

信息与电子学科百本精品教材工程

新编电气与电子信息类本科规划教材

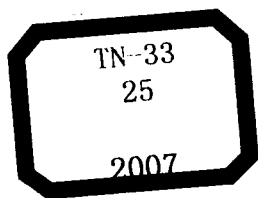
电子技术实验 与设计教程

刘建成 严 婕 编著 行鸿彦 主审

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY



新编电气与电子信息类本科规划教材

电子技术实验与设计教程

刘建成 严 婕 编著
行鸿彦 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是根据高等院校理工科本科生的电子线路实验基本教学要求编写的。

《电子技术实验与设计教程》一书基于理论与实践并重的思想,在内容的安排上注重对学生基础实验技能的训练,同时加强综合性和设计性实验项目。书中除了安排基本的模拟电路实验和数字电路实验外,在部分实验后面安排了设计性实验内容,各校可根据自己的需求选做部分内容。

全书分为3个部分和4个附录。第一部分为模拟电路部分;第二部分为数字电路部分;第三部分为综合实验部分;附录分别为几种常用仪器的使用说明、电路元器件的特性和规格、Multisim V7 使用说明和电路故障分析的基本方法。各个部分内容既有一定的联系,又具有相对独立性,便于各校选用。

本书可作为高等院校电气与电子信息类、计算机类和物理类等相关专业本、专科学生的实验教材,也可供有关从事电子设备及电路设计和研制的工程技术人员选用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验与设计教程/刘建成,严婕编著. —北京:电子工业出版社,2007.3

新编电气与电子信息类本科规划教材

ISBN 978-7-121-03906-5

I. 电… II. ①刘…②严… III. ①电子技术—实验—高等学校—教材②电子电路—电路设计—高等学校—教材 IV. TN-33 TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 024584 号

责任编辑:凌 毅

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

装 订:三河市万和装订厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:14.75 字数:378 千字

印 次:2007 年 3 月第 1 次印刷

印 数:8000 册 定价:21.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077;邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

“电子线路”是电气与电子信息类、计算机类和物理类专业本、专科学生的一门重要的技术基础课,它以理论应用性与技术实践性为鲜明特点,其中电子线路实验是整个教学过程中的重要组成部分。

《电子技术实验与设计教程》一书基于理论与实践并重的思想,在内容的安排上注重对学生基础实验技能的训练,同时加强综合性和设计性实验项目。通过实验,使学生掌握电路连接、电路测量、故障分析与排除、电路设计等实验技巧,掌握常用电子测量仪器仪表的使用方法及数据的采集、处理和分析方法;通过各种实验现象的观察,培养学生利用基本理论独立分析问题、解决问题的能力,培养学生的创新意识和严肃认真的科学态度、踏实细致的实验作风,提高学生的独立动手能力。

本书共选编了 30 个实验和 4 个附录,其中 15 个模拟电路实验和 15 个数字电路实验。在这些实验中,除了含有传统的理论验证性内容以外,大部分实验任务的安排顺序为由浅入深、由易到难,从验证性的实验任务逐渐过渡到综合性、设计性的实验任务;部分实验则完全属于综合性实验或设计性实验,并有少部分超过大纲要求的内容。在实际电路实验的设计中,要求学生尽可能地多次使用电压表、信号发生器、示波器、实验箱等各种常规仪器仪表,目的是使学生在重复性使用过程中,真正掌握这些仪器仪表,使之在后续课程实验中乃至未来的工程实践中得心应手地使用这些仪器仪表。考虑到在实验中自如地使用示波器分析电路是一个难点,本书特别加重了对示波器使用的训练。随着计算机技术的飞速发展,电路的计算机仿真分析已经成为对大学生的基本要求,本书在附录中对 Multisim V7 的仿真软件做了较为详细的介绍,为学生掌握仿真软件奠定基础。

本书由刘建成、严婕编著。其中,刘建成编写实验一至实验十三、实验二十五、实验二十六和附录 A 至附录 D;严婕编写实验十四至实验二十四、实验二十五至实验三十和附录 B 的部分内容。

本书全部由行鸿彦教授审阅,他提出了许多宝贵的修改意见,同时南京信息工程大学电子工程系全体教师对此书也提出了许多宝贵意见,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免有不妥和疏漏之处,衷心希望读者和广大同行批评、指正。

编 者

2007 年 3 月

目 录

绪论	1
第一部分 模拟电路部分	7
实验一 常用电子仪器的使用	9
实验二 单管共射放大电路	13
实验三 射极跟随器	20
实验四 场效应管放大器	24
实验五 差动放大器	29
实验六 负反馈放大器	33
实验七 集成运放在模拟运算方面的应用	37
实验八 集成运放在波形产生方面的应用	41
实验九 有源滤波器	48
实验十 电压比较器	53
实验十一 LC 正弦波振荡器	57
实验十二 集成功率放大器	60
实验十三 直流稳压电源——集成稳压器	64
第二部分 数字电路部分	69
实验十四 TTL 及 CMOS 集成逻辑门的测试与使用	71
实验十五 三态输出门	77
实验十六 集电极开路门(OC 门)	80
实验十七 译码器及其应用	84
实验十八 数据选择器	87
实验十九 组合逻辑电路的设计测试	90
实验二十 集成电路触发器及应用	93
实验二十一 移位寄存器	97
实验二十二 计数器	101
实验二十三 脉冲分配器及其应用	106
实验二十四 单稳态电路和施密特电路	110
第三部分 综合实验部分	115
实验二十五 函数信号发生器的组装与调试	117
实验二十六 电压-频率转换电路	121
实验二十七 数显式频率计	123
实验二十八 数字电压表	126
实验二十九 电子秒表	128
实验三十 The Application of IC 555 Timer	133
附录 A 几种常用仪器的使用说明	136
A.1 双踪示波器(POS9020)	136

A.2	功率函数发生器 EM1643	143
A.3	双通道交流毫伏表 EM2172	146
A.4	模拟电路实验箱 THM—1	148
A.5	TH—SZ 型数字系统设计实验箱	149
附录 B	电路元器件的特性和规格	153
B.1	电阻器	153
B.2	电容器	157
B.3	电感器	161
B.4	半导体二极管和三极管	162
B.5	数字集成电路	173
B.6	部分电气图形符号	186
附录 C	Multisim V7 使用说明	188
C.1	简介	188
C.2	Multisim V7 界面	189
C.3	元件	192
C.4	仪表	196
C.5	分析方法	201
C.6	模拟电路仿真步骤	210
附录 D	电路故障分析的基本方法	222
D.1	模拟电路故障分析	222
D.2	数字电路故障分析	224
参考文献		227

绪 论



实验是一种认识世界或事物、检验理论正确与否的实践性工作。从事任何实验均要求实验人员具备相应的理论知识、实验技能及归纳总结实验结果的能力。电子线路实验是电子工程领域最基本的实验,所涉及的内容包括电子线路理论、基本电路测量、仪器仪表的使用、测量结果的分析、电路故障分析及基本电路测量方法的研究等,其基础性决定了它在电气与电子类专业本、专科的教学进程中,促进和提高学生专业理论水平、培养学生基本实验技能和理论联系实际的作用。

进行一个电子线路实验,从相关知识的预习开始,经过连接电路、观察测试、数据处理,到撰写出完整的实验报告,各环节完成的好坏,均会影响到实验的质量。一方面,电子线路基本理论的建立,有许多是从实验中得到启示,并通过实验得到验证的。通过实验,可以揭示电子电路的奥秘,可以发现现有理论与实验的差别(近似性和局限性等),从而促进电子线路理论的深化完善和发展。另一方面,通过实验可以启发人们创造发明更多的新器件和新电路,这些新器件和新电路的诞生,又有力地推动了电子线路理论的发展。

下面对电子线路实验的特点、实验过程和注意事项概述如下。

一、电子线路实验的分类和特点

根据电子线路实验的目的和要求,可将电子线路实验分为3类。

第一类:验证或探索类实验。进行这类实验的目的是通过实验验证电子线路的有关理论;或通过实验加深理论的理解,促进理论的掌握,并探索新的问题。

第二类:检测类实验。进行这类实验是为了检测电子部件(包括器件、电路)的指标参数,为分析、使用电子部件取得必要的参数。

第三类:综合设计类实验。综合应用电子线路的有关知识设计并制作实用的电子线路,解决实际问题。

电子线路实验的特点是理论与实际联系紧密,电子元器件的参数离散性大,知识与技术的综合性强。要掌握电子线路实验技术,顺利地进行各类电子线路实验,必须掌握各种电子元器件知识、模拟电路技术、数字电路技术、电子工艺技术、电子测量技术等专业知识。因此,要掌握电子线路实验技术,应认真学好电子线路理论和有关技术。

二、实验预习

任何电路实验都有一定的目的,并为此提出实验任务。预习时,要恰当地应用基本理论,明确实验目的,掌握实验原理,并综合考虑实验环境和实验条件,分析所设计的实验,提出任务的可行性,最后预计实验结果并写出预习报告。预习报告的内容通常包括以下几个部分。

1. 实验标题

实验标题是对实验内容的最好概括。通过实验标题,实验设计人员、实验操作人员时刻明白自己在进行什么实验,并围绕着实验的中心内容开展一系列的工作。

2. 实验目的

电子线路实验教学通过对学生基本实验技能的训练,培养其用基本理论分析问题、解决问题的能力 and 严肃认真的科学态度、踏实细致的实验作风。通过实验培养学生电路连接、电子测

量、故障排除等实验技巧;通过实验学习常用电子仪器仪表的基本原理及使用方法;通过实验学习数据的采集与处理、各种现象的观察与分析等。依据各个实验内容的不同,实验目的侧重点也不同,预习报告要对此加以明确。

3. 实验原理

实验原理包括基本理论的应用、实验电路的设计、测量仪表的选择和测量方案的确定等。其中要注意实验电路与理论电路的差异性,实验电路需要把测量电路包括在内,要考虑测量仪器怎样接入电路可减小对电路的影响等。完成这部分的内容,要求复习有关的理论,熟悉实验电路,了解所需的电路元器件、仪器仪表的性能、参数、基本原理及使用方法等。

4. 设计实验操作步骤

实验任务必须保证达到实验目的。为完成实验任务所设计的实验步骤必须细致、充分地考虑各种因素,如仪器设备和实验人员的安全、多个数据测量的先后顺序、测量之间的互相影响等。值得注意的是,在电路实验的初始阶段,某些细致的实验操作步骤设计是对今后从事电气工作良好习惯的培养。例如,为了保证仪器设备的安全,应用仪表进行测量之前要选择合适的量程,多功能仪表测量前要确定多功能旋钮的位置,可调电源上电前一般先置零、上电后再调至合适值,等等;为了保证人身安全,必须采用先接线后合电源、先断电源后拆线的操作程序等,在培养技能的同时还要培养学生的职业素养。

5. 确定观察内容、待测数据及记录数据的表格

实验中要测量的物理量,包括由实验目的所直接确定或为获得这些物理量而确定的间接物理量、反映实验条件的物理量及作为检验用的物理量等。观察的内容包括示波器波形曲线、仪表指针的偏转方向等。预习时必须拟订好所有记录数据和有关内容的表格。凡是要求首先理论计算的内容必须完成,并填入表格。

三、实验操作

实验操作是在详细的预习报告指导下,在实验室进行的整个实验过程。包括熟悉、检查及使用实验器件与仪器仪表,连接实验线路,故障检查,实际测试与记录数据及实验后的整理工作等。

1. 熟悉、检查及使用实验器件与仪器仪表

实验用的元器件与仪器仪表不同于理想中的,同一种性质的元器件或仪器仪表会因型号、用途的不同而在外观形状和内在性能上存在很大的差异。在电子线路实验中,所涉及的元器件包括电阻器、电感器、电容器、晶体管、运算放大器、集成电路等,仪器仪表有信号发生器、示波器、电压表、实验箱、逻辑笔等,这些都必须要在实验中认识、了解和熟悉。

2. 连接实验线路

连接实验线路是建立实验系统最关键的工作,需注意以下3方面的问题。

(1)实验对象的摆放:实验用电源、负载、测量仪器等应摆放合理。遵循的原则为:实验对象摆放后使得电路布局合理(位置、距离、跨接线长短对实验结果影响要小),便于操作(调整和

读取数据方便),连线简单(用线短且用量少)。

(2)连线顺序:连接的顺序视电路的复杂程度和个人技术熟练程度而定。对初学者来说,应按电路图——对应接线。对于复杂的实验电路,应先接串联支路,后接并联支路(先串后并),每个连接点不多于两根导线;同时要考虑元器件、仪表的极性、参考方向、公共参考点与电路图的对应位置等,一般最后连接电源。

(3)连线检查:对照实验电路图,由左至右或由电路有明显标记处开始——检查,不能漏掉一根哪怕很小很短的连线,图物对照,以图校物。对初学者来说,电路连线检查是最困难的一项工作,它既是对电路连接的再次实践,又是建立电路原理图与实物安装图之间内在联系的训练机会。对连接好的电路做细致检查,是保证实验顺利进行、防止事故发生的重要措施,因此不能疏忽电路的检查工作。

3. 故障检查

在正常的情况下,连接好实验线路,即可开始实验测量工作。但也常常会出现一些意想不到的故障,必须首先排除故障,以保证实验的顺利进行。在电路实验中,常见的是实验线路故障,查找此类故障可采用以下两种方法。

(1)断电检查法:当实验接错线,造成电源或负载短路、开路等错误时,应立即关掉电源;使用万用表欧姆挡,对照实验原理图,对每个元器件及连线逐一进行检查,根据被检查点电阻的大小找出故障点。

(2)通电检查法:当实验电路工作不正常或出现明显错误结果时,对照实验原理图,用万用表的电压挡对每个元器件及连线逐一进行检查,根据被检查点电压的大小找出故障点。在对每个元器件及连线逐一进行检查时,一般顺序为:检查电路连线是否接错;检查电源供电系统,从电源进线、刀闸开关、熔断器到电路输入端子有无电压,是否符合给定值等;检查电路中各元器件及测量仪器之间连接是否牢固可靠,导线是否良好;检查测量仪器仪表有无供电,输入、输出是否正常,量程、衰减、显示等是否正确,测试线及接地线是否完好等。

4. 实际测试与记录数据

实际测试与记录数据是实验过程中最重要的环节。为保证实验测试数据的可信度,需要在实际测量之前先进行预测。此时不必仔细读取数据,主要是观察各被测量的变化情况和出现的现象。预测的主要目的有两个。

(1)通过预测发现可能出现的设备接线松动、虚焊,连接导线隐藏的断点,实验电路接线错误、碰线等隐患,排除发现的隐患,确保实验电路正常工作。

(2)通过预测使实验人员对实验的全貌有一个数量的概念,了解被测量的变化范围,选择合适的仪表量程,了解被测量的变化趋势,确定实际测量时合理选取数据的策略。

预测结束、恢复实验系统后,即可按预习报告的实验步骤进行实验操作、观察现象,完成测试任务。实验数据应记录在预习报告拟订的数据表格中,并注明被测量的名称和单位,保持定值的量可单独记录。经重测得到的数据应记录在原数据旁边或新的数据表格中,不要轻意涂改原始记录数据,以便比较和分析。

在测试的过程中,应尽可能及时地对数据做初步的分析,以便及时地发现问题,采取可能的必要措施以提高实验质量。

实验做完以后,不要忙于拆除实验线路。应先切断电源,待检查实验测试没有遗漏和错误

后再拆线。一旦发现异常,需在原有的实验状态下查找原因,并做出相应的分析。

5. 实验结束后的整理工作

全部实验结束后,应将所用仪器设备复归原位,将导线整理好,清理实验桌面,离开实验室。

四、撰写实验报告

实验报告是对实验工作的全面总结,要对实验的目的、原理、任务、设备、过程和分析等主要方面有明确的叙述。撰写实验报告的主要工作是实验数据的处理。此时要充分发挥曲线和图表的作用,其中的公式、图表、曲线应有符号、编号、标题、名称等说明,以保证叙述条理清晰。为了保证整理后的数据的可信度,实验报告中必须保留原始记录数据。此外,实验报告中还应包括实验中发现的问题、现象及事故的分析、实验的收获及心得体会等,并回答思考问题。

实验报告最重要的部分是实验结论,它是实验的成果,对此结论必须有科学的根据和来自理论及实验的分析。

总之,一个高质量的电路实验来自于充分的预习、认真的操作和全面的实验总结。每个环节都必须认真对待,才能达到预期的实验目的。

五、电子线路实验的安全规则

进行电子线路实验必须具有一定的安全常识,每个人都必须遵守电子线路实验室的安全规章制度,才能保障人身安全,防止实验仪器和实验装置损坏。为此,特提醒如下:

(1)使用实验仪器前,应阅读仪器的使用说明,了解仪器使用方法和注意事项,看清仪器所需电源电压值;

(2)使用仪器应按要求正确地接线;

(3)实验中不得随意扳动、旋转仪器面板上的旋钮、开关等,或用力过猛地扳动、旋转;

(4)不应随意拆卸实验装置,如拆接连线、插拔集成电路等;

(5)实验时应随时注意仪器及电路的工作状态,如发现有熔断器熔断、火花、臭味、冒烟、响声、仪器失灵、读数失常、电阻或其他器件发烫等异常现象时,应立即切断电源,保持现场,待查明原因并排除故障后,方可重新通电;

(6)仪器使用完毕后,面板上各旋钮、开关应旋至合适的位置,如电压表量程开关应旋至最高挡位。

第一部分

模拟电路部分



实验一 常用电子仪器的使用

一、实验目的

(1)学习电子电路实验中常用的电子仪器——双踪示波器、信号发生器、毫伏表等的主要技术指标、性能及正确使用方法。

(2)初步掌握双踪示波器观测波形和读取波形参数的方法。

二、实验原理

在电子技术实验中,最常用的电子仪器有:示波器、信号发生器、直流稳压电源、交流毫伏表、频率计等。它们和万用表一起,可以完成对电子电路的静态和动态工作情况的测试。

实验中要对各种仪器进行综合使用,可以按照信号流向,以连线简捷、调节顺手、观察与读数方便等原则,进行合理布局。各仪器与被测实验装置之间的布局与连线如图 1.1 所示。接线时应注意,为防止外界干扰,各仪器的公共接地端应连接在一起,称为共地。信号发生器和毫伏表的引线通常用屏蔽线或专用电缆线,示波器用专用电缆线,直流稳压电源的接线用普通导线。

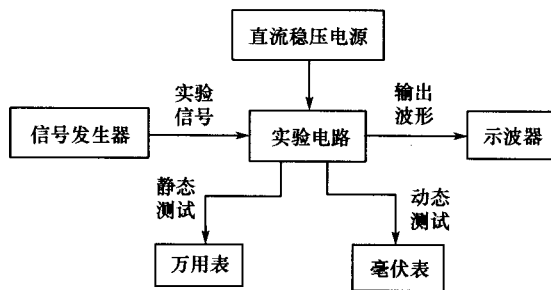


图 1.1 电子技术实验中测量仪器连接图

1. 直流稳压电源

直流稳压电源为电路提供能源。

2. 信号发生器

信号发生器为电路提供各种频率和幅度的输入信号。信号发生器按需要可输出正弦波、方波、三角波 3 种信号波形。输出信号的电压幅度可由输出衰减开关和输出幅度调节旋钮进行连续调节。输出信号的频率可以通过频率分挡开关进行调节,并由频率计读取频率值。信号发生器作为信号源,它的输出端不允许短路。

3. 交流毫伏表

交流毫伏表用于测量电路的输入、输出信号的有效值。交流毫伏表只能在其工作频率范围内,用来测量正弦交流电压的有效值。为了防止过载而损坏仪器,测量前一般先把量程开关置于量程较大位置处,然后在测量中逐挡减小量程。同时为了提高测量精度,在使用前要先对

毫伏表进行调零。

4. 万用表

万用表用于测量电子电路的静态工作点和直流信号的值,同时还可以测量较低频率信号的交流电压、交流电流的有效值及电路的阻值。

5. 示波器

电子示波器是一种常用的电子测量仪器,它能直接观测和真实显示被测信号的波形。它不仅能观测电路的动态过程,还可以测量被测信号的幅度、频率、周期、相位、脉冲宽度、上升时间和下降时间等参数。本书附录 A. 1 对常用的 POS9020 型双踪示波器的使用方法作了较详细的说明,现着重指出下列几点:

(1) 开机后,如果找不到光点,可调节亮度旋钮,然后适当调节垂直和水平移位旋钮,将光点移至荧光屏的中心位置;

(2) “扫描速度”开关(t/DIV)位置应根据被观察信号的周期来确定;

(3) Y 轴灵敏度应根据被测波形的幅度放在适当的挡位;

(4) 示波器显示单个信号时,应根据波形的输入通道选择适当的显示通道;

(5) 在测量信号频率和幅度时,扫描速度开关和灵敏度选择开关应置于“校准”位置(顺时针旋到底)。

三、实验仪器

- 信号发生器 1 台
- 双踪示波器 1 台
- 毫伏表 1 只

四、实验内容及步骤

1. 示波器的挡位校准

用示波器内校准信号(方波: $f=1\text{kHz}\pm 2\%$,电压幅度 $0.5\text{V}\pm 2\%$)对示波器挡位进行校准。开启示波器电源,适当调节亮度和聚焦旋钮,出现扫描亮线。

(1) 调出“校准信号”波形。先将示波器面板上各键置于如下位置:“显示方式”开关置于“CH1”;“触发极性”选择“+”;“触发方式”选择“峰值自动”;“耦合方式”选择“AC”;示波器灵敏度开关置于“ $0.1\text{V}/\text{DIV}$ ”挡,扫描速度开关置于“ $0.2\text{ms}/\text{DIV}$ ”挡。然后用示波器专用电缆线将“CH1”通道的输入端与示波器校准信号输出端相连接。此时示波器上应出现“校准信号”的波形。

(2) 校准示波器灵敏度挡位。将示波器 Y₁ 轴灵敏度的“微调”旋钮顺时针旋到底(置于校准位置),示波器显示的“校准信号”波形峰-峰值高度应占有 5DIV,否则说明示波器灵敏度开关“ $0.1\text{V}/\text{DIV}$ ”挡不准确,调节灵敏度的“微调”旋钮使显示的波形峰-峰值高度为 5DIV,此时示波器的灵敏度开关“ $0.1\text{V}/\text{DIV}$ ”挡校准完成。

(3) 校准示波器的扫描速度挡位。将示波器扫描速度的“微调”旋钮顺时针旋到底(置于校

准位置)。示波器显示的“校准信号”一个周期应占有 5DIV,否则说明扫描速度开关“0. 2ms/DIV”挡不准确,调节扫描速度的“微调”旋钮使显示的波形一个周期为 5DIV,此时示波器的扫描速度开关“0. 2ms/DIV”挡校准完成。

(4)示波器的灵敏度和扫描速度的“微调”旋钮置于校准位置,测量示波器“校准信号”的频率和幅度,将测试结果计入表 1. 1,并将实测值与理论值进行比较。

表 1. 1 校准信号测量记录表

	标准值	实测值
幅 度	0. 5V _{P-P}	
周 期	1ms	

2. 用示波器和毫伏表测量信号发生器输出电压

按图 1. 2 所示连接仪器。信号发生器输出信号频率固定为 1kHz,并将信号发生器的幅度旋钮顺时针旋到底。适当调节示波器灵敏度选择开关(V/DIV),将灵敏度的“微调”旋钮置于校准位置,使示波器屏上能显示完整、稳定的波形,此时灵敏度旋钮位置表示屏上纵向坐标每格的电压,根据被测波形在纵向高度所占的格数便可计算出电压的数值。为了保证测量精度,在屏幕上应显示足够高度的波形,应将灵敏度选择开关选在合适的挡位。将信号发生器的衰减器置于表 1. 2 中要求的位置,测出其结果并记入表 1. 2。

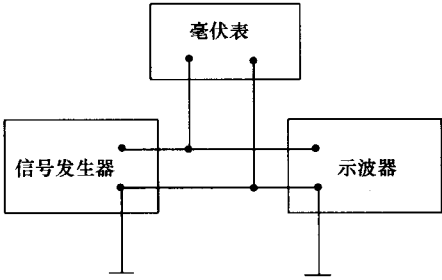


图 1. 2 示波器和毫伏表测量信号的仪器连接图

表 1. 2 信号发生器输出电压测量结果记录表

信号源“衰减”位置/dB	0	20	40	60
示波器灵敏度(V/DIV)				
波形峰到峰高度(DIV)				
峰-峰值电压 V _{P-P}				
电压有效值				
毫伏表测量值				

3. 用示波器测量信号频率

示波器扫描速度开关(t/DIV)的位置表示屏幕横向坐标每格的时间值。将示波器扫描速度的“微调”旋钮置于校准位置。根据被测信号波形在横向所占的格数计算出信号的周期,周期的倒数即为信号的频率。为了保证测量精度,屏幕上一个周期应占有足够的水平格数。为此,应将扫描速度开关置于合适的挡位,并将测量结果记入表 1. 3。