

电信技术基础自学丛书

电子管电路基础

(增订本)

广东省邮电管理局

《电子管电路基础》编写组编

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书着重从物理概念入手来讲述通信用电子管及其基本电路原理，并结合同载波机、收音机、扩音机、仪表等实际电路作简要的分析。内容包括：二极管及其应用、三极管、多极管和复合管、电压放大器、功率放大器、放大器中的负反馈、直流放大器、调谐放大器、电子管振荡器、稳压管和直流稳压电路、脉冲电路共十一章，每章附有提要及小结，并有习题和思考题。可供初中程度的电信、电子方面的工人自学参考。

电信技术基础自学丛书 电 子 管 电 路 基 础 (增订本)

广东省邮电管理局
《电子管电路基础》编写组编
责任编辑：林秉方

人民邮电出版社出版
北京东长安街27号
河北省邮电印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 1983年11月第 二 版
印张：9 28/32 页数：158 1983年11月河北第6次印刷
字数：222千字 印数：540,001—601,000册

统一书号：15045·总2067一有523

定价：0.97 元

增订版说明

本书1976年的初版，是广东省邮电管理局组织编写的，已重印多次。现根据读者意见由原编写组主要执笔人李荫园同志加以修订。增订版保留了原版本的基本内容和深入浅出、理论联系实际、着重讲清物理概念、便于自学的特色。全书结构，除将原来第一章中稳压管一节改写为第十章稳压管和直流稳压电路外，并增写了直流放大器、调谐放大器和脉冲电路三章；在电路的实例中，除原有载波机方面的以外，增加了无线电收音机、扩音机和电子仪表方面的一些例子。使本书的内容更加充实，以适应电信和电子各专业的读者需要。

本书适合具有初中文化程度的青年职工阅读。

目 录

第一章 二极管及其应用	(1)
第一节 热电子发射	(1)
第二节 二极管的构造	(1)
第三节 二极管的导电性能	(3)
第四节 电子管整流电路	(3)
第五节 二极管的特性曲线	(8)
第六节 二极管的参数和定额	(11)
一、内阻	(11)
二、屏极损耗功率	(13)
三、最大屏极反峰电压	(14)
四、最大整流电流	(15)
五、最大峰值屏流	(15)
第七节 二极管检波器	(16)
本章小结	(20)
习题与思考题	(21)
第二章 三极管	(22)
第一节 三极管的构造	(22)
第二节 三极管的基本电路	(23)
第三节 栅极的作用	(23)
第四节 三极管的静态特性曲线	(25)
一、屏极特性曲线	(25)
二、屏栅特性曲线	(26)
第五节 三极管的参数	(28)

一、跨导	(28)
二、内阻	(29)
三、放大系数	(31)
四、三个参数之间的关系	(31)
第六节 三极管的极间电容及其影响	(32)
本章小结	(33)
习题与思考题	(34)
第三章 多极管和复合管	(35)
第一节 五极管	(35)
一、五极管中帘栅极和抑制栅极的作用	(35)
二、五极管的特性曲线和参数	(39)
三、常用的几种五极管	(41)
四、五极管接成三极管	(42)
第二节 束射管	(43)
第三节 多栅管	(45)
第四节 复合管	(45)
本章小结	(47)
习题与思考题	(48)
第四章 电压放大器	(49)
第一节 电压放大器的基本电路	(49)
一、简单的电压放大器电路	(49)
二、放大器的基本工作原理	(50)
第二节 放大器的基本分析方法	(53)
一、放大器的图解分析方法	(53)
二、放大器的等效电路分析方法	(68)
三、两种分析方法的比较	(72)
第三节 阻容耦合电压放大器	(73)
一、阻容耦合放大器的基本电路及各元件的作用	(73)

二、放大倍数和频率特性	(75)
第四节 电感耦合电压放大器	(89)
一、电路和等效电路	(89)
二、放大倍数和幅频特性	(89)
第五节 放大器的输入阻抗和输出阻抗	(91)
一、放大器的输入阻抗	(91)
二、放大器的输出阻抗	(94)
第六节 放大器通频带的展宽	(95)
一、高频补偿电路	(95)
二、低频补偿电路	(97)
第七节 放大器中的干扰和噪声	(98)
一、干扰的来源及其抑制的方法	(99)
二、噪声的来源及其抑制的方法	(104)
本章小结	(106)
习题与思考题	(107)

第五章 功率放大器

第一节 单边功率放大器	(109)
一、什么是功率放大	(109)
二、单边功率放大器的基本电路	(111)
三、工作原理	(112)
四、输出功率	(115)
五、效率	(116)
六、非线性失真	(117)
七、负载电阻的选择	(119)
八、幅频特性	(121)
第二节 电子管的并联运用	(124)
第三节 推挽功率放大器	(127)
一、基本电路	(127)

二、工作原理	(128)
三、推挽功率放大器的特点	(130)
第四节 电子管在放大电路中的工作状态	(132)
一、甲类放大	(133)
二、乙类放大	(134)
三、甲乙类放大	(135)
第五节 倒相电路	(135)
一、分压式倒相电路	(136)
二、分负载倒相电路	(137)
三、自动平衡倒相电路	(138)
第六节 功率放大器的实际电路	(139)
一、单边功率放大器电路	(139)
二、推挽功率放大器电路	(139)
本章小结	(141)
习题与思考题	(142)
第六章 放大器中的负反馈	(144)
第一节 反馈的基本概念	(144)
一、什么叫反馈	(144)
二、正反馈和负反馈	(145)
第二节 负反馈对放大器性能的影响	(146)
一、放大倍数	(148)
二、提高放大倍数的稳定性	(149)
三、减小频率失真	(151)
四、减小非线性失真	(151)
五、改善放大器内部噪声	(152)
六、对输出阻抗的影响	(153)
七、对输入阻抗的影响	(154)
第三节 负反馈的几种连接形式	(155)

第四节 常见的几种负反馈电路	(157)
一、电流负反馈电路	(157)
二、混合负反馈电路	(158)
三、多级负反馈电路	(160)
第五节 反馈放大器的自激振荡	(163)
一、自激振荡的原因	(164)
二、消除自激振荡的方法	(165)
第六节 阴极输出器	(168)
一、放大倍数	(168)
二、输入阻抗	(169)
三、输出阻抗	(170)
第七节 放大器中的寄生反馈	(171)
本章小结	(174)
习题与思考题	(175)
第七章 直流放大器	(177)
第一节 直流放大器的作用和基本电路	(177)
第二节 直流放大器的级间耦合方式	(179)
一、电池耦合电路	(179)
二、分压器耦合电路	(180)
三、用阴极电阻取得栅偏压的电路	(181)
第三节 直流放大器的分析	(182)
第四节 直流放大器的零点漂移	(184)
一、零点漂移现象	(184)
二、产生零点漂移的原因	(185)
三、减小零点漂移的方法	(186)
第五节 直流放大器的实际电路	(192)
本章小结	(194)
习题与思考题	(194)

第八章 调谐放大器	(195)
第一节 调谐放大器的作用	(195)
第二节 高频电压调谐放大器	(196)
一、高频电压调谐放大器的要求	(196)
二、高频电压调谐放大器的电路形式	(197)
三、实际电路介绍	(202)
第三节 中频电压放大器	(202)
一、中频电压放大器的作用和要求	(202)
二、中频电压放大器的电路	(204)
三、参差调谐放大器	(207)
本章小结	(208)
习题与思考题	(209)
第九章 电子管振荡器	(210)
第一节 振荡是怎样产生的	(210)
一、单摆的振荡	(210)
二、LC回路中的电振荡	(211)
三、振荡的幅度和频率	(213)
四、等幅振荡和减幅振荡	(214)
五、怎样维持等幅振荡	(215)
第二节 电子管振荡器的振荡过程	(216)
第三节 振荡器维持振荡的条件	(219)
第四节 振荡器电源的供给方法	(221)
一、栅偏压的供给方法	(221)
二、屏极电源的供给方法	(223)
第五节 常用的几种振荡器电路	(224)
一、调屏振荡器	(224)
二、电感三点式振荡器	(226)
三、电容三点式振荡器	(228)

第六节 振荡器频率的稳定	(229)
一、电子管参数对振荡频率的影响	(230)
二、负载对振荡频率的影响	(232)
三、振荡回路参数对振荡频率的影响	(234)
第七节 石英晶体振荡器	(234)
一、石英晶体的压电效应	(235)
二、石英谐振器和它的等效电路	(236)
三、石英谐振器的电抗特性	(237)
四、石英晶体振荡器电路	(238)
第八节 阻容振荡器	(243)
一、RC电桥振荡器	(243)
二、相移振荡器	(248)
本章小结	(249)
习题与思考题	(250)
第十章 稳压管和直流稳压电路	(252)
第一节 稳压管	(252)
第二节 电子管直流稳压电路	(255)
本章小结	(257)
习题与思考题	(258)
第十一章 脉冲电路	(259)
第一节 脉冲的基本知识	(259)
一、什么是脉冲	(259)
二、微分电路	(260)
三、积分电路	(262)
第二节 限幅器	(264)
一、串联限幅器	(264)
二、并联限幅器	(266)
三、双向限幅器	(267)

第三节 寄存器	(267)
第四节 双稳态触发器	(270)
一、基本电路	(270)
二、电路的两个稳定状态	(271)
三、电路状态的转换	(272)
四、触发方式	(273)
五、双稳态触发器的其它问题	(275)
第五节 单稳态触发器	(277)
第六节 多谐振荡器	(279)
一、基本电路	(279)
二、工作过程	(280)
三、振荡频率	(283)
第七节 锯齿波发生器	(283)
本章小结	(286)
习题与思考题	(287)
附录一 本书所用的主要符号说明	(288)
附录二 电子管管脚排列和命名方法	(292)
附录三 怎样正确使用电子管	(295)
附录四 一些常用电子管特性	(302)

第一章 二极管及其应用

内 容 提 要

电子管的种类非常之多，如按它的电极的数量来区分，就有二极管、三极管、五极管、复合管等多种。这一章首先介绍二极管，着重从物理概念上说明它的构造、性能和它的应用。

第一节 热电子发射

金属是由许多相同的原子集合而成的，这些原子中的自由电子都在时刻不停地作着剧烈的杂乱运动，但在常温下，自由电子受到金属原子内部带正电荷的原子核对它们的吸引力而不能从金属表面发射出来。因此，要使电子离开金属表面，就必须克服金属原子内部原子核对它们的吸引力，克服这种吸引力所需作的功称为逸出功。如果把金属的温度加以提高，金属原子内部自由电子的动能将大大增加，当它们的动能超过逸出功时，就将大量的电子逸出金属表面，即有大量的自由电子发射到空间去。这种现象称为热电子发射。

常用的电子管是依靠热电子发射产生的自由电子在真空中流动而工作的。

第二节 二极管的构造

二极管是最简单的一种电子管。它本身是一个密封的玻璃

管（或金属管），管内被抽成高度真空。其中装有两个电极，一个是阴极，另一个是屏极。

阴极是用来发射电子的。通常发射电子的方法是采用热电子发射。这就是通过电流将金属加热，使金属内部的自由电子获得足够的动能，使之能克服金属表面原子的原子核的吸引力而离开金属。电子管的阴极按加热的方式又分为直热式和旁热式两种。直热式阴极通常叫做灯丝，它是用钨丝或钨钍钨丝扭成各种形状支撑起来的，它的构造和符号如图1-1所示。这种阴极的加热电流是直接流入灯丝，而热电子也是从灯丝发射出来的。钨阴极的工作温度一般在 $2500\sim 2600\text{K}$ 之间，钨钍阴极的工作温度约 2000K 。旁热式阴极是表面涂上一层钡、锶等氧化物，内部装有热丝的镍质套管，依靠加热电流通过热丝使阴极间接加热而发射电子。热丝有时也称为灯丝，它用钨丝或钨钨合金丝制成，表面涂覆氧化铝绝缘层与套管绝缘，图1-2是旁热式阴极的构造和符号。在通信设备中的电子管，绝大部分是用旁热式阴极的。

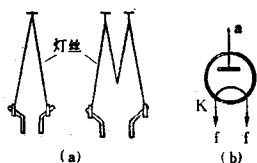


图 1-1 直热式阴极和直热式二极管的符号

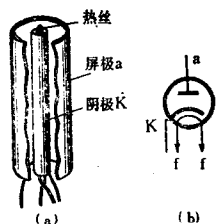


图 1-2 旁热式二极管和它的符号

屏极是用来吸收从阴极发射出来的电子的。它一般是用镍、钼或钽等金属制成圆筒形或椭圆形围绕在阴极之外，见图1-2。

在电子管电路中，字母 G 表示电子管，阴极则用 K 来表示，屏极用 a 来表示，而灯丝或热丝用 f 来表示。

第三节 二极管的导电性能

现在来看看二极管屏极和阴极之间的导电性能。当接上灯丝电源以后，阴极因受热而温度升高，从而把电子发射到阴极周围的空

间。如果在屏极与阴极之间加上一个直流电压，当屏极接到电源的正极而阴极接到负极时，如图 1-3(a)，由阴极发射出来的电子在屏极正

电场的吸引下便向屏极移动，使外电路通过电流，因而电流表有读数指示。当外加直流电源的极性反过来，如图 1-3

(b)，即它的正极接到阴极，负极接到屏极，这时屏极的负电场将排斥从阴极发射出来的电子，外电路没有电流通过，电流表没有读数。

这说明二极管只有当屏极电位高于阴极电位时才有电流通过，所以二极管具有单向导电的性能。

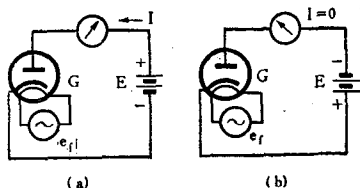


图 1-3 二极管的导电性能

第四节 电子管整流电路

二极管的主要用途之一是整流，这一节将结合实际要求来介绍二极管整流器的基本原理。

在通信设备中，常常需要直流电源，而交流电源是比较容易得到的，这就需

直流电的方法就叫整流，把交流电变成直流电的设备，就称为整流器。利用二极管的单向导电性，可以把交流电变为直流电。

图1-4(a)是一个最简单的整流器电路，其中B是电源变压器，用来改变交流电压，以配合获得所要求的直流电压数值。一般3-4线圈是升压线圈，称为高压线圈，它接到电子管屏极上；5-6线圈是降压线圈，称为灯丝线圈，它用来加热灯丝使产生热电子发射。 R_{fx} 是负载电阻，代表使用直流电源的用电设备。

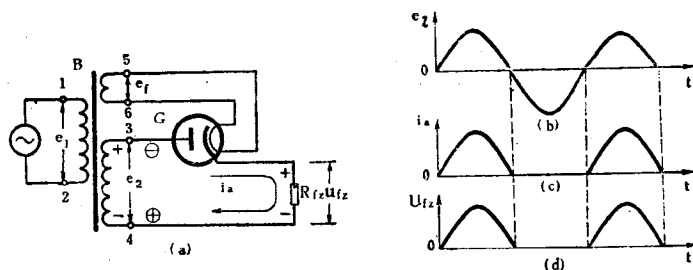


图 1-4 半波整流电路和各部分电流电压的波形

在电源变压器的初级线圈加上交流电压 e_1 时，经变压器升压，在高压线圈得到的电压为 e_2 ，它以一定的频率（例如50赫）改变着大小和方向，如图1-4(b)所示。当交流电正半周时，3端为正、4端为负，这时二极管导电，即屏极吸引电子形成屏流 i_a ，它的方向和途径如图1-4(a)所示。在交流电的负半周，3端为负、4端为正，如图中有圈的符号，这时二极管不导电，电路中没有电流通过。这样，原来方向随时间变化的交流电压，因二极管的单向导电作用，使电流只能向一个方向流动如图1-4(c)。这时屏流 i_a 流过负载电阻 R_{fx} 产生电压降 u_{fx} ，它的极性与大小决定于 i_a 的方向与大小，因为 i_a 在电子管内部总

是从屏极流向阴极，所以 u_{fz} 的极性是一直不变的，但大小是随着 i_a 在不断地变化着，如图1-4(d)，这种方向不变而大小随时间而变的电压称为脉动电压。单靠二极管的单向导电作用，只能将交流电压变为脉动电压，它与我们所要求的直流电压还有很大的差别，要想得到平稳的直流电压还需要进行滤波，这将在以后再来说明。

上述的整流电路，因为只在半个周期内让电流通过，所以称为半波整流电路。半波整流电路只利用了输入交流电压的半个周期，而另半个周期二极管不导电，所以效率很低，且负载上得到的电压与直流电压差别很大。

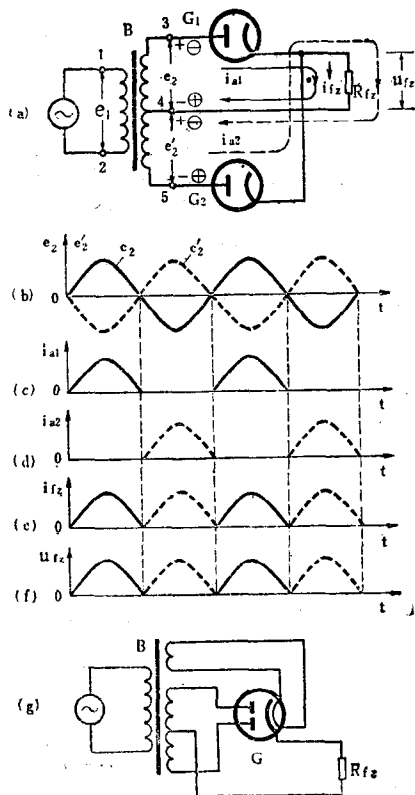


图 1-5 全波整流电路和各部分电流电压的波形

常用的整流电路是全波整流电路，它在效率和效果上都比半波整流好些，电路如图1-5(a)所示。它由一个次级线圈具有中心抽头的电源变压器 B （即3-4线圈和4-5线圈的圈数相等）、两个特性相同的二极管 G_1 和 G_2 及负载电阻 R_{fz} 联接而

成。 G_1 、 G_2 的屏极分别接在高压线圈的两端，它们的阴极连在一起并通过负载电阻 R_L 与中心抽头联接。这样，加在 G_1 屏极的交流电压 e_2 与加在 G_2 屏极的交流电压 e_2' 大小相等而相位相反。如在交流电某一半周时， e_2 的极性是3端为正、4端为负，而 e_2' 的极性是4端为正、5端为负，如图1-5(a)，这时 G_1 的屏极电压为正而导电， G_2 的屏极电压为负处于截止状态，由 G_1 供给负载的电流是 i_{a1} ，如图中实线所示；经过半个周期，电压的极性反过来， e_2 的极性是3端为负、4端为正，而 e_2' 是4端为负、5端为正，如图中有圈的符号，这时 G_1 截止而 G_2 导电， G_2 供给负载的电流为 i_{a2} ，如图中虚线所示。由此可见，交流电源的两个半周，电子管 G_1 和 G_2 轮流地以相同的方向自上而下供给负载电流，波形如图1-5(e)所示。

从负载电流的波形可以看到，全波整流电路的输出电流（或电压）虽然也是脉动电流（或电压），但与半波整流比较，它更接近于直流，而且交流电源的正、负半周都利用上，因此效率也提高了。

为了适应全波整流电路的需要，还专门生产了一种双二极管整流管，如6Z4等，在管内装有两个独立的屏极和一个公用的阴极，同样能起到图1-5(a)中两个二极管的作用，它用作全波整流时的接法如图1-5(g)。

全波整流的输出电压虽然比半波整流更接近直流电压，但它的大小还是要随时间而变的，为了要得到稳定的直流电压，还需要进行滤波。最简单的滤波电路是在负载上并联一个电容器 C ，如图1-6。接入电容器以后，流过负载的电流就发生显著的变化。当正半周二极管导电时，电容 C 被充电。充电电压的大小等于负载上的最大电压降。当电路中的电流开始减弱时，如果没有电容器 C ，那末电阻上的电压降也就一起减小，在二