

实验 1 常用电子仪器的使用

一、实验目的

1. 了解数字万用表的基本原理以及性能指标；掌握数字万用表的测量和读数方法。
2. 了解直流稳压电源的基本原理及其性能指标；掌握直流稳压电源的基本使用方法。
3. 了解数字示波器的基本原理及其性能指标；掌握示波器面板旋钮的正确使用；掌握用示波器定量测量周期信号的方法。
4. 了解函数发生器的基本原理及其性能指标；掌握函数发生器的正确使用方法。
5. 了解晶体管毫伏表的基本原理及其性能指标；掌握晶体管毫伏表的正确使用和读数方法。

二、预习要求

1. 观看中国大学 MOOC“电子技术实验基础（一：电路分析）”中“实验一 常用电子测量仪器的使用”中的所有视频。网址：<http://www.icourse163.org/course/UESTC-1001551010>。
2. 示波器可以测试什么样的信号？其频响范围是多少？
3. 函数发生器可以输出哪些波形？其频响范围是多少？函数发生器能够输出直流电压吗，能输出含有直流分量的交流信号吗？
4. 晶体管毫伏表可以测量什么样的信号，其测试的结果是有效值还是振幅？晶体管毫伏表的频响范围是多少？
5. 万用表交流挡的频率响应范围是多少？适不适合测量函数发生器所输出的交流信号？数字万用表能测量函数发生器输出的直流分量吗？
6. 直流稳压电源在稳压输出时，电流调节旋钮应该如何操作？



三、实验设备及元器件准备

1. UT330 型数字万用表一台。
2. YB1731 型直流稳压电源一台。
3. GDS1152A 型数字示波器一台。
4. EE1641B1 型函数发生器一台。
5. CA217XA 型晶体管毫伏表一台。

四、实验原理

（一）数字万用表

1. 数字万用表的原理框图简介

数字万用表测量的基本量是直流电压，由核心电路 A/D 转换器、计数器、显示电路等组成，其他量的测量则由相关电路转换成直流电压后再作测量。其基本原理结构框图如图 1-1 所示。

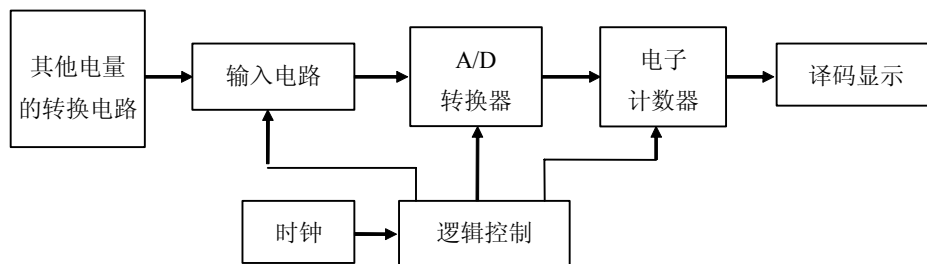


图 1-1 数字万用表原理框图

2. 数字万用表 UT330 面板简介

①液晶显示屏：最大显示值 1999，按所选测试项自动显示单位及极性。

② 电源关断挡。

③量程转换开关，包含有直流电压测量、交流电压测量、直流电流测量、电阻测量电路通断测量。

④测试插孔，有 1 个公共插孔（COM）、1 个电压、电阻等通用测试插孔及两个电流测试插孔 10A 级和 mA 级。

⑤UT330 的数据保持开关，测试过程中，按下此按钮，仪表的显示随即保持测量结果，再按一下，则保持的数据自动解锁，显示当前的测量结果。

⑥UT330 的显示背景灯，可以确保在光线不佳的场所进行读数。



图 1-2 UT330 数字万用表面板图

3. 数字万用表 UT330 的基本使用方法

(1) 表笔线的连接方法

黑色表笔线始终插在“COM”插孔。除测试 10A 量级的大电流时，红色表笔线接最右端标注 10A 的插孔，其它的测量红表笔均接在中间插孔中。

(2) 量程转换开关的用法

量程转换开关至于相应的量程范围内。如测试直流电压时，应将量程至于直流电压范围，且越接近实际值，其测量值精度越高；测量大小不知的情况下应从最大量程测起，依据读书，逐步切换至最佳量程。要注意的是，如果测量值大于量程，则万用表显示溢出标志“OL”。

(3) 读数的方法

万用表均为直接读数，该数值的单位取决于量程的单位。举例说明：测试电阻时，若量程至于 200 欧姆挡，此时万用表的读数为 21.5，表明被测电阻的大小为 21.5Ω；若量程至于 200k 欧姆挡，此时读书为 21.5，表明被测电阻的大小为 21.5kΩ。

在任何测量情况下，当按下 HOLD 键时，仪表显示随即保持测量结果，再按一次时，保持结果被解除，显示当前的测量结果。

（二）直流稳压电源

1. 直流稳压电压的原理框图

YB1731 型直流稳压电源，其任务是提供幅值稳定的直流电压（通常为几 V 或几十 V），同时提供一定的直流电流（通常为几 A）。其内部的基本构成如图 1-3 所示。

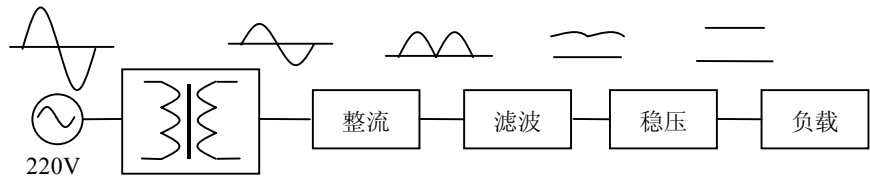


图 1-3 直流稳压电源组成框图

2. YB1731 直流稳压电压的主要性能指标

- （1）输出直流电压值：0~30V 连续可调，固定输出 5V。
- （2）输出电流：0~2A。
- （3）纹波及噪声：1mVrms (C.V)，1mA_{rms} (C.C)。
- （4）输出调节分辨率：20mV (C.V)，30mA (C.C)。

3. YB1731 直流稳压电压的使用方法

直流稳压电源的面板如图 1-4 所示。该电源总共有三组输出端钮，如图中所示的 CH1 和 CH2 是稳压稳流输出端口，其中标注“+”的端钮表电源正极，标注“-”的端钮表电源负极；该端口输出的电压电流值可以通过对应的上方“电压调节”和“电流调节”旋钮调节输出大小。而 CH3 输出为固定的 5V 稳压输出端口。



图 1-4 YB1731 直流稳压电源的面板图

- （1）按下①橘红色按键，打开电源开关。
- （2）当直流稳压电源稳压输出时，须将对应通道的“电流调节”旋钮右旋到底，即电流调节到最大，确保电压源的带载能力最强。稳压输出的指示状态是“C.V”灯亮。然后调

节“电压调节”旋钮，直至上方液晶显示为所需的数值。

(3) 关掉电源，连接电源接线柱，高电位接“+”接线柱，低电位（一般情况下指地端）接“-”接线柱。

(4) 检查接线良好后；再次打开电源，查看电压输出是否正确。

(5) 若需要更大的电压输出或则更强的带载能力，按下面板中间的“组合”按键，此时 CH1 和 CH2 的工作模式是主从工作模式，其中 CH1 为主电源，其“电压调节”和“电流调节”旋钮同时控制两组输出。若选择组合串联，则输出电压的范围可以扩展至 60V；若选用并联模式，输出的最大电流可以扩展至 4A。

(三) 数字示波器

示波器从字面意思可以理解为显示波形的仪器，一般情况下显示时域波形。即示波器的屏幕上，横轴表示的是时间，纵轴则是被测信号电压，示波器上的波形反映的就是被测信号电压随时间变化的轨迹。

1. 数字示波器的原理框图

数字示波器首先将被测信号抽样和量化，变为二进制信号存贮起来，再从存贮器中取出信号的离散值，通过算法将离散的被测信号以连续的形式在屏幕上显示出来。

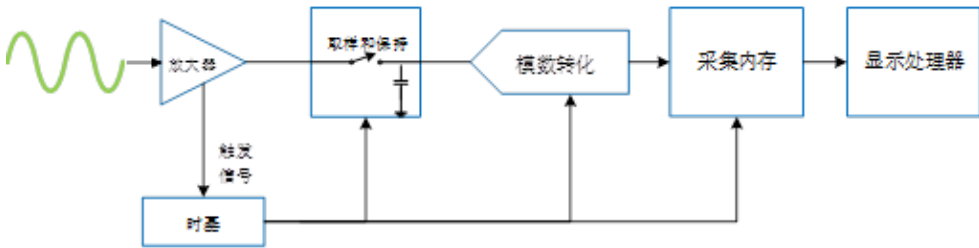


图 1-5 数字存储示波器的原理框图

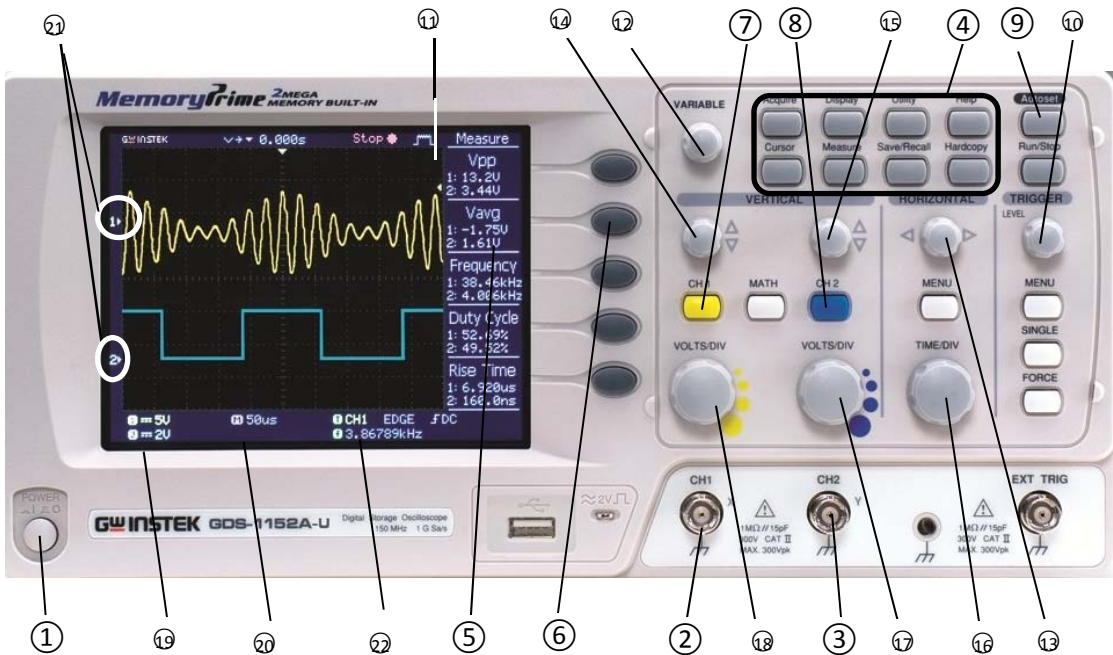


图 1-6 GDS1152A 型数字示波器的面板

2. GDS1152A 型数字示波器的性能指标

- (1) 带宽：DC-70MHz。
- (2) 采样率：1GS/s。
- (3) 双通道，2mV~10V 垂直档位，1ns ~ 50s 水平档位。

3. GDS1152A 型数字示波器的面板

数字示波器首先将被测信号抽样和量化，变为二进制信号存贮起来，再从存贮器中取出信号的离散值，通过算法将离散的被测信号以连续的形式在屏幕上显示出来。

- (1) 按下①按键，打开电源开关，等待启动完成。
- (2) 确保②③所示 CH1 和 CH2 探头电缆是否连接好。
- (3) 选择④所示 8 个按键中的“Save/Recall”键，查看荧光屏⑤中的菜单栏，选择⑥所示软键中的第二栏为“初始设置”状态。
- (4) 连接被测信号，如图 1-7 所示探头，确保探勾接信号端钮，黑色鳄鱼夹接公共端钮；且探头端钮中的阻抗匹配拨至“×1”挡。



图 1-7 示波器连接探头图

- (5) 按⑦或⑧“channel 键”激活 CH1 或者 CH2 通道；若通道激活，则显示在屏幕左侧的通道指示灯⑨出现。若要关闭通道，则按两次 Channel 键（如果通道处于激活状态，仅按一次）。

- (6) 根据被测信号的输入通道，弹开⑦⑧所示的 CH1 或者 CH2 垂直通道菜单栏；查看荧光屏⑤中的菜单栏，选择⑥所示软键中的第一栏为“直流耦合”状态；选择⑥所示软键中的第四栏为“电压×1”匹配，如图 1-8 所示。

- (7) 选择⑨所示“Autoset”按键。可在荧光屏上观测到对应的被测波形；若此时波形不同步（观测到的现象为波形不静止显示），调节⑩所示触发电平旋钮，直至⑪示小箭头落入波形显示的电平范围内。



- (8) 选择④所示 8 个按键中的“Measure”键，查看荧光

图 1-8 CH2 垂直菜单栏

屏右侧菜单栏，可在菜单栏内读取所需要的量值。若菜单栏内列出所需的测量值，则需选择其中已列出但不需要的量值，按下该量值对应的功能键，弹出下个菜单栏；如图 1-9 所示，按第三个功能键 F3；弹出如图 1-10 所示界面；旋转⑩所示“Variable”旋钮至箭头指向所需

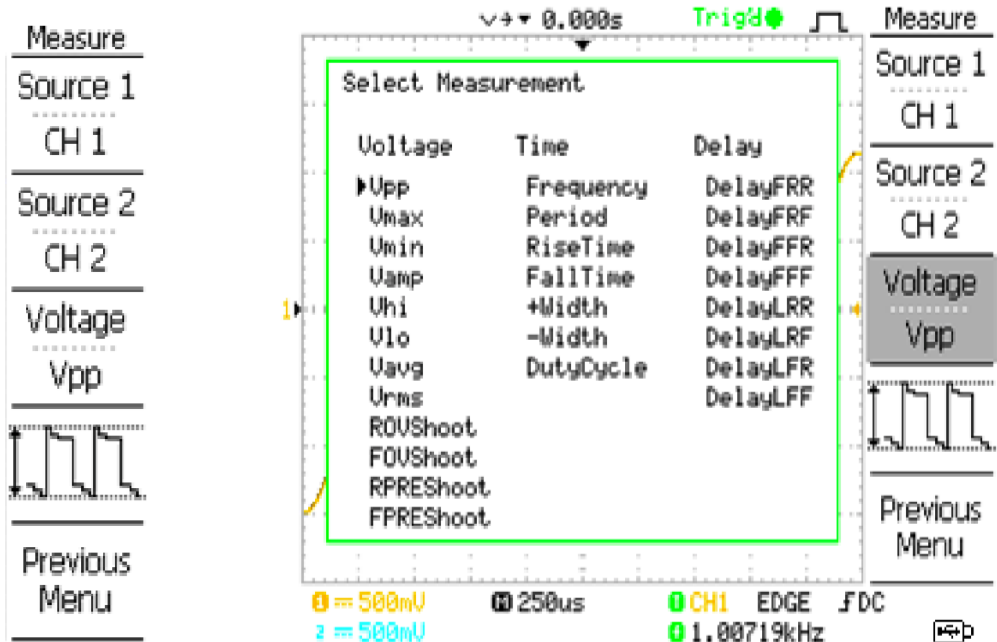


图 1-9 编辑测量变量菜单

图 1-10 自动测量变量选择界面图

的测量值；再按 F3 返回，按 F5 “Previous Menu” 保存设置并返回测量界面，便可从荧光屏右侧菜单栏内读出所需的测量值。

(9) 在测试过程中若需要调节波形在荧光屏上的位置，调节⑩所示水平位移旋钮，可以调节波形在水平方向的位置；而调节⑪⑫所示相应通道垂直位移旋钮，可以调节所对应通道波形在垂直方向的位置。

(10) 在测试过程中若想改变的波形大小，则调节⑬所示扫描速度，可以改变波形在水平方向上的大小；调节⑭⑮所示垂直灵敏度旋钮，可以改变相应通道波形在垂直方向上的大小。

(11) 若要实现手动测量，则可读出波形峰峰所占个数，以及荧光屏左下方⑯对应通道的垂直灵敏度的数值，二者相乘即可得到峰峰值；而读出波形一个周期所占的格式，以及荧光屏正下方⑰所示扫描速度的大小，将二者相乘，即可得到周期的大小。至于直流分量的大小则需先依据⑱所示小箭头的位置，确定相应的通道零电位的位置，再根据波型上移或下移的格数乘以垂直灵敏度，所得数值即直流分量的大小。

(12) 另外要特别说明的是，荧光屏右下方显示⑲显示的频率为触发信号的频率。

(四) 函数发生器

函数信号发生器是一种多波形的信号源。它能产生正弦波、方波、三角波、锯齿波及脉冲波等多种波形的信号。

EE1641 型函数信号发生器是实验室常用的一款仪器，具有连续信号、扫频信号、函数信号、脉冲信号等多种输出和计数功能。

1. EE1641B1 型函数发生器的原理框图

EE1641B1 型函数发生器的原理框图如图 1-11 所示主要由函数信号产生电路、扫描电路、宽频带直流功放电路以及点频正弦发生电路组成。其中函数信号由专用集成芯片产生。

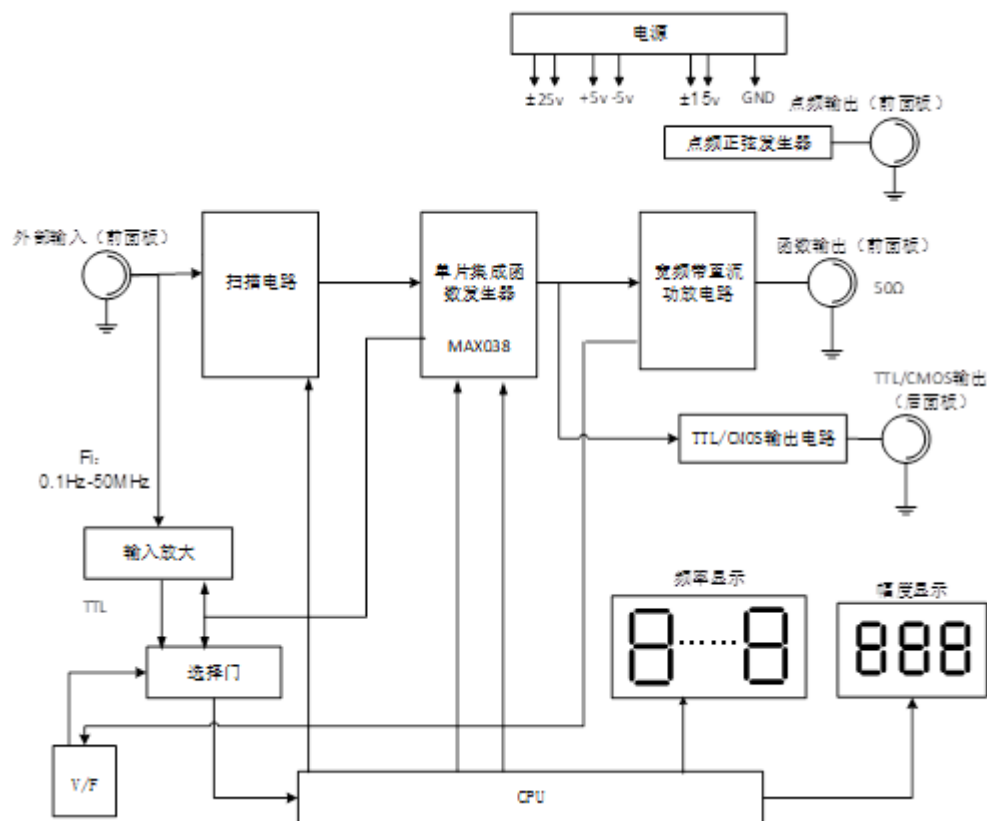


图 1-11 函数发生器的原理框图

2. EE1641B1 型函数发生器的性能指标

- (1) 输出频率：0.3Hz~3MHz，按十进制分 7 挡，每挡均以频率微调旋钮实现频率细调。
- (2) 输出阻抗：50Ω（函数输出）；600Ω（TTL 输出）。
- (3) 输出信号波形：正弦波、三角波、方波（函数对称或非对称输出）；TTL 输出方波。
- (4) 输出信号幅度。
 - ① 函数输出：不衰减时，1V_{p-p}~10V_{p-p}，10%连续可调；
衰减 20dB 时，0.1V_{p-p}~1V_{p-p}，10%连续可调；
衰减 40dB 时，10mV_{p-p}~100mV_{p-p}，10%连续可调。
 - ② TTL 输出：“0”电平，≤0.8V；“1”电平，≥1.8V。
- (5) 函数输出直流电平调节范围：关或（-5V~+5V）±10%。
- (6) 函数输出非对称性调节范围（SYM）：关（输出波形为对称波形）或 20%~80%。
- (7) 频率显示：有效位数是 5 位，显示范围是 0.2Hz~10000kHz。
- (8) 幅度显示：3 位显示位数（小数点自动定位），单位 V_{p-p} 或 mV_{p-p}（负载 50Ω）。

(9) 扫描方式：线性/对数扫描方式（内扫描方式）；由 VCF 输入信号决定（外扫描方式）。

(10) 内扫描特性：扫描时间 $10\text{ms}\sim 5\text{s}\pm 10\%$ ，扫描宽度 ≥ 1 频程。

(11) 外扫描特性：输入阻抗约 $100\text{k}\Omega$ ，输入信号幅度 $-2\text{V}<V<2\text{V}$ ，输入信号周期 $10\text{ms}\sim 5\text{s}$ 。

(12) 频率测量范围： $0.2\text{Hz}\sim 10000\text{kHz}$ 。

(13) 输入电压范围(衰减 0dB)： $50\text{mV}\sim 2\text{V}$ ($10\text{Hz}\sim 10000\text{kHz}$)， $100\text{mV}\sim 2\text{V}$ ($0.2\sim 10\text{Hz}$)。

(14) 输入阻抗： $500\text{k}\Omega/30\text{pF}$ 。

(15) 波形适应性：正弦波、方波。

(16) 滤波器截止频率：大约 100kHz 。

(17) 时基：标称频率 10MHz ，频率稳定度 $\pm 5\times 10^{-5}/\text{d}$

3. EE1641B1 型函数发生器的面板及使用方法

(1) 打开电源开关：按下①所示按键，打开电源开关。

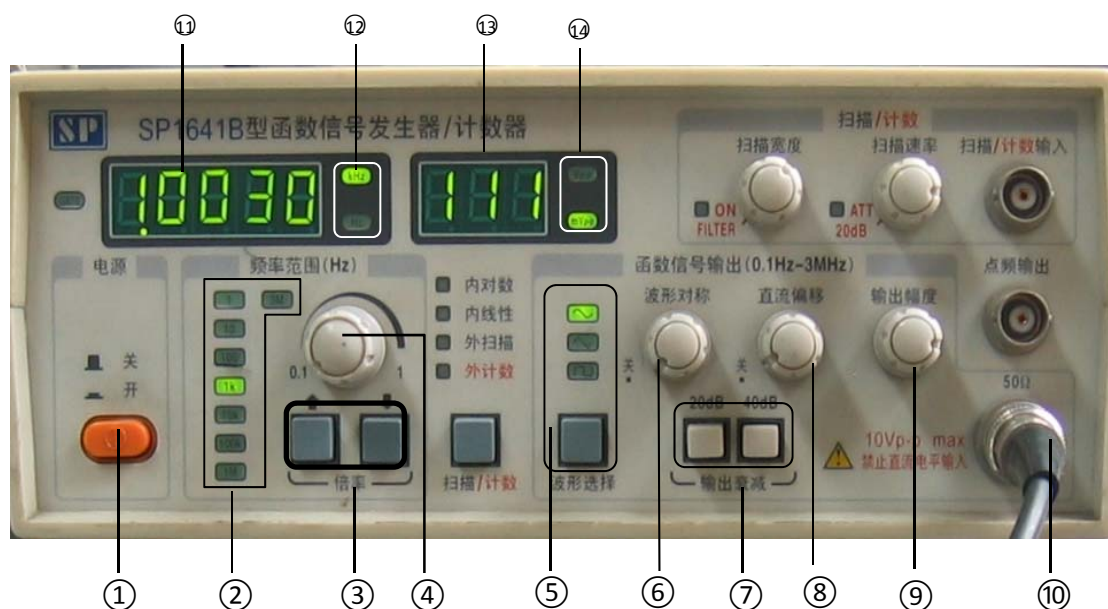


图 1-12 函数发生器的面板图

(2) 选则信号波形：按⑤所示按键，根据指示灯所对应的波形，选择要输出的信号波形。

(3) 调节信号的频率：按③所示上下两个按键，调节所需信号的频段范围，频段范围如②中点亮的指示灯下数值确定；每个频段的频率可调范围是指示灯数值的 $0.1\sim 1$ 倍之间，由④旋钮调节实现；具体的输出频率由⑩所示液晶显示给出。要注意的是，液晶显示频率在读数时是直接读数，与频段范围的数字之间没有倍乘的关系，频率的单位由⑩中被点亮的单位示出。

(4) 调节信号的幅度：调节⑨所示旋钮，可以改变输出信号的幅度，具体幅度由③液晶显示给出，单位有④被点亮的单位确定；若想要的输出幅度超出液晶显示的幅度，则可弹

出或者按下⑤中所示的两个衰减按键。要特别说明的是，该数值表示的函数发生器开路时的输出幅度，带载后的幅度需要用测量仪器进行测量。

(5) 波形对称旋钮如⑥所示，可以调节方波的占空比，或者其它波形的对称度；一般情况下，该旋钮需向右旋至锁定关闭状态。

(6) 直流偏移旋钮如⑧所示，其目的是在信号的基础上叠加直流分量，直流分量的大小可以通过该旋钮调节，具体的大小只能通过其它测量仪器测量。一般情况下，该旋钮需向右旋至锁定关闭状态。

(7) 要特别说明的是，该仪器作为函数发生功能使用时，其他显示灯不应被点亮。

(五) 晶体管毫伏表

普通万用表的工作频率很低，测量精度也有限，不适合测量无线电设备的各种频率的微弱信号。而毫伏表具有较高的灵敏度和稳定度，零点稳定，但是其高频段输入阻抗低、频带窄等特点；因此在实际中需用毫伏表来测量各种频率的微弱信号。

1. CA217XA 型晶体管毫伏表的原理框图

常用低频晶体管毫伏表是放大-检波式，工作频率范围从 20Hz~1MHz，可测信号的幅度从 100 μ V~300V。表头刻度按正弦有效值刻度。内部电路由高阻分压器、射极输出器、低阻分压器、放大器、检波器和指示器组成，其框图如图 1-13 所示。

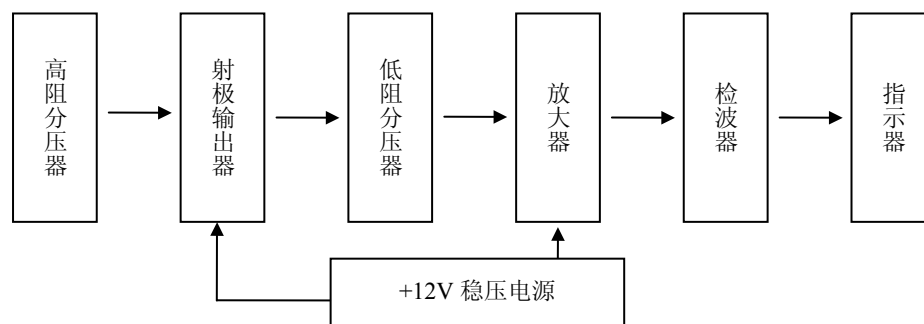


图 1-13 晶体管毫伏表原理框图

2. CA217XA 型晶体管毫伏表的主要技术指标

- (1) 测量电压范围：30 μ V~300V，共 13 个量程，1 系和 3 系量程各用一条刻度线。
- (2) 测量电平范围：-70dB~50dB (0dBV=1V, 0dBm=0.775V)。
- (3) 被测电压频率范围：10Hz~2MHz。
- (4) 固有误差： $\leq \pm 3\%$ (基准频率 1kHz)。
- (5) 输入阻抗：在 1kHz 时输入电阻大于 2M Ω ；输入电容<20pF。

3. CA217XA 型晶体管毫伏表的面板及使用方法

- (1) 打开电源：按①所示“power”按键，打开电源；此时⑦所示电源指示灯被点亮。
- (2) 连接被测信号：该仪器是双通道测量仪表，③④所示的两个端钮分别为 CH1 和 CH2 的测试端口，检查测试电缆是否连接牢靠，连接信号时应注意红色的鳄鱼夹接被测信号

端钮，黑色鳄鱼夹接公共端钮。

(3) 量程的选择：该仪器采用电子开关的量程转换方式，开机后自动位于最大量程

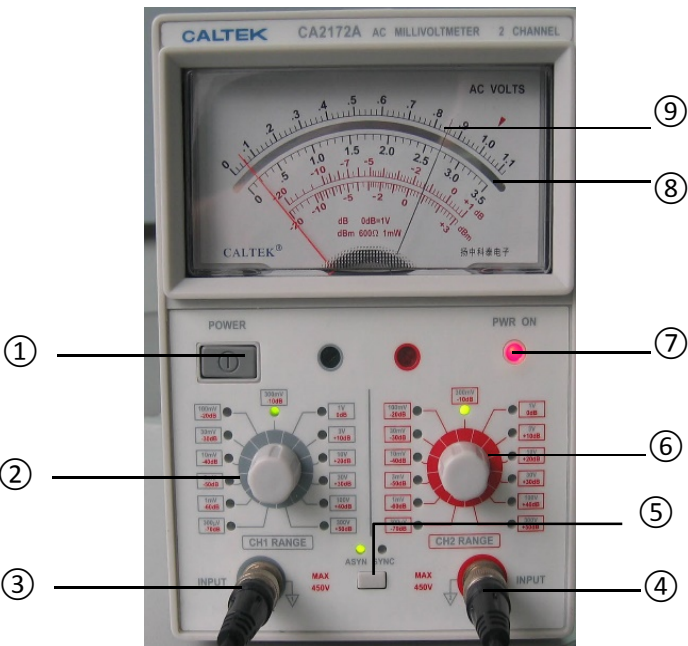


图 1-14 双通道晶体管毫伏表 CA217XA

处；因此通过调整②⑥所示量程旋钮逐渐调低量程，直至⑨所示指针 1/3 偏转以上。

(4) 读数：该仪器单表头、双指针式仪表，CH1 通道对应黑指针指示，CH2 通道对应红指针指示。若量程至于与“1”有关的参数，则应按照⑧所示表盘刻度第一排的指示来读数，该刻度等分均匀，测量值和表盘刻度之间有倍乘关系；若量程至于与“3”有关的参数，则应按照⑧所示表盘刻度第二排的指示来读数，依据遵循测量值和表盘刻度之间有倍乘关系。举例说明，若量程选择 10mV 挡，则应观测指针指向第一排的刻度，假设指向 0.7，则表明此时的测量值应为 $10\text{mV} \times 0.7$ ，即测量值为 7mV。若量程选择 300mV，则应观测指针指向表头第二排的刻度，假若此时指向 1.5，则该测量值为 $1.5 \times 100\text{mV}$ ，即 150mV。

(5) 同步异步⑤所示按键的含义，若选择同步，则 CH2 为量程为跟随模式，即 2 通道的量程由 CH1 的量程同步调节，等量程测量；反之异步指量程分别调节。

(6) 要特别说明的是，20Hz 以下或 1MHz 以上频率的交流电压不适合用该仪表测量，应采用超低频毫伏表或超高频毫伏表测量，否则将引起很大误差。

五、实验内容

1. 示波器校准信号的测量

示波器的校准信号是由示波器内部电路产生的一个占空比为 50%的方波，其目的是为了维护人员对面板的波段开关进行校准。此处测量校准信号目的是为了熟悉示波器的面板。

测试示波器的校准信号，比较 AC 和 DC 耦合下的区别，完成表 4-1-1。

表 1-1 示波器校准信号的测量

参数	测量值	波形（定量）
垂直灵敏度（volts/div）		
波峰-波谷所占格数		
峰-峰电压 U_{pp}		
直流分量 $U_{\text{直流}}$		
时间因数（sec/div）		
一个周期所占格数		
周期		

2. 函数发生器的使用以及周期信号测量

熟悉函数发生器和示波器的面板旋钮、定量地绘制波形，完成表 2-1。

表 1-2 周期信号的测量

信号	波形（定量）
正弦波（ $f=10\text{kHz}$ 、 $u_{pp}=3\text{V}$ 、 $V_{\text{直流}}=-1.5\text{V}$ ）	
三角波（ $f=5\text{kHz}$ 、 $u_{pp}=4\text{V}$ 、 $V_{\text{直流}}=1\text{V}$ ）	
方波（ $f=1\text{kHz}$ 、 $u_{pp}=3\text{V}$ 、 $V_{\text{直流}}=0\text{V}$ ）	

3. 函数发生其输出范围的测量

通过函数发生器的电压幅度旋钮以及 20dB 与 40dB 两个幅度扩展按键的使用，同学们能够从函数发生器的幅度液晶显示直观的观测到函数发生器的输出幅度范围；请用晶体管毫伏表测量函数发生器的输出幅度范围，测试条件： $f=1\text{kHz}$ 、输出为正弦波，完成下表。

表 1-3 函数发生器输出范围的测量

输出波形	输出频率		输出最大时 U_{omax}	输出最大时 U_{omin}
正弦	$f=1\text{kHz}$			

六、实验报告要求

1. 说明实验原理。
2. 整理测试数据和波形，分析测试数据与理论分析之间的误差。

七、思考题

1. 示波器在观测波形时，当垂直耦合方式置于 **AC** 耦合时，可以看到完整的波形，而置于 **DC** 耦合时，示波器显示波形却消失了，为什么？
2. 函数发生器的频率范围选择 **10k** 的指示灯亮，显示频率数值为 **1.0312**，请此时函数发生器的输出频率为多少？
3. 若要求函数发生器输出的振幅为 0.5V ，而输出幅度旋钮已经旋至最小，函数发生器显示和示波器测量幅度均大于 0.5V ，请问应该调节函数发生器的哪里，可以得到 0.5V 输出？
4. 函数发生器输出正弦波，显示输出幅度为 2.82V ，可是用晶体管毫伏表测量出的幅度为 1V ，请问测量结果正确吗？为什么？