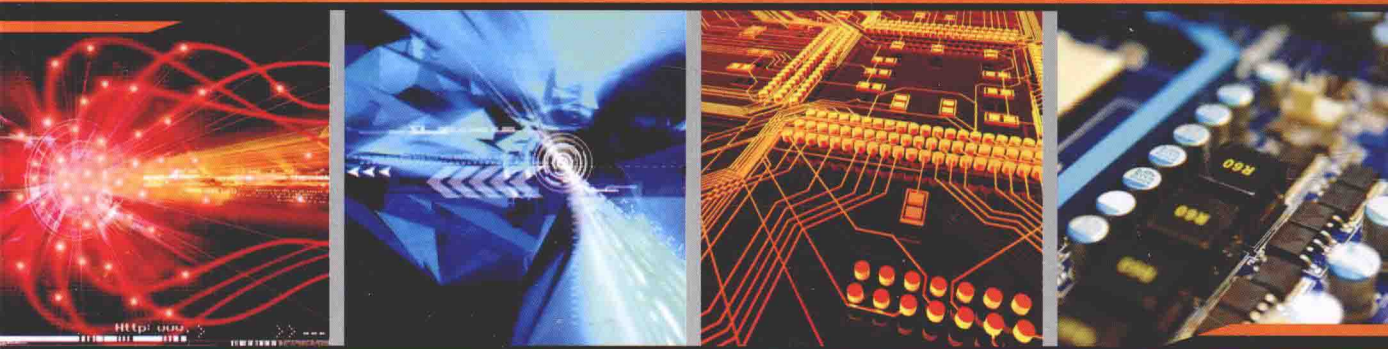


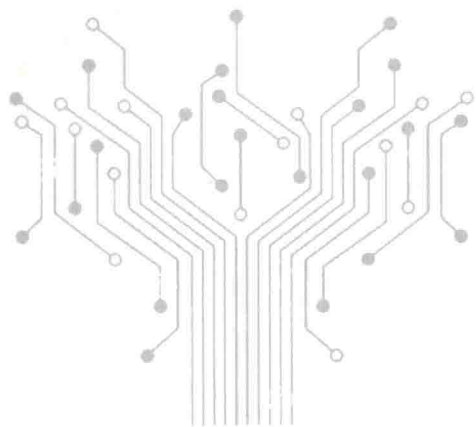
高等学校“十三五”规划教材

PLANNING TEXTBOOKS FOR HIGHER EDUCATION



高频电子线路实验教程

张玉侠 豆明瑛 编



西北工业大学出版社

GAOPIN DIANZI XIANLU SHIYAN JIAOCHENG

高频电子线路实验教程

(含实验报告)

张玉侠 豆明璞 编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是根据高等学校本科“高频电子线路”教学大纲要求编写的一本实验教学指导书。全书共分为三个部分,第一部分为高频电子线路实验系统介绍,第二部分为高频电子线路实验,第三部分为实验仪器原理及使用说明。本书内容丰富,理论结合实践,指导性强,知识点和基本概念清晰,既便于教师组织教学,又利于学生进行实验。

本书为高等学校本科教材,也可作为高等专科学校、高等职业学校、成人高校的通信、电子、信号检测、自动化、计算机应用等专业的实验教材,还可供相关专业学生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高频电子线路实验教程(含实验报告)/张玉侠,豆明瑛编. —西安:西北工业大学出版社, 2016.9

ISBN 978-7-5612-5101-0

I. ①高… II. ①张… ②豆… III. ①高频—电子线路—实验—高等学校—教材
IV. ①TN710.2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 223421 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张:11.5

字 数:204 千字

版 次:2016 年 9 月第 1 版 2016 年 9 月第 1 次印刷

定 价:25.00 元

前 言

本书以北京精仪达盛科技有限公司出品的 EL 教学实验箱配套实验电路模块和 GP-IV 实验指导为主要参考依据,以明德学院高频电子技术实验室良好的实验平台为基础,结合笔者多年的教学实践经验并参考了高频电子线路教科书和高等学校电子信息工程类高频电子线路系统实验指导教材,完善实验理论,加强实践内容,编写了本书。编写过程中参考并吸取张会生、张玉侠、沐榕编写的《高频电子技术实验指导书》的精华和实践经验,结合理论教学和实际应用情况,重新设计了实验,调整了部分实验项目内容和实验方法,增加了理论指导和实践操作环节,使之更有利于实践教学,更有利于提高巩固理论知识,更有利于加强实际技能和科学实验精神的培养。在编写中,坚持了以下的原则:

(1)在实验项目的设计上,采用模块化结构,力求通过不同的实验,帮助学生建立起高频电子技术学科的概念。

(2)在实验指导内容的编写上,力求做到原理讲述清楚、实验步骤详细、方案选择多样,方便教师教学指导和学生自学使用。

(3)实验内容力求有利于学生动手能力、实际技能的培养。不仅重视原理和结论,更重视过程,重视实验方法、思路,重视仪器仪表的使用。

(4)注重系统性和全面性,力求使学生对高频电子线路有一个较为全面的认识,为学习后续课程和从事实践技术工作具有良好的指导作用。

(5)各实验相互独立,不同层次不同需要的学生可根据本专业教学要求自由选择。

在本书编写过程中豆明瑛做了不少具体工作,并参与了一部分仪器使用内容编写。本书是笔者所在实验室工作人员共同努力的成果,在此对参考文献的作者及帮助指导的所有辛勤工作者表示衷心的感谢。

本书在讲义基础上重点修改补充了实验部分的内容加强了实践环节,重新设计了实验方法、步骤,同时由于更新了实验仪器,增加了新型仪器使用方法。

由于水平有限,书中错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2016 年 7 月

目 录

第一部分 高频电子线路实验概述	1
第二部分 高频电子线路实验	7
实验一 高频实验箱及实验仪器使用	9
实验二 单调谐回路谐振放大器	13
实验三 双调谐回路谐振放大器	16
实验四 丙类功率放大器	19
实验五 电容反馈三点式振荡器	21
实验六 石英晶体振荡器	25
实验七 幅度调制器	27
实验八 调幅信号的解调	31
实验九 变容二极管频率调制	34
实验十 相位鉴频器	38
实验十一 集成混频器	42
实验十二 锁相环及压控振荡器	46
实验十三 频率合成电路	51
实验十四 综合实验	56
实验十五 系统实验	61
第三部分 实验相关仪器仪表的使用介绍	65
仪器一 VC97 数字万用表	67
仪器二 DS1054Z 四通道数字示波器	71
仪器三 DG1022U 双通道函数波形发生器	78
仪器四 BT3C - A 频率特性测试仪使用说明	83

仪器五	SP1500C 多功能计数器	87
仪器六	DA22A 型超高频毫伏表	92
仪器七	EE1642B1 型函数信号发生器/计数器	95
仪器八	KH1656C 型合成信号发生器使用说明	102
仪器九	MOS - 640 双踪示波器使用说明	108
仪器十	MODEL MPS - 3000L - 3 型多路直流稳压电源	116
仪器十一	DSA815 频谱分析仪	120
参考文献		127

第一部分 高频电子线路实验概述

实验概述

一、高频电子线路实验系统介绍

本实验系统由实验箱、外接实验模块和实验仪器三部分组成。其中外接模块采用插拔式结构设计,便于功能的扩展。实验箱带有一个最高频率为 1 MHz 的低频信号源(可产生正弦波、方波、三角波)、一个最高频率为 10 MHz 的高频信号源、一个音频接口单元和供实验用的稳压电源。实验时可使用自带电源,也可通过右上角的 4 针电源接口从外部引入。高频电路单元采用模块式设计,将有关联的单元电路放在一个模块内。高频模块可插在实验箱的 4 个固定孔上,配合高、低频信号源和实验仪器即可进行高频电路实验。

二、实验箱箱体结构

箱体平面结构如图 1-1 所示,主要由以下五个部分组成。



图 1-1 EL-GP-IV 实验箱面板布局

1. 电源输出、电源接口及电源插座

实验箱提供 -8 V 、 $+5\text{ V}$ 、 -5 V 、 -12 V 、 $+12\text{ V}$ 五组电源输出。当电源电压正常时,对应的指示灯均被点亮。电源接口处输出 $+12\text{ V}$ 和 $\pm 5\text{ V}$ 三组电源。电源插座通过连接线给实验电路板提供所需的电源电压。

2. 低频信号源

本实验箱采用集成函数发生器 ICL8038 产生正弦波、方波和三角波,频率为 $0.1\text{ Hz} \sim 1\text{ MHz}$ 连续可调。使用时先选择波形,然后将“频率选择”按键打到合适的文件位(Hz , kHz , MHz),再通过“频率调节”按键调出所需要的频率;“幅度调节”旋钮使输出信号的幅度从 $0 \sim 5$

V 连续可调;“偏移调节”旋钮可调节输出方波信号的占空比和失真,还可调整正弦波的失真度。

3. 高频信号源

高频信号源采用 MAX038 作为信号发生器,本实验箱只能输出正弦波,频率为 20 kHz ~ 10 MHz 连续可调,幅度从 0 ~ 5 V 连续可调。使用时先将“频率选择”按键设置到合适的文件位,再通过“频率调节”按键和“幅度调节”旋钮调出所需要的频率和幅值的信号。

4. 音频接口单元

音频接口单元电路如图 1-2 所示。麦克风电路采用 LM741 放大器,其输入、输出均为耳机接口。扬声器电路采用 LM386 音频功率放大器,输入为耳机接口,输出有耳机接口,也有二号孔接口。如将 AOUT 插孔和 SPIN 插孔连接,输入的语音信号经功放直接进入扬声器。如 AOUT 插孔和 SPIN 插孔断开,则可从其他电路输入音频信号至 SPIN。

5. 外接实验模块区

外接模块采用插拔式结构设计,实验区的四个插孔对应电路板的四个卡钉,实验时电路板插入实验区,通过卡钉与实验箱连接,便于安装和拆卸。

要特别注意:插拔模块要在断电的状态下进行,且要直插直拔。

三、高频模块介绍及实验说明

本系统配有 9 个高频模块,分别为:单、双调谐放大器模块,丙类功率放大模块,LC 振荡、石英晶体振荡器模块,幅度调制、解调模块,频率调制、解调模块,小功率调频发射模块,小功率调频接收和音频放大模块,集成混频器模块,集成锁相环和频率合成模块。

9 个模块电路构成 14 个功能单元电路实验,故本实验系统至少可以完成 14 个完整的高频实验(见第二部分)。

各实验模块电路的表面均附有该实验电路的原理图。各模块的电源均用导线从实验箱上引入,模块上设有电源指示灯。实验时电路板插入实验区,先接通实验箱电源,通过专用电源线连接,再接通电路板电源。

四、常用的实验仪器

常用的实验仪器有 VC97 数字万用表、DS1054Z 四通道数字示波器、DG1022U 双通道函数/任意波形发生器、BT3C-A 频率特性测试仪、SP1500C 型多功能计数器、DA22A 型超高频毫伏表、DSA815 频谱分析仪等仪器。配合毕业设计和课程设计使用的仪器还有 EE1642B1 型函数信号发生器/计数器、KH1656C 型合成信号发生器、MOS-640 双踪示波器和 MPS-3000L-3 型多路直流稳压稳流电源。常用的实验仪器工作原理和使用说明见本书第三部分。使用前请认真阅读相关仪器使用说明,掌握使用方法及注意事项,以达到正确使用要求。

五、高频电路实验要求

高频电子线路实验电路较为复杂,且电路工作在非线性状态,受工作频率、信号大小以及外界条件影响较大,故实验方法要求严谨。实验测量、验证的项目较多,使用的仪器仪表也较多。要做好实验,请务必按照以下 10 项要求进行:

(1) 实验之前必须充分预习,认真阅读实验指导书,掌握好实验所必须知道的电路原理和

有关理论知识,熟悉要做的实验内容和步骤。

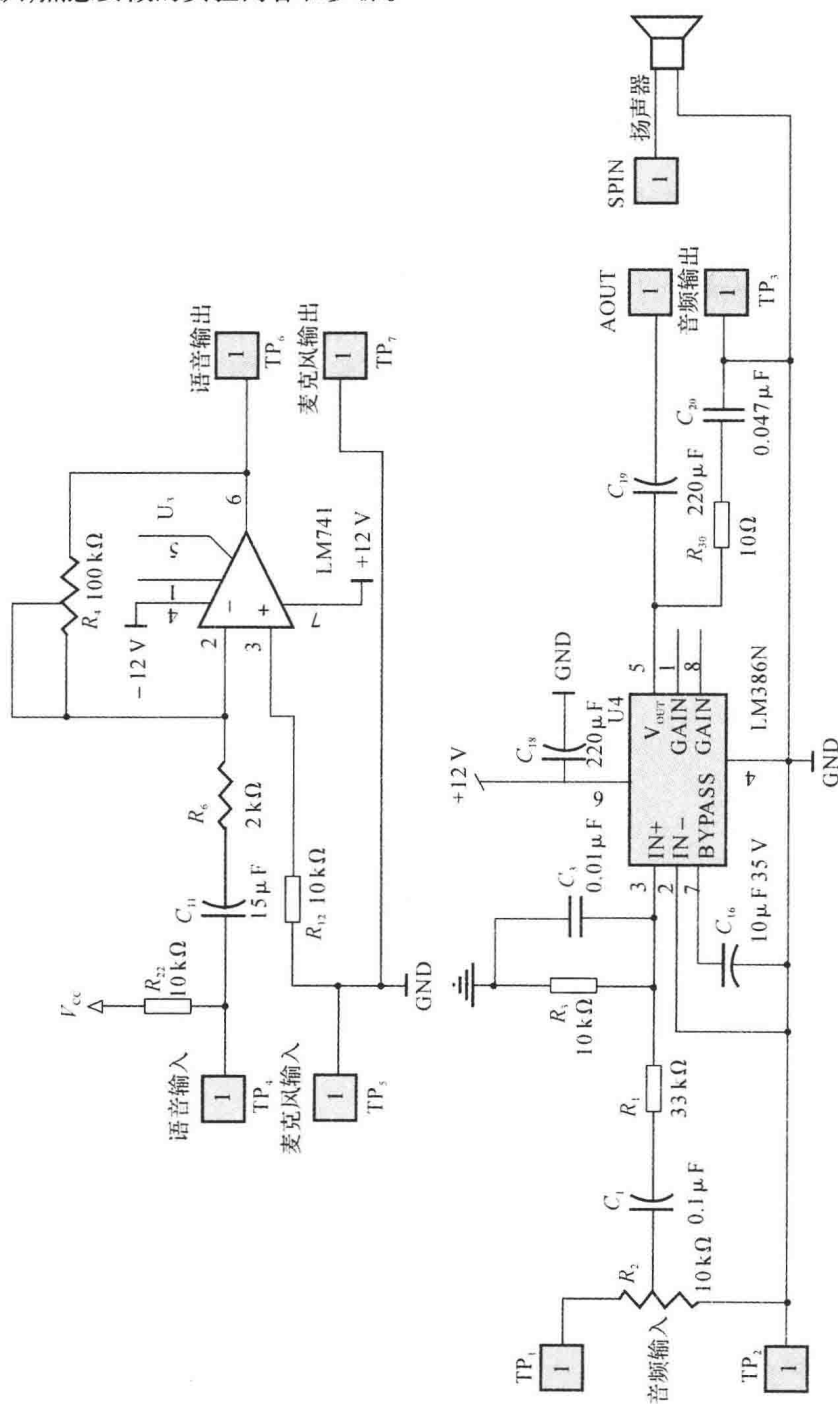


图 1-2 音频接口单元电路

(2) 对实验中所用到的仪器使用之前必须了解其性能、使用方法和注意事项,做到提前预习熟悉并在实验时严格遵守。

(3) 动手实验之前应仔细检查电路,确保无误后方能接通电源。

(4) 由于高频电路的特点,要求每次实验时联机接线要尽可能地短且整齐可靠。不要接多余的线,地线尽可能地往一点接。

(5) 调节可变电容或可变电感时应使用无感改锥,动作要轻不要按压。调可变电阻时动作也要轻,同时感觉调到头就不能再调了,最好再往回调一点让其不要工作在极限状态,以免损坏或不稳定。

(6) 需要更改连接线时,应先关闭电源,再更改接线,严禁带电情况下接线头在电路板子上乱碰。

(7) 实验中应细心操作,仔细观察记录实验现象,以便于实验后进行总结。

(8) 实验中如发现异常现象,应立即关断电源,并报告指导老师。

(9) 实验结束后,必须关闭电路板、实验箱和实验台上的电源,关闭仪器电源,整理好仪器、设备、工具和实验导线等。

(10) 实验结束后要按照实验指导书的要求完成实验报告。

第二部分 高频电子线路实验

高频电子线路实验共9个电路模块,可以开出高频电子线路实验14个,实验项目内容覆盖高频电子线路课程的主干内容。实验对所学的高频知识具有很强的验证、巩固、提高作用。实验是高频电子线路课程不可缺少的教学实践环节,实验过程是电子技术基础课程的综合应用过程以及专业技能训练过程,可有效地提高电子工程技术人才的实验技能和专业综合素质。根据知识结构和课程教学进度,实验项目、内容做如下安排。

实验一 高频实验箱及实验仪器使用

一、实验目的

- (1) 熟悉 EL-GP-IV 实验箱,掌握高/低频信号源的使用;
- (2) 掌握示波器的使用,学会用示波器观测波形、测量电压幅值;
- (3) 掌握频率计的使用,学会用频率计测量信号的频率。

二、预习要求

(1) 熟悉实验箱面板各区域及其旋钮、按键的功能作用,了解高/低频信号源的参数及调试方法。

(2) 查阅仪器使用说明,了解示波器、频率计、DDS 数字合成信号源的使用及技术指标。

三、实验仪器

EL-GP-IV 实验箱、DS1054Z 四通道数字示波器、DG1022U 双通道函数波形发生器、SP1500C 型数字频率计、VC97 数字万用表。

四、实验仪器原理及使用

1. 实验仪器

VC97 数字万用表、DS1054Z 四通道数字示波器、SP1500C 型数字频率计、DG1022U 双通道函数波形发生器的使用说明参见第三部分仪器使用介绍。使用前请按照要求进行预习。

2. 实验箱高低频信号源使用介绍

高/低频信号源采用 DDS 芯片输出正弦波、三角波、方波三种信号的波形,峰峰值最大可达 6V,同时幅值、偏移可调。高/低频信号源性能参数见表 2-1-1 和表 2-1-2,信号源的面板布局如图 2-1-1 所示,使用前先熟悉按键作用再掌握设置调整方法。高/低频信号源操作使用如下:

1) 频率设置键“MENU”:第一次按下此键,数码管第一位开始闪烁,即进入“频率设置”状态,此时功能键“NEXT”“ADD”有效;第二次按下此键时,退出“频率设置”状态,功能键“NEXT”“ADD”无效。

2) 功能键“NEXT”:在“频率设置”状态有效,用于切换“待设置控制位”。“带设置控制位”闪烁。

3) 功能键“ADD”:“待设置控制位”的数据循环变化“0-9-0”。

表 2-1-1 低频信号源的技术参数

型号	EL-GP-IV-低频信号源模块	
电源	+5V/1A, -5V/1A	
显示	四位 LED 显示	
性能	通道	单通道输出
	输出阻抗	100 Ω , 1.5 pF
	输出波形	正弦、三角、方波
	输出频率	$F_{\min} = 0.1 \text{ Hz}$
		$F_{\max} = 1 \text{ MHz}$
	输出幅值	$V_{p-p_{\min}} = 50 \text{ mV}$
		$V_{p-p_{\max}} = 6 \text{ V}$
	垂直分辨率	10 位(1024)
	失真	典型值 0.5%

表 2-1-2 高频信号源的技术参数

型号	EL-GP-IV-高频信号源模块	
电源	+5V/1A, -5V/1A	
显示	四位 LED 显示	
性能	通道	单通道输出
	输出阻抗	100 Ω , 1.5 pF
	输出波形	正弦、三角、方波
	输出频率	$F_{\min} = 1 \text{ Hz}$
		$F_{\max} = 10 \text{ MHz}$ (正弦波)
		$F_{\max} = 2 \text{ MHz}$ (三角波)
		$F_{\max} = 5 \text{ MHz}$ (方波)
	输出幅值	$V_{p-p_{\min}} = 50 \text{ mV}$
		$V_{p-p_{\max}} = 6 \text{ V}$
	垂直分辨率	10 位(1024)
	失真	典型值 0.5%

4) 波形切换键“波形选择”:对输出波形进行变换。

5) 幅值调节:调节输出信号的幅值 V_{p-p} 。

6) 偏移调节:在低频信号源中,在输出为正弦波和三角波时,为输出信号的频率偏移量调节;当输出为方波时,为方波的占空比调节;在高频信号中,为偏移量调节,可调节波形失真。

3. 实验原理与方法

用实验箱上的信号源产生信号,用示波器观测其输出信号波形,测量输出信号电压,用频率计测量输出信号的频率。用仪器测量仪器,掌握仪器的性能指标和调整使用方法。高/低频信号源面板图如图 2-1-1 所示,仪器检测原理图如图 2-1-2 所示。

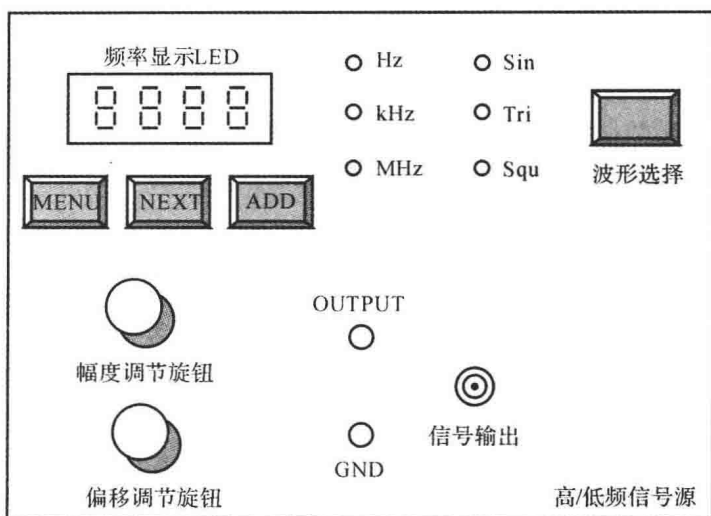


图 2-1-1 高/低频信号源面板图

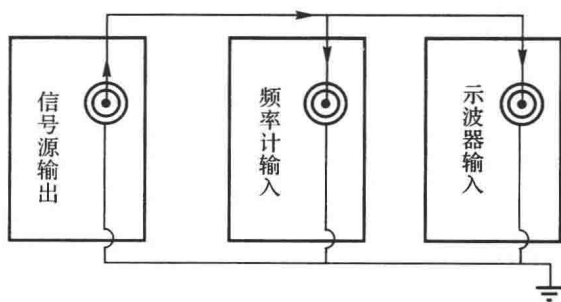


图 2-1-2 仪器检测原理图

4. 实验仪器使用介绍

掌握实验仪器的使用是做好实验的基本保证,故要求认真学习,坚持科学实践,逐步达到熟练使用方能提高专业综合技能。本节除实验箱外先熟悉以下两种仪器使用,使用前先作仪器使用介绍:

- (1) SP15000C 面板键钮功能及基本使用方法介绍。
- (2) DS1054Z 数字示波器面板键钮功能及基本使用方法介绍。

五、实验内容及步骤

(1) 实验箱上高/低频信号源的调整使用练习:学会两种信号源的频率设置、波形设置以及电压大小的设置。

- (2) 用示波器测低频信号源的输出电压波形($f_s = 200 \text{ kHz}$)及其 $U_{s\max}$ 。
- (3) 用示波器测量高频信号源的输出电压波形($f_s = 1 \text{ MHz}$)及其 $U_{s\max}$ 。
- (4) 用频率计测量信号源的输出频率(以信号源显示频率为标准),并计算出测量误差。
- (5) 用示波器测量 DG1022U 双通道函数波形发生器输出的各种波形(选作)。