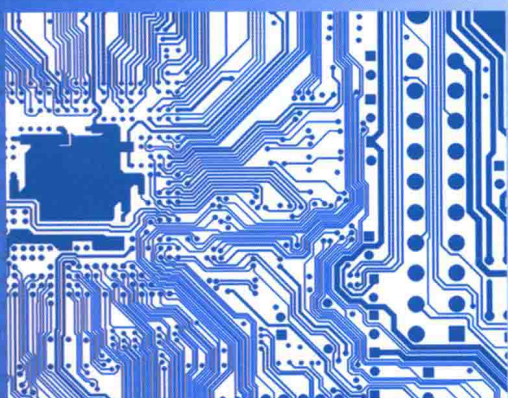




普通高等教育“十二五”规划教材



电子电路 实验与能力训练

DIANZI DIANLU

SHIYAN YU NENGLI XUNLIAN

刘一清 劳五一 丰颖 编著
沈昕 陈雪皎



科学出版社

电子电路实验与能力训练

刘一清 劳五一 丰颖 编著
沈昕 陈雪皎

科学出版社
北京

内 容 简 介

本书编写基于“理解基本概念—掌握基本方法—培养基本技能—发展综合设计能力—提炼专业思维”这一教学指导思想,突破了传统电子电路实验教材以“面包板”为核心的方式,本书设计了专用的实验电路板,锻炼学生自己动手规划实验方案、购买电子元器件、焊接和调试电路板。本书知识体系完整,由浅入深,基本实验完成后数字部分可以展现出一个简易的“药品生产线控制器”,模拟部分可以展现出一个简易的“电子琴”。这是一种“引领式”教学模式,一个目标把所有的验证性教学活动串联起来,让学生在动手中理解概念,在动手中掌握方法,在动手中培养能力,在动手中体会逻辑思维。

本书适合作为“电类”(电子工程、电信工程、电机工程、计算机工程和通信工程)大学本科生的实验教材。

图书在版编目(CIP)数据

电子电路实验与能力训练 / 刘一清等编著. —北京:
科学出版社, 2016. 1

ISBN 978-7-03-045892-6

I. ①电... II. ①刘... III. ①电子电路—实验 IV.
①TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 234425 号

责任编辑: 郭建宇 崔慧娟
责任印制: 谭宏宇 / 封面设计: 殷 靓

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

南京展望文化发展有限公司排版

苏州市越洋印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 1 月第 一 版 开本: 889×1194 1/16

2016 年 1 月第一次印刷 印张: 17 1/4

字数: 539 000

定价: 65.00 元

前言

当今时代,新概念层出不穷,“云计算”、“物联网”还在云里雾里,又出现了“工业 4.0”和“互联网+”,4G 网络还远未进入人们的生活,5G 网络又出现了,信息和通信技术(ICT)的变化实在是太快了。有人说,1950 年以前知识的半衰期平均为 50 年,21 世纪知识的半衰期平均为 3.2 年,而 ICT 的半衰期为 1.8 年。果真是这样吗?从手机、电视机、家用电器及汽车等消费电子的角度看确实如此,你刚刚买了一部 iPhone5 还沉浸在喜悦之中,正准备在朋友面前秀一下时,发现他已经用上 iPhone6 了。但是,如果你是一位电子工程师,真正“本专业”的那种,剥开 iPhone 的外衣,用专业的眼光来扫描一下“肚皮里面”的内容,你就会发现它们并没有本质上的不同,都是电子元件(电阻、电容、电感和集成电路等),只是它们的体积越来越小而已。其核心元件“电子电路”的本质和机理也没有什么变化,与 30 年以前还是一样,变化的只是知识形态和应用。因此,我经常告诉我的学生,ICT 行业永葆青春也没有那么难,只要你真正把握了电子电路就可以了!消费电子产品,虽然它一会儿化为“云”,一会儿又幻作“雾”,那只是表象,它永远都是以晶体管(含 MOS 管)为细胞的电子电路,大胆预测至少 20 年内还不会发生变化。

大学中电子信息类专业是培养电子工程师和软件工程师的摇篮,电子电路基础教学的重要性显得尤为突出。因为只有彻底理解了电子电路的概念、原理、方法和思维,才能练就“穿云透雾”的火眼金睛。很多人割裂软件和硬件,抛开硬件(电子电路)谈什么“可信软件”,如果没有了状态机(数字电路的计数器),哪来软件和编程?

作为电子工程师,电子电路的要求分为四个递进的层次,第一层是专业基础知识,即本专业的基本概念、物理机理等。第二层是专业方法,是数学工具与本专业的概念和原理结合在一起,形成的独特的方法,例如布尔代数与晶体管特性的有机结合构造了计算机。第三层是专业能力,理解了专业概念,掌握了专业方法,如果头脑中还有那么一点想法,通过专业实践就可以设计电子产品、解决实际工程问题。第四层是专业思维,把这种专业能力深入骨髓,上升到哲学,转移到其他的非专业的应用。例如,数字电路中把千变万化的世界化作只有“0”和“1”,就包含了一个“化繁为简”的哲学思想,真值表的方法就包含了“全面看问题”的哲学思想,等等。

编写本书的目的在于践行电子电路的教学实践改革。我们为第一个层次的学习安排了验证性实验,有助于读者理解基本概念和基本原理;为第二个层次的学习安排了方法训练性实验;为第三个层次的学习安排了综合性实验。打破了电子电路基础实验的长期以来“面包板”模式,提出了以专用电路板为基础,充分发挥学生自主性的“引领模式”。此外,为了方便教学,书中仿真图与实际教学中所用电路仿真软件导出图片一致,保持了原汁原味。

本书是在科学出版社 2011 版《数字逻辑电路实验与能力训练》的基础上修改扩充,一方面,增加了模拟电路部分,从电路实践训练的角度更趋完善;另一方面,也结合这几年的实验教学反馈,进一步优化了数字电路部分,并增加了数字模拟综合实验内容。

第一篇(基础实验仪器的使用)由丰颖编写,她是一位有 28 年电子电路教学经验的资深工程师。第二篇(模拟电子电路)由劳五一编写,他是一位有 30 年教学经验的名师。第三篇第 13 章、第 14 章由陈雪皎编写,第 16 章由沈昕编写,第 17 章大部分内容由何金儿编写;模拟实验电路板由丰颖和劳五一设计;刘一清提出了全书的电路教学思想,编写了绪论、第三篇第 15 章、第四篇,设计了数字电路实验电路板,指导了第三篇的编写,并审阅了全书。在此对大家的努力表示感谢。是德科技有限公司对本书的出版给予了大力支持,在此表示衷心感谢!

刘一清

于华东师范大学樱桃河畔

2015 年 6 月

目 录

前言

绪论	1
0.1 电子电路实验的任务	1
0.2 电子电路的实验过程	2
0.3 实验预习	3
0.4 电子元件参数手册学习	4
0.5 电路原理图阅读	4
0.6 实验过程中的异常情况处理	6
0.7 实验故障排除	6
0.8 实验步骤的编制	6
0.9 实验数据表的设计	7
0.10 实验结果的处理	7
0.11 电子电路实验报告的撰写	8

第一篇 基础实验仪器的使用实验

第1章 直流电源的使用实验	10
1.1 实验目的	10
1.2 预习要求	10
1.3 SPD3303D 可编程线性直流电源	10
1.4 实验内容与步骤	14
1.5 实验器材	15
1.6 实验报告要求	15
1.7 思考题	15
第2章 万用表的使用实验	16
2.1 实验目的	16
2.2 预习要求	16
2.3 UT801 数字万用表	16
2.4 实验内容与步骤	19
2.5 实验器材	24

2.6	实验报告要求	24
2.7	思考题	24
第3章	示波器的使用实验	25
3.1	实验目的	25
3.2	预习要求	25
3.3	DSO-X_2012A 数字示波器	26
3.4	实验内容和方法	51
3.5	实验器材	59
3.6	实验报告要求	59
3.7	思考题	59
第4章	信号发生器的使用实验	60
4.1	实验目的	60
4.2	预习要求	60
4.3	DSO-X_2012A 数字示波器内置信号源	60
4.4	实验内容和方法	64
4.5	实验器材	65
4.6	实验报告要求	65
4.7	思考题	65
第5章	电路板的焊接实验	66
5.1	实验目的	66
5.2	预习要求	66
5.3	焊接的相关知识	66
第二篇 模拟电子电路实验		
第6章	晶体管特性的鉴别和测试	74
6.1	半导体二极管实验	74
6.2	双极型晶体管实验	80
6.3	结型场效应管	87
第7章	直流电源电路	92
7.1	整流滤波电路实验	92
7.2	三端稳压器实验	94
第8章	放大电路	98
8.1	集成运算放大器实验	98
8.2	单电源集成运放放大器实验	105

8.3 单管共射放大器实验	107
8.4 射极跟随器实验	110
8.5 负反馈对放大电路性能影响的研究实验	111
8.6 晶体管差分放大电路实验	112
第9章 有源滤波器	115
9.1 二阶低通滤波器实验	115
9.2 二阶带通滤波器实验	117
第10章 信号发生器	119
10.1 桥式RC振荡器实验	119
10.2 电容三点式振荡器实验	121
10.3 方波和三角波发生器实验	122
第11章 功率放大器	126
11.1 OCL音频功率放大器实验	126
11.2 D类放大器实验	128
第12章 模拟电子电路综合设计	131
12.1 DC-DC变换器设计实验	131
12.2 跟踪直流稳压电源设计实验	133
12.3 AGC放大电路设计实验	133
12.4 助听器设计实验	134
12.5 音频功率放大器设计实验	135
12.6 简易电子琴设计实验	137
12.7 温度测量仪设计实验	139
12.8 电容测量仪设计实验	140

第三篇 数字电路实验

第13章 基本门电路外部特性的实验研究	145
13.1 基础TTL与非门电路	145
13.2 TTL门电路外部特性的研究实验	146
13.3 CMOS集成电路外部特性的研究实验	150
13.4 OC门和OD门特性研究实验	155
第14章 组合逻辑电路的实验和研究	159
14.1 基础知识	159
14.2 基本门电路组合实现逻辑功能的实验	160
14.3 通用逻辑门电路实现逻辑功能的实验	161

14.4	加法器的研究实验(算术运算函数)	163
14.5	比较器的研究实验(比较函数)	165
14.6	编码器的研究实验(编码函数)	165
14.7	译码器的研究实验(解码函数)	166
14.8	数据选择器的研究实验(数据选择函数)	167
14.9	代码转换函数的研究实验	169
14.10	冒险和竞争的研究实验	173
第15章 脉冲电路实验		178
15.1	基础知识	178
15.2	多谐振荡器与脉冲产生电路的实验研究	181
15.3	利用逻辑门构成多谐振荡器的实验研究	185
15.4	高精确秒脉冲发生器的实验研究	186
15.5	波形调整实验研究	188
第16章 时序电路实验		190
16.1	基础知识	190
16.2	锁存器构成和触发器特性研究实验	190
16.3	同步时序电路分析验证实验	194
16.4	时序电路设计验证实验	197
16.5	集成计数器应用研究实验	201
16.6	移位寄存器应用研究实验	204
16.7	有限状态机方法与编程实现	205
第17章 数字电路综合设计		210
17.1	数字电路设计步骤	210
17.2	自动售货机的设计	211
17.3	数字锯齿波波形发生器的设计	214
17.4	多功能数字电子钟的设计	217
17.5	汽车尾灯控制器的设计	219
17.6	十字路口交通灯控制器的设计	221
17.7	药片计数和装瓶系统的设计实验	224

第四篇 数模综合运用实验

第18章 万用红外遥控器的设计实验		228
18.1	实验目的	228
18.2	实验预习	228
18.3	实验原理	228
18.4	实验内容和要求	231

18.5	实验器材	231
第 19 章	一种简易无线数据通信电路设计	232
19.1	实验目的	232
19.2	实验预习	232
19.3	实验原理	232
19.4	实验内容和要求	238
19.5	实验材料	238
第 20 章	数控小功率音频功率放大器设计实验	239
20.1	实验目的	239
20.2	实验原理	239
20.3	实验内容和要求	240
20.4	实验材料	240
第 21 章	三相六拍电机控制器实验设计方案	241
21.1	实验目的	241
21.2	预习要求	241
21.3	实验原理	241
21.4	实验内容和要求	243
21.5	实验器材	243
附录一	模拟电子电路实验板原理图	244
附录二	模拟电子电路实验板印板图	251
附录三	模拟电子电路实验板装配图	252
附录四	数字电路实验板原理图	253
附录五	数字电路实验板印板图 top 层	263
附录六	数字电路实验板印板图 bottom 层	264
附录七	数字电路实验板安装图	265

绪 论

“电子电路”课程包含“模拟电子技术”和“数字逻辑电路技术”两门课程,是电子工程、自动化工程、通信工程、计算机工程和信息处理工程等专业的核心基础课程,它既是一门抽象的理论课,也是一门操作性很强的实验课,还是一门工程素质培养的启蒙课程。调查发现,大多数学校在教学中重理论而轻实践,理论课的课时较长,实验课的课时较短,这样培养出来的学生适合于应试,是应试“思维”;另有一些学校,理论和实践并重,一学期纯理论课,另一学期纯实验课;还有的学校是理论课和实验课在一学期内完成。在教学效果上也存在不尽如人意的地方,对于把理论课和实验课独立分为两个学期来完成的安排,对第一学期的理论课,学生通常会觉得太抽象,难以理解,再加上大多数学生不预习,因此教学效果不佳,不仅老师感觉教授困难,学生评教时还反映不满意。我们“电子电路”课程教研小组经过几年的教学实践,探索了一套新型的教学方法,取得了较好的教学效果,其基本思想是:理论与实验并重,理论教学和实验教学紧密结合,进行理论教学的同时也进行实验教学,但此时的实验教学目的是实验的入门教学和概念的理解教学,我们称之为数字电路的概念性实验;理论教学结束后,再进行二阶段的实验,此时的实验教学目的是对电子电路的基本设计方法和基础仪器的使用技巧进行训练,我们称之为电子电路的技能性实验;第三阶段,我们给学生列出一些数模综合性的有一定的功能性和实用性的题目,由学生自己选题,并提出实验方案,我们称之为电子电路的综合性能力拓展实验。

0.1 电子电路实验的任务

“电子电路”课程是电类专业的核心基础课程。电子电路实验既是所有专业实践课程的基础,又是学生产生专业兴趣的导引。因此,我们赋予电子电路实验课程以下几项任务。

1. 电子电路基本概念的理解

电子电路的概念比较抽象,例如“0”和“1”的概念,学生在托儿所和幼儿园就建立起来了,小学、初中及高中都没有变化,其是一个数量多少的表示;而我们在电子电路中对其进行了拓展,它们还可以表示“是”和“否”,“有”和“无”,“开”和“关”,“大”和“小”,一切的“非此即彼”二值逻辑,其形态也从抽象变成了具体——一个电压信号的大小(TTL逻辑小于 0.8 V 表示“0”,大于 2 V 表示“1”),后续课程进一步拓展(一串脉冲定义为“1”,另一串脉冲定义为“0”)。没有实验的体会提供感性认识,对这一概念的理解是不可能深刻的。

2. 电子电路设计方法起步

电子电路设计又分为数字逻辑电路和模拟电路设计,其中数字逻辑电路的数学基础是布尔代数,它在电路和数学工具之间架起了一道桥梁,直接导致了计算机的诞生和当今信息社会的来临。因此,数字电路的设计方法是一套严密的体系:从逻辑变量的真值表到卡诺图,从特征方程到状态方程,从状态转换表到状态图,再到具体的电路实现;由简单到复杂,由具体到抽象再回到具体;数字电路的设计方法本质就是化繁为简。这种方法,就是从做数字电路实验开始起步的。模拟电路是建立在晶体管和运算放大器的基础之上的,有其独特的思路和方法。

3. 电子电路设计技能的培养

电子电路概念的建立,电子电路设计方法的学习和实践,逐步会变成一种技能。这种技能的培养需要一个过程——电子电路实验过程,在实验中领会和把握概念,在实验中体会方法和流程,当你能不由自主地把

概念和方法用于解决工程问题时,这些概念和方法就变成了你的技能。

4. 工程素养培养的起步

工程专业的主要目的是为社会培养合格的工程师,而合格的工程师不是一天培养出来的,也不是一两门课、一两个项目培养出来的,其核心是工程素养的培养。什么是工程素养?作为工程师所必须具备的概念、知识、方法和习惯,而且这些概念、知识、方法和习惯与人融合成了一个不可分割的整体,举手投足之间都能看到这些概念、知识、方法和习惯的作用和体现,这就是所谓的工程素养。从工程师设计的产品、画的图纸、编的程序、写的方案之中,就可以体会到这些素养,而数字电路实验正是培养这种工程素养的起步训练。

5. 专业入门的训练

电子电路实验是学生进入大学以后,第一个有关专业的实验课程,其与中学物理和化学课程的实验是有较大区别的:中学实验主要目的是验证;而在大学实验中,验证只是开始,还需要进一步拓展、分析、发掘实验现象背后隐含的规律,在此基础上学会创造发明。因此,电子电路实验是电子工程类专业入门的一种训练,这种训练包括:

- (1) 基本实验仪器的使用(如万用表、示波器、信号发生器、电源等)。
- (2) 基本实验方法的掌握。
- (3) 正确实验习惯的养成。

0.2 电子电路的实验过程

电子电路的实验过程可以分为三个阶段:实验前的准备阶段、实验操作阶段、实验结果分析及处理阶段,各阶段的任务都不相同。

1. 实验前的准备阶段工作

- (1) 学习实验内容。
- (2) 理解实验目的。
- (3) 选定实验方案。
- (4) 实验仪器的准备。
- (5) 理解实验原理图并确定使用的电子元件型号。
- (6) 查阅电子元件参数手册,对实验结果进行推理。
- (7) 制订实验操作步骤。
- (8) 设计实验数据记录表。
- (9) 实验过程中可能出现的问题的推测,及应对策略的考虑。

2. 实验阶段的任务

- (1) 佩戴静电手套,并将仪器与大地相连。
- (2) 检查实验仪器是否正常工作,并正确设置工作状态。
- (3) 连接实验电路板和实验仪器。
- (4) 检查实验仪器与电路板连接是否正确。
- (5) 打开电源并观察有无异常情况(如火花、冒烟、仪器上指示的大电流或者电压跌落等)。
- (6) 如实验有异常情况发生,马上断电,检查原因,直到故障排除。
- (7) 按实验步骤操作,记录数据并填写实验数据记录表。
- (8) 实验预期步骤完成后,首先关掉电源,断开电路板和仪器设备的连接。
- (9) 将所有实验设备放回原处,整理实验台。

3. 实验结果分析及处理

- (1) 实验数据处理(画曲线、统计)。
- (2) 与理论值比较,检查是否有不合理结果。
- (3) 分析实验结果,得出结论。

(4) 撰写实验报告。

0.3 实验预习

据观察,大部分大学生做基础实验时,很盲目——不知道要在实验室干什么;很危险——胡乱地连线,胡乱地开电源,损坏电路元件和实验设备的事经常发生;很机械——按照书上的实验步骤操作一遍;很无助——出现书上没有提到的现象,就不知所措;收获很可怜——离开实验室什么都不知道。造成这种现象的原因是没有做实验预习。怎样做实验预习呢?首先要理解实验的目的,电子电路实验有三种类型,针对不同类型的实验,预习的内容也不同。

1. 第一种类型实验——理解概念型

这种实验比较简单而直观。以集成电路 74LS04 非门功能验证实验为例。

(1) 反复学习“非门”的概念,理解非门的功能——取反:输入“0”时,输出“1”;输入“1”时,输出“0”。把概念和要测量的电参数联系起来,要给实验中的“0”和“1”赋予几伏电压,得到的“0”和“1”又是几伏电压。

(2) 学习实验仪器的特性,掌握其基本操作技巧——本实验只用到直流电源和万用表。

(3) 学习实验用电子元件的手册,了解电子元件基本工作条件:工作电源电压是多少伏?输入阻抗是多少欧姆?输入最大电流是多少?输入最大电压是多少?输出负载能力是多少?其最高工作频率是多少?等等。按照实验目的不同,还有很多问题需要考虑。

(4) 把“非门”这个抽象的概念与实验的芯片 74LS04 联系起来,指明哪个引脚是“输入”,哪个引脚是“输出”。

(5) 设计实验数据表。

(6) 制订实验步骤,把实验室的所有操作都设想一遍,并列出先后次序。对实验过程中可能出现的问题,也要提出一些设想,并列出对策。例如,实验过程中发现输入为“0”时,输出引脚没有测到“1”,如何查找问题之所在?在思考的基础上列出所有的可能性,针对这些可能性,准备好检测排除方案。

2. 第二种类型实验——电子电路方法学习型实验

这种类型的实验比概念理解型稍微复杂一些。

(1) 要熟悉实验过程中用到的概念,同时还要运用这些概念,体会数字电路的分析法。数字电路的分析设计方法不是很多,有如下几种:数学推理法,真值表法,卡诺图法,状态方程法,状态转换表法(状态机法),在数字电路实验中,经常会用到一种或几种方法。在模拟电路实验中,通常要关注电压、电流静态工作点,频响特性曲线,抗干扰能力等。

(2) 学习实验仪器的特性,掌握其基本操作技巧,针对实验的目的,巧用活用实验仪器。

(3) 学习实验原理图,请参阅“电路原理图阅读(0.5节)”。

(4) 学习实验用主要电子元件手册,具体请参阅“电子元件参数手册学习(0.4节)”。

(5) 制订实验详细步骤,具体请参阅“实验步骤的编制(0.8节)”。

(6) 设计实验数据记录表,具体请参阅“实验数据表的设计(0.9节)”。

(7) 实验异常情况设想与处理对策表。

3. 第三种类型实验——电子电路设计方法训练及设计能力培养型实验

这是一种综合型实验,既包括对电子电路概念的理解,也包括电子电路设计方法的运用,还包括电路综合设计能力的培养,对这种类型的实验的预习准备需要花费更多时间。

(1) 首先要理解实验题目,把抽象的实验题目与电子电路的概念和方法建立起联系,对学生来说通常是最困难的。但是,这才是我们学习电子电路的根本目的——用电路的概念和方法解决实际的工程问题(这也是本书最重要的特色之一,我们把大量的工程题目与电子电路建立起了联系)。

(2) 把实验题目中定性的量转化为定量的电参数量,制订实验电参数量规格书。

(3) 按实验电参数量规格书设计可行的解决方案,画出电路图。

(4) 查阅主要电子元件手册,对各元件的输入和输出结果进行推理。

- (5) 设计电路参数关键测试点,对各点电特征参数进行推理(如电平、波形等)。
- (6) 制订详细的实验计划,列出实验步骤。
- (7) 准备实验设备,针对实验参数,提出最优的使用方案。
- (8) 制订实验参数参量表。
- (9) 对实验过程中可能出现的故障进行预测,并制订可能的解决方案。

0.4 电子元件参数手册学习

电子元件对于电子工程师来说,就像建筑材料之于建筑师,工程师掌握电子元件越多,就能提出越多的工程解决方案;工程师对电子元件特性的理解越深刻,设计出来的产品性能价格比就越高,产品也越可靠。对电子元件的理解和认识是一个长期积累的过程,因此,怎样学习电子元件参数手册,是每一个电子工程师必须掌握的方法。

对一个电子元件,我们应该关注如下几方面的内容。

- (1) 推荐工作条件,包括电源电压、工作电流、环境温度、湿度、大气压等。
- (2) 接口条件,包括输入/输出电平特性、负载特性、频率特性、启动、复位等。
- (3) 功能特性,可以实现的功能函数,精度指标、AC 特性曲线、时序图等。
- (4) 安全特性,如极限工作电压、极限工作电流、静电防护等。

对一个没有经验的工程师,很容易忽略以下参数:

- (1) 封装信息。一个同样功能的集成电路芯片,通常有多种封装(如 DIP, SOIC, SSOP, PQFP, BGA 等),不同的封装性能略有差别,在选用封装时要先看清楚,很多工程师在焊接电路板时,才发现选错了封装。
- (2) 采购信息。一个芯片的参数手册上,通常对不同的封装信息有不同的编码,应该按这种编码去采购,买错芯片的事在工厂时有发生。
- (3) 在工程设计中,通常可以被选用的芯片有很多,此时怎样决策呢?首先要选用生产批量最大的芯片;其次,在同一工程设计中,尽可能用较少种类的芯片。这样采购的成本是最低的。

0.5 电路原理图阅读

网上常常看到有刚参加工作的网友在问如何看电路原理图的问题?是的,这是我国高等教育的缺失,目前很少看到我国高等教育教学计划中有关电子电路识图的课程和训练。要看懂电路原理图,先要了解电路原理图。

1. 电子电路图的意义

电路图是人们为了研究和工程的需要,用约定的符号绘制的一种表示电路结构的图形。通过电路图可以知道实际电路的情况。这样,在分析电路时,就不必把实物翻来覆去地琢磨,而只要拿着一张图纸就可以了;在设计电路时,也可以从容地在纸上或电脑上进行,确认完善后再进行实际安装,通过调试、改进,直至成功。而现在,我们可以应用先进的计算机软件来进行电路的辅助设计,甚至进行虚拟的电路实验,极大地提高了工作效率。

2. 电子电路图的分类

常遇到的电子电路图有原理图、方框图、装配图和印板图等。

1) 电路原理图

电路原理图,简称“原理图”。这种图由于直接体现了电子电路的结构和工作原理,所以一般用在设计、分析电路中。分析电路时,通过识别图纸上所画的各种电路元件符号以及它们之间的连接方式,就可以了解电路的实际工作情况,原理图就是用来体现电子电路的工作原理的一种电路情况。

2) 方框图(框图)

方框图是一种用方框和连线来表示电路工作原理和构成概况的电路图。从根本上说,这也是一种原理

图,但是在这种图纸中,除了方框和连线,几乎就没有其他的符号。它和原理图的主要区别是:原理图上详细地绘制了电路的全部元器件和它们的连接方式,而方框图只是简单地将电路按照功能划分为几部分,将每一部分描绘成一个方框,在方框中加上简单的文字说明,在方框间用连线(有时用带箭头的连线)说明各个方框之间的关系。所以方框图只能用来体现电路的大概工作原理,而原理图除了详细地表明电路的工作原理之外,还可以用来作为采集元件、制作电路的依据。

3) 装配图

它是为了进行电路装配而采用的一种图纸,图上的符号往往是电路元件的实物的外形图。我们只要按照图纸把一些电路元器件连接起来,就能够完成电路的装配。这种电路图一般是供初学者使用的。

装配图根据装配模板的不同而各不相同,大多数作为电子产品的场合,用的都是下面要介绍的印刷线路板,所以印板图是装配图的主要形式。

在初学电子知识时,为了能早一点接触电子技术,我们选用了螺孔板作为基本的安装模板,因此安装图就变成另一种模式。

4) 印板图

印板图的全名是“印刷电路板图”或“印刷线路板图”,它和装配图属于同一类的电路图,都是供装配实际电路使用的。

印刷电路板是在一块绝缘板上先覆上一层金属箔,再将电路不需要的金属箔腐蚀掉,剩下的部分金属箔作为电路元器件之间的连接线,然后将电路中的元器件安装在这块绝缘板上,利用板上剩余的金属箔作为元器件之间导电的连线,完成电路的连接。由于这种电路板的一面或两面覆的是铜皮,所以印刷电路板又叫“覆铜板”。印板图的元件分布通常与原理图中不一样。这主要是因为,在印刷电路板的设计中,主要考虑所有元件的分布和连接是否合理,要考虑元件体积、散热、抗干扰、抗耦合等诸多因素,综合这些因素设计出来的印刷电路板,从外观看很难和原理图完全一致,而实际上却能更好地实现电路的功能。

随着科技发展,现在印刷线路板的制作技术已经有了很大的发展,除了单面板、双面板外,还有多面板,已经大量运用到人们日常生活、工业生产、国防建设、航天事业等。

在上面介绍的四种形式的电路图中,电路原理图是最常用也是最重要的,能够看懂原理图,就基本掌握了电路的原理,绘制方框图,设计装配图、印板图就比较容易了。掌握了原理图,进行电器的维修、设计也就会十分方便了。因此,关键是掌握原理图。

3. 电路图的组成

电路图主要由元件符号、连线、结点、注释四大部分组成。

元件符号表示实际电路中的元件,它的形状与实际元件不一定相似,甚至完全不一样,但是它一般都表示出了元件的特点,而且引脚的数目和实际元件保持一致。

连线表示的是实际电路中的导线,在原理图中虽然是一根线,但在常用的印刷电路板中往往不是线而是各种形状的铜箔块,就像收音机原理图中的许多连线在印刷电路板图中并不一定都是线形的,也可以是一定形状的铜膜。

结点表示几个元件引脚或几条导线之间相互的连接关系。所有和结点相连的元件引脚、导线,不论数目多少,都是导通的。

注释在电路图中是十分重要的,电路图中所有的文字都可以归入注释。在电路图的各个地方都有注释存在,它们被用来说明元件的型号、名称等。

看电路原理图要具备一些基础的知识。

(1) 认识电路中各种图形符号的物理意义:每一种电子元件都有一个符号,电阻符号、电感符号、电容符号等比较常见,其出自国际有关行业标准;但更多的符号是由设计工程师自己定义的符号,如大多数的集成电路符号等;有的电路是用一个符号表示就行了,有的电路引脚特别多,会用多个符号表示,有时甚至有几十个符号。

(2) 标准的电路图通常画成一个矩形的实线框:实线框有固定的尺寸规格,如A号图纸,B号图纸,C号图纸等,行坐标标注为(A, B, C, D, …),列坐标标注为(1, 2, 3, 4, …);电子元件通常都安放在实线框内。

- (3) 电子元件的标识由一个字母加一串数字组成,如电阻 R0、R1,电容 C0、C1、集成电路 IC1、IC2 等。
- (4) 图纸的最右边通常会列出本页图中各电子元件的坐标信息,以便于查找。
- (5) 图纸中电子元件引脚连接到一根横线,横线上的一串字符(英文加数字)通常表示信号名,具有相同信号名的所有引脚在 PCB 上是连在一起的。
- (6) 电路原理图通常把实现某一特定功能的模块放在一起。
- (7) 通常把外部输入的信号放在左边,并连接一个输入标志;把输出的信号放在电路图的右边,并连接一个输出标志。
- (8) 电路图中有时有电子元件被虚线框围绕,表示选装元件。
- (9) 一张电路图上通常会有多种电源符号和地线符号,不同的符号没有连接关系;多张图纸上相同的电源符号和地线符号 PCB 上具有连接关系。

0.6 实验过程中的异常情况处理

对于刚开始动手做实验的学生来说,实验过程中遇到异常情况是难免的。对异常情况进行分析,应对预案的准备,一方面有助于减少实验设备的损坏,另一方面有助于学生应变能力的培养和良好实验习惯的养成。如下是实验中经常发生的故障。

- (1) 打开电源实验电路板就冒烟,电源过流保护。可能的原因有:电源正负极接反;电源输出电压调整得太高;电子元件安装错误(电解电容正负极装反、二极管正负极装反、集成电路装反);在电容的位置上安装了小阻值、小功率电阻;跳线错误,致电源接地。
- (2) 电解电容爆炸。可能的原因有:电源正负极接反;电源输出电压调整得太高;电解电容正负极安装反了;电容漏电,过热致爆炸;电解电容安装在散热器旁边,过热致爆炸。
- (3) 水、饮料、酒等洒在实验设备及电路板上,致实验设备损坏。
- (4) 实验设备开机无输出。可能的原因有:外部 220 V 电源接触不良;输出短路;电源保险丝损坏。
- (5) 示波器探头损坏。
- (6) 万用表探头损坏,万用表干电池用尽。

实验中出现任何异常状况,第一个动作就是切断电源,分析异常状况产生的原因,直到排除异常,再开启电源,否则会导致更大的损失。

0.7 实验故障排除

数字电路试验中,通常有三种类型的故障:连接短路,没有连接关系的电路连接到了一起;连接断路,应该连通的没有连接;电子元件损坏,即某种原因致电路损坏。

排除短路和断路故障最直接的办法是使用万用表的欧姆挡,对照电路图测量电阻。判断电子元件的损坏,应该先排除短路和断路故障,再结合电子元件参数手册,分析工作条件是否满足,如果工作条件满足而不工作,就可以判断为损坏。有时也有因数字电路没有正确复位导致不工作而误判为损坏的。遇到电子元件损坏,不要立即更换好的电子元件,而是要先分析损坏原因,排除致损的原因,再安装好的电子元件,以避免重复损坏。

模拟电路的故障还包括静态工作点、放大倍数设计失当,频响特性设计不当,抗干扰能力太差和电路工作方式等的设计错误。

0.8 实验步骤的编制

编制实验步骤,对提高试验效率,避免仪器设备和实验电路的损坏至关重要。实验步骤依据实验内容的不同,有些是共同的,如仪器的准备,电路的连接等;更多是不同的,如实验目的不同,使用电子元件不同,测

试方法不同,实验数据不同,实验过程不同等,导致实验步骤的不同。

实验步骤的编制原则,是把实验过程中重要的动作和关键点,按照自己的理解,从前到后的操作顺序列出来,以便实验过程中遵照执行。

实验步骤的编制应该由实验者本人完成,不能由老师或其他人代劳;因为编制实验步骤,对实验者而言是一个强迫自己了解实验原理、学习实验仪器、逻辑推理演算、分析实验结果的过程,也是一个自我管理的实践过程,是实践能力培养的重要手段。

0.9 实验数据表的设计

预习时设计实验数据表,对实验者来说是一个好的习惯,有利于加深对实验目的的理解,同时,也有利于提高实验效率,取得更好的实验效果。实验数据表通常包括以下几方面的内容:

- (1) 选择测试点;
- (2) 定义测试条件;
- (3) 输入条件及变化范围;
- (4) 输出结果及变化范围;
- (5) 预测实验结果;
- (6) 注释。

同样,实验数据表应由实验者自己设计,不能由他人代劳。

0.10 实验结果的处理

电子电路实验时,通常有两个目的,一是欲知某个基本电路或整个电路系统的工作状态及电路的运行情况;二是了解电路或整个系统的特性,即当某些条件(如输入频率、幅度、负载、时间等)改变时,系统会出现什么反应。不管是哪种目的,首先都需要获取足够的原始数据,然后对这些原始数据进行加工、整理、分析,才能得出结论。因此,实验时仅获得一些测量数据还远达不到实验目的,还必须对其进行处理。

对实验结果的处理通常采用两种方法:列表法和曲线法。

1. 列表法

列表法就是将测得的原始数据进行整理分类后放在一个特制的表格里,其目的是为了将所有数据有序地放在一起,既可以使实验结果一目了然,也为对其进行分析提供方便。用列表法能否达到上述目的,制表是关键,因此制表时要注意以下问题。

- (1) 项目齐全。即原始数据、中间数据、最终结果以及理论值、误差分析等不可缺项。
- (2) 项目名称简练易懂。项目名称可采用字母或文字,但一定要符合习惯,有量纲的要给出单位,间接量要给出计算公式。如果公式不易在表中给出,可在表后用加注的方式给出。
- (3) 测试条件明确。对于大多数测试,都是在特定条件下进行的,因此,只有当给出测试条件时,测试结果才有意义。当测试条件不变时,可以把测试条件放在表格里,也可以放在表格外明显的地方,如右上角。
- (4) 制表规范、合理,易读懂,表达的信息完整。制表可能会被认为是一件简单的事情,但是要制出一种非常有效的表格,全面、正确地反映实验情况,则必须经过认真考虑、仔细斟酌,才能达到目的。制表可以使用 Microsoft 的 excel 工具,方便分析处理。

2. 作图法

常用作图包括曲线图、折线图、直方图等,所用图纸有直角坐标、极坐标、对数坐标等几种,表达实验结果的曲线通常有特性曲线和响应曲线两种类型。

1) 特性曲线

用列表法可以把所有的实验数据有序地集中在一起,以便对其进行观察和分析。但在研究器件、电路的特性时(如伏安特性、频率特性),仅有数据表格还不能准确地反映出电路地变化规律。原因是:一般电路的