案例供学生选择,学生可以从实训案例中学习到项目的开发过程,积累相应的开发经验,为以后的工作应用打下基础。

第四部分,主要针对学有余力的同学,提供了综合设计课题。为学生提供各类电子竞赛题目,让学生在学的基础上尝试运用自己的知识来开发并提高自己的项目开发能力,以达到学以致用目的。

最后,感谢为本书提供素材的实验设备厂商,感谢福州理工学院的各级领导。同时,感谢福州理工学院工学院的蔡声镇院长对本书的编写所提供的详尽的建议和审阅意见。感谢电子教研室的全体老师为本书的编写辛勤付出自己的美好时光。由于编写时间过于仓促,难免有不足及错漏之处,欢迎大家给予指正。

编 者

2017 年 10 月

目 录

前言/1

第一章 基本技能/1

- 1.1 电子测量的基本方法/1
- 1.2 电子测量的注意事项/2
- 1.3 常用测量仪器的使用简介/3
- 1.4 测量数据处理的基本概念/21
- 1.5 电子系统设计一般方法/23

第二章 电路基础实验/27

2.1 基础实验部分/27

- 实验一 电路元件伏安特性的测绘/28
- 实验二 电位、电压的测定及电路电位图的绘制/31
- 实验三 基尔霍夫定律的验证/33
- 实验四 叠加原理的验证/35
- 实验五 电压源与电流源的等效变换/38
- 实验六 戴维南定理和诺顿定理的验证——有源二端网络等效参数的测定/42
- 实验七 最大功率传输条件测定/46
- 实验八 受控源的实验研究/49
- 实验九 RC 一阶电路的响应测试/53
- 实验十 R、L、C 元件阻抗特性的测定/56
- 实验十一 正弦稳态交流电路相量的研究/59
- 实验十二 RC 选频网络特性测试/63
- 实验十三 R、L、C 串联谐振电路的研究/66

实验十四 三相交流电路电压、电流的测量/70

实验十五 双口网络测试/73

实验十六 回转器/76

2.2 拓展实验部分/80

实验十七 二阶动态电路响应的研究/80

实验十八 用三表法测量电路等效参数/82

实验十九 三相电路功率的测量/86

实验二十 互感电路观测/90

第三章 模拟电子技术实验/93

3.1 基础实验部分/93

实验一 单级交流放大电路/93

实验二 两级交流放大电路/98

实验三 负反馈放大电路/101

实验四 射极跟随电路/104

实验五 直流差动放大电路/107

实验六 电压比较电路/111

实验七 集成电路 RC 正弦波振荡电路/114

实验八 集成功率放大电路/117

实验九 RC 正弦波振荡电路/120

实验十 LC 选频放大与 LC 正弦振荡电路/122

3.2 拓展实验部分/125

实验十一 整流滤波与并联稳压电路/125

实验十二 集成稳压电路/128

实验十三 电压/频率转换电路/133

实验十四 波形变换电路/135

第四章 数字电子技术实验/137

4.1 基础实验部分/137

实验一 门电路逻辑功能及测试/137

实验二 半加器、全加器及逻辑运算/141

实验三 竞争冒险/145

实验四 译码器和数据选择器/147

实验五 触发器(一)R—S、D、J—K/149

实验六 触发器应用/153

实验七 三态输出触发器及锁存器/156

实验八 时序电路测试及研究/159

实验九 集成计数器及寄存器/161

实验十 译码器和数据选择器/164

实验十一 波形产生及单稳态触发器/166

实验十二 555 时基电路/168

4.2 拓展实验部分/172

实验十三 计数器 MSI 芯片的应用/172

实验十四 顺序脉冲和脉冲分配器电路/175

实验十五 施密特触发器及其应用/178

实验十六 单稳态触发器及其应用/181

实验十七 四路优先判决电路/184

第五章 高频电子电路实验/186

实验一 非线性丙类功率放大器实验/189

实验二 振荡器/196

实验三 混频器/200

实验四 幅度调制与检波/208

实验五 变容二极管调频实验/219

实验六 正交鉴频及锁相鉴频实验/224

第六章 技能训练与课程设计/230

6.1 电工基础知识/230

6.2 电子工艺课程设计/248

6.2.1 实训项目一 三相异步电动机的点动控制和单向直接起动/248

6.2.2 实训项目二 接触器联锁的三相异步电动机正反转控制/251

6.2.3 实训项目三 照明电路安装/253

6.3 模拟电路课程设计/259

6.3.1 项目一 声控光敏延时开关电路/259

6.3.2 项目二 1W 扩音机/263

6.3.3 项目三 直流稳压电源电路设计实现/268

6.4 数字电路课程设计/277

6.4.1 项目一 数字电子钟的设计/277

6.4.2 项目二 交通指示灯的设计/287

6.4.3 项目三 四人抢答器的设计/298

6.5 高频电路课程设计/309

6.5.1 项目一 调幅收音机/309

6.5.2 项目二 LM386 音频功率放大电路/319

6.5.3 项目三 小功率调频发射机的设计与制作/321

第七章 电子系统综合设计/324

7.1 项目一/324

7.2 项目二/326

7.3 项目三/328

7.4 项目四/331

7.5 项目五/333

7.6 项目六/335

7.7 项目七/337

7.8 项目八/339

7.9 项目九/341

7.10 项目十/343

7.11 项目十一/345

7.12 项目十二/346

附录 A Multisim 软件简介及使用方法/348

附录 B Protel DXP 2004 软件简介及使用方法/380

第一章 基本技能

1.1 电子测量的基本方法

测量是人类认知和改造世界的一种重要手段。对客观事物的认识过程中,需要进行定性分析和定量研究,定量就需要通过测量。测量是通过实验方法对客观事物取得定量数据的过程。没有测量,就没有科学的依据。电子测量是泛指以电子技术为基本手段的一种测量技术。测量是信息的源头技术,提高测量水平并实现测量手段的现代化,是实现科学技术和生产现代化的重要条件和明显标志。

不论是作为一名学生还是一名工程师,掌握电子测量的基本方法和知识都是必要的。在电子测量技术中,根据测量中采用的方法不同,电子测量技术也有不同的分类。按照测量的手段分类,主要有直接测量法、间接测量法和组合测量法。如果按照被测量的性质分类,主要有时域测量法、频域测量法和数据域测量法。下面简要介绍一下直接测量法、间接测量法和组合测量法。

1. 直接测量法

直接测量法就是可以直接从电子测量仪器上读出测量结果的方法。如图 1-1 所示,直接测灯泡功率的结果所测试出的数据就是被测量的值。例如,用电压表测量电压、用电流表测量电流、用电桥测量电阻、用频率计测量频率等,下面举例说明直接测量法的应用,如图 1-1 所示,如果想知道流过灯泡电流的大小,可以在 B 点将电路断开,再将电流表的两根表笔分别接在断开处的两端,电流流过电流表,电流表就会显示电流的大小。

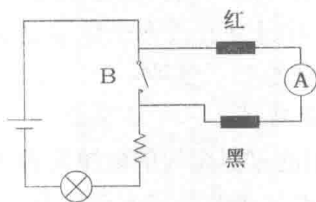


图 1-1 直接测量法

需要说明的是,直接测量并不意味着就是用直读式仪器进行测量,许多比较式仪器虽然不一定能直接从仪器度盘上获得被测量的值,但因参与测量的对象就是被测量,所以这种测量仍属直接测量。一般情况下,直接测量法的精确度比较高。

2. 间接测量法

使用按照已知标准定度的电子仪器,不直接对被测量值进行测量,而对一个或几个与被测量具有某种函数关系的物理量进行直接测址,然后通过函数关系计算出被测量值,这种测量方法称为间接测量法。例如,要测量电阻的消耗功率,可以通过直接测量电压、电流或测量电流、电阻,然后根据 $P=UI=I^2R=U^2/R$ 求出电阻的功率,下面举例说明间接测量法的应用,如图 1-2 所示,如果想知道流过灯泡电流的大小,可以用电压表测量电阻 R 两端的电压 U ,然后根据欧姆定律($I=U/R$)就可以求出电流的大小。

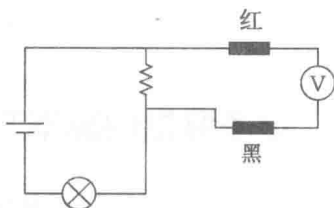


图 1-2 间接测量法

同样是测一个电路的电流大小,可以采用图 1-1 所示的直接测量法,也可以采用图 1-2 所示的间接测量法,图 1-1 中的直接测量法可以直接读出被测对象的量值大小,但需要断开电路,而图 1-2 中的间接测量法不需要断开电路,比较方便,但测量后需要通过欧姆定律进行计算。

直接测量法和间接测量法没有优劣之分,在进行电子测量时,选择哪一种方法要根据实际情况来决定。

3. 组合测量法

假如有若干个被测量,需要将这些被测量用不同组合方式(或改变测量条件来获得这种不同的组合)进行测量(直接或间接),并把测量值与被测量之间的函数关系列成方程组,只要方程式的数量大于待求量的个数,就可以求出各待求值,这种方法称为组合测量。

1.2 电子测量的注意事项

在电子测量过程中,操作者需要观察当前的仪器仪表使用环境和被检测对象,首先要注意的就是人身安全问题,在确保不会对自身造成安全危险之后,我们对被检测对象进行测量测试。根据过往的总结,要求操作者注意如下事项:

1. 确认仪器仪表的电源是否正确

操作者需要检查并确认所使用的仪器仪表的电源是否正确,例如:仪器使用的输入电压是否为仪器的额定电压,需要根据仪器仪表的要求连接电源。

2. 注意查看仪器设备和测量对象的电源接地

使用适当的电源线,最好是产品原配的线缆。由于线缆本身有自身的电气规格,使用替代线缆的时候,如果不匹配使用,会造成 EMI 辐射干扰,更有甚者会导致设备损坏。为了防止电击,电源的接地导体需要和地面相连,任何的输入或输出终端连接之前,都要确保正确接地。

3. 确认测试仪器仪表是否校正准确

通常情况下,测试仪器仪表都要求定期进行检定以确保电子仪器设备的测量准确性。作

为学生,如果遇到测试仪器没有经过定期检定的设备,先考虑有没有其他可使用的设备,或者需要找到一个精度更高的设备对当前设备进行测试结果比较。如果没有更高精度的设备,那么最简单的办法是通过测量已知对象来简单判断设备的可靠性。

4. 注意仪器仪表的操作步骤

在使用仪器仪表的过程中,需要严格按照说明书的要求或者教师的指导进行操作。不可盲目尝试、胡乱操作。遇到不会使用的设备,应该首先查阅设备的操作说明书或者操作手册,其次查阅实验的指导书,遵照说明书和实验指导书的步骤切实进行,注意观察使用过程中的仪器情况。

5. 注意检测对象的电气特性

使用仪器仪表,需要注意检测对象的电气特性。根据测试对象的特性,选择合适仪器设备进行测量。例如:测试某设备的瞬间冲击电流,因为测试对象是瞬间的冲击电流,所以我们不能使用常规的电流表进行测试。为了观察冲击电流的瞬间特性,可以使用示波器匹配相应的电流磁感应探棒对冲击电流进行检测。

6. 注意静电防护

使用仪器设备测量时,注意被测对象的静电防护。尤其是芯片等集成电路,避免用手直接接触电路隐身板。如果确实需要接触,可用手先触摸大的金属,如机箱等,将身上的静电先释放掉,再进行操作。

7. 注意实验操作过程中需要保持桌面整洁

实验、测量操作过程中,需要做到严格依照操作手册或者实验指导书进行。实验前检查相关仪器设备配件是否齐全,实验后要将相关使用配件整理归位。

1.3 常用测量仪器的使用简介

1.3.1 万用表的使用

UT39B 是 $3\frac{1}{2}$ 数位手动切换量程数字万用表。全量程过载保护和独特的外观设计,使之



图 1-3 UT39B 数字万用表

成为性能更为优越的电工仪表。可适用于冶炼、通讯、制造、石油、国防、电力、化工等行业的测量,是电路、电力设备维护和维修的理想工具。

技术参数:

基本功能	量 程	基本精度
直流电压(V)	200mV/2V/20V/200V/1000V	$\pm(0.5\%+1)$
交流电压(V)	2V/20V/200V/750V	$\pm(0.8\%+3)$
直流电流(A)	20 μ A/2mA/20mA/200mA/10A	$\pm(0.8\%+1)$
交流电流(A)	2mA/200mA/10A	$\pm(1\%+3)$
电阻(Ω)	200 Ω /2K Ω /20K Ω /2M Ω /20M Ω /200M Ω	$\pm(0.8\%+1)$
电容(F)	2nF/200nF/20 μ F	$\pm(4\%+3)$

1.3.1.1 交直流电压测量

- 1. 将红表笔插入“V”插孔,黑表笔插入“COM”插孔。
- 2. 将功能量程开关置于直流电压测量档或交流电压测量档或直流毫伏电压测量档,并将表笔并联到待测电源或负载上。
- 3. 从显示器上直接读取被测电压值。交流测量显示值为真有效值。
- 4. 仪表的输入阻抗在和电路阻抗约为 10M Ω 或 2G Ω 之间,这种负载在高阻抗的电路中会引起测量上的误差。大部分情况下,如果电路阻抗在 10K Ω 以下,误差可忽略(0.1%或更低)。

【注意】

- (1)不要输入高于 1000V 的电压。测量更高电压是有可能的,但有损坏仪表的危险;
- (2)在测量高电压时,要特别注意避免触电;
- (3)在完成所有的测量操作后,要断开表笔与被测电路的连接。

1.3.1.2 交直流电流测量(见图 1-4)

- 1. 将红表笔插入“ μ A、mA”或“A”插孔,黑表笔插入“COM”插孔。
- 2. 将功能量程开关置于电流测量档,按蓝色键选择所需测量的交流或直流电流,并将仪表表笔串联到待测回路中。
- 3. 从显示器上直接读取被测电流值,交流测量显示值为真有效值。

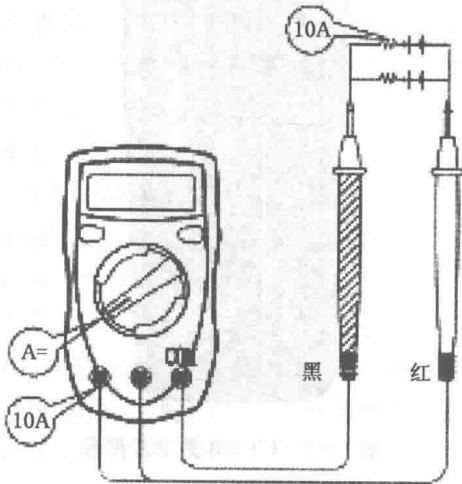


图 1-4

【注意】

- (1)在仪表串联到待测回路之前,应先将回路中的电源关闭;
- (2)测量时应使用正确的输入端口和功能档位,如不能估计电流的大小,应从大电流量程开始测量;
- (3) $\leq 5\text{A}$ 允许连续测量; $5\text{A}\sim 10\text{A}$ 连续测量时间,为了安全使用,每次测量时间应 ≤ 10 秒,间隔时间应大于15分钟;
- (4)当表笔插在电流输入端口上时,切勿把表笔测试针并联到任何电路上,会烧断仪表内部保险丝和损坏仪表;
- (5)在完成所有的测量操作后,应先关断电源再断开表笔与被测电路的连接。对大电流的测量更为重要。

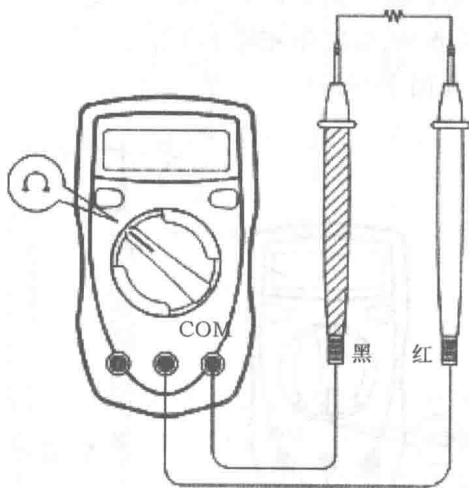
1.3.1.3 电阻测量(见图 1-5)

图 1-5

1. 将红表笔插入“ Ω ”插孔,黑表笔插入“COM”孔。
2. 将功能开关置于“ Ω ”测量档,按蓝色键选择电阻测量 Ω ,并将表笔并联到被测电阻二端上。
3. 从显示器上直接读取被测电阻值。

【注意】

- (1)如果被测电阻开路或阻值超过仪表最大量程时,显示器将显示“OL”。
- (2)当测量在线电阻时,在测量前必须先将被测电路内所有电源关断,并将所有电容器放尽残余电荷,这样才能保证测量正确。
- (3)在低阻测量时,表笔会带来约 $0.1\Omega\sim 0.2\Omega$ 电阻的测量误差。为获得精确读数,可以利用相对测量功能,首先短路输入表笔再按 REL 键,待仪表自动减去表笔短路显示值后再进行低阻测量。
- (4)测量 $1\text{M}\Omega$ 以上的电阻时,可能需要几秒钟后读数才会稳定,这对于高阻的测量属正常。为了获得稳定读数,可用测试短线进行测量。
- (5)不要输入高于直流 60V 或交流 30V 以上的电压,避免伤害人身安全。
- (6)在完成所有的测量操作后,要断开表笔与被测电路的连接。

(7)测量非固定电阻时,请按下 RANGE 键开机,使用仪表的模拟电阻信号测量模式,此测量模式下仪表最后一位数字不显示,测量精度不变。

1.3.1.4 电路通断测量(见图 1-5)

1. 将红表笔插入“ Ω ”插孔,黑表笔插入“COM”插孔。
2. 将功能开关置于“ Ω ”测量档,按蓝色键选择电路通断测量,并将表笔并联到被测电路负载的两端。如果被测二端之间电阻 $\leq 50\Omega$,认为电路导通,蜂鸣器连续声响。从显示器上直接读取被测电路负载的电阻值,单位为: Ω 。

【注意】

- (1)当检查在线电路通断时,在测量前必须先将被测电路内所有电源关断,并将所有电容器放尽残余电荷。
- (2)电路通断测量,开路电压约为 -1.2V ,量程为 400Ω 测量档。
- (3)不要输入高于直流 60V 或交流 30V 以上的电压,避免伤害人身安全。
- (4)在完成所有的测量操作后,要断开表笔与被测电路的连接。

1.3.1.5 二极管测量(见图 1-6)

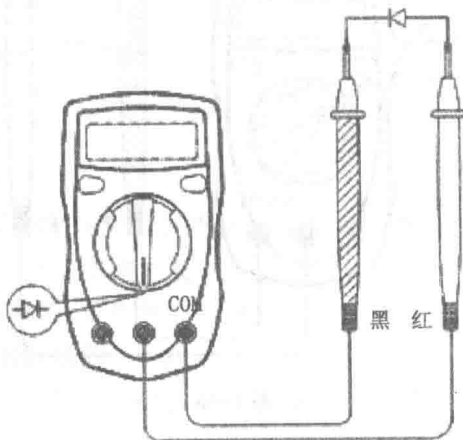


图 1-6

1. 将红表笔插入“ Ω ”插孔,黑表笔插入“COM”插孔。红表笔极性为“+”,黑表笔极性为“-”。
2. 将功能开关置于“ $\rightarrow$ ”测量档,按蓝色键选择二极管测量,红表笔接到被测二极管的正极,黑表笔接到二极管的负极。
3. 从显示器上直接读取被测二极管的近似正向 PN 结结电压。对硅 PN 结而言,一般为 $500\sim 800\text{mV}$ 可确认为正常值。

【注意】

- (1)如果被测二极管开路或极性反接时,显示“OL”。
- (2)当测量在线二极管时,在测量前必须首先将被测电路内所有电源关断,并将所有电容器放尽残余电荷。
- (3)二极管测试开路电压约为 2.8V 。
- (4)不要输入高于直流 60V 或交流 30V 以上的电压,避免伤害人身安全。

(5)在完成所有的测量操作后,要断开表笔与被测电路的连接。

1.3.1.6 电容测量(见图 1-7)

1. 将红表笔插入“ Ω ”插孔,黑表笔插入“COM”插孔。
2. 将量程开关置于“ -- ”档位,此时仪表可能会显示一个固定读数,此数为仪表内部的分布电容值。对小于 10nF 电容的测量,被测量值一定要减去此值,才能确保测量精度。在测量中可以利用相对测量功能,首先按 REL 键,待仪表自动减去开路显示值后再进行小电容测量。
3. 建议用测试短线输入进行电容测量,可以减小分布电容的影响。

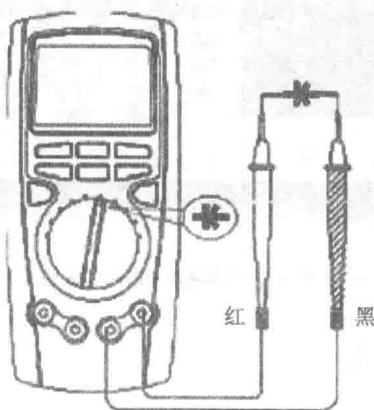


图 1-7

【注意】

- (1)如果被测电容短路或容值超过仪表的最大量程时,显示器将显示“OL”。
- (2)电容测量模式下模拟条指针被禁止。对于大于 $400\mu\text{F}$ 电容的测量,会需要较长的时间,此时模拟条指针会指示完成测量过程的存余时间,便于正确读数。
- (3)为了确保测量精度,在测量过程中仪表内部会对被测电容进行放电,在放电模式下 LCD 会显示“DIS. C”,但放电过程较慢。建议电容在测试前将电容全部放尽残余电荷后再输入仪表进行测量,对带有高压的电容更为重要,可避免损坏仪表和伤害人身安全。
- (4)在完成测量操作后,要断开表笔与被测电容的连接。

1.3.1.7 频率/占空比测量

1. 将红表笔插入“Hz”插孔,黑表笔插入“COM”插孔。
2. 将功能量程开关置于(UT71A)或(UT71B/C/D)或(UT71E)测量档位,并按蓝色键选择 Hz 功能,将表笔并联到待测信号源上。
3. 从显示器上直接读取被测频率值。按下蓝色键可选择占空比测量。

【注意】

- (1)测量时必须符合输入幅度 a 要求: $10\text{Hz} \sim 40\text{MHz}$ 时, $200\text{mV} \leq a \leq 30\text{Vrms}$; $>40\text{MHz}$ 时,未指定。
- (2)不要输入高于 30Vrms 被测频率电压,避免伤害人身安全。
- (3)在完成所有的测量操作后,要断开表笔与被测电路的连接。

1.3.2 示波器的使用简介

示波器将电信号转换为可以观察的视觉图形,以便人们观测。若利用传感器将各种物理