

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

1980年·北京

内 容 简 介

本书在语言上力求通俗易懂，由浅入深，图文并茂，为了便于职工自学与实践，每章附有例题、习题以及应用举例。

书中系统、全面地叙述了半导体放大电路、正弦波振荡器、脉冲电路、晶体管直流稳压电源、线性集成电路以及电子管及电路等。

本书可供具有初中文化程度工人、干部及非电工程技术人员自学和电子技术普及教材之用，也可作为工厂技工学校、工厂家余学校及电子技术短期培训教学参考用书。

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：18.5 字数：371 千

1980年11月第1版 1980年11月第1次印刷

印数：0001—8,000 册 定价：1.30 元

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、基偶合单稳态电路	285
一、	工作原理	285
二、	集、基偶合单稳态电路的设计	286
三、	集、基偶合单稳态电路的调试	287
第二节	射极偶合单稳态电路	289
一、	工作原理	289
二、	射极偶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	射极偶合双稳态电路	295
第一节	工作原理	296
第二节	射偶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、	二极管与门电路	328
二、	二极管或门电路	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。

1109140

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。

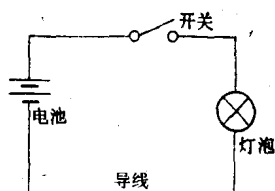


图 1—1 由电源负载导线组成基本电路

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。

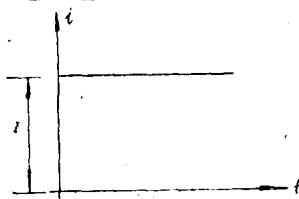


图 1—2 直流电流图形

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，并且还与导体的分子相碰撞，因此，导体对于它所通过的电流

呈现有一定的阻力，把这种阻力称为电阻。

电阻的单位是欧姆，简称欧，用符号 Ω 表示。计量比较大的电阻可用千欧（ $k\Omega$ ）或兆欧（ $M\Omega$ ）来表示。

$$1 k\Omega = 10^3 \Omega$$

$$1 M\Omega = 10^6 \Omega$$

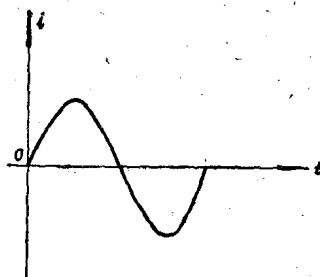


图 1-3 交流电流波形

导体电阻的大小，主要由两个因素确定。一是导体材料的导电性能的好坏；二是与导体的尺寸大小有关。实验证明，同一材料的导体，其电阻与导体的长度成正比，与导体的横截面积成反比。公式表示为：

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-2)$$

式中 R ——代表导体电阻（ Ω ）；

L ——代表导体长度（m）；

S ——代表导体横截面积（ mm^2 ）。

其中，比例系数 ρ 是由导体材料的导电性能所确定的常数，叫做电阻率（又称电阻系数），其单位是 $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ ，它表明了该种材料制成长1米，横截面积1毫米²的导线所具有的电阻值。

2. 电阻与温度关系

导体的电阻是随着温度变化的。例如金属材料，由于温度升高，带电质点与分子碰撞的次数增多，因此导体的电阻变大。而电解液导体中，如果温度升高，液体单位体积内的导电离子数就增多，导电能力增加，其电阻降低。所以不同材料的电阻随温度变化的情况不同。为了表明材料的这种性质，引入了电阻温度系数 α 的概念。它表示了温度每变化

1°C时，每欧的导体电阻所改变的电阻值，其单位为“1/°C”当电阻随温度上升而增加时， α 值是正的，当电阻随温度上升而减少时， α 值是负的。电阻与温度的关系一般用公式表示为：

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(T_2 - T_1)] \quad (1-3)$$

式中 R_2 ——温度增加到 T_2 时的电阻值；

R_1 ——温度在 T_1 时的电阻值；

α ——该材料的电阻温度系数。

表1—1中列出了常用金属材料的电阻率和电阻温度系数。

常用金属材料的电阻率和
电阻温度系数

表 1—1

材 料 名 称	20°C时 电 阻 率 (欧·毫米 ² /米)	电 阻 温 度 系 数 (1/°C)
银 (Ag)	0.016	0.00361
铜 (Cu)	0.0172	0.0041
金 (Au)	0.022	0.00365
铝 (Al)	0.029	0.00423
钼 (Mo)	0.0477	0.00479
钨 (W)	0.049	0.0044
锌 (Zn)	0.059	0.0039
镍 (Ni)	0.073	0.00621
铁 (Fe)	0.0978	0.00625
铂 (Pt)	0.105	0.00398
锡 (Sn)	0.114	0.00438
铅 (Pb)	0.206	0.0041
汞 (Hg)	0.958	0.0009
康铜(54%铜,46%镍)	0.50	0.00004
锰铜(86%铜,12%锰,2%镍)	0.43	0.00002

五、电源与电压

电路中的电流需要靠电源来维持，这好比水路中要用水