



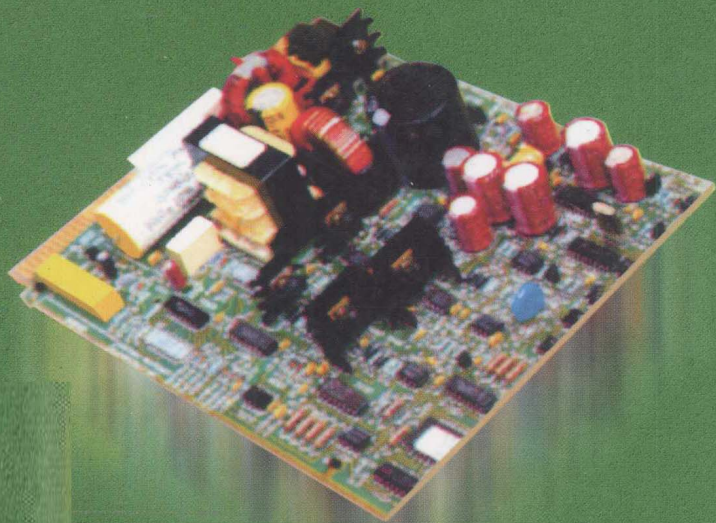
国家教委中等专业学校规划教材

非电专业通用

工业电子学

(第二版)

全国中专电工学与工业电子学课程组 组编
张友汉 主编



高等教育出版社

教育部中等专业学校规划教材

非电专业通用

工业电子学

(第二版)

全国中专电工学与工业电子学课程组 组编

张友汉 主编

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

工业电子学/张友汉主编.—2版.—北京:高等教育出版社,2000

ISBN 7-04-008262-4

I.工… II.张… III.电子学 IV.TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 64487 号

工业电子学(第二版)

全国中专电工学与工业电子学课程组 组编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号 邮政编码 100009
电 话 010-64054588 传 真 010-64014048
网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店上海发行所

印 刷 江苏省丹阳市第三彩色印刷厂

开 本	850×1168 1/32	版 次	1994 年 5 月第 1 版
印 张	10.625		2000 年 7 月第 2 版
字 数	270 000	印 次	2002 年 7 月第 3 次印刷
		定 价	10.40 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

第一版前言

为了进一步落实国家教育委员会有关中专教材改革的精神。全国中专电工学与工业电子学课程组决定编写一套《电工学》与《工业电子学》教材。

该套教材基本上符合国家教育委员会 1987 年颁布的“中等专业学校电工学教学大纲”与“中等专业学校工业电子学教学大纲”，并在调查研究的基础上，为今后教学大纲的修订作了准备。

根据中专属于职业技术教育这个特定的层次及培养应用性人才这一具体目标，本书编者详细研究了编写提纲，并做了以下一些尝试：

1. 适当调整教材内容体系；
2. 注意降低理论深度及高度；
3. 注意与中专物理及电工学的衔接；
4. 更新教材内容，适当拓宽学生知识面；
5. 注意学生实际应用能力的培养；
6. 注意插图的更新及文字的精炼。

作为工科非电专业的一门必修的技术基础课，“工业电子学”研究的是电子技术在工业上的应用。电子技术在工业上的应用极为广泛，形式多种多样，概括起来，反映在两个大的方面：一是应用于对工业系统的控制和检测，二是应用电子技术来不断改进工业供电电源来满足其日趋提高的需求。为适应工业生产的需要，本书对这两个方面的内容都较以往的教材有所拓宽。与此同时，本书适当降低了理论深度，但对必需具备的基本理论和基本知识似有强化。

书中练习是为加强应用能力的培养编入的，这些练习可以反映应用电子技术的一些基本知识的能力。

本书聘请福建机电学校王喆老师(全国中专电工学与工业电子学课程组第一届成员)担任主审。1991年10月及1992年4月分别对该书的第一稿及第二稿进行了初审,在此基础上于1992年9月在河北化工学校对该书的第三稿召开了审稿会,参加审稿会的除课程组成员罗挺前(第二届课程组组长)、赵承荻、阎英维、徐蕊梅、李勋(秘书)、胡淑华(联络员)和主审王喆外,还有兰州化工学校徐国和、长春地质学校张乐忱、成都纺织工业学校卫文仲、河北纺织工业学校詹子龄、安徽轻工业学校程周、新疆化工学校王绪祥。会议对本书给予了充分肯定,并对本书提出了许多宝贵的建设性意见,包括教材体系的调整、教学内容的取舍、深广度的掌握、文字及插图的加工等等。会后各编者根据审稿会的意见重新进行了编写和修改,并经主编整理和主审审阅后脱稿。

本书编写的具体分工为:第1、2、3章由阎英维编写,第4、6、7、8章由卫文仲(特邀)编写,第5、9、10、11、12章及全书各章小结和练习由张友汉编写,本书由张友汉任主编。

本书的编写仅是中专教材改革长河中的一次尝试,由于编者业务水平以及调查研究、理解教改精神等方面的局限,在本书中肯定存在许多不足之处,我们的目的只是抛砖引玉,期望通过工业电子学教师及读者们的共同努力把本课程的教改不断推向深化,使我们培养的人才能更好地为祖国的建设服务。

真挚地欢迎广大工业电子学教师及读者对本书提出宝贵意见。来信请寄北京高等教育出版社电工编辑室(邮政编码100009)。

编 者

1993.7

第二版前言

全国中专电工学与工业电子学课程组为了克服以往教材滞后于课程教学大纲的被动局面,在1997年原国家教委安排制订新一轮全国中专非电专业电工学与工业电子学教学大纲的同时,即着手组织与之相配套的教材编写工作。本书(第二版)就是在这个特定的情况下编写的。

为适应电子技术高速发展及工业生产对中等技术人员的知识和能力的需求,本次修订采用了精简、更新和增加三结合的方法。本着重视基本理论而非细节的原则,对分立元件电路部分进一步精简;对集成运算放大器、数字电路及其应用有所加重;较多地增加了高新技术及其应用的篇幅,特别是工控计算机及传感器;更新了可编程控制器(PC)的教学机型,选用了最新的PC第四代产品。为PC的教学和应用带来了方便。为加强技能训练,增加了半导体元器件的“查表法”,引入了组合逻辑电路及时序逻辑电路的“搭积木”法。全书信息量增大,知识面拓宽,理论与实际联系更加紧密。

本次编写中还将原书中直流电源,交流调压和无源逆变器两章合并为第10章,更新并增加了内容,定名为“电力电子技术”。这样使得《工业电子学》这门课程的三大块:模拟电子技术、数字电子技术、电力电子技术的内容归属更明确,结构也更趋严谨。本章从应用的角度介绍了变频调速技术和变频器。体现了近年来国内在控制技术上的改革成果。

以下老师参加了这次编写,程周编写了本书第1、2、3、4章,张友汉编写了第5、6、7、8、9章,戴月编写了第10章。姜胜芳提供了

本书习题答案,全书由武汉水运工业学校张友汉任主编。

本书由北京理工大学刘蕴陶教授主审和抚顺煤炭学校佟俊澄任副主审,二位主审仔细审阅了全部书稿,提出了许多宝贵意见。特别是刘蕴陶教授对本书编写作了一系列具体指导,纠正了书稿中的一些错误,并提供了大量宝贵的国内外资料,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在问题和不足,诚望广大教师和读者指正,对此我们将不甚感激。

编者

1998年10月

使用《工业电子学》教材的建议

本书共 10 章,其中 1~4 章系模拟电子技术基础;5~8 章系数字电子技术基础;第 9 章电子电路在工业上的应用;第 10 章讲述电力电子技术基础。可满足 60-80 学时的教学需要。

80 学时教学使用时,应全部讲解,打 * 部分的内容可灵活掌握。学时分配见下表。

80 学时教学中各章学时分配表

项 目	章 次		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	小 计
	学 时	数											
讲 课	5	9	4	4	4	4	7	8	3	6	8	58	
实 验	2	2		4	2		4	2			4	20	
机 动												2	
总 计												80	

64 学时教学中各章学时分配表

项 目	章 次		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	小 计
	学 时	数											
讲 课	4	8	4	4	4	4	4	6	2	4	6	46	
实 验	2	2		2	2		4	2			2	16	
机 动												2	
总 计												64	

本书的实验配套教材可选用:中专非电专业通用《工业电子学实验指导》(张友汉主编,高等教育出版社,2000年)。有条件的学校可适当增加第 9、10 两章的实验内容。

目 录

第二版前言	1
第一版前言	1
使用《工业电子学》教材的建议	1
第1章 常用半导体元件	1
1.1 概述	1
1.2 半导体与PN结	1
1.2.1 P型半导体与N型半导体	1
1.2.2 PN结及其单向导电性	2
1.3 半导体二极管	3
1.3.1 二极管的结构	3
1.3.2 电压电流关系	4
1.3.3 主要参数	6
1.3.4 应用举例	6
1.4 特殊二极管	8
1.4.1 稳压管	8
1.4.2 光电二极管和光电池	9
1.4.3 发光二极管和光电耦合器	10
1.4.4 肖特基二极管	12
1.5 半导体三极管	13
1.5.1 三极管的结构	13
1.5.2 电流放大作用	14
1.5.3 电压电流关系	16
1.5.4 三极管的工作状态	18
1.5.5 主要参数	19

1.6	MOS 场效晶体管	21
1.6.1	结构特点	21
1.6.2	电压电流关系与主要参数	22
1.6.3	其它 MOS 管的介绍	24
1.7	集成电路(IC)	25
1.7.1	集成电路的分类	25
1.7.2	集成电路制造工艺	26
1.8	半导体型号命名及查表法	28
1.8.1	中国半导体元器件型号命名方法	28
1.8.2	部分国外半导体型号命名	28
1.8.3	半导体元器件查找方法	34
第 2 章	基本放大电路	41
2.1	概述	41
2.2	共射放大电路的组成和工作原理	41
2.2.1	共射放大电路的结构	41
2.2.2	没有输入信号时电路的工作状态	43
2.2.3	有输入信号时电路的工作状态	43
2.3	共射放大电路的静态分析	45
2.3.1	放大电路的直流通路	45
2.3.2	估算静态工作点	45
2.3.3	静态工作点的合理设置	47
2.3.4	静态工作点的稳定	48
2.4	放大电路的小信号等效电路法	50
2.4.1	三极管小信号等效电路模型	50
2.4.2	小信号等效电路分析法	51
2.4.3	电压放大倍数、输入和输出电阻计算	52
2.5	场效晶体管放大电路的特点	53
2.5.1	分压式偏置共源放大电路的结构	53
2.5.2	共源放大电路的静态工作点	54
2.5.3	电压放大倍数	54
2.5.4	输入电阻和输出电阻	55

2.6 多级放大器和其它放大器	55
2.6.1 多级放大器的级间耦合	55
2.6.2 差分放大器	57
2.6.3 射极输出器	59
2.6.4 功率放大器	61
本章小结	63
练习	64
习题	65
第3章 运算放大器	70
3.1 概述	70
3.2 运算放大器的性能特点	70
3.2.1 运算放大器的性能特点	70
3.2.2 理想运算放大器	71
3.3 反相放大器和同相放大器	72
3.3.1 反相放大器	72
3.3.2 同相放大器	73
3.4 电子电路中的负反馈	75
3.4.1 负反馈的概念	75
3.4.2 反馈的极性判别	77
3.4.3 负反馈的主要类型	78
3.4.4 负反馈类型的判别	79
3.5 负反馈对放大器性能的影响	80
3.5.1 对放大倍数的影响	80
3.5.2 减小非线性失真	82
3.5.3 展宽通频带	83
3.6 集成运放的参数与保护电路	83
3.6.1 主要参数	83
3.6.2 输入端保护	84
3.6.3 输出端保护	85
3.6.4 电源端保护和电路消振	86
3.6.5 F 741 及运算放大器的选用原则	87

本章小结	90
习题	91
第4章 运算放大器的应用电路	94
4.1 概述	94
4.2 信号运算电路	94
4.2.1 比例运算	94
4.2.2 加法运算	95
4.2.3 减法运算	96
4.2.4 积分运算	97
4.3 电压、电流和电阻的精密测量电路	97
4.3.1 万用表头改进	97
4.3.2 多量程直流电压表和直流电流表	98
4.3.3 交流电压表和交流电流表	99
4.3.4 电阻的测量	100
4.4 比较器和限幅器	101
4.4.1 比较器	101
4.4.2 限幅器	103
4.5 正弦波振荡器	103
4.5.1 正弦波振荡器的基本原理	103
4.5.2 自激振荡的条件	105
4.5.3 正弦波振荡器的起振和稳幅	106
* 4.5.4 文氏桥振荡器	106
4.5.5 石英晶体振荡器	107
4.5.6 分立元件 LC 振荡器	108
4.6 集成运放 PID 调节器	111
4.6.1 负反馈调速系统简介	111
4.6.2 比例(P)调节器	113
4.6.3 比例积分(PI)调节器	114
* 4.6.4 比例积分微分(PID)调节器	115
本章小结	117
练习	118

习题	118
第5章 数字电路的基本知识	125
5.1 概述	125
5.1.1 数字信号和数字电路	125
5.1.2 数制和码制	127
5.2 基本逻辑门	130
5.2.1 三种基本逻辑关系	131
5.2.2 基本逻辑关系的实现	134
5.3 复合逻辑门电路及其运算	137
5.3.1 “与非”逻辑门电路	137
5.3.2 “或非”逻辑门电路	138
5.3.3 异或门电路	139
5.3.4 逻辑门电路的特点	139
5.4 集成与非门电路	140
5.4.1 TTL与非门的结构及参数	141
5.4.2 CMOS与非门	144
* 5.4.3 其它类型的与非门电路	145
5.5 逻辑门电路应用举例	147
本章小结	149
练习	150
习题	151
第6章 组合逻辑电路	153
6.1 概述	153
6.2 逻辑运算法则	153
6.3 逻辑电路的分析	156
6.4 逻辑电路应用“搭积木”法	159
6.5 几种常用组合逻辑电路	161
6.5.1 集成全加器	162
6.5.2 译码器	162
* 6.5.3 集成数据选择器	167

6.6 数字显示器件	168
6.6.1 半导体发光显示器(LED)	168
6.6.2 液晶显示器(LCD)	170
* 6.6.3 等离子体显示板	170
本章小结	170
习题	171
第7章 触发器与时序逻辑电路	175
7.1 触发器	176
7.1.1 基本 $R-S$ 触发器	176
7.1.2 同步 $R-S$ 触发器	179
7.1.3 集成 $J-K$ 触发器的逻辑功能	182
7.1.4 D 触发器的逻辑功能	185
7.2 触发器的分类及应用举例	186
7.3 计数器	188
7.3.1 二进制计数器	189
7.3.2 二进制异步加法计数器	189
7.3.3 二进制同步加法计数器	192
7.3.4 集成计数器及其应用	194
7.4 寄存器	196
7.4.1 寄存器的概念	196
7.4.2 数码寄存器	197
7.4.3 移位寄存器	198
7.4.4 几种常用的集成寄存器	200
* 7.5 LSI 半导体存储器	200
7.5.1 只读存储器	201
7.5.2 读写存储器	202
7.6 时序逻辑电路应用“搭积木”法	203
本章小结	207
练习	208
习题	208
第8章 脉冲信号的产生与整形	213

8.1	555 定时器及其应用	213
8.1.1	电路结构及工作原理	213
8.1.2	用 555 定时器构成矩形波发生器	215
8.1.3	555 定时器用于信号整形	216
8.2	脉冲信号的变换与整形	217
8.2.1	施密特触发器的逻辑功能	217
8.2.2	施密特触发器用于波形变换	218
8.2.3	施密特触发器用于脉冲整形	219
	本章小结	220
	练习与习题	221
第 9 章	电子电路在工业控制中的应用	224
9.1	概述	224
9.2	非电量控制与传感器	225
9.2.1	非电量信号系统的特点	225
9.2.2	非电量控制与传感技术	225
9.2.3	传感器分类	226
9.2.4	几种常用传感器	227
9.2.5	传感器应用举例	228
9.3	模/数转换器	229
9.3.1	电路结构和工作原理	230
9.3.2	主要技术参数	233
9.3.3	数字万用表	233
9.4	数/模转换器	235
9.4.1	结构和工作原理	235
9.4.2	主要技术参数	236
*9.4.3	阶梯波发生器	236
9.5	工业控制计算机	237
9.5.1	工业控制计算机系统的组成	238
9.5.2	工业控制计算机的分类	240
9.6	可编程控制器(PC)简介	242
9.6.1	PC 分类、性能指标及结构特点	243

9.6.2	可编程控制器的结构	244
9.6.3	PC 控制系统	246
9.6.4	PC 的主要功能	248
9.7	PC 指令及编程知识简介	249
9.7.1	指令	249
9.7.2	梯形图	251
9.7.3	程序表	252
9.7.4	编程器	252
* 9.8	PC 应用举例	254
本章小结	260
习题	261
第 10 章	电力电子技术	262
10.1	概述	262
10.2	整流电路	262
10.2.1	单相整流电路	263
10.2.2	桥式整流	265
10.3	滤波电路	268
10.3.1	电容滤波	268
10.3.2	电感滤波	270
10.3.3	复式滤波	271
10.4	稳压电路	272
10.4.1	串联稳压电路	273
10.4.2	集成稳压器	274
10.5	晶闸管可控整流电路	276
10.5.1	晶闸管的结构	276
10.5.2	晶闸管的工作性能和参数	277
10.5.3	单相桥式可控整流电路	278
10.5.4	单结晶体管触发电路	280
10.5.5	晶闸管的保护	284
10.6	交流调压电路	286
10.6.1	晶闸管移相控制调压	286

* 10.6.2	低频脉冲宽度控制调压	289
* 10.7	无源逆变器	290
10.7.1	无源逆变器和有源逆变器	290
10.7.2	无源逆变器的主要应用	291
10.7.3	无源逆变器的工作原理	291
10.7.4	应用举例	293
10.8	变频调速器	293
10.8.1	变频调速的基本知识	294
10.8.2	变频调速应用场合	298
10.8.3	ACS-501 变频器	298
	本章小结	303
	习题	305
	附录 1:部分习题答案	307
	附录 2:参考书目	319