

铁路职工技术
培训用书

电 子

技 术



DIANZIJISHU

铁路职工技术培训用书

电子技术

铁道部北京二七机车工厂编

中国铁道出版社

1983年·北京

内 容 简 介

本书为铁路职工技术培训用书，内容广泛，通俗易懂，包括：电工基本知识、半导体二极管、三极管的基本知识、低频（小信号）放大器、直流放大器、功率放大器、晶体管振荡器、脉冲电路、双稳态电路、无稳态电路、单稳态电路、射极耦合双稳态电路、锯齿波发生器、门电路（逻辑电路）、直流稳压电源、运算放大器、电子管，以及电子管放大器等18章；为便于自学，各章还附有例题和习题。

本书还可供具有初中文化程度的工人、干部及广大电子技术爱好者自学用，也可供有关技工学校、专业学校和短训班师生教学参考。

2557/13

铁路职工技术培训用书

电 子 技 术

铁道部北京二七机车工厂编

中国铁道出版社出版

责任编辑 陈广存 张冲

封面设计 赵敬宇

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：16.5 字数：371 千

1980年11月 第1版 1983年8月 第2次印刷

印数：8,001—19,000 册 定价：1.30 元

前 言

为了普及电子技术知识，以适应铁路技术现代化的需要，我厂曾举办了若干期电子技术培训班，并编写了《电子技术》、《数控技术》、《顺序控制技术》等通俗讲义。现根据铁道部教育局职工教育处的建议，对讲义进行了必要的整理和修改，并请北方交通大学电信系的教师给予全面审阅，由中国铁道出版社出版，以供职工技术培训参考用书。

在编写本书过程中，曾得到我厂各级领导、工人大学第二届部分毕业学员的支持和帮助。厂办电子技术班部分学员参加了本书的编写和定稿工作。邵景峰、宋振华担任本书主编工作，张凤翥、陈玉年、燕永田担任审阅工作。

本书虽经一定时间的教学实践，并在实践过程中根据多方面的意见进行了修改，但难免仍有缺点和错误，恳切希望广大读者给予批评指正。

铁道部北京二七机车工厂教育科

1979年11月

目 录

第一篇 半导体放大电路

第一章 电工基本知识	1
第一节 电路的基本概念	1
一、电路的组成	1
二、电流	2
三、直流电与交流电	3
四、电阻	3
五、电源与电压	5
第二节 欧姆定律和电功率	6
一、欧姆定律	6
二、电功率	7
第三节 电阻的串并联	8
一、电阻串联电路	8
二、电阻并联电路	10
第四节 正弦交流电	12
一、频率和周期	12
二、交流电的最大值、有效值、功率	13
第五节 电容	15
一、电容	15
二、RC电路	18
第六节 电感	22
一、电流的磁效应	22
二、电磁感应	25
三、RL电路	27
四、变压器	30

第二章 半导体二极管	34
第一节 半导体概念	34
一、什么叫半导体	34
二、半导体的内部结构	35
三、本征半导体	37
四、N型半导体	39
五、P型半导体	40
第二节 PN结	41
一、PN结的形成	41
二、PN结的单向导电性	46
第三节 半导体二极管的特性	49
一、二极管的伏安特性曲线	50
二、二极管的PN结电容	57
第四节 二极管的分类和主要参数	59
一、二极管的分类	59
二、二极管的主要参数	60
三、利用万用表测量二极管	62
第三章 三极管的基本知识	63
第一节 三极管的基本结构和分类	63
第二节 三极管的放大原理	64
一、三极管的放大概念	64
二、三极管中的载流子运动情况	68
三、对三极管放大作用的解释	71
第三节 三极管的特性曲线和主要参数	75
一、三极管的特性曲线	76
二、三极管的主要参数	86
第四节 三极管的简易测试	89
一、测定 I_{EO} (穿透电流)	90
二、测量近似值 β (电流放大系数)	90
三、判断基极	92
四、判断发射极与集电极	93

五、判别硅管和锗管	95
第五节 半导体器件的型号	95
第四章 低频（小信号）放大器	97
第一节 三极管放大电路基本接法（三种接法）	97
第二节 直流工作点的确定和稳定	99
一、直流工作点的确定	99
二、稳定性	104
三、偏置电路	105
第三节 单管放大器	112
一、交流等效电路与交流负载线	113
二、晶体管的输入电阻	114
三、放大器的放大倍数	115
第四节 多级放大器	116
一、阻容耦合放大电路	117
二、放大器的输出、输入电阻及在多级放大器中的相 互联结	120
三、放大器的频率响应	121
四、直接耦合放大电路	122
第五节 射极输出器	125
一、电路特点	125
二、射极输出器的分析	125
第六节 负反馈在放大器中的应用	134
一、什么是负反馈	134
二、负反馈为什么能改善放大器的质量指标	136
三、单级负反馈电路	140
第五章 直流放大器	154
第一节 直流放大器的用途	154
第二节 直流放大器的主要问题	155
一、级间耦合	156
二、零点漂移	159
第三节 差动放大电路	160

一、差动放大器工作原理	160
二、差动放大器的电压放大倍数	162
三、差动放大器是如何抑制零点漂移的	163
四、差动放大电路的几种接法	165
五、差动放大电路的估算及调试	168
第四节 调制型直流放大器	171
一、调制型直流放大器原理	172
二、晶体管调制器	173
三、解调器	175
第六章 功率放大器	177
第一节 功率放大器的特点	177
第二节 单管（甲类）功率放大器	178
第三节 推挽（乙类）功率放大器	186
一、工作原理	187
二、推挽（乙类）电路的计算	188
三、调试方法	191
第四节 无变压器式推挽功率放大器	193
一、互补推挽功率放大器的工作原理	193
二、准互补推挽功率放大器	197
三、有输入无输出变压器功率放大器	198
四、无输出变压器电路的调试	200
五、直接耦合输出的功率放大器	201

第二篇 正弦波振荡器

第七章 晶体管振荡器	205
第一节 自激振荡的基本原理	205
第二节 LC 回路的选频特性	207
第三节 几种 LC 振荡电路	211
一、变压器反馈振荡电路	211
二、电感三点式振荡电路	214
三、电容三点式振荡电路	216

第四节 RC 振荡器	220
一、 RC 移相振荡器	220
二、 RC 桥式振荡器	224
第五节 石英晶体振荡器	227

第三篇 脉 冲 电 路

第八章 脉冲电路	235
第一节 脉冲电路的基本概念	235
第二节 三极管开关特性	237
第三节 RC 充放电特性	243
一、 RC 电路的充电过程	243
二、 RC 电路的放电过程	245
三、 RC 微分电路	245
四、加速电容在开关电路中的作用	247
第四节 晶体管反相器	248
第五节 晶体管延时开关电路	252
一、延时开关的构成	252
二、单管延时释放继电器	252
三、单管延时吸合继电器	253
四、延时开关参数的估计	256
第九章 双稳态电路	258
第一节 双稳态电路工作原理	259
第二节 稳定条件和触发方式	261
一、稳定条件	261
二、触发方式	264
第三节 双稳态电路的调整与实验	267
一、电路元件的估算方法	267
二、晶体管的选择	268
三、估算实例	269
四、双稳态电路的简单调试	270
第十章 无稳态电路	273

第一节	无稳态电路的工作原理	273
第二节	电路设计	277
一、	基本计算公式	277
二、	设计举例	278
三、	无稳态电路的简单调试方法	280
第三节	参考电路	282
第十一章	单稳态电路	284
第一节	集、基耦合单稳态电路	285
一、	工作原理	285
二、	集、基耦合单稳态电路的设计	286
三、	集、基耦合单稳态电路的调试	287
第二节	射极耦合单稳态电路	289
一、	工作原理	289
二、	射极耦合单稳态电路的设计	291
第三节	单稳、双稳、无稳电路比较	292
第十二章	射极耦合双稳态电路	295
第一节	工作原理	296
第二节	射耦双稳电路的回差现象	297
第十三章	锯齿波发生器	305
第一节	锯齿波发生器的原理	308
第二节	锯齿波的线性	312
一、	恒流源型的锯齿波	313
二、	补偿电势型的锯齿波	315
三、	电容负反馈型的锯齿波	321
第十四章	门电路(逻辑电路)	324
第一节	与门、或门电路	325
第二节	二极管门电路	327
一、	二极管负与门电路	328
二、	二极管负或门电路	330
三、	与门和或门的关系	331
第三节	三极管门电路	333

一、非门电路	333
二、负与非门电路	334
三、负或非门电路	337
第四节 应用实例	338
一、电子式换档继电器	338
二、时间继电器	342

第四篇 晶体管直流稳压电源

第十五章 直流稳压电源	344
第一节 整流电路	344
一、半波整流电路	344
二、全波整流电路	347
三、桥式整流电路	350
四、倍压整流电路	352
第二节 滤波器	356
一、电容滤波器	357
二、电感滤波器	359
三、复式滤波器	359
第三节 硅稳压管与稳压器	360
一、硅稳压管	360
二、硅稳压管稳压器的的工作原理	362
三、硅稳压管稳压器中各元件的选择	363
第四节 串联型负反馈稳压电路	365
一、串联型负反馈稳压器	365
二、稳压器各部分作用的分析	367
三、具有辅助电源的稳压电路	370
第五节 串联型负反馈稳压电路的简单计算	371
一、调整部分的计算	372
二、基准、取样电路及放大电路（包括辅助电源）的 计算	374
第六节 应用线路	376

一、简易晶体管稳压电源	376
二、单管放大晶体管稳压电源	377
三、30伏0.2安定压式直流晶体管稳压电源	377
四、有短路保护的直流稳压电源	378
第七节 集成稳压电路简述	379

第五篇 线性集成电路

第十六章 运算放大器	386
第一节 什么叫运算放大器	386
第二节 运算放大器基本功能	387
一、加法运算	387
二、比例运算与反相运算	392
三、积分运算	394
四、微分运算	396
五、输入电阻与输出电阻	397
六、输入接线方式	401
七、对运算放大器的要求	404
第三节 集成电路简介	405
第四节 线性组件及其使用方法	408
一、BG301	408
二、BG305	416
三、线性组件的粗测	419
四、自激振荡的抑制	423
五、线性组件的保护措施	424
第五节 PID调节器	425
一、PI调节器（比例积分调节器）	426
二、PD调节器（比例微分调节器）	428

第六篇 电子管及电路

第十七章 电子管	433
----------------	-----

第一节	电子管的结构	433
第二节	二极管	437
一、	二极管的导电现象	438
二、	空间电荷的作用	438
三、	二极管的伏安特性和参数	440
第三节	三极管	441
一、	三极管结构及工作原理	441
二、	三极管的静态特性曲线	444
三、	三极管基本放大电路的图解法	446
四、	三极管的微变参量和等效阳极电路	451
五、	三极管放大电路的等效电路解法	458
六、	三极管的极间电容和放大器的输入阻抗	463
第四节	四极管、五极管和束射四极管	466
一、	四极管	466
二、	五极管	469
三、	束射四极管 (电子注管)	471
第五节	其它类型电子管	474
一、	变 μ 管	474
二、	复合电子管	475
第六节	电子管型号命名方法	475
第十八章	放大器	479
第一节	阻容耦合电压放大器	479
一、	基本电路及元件的作用	479
二、	阻容耦合放大器的特性分析	480
三、	频率失真和相位失真	486
四、	放大器的通频带	488
第二节	低频功率放大器	489
一、	单管甲类功率放大器	490
二、	推挽功率放大器	496
附录一	文字符号说明	503
附录二	电子电路中常用的图形符号	506

附录三	半导体器件型号命名方法 (国家标准GB249—74)	510
附录四	常用字母表	512

第一篇 半导体放大电路

电子技术的应用是极其广泛的。除了在日常生活中的收音机、电视机、电子钟表、医疗器械里应用外，还广泛地应用于工业、农业和交通运输事业以及宇宙探索及军事方面。例如卫星通讯，超远程雷达、导弹和飞机的制导，舰艇方位的确定，火炮的控制，机车和船舶的控制，电站和变电站的控制，冶金矿山及石油化工机械的传动和自动控制，纺织、造纸及其他轻工业机械的传动与自动控制，机床的传动和控制，农业电气化设备等等，都广泛的采用半导体器件。

我们知道，半导体电路的组成，主要是由半导体管和交直流电路两部分组成的。所以要研究半导体电路，不仅要用交直流电路的基本概念和分析计算方法，而且还要用到有关半导体管工作原理和特性的基本知识。

本篇是从电工基本知识讲起，由浅入深地介绍半导体的基本概念、半导体二极管和三极管的基本结构、工作原理、特性参数和测试方法，以及低频（小信号）放大器、直流放大器、功率放大器的放大电路的基本分析方法。

第一章 电工基本知识

第一节 电路的基本概念

一、电路的组成

一个最简单的电路是由电源、负载和连接导线所组成的。图 1—1 为一个手电筒电路示意图。

电池的电能通过导线输送到灯泡，灯泡把电能转换成光能。

在这个电路中：

电源（电池）——供给能量的装置；

负载（灯泡）——能量的转换装置；

导线——能量的输送渠道；

开关——输送的控制元件。

而电源、负载、导线是组成电路的最基本单元。

二、电流

电荷在导体内有规则的运动称为电流。

金属导体的电流是由于导体内部的自由电子在电场作用下有规则的运动形成的。而在一些液体和气体中，电流是由带正、负电的离子在电场作用下分别向一定方向运动而形成的。

电流的大小，取决于在一定时间内所通过导体截面电荷量的多少。为准确说明某一时刻电流的大小，用电流强度这个物理量来表示：

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中 Q ——表示流过导体截面的电荷量（库仑）；

t ——表示流过电量 Q 所经过的时间（秒）；

I ——表示电流强度（安培符号 A）。

从公式中可以看出，电流强度表示了单位时间内通过导体截面的电荷量。因为电流强度这个物理量使用非常广泛，

所以常简称为电流。

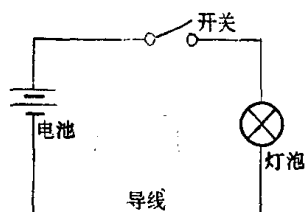


图 1-1 由电源负载导线组成基本电路

习惯上，人们把正电荷流动的方向作为电流的正方向。在导线中，电流实际是带负电的电子流动形成的。所以电流的正方向是电子流动的反方向。

电流的单位以安培来计量，简称为安（A），1 安的电流等于 1 秒钟内有 1 库仑的电荷量通过导体截面。

在电子设备中，电流常用更小的单位来计量，这就是毫安和微安。

$$1 \text{ 毫安 (mA)} = \frac{1}{1000} \text{ 安} = 10^{-3} \text{ 安 (A)}$$

$$1 \text{ 微安 } (\mu\text{A}) = \frac{1}{1000} \text{ 毫安} = 10^{-6} \text{ 安 (A)}$$

三、直流电与交流电

1. 直流电

如果电流的大小和方向都不随时间变化，即在任何不同的时刻，单位时间内通过导体横截面的电荷量都相同，其方向也始终不改变，则这种电流称为直流电流。直流电流的图形如图 1—2 所示。

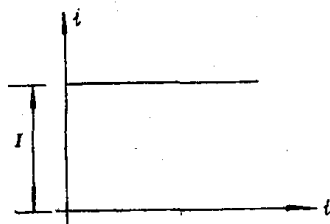


图 1—2 直流电流图形

2. 交流电

如果电流的大小和方向随时间按一定规律反复交替地变化，则这种电流称为交流电流。通常所用的电力网供出的电就是交流电。它是按照正弦规律变化的。其波形如图 1—3 所示。

四、电阻

1. 电阻和电阻率

导体内的带电质点在运动的过程中不断地相互碰撞，并且还和导体的分子相碰撞，因此，导体对于它所通过的电流