



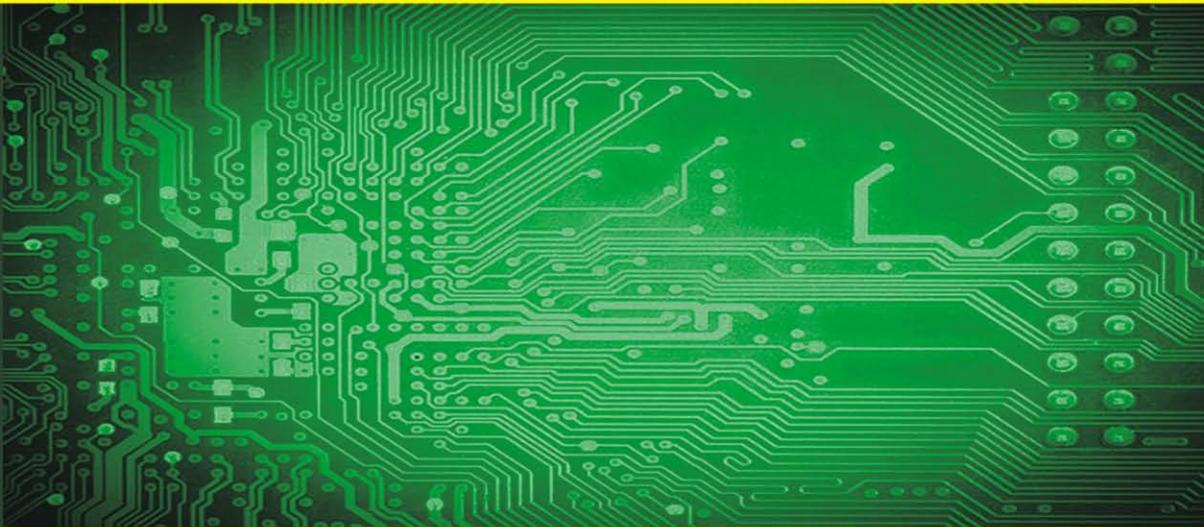
国家示范性高等职业院校核心课程“十三五”规划教材
——电子电气类

数字电子技术应用及 项目训练

(第二版)

SHUZI DIANZI JISHU YINGYONG JI
XIANGMU XUNLIAN

主 编 ○ 张晓琴 伍小兵 王 政
副主编 ○ 黄 进 秦祖铭
主 审 ○ 易 谷 刘幕尹



国家示范性高等职业院校核心课程 · 电子电气类
“十三五”规划教材

Shuzi Dianzi Jishu Yingyong ji Xiangmu Xunlian
数字电子技术应用及项目训练

（第二版）

主 编 张晓琴 伍小兵 王 政
副主编 黄 进 秦祖铭
主 审 易 谷 刘慕尹

内 容 简 介

本书内容按3个学习项目编写。全书以常用电子小产品为载体,介绍了数字电子技术中常用数字集成芯片及应用电路的分析与制作。学习项目1为火灾报警信号控制电路的设计与制作,主要介绍数字逻辑基础知识、集成门电路的应用;学习项目2为数字定时抢答器的分析与制作,主要介绍中规模集成电路——编码器、译码器、显示器、触发器、555定时器、计数器、寄存器等器件及其应用;学习项目3为数字显示温度控制器的分析与制作,主要介绍集成D/A转换器、A/D转换器、存储器等器件及其应用,并将模拟电子线路和数字电子线路结合起来综合运用。

本书可作为高等职业院校电子、电气、通信、计算机控制、机电一体化等专业的教材,也可供其他专业如机械、汽车、计算机等专业的师生及有关工程技术人员参考,也可作为中等职业学校有关专业的提高教材,还可作为自学考试或电子技术人员的学习用书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术应用及项目训练 / 张晓琴, 伍小兵, 王政主编. —2版. —成都: 西南交通大学出版社, 2017.1
国家示范性高等职业院校核心课程“十三五”规划教材.
电子电气类
ISBN 978-7-5643-5254-7

I. ①数… II. ①张… ②伍… ③王… III. ①数字电路—电子技术—高等职业教育—教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第007508号

国家示范性高等职业院校核心课程

“十三五”规划教材·电子电气类

数字电子技术应用及项目训练
(第2版)

主编 张晓琴 伍小兵 王政

责任编辑 张华敏

特邀编辑 蒋雨杉 陈正余

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

四川省成都市二环路北一段111号西南交通大学创新大厦21楼

邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://www.xnjdcbs.com>

成都勤德印务有限公司印刷

*

成品尺寸: 170 mm×230 mm 印张: 14

字数: 267千

2017年1月第2版 2017年1月第6次印刷

ISBN 978-7-5643-5254-7

定价: 28.00元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

第二版前言

《数字电子技术应用及项目训练》一书，自2010年出版以来，被多个高职院校和培训部门选为教材，得到广大读者的关心。目前，由于电子技术的飞速发展及教改的进一步深入，原书中有些内容已显得比较陈旧，内容上存在一定的缺损，应用性也强调得不够深入，而且在课程体系和讲授方法方面，也需做必要调整和改进。因此，编者在原版基础上进行了修改，以便更好地适应当前电子技术课程教学的需要，更好地培养适合企业需要的高技能技术性人才。

在本书第二版的修订工作中，继续遵循本书第一版的编写原则：以电子小产品的电子电路为载体，介绍数字电子技术中常用的数字集成器件及应用电路的分析与制作。本书采用“教”、“学”、“做”一体化的教学模式，淡化集成器件的内部结构和工作原理，着眼于集成器件的外部特性及应用。具体的修订思路如下：

首先，为了适应现代电子技术迅速发展的需要，适应数字化、集成化电路的应用，在保证基本概念、突出集成数字电路的逻辑特性和工作特点的前提下，本书第二版更加强调了数字集成电路在应用中的一些实际问题。例如：

1. 增加了数字电路应用中所涉及的数制和编码知识，介绍了十进制、二进制、八进制、十六进制的特点和相互转换，以及常用的BCD编码。
2. 增加了集成门电路带负载的能力分析——拉电流负载和灌电流负载情况。
3. 强化了三态门在数据总线中的应用。
4. 强化了集成电路在应用时的封装和性能指标。
5. 增加了液晶显示器的特点介绍。
6. 强化了有关移位寄存器特点等相关知识。
7. 更加突出了数字集成电路的应用性。

其次，对原有书中的一些模糊描述进行了完善和修订，使本书更加通俗易懂。除了保持和发扬原书的风格和特点，本书第二版仍然以实用电子产品为载体，通过项目训练来掌握数字电路技术的基础知识和基本技能。书中也力求简明扼要、深入浅出和便于自学。在内容的安排和阐述上，不仅思路清晰，而且注重了层次递进，从小规模数字集成电路应用到中规模数字集成电路应用、从功能简单项目训练到功能综述的项目训练，层次递增，内容紧扣。

本书可与《模拟电子技术应用及项目训练》(第二版)一书配套使用,同时又有相对的独立性,即可作为高等职业院校工科有关专业的“数字电子技术课程”的教材,也可作为中等职业学校有关专业的提高性教材,还可作为自学考试或电子爱好者的学习用书。

本书修订工作由重庆工业职业技术学院张晓琴、重庆工程职业技术学院伍小兵任主编。学习项目1中的“基础训练1”和“基础训练2”由伍小兵修订、“基础训练3”由重庆工业职业技术学院黄进修订,学习项目2由张晓琴修订,学习项目3中的“基础训练1”和“基础训练2”由重庆工业职业技术学院王政修订、“基础训练3”由黄进修订。全书由张晓琴统稿。

本书仍由重庆工业职业技术学院教授级高级工程师易谷、重庆四联集团川仪十八厂高级工程师刘慕尹主审。本书在修订过程中,四联集团川仪总工程师叶多、重庆工业职业技术学院副教授肖前军等提出了许多有益意见,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正,帮助我们不断改进。

编 者

2016年5月

第一版前言

数字电子技术是高职高专电类专业非常重要的专业基础核心课程,是电子技术领域技术人员必备的核心基本技能。本书是根据国家对高职高专人才培养的目标要求,通过广泛而深入的行业调研,并邀请行业、企业一线专家共同研究编写而成。

根据高职高专学生的文化基础、思维特点、学习习惯,本教材以3个由易到难的实际电子小产品电路的分析与制作为项目引导,按照完成产品项目所需知识及技能为主线组织教学内容,有利于培养学生的学习兴趣、提高学生的学习积极性、增强学生的技术应用能力。本教材力求引导学生学会数字电子电路的基本分析方法及电路制作的基本技能,理解并贯彻国家电子装配标准与工艺规范,掌握项目实施的一般步骤和方法,以提高学生的综合职业行动能力。

通过本课程的学习,学生应具备以下职业行动能力:熟悉相关国家标准和行业规范;能进行集成数字器件的识别和检测;掌握常用电子仪器、仪表的正确使用和数据分析;掌握读识和规范绘制电路原理图的方法;掌握数字电子电路的焊接、装配、测试的操作技能及工艺要求;掌握收集、查阅集成数字器件相关资料的渠道和方法;会单元电路和产品电路的分析;会编制电子小产品装配工艺技术方案;会规范记录电路测试数据以及电路装配、调试和验收总结报告;能进行单元电路的设计和小型电子产品的改进。

本书内容按3个学习项目编写。全书以电子小产品的电子电路为载体,介绍数字电子技术中常用数字集成器件及应用电路的分析与制作。本书采用教、学、做一体化的教学模式,淡化集成器件的内部结构和工作原理,着眼于集成器件的外部特性及应用。通过项目训练讲述了掌握数字电子技术所需的基础知识和基本技能。每个项目以任务驱动,在基础训练的基础上完成项目任务的实施。每个基础训练中有理论学习和技能训练和课后练习,每个任务完成后都有扩展性的思考题。教材内容按照从简单到复杂、从功能单一到功能综合、从小规模集成电路应用到大规模集成电路应用,并融入了模拟电子线路,教材内容呈螺旋式上升。

本书可作为高等职业院校电子、电气、通信、计算机控制、机电一体化等专业的教材,也可供其他专业如机械、汽车、计算机等专业的师生及有关工程技术人员参考,也可作为中等职业学校有关专业的提高教材,还可作为自学考试或电

子技术人员的学习用书。

本书由重庆工业职业技术学院的张晓琴、重庆工程职业技术学院的伍小兵主编。学习项目 1 由重庆工程职业技术学院的伍小兵执笔，学习项目 2 由重庆工业职业技术学院的张晓琴执笔，学习项目 3 由泸州职业技术学院的秦祖铭和宜宾职业技术学院的李茂清执笔。张晓琴对全书进行统稿及修改。

本书由重庆工业职业技术学院教授级高级工程师易谷、重庆四联集团川仪十八厂高级工程师刘慕尹主审。

本书在编写过程中，得到了重庆工业职业技术学院毛臣健、郭选明以及重庆三木华瑞机电公司赵勇、重庆四联集团苏国成、重庆大唐称重公司温良树、重庆信威通信技术有限公司汪旭、重庆东登科技有限公司邓爱亮、重庆康华科技有限公司邓建波、安东电子重庆研发中心陈刚、重庆欧联医疗设备有限公司陈世玉、重庆新世纪电气有限公司向以章、重庆洪深现代视声技术公司赵洪深等多家单位人员的大力支持，编者在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不足和疏误，恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

编 者

2009 年 12 月

目 录

学习项目 1 火灾报警信号控制电路的设计与制作	1
项目描述	1
项目要求	1
学习目标	2
基础训练 1 火灾报警信号事件的逻辑功能表示	3
相关知识	3
实践操作 火灾报警控制电路的设计	31
课外练习	32
基础训练 2 集成逻辑门电路的选用	35
相关知识	35
实践操作 1 集成门电路的识别和逻辑功能测试	58
实践操作 2 集成门电路的应用	59
课外练习	63
基础训练 3 组合逻辑电路的分析与设计	67
相关知识	67
实践操作 组合逻辑电路的分析、测试	70
课外练习	71
任务实施 火灾报警信号控制电路的设计与制作	72
思考与提高	77
学习项目 2 数字定时抢答器的分析与制作	78
项目描述	78
项目要求	78
学习目标	79
基础训练 1 抢答电路的分析与测试	80
相关知识	80
实践操作 8 路抢答电路的测试	98
课外练习	99
基础训练 2 触发器及应用电路分析	101
相关知识	101
实践操作 触发器的功能测试及应用	113

课外练习	113
基础训练 3 555 定时器及应用电路的分析与测试	116
相关知识	116
实践操作 555 定时器应用电路的分析与测试	127
课外练习	129
基础训练 4 数显定时器电路的分析与测试	133
相关知识	133
实践操作 1 集成计数器功能测试及任意进制计数器的构成	147
实践操作 2 数显定时器电路的测试	147
课外练习	151
任务实施 数字定时抢答器的分析与制作	154
思考与提高	160
学习项目 3 数字显示温度控制器的分析与制作	162
项目描述	162
项目要求	162
学习目标	163
基础训练 1 加法计数器 D/A 转换显示电路 的分析与测试	164
相关知识	164
实践操作 加法计数器 D/A 转换显示电路的测试	174
课外练习	175
基础训练 2 数字电压表电路的分析与测试	177
相关知识	177

实践操作	$3\frac{1}{2}$ 数字电压表电路的组装与调试	190
课外练习		194
基础训练 3	EPROM 的固化与擦除	198
相关知识		198
实践操作	EPROM (2764) 的固化与擦除	216
课外练习		218
任务实施	数字显示温度控制器的分析与制作	218
思考与提高		225
附录	CMOS 74HC 系列数字 集成电路检索表	226
参考文献		232

学习项目 1 火灾报警信号控制电路的设计与制作



项目描述

随着现代家庭用电量的增加以及燃气、煤气的大量使用，家庭火灾发生的频率越来越高。家庭火灾一旦发生，很容易出现扑救不及时、灭火器材缺乏、在场人员惊慌失措、逃生迟缓等现象，最终导致生命、财产的损失。如在家中安装一套火灾报警器，一旦发生火灾，它会即刻发出报警声，催促人们及时赶赴现场进行灭火，制止火源蔓延，以免造成重大的生命、财产损失。本学习项目通过一个具有感烟、感温、感红外光三种功能的火灾报警信号控制电路的设计与制作，学习数字电路逻辑代数的基础知识和集成门电路的应用，以及简单数字电路的分析和设计方法。图 1.1 所示为一种家用火灾报警器的实物图片。



图 1.1 家用火灾报警器的外形



项目要求

1. 工作任务及要求

任务：用门电路设计与制作火灾报警信号控制电路。控制要求如下：一个火

灾报警系统，内部设有感烟、感温和感红外光三种不同类型的火灾探测器。为了防止误报警，要求只有当其中两种或两种以上的探测器发出火灾探测信号时，报警系统才发出报警信号。

要求：① 根据不同的报警信号显示（报警信号的显示可用发光二极管或继电器驱动指示灯）进行电路设计并画出电路原理图；② 合理选择集成门电路，通过查手册确定所选用集成门电路的主要性能特点及管脚排列；③ 画出安装布线图；④ 进行电路安装；⑤ 进行电路调试与测试，并分析测试现象。

2. 学习产出

① 装配的火灾报警控制电路。

② 技术文档（工作任务及要求，电路设计步骤，不同报警指示下的电路原理图及分析，选用的集成门电路的特点及管脚排列图，电路安装布线图，电路装配的工艺流程说明，调整测试记录，测试结果分析等）。



学习目标

1. 了解数字信号、数字电路的特点。
2. 掌握数字电路中基本的数字逻辑关系。
3. 掌握逻辑函数（逻辑功能）的表示，熟悉逻辑代数中的逻辑运算规律。
4. 能应用公式法和卡诺图法对逻辑函数化简。
5. 掌握 TTL、CMOS 集成门电路的特点，熟悉常用集成门电路的逻辑功能以及正确的使用方法。
6. 能正确选用集成门电路，掌握用门电路进行简单数字组合逻辑电路设计的方法。
7. 能进行电路的安装、调试和测试，并进行正确的分析。
8. 具有安全生产意识，了解事故的预防措施。
9. 能与他人合作、交流完成电路的设计、电路的组装与测试等任务，敢于将电路功能进行扩展和解决故障的关键能力。



基础训练 1 火灾报警信号事件的逻辑功能表示

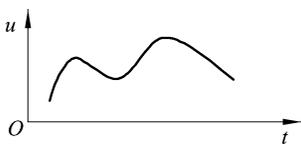


相关知识

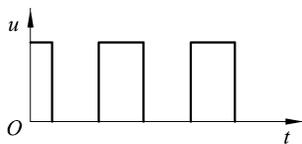
一、数字信号和数字电路概述

1. 模拟信号与数字信号

电子电路所处理的信号可以分为两大类：一类是在时间上和幅度上都是连续的模拟信号，例如温度、压力、磁场、电场等物理量通过传感器变成的电信号，模拟语音的音频信号和模拟图像的视频信号等，如图 1.2 (a) 所示；另一类是在时间和幅值上都不连续的数字信号，例如计算机中各部件之间传输的信息、VCD 中的音频和视频信号等，如图 1.2 (b) 所示。对模拟信号进行传输、处理的电子线路称为模拟电路。对数字信号进行传输、处理的电子线路称为数字电路，如数字电子钟、数字万用表的电子电路都是由数字电路组成的。



(a) 模拟信号波形



(b) 数字信号波形

图 1.2 模拟信号和数字信号的电压-时间波形

在数字电路中，通常用高、低电平（电平是指一定幅值的电压值）来表示信号，可以说是由低电平电信号和高电平电信号组成的信号，数字信号只有两个离散值，常用数字“0”和“1”来表示。注意，这里的“0”和“1”没有大小之分，只代表两种对立的状态。

2. 数字电路的特点

数字技术就是为了适应和满足不同的应用需要，通过变换电路把模拟信号变成由 0 和 1 组成的数字信号，然后由数字系统对数字信号进行存储、运算、处理、变换、合成等。所谓数字系统，是指交互式的以离散形式表示的具有存储、传输、处理信息能力的逻辑子系统的集合物。简言之，输入和输出都是数字信号而且具有存储、传输、处理信息能力的系统称为数字系统。一台微型计算机就是一个典型的最完善的数字系统。

随着数字技术的不断发展，采用数字系统来处理模拟信号将会越来越普遍，数字电路被广泛应用于数字电子计算机、数字通信系统、数字式仪表、数字控制

装置及工业自动化系统等领域。数字系统具有以下几个优点：

① 精度高。模拟系统的精度主要取决于电路中元件的精度，模拟电路中元件的精度一般很难达到 10^{-3} 以上；数字系统的精度主要取决于表示信息的二进制的位数即字长，数字系统 17 位字长就可达到 10^{-5} 的精度，在一些高精密的系统中还可以通过增加字长来进一步提高精度。

② 可靠性高。因为数字系统只有两个电平信号：“1”和“0”，受噪声和环境条件的影响小，不像模拟系统的各参数易受温度、电磁感应、振动等环境条件的影响；另外，数字系统多采用大规模集成电路，其故障率远比采用众多分立元件构成的模拟系统低。

③ 应用范围广。数字系统不但适用于数值信息的处理，而且适用于非数值性信息的处理，而模拟系统却只能处理数值信息。

④ 集成度高且成本低。由于数字电路主要工作在饱和、截止状态，对元件的参数要求不高，便于大规模集成和生产，随着微电子技术的发展，可以以更低的成本和更高的性能来开发更复杂的数字系统，即大规模、超大规模数字集成电路；尽管模拟系统集成化的开发成本在不断下降，性能也在不断增强，但由于基本数字器件的简单性，使得数字系统集成化发展更为迅速。另外，数字系统处理信息可以采用通用的信息处理系统（比如计算机）来处理不同的任务，从而减少了采用专门系统的成本。

⑤ 使用效率高。数字系统的一个最大优点是所谓的“时分复用”，即可利用同一数字信号处理器同时处理几个通道的信号。

3. 数字电路的分类

数字电路按集成度可分为小规模（SSI，每片有数十个器件）、中规模（MSI，每片有数百个器件）、大规模（LSI，每片有数千个器件）和超大规模（VLSI，每片所含器件的数目大于 1 万个）数字集成电路。

数字电路从应用的角度又可分为通用型和专用型两大类型。

二、数制与码制

1. 数制

数制就是计数的方法，它是进位计数制的简称，即按进位的原则进行计数。在实际应用中，常用的数制有十进制、二进制、八进制和十六进制。数制有三个要素：基、权、进制。

- 基：数码的个数。例如，十进制数的基为 10。
- 权：数码所在位置，表示数值的大小。例如，十进制数每一位的权值为 10^n 。
- 进制：逢基进一。例如，十进制（Decimal）数是逢十进一。

日常生活中，十进制数最为常见。十进制数常用字母 D 来表示，以 1234 为例，按位权展开后为

$$(1234)_D = 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0$$

其中，1、2、3、4 称为数码， 10^3 、 10^2 、 10^1 、 10^0 分别为十进制数各位的权值，将每位数码与其对应的权值乘积称为加权系数，可见，十进制数的数值即为各位加权系数之和。

2. 二进制数 (Binary)

在数字电路和数字系统中，广泛采用二进制数。二进制数的基数是 2，它仅有 0、1 两个数码，各位数的位权为基数 2 的幂。在计数时低位和相邻高位之间的进位关系是“逢二进一”，借位关系是“借一当二”。二进制数常用字母 B 来表示，例如，四位二进制数 1101 可以展开表示为

$$(1101)_B = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

可以看出，二进制整数每一位的权值分别是 $\dots 2^3$ 、 2^2 、 2^1 、 2^0 。

3. 八进制数 (Octal)

八进制数的基数是 8，它有 0~7 八个数码，计数规则是“逢八进一”、“借一当八”，各位的位权为基数 8 的幂。八进制数常用字母 O 来表示，例如，八进制数 356 可以展开表示为

$$(356)_O = 3 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 6 \times 8^0$$

4. 十六进制数 (Hexadecimal)

十六进制数的基数是 16，它有 0~9、A、B、C、D、E、F 十六个数码，计数规则是“逢十六进一”“借一当十六”，各位的位权为基数 16 的幂。十六进制数常用字母 H 来表示，例如，十六进制数 2FC 可以展开表示为

$$(2FC)_H = 2 \times 16^2 + 15 \times 16^1 + 12 \times 16^0$$

5. 数制转换

数字系统和计算机中原始数据经常用八进制或十六进制书写，而在数字系统和计算机内部，数据则是用二进制表示的，这样往往会遇到不同数制之间的转换。

(1) 任意进制数转换成十进制数

方法：按位权展开求和即得。例如

$$(1101)_B = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (13)_D$$

$$(357)_O = 3 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 7 \times 8^0 = (239)_D$$

$$(2FC)_H = 2 \times 16^2 + 15 \times 16^1 + 12 \times 16^0 = (764)_D$$

(2) 十进制数转换为二进制数

方法：采用“除2取余法”，即将十进制数连续除以基数2，依次取余数，直到商为0为止。第一个余数为二进制数的最低位，最后一个余数为最高位。

例 1.1 求出十进制数 27 的二进制数。

解 将 27 连续除以 2，直到商为 0。相应竖式为

2	27	余数 1	最低位
2	13	余数 1	
2	6	余数 0	
2	3	余数 1	
2	1	余数 1	
	0			

把所得余数按箭头方向从高到低排列起来便可得到， $(27)_D = (11011)_B$ 。

(3) 二进制数和八进制数的转换

a. 二进制数转换为八进制数

方法：采用“三位合一位”的方法，即将二进制整数从最低位开始，依次向高位划分，每三位为一组（不够三位时，高位用0补齐三位），然后把每组三位二进制数用相应的一位八进制数表示。

例 1.2 将二进制数 10111101 转换为八进制数。

解 将二进制数三个一组划分，然后写为八进制数即可。不足三位，高位补0。相应竖式为