

电子管电路基础



电信技术基础自学丛书

DIANXIN JISHU JICHU ZIXUE CONGSHU

人民邮电出版社

73.76

770

电子管电路基础

(电信技术基础自学丛书)

广东省邮电管理局

《电子管电路基础》编写组

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书着重从物理概念入手来说明有线通信常用电子管及其基本电路的工作原理,结合载波设备的典型电路进行简要分析。内容共七章,包括:二极管和整流电路、三极管、五极管和束射管、电压放大器、功率放大器、放大器中的负反馈和电子管振荡器。每章都有小结并附有习题和思考题。可供初中或相当初中文化程度的电信工人同志自学参考。

电 子 管 电 路 基 础

广东省邮电管理局

《电子管电路基础》编写组编

•

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店发行

•

开本: 787×1092 1/32 1976年2月 第一版

印张: 7 4/32 页数: 114 1976年2月 河北第一次印刷

字数: 157千字 印数: 1—126,500册

统一书号: 15045·总2067一有523

定价: 0.56 元

毛 主 席 语 录

抓革命、促生产、促工作、促战备。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

理性认识依赖于感性认识，感性认识有待于发展到理性认识，这就是辩证唯物论的认识论。

出 版 说 明

无产阶级文化大革命的伟大胜利，促进了我国邮电事业的迅速发展。近来，各地邮电职工认真学习毛主席关于理论问题的重要指示和马克思、恩格斯、列宁关于无产阶级专政的部分论述，不断提高阶级斗争、路线斗争和继续革命的觉悟，他们迫切要求掌握技术知识，更好地为巩固无产阶级专政，提高邮电通信质量和服务水平贡献力量。

鉴于目前长途通信网中，电子管载波机还占有相当的数量，为了便于广大青年邮电职工学习电子管电路的基本知识，搞好通信设备的技术维护，广东省邮电管理局组织了有工人、技术人员和邮电学校教师参加的三结合编写组编写了这本书。

本书着重从物理概念入手来说明常用的电子管及其基本电路的工作原理，并结合载波通信设备的典型电路来进行分析，为进一步学习专业知识打下初步基础。

本书可供具有初中或相当初中文化程度的青年邮电工人作自学参考。

一九七五年七月

目 录

第一章 二极管和整流电路	(1)
第一节 二极管的构造.....	(1)
第二节 二极管的导电性能.....	(2)
第三节 整流电路.....	(3)
第四节 二极管的特性曲线.....	(8)
第五节 二极管的参数和定额.....	(11)
一、内阻.....	(11)
二、屏极损耗功率.....	(12)
三、最大屏极反峰电压.....	(13)
四、最大整流电流.....	(14)
五、最大峰值屏流.....	(14)
第六节 稳压管.....	(15)
本章小结.....	(18)
习题与思考题.....	(18)
第二章 三极管	(20)
第一节 三极管的构造.....	(20)
第二节 三极管的基本电路.....	(21)
第三节 栅极的作用.....	(21)
第四节 三极管的静态特性曲线.....	(23)

一、屏极特性曲线·····	(23)
二、屏栅特性曲线·····	(24)
第五节 三极管的参数·····	(25)
一、跨导·····	(26)
二、内阻·····	(27)
三、放大系数·····	(28)
四、三个参数之间的关系·····	(29)
第六节 三极管的极间电容及其影响·····	(30)
本章小结·····	(31)
习题与思考题·····	(32)
第三章 五极管和束射管·····	(33)
第一节 五极管·····	(33)
一、五极管中帘栅极和抑制栅极的作用·····	(33)
二、五极管的特性曲线和参数·····	(37)
第二节 束射管·····	(39)
本章小结·····	(41)
习题与思考题·····	(41)
第四章 电压放大器·····	(42)
第一节 电压放大器的基本电路·····	(42)
一、简单的电压放大器电路·····	(42)
二、放大器的基本工作原理·····	(43)
第二节 放大器的基本分析方法·····	(45)
一、放大器的图解分析方法·····	(45)
二、放大器的等效电路分析方法·····	(58)
三、两种分析方法的比较·····	(62)

第三节 阻容耦合电压放大器	(63)
一、阻容耦合放大器的基本电路及各元件的作用	(63)
二、放大倍数和频率特性	(65)
第四节 电感耦合电压放大器	(79)
一、电路和等效电路	(79)
二、放大倍数和幅频特性	(80)
第五节 放大器的输入阻抗和输出阻抗	(81)
一、放大器的输入阻抗	(81)
二、放大器的输出阻抗	(84)
第六节 放大器中的干扰和噪声	(85)
一、干扰的来源及其抑制的方法	(86)
二、噪声的来源及其抑制的方法	(91)
本章小结	(93)
习题与思考题	(94)
第五章 功率放大器	(96)
第一节 单边功率放大器	(96)
一、什么是功率放大	(96)
二、单边功率放大器的基本电路	(98)
三、工作原理	(99)
四、输出功率	(102)
五、效率	(103)
六、非线性失真	(104)
七、负载电阻的选择	(107)
八、幅频特性	(109)
第二节 电子管的并联运用	(112)

第三节 推挽功率放大器	(115)
一、基本电路	(115)
二、工作原理	(116)
三、推挽功率放大器的特点	(118)
第四节 电子管在放大电路中的工作状态	(121)
一、甲类放大	(121)
二、乙类放大	(122)
三、甲乙类放大	(123)
第五节 倒相电路	(124)
一、分压式倒相电路	(124)
二、分负载倒相电路	(125)
本章小结	(125)
习题与思考题	(127)
第六章 放大器中的负反馈	(128)
第一节 反馈的基本概念	(128)
一、什么叫反馈	(128)
二、正反馈和负反馈	(129)
第二节 负反馈对放大器性能的影响	(130)
一、放大倍数	(131)
二、提高放大倍数的稳定性	(133)
三、减小频率失真	(134)
四、减小非线性失真	(135)
五、改善放大器内部噪声	(136)
六、对输出阻抗的影响	(137)
七、对输入阻抗的影响	(137)
第三节 负反馈的几种连接形式	(139)

第四节 常见的几种负反馈电路·····	(140)
一、电流负反馈电路·····	(141)
二、混合负反馈电路·····	(142)
三、多级负反馈电路·····	(144)
第五节 反馈放大器的自激振荡·····	(146)
一、自激振荡的原因·····	(147)
二、消除自激振荡的方法·····	(149)
第六节 阴极输出器·····	(151)
一、放大倍数·····	(151)
二、输入阻抗·····	(152)
三、输出阻抗·····	(153)
第七节 放大器中的寄生反馈·····	(153)
本章小结·····	(156)
习题与思考题·····	(157)
 第七章 电子管振荡器 ·····	 (159)
第一节 振荡是怎样产生的·····	(159)
一、单摆的振荡·····	(159)
二、 LC 回路中的电振荡·····	(160)
三、振荡的幅度和频率·····	(162)
四、等幅振荡和减幅振荡·····	(163)
五、怎样维持等幅振荡·····	(164)
第二节 电子管振荡器的振荡过程·····	(165)
第三节 振荡器维持振荡的条件·····	(167)
第四节 振荡器电源的供给方法·····	(170)
一、栅偏压的供给方法·····	(170)
二、屏极电源的供给方法·····	(172)

第五节 常用的几种振荡器电路·····	(172)
一、调屏振荡器·····	(172)
二、电感三点式振荡器·····	(175)
三、电容三点式振荡器·····	(176)
第六节 振荡器频率的稳定·····	(177)
一、电子管参数对振荡频率的影响·····	(178)
二、负载对振荡频率的影响·····	(179)
三、振荡回路参数对振荡频率的影响·····	(181)
第七节 石英晶体振荡器·····	(182)
一、石英晶体的压电效应·····	(182)
二、石英谐振器和它的等效电路·····	(183)
三、石英谐振器的电抗特性·····	(185)
四、石英晶体振荡器电路·····	(186)
第八节 阻容振荡器·····	(191)
本章小结·····	(196)
习题与思考题·····	(197)
附录一 本书所用的主要符号说明·····	(198)
附录二 电子管管脚排列和命名方法·····	(202)
附录三 怎样正确使用电子管·····	(206)
附录四 一些常用电子管特性·····	(212)

第一章 二极管和整流电路

内 容 提 要

电子管的种类非常之多，按电极的多少来分，就有二极管、三极管、五极管、束射管、复合管等等。这一章着重从物理概念上介绍二极管的构造、性能和用它作整流元件时的工作原理。

第一节 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，就能够脱离金属表面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，是用钨丝或敷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。旁热式阴极是表面涂上一层

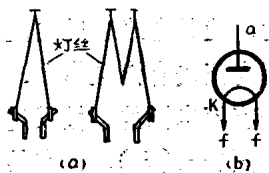


图 1—1 直热式阴极和直热式二极管的符号

钨、铯等氧化物，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。热丝用钨丝或钨钼合金丝制成，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。

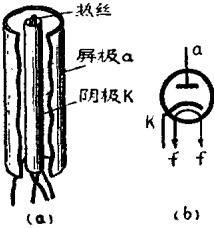


图 1—2 旁热式二极管和它的符号

屏极是用来吸收从阴极发射出来的电子的。它一般是用镍、钼或钨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， G 表示电子管，阴极用 K 来表示，屏极用 α 来表示，而灯丝或热丝用 f 来表示。

第二节 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

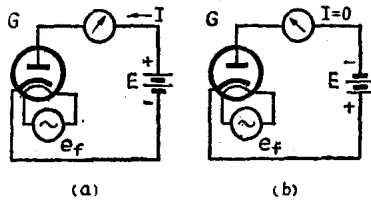


图 1—3 二极管的导电性能

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。

第三节 整流电路

毛主席指出：“马克思主义的哲学认为十分重要的问题，不在于懂得了客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。”我们的学习也是如此，我们了解二极管的构造和导电性能，完全是为了应用它。二极管的主要用途是整流，这一节将结合实际要求，介绍二极管整流器的简单原理。

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，这就需把交流电变成直流电。这种把交流电变成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，就能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

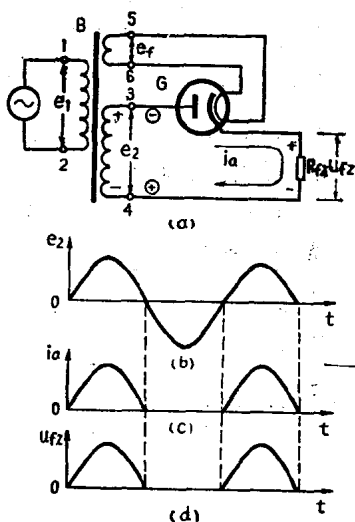


图 1—4 半波整流电路和各部分电流电压的波形

1105603 · 8 ·

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_{L2} 是负载电阻，代表使用直流电源的用电设备。

在电源变压器的初级线圈加上交流电压时，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_s ，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_s 流过负载电阻 R_{L2} 产生电压降 u_{L2} ，它的极性与大小决定于 i_s 的方向与大小，因为 i_s 在电子管内部总是从屏极流向阴极，所以 u_{L2} 的极性是一直不变的，但大小是随着 i_s 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。单靠三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，这将在以后再说。

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。

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_{L2} 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_{fz} 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，

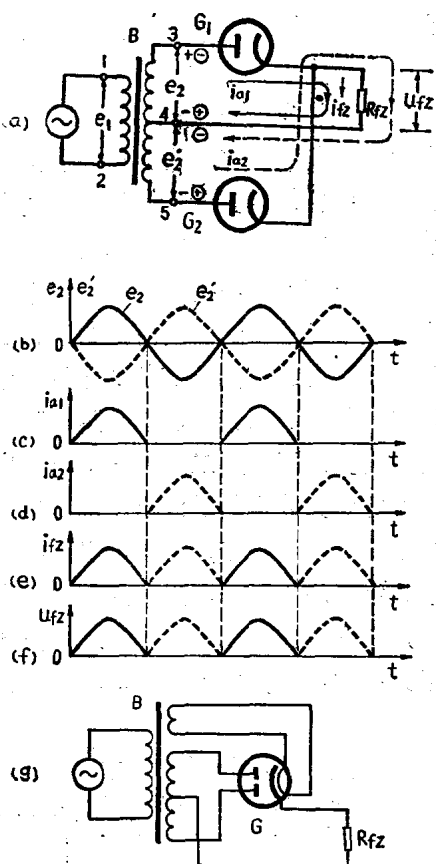


图 1—5 全波整流电路和各部分电流电压的波形

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，在二极管电流终止时，电阻上的电压降也就等于零。但当有电容器时，电容器在电流减弱时开始向负载放电，要在负载中维持原来方向的电流。电容器的电容量愈大，充电就愈多，因而就能

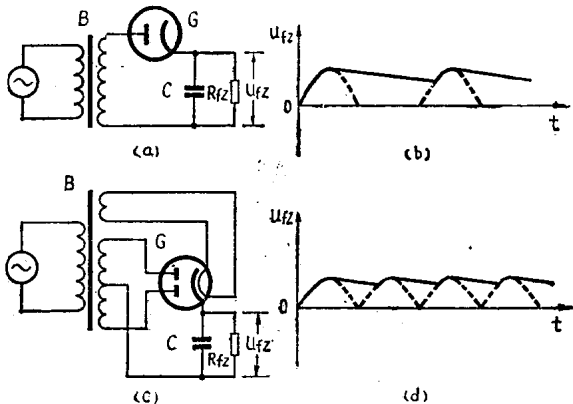


图 1—6 有电容滤波的整流电路和它的输出电压波形