“十四五”职业教育国家规划教材

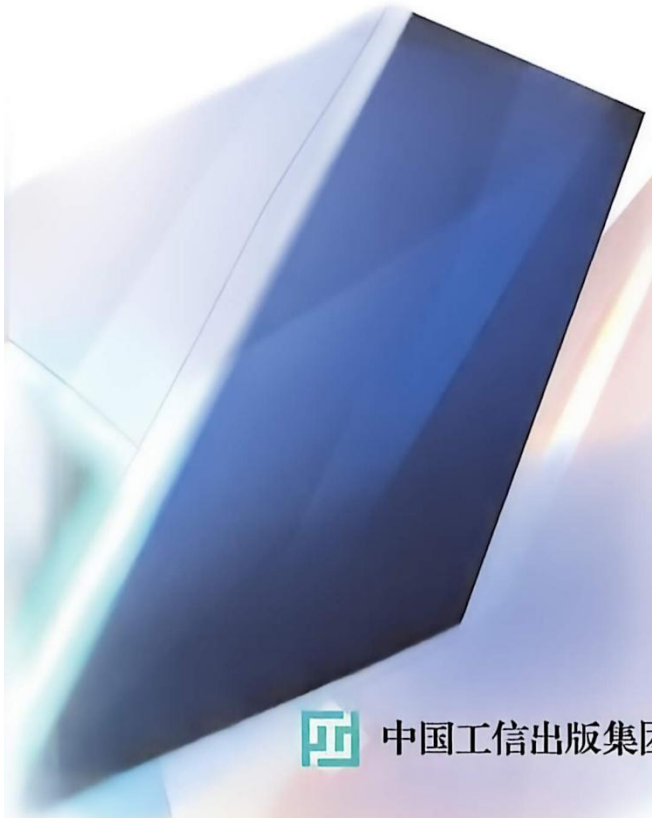
新编高等职业教育电子信息、机电类精品教材

电子应用技术项目教程（第4版）

王彰云 谢兰清 主 编

王彩霞 张 琪 余 鹏 邓 卫 覃文石 副主编

陶 权 苏 伟 主 审



- 在“立德树人”视域下，以提高人才培养质量为目标组织修订
- 校企双元合作开发，精选13个典型电子产品的设计与制作项目
- 采用任务工单模式，构建工作手册式新形态教材
- 着眼应用，注重技术，深化教改，面向就业

中国工信出版集团

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

目 录

绪论 …… (1)

项目 1　节能灯电路的制作 …… (6)

【任务工单】 …… (6)

1.1 【知识链接】 电阻器 …… (10)

1.1.1 电阻的型号命名方法 …… (11)

1.1.2 电阻的主要参数 …… (12)

1.1.3 电位器 …… (15)

1.1.4 电阻的检测 …… (15)

1.2 【知识链接】 电容器 …… (16)

1.2.1 电容的型号命名方法 …… (17)

1.2.2 电容的主要参数 …… (18)

1.2.3 电容的检测 …… (20)

1.3 【知识链接】 电感器 …… (20)

1.3.1 电感的分类 …… (20)

1.3.2 电感的主要参数 …… (22)

1.3.3 电感的检测 …… (23)

1.4 【知识链接】 二极管 …… (23)

1.4.1 半导体的基础知识 …… (23)

1.4.2 二极管的基础知识 …… (26)

1.4.3 特殊二极管 …… (30)

1.4.4 半导体分立器件的型号命名方法 …… (31)

1.4.5 二极管的选用与检测 …… (34)

1.5 【知识拓展】 贴片元件的识别与检测 …… (35)

1.5.1 贴片电阻 …… (35)

1.5.2 贴片电容 …… (36)

小结 …… (36)

习题 1 …… (37)

项目 2　直流稳压电源的制作 …… (38)

【任务工单】 …… (38)

2.1 【知识链接】 二极管整流电路 …… (41)

2.1.1 单相半波整流电路 …… (41)

2.1.2 单相桥式整流电路 …… (42)

2.2 【知识链接】 滤波电路 …… (44)

2.2.1 电容滤波电路 …… (44)

2.2.2 电感滤波电路 …… (46)

2.2.3 复式滤波电路 …… (46)

2.3 【知识链接】 稳压电路 …… (47)

2.3.1 直流稳压电源的组成 …… (47)

2.3.2 稳压电路在直流稳压电源中的作用及要求 …… (48)

2.3.3 并联型稳压电路 …… (48)

2.3.4 串联型稳压电路 …… (49)

2.3.5 集成稳压器 …… (50)

2.4 【知识拓展】 开关型稳压电源 …… (51)

2.4.1 开关型稳压电路 …… (51)

2.4.2 开关型稳压电路的工作原理 …… (52)

2.5 【任务拓展】 面包板的使用 …… (52)

小结 …… (54)

习题 2 …… (54)

项目3 扩音机电路的制作 …… (56)
【任务工单】 …… (56)
3.1 【知识链接】 三极管 …… (61)
3.1.1 结构和类型 …… (61)
3.1.2 三极管的电流放大条件和原理 …… (62)
3.1.3 三极管的特性曲线 …… (63)
3.1.4 三极管的主要参数及其温度影响 …… (65)
3.1.5 特殊三极管 …… (66)
3.2 【知识链接】 小信号放大器 …… (67)
3.2.1 小信号放大器的结构 …… (68)
3.2.2 小信号放大器的主要技术指标 …… (68)
3.2.3 共射极基本放大器的组成及其工作原理 …… (69)
3.2.4 共射极基本放大器的分析 …… (71)
3.2.5 静态工作点稳定电路 …… (72)
3.2.6 共集电极放大器 …… (73)
3.3 【知识链接】 多级放大器 …… (76)
3.3.1 多级放大器的组成 …… (76)
3.3.2 耦合方式 …… (77)
3.3.3 多级放大器的分析 …… (78)
3.4 【知识链接】 功率放大器 …… (79)
3.4.1 功率放大器的要求 …… (79)
3.4.2 低频功率放大器的种类 …… (80)
3.4.3 集成功率放大器 …… (80)
3.5 【知识链接】 场效应三极管 …… (85)
3.5.1 MOSFET的结构及工作原理 …… (85)
3.5.2 场效应管的参数和型号 …… (88)
3.5.3 场效应管的正确使用 …… (88)
小结 …… (89)
习题3 …… (89)
项目4 电冰箱冷藏室温控器的安装与调试 …… (93)
【任务工单】 …… (93)
4.1 【知识链接】 负反馈放大器 …… (99)
4.1.1 反馈的概念与判断 …… (99)
4.1.2 负反馈的四种组态 …… (101)
4.1.3 反馈放大器的一般表达式 …… (102)
4.1.4 负反馈对放大器性能的影响 …… (103)
4.2 【知识链接】 集成运放 …… (106)
4.2.1 集成运放的概述 …… (106)
4.2.2 集成运放的线性应用 …… (107)
4.2.3 集成运放的非线性应用——电压比较器 …… (111)
小结 …… (114)
习题4 …… (114)
项目5 信号发生器的制作 …… (117)
【任务工单】 …… (117)
5.1 【知识链接】 正弦波振荡电路 … (120)
5.1.1 正弦波振荡电路的基本概念 …… (120)
5.1.2 RC振荡电路 …… (122)
5.1.3 LC振荡电路 …… (123)
5.1.4 石英晶体振荡电路 …… (125)
5.2 【知识链接】 非正弦波振荡电路 … (127)
5.2.1 方波信号发生器 …… (127)
5.2.2 三角波信号发生器 …… (128)
5.2.3 锯齿波信号发生器 …… (129)
5.2.4 集成函数信号发生器8038的简介 …… (130)
小结 …… (131)
习题5 …… (132)
项目6 家用调光灯电路的制作 …… (133)
【任务工单】 …… (133)

6.1 【知识链接】 晶闸管 …… (136)
6.1.1 单向晶闸管 …… (137)
6.1.2 双向晶闸管 …… (138)
6.2 【知识链接】 触发器件 …… (139)
6.2.1 单结晶体管 …… (139)
6.2.2 双向触发二极管 …… (140)
小结 …… (142)
习题6 …… (142)
项目7 救护车警笛电路的制作 …… (143)
【任务工单】 …… (143)
7.1 【知识链接】 555定时器 …… (147)
7.2 【知识链接】 555定时器的应用电路 …… (148)
7.2.1 多谐振荡器 …… (148)
7.2.2 单稳态触发器 …… (150)
7.2.3 施密特触发器 …… (152)
小结 …… (154)
习题7 …… (155)
项目8 简单抢答器的制作 …… (156)
【任务工单】 …… (156)
8.1 【知识链接】 逻辑代数的基本知识 …… (159)
8.1.1 逻辑变量和逻辑函数 …… (159)
8.1.2 逻辑运算 …… (160)
8.1.3 逻辑函数的表示方法 …… (163)
8.1.4 逻辑代数的基本定律 …… (165)
8.2 【知识链接】 逻辑门电路的基础知识 …… (166)
8.2.1 基本逻辑门电路 …… (166)
8.2.2 复合门电路 …… (168)
8.2.3 TTL集成门 …… (169)
8.2.4 CMOS集成门 …… (174)
8.3 【知识拓展】 不同类型集成门的接口 …… (177)
8.3.1 TTL集成门驱动CMOS集成门 …… (177)
8.3.2 CMOS集成门驱动TTL集成门 …… (178)
小结 …… (178)
习题8 …… (178)
项目9 电子表决器的设计与制作 …… (180)
【任务工单】 …… (180)
9.1 【知识链接】 逻辑函数的化简方法 …… (182)
9.1.1 公式化简法 …… (182)
9.1.2 卡诺图化简法 …… (183)
9.2 【知识链接】 组合逻辑电路的分析与设计 …… (187)
9.2.1 组合逻辑电路的概述 …… (187)
9.2.2 组合逻辑电路的分析 …… (187)
9.2.3 组合逻辑电路的设计 …… (188)
小结 …… (189)
习题9 …… (190)
项目10 一位十进制加法计算器的设计与制作 …… (191)
【任务工单】 …… (191)
10.1 【知识链接】 数制与编码 …… (196)
10.1.1 数制 …… (196)
10.1.2 不同数制之间的转换 …… (197)
10.1.3 编码 …… (198)
10.2 【知识链接】 编码器 …… (199)
10.2.1 二进制编码器 …… (199)
10.2.2 二-十进制编码器 …… (200)
10.3 【知识链接】 译码器 …… (201)
10.3.1 二进制译码器 …… (201)
10.3.2 二-十进制译码器 …… (202)
10.3.3 译码器的应用 …… (203)
10.4 【知识链接】 数字显示电路 …… (204)
10.4.1 数字显示器件 …… (204)
10.4.2 显示译码器 …… (205)
10.5 【知识链接】 加法器 …… (208)
10.5.1 半加器 …… (208)

试讲内容

10.5.2 全加器 …… (209)
10.5.3 多位加法器 …… (209)
10.6 【知识链接】 寄存器 …… (211)
小结 …… (211)
习题10 …… (212)
项目11 故障监测报警电路的制作 … (214)
【任务工单】 …… (214)
11.1 【知识链接】 数据选择器与数据分配器 …… (217)
11.1.1 数据选择器 …… (217)
11.1.2 数据分配器 …… (219)
11.2 【知识拓展】 存储器 …… (220)
11.2.1 存储器的分类 …… (220)
11.2.2 ROM 的结构原理 …… (220)
11.2.3 PLA …… (223)
小结 …… (224)
习题11 …… (224)
项目12 由触发器构成的改进型抢答器的制作 …… (225)
【任务工单】 …… (225)
12.1 【知识链接】 触发器基础知识 …… (229)
12.1.1 基本 RS 触发器 …… (229)
12.1.2 同步型 RS 触发器 …… (230)
12.1.3 主从型触发器 …… (232)
12.1.4 边沿型触发器 …… (232)
12.2 【知识链接】 常用集成触发器产品简介 …… (233)
12.2.1 集成 JK 触发器 …… (233)
12.2.2 集成 D 触发器 …… (234)
12.3 【知识链接】 触发器的转换 …… (235)
12.3.1 JK 触发器转换为 D 触发器 …… (235)
12.3.2 JK 触发器转换为 T 触发器和 T′触发器 …… (236)
12.3.3 D 触发器转换为 T 触发器 …… (236)
小结 …… (237)
习题12 …… (237)
项目13 数字电子钟的制作 …… (239)
【任务工单】 …… (239)
13.1 【知识链接】 计数器及其应用 … (248)
13.1.1 二进制计数器 …… (248)
13.1.2 十进制计数器 …… (250)
13.1.3 实现 *N* 进制计数器的方法 …… (252)
13.2 【知识链接】 数字电子钟的电路组成与工作原理 …… (255)
13.2.1 电路组成 …… (255)
13.2.2 电路工作原理 …… (256)
小结 …… (258)
习题13 …… (259)
参考文献 …… (260)

9.1.2　卡诺图化简法

1. 基本概念

卡诺图是逻辑函数的图解化简法，它克服了公式化简法对最终结果难以确定的缺点。卡诺图化简法具有确定的化简步骤，能比较方便地获得逻辑函数的最简与或式。为了更好地掌握这种方法，必须理解下面几个概念。

（1）最小项。在 n 个变量的逻辑函数中，若乘积（与）项中包含全部变量，且每个变量在该乘积项中或以原变量或以反变量只出现一次，则该乘积就定义为逻辑函数的最小项。n 个变量的最小项有 2^n 个。

3 变量最小项表如表 9.1 所示。

（2）最小项表达式。若一个逻辑表达式中的每个乘积项都是最小项，则称该逻辑表达式为最小项表达式（又称标准与或式）。任意一种形式的逻辑表达式都可以利用基本定律和配项法化为最小项表达式，并且最小项表达式是唯一的。

表 9.1　3 变量最小项表

A	B	C	最　小　项	简 记 符 号
0	0	0	$\overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}$	m_0
0	0	1	$\overline{A}\,\overline{B}C$	m_1
0	1	0	$\overline{A}B\overline{C}$	m_2
0	1	1	$\overline{A}BC$	m_3
1	0	0	$A\overline{B}\,\overline{C}$	m_4
1	0	1	$A\overline{B}C$	m_5
1	1	0	$AB\overline{C}$	m_6
1	1	1	ABC	m_7

例 9.5　把 $L=\overline{A}B\overline{C}+AB\overline{C}+\overline{B}CD+\overline{B}C\overline{D}$ 化成最小项表达式。

解：从表达式中可以看出 L 是 4 变量的逻辑函数，但每个乘积项中都缺少一个变量，不符合最小项的规定。为此，将每个乘积项利用配项法把变量补足为 4 个变量，并进一步展

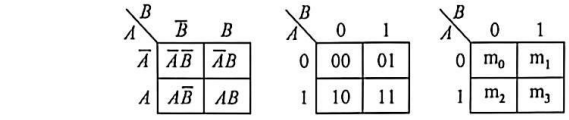
开，即得最小项表达式：

$$L=\overline{A}B\overline{C}(D+\overline{D})+AB\overline{C}(D+\overline{D})+\overline{B}CD(A+\overline{A})+\overline{B}C\overline{D}(A+\overline{A})$$

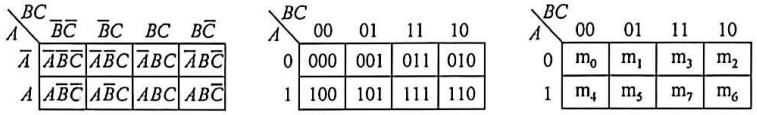
$$=\overline{A}B\overline{C}D+\overline{A}B\overline{C}\,\overline{D}+AB\overline{C}D+AB\overline{C}\,\overline{D}+\overline{B}CDA+\overline{B}CD\overline{A}+\overline{B}C\overline{D}A+\overline{B}C\overline{D}\,\overline{A}$$

（3）相邻最小项。若两个最小项中只有一个变量为互反变量，其余变量均相同，则称这样的两个最小项为逻辑相邻，并把它们称为相邻最小项，简称相邻项。例如，$\overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}$ 和 $\overline{A}\,\overline{B}C$，其中的 C 和 $\overline{C}$ 互为反变量，其余变量（$\overline{A}\,\overline{B}$）都相同。

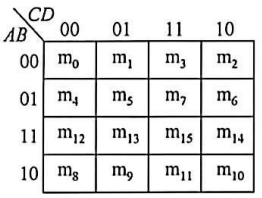
（4）最小项卡诺图。用 2^n 个小方格对应 n 个变量的 2^n 个最小项，并且使逻辑相邻的最小项在几何位置上也相邻，按这样的相邻要求排列起来的方格图，称为 n 个输入变量的最小项卡诺图，又称最小项方格图。图 9.1 所示为 2~4 变量的最小项卡诺图。图中横向变量和纵向排列顺序，保证了最小项在卡诺图中的循环相邻性。



（a）2 变量



（b）3 变量



（c）4 变量

图 9.1　2~4 变量的最小项卡诺图

2. 用卡诺图表示逻辑函数

用卡诺图表示逻辑函数的步骤如下。

根据逻辑函数中的变量数，画出变量最小项卡诺图。

将逻辑表达式所包含的各最小项，在相应的小方格中填 1（称为读入、写入），在其余的小方格内填 0 或不填。

根据逻辑函数画出的卡诺图是唯一的，它是另一种描述逻辑函数的形式。下面举例说明根据逻辑函数不同的表示形式填写卡诺图的方法。

（1）已知逻辑表达式的最小项表达式，画出卡诺图。

例 9.6　逻辑函数 $L=\overline{A}B\overline{C}D+\overline{A}B\overline{C}\,\overline{D}+AB\overline{C}D+AB\overline{C}\,\overline{D}+A\overline{B}CD+\overline{A}\,\overline{B}CD+A\overline{B}C\overline{D}+\overline{A}\,\overline{B}C\overline{D}$，试画出 L 的卡诺图。

解：这是一个 4 变量逻辑函数。

① 画出4变量最小项卡诺图，如图9.2所示。

② 填卡诺图。在逻辑表达式中的8个最小项 $\overline{A}B\overline{C}D$、$\overline{A}B\overline{C}\,\overline{D}$、$AB\overline{C}D$、$AB\overline{C}\,\overline{D}$、$A\overline{B}CD$、$\overline{A}\,\overline{B}CD$、$A\overline{B}C\overline{D}$、$\overline{A}\,\overline{B}C\overline{D}$ 对应的方格中填入1，其余不填。

(2) 已知逻辑函数的一般表达式，画出卡诺图。

当已知逻辑函数为一般表达式时，可先将其化为最小项表达式，再画出卡诺图。但这样做往往很麻烦，实际上只需把逻辑表达式展开成与或式就行了，根据与或式每个乘积项的特征直接填卡诺图。具体方法是：把卡诺图中含有某个乘积项各变量的方格均填入1，直到填完逻辑表达式的全部乘积项。

例9.7　已知 $Y=\overline{A}D+\overline{\overline{AB}(C+\overline{BD})}$，试画出 Y 的卡诺图。

解：① 先把逻辑表达式展开成与或式

$$Y=\overline{A}D+AB+B\overline{C}D$$

② 画出4变量最小项卡诺图。

③ 根据与或式中的每个乘积项，填卡诺图，如图9.3所示。

AB \ CD	$\overline{C}\overline{D}$(00)	$\overline{C}D$(01)	CD(11)	$C\overline{D}$(10)
$\overline{A}\overline{B}$(00)			1	1
$\overline{A}B$(01)	1	1		
AB(11)	1	1		
$A\overline{B}$(10)			1	1

图9.2　例9.6卡诺图

AB \ CD	$\overline{C}\overline{D}$(00)	$\overline{C}D$(01)	CD(11)	$C\overline{D}$(10)
$\overline{A}\overline{B}$(00)		1	1	
$\overline{A}B$(01)		1	1	
AB(11)	1	1	1	1
$A\overline{B}$(10)				

图9.3　例9.7卡诺图

(3) 已知逻辑函数真值表，画出卡诺图。

例9.8　已知逻辑函数 Y 的真值表如表9.2所示，试画出 Y 的卡诺图。

解：① 画出3变量最小项卡诺图。

② 将真值表中 $Y=1$ 对应的最小项 m_0、m_2、m_4、m_6 在卡诺图中相应的方格里填入1，其余的方格不填，如图9.4所示。

表9.2　例9.8真值表

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

A \ BC	$\overline{B}\overline{C}$(00)	$\overline{B}C$(01)	BC(11)	$B\overline{C}$(10)
$\overline{A}$(0)	1			1
A(1)	1			1

图9.4　例9.8卡诺图

3. 利用卡诺图化简逻辑函数

用卡诺图化简逻辑函数，其原理是利用卡诺图的相邻性，对相邻最小项进行合并，消去互反变量，以达到化简的目的。两个相邻最小项合并，可以消去 1 个变量；4 个相邻最小项合并，可以消去 2 个变量；把 2^n 个相邻最小项合并，可以消去 n 个变量。

化简逻辑函数的步骤和规则如下。

(1) 画出逻辑函数的卡诺图。

(2) 圈卡诺圈，合并最小项，没有可合并的方格可单独画圈。

由于卡诺图中，相邻的两个方格代表的最小项只有一个变量取不同的形式，所以利用公式 $AB+A\overline{B}=A$，可以将这样的两个方格合并为一项，并消去那个取值不同的变量。卡诺图化简正是依据此原则寻找可以合并的最小项，将其用圈圈起来，称为卡诺圈，画卡诺圈的原则如下。

① 能够合并的最小项必须是 2^n 个，如 2,4,8,16。

② 能合并的最小项方格必须排列成方阵或矩阵形式。

③ 画卡诺圈时能大则大，卡诺圈的个数能少则少。

④ 画卡诺圈时，各最小项可重复使用，但每个卡诺圈中至少有一个方格没有被其他圈圈过。

包含两个方格的卡诺圈，可以消去一个取值不同的变量；包含 4 个方格的卡诺圈，可以消去 2 个取值不同的变量，依次类推，可以写出每个卡诺圈化简后的乘积项。

(3) 把每个卡诺圈作为一个乘积项，将各乘积项相加就是化简后的与或表达式。

例 9.9　利用卡诺图化简 $L=\overline{A}\overline{B}\overline{C}D+\overline{A}\overline{B}C\overline{D}+\overline{A}BCD+\overline{A}BC\overline{D}+A\overline{B}CD+A\overline{B}\overline{C}D+A\overline{B}C\overline{D}+A\overline{B}\overline{C}\overline{D}$。

解：① 画出逻辑函数的卡诺图。

② 圈卡诺圈，合并最小项，如图 9.5 所示。根据“圈要尽量画得大，圈的个数要尽量少”的原则画圈，可画两个圈，如图 9.5 虚线框所示。

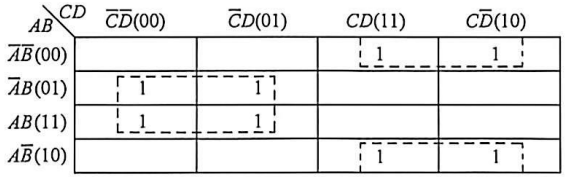


图 9.5　例 9.9 卡诺图

③ 写出每个卡诺圈对应的乘积项，分别是 $B\overline{C}$ 和 $\overline{B}C$。

④ 将各乘积项相加就是化简后的与或表达式：

$$L=B\overline{C}+\overline{B}C$$

在利用卡诺图化简逻辑函数的过程中，第②步是关键，应特别注意卡诺圈不要画错。

例 9.10　利用卡诺图化简函数 $Y(A,B,C,D)=\sum m(0,1,4,6,9,10,11,12,13,14,15)$。

解：① 画出逻辑函数的卡诺图，如图 9.6 所示。

红框内为 10 分钟试讲内容

② 圈卡诺圈，合并最小项。

③ 写出每个卡诺圈对应的乘积项，分别是 AC、AD、$B\overline{D}$、$\overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}$。

④ 将各乘积项相加就是化简后的与或表达式：

$$Y=AC+AD+B\overline{D}+\overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}$$

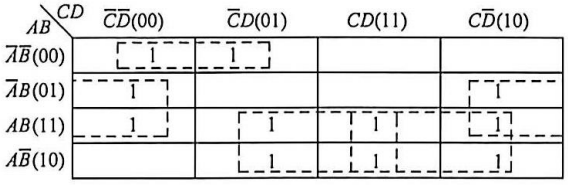


图 9.6　例 9.10 卡诺图

红框内为 10 分钟试讲内容

华信
欢迎登录 免费 获取优质教学资源
http://www.hxedu.com.cn

新编高等职业教育电子信息、机电类精品教材

模拟电子技术项目教程
数字电子技术项目教程（第4版）
数字电路（第3版）
电工电子技术项目教程（第3版）
电子产品设计与制作（第3版）
电子测量技术（第4版）
电子信息专业英语（第3版）
电子产品制作工艺与实训（第4版）
新编电路与电工技术项目教程（第2版）
SMT印刷技术与实践教程
SMT表面组装技术（第4版）
电子CAD技术（第4版）
单片机应用与实践（第2版）
PLC技术与应用实训（第3版）
PLC、变频器与触摸屏技术及实践（第2版）
三菱FX3U PLC应用实例教程
工厂电气控制设备（第3版）
电机与变压器项目实训——教、学、做一体（第2版）
变频器应用与实训教、学、做一体化教程（第2版）
传感器与自动检测（第4版）
传感器技术基础与应用实训（第3版）
传感器与检测技术（第4版）
电气工程综合实训（第2版）
计算机监控系统的设计与调试——组态控制技术（第3版）
AutoCAD 2020 电气设计项目教程（第2版）
基础机器人制作与编程（第3版）
工厂供配电技术（第4版）
电力电子技术项目教程（第2版）
计算机网络与通信（第4版）
现代通信原理（第5版）
电机与电力拖动（第4版）
工业机器人操作与编程
电机与电气控制技术项目教程
电子应用技术项目教程（第4版）

责任编辑：王昭松
封面设计：天虹图文

ISBN 978-7-121-45117-1
9 787121 451171 >
定价：56.00元