



国家级示范性高等院校精品教材

GUOJIAJI SHIFANXING GAODENGYUANXIAO JINGPIN JIAOCAI

电工电子与控制技术 实训与学习指导

DIANGONG DIANZI YU KONGZHI JISHU SHIXUN YU XUEXI ZHIDAO

主 编/晏永红 副主编/梁丽娟 陈 亮 王翠玉



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

国家级示范性高等院校精品教材

电工电子与控制技术 实训与学习指导



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书与《电工电子与控制技术》配套, 也分为三篇, 包括实验准备篇、基础性实验篇和综合实训篇。其中, 实验准备篇分为常用电子仪器仪表及设备的使用和基本电子元器件的识别, 为后续实验作准备。基础性实验篇分为电路实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验和电气控制及 PLC 实验, 每个内容中包括 8 个实验。综合实训篇分为电工实训、电子实训和电气控制及 PLC 实训, 每个实训包括 4 个项目, 共 12 个实训项目。每个实验和实训项目中都给出了具体步骤和方法, 供读者参考。

本书既可作为应用型高等学校电类和非电类工科本、专科学生的实验与实训教材, 也可作为希望全面了解电类实践知识的自学者的入门教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子与控制技术实训与学习指导/晏永红主编. —天津: 天津大学出版社, 2011.4

国家级示范性高等院校精品教材

ISBN 978-7-5618-3900-3

I. ①电… II. ①晏… III. ①电工技术—高等学校—教学参考资料 ②电子技术—高等学校—教学参考资料 ③自动控制—高等学校—教学参考资料 IV. ①TM
②TN③TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 051970 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内 (邮编: 300072)

电 话 发行部: 022-27403647 邮购部: 022-27402742

网 址 www.tjup.com

印 刷 廊坊市长虹印刷有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm×260mm

印 张 10

字 数 250 千

版 次 2011 年 4 月第 1 版

印 次 2011 年 4 月第 1 次

定 价 18.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请向我社发行部联系调换

版权所有 侵权必究 版权所有 侵权必究

前 言

电工技术和电子技术的应用范围非常广泛,与一切新的科学技术无不有着密切的关系。因此,包含电路基础、电子技术和电气控制技术等三部分内容《电工电子与控制技术》课程,对于工科非电专业的学生来说,不仅是为后续的专业课程和毕业后从事有关电类或控制类的工作打基础,更是为学生的自学、深造、拓宽视野及创新打基础的一门重要的技术基础课程。

作为一门对实践性和动手能力要求非常强的课程,教学的重要要求之一就是要培养学生的实践动手能力。为了更好地开展实验与实训教学,我们根据自身使用的和社会上普遍使用的设备、仪器的特点,组织编写了这本《电工电子与控制技术实训与学习指导》教材,作为《电工电子与控制技术》教材的配套实验实训教材。

考虑到各学校教学与实践学时安排的差异以及教学要求和侧重点有所不同,我们在实验的设计上,尽可能按照教学的先后顺序编排,同时加强各实验的独立性,减少各实验间的逻辑联系,增加了教师对实验选取的机动性。实训部分则是我们根据自身的教学经验安排的。要求学生在正常课程的理论与实验教学完成后,在老师的指导下,运用课程所学知识,利用1~2周时间独立完成一个或多个实训项目,撰写实训报告。这是综合应用的过程,可以强化学生对于知识的掌握。

本书在内容编排上,力争做到符合理论教材的体系要求,具有实验设计全面、实训项目综合性强等特点,能够达到便于学生或自学者了解和掌握电类相关课程的基础实践知识的目的,具有很强的适用性。本书既可作为应用型高等学校电类和非电类工科本、专科学生的实验与实训教材,也可作为希望全面了解电类实践知识的自学者的入门参考教材。

本书第1、2章和6~9章编写由晏永红完成;第3~5章由梁丽娟、陈亮和王翠玉等共同编写,并对全部实验实训内容进行了核实与验证。此外,武汉工业学院工商学院信息工程系的刘静、王珊珊、汪媛、张荆沙等为本书的编写提出了宝贵的意见和建议,在此,向他们表示由衷的感谢。

由于编者水平有限,书中错误及不足之处在所难免,真诚地希望广大读者予以批评指正。

编 者

2010年11月于武汉

目 录

第一篇 实验准备

第1章 常用电子仪器仪表及设备的使用	1
1.1 指针式万用表的使用	1
1.2 数字万用表的使用	2
1.3 兆欧表的使用	4
1.4 钳形表的使用	5
1.5 函数信号发生器的使用	6
1.6 双踪示波器的使用	9
1.7 交流毫伏表的使用	12
第2章 基本电子元器件的识别	13
2.1 常用电子元器件的命名	13
2.2 常用电子元器件的识别	20

第二篇 基础性实验

第3章 电路实验	25
实验1 电路元件伏安特性的测试	25
实验2 叠加原理的验证	27
实验3 戴维宁定理	28
实验4 RC 选频网络特性测试	30
实验5 RLC 串联谐振电路	32
实验6 用三表法测量交流电路等效参数	34
实验7 三相交流电路电压、电流的测量	37
实验8 三相电路功率的测量	39
第4章 模拟电子技术实验	42
实验1 单级共射放大电路	42
实验2 多级交流放大电路	44
实验3 比例求和运算电路	45
实验4 负反馈放大电路	47
实验5 RC 正弦波振荡电路	48
实验6 电压比较电路	50
实验7 互补对称功率放大电路	51
实验8 串联稳压电路	52
第5章 数字电子技术实验	55
实验1 门电路逻辑功能与测试	55

实验 2 组合逻辑电路(半加器、全加器)	59
实验 3 触发器(一)	61
实验 4 触发器(二)	65
实验 5 计数器电路	66
实验 6 移位寄存器	70
实验 7 译码器和数据选择器	72
实验 8 555 时基电路及其应用	76
第 6 章 电气控制及 PLC 实验	81
6.1 DDSZ—1 型电机及电气技术实验装置简介	81
6.2 THSMS—1 型可编程控制实验箱简介	84
6.3 STEP7—Micro/WIN 软件的使用及编程规则	84
6.4 S7—200 的自动化通信网络	86
实验 1 三相异步电动机的正反转控制线路	90
实验 2 三相鼠笼式异步电动机的降压启动控制线路	91
实验 3 三相异步电动机能耗制动控制线路	92
实验 4 工作台自动往返循环控制线路	93
实验 5 液体混合装置控制	94
实验 6 运料小车控制	95
实验 7 水塔水位控制	96
实验 8 天塔之光控制	97
第三篇 综合实训	
第 7 章 电工实训	99
项目 1 常用照明电路的安装	99
项目 2 白炽灯两地控制线路的安装	104
项目 3 小型配电板的安装	106
项目 4 电缆的连接与敷设	112
第 8 章 电子实训	117
项目 1 8 路智力竞赛抢答器的制作	117
项目 2 多功能数字钟的电路设计	121
项目 3 直流稳压电源及充电器设计	124
项目 4 数字温度计的设计与实现	129
第 9 章 电气控制及 PLC 实训	135
项目 1 三相鼠笼式异步电动机带延时正反转控制	135
项目 2 工作台自动往返 PLC 控制	136
项目 3 交通灯自动控制	138
项目 4 四层电梯控制	139
附录	142
参考文献	154

第一篇 实验准备

第 1 章 常用电子仪器仪表及设备的使用

电子仪器仪表是电子技术实验的基本工具，其使用方法需要被熟练了解并掌握。常用的电子仪器仪表主要有两大类：测量仪器和激励源仪器。测量仪器只有输入端口，输入被测电路的电参量，如万用表、示波器和毫伏表等。激励源仪器只有输出端口，输出被测电路需要的电参量，如信号发生器和直流电源等。

1.1 指针式万用表的使用

万用表又称多用表，可以用来测量直流电压和电流、交流电压和电流以及电阻等，有的万用表还可以用来测量电容、电感以及二极管、三极管的某些参数。指针式万用表主要由指示部分、测量电路和转换装置三部分组成。常用的指针式万用表如图 1-1 所示。下面以 MF—47 型万用表为例进行介绍。

1. 操作中的注意事项

1) 测量前，先检查红、黑表笔连接的位置是否正确。红色表笔接到红色接线柱或标有“+”的插孔内，黑色表笔接到黑色接线柱或标有“-”的插孔内，不能接反，否则在测量直流电量时会因正负极的反接而使指针反转，损坏表头部件。

2) 将红、黑表笔连接到被测电路前，一定要查看所选挡位的量程与测量对象是否相符，否则，误用挡位和量程，不仅得不到测量结果，还会损坏万用表。

3) 测量时，用右手握住两支表笔，手指不要触及表笔的金属部分和被测元器件。

4) 测量中若需转换量程，必须在表笔离开电路后才能进行，否则选择开关转动产生的电弧容易烧坏选择开关的触点，造成接触不良。

2. 使用方法

(1) 调整零点

在测量前，万用表应水平放置，检查表头指针是否处于交直流挡标尺的零刻度线上，否



图 1-1 指针式万用表

则读数会有较大的误差。若不在零位，应通过机械调零的方法（使用小螺丝刀调整表头下方机械调零螺钉）使指针回到零位。

（2）测量直流电压

将选择开关旋至直流电压挡相应的量程上。测量电压时，需将万用表并联在被测电路上，并注意正、负极性。如果不知道被测电压的极性和大致数值，需将选择开关旋至直流电压挡最高量程上，并进行试探测量（如果指针不动则说明表笔接反，若指针瞬时旋转则说明表笔极性正确），然后再调整极性并选择合适的量程。

（3）测量交流电压

将选择开关旋至交流电压挡相应的量程进行测量。如果不知道被测电压的大致数值，需将选择开关旋至交流电压挡最高量程上预测，然后再旋至交流电压挡相应的量程上进行测量。

（4）测量直流电流

测量直流电流时万用表必须按照电路的极性正确地串联在电路中，选择开关置于“mA”或“ μ A”相应的量程上。特别要注意的是不能用电流挡测量电压，以免烧坏万用表。

（5）测量交流电流

先将选择开关置于交流电流挡相应的量程，再将万用表串联接在被测电路中。具体测量方法与直流电流的测量相似。

（6）测量电阻

将选择开关旋至“欧姆”挡的适当量程上，将两支表笔短接，指针应指向 $0\ \Omega$ 处。每换一次量程，欧姆挡的零点都需要重新调整一次。测量电阻时，被测电阻不能处在带电状态。在电路中，当不能确定被测电阻有没有并联电阻存在时，应把电阻的一端从电路中断开再进行测量。测量电阻时，双手不能触及电阻的两端。当表笔正确地连接在被测电路上时，待指针稳定后，从标尺刻度上读取测量结果。注意记录数据要有计量单位。

1.2 数字万用表的使用



图 1-2 数字万用表

数字万用表是一种多功能的数字显示仪表，既可以像指针式万用表一样测量直流、交流电压和电流，还可以测二极管和三极管等的某些参数。数字万用表的测量值由液晶显示屏直接以数字的形式显示，读取方便。有些数字万用表还带有语音提示功能。

数字万用表如图 1-2 所示，它的下方有一个转换旋钮，旋钮所指的是测量的挡位。

数字万用表的挡位主要有以下几种： $\tilde{V}$ ，表示测量交流电压的挡位； $\bar{V}$ ，表示测量直流电压的挡位； $\tilde{A}$ ，表示测量交流电流的挡位； $\bar{A}$ ，表示测量直流电流的挡位； Ω (R)，表示测量电阻的挡位； h_{FE} ，表示测量三极管的挡位。

数字万用表的红表笔接外电路正极，黑表笔接外电路负极。

1. 操作中的注意事项

- 1) 转换旋钮应置于正确测量位置。
- 2) 表笔绝缘层应完好，无破损和断线。
- 3) 红、黑表笔应插在符合测量要求的插孔内，保证接触良好。

- 4) 严禁转换旋钮在电压测量或电流测量过程中改变挡位, 以防损坏仪表。
- 5) 必须用同种规格的保险丝更换坏保险丝。
- 6) 为防止电击, 测量公共端“COM”和大地“GND”之间电位差不得超过 1 000 V。
- 7) 液晶显示“ ”符号时, 应及时更换电池, 以确保测量精度。
- 8) 测量完毕应及时关断电源。长期不使用时, 应取出电池。

2. 使用方法

(1) 电压的测量

电压的测量分为直流电压的测量和交流电压的测量。

1) 直流电压的测量。

- ① 将黑表笔插进万用表的“COM”孔, 红表笔插进万用表的“VΩ”孔。
- ② 把万用表的转换旋钮旋至直流挡“ $\bar{V}$ ”, 然后将转换旋钮调到比估计值大的量程。
- ③ 把红、黑表笔接电源或电池两端, 并保持接触稳定。
- ④ 从显示屏上直接读取测量数值。若测量数值显示为“1”, 表明量程太小, 要换用大量程后再测量。如果在数值左边出现“-”, 表明红、黑表笔极性与实际电源极性相反。

2) 交流电压的测量。

- ① 将黑表笔插进万用表的“COM”孔, 红表笔插进万用表的“VΩ”孔。
- ② 把万用表的转换旋钮旋至交流挡“ $\tilde{V}$ ”, 然后将转换旋钮调到比估计值大的量程。
- ③ 把红、黑表笔接到电源的两端(交流电压无正负之分, 表笔不用分正负), 然后从显示屏上读取测量数值。

(2) 电流的测量

电流的测量同样也分为直流电流的测量和交流电流的测量。

1) 直流电流的测量。

- ① 黑表笔插入万用表的“COM”孔。若测量大于 200 mA 的电流, 则要将红表笔插入“10 A”插孔, 并将转换旋钮旋至直流挡“10 A”; 若测量小于 200 mA 的电流, 则将红表笔插入“200 mA”插孔, 将转换旋钮旋至直流 200 mA 以内的合适量程。

② 将转换旋钮旋至直流挡“ $\bar{A}$ ”的合适位置, 调整好后, 开始测量。将万用表串联接入电路中, 保持稳定。

③ 从显示屏上读取测量数据。若显示为“1”, 表明量程太小, 要加大量程后再测量; 如果在数值左边出现“-”, 表明电流从黑表笔流进万用表。

2) 交流电流的测量。

测量方法与直流电流的测量基本相同, 不过挡位应该打到交流挡“ $\tilde{A}$ ”。

电流测量完毕后应将红表笔插回“VΩ”孔。

(3) 电阻的测量

- 1) 将黑表笔插进“COM”孔, 红表笔插进“VΩ”孔。

2) 把转换旋钮旋至“Ω”中所需的量程, 用红、黑表笔接在电阻两端金属部位。测量中可以用手接触电阻, 但不要把手同时接触电阻两端, 这样会影响测量的精确度。因为人体是电阻很大的导体。

3) 保持红、黑表笔与电阻两端接触良好的同时, 开始从显示屏上读取测量数据。

(4) 二极管的测量

数字万用表可以测量发光二极管和整流二极管, 测量方法如下。

- 1) 将黑表笔插在“COM”孔，红表笔插进“VΩ”孔。
- 2) 将转换旋钮调到二极管挡。
- 3) 用红表笔接二极管的正极，黑表笔接负极，这时会显示二极管的正向压降。

锗二极管的压降约为 0.15~0.3 V，硅二极管约为 0.5~0.7 V，发光二极管约为 1.8~2.3 V。调换红、黑表笔，显示屏显示“1”则为正常（因为二极管的反向电阻很大），否则此管已被击穿。

(5) 三极管的测量

选数字万用表的二极管挡，用红表笔去接三极管的某一管脚，用黑表笔分别接另外两个管脚。如果表的液晶屏上两次都显示为零点几伏的电压（锗管为 0.3 V 左右，硅管为 0.7 V 左右），则此管为 NPN 型三极管且红表笔所接的那一个管脚是基极。如果两次所显示的都是“OL”，则红表笔所接的那一个管脚便是 PNP 型三极管的基极。

在判别出三极管的型号和基极 b 的基础上，可以再判别发射极 e 和集电极 c。仍用二极管挡，对于 NPN 型三极管，令红表笔接其基极 b，黑表笔分别接另外两个管脚上，两次测得的极间电压中，电压高的为发射极 e，电压低的为集电极 c。如果是 PNP 型三极管，令黑表笔接其基极 b，同样所得电压高的为发射极 e，电压低的为集电极 c。例如，用红表笔接 C9018 的中间那个管脚（基极 b），黑表笔分别接另外两个管脚，可得 0.719 V、0.731 V 两个电压值。其中，0.719 V 为基极 b 与集电极 c 之间的电压，0.731 V 为基极 b 与发射极 e 之间的电压。

判别三极管的好坏，只要查一下三极管各 PN 结是否损坏即可，可以用万用表测量其发射极 e、集电极 c 的正向电压和反向电压来判定。如果测得的正向电压和反向电压相似且几乎为 0 V，或正向电压显示为“OL”，说明三极管已经短路或断路。

1.3 兆欧表的使用

兆欧表如图 1-3 所示。其中，图 1-3 (a) 为机械式兆欧表，又称摇表；图 1-3 (b) 为数字兆欧表。

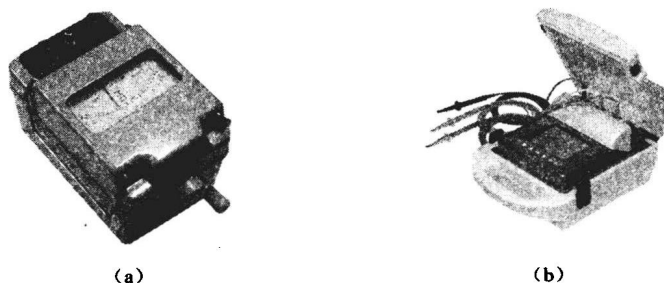


图 1-3 兆欧表

(a) 机械式兆欧表 (b) 数字兆欧表

1. 兆欧表的选择

根据不同的电气设备选择兆欧表的电压等级及其测量范围。对于额定电压在 500 V 以下的电气设备，应选用电压等级为 500 V 或 1 000 V 的兆欧表；额定电压在 500 V 以上的电气设备，应选用 1 000~2 500 V 的兆欧表。

2. 使用前的准备工作

1) 检查兆欧表是否能正常工作。将兆欧表水平放置，空摇兆欧表手柄，指针应该指到零处，再慢慢摇动手柄，使 L 和 E 接线柱输出线瞬时短接，指针应迅速指零。注意在摇动手柄时不可让 L 和 E 短接时间过长，否则将损坏兆欧表。

2) 检查被测电气设备和电路，看是否已全部切断电源。绝不允许在设备和线路带电时用兆欧表去测量。

3) 测量前，应对设备和线路先行放电，以免设备或线路的电容放电危及人身安全和损坏兆欧表，还可以减少测量误差。同时，注意将被测试点擦拭干净。

3. 使用方法

1) 兆欧表必须水平放置于平稳牢固的地方，以免在摇动时因抖动和倾斜产生测量误差。

2) 接线必须正确无误。兆欧表有 3 个接线柱，E（接地）、L（线路）和 G（保护环或称屏蔽端子）。保护环的作用是消除表壳表面和 L 与 E 接线柱间的漏电以及被测绝缘物表面漏电的影响。在测量电气设备对地绝缘电阻时，L 用单根导线接设备的待测部位，E 用单根导线接设备外壳。测电气设备内两绕组之间的绝缘电阻时，应将 L 和 E 分别接两绕组的接线端；测量电缆的绝缘电阻时，为消除因表面漏电产生的误差，应将 L 接线芯，E 接外壳，G 接线芯与外壳之间的绝缘层。L、E、G 与被测物的连接线必须用单根线，绝缘良好，不得绞合，表面不得与被测物体接触。

3) 摇动手柄的转速要均匀，一般规定为 120 r/min，允许有 $\pm 20\%$ 的变化，最多不应超过 $\pm 25\%$ 。通常要摇动 1 min 后，待指针稳定下来再读数。被测电路中有电容时，应先持续摇动一段时间，让兆欧表对电容充电，待指针稳定后再读数。测完后先拆去接线，再停止摇动。若测量中发现指针指零，应立即停止摇动手柄。测量电动机的绝缘电阻时，E 接电动机的外壳，L 接电动机的绕组。

4) 测量完毕，应对设备充分放电，否则容易引起触电事故。

5) 禁止在雷电时或附近有高压导体的设备上测量绝缘电阻，只有在设备不带电又不可能受其他电源感应而带电的情况下才可测量。

6) 兆欧表未停止转动前，切勿用手去触及设备的测量部分或兆欧表接线柱。拆线时也不可直接去触及引线的裸露部分。必须先将被测物对地短路放电，然后再停止兆欧表的转动，以避免电容放电损坏兆欧表。

7) 兆欧表应定期校验。校验方法是直接测量有确定值的标准电阻，检查其测量误差是否在允许范围内。

1.4 钳形表的使用

钳形表的外形结构如图 1-4 所示，使用时应注意以下事项。

1) 使用前应检查外观是否良好，绝缘层有无破损，手柄是否清洁、干燥。

2) 测量时应戴绝缘手套或干净的线手套，并注意保持安全间距。

3) 测量过程中不得切换挡位。

4) 钳形电流表只能用来测量低压系统的电流，被测线路的电压



图 1-4 钳形表

不能超过钳形表所规定的使用电压。

5) 每次测量只能钳入一根导线。

6) 若不是特别必要, 一般不测量裸导线的电流。

7) 测量完毕应将量程转换开关置于最大挡位, 以防止下次使用时, 因疏忽大意而造成仪表的意外损坏。

1.5 函数信号发生器的使用

1. 概述

YB1600 系列函数信号发生器是一种新型高精度信号源, 仪器外形美观、新颖, 操作直观方便, 具有数字频率计、计数器及电压等显示功能。仪器功能齐全、各端口具有保护功能, 有效地防止了输出短路和外电路电流的倒灌对仪器的损坏, 大大提高了整机的可靠性。该发生器广泛适用于教学、电子实验、科研开发、邮电通信以及电子仪器测量等领域。

(1) 主要特点

- 1) 具有数字频率计和计数器功能 (6 位 LED 显示)。
- 2) 具有数字输出电压指示 (3 位 LED 显示)。
- 3) 开关只需轻触, 操作方便, 面板上有各项功能指示, 直观清晰。
- 4) 采用金属外壳, 具有优良的电磁兼容性, 外形美观坚固。
- 5) 具有内置线性/对数扫频功能。
- 6) 具有数字频率微调功能, 使测量更精确。
- 7) 用 50 Hz 正弦波输出, 便于教学实验。
- 8) 具有外接调频功能。
- 9) 具有 VCF 压控信号输入。
- 10) 所有端口具有短路和抗输入电压保护功能。

(2) 幅度显示

显示位数: 3 位。

显示单位: V_{p-p} 或 mV_{p-p} 。

显示误差: ± 1 个字。

负载电阻为 $1\text{ M}\Omega$: 直读。

负载电阻为 $50\ \Omega$: 读数/2。

分辨率: 1 mV_{p-p} (40 dB)。

(3) 电源

电压: $(220\pm 10\%) \text{ V}$ 。

频率: $(50\pm 5\%) \text{ Hz}$ 。

视在功率: 约 10 VA 。

电源保险丝: BGXP—1— 0.5 A 。

(4) 环境条件

工作温度: $0\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

贮存温度: $-40\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

工作湿度上限: 90% ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$)。

贮存湿度上限：90%（50℃）。

其他要求：避免频繁振动和冲击，周围空气无酸、碱、盐等腐蚀性气体。

2. 使用注意事项

1) 工作环境和电源应满足技术指标中给定的要求。

2) 初次使用本机或久贮后再用，应先放置于通风和干燥处几小时，待通电1~2 h后再使用。

3) 为了获得高质量的小信号（mV级），可暂将“外测开关”置“外”，以降低数字信号的波形干扰。

4) 外测频时，先选择高量程挡，然后根据测量值选择合适的量程，确保测量精度。

5) 电压幅度输出、TTL/CMOS输出要尽可能避免长时间短路或电流倒灌。

6) 各输入端口，输入电压不要超过 ± 35 V。

7) 为了观察准确的函数波形，示波器带宽应高于该仪器上限频率的2倍。

8) 如果仪器不能正常工作，应重新开机检查操作步骤。

3. 面板操作键使用说明

YB1610型函数信号发生器面板如图1-5所示。

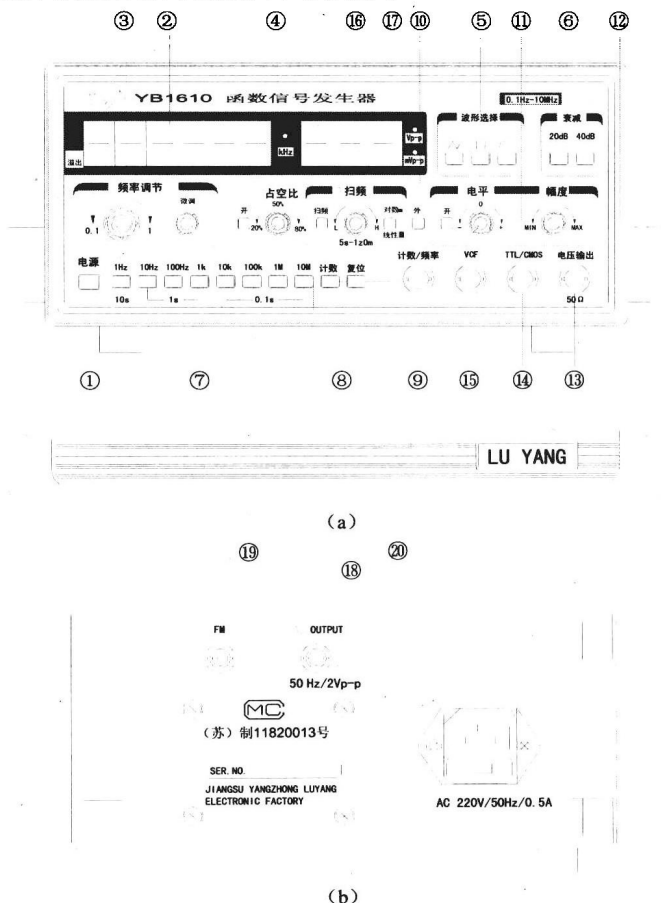


图 1-5 YB1610 型函数信号发生器面板

(a) 前面板 (b) 后面板

①——电源开关：将电源开关按键弹出即为“关”位置。将电源线接入，按电源开关，接通电源。

②——LED 显示窗口：此窗口指示输出信号的频率，当“外测”开关接入，显示外测信号的频率。若超出测量范围，则溢出指示灯亮。

③——频率调节旋钮：调节此旋钮可以改变输出信号频率。顺时针旋转，频率增大；逆时针旋转，频率减小。微调旋钮可以微调频率。

④——占空比：包括占空比开关和占空比调节旋钮。将占空比开关按下，占空比指示灯亮；调节占空比旋钮，可改变波形的占空比。

⑤——波形选择开关：按下对应波形的某一键，可选择需要的波形。

⑥——衰减开关：电压输出衰减开关。二挡开关组合为 20 dB 和 40 dB。

⑦——频率范围选择开关（并兼频率计闸门开关）：根据所需要的频率，按下其中一键。

⑧——计数、复位开关：按计数键，LED 显示并开始计数；按复位键，LED 显示为 0。

⑨——计数/频率端口：计数、外测频率输入端口。

⑩——外测频开关：按下此开关后，LED 显示窗口显示外测信号频率或计数值。

⑪——电平调节：按下电平调节开关，电平指示灯亮。此时调节电平调节旋钮，可改变直流偏置电平。

⑫——幅度调节旋钮：顺时针调节此旋钮可增大电压输出幅度，逆时针调节此旋钮可减小电压输出幅度。

⑬——电压输出端口：电压由此端口输出。

⑭——TTL/CMOS 输出端口：由此端口输出 TTL/CMOS 信号。

⑮——VCF 端口：由此端口输入电压控制频率变化。

⑯——扫频：按下扫频开关，电压输出端口输出信号为扫频信号。调节速率旋钮，可改变扫频速率，改变线性/对数开关可产生线性扫频和对数扫频。

⑰——电压输出指示：3 位 LED 显示输出电压值，输出接 50 Ω 负载时应将读数除以 2。

⑱——50 Hz 正弦波输出端口：50 Hz 约 2V_{p-p} 正弦波由此端口输出。

⑲——FM（调频）输入端口：外调频波由此端口输入。

⑳——交流电源 220 V 输入插孔：与 220 V 交流电源相连接。

4. 基本操作方法

打开电源开关前，首先检查输入的电压。将电源插头插入后面板上的电源插孔后，再将各控制键按表 1-1 所示设定。

表 1-1 各控制键的设定

控 制 键	状 态
电源开关	弹出
衰减开关	弹出
外测频开关	弹出
电平开关	弹出
扫频开关	弹出
占空比开关	弹出

控制键按表 1-1 所示设定后, 打开电源。函数信号发生器默认为 10 kHz 挡正弦波, LED 显示窗口显示本机输出信号频率。

1) 将电压输出信号由幅度端口通过连接线送入示波器 Y 输入端口。

2) 三角波、方波、正弦波的产生过程如下。

① 分别按下正弦波、方波和三角波按钮, 此时示波器屏幕上将分别显示正弦波、方波和三角波。

② 改变频率选择开关, 示波器显示的波形以及 LED 窗口显示的频率将发生变化。

③ 将幅度调节旋钮顺时针旋转至最大, 示波器显示的波形幅度将高于 20 V。

④ 将电平开关按下, 顺时针旋转电平旋钮时示波器波形向上移动, 逆时针旋转时示波器波形向下移动。最大变化量为 ± 10 V。注意: 信号超过 ± 10 V 或 ± 5 V (50Ω) 时被限幅。

⑤ 按下衰减开关, 输出波形将被衰减。

3) 计数、复位:

① 按复位键, LED 显示全为 0;

② 按计数键且计数/频率输入端输入信号时, LED 显示开始计数。

4) 斜波的产生过程:

① 波形开关置“三角波”;

② 按下占空比开关, 指示灯亮;

③ 调节占空比旋钮, 三角波将变成斜波。

5) 外测频率:

① 按下外测开关, 外测频指示灯亮;

② 外测信号由计数/频率输入端输入;

③ 选择适当的频率范围, 由高量程向低量程选择合适的频率, 确保测量精度。当有溢出指示时, 应将量程提高一档。

6) TTL 输出:

① TTL/CMOS 端口接示波器 Y 输入端 (DC 输入);

② 示波器将显示方波或脉冲波, 该输出端可作为 TTL/CMOS 数字电路实验时钟信号源。

7) 扫频:

① 按下扫频开关, 此时幅度输出端口输出的信号为扫频信号;

② 在扫频状态下, 线性/对数开关弹出时为线性扫频, 按下时为对数扫频;

③ 调节扫频旋钮, 可改变扫频速率, 顺时针调节增大扫频速率, 逆时针调节减慢扫频速率。

8) VCF (压控调频): 由 VCF 输入端口输入 0~5 V 的调制信号, 此时幅度输出端口输出的为压控信号。

9) FM (调频): 由 FM 输入端口输入电压为 10 Hz~20 kHz 的调制信号, 此时幅度端口输出为调频信号。

10) 50 Hz 正弦波: 由交流 OUTPUT 输出端口输出 50 Hz 约 $2 V_{p-p}$ 的正弦波。

1.6 双踪示波器的使用

XJ4318A 型双踪示波器如图 1-6 所示。

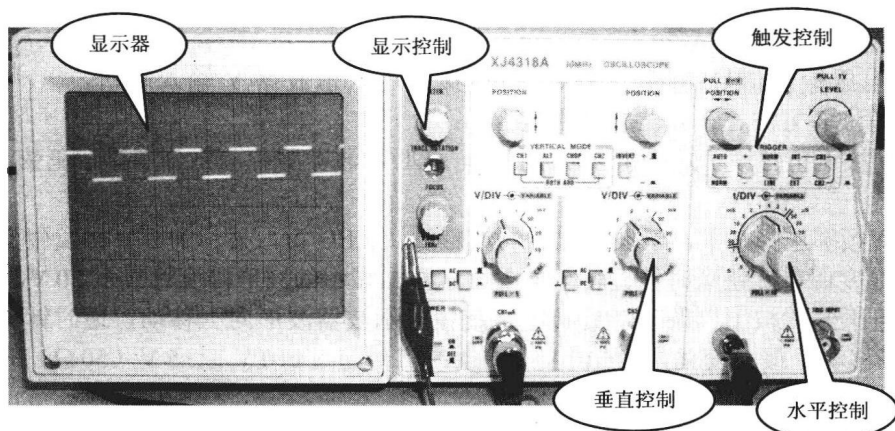


图 1-6 XJ4318A 型双踪示波器

1. 显示控制

- 1) 亮度控制 (INTEN): 用于调节扫描光迹的亮度。
- 2) 光迹旋转控制 (TRACE ROTATION): 用于调节光迹和示波管坐标水平刻度线平行。
- 3) 聚焦控制 (FOCUS): 用于调节显示光迹的清晰度。
- 4) 探极校准信号连接器: 提供幅度约 0.2 V, 频率约 1 kHz 的方波电压。允许操作者补偿电压和观察示波器的工作情况, 但不能用于校准示波器的垂直增益和时基电路的精度。
- 5) 电源指示灯: 为发光二极管, 当仪器电源接通时变亮。
- 6) 电源开关 (POWER): 用于接通和关断仪器的电源, 按下为接通。

2. 垂直控制

- 1) (AC、DC、 $\perp$): 通道 1 (2) 输入耦合开关。
 - ① AC: 交流耦合 (输入信号去除直流分量)。
 - ② DC: 直流耦合 (输入信号直接送至垂直轴放大器输入端并显示, 信号中含有直流成分)。
 - ③ $\perp$: 放大器输入接地, 便于测量时参考。
- 2) CH1 (2) OR X (Y): 通道 1 (2) 或 X (Y) 输入端。
- 3) CH1 (2) V/DIV: 通道 1 (2) 电压/度开关 (Y 灵敏度开关)。
 - ① 中间旋钮: 扫描微调控制旋钮, 顺时针旋到底为校准位置 (CAL)。
 - ② 中间拉出 (PULL $\times 5$): 垂直灵敏度被提高 5 倍。
- 4) POSITION $\updownarrow$: 通道 1 (2) 光迹垂直位移调节。
- VERTICAL MODE: 垂直方式选择开关。
 - ① CH1: 显示通道 1 输入信号。
 - ② CH2: 显示通道 2 输入信号。
 - ③ ALT: 交替显示两个通道的输入信号。
 - ④ CHOP: 断续显示两个通道的输入信号。
 - ⑤ INVERT: 通道 2 极性选择, 按下极性相反。
 - ⑥ ADD: CH1 和 CH2 两个键同时压入, 显示通道 1 和通道 2 的代数和。若提供通道 2 的反极性, 还可以显示两个通道的代数差。

3. 水平控制

1) t/DIV : 时间/度开关 (扫速开关), 用来选择扫描速度, 为 1—2—5 进制。

2) 中间旋钮: 扫描微调控制旋钮, 不在校准位置时用于调节连续可变的时基速率, 顺时针旋到底为校准位置 (CAL)。

3) 中间拉出 (PULL $\times 10$): 扩大扫描速率 10 倍, 最快速度可扩展到 20 ns/DIV。

4. 触发控制

1) TRIGGER: 触发选择控制。

① 触发方式选择: AUTO (自动)、NORM (常态)。

② 触发极性选择: + (正斜率触发)、- (负斜率触发)。

③ LINE: 市电, 选择电源波形为触发信号。

④ INT: 内触发, 用 CH1 或 CH2 输入信号触发。

⑤ EXT: 外触发, 用外触发连接器的信号触发。

2) LEVEL: 触发电平控制, 顺时针旋到底为锁定 (LOCK) 位置; 拉出为 TV 同步 (PULL TV), 允许电视场进行触发。

5. 交替与断续显示

根据开关信号转换速率不同, 双踪示波器有交替显示和断续显示两种工作方式。

(1) 交替显示

所谓交替显示就是第一次电子开关接通 CH1 时, 扫描电压对 CH1 信号进行扫描显示, 第一次扫描结束后, 电子开关马上接通 CH2, 第二次扫描电压对 CH2 信号进行扫描显示, 如此不断重复, 在荧光屏上轮流显示出 u_A 和 u_B 的波形, 如图 1-7 (a) 所示。

显然, 这种显示方式下电子开关转换的速率就是扫描电压的频率, 只要扫描电压频率大于 25 次/秒, 那么, 尽管两个信号波形是交替显示的, 但由于荧光屏的余辉和人眼的滞留效应, 会使人感到荧光屏上同时显示两个波形, 而且不会闪烁。

(2) 断续显示

断续显示是将两个通道的被测信号用同一个周期的扫描电压进行扫描展开。这种显示方式下, 开关信号在一次扫描中高速地轮流接通 CH1 与 CH2 信号, 把不同通道的信号分别送到 Y 偏转板上。当接通 CH1 信号时, CH2 被切断; 而接通 CH2 信号时, CH1 被切断。由于转换速率比被测信号的频率高得多, 切断的亮点取得很紧, 所以在荧光屏上看到的波形好像是连续的, 如图 1-7 (b) 所示。

断续显示适宜观测低频信号, 特别适合比较两个相关信号的相位关系。

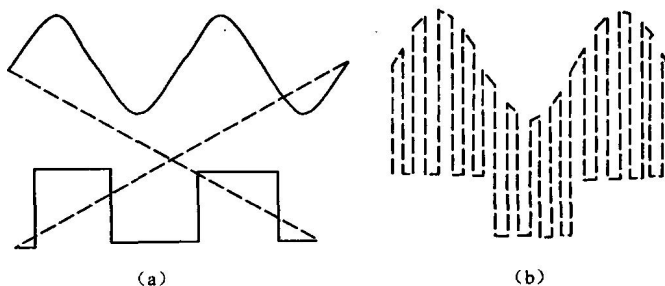


图 1-7 电压显示波形
(a) 交替显示 (b) 断续显示