

第一篇 模拟电子技术基础

第 1 章

验证性实验

1.1 常用电子仪器的使用练习

1. 预习要求

预习第 11 章。写出 DF4321 双踪示波器、EM1642 函数信号发生器、DF1731SL 双路直流稳压电源、EM2171 交流毫伏表、NEC 多功能计数器前面板旋钮名称、功能及作用。写出使用示波器测量波形电压和频率的方法。并阅读这些仪器的技术指标。

2. 实验目的

- (1) 学会正确使用通用电子仪器及设备。
- (2) 学会用示波器测量电压波形幅度、频率的基本方法。
- (3) 学会正确调节函数信号发生器频率、幅度的方法,熟悉 dB 按钮。
- (4) 学会正确使用交流毫伏表的方法。
- (5) 学会使用双路直流稳压电源的方法。
- (6) 了解常用电子仪器主要技术指标,学习阅读仪器说明书的方法。

3. 实验仪器及设备

(1) 双踪示波器	VD 或 DF 型	1 台
(2) 函数信号发生器	EE1642	1 台
(3) 单交流毫伏表	EM2171	1 台
(4) 直流稳压电源	DF1731SL 型	1 台
(5) 数字多用表	MH8201	1 块
(6) 测试导线		若干

4. 实验原理

在电子技术基础实验中,最常用电子仪器有直流稳压电源、测量仪及仪表、函数信号发生器、示波器等。为了正确观察被测实验电路的实验现象、测量实验数据,必须学会一些常用电子仪器的使用方法,并掌握一般电子测试技术。这是电子技术实验课的重要任务之一,电子技术实验基本框图如图 1-1 所示。

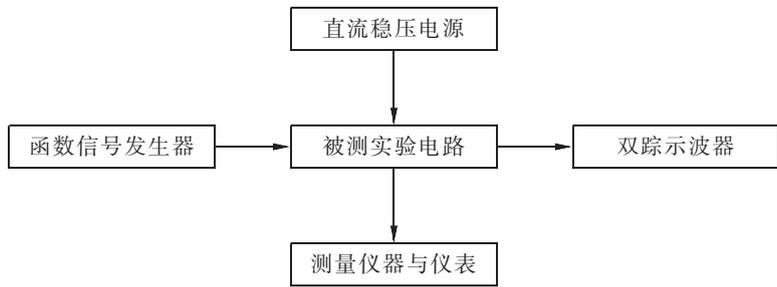


图 1-1 基本框图

1) 被测实验电路

即在“电子技术基础”或“电子线路”等课程中各种电路；实验电路可以是一个单元电路，也可以是综合设计性电路。无论何种电路都要使用一些电子仪器及设备进行测量。测量分为两种：一是静态测试，二是动态测试。通过观察实验现象和结果，从而将理论和实践结合起来。

2) 直流稳压电源

它是为被测实验电路提供能源的仪器，通常是输出电压。

3) 测量仪器及仪表

即用来测量实验电路中电阻、电压、电流、频率等参数的常用仪器。例如毫伏表、电流表、万用表、频率计等。

4) 函数信号发生器

即用来产生信号源的仪器，可以产生正弦波、三角波、方波、TTL 波等信号，输出信号（频率和幅度）均可调节，可根据被测电路的要求选择输出波形。

5) 双踪示波器

双踪示波器用来观察、测量实验电路的输入和输出信号。通过示波器可以显示电压或电流的波形，可以测量频率、周期及其他有关参数。

5. 实验内容及步骤

1) 双踪示波器的使用

熟悉示波器面板上各旋钮的名称及功能，掌握正确使用各旋钮应处的位置。

(1) 示波器的检查与校准：

对照 VD 或 DF 型双踪示波器，前面板各旋钮的作用详见仪器使用。

首先，接通电源，检查示波器的亮度、聚焦、位移各旋钮的作用是否正常，并将它们调至合适的位置，使示波器显示扫描线。

其次，用示波器的校准信号检查示波器的 Y 轴（包括 CH1 和 CH2 通道）灵敏度 V/div 及 X 轴扫描时间 t/div 是否正确。校正信号的幅度 $V_{p-p}=0.5V$ ，频率 $f=1kHz$ 。

检查时先将接线 CH1 通道 INPUT(输入)旋钮调到 CAL 0.5V 位置,调节 V/div 旋钮和 t/div 旋钮使校准信号的正方波位于通道屏幕中央,同时将 V/div 和 t/div 的套轴旋钮微调慢旋到校准位置,即顺时针旋到底。此时即是测得的校准信号。

例: 示波器的 Y 轴灵敏度开关 V/div 位于 0.1 档级,其“微调”位于“校准”位置时,如果被测波形占 Y 轴的坐标幅度 D 为 5div,则此信号电压(V_{P-P})为

$$V = V/\text{div} \times D(\text{div}) = 0.1 \times 5 = 0.5\text{V} \quad (1-1)$$

如果经探头测量时,示波器上的作用开关位置不变,显示波形的幅度 D 仍为 5div,应该把探头衰减 10 倍的因素考虑在内,因此被测电压为 5V。

$$V = V/\text{div} \times D(\text{div}) \times 10 \quad (1-2)$$

(2) 检查 CH1 通道 Y 轴灵敏度及 X 轴扫描时间:

示波器的触发源选用 CH1,校正信号输入 CH1 通道的 INPUT 项,工作方式选择开关(MODE)置于 CH1,调节有关旋钮,使屏幕上显示稳定的波形。

① 零电平校准。

将输入耦合开关置 GND 位置,调节该路的垂直位移旋钮(POSITION),使扫描线位于显示屏的中心位置,该位置即作为零电平“基线”。

② 测直流耦合波形。

将耦合开关置 DC 位置,测 CH1 通道 INPUT 的 Y 轴输入为 DC 耦合波形,并将测量波形、数据填入表 1-1 第 1 行中。

表 1-1 用示波器内部校正信号检查示波器数据

序号	扫描旋钮位置	波形 X 方向格数	仪器显示周期 T	误差	Y 轴灵敏度旋钮位置 V/div	示波器显示幅度	波形
1	DC						
	AC						
2	DC						
	AC						

误差计算公式: $Y_T = \frac{T - T_1}{T} \times 100\%$ 。

示波器显示幅度: $Y_V = \frac{V_{P-P} - V'_{P-P}}{V_{P-P}} \times 100\%$ 。

③ 测交流耦合波形。

将耦合开关置 AC 位置,测 CH1 通道 INPUT 的 Y 轴输入为 AC 耦合的波形,并将测量波形、数据填入表 1-1 第 2 行中。注意交流耦合与直流耦合波形有何不同。

(3) 检查 CH2 通道:

校正信号输入 Y 轴 CH2 通道,方法同上。数据填入表 1-1 中。

(4) 检查双踪工作方式:

MODE 开关置于 ALT 位置,INTTRIG 开关置于 BRTMODE 位置,校正信号分别经 DC 耦合接入 H1 及 CH2 两通道,分别调节 CH1 和 CH2 通道的垂直位移旋钮(POSITION),使 Y1 路和 Y2 路的波形分别显示在屏幕中心线的上方和下方,观察并记录波形。

(5) 检查波形相加工作方式:

MODE 开关置于 ADD 位置,信号同样经 DC 耦合接入 H1 和 CH2 通道,测试并记录 CH2 通道的波形。

2) 用示波器测量电压

(1) 选定示波器的基线在屏幕的位置为参考点。将直流稳压电源调到 5V,并将示波器的 CH1 或 CH2 输入通道与电源 +5V 相接。按公式(1-1)的方法测量、计算。

(2) 将函数信号发生器的频率调到 1kHz,输出幅度调到最大,输出衰减为 0dB(常态),用示波器测信号发生器的输出电压的峰值(用 V_{p-p} 表示)。按公式(1-1)的方法测量、计算。

(3) 依次改变信号发生器的输出衰减为 20dB、40dB,记下相应的 Y 轴灵敏度选择开关 V/div 所在档位及屏幕上波形峰到峰的高度,并计算信号发生器的输出电压的 V_{p-p} 及 V 值(有效值)。

注意: 示波器的灵敏度“微调”旋钮顺时针旋至校准位置,此时灵敏度选择开关 V/div 的刻度值为在屏幕上纵向每格表示的电压伏特数。这样就能根据显示波形高度所占的格数直接读出电压值。为了保证测量准确,在屏幕上应显示足够高的波形,为此应将灵敏度选择开关置于合适档位上。使用示波器探头时,应该考虑探头是否有 10:1 的衰减。

用示波器测量电压时,首先应会使用直流稳压电源和函数信号发生器。

3) EM1644 或 EE1642B 型函数信号发生器

参阅仪器一章函数信号发生器的技术指标及功能部分。函数信号发生器主要产生正弦波、方波、三角波、TTL 波形。

(1) 信号发生器输出幅度检查:

将信号发生器的输出幅度衰减置于“0dB”,“输出频率”调到 $f=1\text{kHz}$,调整信号源“输出幅度旋钮”;用 EM171 晶体单交流毫伏表测量信号发生器的输出电压为 5V、7V、7.8V 值。

(2) 信号发生器“输出衰减”的检查:

要求信号发生器的“输出衰减”位置分别为 0dB、20dB、40dB。20dB 和 40dB 等位置分别记录用交流毫伏表测量的电压值,并说明 dB 的作用。

注意: 选择交流毫伏表量程时,应从大到小慢慢旋转定好待测电压的量程。用完将量程置于最大挡 300V 上,避免指针来回摆动过大。不要用小量程测量大电压,以免损坏毫伏表。

使用函数信号发生器时先调节“输出电压”旋钮到最小,定好 dB 开关再右旋慢调,在毫伏表读出所测电压值。

4) 电子仪器使用练习

(1) 用万用表测量直流稳压电源电压,接通直流稳压电源并调节或选择直流电压

$\pm 5\text{V}$ 、 $\pm 12\text{V}$ 、 $\pm 24\text{V}$ ；可用万用表的直流电压挡测量，注意表量程选择。

(2) 用单交流毫伏表测函数信号发生器输出的正弦波电压有效值。

函数信号发生器输出频率调至 1kHz ，改变不同 dB 按钮，测输出有效电压值。

① 函数信号发生器 dB 不衰减(常态)，输出旋钮右旋调至最大位置，测量输出电压有效值。

② 函数信号发生器按下 20dB 按钮，输出旋钮右旋调至最大位置，测量输出电压有效值。

③ 函数信号发生器按下 40dB 按钮，输出旋钮右旋调至最大位置，测量输出电压有效值。

④ 函数信号发生器按下 20dB 、 40dB 按钮，输出旋钮右旋调至最大位置，测量输出电压有效值。

⑤ 适当调节函数信号发生器输出电压旋钮及 dB 按钮，此时测量正弦波电压有效值为 10mV 。

(3) 用示波器观测函数信号发生器输出波形。

① 当 $f=1\text{kHz}$ 、 $V=7.8\text{V}$ 左右时记录正弦波波形。

② 当 $f=1\text{kHz}$ ，信号发生器不衰减，输出调最大，此时记录三角波波形。用示波器测量波形最大输出幅度。

③ 条件同②，此时记录方波波形，测方波输出幅度及宽度。

④ 用示波器测量正弦波幅值 $V_{\text{P-P}}$ 值和频率。详见仪器示波器使用方法。同学自己观测。

⑤ 用示波器测信号发生器 TTL 波。示波器 Y 轴 CH1 接信号发生器 TTL 端 ($f=1\text{kHz}$) 测量 TTL 输出信号的高低电平，用直流电压表测量。

通过以上测量主要熟悉示波器、信号发生器及交流毫伏表各旋钮作用及测量方法。

6. 实验思考题

(1) 整理测量数据画出实验波形。

(2) 示波器 V/div 旋钮有何作用？

(3) 示波器 t/div 旋钮有何作用？

(4) 使用交流毫伏表测量电压时应注意哪些？

(5) 示波器 ALI 和 CHOP 挡的作用及区别如何？

(6) 如何用示波器测量正弦波电压的 $V_{\text{P-P}}$ 值？写测试步骤。

(7) 用示波器测量正弦波幅值和用交流毫伏表测量正弦波电压有何不同。分析两者测量电压误差原因。

(8) 如何在示波器同时观察频率较高的被测波形？

(9) 使用函数信号发生器注意事项。

(10) 如何在示波器上同时显示两种清晰的信号?

(11) 在使用交流毫伏表测量电压时,量程开关一般先置于哪个档? 然后根据被测电压大小再逐一减小到小量程挡进行测量,这种说法正确吗?

1.2 晶体管参数测试与应用

1. 预习要求

掌握二极管、三极管主要参数,画出本节实验电路波形,复习晶体管示波器原理。画出NPN晶体管放大特性曲线。

2. 实验目的

- (1) 认识模拟电路实验系统板上元件,掌握元件性能。
- (2) 对典型二极管、三极管应用电路进行测试。
- (3) 对晶体管放大特性曲线及 β 值进行测量。

3. 实验仪器及设备

- | | |
|--------------|----|
| (1) 双踪示波器 | 1台 |
| (2) 函数信号发生器 | 1台 |
| (3) 直流稳压电源 | 1台 |
| (4) 数字多用表 | 1块 |
| (5) 模拟电路实验系统 | 1台 |
| (6) 连接导线 | 若干 |

4. 实验原理

1) 晶体管示波器原理

晶体管示波器是显示半导体特性的常用仪器,是示波器功能的扩展,其工作原理与示波器相似。其原理框图如图1-2所示。

原理叙述如下:

利用示波器X-Y显示功能,Y轴输入电压与电阻 R_e 两端电压 V_E 成正比, $V_E = I_E R_e \approx I_C R_e$ 。所以Y轴输入电压与 I_C 成正比。X轴输入则是三极管发射极和集电极之间电压 V_{CE} ,这样就使X轴输入电压与三极管的 V_{CE} 成正比。

被测三极管基极输入的是一个阶梯波信号,集电极加的是扫描信号,此扫描信号可以是单相正弦波(集电极扫描信号 V_X)。基极阶梯信号 I_B 和电压 V_E 之间关系如图1-3所示。可见每个集电极扫描电压周期里, I_B 是相同的,示波器电子束在屏幕上由左到右

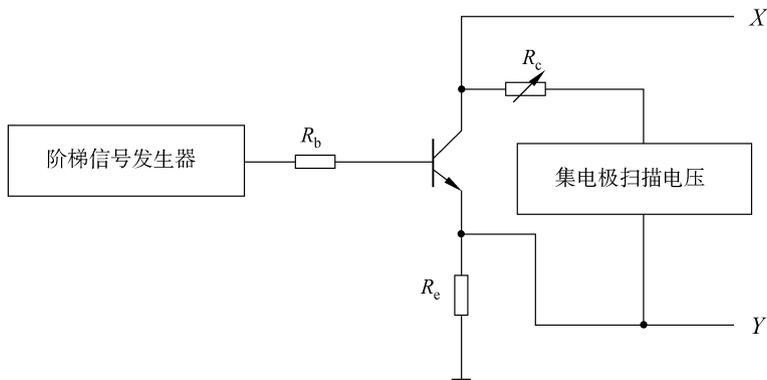


图 1-2 晶体管图示仪原理图

扫描一遍, 荧光屏上可以显示出特性曲线。由于 I_B 是一个阶梯信号, 当扫描信号频率足够高时, 可以在荧光屏上显示出一组曲线, 并且改变阶梯信号的阶数, 可以使输出特性曲线随参量变化。

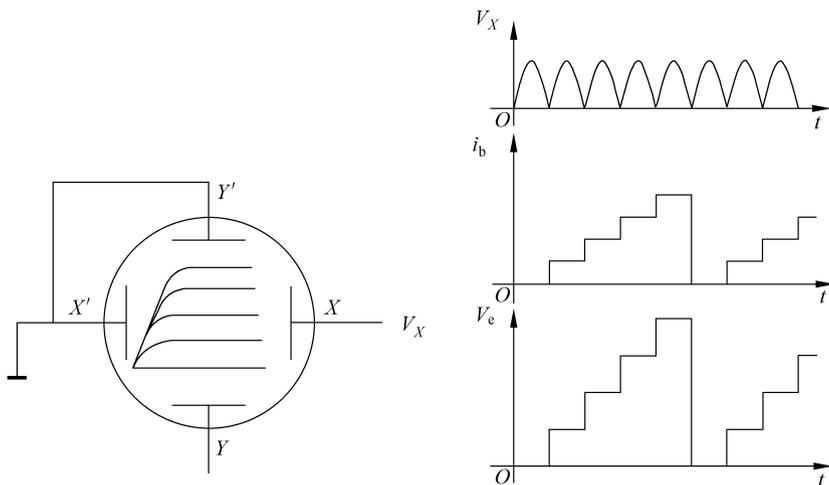


图 1-3 图示仪波形示意图

例: 测量晶体管 9011 的共发射极输出特性曲线及其参数
测量步骤如下:

- (1) 调整好 $\pm 12\text{V}$ 电压, 将 $V_{CE}(\text{V}/V_X)$ 即 X 轴接示波 X 轴。
- (2) 将 $I_C(10\text{mA}/V_Y)$ 即 Y 轴接示波 Y 轴。

(3) 根据被测管子类型和需要测量的特性参数, 适当调节被测管集电极电源, 调节 Y 轴、X 轴偏转电流/度及电压/度, 调节阶梯信号, 适当调节阶梯电流, 示波屏幕上显示出三极管放大特性曲线, 如图 1-4 所示。

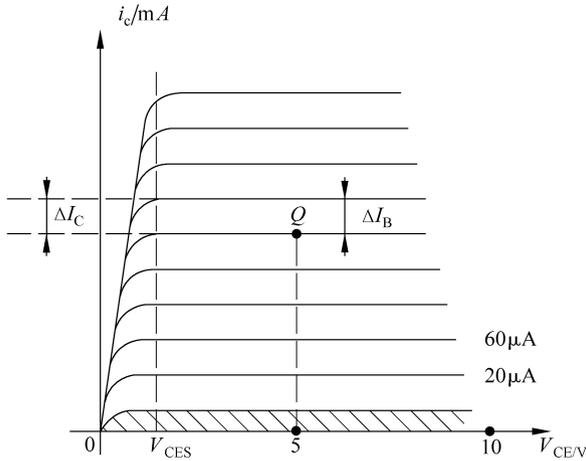


图 1-4 晶体管输出特性曲线

(4) 将示波器的 t/div 旋扭转到 $X-Y$ 外接位置。

(5) 测量该三极管的 β 值。

① 测量点 Q 处的直流电流放大倍数 ($I_{CQ} = 5\text{V}$)。

$$\bar{\beta} = h_{FE} = \frac{I_{CQ}}{I_{BQ}} = \frac{1\text{mA}/\text{度} \times 5\text{度}}{20\mu\text{A}/\text{级} \times 5\text{级}} = 50$$

② 测量点 Q 处的交流电流放大倍数。

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{1\text{mA}/\text{度} \times 1\text{度}}{20\mu\text{A}/\text{级} \times 1\text{级}} = 50$$

一般情况下,晶体管的直流放大倍数 $\bar{\beta}$ 与交流放大倍数 β 并不完全相等,只是由于测量 $\bar{\beta}$ 比测量 β 容易,所以在不太严格的情况下,可以用 $\bar{\beta}$ 代替 β 。

③ 饱和压降:由图 1-4 可见,该晶体管的饱和压降 $V_{CES} = 0.8\text{V}$ 。

2) 二极管主要特点

二极管主要特点是单向导电性。

3) 三极管交流电流放大系数 (β_{AC})

三极管在有信号输入时,集电极电流的变化量 ΔI_C 与基极电流 ΔI_B 的变化量之比,即 $\beta = \Delta I_C / \Delta I_B$ 。

4) 三极管直流电流放大系数 (β_{DC})

三极管直流电流放大系数 $\bar{\beta}$ 是集电极直流电流与基极直流电流之比,即 $\bar{\beta} = I_{CQ} / I_{BQ}$ 。

5. 实验内容与步骤

1) 晶体管输出特性曲线的测量

(1) 阅读原理说明,使用模拟电路实验系统。