

中等专业学校试用教材

非电专业通用

工业电子学实验

上海机械专科学校电工教研室编

-33

高等教育出版社

中等专业学校试用教材

非电专业通用

工业电子学实验

上海机械专科学校电工教研室编

*

高等教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

青浦任屯印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 4.75 字数 110,000

1986年2月第1版 1986年4月第1次印刷

印数 00,001—55,700

书号 15010·0733 定价 0.70 元

前 言

本书是根据 1982 年 1 月教育部颁布的中等专业学校工科非电专业通用的《工业电子学教学大纲》(试行草案)中有关实验内容进行编写的。可以与沈裕钟主编的《工业电子学》(第二版)一书配套使用,作为工业电子学实验课程的试用教材。内容包括:工业电子学实验目的要求,电子学教学实验和常用仪器的使用方法等。

基于各专业的教学要求有所不同,时数也不一致,因此本书不仅按部颁大纲(试行草案)的规定将一部分实验列为选做内容,并且在编写中尽量将有些内容以独立的项目列入各有关实验中,各校可根据不同的专业要求进行取舍。在各选做实验前分别标有“*”号。

根据工科非电专业学生的实际情况,本书着重于对学生进行基本实验方法的训练和常用仪器的使用、操作。在内容的选择上,既依据《工业电子学》教材,也有适当的扩展。根据目前的教学情况,本书基本上仍采用晶体管分立元件电路,并突出定性分析。对发展迅速的集成元件等新技术介绍较少,不能不认为是本书的不足之处。

本书在每个实验前都编写了必要的说明,扼要介绍实验内容、原理和方法,并对学生提出预习要求,使学生在实验前就能对整个实验过程有一清晰的理解,俾有利于提高实验效果。同时,本书也可以作为独立的实验教材,供目前已将电子学实验独立设课的学校使用。

本书附录中选录了部分电子仪器的性能和使用知识,选录的原则是仪器的通用性好、性能稳定、价格低廉、易于普及。其中也

有几个渐趋淘汰的仪器,如 SB-10 型示波器等,只是由于目前还有许多学校仍在使用的,才选在附录中。各校如新购仪器,请注意选购新型号产品。

本书既是编者所在学校多年来工业电子学实验工作的小结,同时也汲取了福建机电学校、山东省机械工业学校、南京机械专科学校(原南京机器制造学校)、哈尔滨机电专科学校(原哈尔滨电机制造学校)等兄弟学校编写的实验讲义中的部分内容。

本书由上海机械专科学校(原上海机器制造学校)电工教研室董锡江主编,北京机械工业管理学院(原北京机械学校)毕绍光主审。参加审稿的有:福建机电学校、南京机械专科学校、黑龙江机械学校、上海机电工业学校、重庆机器制造学校、河北纺织工业学校、山东省机械工业学校、哈尔滨机电专科学校,常州铁路机械学校、上海航空工业学校及高等教育出版社等单位的有关同志。同志们对原稿提出了很多意见,对本书的修改定稿有着很大的帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中定有不少错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

工业电子学实验的目的和方法	1
实 验 一 示波器的认识和使用	4
实 验 二 单相整流、滤波和稳压电路	14
实 验 三 晶体三极管特性的测试	23
实 验 四 单管交流电压放大电路	32
实 验 五 LC 振荡电路及晶体管接近开关	42
实 验 六 晶闸管调压电路	48
实 验 七 集成“与非”门电路	55
实 验 八 计数、译码、显示电路	66
*实 验 九 变压器耦合两级放大电路	75
*实 验 十 差动式直流放大电路	80
*实 验 十一 双稳态触发电路和单稳态触发电路	87
附 录 一 电子线路的焊接工艺简介	95
附 录 二 放大倍数的分贝表示法	98
附 录 三 示波器	101
附 录 四 $JT-1$ 型晶体管特性图示仪	121
附 录 五 低频信号发生器	131
附 录 六 电压表	138
参考书目	143

工业电子学实验的目的和工作方法

一、实验的目的

工业电子学实验是电子学教学中进行实验技能基本训练的重要教学环节，通过实验能有效地培养学生的分析和解决实际问题的能力。实验的主要目的有：

（一）配合课堂教学内容，验证、巩固和加深理解所学的理论知识。

（二）熟悉电子线路中常用的元、器件的性能和使用。

（三）能正确使用常用的电子仪器；熟悉电子线路的测量技术和调试方法。

（四）学会处理实验数据，分析实验结果，编写实验报告，养成实事求是的科学态度和一丝不苟的工作作风。

二、实验前的准备工作

认真做好实验前的准备工作，是实验能否顺利进行并收到预期效果的关键。因此每次实验前一定要做到：

（一）仔细阅读本次实验指导书的全部内容，复习与教学内容有关的理论知识，明确实验内容、原理和目的。

（二）熟悉实验线路及理解实验步骤和需要测试、记录的数据和图形的用意。

（三）了解实验中所用仪器的使用方法。

（四）有关实验中提到的注意事项，在预习时更要特别注意。

三、实验中应注意的问题

(一) 实验开始时,应检查本组的仪器设备是否齐全、完好,规格是否合适。

(二) 各实验小组的同学应有分工,轮流担任接线、记录、操作仪器等工作,使每个同学都能得到全面的训练。

(三) 对所用的实验线路板等实验设备的接线应仔细检查,有没有断线、开焊、漏接、短接等现象。在检查线路的同时,熟悉元件和器件的安装位置,以便实验时能迅速准确地找到测量点。

(四) 实验桌上的各种仪器设备应整齐地摆放在恰当的位置上,以便有利于实验的顺利进行。

(五) 线路接好后,须经指导教师检查无误才能接通电源。

(六) 读、测数据和调整仪器要认真仔细,注意人身安全,注意爱护仪器,仪器上的开关和旋钮要小心扳动,切勿用力过猛。

(七) 实验结束,暂不要拆除线路,将测量数据和曲线交指导教师审阅后才能拆线,拆线前应先断掉电源。

(八) 最后应检查、清理所用的全部仪器、设备和导线,并摆放整齐。如有损坏要及时报告指导教师处理。

(九) 实验进行中,如发现异味及其他异常情况,应立即切断电源,然后通知指导教师处理。

四、对实验报告的一般要求

每次实验后,每个学生都应认真写好实验报告,按时完成,按时交给指导教师审阅。实验报告应包括以下内容:

(一) 实验名称、学生姓名、同组人姓名、班号、组别和实验日期。

(二) 实验内容、步骤和实验线路图。

(三) 实验使用的仪器设备(名称、型号、规格、数量、编号)。

(四) 实验记录(测试数据、波形和现象的记录)。

(五) 根据实验记录整理的表格及绘制的曲线和波形。

(六) 对实验结果进行分析讨论。

上述(一)、(二)、(三)、(六)各项是每次实验报告中都应有的内容,应按教师规定的统一格式书写。(四)、(五)两项的具体内容,每个实验都不相同,将在每个实验指导书的“实验报告”栏内列出。

实验一 示波器的认识和使用

一、实验目的

- (一) 了解示波器的工作原理,初步掌握用示波器观察信号波形的方**法**。
- (二) 学习使用示波器测量正弦信号电压的幅值、周期和频率。
- (三) 进一步掌握低频信号发生器和电子管电压表的使用方法。

二、预习要求

认真阅读“实验简述”及“附录”中的下列有关内容:

- (一) 示波器的工作原理和使用方法。
- (二) 低频信号发生器的使用方法和放大倍数的分贝表示法。
- (三) 真空管(或晶体管)毫伏表的使用方法。

三、实验简述

示波器是一种用来观察各种周期性变化的电压、电流波形的仪器,也可用来测量电压、电流波形的幅值、周期等参数。它具有输入阻抗高、频带宽、灵敏度高等优点,被广泛地用于电子测量技术中。本实验将着重学习普通示波器的基本操作方法,并进一步掌握低频信号发生器和真空管毫伏表(或晶体管毫伏表)的使用方法。

示波器、低频信号发生器、真空管毫伏表等是测试、调整电子线路最常用的仪器,它们的型号较多,本实验将以 ST-16 型示波

器、XFD-7A 型低频信号发生器及 GB-9 型真空管毫伏表为例介绍它们的使用方法。要求同学们在本次和今后的实验中能正确地、熟练地掌握它们的使用方法。

本实验中,示波器的输入信号由低频信号发生器供给,信号电压的频率和幅值一方面可以从示波器所显示的波形观测,同时又可以从低频信号发生器和真空管电压表的指示数值分别读得,两者对照,将有助于我们运用示波器进行对信号波形参数测量的练习。

四、实验设备

(一) 示波器	(ST-16 型)	一台
(二) 低频信号发生器	(XFD -7A 型)	一台
(三) 真空管毫伏表	(GB-9 型)	一台

五、实验内容与步骤

(一) 用真空管毫伏表测量低频信号发生器的输出电压

1. 将真空管毫伏表和低频信号发生器接通电源,预热 3~5 分钟。

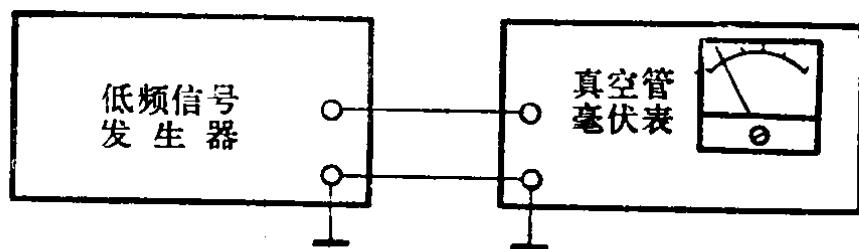


图 1-1 用真空管毫伏表测量低频信号发生器的输出电压

2. 将真空管毫伏表的量程调到 30 伏,短接表棒,调整好零点。然后将毫伏表的测量端接到低频信号发生器的输出端,注意两个仪器的接地端应连在一起,如图 1-1 所示。并将信号发生器的“接地”端钮上的连接片联到旁边的“输出”接线柱上,以获得不

对称的输出形式。

3. 将信号发生器的几个旋钮和开关置于下表所列位置上：

输出阻抗	内部负载	输出调节	分贝衰减器	输出信号频率
600 欧	通	零位	0 分贝	1 千赫

4. 调节信号发生器的“输出调节”旋钮，令真空管毫伏表上指示的信号发生器输出信号电压为 30 伏。然后保持“输出调节”旋钮不动，改变“分贝衰减器”调节旋钮，使输出衰减量从 0、10、20、……依次递增到 100 分贝，记下相应的毫伏表指示数，记在实验报告的表 1-1 内。

在测量中，要注意毫伏表在改变量程后应重新调零。同时为了获得比较精确的读数，要尽量使表针指示在满刻度的三分之一以上。

5. 将信号发生器的“分贝衰减器”旋钮置于零位，接通内部负载，输出阻抗仍为 600 欧，频率为 1 千赫，并将输出电压调节到 20 伏。然后保持“输出调节”旋钮不动，改变输出阻抗，分别测量输出阻抗为 5000、600、150、50 欧时的输出电压值，观察信号发生器输出阻抗对输出电压的影响，将测量结果记在表 1-2 内。

(二) 示波器的使用

1. 使用前的准备工作

(1) 检查电源电压是否与仪器所要求的电源电压一致，否则不能使用。

(2) 将“辉度”旋钮反时针旋转到较小位置后，接通电源，等待仪器进入正常工作状态。

(3) 将仪器面板上的下列控制旋钮或开关置于下表中的位置：

控制旋钮或开关	作用位置	控制旋钮或开关	作用位置
垂直移位	居中	扫描速率选择 (t/div)	2毫秒
水平移位	居中	Y轴灵敏度选择 (V/div)	0.02~1.0
电平	自动	触发信号源选择 (内 电视场 外)	内
输入耦合方式 AC⊥DC	⊥	触发信号极性选择 (+ - 外接X)	+

(4) 顺时针方向旋转“辉度”旋钮，使荧光屏上出现一条适当亮度的水平扫描基准线（即 Y 轴输入信号为零时的光点移动轨迹）。

(5) 反复调节“聚焦”和“辅助聚焦”旋钮，使扫描基准线变得又细又清晰。

(6) 调节“水平移位”和“垂直移位”旋钮，使扫描基准线位于荧光屏的中央。

2. 观察信号电压的波形

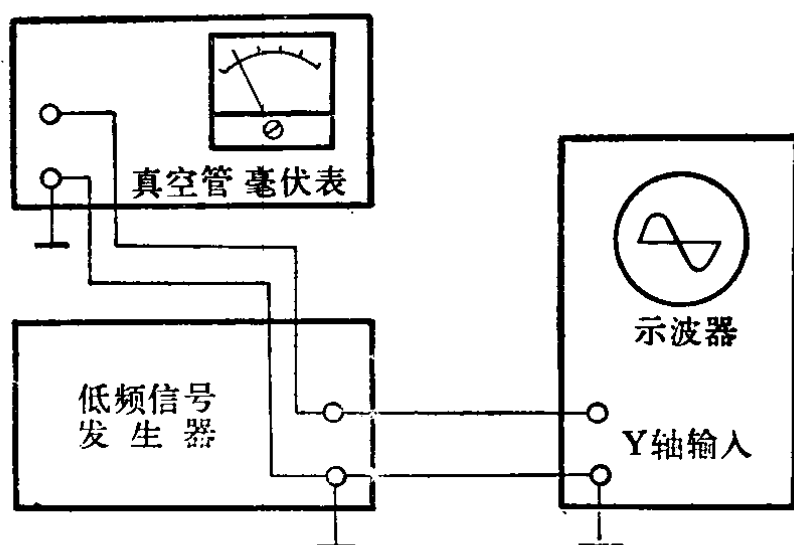


图 1-2 用示波器观察信号电压波形及测量其幅值和周期

(1) 将低频信号发生器、真空管毫伏表、示波器，如图 1-2 所

示连接。将信号发生器的输出信号,经示波器的探头衰减 10 倍后从“Y”输入端引进示波器,三个仪器的接地端应连接在一起。把示波器的输入耦合方式选择开关从“ $\perp$ ”扳到“AC”上。

(2) 根据信号电压的大小,适当调节Y轴灵敏度选择开关“V/div”及其“微调”(红色)旋钮,使显示的正弦波形具有合适的幅度。

(3) 根据信号频率的大小,适当调节扫描速率选择开关“t/div”及其“微调”(红色)旋钮,使荧光屏上能显现 2~4 个完整波形。

(4) 将“电平”旋钮调离“自动”位置,向反时针方向缓缓转动,使荧光屏上显现的正弦波稳定不动。

(5) 调节“垂直移位”及“水平移位”旋钮,使波形位于荧光屏中央。

(6) 根据以上操作方法,分别观察 4 伏、100 赫;2 伏、1 千赫;9 伏、25 千赫的正弦信号波形,要求在荧光屏上显现高度为 6 格,具有三个完整周期的正弦波形。

3. 测量信号电压的幅度和周期

一般示波器都采用比较法测量信号电压值,其方法是在相同的测试条件下,将一个已知幅值的信号电压与待测信号电压分别输入示波器进行比较,从而求出待测信号的电压值。ST-16 型示波器由于机内有校准信号可以比较,因此在观察信号电压波形的同时,就能够从荧光屏的刻度上直接读出其电压和周期。但是在测量之前,应先用校准信号方波对示波器的垂直放大系统增益和水平扫描速率进行校准,测量步骤如下:

(1) 用示波器的校准信号方波,对示波器进行校准

a) 将面板上有关控制开关及旋钮置于下表所示位置:

b) 调节“电平”旋钮直至方波波形达到稳定,然后将波形移至

控制旋钮	V/div	微调	t/div	微调	+	-	外接X	内	电视场	外	AC⊥DC
作用位置	□	校准	2 毫秒	校准			+		内		⊥

荧光屏中央,此时荧光屏上显示的方波波形,其垂直幅度应是5div(即 5 格)、水平轴上的周期宽度应是10 div(即 10 格),如图 1-3所示,否则应旋转“增益校准”或“扫描校准”电位器进行校正。

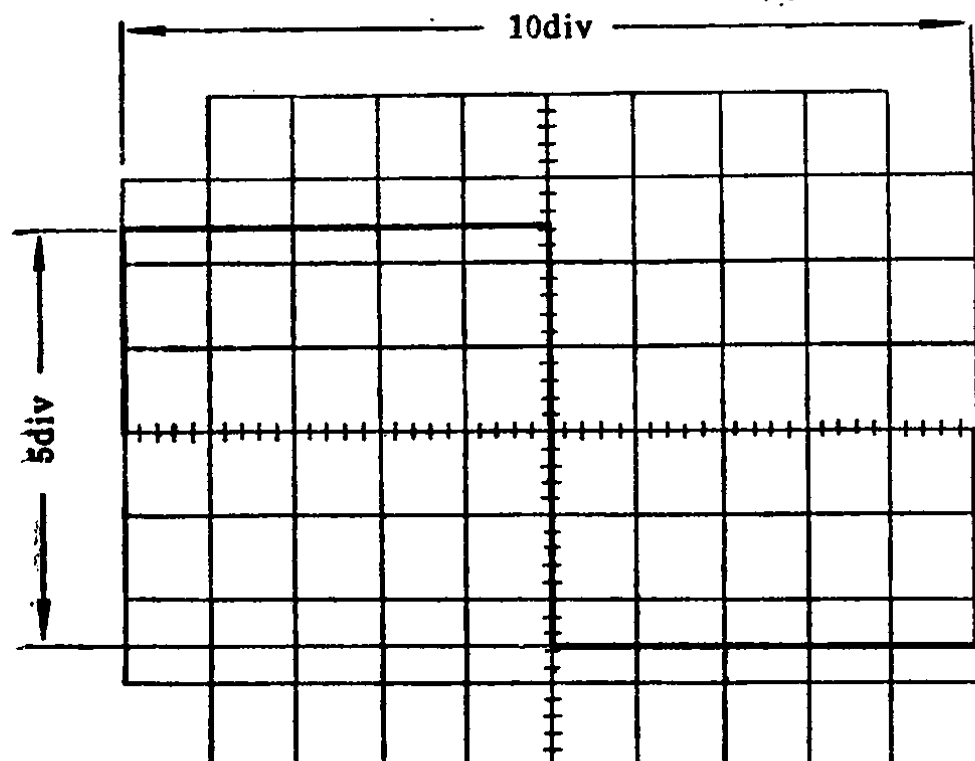


图 1-3 荧光屏上的校准方波波形

(2) 测定信号电压的幅值和周期

本实验为了帮助大家掌握从示波器所显示的信号电压波形,推算出它的周期、幅值和有效值的方法,将先用一个有效值为 0.5 伏、频率为 1 千赫的正弦信号为例,介绍测量和推算过程,然后再请大家仿照以上办法,测定其他正弦电压波形。测量步骤如下:

a) 当示波器经过校准后,将面板上的有关旋钮置于下表中所列举的位置上(其余旋钮仍维持原位不动),接入信号发生器输出的 0.5 伏、1 千赫的信号电压,这时将看到如图 1-4 的正弦波形。

若波形不稳定时,可适当调节“电平”旋钮。

控 制 旋 钮	V/div	t/div	AC┐DC
作 用 位 置	0.02 伏	0.5 毫秒	AC

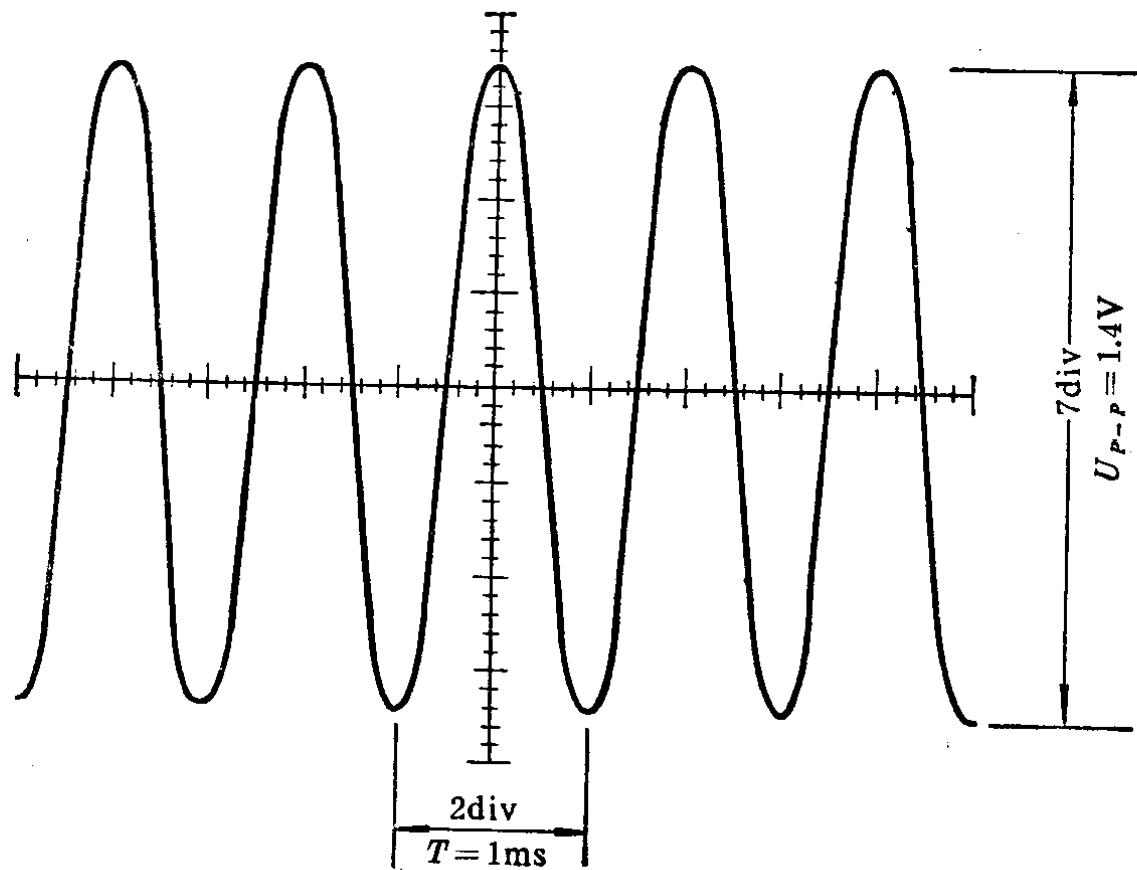


图 1-4 0.5 伏、1 千赫的信号电压波形

b) 根据信号电压波形及有关控制旋钮的作用位置,读出信号波形的峰-峰值(U_{P-P})和周期(T)。

仍以图 1-4 波形为例,波形的峰点和谷点之间的距离是 7 格,根据 Y 轴灵敏度选择开关“V/div”所指的 0.02V/div(即每格 0.02 伏)及探头对信号的衰减量(10 倍),可推算出信号电压的峰-峰值为:

$$U_{P-P} = 10 \times 0.02 \times 7 = 1.4 \text{ 伏}$$

峰-峰值可按下列关系式换算为有效值 U , 即

$$U = \frac{U_{P-P}}{2\sqrt{2}} = \frac{1.4}{2.8} = 0.5 \text{ 伏}$$

如仪器正常、测量正确，以上数值与真空管毫伏表所指示的电压有效值应是一致的。

由于波形中两个谷点（或观察两个峰点）间的水平距离是2格，根据扫描速率选择开关“t/div”所指的0.5 ms/div（即每格0.5毫秒），可推算信号电压的周期T为：

$$T = 0.5 \times 2 = 1 \text{ 毫秒}$$

信号频率为
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1 \times 10^{-3}} = 1000 \text{ 赫}$$

此值与低频信号发生器所指示的频率值应一致。

以上各有关测量数据已列在表 1-3 中。

c) 改变低频信号发生器的输出信号，使它的电压有效值和频率分别为1伏、100赫；2伏、500赫；3伏、5千赫；5伏、20千赫。将它们逐个输入示波器，仿照上述方法，选用合适的“V/div”和“t/div”档级，在示波器荧光屏上分别测量其电压和周期，将测量的数据记在表 1-3 中。

六、实验报告

(一) 观察低频信号发生器的输出衰减量对输出电压的影响

表 1-1

信号发生器上“分贝衰减器”旋钮所在位置(分贝)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
毫伏表读数(伏)	30										

(二) 观察低频信号发生器的输出阻抗对输出电压的影响

“输出阻抗”旋钮 所在位置(欧)	5000	600	150	50
毫伏表读数(伏)		20		

(三) 测定正弦信号波形的电压和周期

表 1-3

低频信号发生器 的输出信号		f (赫)	1000	100	500	5000	20000
		U (伏)	0.5	1	2	3	5
电 压 测 量	V/div 开关位置(伏/格)	0.02					
	读数(格)	7					
	峰-峰值 U_{P-P} (伏)	1.4					
	有效值(伏)	0.5					
频 率 测 量	t/div 开关位置 (毫秒/格或微秒/格)	0.5毫秒					
	读数(格)	2					
	周期(毫秒或微秒)	1毫秒					
	频率(赫)	1000					

(四) 讨论题

1. 为什么在电子线路实验中都使用真空管(或晶体管)毫伏表测量交流信号电压而不用普通的电磁式交流电压表或万用表? 电磁式交流电压表或万用表能否测量高频交流电压?

2. 在使用示波器观察波形时,应调节哪些旋钮,才能做到:

- (1) 波形清晰,线条均匀,亮度适中;
- (2) 波形在荧光屏的中央且大小适中;
- (3) 显现 2~4 个完整的波形;
- (4) 波形稳定。