

7.教材成果

1. 数字电路



精品课程配套教材

21世纪应用型人才培养“十三五”规划教材

“双创”型人才培养优秀教材

数字电路

主 编 徐 昊 王 瑾 田俊芳

副主编 李迎霞 郭恒川 邢鹏康

SHUZI
DIANLU

东北林业大学出版社
Northeast Forestry University Press

• 哈尔滨 •

前言

数字电路在现代工农业生产和军事等领域应用十分广泛,是电类、信息类专业重要的专业基础课程。课程内容包含数学逻辑、进制、门电路知识与应用、组合逻辑电路分析与设计、时序逻辑电路分析与设计等内容。前导课程为模拟电子技术、计算机基础,后续课程可以衔接单片机、嵌入式、EDA、数字信号处理、图像处理等,具有多专业、多学科适用性。

《数字电路》(以下称本书)以传统章节形式进行编排,同时参考了项目式教程的优点,以实例形式对相关知识进行介绍和阐述。另外,本书引入了目前使用广泛、效果良好的仿真软件 Protues 进行图文描述,可以让枯燥的理论学习过程变得直观、形象和生动。本书有大量详细的配图,依据其内容,可根据授课安排随时进行理论实践一体化教学,也可降低工程技术人员自学的难度。

全书共 9 章,配图 200 幅,采用知识点+实例讲解+项目练习方式编排的形式。除此之外,笔者依据多年一线理论和实践教学经验,对各章节知识内容进行了增减,力求做到文字简洁,讲解透彻,举例易懂,弱化了以往长篇累牍的对数字 IC 的介绍,数字电路学习从理论到仿真再到实践,内容上向各项基本知识和基本技能倾斜。

第 1 章与一般数字电路教材不同的是,着重突出了数字电路的电学特性,将二极管、三极管与门电路结合起来介绍,让初学者理解数字电路的本质依然是模拟电子,据笔者的调查了解和自身实践教学经验,这些本质问题若不解决可能会对后续的学习特别是项目实习带来很大的困扰,导致 Protues 仿真效果无法顺利在实物电路中实现;第 2 章对逻辑代数理论内容进行了一定的弱化,将更多篇幅用于介绍卡洛图的化简,这是符合学生学习特点的编排;第 3 章对 Protues 平台进行了细致的介绍,用实例化方式,对基本操作、基本技巧乃至报错分析都有专门讲解,对于初次接触此平台或希望掌握此软件的工程技术人员来说是非常实用的。不使用该软件的院校及企业单位可以直接跳过此章节,对于后续学习并无影响;第 4 章介绍组合逻辑电路的分析与设计;第 5 章介绍了时序逻辑电路的分析与设计,也都采用了通俗实例,这些例子可以直接剖析讲解,也可以作为项目式教学的引入,本书虽然以章节形式命名,但仍然带有项目式教程的特点,教师可以根据自己的需要安排不同的教学方式;第 6 章介绍了 555 多谐振荡器的电路原理及应用,555 多谐振荡器的应用十分广泛,应用电路类型繁多,此部分内容易于仿真验证,也易于动手实践,易激发学生学习和动手的热情;第 7 章介绍了 D/A 与 A/D 转换;第 8 章、第 9 章则是一些相关知识的补充,对于大多数专业来说,数字电路课程的开设学期较早,很多人还没有使用过实验室的仪器和设备,这两章的学习对于将来的动手实践是十分必要的,可以让学习者在动手过程中进一步与书本内容相互验证,从而增强动手实践和分析问题的能力。

本书由辽宁职业技术学院徐昊,江西机电职业技术学院王瑾,贵州电子科技职业学院田俊芳担任主编,福州职业技术学院李迎霞,洛阳理工学院郭恒川,河南工业职业技术学院邢鹏康担任副主编。编写分工如下:第1章、第2章由徐昊编写,第3章由王瑾、田俊芳编写,第4章由李迎霞编写,第5章、第6章由邢鹏康编写,第7章、第8章、第9章由郭恒川编写。同时,还有各位热心教师和领导为本书编写提出来宝贵的建议,最后由徐昊进行总纂。

在编写的过程中,本书参阅了大量的文献资料和网络资源,借鉴和吸收了很多学者的研究成果,在此向有关作者表示最诚挚的谢意!由于作者水平有限,书中存在不足和疏漏之处,欢迎各位同行及广大读者批评指正。

作者

2020年10月



目 录

第 1 章 数制与电路常识	1
1.1 概述	1
1.2 电路基础知识	9
1.3 项目与练习	23
第 2 章 代数逻辑与卡洛图	24
2.1 基本代数逻辑	24
2.2 卡洛图	26
2.3 项目与练习	32
第 3 章 Proteus 的掌握与应用	34
3.1 Proteus 简介	34
3.2 Proteus 的电路仿真设计	37
3.3 项目与练习	63
第 4 章 组合逻辑电路分析与设计	67
4.1 组合逻辑电路分析	67
4.2 组合逻辑电路设计	70
4.3 竞争与冒险	77
4.4 项目与练习	80
第 5 章 同步时序逻辑电路分析与设计	85
5.1 触发器	85
5.2 时序电路的分析 (触发器的应用)	93
5.3 同步时序电路的设计	99
5.4 触发器的综合知识	106
5.5 项目与练习	113



第 6 章 NE555 与时钟源	115
6.1 NE555 电路结构及原理	115
6.2 NE555 应用电路	116
6.3 项目与练习	124
第 7 章 D/A 与 A/D 转换	125
7.1 A/D 和 D/A 转换	125
7.2 A/D 和 D/A 转换的电路	128
7.3 项目与练习	134
第 8 章 焊接基本知识	135
8.1 手工焊接设备	135
8.2 手工焊接工艺	140
8.3 项目与练习	142
第 9 章 仪表使用与电路板检修	144
9.1 常用测量仪器	144
9.2 电路板检修	155
9.3 项目与练习	167
参考文献	168
附 录	169



第1章 数制与电路常识

1.1 概述

1.1.1 模拟信号与数字信号

模拟信号——时间连续、数值连续的信号，如温度、光、压力、力度、速度等。

数字信号——在时间和数值上均是离散的，如秒信号、零件计数。

数字电路——从信号角度来看，是电信号按照突变方式变化的电路；从数制角度来看，是以二进制为基础的电路。

在数字电路中，被传递、加工和处理的信号都是数字信号。这类信号在时间上和幅度上都是跳跃性变化的，如图 1.1 所示。

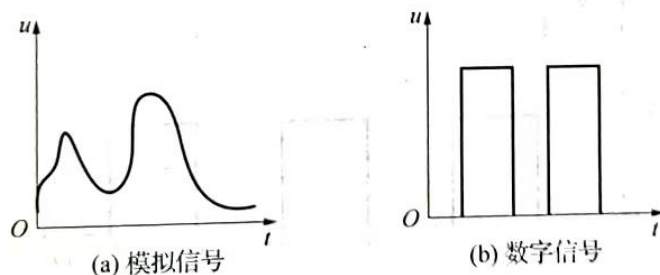


图 1.1 模拟信号与数字信号

与模拟电路相比，数字电路具有显著优点：结构简单，便于集成化、系列化，成本低廉；抗干扰性能强，可靠性高，精度高；处理功能强大，能够实现逻辑判断和逻辑运算；可编程数字电路面向各种应用，灵活性高；数字信号更容易存储、加密、压缩、传输和复原。

在图 1.1 (b) 中，数字信号采用二进制表示，仅有高低两种电平。理论上，存在正负两种逻辑。

正逻辑规定：高电平为逻辑 1，低电平为逻辑 0。

负逻辑规定：低电平为逻辑 1，高电平为逻辑 0。



在实际应用中,通常采用正逻辑。

与模拟信号一样,一个二进制数字信号(又称方波信号)也有相应的物理量来描述,如图 1.2 所示。

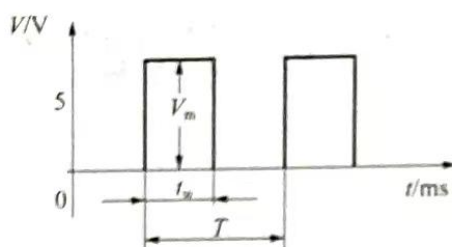


图 1.2 数字信号中包含的物理量

其中,高电平与低电平的幅度差称为信号幅度 V_m ,方波规律性重复所需要的时间称为信号周期 T ,其倒数就是信号频率 f 。高电平持续的时间称为脉冲宽度 t_w (脉宽),高电平脉宽与周期时间 T 的比值称为占空比。

脉宽是数字信号特有的物理量,占空比是反映脉宽变化的物理量,在不改变信号周期的前提下,调节占空比可以让信号的平均幅度发生改变,这一性质是非常实用的,如图 1.3 所示。

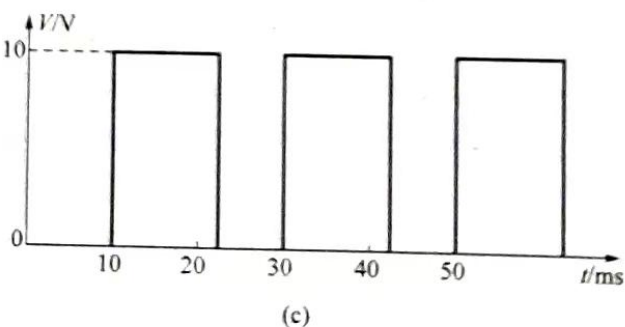
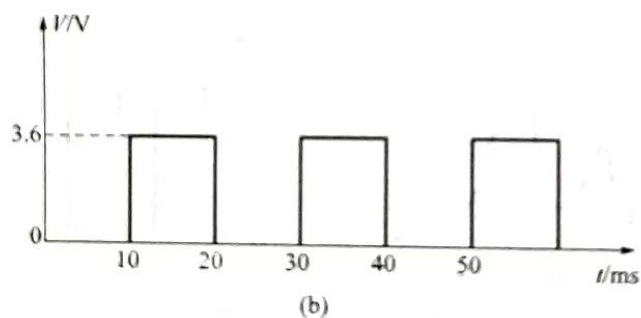
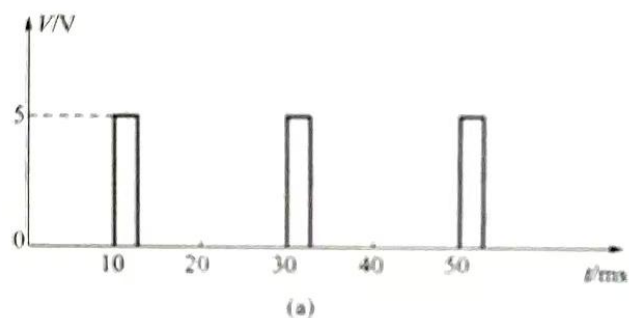


图 1.3 周期相同占空比不同的方波信号

根据以上描述,人们往往把占空比调节称为脉宽调制(Pulse-Width Modulation,



PWM), 人们常说的波就是脉宽受调制的方波信号。

从图 1.4 可以看出, PWM 波在周期不变的情况下, 占空比可以发生变化, 从而得到不同功率的输出信号, 通过以数字方式控制模拟电路, 可以大幅度降低系统的成本和功耗。此外, 许多微控制器和 DSP 已经在芯片上包含了 PWM 控制器, 这使得信号控制的实现变得更加容易了。

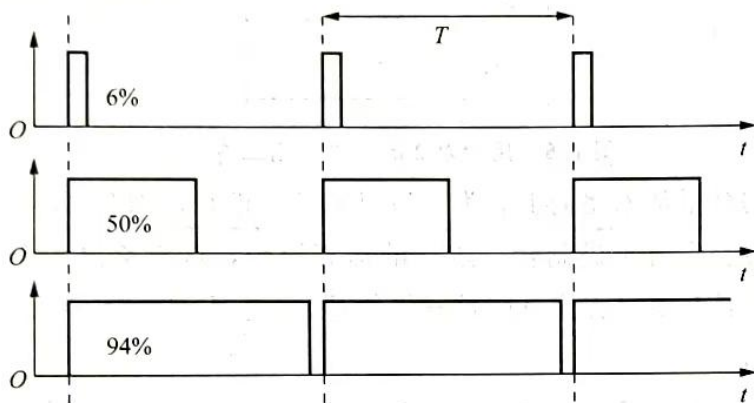


图 1.4 脉宽调制信号示意图

由于数字信号在控制和传输方面所具备的优势, 人们往往需要把常见的交流模拟信号转换成对应的二进制数字信号, 这就是信号的数字化。从模拟信号到数字信号的转换过程称为模数转换 (Analog to Digital Convert, ADC); 同理, 也可以把数字信号还原成相应的模拟信号, 这一过程称为 DAC。ADC 和 DAC 的转换原理本书将在后面章节介绍。

1.1.2 数制简介

日常生活中, 人们习惯采用十进制, 十进制有 0~9 十个符号, 运算时以 10 为基数进行进位和借位; 在数字电路领域, 普遍采用二进制, 二进制有 2 个符号 (逻辑 0 和 1), 以 2 为基数进行进位和借位。

例如: $1000 = 10^3$ 而 $(1000)_2 = 8$; $1234 = 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0$ 而 $(1011)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 11$ 。

注意, 上面的下标 “2” 是为了指明该数是二进制数而非十进制数。

要判断数的大小, 必须有一个统一的进制, 例如人们无法一眼看出 135 与 $(1010110)_2$ 的大小关系, 而要先把它们转换成相同进制的数。因此, 二进制与十进制的互相换算是一个必须掌握的运算。

例 1 将二进制数 “10011011” 转换为十进制数。

解: $(1001101)_2 < 1 \times 2^6 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^0 = 77 < 135$ 。

例 2 将十进制数 123 转换为二进制数。

解 1: $123 = 64 + 32 + 16 + 8 + 2 + 1 = 2^6 + 2^5 + 2^4 + 2^3 + 2^1 + 2^0 = 1111011$ 。

解 2: 也可以用除以 2 的方法, 如图 1.5 所示。

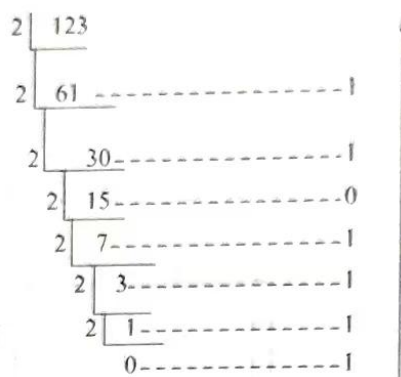


图 1.5 用除以 2 的方法得到二进制数

图 1.5 最后的结果从末尾向上看为“1111011”，正好是 123 对应的二进制数。

初学者不太容易理解十进制转二进制的运算原理，这里给出一个实用小技巧。找一台计算机，打开计算器（程序→附件→计算器），选择“查看→程序员”选项，出现如图 1.6 所示界面。

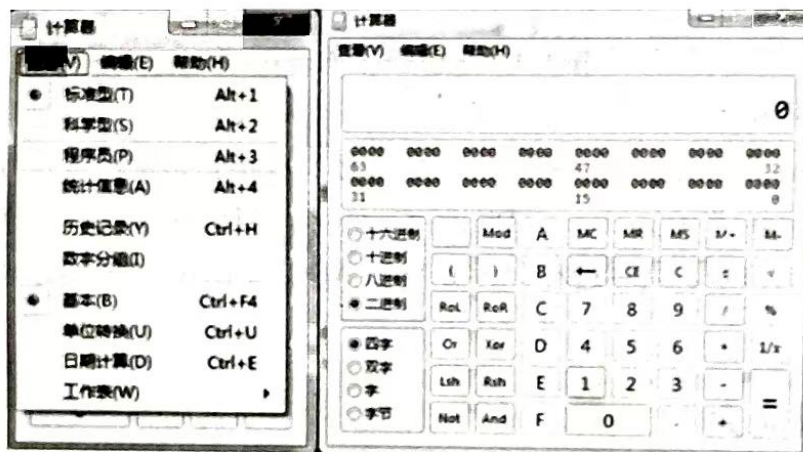


图 1.6 计算器的程序员界面

在图 1.6 右边界面选择十进制，输入数据 123，再选择二进制，如图 1.7 所示。

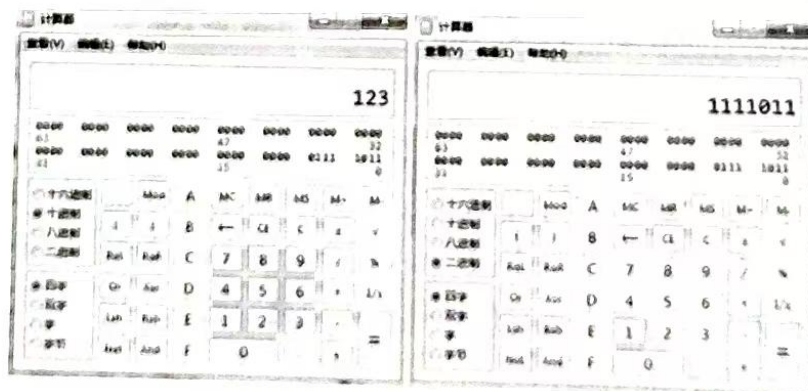


图 1.7 利用计算器进行进制转换

另外，二进制数通常位数较长，不利于人们的书写，为了方便，人们喜欢把二进制数换算成 8 进制或 16 进制数据，特别是 16 进制数，已经是一种标准解决方案。

16 进制和二进制的互换跟上述十进制转二进制、二进制转十进制是一样的原理，若不熟悉，可以采用计算器辅助运算。这里推荐一种技巧型运算，先对照 16 以内的 16



进制数与二进制数之间的对应关系列表（见表 1.1）。

表 1.1 16 进制与二进制对照表

16 进制	二进制	16 进制	二进制
0	0000	8	1000
1	0001	9	1001
2	0010	A	1010
3	0011	B	1011
4	0100	C	1100
5	0101	D	1101
6	0110	E	1110
7	0111	F	1111

如果遇到超过 16 的数，例如二进制数 100011，可以按 4 位一组进行分割，从低 4 位开始，高位不足 4 位的，在前面补 0，这样把 100011 分割为 0010、0011 两部分，然后查表 1.1，即可得到对应数字，分别是 2 和 3。也就是说，100011 的 16 进制数是 $(23)_{16}$ 。

如果是 16 进制转二进制，同样简单，例如 16 进制数 $(1F8)_{16}$ ，可以直接查表写成 0001、1111、1000，再连在一起，把高位多余的 0 去掉，就成了“1 1111 1000”，这就是 $(1F8)_{16}$ 对应的二进制数。

1.1.3 码制

(1) 8421BCD 码。

用 4 位二进制数来表示 0~9 十个十进制符号，称为 BCD 码，典型的 BCD 码是 8421BCD 码。其特点：4 位二进制数的最高位权值为 8，第二位权值为 4，第三位为 2，最低位为 1。例如要表示十进制符号“7”，由于 $7=4+2+1$ ，所以编码为“0111”；要表示“9”，编码为“1001”。

8421BCD 码是自然二进制码，从“0000”每次加 1，直至“1001”，刚好对应“0~9”十个符号，所以 8421 码又称自然二进制码。

除了 8421BCD 码，还有其他 BCD 码，例如 5421BCD 码。

同样的，5421BCD 码按照“5，4，2，1”的权值分配数值，例如十进制符号“8”的 5421 码为“1011”，但是，5421 码存在这样的问题，例如十进制符号“6”可以写成 $4+2$ ， $5+1$ ，那么对应的编码可以是“0110”或“1001”，人们为了统一编码方便应用，规定了“6”的编码只能是“0110”，初学者往往对此部分感到迷茫，但实际上，5421 码的使用远不及 8421 码普及。

(2) 余三码。

为了方便计算，人们发明了余三码。余三码的构成非常简单，只需将 8421BCD 码加上 3，就形成了余三码，两种码的对照关系如表 1.2 所示。



表 1.2 8421BCD 码与余三码对照表

8421BCD	余三码	8421BCD	余三码
0000	0011	0101	1000
0001	0100	0110	1001
0010	0101	0111	1010
0011	0110	1000	1011
0100	0111	1001	1100

余三码的特点是：当两个十进制数的和是 10 时，相应的二进制编码正好是 16，于是可自动产生进位信号，而不需修正。0 和 9，1 和 8，…，5 和 4 的余三码互为反码，这在求对于 10 的补码很方便。所以，余三码是一种对 9 的自补代码，因而可给运算带来方便；在将两个余三码表示的十进制数相加时，能正确产生进位信号，但对“和”必须修正。修正的方法：如果有进位，则结果加 3；如果无进位，则结果减 3。

编码的本质是为了方便信号存储和传输，像计算机把所有数据都用二进制数表示一样，数字电路的编码也是为了将原始数据二进制化。选择任何一种编码，都能实现这一目的，但不是任何一种编码都利于传输。在数字通信领域，人们发现，相邻码的剧烈跳变，不利于保证传输的准确率。例如 8421 码，在“7”到“8”变化时，编码为“0111”到“1000”，4 位数据全都发生跳变，这将使数字电路产生很大的尖峰电流脉冲，对正常信号形成干扰。

(3) 格雷码。

为了达到相邻两个编码只有 1 位数据变化的目的，人们发明了格雷码，格雷码是按 8421 码经过相邻位的异或运算得到的编码。其对照码表如表 1.3 所示。

表 1.3 8421BCD 码与格雷码对照表

8421BCD	格雷码	8421BCD	格雷码
0000	0000	0101	0111
0001	0001	0110	0101
0010	0011	0111	0100
0011	0010	1000	1100
0100	0110	1001	1100

(4) 奇偶校验码。

为了保证传输准确率，人们提出了奇偶校验码。奇偶校验码是一种具有检测传输错误功能的编码，它由两部分组成，一部分是信息位，另一部分是奇偶校验位。完整



的编码中,每一组码内“1”的个数必须是规定的奇数个或偶数个,奇数个称为奇校验,偶数个称为偶校验,这样接收端可以按照预先的规定对接收内容进行判断,如果“1”的奇偶与规定不符,则一定发生了误码,应重新传输。奇偶校验码的对照如表1.4所示。

表 1.4 自然数的奇偶校验码对照表

自然数	奇校验码	偶校验码	自然数	奇校验码	偶校验码
0	00001	00000	5	01011	01010
1	00010	00011	6	01101	01100
2	00100	00101	7	01110	01111
3	00111	00110	8	10000	10001
4	01000	01001	9	10011	10010

需要说明的是,奇偶校验只能检测是否出错,而不能指出哪一位出错,也没有纠错能力,由于方法简单易行,信息传送率也高,故仍然广泛应用于数字系统中。

1.1.4 数字电路的历史与发展趋势

当今世界,很少有一种技术能像电子技术一样渗透人类社会生活的一切领域,并且在许多方面改变着我们的生活。无论是当前信息技术的蓬勃发展及计算机技术的广泛应用,还是工农业生产过程和生产设备的自动监测和控制,都离不开电子技术。我们日常生活中使用的各种电器,如电视机、收音机、摄像机、DVD播放机、移动电话、数码照相机、计算器、电子表等,也无一不是利用电子技术生产出来的产品。

电子技术日益广泛的应用是与电子器件的不断发展紧密相连的。20世纪初首先得到推广应用的电子器件是真空电子管。它是在抽成真空的玻璃或金属外壳内安置特制的阳极、阴极、栅极和加热用的灯丝而构成的。电子管的发明引发了通信技术的革命,产生了无线电通信及早期的无线电广播和电视。这就是电子技术的“电子管时代”。由于电子管在工作时必须用灯丝将阴极加热到数千摄氏度的高温后,阴极才能发射电子流,所以这种电子器件不仅体积大、笨重,而且耗电量大、寿命短、可靠性差。因此,各国的科学家开始致力于寻找性能更为优越的电子器件。1947年美国贝尔实验室的科学家巴丁(Bardeen)、布莱顿(Brattain)和肖克利(Schockley)发明了晶体管(即半导体三极管)。它是一种固体器件,而且不需要用灯丝加热,所以不仅体积小、质量小、耗电省,而且寿命长,可靠性也大为提高。

从20世纪50年代初开始,晶体管几乎在所有的应用领域中逐渐取代了电子管,导致了电子设备的大规模更新换代;同时,也为电子技术更广泛的应用提供了有利条件,用晶体管制造的计算机开始在各种民用领域得到了推广应用。

1960年又诞生了新型的金属-氧化物-半导体场效应三极管(MOSFET),为后来



1.1.5 基本逻辑运算

在数字电路中有三种基本逻辑运算，分别是逻辑“与”、逻辑“或”和逻辑“非”，任何数字逻辑都可以由这三个基本逻辑组合而成。

逻辑“与”指的是多个事件同时发生时，结果为真；只要有一个“假”，结果就是假，如图 1.8 所示。

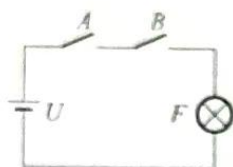


图 1.8 逻辑“与”示意图

假设开关用 1 表示闭合，0 表示断开，灯泡 F 用 1 表示点亮，0 表示熄灭，则灯泡 F 是否发光可以写成表达式 $F=AB$ 。即只有开关 A 、 B 都闭合（等于 1）时， $F=1$ ，否则 $F=0$ 。

按照同样的设定，逻辑“或”的示意图如图 1.9 所示。

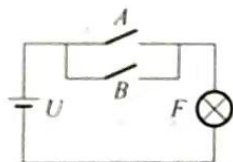


图 1.9 逻辑“或”示意图

逻辑“或”指的是，只要 A 、 B 当中有一个等于 1，则结果为 1，其表达式为 $F=A+B$ 。

逻辑“非”的示意图如图 1.10 所示。

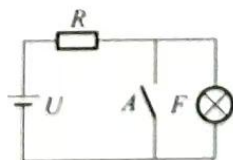


图 1.10 逻辑“非”示意图

逻辑“非”表示，只要 $A=1$ ， $F=0$ ，反之， $F=1$ ，其表达式为 $F=\bar{A}$ 。

除此之外还有同或、异或、与非、或非等其他逻辑运算，都可以看成基本运算的组合。

1.2 电路基础知识

1.2.1 数字电路中的二极管

学习过模拟电路的读者，一定知道二极管的分类：开关二极管、发光二极管、稳



压二极管……其中开关二极管，例如 IN4001，在数字电路中极为常见。

开关二极管（硅管导通压降 $0.6 \sim 0.8 \text{ V}$ ，锗管导通压降 $0.2 \sim 0.4 \text{ V}$ ）使器件两端的电压可以维持在一个范围内，在分析时，若无特殊说明，硅管 0.7 V 一律假设为 0.7 V 导通。究竟开关二极管在数字电路中有何作用，下面通过几个例子来学习。

图 1.11 中有两个开关二极管 D_1 、 D_2 ， A 、 B 为输入电平， L 为输出电平。按照高低电平，输入情况有 4 种： A 、 B 均为高； A 为高（ 3.6 V ）， B 为低； A 为低， B 为高； A 、 B 均为低。相应地，分别有 4 种开关状态： D_1 、 D_2 均截止； D_1 截止， D_2 导通； D_1 导通， D_2 截止； D_1 、 D_2 均导通。假设 D_1 、 D_2 均是硅管，当 D_1 、 D_2 均截止时， $L = V_{CC}$ ；当 A 或 B 有一个为低时， D_1 、 D_2 必有一个导通， L 点的电位被钳位在 0.7 V 左右，为低电平；当 A 、 B 都是低时， L 同样为低。故有表 1.5 所示的结论。

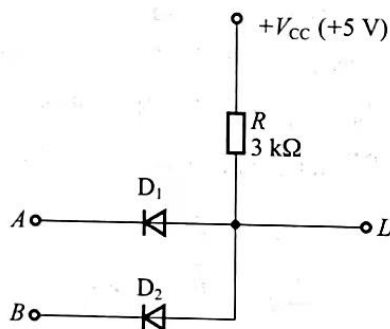


图 1.11 二极管钳位作用示意图

表 1.5 输入与输出电平对照表

输入		输出
V_A/V	V_B/V	V_L/V
0	0	0
0	5	0
5	0	0
5	5	5

按照二进制逻辑，表 1.5 可以写成表 1.6。

表 1.6 输入与输出逻辑关系表

输入		输出
A	B	L
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

也就是说，图 1.11 通过二极管，实现了与逻辑—— $L = AB$ 。再看如下例子。



大规模集成电路的研制奠定了基础。我们把这一时期叫作电子技术的“晶体管时代”。为了满足许多应用领域对电子电路微型化的需要,美国得克萨斯仪器公司(Texas Instruments)的科学家吉尔伯(Kilby)于1959年研制成功了半导体集成电路(Integrated Circuit, IC)。由于这种集成电路将为数众多的晶体管、电阻和连线组成的电子电路制作在同一块硅半导体芯片上,所以不仅减小了电子电路的体积,实现了电子电路的微型化,而且还使电路的可靠性大为提高。从20世纪60年代开始,集成电路大规模投放市场,并再一次引发了电子设备的全面更新换代,开创了电子技术的“集成电路时代”。随着集成电路制造技术的不断进步,集成电路的集成度(每个芯片包含的三极管数目或者门电路的数目)不断提高。在不足10年的时间里,集成电路制造技术便经历了从小规模集成(Small Scale Integration, SSI)到中规模集成(Medium Scale Integration, MSI),再到大规模集成(Large Scale Integration, LSI)和超大规模集成(Very Large Scale Integration, VLSI)的发展过程。

自20世纪70年代以来,集成电路基本上遵循摩尔定律(Moore's Law)并在发展进步,即每一年半左右集成电路的综合性能提高一倍,每三年左右集成电路的集成度提高一倍。目前集成电路制造工艺可以加工的最小尺寸已经缩小至65 nm,能将1亿以上晶体管制作在一片硅片上。由于高纯硅的独特性,集成度越高,晶体管的价格越便宜,这样也就引出了摩尔定律的经济学效益。在20世纪60年代初,一个晶体管要10美元左右,但随着晶体管越来越小,直到小到一根头发丝上可以放1 000个晶体管时,每个晶体管的价格只有千分之一美分。据有关统计,按运算10万次乘法的价格算,IBM704电脑为1美元,IBM709降到20美分,而60年代中期IBM耗资50亿研制的IBM360系统电脑已变为3.5美分。

“摩尔定律”对整个世界意义深远。回顾20世纪70年代年来半导体芯片业的进展并展望其未来时,信息技术专家们认为,在以后“摩尔定律”可能还会适用。但随着晶体管电路逐渐接近性能极限,这一定律终将走到尽头。近50年以来,半导体芯片的集成化趋势一如摩尔的预测,推动了整个信息技术产业的发展,进而给千家万户的生活带来变化。

未来技术条件下,半导体技术与工艺、平板刷技术等的发展为数字电路的发展提供了技术保证。数字电路逐渐向高度复杂化、集成化及智能化发展,其运算速度也越来越高。能够集成数亿的微处理器,闪盘的容量可达64 GB,部分ASIC所拥有的门电路数量也可达1 000万以上,而FPGA的门电路数量也达到了300万以上。将来无论是台式电脑还是移动终端的CPU时钟频率将会更高,而CPU体积的缩小使得一块芯片上可以放置更多的CPU,高速缓存至少能达到三级。这样就使得CPU对外部存储器的读写数量不断减少,提高了CPU的数据吞吐量,对处理器性能的提升十分有利。如今,64位的处理器已日臻成熟,很多公司正试图把几个甚至几十个嵌入式处理器的内核提高到一个新的水平。DSP芯片正在向更高的结构转变,在多数场合指令字方式是非常常见的方式——在同一芯片上有多个处理器单元存在,即单指令阵列处理。

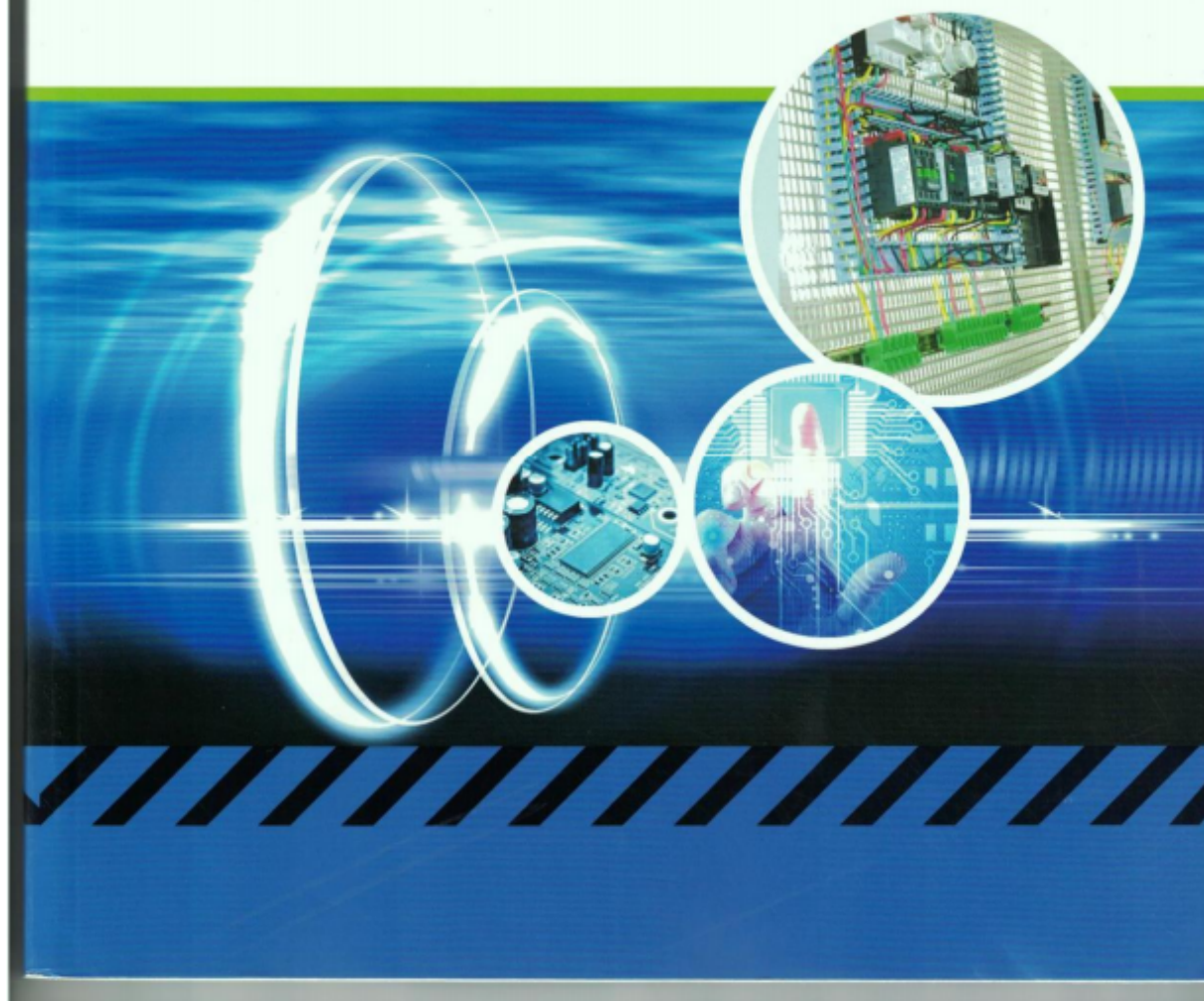
2. 电工电子技能训练



应用型人才培养精品教材

电工电子技能训练

主编 汤燕 张东升





应用型人才培养精品教材

第2版(2017)月报第15卷第1期

第1版(2017)月报第15卷第1期

第2版(2017)月报第15卷第1期

第3版(2017)月报第15卷第1期

第4版(2017)月报第15卷第1期

第5版(2017)月报第15卷第1期

第6版(2017)月报第15卷第1期

第7版(2017)月报第15卷第1期

第8版(2017)月报第15卷第1期

第9版(2017)月报第15卷第1期

第10版(2017)月报第15卷第1期

第11版(2017)月报第15卷第1期

第12版(2017)月报第15卷第1期

第13版(2017)月报第15卷第1期

第14版(2017)月报第15卷第1期

第15版(2017)月报第15卷第1期

第16版(2017)月报第15卷第1期

第17版(2017)月报第15卷第1期

第18版(2017)月报第15卷第1期

第19版(2017)月报第15卷第1期

第20版(2017)月报第15卷第1期

第21版(2017)月报第15卷第1期

第22版(2017)月报第15卷第1期

第23版(2017)月报第15卷第1期

第24版(2017)月报第15卷第1期

第25版(2017)月报第15卷第1期

第26版(2017)月报第15卷第1期

第27版(2017)月报第15卷第1期

第28版(2017)月报第15卷第1期

第29版(2017)月报第15卷第1期

第30版(2017)月报第15卷第1期

第31版(2017)月报第15卷第1期

第32版(2017)月报第15卷第1期

第33版(2017)月报第15卷第1期

第34版(2017)月报第15卷第1期

第35版(2017)月报第15卷第1期

第36版(2017)月报第15卷第1期

第37版(2017)月报第15卷第1期

第38版(2017)月报第15卷第1期

第39版(2017)月报第15卷第1期

第40版(2017)月报第15卷第1期

第41版(2017)月报第15卷第1期

第42版(2017)月报第15卷第1期

第43版(2017)月报第15卷第1期

第44版(2017)月报第15卷第1期

第45版(2017)月报第15卷第1期

第46版(2017)月报第15卷第1期

第47版(2017)月报第15卷第1期

第48版(2017)月报第15卷第1期

第49版(2017)月报第15卷第1期

第50版(2017)月报第15卷第1期

电工电子技能训练

主 编 ◎ 汤 燕 张东升

副主编 ◎ 邢鹏康 梁 莉 李焕军



电子科技大学出版社

University of Electronic Science and Technology of China Press

· 成都 ·

目 录

CONTENTS

第一章

安全用电常识及职业道德规范 1

◎ 1.1 安全用电及触电急救知识 1

◎ 1.2 职业道德规范 8

第二章

低压电气控制线路安装与调试 13

◎ 2.1 常用电工工具的使用 13

◎ 2.2 常用电工仪表与测量 16

◎ 2.3 常用低压电器认识 21

◎ 2.4 常用低压电气控制线路安装与调试 34

◎ 2.5 中级维修电工实操技能训练 46

第三章

PLC 控制线路安装及调试 54

◎ 3.1 PLC 基本概念与基本结构 54

◎ 3.2 PLC 的使用与编程 59

◎ 3.3 电动机正反转控制系统程序设计 66

◎ 3.4 定时器与计数器的使用 68

◎ 3.5 彩灯循环控制系统程序设计 70

◎ 3.6 电动机的 Y- Δ 降压启动控制程序设计 71

◎ 3.7 PLC 控制电动机带点动长动启动线路的安装、接线及调试 72

◎ 3.8 PLC 控制三相异步电动机正反转控制电路的安装与调试 72

◎ 3.9 PLC 控制三相异步电动机正反转电路的安装与调试
(实操训练 1) 74

◎ 3.10 PLC 控制三相异步电动机正反转控制电路的安装与调试
(实操训练 2) 76

◎ 3.11 PLC 控制三相异步电动机位置控制电路的安装与调试 79

◎ 3.12 PLC 控制三相异步电动机定子串自耦变压器降压启动
电路的安装与调试 81

◎ 3.13 PLC 控制三相异步电动机串电阻启动电路的安装与调试 84

◎ 3.14 PLC 控制两台电动机顺序启停电路的安装与调试 86

◎ 3.15 PLC 控制三台电动机顺序启动同时停止电路安装与调试 88

第四章

电子线路的装配与调试 90

◎ 4.1 常用电子元器件的认识与检测 90

◎ 4.2 电工电子工艺识图 113

◎ 4.3 手工焊接基础知识 116

第五章

◎ 4.4 电子产品整机实训	126
◎ 4.5 电工实操技能训练	140

室内线路安装

◎ 5.1 常用照明设备的安装	150
◎ 5.2 室内照明线路的检修	160
◎ 5.3 单相电能表的安装及调试	165
◎ 5.4 三相电能表的安装及调试	168

第六章

电动机的拆装及检修

◎ 6.1 电动机嵌线专用工具和材料的认识	171
◎ 6.2 三相异步电动机定子绕组首尾端的判别	179
◎ 6.3 三相异步电动机的拆装	184
◎ 6.4 交流异步电动机的运行与检修	188

第七章

架空线路

◎ 7.1 常用电工安全用具及器械的使用	197
◎ 7.2 导线的连接	201
◎ 7.3 架空线路基础知识	211
◎ 7.4 脚扣登杆训练	219
◎ 7.5 绳结的连接训练	222

第八章

机床电气控制线路分析与故障排除

◎ 8.1 CA6140 车床控制电路训练	225
◎ 8.2 X62W 万能铣床控制电路训练	228
◎ 8.3 M7120 平面磨床控制电路训练	230
◎ 8.4 Z3050 摇臂钻床控制电路训练	233
◎ 8.5 CA6140 型普通车床控制电路线路故障检查分析及排除	235
◎ 8.6 CW6163B 型普通车床控制电路线路故障检查、分析及排除	237
◎ 8.7 Z37 摇臂钻床控制电路线路故障检查分析及排除	239

第九章

变频调速系统安装与调试

◎ 9.1 变频器基础知识	241
◎ 9.2 变频器基本控制电路	247
◎ 9.3 PLC 与变频器联机控制电路	261

附录

.....	278
-------	-----

参考文献

.....	293
-------	-----

②皮肤金属化。皮肤金属化是在电弧高温的作用下，金属熔化、汽化，金属微粒渗入皮肤，使皮肤粗糙而张紧的伤害。皮肤金属化多与电弧烧伤同时发生。

③电烙印。电烙印是在人体与带电体接触的部位留下的永久性斑痕。斑痕处皮肤失去原有弹性、色泽，表皮坏死，失去知觉。

④机械性损伤。机械性损伤是电流作用于人体时，由于中枢神经反射和肌肉强烈收缩等作用导致的机体组织断裂、骨折等伤害。

⑤电光眼。电光眼是发生弧光放电时，由红外线、可见光、紫外线对眼睛的伤害。电光眼表现为角膜炎或结膜炎。

(3) 触电方式

按照人体触及带电体的方式和电流流过人体的途径，电击可分为单相触电、两相触电和跨步电压触电。

①单相触电。当人体直接碰触带电设备其中的一相时，电流通过人体流入大地，这种触电现象称为单相触电。对于高压带电体，人体虽未直接接触，但由于超过了安全距离，高电压对人体放电，造成单相接地而引起的触电，也属于单相触电。

低压电网通常采用变压器低压侧中性点直接接地和中性点不直接接地（通过保护间隙接地）的接线方式，这两种接线方式发生单相触电的情况如图 1-1 所示。

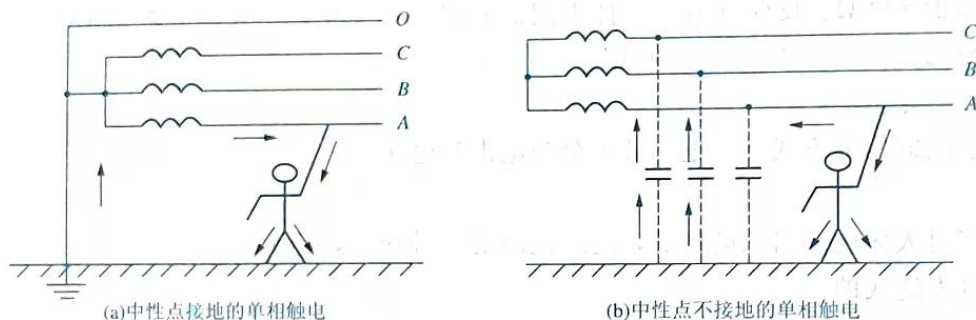


图 1-1 单相触电示意图

②两相触电。人体同时接触带电设备或线路中的两相导体，或在高压系统中，人体同时接近不同相的两相带电导体，而发生电弧放电，电流从一相导体通过人体流入另一相导体，构成一个闭合回路，这种触电方式称为两相触电，如图 1-2 所示。

发生两相触电时，作用于人体上的电压等于线电压，这种触电是最危险的。

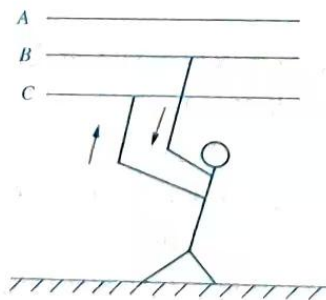


图 1-2 两相触电示意图

③跨步电压触电。当电气设备发生接地故障，接地电流通过接地体向大地流散，在地面上形成电位分布时，若人在接地短路点周围行走，其两脚之间的电位差，就是跨步电压。由跨步电压引起的人体触电，称为跨步电压触电，如图 1-3 所示。人体承受跨步电压时，电流一般是沿着人的下身，即从脚到胯部到脚流过，与大地形成通路，电流很少通过人的心脏等重要器官，看起来似乎危害不大。但是，跨步电压较高时，人就会因脚抽筋而倒在地上，这不但会使作用于身体上的电压增加，还有可能改变电流通过人体的路径而经过人体的重要器官，因而大大增加了触电的危险性。

第一章 安全用电常识及职业道德规范

【教学目标】

- (1)掌握安全用电基本知识。
- (2)掌握触电急救方法以及能够处理一般安全事故。
- (3)掌握职业道德规范。

1.1 安全用电及触电急救知识

【学习目标】

- (1)掌握电工安全用电基本知识。
- (2)了解触电类型和危害以及掌握触电急救方法。

一、知识要点

(一)安全用电知识

在用电过程中,必须特别注意电气安全,如果稍有麻痹或疏忽,就可能造成严重的人身触电事故,引起火灾或爆炸,给国家和人民带来极大的损失。

1.安全电压

交流工频安全电压的上限值,两导体间或任一导体与地之间都不得超过 50 V。我国的安全电压的额定值为 42 V、36 V、24 V、12 V、6 V。如手提照明灯、危险环境的携带式电动工具,应采用 36 V 安全电压;金属容器内、隧道内、矿井内等工作场合,狭窄、行动不便及周围有大面积接地导体的环境,应采用 24 V 或 12 V 安全电压。这些都是为了防止因触电而造成的人身伤害。

2.安全距离

为了保证在电气设备运行操作、维护检修时不致误碰带电体,规定了离带电体的安全距离;为了保证电气设备在正常运行时不会出现击穿短路事故,规定了带电体离附近接地物体和不同相带电体之间的最小距离。安全距离主要有以下几个方面。

- (1)设备带电部分到接地部分和设备不同相带电部分之间的安全电压,如表 1-1 所示。

表 1-1 各种不同电压等级的安全电压

设备额定电压/kV		1~3	6	10	35	60	110	220	330	500
带电部分到接地部分/mm	屋内	75	100	125	300	550	850	1800	2600	3800
	屋外	200	200	200	400	650	900	1800	2600	3800
不同相带电部分之间/mm	屋内	75	100	125	300	550	900	—	—	—
	屋外	200	200	200	400	650	1000	2000	2800	4200

注:表中 110 kV、220 kV、330 kV、500 kV 为中性点直接接地系统。

- (2)设备带电部分到各种遮拦间的安全距离,如表 1-2 所示。

表 1-2 设备带电部分到各种遮拦间的安全距离

设备额定电压/kV		1~3	6	10	35	60	110	220	330	500
带电部分到遮拦/mm	屋内	825	850	875	1050	1300	1600	—	—	—
	屋外	950	950	950	1150	1350	1650	2550	3350	4500
带电部分到网状遮拦/mm	屋内	175	200	225	400	650	950	—	—	—
	屋外	300	300	300	500	700	1000	1900	2700	5000
带电部分到板状遮拦/mm	屋内	105	130	155	330	580	880	—	—	—

注:表中 110 kV、220 kV、330 kV、500 kV 为中性点直接接地系统。

(3) 无遮拦裸导体到地面间的安全距离, 如表 1-3 所示。

表 1-3 无遮拦裸导体到地面间的安全距离

设备额定电压/kV		1~3	6	10	35	60	110	220	330	500
无遮拦裸导体到地面间的安全距离/mm	屋内	2375	2400	2425	2600	2850	3150	—	—	—
	屋外	2700	2700	2700	2900	3100	3400	4300	5100	7500

注: 表中 110 kV、220 kV、330 kV、500 kV 为中性点直接接地系统。

(4) 电气工作人员在设备维修时与设备带电部分间的安全距离, 如表 1-4 所示。

表 1-4 工作人员与带电设备间的安全距离

设备额定电压/kV	10 及以下	20~35	44	60	110	220	330
设备不停电时的安全距离/mm	700	1000	1200	1500	1500	3000	4000
工作人员工作时正常活动范围与带电设备的安全距离/mm	350	600	900	1500	1500	3000	4000
带电作业时人体与带电体之间的安全距离/mm	400	600	600	700	1000	1800	2600

注: 表中 110 kV、220 kV、330 kV 为中性点直接接地系统。

3. 绝缘安全用具

绝缘安全用具按使用功能可分为以下两种。

(1) 绝缘操作用具

绝缘操作用具主要用来进行带电操作、测量和其他需要直接接触电气设备的特定工作。常用的绝缘操作用具, 一般有绝缘操作杆、绝缘夹钳、高压验电笔等, 这些操作用具均由绝缘材料制成。正确使用绝缘操作用具, 应注意以下三点。

① 绝缘操作用具本身必须具备合格的绝缘性能和机械强度。

② 只能在和其绝缘性能相适应的电气设备上使用。

③ 不同的电压有相应电压等级的安全用具。

(2) 绝缘防护用具

绝缘防护用具则对可能发生的有关电气伤害起到防护作用, 主要用于对泄漏电流、接触电压、跨步电压和其他接近电气设备存在的危险等进行防护。常用的绝缘防护用具具有绝缘手套、绝缘靴、绝缘隔板、绝缘垫、绝缘站台等。当绝缘防护用具的绝缘强度足以承受设备的运行电压时, 才可以用来直接接触运行的电气设备, 一般不直接接触及带电设备。使用绝缘防护用具时, 必须做到使用合格的绝缘用具, 并掌握正确的使用方法。

(二) 触电危害及急救知识

1. 触电危害

由于人体本身就是一个导体, 有一定的电阻, 人体一旦构成电流回路, 就会触电。电流在人体内, 对人体内部组织造成伤害, 神经系统受到电流强烈刺激, 引起呼吸中枢衰竭, 严重时心室纤维性颤动, 以致引起昏迷和死亡。

2. 影响人体危害程度的主要因素

电流对人体伤害的严重程度与通过人体电流的大小、频率、持续时间, 通过人体的路径及人体电阻的大小等多种因素有关。

(1) 通过人体的电流对电击伤害的程度有决定性的作用。

对于工频交流电, 按照通过人体电流的大小和人体所呈现的不同状态, 电流大致分为下列三种。

① 感觉电流。感觉电流是指引起人体感觉的最小电流。实验表明, 成年男性的平均感觉电流约为 1.1 mA, 成年女性约为 0.7 mA。感觉电流不会对人体造成伤害, 但电流增大时, 人体反应强烈, 可能造成坠落等间接事故。

② 摆脱电流。摆脱电流是指人体触电后能自主摆脱电源的最大电流。实验表明, 成年男性的平均

摆脱电流约为 16 mA，成年女性约为 10 mA。

③致命电流。致命电流是指在较短的时间内危及生命的最小电流。实验表明，当通过人体的电流达到 50 mA 以上时，心脏会停止跳动，可能导致死亡。

(2) 电流种类、电源频率对人体的影响。

一般认为 40~60 Hz 的交流电对人体最危险。随着频率的增高，危险性将降低。高频电流不仅不伤害人体，还能治病。

(3) 电流通过人体的持续时间对人体的影响。

通电时间越长，电流使人体发热和人体组织的电解液成分增加，导致人体电阻降低，反过来又使通过人体的电流增加，触电的危险亦随之增加。

(4) 电流通过人体不同途径的影响。

电流通过头部可使人昏迷；通过脊髓可能导致瘫痪；通过心脏造成心跳停止，血液循环中断；通过呼吸系统会造成窒息。因此，从左手到胸部是最危险的电流路径，从手到手、从手到脚也是很危险的电流路径，从脚到脚是危险性较小的电流路径。

(5) 人体电阻高低的影响。

人体触电时，流过人体的电流（当接触电压一定时）由人体的电阻值决定，人体电阻越小，流过人体的电流越大，也就越危险。人体电阻包括体内电阻和皮肤电阻。体内电阻基本上不受外界影响，其数值一般不低于 500 Ω 。皮肤电阻随条件不同而有很大的变化，使人体电阻也在很大范围内有所变化。一般人的平均电阻值是 1000~1500 Ω 。

3. 触电事故种类和方式

按照触电事故的构成方式，触电事故可分为电击和电伤。

(1) 电击

电击是电流对人体内部组织的伤害，是最危险的一种伤害，绝大多数（大约 85% 以上）的触电死亡事故都是由电击造成的。

电击的主要特征有：①伤害人体内部；②在人体的外表没有显著的痕迹；③致命电流较小。

按照发生电击时电气设备的状态，电击可分为直接接触电击和间接接触电击。

①直接接触电击。直接接触电击是触及设备和线路正常运行时的带电体发生的电击（如误触接线端子发生的电击），也称为正常状态下的电击。

②间接接触电击。间接接触电击是触及正常状态下不带电，而当设备或线路故障时意外带电的导体发生的电击（如触及漏电设备的外壳发生的电击），也称为故障状态下的电击。

(2) 电伤

电伤是由电流的热效应、化学效应、机械效应等对人造成的伤害。触电伤亡事故中，纯电伤性质的及带有电伤性质的约占 75%（电烧伤约占 40%）。尽管 85% 以上的触电死亡事故是电击造成的，但其中大约 70% 的含有电伤成分。对专业电工自身的安全而言，预防电伤具有更加重要的意义。

①电烧伤。电烧伤是电流的热效应造成的伤害，分为电流灼伤和电弧烧伤。电流灼伤是人体与带电体接触，电流通过人体由电能转换成热能造成的伤害。电流灼伤一般发生在低压设备或低压线路上。电弧烧伤是由弧光放电造成的伤害，分为直接电弧烧伤和间接电弧烧伤。前者是带电体与人体之间发生电弧，有电流流过人体的烧伤；后者是电弧发生在人体附近对人体的烧伤，包含融化了的炽热金属溅出造成的烫伤。直接电弧烧伤是与电击同时发生的。

电弧温度高达 8900 $^{\circ}\text{C}$ 以上，可造成大面积、大深度的烧伤，甚至烧焦、烧掉四肢及其他部位。大电流通过人体，也可能烘干、烧焦机体组织。高压电弧的烧伤较低压电弧严重，直流电弧的烧伤较工频交流电弧严重。

发生直接电弧烧伤时，电流进、出口烧伤最为严重，体内也会受到烧伤。与电击不同的是，电弧烧伤都会在人体表面留下明显痕迹，而且致命电流较大。

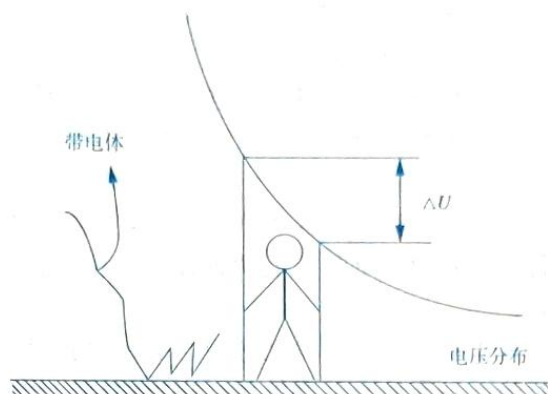


图 1-3 跨步电压触电示意图

下列情况和部位可能发生跨步电压电击：带电导体，特别是高压导体故障接地处，流散电流在地面各点产生的电位差造成跨步电压电击；接地装置流过故障电流时，流散电流在附近地面各点产生的电位差造成跨步电压电击；正常时有较大工作电流流过的接地装置附近，流散电流在地面各点产生的电位差造成跨步电压电击；防雷装置接受雷击时，极大的流散电流在其接地装置附近地面各点产生的电位差造成跨步电压电击；高大设施或高大树木遭受雷击时，极大的流散电流在附近地面各点产生的电位差造成跨步电压电击。跨步电压的大小受接地电流大小、鞋和地面特征、两脚之间的跨距、两脚的方位以及离接地点的远近等因素的影响。人的跨距一般按 0.8 m 考虑。由于跨步电压受很多因素的影响以及地面电位分布的复杂性，几个人在同一地带（如同一棵大树下或同一故障接地点附近）遭到跨步电压电击时，完全可能出现截然不同的后果。

因此，电力工人在平时工作或行走时，一定格外小心。当发现设备出现接地故障或导线断线落地时，要远离断线落地区；一旦不小心已步入断线落地区且感觉到有跨步电压时，应赶快把双脚并在一起或用一条腿跳着离开断线落地区；当必须进入断线落地区救人或排除故障时，应穿绝缘靴。

④接触电压触电。接触电压是指人站在发生接地短路故障设备的旁边，触及漏电设备的外壳时，其手、脚之间所承受的电压。由接触电压引起的触电称为接触电压触电。

在发电厂和变电所中，一般电气设备的外壳和机座都是接地的，正常时，这些设备的外壳和机座都不带电。但当设备发生绝缘击穿、接地部分破坏，设备与大地之间产生电位差时，人体若接触这些设备，其手、脚之间便会承受接触电压而触电。为防止接触电压触电，往往要把一个车间、一个变电站的所有设备均单独埋设接地体，对每台电动机采用单独的保护接地。

⑤弧光放电触电。因不小心或没有采取安全措施而接近了裸露的高压带电设备，将会发生严重的弧光放电触电事故。

⑥停电设备突然来电引起的触电。在停电设备上检修时，若未采取可靠的安全措施，如未装挂临时接地线及悬挂必要的标示牌，当误将正在检修的设备送电时，将致使检修人员触电。

4. 触电急救

根据长期实践在总结抢救触电者的经验中，概括起来八个字，即要做到：迅速、就地、准确、坚持。

(1) 触电急救的基本原则

发现有人触电，必须保持头脑冷静，切忌惊慌失措，尽快断开与触电人接触的带电体，使触电人脱离电源，这是减轻触电伤害和实施紧急救护的关键和首要工作。

救护人必须熟悉触电紧急救护方法。当触电者脱离电源后，应根据其临床表现施行人工呼吸或胸外心脏按压，按动作要领操作，以获得救治效果。

抢救触电生命垂危者，一定要在现场或附近就地进行。切忌长途护送到医院，以免延误抢救时间。

紧急抢救要有信心和耐心，不要因一时抢救无效而轻易放弃抢救。

新的照明要符合使用场所防火、防爆的要求。但不能因此延误切除电源和进行急救。

(5) 伤员脱离电源后的处理

① 伤员的应急处置

触电伤员如神志清醒,应使其就地躺平,严密观察,暂时不要站立或走动。

触电伤员如神志不清,应使其就地仰面躺平,且确保气道通畅,并用5秒时间,呼叫伤员或轻拍其肩部,以判定伤员是否意识丧失。禁止摇动伤员头部呼叫伤员。需要抢救的伤员,应立即就地坚持正确抢救,并设法联系医疗部门接替救治。

② 呼吸、心跳情况的判定。

触电伤员如意识丧失,应在10秒内用看、听、试的方法判定伤员呼吸心跳情况。

看:看伤员的胸部、腹部有无起伏动作。

听:用耳贴近伤员的口鼻处,听有无呼气声音。

试:试测口鼻有无呼气的气流,再用两手指轻试一侧喉结旁凹陷处的颈动脉有无搏动。

若看、听、试结果,既无呼吸又无颈动脉搏动,可判定呼吸心跳停止。

(6) 心肺复苏法

触电伤员呼吸和心跳均停止时,应立即按心肺复苏法支持生命的三项基本措施操作,即通畅气道,人工呼吸,胸外按压。正确进行就地抢救,如图1-4所示。

① 通畅气道。触电伤员呼吸停止,重要的是始终确保气道通畅。如发现伤员口内有异物,可将其身体及头部同时侧转,迅速用一个手指或用两手指交叉从口角处插入,取出异物;操作中要注意防止将异物推到咽喉深部。通畅气道可采用仰头抬颏法。用一只手放在触电者前额,另一只手的手指将其下颌骨向上抬起,两手协同将头部推向后仰,舌根随之抬起,气道即可通畅。严禁用枕头或其他物品垫在伤员头下,头部抬高前倾,会加重气道阻塞,使胸外按压时流向脑部的血流减少,甚至消失。

② 口对口人工呼吸。在保持伤员气道通畅的同时,救护人员用放在伤员额上的手指捏住伤员鼻翼,救护人员深吸气后,与伤员口对口紧合,在不漏气的情况下,连续大口吹气两次,每次1~1.5秒,如图1-5所示。如两次吹气后试测颈动脉仍无搏动,可判断心跳已经停止,要立即同时进行胸外按压。除开始时大口吹气两次外,正常口对口呼吸的吹气量不需过大,以免引起胃膨胀。吹气和放松时,要注意伤员胸部应有起伏的呼吸动作。吹气时如有较大阻力,可能是头部后仰不够,应及时纠正。触电伤员如牙关紧闭,可口对鼻人工呼吸,口对鼻人工呼吸吹气时,要将伤员嘴紧闭,防止漏气。

③ 胸外按压。正确的按压位置是保证胸外按压效果的重要前提。确保正确按压位置的步骤:右手的食指和中指沿触电伤员的右侧肋弓下缘向上,找到肋骨和胸骨结合处的中点;两手指并齐,中指放在切迹中点(剑突底部),食指平放在胸骨下部;另一只手的掌根紧挨食指上缘,置于胸骨上,即为正确按压位置,如图1-6所示。正确的按压姿势是达到胸外按压效果的基本保证。

正确的按压姿势:使触电伤员仰面躺在平硬的地方,救护人员立或跪在伤员一侧肩旁,救护人员的两肩位于伤员胸骨正上方,两臂伸直,肘关节固定不屈,两手掌根相叠,手指翘起,不接触伤员胸壁;以髋关节为支点,利用上身的重力,垂直将正常成人胸骨压陷3~5厘米;压至要求程度后,立即全部放松,但放松时救护人员的掌根不得离开胸壁。按压必须有效,有效的标志是按压过程中可触及颈动脉搏动。

操作频率:胸外按压要以均匀速度进行,每分钟80次左右,每次按压和放松的时间相等。胸外按压与口对口人工呼吸同时进行,其节奏为:单人抢救时,每按压15次后吹气2次,反复进行;双人抢救时,每按压5次后由另一人吹气1次,反复进行。

(7) 抢救中的再判定

按压吹气1分钟后,应看、听、试,再次检查伤员的呼吸和心跳是否恢复。若判定颈动脉已有搏动但无呼吸,则暂停胸外按压,而再进行2次口对口人工呼吸,接着每5秒吹一次。如脉搏和呼吸均未复苏,则继续坚持心肺复苏法抢救,并联系120急救。

(3) 工作计划。提前做好工作计划利于有条不紊地开展每天、每周等每一个周期的工作,自然也有利于保证工作的质和量。

(4) 开会记录。及时记录必要的工作信息,有助于准确地记载各种有用的信息,帮助日常工作顺利开展。

(5) 遵守工作纪律。工作纪律是为了保证正常工作秩序、维持必须工作环境而制定的,不仅有利于工作效率的提升,也有利于工作能力的提高。

(6) 工作总结。及时总结每天、每周等阶段性工作中的得与失,可以及时调整自己的工作习惯,总结工作经验,不断完善工作技能。

(7) 向上级汇报工作。及时地向上级请示汇报工作,不仅有利于工作任务的完成,也可以在上级的指示中学习到更多工作经验和技能,让自己得到提升。

职业习惯是一个职场人士根据工作需要,为了很好地完成工作任务主动或被动的在工作过程中养成的工作习惯,也是保证工作任务和工作质量必须具备的品质。良好的职业习惯,是出色地完成工作任务的必要前提,如果不具备良好的职业习惯就不能按照要求完成自己的工作。所以每一个人都需要一个良好的职业习惯。

3. 主要内容

爱岗敬业,诚实守信,办事公道,服务群众,奉献社会,素质修养。

职业道德的含义包括以下八个方面。

(1) 职业道德是一种职业规范,受社会普遍的认可。

(2) 职业道德是长期以来自然形成的。

(3) 职业道德没有确定形式,通常体现为观念、习惯、信念等。

(4) 职业道德依靠文化、内心信念和习惯,通过员工的自律实现。

(5) 职业道德大多没有实质的约束力和强制力。

(6) 职业道德的主要内容是对员工义务的要求。

(7) 职业道德的标准多元化,代表了不同企业可能具有不同的价值观。

(8) 职业道德承载着企业文化和凝聚力,影响深远。

4. 服务标准

(1) 对待工作

我的工作,我的至爱(热爱本职工作)。

无以规矩,不成方圆(遵守规章制度)。

自洁自律,廉洁奉公(注重个人修养)。

①不利用工作之便贪污受贿或谋取私利。

②不索要小费,不暗示、不接受客人赠送物品。

③自觉抵制各种精神污染。

④不议论客人和同事的私事。

⑤不带个人情绪上班。

(2) 对待集体

集体利益高于一切。(集体主义是职业道德的基本原则,员工必须以集体主义为根本原则,正确处理个人利益、他人利益、班组利益、部门利益,和公司利益的相互关系。)

组织纪律观,时刻在心间。

团结协作,友爱互助,爱护公共财产,做一名主人翁。

(3) 对待客人

全心想意为客人服务,没有错的客人,只有不对的服务,来的都是上帝。客人的投诉是对我们最大的支持

5. 基本要求

5.基本要求

概括而言,职业道德主要包括以下几方面的内容:忠于职守,乐于奉献;实事求是,一票否决;依法行事,严守秘密;公正透明,服务社会。

(1) 忠于职守, 乐于奉献

(1) 忠于职守，乐于奉献

敬业是从业人员应该具备的一种崇高精神，是做到求真务实、优质服务、勤奋奉献的前提和基础。从业人员，首先要安心工作、热爱工作、献身所从的行业，把自己远大的理想和追求落到工作实处，在平凡的工作岗位上做出非凡的贡献。从业人员有了敬业的精神，就能在实际工作中积极进取，忘我工作，把好工作质量关。对工作认真负责和核实，把工作所得出的成果，作为自己的天职和莫大的荣幸；同时认真进行分析工作的不足和积累经验。

随着市场经济市场的发展，对从业人员的职业观念、

敬业奉献是从业人员的职业道德的内在要求。随着市场经济市场的发展,对从业人员的职业观念、态度、技能、纪律和作风都提出了新的更高的要求。

职业作为认识和管理社会的基础性工作。可谓默默无闻、枯燥烦琐。没有无私奉献的道德品质，只有“不唯上、不唯书、只唯实”的求实精神，是很难出色地完成任任务的。为此，我们要求广大从业人员要有高度的责任感和使命感，热爱工作，献身事业，树立崇高的职业荣誉感。要克服任务繁重、条件艰苦、生活清苦等困难，勤勤恳恳，任劳任怨，甘于寂寞，乐于奉献。要适应新形势的变化，刻苦钻研。加强个人的道德修养，处理好个人、集体、国家三者关系，树立正确的世界观、人生观和价值观；把继承中华民族传统美德与弘扬时代精神结合起来，坚持解放思想、实事求是，与时俱进、勇于创新，淡泊名利、无私奉献。

(2) 实事求是，一票否决

(2) 实事求是，一票否决

实事求是，不光是思想路线和认识路线的问题，也是一个道德问题，而且是统计职业道德的核心。求，就是深入实际，调查研究；实事求是有两层含义，一是是真不是假，二是社会经济现象数量关系的必然联系即规律性。为此，我们必须办实事，求实效，坚决反对和制止工作上弄虚作假。这就需要有心底无私的职业良心和无私无畏的职业作风与职业态度。如果夹杂着个人私心杂念，为了满足自己的私利或迎合某些人的私欲需要，弄虚作假、虚报浮夸就在所难免，也就会背离实事求是原则这一最基本的职业道德。

职业道德尤其对为人师表的教育工作者非常重要。根据中组部、中宣部、教育部日前联合印发的《关于加强和改进高校青年教师思想政治工作的若干意见》，我国将师德表现作为教师年度考核、岗位聘任（聘用）、职称评审、评优奖励的首要标准，建立健全青年教师师德考核档案，实行师德“一票否决制”。

作为一个工作者，必须有对国家对人民高度的负责的精神，把实事求是作为履行责任和义务的最基本的道德要求，坚持“不唯书、不唯上、只唯实”。从业人员要特别注意调查研究，经过去粗取精，去伪存真，由表及里，由此及彼的分析，按照事物本来面貌如实反映，有一说一，有二说二，有喜报喜，有忧报忧，不随波逐流，不看眼行事。

(3) 依法行事，严守秘密

坚持依法行事和以德行事“两手抓”。一方面，要大力推进国家法治建设的有利时机，进一步加大执法力度，严厉打击各种违法乱纪的现象，依靠法律的强制力量消除腐败滋生的土壤；另一方面，要通过劝导和教育，启迪人们的良知，提高人们的道德自觉性，把职业道德渗透到工作的各个环节，融于工作的全过程，增强人们的道德意识，从根本上消除腐败现象。

严守秘密是统计职业道德必需的重要准则。保守国家、企业和个人的秘密。

(4) 公正透明，服务社会

优质服务是职业道德所追求的最终目标，优质服务是职业生命力的延伸。

6. 特点

(1) 职业道德具有适用范围的有限性

每种职业都担负着一种特定的职业责任和职业义务。由于各种职业的职业责任和职业义务不同,从而

救护人员在救护触电者时, 必须注意自身和周围人员的安全。当触电者尚未脱离电源, 救护者也未采取必要的安全措施前, 严禁用手直接拉触电者。

若触电者所处位置较高, 应采取相应措施, 以防触电者脱离电源时从高处摔下。

当触电事故发生在夜间时, 应考虑好临时照明, 以防切断电源时失去照明, 以利救护。

(2) 紧急救护法

紧急救护的基本原则是在现场采取积极措施保护伤员生命, 减轻伤情, 减少痛苦, 并根据伤情需要, 迅速拨打 120 联系医院进行紧急救护。急救的成功条件是动作快、操作准确。任何拖延和操作错误都会导致伤员伤情加重或死亡。

要认真观察伤员全身情况, 防止伤情恶化。发现呼吸、心跳停止时, 应立即在现场就地抢救, 用心肺复苏法支持呼吸和循环, 对脑、心等重要脏器供氧。应当切记, 只有在心脏停止跳动时分秒必争地迅速抢救, 救活的可能才较大。

现场工作人员都应定期进行培训, 学会紧急救护法, 要会正确解脱电源、会心肺复苏法、会止血、会包扎、会转移搬运伤员、会处理急救外伤或中毒等。

(3) 触电急救法

触电急救必须分秒必争, 立即就地迅速用心肺复苏法进行抢救, 并坚持不断地进行, 同时及早与 120 联系, 争取用最快的时间让医务人员到场。在医务人员未接替救治之前不应放弃现场抢救, 更不能只根据没有呼吸或脉搏来判定伤员死亡, 放弃抢救。只有医生有权做出伤员死亡的诊断。

(4) 脱离电源

触电急救, 首先要使触电者迅速脱离电源, 越快越好。因为电流作用的时间越长其对人身体的伤害越重。

①脱离电源就是要把触电者接触的那一部分带电设备的开关、刀闸或其他断路设备断开, 或设法将触电者与带电设备或带电导体脱离。在脱离电源中, 救护人员既要救人, 也要注意保护自己。

②触电者未脱离电源前, 救护人员不准直接用手触及伤员, 因为触电的危险依然存在。

③如触电者处于高处, 在解脱电源后会自高处坠落, 因此, 要采取预防措施。

④触电者触及低压带电设备, 救护人员应设法迅速切断电源, 如拉开电源开关或刀闸, 拔除电源插头等, 或使用绝缘干燥的器具(干燥的木棒、木板、绳索、衣服等不导电的东西)解脱触电者, 也可抓住触电者干燥而不贴身的衣服, 将其拖开, 切记要避免碰到金属物体和触电者的裸露身躯; 也可戴绝缘手套或将手用干燥衣物等包起绝缘后解脱触电者; 救护人员也可站在绝缘的干木板上, 绝缘自己再进行救护。为使触电者与导电体解脱, 最好用一只手进行。

⑤如果电流通过触电者入地, 并且触电者紧握电源线, 可设法用干木板塞到其身下, 与地隔离, 也可用有绝缘柄的钳子等将电线剪断。剪断电源线要分相操作, 一根一根地剪断, 并尽可能站在绝缘体或干木板上。

⑥触电者触及高压带电设备, 救护人员应迅速切断电源, 或用适合该电压等级的绝缘工具, 解脱触电者。救护人员在抢救的过程中应注意保持自身与周围带电部分必要的安全距离。

⑦如果触电发生在架空线的杆塔上, 如系低压带电线路, 若可能立即切断线路电源的, 应迅速切断电源, 或者由救护人员迅速登杆, 系好自己的安全带后, 用带绝缘胶柄的钢丝钳、干燥的不导电物体或绝缘物体将触电者拉离电源; 如系高压带电线路, 又不可能迅速切断电源开关的, 可采用抛挂足够截面积的适当长度的金属短路线方法, 使电源开关跳闸。抛挂前, 将短路线一端固定在铁塔或接地引线上, 另一端系重物, 但抛掷短路线时, 应注意防止电弧伤人或断线危及人员安全。不论是何级电压线路上触电, 救护人员在使触电者脱离电源时, 要注意防止发生高处坠落的可能和再次触及其他有电线路的可能。

⑧如果触电者触及断落在地上的带电高压导线, 且尚未确证线路无电, 救护人员在未做好安全措施前, 不能接近断线点至 8~10 米范围内, 防止跨步电压伤人。触电者脱离带电导线后, 亦迅速带至 8~10 米以外的地方立即开始触电急救。只有在确认线路已经无电, 才可在触电者离开触电导线后, 立即就地进行急救。

⑨救护触电伤员切除电源时, 有时会同时使照明失电, 因此应考虑事故照明、应急灯等临时照明。



图 1-4 心肺复苏法示意图

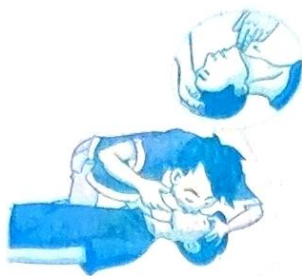


图 1-5 口对口人工呼吸示意图



图 1-6 胸外按压示意图

二、思考与练习

1. 思考

- (1) 安全电压和安全距离有什么规定?
- (2) 什么是触电? 触电有哪些形式?
- (3) 触电对人体的损害程度以及与哪些因素有关?
- (4) 触电对人体有哪些危害?
- (5) 触电有哪些急救方法?

2. 练习

- (1) 断开实训设备电源, 教师指导学生模拟触电情景, 学生分组分别互救和自救。
- (2) 模拟触电情景, 教师指导学生分析情景中触电原因, 并写出解决方案。

1.2 职业道德规范

【学习目标】

- (1) 熟悉职业道德规范。
- (2) 了解行业道德标准。

一、知识要点

1. 职业道德 (一种道德准则)

职业道德的概念有广义和狭义之分。广义的职业道德是指从业人员在职业活动中应该遵循的行为准则, 涵盖了从业人员与服务对象、职业与职工、职业与职业之间的关系。狭义的职业道德是指在一定职业活动中应遵循的、体现一定职业特征的、调整一定职业关系的职业行为准则和规范。不同的职业人员在特定的职业活动中形成了特殊的职业关系, 包括职业主体与职业服务对象之间的关系、职业团体之间的关系、同一职业团体内部人与人之间的关系, 以及职业劳动者、职业团体与国家之间的关系。

2. 标准条件

良好的职业修养是每一个优秀员工必备的素质, 良好的职业道德是每一个员工都必须具备的基本品质, 这两点是企业对员工最基本的规范和要求, 同时也是每个员工担负起自己的工作责任必备的素质。那么, 怎样才是具备了良好的职业修养和职业道德呢?

每个人平时都有习惯, 但不一定是职业习惯, 更不一定是符合要求的职业习惯。那么, 哪些才是符合要求的职业习惯呢?

(1) 早到公司。每天提前到公司可以在上班之前准备好完成工作必需的工作条件, 调整好需要的工作状态, 保证准时开始一天的工作, 才叫不迟到。

(2) 搞好清洁卫生。做好清洁卫生, 可以保证一天整洁有序的工作环境, 同时也利于保持良好的工作心情。

3. 数控机床控制技术（十四五职业教育国家规划教材）



“十四五”职业教育国家规划教材

数控机床控制技术

SHUKONG JICHUANG KONGZHI JISHU

彭二宝 主编

河南科学技术出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书充分利用现代信息技术,建设开发了生动丰富的数字化资源,将传统纸质教材与声音、视频、动漫等线上资源有机结合,教学方式灵活多变,学习内容丰富。

本书共分为5个项目,分别是:项目1数控车床、项目2数控铣床、项目3数控加工中心、项目4数控特种加工机床、项目5数控机床的选用及维护。

本书由浅入深、通俗易懂,可作为高职高专院校机电专业的专业课教材,可为后期学生综合实训、毕业设计、顶岗实习等打下基础,也有助于学生职业素质养成与职业能力培养。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床控制技术/彭二宝主编. —郑州:河南科学技术出版社, 2019. 10
(2023. 6 重印)

“十三五”高等职业教育立体化教材

ISBN 978-7-5349-9741-9

I. ①数… II. ①彭… III. ①数控机床-高等职业教育-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第245850号

出版发行:河南科学技术出版社

地址:郑州市郑东新区祥盛街27号 邮编:450016

电话:(0371) 65788865

网址:www.hnstp.cn

策划编辑:徐素军

责任编辑:卢正阳

责任校对:司丽艳

封面设计:张 伟

责任印制:张艳芳

印 刷:河南新华集团印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:787 mm×1092 mm 1/16 印张:15.5 字数:400千字

版 次:2019年10月第1版 2023年6月第3次印刷

定 价:45.00元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系并调换。

“十四五” 职业教育国家规划教材
“十三五” 高等职业教育立体化教材

《数控机床控制技术》编写人员名单

主 编 彭二宝

副主编 黄力刚 史亚贝

编 委 (以姓氏笔画为序)

王 景 史亚贝 刘欣宁

邵 鑫 郭 威 黄力刚

彭二宝

为深入贯彻二十大报告，加快建设制造强国，深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略，推进教育数字化，落实《国务院关于印发〈国家职业教育改革实施方案〉的通知》（国发〔2019〕4号）和《河南省人民政府关于印发〈河南省职业教育改革实施方案〉的通知》（豫政〔2019〕23号）精神，顺应“互联网+”的发展趋势，推进信息技术与教育教学的全面深度融合，加快提升高职教育信息化整体水平，以高等职业院校机电专业人才培养方案为依据编写了此书。

《数控机床控制技术》立体化教材充分利用现代信息技术，开发建设了生动丰富的数字化资源，将传统纸质教材与声音、视频、动漫等其他线上资源有机结合，教学方式灵活，学习内容丰富，达到良好的学习效果。该教材是一门多学科交叉的专业课程，采用项目导向、任务驱动模式，按照“教、学、练、做”合一的原则，设计学习项目和典型任务单元，通过多媒体网络技术，开发出了二维、微课等多种媒介的教学资源，将知识点融入其中，介绍各种数控机床的工作原理和特性，结合工程应用实际，了解数控机床的应用，增强了教学设计的实用性和趣味性。学生可以通过手机APP直接学习，培养学生掌握各类数控机床的结构和原理，了解数控技术的发展动向，提高学生参与学习的动力。本课程为后期综合实训、毕业设计、顶岗实习等打下基础，也是职业素养养成与职业能力培养最基本的理论实践一体化课程。

全书共分为5个项目，分别是：项目1 数控车床、项目2 数控铣床、项目3 数控加工中心、项目4 数控特种加工机床、项目5 数控机床的选用及维护。

本书由河南工业职业技术学院的彭二宝老师担任主编，黄力刚和史亚贝老师担任副主编，郭威、邵鑫、王景、刘欣宁老师参与教材的编写，其中项目1由邵鑫（任务1-2）和黄力刚（任务3-5）编写，项目2由郭威（任务1-2）和彭二宝（任务3-5）编写，项目3由史亚贝编写，项目4由王景编写，项目5由刘欣宁编写。彭二宝、黄力刚、史亚贝、郭威、邵鑫、王景、刘欣宁、赵晓燕、曲令晋、秦启书老师参与教材资源的建设，其中彭二宝、黄力刚、史亚贝负责立体资源的管理及审核，郭威负责全书图片的制作，邵鑫、王景、刘欣宁、赵晓燕、曲令晋、秦启书参与资源制作；黄力刚负责项目1资源建设，史亚贝、王景负责项目2资源建设，邵鑫负责项目3资源建设，刘欣宁、赵晓燕负责项目4资源建设，曲令晋、秦启书负责项目5的资源建设。

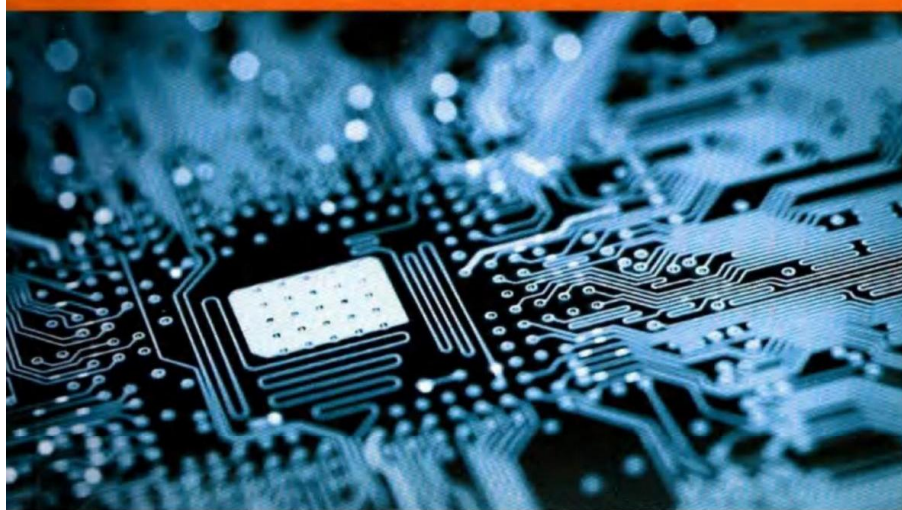


河南省“十二五”普通高等教育规划教材
经河南省普通高等教育教材建设指导委员会审定

Altium Designer 6 电路设计实用教程

Altium Designer 6
DIANLU SHEJI SHIYONG JIAOCHENG

胡应占 主编



 河南科学技术出版社

“十三五”电气电子相关专业规划教材

电工电子技术 ISBN978-7-5349-6819-8
传感检测与测量仪器 ISBN978-7-5349-4577-9
电工电子技术实训 ISBN978-7-5349-4088-0
电路基础 ISBN978-7-5349-4302-7
电工基础 ISBN 978-7-5349-5542-6
电工测量与实验 ISBN 978-7-5349-5541-9
电路 CAD 实用技术 ISBN 978-7-5349-7243-0
通信电子线路 ISBN 978-7-5349-4278-5
电气与电子信息专业英语 ISBN 978-7-5349-4301-0
电工技术 ISBN 978-7-5349-4296-9
电机与拖动技术 ISBN 978-7-5349-7657-5
信号处理技术 ISBN 978-7-5349-4277-8
Altium Designer 6 电路设计实用教程 ISBN 978-7-5349-4353-9
模拟电子技术 ISBN 978-7-5349-7658-2
电力电子技术 ISBN 978-7-5349-4285-3
计算机网络技术 ISBN 978-7-5349-4241-9
C 语言程序设计 ISBN 978-7-5349-4279-2
电工基础 ISBN 978-7-5349-4108-5
电工技术实验及仿真 ISBN 978-7-5349-4086-6
电力内外线 ISBN 978-7-5349-4020-0
中级维修电工职业技能鉴定指导 ISBN 978-7-5349-5138-1
电工基本技能实训 ISBN 978-7-5349-4317-1
电子基本技能实训 ISBN 978-7-5349-4481-9
自动控制技术 ISBN 978-7-5349-4332-4
单片机实用技术 ISBN 978-7-5349-4939-5
三相异步电动机修理实训教程 ISBN 978-7-5349-5008-7
检测技术 ISBN 978-7-5349-7247-8
计算机绘图 AutoCAD ISBN 978-7-5349-7458-8

策划编辑 孙 彤
责任编辑 张 恒
责任校对 张 建
封面设计 张 伟
责任印制 朱 飞

ISBN 978-7-5349-4353-9



9 787534 943539 >

定价：27.00 元



河南省“十二五”普通高等教育规划教材
经河南省普通高等教育教材建设指导委员会审定

Altium Designer 6 电路设计实用教程

胡应占 主编

河南科学技术出版社

·郑州·

内 容 提 要

本教材是根据教育部高等职业教育教学要求和应用型专业人才培养目标,针对高职高专教学特点而编写的。本教材以“学以致用”原则,结合典型的设计实例,系统介绍了应用 Altium Designer 6 进行电路原理图绘制、印制电路板设计、电路仿真、印制电路板信号分析的方法与操作步骤。本教材内容由浅入深、结构合理、图文并茂,每个项目末尾的小结、思考与练习简短典型,便于巩固所学知识。

本教材适用于开设电路设计课程的各个专业;并可作为成人教育、职工培训等的教学用书,也可供从事电子线路设计的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

Altium Designer 6 电路设计实用教程/胡应占主编. —郑州:河南科学技术出版社, 2014. 3 (2018. 9 重印)

(河南省“十二五”普通高等教育规划教材)

ISBN 978-7-5349-4353-9

I. A… II. 胡… III. 印制电路-计算机辅助设计-应用软件, Altium Designer 6-高等学校; 技术学校-教材 IV. TN410. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 151073 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65788859 65788624

网址: www.hnstp.cn

策划编辑: 孙 彤

责任编辑: 张 恒

责任校对: 张 建

封面设计: 张 伟

责任印制: 朱 飞

印 刷: 河南新华印刷集团有限公司

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 13.5 字数: 327 千字

版 次: 2014 年 3 月第 1 版 2018 年 9 月第 4 次印刷

定 价: 27.00 元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系并调换。

《Altium Designer 6 电路设计实用教程》编写人员

主 编 胡应占
编 者 (按姓氏笔画排序)
邢鹏康 赵 阳 胡 彬 胡应占
裴 翔
主 审 李淑宇

前 言

电路设计自动化 (Electronic Design Automation, EDA) 技术, 是将电路设计中各种工作交由计算机来协助完成, 是在电子计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 技术基础上发展起来的计算机设计技术。它集计算机、电子、信息和计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacturing, CAM)、计算机辅助测试 (Computer Aided Test, CAT) 等技术于一体, 不仅具有强大的设计能力, 而且具有测试、分析及管理的功能。它改变了以往采用定量计算和电路实验为基础的传统设计方式, 使电子电路的分析与设计方法发生了重大变革。

Protel 系列软件已拥有大量的用户群, 已经成为电路设计者必备的基础工具之一。Altium Designer 6. x 是 Altium 公司最新一代的板级电路设计系统, 除了全面继承包括 Protel 99SE、Protel DXP 在内的先前一系列版本的功能和优点外, 还增加了许多改进和很多高端功能。它将原理图绘制、电路仿真、集成化印制电路板 (Printed Circuit Board, PCB) 设计、设计规则检查、文档报表输出、可编程器件及逻辑器件设计等完美融合, 为用户提供了全面的设计解决方案, 是电子线路设计者首选的 EDA 设计软件。

根据教育部高等职业教育教学要求和应用型专业人才培养目标, 针对高职高专教学特点, 为了满足迅速发展的现代工业对电路设计人才的需求, 我们结合实际设计、紧跟软件发展状况而编写了这本教材。本教材以“学以致用”为原则, 结合典型实例系统介绍了应用 Altium Designer 6 进行电路原理图绘制、PCB 设计、电路仿真的方法与操作步骤。本教材内容由浅入深、结构合理、图文并茂, 配有小结、思考与练习, 简短典型, 方便教学和技术人员自学。教材中部分元器件图形符号采用的是 Altium Designer 6. x 软件提供的符号标准, 与国家标准不尽相符, 特提醒读者注意。

本教材内容共分 6 个项目。项目 1 是认识 Altium Designer 6; 项目 2 是绘制原理图设计及生成各种电气报表, 包括原理图的设计绘制、各种报表的生成和原理图的输出等; 项目 3 是建立原理图元器件库; 项目 4 是绘制印制电路板; 项目 5 是手工和利用向导建立元器件封装; 项目 6 是利用 Altium Designer 6 进行电路仿真。

本教材由河南工业职业技术学院胡应占教授担任主编, 由长期从事 EDA 技术教学和实践研究的高校教师参与编写。具体分工如下: 项目 1、项目 2 的 2.9 和 2.10 节、项目 4 的 4.7 节和附录由胡应占编写, 项目 2 的 2.1~2.8 节由河南工业职业技术学院赵阳编写, 项目 3 和项目 5 由河南工业职业技术学院胡彬编写, 项目 4 的 4.1~4.6 节由河南工业职业



技术学院邢鹏康编写，项目 6 由河南工业职业技术学院裴翔编写。本教材由胡应占统稿、修改和定稿。北京航空航天大学李淑宇担任本教材的主审，为本教材的编写提出了许多宝贵的意见和建议。

在编写过程中，编者参阅了大量的书刊和相关论著，并吸取了其中的良好经验，在此向原著者表示真诚的感谢！

限于编者水平，如有不足和错误之处，敬请读者批评指正。

编者

2013 年 10 月

目 录

项目 1 认识 Altium Designer 6	1
1.1 Altium Designer 6 软件简介与安装	1
1.2 Altium Designer 6 的窗口界面	7
1.3 Altium Designer 6 的系统设置	12
1.4 Altium Designer 6 的界面自定义	22
小结	25
思考与练习	25
基础 2 绘制原理图及生成各种电气报表	26
2.1 原理图设计基础	26
2.2 原理图的图纸设置	29
2.3 元件库的加载	34
2.4 放置、调整与编辑元件	38
2.5 连接线路	48
2.6 其他对象的放置与属性编辑	51
2.7 层次原理图的设计	55
2.8 创建网络表	60
2.9 原理图设计进阶	63
2.10 原理图绘制实例	73
小结	80
思考与练习	80
项目 3 建立原理图元器件库	83
3.1 原理图元器件概述	83
3.2 原理图元器件编辑器	84
3.3 创建分立元器件	88
3.4 多单元元器件制作	96
小结	98
思考与练习	98
项目 4 绘制印制电路板	100
4.1 PCB 设计基础	100



4.2 PCB 设计流程及基本原则	104
4.3 创建与规划 PCB	106
4.4 元器件封装库的操作	116
4.5 手工布线设计单面印制电路板	120
4.6 自动设计 PCB 双面板	127
4.7 印制电路板设计进阶	146
小结	162
思考与练习	162
项目 5 手工和利用向导建立元器件封装	164
5.1 创建新的元器件封装库	164
5.2 手工制作元器件封装	166
5.3 利用向导工具制作元器件封装	170
5.4 集成库的生成与维护	172
小结	176
思考与练习	176
项目 6 利用 Altium Designer 6 进行电路仿真	178
6.1 电路仿真概述	178
6.2 仿真的设置	178
6.3 电路仿真实例	193
小结	199
思考与练习	200
附录 常用元器件图形符号	201
参考文献	206