



南京邮电大学  
Nanjing University of Posts and Telecommunications

# 电工电子实验报告

课程名称: 电工电子实验 (一)

实验项目: 1. 常用电子仪表的使用方法

2. 一阶电路的阶跃响应

学 院: 贝尔英才学院

班 级:

学 号:

姓 名:

学 期: 2021-2022学年第1学期

## 常用电子仪表的使用方法

### 一、实验目的

- 1、掌握交流毫伏表、函数信号发生器、双踪示波器的基本使用方法；
- 2、理解电平的概念；
- 3、初步掌握是用示波器观测交流信号基本参数的方法；
- 4、了解使用万用表测量正弦交流信号的适用范围

### 二、实验仪器

- 1.双踪示波器；
- 2.函数信号发生器；
- 3.交流毫伏表；
- 4.万用表。

### 三、实验原理

在电子电路测试和实验中,常用的电子仪器有交流毫伏表、函数信号发生器、双踪示波器、直流稳压电源、万用表以及其他仪器,它们与被测(实验)电路的关系如图3.25所示。直流稳压电源为实验电路提供必需的直流电压。函数信号发生器为实验电路提供所需交流信号,如方波信号、正弦信号。示波器用来观测输入、输出的信号波形,并且可以测量信号的幅度、周期和输入、输出信号之间的相位差,交流毫伏表用来测量正弦输入信号和输出信号的有效值,万用表用来进行直流量的测量。在电子测量中,应特别注意各仪器的“共地”问题,即各台仪器与被测电路的“地”应可靠地连接在一起。合理的接地是抑制干扰的重要措施之,否则,可能引入外来干扰,导致参数不稳定,测量误差增大

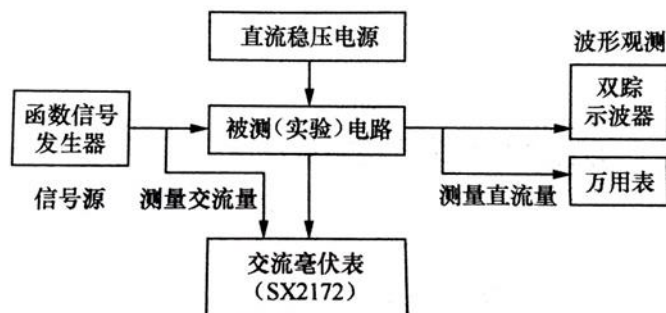


图 3.25 常用电子仪器接线框图

电平是电学理论中一个常用的计量方法。将电路中某点的功率(或电压,或电流)与某一基准值的比值的对数关系称为电平,以分贝(dB)来表示。由于选取基准值的不同,。电平又有绝对电平和相对电平之分。

#### 1.绝对电平

在电信技术中,以某一阻抗上获得1mW功率为基准值的电平称为绝对电平。用公式表示为:

$$\text{功率绝对电平} = 10 \times \lg(P(\text{mW})/1(\text{mW})) \quad (\text{dB})$$

式中,P为被测点的功率值。

由于绝对电平的参考功率是以1mW为标准的,所以当用电压或电流关系来确定电平时,由于阻抗的不同,虽然消耗在该阻抗上的功率都是1mW,而其对应的电压值 $U_0$ 和电流值 $I_0$ 是不同的。用公式表示为:

$$\text{电压绝对电平} = 20 \times \lg(U/U_0) \quad (\text{dB})$$

$$\text{电流绝对电平} = 20 \times \lg(I/I_0) \quad (\text{dB})$$

式中,  $U, I$  分别为被测点的电压、电流值,  $U_0, I_0$  分别为被测点负载消耗  $1\text{mW}$  功率时对应的电压、电流基准值。很多实际应用中, 常定义负载电阻为  $600\Omega$ , 其对应的  $U_0=0.7746\text{V}$ ,  $I_0=1.29\text{mA}$ 。SX2172型交流毫伏表作电平测量时的测量值为绝对电平。

## 2. 相对电平

从广义上来讲, 相对电平就是用分贝(dB)来表示两功率的相对大小。用公式表示为:

$$\text{功率相对电平} = 10 \times \lg(P_2/P_1) \quad (\text{dB})$$

式中,  $P_1$  为基准点的功率值,  $P_2$  为被测点的功率值。由于在相同功率情况下, 不同负载上的电压值和流过的电流值是不同的, 因此用电压或电流的关系来确定相对电平时, 必须要看被测点的阻抗与基准点的阻抗是否相同。如果相同, 则有:

$$\text{电压相对电平} = 20 \times \lg(U_2/U_1) \quad (\text{dB})$$

式中,  $U_1$  为基准点电压值,  $U_2$  为被测点电压值。

$$\text{电流相对电平} = 20 \times \lg(I_2/I_1) \quad (\text{dB})$$

式中,  $I_1$  为基准点电流值,  $I_2$  为被测点电流值。

如果阻抗不同, 则电压(或电流)相对电平要用电压(或电流)绝对电平的差来表示或计算, 即相对电平等于两点的绝对电平之差。

## 四、实验内容

1. 用直流稳压源输出  $5\text{V}$  电压, 用示波器观测该直流信号。测量电路如图3.26所示。用自动测量方法测量该直流信号的幅值。画出该信号的波形。



2. 函数信号发生器输出频率为  $1000\text{Hz}$ 、峰峰值为  $0.5\text{V}$  的方波信号, 用示波器观测该信号, 测量电路如图3.27所示。调节示波器 Volts/Div 旋钮, 使波形高度大于 3 格,



调节示波器Sec/Div旋钮,使示波器屏幕上只显示1~2个信号周期,记录此时Volts//Div和Sec/Div的值。用光标手动测量该信号的周期 $T=1\text{ms}$ ,脉宽 $\tau=0.5\text{ms}$ ,峰峰值=496mV, 占空比=50%。

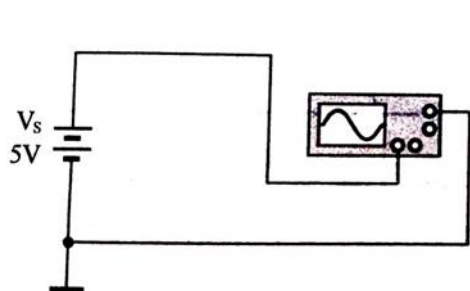


图 3.26 示波器观测直流信号

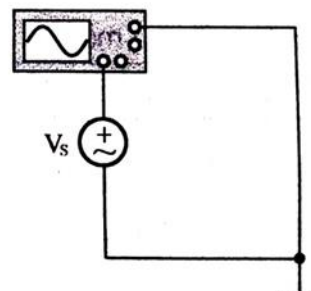
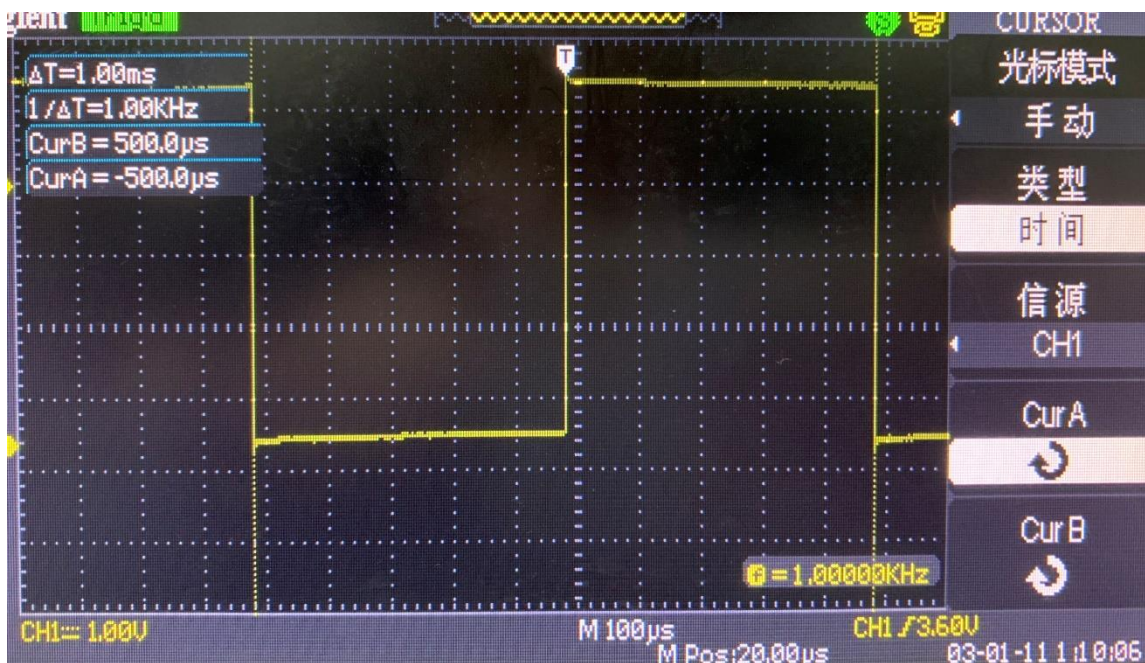
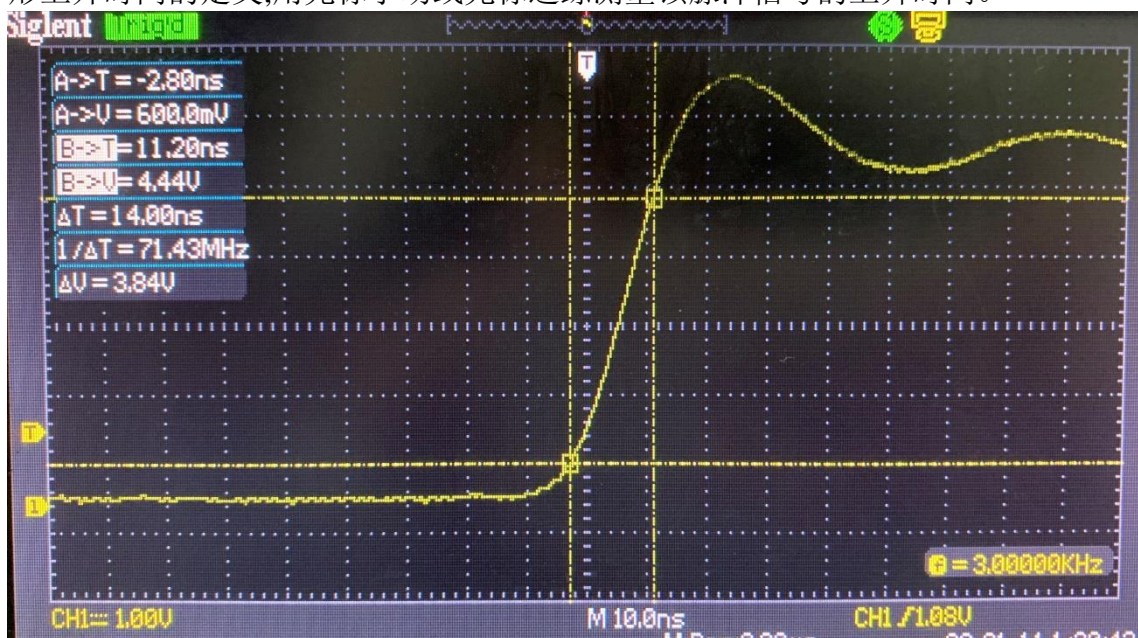


图 3.27 示波器观测交流信号



4.函数信号发生器输出脉冲信号,频率为1MHz,高电平为5V,低电平为0V,空比为50%,用示波器观测该信号。调节示波器Volts /Div旋钮,使波形高度大于3格,调节示波器Sec/Div旋钮,使示波器屏幕上只显示0.5个信号周期,如图3.28所示。脉冲波形上升时间是指从脉冲幅值的10%上升到幅值的90%所经历的时间。根据脉冲波形上升时间的定义,用光标手动或光标追踪测量该脉冲信号的上升时间。



数据显示了基本周期信号变换的几种方式。



# 一阶电路的阶跃响应

## 一、实验目的

- 1.研究一阶电路阶跃响应和方波响应的基本规律和特点;
- 2.掌握用示波器观察一阶电路的过渡过程,正确区分响应波形中的零输入响应和零状态响应和全响应的方法;
- 3.掌握测量一阶电路的时间常数的方法;
- 4.了解微分电路和积分电路的电路形式和电路参数条件。

## 二、实验仪器

- 1.双踪示波器;
- 2.函数信号发生器;
- 3.实验箱;
- 4.万用表。

## 三、实验原理

将含有一个L、C储能元件的电路(动态电路)称为一阶电路。最简单的RC一阶电路如图3.29所示,当电路的结构或元件的参数发生变化时,电路从原来的工作状态需要经历一个过渡过程才能转换到另一种工作状态。如何用实验的方法观测这个过渡过程的变化规律呢?对于时间常数 $\tau$ 比较长的零状态响应、零输入响应和全响应的一次过程, $u_C(t)$ 和 $i_C(\tau)$ 的波形可以用长余辉示波器直接显示出来。

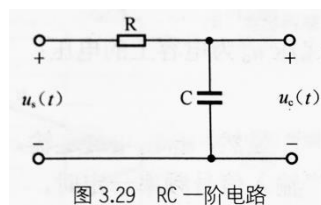


图 3.29 RC 一阶电路

对于时间常数 $\tau$ 比较小的一阶电路,要用示波器来观测过渡过程,就必须使输入信号具有可重复性,那么电路的响应也就可重复,从而可以用示波器来观测。用什么信号可以作为观测时间常数比较小的一阶电路的激励信号呢?方波信号可以看成是一系列阶跃信号 $U(t)$ 和延时阶跃信号 $U(t-t_0)$ 的叠加,电路对方波信号的响应也就是该电路的一系列阶跃响应及其延时阶跃响应的叠加。所以我们选用方波信号作为观测一阶电路响应的激励信号。工程上认为过渡过程在 $4\sim 5\tau$ 时间内结束。当方波的半周期远大于电路的时间常数时,即方波周期 $T$ 大于10倍的电路时间常数( $T \geq 10\tau$ )时,就可以认为方波某一边沿(上升沿或下降沿)到来前,前一边沿所引起的过渡过程已经结束。这样,电路对上升沿的响应就是零状态响应;电路对下降沿的响应就是零输入响应。此时,方波响应是零状态响应和零输入响应的多次过程。如图3.30所示,当方波信号的半周期 $T_1=T/2 \geq 5\tau$ 时,电容上的电压响应为:

$$u_C(t) = U_s(1 - e^{-t/\tau}) \text{ (V)} \quad (0 \leq t < T/2)$$

由式可知,当 $t=\tau$ 时,  $U_C=0.632U_s$ ;

$$u_C(t) = U_s \times e^{-(t-T/2)/\tau} \text{ (V)} \quad (T/2 \leq t < T)$$

由式可知,当 $t=T/2+\tau$ 时,  $U_C=0.368U_s$ ;

(1)电容充电经过一个 $\tau$ 的时间,电容上所充的电压为电源电压的63.2%

(2)电容放电经过一个 $\tau$ 的时间,电容上剩电压为最大电压的36.8%。所以,对于一阶RC电路,当该电路的时间常数 $\tau$ 值满足 $T_1 \geq 5\tau$ ,可以用示波器直接测量该RC电路的时间常数。具体方法是:用示波器观测电容两端的电压波形,取电压波形从0到纵向最大高度的63.2%(充电时)或36.8%(放电时)在横轴(时间轴)上的投影,该段投影长度即为时间常数 $\tau$ 值,如图3.31所示。

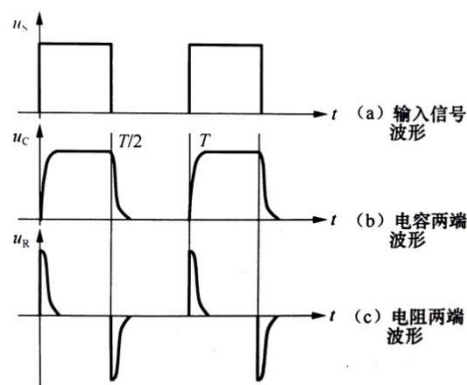


图 3.30 RC 微分电路的响应波形

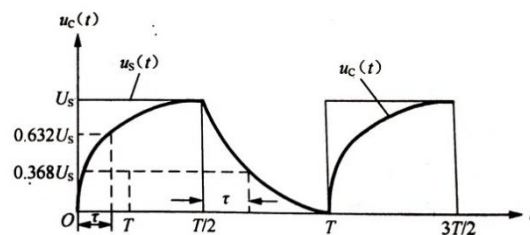


图 3.31 时间常数的测量

当时间常数 $\tau$ 很大(一般取 $\tau=3T\sim 5T$ )时,由于 $u_C(t)\approx u_R(t)$ ,所以 $u_s(t)\approx u_R$ ,则输出电压 $u_0$ 为电容上的电压:

$$u_o(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt = \frac{1}{RC} \int u_R(t) dt \approx \frac{1}{RC} \int u_s(t) dt$$

显然,输出电压是输入电压的积分,所以这种电路称为积分电路。积分条件是 $0T/2$ ,当输入信号频率一定时, $t$ 越大,输出信号幅值越小,反之则幅值越大,但线性越差。输出波形如图3.32(b)所示。

$$u_o = Ri = RC \frac{du_C}{dt} \approx RC \frac{d}{dt} u_s$$

当时间常数很小, $u_C\approx u_R$ 时, $u_s\approx u_C$ ,则输出电压 $u_0$ 为电阻上的电压

### 三、实验内容

观测RC电路的零输入响应和零状态响应,用直接法测量时间常数。

实验电路如图3.33所示,图中 $R_0$ 是信号源内阻。输入信号为如图3.34所示的方波信号。根据图3.33所示元件参数,选择合适的方波信号频率,观察并记录该RC电路的 $u_C(t)$ 和 $u_R(t)$ 的响应波形,用示波器直接测量法测量该电路的时间常数。实验方案及步骤自拟。

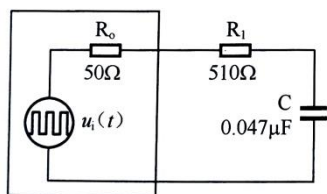


图 3.33 RC 一阶电路响应的实验电路

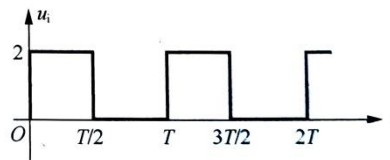
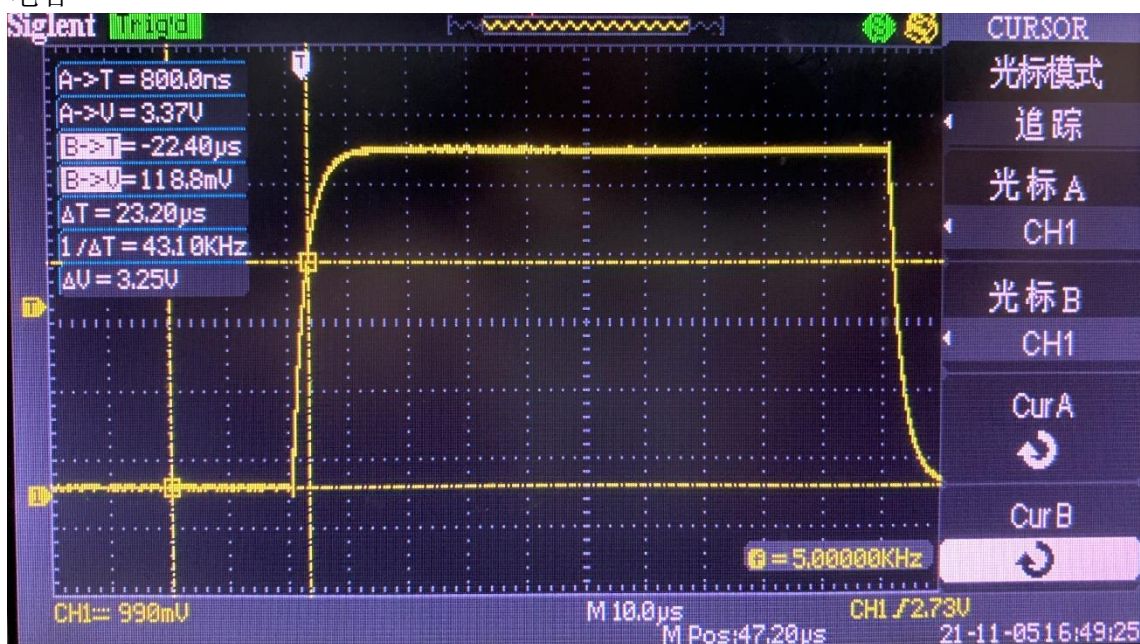


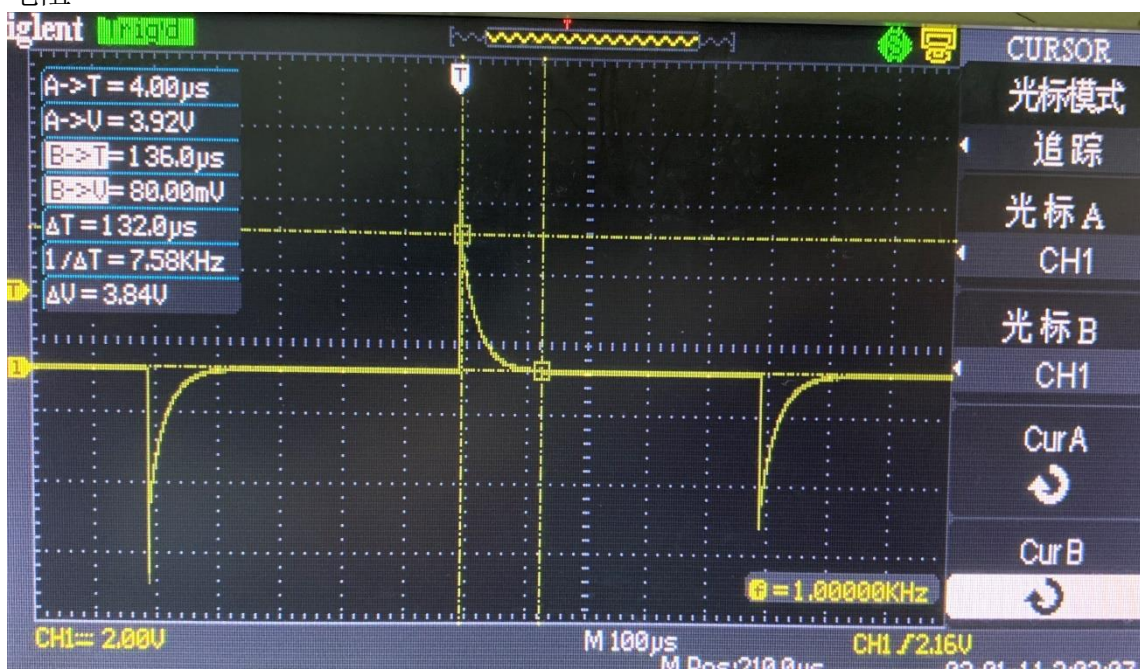
图 3.34 方波信号

# 电容



$$\tau = 23.20\mu s$$

# 电阻



数据显示了一阶电路的阶跃响应的变换情况。