

学电工技术 入门到成才

(第3版)

王俊峰 编著

学习电工技术

拓宽就业之道

再谋发展机遇



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

学电工技术入门到成才

(第3版)

王俊峰 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书共 15 章, 主要介绍电工入门基础、元器件的识别技术、电工识图技术、变电与配电技术、照明设备的安装技术、动力供电与设备安装技术、电工测量技术、电工焊接技术、电工计算技术、安全用电技术、电工制作技术、低压电气技术、电气控制技术、电工维修技术、电工常用工具及电工安全操作规程等内容。

本书通俗易懂, 具有新颖性、技术性、实用性和可操作性, 既可作为广大求职者、下岗再就业者及高等职业教育、中等职业教育、职业培训学校的教材, 也可供电工技术爱好者自学参考。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

学电工技术入门到成才 / 王俊峰编著. —3 版. —北京: 电子工业出版社, 2015.9

ISBN 978-7-121-26733-8

I. ①学… II. ①王… III. ①电工技术—基本知识 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 166700 号

责任编辑: 富 军

印 刷: 三河市华成印务有限公司

装 订: 三河市华成印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20 字数: 512 千字

版 次: 2007 年 1 月第 1 版

2015 年 9 月第 3 版

印 次: 2015 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

《学电工技术入门到成才》在 3 年内 5 次印刷，受到广大读者的厚爱。在此，作者向广大读者表示谢意。

《学电工技术入门到成才》（第 2 版）在 5 年内 9 次印刷。本书（第 3 版）是根据国务院提出的大力发展高等和中等职业教育的方针，培养复合型、技能型人才，为满足社会和生产发展的大量人才需求而编写的。

从目前的现实情况来看，许多外来打工者和下岗职工，由于缺乏一技之长，被招聘单位拒之门外，给千万打工者带来无限的困惑，有些毕业生因缺乏实践经验和操作技能，也遭到用人单位的冷遇。为了满足这部分读者的需要，本书在写作方法上本着启发、引导入门，操作实践提高，熟能生巧成才的宗旨进行编写，从基础知识到实际应用，从元器件的识别到电路识图，从外线电工到内线电工，从变电到配电线路，从照明安装到设备安装，从电路组成到元器件参数计算，从测量到电气维修，从安全用电到安全防卫报警技术等，全方位地介绍了电工应该掌握的知识和技能。

本书本着新颖实用、推陈出新、与时俱进的原则进行修订，删除部分陈旧落后的内容，增加新的实用内容，更加提高了可操作性，且每章均配有习题与思考题，紧密结合国家劳动部制定的电工等级（初、中、高）考核标准，理论与实践结合，让读者看得懂，学得会，用得上，使其能够尽快取得相应的电工上岗资格证书。

本书可作为千万求职者、下岗再就业者及高等职业教育、中等职业教育、职业培训学校的教材，也可供电工技术爱好者自学参考。

本书由王俊峰编著，参加本书编写的还有王娟、薛素云、陈军、薛迪强、薛迪胜、薛迪庆、李建军、马备战、吴东芳、胡光丽、薛斌、杨桂玲、郭爱民、姜红等。

本书作者具有 30 多年的工作实践，积累了一些宝贵的经验，把它写在书里献给广大读者，如能给大家一点帮助，将使作者感到最大的欣慰。

由于时间仓促，加之作者水平有限，书中难免有不足之处，恳请广大读者提出宝贵意见。

编 著 者

目 录

第1章 电工入门基础	1
1.1 电路的基本概念	1
1.1.1 什么是电	1
1.1.2 什么是电路	2
1.2 直流电路	3
1.2.1 基本概念	3
1.2.2 电路的几种状态	8
1.3 串联与并联电路	8
1.3.1 电阻串/并联电路	8
1.3.2 电容串/并联电路	9
1.4 电路基本定律	10
1.4.1 欧姆定律	10
1.4.2 结点电流定律	11
1.4.3 电压定律	11
1.4.4 叠加原理	12
1.4.5 等效电源定理	12
1.5 交流电路	12
1.5.1 单相电路	13
1.5.2 三相电路	15
1.6 半导体二极管	17
1.7 半导体三极管	18
1.7.1 半导体三极管的类型	18
1.7.2 晶体管的放大原理	19
1.7.3 晶体管的输入特性	20
1.7.4 晶体管的输出特性	20
1.7.5 晶体管的主要参数	21
1.8 晶体管基本放大电路	22
1.8.1 共发射极放大电路	22
1.8.2 共集电极放大电路	25
1.8.3 共基极放大电路	27
1.9 数字门电路	27
1.9.1 门电路的基本概念	28
1.9.2 “与”门电路	28
1.9.3 “或”门电路	29
1.9.4 “非”门电路	31

1.10 电力电子技术	32
1.10.1 晶闸管的结构	32
1.10.2 晶闸管导通的必要条件	32
1.10.3 晶闸管的主要参数	32
1.10.4 晶闸管的使用注意事项	33
习题与思考题	33
第2章 元器件识别技术	35
2.1 电阻器	35
2.1.1 电阻器的分类	35
2.1.2 电阻器的符号及其表示法	37
2.1.3 电阻器的特性	38
2.1.4 电阻器的检测	39
2.1.5 电阻器的选用与更换	39
2.2 电容器	40
2.2.1 电容器的分类和特点	40
2.2.2 电容器的电特性	41
2.2.3 电容器的选用	42
2.2.4 电容器的测量	43
2.2.5 电容器的代换	45
2.3 电感器	45
2.3.1 电感线圈的类型	46
2.3.2 电感器的特性	47
2.3.3 电感线圈的检测	47
2.3.4 电感线圈的选用	48
2.4 半导体器件	48
2.4.1 晶体二极管	48
2.4.2 晶体三极管	50
习题与思考题	52
第3章 电工识图技术	53
3.1 电路文字符号与图形符号	53
3.1.1 文字符号	53
3.1.2 图形符号	55
3.2 电路图	58
3.2.1 电路	58
3.2.2 电路图的组成	58
3.2.3 电路的分布规律	60
3.3 电路识图的基本方法	60
3.3.1 识图的基本方法	60
3.3.2 识图的步骤	61

3.4 电力电路识图	62
3.4.1 电力系统	62
3.4.2 变电所主接线图	63
3.4.3 工矿企业变配电一次电路图	64
3.4.4 低压二次接线原理图	65
3.5 电气控制电路识图	66
3.5.1 电气控制电路识图要点	67
3.5.2 电气控制电路识图步骤	67
3.5.3 电气控制电路识图举例	68
3.5.4 电气控制电路的安装接线图	69
3.6 电子电路识图	69
3.6.1 电子电路识图要点	69
3.6.2 电子电路识图方法	70
3.6.3 元器件参数的识读方法	71
3.6.4 电子电路识图举例	72
3.7 数字电路识图	73
3.7.1 数字电路识图的方法	73
3.7.2 逻辑图	74
习题与思考题	75

第4章 变电与配电技术

4.1 变电所的规则和接户线	76
4.2 高压配电室	78
4.3 电力变压器室	79
4.3.1 电力变压器对环境条件的要求	79
4.3.2 电力变压器运行要求	80
4.3.3 变压器数量的确定	82
4.3.4 变压器的安装	84
4.4 低压配电室与电容补偿的安装	86
4.4.1 低压配电室的要求及安装	86
4.4.2 电容补偿室	88
4.5 变配电所的形式和主接线	90
4.5.1 高、低压变配电所的形式及布局	91
4.5.2 变配电所的电气主接线	91
4.6 电压互感器与电流互感器的安装	93
4.6.1 电压互感器	93
4.6.2 电流互感器	93
4.7 组合式变电所简介	94
习题与思考题	95

第5章 照明设备的安装技术

5.1 照明光源	96
----------------	----

5.1.1	白炽灯	96
5.1.2	日光灯	97
5.1.3	高压水银灯	97
5.1.4	碘钨灯	98
5.1.5	高压钠灯	98
5.1.6	金属卤化物灯	98
5.2	照明系统图与平面图	99
5.2.1	照明系统图	99
5.2.2	照明平面图	100
5.3	导线的处理与连接方法	103
5.3.1	剥线	103
5.3.2	接线	104
5.4	白炽灯的安装	108
5.4.1	白炽灯附件及电路原理图	108
5.4.2	导线敷设方式	108
5.4.3	白炽灯照明的安装	108
5.5	荧光灯的安装	109
5.5.1	荧光灯安装原理图	109
5.5.2	荧光灯的安装方法	110
5.6	壁灯的安装	110
5.7	组合花灯的安装	111
5.8	节能灯的安装	112
5.9	定时灯的安装	112
5.10	声控灯的安装	113
5.11	吊灯	114
5.12	节日流水彩灯的安装	115
5.13	光控路灯的安装	116
5.14	广场照明灯的安装	116
5.15	霓虹灯的安装	117
5.16	停电应急灯的安装	118
5.17	触摸台灯的安装	119
	习题与思考题	120

第6章 动力供电与设备安装技术

6.1	动力供电的要求和平面图	122
6.2	临时用电线路的架设	123
6.2.1	临时电路的特点	123
6.2.2	临时供电的内容	124
6.2.3	供电线路的平面布局	124
6.2.4	临时用电线路的架设	124
6.3	外线架空线路的敷设	125

6.3.1	外线架空线路的操作规程	125
6.3.2	架空线路的安全要求 (1kV 以下)	126
6.3.3	室外架空线路的安装	127
6.4	电缆线路的敷设	128
6.4.1	电缆施工的要求	128
6.4.2	电缆的敷设方式	131
6.5	内线的施工安装	133
6.5.1	内线布线方式的要求	133
6.5.2	内线电工安全操作规程	133
6.5.3	内线动力用电平面图	134
6.5.4	线路安装图	134
6.6	电动机的安装	135
6.6.1	电动机的安装基础	136
6.6.2	电动机的安装要求	136
6.6.3	电动机安装的连接方法	136
6.6.4	电动机的校正与测量	137
	习题与思考题	138

第7章 电工测量技术 139

7.1	电工测量的基础知识	139
7.2	指针式万用表	141
7.2.1	指针式万用表的主要用途	141
7.2.2	指针式万用表的使用方法	141
7.3	数字式万用表	144
7.3.1	数字式万用表的组成结构	144
7.3.2	数字式万用表的测量方法	144
7.4	钳形电流表	147
7.5	兆欧表	148
7.5.1	兆欧表的工作原理	149
7.5.2	兆欧表的测量	149
7.6	示波器	150
7.6.1	示波器的组成	150
7.6.2	ST—16 示波器面板介绍	151
7.6.3	示波器的作用	153
7.7	电压与电流的测量	153
7.7.1	用电压表测量电压	153
7.7.2	用示波器测量电压	154
7.8	功率和功率因数的测量	155
7.8.1	单相功率的测量	156
7.8.2	三相功率的测量	156
7.8.3	负载的功率因数测量	157

7.9 电能的测量	158
7.9.1 单相电度表	158
7.9.2 三相电度表	159
习题与思考题	160
第8章 电工焊接技术	161
8.1 电子元器件的安装技术	161
8.1.1 元器件安装要求	161
8.1.2 元器件的排列	161
8.1.3 元器件的安装	162
8.1.4 功率器件散热器的安装	162
8.1.5 电路板结构布局	163
8.1.6 散热片的安装	164
8.2 元器件的插接技术	164
8.2.1 面包板的结构	164
8.2.2 插接技术	165
8.3 元器件的焊接技术	166
8.3.1 印制电路板焊接工艺	166
8.3.2 焊接工艺	167
8.3.3 手工五步焊接操作法	171
8.3.4 虚焊产生的原因及其鉴别	172
习题与思考题	173
第9章 低压控制电器	174
9.1 刀开关与转换开关	174
9.1.1 闸刀开关	174
9.1.2 铁壳刀开关	175
9.1.3 转换开关	175
9.2 按钮开关	177
9.3 自动空气开关	178
9.3.1 自动空气开关的组成	178
9.3.2 自动空气开关的工作原理	178
9.3.3 自动空气开关的保护装置	179
9.3.4 自动空气开关的型号与技术参数	180
9.3.5 自动空气开关的选择	180
9.4 熔断器	181
9.4.1 熔断器的外形与结构	181
9.4.2 熔断器的型号	182
9.4.3 熔断器的熔断保护原理	182
9.4.4 熔断器的技术参数	182
9.4.5 几种熔断器的选用	183

9.5	交流接触器	184
9.5.1	接触器的外形、结构与符号	184
9.5.2	电磁式自然空气冷却接触器	185
9.5.3	交流接触器的工作原理	186
9.5.4	交流接触器的技术参数	186
9.6	热继电器	187
9.6.1	热继电器的外形、结构与符号	187
9.6.2	热继电器的型号	187
9.6.3	热继电器的工作原理	188
9.6.4	热继电器的选用	189
9.6.5	热继电器的参数	189
9.7	中间继电器	190
9.7.1	中间继电器简介	190
9.7.2	JZ 系列中间继电器的结构与图形符号	191
9.7.3	JZ7 系列中间继电器的技术参数	191
9.7.4	中间继电器的选择	191
9.8	时间继电器	192
9.8.1	时间继电器的型号与结构	192
9.8.2	JS7—A 系列空气阻尼式时间继电器的基本技术参数	193
9.8.3	时间继电器的选择	193
9.9	行程开关	193
	习题与思考题	195

第 10 章 电动机控制技术 196

10.1	三相交流异步电动机	196
10.2	三相交流异步电动机的点动与连续运行控制	199
10.3	三相交流异步电动机的顺序控制	200
10.4	三相交流异步电动机的正、反转控制电路	201
10.5	三相交流异步电动机的行程控制	204
10.6	三相交流异步电动机的时间控制	205
10.7	三相交流异步电动机的降压启动控制	206
10.8	三相交流异步电动机的制动控制	209
10.8.1	电动机制动控制的分类	209
10.8.2	制动控制电路	210
10.9	三相交流异步电动机的调速控制	212
10.9.1	交流调速原理	212
10.9.2	交流调速方法	212
10.10	生产线上多处启动与停止控制	214
	习题与思考题	216

第 11 章 电工计算技术 217

11.1	熔断器的计算	217
------	--------	-----

11.2	接触器的种类及其选用	218
11.3	热继电器、中间继电器、时间继电器的选用	218
11.4	各种开关的选用	219
11.5	电动机的参数计算	220
11.5.1	确定笼型电动机能否直接启动的经验公式	220
11.5.2	连续运行电动机功率的计算	220
11.5.3	短时运行电动机功率的计算	220
11.5.4	交流电动机的额定电流估算	221
11.5.5	异步电动机的额定电压与线电压的关系	221
11.5.6	电动机转速、转矩的计算	221
11.5.7	异步电动机改变极数的计算	222
11.5.8	确定电动机的容量	222
11.6	导线截面积与载流量的计算	223
11.6.1	按允许电流选择导线截面积	223
11.6.2	按电压降选择导线截面积	224
11.7	小型变压器的参数计算	225
11.7.1	变压器的基本计算公式	225
11.7.2	变压器计算举例	225
11.8	照明负荷的参数计算	226
11.9	动力用电负荷的计算	227
11.9.1	动力用电负荷的基本参数	227
11.9.2	动力用电设备的工作制	227
11.9.3	电气设备容量的计算方法	228
11.9.4	动力用电负荷计算举例	229
11.10	电烙铁的参数计算	230
	习题与思考题	231

第12章 电工制作技术 232

12.1	开门告知器	232
12.2	灯光明暗转换器	233
12.3	输出多种电压的变压器	233
12.4	自制音乐验电笔	235
12.5	门锁报警器的制作	236
12.6	汽车内胎漏气检测仪的制作	238
12.7	多点控制走廊定时灯	239
12.8	电子保健小夜灯	239
12.9	定时调光照明节电器电路	240
12.10	停电声光报警电路	241
12.11	LED 广告牌装饰灯电路	241
12.12	照明灯自动开关电路	242
12.13	多路流水彩灯电路	242

12.14	汽车转弯指示灯电路	243
12.15	火灾报警器电路	244
12.16	库房防盗报警器电路	244
12.17	沼气浓度检测电路	245
	习题与思考题	246
第 13 章 电工维修技术		247
13.1	电工维修须知	247
13.2	故障检查的方法	248
13.2.1	基本检修方法	248
13.2.2	逐步接近法	249
13.3	交流接触器、中间继电器的维修	250
13.4	热继电器的维修	252
13.5	三相交流电动机的维修	254
13.6	电气照明线路的维修	258
13.6.1	白炽灯照明电路的维修	258
13.6.2	荧光灯照明电路的维修	259
13.7	漏电保护器	261
	习题与思考题	262
第 14 章 电工常用工具		263
14.1	验电器	263
14.2	电烙铁	266
14.3	钢丝钳、剪线钳、剥线钳、尖嘴钳	269
14.4	螺丝刀和电工刀	270
14.4.1	螺丝刀	270
14.4.2	电工刀	271
14.5	绕线机	272
14.6	电钻	272
14.7	活扳手、卷尺与工具包	275
14.8	测速表	276
14.9	常用电工材料	277
14.9.1	绝缘材料	277
14.9.2	导电材料	278
14.9.3	导线	278
	习题与思考题	280
第 15 章 安全用电技术		281
15.1	安全用电常识	281
15.2	电气安全工作制度	282
15.2.1	工作票制度	282
15.2.2	工作许可制度	282

15.2.3	工作监护制度	282
15.2.4	工作间断、转移和终结制度	282
15.2.5	停电检修工作制度	283
15.2.6	不停电检修及带电检修工作制度	284
15.2.7	倒闸操作安全制度	285
15.3	触电的类型与规律	286
15.3.1	安全电压与安全电流	286
15.3.2	触电的类型	286
15.3.3	触电的规律性	287
15.3.4	触电急救	288
15.4	保护接地与保护接零	290
15.5	漏电保护装置	292
15.5.1	家用漏电保护器的结构和原理	292
15.5.2	家用漏电保护器的过压、过载保护功能	293
15.6	防雷与防火	294
15.6.1	防雷措施	294
15.6.2	防火措施	295
	习题与思考题	296
附录 A 中华人民共和国工人技术等级标准		297
附录 B 人才市场分析		302

第 1 章 电工入门基础

本章学习要点

本章主要介绍电工技术的基本概念和基本电路，是电工入门的第一步。

电工是一种特殊的职业。电工技术具有很强的理论性、实践性和安全性。选择学习电工技术专业，会拓宽就业之路，再谋发展机遇。从本书开始起步吧！

1.1 电路的基本概念

1.1.1 什么是电

在中学物理学中，我们曾学习过摩擦生电。用梳子梳理干燥的头发时，常常会听到“噼噼、啪啪”的响声，如果在黑夜里，还会看到一些细小的火花。将这把梳子放到一撮小纸屑的近旁，小纸屑会被梳子吸起来。电是什么呢？电是一种特殊的能量，称为电能。

世界是物质的。自然界的一切物质都是由分子组成的。分子又是由原子组成的。每一种原子都有一个处在中心的原子核，在原子核周围有若干个电子沿着一定的轨道做着高速度的旋转运动。原子核是带正电的，而电子是带负电的。在原子未受外力的作用时，原子核所带的正电荷与外层电子所带的负电荷相等。原子对外界处于平衡状态，不显电性。

不同的原子，其原子核的质量及其周围的电子数目是不同的。如铜原子和铝原子，它们的原子结构如图 1-1 所示。铜原子核内有 29 个带正电的质子，核外有 29 个带负电的中子。电子呈四层分布，最外层只有一个电子，如图 1-1 (a) 所示。铝原子核内有 13 个质子，核外有与质子数相等的 13 个中子，最外层只有一个电子，如图 1-1 (b) 所示。

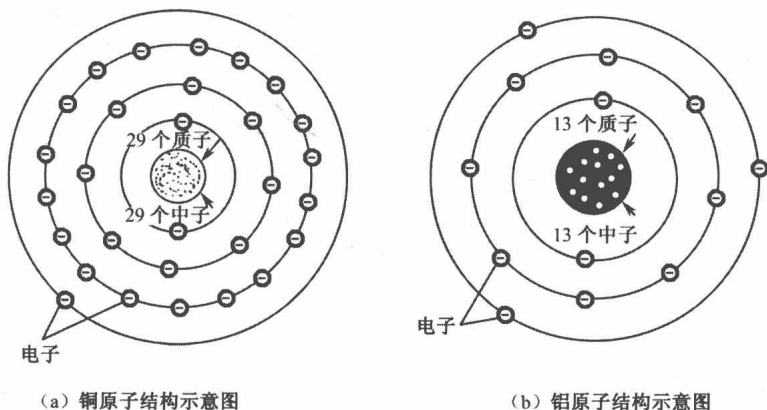


图 1-1 原子结构示意图

那些处在最外层轨道上的电子，由于它们距离原子核比较远，受到原子核的束缚力比

较弱，在受到外界因素（如热、光、机械力）影响时，很容易脱离自己的轨道，摆脱原子核的束缚，成为自由电子。铜、铝等金属物质都具有不稳定的外层电子，在常温下就会脱离轨道成为自由电子（如每 cm^3 铜中包含 8×10^{32} 个自由电子）。

如果原子失掉一个或几个外层电子，则它的电平衡就被破坏了，正电荷多于负电荷，这个原子就带正电；同理，飞出轨道的电子被另外的原子所吸收，另外的原子就带负电。这就是电的本质。

我们使用的电是由发电厂发电机组发出的，经高压输电、变电送到千家万户。目前，发电的方式很多，如火力发电、水力发电、太阳能发电、风力发电及核能发电等。

1.1.2 什么是电路

电路就是电流所通过的路径。

1. 电路的结构形式

电路是由元器件按一定方式组合而成的。图 1-2 所示的电路是一个最简单的手电筒实物连接电路，由电源（干电池）、负载（电灯泡）和中间环节（包括连接导线和开关）三部分组成。在电路中，随着电流的流动，进行着不同形式能量之间的转换。

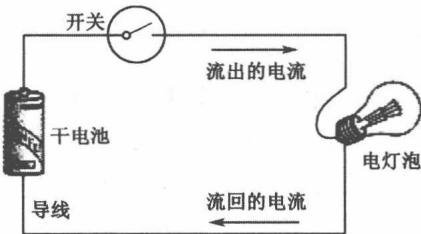


图 1-2 手电筒实物连接电路

电源是将非电能转换成电能的装置。例如，干电池和蓄电池是将化学能转化成电能，而发电机是将热能、水能或原子能等转换成电能。所以，电源是电路中的能量来源，是推动电流运动的源泉，在

它的内部进行着由非电能到电能的转换。

负载是将电能转换成非电能的装置，如电灯泡将电能转换成光能、电炉将电能转换成热能、电动机将电能转换成机械能等。所以，负载是电路中的受电器，是取用电能的装置，在它的内部进行着由电能到非电能的转换。

中间环节是把电源与负载连接起来的部分，起传递和控制电能的作用。

2. 简单的电路

图 1-3 是图 1-2 的电路图。电路元件有干电池 E、电灯泡 HL、开关 S 和导线。电灯泡 HL 是电阻元件 R；E 是电源，内电阻为 R_0 ；连接干电池与电灯泡的中间环节是开关 S，其电阻可以忽略不计，认为是一无电阻的理想导体。

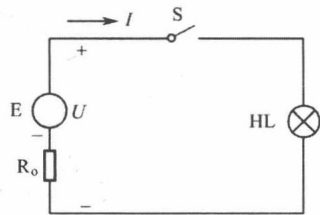


图 1-3 简单的电路图

3. 电路的作用

(1) 传递和处理信号

电路的作用之一是传递和处理信号，常见的如扩音机，先由话筒把语言或音乐（通常称为信息）转换为相应的电压和电流，即电信号，而后通过电路传递到扬声器，把电信号还原为语言或音乐。由于话筒输出的电信号比较微弱，不足以推动扬声器发音，因此中间

还要用放大器来放大。信号的这种转换和放大，称为信号的处理。

(2) 传输和转换信号

供电系统中的电力电路起着实现电能的传输和转换的作用。把发电厂发出的高压电通过高压线路传输到各地，然后通过变压器把高压电转换成低压电。这类电路，一般要求在传输和转换过程中，尽可能地减少能量损耗以提高效率。

1.2 直流电路

直流电路的电压和电流的大小和方向不随时间的变化而变化。

1.2.1 基本概念

1. 电压

河水之所以能够流动，是因为有水位差。水总是从高水位流向低水位。电荷之所以能够流动，是因为有电位差。电路中，任意两点间的电位差，均被称为两点间的电压。电压是形成电流的主要条件。在电路中，电压常用 U 表示，单位是伏 (V)，大的计量单位可用千伏 (kV) 表示，小的计量单位常用毫伏 (mV) 或微伏 (μV) 表示。它们之间的关系为

$$1\text{kV}=1000\text{V}$$

$$1\text{V}=1000\text{mV}$$

$$1\text{mV}=1000\mu\text{V}$$

我国规定的标准电压等级很多，如直流安全电压为 12V、24V、36V，工业用电直流为 110V、220V 等，民用市电电压为交流 220V，工业动力用电为交流 380V，高压配电电压为 6kV、10kV，高压输电电压为 110kV，远距离超高压输电电压为 330kV 和 500kV。

电压可以用电压表测量。测量时，把电压表并联在电路上，要选择电压表指针接近满偏转的量程。如果电路中的电压大小估计不出来，要先用大的量程，粗略测量后再用合适的量程，这样可以防止由于电压过大而损坏电压表。

2. 电位

放在电场里某点电荷的位能与它的电量之比就是该点的电位，如用 U 表示电位， A 表示电荷 q 的位能，则

$$U = \frac{A}{q} \quad (1-1)$$

式中， U 的单位为 V， A 的单位为 J， q 的单位为 C。

在指明电路中某点电位时，必须首先确定参考点，设其电位为零，则电路中某点的电位在数值上就等于该点到参考点的电压。因此，电位的数值与参考点的选择有关。凡求电位的参考点都用接地符号 ($\perp$) 表示。这样的选择方便计算，无须计算者自由选定参考点。