

电子测量技术

(补充教材)

- I 实验指导书
- II 思考题
- III 习题
- IV 《电子测量与仪器》勘误表
- V 附录

1636

清华大学自动化系电子学教研组

1981.1

"X轴移位"居中。(W12)。若光点不在中心位置,可调机内平衡电位器W₁₁校正之。

2 Y轴放大性能校准

①偏转灵敏度: "Y轴衰减"(K₁)开关置"1"位, "Y轴增幅"(W₁)置最大, "X轴增幅"(W₁₀)置"0"位(不用扫描), 光点移至屏幕中央, 输入信号 $f = 100 \text{ KHz}$, 信号高(竖线)高度 $h = 6 \text{ cm}$, 用DA-16型毫伏表测量这时的信号电压值 U (有效值), 则

$$\text{灵敏度} = \frac{2\sqrt{2} U (\text{mV})}{h (\text{cm})} = \text{———} \text{ mV}_{\text{pp}}/\text{cm}$$

[注] SB-10型示波器的Y轴灵敏度不应小于 $24 \text{ mV}_{\text{pp}}/\text{cm}$ 。

②Y轴衰减倍率: 测试条件同上, 分别衰减10倍和100倍, 同时将信号电压增加10倍和100倍, 偏转高度应基本不变。
($< \pm 5\%$)

倍率	1	10	100
$h(\text{cm})$	6		

再调节输入信号 $f = 1 \text{ MHz}$, 检查各档分压比是否正确, 若超过允许值, 调节微调电容 C_1, C_2 校正之。

③频率响应: 测试条件同①, 改变输入信号频率, 测量各对应频率值时的偏转高度 (注意改变信号频率时保持信号幅度不变)

$f(\text{Hz})$	10	400	1K	100K	1M	3M	4M	5M
$h(\text{cm})$	6							

[注] SB-10型示波器的Y轴频率响应指标: $10 \text{ Hz} \sim 5 \text{ MHz}$, 不大于 3 dB 。

若高端不满足要求, 可调查补偿电容 ($L_1 \sim L_5$) 校正之。

若低端不满足要求, 可调查机内电位器 W_2 校正之。

*频率响应"可用"扫描"仪一次显示出整个特性曲线(见表2)

3 扫描频率的校准.

①将"整步增幅"(W₄)置"0"位,调"扫描范围"(K₃)由低档到高档,各档分别再调"扫描微调"(W₆)于最小和最大两个位置用PB-2

型数字频率计测量其频率值.(为防止超过PB-2输入电压允许值,从175A机后X₁或X₂端引入的信号,要经探头衰减),要求各档级互相复盖.

标称值	10 ~ 100	100 ~ 1K	1K ~ 10K	10K ~ 100K	100K ~ 500K
实测值					

四 故障现象分析(如同学进行修理,须经指导教师同意)

五 实验报告要求:重复实验使用示波器的自觉性有哪些提高,把示波面板主要旋钮与其所调节的电参对应关系分别写出来.

实验二. 波形测量及扫描电路的研究

一. 目的

1. 掌握利用示波器测量电子线路中波形参数的基本方法。
2. 研究普通示波器扫描电路及同步电路的工作过程。

二. 实验内容

1. 观察连续变化的波形(例正弦波)

用SBM-10A型示波器连续扫描工作状态测量正弦波的周期(频率)峰值。

[方法] ① 将“AC-0-DC”开关置“0”位(无信号输入), “稳定性”旋钮逆时针方向调到屏幕上出现一条水平扫描线, 此时时基发生即工作于连续状态。

② 将“AC-0-DC”开关置“AC”位, 加入被测信号(由XD-2信号发生器供给) 例 $f = 1\text{kHz}$, 适当调节“稳定性”及“电平”旋钮即可在屏幕上显示出稳定的波形。

[注意] ① 以 V/cm 作定量测试时, 应将“微调”旋钮顺时针方向旋至“校正”位置。(最大增益), 然后用校正信号对 V/cm 进行校准后再行测量。

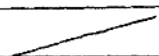
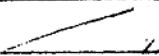
② 探头上有10倍衰减器, 用它作输入线时, 读数乘以10。

③ 当“倍率”开关置“ $\times 5$ ”时, Y 轴增益扩大5倍, 这时 V/cm 读数应乘以 $1/5$ 。

④ 当以“ t/cm ”为标准进行时间测量时, 须将时基单元的“微调”旋钮顺时针方向旋到底, 此时“不校正”指示灯应亮。

2. 测试SB-10 (175A)型示波器的扫描及同步电路的工作状态。

(1) 测试静态工作点, 判断各管工作是否正常(均以地为基准, 扫描频率居中)

管号	G8a $\frac{1}{2}6N1 (1, 2, 3)$	G8b $\frac{1}{2}6N1 (6, 7, 8)$	G9 6J1	G10a $\frac{1}{2}6N1 (1, 2, 3)$
V_a				
V_{g2}				
V_k				

(2) 观察整步电路波形

Y轴接入 $f=1\text{KHz}$ 信号, “整步选择”(K₂)置“+”位, 调“整步增幅”测试G8a的 U_{g1} , U_a (即G9的 U_{g2}) 波形

3. 观测脉冲波形 (例锯齿波, 矩形波)

(1) 方法: 在无信号输入时, 首先将“电平”逆时针方向旋到底, 将“稳定度”逆时针旋到屏幕上出现一条扫描线, 然后将该旋钮顺时针旋约 5° , 使扫描线消失, 此时扫描电路工作在比较灵敏的角触发扫描状态。

加入被测信号, 顺时针调节“电平”, 即可得到稳定波形, 再用“ t/cm ”将脉冲波形展宽到适当宽度, 研究波形变化规律。

在这里要体会“稳定度”及“电平”二旋钮的调节作用。

(2) 观察锯齿波发生的波形 (形状, 时间, 幅度)。

将“整步增幅”置“0”位, 测试G9的 U_{g1} , U_{a1} 及G8b的 U_{a2} , U_k 的波形形状及参数。注意 U_{a1} 及 U_{a2} 的相位关系。

(3) 观察消隐管G10a的 U_a 波形, 了解回扫抹迹的原理。

(4) 观察整步的作用。调节“整步增幅” W_4 , 测试G8b的 U_k 波形变化。

4* 对SBM-10的扫描系统 (闸门—密勒积分—释抑) 进行测试与研究。

三. 实验报告要求

1. SBY-10A 示波面板上主要旋钮与内 P 电路的联系。
2. 说明观测连续波形及脉冲波形的方法。
3. 如何用示波面测量时间与幅度。
4. 分析 SB-10 型示波面扫描电路的原理, 画出各主要波形的时间对应关系。

实验三. 电子电路电压的测量.

-7-

一. 目的

1. 了解具有不同检波电路测量电压的仪表仪器, 对被测电压幅值及波形的影响。
2. 掌握对具有不同内阻电路的电压测量方法。
3. 掌握对不同频率与幅度的正弦波电压的测量方法。
4. 掌握对于各种脉冲波电压(幅值, 峰峰值, 平均降落 $\frac{U_{av}}{U_m}$)的测量方法。
5. 会选择仪表仪器, 掌握磁电式, 电子式, 数字式万用表的使用, 并估计测量误差。

二. 给出下列仪器仪表供选用。注意内阻、检波电路形式及频率范围等指标。

1. MF-30型普通万用表。主要指标:

① 直流电压档: 基本误差 $\pm 2.5\%$, 电压灵敏度 $\begin{cases} 1 \sim 25V: 20k\Omega/V \\ 100 \sim 500V: 5k\Omega/V \end{cases}$

② 交流电压档: 基本误差 $\pm 4.0\%$, 电压灵敏度 $5k\Omega/V$.

③ 频率范围 $45 \sim 1kHz$

④ 直流电流档: 基本误差 $\pm 2.5\%$, 最大电压降 $0.75V$, 表头 $50\mu A$

2. 晶体管繁用表 MF-65 (JFX) 型 [直流放大—检波]
指标 (见教材 P. 28)

3. 晶体管毫伏表 DA-16 型 [交流放大—检波]
指标 (见教材 P. 394)

4. 晶体管繁用表 GB-1 型 [检波—直流放大]
技术指标:

5. 数字电压表 DSX-1 型

指标 (见教材 P. 316)

6. 脉冲示波器 SBM-10A 型

指标 (见教材 P. 137) [Y 轴通道偏转灵敏度: 频带在 $0 \sim 30 \text{ MHz}$ 内, 倍率无论 "×1" 或 "×5" 均为 $10 \text{ mV}_{\text{pp}}/\text{cm}$]

7. 信号发生器 XD-2 型

指标 (见教材 P. 43)

三. 给出下列实验设备:

1. 两级交流放大器实验板
2. 恒流源实验板
3. 多谐振荡器实验板
4. 单稳态触发器实验板

四. 教师要求在予课堂上讨论, 各组根据实验目的, 自拟实验提纲并交教师检查。

五. 操作内容

1. 用 GB-1.5 DA-16 型二种仪器测量同一方波电压, 测量结果如何?
2. 用 MF-30, GB-1, DA-16 及 DSX-1 四种仪器分别测量交流放大器的增益 ($f = 20 \text{ Hz} \sim 1 \text{ MHz}$), 结果如何? 分析误差趋势。
3. 用 XD-2 分别测量 MF-30, DA-16 及 DSX-1 的频率特性, 结果如何? (信号发生器的输出电压保持恒定)

仪器 \ 频率 / Hz	20	50	1K	10K	100K	500K	1M
MF-30							
DA-16							
DSX-1							

说明若测试放大器的频率特性时, 应选择哪种仪表合适, 选择数字电压表是否更好些?

实验四 时间、频率与相位的测量 -9-

一、目的

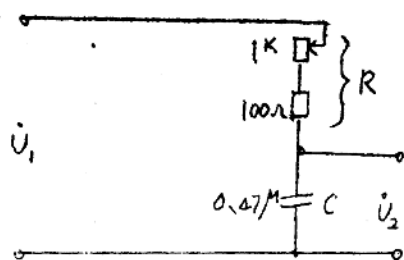
1. 掌握利用数字频率计测量时间、周期、频率及相位的方法。
2. 测量RC振荡器的频率稳定性。
3. 测量R-C串联电路的相位差。
4. 分析测频时误差来源及测相时误差合成方法。

二、给出仪器

1. PB-2型+进数字频率计。
技术指标 (见教材 P.335)
2. SBM-10A型脉冲示波器
技术指标 (见教材 P.137)
3. SR-8型双踪示波器
技术指标 (见教材 P.248)
4. XD-2型信号发生器
技术指标 (见教材 P.43)

三、给出实验设备

1. R-C正弦波振荡实验板
2. 多谐振荡实验板
3. R-C串联电路实验板 (电路见盒)



四实验内容

同学自拟实验电路及实验步骤。

提示: 1. 可以分别用数字频率计与示波器测量同一个电量, 并比较其准确度。

2. 使用数字频率计时, 注意闸门时间(时间单位)的选择, 以提高测量精度。

3. 测 $R-C$ 串联电路的相位时, 可分别加入 500Hz 与 1KHz 两种信号频率, 测量相位的变化。也可以用示波法测量, 并与频率计法进行比较。

五实验报告要求:

重点为估计误差。

综述测量时间、频率和相位都有几种方法, 并作比较。

II. 思考题

-11-

一、用“选择式”答题法,在你认为正确的一条解答前面画“√”。

1. 测量交流放大电路中晶体管的静态工作点 U_{ce} , 有下列三种仪表, 选哪种合适?

- a) 标准表 0.5级, $1\text{K}\Omega/\text{V}$;
- b) 万用表 2.5级 $20\text{K}\Omega/\text{V}$;
- c) 数字表 $\pm 0.1\%$ ± 1 个字, $10\text{M}\Omega$ 。

2. 测量交流放大器的输出电压, 信号频率 $f = 100\text{KHz}$, 有下列四种仪器, 选择哪一种合适?

- a) 普通万用表, MF-30型, $\times$ 档, 4.0级 $f_{\max} = 1\text{KHz}$ 。
- b) 晶体管繁用表, MF-20型, $\times$ 档, $\pm 4.0\%$ $f_{\max} = 20\text{KHz}$
- c) 数字多用表, DSX-1型, $\times$ 档, $\pm 2\%$ ± 2 字, $f_{\max} = 1\text{KHz}$
- d) 多用示波器, SBM-10型, AC档, $\pm 5\%$, $f_{\max} = 30\text{MHz}$

3. 测量一脉冲波形的上升时间, 约 $0.1\mu\text{s}$, 有下列四种示波器, 选择哪一种较好?

- a) 普通示波器 SB-10型, $\Delta f = 5\text{MHz}$, t_r (仪器的) 无指标。
- b) 同步示波器 SBT-5型, $\Delta f = 10\text{MHz}$, $t_r = 40\text{ns}$
- c) 多用示波器 SBM-10型, $\Delta f = 30\text{MHz}$, $t_r = 12\text{ns}$
- d) 双踪示波器 SR-8型, $\Delta f = 15\text{MHz}$, $t_r = 24\text{ns}$

4. 测量矩形脉冲, $t_k = 10\mu\text{s}$, $T = 500\mu\text{s}$, 仍有上列四种示波器, 选哪种合适?

- a) SB-10
- b) SBT-5
- c) SBM-10
- d) SR-8

5. 测量脉冲幅值, 有下列三种仪器, 选哪种合适?

a) MF-20 繁用表

b) SBM-10 示波仪

c) DSX-1 型数字电压表。

6. 欲用 SR-8 型示波仪观察一多谐振荡器两个晶体管集电极的波形，频率较高，(例 $f = 0.1 \text{ MHz}$)，问选择下列那种工作情况合适？

a) 断续方式

b) 交替方式，显示 5 个周期。

c) 交替方式，显示 4.5 个周期

d) 上述两种方式都可以。

7. 用 SBM-10 型示波仪观察正弦波形，扫描速度 (t/cm) 选为 10 ms/cm ，“微调”置“校正”位，在 4 个厘米水平长度上，显示波形恰好为一个周期，则被测信号的频率为：

a) 50 Hz

b) 5 Hz

c) 5 Hz

d) 50 Hz

8. 用 SR-8 型示波仪，Y 轴灵敏度校准为 1 V/格 (“微调”置“校正”位) 观察由 XD-2 型仪器发生器输出的 2 V 电压 (仪面板上表头指示值)。这时示波仪荧光屏上应偏转

a) 2 格

b) 4 格

c) 2 格以下

d) 4 格以上

9. 利用 SBM-10 (或 SR-8) 型示波仪测量脉冲波形的下列四种时间参数，其触发电性“开关”应拨至什么位置合适？

触发电性	正脉冲前沿	正脉冲后沿	负脉冲前沿	负脉冲后沿
“+”				
“-”				

10. SBM-10 (或 SR-8) 型示波器的水平偏转系统, 在下列三种情况下, 扫描速度 (t/cm) 如何变化?

扫描速度 t/cm	时基电阻值 (R_t, G) 增加	时基电容充电电压增加	水平放大倍数增加 (扩大)
a) 增加 (慢)			
b) 减小 (快)			
c) 不变			

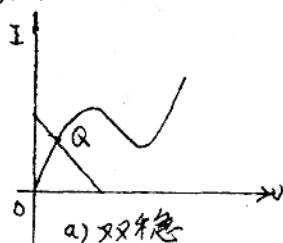
11. SBM-10 (或 SR-8) 型示波器的“触发电平”及“稳定度”两个旋钮的调节作用是:

调节作用	触发电平	稳定度
a) 调节波形的终止点		
b) 调节显示波形的起始点		
c) 调节扫描的触发灵敏度		

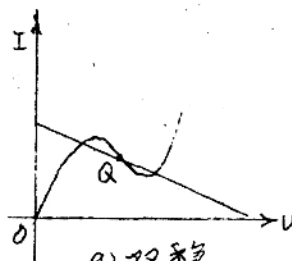
12. DSX-1 型数字多用表的特点是:

- (a) V-T 时间变换式
- (b) V-F 频率变换式
- (c) 测量精度与积分的参考 (R, C) 及标准脉冲的周期大小基本无关。

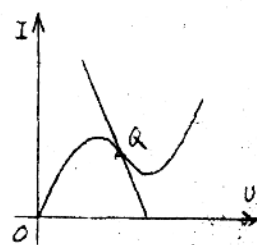
13. 隧道二极管电路, 其静态工作点的设置有下列三种情况, 试说明其工作状态。



- a) 双稳
- b) 单稳
- c) 自激振荡



- a) 双稳
- b) 单稳
- c) 振荡



- a) 双稳
- b) 单稳
- c) 振荡

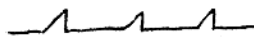
二用“选择式”答题法，在你认为正确的一条解答前画“√”
(这部分题选自《电子世界》杂志1980年第四期“国际合格电子技术测验”题第六分)

1. 在下列电路中，用低阻抗电压表进行测试，那个电路的正常工作将受到影响？
 - a) 自动音量控制电压总线
 - b) 音频软压电子管的阴极电路。
 - c) 多谐振荡器的栅极电路。
 - d) 一个低压电源中的桥式整流电路
2. 观察民用电台频段(26.965~27.255 MHz)内未调制的射频信号的最好方法是。
 - a) 用一个使用检波头的示波仪。
 - b) 用一个失真分析仪
 - c) 用一个示波仪，它的水平放大器的带宽应超过 30 MHz
 - d) 用一个示波仪，它的垂直放大器的带宽应超过 30 MHz
3. 一个纹波强度表可用来：
 - a) 检查天线
 - b) 检查谐振电路
 - c) 检查示波仪带宽
 - d) 检查扫描发生器的带宽
4. 一个双踪示波仪具有交替和断续两种方式，问那一种方式最适合用于低频？
 - a. 断续方式
 - b. 交替方式
 - c. 两种方式都可以。

5. 图中给出的两种波形, 哪一种与示波器的连续扫描的水平扫描电压相类似, 哪一种与示波器的触发扫描的水平扫描电压相类似?



(a)



(b)

6. 一个示波器被校正为 $1\text{V}/\text{格}$, 当加上一个在交流电压表上的读数为 2V 的电压时, 其垂直偏转为多少?

- a) 2 格
- b) 4 格
- c) 超过 5 格
- d) 2.8 格

7. 一个示波器被校正为 $1\text{V}/\text{格}$, 当加上一个在直流电压表上读数为 2V 的电压时, 其垂直偏转为多少?

- a) 2 格
- b) 4 格
- c) 超过 5 格
- d) 2.8 格

8. 连接一个安培计, 它相对于负载应如何接入?

- a) 串联接入
- b) 并联接入

9. 产生 $88\sim 108\text{MHz}$ 射频, “左+右”、“左-右”和 19KHz 调制频率的振荡器是一个:

- a) 电视扫描振荡器
- b) 民用电台频段测试振荡器
- c) 彩条产生器
- d) 调频立体声产生器

10. 图中所示波形是在水平扫描速率为 10ms/格 的示波图上测得的, 问这个波形的频率是多少?

- a) 500Hz
- b) 50Hz
- c) 25Hz
- d) 250Hz

