

第3章 常用电子仪器

电子产品和电路都需要经过调试与检测这个环节,需要使用电子测量仪器仪表。常用的电子仪器有稳压电源、万用表、毫伏表、信号源、频率计、示波器等。正确选择和使用仪器仪表是电子技术工程人员必须掌握的基本技能。本章简要介绍这些仪器仪表的原理及使用方法,在附录部分详细介绍了它们的操作方法。

3.1 万用表

3.1.1 万用表功能结构及原理简介

万用表主要包括指针式(图 3-1-1)和数字式(图 3-1-2)两大类,它是检测和修理计量仪器仪表、自动化装置和家用电器中最常用的多用途电子测量仪表。

1. 万用表的功能与结构

万用表通常可以用来测量电阻、电流、电压、电容、二极管、三极管 β 值等参数。不同型号的万用表所具备的测量功能各不一样,一般来说,数字式万用表比传统的指针式万用表所具备的测量功能要多。个别高档的数字式万用表除了上述常用的测量功能外,通常还兼有频率、温度、功率、电感值等高级参数的测量功能。



图 3-1-1 指针式万用表



图 3-1-2 数字式万用表

万用表通常由表头、测量电路、转换装置、数据处理模块(仅数字万用表具有)等部分组成。指针式万用表的表头是一只直流微安表,它是指针式万用表的核心。它的很多重要性能,如灵敏度、准确度等级、阻尼及指针回零等大都取决于表头的性能。表头的灵敏度是以满刻度时的测量电流来衡量的,此电流又称满偏电流,表头的满偏电流越小,灵敏度就越高。一般指针式万用表表头的灵敏度大多在 $10\sim 100\mu\text{A}$ 范围内。

数字万用表表头则非常简洁,直接使用液晶显示器显示,由表内专用的驱动芯片控制其显示内容。

指针式万用表的测量电路是把被测的电量转化到表头满偏电流以内。测量电路一般包括分流电路、分压电路和整流电路等。分流电路的作用是把被测量的大电流通过分流电阻变成

表头所需的微小电流;分压电路的作用是将被测高电压通过分压电阻分压变成表头所需的低压;整流电路则是将被测的交流通过二极管整流变成表头所需的直流。

数字式万用表的测量电路是将被测的模拟量经过 A/D 转换电路转换为数字量,并在万用表的显示屏上显示出来。

指针式万用表和数字式万用表各种参数的测量及量程的选择是靠转换装置来实现的,其主要部件是转换开关。转换开关的好坏直接影响万用表的使用效果,好的转换开关应转动灵活、手感好、旋转定位准确、触点接触可靠等。

数据处理模块为数字式万用表所特有,一般以单片机为核心。其主要作用是将 AD 采集到的电压信号结合当前转换开关选择的功能及量程,将数据进行相应的处理后驱动液晶显示器进行显示。

2. 指针式万用表的工作原理

(1) 直流电流测量

由于表头最大电流 $I_{\max}$ 有限(通常最大仅为 $100\ \mu\text{A}$),为了能测量较大的电流,一般采用并联电阻分流法,使多余的电流从并联的电阻中流过,而通过表头的电流保持在表头最大电流以内。并联的电阻越小,可测量的电流就越大。转换量程的主要方法就是通过改变转换开关或表笔插孔来改变分流电阻的大小而实现的。图 3-1-3 所示为某型万用表电流挡的原理图。

(2) 交流电流测量

交流电流测量原理与直流电流的测量原理类似。测量交流电流是通过二极管将交流转换为直流后再进行测量的,正半周电流通过二极管和分流电阻后部分流向表头,而负半周电流则直接通过另一只二极管和电阻构成回路,没有电流流经表头。其测量原理如图 3-1-4 所示。

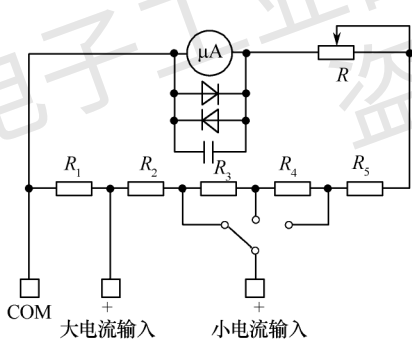


图 3-1-3 万用表电流挡工作原理

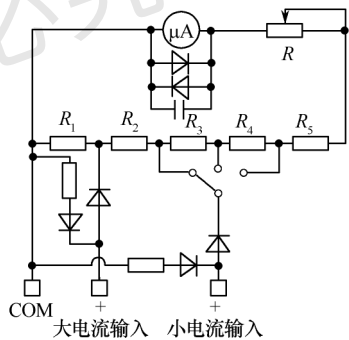


图 3-1-4 万用表交流电流测量工作原理

(3) 直流电压测量

在直流电路中,电流、电阻、电压是密不可分的。既然表头流过电流则指针偏转,且表头自身也有一定的电阻,因此万用表的表头实际上也是一只直流电压表($U = IR_g$),但它的测量范围很小,一般仅为零点几伏。实际电路中,万用表是通过串联电阻分压来达到扩大量程的目的。如图 3-1-5 所示,电路中所串电阻越大,则可测量的电压就越高,电压挡不同的量程就是通过转换开关获得不同的分压电阻来实现的。

(4) 交流电压测量

交流电压的测量与直流电压测量的原理类似。测量交流电压是通过二极管将交流转换为直流后再进行测量的,正半周电压经二极管整流和电阻分压后部分电压加在表头上,而负半周

电压则通过另一只二极管和电阻构成回路,电压没有加载在表头。其测量原理如图 3-1-6 所示。

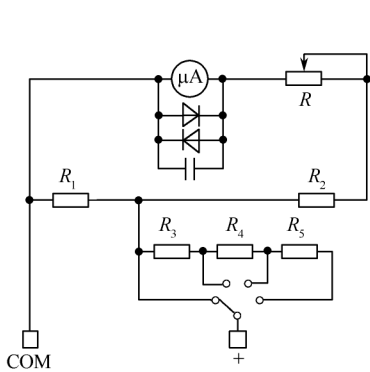


图 3-1-5 万用表直流电压测量工作原理

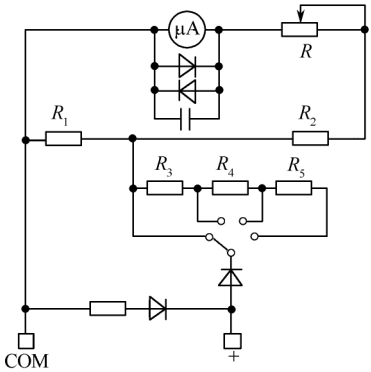


图 3-1-6 万用表交流电压测量工作原理

(5)电阻测量

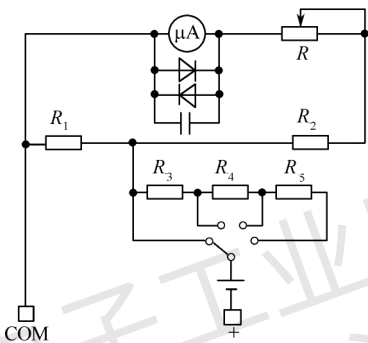


图 3-1-7 万用表电阻测量工作原理

万用表电阻的测量是依据欧姆定律进行的。通过被测电阻的电流及其两端的电压来反映被测电阻的大小,使电路中的电流大小取决于被测电阻的大小,即流经表头的电流大小由被测电阻的大小决定。此电流驱使指针偏转并反映在表盘上,通过欧姆标度尺即可读出被测电阻的阻值。其测量原理如图 3-1-7 所示。

3. 数字式万用表的工作原理

数字式万用表的工作原理与指针式万用表的工作原理相似,如图 3-1-8 所示。过压过流保护、分挡电阻、分流器、分压器、交直流转换模块为数字万用表的主要测量电路,被测信号经测量电路处理后转换成直流电压信号,再由数据处理器控制 AD 转换器将直流电压信号转换为数值,最后数据处理器将得到的电压数值经计算等处理后传送给显示驱动器,由显示驱动器驱动液晶显示器将测量结果显示出来。

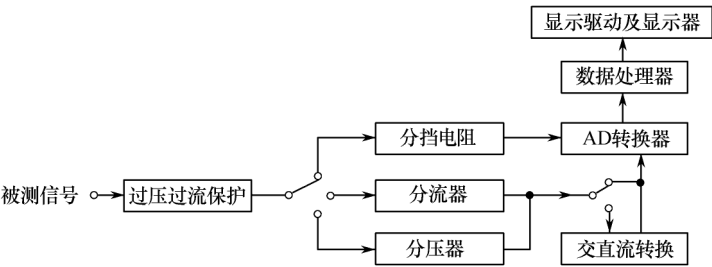


图 3-1-8 数字万用表组成框图

3. 1. 2 万用表的分类与比较

随着科技的进步,目前市场上万用表的种类与型号也越来越丰富。通常情况下,常见的万用表可以按照其显示方式的不同分为两大类:指针式万用表和数字式万用表。

指针式万用表显示精度较低,在没有数字式万用表的年代,指针式万用表给人类的生产和生活带来了很大的方便。现在,由于数字式万用表体积小、重量轻、功能强、耗电小、测量速度快、准确度高、抗干扰性强,并且价格也在不断下降,数字式万用表在市场的占有率已非常高。目前,许多工厂、研究所、学校等均采用数字式万用表。

当然,数字式万用表在逐渐取代指针式万用表的同时,其自身也在不断的发展。现在的数字式万用表不仅功能越来越强大、体积越来越小、价格越来越低,而且其显示精度、准确度及自动化程度也在不断提升。

从显示精度和准确度来看,目前市场上广为使用的是三位半数字式万用表,其最大显示为 ± 1999 ,其中最高位固定为符号位,第二位最大只能显示 1,相当于半位。而第三、第四、第五位则能显示 0~9 之间的任意数值。因此,这种显示 3 位(0~9)有效数值,加上半位,再加上 1 位符号位的显示精度,我们通常称之为 3 位半。现在,4 位半的数字式万用表也比较常见,但 5 位半和更高显示精度的数字万用表由于其价格昂贵,极为少见。

近年来,数字式万用表在智能化程度方面也有很大的突破,出现了自动量程切换式数字万用表。该万用表只需选择需要测量的参数类型(如选择电压挡),在测量过程中,万用表将按照程序规则自动从最高量程挡往低量程切换并测量,自动选择合适的量程将测量的数值测出并显示在 LCD 液晶屏幕上。虽然这种自动切换量程的万用表使用起来很方便,但它也存在不足之处。表 3-1-1 对数字式万用表和指针式万用表的基本性能特点做了总结和对比。

表 3-1-1 数字式万用表和指针式万用表对比

名称 \ 类型	指针式万用表	数字式万用表	
		手动量程切换式万用表	自动量程切换式万用表
显示精度		3 位半(± 1999)、4 位半(± 19999)、5 位半(± 199999)	
特点	1. 响应较慢,可显示变化过程 2. 读数不直观 3. 读数误差较大 4. 使用条件要求高 5. 使用前需要机械调零	1. 响应较快,但不能直观的显示测量参数的变化过程 2. 读数直观 3. 测量准确、精度高、灵敏度高 4. 使用方便、操作简单 5. 部分型号具有自动关机功能数据锁存功能	
常用型号	MF-47、500 型、MF-10	VC890D、DT9205、DT9205+	DT-910T

3.1.3 万用表的使用

万用表在电子行业已成为必不可少的基本仪表,对每位从事电子行业的工作者或学习电子专业的学生来说,掌握万用表的基本使用方法便成为了一项必不可少的基本技能。鉴于市场上万用表的种类繁多,并且数字式和指针式万用表各有千秋,因而本书对数字式万用表和指针式万用表的基本使用方法和注意事项都做了简单的介绍。

1. 指针式万用表的使用方法与注意事项

指针式万用表的使用方法的流程如图 3-1-9 所示。

指针式万用表的使用注意事项如下:

① 如果无法预先估计被测电压或电流的大小,则应先拨至最高量程挡测量一次,再视情况逐渐把量程减小到合适位置。测量完毕,如没有“OFF”挡位,则应将量程开关拨到最高电压挡,如有则直接将挡位拨到“OFF”即可。

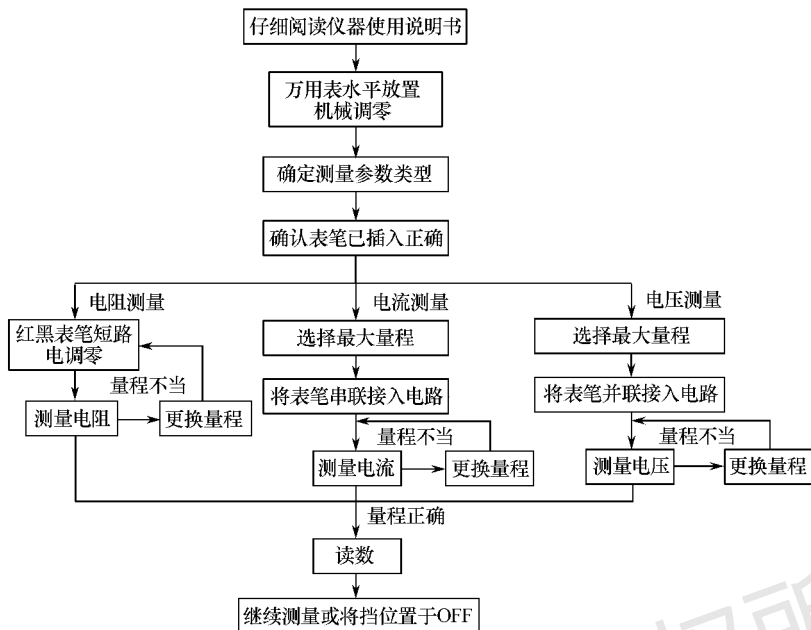


图 3-1-9 指针式万用表使用流程

② 测量电压或电流在满量程时,仪表指针会转到头,这时应选择更高的量程,使指针能指向刻度盘的中心位置为宜。

③ 测量电压时,应将数字万用表与被测电路并联。测电流时应与被测电路串联,测直流流量时必须遵循“红接正,黑接负”的原则。

④ 禁止在测量高电压(220V 以上)或大电流(0.5A 以上)时换量程,以防止产生电弧,烧毁开关触点。

⑤ 测量过程中,禁止用手直接接触表笔的金属探针。

⑥ 禁止使用交流电压挡或交流电流挡测量频率超过 400Hz 的交流信号。

⑦ 当电阻挡指针无法调零或测量时,指针无论什么情况都不能满偏,甚至不能偏转时,表明内电池电压过低。此时,请更换新电池。

2. 数字式万用表的使用方法与注意事项

数字式万用表的使用方法流程如图 3-1-10 所示。

数字式万用表的使用注意事项如下:

① 如果无法预先估计被测电压或电流的大小,则应先拨至最高量程挡测量一次,再视情况逐渐把量程减小到合适位置。测量完毕,应将量程开关拨到该量程最高挡位,并关闭电源。

② 满量程时,仪表仅在最高位显示数字“1”,其他位不显示,这时应选择更高的量程。

③ 测量电压时,应将数字万用表与被测电路并联。测量电流时应与被测电路串联,测量直流电流时不必考虑正、负极性。

④ 当误用交流电压挡去测量直流电压,或者误用直流电压挡去测量交流电压时,显示屏将显示“000”,或低位上的数字出现跳动。

⑤ 禁止在测量高电压(220V 以上)或大电流(0.5A 以上)时换量程,以防止产生电弧,烧毁开关触点。

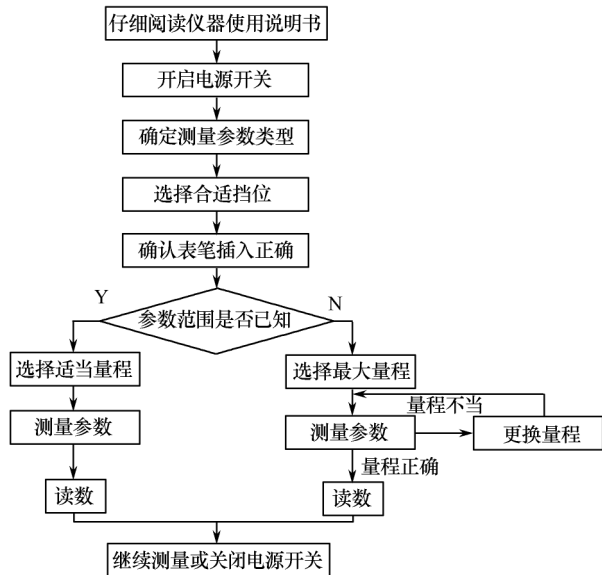


图 3-1-10 数字式万用表使用流程

- ⑥ 测量过程中,禁止用手直接接触表笔的金属部分。
- ⑦ 禁止使用交流电压挡或交流电流挡测量频率超过 400Hz 的交流信号。
- ⑧ 当显示“电瓶符号”、“BATT”或“LOW BAT”时,表示电池电压低于正常工作电压,此时,应考虑更换新电池。

3.2 直流稳压电源

3.2.1 直流稳压电源功能结构及原理简介

电源的应用范围很广,它是电子设备工作的能量之源。离开了电源,所有的电子设备都将无法工作。可见,电源在电子领域的地位与重要性。在产品的研发或实验阶段,同样离不开电源。唯一不同的是,在非成品电子设备中一般都使用专门供电的设备提供电源,而这个设备就是我们实验中常见的直流稳压电源。

直流稳压电源功能较多,带负载能力较强,因此使用起来非常方便。通常直流稳压电源都采用 220V 市电输入,经内部电路转换后可在输出安全电压范围内,电流连续可调、电压连续可调、可设置串并联组合等形式的直流电压信号。

直流稳压电源通常由降压变压部分、整流滤波部分、稳压调压部分、组合模式设置部分、过流保护部分、显示部分、输出部分组成,如图 3-2-1 所示。



图 3-2-1 可调直流稳压电源组成框图

降压变压部分一般采用工频变压器完成。该部分根据电源功率的不同,其变压器的体积与重量以及绕制变压器的漆包线的粗细都会有所不同。它主要完成将市电 220V 交流电降至合适的电压大小输出。

整流滤波部分则通常由整流桥及电容滤波电路组成,它主要提供一个与输入电压成正比的直流电压。

稳压调压部分则通常由专用的稳压 IC,多圈电位器等组成。它主要完成输出电压大小的调节与稳压功能。

组合模式设置部分一般由设置按钮组成。按钮处于不同的状态便能使两路直流稳压电源的输出处于不同的关联状态,一般可以为独立、并联、串联等模式。

过流保护部分则由过流保护电路和多圈电位器组成,主要起调节保护电流阈值的作用。

显示部分则可由数码管、指针式表头等组成,通常用来显示电路的输出电压及电流大小。

输出部分则是电源面板上标有“+”、“-”号的接线柱。

实验中常用的直流稳压电源如图 3-2-2 和图 3-2-3 所示。



图 3-2-2 数字式直流稳压电源



图 3-2-3 指针式直流稳压电源

3.2.2 直流稳压电源基本性能参数介绍

直流稳压电源性能参数主要包括:输出电压范围、输出电流范围及纹波大小和稳压系数等。通常直流稳压电源的纹波电压小(小于 100mV)、稳定度高($\pm 5\%$),则能满足我们实验和研发的基本需要。目前,市场上生产直流稳压电源的公司较多,型号也多种多样。以下列举了几种常用型号的直流稳压电源,并对其参数和基本功能进行了比较,见表 3-2-1。

表 3-2-1 常用型号直流稳压电源基本功能及参数

型号	基本功能	电压输出范围	电流输出范围
EMI1715A(数字显示)	恒压输出 串联输出 过流保护	0~32V(独立) 0~64V(串联) 固定+5V	0~3A(可调) /2A(+5V)
YB1719(指针指示)	恒压输出 串联输出 过流保护	0~32V(独立) 0~64V(串联) 固定+5V	0~3A(可调) /2A(+5V)
YB1732A(数字显示)	恒压输出 串联、并联输出 过流保护	0~32V(独立) 0~64V(串联) 固定+5V	0~3A(串联)/ 0~6A(并联)/ 2A(+5V)
SS2323(数字显示)	恒压输出 串联、并联输出 过流保护	0~32V(独立) 0~64V(串联)	0~3A(串联)/ 0~6A(并联)

3.2.3 直流稳压电源的使用

直流稳压电源种类多、功能全、使用简单。数字显示式直流稳压电源和指针指示式直流稳压电源的使用方法和注意事项大致相同。典型的直流稳压电源详细使用方法见附录。

直流稳压电源的使用方法流程如图 3-2-4 所示。

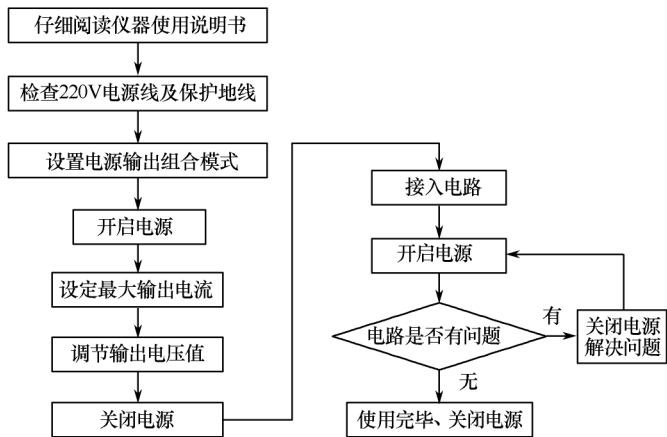


图 3-2-4 直流稳压电源使用方法流程

直流稳压电源的使用注意事项如下：

- ① 电源开启前,应确保电源有良好的接地保护,以防设备漏电造成触电事故。
- ② 电源的设置工作(包括模式选择、电压、电流调节等)应在电源未接入电路使用前完成。需要改变设置时应将电源的输出与外电路断开。
- ③ 连接电源时要正确分辨电源的正、负极性,在电源关闭的情况下,按要求将电源引入外电路。
- ④ 禁止直接将电源同一路的输出接线柱用导线短接。
- ⑤ 遇到任何异常情况,应立即关闭电源开关,待问题解决后方可恢复输出。

3.3 函数信号发生器

3.3.1 函数信号发生器功能结构及原理简介

大多数电路都是围绕信号处理进行设计的(如音频功放、滤波器、调幅电路、调频电路等)。而这一类电路在调试时往往需要提供某种或多种固定的或变化的信号作为信源输入。函数信号发生器就是产生正弦波、方波、三角波等各种波形信号供电路调试使用的仪器。

一般来说,函数信号发生器根据其产生波形的频率等级可以分为高频信号发生器(图 3-3-1)和低频信号发生器(图 3-3-2)两大类。这两类信号发生器从本质上讲没有太大的区别,它们的主要区别在于能够产生的信号频率和波形各不相同。

函数信号发生器的主要作用在于产生信号。市面上主流的函数信号发生器主要包括两大类:模拟函数信号发生器和数字频率合成式(DDS)函数信号发生器。两种信号发生器的结构大致相同,主要包括电源、信号产生部分、信号调整部分、信号放大部分、信号参数显示部分、键盘输入部分(仅 DDS 函数信号发生器具有)等几大块,如图 3-3-3 所示为模拟函数信号发生器的组成框图。下文将简单介绍各模块功能及原理。

对于函数信号发生器来说,电源是其比较关键的部分,如果电源设计不好,可能导致仪器产生的波形不正常,甚至导致整个仪器无法正常工作。因此,信号发生器中的电源部分是非常关键的模块之一。



图 3-3-1 高频函数信号发生器



图 3-3-2 低频函数信号发生器

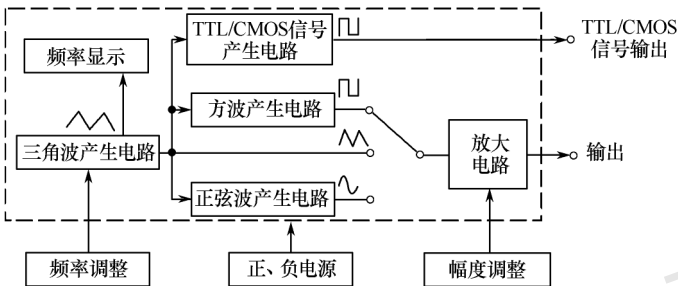


图 3-3-3 模拟函数信号发生器组成框图

信号产生部分主要用来提供输出信号。信号发生器产生信号的失真度是衡量仪器性能的重要因素,因此,信号产生电路的设计可算是信号源的核心,起着举足轻重的作用。目前产生信号的方式主要有两种:一种是采用完全模拟的元器件来实现,我们称之为模拟信号源,另外一种一种是采用单片机或 FPGA 等,利用 DDS 原理来产生信号,我们则称之为 DDS 信号源。模拟信号源通常是先产生三角波,然后再将三角波通过方波变换、正弦波变换等各种变换电路产生方波、正弦波等。而 DDS 信号源的各种波形都是通过直接查找预先存储在芯片内部的方波、正弦波、三角波等数据表后,送 DA 进行转换后输出的。

信号调整部分主要包括频率的调节和幅度调节两大模块。对于模拟示波器而言,频率和幅度通常采用改变电位器阻值大小而调整。但是,DDS 信号源则通过键盘直接输入设定的参数后,由内部控制器改变波形数据、采样时钟、DA 参考电压等来实现频率和幅度的调整。

放大电路主要是将产生的信号幅度进一步提高,以达到应用的需要。这也是函数信号发生器的重要性能指标。

信号参数显示部分则是将当前输出信号的种类、频率、幅度等参数显示出来。一般来说,模拟示波器均采用数码管显示输出信号的频率,部分设备还具备幅度显示功能。而 DDS 信号发生器则通过液晶显示器显示出输出信号种类、频率、幅度等,非常全面。

信号源中键盘部分和参数显示部分是体现人性化设计的关键部分。一般来说,使用大屏幕显示、键盘直接输入的信号源,其操作简明,显示的参数较全,显示直观,方便查阅,备受消费者的青睐。

3.3.2 函数信号发生器的分类及性能参数简介

函数信号发生器按照产生频率的频段可分为高频函数信号发生器和低频函数信号发生器。按照其工作原理的不同又可分为模拟函数信号发生器和数字频率合成式(DDS)函数信号发生器。

高频函数信号发生器价格高、产生的信号频率高、但波形种类较少,主要为正弦波。它主要满足高频实验的需要。部分高频信号发生器还兼有调频信号、调幅信号、模拟音频信号产生的功能。低频函数信号发生器价格较低,产生的频率也比较低,一般为 5MHz 以下。但是它产生的信号种类多,信号稳定性较强,主要满足低频电路的需求。部分低频函数信号发生器还兼有测频、幅度衰减、功率输出等功能。两者的性能参数比较见表 3-3-1。

表 3-3-1 高频信号发生器和低频信号发生器的性能参数对比

信号源种类	频率特点	波形特点	其他功能	价格
低频 信号发生器	输出较低,一般在 5MHz 以内,频率稳定度较高	波形种类较多,一般包含正弦波、方波、三角波等。高端设备还可产生任意波形(DDS 信号源)	幅度显示、频率显示、测频、叠加直流分量、单脉冲产生等功能	较低(DDS 信号源相对较高)
高频 信号发生器	输出频率较高,一般在上百千赫兹至几百兆赫兹之间,频率稳定度相对较低	波形单一,一般为正弦波	频率显示、幅度显示,部分仪器还可产生简单调频波、调幅波及模拟音频信号	较高(DDS 高频信号源价格昂贵)

3.3.3 函数信号发生器的使用

函数信号发生器的使用方法流程如图 3-3-4 所示。

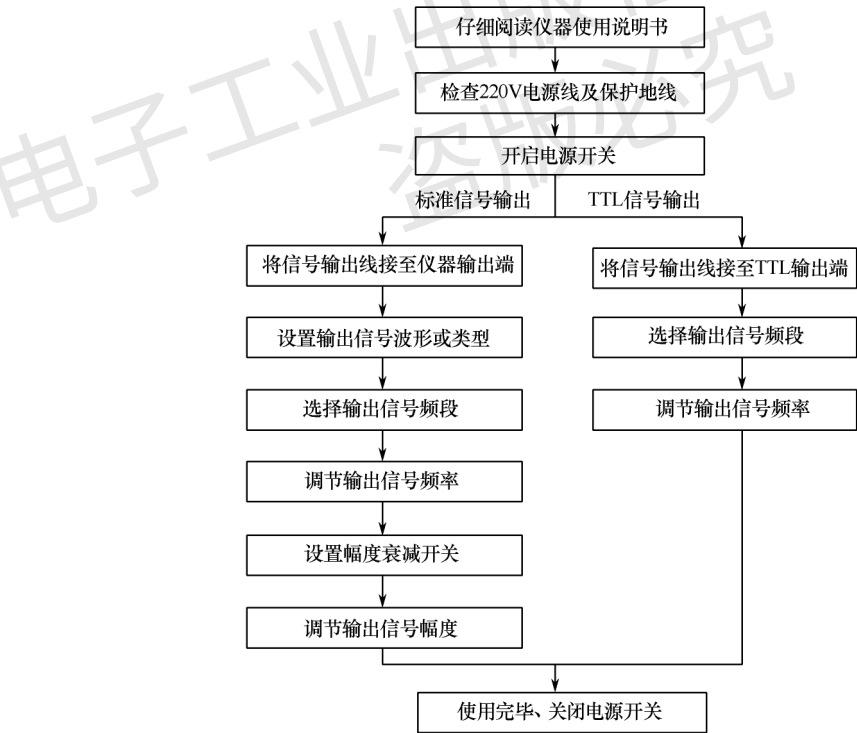


图 3-3-4 函数信号发生器的使用方法流程

函数信号发生器的使用注意事项如下。

- ① 严禁将信号源的输出接口短路。

- ② 严禁向信号源的输出端口输入交、直流信号。
- ③ 信号源的旋钮和按键在操作时应轻旋轻按。
- ④ 信号源使用完毕应及时关闭总电源开关。

3.4 示波器

3.4.1 示波器的功能结构及原理简介

示波器主要是用来实时显示并测量各种波形的周期、频率、幅值等参数的仪器。在整个电子领域,示波器都发挥着重要的作用。

1. 模拟示波器的组成

模拟示波器的工作原理相对比较复杂。它是利用电子示波管的特性,将人眼无法直接观测的交变电信号转换成图像,显示在荧光屏上以便测量的电子测量仪器。它也是观察电路实验现象、分析实验中的问题、测量实验结果必不可少的重要仪器。一般来说,模拟示波器由示波管和电源、触发器、扫描发生器、X 轴放大器、Y 轴放大器、衰减器等组成。其组成框图如图 3-4-1 所示。

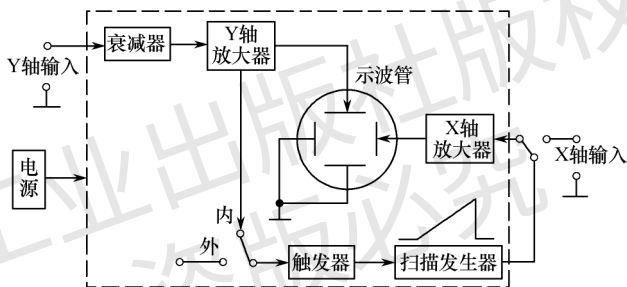


图 3-4-1 模拟示波器组成框图

图 3-4-1 中示波管是示波器的核心,示波管的结构如图 3-4-2 所示。它的作用是把观察到的信号电压转变成发光图形,呈现在荧光屏上。示波管主要由电子枪、偏转系统和荧光屏三部分组成。电子枪的作用是发射电子并形成很细的电子束,它主要由灯丝、阴极、控制栅、第一阳极和第二阳极组成。偏转系统主要由 Y 轴偏转板和 X 轴偏转板两部分组成,它的作用主要是将电子束按照偏转板上的信号电压做出相应的偏转,使得荧光屏上能绘出一定的波形。荧光屏是在示波管顶端内壁上涂有一层荧光物质制成的。这种荧光物质受高能电子束的轰击会产生辉光,而且还有余辉现象,即电子束轰击后产生的辉光不会立即消失,而将延续一段时间。之所以能在荧光屏幕上观察到一个连续的波形,除了人眼的残留特性外,正是利用了荧光屏余辉现象的缘故。

示波管的灵敏度比较低,如果偏转板上的电压不够大,就不能明显地观察到光点的移位。为了保证有足够的偏转电压,Y 轴放大器将被观察的电信号加以放大后,送至示波管的 Y 轴偏转板。

扫描发生器的作用是产生一个周期性的线性锯齿波电压。该扫描电压可以由扫描发生器自动产生,称为自动扫描,也可在触发器来的触发脉冲作用下产生,称为触发扫描。

X 轴放大器的作用是将扫描电压或 X 轴输入信号放大后,送至示波管的 X 轴偏转板。

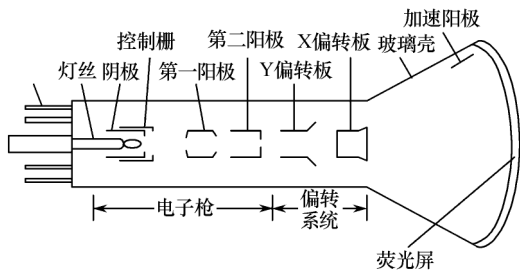


图 3-4-2 示波管的结构

触发器将来自内部(被测信号)或外部的触发信号经过整形,变为波形统一的触发脉冲,用以触发扫描发生器。若触发信号来自内部,称之为内触发;若来自外来信号则称为外触发。

电源的作用是将市电 220V 的交流电压转变为各部分电路工作所需要的直流电压。

2. 模拟示波器的工作原理

示波器显示波形的过程如图 3-4-3 所示。如果仅在示波管 X 轴偏转板上加上幅度随时间线性增长的周期性锯齿波电压时,示波管屏面上的光电将反复自左端移动至右端,屏面上就出现一条水平线,称为扫描线或时间基线。如果同时在 Y 轴偏转板上加上被观察的电信号,就可以显示电信号的波形。

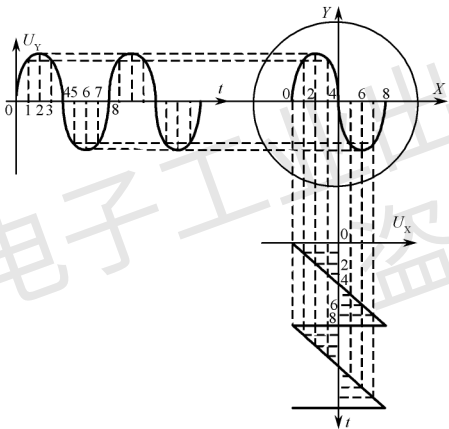


图 3-4-3 显示波形的原理

为了在荧光屏上观察到稳定的波形,必须使锯齿波的周期与被观察信号的周期相等,或成整数倍关系。否则稍有相差,所显示的波形就会向左或向右移动。

以上是模拟示器的基本工作原理。如果要实现双踪显示,则是利用电子开关将 Y 轴输入的两个不同的被测信号分别显示在荧光屏上。由于人眼的视觉暂留作用,当转换频率高到一定程度后,看到的是两个稳定的、清晰的信号波形。示波器中往往有一个精确稳定的方波信号发生器,供校验示波器用。

3. 数字示波器的工作原理

数字示波器的工作原理较为简单,其组成框图如图 3-4-4 所示。它主要由电源、信号输入处理、AD 采集、信号数据处理、显示、键盘等部分组成。其工作原理如下:示波器的信号输入处理部分对输入信号进行预处理,处理完后送 AD 进行采集。单片机或 FPGA、DSP 等将 AD 采集到的信号数据保存并进行实时处理,最后将处理结果显示在 LCD 液晶屏上。

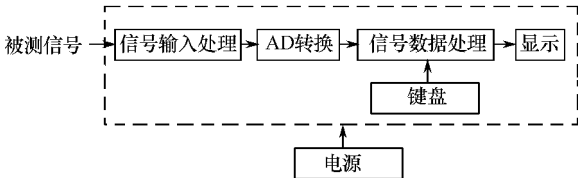


图 3-4-4 数字示波器组成框图

3.4.2 示波器的分类及性能简介

目前示波器种类繁多,但按照其工作原理来分,主要有数字示波器(图 3-4-5)和模拟示波器(图 3-4-6)两大类。

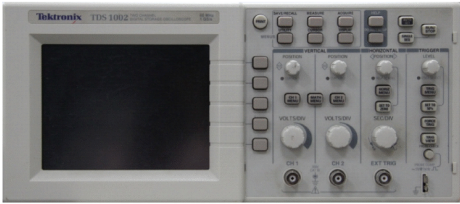


图 3-4-5 数字示波器

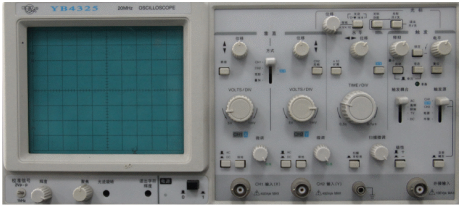


图 3-4-6 模拟示波器

两大类示波器性能参数各不一样。总的来说,模拟示波器价格便宜、反应速度快、显示清晰,而数字示波器则价格较高(尤其是进口数字示波器),但体积小、测量方便、功能强大。两者的具体性能对比见表 3-4-1。

表 3-4-1 模拟示波器与数字示波器性能对比

示波器种类	优点	缺点
模拟示波器	价格较低、反应速度快、显示清晰、分辨率高、连续无极限	体积大、功能少、操作复杂、观察信号稳定性不强、不能存储或保持当前波形、读数不方便、测量信号频率较低
数字示波器	体积小、重量轻、显示清晰、功能强、测量方便、读数简单、操作简明、能够存储一段时间内或当前的测量波形、测量信号频率较高,通常可达几十至几百兆,甚至上吉赫兹(GHz)	价格贵、测量反应速度相对较慢、分辨率有限,一般为 8~10 位

3.4.3 示波器的使用

1. 示波器的使用

模拟示波器的使用方法流程如图 3-4-7 所示,数字示波器的使用方法流程如图 3-4-8 所示。

2. 示波器的使用注意事项

- ① 不得使用硬物刺、划示波器显示屏。
- ② 输入信号应严格遵循仪器规定的标准,一般来说输入电压范围不得超过 200V。
- ③ 当通道选择开关需选择接地时,请首先断开外部输入信号。
- ④ 示波器面板上的旋钮和按键要轻旋、轻按。
- ⑤ 示波器探头的黑夹子不得悬空,不得将黑夹子与探针反接。
- ⑥ 用数字示波器观察调幅波或调频波等信号时,不能使用自动设置,必须手动设置。
- ⑦ 示波器使用完后,应及时关闭电源开关。
- ⑧ 模拟示波器的荧光屏辉度调节应适中,调太高容易导致荧光屏老化失效。
- ⑨ 模拟示波器不能在非校准状态下对被测信号的幅度和周期等参数进行读数。

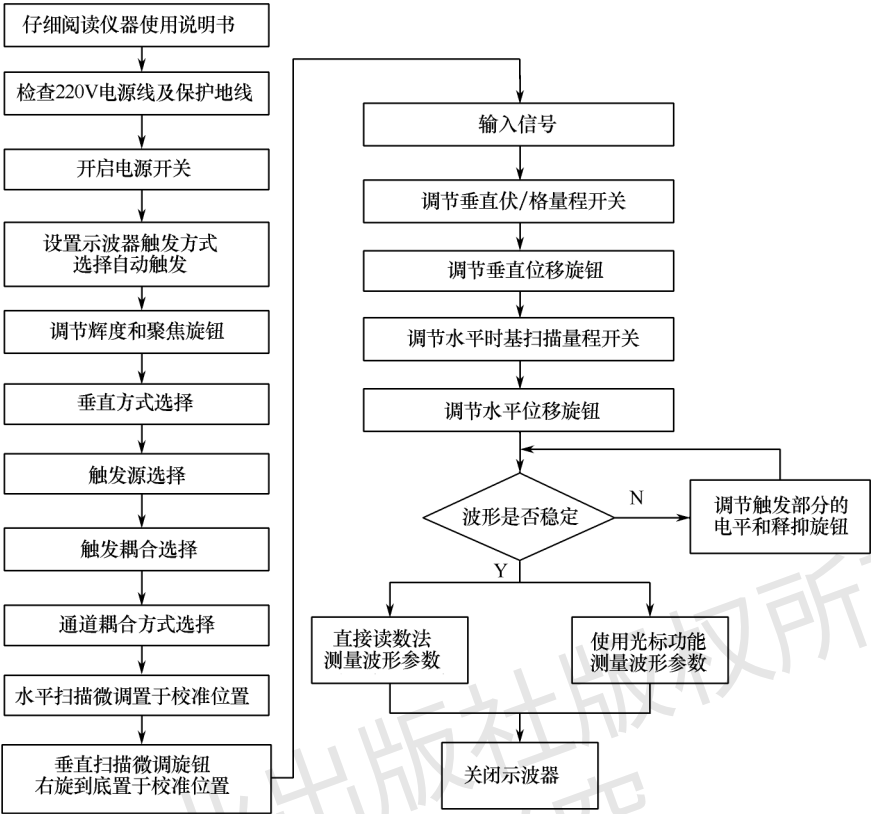


图 3-4-7 模拟示波器的使用方法流程

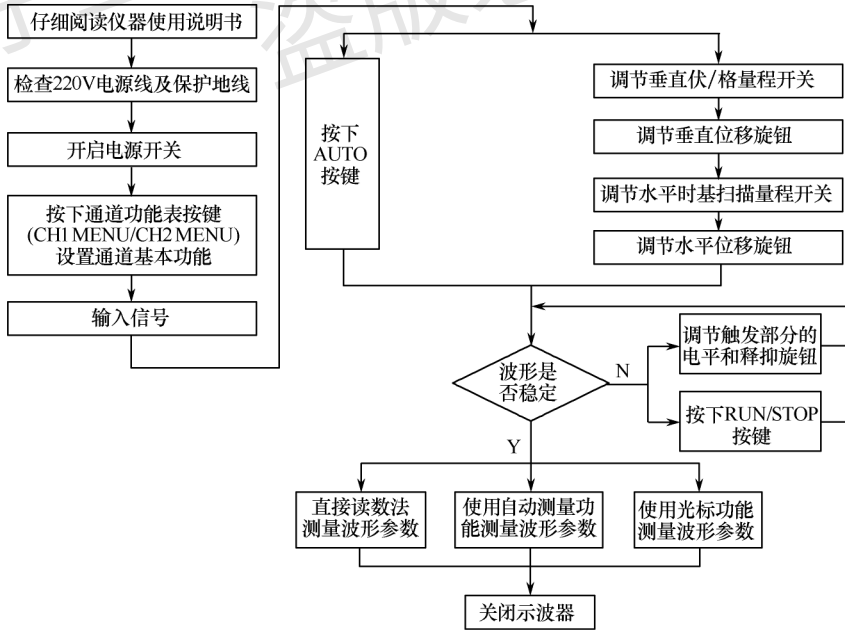


图 3-4-8 数字示波器的使用方法流程

3.5 常用实验线缆简介

实验线缆是实验中必不可少的部分,在实验中起着非常重要的桥梁作用。常用的实验线缆主要包括实验电路连接线和同轴电缆。

1. 实验电路连接线

实验室常用的电路连接线(图 3-5-1)通常包含选插头对和香蕉插头线。

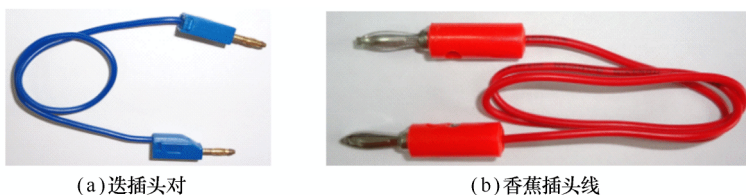


图 3-5-1 实验电路连接线

选插头对的插头体积较小、连接线铜芯直径较细、插头根部易断,插拔时应捏住其插头部位小心的操作。通常情况下,该连接线只适合在小电流场合使用。特殊情况下,若实验电路总电流较小时,也可用选插头对作为稳压电源给实验箱供电的连线。

香蕉插头线具有插头结实、簧片表面积大、导线铜芯截面积大等特点,通常适合在低压大电流场合使用。实验中主要用作稳压电源给实验箱供电的连接线。

2. 同轴电缆

同轴电缆主要是用作模块与模块之间、模块与仪器之间的连接线。实验室常用的同轴电缆主要有双 BNC 头同轴电缆(图 3-5-2)、示波器专用探头(图 3-5-3)和双绞线(图 3-5-4)。同轴电缆通常由外屏蔽层和芯线组成。使用同轴电缆传输信号时,外屏蔽网一般接电路的地,信号在芯线中进行传输,因而可有效的提高信号传输的质量,增强抗干扰性,防止信号大量辐射。



图 3-5-2 双 BNC 头同轴电缆



图 3-5-3 示波器专用探头



图 3-5-4 双绞线

通常情况下,在高频电路模块之间进行信号传输、高频信号从仪器传输至电路模块,以及电路模块的高频信号传输至测量仪器都应使用双 BNC 头同轴电缆,示波器专用探头则用于将电路模块的信号传输给示波器,双绞线则用在低频信号从电路模块传输至仪器或从仪器输出传输至电路模块的场合。

3.6 实验——常用电子仪器的使用

1. 实验目的

- ① 熟悉常用电子仪器的操作界面,掌握常用电子仪器的使用方法。
- ② 掌握几种典型信号的幅值、有效值和周期的测量。

2. 实验仪器

- ① 通用示波器
- ② 低频函数发生器
- ③ 交流毫伏表
- ④ 直流稳压电源
- ⑤ LCR 数字电桥
- ⑥ 万用表
- ⑦ 电阻、电容、电感 10Ω、100kΩ、0.1 μF、10 μH

以上仪器各一台,元件各一只,具体型号以实验室配备的为准。

3. 实验内容与步骤

- ① 熟悉示波器、函数信号发生器、交流毫伏表、直流稳压电源、万用表等常用电子仪器面板上各控制件的名称及作用。
- ② 掌握常用电子仪器的使用方法。
 - (1) 万用表及直流稳压电源的使用
 - ① 用万用表测量给定的电阻阻值和电容器容值。
 - ② 用万用表二极管挡测量整流二极管的正反向特性及发光二极管的正负引脚。
 - ③ 将两路可调直流稳压电源设为独立稳压输出,调节一路输出电压为 12V,另一路为 5V。并使用万用表直流电压挡进行测量(第一、二、三路都要测量),将测量结果和仪表显示值填入表 3-6-1 中。
 - ④ 将稳压电源输出按照图 3-6-1 所示的正负电源形式进行连接,输出±12V 直流电压。
 - ⑤ 将两路可调电源串联使用,调节输出稳压值为 40V。
 - ⑥ 将稳压电源输出接为恒流模式,负载电阻为 10~50Ω,调节输出稳定电流为 0.2A,并用万用表直流电流挡进行测量。

表 3-6-1 实验数据(一)

输出接口	表头显示电压值(V)	测量电压值(V)
第一路		
第二路		
第三路	—	

(2)示波器、函数发生器、交流毫伏表的使用

- ① 示波器校准信号测试:用示波器显示校准信号的波形,测量该信号电压的峰峰值和周期。并将测量结果与已知的校准信号峰峰值和周期相比较。
- ② 正弦波测试:用函数信号发生器产生频率为 2KHz(以信号源显示值为准),有效值为 3V(以毫伏表测量为准)的正弦波信号。再用示波器显示该正弦信号波形,测出其周期、频率、峰峰值和有效值,并用多功能计数器测量该信号的周期和频率。将测试数据填入表 3-6-2。

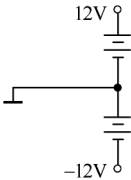


图 3-6-1 正负电源

表 3-6-2 实验数据(二)

仪 器	正 弦 波			
	周 期	频 率	峰峰值	有效值
函数发生器	—	2kHz	—	—
交流毫伏表	—	—	—	3V
示 波 器				
多功能计数器			—	—

③ 叠加直流电平的正弦波的测试:使用函数信号发生器产生一个叠加直流电平的正弦波。调节信号源使该波形频率为 1kHz(以信号源显示为准),峰峰值为 3V,直流分量为 0.5V(以示波器测量为准),如图 3-6-2 所示。

再用万用表(直流电压挡)和交流毫伏表分别测出该信号的直流分量电压值和交流电压有效值,用多功能计数器或示波器测出该信号的频率和周期。数据填入表 3-6-3。

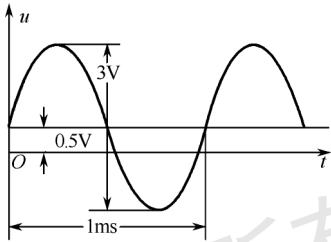


图 3-6-2 叠加直流电平的正弦波

表 3-6-3 实验数据(三)

仪 器	直流分量	交流分量			
		峰峰值	有效值	周期	频率
示 波 器	0.5V	3V			
多功能计数器	—	—	—		
万 用 表		—	—	—	—
交流毫伏表	—			—	—
函数发生器	—	—	—	—	1kHz

(3) 高频信号发生器的使用

① 用高频信号发生器产生 50MHz,有效值为 100mV 的信号,以示波器测量为准。

② 用高频信号发生器产生调幅波信号(调制信号选择 1kHz,载波选择 1MHz),并用示波器观察调幅信号的波形。

③ 用高频信号发生器产生调频信号(调制信号选择 400Hz,载波选择 1MHz),并用示波器观察调频信号的波形。

4. 实验预习要求

① 熟悉常用电子仪器面板上各控制件的位置、名称及作用。

② 了解各种常用电子仪器的使用方法及使用注意事项。

5. 实验报告要求

① 整理实验数据、并对记录的数据进行误差分析等处理。观察波形的实验必须绘出波形示意图(绘图必须使用铅笔和直尺)。

② 撰写实验心得(包括实验中遇到的问题、解决方法及对仪器的认识等)。