

21
CENTURY

21世纪全国高等职业院校 应用电子技术专业 通用教材

21SHIJI QUANGUO GAODENG ZHIYEJISHU YUANXIAO
YINGYONG DIANZI JISHU

数字电子技术与实训

SHUZIDIANZIJISHUYUYUSHIXUN



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

SHUZI DIANZI JISHU YU SHIXUN

数字电子技术与实训

主编 姚丙申



山东科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术与实训/姚丙申主编. —济南:山东科学技术出版社,2010

21 世纪全国高等职业院校应用电子技术专业通用教材

ISBN 978-7-5331-5643-5

I. ①数... II. ①姚... III. ①数字电路—电子技术—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 138761 号

21 世纪全国高等职业院校应用电子技术专业通用教材

数字电子技术与实训

主编 姚丙申

出版者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098088

网址:www.lkj.com.cn

电子邮件:sdkj@sdpress.com.cn

发行者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098071

印刷者:泰安福运达彩印包装有限公司

地址:泰安市东开发区

邮编:271000 电话:(0538)6119320

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:11.75

版次:2010 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-5331-5643-5

定价:29.00 元

》》》 编审委员会

主 任：王兆晶 杜喜亮

副主任：王 涛 于元涛 孟宪雷 纪克玲

编 委：（按姓氏笔画排序）

马茂军	王 菲	王成安	王 平	刘永海	许胜利
李常峰	李加升	吴海燕	张彦江	陆 民	邵伯进
陈延祥	周佩翔	姚丙申	姚永刚	高学民	韩 莉
燕居怀	魏玉梅				

策 划：王洪胜

》》》 本书编审人员

主 编：姚丙申

副主编：闫学敏 明习凤 姜倩倩

编 者：姚丙申 闫学敏 明习凤 姜倩倩 张玉雷

王东霞 孙善君 杨森林 孙建华 贺风环

NEIRONG TIYAO

内 容 提 要

本书是在高等职业教育多年教学改革与实践的基础上,为适应我国社会进步和经济发展的需要,结合高职高专学生的特点,采用工学结合、项目一体化教学、任务驱动法等教学模式而编写的电气电子类专业数字电子技术课程的基础教材。

本书以应用为目的,坚持以岗位需要为原则,特别注重教学与生产实际紧密联系,在基本保证知识连贯性的基础上,着眼于技能操作,力求浓缩精炼,突出针对性、典型性、实用性;提供的典型实例都是比较成熟的操作过程,便于学生学习、模仿和借鉴,减少了学习的弯路;尽量选用先进、典型、实用的实训课题。

本书共有6个项目,包括三人表决器的制作与调试;数字显示器的设计、制作与调试;四人抢答器的制作与调试;数字钟的设计、制作与调试;水位报警器的制作与调试;数字显示温度计的制作与调试。本书以项目为核心,以制作为目的,较为全面地涵盖了数字电路的基本知识,逻辑门的功能与应用,组合逻辑电路分析与设计,时序逻辑电路分析与设计,555定时器的应用,D/A、A/D转换器的功能介绍与应用等内容,为学生走上工作岗位奠定了坚实的专业基础。

本书可作为高职高专、技师学院、技术学院电气电子类、自动化、机电一体化等专业的教材,也可以供技工院校师生和技术人员学习参考和自学之用,还可作为各类培训机构的参考书和教学用书。

本书是根据高职高专培养目标的要求,总结了职业教育多年教学改革与实践经验,依据高职高专电气电子类专业人才培养要求和最新出版的维修电工国家职业标准,由德州职业技术学院“双师型”教师编写。在内容的选取上,体现了先进性和实践性,将基础理论与项目有机结合,采用项目教学法突出工艺要领与操作技能的培养。书中不仅列举了大量的实例,还总结了从业人员在实际工作中常见故障的分析和处理方法。

本书是电气电子类系列基础教材之一。考虑到教学对象的特点,在教材的编写过程中,在深度和广度上努力做到“少而精”和“理论联系实际”。基础理论以必需、实用、够用为原则,突出技能训练,同时注重数字电子技术中的工程实际问题,力求做到主题鲜明、特色鲜明、重点突出,达到“培养技术应用型人才”目标;在文字叙述上,力求简明扼要、通俗易懂,以便于学生学习;在编排形式上,将学习内容与思考题相融合、课程内容与学习指导相融合;在内容安排上,注重遵循认知规律,由浅入深,循序渐进。本书克服了传统教材中理论内容偏深、偏多、抽象的弊端,突出了理论联系实际的原则。教材渗透“任务驱动”的学习方式,鼓励学生动手操作,倡导学生的主动探究与合作交流,同时体现了科学性和实用性,使学生既学到理论知识,又可以通过技能训练掌握相关的技能操作。

在编写过程中,得到了我院合作企业专家的指导和审核,同时参考了国内外有关著作和研究成果,并将编者多年来在教学和企业实践中积累的经验、操作要点等充实在教材中,是德州职业技术学院校企合作开发教材,在此向有关资料的作者和帮助出版的有关人员、单位表示诚挚的感谢。

本书由德州职业技术学院电气工程系负责编写,全书由姚丙申同志任主编,闫学敏、明习凤、姜倩倩同志任副主编。参加编写的有:姚丙申、闫学敏、明习凤、姜倩倩、王东霞、张玉雷、何彦虎、孙建华、贺风环、孙善君等。由于编者水平有限,编写时间仓促,疏漏不当之处在所难免,敬请各位专家、教师和同学批评指正。

目 录 »

CONTENTS

数 字 电 子 技 术 与 实 训

项目一 三人表决器的制作与调试	(1)
一、项目概述	(1)
1. 项目学习情境描述	(1)
2. 项目学习目标	(1)
二、项目知识必备	(2)
1. 数字电路的基本概念	(2)
2. 数制和码制	(2)
3. 基本逻辑门电路	(5)
4. 复合逻辑门电路	(8)
5. 逻辑代数基础	(10)
6. 逻辑代数中的基本公式和常用公式	(14)
7. 逻辑代数的基本规则	(16)
8. 逻辑函数的代数化简法	(16)
9. 逻辑函数的卡诺图化简法	(18)
10. 具有无关项的逻辑函数及其化简	(22)
11. 集成门电路	(24)
三、项目分解	(29)
1. 电路原理与元器件基本介绍	(29)
2. 电路元器件参数及功能	(30)
四、项目实施	(31)
1. 电路装配准备	(31)
2. 电路装配	(32)
3. 电路调试	(32)
4. 故障分析与排除	(32)

五、项目评价与总结	(33)
1. 项目评价标准	(33)
2. 项目总结	(34)
六、拓展与提高	(34)
1. 相关拓展电路	(34)
2. 相关拓展知识	(35)
小结	(36)
思考与训练题	(37)
项目二 数字显示器的设计、制作与调试	(39)
一、项目概述	(39)
1. 项目学习情境描述	(39)
2. 项目学习目标	(39)
二、项目知识必备	(40)
1. 组合逻辑电路的分析	(40)
2. 组合逻辑电路的设计	(41)
3. 常用集成组合逻辑电路	(42)
三、项目分解	(50)
1. 电路原理介绍	(50)
2. 电路元器件的选择	(51)
四、项目实施	(51)
1. 电路装配准备	(51)
2. 电路装配	(52)
3. 电路调试	(52)
4. 故障分析与排除	(52)
五、项目评价与总结	(53)
1. 项目评价标准	(53)
2. 项目总结	(54)
六、拓展与提高	(54)
1. 常用组合逻辑电路	(54)
2. 加法器	(55)

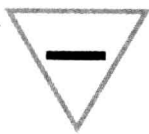
3. 应用电路	(58)
小结	(59)
思考与训练题	(60)
项目三 四人抢答器的制作与调试	(63)
一、项目概述	(63)
1. 项目学习情境描述	(63)
2. 项目学习目标	(63)
二、项目知识必备	(64)
1. 触发器概述	(64)
2. 触发器的基本形式	(64)
三、项目分解	(74)
1. 电路原理与元器件介绍	(74)
2. 电路元器件的选择及作用	(74)
四、项目实施	(75)
1. 电路装配准备	(75)
2. 电路装配	(76)
3. 电路调试	(76)
4. 故障分析与排除	(77)
五、项目评价与总结	(77)
1. 项目评价标准	(77)
2. 项目总结	(78)
六、拓展与提高	(79)
1. JK 触发器	(79)
2. T 和 T' 触发器	(81)
3. JK 触发器的应用	(82)
小结	(84)
思考与训练题	(85)
项目四 数字钟的设计、制作与调试	(87)
一、项目概述	(87)

1. 项目学习情境描述	(87)
2. 项目学习目标	(88)
二、项目知识必备	(88)
1. 时序逻辑电路分析	(88)
2. 时序逻辑电路设计	(90)
3. 常用时序逻辑电路	(97)
三、项目分解	(110)
1. 电路原理与元器件介绍	(110)
2. 电路元器件的选择	(114)
四、项目实施	(115)
1. 电路装配准备	(115)
2. 电路装配	(115)
3. 电路调试	(117)
4. 故障分析与排除	(118)
五、项目评价与总结	(118)
1. 项目评价标准	(118)
2. 项目总结	(119)
六、拓展与提高	(120)
1. 若干常用的时序逻辑电路	(120)
2. 集成移位寄存器 74194	(123)
3. 移位寄存器构成的移位型计数器	(124)
4. 触发器之间的转换	(125)
小结	(126)
思考与训练题	(126)
项目五 水位报警器的制作与调试	(129)
一、项目概述	(129)
1. 项目学习情境描述	(129)
2. 项目学习目标	(129)
二、项目知识必备	(130)
1. 555 定时器概述	(130)

2. 555 定时器的典型应用	(132)
三、项目分解	(135)
1. 电路原理与元器件基本介绍	(135)
2. 电路元器件参数及功能	(135)
四、项目实施	(136)
1. 电路装配准备	(136)
2. 电路装配	(137)
3. 电路调试	(137)
4. 故障分析与排除	(137)
五、项目评价与总结	(138)
1. 项目评价标准	(138)
2. 项目总结	(139)
六、拓展与提高	(140)
1. 相关拓展电路	(140)
2. 相关拓展知识	(141)
小结	(150)
思考与训练题	(151)
项目六 数字显示温度计的制作与调试	(153)
一、项目概述	(153)
1. 项目学习情境描述	(154)
2. 项目学习目标	(154)
二、项目知识必备	(154)
1. 数 / 模转换器 (DAC)	(155)
2. 模 / 数转换器 (ADC)	(157)
三、项目分解	(163)
1. 电路原理与元器件基本介绍	(163)
2. 工作原理介绍	(164)
3. 电路主要技术参数与要求	(166)
4. 电路元器件参数及功能	(166)

四、项目实施	(167)
1. 电路装配准备	(167)
2. 印刷电路板装配设计	(167)
3. 元器件的检测	(168)
4. 整机装配	(170)
5. 电路调试	(170)
6. 故障分析与排除	(171)
五、项目评价与总结	(171)
1. 项目评价标准	(171)
2. 项目总结	(173)
思考与训练题	(173)

项目



三人表决器的制作与调试

一、项目概述

数字信号是不连续的脉冲信号,处理数字信号的电路称为数字电路。在数字电路中,主要研究的是输出信号与输入信号之间的关系,也就是电路的逻辑功能。

通过本项目的制作与调试,充分认识数字电路的输出信号与输入信号之间存在的逻辑关系。

1. 项目学习情境描述

三人表决器的制作与调试:制作一个三人表决器电路。要求:三人中有两人或三人表示同意则表决通过,否则不通过。电路图如图 1-1 所示。

学习内容:

- (1) 熟悉电路各元器件的作用;
- (2) 设计电路安装印制板;
- (3) 根据电路参数选择元器件,采购并检测;
- (4) 进行电路元器件的安装;
- (5) 进行电路参数的测试与调整;
- (6) 撰写电路制作实训报告。

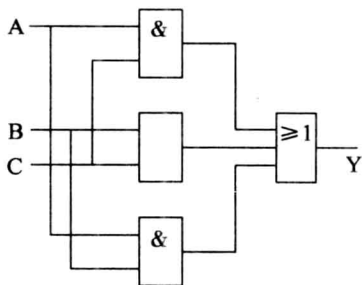


图 1-1 三人表决器电路

2. 项目学习目标

本项目学习目标见表 1-1。

表 1-1

本项目学习目标

类别	目标要求
知识目标	1. 数字电路的基本知识; 2. 基本逻辑门电路; 3. 复合逻辑门电路; 4. TTL 集成与非门
技能目标	1. 数字集成电路资料查阅、识别与选取方法; 2. 表决器的安装、调试与检测方法; 3. 数字电路的故障检修方法
拓展知识	相关拓展知识

(续表)

类别	目标要求
职业素养	1. 沟通能力及团队协作精神; 2. 良好的职业道德; 3. 质量、成本、安全、环保意识

二、项目知识必备

1. 数字电路的基本概念

电子技术中的电信号可分为两大类:模拟信号和数字信号。

模拟信号是连续变化的,处理模拟信号的电子电路称为模拟电路。放大电路、振荡电路等属于模拟电路。

数字信号是不连续的脉冲信号,处理数字信号的电路称为数字电路。与模拟电路相比,数字电路具有以下显著的优点:

- (1) 结构简单,便于集成化、系列化生产,成本低廉,使用方便;
- (2) 抗干扰性强,可靠性高,精度高;
- (3) 处理功能强,不仅能实现数值运算,还可以实现逻辑运算和判断;
- (4) 可编程数字电路可容易地实现各种算法,具有很大的灵活性;
- (5) 数字信号更易于存储、加密、压缩、传输和再现。

为了简单地描述逻辑关系,通常用数字符号“0”和“1”来表示某一事物的对立状态,如电位的“高”或“低”,脉冲的“有”或“无”等。这里的“0”和“1”不是表示数值大小,而是表示逻辑变量的两种状态。

在逻辑电路中有两种逻辑体制,一种是用“1”表示高电平($>2.4\text{ V}$),用“0”表示低电平($<0.35\text{ V}$),称为正逻辑;另一种是用“1”表示低电平,用“0”表示高电平,称负逻辑。本书采用正逻辑关系。

2. 数制和码制

(1) 数制

数制是指用符号组成数的体制。常用的有十进制、二进制和十六进制。

① 十进制数的数制:十进制数用 $0\sim 9$ 共 10 个符号表示,基数为 10,第 i 位的权重为 10^i ,低位和高位的关系是逢十进一。一个十进制数按权重展开的形式如下:

$$(2\ 932)_{10} = (2\ 932)_D = 2 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 2 \times 10^0$$

$$(84.91)_{10} = (84.91)_D = 8 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 9 \times 10^{-1} + 1 \times 10^{-2}$$

② 二进制数的数制:二进制数用 0 和 1 共两个符号表示,基数为 2,自右向左第 i 位的权重为 2^i ,低位和高位的关系是逢二进一。一个二进制数按权重展开的形式以及与等值的十进制数的关系如下:

$$(10110)_2 = (10110)_B = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = (22)_{10}$$

$$(110.11)_2 = (110.11)_B = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (6.75)_{10}$$

③ 十六进制数的数制：十六进制数用 0~9、A(10)、B(11)、C(12)、D(13)、E(14)、F(15) 共 16 个符号表示，基数为 16，自右向左第 i 位的权重为 16^i ，低位和高位的关系是逢十六进一。一个十六进制数按权重展开的形式及与等值的十进制数的关系如下：

$$(5E8)_{16} = (5E8)_H = 5 \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 8 \times 16^0 = (1512)_{10}$$

$$(4A.B4)_{16} = (4A.B4)_H = 4 \times 16^1 + 10 \times 16^0 + 11 \times 16^{-1} + 4 \times 16^{-2} = (74.703125)_{10}$$

④ 不同数制之间的转换：十六进制数转换成二进制数，其方法是将十六进制数以小数点为基准，向左、向右把每一位十六进制数转换成等值的四位二进制数。例如：

$$(A3.E)_{16} = (10100011.1110)_2$$

二进制数转换成十六进制数，其方法是将二进制数以小数点为基准，向左、向右每四位划为一组，小数点后面的二进制数不足四位的，可在后边加 0 变成四位；小数点前面的二进制数不足四位的，可在二进制数的前面加 0 变成四位，然后把每组二进制数转换成等值的十六进制数即可。例如：

$$(1011101.101)_2 = (0101\ 1101.1010)_2 = (5D.A)_{16}$$

$$(110101.11)_2 = (0011\ 0101.1100)_2 = (35.C)_{16}$$

十进制数转换成二进制数，其方法是：首先把整数和小数分开后分别转换，然后合并。例如，把 $(19.625)_{10}$ 转换成二进制数时，先把 $(19)_{10}$ 转换成二进制数，再把 $(0.625)_{10}$ 转换成二进制数；整数部分的转换方法是通过“除 2 取余，从低位到高位排列，直到商为 0”，其余数即为二进制数的整数。列竖式如下：

2	19	余数	1	低位
2	9		1	
2	4		0	
2	2		0	
2	1		1	
	0			高位

$$(19)_{10} = (10011)_2$$

小数部分的转换方法是把小数部分“乘 2 取整，从高位到低位排列，直到最后乘积的小数部分为 0(或满足位数要求)为止”，所取整数即为十进制数小数部分转换成二进制数的小数部分。列竖式如下：

高位 1	0.625	× 2		1.250
	0	× 2		0.500
低位 1		× 2		1.000

$$\text{合并后得: } (19.625)_{10} = (10011.101)_2$$

(2) 码制

码制是指用 0 和 1 的不同组合来编码的体制。首先要说明，码只是一个代号，不是“数”。码所代表的是人们预先赋给它的某种特定的含义，例如：某足球队守门员的代号为

0001号,前锋的代号为0010号,后卫的代号为0011号。但又可以把它看做是一个“数”,即把守门员称为1号运动员,把前锋称为2号运动员,把后卫称为3号运动员。在出现各种代码和十进制数之间的对应关系时,可以把代码对应的十进制数理解成代码的编号。代码的形式很多,这里介绍几种常见的代码。

① 自然二进制码:自然二进制码在形式上和二进制数完全一样,完全可以把它当做二进制数看待。按照把二进制数转换成的十进制数就是自然二进制码和十进制数的对应关系,例如:(0111)_{自然二进制码}→(7)₁₀, (1101)_{自然二进制码}→(13)₁₀。

② 8421BCD码(最常用的码):8421BCD码是用4位0、1的不同组合而成的码,且和一位十进制数相对应。码和一位十进制的对应关系就是把码按8421权重展开得到的十进制数,例如:(0111)_{8421BCD码}→(7)₁₀。

③ 余3BCD码:余3BCD码也是用4位0、1组合成的码,且和一位十进制数相对应。码和一位十进制数的对应关系是把码按8421权重展开所得到的十进制数减3,例如:(0011)_{余3BCD码}→(0)₁₀, (1010)_{余3BCD码}→(7)₁₀。

④ 格雷码(Gray码):格雷码是控制中常用的可靠性编码,它的特点是每相邻的两个码之间只有一位码有差异。格雷码和十进制数之间的对应关系比较难记,和十进制0~15相对应的四位格雷码 $G_3G_2G_1G_0$ 可以通过图1-2得到。

G_3G_2 G_1G_0	00	01	11	10
00	0000 0	0001 1	0011 2	0010 3
01	0100 7	0101 6	0111 5	0110 4
11	1100 8	1101 9	1111 10	1110 11
10	1000 15	1001 14	1011 13	1010 12

图1-2 16个格雷码和16个十进制数(0~15)的对应关系

为了便于对照和进一步加深对上述各种代码和十进制数的对应关系,现把上述几种代码和十进制数的对应关系列表于表1-2中。

表1-2 常见代码与十进制数对应关系

十进制数	自然二进制数	8421BCD码	余3BCD码	格雷码
0	0000	0000	0011	0000
1	0001	0001	0100	0001
2	0010	0010	0101	0011
3	0011	0011	0110	0010
4	0100	0100	0111	0110
5	0101	0101	1000	0111

(续表)

十进制数	自然二进制数	8421BCD 码	余 3BCD 码	格雷码
6	0110	0110	1001	0101
7	0111	0111	1010	0100
8	1000	1000	1011	1100
9	1001	1001	1100	1101
10	1010	00010000	01000011	1111
15	1111	00010101	01001000	1000
18	10010	00011000	01001011	不作要求
129	10000001	000100101001	010001011100	不作要求

3. 基本逻辑门电路

门电路是指具有一个或多个输入端,但只有一个输出端的开关电路。当它的输入信号满足某种条件时,门电路开启,有信号输出;反之,门电路关闭,无信号输出。门电路的输入和输出之间存在着一定的因果关系,即逻辑关系,所以又称为逻辑门电路。

(1) “与”门电路

① “与”逻辑关系:“与”是一同的意思。图 1-3 所示电路中,只有当开关 S_1 和 S_2 全部接通时,灯 HL 才亮,否则灯 HL 就灭。这表明:只有当全部条件同时具备时,结果才会发生。这种因果关系称为“与”逻辑关系。

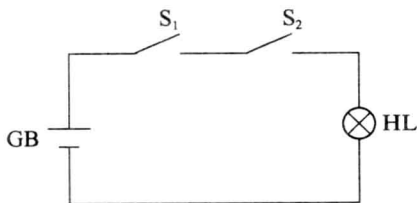


图 1-3 “与”逻辑关系图

② “与”门电路:能实现“与”逻辑功能的电路称“与”门电路,简称“与”门。图 1-4 所示为具有两个输入端的二极管“与”门电路及其逻辑符号。图中 A、B 为输入端,Y 为输出端。设输入只有高电平 3 V 和低电平 0 V。

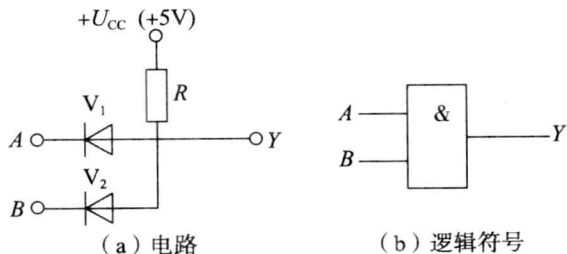


图 1-4 二极管“与”门电路及逻辑符号