

电子测量技术（含实验）第3章作业

1. 用正弦波有效值刻度的均值电压表测量正弦波、方波和三角波，读数均为1V，三种信号波形的有效值各为多少？

分析

交流电压表征量之间的关系：

波形因数： $K_F = U/\bar{U}$ ；波峰因数： $K_P = U_P/U$ 。其中 U 表示有效值； \bar{U} 表示平均值， U_P 表示峰值。

三种不同检波方式的电子电压表：

均值电压表：按正弦电压的有效值刻度。

有效值电压表：按信号有效值刻度。

峰值电压表：按正弦波的有效值刻度。

非正弦信号测量转换方式：

均值电压表： $\bar{U} = A/K_{F\sim}$ ，其中 \bar{U} 为被测信号平均值， A 为电压表读数， $K_{F\sim}$ 为正弦信号的波形因数。

峰值电压表： $U_P = AK_{P\sim}$ ，其中 U_P 为被测信号峰值， A 为电压表读数， $K_{P\sim}$ 为正弦信号的波峰因数。

解

正弦波的有效值为1V。

$$\bar{U} = \frac{A}{K_{F\sim}} = 0.9A = 0.9V$$

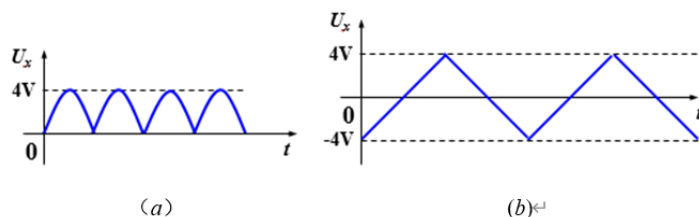
方波的有效值为：

$$U_1 = \bar{U}K_{F1} = 1\bar{U} = 0.9V$$

三角波的有效值为：

$$U_2 = \bar{U}K_{F2} = 1.15\bar{U} = 1.04V$$

2. 对下图所示的信号波形，分别用有效值电压表、峰值电压表和均值电压表来测量其电压，求各表的读数。



解

(a) 信号为正弦信号全波整流后的信号，其有效值为：

$$U = \frac{U_P}{K_P} = 2.828V$$

故有效值电压表、峰值电压表和均值电压表的读数均为2.828V。

(b) 三角波有效值为：

$$U = \frac{U_P}{K_P} = 2.309V$$

有效值电压表读数:

$$A_1 = U = 2.309V$$

峰值电压表读数:

$$A_2 = \frac{U_P}{K_{P\sim}} = 2.828V$$

三角波平均值为:

$$\bar{U} = \frac{U}{K_F} = 2V$$

均值电压表读数:

$$U_3 = \bar{U} K_{F\sim} = 2.22V$$

3. 甲、乙两台数字电压表, 甲的显示屏显示的最大值为 9999, 乙为 19999, 问:

(1) 它们各是几位的数字电压表, 是否有超量程能力?

(2) 若乙的最小量程为200mV, 其分辨力为多少?

(3) 若乙的基本误差为 $\Delta U = \pm(0.05\%U_x + 3 \text{ 个字})$, 分别用2V和20V挡测量 $U_x = 1.56V$ 电压时, 该表引入的标准不确定度各为多大?

分析

数字电压表的位数:

整数位是能完整显示位的位数; 分数位是非完整显示的首位, 其分子表示该位能显示的最大十进制数。

超量程能力:

若在基本量程挡, 数字电压表的最大显示值大于其量程, 则称该数字电压表具有超量程能力。

分辨力:

在最小量程时, 数字电压表显示值末位跳变 1 个字所需的最小输入电压值。

解

(1) 甲是 4 位的数字电压表, 不具有超量程能力; 乙是 4 位半的数字电压表, 可能具有超量程能力。

(2) 最小量程最大显示值为199.99mV, 分辨力为0.01mV。

(3) 用2V挡测量时:

$$\Delta U_1 = \pm(0.05\%U_x + 3 \text{ 个字}) = \pm 1.08 \times 10^{-3}V$$

最大允许误差引入的不确定度为:

$$u_1 = \frac{|\Delta U_1|}{\sqrt{3}} = 0.62mV$$

自由度:

$$\nu_1 \rightarrow \infty$$

用20V挡测量时:

$$\Delta U_2 = \pm(0.05\%U_x + 3 \text{ 个字}) = \pm 3.78 \times 10^{-3}V$$

最大允许误差引入的不确定度为:

$$u_2 = \frac{|\Delta U_2|}{\sqrt{3}} = 2.2\text{mV}$$

自由度:

$$v_2 \rightarrow \infty$$

4. 完成逐次逼近比较式数字电压表测量2.332V电压的工作过程表格，包括 D/A 的输入二进制数字量以及输出的模拟电压，比较器的输出，其中基准电压为2.56V， D/A 转换器为 8 位。

时序脉冲	D/A 输入的数字量	D/A 输出的模拟电压	比较器的输出
P ₁			
P ₂			
P ₃			
P ₄			
P ₅			
P ₆			
P ₇			
P ₈			
P ₉			

解

时序脉冲	D/A 输入的数字量	D/A 输出的模拟电压	比较器的输出
P ₁	1000 0000	1.28	1
P ₂	1100 0000	1.92	1
P ₃	1110 0000	2.24	1
P ₄	1111 0000	2.40	0
P ₅	1110 1000	2.32	1
P ₆	1110 1100	2.36	0
P ₇	1110 1010	2.34	0
P ₈	1110 1001	2.33	1
P ₉	1110 1001	2.33	-

5. 双斜积分式数字电压表的基准电压 $U_{\text{ref}} = 10\text{V}$ ，积分时间 $T_1 = 1\text{ms}$ ，时钟频率 $f_c = 10\text{MHz}$ ，数字电压表显示经过 T_2 时间的计数值 $N_2 = 5600$ ，求被测电压 U_x 。

分析

双斜积分式数字电压表计算方式:

积分时间 T_1 内计数为 $N_1 = T_1 f_c$ ，比较时间 T_2 内计数为 $N_2 = T_2 f_c$ ，则 $U_x = \frac{N_2}{N_1} U_{\text{ref}}$ 。

解

$$N_1 = T_1 f_c = 10000$$

$$U_x = \frac{N_2}{N_1} U_{\text{ref}} = 5.6V$$

6. 用万用表的基准电平挡（零电平：600Ω，1mW）测量电路某处（负载为500Ω）的电平为20dBm，求该处的功率和电压。

分析

电平测量计算：

选用电平基准挡： $L_U = A$ ， $L_P = A + 10 \lg 600/R_x$ ；

选用非电平基准挡： $L_U = A + 20 \lg U_m/U_{0m}$ ， $L_P = A + 10 \lg 600/R_x + 20 \lg U_m/U_{0m}$ 。

电平确定电压和功率：

电压： $U_x = 0.775 \times 10^{L_U/20}$ ；

功率： $P_x = 0.6 \times 10^{L_U/10}/R$ 。

解

$$L_U = A = 20\text{dBm}$$

$$U_x = 0.775 \times 10^{\frac{L_U}{20}} = 7.75V$$

$$P_x = \frac{U_x^2}{R} = 0.12W$$

7. 用 MF-10 万用表（零电平：600Ω，1mW）测量放大器的电压电平，用交流25V挡测量，测得输入端电平 $A_1 = 8\text{dBm}$ ，输出端电平 $A_2 = 44\text{dBm}$ ，求放大器的相对电压电平值。（注：M-10 万用表的电平基准为交流10V挡，假设放大器输入端负载为500Ω，输出端负载为600Ω）

分析

相对电压电平测量计算：

$L_{rU} = 20 \lg U_1/U_2$ ，其中 U_1 为系统输入电压， U_2 为系统输出电压。

L_{rU} 反应传输中电压的变化：若 $L_{rU} > 0$ ，则电压降低；若 $L_{rU} < 0$ ，则电压升高。

解

输入端电压电平：

$$L_{1U} = A_1 + 20 \lg \frac{U_m}{U_{0m}}$$

输出端电压电平：

$$L_{2U} = A_2 + 20 \lg \frac{U_m}{U_{0m}}$$

放大器相对电压电平：

$$L_{rU} = L_{1U} - L_{2U} = A_1 - A_2 = -36\text{dBm}$$