



普通高等教育
“十一五”规划教材

Electronic Technology Experiment Course 电子技术实验教程

王萍 主编

4



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十一五”规划教材

电子技术实验教程

主 编	王 萍
副主编	李 斌
参 编	许雪莹
主 审	赵腊月

机械工业出版社

本书是为适应电子技术实验教学改革的需要,在总结多年教学经验的基础上编写而成的。主要内容包括电子技术实验基础知识、模拟电子技术基础实验、数字电子技术基础实验、电子技术综合设计型实验、计算机辅助分析与设计、可编程逻辑器件与 EDA 实验。

本书安排了较多不同层次的实验内容,涵盖基础型、综合设计型和 EDA 实验三个方面,对涉及的实验原理、仿真软件和 EDA 工具均进行了较为系统的介绍。

本书可作为高等院校电气信息类各专业电子技术实验和课程设计教材,也可供从事电子技术专业的技术人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术实验教程/王萍主编. —北京:机械工业出版社, 2009.1
普通高等教育“十一五”规划教材
ISBN 978-7-111-26085-1

I. 电… II. 王… III. 电子技术 - 实验 - 高等学校 - 教材 IV. TN - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 006693 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王保家 责任编辑:王保家 谷玉春 版式设计:张世琴

责任校对:李秋荣 封面设计:王洪流 责任印制:邓 博

北京机工印刷厂印刷

2009 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 14.5 印张 · 357 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-26085-1

定价: 25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379711

封面无防伪标均为盗版

全国高等学校电气工程与自动化系列教材 编 审 委 员 会

主任委员 汪 樾生 浙江大学
副主任委员 (按姓氏笔画排序)

王兆安 西安交通大学
王孝武 合肥工业大学
田作华 上海交通大学
刘 丁 西安理工大学
陈伯时 上海大学
郑大钟 清华大学
赵光宙 浙江大学
赵 曜 四川大学
韩雪清 机械工业出版社

委 员 (按姓氏笔画排序)

戈宝军	哈尔滨理工大学	方 敏	合肥工业大学
王钦若	广东工业大学	白保东	沈阳工业大学
吴 刚	中国科技大学	张化光	东北大学
张纯江	燕山大学	张 波	华南理工大学
张晓华	哈尔滨工业大学	杨 耕	清华大学
邹积岩	大连理工大学	陈 冲	福州大学
陈庆伟	南京理工大学	范 瑜	北京交通大学
夏长亮	天津大学	章 兢	湖南大学
萧蕴诗	同济大学	程 明	东南大学
韩 力	重庆大学	雷银照	北京航空航天大学
熊 蕊	华中科技大学		

本教材由汪樾生教授担任主编，负责全书的策划、组织、协调和统稿工作。在编写过程中，得到了许多同行专家的指导和帮助，特别是机械工业出版社的编辑们，为本书的出版付出了辛勤的劳动，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

序

随着科学技术的不断进步，电气工程与自动化技术正以令人瞩目的发展速度，改变着我国工业的整体面貌。同时，对社会的生产方式、人们的生活方式和思想观念也产生了重大的影响，并在现代化建设中发挥着越来越重要的作用。随着与信息科学、计算机科学和能源科学等相关学科的交叉融合，它正在向智能化、网络化和集成化的方向发展。

教育是培养人才和增强民族创新能力的基础，高等学校作为国家培养人才的主要基地，肩负着教书育人的神圣使命。在实际教学中，根据社会需求，构建具有时代特征、反映最新科技成果的知识体系是每个教育工作者义不容辞的光荣任务。

教书育人，教材先行。机械工业出版社几十年来出版了大量的电气工程与自动化类教材，有些教材十几年、几十年长盛不衰，有着很好的基础。为了适应我国目前高等学校电气工程与自动化类专业人才培养的需要，配合各高等学校的教学改革进程，满足不同类型、不同层次的学校在课程设置上的需求，由中国机械工业教育协会电气工程及自动化学科教育委员会、中国电工技术学会高校工业自动化教育专业委员会、机械工业出版社共同发起成立了“全国高等学校电气工程与自动化系列教材编审委员会”，组织出版新的电气工程与自动化类系列教材。这类教材基于“**加强基础，削枝强干，循序渐进，力求创新**”的原则，通过对传统课程内容的整合、交融和改革，以不同的模块组合来满足各类学校特色办学的需要。并力求做到：

1. 适用性：结合电气工程与自动化类专业的培养目标、专业定位，按技术基础课、专业基础课、专业课和教学实践等环节，进行选材组稿。对有的具有特色的教材采取一纲多本的方法。注重课程之间的交叉与衔接，在满足系统性的前提下，尽量减少内容上的重复。

2. 示范性：力求教材中展现的教学理念、知识体系、知识点和实施方案在本领域中具有广泛的辐射性和示范性，代表并引导教学发展的趋势和方向。

3. 创新性：在教材编写中强调与时俱进，对原有的知识体系进行实质性的改革和发展，鼓励教材涵盖新体系、新内容、新技术，注重教学理论创新和实践创新，以适应新形势下的教学规律。

4. 权威性：本系列教材的编委由长期工作在教学第一线的知名教授和学者组成。他们知识渊博，经验丰富。组稿过程严谨细致，对书目确定、主编征集、资料申报和专家评审等都有明确的规范和要求，为确保教材的高质量提供了有

力保障。

这套教材的顺利出版,先后得到全国数十所高校相关领导的大力支持和广大骨干教师的积极参与,在此谨表示衷心的感谢,并欢迎广大师生提出宝贵的意见和建议。

这套教材的出版如能在转变教学思想、推动教学改革、更新专业知识体系、创造适应学生个性和多样化发展的学习环境、培养学生的创新能力等方面收到成效,我们将会感到莫大的欣慰。

全国高等学校电气工程与自动化系列教材编审委员会

汪 桢 生 陈 永 时 郑 大 钟

编 者

2008年7月

前 言

电子技术实验是对电气信息类学生进行综合能力培养的实践课程,是培养学生应用电子技术基础知识分析和解决实际工程问题能力的重要教学环节。本书按照循序渐进的原则,将电子知识的理论与实践、基础与综合、经典与现代有机地结合在一起。注重先进 EDA 仿真软件的运用,使学生能够紧跟最新技术,增强解决实际问题的能力,从而实现提高实践教学效率和效果、培养学生工程素质和创新意识的目标。

全书共 6 章。第 1 章为电子技术实验基础知识,包括实验基本程序和常用实验仪器介绍等。第 2、3 章分别为模拟和数字部分基础型实验,包括验证性和设计性实验。通过典型电路的学习、训练,使学生掌握和巩固基本知识、实验方法和技能。实验中安排的应用实例和应用设计,如光电开关、有线对讲机电路以及三人抢答电路、步进电动机数字控制电路等,可使学生在了解实际应用的基础上,提高学习的兴趣和热情。第 4 章为综合设计型实验,实验内容和实验方式以启发和开拓学生思路、提高自主设计与调试能力为目标。第 5、6 章涉及 EDA 技术的基本应用,仿真实验以使学生了解和掌握电子电路的基本仿真方法为重点;可编程逻辑器件与 EDA 实验以使学生掌握现代电子设计方法及其应用为目的,安排的设计型实验,如汽车尾灯控制电路、电梯控制电路等,有利于加快培养学生利用 EDA 技术解决实际问题的能力。书中较为系统地介绍了 EDA 软件的使用,这部分内容学生应以自学为主。

全书按基础型实验、综合设计型实验、EDA 实验三个方面展开,其中 EDA 实验内容可与基础型实验、综合设计型实验同步进行。对于基础型实验,书中给出实验原理、参考电路和实验内容等,学生可以自学并独立完成实验;应用实例和应用设计为选作内容,有兴趣的同学视实验完成情况可课上或课外完成;综合设计型实验(包括 EDA 设计型实验)作为电子技术课程设计的课题,需在教师的指导下,由学生自行设计并独立完成。全书按照实验单独设课的要求编排实验内容,为了适应不同教学学时、教学条件的需要,书中安排了较多的实验题目,任课教师可以因材施教,有选择性地安排实验内容。

参加本书编写工作的教师有许雪莹(第 1 章、附录)、王萍(第 2、3、4 章)、李斌(第 5、6 章)。全书由王萍教授统稿。赵腊月教授担任主审,他认真审阅了书稿,并提出修改意见。李国峰教授对部分章节特别是 VHDL 语言应用提出许多中肯的意见。郭翠双、张敬海、周彦荣对书中 VHDL 程序进行了全面调试。在此一并表示感谢。

编 者

2008 年 7 月

目 录

序

前言

第1章 电子技术实验基础知识	1
1.1 电子技术实验基本程序	1
1.1.1 电子技术实验的任务	1
1.1.2 电子技术实验的操作规程	1
1.1.3 实验报告的撰写	2
1.2 常用实验仪器简介	2
1.2.1 LPS305 直流稳压电源	2
1.2.2 TFG2006V-6MHz 信号发生器	4
1.2.3 SS-7802A 示波器	7
1.2.4 万用表	9
1.2.5 交流毫伏表	10
1.2.6 电子技术综合实验箱	11
1.3 基本元器件	15
1.3.1 电阻和电容	15
1.3.2 二极管和晶体管	16
1.3.3 常用集成电路应用基础	17
1.4 EDA 技术简介	18
第2章 模拟电子技术基础实验	20
2.1 实验1 常用电子实验仪器的使用	20
2.2 实验2 共射极单管放大器	21
2.3 实验3 负反馈放大电路	26
2.4 实验4 集成功率放大电路	31
2.5 实验5 基本运算电路	35
2.6 实验6 波形产生电路	40
2.7 实验7 有源滤波器设计	43
2.8 实验8 直流稳压电源	48
第3章 数字电子技术基础实验	53
3.1 实验1 集成逻辑门的测试	53
3.2 实验2 小规模数字集成电路组合逻辑 电路设计	56
3.3 实验3 常用中规模集成组合逻辑电路	59
3.4 实验4 触发器	62
3.5 实验5 计数器及其应用	66
3.6 实验6 555 定时器及应用	72
3.7 实验7 D/A、A/D 转换器	77
第4章 电子技术综合设计型实验	83
4.1 综合设计的一般方法	83
4.2 设计型实验举例	85
4.3 设计1 晶体管特性曲线测试电路	94
4.4 设计2 实用低频功率放大器	96
4.5 设计3 数控直流稳压电源	98
4.6 设计4 数字脉搏计	100
4.7 设计5 数字电子钟	102
4.8 设计6 乒乓球游戏机	103
第5章 计算机辅助分析与设计	105
5.1 电路仿真 PSpice	105
5.1.1 PSpice 仿真软件	105
5.1.2 PSpice 仿真实验	118
5.2 Multisim 仿真	123
5.2.1 Multisim 仿真软件	123
5.2.2 Multisim 仿真实验	137
第6章 可编程逻辑器件与 EDA 实验	142
6.1 可编程逻辑器件简介	142
6.1.1 复杂可编程逻辑器件	144
6.1.2 现场可编程逻辑器件	146
6.2 VHDL 语言简介	148
6.2.1 常用结构和语法	149
6.2.2 编程概述	166
6.3 EDA 工具软件	172
6.3.1 MAX + plus II	172
6.3.2 Quartus II	178
6.4 可编程逻辑器件实验	186
6.4.1 实验1 多选一数据选择器设计	186
6.4.2 实验2 D 触发器电路设计	187
6.4.3 实验3 数字频率计设计	188
6.4.4 实验4 汽车尾灯控制电路	193
6.4.5 实验5 步进电动机控制电路	197
6.4.6 实验6 交通灯控制电路	201
6.4.7 实验7 电梯控制电路	205
附录 实验室常用的集成电路芯片及 引脚排列	215
参考文献	224

第1章 电子技术实验基础知识

1.1 电子技术实验基本程序

1.1.1 电子技术实验的任务

电子技术基础是一门实践性很强的课程，它的任务是使学生获得电子技术方面的基础理论、基本知识和基本技能，培养学生分析问题和解决问题的能力。电子技术基础教学通常包括模拟电子技术基础、数字电子技术基础和电子技术课程设计等内容。

对于电子技术基础这样一门具有工程特点和实践性很强的课程，加强工程训练，特别是技能的培养，对于培养工程技术人员的素质和能力具有十分重要的作用。为此，应加强各种形式的实践环节。

电子技术实验可分为基础型实验和综合设计型实验。

1) 基础型实验主要是为加强理论论证和实际技能的培养奠定基础。这类实验除了巩固加深某些重要的基础理论外，主要帮助学生认识现象，掌握电子技术的基本知识、基本方法和基本技能。基础型实验以单元电路为主，同时安排一定的设计项目实验，以培养学生灵活运用知识的能力。

2) 综合设计型实验，即课程设计，对于学生来说既有综合性又有探索性。它主要侧重于某些理论知识的灵活运用，例如，完成特定功能的电子电路和系统的设计、安装和调试等。要求学生在教师的指导下独立进行查阅资料、设计方案与组织实验等工作，并写出设计报告。这类实验对于提高学生的素质和科学实验能力非常有益。

为了培养 21 世纪电子技术人才和适应电子信息时代的要求，除了完成常规的硬件实验外，在电子技术实验中引入了电子电路计算机辅助分析与设计、可编程逻辑器件与 EDA 实验等。

总之，在电子技术实验中应突出基本技能、综合应用能力、创新能力和计算机应用能力的培养，以适应培养 21 世纪人才的要求。

1.1.2 电子技术实验的操作规程

尽管电子技术各个实验的目的和内容不同，但为了培养学生的好习惯，充分发挥学生的主观能动性，促使学生独立思考、独立完成实验并有所收获，特作如下规定：

实验前要对实验内容进行预习。明确实验目的，掌握有关电路的基本原理（课程设计要完成设计任务），拟出实验方法和步骤，设计实验表格，对思考题做出解答，初步估算实验（包括参数和波形）结果，最后作出预习报告。

实验中的要求：

- 1) 参加实验者要自觉遵守实验室规则。
- 2) 参加实验者要有预习报告，根据实验内容，按实验方案连接并测试电路。

3) 认真记录实验条件、实验数据、波形,发生故障独立思考,并记录下发生故障的原因,排除故障的过程和方法。

4) 如设备或元器件发生故障,应立即切断电源,报告老师等待处理。

5) 实验结束时,将数据报送指导教师,教师同意后方可拆除线路,清理现场后离开实验室。

注意:在发生故障或修改线路时,务必切断电源,不可带电操作。

1.1.3 实验报告的撰写

学生在完成每个实验后,均须撰写实验报告。撰写实验报告是实验教学中的重要环节,是培养学生科学实验的总结能力和分析思维能力的有效手段,也是一项重要的基本功训练。报告内容应包括实验目的、实验内容、实验原理、实验电路、实验使用仪器和元器件、实验结果以及分析讨论等。

实验报告应由设计报告(设计型实验)、实验过程记录、总结报告三部分组成。

(1) 设计报告

1) 确定电路结构,画出电路原理图。

2) 根据设计要求选择元器件及参数。模拟电路给出参数的计算过程;数字电路给出设计过程。

3) 拟出实验步骤,说明各指标的测量方法。

(2) 实验过程记录

1) 实验原始数据的记录是科学实验的重要环节,因此要记录的实验数据应真实、详尽、可靠,不可随意凑数或推算。

2) 简单描述实验步骤,实验过程中出现的故障、发现的问题及解决的方法。

例如,实验过程中,发现测量结果与预想的发生矛盾,通过检查电路,发现某块电路接错,或某元器件、某导线故障,逐一排除,改正或更换后,重新测量。

(3) 总结报告

1) 电路图及参数。

2) 测试方法及测量结果。

3) 测量结果分析。

4) 实验过程中的收获及体会。

实验报告是一份技术总结,是成功实验的答卷。报告要用规定的实验报告纸书写,要求内容齐全、表达清楚,文字、图表简洁、工整。

1.2 常用实验仪器简介

1.2.1 LPS305 直流稳压电源

LPS305 直流稳压电源的前面板示意图如图 1-1 所示。

该设备能提供以下直流电压:

+3.3V/+5V 固定电压;

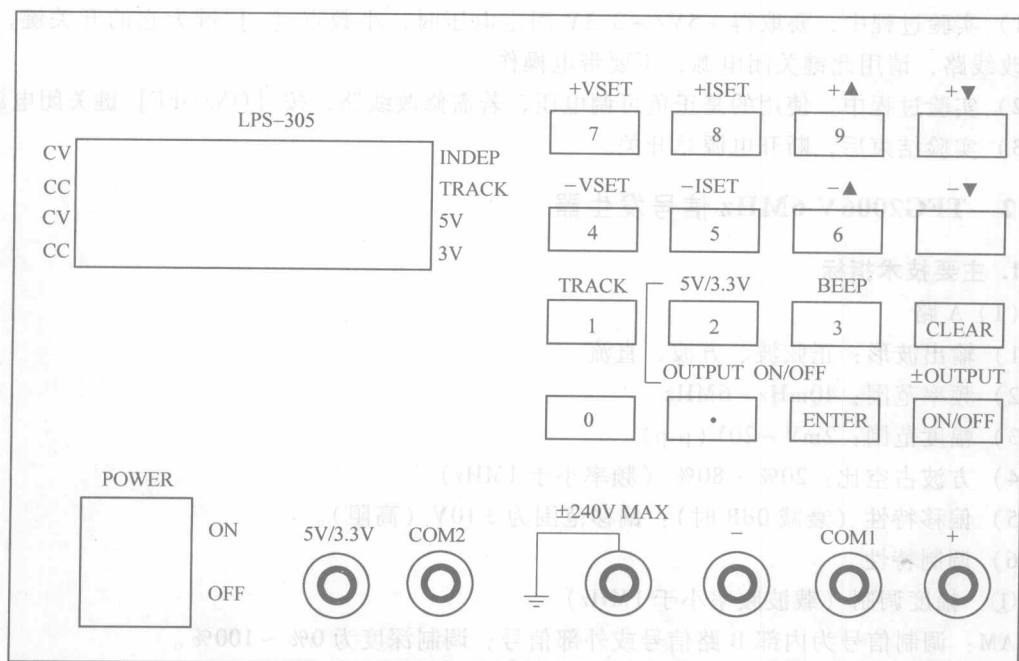


图 1-1 直流稳压电源前面板示意图

0 ~ 32V、-32 ~ 0V 两组连续可调电压。

(1) 起始条件

开机后，仪器会自行诊断，不输出。显示器上有“ALL OUTPUT OFF”（暂停输出）信号，并有 +VSET 和 -VSET 的值，此值为上次开始使用至关机前设定的数值。

(2) 使用步骤

1) 要取得 +5V/+3.3V 的固定电压，先将电源开关打开，按小数点【.】键（即小数点【.】键为 +5V/+3.3V 的开关键），若显示器右侧 5V 旁边的四方点闪烁，这时从“5V/3.3V”端子与“COM2”端子之间输出 5V 电压；若 3.3V 旁边的四方点闪烁，这时从“5V/3.3V”端子与“COM2”端子之间输出 3.3V 电压。5V 与 3.3V 电压转换通过数字键【2】完成。

2) 要取得正负可调电压，先将电源开关打开，要想得到正电压，按 +VSET 设定键【7】，然后用数字键输入所需要的电压值，按【ENTER】键，再按 OUTPUT 键【ON/OFF】，这时从“+”端子与“COM1”端子之间输出所设定的电压。要想得到负电压，按 -VSET 设定键【4】，其余操作方法相同，这时从“-”端子与“COM1”端子之间输出所设定的电压。还可通过【+▼】、【-▼】、【+▲】、【-▲】键对所设定的电压进行微调。

3) 要取得双电源电压，只需设定一个正电压值，显示器右侧 TRACK 旁边四方点闪烁，则为双电源输出。若 INDEP 旁边的四方点闪烁，则只为正电源输出，这时按 TRACK【1】键，显示器右侧 TRACK 旁边四方点闪烁，即为双电源输出（“+”端与“COM1”端为正电源，“-”端与“COM1”端为负电源）。

注意事项:

- 1) 实验过程中,要取得 +5V/+3.3V 固定电压时,小数点【.】键为它的开关键,若需修改线路,请用此键关闭电源,不要带电操作。
- 2) 实验过程中,使用的是正负可调电压,若需修改线路,按【ON/OFF】键关闭电源。
- 3) 实验结束后,断开电源总开关。

1.2.2 TFG2006V-6MHz 信号发生器

1. 主要技术指标

(1) A 路

- 1) 输出波形: 正弦波、方波、直流
- 2) 频率范围: 40mHz ~ 6MHz
- 3) 幅度范围: 2mV ~ 20V (p-p)。
- 4) 方波占空比: 20% ~ 80% (频率小于 1MHz)
- 5) 偏移特性 (衰减 0dB 时): 偏移范围为 $\pm 10V$ (高阻)。
- 6) 调制特性

① 幅度调制 (载波频率小于 1MHz)

AM: 调制信号为内部 B 路信号或外部信号; 调制深度为 0% ~ 100%。

ASK: 载波幅度和跳变幅度任意设定; 交替速率为 0.1 ~ 6500ms。

② 频率调制 (载波频率小于 1MHz)

FM: 调制信号为内部 B 路信号或外部信号; 调制频偏为 0% ~ 20%。

FSK: 载波幅度和跳变幅度任意设定; 交替速率 0.1 ~ 6500ms。

③ 相位调制 (载波频率小于 1MHz)

PSK: 相移范围为 $0^\circ \sim 360^\circ$; 分辨率为 11.25° ; 交替速率为 0.1 ~ 6500ms。

④ 猝发调制 (猝发信号频率小于 40kHz)

猝发计数: 1 ~ 65000 个周期。

猝发信号间隔时间: 0.1 ~ 6500ms。

猝发方式: 连续猝发、单次猝发、门控输出。

7) 扫描特性: 频率和幅度线性扫描, 扫描过程可随时停止并保持, 可手动逐点扫描。

扫描范围: 扫描起点和终点任意设定。

扫描步进量: 大于分辨率的任意值。

扫描速率: 10 ~ 6500ms/步进。

扫描方式: 正向扫描、反向扫描、单次扫描、往返扫描。

8) 存储特性

存储参数: 信号的频率值和幅度值。

存储容量: 40 个信号。

重现方式: 全部存储信号依次重现。

(2) B 路

1) 输出波形: 正弦波、三角波、方波、锯齿波、阶梯波等 32 种波形。

2) 频率范围: 正弦波为 10mHz ~ 6MHz; 其他波形为 10mHz ~ 50kHz。

3) 幅度范围为 $100\text{mV} \sim 20\text{V}(\text{p-p})$, 输出阻抗为 50Ω 。

(3) TTL 输出

1) 波形特性: 方波上升下降时间小于等于 20ns 。

2) 频率特性: 同 A 路输出。

3) 幅度特性: TTL 兼容, 低电平小于 0.3V , 高电平大于 4V 。

2. 使用说明

TFG2006V-6MHz 信号发生器前面板示意图如图 1-2 所示。

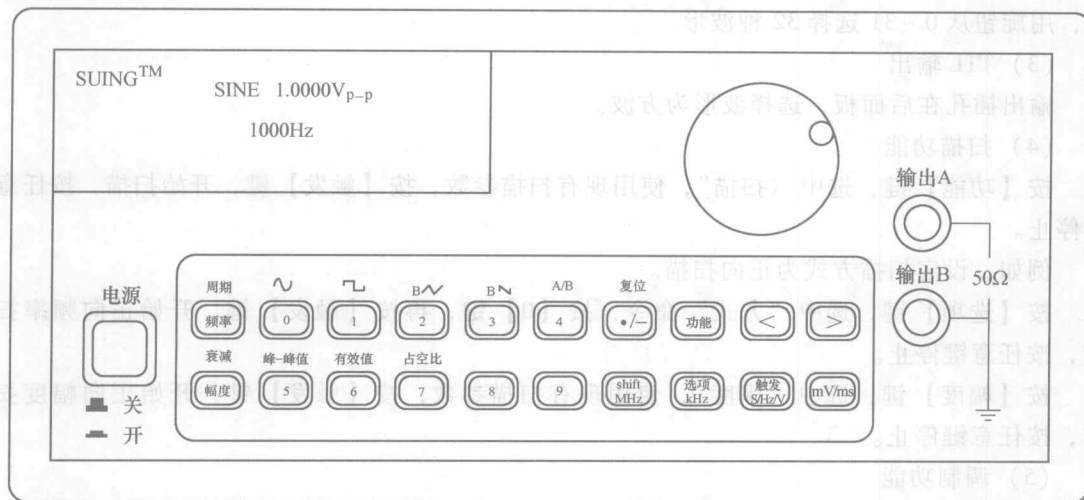


图 1-2 信号发生器前面板示意图

开机接通电源, 机器进入复位初始化状态, 显示出当前 A 路正弦波频率及幅度值 (1kHz , $1\text{V}_{\text{p-p}}$)。按【功能】或【选项】键, 可以进入菜单显示。在任何时候只要顺序按【Shift】+【复位】键, 即可回到复位初始化状态。

(1) A 路波形、频率、幅度等的设定

1) 设定频率为 $x.x\text{kHz}$, 幅度为 $x.x\text{V}(\text{p-p})$, 占空比为 60% 的方波。

顺序按【Shift】+【1】键确定波形, 顺序按【频率】+【x】+【.】+【x】+【kHz】键确定频率, 顺序按【幅度】+【x】+【.】+【x】+【V】键确定幅值, 顺序按【Shift】+【7】+【6】+【0】键确定方波的占空比。

注意: 若不输入占空比, 其占空比为 50%。

2) 设定频率为 $x.x\text{kHz}$ 、幅度为 $x.x\text{V}_{\text{rms}}$ (rms 表示有效值) 的正弦波。

顺序按【Shift】+【0】键确定波形, 顺序按【频率】+【x】+【.】+【x】+【kHz】键确定频率, 顺序按【幅度】+【Shift】+【6】键确定是有效值, 顺序按【x】+【.】+【x】+【V】键确定幅值。

3) 设定周期为 $x\text{ms}$, 顺序按【Shift】+【频率】+【x】+【ms】键即可; 衰减选择: 选择固定衰减 0dB (开机或复位后选择 AUTO), 顺序按【Shift】+【衰减】+【0】+【触发】键即可; 偏移设定: 在衰减选择 0dB 时, 设定直流偏移值 -1V , 按【选择】键出现“CHA OFFSET 0.00V”时, 顺序按【-】+【1】+【V】键。

注意：频率、幅度微调，可按【频率】键或【幅度】键后，按【<】键或【>】键使光标指向需要调节的数字位，左右转动旋钮可使数字增大或减小，并能连续进位或借位，由此可粗调或细调频率或幅度。

(2) B 路功能设定

1) 选择正弦波、方波、三角波、锯齿波：顺序按【Shift】+【0】键，顺序按【Shift】+【1】键，顺序按【Shift】+【2】键，顺序按【Shift】+【3】键。

2) 可选择 32 种波形：按【选项】键，选中“B 路波形”，按【<】键使光标指向个位数，用旋钮从 0~31 选择 32 种波形。

(3) TTL 输出

输出插孔在后面板，选择波形为方波。

(4) 扫描功能

按【功能】键，选中“扫描”，使用现有扫描参数，按【触发】键，开始扫描，按任意键停止。

例如，设定扫描方式为正向扫描。

按【选项】键，选中“方式”命令，按【0】键，再按【触发】键，开始正向频率扫描，按任意键停止。

按【幅度】键，选中“幅度”，使用现有扫描参数，按【触发】键，开始正向幅度扫描，按任意键停止。

(5) 调制功能

按【功能】键，选中“调制”，按【触发】键，开始频率调制 (FM ON)。

例如，设定调制频偏为 5%。

按【选项】键，选中“频偏”，顺序按【5】+【Hz】键，再按【幅度】键，选中“幅度”，按【触发】键，开始幅度调制 (FM ON)。

例如，设定调制深度为 50%。

按【选项】键，选中“深度”，顺序按【5】+【0】+【Hz】键。

(6) 猝发功能

按【功能】键，选中“猝发”，改变猝发参数。

例如，设定猝发周期数为 1 个周期。

按【选项】键，选中“计数”，顺序按【1】+【Hz】+【触发】键，开始猝发计数输出，按任意键停止。

例如，设定单次猝发。

按【选项】键，选中“单次”，每按一次【触发】键，输出一次。

(7) 键控功能

按【功能】键，选中“键控”，使用现有键控参数。按【触发】键，开始 FSK 输出，按任意键停止。

例如，设定相移度数为 90°。

按【选项】键，选中“相移”命令，顺序按【9】+【0】+【Hz】+【触发】键，开始 PSK 输出，按任意键停止。

按【幅度】键，选中“幅度”命令，使用现有键控参数。按【触发】键，开始 ASK 输

出,按任意键停止。

1.2.3 SS-7802A 示波器

示波器用于显示和测量随时间变化的电信号波形,是一种综合性的测量仪器。下面以 SS-7802A 为例介绍示波器的使用方法。

1. 面板功能

示波器的前面板示意图如图 1-3 所示。

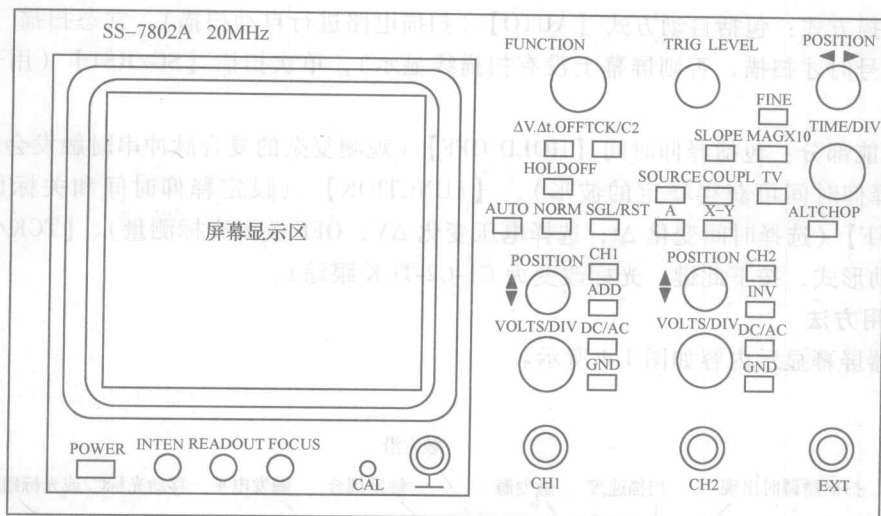


图 1-3 示波器前面板示意图

1) 电源开关【POWER】:用于开启电源或进入预备状态。

2) 屏幕灰度等的调整:包括读出【READOUT】(屏幕上的文字显示)、辉度【INTEN】(控制光点和扫描线的亮度)、聚焦【FOCUS】(将扫描线聚焦到最清晰状态)旋钮。

3) 校准部分:包括校准信号【CAL】(输出频率为 1kHz,峰-峰值为 0.6V 的方波信号),【 $\perp$ 】(接地)测量时的接地点。

4) 垂直部分:包括外触发【EXTTRIG】(作为外触发信号和水平信号的公共输入端),位移【POSITION】(调节扫描线或光点的垂直位置),衰减开关【VOLTS/DIV】(垂直偏移灵敏度调节,从 2mV/DIV ~ 5V/DIV),垂直通道 1 和 2【CH1, CH2】,选择开关【DC/AC】(交流-直流耦合选择开关,即 AC 为信号通过电容输入;DC 为信号直接输入),接地【GND】(为放大器的输入端接地),叠加【ADD】(显示 CH1 和 CH2 输入电压的代数和),反相开关【INV】键(CH2 信号被反相)。

5) 水平部分:包括位移旋钮【POSITION】(调节扫描线或光点的水平位置),扫速开关【TIME/DIV】(选择扫描时间因数,按下后再旋转则为微调,数值前显示“>”),扩展控制【MAG $\times 10$ 】(扫描因数 $\times 10$ 扩展),扫描微调【FINE】键,交替和断续开关【ALT CHOP】键(两路信号交替和断续显示)。

6) 触发部分:包括触发电平旋钮【TRIG LEVEL】键(调节被测信号在某电平触发同步),触发极性选择开关【SLOPE】(选择信号的上升沿和下降沿触发),触发源选择开关

【SOURCE】（选择触发信号源），耦合选择开关【COUPL】（选择触发信号与触发电路之间的耦合方式，也可选择 TV 同步触发电路的连接方式），指示灯【TRIG'D】（产生触发脉冲时此灯亮，此时所示的波形稳定），指示灯【READY】（等待触发脉冲时此灯亮），电视同步开关【TV】（观察电视信号的波形）。

7) 水平显示：包括主扫描方式【A】（用于一般波形的观察），X-Y 控制键【X-Y】（以 CH1 输入信号作为触发源信号，在 X-Y 工作时，该信号接到 X 轴上，此模式适用于观测磁滞曲线、李沙育图形等）。

8) 扫描方式：包括自动方式【AUTO】（扫描电路进行自动扫描），常态扫描【NORM】（有触发信号时才扫描，否则屏幕上没有扫描线显示），单次扫描【SG/RST】（用于单次扫描启动）。

9) 功能部分：包括释仰时间【HOLD OFF】（观测复杂的复合脉冲串时触发会出现不稳定，调节释仰时间可获得稳定的波形），【FUNCTION】（设定释仰时间和光标位置等），【 ΔV - Δt -OFF】（选择时间变化 Δt ；选择电压变化 ΔV ；OFF 关闭光标测量）、【TCK/C2】（选择光标移动形式，按下此键，光标改变为 C1-C2-TCK 跟踪）。

2. 使用方法

示波器屏幕显示内容如图 1-4 所示。

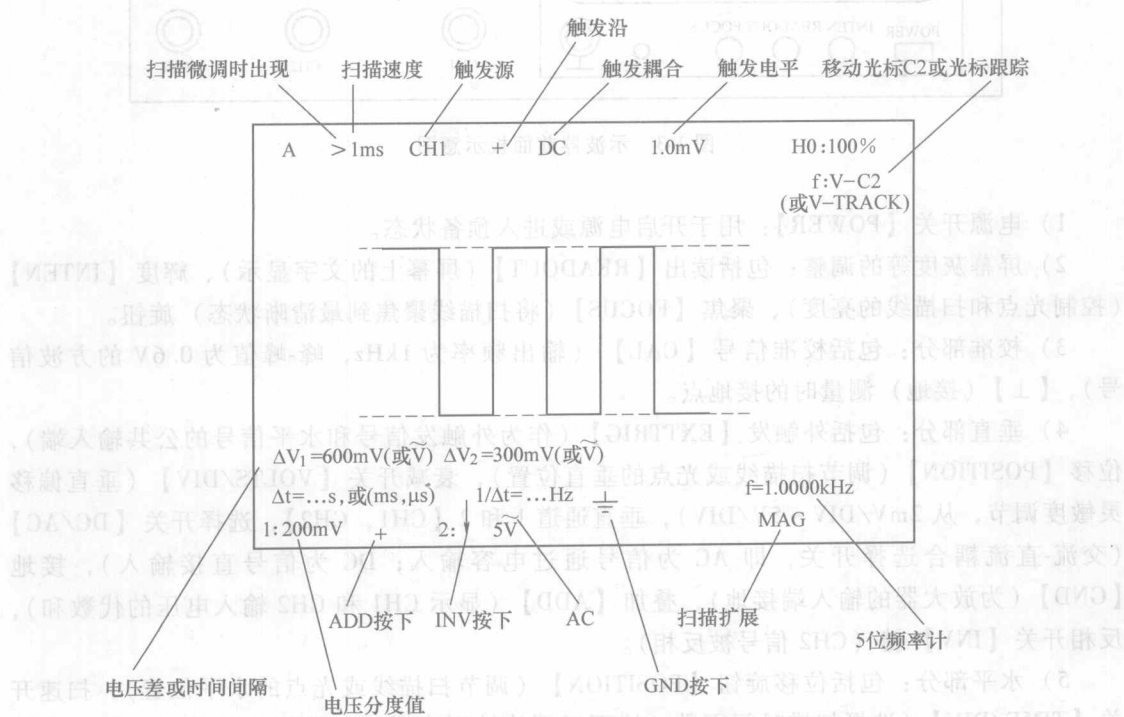


图 1-4 示波器屏幕显示内容

(1) 直流电压的测量

首先使屏幕上显示一条水平扫描线，按下【GND】，使扫描线调到零电平，此时，显示的扫描线为零电平参考基准线。再将开关【DC/AC】置于“DC”，输入端加上被测信号，

此时, 开关【V/DIV】所指的数值与信号在 Y 轴上位移的格数相乘, 即为被测信号的直流电压。高于此基准线为正值, 否则为负值。例如, 被测电压距基准线正上方为 3DIV, “V/DIV” 处于 2V, 被测直流电压为 +6V, 即 $3\text{DIV} \times 2\text{V/DIV} = 6\text{V}$ 。

(2) 交流电压的测量

当被测信号为交流电压时, 将输入开关【DC/AC】置于“AC”, 观察屏幕上信号波形在 Y 轴上显示的格数, 被测电压的峰-峰值即为“V/DIV”开关所指的数值与信号在 Y 轴上显示的格数的乘积。

(3) 时间和频率的测量

“TIME/DIV”开关所指的数值与波形在 X 轴上两点间所占的格数的乘积, 即为被测信号波形两点间的时间间隔, 若两点间为被测波形的重复间隔, 即为周期, 周期的倒数即为被测信号的频率。

(4) 【FUNCTION】在光标测量中的功能及使用

1) 按下【 ΔV - Δt -OFF】, 以选择 Δt (时间间隔测量), ΔV (电压差测量) 或 OFF (关闭测量)。当选择 Δt 时, 屏幕显示两条竖直的测量光标 H1、H2; 选择 ΔV 时, 屏幕显示两条水平的测量光标 V1、V2。

2) 转动【FUNCTION】可调整光标位置。每旋转一次, 测量光标按原转动方向移动一步, 单次或连续按下【FUNCTION】键, 光标将快速移动。

3) ΔV 的测量: 按【 ΔV - Δt -OFF】键以选择 ΔV 方式, 此时屏幕下方倒数第 2 行显示 $\Delta V1 = \dots \text{V}$, $V2 = \dots \text{V}$ 。按【TCK/C2】键选择 V-TRACK (光标跟踪方式), 屏幕右上角显示 f: V-TRACK, 此时移动【FUNCTION】键, 两水平测量光标 V1、V2 同时移动; 再按【TCK/C2】键, 选择 V-C2 (只移动光标 V2) 或 V-C1 (只移动光标 V1), 屏幕右上角显示 f: V-C2 或 V-C1, 转动【FUNCTION】键, 移动 V1 移至一测量点, 将 V2 移至另一测量点, 被测波形两测量点之间的电压差即显示在屏幕下方, $\Delta V1$ 为 CH1 信号的测量值, $\Delta V2$ 为 CH2 信号的测量值。

4) Δt 的测量: 按【 ΔV - Δt -OFF】键以选择 Δt 方式, 此时屏幕下方倒数第 2 行显示 $\Delta t = \dots \text{s}$, (ms, μs) $1/\Delta t = \dots \text{Hz}$, 用与 ΔV 测量类似操作方法调节竖直光标, 被测两点间的时间差 Δt (s, ms, μs) 显示在屏幕下方, $1/\Delta t$ 为其倒数。

5) 频率测量: 屏幕下方倒数第 2 行右侧为 5 位频率计, 为 CH1、CH2 输入信号频率。

注意事项:

1) 只有通道选择为显示状况下, 输入信号才能显示; 如通道选择为不显示状况下, 输入信号不能显示。当所有通道 (CH1、CH2 和 ADD) 都被关闭时, 屏幕自动选择显示 CH1。

2) 要选择同步触发源: 显示通道 CH1, 选择触发源 CH1; 显示通道 CH2, 选择触发源 CH2; 显示通道 CH1、CH2, 选择触发源 CH1。否则, 观测的波形不稳或频率不显示。

1.2.4 万用表

JT-178 系列数字万用表具有多种功能, 可以测量交直流电压/电流、电阻、电容、二极管正向压降, 具有电路通断以及自动极性显示、超量程提示、电池低电压提示、过载保护等功能。

直流电压的量程: 200mV、2V、20V、200V、1000V

交流电压的量程: 200mV、2V、20V、200V、750V