

江苏省高等学校精品教材

新世纪电子信息与电气类系列规划教材

XINSHIJI

DIANZI XINXI YU DIANQILEI XILIE GUIHUA JIAOCAI

模拟与数字电子技术 实验教程

主 编◎宋 军 吴海青

副主编◎刘砚一 吴 寅 徐 锋

.....



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

模拟与数字电子技术实验教程

主 编 宋 军 吴海青

副主编 刘砚一 吴 寅 徐 锋



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·

内 容 摘 要

该实验教程是近年来实验教学的总结和梳理。本书主要分为三个部分:第一部分是模拟电子技术实验,包括常用电子仪器的使用、晶体管共射极单管放大器、场效应管放大器、负反馈放大器、差分放大电路、运算放大器的基本运算电路、运算放大器的波形发生电路、有源滤波器、电压比较器、低频功率放大器、串联型晶体管稳压电源、集成稳压电源以及采用运放设计万用电表等;第二部分是数字电子技术实验,包括门电路逻辑功能测试及应用、组合逻辑电路实验分析、集成触发器的逻辑功能测试、计数器、施密特触发器及单稳态触发器、门电路搭建多谐振荡器、555型集成时基电路及其应用、移位寄存器及其使用、D/A和A/D转换器等和部分设计性实验,如电子秒表设计、频率计设计、数字钟设计等;第三部分为附录,介绍了常用仪器如万用电表、双踪示波器、交流毫伏表、函数信号发生器的操作使用方法,以及电阻、电容、部分晶体管的辨识方法和命名规则等,并给出了常用的逻辑门电路的管脚图和部分逻辑电路图,除此之外,还介绍了仿真软件Proteus的入门使用方法。

本书内容丰富,可作为高等学校的电子信息、物联网、通信工程、自动控制、计算机等相关专业的实验实践环节教材,也可作为工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

模拟与数字电子技术实验教程 / 宋军, 吴海青主编.

— 南京: 东南大学出版社, 2018. 9

ISBN 978-7-5641-7898-7

I. ①模… II. ①宋… ②吴… III. ①模拟电路-电子技术-实验-教材 ②数字电路-电子技术-实验-教材
IV. ①TN7-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 171880 号

模拟与数字电子技术实验教程

出版发行 东南大学出版社

出版人 江建中

社 址 南京市四牌楼 2 号

邮 编 210096

经 销 全国各地新华书店

印 刷 常州市武进第三印刷有限公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 11.25

字 数 200 千字

版 次 2018 年 9 月第 1 版

印 次 2018 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5641-7898-7

定 价 29.00 元



前 言

动手能力的培养和锻炼是高等院校工科专业的核心内容之一,而课程配套实验和实践环节则是践行动手能力培养的重要环节。通过实验和实践,能够帮助工科学子进一步学习和运用理论知识来处理、解决实际问题,为今后走上工作岗位成为合格的工程师奠定基础。

本书编入模拟电子技术实验 13 个,数字电子技术实验 13 个。除传统的实验内容外,还增加了部分新的内容,以适应实践环节的需求。并在附录中添加了示波器、万用表、交流毫伏表、函数信号发生器等常用电子测量仪器的使用、操作方法,对常用电子元件,如电阻、电容、晶体管的辨识方法做了说明,对部分逻辑门电路的管脚做了标注以方便查阅。此外,由于 Proteus 仿真软件在模拟电路、数字逻辑电路以及后续课程中的应用越来越广泛,附录中还添加了 Proteus 软件的入门使用介绍。

本书是作者近年来在实验教学的基础上总结编写而成的,由宋军老师负责编写数字电子技术实验和附录部分;吴寅、吴海青老师负责编写模拟电子技术实验部分;刘砚一老师负责模拟电子技术实验部分的电路设计和电路图的绘制;徐锋老师负责其中电路图的绘制和仿真验证;刘云飞、封维忠老师对全书的内容进行了校对和审阅。宋军老师负责全书的统稿和协调工作。

由于作者的水平有限,加之时间仓促,书中难免有错误、不妥之处,衷心欢迎读者朋友,特别是使用本书的老师和同学们批评指正,提出改进意见,所有意见和建议可发送至 songjun@njfu.edu.cn。

编者

2017 年底于南京

目 录

第一部分：模拟电子技术实验

实验一 常用电子仪器的使用	2
一、实验目的	2
二、实验设备与器件	2
三、实验原理	2
四、实验内容	3
五、实验报告	5
六、预习要求	6
实验二 晶体管共射极单管放大器	7
一、实验目的	7
二、实验设备与器件	7
三、实验原理	7
四、实验内容	11
五、实验报告	13
六、预习要求	13
实验三 场效应管放大器	15
一、实验目的	15
二、实验设备与器件	15
三、实验原理	15
四、实验内容	17
五、实验报告	18
六、预习要求	18
实验四 负反馈放大器	19
一、实验目的	19
二、实验设备与器件	19
三、实验原理	19
四、实验内容	21
五、实验报告	22

六、预习要求	23
实验五 差分放大电路	24
一、实验目的	24
二、实验设备与器件	24
三、实验原理	24
四、实验内容	26
五、实验报告	27
六、预习要求	27
实验六 运算放大器的基本运算电路	28
一、实验目的	28
二、实验设备	28
三、实验原理	28
四、实验内容	30
五、实验报告	32
六、预习要求	32
实验七 运算放大器的波形发生电路	33
一、实验目的	33
二、实验设备与器件	33
三、实验原理	33
四、实验内容	36
五、实验报告	36
六、预习要求	37
实验八 有源滤波器	38
一、实验目的	38
二、实验设备与器件	38
三、实验原理	38
四、实验内容	41
五、实验报告	42
六、预习要求	42
实验九 电压比较器	43
一、实验目的	43
二、实验设备与器件	43
三、实验原理	43
四、实验内容	45
五、实验报告	46
六、预习要求	46

实验十 低频功率放大器	47
一、实验目的	47
二、实验设备与器件	47
三、实验原理	47
四、实验内容	48
五、实验报告	50
六、预习要求	50
实验十一 串联型晶体管稳压电源	51
一、实验目的	51
二、实验设备与器件	51
三、实验原理	51
四、实验内容	53
五、实验报告	55
六、预习要求	56
实验十二 集成稳压电源	57
一、实验目的	57
二、实验设备与器件	57
三、实验原理	57
四、实验内容	63
五、注意事项	65
六、使用报告要求	65
七、思考题	66
实验十三 综合实验:采用运放设计万用电表	67
一、实验目的	67
二、实验元器件选择	67
三、设计要求	67
四、万用电表原理及参考电路	67
五、电路设计	70
六、注意事项	70
七、报告要求	70

第二部分:数字电子技术实验

实验一 门电路逻辑功能测试及应用	72
一、实验目的	72

二、实验设备及器材	72
三、实验内容及步骤	72
四、实验要求	76
五、实验报告	76
实验二 组合逻辑电路实验分析	77
一、实验目的	77
二、实验设备及器材	77
三、实验原理	77
四、实验内容与步骤	78
五、实验要求	80
六、实验报告	80
实验三 集成触发器的逻辑功能测试	81
一、实验目的	81
二、实验设备及器材	81
三、实验内容及步骤	81
四、实验要求	84
五、实验报告	85
实验四 计数器	86
一、实验目的	86
二、实验设备及器材	86
三、实验内容及步骤	86
四、实验要求	92
五、实验报告	92
实验五 计数器、译码器与显示电路	93
一、实验目的	93
二、实验设备及器材	93
三、实验内容及步骤	93
四、实验要求	96
五、实验报告	96
实验六 施密特触发器及单稳态触发器	97
一、实验目的	97
二、实验设备及器材	97
三、实验内容及步骤	97
四、实验要求	99
五、实验报告	99

实验七 门电路搭建多谐振荡器	100
一、实验目的	100
二、实验设备及器材	100
三、实验内容及步骤	100
四、实验要求	101
五、实验报告	101
实验八 555 型集成时基电路及其应用	102
一、实验目的	102
二、实验设备及器材	102
三、实验内容及步骤	102
四、实验要求	103
五、实验报告	104
实验九 移位寄存器及其使用	105
一、实验目的	105
二、实验设备及器材	105
三、实验内容及步骤	105
四、实验要求	109
五、实验报告	110
实验十 D/A 和 A/D 转换器	111
一、实验目的	111
二、实验设备及器材	111
三、实验内容及步骤	111
四、实验要求	116
五、实验报告	116
实验十一 综合实验:电子秒表设计	117
一、实验目的	117
二、实验设备及器件	117
三、实验内容及步骤	117
四、实验要求	120
五、实验报告	120
实验十二 综合实验:数字频率计设计	121
一、设计任务	121
二、设计提示	121
三、设计框图	121
四、设计目标	121

五、设计报告	123
六、设计要求	123
实验十三 综合实验:数字钟设计	124
一、设计任务	124
二、设计提示	124
三、设计框图	125
四、设计目标	126
五、设计报告	127
六、设计要求	127

第三部分:附录

附录 1 万用电表的使用	130
附录 2 示波器的结构及使用	132
一、模拟示波器的基本结构	132
二、示波器的双踪显示	133
三、GOS-652G 型双踪示波器	134
附录 3 函数信号发生器的使用	141
附录 4 交流毫伏表的使用	144
附录 5 电阻器的标称与鉴别	146
附录 6 电容器的标称与鉴别	149
附录 7 半导体分立元件	152
一、我国半导体器件型号命名方法	152
二、部分半导体器件型号、规格和主要参数	153
附录 8 ICL7107 型 ADC 组成 3 位半直流数字电压表	155
附录 9 Proteus 仿真软件入门	157
一、Proteus 软件简介	157
二、Proteus 软件快速入门	158
附录 10 部分集成电路芯片引脚排列	161
附录 11 60 进制和 24 进制计数器电路图	168

模拟电子技术实验

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——示波器、函数信号发生器、数字万用表、交流毫伏表等的主要技术指标、性能及正确使用方法；
2. 初步掌握用双踪示波器观察正弦信号波形和读取波形参数的方法。

二、实验设备与器件

1. 函数信号发生器；
2. 双踪示波器；
3. 交流毫伏表；
4. 数字万用表；
5. 模拟电路实验箱及电阻、电容若干。

三、实验原理

在模拟电子电路实验中,经常使用的电子仪器有示波器、函数信号发生器、数字万用表、交流毫伏表等。正确使用它们,可以完成对模拟电子电路的静态和动态工作情况的测试。

实验中要对各种电子仪器进行综合使用,可按照信号流向,以连线简洁、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接如图 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(GND)应连接在一起,称共地。信号源和交流毫伏表的引线通常用屏蔽线或专用电缆线,示波器接线使用专用电缆线,直流电源的接线用普通导线。

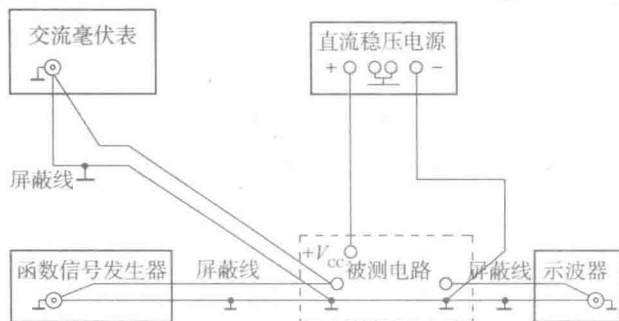


图 1.1 模拟电子电路中常用电子仪器布局图

1. 示波器

在本书附录 2 中已对 GOS-652G 型双踪示波器的原理和使用作了较详细的说明,现着重指出下列几点:

1) 寻找扫描光迹点

在开机半分钟后,如仍找不到光点,可调节亮度 TNTEN 旋钮,并置“CH1”“CH2”于“GND”位置,从中判断光点位置,然后适当调节垂直(\updownarrow)和水平(\leftrightarrow)移位旋钮,将光点移至荧光屏的中心位置。

2) 为显示稳定的波形,需注意示波器面板上的下列几个控制开关(或旋钮)的设置位置。

(1) 扫描速率 TIME/DIV——它的位置应根据被观察信号的周期来确定。

(2) 触发源 SOURCE 常选为内触发(CH1, CH2, LINE)。

(3) 触发方式——通常可先置于“自动 AUTO”位置,以便找到扫描线或波形,如波形稳定情况较差,再置于“常态 NORM”位置,但必须同时调节触发电平旋钮,使波形稳定。

3) 示波器有四种显示方式

单踪显示有 CH1、CH2、ADD;双踪显示为 DUAL,同时显示两个波形。

4) 在测量波形的幅值时,应注意 Y 轴灵敏度微调旋钮置于校准位置(顺时针旋到底)。

2. 函数信号发生器

函数信号发生器按需要可输出正弦波、方波、三角波三种信号波形。输出信号电压精度可由输出幅度调节旋钮进行连续调节。输出信号电压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。

函数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,测量前一般先把量程开关置于较大位置处,然后在测量中逐挡减小量程。

接通电源后,将输入端短接,进行调零,然后断开短路线,即可进行测量。

四、实验内容

1. 测量示波器内的校准信号

用示波器自带校准信号($f=1\text{ kHz}\pm 2\%$,幅度 $2U_{PP}$ 方波)对示波器进行自检。

1) 调出“校准信号”波形

(1) 将示波器校准信号输出端通过专用电缆线与 Y_A (或 Y_B)输入插口接通,调节示波器各有关旋钮,将触发方式开关置于“自动 AUTO”位置,触发源选择开关置于“CH1, CH2, LINE”,对校准信号的频率和幅值正确选择扫描速率 TIME/DIV 及 Y 轴灵敏度 VOLTS/DIV 的位置,则在荧光屏上可显示出一个或数个周期的方波。

(2) 分别将触发方式选择为 AUTO、NORM、SINGLE,并同时调节触发电平旋钮,体会三种触发方式的操作特点。

2) 校准“校准信号”幅度

将 Y 轴灵敏度微调旋钮旋置校准位置(顺时针旋到底),再把 Y 轴灵敏度开关置于适当位置,读取校准信号幅度,记入表 1.1。

3) 校准“校准信号”频率

将扫描速率微调旋钮置于校准位置,扫描速率开关置适当位置,读取校准信号频率,记入表 1.1。

4) 测量“校准信号”的上升时间和下降时间

调节 Y 轴灵敏度开关位置及微调旋钮,并移动波形,使方波波形在垂直方向上正好占据中心轴上,且上下对称,便于阅读。通过扫描速率开关逐级提高扫描速度,使波形在 X 轴方向扩展[必要时可以利用扫速扩展($\times 10$ MAG)开关将波形再扩展 10 倍],并同时调节触发电平旋钮,从荧光屏上清楚地读出上升时间和下降时间,记入表 1.1。

表 1.1

测试项目	标准值	实测值
幅度/V	$2V_{PP}$ 峰-峰值	
频率/kHz	1	
上升时间/ μ s	≤ 2	
下降时间/ μ s	≤ 2	

2. 用示波器和交流毫伏表测量信号参数

用函数信号发生器输出频率分别为 100 Hz、1 kHz、10 kHz、100 kHz,峰-峰值均为 1 V 的正弦波信号。

改变示波器扫描速率旋钮及 Y 轴灵敏度旋钮的位置,测量信号源输出信号的频率、峰-峰值及有效值,记入表 1.2。

特别说明:有效值可以用交流毫伏表测量,也可以用数字万用表的交流电压挡测量。

3. 测量两波形间相位关系

1) 观察双踪示波器显示波形

将 CH1 和 CH2 同时按下, Y_A 、 Y_B 均不加输入信号,分别将扫描速率旋钮置于较低挡位(如 0.2 s/div)和较高挡位(如 5 μ s/div),观察两条扫描线的显示特点并记录在表 1.2 中。

表 1.2

信号频率	示波器测量值		毫伏表测量值 (有效值)	示波器测量值 峰-峰值(V)
	周期(ms)	频率(Hz)		
100 Hz				
1 kHz				
10 kHz				
100 kHz				

2) 用双踪示波器显示测量两波形间相位关系

(1) 按图 1.2 连接实验电路,将函数信号发生器的输出信号调至频率为 1 kHz,幅值为 2 V 的正弦波,经图 1.2 中的 RC 移相网络获得频率相同但相位不同的两路信号 u_i 和 u_R ,分

别加到双踪示波器的 Y_A 和 Y_B 输入端。

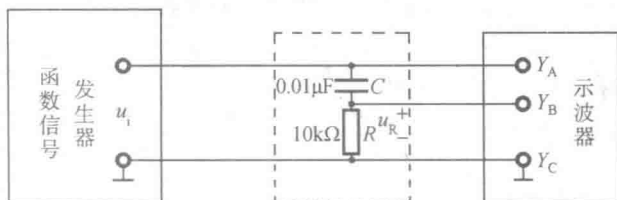


图 1.2 两波形间相位差测量电路

(2) 将 Y_A 和 Y_B 输入耦合方式开关置于“GND”挡位, 调节 Y_A 、 Y_B 的 \updownarrow 移位旋钮, 使两条扫描基线重合, 再将 Y_A 、 Y_B 输入耦合方式开关置于“AC”挡位, 调节扫描速率开关及 Y_A 、 Y_B 灵敏度开关位置, 此时在荧屏上将显示出 u_i 和 u_R 两个相位不同的正弦波形, 如图 1.3 所示。

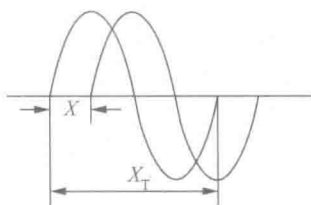


图 1.3 双踪示波器显示两个相位不同的正弦波

此时, 两波形相位差为

$$Q = \frac{X(\text{div})}{X_T(\text{div})} \times 360^\circ$$

式中: X_T ——一个周期所占刻度的格数; X ——两波形在 X 轴方向相距的格数。

记录两波形相位差于表 1.3 中。

表 1.3

一个周期格数	两波形 X 轴相距格数	相位差	
		实测值	计算值
$X_T =$	$X =$	$Q =$	$Q =$

表 1.3 中, 相位差的计算值参考公式(即计算值公式)为:

$$u_R = \frac{R}{R + (1/j\omega C)} \cdot u_i$$

将电阻、电容和信号频率数据代入上式后即可求得 u_i 和 u_R 的相位差。为读数和计算方便, 可适当调节微调旋钮, 使波形的一个周期占整数格。

五、实验报告

1. 整理实验数据, 并进行分析。
2. 问题讨论。
- 1) 示波器采用“高频”“常态”“自动”三种触发方式有什么区别? 通过实验对它们的操

作特点及适用场合加以总结。

2) 用双踪示波器显示波形,并要求比较相位时,为了在荧光屏上得到稳定波形,应怎样选择下列开关的位置?

- (1) 示波模式选择(CH1、CH2、ADD);
- (2) 触发方式(高频、常态、自动);
- (3) 触发源选择。

六、预习要求

1. 阅读实验附录 2 中有关示波器操作部分的内容。
2. 已知 $C=0.01 \mu\text{F}$ 、 $R=10 \text{ k}\Omega$,计算图 1.2 中 RC 移相网络的阻抗角 Q 。

实验二 晶体管共射极单管放大器

一、实验目的

1. 学会放大器静态工作点的调试方法,分析静态工作点对放大器性能的影响;
2. 掌握放大器电压放大倍数、输入电阻、输出电阻及最大不失真输出电压的测试方法。

二、实验设备与器件

1. 模拟电路实验箱;
2. 函数信号发生器;
3. 双踪示波器;
4. 交流毫伏表;
5. 数字万用电表;
6. 电阻器、电容器若干。

三、实验原理

图 2.1 为基极分压式射极偏置单管放大电路,它的偏置电路采用 R_{B1} 和 R_{B2} 组成的分压电路,并在发射极中接射极负载电阻 R_E ,以稳定放大器的静态工作点。当在放大器的输入端加入信号后,在放大器的输出端便可得到一个与输入信号相位相反、幅值被放大的输出信号,从而实现了电压放大。

在图 2.1 的电路中,当流过偏置电阻 R_{B1} 和 R_{B2} 的电流远大于晶体管 T 的基极电流 I_B 时(一般为 5~10 倍),则它的静态工作点可用下式估算:

$$U_{BQ} \approx \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} \cdot V_{CC}$$

$$I_{EQ} = \frac{U_{BQ} - U_{BEQ}}{R_E} \approx I_C$$

$$U_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot (R_C + R_E)$$

电压放大倍数:

$$A_u = -\beta \cdot \frac{R_C \parallel R_L}{r_{be}}$$

输入电阻: