



南昌理工學院
Nanchang Institute of Technology

电子与信息学院

电气测量技术 实验指导书

目 录

《电气测量技术》课程实验报告（一）	1
《电气测量技术》课程实验报告（二）	5
《电气测量技术》课程实验报告（三）	9
《电气测量技术》课程实验报告（四）	13

《电气测量技术》课程实验报告(一)

[一、实验名称]

模拟万用表和数字万用表的使用

[二、实验目的]

- 1、熟悉色码电阻的标称值表示方法。
- 2、掌握模拟万用表和数字万用表的使用方法。
- 3、学会用万用表测量电阻的过程及测量数据的记录和分析。
- 4、学会用万用表测量直流电压的过程。
- 5、了解用万用表测量电路直流电流的方法。
- 6、学会用万用表检验二极管的方法。
- 7、理解测量仪表有关误差的表示方法和计算。

[三、实验内容和原理]

(一) 内容

- 1、测量过程的基本知识及注意事项。
- 2、测量数据的分析和误差计算方法。
- 3、模拟万用表和数字万用表的使用方法。
- 4、有关电压测量，电流测量，电阻测量内容。

(二) 原理

1、绝对误差

绝对误差定义为被测量的测量值 x 与其真值 A_0 之差，用 Δx 表示，即

$$\Delta x = x - A_0 \quad (1-1)$$

但真值 A_0 一般是无法得到的，故用实际值 A 代替 A_0 ，这时绝对误差的表达式为

$$\Delta x = x - A \quad (1-2)$$

2、相对误差

(1) 实际相对误差

绝对误差 Δx 与实际值 A 的百分比，称为实际相对误差，用 γ_A 表示，即

$$\gamma_A = \frac{\Delta x}{A} \times 100\% \quad (1-3)$$

(2) 示值相对误差

绝对误差 Δx 与仪器测量的示值 x 的百分比, 称为示值相对误差, 用 γ_x 表示, 即

$$\gamma_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\% \quad (1-4)$$

(3) 满度相对误差

仪器量程内的最大绝对误差 Δx_m 与该量程的满度值 x_m (即该量程的上限值) 的百分比, 称为满度相对误差, 也叫做引用相对误差, 用 γ_m 表示, 它的表达式为

$$\gamma_m = \frac{\Delta x_m}{x_m} \times 100\% \quad (1-5)$$

满度相对误差多用于划分电工仪表的准确度等级。

[四、实验条件]

- 1、DT9205 型数字万用表
- 2、MF47 型模拟万用表
- 3、双路直流稳压电源
- 4、色码电阻
- 5、1N4148 型二极管

[五、实验过程]

- 1、色码电阻的标称值识别。

色码电阻用色环表示标称电阻值, 有三色环表示法和四色环表示法。本实验所用元件为三色环表示的电阻。其表示方法如下:

(1) 前两色环表示有效数字, 后一色环表示有效数字后“0”的个数, 也表示数量级。

(2) 色环颜色与数字之间的对应关系为表 1-1 所示

表 1-1 色环颜色与数字对应表

色环颜色	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	黑
表示数字	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

(3) 如有一电阻, 三色环颜色依次为黄紫红, 则其表示的标称值为 4700Ω 或 $4.7K \Omega$ 。

(4) 四色环色码电阻表示方法类似, 其有效数字为三位。

- 2、模拟万用表和数字万用表量程位置的选择。

(1) 按测量内容正确连接表棒。

黑表棒接 COM (数字表) 或负极 “—” (模拟表)

测量电压和电阻时, 红表棒接 V/ Ω 或正极 “+”。

注意测量电流时, 红表棒必须换到电流专用档 “A” 端。

(2) 按测量内容选择正确量程

万用表一般可用来测量电阻, 直流电压, 交流电压, 直流电流。

量程开关位置都有相应的符号来表示测量内容和测量显示范围。正确选择位置的原则是测量内容相附, 所测值必须小于量程范围。为了保证读数的精度 (Precision), 所选量程尽量接近所测值。在测电压和电流时, 要特别注意直流和交流的量程是不同的。

3、测量色码电阻的实际电阻值。

用数字万用表和模拟万用表分别测量各个电阻的实际电阻值, 并填入表 1-2 中。计算测量值与标称值之间的误差。

4、测量直流稳压电源的输出电压和交流电源电压, 把测量值填入表 1-3。

5、用万用表检验二极管的好坏。

二极管具有单向导电性。利用此特点, 可用测量二极管正反向电阻的方法来检验二极管的好坏。所测二极管的正向电阻应较小, 反向电阻应较大。正反向的电阻值差别越大越好。测量时注意, 选择电阻量程时, 数字表的红表棒带正电压, 接二极管的正极时为正向。而模拟表则刚好相反, 在电阻量程时, 黑表棒带正电压, 黑表棒接二极管的正极时为正向。

[六、实验结果]

表 1-2 样品电阻测量结果一览表

样品号	电阻 1	电阻 2	电阻 3	电阻 4	电阻 5
标称值	100 Ω	2000 Ω	16K	3K	10K
测量值	100.5 Ω	1996 Ω	16.12K	3.05K	10.2K
绝对误差	0.5 Ω	-4 Ω	0.12K	0.05K	0.2K
实际相对误差	0.5%	-0.2%	0.75%	1.7%	2%

表 1-3 直流稳压电源输出电压及电源电压测量结果

输出电压值	-5V	-12V	+12V	+5V	~220 V
-------	-----	------	------	-----	--------

实际测量值	-5.09V	-12.12V	+12.12V	+5.12V	~232 V
绝对误差	-0.09V	-0.12V	+0.12V	+0.12 V	~12 V

[七、实验结果分析、讨论]

本实验任意选取了 5 个不同的电阻，首先记录下其各自的标称值，为了避免产生读数误差，采用数字式万用表的电阻档对其进行阻值的测量，将测量值与标称值进行相减，从而得到各电阻的绝对误差。用绝对误差除以实际值再乘以%，就得到个电阻的实际相对误差。另外用数字万用表测量了 4 组直流电压值和交流 220V 的电源电压。

从实验数据可以看出，绝对误差只能表征测量值与实际值之间的偏离程度，而绝对误差可以表征测量的准确程度。有时尽管绝对误差比较小，但其相对误差却很大，此时的测量值会给人造成一种假象，其实该测量值是不能用的。

[八、实验结论]

本次实验我们熟悉了模拟式万用表和数字式万用表的结构和使用方法；学会了实测电阻值和交直流电压值；学会了如何检测二极管的好坏。通过这些实操进一步加深了对电气测量技术的理解，增强了实际动手能力，通过测量数据的计算更深刻地理解了电气仪表性能指标的计算和对其实际意义的理解。

《电气测量技术》课程实验报告(二)

[一、实验名称]

信号发生器的使用

[二、实验目的]

- 1、了解各种信号发生器的分类及功能
- 2、掌握函数信号发生器的功能和使用方法
- 3、掌握高频信号发生器的功能和使用方法
- 4、了解信号发生器工作特性和指标好坏的鉴别

[三、实验原理]

1、信号发生器的组成框图和基本工作原理

虽然各类信号发生器产生信号的方法及功能各有不同,但其基本的构成一般都可用图 2-1 的方框图描述。从图中可以看出,信号发生器主要由以下五部分组成:

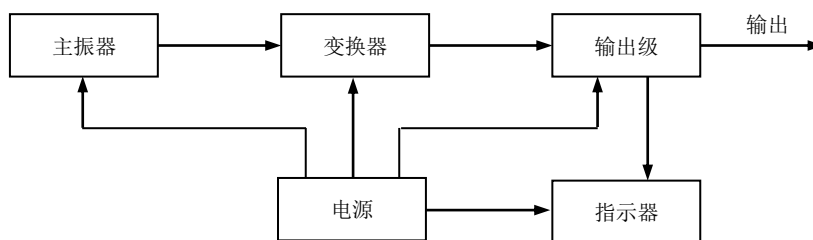


图 2-1 信号发生器的基本组成

(1) 振荡器: 它是信号发生器的核心部分, 用于产生不同频率、不同波形的电信号。

(2) 变换器: 它可以是电压放大器、功率放大器、调制器或整形电路。在一般情况下, 振荡器输出的信号都比较微弱, 需要在这部分中加以放大。

(3) 输出级: 其基本功能是调节输出信号的电压幅度、输出功率以及电路的输出阻抗, 可以是衰减器、匹配变压器和射极跟随器等电路。

(4) 指示器: 用来监视输出信号, 可以是电子电压表、功率计、频率计和调制度表等。

(5) 电源: 电源为信号发生器各部分电路提供工作电压, 通常是将 220V、50 Hz 交流电通过降压、整流滤波和稳压获得。

2、信号发生器的种类和功能

(1) 低频和超低频信号发生器：是指 1Hz~1MHz 频段，输出波形以正弦波为主，或兼有方波及其他波形。

(2) 函数信号发生器：实际上是一种多波形的信号源，它可以输出正弦波、方波、三角波、锯齿波、指数波及半正弦波等信号，以满足不同的测试需要。

(3) 高频信号发生器：是指能产生正弦信号，频率范围部分或全部覆盖 300kHz~1GHz（允许向外延伸），并且具有一种或一种以上调制或组合调制（正弦调幅、正弦调频、断续脉冲调制）的信号发生器。

(4) 脉冲信号发生器：脉冲具有脉动和冲击的含义，脉冲信号是指在短时间内出现的电压或电流变化。脉冲信号发生器可输出频率、脉冲宽度可调的正、负极性矩形脉冲。

3、信号发生器的应用

信号发生器是一种信号源，它能够产生不同频率、不同波形、不同幅度的电压、电流信号，为测试各种电子器件、电子部件和整机设备的性能参数提供所需要的电信号。

[四、实验条件]

- 1、S101 函数信号发生器
- 2、高频信号发生器
- 3、WS2118 晶体管毫伏表
- 4、DA16 超高频毫伏表
- 5、双踪示波器

[五、实验内容和实验过程]

本实验主要练习函数信号发生器和高频（RF）信号发生器的使用方法。信号发生器种类繁多，但基本操作方法大致相同。

1、阅读函数信号发生器和高频信号发生器的使用说明书，并根据说明书和学过的有关知识，分别大致画出组成框图。

2、调节各功能开关即按钮，用函数信号发生器产生符合下列要求的信号，并用毫伏表及频率计测量信号的幅度和频率，用示波器观察信号波形。把数据填入表 2-1 中。

信号 1 : 频率为 100Hz, 幅度为 0.5V (有效值, 下同) 的正弦波

信号 2 : 频率为 1KHz, 幅度为 1V 的正弦波

信号 3 : 频率为 15KHz, 幅度为 1.5V 的正弦波

信号 4 : 频率为 100KHz, 幅度为 0.5V 的正弦波

3、用函数信号发生器产生上述频率的矩形波和三角波, 用示波器观察信号波形。

4、高频信号发生器各波段输出信号最大时, 幅频特性的测量。

(1) 把高频信号发生器的输出置最大 (调节 RF AMP 旋钮顺时针到底) 产生等幅正弦电压信号。

(2) 选择第一波段, 用超高频毫伏表 3V 档量程测出第一波段的最低频率和最高频率的输出电压有效值。分别做好记录

(3) 在第一波段内均匀选取另 7 个频率点测量输出电压有效值, 并依次做好记录。

(4) 分别按上述方法测量第二, 第三波段的幅频特性。

(5) 画出三个波段输出信号的幅频特性曲线, X 轴为频率, Y 轴为输出幅度。

5、用高频信号发生器产生调幅信号

(1) 高频信号发生器一般内部附加有 1KHz 的正弦信号产生电路, 其输出作为对高频信号的内调制信号。调制方式有调幅和调频两种。如选择外加调制信号, 则该内调制信号不起作用, 需从仪器后面的外部调制信号输入端送入调制信号。

(2) 先用高频信号发生器产生 100KHz 的等幅信号, 输出幅度为 0.5V 左右, 然后选择调幅 (AM) 按钮, 使 AM 相应指示灯亮。选择内调制信号。

(3) 用示波器显示调幅信号波形。注意扫描时基选择 0.5ms/DIV。

(4) 调节仪器调制信号的幅度, 使调幅信号的调幅度为 50% 。

6、用高频信号发生器产生调频信号

(1) 先用高频信号发生器产生 100KHz 的等幅信号, 输出幅度同上, 然后选择调频 (FM) 按钮, 使 FM 相应指示灯亮。选择内调制。

(2) 用示波器观察调频信号, 扫描时基选 0.2ms/DIV。为使调频波形容易观察, 可适当加大调制信号的幅度。

[六、实验结果]

表 2-1 函数信号发生器产生的信号测量结果

信号	信号要求 频率、幅度	毫伏表测量的信号 幅度	频率计测量的信号 频率
信号 1	100Hz, 0.5V	0.49V	100Hz
信号 2	1KHz, 1V	1.01V	1.000KHz
信号 3	15KHz, 1.5V	1.49V	15.001KHz
信号 4	100KHz, 0.5V	0.50V	100.003KHz

[七、实验结果分析、讨论]

用函数信号发生器产生 4 种不同频率不同幅值的正弦波, 当用毫伏表测量其信号的幅值、用频率计来测量其信号的频率时, 所测的参数值与被测信号的量值基本相对应, 存在较小的误差。

[八、实验结论]

本次实验掌握了函数信号发生器、高频信号发生器的结构和使用方法; 对不同种类信号发生器的功能、原理进一步加深了理解。通过测量数据, 提前使用了示波器和频率计, 为后续内容的学习增加了仪器结构和使用方面的感性认识, 也奠定了良好的实践基础。

《电气测量技术》课程实验报告(三)

[一、实验名称]

示波器的使用和常用参数的测量

[二、实验目的]

- 1、了解示波器的组成框图及工作原理
- 2、掌握示波器各控制开关和旋钮的意义和功能；学会示波器的一般使用方法。
- 3、学会用示波器测量直流电压和交流电压
- 4、学会用示波器观察信号波形和测量信号频率

[三、实验原理]

1、示波器的组成框图及基本工作原理

示波器由以下基本部件组成：示波管、垂直放大器、锯齿波发生器、水平放大器、同步电路、电源等，如图 3-1 所示。

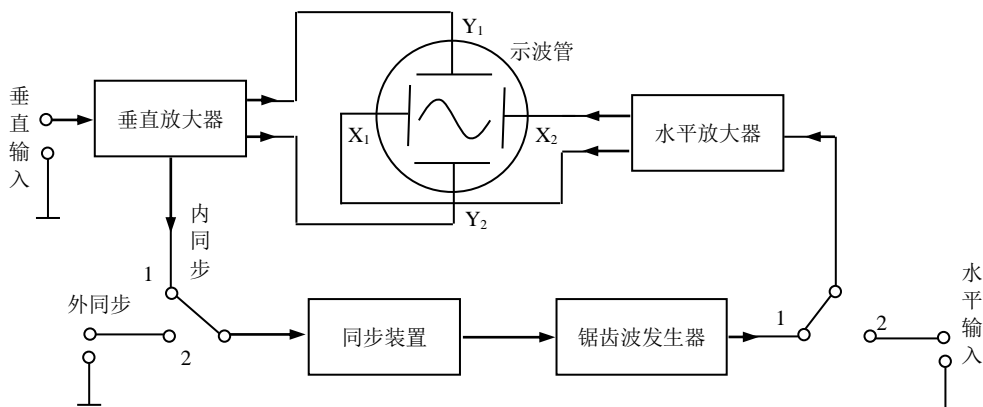


图3-1 示波器的基本组成

示波管：示波管是用于显示待测信号波形的部件，它是示波器的核心部件，其他各部分电路都是为它的工作服务的。

垂直放大器：因为被测信号一般都比较小，而加于示波管垂直偏转板 Y_1 、 Y_2 之间的信号电压需要几十伏到几百伏，所以要设置垂直放大器放大被测信号，其输出电压反相地加于示波管垂直偏转板 Y_1 、 Y_2 之间。

锯齿波发生器：它是一种产生锯齿波扫描电压的电路。

水平放大器（又叫扫描放大器）：它的作用是放大锯齿波发生器输出的幅度不大的锯齿波电压信号，以满足水平偏转的需要。

同步电路：该电路用于产生与待测信号同步的脉冲，使锯齿波扫描电压的频率与被测信号的频率严格地成整数倍关系，在荧光屏上得到稳定的被测信号波形图。

2、双路示波器主要调节机构名称及功能介绍

- 1) 电源开关 (Main Power) 按入为打开电源，弹出为关上电源。
- 2) 辉度 (Intensity) 控制光迹扫描线的亮度
- 3) 聚焦 (Focus) 控制光迹扫描线条的聚焦，使之清晰
- 4) 光迹旋转 (Trace Rotation)
- 5) 通道输入选择开关 (AC-GND-DC Switch)
- 6) Y 轴位移 (Y Position) X 轴位移 (X Position)
- 7) Y 轴量程 (Vertical Range) 与 Y 轴增益 (Vertical Gain)
- 8) X 轴量程 (Horizontal Range) X 轴细调 (X Variable)
- 9) 触发电平 (Trigger Level)
- 10) 触发源选择开关 (Trigger Source)

3、用示波器测量电压，频率的方法

(1) 测量电压

假设输入的被测信号为正弦波电压，这时示波器的 Y 轴偏转因数开关位于“1V/div”档（幅度“微调”旋钮应位于“校准”位置），如果被测正弦波在荧光屏上正峰到负峰占 Y 轴的坐标刻度为 5 div（格），则此时该正弦信号的峰峰电压 U_{pp} 为

$$U_{pp} = 1V/div \times 5div = 5V$$

由此可得该正弦信号的单峰值为 $5V/2 = 2.5V$ ，有效值为 $5V/2.83 \approx 1.77V$ 。如果被测信号经探头输入，则应将探头衰减 10 倍的因数考虑在内，上述各值应乘以 10。

(2) 测量周期和频率

假设测量上述正弦信号电压时，X 通道扫描时基因数控制开关置于“0.2ms/div”档（其“微调”旋钮应位于“校准”位置），正弦波相邻两个正峰之间占 X 轴的坐标刻度数为 4 div，由此可以计算该正弦信号的周期 T 为

$$T = 0.2 \text{ ms/div} \times 4 \text{ div} = 0.8 \text{ ms}$$

频率 f 等于周期的倒数，即 $f = 1/T = 1/0.8 \text{ ms} = 1250 \text{ Hz}$ 。

[四、实验条件]

- 1.双踪示波器
- 2.函数信号发生器
- 3.双路直流稳压电源
- 4.数字万用表
- 5.晶体管毫伏表
- 6.NF2000 数字频率计数器

[五、实验内容和实验过程]

1.用示波器测量直流电压

测量直流电压只需一个 Y 通道,选用通道 CH1,把相应开关置于 CH1 的位置,输入电缆接到 CH1 的 Y 轴插口上

- 1) 调节参考零点光迹位置。
- 2) 用示波器测量直流稳压电源输出

2. 用示波器测量交流电压

- 1) 通道选择开关置 AC 位置,用 Y 轴位移把光迹调到屏幕中央。
- 2) X 轴量程开关置 0.5mS/Div 档。
- 3) 函数信号发生器产生 1KHz 的正弦信号。
- 4) 信号发生器输出电缆接示波器 Y 轴输入电缆,调节触发电平旋钮 (Trigger),使示波器显示波形稳定。

3. 用示波器测量交流信号频率

1) 把函数信号发生器输出电压调到 100mV。产生表 3-1 所列信号频率的正弦信号。

- 2) 示波器 Y 轴量程开关置 50mV/Div 。
- 3) 用频率计数器和示波器分别测量以上信号的频率。

4) 注意用示波器测量时,选择的 X 轴量程应和信号周期相当,一般为信号频率的 1/2—1/3。同时应调节触发电平 (Trigger) 旋钮,使波形稳定。

4、用示波器观察非正弦波信号的波形

- 1) 用函数信号发生器分别产生矩形波和三角波。幅度和频率任意。
- 2) 用示波器观察矩形波的波形,说明为什么上升沿和下降沿亮度几乎看不到?

- 3) 用示波器观察三角波的波形，试测量三角波的周期和幅度。
- 4) 试根据测量结果计算三角波信号的有效值。
- 5) 自己画出矩形波和三角波的波形图。

[六、实验结果]

表 3-1 用频率计数器和示波器测量交流信号频率的结果比较

信号发生器输出信号的频率	500Hz	1KHz	5KHz	10KHz
用频率计数器测量的信号频率	500 Hz	1000Hz	50000.0Hz	100000.0Hz
用示波器测量的信号周期(T)	2ms	1ms	0.2ms	0.1ms
换算的信号频率 $f = 1/T$	500Hz	1000Hz	5000.0Hz	100000.0Hz

[七、实验结果分析、讨论]

用函数信号发生器产生 4 种不同频率的正弦波信号，当用频率计来测量其信号的频率时，其测量值与每个被测信号的频率值是一致的；由于示波器不能直接测量频率，则采用示波器先测量被测信号的周期，然后通过 $f=1/T$ 关系式计算被测信号的频率。从频率计和示波器所测的参数值与被测信号的量值相比较，发现测量结果相同。

[八、实验结论]

本次实验熟悉了双踪电子示波器面板各旋钮的功能和使用方法，学会了用示波器测量交流和直流电压的幅值、测量不同信号的频率和周期，进一步理解了电子示波器的结构和工作原理。在实验过程中，又一次使用了函数信号发生器和频率计，对于一个参数的测量可以用多种方法来实现，实现了常用电子电气测量仪表的综合应用。

《电气测量技术》课程实验报告（四）

[一、实验名称]

数字频率计数器的使用

[二、实验目的]

1. 通过实验进一步了解数字频率计数器的工作原理和组成框图
2. 了解数字频率计数器的主要技术指标
3. 掌握数字频率计数器的使用方法
4. 学会用数字频率计数器测量信号频率和周期
5. 能解决测量频率和周期时信号噪声干扰对测量的影响

[三、实验原理]

数字频率计数器的组成框图和工作原理

电子计数法测量频率的基本思路是：用电子计数器累计 1 秒钟内被测信号周期性变化的次数。实现上述测频方法的电路原理方框图如图 6-1 所示。它由放大整形电路、基准时间产生电路、控制电路和计数显示电路四部分组成

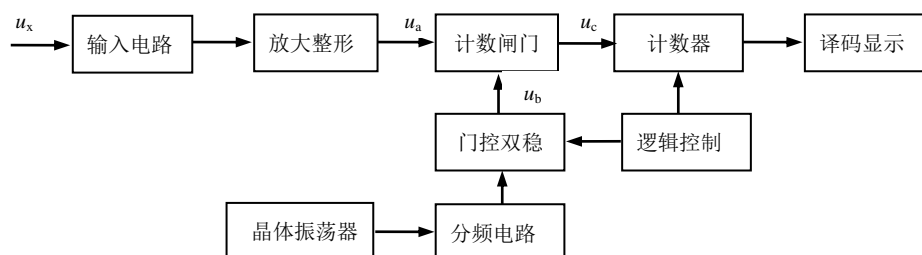


图 6-1 计数式频率计测频的框图

放大整形电路：该电路的作用是将被测信号转换为可以计数的窄脉冲。

基准时间产生电路：这部分电路的作用是提供准确的计数时间 T （即闸门时间）。

控制电路：该电路由逻辑控制部件、门控双稳电路、计数闸门（二端输入与门）构成。这部分电路用于控制计数闸门，在计数闸门时间 T 内，窄脉冲 u_a 能顺利通过，并进入计数器计数；当闸门时间 T 结束时，闸门关闭，脉冲信号 u_a 不能通过闸门，计数器停止计数。同时控制显示电路显示测量结果，并使计数器复零，等待下一个闸门时间计数。

计数显示电路：这部分电路的作用是对计数闸门输出的窄带脉冲进行计数，并最终显示被测信号的频率。它由计数器、译码器和数码显示屏组成。

[四、实验条件]

1. NF2000 数字频率计数器
2. 函数信号发生器
3. 高频信号发生器
4. DA-16 超高频毫伏表

[五、实验内容和实验过程]

数字频率计数器最主要的性能指标是测量的频率范围和测量灵敏度,以及频率稳定度。为了扩大测量范围,一般对所测频率有两个输入插口。输入端 A 所测上限频率较低,但灵敏度较高;输入端 B 所测频率上限较高,但灵敏度较低。应针对所测量信号参数选择合适的输入插口。

1. 数字频率计数器工作时,由仪器内的晶体振荡器提供时间基准,其频率稳定度直接影响仪器的精确度。

测量函数信号发生器各波段的上限频率和下限频率,把测量数据填入表 4-1。

2. 测量高频信号发生器各波段的上限频率和下限频率,并与高频信号发生器所显示的频率对比,把数据填入表 4-2 中。注意选择数字频率计数器合适的输入插口。

3. 测量数字频率计数器 A 通道和 B 通道的输入灵敏度

- 1) 高频信号发生器产生 50MHz 的正弦信号送入数字频率计数器的 B 通道,选择按钮选择 B 通道。使频率计数器正常计数测量,显示 50MHz 的频率。

- 2) 然后慢慢调小高频信号发生器的输出电压幅度,并观察数字频率计数器的显示,直到频率计数器显示的数字刚好乱跳为止。

- 3) 用超高频毫伏表测量此时高频信号发生器的输出电压,此电压即为数字频率计数器的临界输入灵敏度。

- 4) 高频信号发生器产生 1MHz 的正弦信号送入数字频率计数器的 A 通道,选择按钮选择 A 通道。使频率计数器正常测量,显示 1MHz 的频率。

- 5) 同上述方法一样,测出 A 通道的临界输入灵敏度。

[六、实验结果]

表 4-1 函数信号发生器各波段实测频率范围

波段	标称频率范围	实测频率下限	实测频率上限	备注
波段 1	10Hz ~100 Hz	9.53Hz	104.7Hz	
波段 2	100Hz ~1K Hz	94.45Hz	1.04KHz	
波段 3	1KHz ~10K Hz	947.01Hz	10.36KHz	
波段 4	10KHz ~100K Hz	9.53KHz	103.93KHz	
波段 5	100KHz ~1MHz	95.89MHz	1.04MHz	

表 4-2 高频信号发生器各波段频率测量

波段	显示频率下限	显示频率上限	实测频率下限	实测频率上限
波段 1	0.011MHz	2.361MHz	0.00 MHz	2.350MHz
波段 2	1.743MHz	28.08MHz	1.740MHz	28.07MHz
波段 3	16.42MHz	215.7MHz	21.88MHz	216.8MHz
波段 4	184.4MHz	2.403GHz	189.46MHz	2.406GHz
波段 5	1.825GHz	23.78GHz	1.824GHz	23.77GHz

[七、实验结果分析、讨论]

根据函数信号发生器 5 个波段的频率范围,用频率计实测频率下限和实测频率上限,所测的参数值与被测信号的量值基本相通,存在较小的测量误差。该误差一部分来自于计数器累计脉冲数的相对误差,另一部分是基准时间的相对误差

[八、实验结论]

本次实验进一步熟悉了频率计的结构、接线和使用方法,知道了高频信号发生器、函数信号发生器之间的协调使用,学会了分析测量误差的来源。