

放大与整流設備講义

(第一册 音頻放大器)

成都電訊工程學院选編

北京科学教育編輯室

1962.1

放大与整流设备讲义
第一册 音频放大器

*

出版者：北京科学教育编辑室

印刷者：中国人民解放军535工厂

787×1092毫米¹/₁₆印张10¹/₄

1961年8月第一版

1962年1月第二次印刷

1—4册 定价：~~2.50~~元

1.43

“放大与整流设备”这册书是这次响应党的号召“统一编选教材”编选出来的。它可作为通讯、电视、测量、定位等各个无线电专业学生在开设同名课程的读本。全书包括音频放大器，脉冲放大器及其设计，晶体管放大器及整流设备等四个分册。

内容的处理我们是按照各个专业的要求在求同存异的基础上编选的。因此对每个专业来说，在讲授时可以精简其中的某一或某些部分，以适应该专业教学计划为此门课程所规定的学时数。但是考虑到无线电技术不断地发展，脉冲放大器已经获得日益广泛的应用；而且音频放大器的理论和实际制作技术已经基本上定型；许多设计问题可以参考手册解决，所以适当地压缩了音频放大器的内容，而编入了脉冲设计部分，以资学生在作课程设计时的参考。

本书的第一分册为音频放大器，其中介绍了音频放大器的特性指标、电子管的工作情况、电压放大器、功率放大器以及反馈放大器。最后一章简要地介绍了直流放大器及其电路。编者认为在直流放大器用得较多的专业，应在专业课程中加强这方面的知识。由于上述专业对音频功率放大器用得较少，所以相对于电压放大器来说，本书对功率放大器没有作深入的讨论。但考虑到单端推挽电路的优越性并在国外已有工业产品，在功率放大器一章中对它作了扼要的介绍了。由于电阻耦合电压放大器和负反馈放大器不但用得较多，而且是脉冲放大器的基础，所以作为本册的重点，作了较多的讨论。

第二分册分为上下篇，上篇第五章介绍了脉冲放大器的特性，分析方法及原理电路。其中第四章引入了对于多级脉冲放大器“临界超量”的新的概念。对于多级脉冲放大器过渡特性的计算也引入了一些新的计算方法。在下篇的设计中就应用了这种新的“临界超量”的概念以进行多级放大器的设计。下篇第五章的内容为脉冲放大器的设计，内容的安排和编写的体裁是希望学生在作课程设计时能够根据本篇材料作出最基本的脉冲放大器的设计。因为学生在学习本门课程时，刚刚结束理论基础课的学习，专业知识不多，实际经验亦少，本门课程的设计主要在于培养学生初步建立工程数量级的概念和掌握其计算方法（包括使用手册、曲线图表等）。至于复杂电路的设计计算可在专业课学习中去解决。为此介绍脉冲放大器中基本级（输出级和前置级）设计的第二和第三章讨论得比较详细。

第三分册为晶体管放大器。这册中包括了晶体管放大器概說，前置放大器，脉冲和直流放大器以及功率放大器等四章。由于本門課程不可能介紹晶体管的物理基础、特性及其参数，而将有关的内容列入附录以作参考。尽管如此，晶体管放大器的整个内容对我们各个专业目前为本課程所規定的教学时数来说是嫌过多的，只好在講授时加以精簡。我們希望在本书再版时能加以重新編写。

第四分册为整流設備，其中包括整流电路、滤波器、稳压器与稳流器、高頻和脉冲高压整流器以及整流設備設計等五章。电路和設計均以小功率整流器为重点。为了适应日益发展的晶体管电路的需要，引入晶体管滤波器和稳压器等内容。

全书之所以分为四册出版是为了照顧要采用本書某一部分作为教材的需要。例如整流設備即可作单独開設同名課程的教材或参考書。第二分册可以作为从事脉冲放大器工作方面同志的参考。

由于編选時間比較仓促以及限于編选者的理論和实际經驗的水平，本书的内容及組織編排方面肯定是有許多缺点甚至是錯誤的。目前我們已經發現在书中的名詞就有前后不一致的地方。例如：板极、阳极，前沿持續期、前沿上升時間、前沿建立時間等在书中就同时并存。由于几位同志分工編选，討論校閱的時間又很仓促以及經驗不足，个别章节的叙述文字略嫌繁冗，但为了赶上出版計劃，对这些缺点只有留待再版时改正。

另外有些新方法，例如比較准确的計算电容性負載整流器电压調整率及电子稳压器的方法，由于時間限制，我們就无法引入。还有些理論問題目前尙无定論，例如关于多級脉冲放大器前沿持續期的最佳分配原則問題就有两种不同的見解，我們来不及作进一步的比較研究也就采用了平均分配作为最佳分配原則。由于脉冲設計目前国内外尙无公开的完善本，本书中的設計部分又沒有經過学生試作的实践，可能在今后的教学实践中会发现許多由于考虑不周而产生的問題。

上面只是我們初步考虑和发现的一些缺点和問題，想还会有許多缺点，由于編选者水平的限制，一时难于发现。希望采用本教材的教师和同學們提出批評和建議，以便我們在再版中获得改进。

編 选 者

1961年4月24日

目 录

绪 论	(1)
-----	-----

第一章 放大器概說

§ 1-1 放大与整流課程的目的和特点	(5)
§ 1-2 放大器的功用和分类	(5)
1. 放大器的功用	(5)
2. 放大器的分类	(6)
§ 1-3 放大器的重要特性指标	(8)
1. 放大系数	(8)
2. 輸出功率和效率	(10)
3. 放大器的失真問題	(11)

第二章 放大器綫路的基本知識

§ 2-1 放大器的基本电路	(21)
1. 輸入电路	(21)
2. 輸出电路	(22)
3. 供电电路	(23)
§ 2-2 电子管工作情况的图解法	(25)
1. 柵极沒有信号电压輸入时, 电子管电路的工作情况和負載綫的画法	(25)
2. 柵极有正弦信号电压輸入时, 电子管电路的工作情况和負載綫的画法	(28)
3. 应用負載綫来分析电子管放大器的图解法	(35)
§ 2-3 根据电子管动态特性曲綫确定非直綫失真	(36)

§ 2-4	电子管的工作状态	(41)
§ 2-5	电子管甲类放大线路的等效电路	(43)
	1. 简单等效电路	(43)
	2. 一般电子管线路的等效电路	(47)
§ 2-6	电子管放大器的输入导纳和输入电容量	(49)
	1. 输入导纳的一般表示式	(49)
	2. 电子管的输入电容量	(51)
	3. 减小输入电容的办法	(52)
§ 2-7	结束语	(53)

第三章 电压放大器

§ 3-1	概述	(54)
§ 3-2	电阻电容耦合电压放大器	(55)
	1. 电阻电容耦合放大器的具体线路及各元件的作用	(57)
	2. 频段的划分与等效简化电路的特点	(63)
	3. 电阻电容耦合放大器频率特性的分析	(66)
	4. 相位特性	(75)
	5. 电子管的优良度	(75)
	6. 三极管电阻电容耦合电压放大器的设计	(73)
	7. 五极管电阻电容耦合电压放大器的设计	(83)
	8. 帘栅极及阴极旁路电容对电压放大器的影响	(83)
§ 3-3	变压器耦合电压放大器	(91)
	1. 变压器耦合放大器的优缺点及用途	(92)
	2. 变压器耦合放大器的电路及其频率特性	(92)

第四章 音频功率放大器

§ 4-1	概述	(97)
	1. 特点	(97)
	2. 输出变压器	(98)

3. 频率特性和相位特性	(99)
§ 4-2 单边三极管功率放大级	(100)
§ 4-3 单边五极管功率放大级	(103)
§ 4-4 推挽电路的工作原理和优缺点	(104)
1. 工作原理	(104)
2. 优缺点	(106)
§ 4-5 乙类功率放大级	(107)
1. 工作原理	(108)
2. 等效电路	(109)
3. 最大功耗的确定	(111)
4. 乙 ₂ 类工作状态特点简述	(113)
§ 4-6 甲乙类功率放大级	(114)
§ 4-7 由非对称过渡到对称的电路	(117)
1. 倒相器	(118)
2. 功率末前级	(119)
§ 4-8 单端式推挽电路	(122)

第五章 反馈放大器

§ 5-1 概述	(125)
§ 5-2 反馈电路的分类	(126)
§ 5-3 反馈放大器中的基本关系	(127)
§ 5-4 反馈对放大器质量指标的影响	(130)
1. 放大系数的稳定性	(130)
2. 频率特性和相位特性	(131)
3. 干扰	(132)
4. 非线性失真	(132)
§ 5-5 反馈放大器的输入阻抗和输出阻抗	(131)
§ 5-6 反馈放大器的实际线路	(133)
§ 5-7 寄生反馈	(140)

1. 自偏压及帘栅电路反馈	(140)
2. 极间导纳反馈	(141)
3. 公共馈电电路及放大器安装引入的反馈	(142)
§ 5-8 阴极输出器	(143)
1. 阴极输出器的等效电路, 放大系数及输出阻抗	(144)
2. 阴极输出器的输入导纳	(145)
3. 阴极电路元件的选择和连接方法	(146)
4. 阴极输出器的应用	(147)
§ 5-9 反馈放大器的稳定性	(147)
1. 问题的提出	(147)
2. 负反馈放大器的稳定条件	(148)
3. 奈魁斯特稳定判别法, 绝对稳定和条件稳定	(148)
4. 对数频率特性判别法	(149)
5. 对数频率特性和相位特性间的关系	(150)
6. 稳定性判别举例, 最大容许开环反馈系数	(151)

第六章 一直流放大器

§ 61 直流放大器的功用, 特点及应用范围	(153)
§ 62 直流放大级的耦合	(154)
§ 63 提高直流放大器稳定度的方法	(156)
1. 直流放大器不稳定的原因	(156)
2. 直流放大器的稳定电路——自稳电路	(157)
参考书刊	(160)

緒 論

放大与整流設備随着无线电技术的日益发展和广泛的应用，不論在理論上和实际制造应用上都在方兴来艾地不断取得进展。在国防工业、通訊、定位、电视、測量、自动技术、广播，物理研究、医疗，以及国民經济的其它各个部門都广泛的使用着放大設備和整流設備。

我們这里所称放大設備的含义是包括电子管和晶体管的各種非周期性的放大器，即包括音頻放大器、脉冲放大器在內的所謂低頻放大器”。

就低頻放大器发展的先后来說，音頻放大器在本世紀的20年代已經形成了它的理論体系和比較完善的工业制造技术。例如作为分析放大器所用的解析法之理論基础——板极等效电路和折綫法，都是这个时候提出的。

視頻放大器和脉冲放大器在30年代已經获得了初步的应用，許多理論性的問題也在这个时候开始建立。例如最佳頻率和最佳相位特性的分析方法，用時間法分析脉冲放大器等有價值的工作，都是在这个时候提出来的。在第二次世界大战和其后的时期，随着脉冲技术的发展，脉冲放大器的理論和实际更向前跨进了一步。但是关于多級脉冲放大器理論方面的探討及其工程計算，仍是目前从事这方面的科学工作者的重要任务。許多科学工作者提出了各种不同的近似計算方法，就是对这方面致力的結果。脉冲放大器研究的另一个方面是如何尽可能地获得大的放大面积以放大窄脉冲。为此在采用簡單补偿和复杂补偿的基础上，1948年出現了“分布参数放大器”。尽管如此，不論在多級脉冲放大器的工程計算方面，或是放大窄脉冲方面，均不能滿足实际任务的要求，因而促使人們予以很大的注意。

第一个晶体三极管是在1948年制出来的，因而晶体管放大器是最年輕的放大器。但是十多年来晶体管的生产和晶体管放大器，不論在質量和数量方面均获得了长足的进展，特別是面結合型晶体管发展得更为迅速。現今有的国家晶体管的年产量最多已达到一亿多只。而由于制造工艺的不断改进和創造，出現了許多不同型式晶体管。按頻率來說有的晶体管能用于超高頻頻段，如1958年所出現的台形管可工作于10,000兆赫以上，法国生产的揚調管(Technetron)工作于460兆赫时頻帶寬度为29兆赫，增益为9分貝。按温度和功率來說已生产出工作温度为25°C时集电极耗散功率为50瓦的鍺晶体管，其中好的可达80瓦。同时扩散鍍与磷至硅片中的p-p-p晶体管工作于25°C时，集电极損耗为85瓦，这种管子，运用于甲类

时输出功率为25瓦。作乙类运用时，输出功率为80瓦，功率增益为40分贝，短路电流增益最大可达0.9。就噪音来说，晶体管的噪音已经可以与电子管比拟，有的比电子管更低。

晶体管之所以获得如此迅速的发展而成为电子管的强大劲敌是因为晶体管具有一些为电子管所不及的优点，如电源利用效率高、寿命长、不需灯丝电源、可靠性大、机械强度高、坚固而体积小、重量轻等等。这些均能很好的适应无线电技术发展的需要，如电视、自动控制、通讯、及计算技术中的需用。由于电源利用率高、体积小，在长途通讯方面可多设立无需建筑物的增音站，以抵消采用较差电缆的损耗，从而减少线路造价，并给无人管理的增音站的维护带来方便。坚固、体积小、重量轻，就特别使得野外通讯及军用电视来得轻巧。在星际航行和计算技术中通常利用上千上万只管子，这时可靠性就显得特别重要。当然晶体管目前还受到一定的限制，如工作频率的限制，电压及功率的限制，受温度影响参数变化较大等。目前的主要趋势是增大晶体管的功率，提高工作频率，以及进一步缩小体积。目前还发展了一种新的分子电子学，将晶体管和电阻，电容等制造在一个很小的半导体上。

整流设备是各种无线电技术设备的先行官。它已形成了按各种不同需要的整流电路以及这些电路的工程计算方法。由于无线电技术设备的日臻完善，整流设备中也已有与之相适应的各种稳压和稳流器电路。目前并已经作出用晶体管作整流元件、滤波电感和稳压器的整流设备。这样使整流设备获得轻巧、巩固、耐用等好处。

对放大与整流设备上述理论体系和实际生产应用的形成和发展，社会主义国家及其科学工作者，特别是苏联作了很大的贡献。我们这里只提出一些杰出的成就。

苏联在1920年秋天，在莫斯科十月无线电台里装置了世界上第一个无线电发话机，电力为二千瓦。在赤塔和塔什干等地都可以收到该台的广播。1921年尼斯城无线电研究所创造了世界上第一个电力极大的扩音装置，开始在莫斯科广播上应用。1925年以后，有线电广播开始蓬勃的发展，这种广播方式是苏联创造的。1928年苏联开始大规模实行农村无线电化，当时就有二万余个无线电转播站，使劳动人民能得到更普遍的共产主义教育和适当的文化娱乐。

具有历史意义的苏共第二十一代表大会在其为更加发展各部门人民经济的决议中，特别对于通讯、广播、电视及工业生产自动化的发展和运用等问题予以极大的注意。因而，在工业中和所有的人民经济部门中，采用电子学和无线电技术，其中包括放大器技术的方法，是具有很大意义的。

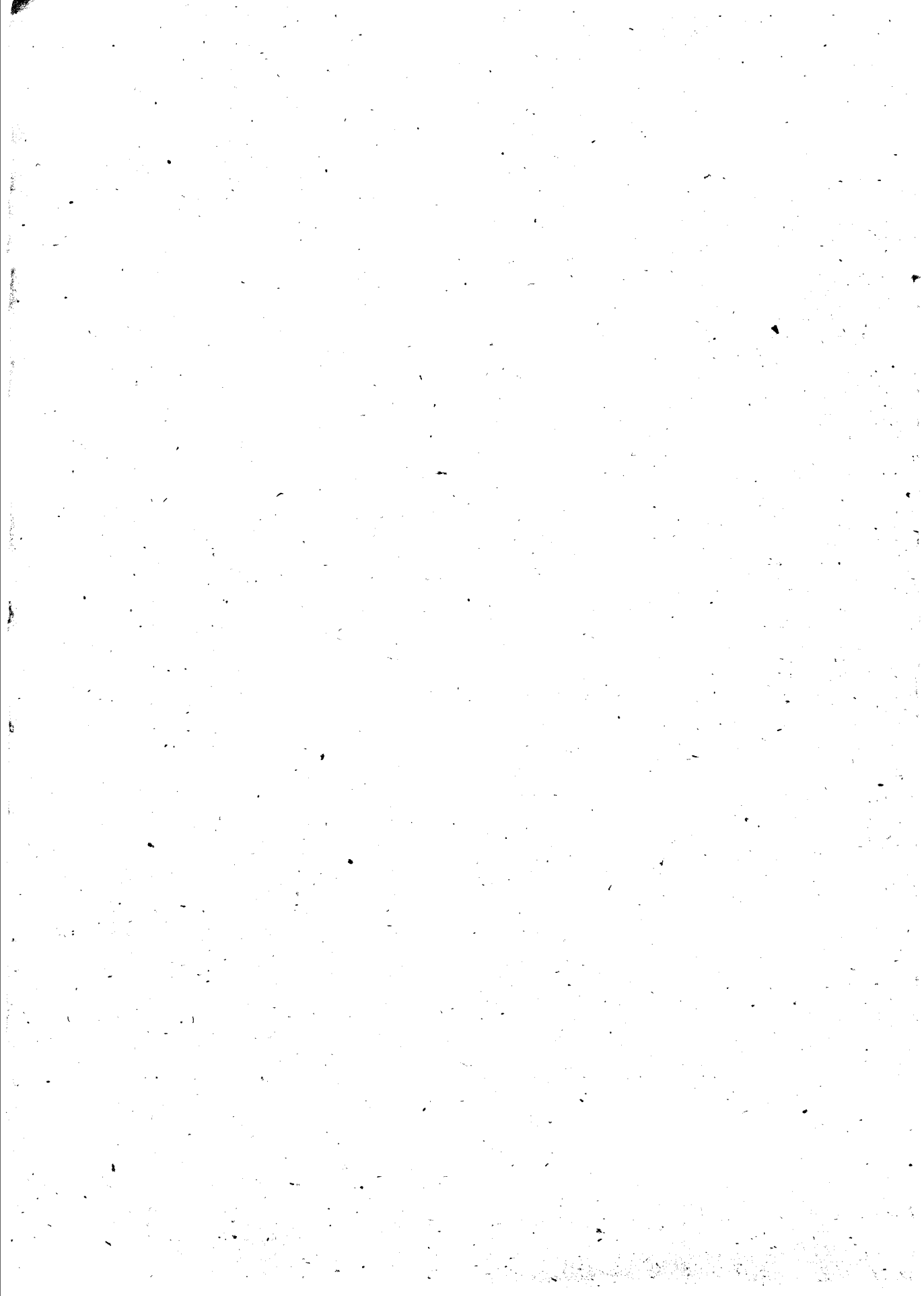
星际航行的惊人成就也表征了苏联在放大与整流方面的绝对先进。

苏联的工业在生产放大与整流设备方面的进步与成就，与苏联学者们在放大与整流方面

所建立的理論和設計的基础是分不开的。1910年科瓦連科夫(В.И.Коваленков)最先提出利用电子管来放大微弱电流的方法。1920年蓬奇—布魯也維奇(М.А.Бонч—Бруевич)提出了电子管板极等效电路。1920年苏联院士 А.И.別尔格(А.И.Берг)第一个研究放大器的基本电路,并在以后提出了分析放大器有卓著成效的折綫法。以后有布拉烏杰(Г.В.Брауде)提出分析寬頻带放大器的頻率分析法和噪音遏止修正的特殊方法。1936年魯利耶(О.В.Лурье)首先提出了脉冲放大器的時間分析法。李茲金(А.А.Ризкин)发明了一种倒相器的特殊电路。茨庚(Г.С.Цыкин)发明特殊的負反饋电路并应用于改进放大器的頻率特性。約飞院士(А.Ф.Иоффе)和他所領導的苏联学者奠定了晶体管的物理基础。还有其他許多专家們,沃依什維洛(Г.В.Войшвилло)、也夫洽諾夫(С.И.Евтянов)等在放大技术方面的工作,奠定了放大器在以后年的发展基础。

在整流設備方面,苏联学者米脫凱維奇(В.Ф.Миткевич)在1901年研究出了二相和三相整流电路。在1923年拉里奧諾夫(А.Н.Ларионов)获得了他所提出的三相全波电路的作者証书。以后伏洛格金(В.П.Вологдин)研究出了串級整流电路。

我們祖国在解放以前,所有的工业和科学研究工作都为反动政权和帝国主义所窒息,其中也包括了无綫电电子学和无綫电技术及其中的放大与整流。当时国内只能生产数量少得可伶的几种放大与整流用的电子管,如807、80及866等。解放十二年来在党的正确领导下,我国已經从城市到农村普遍建立了有綫和无綫广播。电视广播也在許多大城市中逐渐建立起来。不仅如此,我們已經建立了自己的无綫电电子学的科学研究机构、学校和工厂。毫无疑问,随着祖国的建設,随着三面紅旗的日益高举,放大与整流的研究和生产将会获得更大和更迅速的进展。



音 頻 放 大 器

第一章 放大器概說

§ 1-1 放大与整流課程的目的和特点

放大与整流这門課程，对本专业來說，既是一門技术基础課，又是一門为专业服务的設備課。因此在課程內容方面，既要重視理論分析，又应強調工程計算。还要注意結合专业实际，使学生学完这門課程之后，对于与本专业有关的放大和整流問題，不但能够进行分析和研究，而且具备一定的設計能力，这样才算达到了本課程的主要目的。

我們为什么要这样看待这門課程呢？首先，我們都知道，所謂无綫电技术的基本知識，不外乎是网络原理，电子管綫路和电磁場理論等三方面的問題；而放大与整流就是电子管綫路这一方面的最基本知識。許多有关电子管綫路的基础理論，都要靠这門課程給建立起来。这門課程学习得如何，直接关系到专业技术課中有关电子管綫路的问题。因此，在本課程中有很大一部分內容都是討論关于放大与整流的基本理論和电路分析方法，以便給学生打一个穩固的理論基础。其次，由于这門課程是学习本专业所遇到的第一門設備課程，所以要特別注意培养学生关于工程計算方面的能力。最后指出，我們的专业性質与通訊广播专业不同，为了密切結合专业实际，本課程內容的很大一部分是关于脉冲放大器，晶体管放大器和电子稳压整流器的问题，而对于有关电声学等方面的特殊綫路則不予研究。

§ 1-2 放大器的功用和分类

1. 放大器的功用

在无綫电工程或有綫电工程上，例如无綫电广播、电视、雷达、导航，或长途电话、有声电影、有綫广播等設備中，經常需要放大某些有用的微弱信号。用来完成这种“放大”任务的装置就称为“放大器”。一般常用的放大器是利用电子管放大性能来实现的，故称“电子管放大器”。近年来，“晶体管放大器”也得到广泛的应用，我們将在第三分冊来研究这一方面的問題。

图 1-1 所示，系一放大器的方框图，它具有输入端 1-1，输出端 2-2 和直流电源输出端 3-3。当输入端接有交流信号电源 U_{BX} ，输出端的负载电阻上即有输出电压 U_{BUX} ，这个输出信号的变化规律与输入信号全同，但是要比输入信号强得多。它的能量不是由信号电源直接供给，而是由送入放大器的一部分直流电能受到输入信号控制后转换得来的。由此可见，放大器也可以看作是一个将直流转变为交流能量的转换器。我们常用一只三极管或多极管来完成上述的任务。它的栅极电路，即可做为信号输入电路，而板极电路即可做为信号输出电路，如图 1-2 所示。当栅极上有信号电压输入时，板流 i_a 即受到控制而作相应地变化，于是在板极负载 R_H 上就有较强的输出信号产生。

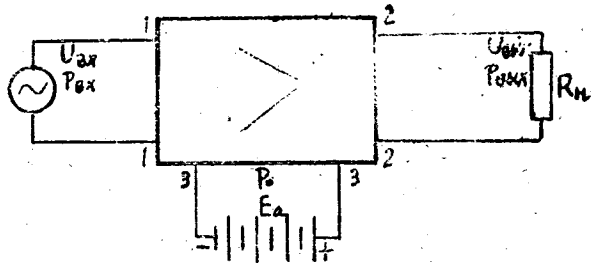


图 1-1

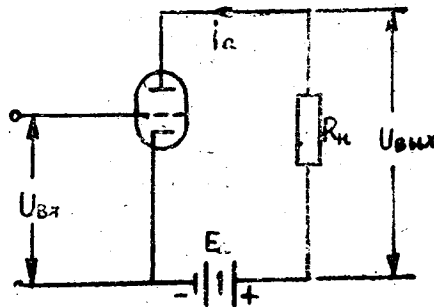


图 1-2

2. 放大器的分类

放大器的分类方法很多，可以按照它们的工作频率来分；可以按照它们所能工作的频带宽度来分；也可以按照它们的用途来分；还可以按照它们的工作状态来分。现简述如下：

(i) 依频率分类：

- (a) 直流放大器——工作频率可自零赫（即直流）开始，这种放大器可以用来放大变化非常缓慢的信号。
- (b) 音频放大器——工作频率约自 30—20,000 赫。
- (c) 高频放大器——工作频率高于 100,000 赫，最高频率可至数千兆赫。
- (d) 视频放大器——用来放大电视中的图象信号，它的工作频率自最低的几十赫起至最高的约 6.5 兆赫。
- (e) 中频放大器——是高频放大器的一种，专门设计用于超外差式接收机中用来放大中频的，目前最常用的中频范围约自 450—475 千赫。（常用 465）。

(ii) 依频带宽度分类：

放大器所通过的频带宽度与其中心频率之比如果很大，则称为宽频带放大器。音频放大

器及視頻放大器通常都属于这一类。反之，如果这比值很小时，則称为窄頻带放大器。高频放大器即属于这一类。

“寬頻带”与“窄頻带”的意义完全是相对的，例如自100至5,000赫可以称为寬頻带，而1,000,000至1005,000赫則虽然頻率变化数值与前相同，但却属于窄頻带。頻带宽窄的划分，是取决于“相对通頻带” $\left(\frac{\Delta f}{f_0}\right)$ 的寬度，而不是取决于“绝对通頻带” (Δf) 的寬度。上述两种情形的 Δf 是差不多大小的，前者为4,900赫后者为5,000赫，但是它們的 $\frac{\Delta f}{f_0}$ 却相差很大。前者大約是 $\frac{4500}{2550} \approx 2$ ，而后者大約是 $\frac{5000}{1002500} \approx \frac{5}{1000}$ 。

通常寬頻带放大器的負載阻抗大多是非調諧的，一般都采用无选择性的純电阻来充任；而窄頻带放大器的負載阻抗則都是选择性很高的諧振回路。因此，这两种不同的放大器又可分别称为“非調諧放大器”及“調諧放大器”。

(iii)依用途分类：

(a) 电压放大器——主要是用来将信号电压增高，通常多采用放大系数 μ 較高的电子管，以便获得較大的输出电压。输出电压 $U_{B_{\max}}$ 与輸入电压 $U_{B_{\text{in}}}$ 的比值称为“放大系数”或“电压增益”通常以 K 表示之，即

$$K = \frac{U_{B_{\max}}}{U_{B_{\text{in}}}}。$$

(b) 功率放大器——主要是用来将信号电能增强。在无线电工程中，它和电压放大器具有同等的重要性。放大器輸出功率 $P_{B_{\text{out}}}$ 与輸入信号功率 $P_{B_{\text{in}}}$ 之比称为“功率放大倍数”或“功率增益”。

現在再來說明一下两种放大器的功用：当信号很微弱（例如入对話筒講話时，由話筒所輸出的声頻电压），但要求得到相当大的信号功率輸出时，可以采用多级放大器做串級連接。在这串級放大器中的前几級都是电压放大級，用来使信号电压提高至足够大的程度。最后一級采用功率放大級。将前几級所得到的足够大的信号电压，再送进功率放大級的輸入电路，即可在其輸出电路中得得到相当大的功率輸出。

(iv)依工作状态分类：

这种分类方法是按照电子管各电极工作电压和电流的不同而划分的。一般分为甲类，乙类和丙类。这里只做簡單說明，以后还要詳細討論。

(a) 甲类放大器的特点是电子管的栅偏压选择适当，使板极电流在輸入信号变化一

周之内，很好地随着输入信号而变，不会出现被截止的状态，因而这类放大是基本上不失真的放大，不过它的效率较低。这种放大，多用于非调谐放大器。

(6) 乙类放大器的特点是电子管的栅偏压取较大的负值，使板流在无信号输入时处于被截止状态，只有当输入信号为正半周时才有板流流动。这种放大是有失真的，不过效率较高，一般必须采用特殊线路才能进行不失真的放大。

(B) 丙类放大器的特点是栅偏压取得负得更大，因而板流只能在输入信号正半周最正的一小段时间内出现。这种放大是严重失真的，一般只能用于调谐放大器中。

分类方法虽很多，但事实上一个放大级往往同时兼有几类性质。例如一般的语言扩大器的前几级就是工作在甲类状态，它的用途是电压放大，从通过的频带来看，又是非调谐放大器。

最后指出：本课程主要是研究音频和脉冲放大器，也就是研究非调谐放大器或宽频带放大器。因为音频和脉冲的频带都是很宽的，只有非调谐负载的放大器才能放大这样宽频带的信号（以下我们所提到的放大器都是指这一类放大器）。至于选择性很高的调谐放大器，只能用来放大窄频带的信号，主要适用于高频放大。这类放大器将在“发射设备”和“接收设备”课程中详细研究，不在本课程讨论范围之内。

§ 1-3 放大器的重要特性指标：

表示放大器工作特性的重要指标：主要是“放大系数”“输出功率”“效率”和“失真度”，兹分别说明如下：

(1) 放大系数：

放大器的放大系数，也称为放大器的增益。它是表明放大器的输入电压 U_{BX} 被放大了多少倍。所以放大系数应该是 U_{BYX} 与 U_{BX} 的比值，我们以 K 表示之。

$$K = \frac{U_{BYX}}{U_{BX}} \quad (1-1)$$

一般常用放大器的放大系数大约是几百或几千，甚至于几万。

下面我们要对放大系数作几点重要说明：

(i) 公式 (1-1) 仅只是代表输出电压与输入电压的幅度之比，没有考虑到它们之间的相位关系。其实，在一般情况下，电压 U_{BYX} 与 U_{BX} 的相位是不相同的。如果必须考虑到相位关系时，则应该把这两个电压看成向量 \vec{U}_{BYX} 和 \vec{U}_{BX} 。这时放大系数将是一个复数

$$\vec{K} = \frac{\vec{U}_{\text{ВЫХ}}}{\vec{U}_{\text{ВХ}}}$$

將 $\vec{U}_{\text{ВЫХ}}$ 和 $\vec{U}_{\text{ВХ}}$ 用复数表示:

$$\vec{U}_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{ВЫХ}} e^{j\varphi_2}, \quad \vec{U}_{\text{ВХ}} = U_{\text{ВХ}} e^{j\varphi_1}$$

即得

$$\begin{aligned} \vec{K} &= \frac{\vec{U}_{\text{ВЫХ}}}{\vec{U}_{\text{ВХ}}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}} e^{j\varphi_2}}{U_{\text{ВХ}} e^{j\varphi_1}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} e^{j(\varphi_2 - \varphi_1)} \\ &= K e^{j(\varphi_2 - \varphi_1)} = K e^{j\varphi} \end{aligned} \quad (1-2)$$

此处 $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ 是放大系数的相角。它表示，输出电压与输入电压之间的相位移。而 K 则为放大系数的幅模（绝对值）。不过在一般情况下，经常提到的放大系数，多半总是指的幅模（绝对值） K 。

(ii) 图 1-3 所示系一多级放大器的方框图，图中的 K_1, K_2, \dots ，分别代表每一放大级的放大系数，而 $K_{\text{об}}$ 代表总的放大系数。我们不难看出，总的放大系数应该等于所有各级放大系数的乘积。如下式所示:

$$K_{\text{об}} = K_1 K_2 \dots K_n \quad (1-3)$$

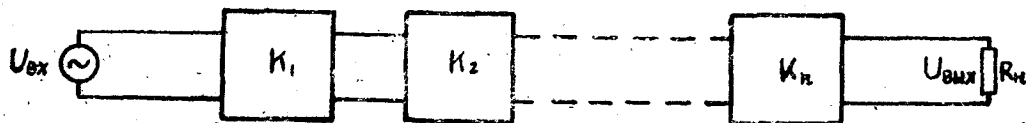


圖 1-3

最后我们再来介绍一种表示放大系数的常用单位，这就是“分贝”和“奈倍”。

生理学的研究指出，人耳对音量变化的感觉是和声能变化的对数成正比。因而通常是用对数单位（分贝或奈倍）来表示增益。分贝可定义为：放大器的输出电压对其输入电压之比的常用对数，再乘以20，以符号 S 表之，即：

$$S = 20 \lg \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = 20 \lg K \quad (1-4)$$

假如取 $S=1$ 分贝，则

$$\frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = 10^{\frac{S}{20}} = 10^{0.05} = 1.12$$