

图 2-5 整流电路
(a)桥式整流电路；(b)半波整流电路。

4. 电阻测量电路

利用万用表测量电路的电压或电流时，被测电路总是带电的，因而可以从中分一部分电流通过万用表，使其指针偏转从而达到测量的目的。当用万用表来测量电阻器或其他无源器件的电阻值时，这些元件本身往往是不带电的。所以，测量时必须另外加上电池和适当阻值的电阻，使表头中有电流通过，并使其指针偏转角度随被测件电阻值的不同而不同，从而测量出被测件电阻的大小。由此可以推知，电阻测量电路中除了必须有表头作指示器外，还必须有电池并配合适当阻值的电阻。测量电阻的基本电路如图 2-6 所示。

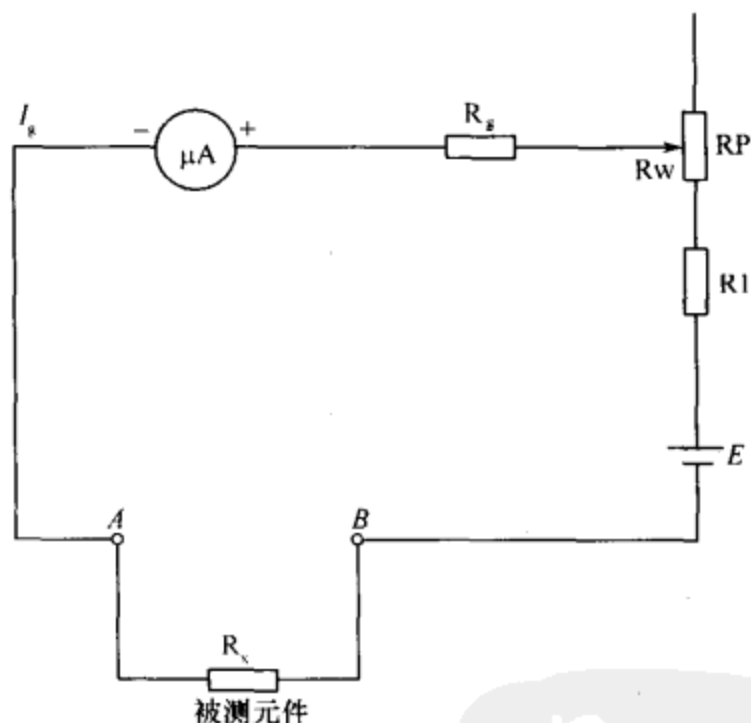


图 2-6 测量电阻的基本电路

被测元件接在 A、B 之间，使电路构成通路，因而指针发生偏转。设被测元件的阻值为 R_x ，显然 R_x 值越大，通过表头的电流越小，指针偏转角度也越小；与此相反， R_x 值越小，则通过表头的电流越大，指针向右偏转角度越大。由此可以推知，电阻值刻度线必须由右向左刻划，其最小值在右端，而最大值则在左端。

为了进一步说明电阻值的测量原理，下面分 3 种情况分析。

(1) $R_x = 0$ 。这种情况相当于 A、B 直接短接，此时表头中通过的电流将达到最大值。

显然,调节电位器 RP,可以使通过表头的电流恰好为满度值 I_g ,这时,指针应指在刻度线 0Ω 的位置上,这一过程俗称为“调零”,RP 也因此被称做调零电位器。设此时表头的等效内阻为 R'_g ,则其值为

$$R'_g = R_g + R1 + R_w$$

式中: R_g 为表头本身的内阻; $R1$ 为测试电路中的串接电阻; R_w 为调零电位器滑动端至与 $R1$ 相接端电阻(即在测试电路中的电阻)。

(2) $R_x = \infty$ 。这种情况相当于 A、B 两端开路时的情况,此时表头中无电流通过,指针不发生偏转,因而应位于刻度线左端 ∞ 的位置上。

(3) $R_x = R'_g$ 。当被测电阻值与表头等效内阻相等时,表头中通过的电流为 $R_x = 0$ 时 $1/2$,因而,指针位于刻度线的中央位置,所对应的欧姆刻度数应为 R'_g ,通常 R'_g 被称为中值电阻,实际上它就是电阻测量电路的等效内阻。

由前面的分析可知,电阻测量电路的测量范围为 $0 \sim \infty$ 。范围如此大的各种数值的电阻,要从刻度线上准确地读出其欧姆数,是相当困难的。另外,由于通过表头的电流值与被测元器件值 R_x 的大小并不成线性关系,只有 R_x 与 R'_g 的大小相差不多时,即表头指针在刻度线中央位置附近时,测量误差较小,而在刻度线两端时其测量误差较大。这就是说,电阻测量电路的有效测量范围随中值电阻而变化,所以电阻测量电路常以其中值电阻值作为量程的标志。实际上,欧姆值刻度线也是在一定的中值电阻量程下刻划的。

仔细分析电阻测量基本电路可知,随着电池电压的下降,需不断地调整调零电位器的位置,其中值电阻值也随着改变,因而使测量误差增大,所以万用表中实际采用的电阻测量电路如图 2-7 所示。

这种测量电路的优点是,当电池电压下降时,只要稍微调整一下调零电位器 RP 的阻值,就能使其指针偏转满刻度。另外,调零电位器 RP 阻值的变化,对其中值电阻值的影响也小得多,因而造成的测量误差较小。

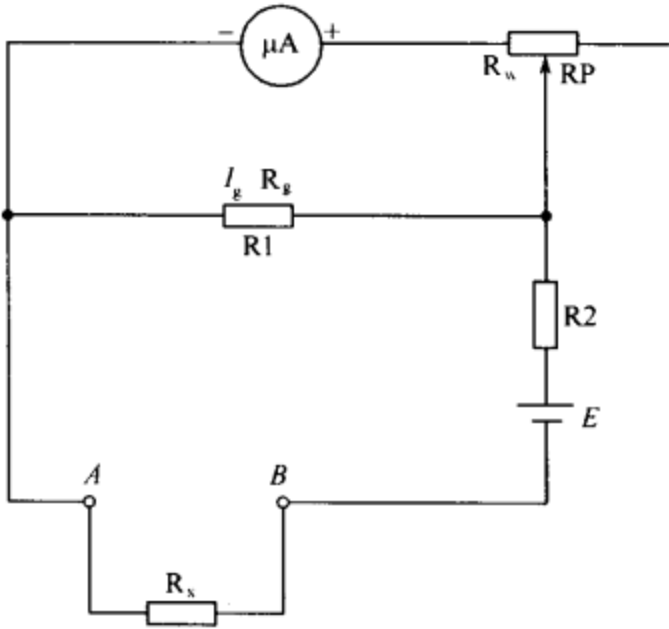


图 2-7 实际电阻测量电路

500 型万用表测量范围及精度等级如表 2-1 所列。

表 2-1 500 型万用表的测量范围及精度等级

	测量范围	灵敏度/kΩ/V	精度等级	基本误差表示方法
直流电压/V	0~2.5~10~50~250~500	20	2.5	以刻度尺工作部分上量限的百分数表示
	2500	4	4.0	
交流电压/V	0~10~50~250~500	4	4.0	
	2500	4	5.0	
直流电流	0~50μA~1~10~100~500mA		2.5	

(续)

	测量范围	灵敏度/k Ω /V	精度等级	基本误差表示方法
电阻/ Ω	0~2k~20k~200k~2M~20M		2.5	以刻度尺长度的百分数表示
	中心值 10、100、1k、10k、100k			
	倍率 $R\times 1$ 、 $R\times 10$ 、 $R\times 100$ 、 $R\times 1k$ 、 $R\times 10k$			
音频电平/dB	-10~+22			

三、500 型万用表的使用方法

1. 调“零点”

使用前,如果万用表指针不指在刻度尺的零点(非欧姆挡的起始零点),则必须用螺丝刀慢慢转动机械零点校正螺丝,使指针指在起始点零位上。然后将红表笔插在“+”内,黑表笔插在“*”内,再选择合适的量程,就可以进行下一步的测量了。

2. 直流电压挡的使用

将右边的转换开关旋至直流电压挡,左边的旋钮旋至相应的待测直流电压的量程。测量时,两表笔应并接在线路的两端即可。如果事先不知道待测电压的值在哪一个量程范围之内,应该遵循从高量程到低量程的原则,不合适再依次递减,直至指针在有效的偏转范围之内。如果不考虑表的内阻对测量结果的影响,可以选择较小的量程,使指针得到最大幅度的偏转,这时测量的结果读数最准确,误差最小;如果考虑表的内阻对测量结果的影响,就应该选择较高的量程,这样表的内阻增大,减小了表的内阻对测量结果的影响。在测量过程当中,如果不知道电压的极性,可先将一只表笔接好,用另一只表笔在待测点上轻轻地、快速地触一下,如果表针向左偏转,说明测量错误,只需将红、黑表笔交换即可。如果指针向右偏转,表明测量正确,这时红表笔所接的一端为正极,黑表笔为负极,接着可以进行细致的测量。测量结果的读取除 50V 和 250V 挡可直接读出外,其他按比例换算。要准确地读取测量结果,眼睛的视轴应和指针的中垂线重合,以减小人为的读数误差。如果表盘上带有反光镜,读数时指针应和镜中的影像重合。

3. 交流电压挡的使用

将右边的转换开关旋至交流电压挡(与直流电压挡共用),左边的旋钮旋至相应的待测交流电压的量程。量程的选择与测量结果的读取方法与直流电压相同。另外,交流电压挡又多了交流 10V 专用刻度尺。

注意 500 型万用表是磁电式整流系仪表,它的指示值是交流电压的有效值,均按正弦波形交流电压的有效值校正,因此只适用于正弦波。

重点提示 由于交流电没有正、负极之分,所以表笔也没有红、黑之别。但需要说明的是,用直流电压挡测量交流电压值时,指针会抖动而不偏转,甚至会损坏;用交流电压挡测直流电压值时,所测量的结果大约要高 1 倍;测量交流电压时,如被测交流信号上叠加上直流电压,交、直流电压之和不得超过该量程的量限,必要时应在输入端串接隔直电容,也可直接利用 dB 挡进行测量,该插孔内部已串入隔直电容。因此,在利用交流电压挡进行测量时,要注意量程的选用。

4. 直流电流挡的使用

测直流电流时,应将左边的转换开关旋至直流电流挡,右边的转换开关旋至与被测电流值相应的量程,量程的选定与直流电压的测量方法相同,将被测电路的某一点断开,将两只表笔串接在电路中,注意红表笔接电流流入的一端,黑表笔接电流流出的一端。在测量的过程当中,要注意两只表笔与电路的接触应保持良好的,切勿将两只表笔直接并接在某一电路的两端,以防万用表的损坏。

5. 电阻挡的使用

将左边的转换开关旋至电阻(Ω)处,将右边的转换开关旋至待测电阻值相应的量程,先将两只表笔短路,调节欧姆挡调零电位器,使指针指在欧姆刻度线零的位置上,再将两表笔并接在被测电阻的两端进行测量。测量结果见“ Ω ”刻度尺。为了减小测试误差,提高测试精度,欧姆挡量程的选用应使指针的摆动范围尽可能地在刻度尺全刻度起始的20%~80%,最好指在中间部位,这样精度更高。在测量阻值较大的电阻时,要避免人体与电阻两端或表笔导电部分的接触。

重点提示 $R\times 1$ 、 $R\times 10$ 、 $R\times 100$ 、 $R\times 1k$ 挡所用直流电源为 1.5V 二号电池 1 节, $R\times 10k$ 挡所用直流电源是 1.5V 二号电池 1 节和 9V 层叠电池 1 块相串联。当两表笔短路时,调节调零电位器不能使指针摆到“0 Ω ”位置上,表明电池电压不足,应更换电池。更换时要注意电池的极性,更换后要保证电池与电池夹接触良好。长期不用,要把电池取出,以防止电池漏液而腐蚀或影响其他元件。

下面简要说明电阻挡的使用技巧。

(1)检查电容器的质量。由于万用表的欧姆挡具有电源,电路中的电阻元件可以看成是一个等效电阻 R ,当测量电容器时,被测电容与欧姆挡电路一起构成了一个一阶 RC 网络,如图 2-8 所示。

测量时,当两表刚与电容器两端接触时, E 要对 C 充电,电路中有电流通过表头,指针将向“0 Ω ”方向偏转并达到某一数值。随着充电过程的慢慢结束,指针便逐渐返回,如果电容器中间绝缘介质的电阻为无穷大,充电过程结束后,回路中将不再有电流流动,指针也将返回起始点;若绝缘介质的电阻不是无穷大,指针最后将停留在某一较大的电阻刻度上。从指针偏转的大小及指针最后停留的位置,可判断电容器容量的大小及质量的好坏。

同一个量程挡上,若指针偏转越大,说明电容器的容量越大。若偏转比正常的、同样的电容器小,则说明该电容器的容量已减小。指针最后停留处的阻值越大,说明电容器的漏电越小(指针所指的阻值就是漏电阻,一般电容器的漏电阻很大,为几十 $M\Omega$ ~几百 $M\Omega$),若最后停留在 ∞ 处,说明此电容器不漏电。若指针偏转后不返回,则说明电容器内部已短路,绝缘介质被击穿。若指针不偏转,则说明电容器内部已开路或电容器的容量非常小。

当被测电容很小时(几 pF ~几百 pF),电容器充电时间极短,回路中的电流也很小,即便是用 $\times 10k$ 挡,也不易看到表针的摆动,这时只要表针仍处于 ∞ 位置,则可认为电容器是好的。若表针偏离了 ∞ 位置,则说明此电容漏电。因此,对于小容量的电容器,用万

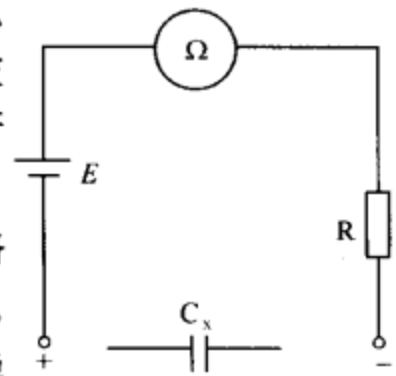


图 2-8 测量电容等效电路

用表只能检查其短路故障,而对开路故障一般不易查出。

用万用表检查大容量电容器是否有短路、开路及漏电现象是行之有效的,尤其是对电解电容器的检查。由于电解电容器是有极性的,因此检查时要注意用万用表的负表笔接电容器的正极,正表笔接电容器的负极。在用万用表的欧姆挡检查电容器时,应根据电容器容量的大小选择适当的量程,这是因为改变了欧姆挡的量程,也就改变了给电容器 C_x 的充电时间。当 C_x 的值很大时,若选择较大的量程挡,充电过程要经过很长时间才能结束。例如,对一个 100F 的电容器选 $\times 10k$ 挡,则要经过 100s 后,充电过程才能基本结束。但若量程选得太小,对电容器的漏电观察将受到限制。

(2)检查电感器的质量。用欧姆挡检查电感器时,只能判别它是否有开路故障,以及测量其电阻值的大小。对电感器内部是否有短路故障一般不易查出。测量时,若测出电感器的阻值为无穷大,则说明电感器的内部已经开路,是不能再使用了,若测出的阻值较大,说明该电感器的 Q 值较低,不易在 Q 值要求较高的情况下使用。

(3)判断二极管的极性。一只理想的二极管元件,认为它的正向导通电阻为零,反向截止电阻为无穷,但实际上正、反向电阻都应具有一定的数值。一般锗管的正向电阻比较小,在几百 Ω 以下,硅管的正向电阻较大,在 $1k\Omega \sim$ 几 $k\Omega$ 。一只二极管的正、反向电阻相差越大,说明二极管的质量越好。当二极管的正、反向电阻值相差不多时,则说明二极管的质量太差,一般不能使用,若二极管的正、反向电阻值相同,则说明二极管已坏,不可使用。由于二极管是非线性元件,因此采用不同的欧姆挡测出的正、反向电阻值是不一样的。

如果事先不知道二极管的正负极,则可用欧姆挡来确定。在二极管的两端分别接上万用表的红、黑表笔比较所测的阻值,确定较小阻值时的接法。这时黑表笔所接端为二极管的正极,红表笔所接为二极管的负极。另外,对于耐压低、电流小的二极管,只能用 $\times 100$ 或 $\times 1k$ 挡进行测量,如用 $\times 1$ 挡,流过管子的电流太大,用 $\times 10k$ 挡,表内电池电压较高,都可能损坏管子。

(4)判断三极管的极性。如果不知道某个三极管的型号和管脚排列,那么采用测极间电阻的方法也能很快地找到答案。

首先判断基极,无论是 PNP 型管还是 NPN 型管,内部都包括两个 PN 结,即集电结和发射结,而 PN 结是单向导电的。测试时可假定某一管脚为基极,将黑色表笔接“基极”红表笔分别接另两极,如果测得均为低阻值,则黑表笔接触的就是基极 b,且为 NPN 型(若为高阻值,则为 PNP 型),如果测量时两次的阻值相差很大,可假定一个管脚为基极,直到符合上述条件为止。

第二步,判断集电极 c 与发射极 e。若确定管型为 NPN 和基极后,在剩下的两个管脚中,先假定一个为集电极,另一个为发射极,用手将表笔搭接在 c、e 两端,并记下此时欧姆表偏转的位置,然后将假设反过来,即 c、e 脚对换(电阻挡位不变),记下表针偏转的位置,两次测量中电阻小的那次黑表笔所接的即是管子的 c 脚,则另一端为 e 脚。

6. 音频电平挡的使用

利用音频电平(dB)挡可以测量标准负载时功率增益。标准负载是指负载阻抗正好是 600Ω 。将红表笔插入到“dB”,黑表笔插入到“*”,左边和右边的转换开关旋至交流电压挡及其对应的量程上,将两只表笔并接在负载两端就可进行测量了。如果使用的是交

流 10V 挡, 指针所指的就是测量结果, 如果使用的是交流 50V 挡或交流 250V 挡, 就应该在指针读数上再分别加上 14dB 或 28dB。

四、指针万用表的使用技巧

1. 量程的选择与测量精度的关系

我们知道, 误差有绝对误差与相对误差之分, 仪表的绝对误差用 ΔX 表示, 它是仪表的指示值 X 与实际值 A (标准仪器的指示值) 之差, 即 $\Delta X = X - A$, 相对误差用 r_x 表示, 它是绝对误差 ΔX 与仪表的指示值 X 的百分比, 即

$$r_x = \frac{\Delta X}{X} \times 100\%$$

另外, 引用满度相对误差这一概念, 满度相对误差用符号 r_m 表示, 它是绝对误差 ΔX 与仪表的满度值 X_m 的百分比值, 即

$$r_m = \frac{\Delta X}{X_m} \times 100\%$$

满度误差通常表示电工仪表的准确度等级, 即表示满度相对误差值。

若有某型号万用表, 由其表头符号可知, 其测量直流电压时的准确度等级是 2.5 级, 即说明该表在测量直流电压时各挡的满度相对误差不超过 $\pm 2.5\%$, 由于满度相对误差是由绝对误差 ΔX 与一常数 X_m (量程上限) 的比值来表示的, 故给出了满度相对误差值也就给出了绝对误差值。那么, 对于直流电压的 10V 挡, 由于已知满度的相对误差是 $\pm 2.5\%$, 则可知该挡的绝对误差是 $10V \times (\pm 2.5\%) = \pm 0.25V$, 这说明此表 10V 挡上各点的绝对误差不超过 $\pm 0.25V$ 。而对于万用表的 2.5V 挡上各点的绝对误差则为 $2.5V \times (\pm 2.5\%) = 0.0625V$ 。

由此可见, 用 2.5V 挡测直流电压时的绝对误差值比用 10V 挡要小得多, 所以在使用指针式仪表时, 一般情况下应使仪表的量程尽量接近被测量的值 (电表指针指示最好处于表头标尺满度的 $2/3$ 到满度位置) 这样测量的误差就较小, 万用表测量直流电压、交流电压、直流电流、音频电平时, 量程的选择与测量精度的关系一般都遵循这个规律。

2. 被测电路的阻抗与测量结果的关系

用万用表测量直流电压或交流电压时, 其表头内阻是与被测电路相并联的, 在万用表的输入内阻远大于被测电阻的情况下, 万用表对被测电路工作状态的影响可忽略不计。万用表的内阻可由其表头所标的 Ω/V 可知, 直流电压灵敏度为 $20k\Omega/V$, 所以 2.5V 挡的内阻为 $2.5V \times 20k\Omega/V = 50k\Omega$, 10V 挡的内阻为 $10V \times 20k\Omega/V = 200k\Omega$ 。如果被测电路如图 2-9 所示, 电阻 R_1 的阻值为 $10k\Omega$, 当用万用表的 2.5V 挡对其进行测量时, 万用表 2.5V 挡的内阻为 $50k\Omega$, 所以此时被测电阻 R_1 为 $10k\Omega$ 与 $50k\Omega$ 的并联值 R_1' , 则 $R_1' = 8.3k\Omega$; 当用 10V 挡进行测量时, 则相当于 $200k\Omega$ 的万用表内阻并联在 R_1 两端, 其并联值为 $10k\Omega // 200k\Omega = 9.5k\Omega$, 使用不同的量程进行两次测量, 都使原来的被测电阻值降低了, 因此, R_1 两端的电压也就低于未并联万用表时的电压值, 就两次测量结果相

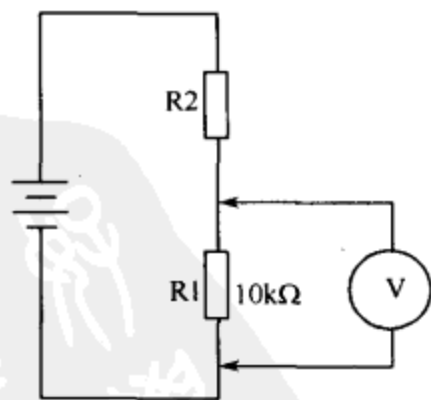


图 2-9 测量电路

对比较而言,由于万用表 10V 挡的内阻是 2.5V 挡内阻的 4 倍,所以万用表置于 10V 挡,相对置于 2.5V 挡时对电路的影响小一些,因此,在用万表进行测量时,在被测电路阻值比较高的情况下,可以考虑选用高输入电阻的量程(即高挡量程)进行测量,以尽量减小测量误差。

3. 被测量信号的频率与测量结果的关系

万用表本身有自己的频率使用范围,通常在 45Hz~1000Hz,这说明万用表只适宜测量 45Hz~1000Hz 范围内的正弦信号,如果被测信号的频率低于 45Hz 或高于 1000Hz,则测量结果的准确度就不能保证,特别是当被测信号的频率超过允许上限频率时,由于万用表内分布电容的影响,电表指示将偏小,因此超过使用频率范围的测量,最多只有对同类信号作相对比较的意义。

五、指针万用表使用注意事项

万用表属于常规仪器,使用人员多,而且使用频繁,稍有不慎,轻则损坏表内的元器件,重则损坏表头,甚至危及人的生命安全。因此,在使用万用表的时候,要格外小心,要注意以下几个方面。

1. 要全面了解万用表的性能

在使用万用表之前,必须详细地阅读使用说明书,了解每条刻度线所对应的量程,熟悉各转换开关、旋钮、测量插孔、专用插座的作用。

万用表有水平放置和竖直放置之别,不按规定的要求放置,会引起倾斜误差。按规定的要求放置后,当指针不在机械零点时,应调整表头下方的机械调零旋钮,使指针回零以消除零点误差。另外,在使用内装运算放大器的万用表之前,如 MF101,需分别进行机械调零和放大器调零,使用欧姆挡时还要调整欧姆零点。

2. 测量前应注意事项

首先要确定测什么和怎样测,然后,正确选择测量项目和量程。如果不能估计被测对象的大小,应将量程转换开关旋至最大挡,不合适再依次递减,使指针在刻度线起始位的 20%~80% 范围内即可。在每一次拿起表笔准备测量时,务必再核对一下测量项目及量程开关是否合适,使用专用插座时要注意选择正确,以免烧坏万用表。

3. 测量电压应注意的事项

测量电压时应将两表笔并联在被测电路的两端,测量直流电压时应注意电压的正、负极性。如果不知道极性,应将量程旋至较大挡,迅速地检测一下,如果指针向左偏转,说明极性接反,应该将红、黑表笔调换(在这种情况下,如果有数字表最好使用数字万用表)。

当被测电压高于几百伏时,必须注意安全,要养成单手操作的习惯。事先把一只表笔固定在被测电路的公共端,用另一只表笔去碰触测试点。要保持精力集中,避免触电。测量 1000V 以上的高压时,应把插头插牢,避免因插头接触不良而造成打火,或因插头脱落而引起意外事故。测量显像管上的高压时,要使用高压探头,确保安全。高压探头有直流和交流之分,其内部均有电压衰减器,可将被测电压衰减 10 倍或 100 倍,高压探头的顶部均带有弯钩或鳄鱼夹,以便于固定。严禁在测较高电压时转动量程开关,以免产生电弧,烧坏转换开关的触点。

假如误用直流电压挡去测交流电压,指针不动或稍有摆动;假如用交流电压挡去测量

直流电压,读数回偏高 1 倍。

电压挡的测量误差以满量程的百分数表示,因此在测量时应使指针有最大限度的偏转,这样测量误差最小。

4. 测量电流应注意的事项

在测量电流时,要与被测电路串联,切勿将两只表笔跨接在被测电路的两端,以防止万用表损坏。测量直流电流时应注意电流的正、负极性(极性的判别以及量程的选择同直流电压挡的使用)。若负载电阻比较小,应尽量选择高量程挡,以降低内阻,减小对被测电路的影响。

5. 测量电阻应注意的事项

测量电阻时要将两只表笔并接在电阻的两端,严禁在被测电路带电的情况下测量电阻,或用电阻挡去测量电源的内阻,这相当于接入一个外部电压,使测量结果不准确,而且极易损坏万用表。

每次更换欧姆挡时,均应重新调整欧姆零点。当 $R \times 1$ 挡不能调整到零点时,应立即更换电池,并且要注意电池的极性,如果手头没有新电池可更换,应将测量值再减去零点误差。由于电阻挡的刻度程非线性,越靠近高阻端刻度越密,读数误差也越大,因此,在测量的过程当中,要正确选择量程,使得指针的偏转最好在中心值附近,这时误差最小。

用高阻挡测量大电阻时,不能用手捏住表笔的导电部分,以免对测量结果的影响。

在使用的过程当中,应尽可能地避免两只表笔短路,以免空耗电池。

在用电阻挡测量电解电容器的性能时,要先放电再进行测量,以免烧坏表头。由于万用表 $R \times 10k$ 挡采用 1.5V 和 9V 两块电池串联使用,因此不宜测量耐压很低的元器件,如耐压 6V 的小电解电容器。

测量二极管、三极管、稳压管时,首先要注意两只表笔的极性,黑表笔接内部电池的正极,红表笔接电池的负极,一旦两表笔的极性接反,测量结果会迥然不同;再者,采用不同量程测量其等效电阻时,测量的结果也不同,这是因为非线性器件对不同的测试电流呈现出不同的等效电阻,是正常现象。

6. 维护应注意的事项

万用表在使用完毕或在携带过程当中,应将万用表的量程开关拨至最高电压挡,防止下次使用时不慎损坏万用表。而有些万用表设置了相应的开关,如 500 型万用表,电表两只转换开关上各有一个“·”(早期的 500 型万用表只有右边的旋钮有“·”)。当右边的旋钮旋至此处时,表内电路呈开路状态,可以防止有人不会使用或粗心大意损坏万用表,用完后再把右边的旋钮旋至“·”处;当左边的旋钮旋至此处时,表头被短路,使得指针的阻尼作用得到加强,抗震能力得到提高,所以在携带或运输的时候,要把右边的旋钮旋至“·”处。也有些万用表设置了“OFF”开关,如 MF64 型,使用完毕后应将功能开关拨至此挡,使表头短路,起到防震保护作用。需要注意的是,带运算放大器的万用表,此“OFF”挡代表电源的开关。

万用表应在干燥、无振动、无强磁强以及适宜的温度和湿度环境下存放和使用万用表。潮湿的环境容易使绝缘度降低,还能使元器件受潮而性能变劣;机械振动容易使表头中的磁钢退磁,导致灵敏度降低;在强磁场附近使用万用表会使测量误差增大;环境温度过高或过低,不仅能使整流管的正、反向电阻发生变化,改变整流系数,还能影响表头灵敏

度以及分压比和分流比,产生附加温度误差。

第三节 数字万用表的结构与使用

虽然万用表的种类很多,但使用的程序和方法却基本一致,下面以 500 型指针万用表和 DT890D 型数字万用表为例,分别介绍指针万用表和数字万用表的使用方法和注意事项。

一、数字万用表的结构

数字万用表采用了大规模集成电路和液晶数字显示技术,与指针万用表相比,表的结构和原理都发生了根本的改变,具有体积小、耗电省、功能多、读数清晰和准确等优点,因此受到广大无线电爱好者的青睐。

在常用的数字万用表中,以 $3\frac{1}{2}$ 位和 $4\frac{1}{2}$ 位袖珍式较多。所谓 $3\frac{1}{2}$ 读作“三位半”。其含义是最高位只能显示“1”或不显示即称为“半位”,其他 3 位显示 3 位十进制数,也就是说, $3\frac{1}{2}$ 位数字万用表能显示的最大数字为 1999(不考虑小数点)。

在数字万用表中,DT890 是价格较低和较为普及的仪表,DT890 是 $3\frac{1}{2}$ 位数字万用表。

DT890 数字万用表实物和面板如图 2-10 所示。

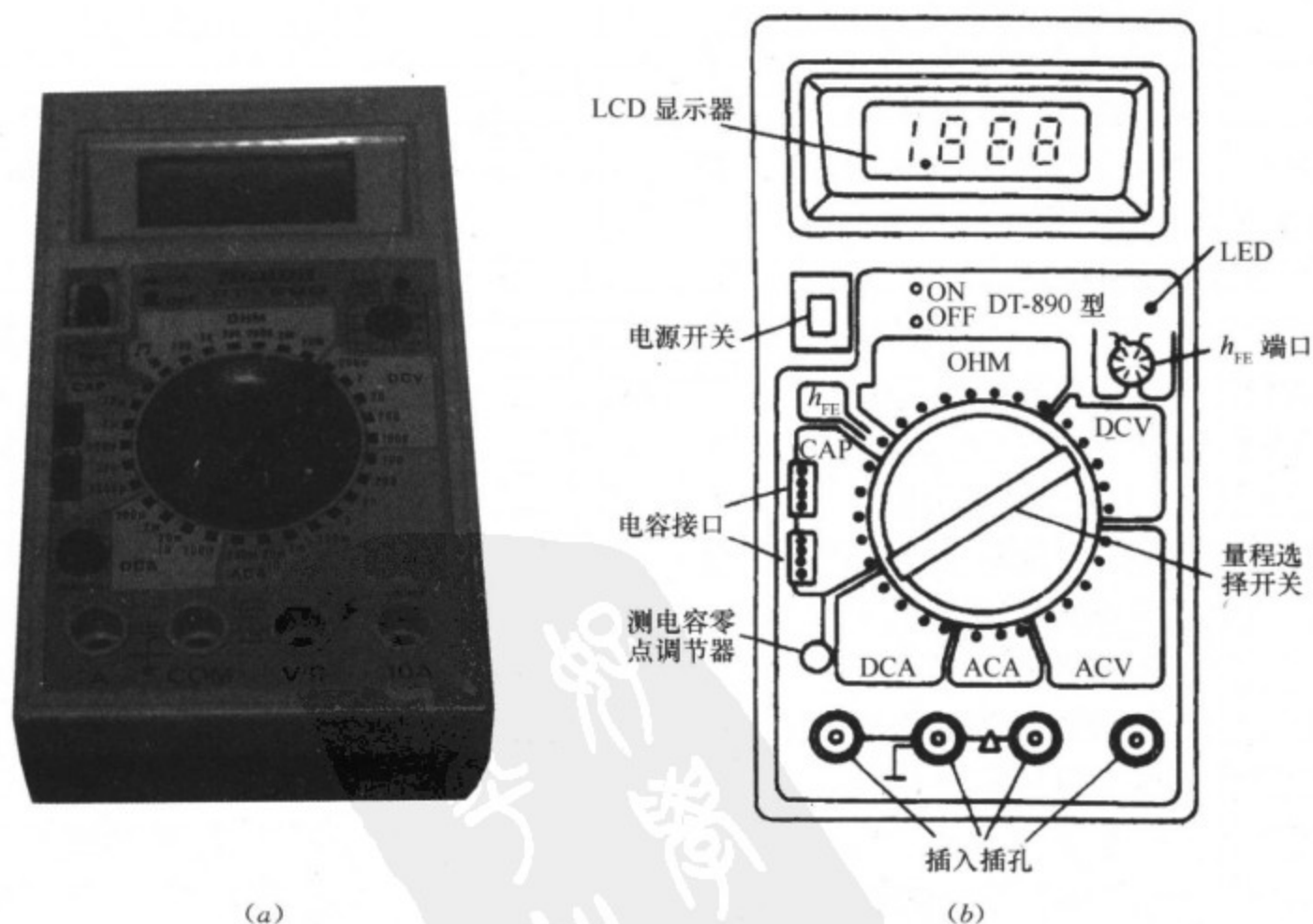


图 2-10 DT890 型数字万用表的实物面板
(a)DT890 型数字万用表实物; (b)DT890 型数字万用表面板。

DT890 有 30 个基本挡和 2 个附加挡,可用来测量直流电压(简称 DCV,有 200mV、2V、20V、200V、1000V 5 挡),交流电压(简称 ACV,有 200mV、2V、20V、200V、700V 5 挡),直流电流(简称 DCA,有 200 μ A、2mA、20mA、200mA 和附加 10A 5 挡),交流电流(简称 ACA,有 2mA、20mA、200mA 和附加 10A 4 挡),电阻(简称 OHM,有 200 Ω 、2k Ω 、20k Ω 、200k Ω 、2M Ω 和 20M Ω 6 挡),电容(简称 CAP,有 2000pF、20nF、200nF、2 μ F 和 20 μ F 5 挡),还有一挡用二极管符号和音乐符号表示,是二极管和蜂鸣器共用挡,用来检测二极管的好坏和线路的通断,测量三极管的 h_{FE} 时,采用 8 芯插座,分为 NPN 和 PNP 二挡。

从面板上看,数字万用表主要由液晶显示器、量程转换开关和表笔插孔等组成。

1. 液晶显示器

不同厂家生产的万用表,其液晶显示器(LCD)所显示的内容也各有不同,主要有测量项目显示、测量数字显示、计量单位显示、状态显示等,除数字显示以外,其他内容的显示都是以字母或符号表示。从液晶显示屏上可以直接读出测试结果和单位,避免了在使用指针表时人为的读数误差以及测量结果的换算等。

重点提示 在测量直流电压或直流电流时,如果读数为负值表示红表笔和黑表笔极性接反,此时也不必交换表笔重新测量;如果只显示最高位的“1”,表示超量程,应当换用高挡位,在换用量程之后要注意小数点位置的变化,以免读错结果。在测量开始 1s~2s 内显示的数字会反复跳动也是正常现象。显示屏如果无任何显示,要检查电池及开关是否接触良好,在使用过程中,如果液晶显示屏显示电池电压不足,要打开后盖螺丝,用同一型号的 9V 新电池换之即可;如果只显示固定的数值,要检查万用表是否处于保持状态。

2. 转换开关

数字万用表量程转换开关在表的中间,量程开关和功能开关合用一只开关,并且功能多、测量范围广,能测量交/直流电压、交/直流电流、电阻、三极管的放大倍数、电容器的容量、电路的通断。与指针万用表不同的是,数字万用表还增加了交流电流和电容量测试等挡位。

在数字万用表中,量程挡的首位数几乎都是 2,如 200 Ω 、2V、20 μ F、20mA 等。假如测量结果只显示“半位”上的读数“1”,表示被测数值超过了该量程的测量范围(这种现象称为溢出),说明量程选得太小,应换高的量程。注意:在测量电压或电流的时候,不能确定被测数值范围的情况下,应首选高挡位。

数字万用表相邻的两个挡位之间的距离一般很小,很容易造成跳拨和错拨,因此在转换量程的时候要慢,不要用力过猛,到位后要来回晃动一下看是否接触良好。严禁在测量的同时拨动量程开关,特别是在高电压、大电流的情况下,以防产生电弧烧坏量程开关。

3. 表笔插孔

表笔插孔一般有 4 个。标有“COM”字样的为公共插孔,应插入黑表笔,标有“V/ Ω ”字样的应插入红表笔,以测量电阻值和交直流电压值。测量交直流电流还有 2 个插孔,分别为“A”和“10A”,供不同量程挡选用,也应插入红表笔。

二、DT890 数字万用表的使用方法

1. 电阻挡的使用

将红表笔插入 V/ Ω 插孔,黑表笔插入 COM 插孔,将功能开关旋至 Ω 挡相应的量程。

当无输入时,如在开路的情况下显示屏显示“1”。如果被测电阻值超出所选择量程的最大值,显示屏也将显示“1”,应选择更高的量程。对于大于 $1\text{M}\Omega$ 或更高的电阻,要过几秒后读数才能稳定,这是正常现象。在测量高阻值时,应减去误差,如使用 $200\text{M}\Omega$ 挡测量 $100\text{M}\Omega$ 的电阻值时,测量的结果应减去表笔短路时显示的数字。

与指针万用表相比,使用数字万用表测量电阻值时,在任何挡位都无需调零,读数直观、准确、精确度高。如测量一只标有 $47\text{k}\Omega$ 的电阻,将量程转换开关旋至 $200\text{k}\Omega$ 挡,打开表的电源开关,这时显示“1”,将表笔跨接在电阻的两端,读数最后稳定在 $45.4\text{k}\Omega$,这就是测量结果。由于电阻值的误差和表的误差导致了测量结果和电阻标注值存有差异,由此也不能说明电阻值不准或万用表测量不准。

2. 直流电压挡的使用

将红表笔插入 V/Ω 插孔,黑表笔插入 COM 插孔,将功能开关旋至被测直流电压相应的量程,量程的选用与指针万用表相同。但当被测电压的极性接反时,数值的结果前面会显示“-”,此时不必调换表笔重测。

如果显示屏只显示“1”,表示被测电压超过了该量程的最高值,应选用更高的量程。不要测量 1000V 以上的电压值,否则容易损坏内部电路。

3. 交流电压挡的使用

将红表笔插入 V/Ω 插孔,黑表笔插入 COM 插孔,将功能开关旋至被测交流电压相应的量程,其他方法与测直流电压基本相同。注意:不要测量 700V 以上的电压值,否则容易损坏内部电路。

4. 直流电流挡的使用

将黑表笔插入 COM 插孔,当测量电流的最大值不超过 200mA 时,将红表笔插入 mA 插孔,当测量电流的最大值超过 200mA 时,将红表笔插入 10A 插孔。将功能转换开关旋至直流电流相应的量程,再将两表笔串连在被测电路中,便可测量出结果。

5. 交流电流挡的使用

将功能转换开关旋至交流电流相应的量程,其他方法与直流电流的测量方法相同。

6. 电容挡的使用

将功能转换开关置于电容量程,将电容器直接插入电容测量插座“CX”中,便可显示测量结果。注意:万用表本身对电容挡设置了保护电路,在测试过程当中,不用考虑电容的极性和放电情况。测量较大的电容时,稳定读数需要一定的时间。

7. h_{FE} 挡的使用

将待测三极管插入 NPN(用于测 NPN 三极管的 β 值)或 PNP(用于测 PNP 三极管的 β 值)插孔中,显示屏上显示的数值即为被测三极管的 β 值。

8. 数字万用表的妙用

(1)蜂鸣器和二极管挡的使用。将红表笔插入 V/Ω 插孔,黑表笔插入 COM 插孔,功能转换开关旋至蜂鸣器和二极管挡,便可进行测量。该挡有以下两项功能。

①判断线路的通断。将两表笔跨接在线路的两端,蜂鸣器有声音时,表示线路导通 ($R \leq 90\Omega$),如果没有声音表示线路不通。

②判断二极管的好坏、极性、正向压降值。将红、黑表笔分别接二极管的两端,如果显示溢出,表示反向,再交换表笔,这时显示的数值为二极管的正向压降值,红表笔所连接的

一端为正极,另一端为负极,同时也可以根据正向压降的大小判断二极管的制作材料,一般情况下锗管的正向压降为 $0.15\text{V}\sim 0.3\text{V}$,硅管为 $0.5\text{V}\sim 0.7\text{V}$;如果以上两次测量均为溢出,表明此二极管已损坏。

重点提示 数字万用表与指针万用表不同的是,数字表的红表笔接内部电源的正极,黑表笔接负极,与指针万用表正好相反。在测量二极管时不要误判。

(2)发光二极管的检测。利用数字万用表检测发光二极管有两种方法。

①将红表笔插入 V/Ω 插孔,黑表笔插入COM插孔,功能转换开关旋至蜂鸣器和二极管挡,用红、黑表笔分别接触发光二极管的正、负极,在显示正向压降的同时,发光二极管还能被点亮而发出微光。

②将发光二极管的两引脚分别插入 h_{FE} 插座的C、E检测孔,若二极管不亮,对调一下亮,则说明该二极管是好的,反之则说明二极管时坏的。能亮时,在NPN挡插入C孔的是正极,在PNP挡插入E孔的是正极。

(3)晶振的检测。用电容挡测其容量,在 $200\text{pF}\sim 300\text{pF}$ 为好。容量大于此值表明晶振漏电,容量小于此值为破碎,无容量为极间断路。

(4)三极管管脚的判别。用蜂鸣器和二极管挡检测三极管的好坏。拨到“蜂鸣器和二极管”挡,用表笔测PN结,如果正向导通,则表上显示的数字即为此PN结的正向压降。压降大的为发射结,压降小的为集电结。如果红表笔接的是公共极,则被测三极管为NPN型,且红表笔所接的极为基极;如果黑表笔接的是公共极,则被测三极管为PNP型,且黑表笔所接的极为基极。

(5)可控硅的检测。在 h_{FE} 挡时,用NPN座测量,将可控硅的阳极引线插入C孔内,阴极插入E孔内,控制极空着,这时显示应为“0”,如果显示在千位为“1”,则表明可控硅已击穿。当显示为“0”时,把控制极接到阳极上,这时显示在千位数上有“1”,或除千位数上有“1”显示外,后3位数也有数字闪动,则表明可控硅已导通。断开控制极与阳极的连线,把阳极在C孔内的线拆下,再插入,重复上述方法,显示数值从“0”变到千位“1”,则说明可控硅是好的。

(6)电解电容的检测。拨到电容检测挡,两只表笔分别与被测电容的两只引脚接触,如果表内蜂鸣器急速地响了一下,对换表笔又响了一下,同时显示指示为“1”,则说明该电容器是好的;如果响声不断,则说明该电容漏电或内部短路;反复对换表笔,表内始终不响,总是显示“1”,则说明该电容断路。

利用数字万用表可以迅速选配中周调谐电容。数字万用 2000pF 挡的最小分辨力为 0.1pF ,可以准确测量小瓷介电容,并估计其温度系数。彩电中 38MHz 中周和AFT中周频率稳定度非常重要,而它配用的谐振电容的温度系数直接影响频率的稳定。曾对不同产地的 68pF 瓷介电容,分别在室温 10°C 和用手指捏住瓷片加体温两种状态下测其容量,二者的差值在 $0.3\text{pF}\sim 2\text{pF}$ 。经实验,选取 0.3pF 差值的瓷介电容作谐振电容较好,以补偿线圈微小的正温度系数。

9. 指针万用表和数字万用表的合理使用

由于指针万用表和数字万用表在结构和原理上的不同,决定了它们在性能上各有差异,因此在实际的维修过程当中,要根据实际需要合理使用不同类型的万用表。

(1)在线测量电压时,选用的万用表内阻越高越好,这样对电路的影响就越小,因此数

字万用表为首选,对于精度要求较高的测量尤其如此,如测量彩电的调谐电压、开关电源的振荡管,色解码集成电路等。但在测行输出级电压时,有些数字万用表会出现显示读数失常的现象。

(2)测量小阻值电阻时宜用数字万用表,因为数字万用表的输入阻抗很高,对输入信号无衰减作用。当被测量电阻阻值较大时,指针万用表也完全能胜任,但对精度要求较高的电阻,就只能使用数字万用表了。如测量限流电阻、彩色电视机电源开关管的负反馈电阻等。

(3)要准确地测量电容器的容量,就只能使用数字万用表。用指针万用表电阻挡测量电容器的容量时,只能靠经验或对比粗略地判断其容量,对几百 pF 以下的电容,指针万用表在 $\times 10k$ 挡时也毫无反应,对 2000pF 以上的电容器,也只能用万用表的 $\times 10k$ 挡进行测量,通过指针的摆动来判断电容器容量的有无。在测试电容器的耐压或软击穿情况时,指针万用表 $\times 10k$ 挡内电池电压较高,接近有些电容器的工作条件,容易损坏电容气。

(4)数字万用表测试一些连续变化的电量和过程,不如指针万用表方便直观。如测量电容器的充、放电过程,热敏电阻,光敏二极管等。

(5)两种万用表都能测试二极管和三极管。数字万用表能够准确地测出它们 PN 结的压降,也能够较准确地测量出小功率三极管的 h_{FE} 值。但估测二极管、三极管的耐压和穿透电流时宜用普通指针万用表。测量发光二极管时,使用数字表既能判断其好坏,又能够判断其正、负极。

(6)用电阻法测量集成块和厚膜电路时宜用指针万用表。

从以上可以看出,指针万用表和数字万用表虽然各有优势,但不能相互代替,在维修的过程当中,要注意取长补短,配合使用。

三、数字万用表使用注意事项

数字万用表属于精密电子仪器,尽管有比较完善的保护电路和较强的过载能力,使用时仍应力求避免误操作,应倍加爱护。使用时要注意以下几个方面。

1. 要全面了解万用表的性能

使用前要认真阅读使用说明书,熟悉电源开关、量程转换开关、各种功能键、专用插座及其他旋钮的作用和使用方法;熟悉万用表的极限参数及各种显示符号所代表的意义,如过载显示、正负极性显示、表内电池低电压显示等;熟悉各种声、光报警信息的意义。

有些数字万用表有自动关机功能,当万用表停止使用超过 15min 时,能自动切断主电源,使万用表进入低功耗的备用状态,此时万用表不能继续进行测量,显示屏也没有任何显示,必须连续按两次电源开关,才能恢复正常工作。有些新型数字万用表设置了读数保持开关,具有读数保持功能,方便了读数和记录。假若万用表只显示某一数值而不随测量发生变化,这是因为误按了该键,弹起该键即可转入正常测量状态。

2. 测量前要注意的事项

测量前首先要明确要测量什么和怎样测,然后再选择相应的测量项目和合适的量程。尽管数字万用表内部有比较完善的保护电路,仍要避免出现误操作,每一次拿起表笔准备测量时,务必再核对一下测量项目及量程开关是否合适,使用专用插座时要注意选择正确。例如,用电流挡去测电压、用电阻挡去测电压或电流、用电容挡去测带电的电容等,以

免损坏仪器。

万用表开机后不显示任何数字,首先应检查 9V 层叠电池及引线。开机后显示低电压符号,应及时更换电池,安装时要注意电池的极性。更换电池前,要先关闭电源。更换熔丝管时,必须与原来的保持一致。

3. 测量电压时应注意的事项

测量电压时,数字万用表的两表笔应并接在被测电路两端。假如无法估计被测电压的大小,应选择最高的量程试测一下,再选择合适的量程。若只显示“-1”,其他位消隐,证明已发生过载,应选择较高的量程。若被测交流电压上叠加有直流分量时,二者电压之和不得超过所用 ACV 挡的最高值,必要时可加隔直电容,使直流分量不能进入测量电路。在测量直流电压时,可以不考虑表笔的极性,因为数字万用表具有自动转换并显示极性的功能。测量完毕后,应将量程开关旋至电压最大挡,以免下次使用时,因无操作而损坏了电表。

误用 ACV 挡去测直流电压,或用 DCV 挡去测交流电压,万用表可显示“000”,或在低位上出现跳数现象。由于数字万用表电压挡的输入阻抗很高,当其两输入端开路时,因外界干扰信号的输入,其低位也会显示没有变化规律的数字,属于正常现象。

不得使用万用表的直流电压挡来检查自身 9V 层叠电池的电压。

4. 测量电流应注意的事项

测量电流时,一定要注意将两只表笔串接在被测电路的两端,以免损坏万用表。测量直流电流时,跟测量直流电压一样,万用表可以自动转换并显示电流的极性,因此不必考虑电流的方向。

5. 测量电阻应注意的事项

使用电阻挡时,红表笔接 V/ Ω 插孔,带正电,黑表笔接 COM 插孔,带负电。这与指针万用表正好相反,因此在检测二极管、三极管、电解电容等有极性的元器件时,要注意表笔的极性,而且由于各电阻挡的短路电流不尽相同,用不同的电阻挡测同一只非线性器件时,测得的结果会有差异,这是正常现象。由于数字万用表电阻挡所提供的测试电流较小,测二极管正向电阻时要比用指针万用表测得的值高出几倍,甚至几十倍,这也是正常现象。此时,建议改用二极管挡去测 PN 结的正向电压,已获得准确结果。

利用高阻挡测量大阻值电阻时,显示值需要经过一定时间才能稳定下来,这属于正常现象。测量的结果应当等于稳定的显示值减去零点的固有误差。利用低电阻挡测量小阻值的电阻时,应先将两只表笔短路,测出两只表笔引线的电阻值,测量的实际结果应等于显示值减去此值。另外,有些新型的万用表增加了低功率法测电阻挡,符号为“LO Ω ”或“LOWOHM”。该挡的开路电压低于 0.3V,不会使硅管导通,因此适合测量在线电阻,不必考虑被测电路中硅管的影响。

利用蜂鸣器可以快速测量电路的通断。当被测电路的电阻值低于发声阈值时,蜂鸣器即可发出音频振荡声。利用此法有一定的偏差,应以实测值为准。

严禁在被测线路带电的情况下测量电阻,也不允许直接测量电池的内阻,因为这相当于给万用表加了一个输入电压,不仅使测量结果失去意义,而且容易损坏万用表。

6. 使用其他功能应注意的事项

利用电容挡测量有极性的电解电容时,电容插座的极性应与被测电容的极性保持一

致,测量前必须先放电,再进行测量。新型的数字万用表采用容抗法测量电容的容量,实现了自动调零,不必考虑电容挡的零点误差,早期的电表(如 DT890、DT890A 等),使用前首先要调整零点,更换电容挡时也需要重新调整零点。

利用 h_{FE} 插孔测量小功率晶体管的电流放大系数时,管子的 3 个电极和选择的挡位应保持一致,不得搞错。因为测试电压较低, h_{FE} 插孔提供的基极电流又很小,使得被测管工作在低电压、小电流状态下,因此测量结果仅供参考。

利用频率挡测量频率时,被测信号的有效值应大于 50mV 而小于 10V,由于频率挡的输入阻抗较高,不接信号时也可能有一定读数,但这并不影响正常测量。

7. 数字万用表的维护

(1)禁止在高温、阳光直射、潮湿、寒冷、灰尘多的地方使用或存放万用表,以免损坏液晶显示器和其他元器件。液晶显示屏长期处于高温环境下,表面会发黑,造成早期失效。潮湿的环境则容易造成集成电路、线路板的锈蚀、漏点,使测量误差明显增大,甚至引发短路故障。

(2)若发生故障,应对照电路进行检修,或送有经验的人员维修,不得随意打开万用表拆卸线路,以免造成人为故障或改变出厂时已调好的技术指标。修理完毕后再要进行校准。另外,有些万用表后盖上贴有屏蔽层,请勿揭下或拆掉引线;有的装有金属屏蔽层或屏蔽胶罩,要注意紧固螺丝或摆正压簧,否则容易引入外界电磁干扰,影响屏蔽效果。

(3)清洗表壳时,可用酒精棉球清洗污垢,不得使用汽油、丙酮等有机溶剂。

(4)长期不用应将电池取出,以免电池渗液而腐蚀线路板。

第四节 毫伏表简介

在电子实验及仪器设备的检修和调试中,所要测量的电压信号的频率往往从 0.00001Hz~数千 MHz,幅度小到毫微伏、大到几百上千伏,采用普通的万用表很难进行有效测量,必须借助于专用的电子电压表,亦即毫伏表来进行测量。

毫伏表的种类很多。按测量频率分,可分为低频电子电压表、高频电子电压表;按测量结果的显示方式分,可分为模拟指针式电子电压表、数字式电子电压表等。下面以 DA-16FS 型双路晶体管毫伏表为例进行简要介绍。

一、DA-16FS 型双路晶体管毫伏表的原理

DA-16FS 型双路晶体管毫伏表是一种典型的放大—检波式电子电压表,采用磁电式电流表作为指示器,能测量交流信号的电压值。其基本原理是,先将被测交流信号放大,再进行检波,最后通过直流表头指示读数。

其放大电路一般采用多级宽带交流放大器,灵敏度很高,可测几十 μV ~几百 μV 的电压,频率上限可达 1MHz。交直流转换器常采用平均值检波器,平均值检波器具有电路简单、灵敏度高和波形失真小等特点。

二、DA-16FS 型双路晶体管毫伏表的工作特性

DA-16FS 型双路晶体管毫伏表的主要工作特性如下。

(1)测量电压范围:100 μ V~300V。量程为:1,3,10,30,100,300mV;1,3,10,30,300V共11挡。

(2)测量电平范围:-72dB~30dB(600 Ω)。

(3)被测电压频率范围:20Hz~1MHz。

(4)固有误差:小于3%(基准频率1kHz)。

(5)频率响应误差:20Hz~100kHz 小于 $\pm 3\%$ 、100kHz~1MHz 小于 $\pm 5\%$ 。以上误差均为满度值之百分比。

(6)输入阻抗:在1kHz时输入电阻大于1M Ω 。

(7)输入电容:在1mV~0.3V各挡约70pF、1V~300V各挡约50pF(包括地线电容在内)。

(8)使用电源:220V,50Hz $\pm 4\%$ 消耗电力3W。

三、DA-16FS型双路晶体管毫伏表的使用

1. 面板介绍

DA-16FS型双路晶体管毫伏表的面板如图2-11所示。

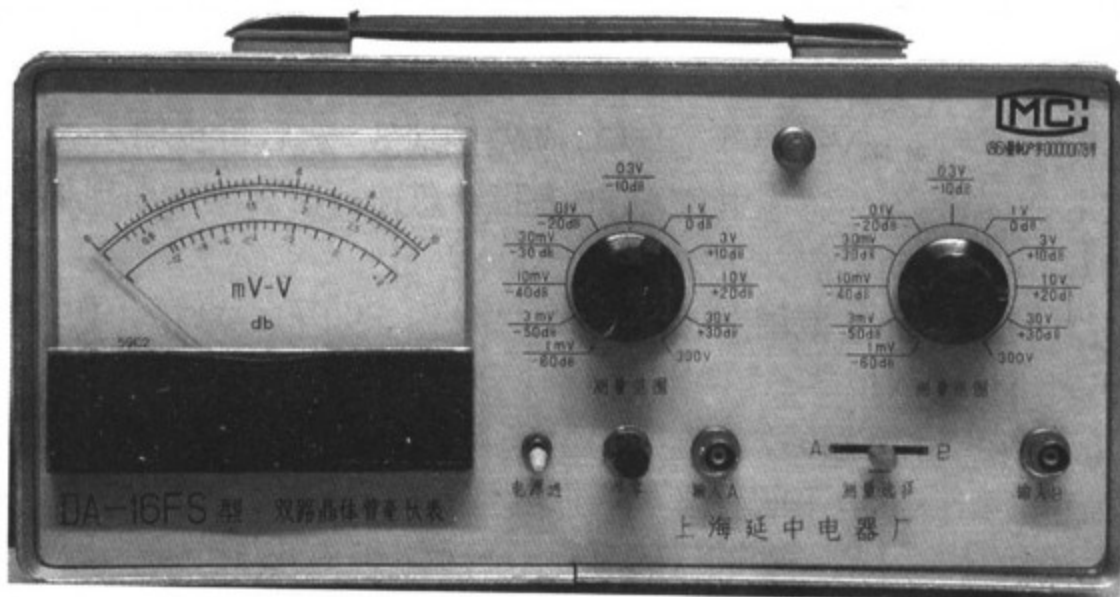


图2-11 DA-16FS型双路晶体管毫伏表的面板

面板的控制装置作用如下。

(1)量程选择开关。供测量时选用。各量程中并列有分贝数,是毫伏表作电平测量时读分贝数用的。

(2)输入接线柱。有A、B两路输入接线柱,用于输入信号电压。

(3)通道选择开关。选择测量通道。此开关拨到A通道此时,表头显示A通道电压测量值;打到B通道,表头显示B通道电压测量值。

(4)零点调整旋钮。它是仪器检波电路中的一个电位器。当仪器输入信号电压为零时(即两输入端接线柱短路时),电表指示应为零,否则应调整。

(5)表头及其刻度。表头上有3条刻度线,供测量时读数的调换。第1条0dB~10dB刻度线,它是1,10,100mV,1V,10V 5挡量程的读数刻度。第2条0dB~30dB刻度线,它是3,30,300mV,3V,30V,300V 6挡量程的读数刻度。第3条是-12dB~+20dB刻度线。

(6)电源开关与指示灯。用毫伏表测量其他波形电压,不能从毫伏表上直接读出电压

有效值,但根据表的指针读数经过换算可以得到其他波形电压有效值。

2. 测量前的校正

测量前必须对电压表进行校准。校准步骤如下。

(1)机械调零。接通电源前,对表头进行机械零点的校准。

(2)电调零。接通电源后,指示灯亮,待电压指针摆动数次后,将测量选择置于 A(或 B)输入线短接,调节调零旋钮,使指针指在零位置上,即可进行测量。在测量电压时,应首先将量程开关置于合适挡位(一般先置于大量程挡,然后根据被测电压的大小,再逐步的减小到小量程挡),而后才能接入被测电压。这时表头指示值即为被测正弦电压的有效值。

注意事项 本仪器灵敏度较高,测量时应先接低电位端连线(即地线),然后再接高电位端连线。测量结束时,应先取下高电位端连线,再取下低电位端连线,避免因 50Hz 交流电的感应将表头指针打弯。同时要求接地点选得正确,接触良好,否则会引起很大的测量误差。由于电表度盘是正弦电压有效值刻度,如被测电压波形为非正弦波,测量电压读数就会引入一定误差。为了减小测量误差,测量时应选择合适的量程,使指针在满刻度的 1/3 以上的区域。

3. 测量电压

(1)将“量程范围”开关拨至所需测量范围。

(2)在低量程挡(如 1 mV~1V),测量时应先接地线,然后再接输入线,测量完毕,则以相反顺序取下,以免因人体感应电位,使电表指针急速打向满刻度而损坏表针。

(3)注意被测电压中的直流分量不得大于 300V。

(4)测量完毕,应将“测量范围”开关放到最大量程(300V),然后关闭电源。

4. 用毫伏表测量电平值

实际上,电平值的测量是以交流电压测量来实现的。为了能正确地利用毫伏表进行电平测量,先简单介绍一下电平的意义。表征电信号大小,除了电压、电流或功率外,还采用一个电压、电流或功率对某一基准值的对数来表示,即用“电平”这一相对值来表征。

1)电平的概念

常用的电平有两类,即电压电平和功率电平。每一类又分为绝对电平和相对电平。

(1)绝对电压电平。回路中任意两点间的电压与基准电压的比值再取对数称为该电压的绝对电压电平。用下式表示,即

$$L_v = 20 \lg \frac{V_x}{0.775} (\text{dB})$$

式中: V_x 为被测电压;0.775V 称基准电压。

毫伏表上的读数是绝对电压电平的读数。

(2)相对电压电平。两电压之比值取其対数称相对电压电平。用下式表示,即

$$L_v = 20 \lg \frac{V_A}{V_B} (\text{dB})$$

(3)绝对功率电平。任意功率 P_x 与 600Ω 电阻上消耗 1mW 的功率之比称绝对功率电平。用下式表示,即

$$L_p = 10 \lg \frac{P_x}{P_0} (\text{dB})$$

(4)相对功率电平。两功率之比值取其对数称相对功率电平。用下式表示,即

$$L_p = 10 \lg \frac{P_A}{P_B} (\text{dB})$$

通常规定在 600Ω 负载上输出 1mW 的功率作为零功率电平。零功率电平使负载上的电压为 $V_0 = 0.775\text{V}$ 这个电压数值即为零电压电平。

2) 电平与电压的关系

由上述电压电平定义,就可以很方便地得到它们之间的关系,对于一切电压表而言,如按一定的规律就能成为一个可以测量电压电平的电平表,电平的刻度是以 600Ω 的纯电阻消耗 1mW 的功率定义为 0dB 计算的,即 $0\text{dB} = 0.775\text{V}$ 。电平量程的扩大实际上与电压量程的扩大是相同的。但由于电压和电平是对数关系,所以当电压量程扩大 10 倍,并不等于电平量程扩大 10 倍。例如,电压量程扩大 N 倍,由电平公式可知 $L_v = 20 \lg \frac{V_A N}{V_B} = 20 \lg \frac{V_A}{V_0} + 20 \lg N$ 当 V_A 基准电压时(0.775V)取 $N = 10$,则

$$L_v = 20 \lg 1 + 20 \lg 10 = 0 + 20 = 20 (\text{dB})$$

即 $N = 10$,则 L_v 扩大 20dB 。可见,当电压量程扩大 10 倍,而电压则增加 20dB 。由此可见,电平量程的扩大可以通过相应的交流电压表的量程扩大来实现,其测量值应为表盘分贝标尺的读数再加上一个附加的分贝值。附加分贝值的大小应由电压量程的扩大倍数来决定。当电压量程扩大 10 倍、20 倍、50 倍、100 倍时,其附加分贝值就为 20dB 、 34dB 、 40dB 、 60dB 。表上的电平刻度是与交流电压的最低挡相对应的,通常是 10V 挡。但此毫伏表是 1V 挡,所以在 1V 挡上的 0.775V 刻度对应于 0dB 刻度。使用时,如果用 1V 挡,则直读电平值,若为其他挡则要指针值+附加值(即与量程并列的分贝数)。



第三章 电子示波器

电子示波器简称示波器,它能把人们无法直接看到的电信号的变化规律转换成可以直接观察的波形。示波器不仅能观测各种电信号的波形,而且还可以测试多种电量,如电压、电流、频率、周期、相位差、幅度、脉冲宽度等;它配上传感器又可以对压力、温度、速度、密度、光、声、磁效应等非电量进行测量。可见,示波器是一种用途十分广泛的电子测量仪器。本章主要介绍了目前市场上常见的几种模拟单踪示波器和双踪示波器,并对数字存储示波器作了简要介绍。

第一节 概 述

一、电子示波器的特点

我们可以把示波器简单地看成是具有图形显示的电压表。普通的电压表是在其度盘上移动的指针或者数字显示来给出信号电压的测量读数,而示波器则与其不同。示波器具有屏幕,它能在屏幕上以图形的方式显示信号电压随时间的变化,即波形。

示波器具有以下特点。

- (1)具有良好的直观性,可直接显示信号波形,也可以测量信号的瞬时值。
- (2)灵敏度高、工作频带宽、速度快,对观测瞬变信号的细节带来了很大的方便。
- (3)输入阻抗高(兆欧级),对被测电路的影响小。
- (4)它是一种良好的信号比较器,可以显示和分析任意两个量之间的函数关系。
- (5)配用变换器可以观测各种非电量,并组成综合仪器,以扩展其功能。

二、电子示波器的种类

电子示波器种类、型号繁多,根据其用途和特点的不同,可分成以下几大类。

1. 通用示波器

采用示波器基本显示原理构成的示波器称为通用示波器,通用示波器可用于观察电压信号波形,对电压信号进行定性和定量分析。这种示波器一般也称为模拟示波器。

2. 多束、多踪示波器

多束示波器是采用多束示波管构成的,能同时观察、比较两个或两个以上的信号波形,这类示波器制造困难。多踪示波器仍采用单束示波管,它是通过轮流接入被测信号而能同时观测、比较两个或两个以上信号波形的。

3. 取样示波器

通过采用取样技术,将高频信号转换成模拟的低频信号,再应用通用示波器的基本

显示原理观测信号的波形。取样示波器一般用于观测频率高、速度快的脉冲信号的波形。

取样示波器其工作频率可高达 1000MHz 以上(即 1GHz 以上, $1\text{GHz}=10^3\text{MHz}$, 电视机第 68 频道接收的射频信号才 958MHz, 不到 1GHz)。我国卫星电视用的射频高达 12GHz, 混频后的中频也高达 1.3GHz。要显示这类信号的波形, 就必须用取样示波器(如 SQ-21 型取样示波器, 工作频率高达 7GHz)。

4. 数字存储示波器

能把所测量到的波形以数字的形式存储起来, 并能再次显示出来的示波器, 叫做数字存储示波器, 存储示波器能将单次瞬变过程、非周期信号、低重复频率的信号长时间地保留在屏幕或存储器中, 以供分析、比较、研究之用。

5. 特种示波器

这类示波器是为满足特殊任务用的专用示波器, 如矢量示波器、电视示波器等。

第二节 通用(模拟)单踪示波器介绍

一、单踪示波器基本组成

单踪通用示波器一般由示波管、Y 轴放大器、X 轴放大器、扫描发生器、电源和测试探头等几大部分组成, 如图 3-1 所示。

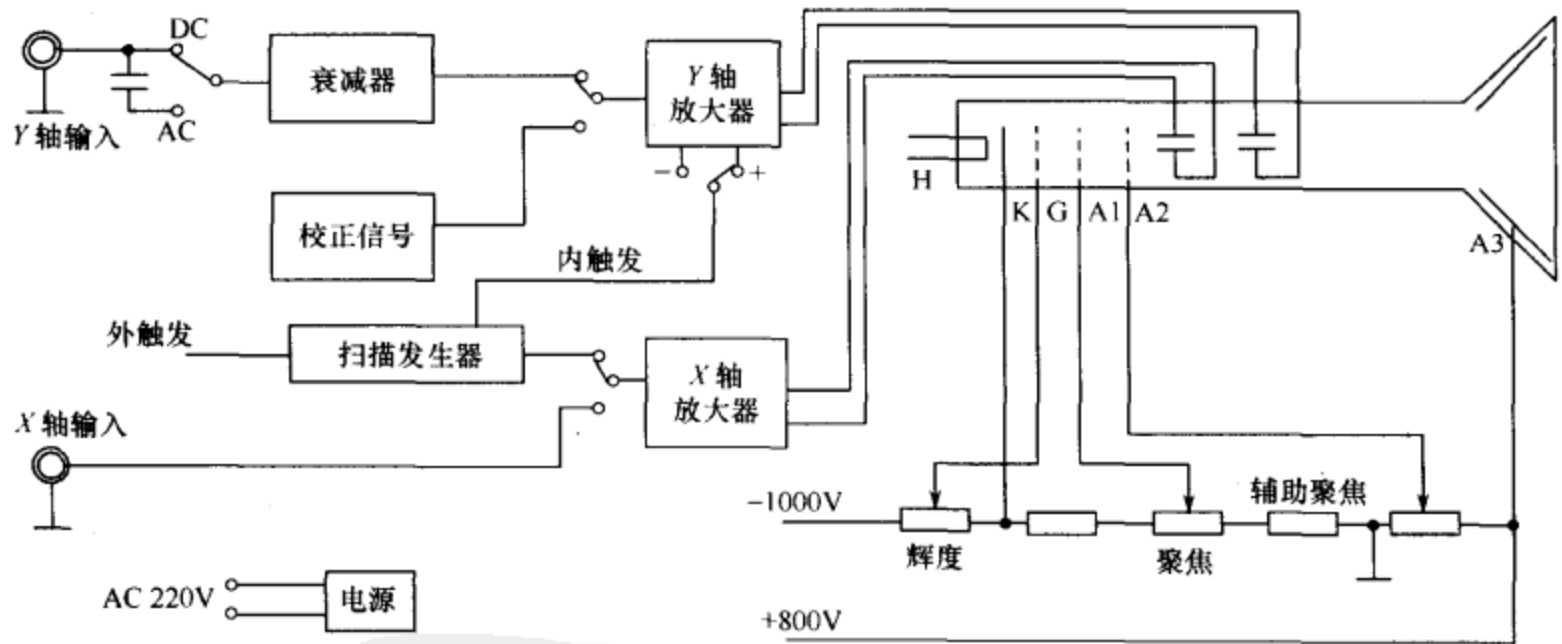


图 3-1 单踪示波器的基本组成

1. 阴极射线示波管

示波器的心脏部分是阴极射线示波管(CRT), 它是一种屏幕式显示器, 能将被测信号转换为光信号, 用荧光屏来显示被测信号的图形。示波管是示波器用来显示测量结果的指示器, 其内部结构包括电子枪, X、Y 轴偏转板和荧光屏 3 大部分, 如图 3-2 所示。

重点提示 示波器和电视机的显像管有较大的区别。示波器是电偏转管, 即阴极发射的电子是依靠电场进行偏转的; 而电视机中的显像管则是磁偏转管, 即阴极发射的电子依靠磁场(由套在管颈上的偏转线圈提供)进行偏转的。

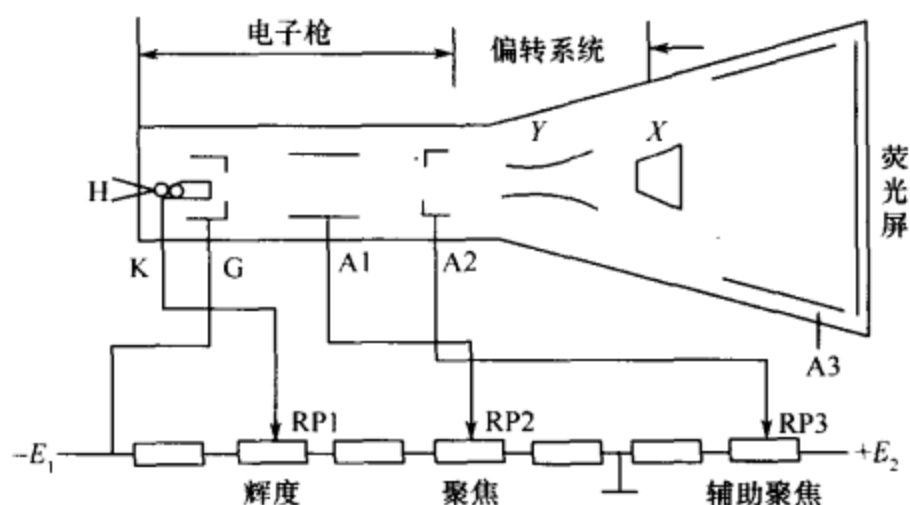


图 3-2 示波管的内部结构

(1)电子枪。电子枪包括灯丝 H、阴极 K、控制栅极 G、第一阳极 A1 和第二阳极 A2，为了增加电子束的能量，常在荧光屏附近增加一个石墨涂层作为第三阳极 A3，加上一定正电压，可使电子束进一步加速获得足够的能量，以提高光点亮度。

阴极被灯丝加热后发射电子，这些电子受到第一阳极上正电压的吸引，穿过控制栅极中心的小孔，形成细的电子束。调节栅极电压就能控制阴极发射电子束的强弱，使荧光屏上光点的亮度改变，这个调节过程叫“辉度”调节。利用第一阳极、第二阳极之间的相对电位形成的电场，能使电子束聚成细束，也就是使光点的直径变小，使波形清晰可辨，这个调节过程是通过示波器面板上的“聚焦”旋钮来进行的。

(2)X、Y 轴偏转板。示波器的偏转系统通常采用静电偏转系统。在示波管内安装了两对相互垂直的平行金属板，称垂直(Y 轴)偏转板和水平(X 轴)偏转板。当垂直、水平偏转板上都没有加偏转电压时，电子束直射到荧光屏中央，在屏中心出现一个光点。如果只在水平偏转板上加直流电压，电子束通过偏转板间的电场时，受电场力的作用而发生偏转，使光点向左或向右偏移。同理，若只在垂直偏转板上加直流电压，光点就向上或向下偏移。光点偏移的距离与所加电压成正比，而偏转的方向取决于偏转板上所加电压的极性。因此，调节两偏转板上的电压，就能调节荧光屏上光点的位置，这就是示波器上的“X 轴位置”和“Y 轴位置”的调节作用。

(3)荧光屏。示波管屏面玻璃内壁涂有一层荧光粉而成为荧光屏，当电子束射到荧光屏时能产生光点。光点发光后，如无电子连续轰击，该点尚能延续发光一段时间，这种现象称为示波管的发光延续性，又称余辉，示波管按余辉长短可分为 3 类：短余辉管延续发光时间 $1\mu\text{s}\sim 1\text{ms}$ ；中余辉管 $1.2\text{ms}\sim 1.2\text{min}$ ；长余辉管 1.2min 以上。通用示波器一般采用短余辉管或中余辉管，慢扫描示波器则采用长余辉管。

2. X、Y 轴放大器和扫描发生器

Y 轴通道放大器把被测信号电压放大到足够的幅度，然后加在示波器的垂直偏转板上。Y 轴通道还带有衰减器用以调节垂直幅度，确保显示波形的垂直幅度适当以进行定量测量。

X 轴通道由扫描发生器和 X 轴放大器组成。扫描发生器产生一个与时间成线性关系的锯齿波电压(又称扫描电压)，时基发生器配合扫速调节可产生不同扫速的锯齿波，经过 X 通道放大以后，再加在示波器水平偏转板上。

重点提示 对于示波器来说,显示稳定的波形十分重要,实践证明,只要扫描发生器产生的锯齿波电压的周期与被测信号的周期相同或保持整数倍关系,波形就会保持稳定。

锯齿波电压的周期和被测信号电压的周期相同或成整数倍关系,在这里就叫同步,波形稳定就是两个信号“同步”的表现。再具体说,同步就是锯齿电压加在水平偏转板上后的起始水平扫描和被测信号电压加在垂直偏转板上后的起始垂直扫描在同一时刻进行。

示波器中的触发电路就是为实现同步而设立的,因此,触发电路也就是同步电路。就是说,水平扫描发生器是受触发信号控制的。没有触发信号时,没有锯齿波电压产生,水平扫描电路处于等待状态;有触发信号时,扫描发生器开始工作,产生的锯齿波电压就与被测信号电压有着严格的同步关系了。若触发信号来自Y轴被测信号,则称内触发(同步);若用外接信号作为触发信号,则称外触发(同步)。

3. 电源电器

电源部分向示波管和其他功能单元电路提供所需的各组高、低压电源,以保证示波器各部分的正常工作。

4. 示波器探头

示波器探头是把被测电路的信号耦合到示波器内部前置放大器的连接器件,根据测量电压范围和测试内容的不同,有1:1、10:1和100:1等规格的探头。一般测量时用1:1或10:1探头即可,测彩显行输出管集电极的脉冲波形时,因该处电压峰值高达1000V(峰峰值),因而要选用100:1的探头,这种探头最高测试电压为2000V(峰峰值)。

二、波形显示原理

在示波管的垂直偏转板上加一个周期性连续变化的交流电压后,由于电子束在这个偏转电场的作用下进行垂直扫描(电子束在垂直方向上做周期性运动就叫垂直扫描),便在荧光屏上出现一条垂直亮线,如图3-3所示。

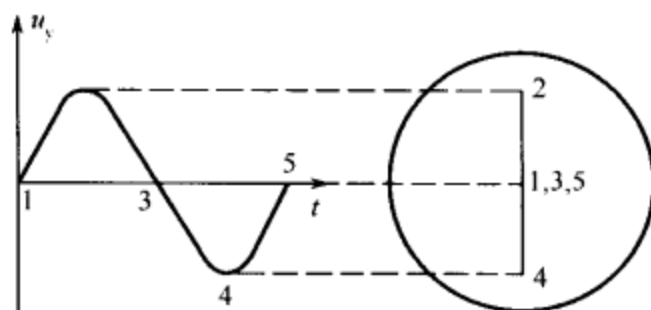


图3-3 荧光屏上出现一条垂直亮线

若要想把这条垂直亮线展开,让屏幕上也呈显出像加在垂直偏转板上的交流电压那样的正弦波,就需要在水平偏转板上加一个模拟时间的电压。由于时间是连续均匀变化的,所以加到水平偏转板上的电压应是随时间均匀增加的线性电压,即锯齿波电压。这个锯齿波电压加在水平偏转板上后,电子束在水平偏转电场的作用下进行水平扫描(电子束在水平方向上做周期性运动就叫水平扫描),在屏幕上形成一条扫描基线(水平线),如图3-4所示。

在产生了这条扫描基线的基础上,再在垂直偏转板上加上那个正弦波电压,屏幕上就把这个正弦波显示出来了,如图3-5所示。

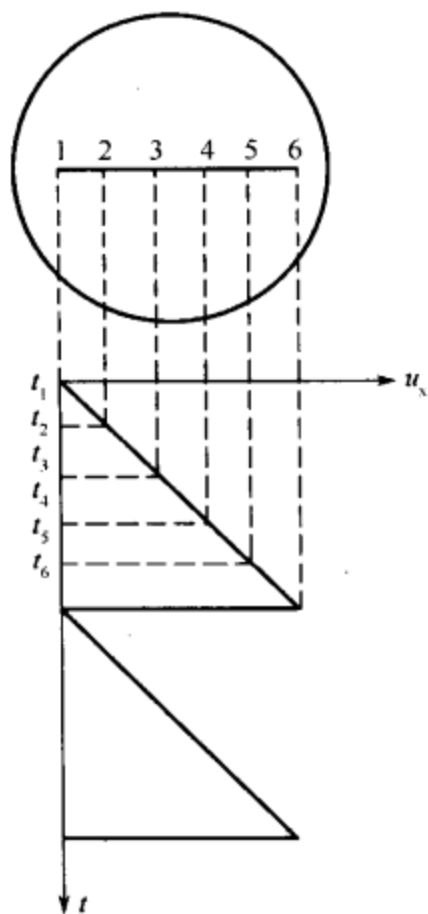


图 3-4 水平扫描基线的形成

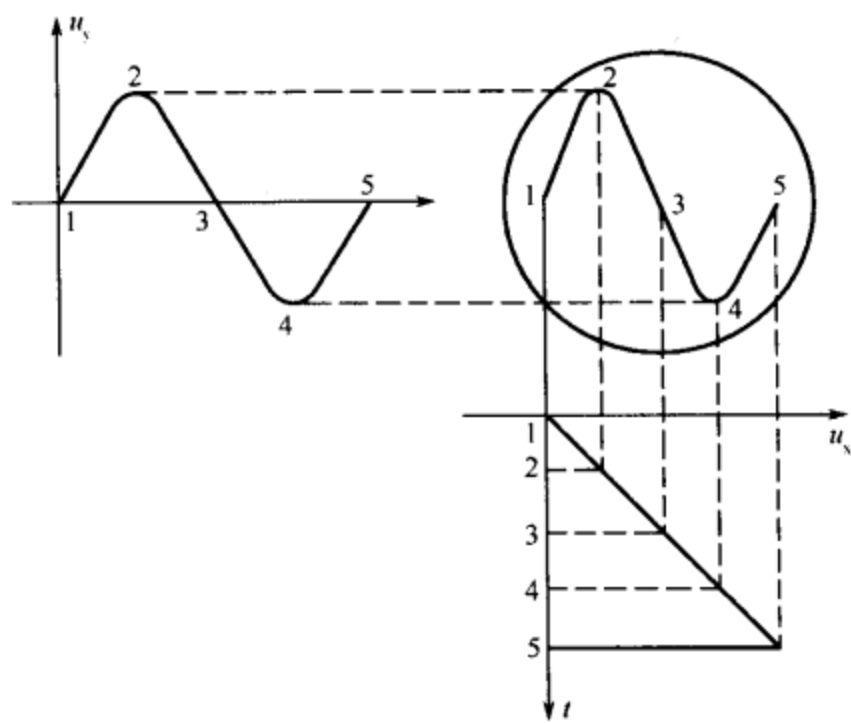


图 3-5 荧光屏上出现正弦波形

所以,用示波管显示波形,在垂直偏转板上加的是被测信号,而在水平偏转板上加的是为了产生水平扫描基线的锯齿波电压。在水平偏转板上加锯齿波电压,产生扫描基线是为产生被测信号波形服务的。

重点提示 当被观察信号的频率 u_y 与扫描电压频率 u_x 相等时,在荧光屏上显示出一个正弦波的图形。如果 $u_y = nu_x, n=2, 3, \dots$ 时,则荧光屏上将出现 2 个, 3 个, …… 波形。示波器面板上的“扫描范围(扫描速度)”和“扫描微调”就是扫描电压频率的调节旋钮。

三、X-Y 显示原理

在示波管中,电子束同时受 X 和 Y 两个偏转板的作用,而且两偏转板上的电压 u_x 和 u_y 的影响又是相互独立的,它们共同决定光点在荧光屏上的位置。利用这种特点可以把示波器变为一个 X-Y 图示仪,使示波器的功能得到扩展。

图 3-6 表示两个同频率信号 u_x, u_y 分别作用在 X、Y 偏转板上时的情况。

如果这两个信号初相相同,则可在荧光屏上画出一条直线。若 X、Y 方向的偏转距离相同,这条直线与水平轴呈 45° ,如图 3-6(a) 所示。如果这两个信号初相相差 90° ,则在荧光屏上画出一个正椭圆,若 X、Y 方向的偏转距离相同,则在屏上画出一个圆,如图 3-6(b) 所示。示波器两个偏转板上都加正弦电压时显示的图形叫李沙育图形,这种图形在相位和频率测量中常会用到。

X-Y 图示仪可以应用到很多领域。在它显示图形之前,首先要把两个变量转换成与之成比例的两个电压,分别加到 X、Y 偏转板上。荧光屏上任一瞬间光点的位置都是由偏转板上两个电压的瞬时值决定的。由于荧光屏有余辉时间和人眼有滞留效应,从屏上可以看到全部光点构成的曲线,它反映了两个变量之间的关系。

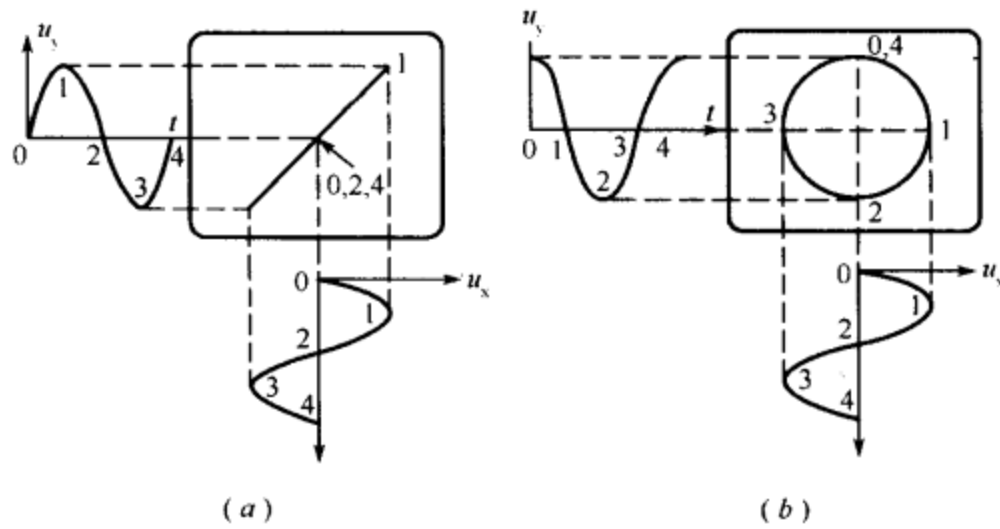


图 3-6 两个同频率信号构成的李沙育波形
 (a) u_x 与 u_y 同相位; (b) u_y 起前 u_x 90° 。

四、BS-7701 单踪示波器介绍

BS-7701 为单踪 7M 示波器, 主要应用于家电维修领域, 其面板如图 3-7 所示。该示波器采用矩形内刻度显示屏示波管, 工作面垂直刻度为 8 格, 水平刻度为 10 格。控制旋钮分布分为示波管系统、Y 轴系统和 X 轴系统。

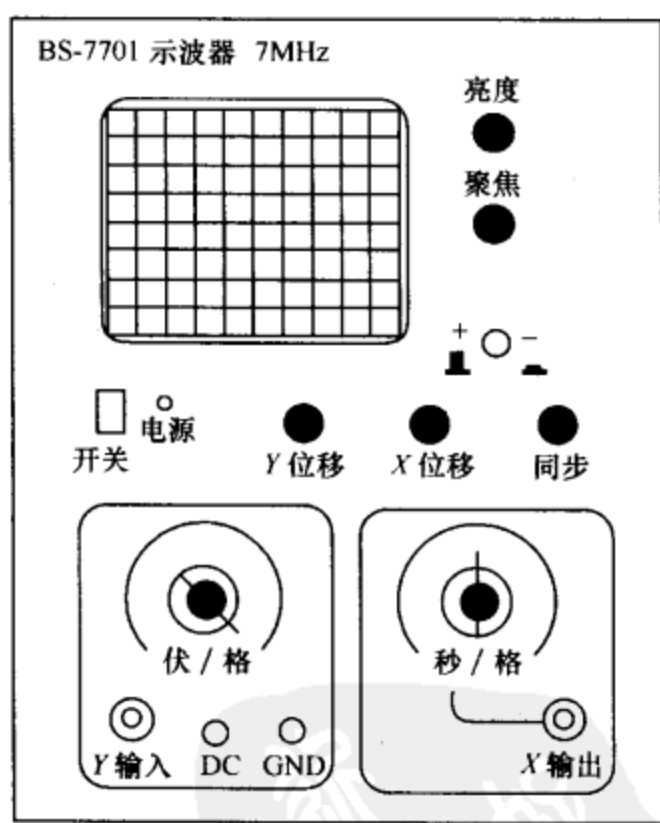


图 3-7 BS-7701 型多功能晶体管示波器面板

1. 示波管系统

- (1) 电源。它是电源开关, 将该开关打开时, 电源接通, 指示灯亮, 示波器进入工作状态。
- (2) 聚焦。它是聚焦旋钮, 通过调节该旋钮可使光点聚焦成为一小圆点, 在每次改变辉度后, 需重新调整聚焦。

(3)亮度。亮度(辉度)旋钮,用以控制光迹亮度,顺时针旋转时增加亮度,反之则减弱亮度。光点在某一位置停留时间较长时,亮度不宜过高,以免损坏这一部分的荧光材料。

2. Y 轴系统

(1)Y 位移。它是垂直位移旋钮,用以移动光迹在垂直方向上的位置,顺时针旋转光迹位置向上移动,反之则向下移动。

(2)垂直通道(Y)轴衰减开关。它是垂直幅度衰减开关,其中 8 个挡位挡为 10mV/格~30V/格,用以衰减 Y 轴输入信号,若不知信号幅度大小,应尽量先放在大挡,然后逐渐减小挡位至屏幕显示合适的幅度,一般调节幅度使波形在垂直方向占 4 格~5 格为宜。第 9 挡是内部校正信号接入开关,当开关置于该挡时,示波器内部产生的幅度为 40mV,频率为 10kHz(周期为 100 μ s)的方波自动接入,该信号用以校准示波器的 Y 轴放大器及 X 轴放大器的增益。

(3)AC-DC 选择按钮。它是 Y 轴输入的耦合开关,置“DC”时,被测信号直接输入 Y 轴放大器,被测信号的交流分量和直流分量均输入 Y 通道,适合观察变化缓慢的信号或测量直流电平;当观察具有较高直流电平的小信号时,应置于“AC”位置,被测信号经隔直电容输入 Y 通道,信号波形的垂直位置不受直流成分的影响。

(4)Y 输入插座。被测信号由该插座输入到 Y 轴放大器。

(5)GND 按钮。接地按钮,按钮抬起时,Y 轴放大器正常工作;按下时,Y 轴放大器输入接地,便于寻找扫描基线。

3. X 轴系统

(1)X 位移。它是水平位移旋钮。用以移动光迹在水平方向的位置,顺时针方向旋转时,光迹向右移动,反之向左移动。

(2)扫描速度开关。扫描速度自 10ms/格~0.3 μ s/格共 10 挡,根据被测信号频率的高低选择适当的扫描速度,当不知道被测信号频率时,可先置扫描速度较慢的挡,调同步旋钮使屏幕显示稳定波形;若显示的波形过密再增加扫描速度。

(3)同步。它是同步调节旋钮,调节该旋钮可使扫描周期和被测信号周期保持在整数倍,使屏幕上显示稳定的波形,在同步旋钮调节范围内一般有几个同步点。

(4)+、-、外。它是控制内同步信号的正、负极性和 X 轴外接输入信号的转换开关。当被测信号为正极性脉冲时,应置于“+”位置;当被测信号为负极性脉冲时,应置于“-”位置;当 X 轴需要外接输入信号时,应置于外位置。

(5)X 输入。被测信号由该插座输入到 X 轴放大器。

第三节 通用(模拟)双踪示波器介绍

双踪示波器能同时观测两个信号波形。它与单踪示波器在构造上的主要区别就是在 Y 轴偏转系统中的前面加了一个电子开关。这个电子开关可以将两个被测信号以很高的速度轮流输送到 Y 轴偏转板而显示两个波形。

一、基本结构

双踪示波器的基本结构如图 3-8 所示。

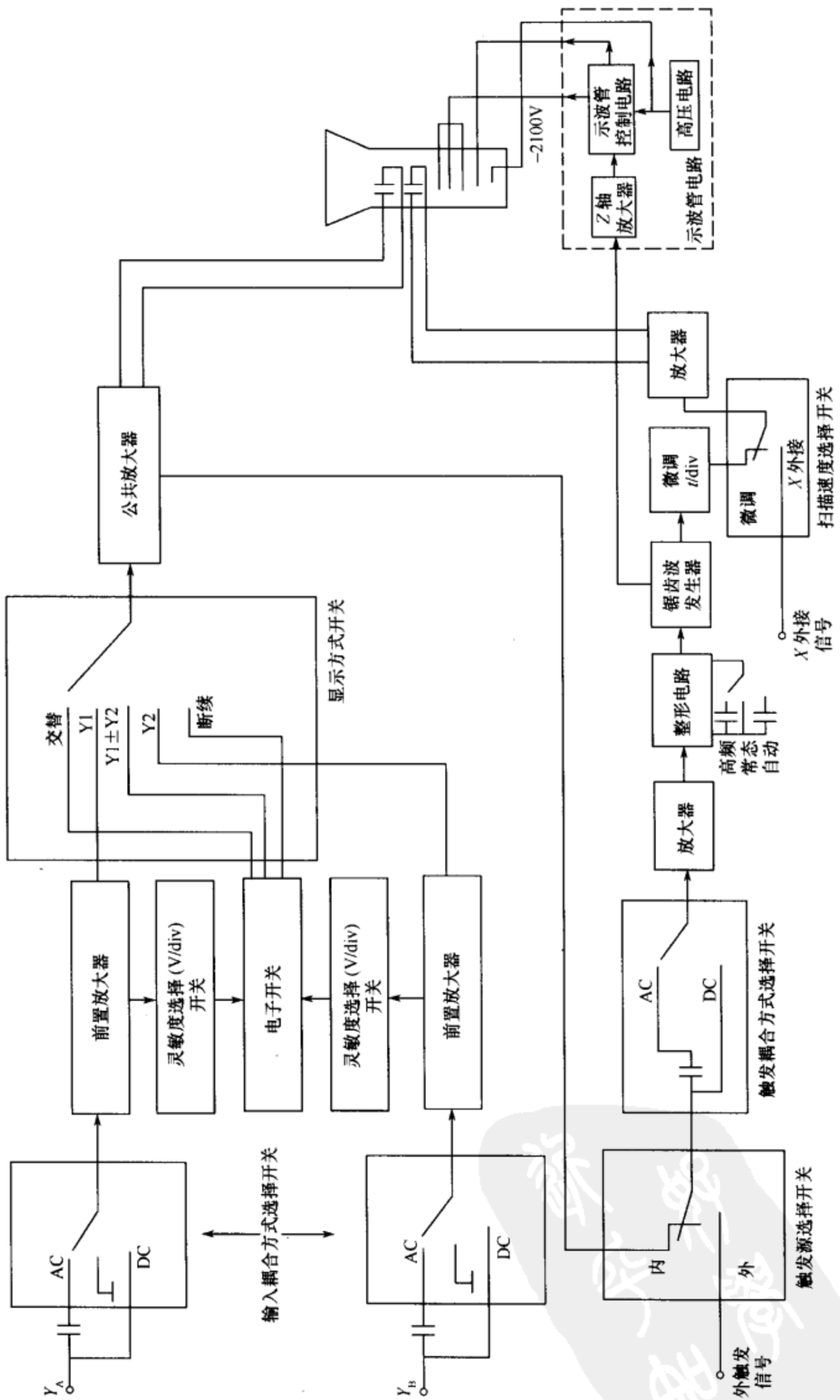


图 3-8 双踪示波器的基本结构

1. Y 轴偏转系统

Y 轴偏转系统有两个独立的前置放大器,分别称通道 Y1 或(CH1)和通道 Y2 (CH2)。主要电路有输入耦合开关、前置放大器、灵敏度选择开关、电子开关和公共放大器等。在电子开关处设有 5 个挡级的转换开关(也叫显示方式开关)。这 5 个挡级分别为:交替、Y1、Y1±Y2、Y2 和断续,这表明双踪示波器有 5 种显示方式。

2. X 轴偏转系统

X 轴偏转系统好像很复杂,其实锯齿波发生器(扫描发生器)前面那些都属于触发电路。该图对触发电路作了简化,重在示意,便于与实际双踪示波器面板上的旋钮对照。像“触发源选择开关”(内、外)、“触发耦合方式选择开关”(AC、DC)、“触发方式开关”(高频、常态、自动)、“扫描速度选择开关”(微调、 t/div),这些部分都是实物面板上的主要旋钮,认真掌握一下这个简图,对于实际使用双踪示波器是很有必要的,这样在操作各个旋钮时就不盲目了。

二、双踪示波器的工作方式

双踪示波器主要有 5 种工作方式,即 Y1、Y2、Y1±Y2、交替和断续。前 3 种均为单踪显示,Y1、Y2 与普通单踪示波器显示原理相同,只显示一个信号;Y1±Y2 显示的波形为两个信号的“和”或“差”;交替和断续为双踪显示,下面简要介绍这两种方式。

1. 交替显示

交替显示时,电子开关控制 Y1 通道和 Y2 通道轮流工作。例如,电子开关首先接通 Y1 通道,进行第一次扫描,显示由 Y1 通道输入的被测信号波形;然后电子开关接通 Y2 通道,进行第二次扫描,显示由 Y2 通道输入的被测信号波形;接着再接通 Y1 通道……这样轮流地对 Y1 通道和 Y2 通道输入信号进行扫描,两信号按扫描周期交替地显示在荧光屏上。由于两个波形轮流显示时交替的速度很快,只要交替频率大于 25Hz(荧光屏又有一定的余辉时间,人眼有视觉滞留效应),就可得到两个波形同时显示的效果。利用交替方式显示两个信号的时间差或相位差时,要注意选择相位超前的信号作固定的内触发源,或采用外触发方式。交替显示方式只适合于显示频率较高的被测信号,因为扫描频率过低时会产生明显的闪烁。

2. 断续显示

断续显示方式就是将一次扫描分成许多相等的时间间隔,在第一个时间间隔内显示 Y1 中信号波形的某一段,形成 Y1 波形的第一个光点;在第二个时间间隔内显示 Y2 波形的某一段,形成 Y2 波形的第一个光点;以后每个时间间隔轮流地显示 Y1 波形、Y2 波形的其余段(光点)。经过若干次断续转换,荧光屏上便显示出两个由光点组成的完整波形。

由于转换频率很高(此时电子开关并不受锯齿波电压控制),所以光点靠得很近,其间隙用肉眼几乎分辨不出,因而同样可以达到清晰地显示两个波形的目的。这种方式适于观测频率较低的信号波形。

三、Z 轴电路

为了保证在荧光屏上能显示出清晰明亮的被测信号波形,示波管还设有 Z 轴电路。它用于在扫描回程开始到触发脉冲到来并启动扫描之前,使电子束截止,而在正程期间让

电子束通过。如果需外加信号来对显示图形进行调亮,也可在 Z 轴电路进行。其原理是在扫描正程期间,由扫描闸门开关电路提供一个与扫描正程等宽的方波脉冲信号,经 Z 轴电路放大后以正极性加至示波管栅极,用以提高栅极电压,增大电子束,增强被显示信号的辉度,这称为增辉。它可以保证快速扫描时波形显示良好。此外,在双踪示波器中,要对波形变换过程的光迹进行消隐处理。在交替扫描状态,消隐信号由扫描电路产生的逆程脉冲来担任,在断续扫描状态则由 Y 轴垂直开关电路来提供消隐信号。消隐信号经 Z 轴电路放大后也加至示波管栅极,但它是负极性的,以使电子束截止。

实际电路中,增辉和消隐信号及人工增辉控制信号混合在一起,统称为增辉信号,经 Z 轴电路放大后再加至栅极电路,对示波管的辉度进行控制。

四、典型双踪示波器介绍

下面介绍两种典型的双踪示波器:一种是国产的 DC4322 通用 20M 双踪示波器;另一种是日本生产的岩崎 7802 通用 20M 双踪示波器,该示波器功能全面,但价格相对较高。

1. DC4322 通用 20M 双踪示波器

DC4322 通用 20M 双踪示波器前板和后板开关、旋钮位置如图 3-9 所示。

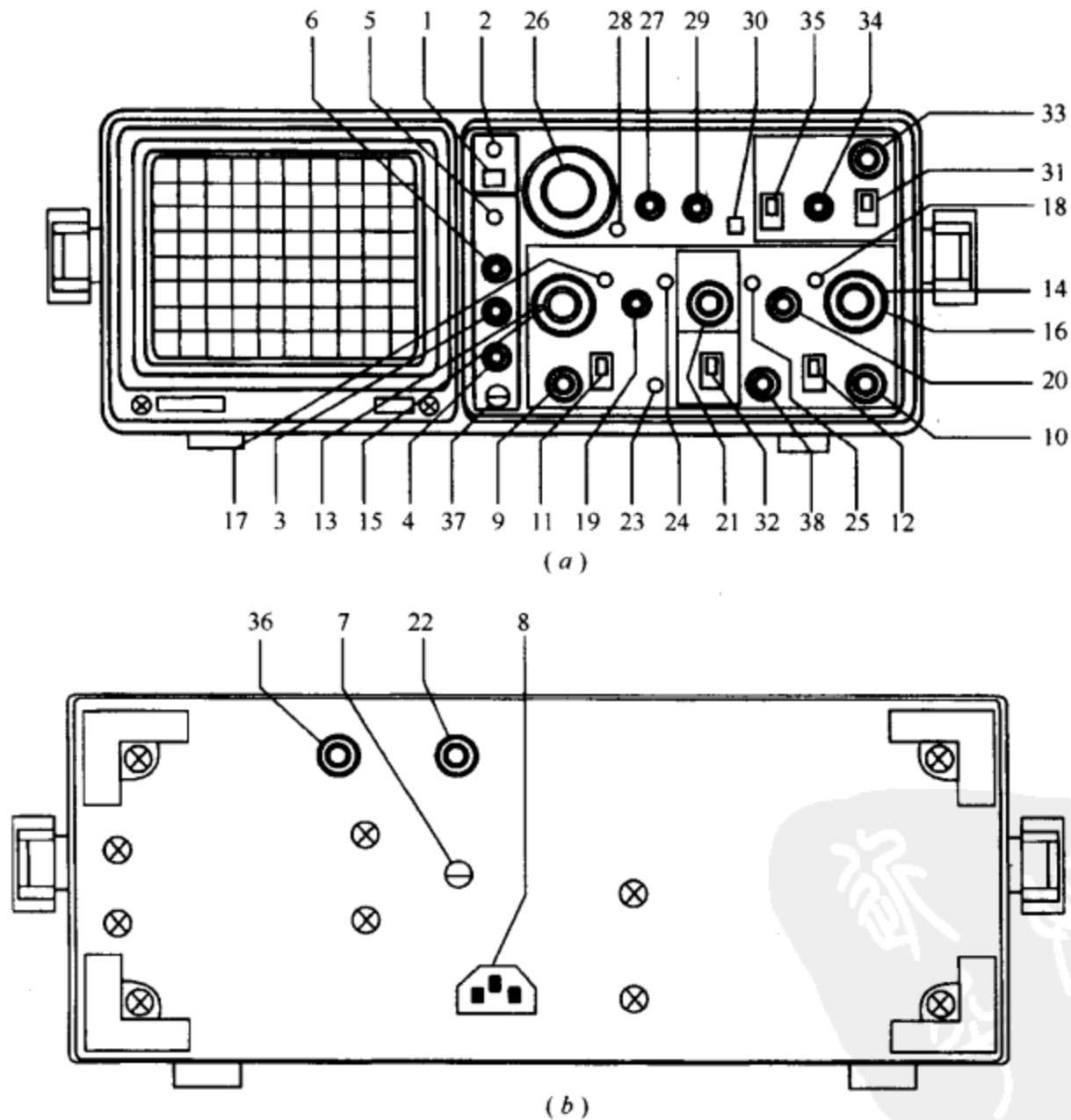


图 3-9 DC4322 通用 20M 双踪示波器前板和后板开关、旋钮位置
(a)示波器前板图;(b)示波器后板图。

示波器面板上主要有以下开关和按钮,说明如下。

(1)电源开关(POWER)。

(2)电源指示灯。

(3)聚焦控制旋钮(FOCUS)。用于调节聚焦直至扫描线最细,虽然在调节亮度时聚焦能自动调整,但有时要用手动调节以便获得最佳效果。

(4)刻度照明控制(ILLUM)。

(5)基线旋转(TRACE ROTATION)。用于调节扫描线使其和水平刻度线平行,以克服外磁场变化带来的基线倾斜,用螺丝刀调节。

(6)辉度控制(INTENSITY)。顺时针旋转。辉度增加。

(7)保险丝盒(FUSE)。内装 1A 保险丝。

(8)电源插座(AC INLET)。

(9)通道 1 输入端(Y1 INPUT)被测信号由此输入 Y1 通道,当示波器工作在 X-Y 方式时,输入到此端的信号作为 X 轴信号。

(10)通道 2 输入端(Y2 INPUT)。被测信号由此输入 Y1 通道,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)、(12)输入耦合开关(AC-GND-DC)。用以选择被测信号输入至 Y 轴放大器输入端的耦合方式。

AC:当开关拨至此位置时,只耦合交流分量,隔离输入信号的直流分量,使屏幕上显示的信号波形不受直流电平的影响。

GND:当开关拨至此位置时,输入信号接地。

DC:当开关拨至此位置时,输入信号直接加到 Y 轴放大器输入端,其中既有直流成分,又有交流成分。

(13)、(14)伏/度选择开关(VOLTS/DIV)。用于选择垂直偏转因素。可以方便地观察垂直放大器上各种幅度范围的波形,当使 10:1 输入探头时,要将屏幕显示的幅度 $\times 10$ 。

(15)、(16)微调/扩展控制开关(VAR PULL $\times 5$ GAIN)。当此旋钮被拉出时,垂直系统的增益扩展 5 倍。

(17)、(18)不校准灯(UNCAL)。灯亮表示微调旋钮没有处在校准位置。

(19)位移/直流偏置(PPOSITION)(PULL DC OFFSET)。位移用于屏幕上 Y1 信号垂直方向上的位移,顺时针旋转扫描线上移。

(20)位移/拉一倒相(PPOSITION)(PULL INVERT)。位移用于调节屏幕上 Y2 信号垂直方向的移。拉出旋钮,输入到 Y2 的信号极性被倒相,当仪器处于 Y1+Y2 工作方式时,利用该功能可得到 Y3-Y2 的信号差。

(21)工作方式开关(MODE)。用于选择垂直偏转系统的工作方式。

Y1:只有加到 Y1 通道的信号能显示。

Y2:只有加到 Y2 通道的信号能显示。

交替(ALT):加到 Y1 和 Y2 通道的信号能交替显示在屏幕上,这个工作方式通常用于观察加在两个通道上信号频率较高的情况。

断续(CHOP):在这个工作方式时,加到 Y1 和 Y2 的信号受约 250kHz 自激振荡电子开关的控制,同时显示在屏幕上,这个方式用于观察两通道信号频率较低的情况。

相加(ADD):显示加到 Y1、Y2 信号的代数和。

(22)Y1 输出插口(Y1 OUTPUT)。输出 Y1 信号的取样信号。

(23)直流偏置电压输出插口(DC OFFSET VOLT OUT)。当仪器置于直流偏置方式时,在此插口配接数字万用表,可以直接读出被测量的电压值。

(24)、(25)直流平衡调节控制(DC BAL)。直流平衡调节控制,用于直流平衡调节。

(26)扫描时间选择开关(TIME/DIV)。用于选择扫描时间因素,从 $0.2\mu\text{s}\sim 0.2\text{s}/\text{div}$,共 19 挡。

(27)扫描微调(SWP VAR)。此开关在校准位置时,扫描因素从 TIME/DIV 读出,当此开关不在校准位置时,可连续微调扫描因素,反时针旋转到底时扫描因素扩大 2.5 倍以上。此开关平时应位于校正位置。

(28)扫描不校正灯(SWP UNCAL)。灯亮表示扫描因素不在校正位置。

(29)位移/扩展(POSITION/PULL $\times 10$ MAG)。未拉出时用于水平移动扫描线,拉出后将扫描扩展 10 倍。

(30)Y1 交替扩展(Y1 ALT MAG)。通道 1 的输入信号能以 $\times 1$ (常态)和 $\times 10$ (扩展)两种扫描方式上下交替显示。

(31)触发源选择开关(SOURCE)。用于选择扫描触发信号源。

内(INT):取加到 Y1 或 Y2 的信号作为触发源,平时应置于此位置。

电源(LINE):取交流电源信号作为触发源。

外(EXT):取加到外触发输入端的信号作为触发源,多用于特殊信号的触发。

(32)内触发选择开关(INT TRIG)。本开关是用于选择不同的内触发源。

Y1:取加到 Y1 的信号作为触发信号。

Y2:取加到 Y2 的信号作为触发信号。

组合方式(VERT MODE):用于同时观察两个波形,同步触发信号交替取自 Y1 和 Y2。

重点提示 两个波形的同步观察。当 Y1 和 Y2 通道和两个信号具有相同频率、整数倍频率或时间差时,内触发选择开关(第 32 开关)可以任意选 Y1 或 Y2 作为基准信号。当 Y1 和 Y2 通道的两个信号频率不同且不成整数倍时,内触发选择开关应置于组合方式,这样同步触发信号交替选择,使每个通道都能稳定触发。当微调旋钮(第 15 旋钮、第 16 旋钮)被拉出时(置扩展 $\times 5$ 方式),内触发不宜采用组合方式。

(33)外触发输入插座(TRIG IN)。用于外触发信号的输入。

(34)触发电平控制(LEVEL)。按进去为正极性触发(常用),拉出来为负极性触发。

(35)触发方式选择(TRIG MODE)。

自动(AUTO):本状态下,仪器在有触发信号时,同正常的触发扫描,波形可稳定显示,在无信号输入时,可显示扫描线。

常态(NORM):有触发信号时才产生扫描,在没有信号和非同步状态下,没有扫描线。当信号频率很低(25Hz 以下)影响同步时,宜采用本触发方式。

电视场(TV-V):用于观察电视信号中的全场信号波形。

电视行(TV-H):用于观察电视信号中的行信号波形。

电视场、电视行触发仅适用于负同步信号的电视信号。

(36)外增辉输入(EXT BLANKING)。辉度调节信号输入端,与机内直流耦合,加入