

中等专业学校教材

电子线路 课程设计 指导书

姜邈
主编



高等教育出版社

· 中等专业学校教材 ·

内容简介

电子线路课程设计指导书

姜 邈 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

高等教育出版社

1993 年

(京) 112号

内 容 简 介

本书根据国家教育委员会中等专业学校电子线路课程组“七五”教材规划要求编写,系统介绍中等专业学校电子线路课程设计的各个方面。全书共分五章,第一章绪论,阐述课程设计的含意,它与其他教学环节的异同,中等专业学校电子线路课程设计的特点、目的、必要条件和实施方法。第二章介绍电子线路的组装和调试方法。第三章、第四章为课程设计课题举例。第五章列出常用材料、元器件、组件性能规格表,以供查阅。全书重点是课程设计实例,中等专业学校教学强调实践能力培养,课程设计是实践教学重要环节。编写本书时,力求使每个实例都很具体、实用。

本书可作为电子类中等专业学校课程设计教材或教学参考书,也可从事电子技术工作的中级技术人员参考。

中等专业学校教材

电子线路课程设计指导书

姜 邈 主编

高等教育出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

北京市通县电子店印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 13.625 字数 350 000

1994 年8月第1版 1994 年8月第1次印刷

印数0001—3315

ISBN 7-04-004683-0/TN·198

定价 7.80 元

前 言

《电子线路课程设计指导书》由国家教育委员会中等专业学校电子线路课程组“七五”教材规划列项。课程组会议决定由课程组组员北京无线电工业学校高级讲师姜邈主编，课程组组员南京无线电工业学校副教授陈传虞主审。

本书填补中等专业学校电子线路课程设计长期缺乏教材的空白。本书针对学生编写，内容浅显细致，文字通俗易懂，便于自学，学生阅读某些段落，即可明确如何进行课程设计。同时，本书也指导青年教师如何组织课程设计。

中等专业学校电子线路课程设计需要既有方案选择和电路分析又有实际制作的课题，本书重点在课题部分。课题阐述虽有繁简，但每题均通过实践，以取得成功经验。本书是我校十几年来电子线路课程设计的经验总结，某些课题可能先进性不够，但对指导电子线路入门的中等专业学校学生来说是适宜的、有益的。

本书由我校负责编写。姜邈高级讲师主编，并编写第一、二章及第三章课题七和第四章课题八；参编者有：伍舒琴高级讲师编写第三章课题三、四、六；刘连青讲师编写第三章课题一、二、五；段景奎工程师编写第三章课题八、九、十和第四章课题九；梁德厚讲师编写第四章课题一～七。本书插图由姜可绘制。

参加本书审稿的除主审外还有课程组其他成员：湖南省邮电学校高级讲师王家继、大庸航空工业学校高级讲师戴辅仁、课程组联络员高等教育出版社编审姚玉洁、课程组秘书南京无线电工业学校讲师李玲。各位老师提出了不少建设性意见，编者表示衷心感谢！

本书编写历时两年半，两易其稿，力求确实符合中等专业学校

教学需要。但限于编者水平和客观条件，书中缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编者

于北京无线电工业学校

1993 年 2 月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 何谓课程设计.....	1
第二节 中等专业学校课程设计的特点.....	4
第三节 课程设计的目的和必要条件.....	6
第四节 课程设计的选题与组织.....	8
第五节 电子线路的一般设计方法.....	23
第二章 电子线路的组装与调试	55
第一节 元器件插接技术.....	56
一、面包板结构.....	56
二、插接技术.....	57
第二节 印刷电路板的制造.....	58
一、版图设计.....	60
二、版面成图.....	62
三、制板.....	63
第三节 元器件识别与使用.....	64
一、元器件识别.....	64
二、元器件外引线识别.....	65
三、元器件使用注意事项.....	67
第四节 焊接技术.....	69
第五节 调试技术.....	73
一、直观检查.....	74
二、测试用仪器.....	75
三、调试方法.....	76
第三章 模拟电路课程设计	81
第一节 模拟电路设计方法.....	81

一、模拟电路设计的主要任务	81
二、低频放大电路的分析与计算	83
三、低频放大器设计举例	87
四、高频电子线路的分析方法及设计原则	90
第二节 模拟电路课题	97
课题一 音频信号发生器	97
课题二 高频信号发生器	120
课题三 方波和三角波发生器	129
课题四 OTL 功率放大器	142
课题五 调频收音机调频调谐器的设计	161
课题六 串联型直流稳压电源的设计	187
课题七 开关稳压电源	205
课题八 无线电话筒	232
课题九 无线电对讲/收音两用机	239
课题十 无线电遥控器	258
第四章 数字电路课程设计	269
第一节 数字电路的设计方法	269
一、数字电路设计的主要内容	269
二、组合逻辑电路的设计方法	272
三、时序逻辑电路的设计方法	276
四、数学系统的设计方法	281
第二节 数字电路设计课题	282
课题一 数字电子钟	282
课题二 数字频率计	294
课题三 双积分型 A/D 转换器	301
课题四 红绿灯控制器	311
课题五 声光显示智力竞赛抢答器	320
课题六 编码电子锁	327
课题七 简单游戏机——“导弹打飞碟”	332
课题八 数字式电机转速检测装置	340
课题九 555 时基电路应用	349

第五章 常用无线电元器件、组件性能资料	371
第一节 常用无线电材料.....	371
第二节 常用阻容元件性能与规格.....	375
一、电阻器和电位器	375
二、电容器及其电容量的标志方法	380
第三节 常用二极管、三极管型号及主要参数	382
一、半导体器件型号命名法	382
二、常用二极管特性参数	384
三、常用三极管特性参数	387
第四节 常用组件性能与规格.....	392
一、线性集成电路	392
二、数字集成电路	404
参考文献.....	424

第一章 绪 论

在工科中等专业学校中课程设计是一个重要的教学环节,它与实验、生产实习、毕业设计构成实践性教学体系。由此规定了课程设计的三个性质:一是教学性,学生在教师指导下针对某一门课程学习工程设计。二是实践性,电子线路课程设计包括电路设计、印刷板设计、电路的组装和调试等实践内容,中等专业学校学生有较强的动手能力,就是依靠实践性教学体系来培养的。四年制中等专业学校实践教学时数达 30 周以上,其中课程设计通常安排二三次,共四五周,约占实践教学的 $1/7 \sim 1/6$ 。三是群众性或主动性,课程设计以学生为主体,要求人人动手,教师只起引导作用,主要任务由学生独立完成,学生的主观能动性对课程设计的完成质量起决定性作用。

第一节 何谓课程设计

有人认为,课程设计就是大型实验,是具有独立制作和调试的设计性实验,其基本属性体现在工程设计上,笔者基本上同意这种看法。但课程设计毕竟不同于一般实验。首先是时间和规模不同,一般实验只有两学时,充其量为四学时;而课程设计一般为一两周。实验所要达到的目的较小,通常只是为了验证某一种理论、掌握某一种参数的测量方法、学习某一种仪器的使用方法等等;而课程设计则是涉及一门课程甚至几门课程的综合运用,比如收音机的设计、组装与调试,就涉及无线电技术基础、低频电子线路、高频电子线路、电子设备结构工艺、电子实验技术等多门课程,所以课程设计是大型的。其次,完成任务的独立性不同,一般实验学生采用教师事先安排好的实验板(或学习机)和仪器,并且有较详细

的实验指导书,学生事先阅读指导书,从而明确做什么和如何做,实验时还有教师现场指导,学生的主要任务是搭接电路,用仪器观察现象和读取数据,因此实验是比较容易完成的;而课程设计不同,课程设计只给出所要设计的部件或整机的性能参数,由学生自己去设计电路、设计和制作印刷电路板,然后焊接和调试电路,以达到性能要求,如果题目较大,时间不允许制作电路板和焊接电路,在电路设计之后,也可以在面包板上搭接和调试电路,总之,电路设计和调试这两项是少不得的。因此课程设计基本上包括了小型电子产品研制过程。当然,这里所说的产品还不是商品,不包括产品外形设计、市场调查、销售等商业性问题,这里的产品只是教师为了教学需要提出的任务,但其成果应该是实用的,具有必要的性能,比如收音机设计,调试结果应有足够的灵敏度和选择性,如果不能用仪器测量,至少主观上应感到与正式产品差距不大,能收到几个电台的信号,不混合,有足够的音量。由此可见,从要求来说,课程设计的成果应该是初级商品。

课程设计与练习题或作业题明显不同,尽管练习题也包括设计计算,但设计出电路或计算出结果,任务就完成了,并不包括实际操作这一步。因为作为练习题的设计计算只要理论上正确就行,能不能实现是不必考虑的,比如设计电源电路,计算结果需要一只 $5000\mu\text{F}/100\text{V}$ 的电容器,至于有没有这种规格的电容器则不在要求之列,如果能指出电容器的国家标准,并正确选用规范电容器当然更好,不作说明也是容许的。

课程设计与毕业设计性质非常接近,毕业设计是系统的工程设计实践,而课程设计则是工程设计实践的初步训练,它为毕业设计打下一定基础。课程设计一次不超过三周,而毕业设计通常在两个月以上,因此课程设计与毕业设计在规模和要求上,大小高低不同,但它们都属于工程设计,因此工作步骤是类似的。

作为工程设计有其十分严格的含义,对电子类专业来说,工程设计应包括如下五个环节。

1. 方案论证 根据性能指标要求, 确定采用晶体管电路还是集成电路, 采用模拟电路还是数字电路, 或者采用它们的混合电路。然后, 确定电路方框图, 并将总体指标分配给每个小框, 即明确每个小框的性能要求。

2. 工程估算 确定每一个小框的单元电路, 计算单元电路以达到分部指标的要求, 计算本级时要特别注意相邻级对本级性能的影响, 因此计算时要按一定的顺序进行。确定本级元器件的数据和型号。电路计算与元器件的确定这两步通常需要反复进行, 按照经验选取某些数值的元器件, 计算结果不一定符合分部指标要求; 按指标要求计算出元器件值, 却又不一定能找到这种规格的元器件, 只得选取相近的元器件再行计算。这种反复计算和计算中容许的近似最能体现工程设计的特点。

3. 备料及设计制作非标准件 电阻器、电容器、晶体管、集成电路、钮子开关和接插件等是标准件, 变压器、电感器、波段开关、设备外壳等既有标准件, 也可能需要非标准件, 非标准件市场上没有现货, 需要订制或自制。印刷电路板是非标准件, 必须订制或自行设计、制作。

4. 组装和调试 在印刷电路板上焊接电路, 或在面包板上搭接电路, 然后进行调试, 使电路性能达到设计要求。调试包括修改电路和用仪器测量两个内容, 修改电路主要是更换元器件, 部分电路的更改也是有的(整个电路重新设计组装另作别论)。采用电子仪器测量才能准确地判断设计电路的性能, 这是电子产品试制过程中不可忽视的一环, 那种靠主观感觉判断性能的业余方法是很不可靠的。在部件调试中忽视测量的重要性, 将会在整机调试时大吃苦头。

5. 书写设计报告 设计报告是工程设计的总结, 一项成功的工程设计的报告书是一篇优良的科技论文, 它也是技术推广的依据。设计报告应包括从指标要求到调试结果分析等各个方面。特别对于作为学习环节的课程设计和毕业设计来说, 书写设计报告

更是十分重要的一环,通过书写报告可以系统地掌握工程设计方法,可以更深刻地理解书本中写到的有关电子线路的理论知识。

第二节 中等专业学校课程设计的特点

工科中等专业学校的培养目标就业务方面而言,是培养学生成为具有一定专业素养和较强实践能力的中级技术人才,具体地说中等专业学校培养技术员。技术员是工程师和工人之间的桥梁与纽带,能将工程师的技术意图付诸实现,技术员是工程师的得力助手,技术员是未来的工程师。因此,中等专业学校学生既要有一定的理论水平,又要有足够的实践能力,而后者常常是更重要的,或者形象地说“中等专业学校学生应具有能将图纸变为产品的能力”。因此,中等专业学校学生应十分重视制造技术,做到“心灵手巧”,所造出的产品应该很像商品。

电子技术是一门实践性很强的技术学科,这是因为:一方面影响电子电路性能的因素很多,电子电路理论是抓住某些主要因素忽略很多次要因素而建立起来的近似理论。另一方面,电子电路中采用了大量的非线性元器件,如晶体二极管、三极管、场效应管、铁芯变压器等,对这些元器件的性能很难进行严格的数学运算。因此,根据理论设计,必须进行一定的甚至较大的修正,才能制造出达到预期效果的电路。即使电路理论设计很完善,由于制造工艺水平不同,却造出质量相差甚远的产品,这样的例子是屡见不鲜的。由于电子技术这一特点,这就给电子类专业的中等专业学校学生以更大的活动空间,要求他们具有更强的实践能力,能在理论的指引下主要依靠实践活动使电路达到预期性能。

电子技术的第二个特点是技术发展十分迅速,各种高水平的电子产品大量涌现,各种成熟的电子电路多不胜数,国内外的文献如汗牛充栋。因此为了某一目的需要某种功能电路,总可以从文献中找到,关键是如何应用市场上现有的元器件、组件去代换文献电路中的元器件、组件,以实现电路;或者根据所学的基本理论将现成的功能电路适当组合,以达到所需的技术要求。

由于以上两个技术特点,这就决定了电子电路设计的特点,也决定了中等专业学校电子线路课程设计的特点。电子电路设计总是从查找资料开始,根据设计要求从文献资料中寻找类似电路,然后修改电路(包括元器件代替),最后通过试验完成电路(调试电路),从而证明该电路的可行性。这种试验设计方法已成为电子电路设计的常用方法。至于严密而系统的理论设计方法是否需要呢?从整个电子科学技术来说当然是需要的。在新产品的研制过程中,特别是新型器件的应用,可能不易找到类似电路,从头开始(即从基本概念开始)的设计也是有的。由此看来,理论设计方法和试验设计方法是“源”与“流”的关系,没有源当然没有流,有了流则不一定去溯源。对于各种成熟的电路,关键是如何去实现它,而不一定要求掌握这些电路当初是如何设计出来的。电路的理论设计方法具有开创性,开创性的工作当然需要更高水平,因此电路的理论设计方法在高等学校中需要讲授(实际上讲得不多),对中等专业学校来说则很难要求。所以,电子类中等专业学校的电路课程不强调电路设计,特别是电子电路系统(无线电整机,或由整机组成的系统)的设计完全不要求。在基础课中,模拟电路(包括低频电路和高频电路)根本不讲电路设计,只讲单元电路的原理和计算,并通过计算分析电路性能(定量分析);数字电路中有少量设计,但课题难度不大。就专业课来说,对于各种整机电路,无论采用模拟电路还是数字电路,主要是进行定性分析(有少部分定量分析),明确整机各部分的作用及相互关系(包括逻辑关系),并建立各部分的数值概念,从而为电路调试和维修奠定基础。

由于以上特点,电子类中等专业学校的课程设计和毕业设计大都采用试验设计方法。这种方法的步骤是:第一,根据设计指标要求查阅文献资料,大量收集接近指标要求的电路,分析比较这些电路的性能、繁复程度,再从性能、价格、实现难易等几方面进行方案论证。第二,确定电路,进行必要的工程估算,并适当地修改电路,确定元器件、组件的型号和数据,根据实验室及市场情况进

行元器件、组件的代换。第三,备料,完成某些非标准件的自制。第四,组装(焊接或搭接)和调试。第五,书写设计报告。

第三节 课程设计的目的和必要条件

前已说明,电子类中等专业学校电子线路课程设计基本上采用试验设计方法,而这种方法在课堂中实际上并未讲过,学生是通过课程设计和毕业设计来掌握它的。初步掌握电子线路的试验设计方法是电子类中等专业学校课程设计的主要目的。试验设计方法离不开试验,只有试验成功了,电路达到了指标要求,设计工作才算完成。因此,电子线路课程设计是电子线路理论教学与实验、实习教学的综合应用,从收集、分析和消化资料到确定电路是理论课教学内容的再加工和提高过程,组装调试则是生产实习课和实验课所学技能的具体应用和进一步提高的过程,设计制作非标准件和书写技术报告则基本上是全新的学习过程。

备料包括元器件的采购与分配两方面,采购也是学习过程。因为采购时已经存在代用问题,这是技术问题,另外,采购可以提高学生的社会活动能力和经济意识,这是更重要的能力培养。因此,毕业设计时间允许,学生可以部分参与。而课程设计时间短促,这一步不能由学生完成,由实验室负责解决,实际上实验室解决材料问题也有困难,等学生确定电路后提出料单,即应发料,此时再按单采购显然不行,除非实验室材料准备十分丰富,这是不可能的。这只能同时从两方面解决,一方面在课程设计组织上解决,这一点在下一节中说明;另一方面,实验室器材应比较丰富,才有利于设计工作顺利进行,特别在调试时,一旦出现元器件或仪器损坏,应能立即补充。

由此可见,组织课程设计教学要有必要的物质条件。首先,要有足够的资料可供查阅,各种电子电路手册、元器件手册、集成电路手册、电子测量仪器电路图册、收录机电视机图集等等,是必不可少的资料,此外还有《无线电》、《家用电器》、《电子世界》等期刊,

这些手册与期刊不仅图书馆要有,而且要有足够的数量,主持课程设计的专业科最好也有,至少应有主要的几种,才能使设计工作顺利地进行。而随着科技的发展,各种新材料、新器件、新组件和新电路不断出现,这些资料手册均在不断更新,专业科的资料也应该不断充实。

第二,实验室应有足够的场地和器材。课程设计每个学生做一份,题目可以是相同的,也可以是不同的,即使全班一个题,每个学生也必须单独完成,独立地收集资料、消化资料、分析计算电路和确定电路。在制作时,能做到每个学生制一台效果最好,可以保证每个学生都得到足够的操作训练,但这对场地和器材的要求就高了,这常常是困难的。因此实际操作时通常两个人一组合做一台,使用一个实验室,由两名教师(一名理论教师,一名实验教师)辅导。

所需仪器设备每组至少应有如下几种:

双路输出稳压电源一台 ($0\sim 30\text{V}$, 2A) 由于使用集成运算放大器时需要 $\pm 15\text{V}$ 电压,所以需要双路电源。

双踪示波器一台 用于观察波形、比较相位或高低电平,也可粗略测试信号幅度和周期。

毫伏表一台 用于弱信号的精确测量。

万用表一只 用于静态测试和阻容元件的判断。

低频信号发生器一台 提供低频正弦信号,用于低频电路测试。

脉冲信号发生器一台 提供矩形脉冲信号,用于脉冲电路或数字电路测试。

逻辑笔一支 用于电平判断。

面包板数块。

此外,实验室应有高频信号发生器、电视图像信号发生器、晶体管特性图示仪、频率特性测试仪、Q 表或阻抗电桥等,以备公用。这些仪器是一般电子线路实验室必备的,因此满足课程设计需要

不成问题。

关于课程设计的器材,包括电阻、电容、晶体管、集成电路,以及磁芯材料、漆包线、敷铜板、腐蚀液等,这些器材实验室应有足够备份,以备选用。课程设计课题如果几年不变,则每次设计前只作必要补充即可。由于课程设计应与理论课程衔接,在理论课程内容相对稳定的情况下,课程设计也应相对稳定,这样有利于组织教学。实验室对这些课题的设计已形成固定程式,因此尽管查阅资料、确定电路时可以百花齐放(提倡学生这样做),而实际制作时受器材限制,不可能按照学生设计的电路去备料和组装,而是按传统的规范电路提供器材。学生通过方案论证和确定电路提高电路设计能力,下一步要求学生将自己设计的电路与规范电路进行比较,从性能优劣、复杂程度、元器件常用与否、价格高低、组装难易等几方面,再一次进行方案论证的训练。最后学生按规范电路组装、调试。

指导教师是课程设计的组织者,教师水平的高低在很大程度上决定课程设计的水平。因此,要求指导教师既要有深厚的理论修养,又要有很强的动手能力。为了与实验室密切配合,应安排一名实验教师参加指导,特别在实际制作时,实验教师可发挥更大作用。

第四节 课程设计的选题与组织

四年制中等专业学校电子线路课程设计通常安排两次,每次两周。根据电子线路课程性质,一次安排模拟电路,一次安排数字电路。应该指出的是,当前电子设备中模拟电路与数字电路有统一的趋势,或者说电子设备有向数字化发展的趋势。例如,遥控式彩色电视机,遥控部分是数字电路,信号处理部分是模拟电路,扫描部分是脉冲电路;录像机中控制电路和伺服电路均已数字化,信号处理部分正向数字化发展。再如,数字仪器中的电子计数器,输入电路采用运算放大器属于模拟电路,计数、译码、显示电路则为数字电路。但是,作为教学安排,模拟电路与数字电路是分别设课的,因此课程设计也分别处理。只在方案论证时可以交叉考虑,比

如做模拟电路课题时,针对设计指标可以提出数字电路作为方案之一,但在实施时,模拟电路课程设计就要以模拟电路为主,数字电路课程设计就要以数字电路为主。

课程设计的选题对课程设计的完成质量、对学生的能力培养影响甚大,因此要在充分准备的基础上认真权衡。充分准备包括辅导教师的理论准备(包括文献资料)及实验室的物质准备(主要是器材与设备)两方面。认真权衡时要遵循以下原则:

(1) 符合中等专业学校培养目标 工科中等专业学校培养技术员,对无线电技术及无线电通信这样的整机专业来说,以培养电子设备的制造(包括新产品的试制)为主要目标。中等专业学校学生要有较强的动手能力,课程设计应有利于动手能力的培养。这里所说的动手能力指明为电路的组装、调试,缺少这一步,中等专业学校电子线路课程设计则失去主要特征。

(2) 课程设计与课程理论相适应 中等专业学校电子线路通常设置两三门课程,模拟电子线路(或分为低频电子线路与高频电子线路)和脉冲与数字电路。模拟电路主要讲电路原理与计算,不讲电路设计。众所周知,电路计算是根据已知电路元器件数值计算电路参数,如已知放大电路元器件数值,计算放大倍数和通频带;而电路设计是根据电路参数确定电路(包括元器件的数值和型号)。电路计算时已知条件是齐全的,而且结果是唯一的;而电路设计时可供选择的电路及元器件很多,结果并不唯一,满足设计条件的方案可以很多,需要根据物质条件最终选择某一方案。电路设计过程中也要计算,而且要反复计算,在已知条件不足时,还要根据经验先假定数值,计算后再验证假定是否合理,如不合理则需重新假定再行计算,这样的过程有时可能要多次反复,这种条件不足的计算方法对学生来说是很生疏的。由此可见,电路设计比电路计算繁复得多。因此,中等专业学校模拟电路课程设计虽然名为设计,却不应在理论设计上花费太多时间,不能把课程设计变成理论课的补充,而应该采用试验设计方法,重点进行动手能力的培养