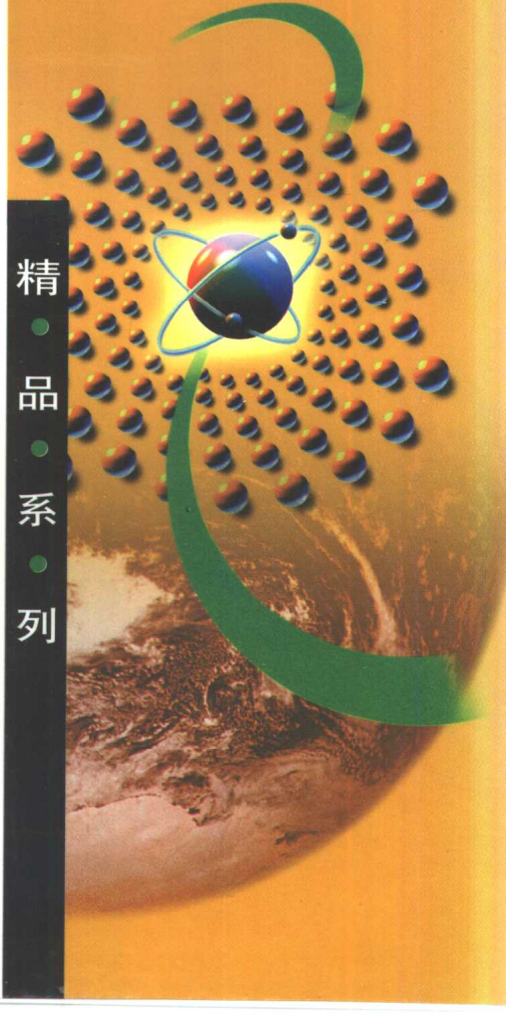
无线电爱好者读本

（中）

（第二次修订本）

本书编写组
编著



精·品·系·列

无线电爱好者丛书

- 多次重印，畅销不衰
- 介绍了收音机、录音机及Hi-Fi与AV家庭影院系统
- 通俗易懂的原理介绍 透彻深入的电路分析
- 使读者轻松步入"电子世界"

人民邮电出版社

内容提要

本书从各种现代无线电设备的共性出发，深入地阐述了收音机、磁带录音机的工作原理，分析了它们的电路；并系统地介绍了当前比较热门的 Hi-Fi 及 AV 家庭影院系统。

本书在写法上侧重讲清物理概念，尽量避免繁琐的数学推导；在表达方式上，力求深入浅出通俗易懂，以适合具有中等文化程度的读者学习。

无线电爱好者丛书精品系列

无线电爱好者读本(中)

第二次修订本

◆ 编　　著　本书编写组

责任编辑　唐素荣

◆ 人民邮电出版社出版发行　北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编　100061　　电子函件　315@ pptph.com.cn

网址　http://www.pptph.com.cn

北京汉魂图文设计有限公司制作

河北涞水华艺印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本：787×1092　1/32

印张：11

字数：249 千字　　2000 年 1 月第 3 版

印数：483 101－486 600 册　　2000 年 6 月河北第 17 次印刷

ISBN 7-115-07932-3/TN·1510

定价：15.00 元

中国电子学会
《无线电爱好者丛书》编委会

主　任： 杜肤生

副主任： 徐修存　宁云鹤　李树岭

编　委： 王亚明　刘宪坤　王明臣
刘　诚　孙中臣　安永成
郑凤翼　赵桂珍　聂元铭
郑迎春　孙景琪　李勇帆
刘文铎　陈有卿　徐士毅
于世均　贾安坤　张国峰

本书编写人员： 张春元　张庆双

无线电爱好者丛书前言

众所周知，迅速发展着的无线电电子技术，是一门应用十分广泛的现代科学技术。它的发展水平和普及程度是现代化水平的重要标志。为了普及电子技术知识，培养更多的无线电爱好者，适应现代化建设的需要，中国电子学会和人民邮电出版社约请有关专家编写了这套《无线电爱好者丛书》。

本丛书从无线电爱好者的实际条件出发，按照理论联系实际的指导思想，深入细致地讲述各种无线电元器件和常用电子电路的原理；介绍各种家用电器、电子设备（如收音机、扩音机、录音机、电视机、录像机、电子计算机、计算器、复印机、电子相机、常用电子仪器仪表、电子钟表、电冰箱、空调器、洗衣机、吸尘器、电风扇、电热器具等）的工作原理、制作技术、使用和维修方法，为无线电爱好者提供所需的各种技术资料及有关工具书，使读者通过阅读本丛书和不断动手实践，能逐步掌握应用电子技术的基本技能。本丛书的读者对象是各行各业的广大无线电爱好者。

我们衷心希望广大电子科学技术工作者、专家、学者和无线电爱好者，对这套丛书的编辑出版工作提出宝贵意见，给予帮助。让我们共同努力，为普及无线电电子技术，为实现我国现代化做出贡献。

前　言

广大无线电爱好者大多是从业余制作起步的，通过制作一些简单的无线电设备，积累了初步的实践经验，产生了日益浓厚的兴趣，由此进一步去探索无线电世界的奥秘。但是，无线电技术的初学者，在分析比较复杂的电子电路，或对无线电整机进行调试和修理时，却由于缺乏比较系统的理论知识而感到困难和吃力。理论基础薄弱羁绊了无线电爱好者长足进取。为了向具有中等文化水平的读者普及无线电电子学方面的基础知识，系统地介绍无线电路的基本原理和基本分析方法，指导他们更好地从事业余无线电实验和制作活动，我们编写了这套书。

《读本》是中国电子学会组织编写的“无线电爱好者丛书”中的一种，自 1983 年出版以来，深受读者欢迎，连年重印，畅销不衰。1993 年又出版了本书的修订本。近年来，无线电技术发展十分迅速，新型电子器件不断涌现，无线电设备特别是音像设备及通信设备不断更新换代。当前，为了贯彻党和政府提出的科教兴国和可持续发展战略，电子科学技术的普及工作越来越受到各方面的重视。由中国科学技术协会青少年工作部和《无线电》杂志编辑部联合举办的全国“少年电子技师”等级证书认定活动，正在全国范围蓬勃展开，无线电爱好者的队伍不断壮大，业余无线电活动的内容也在更新和变化。在这样的形势下，《读本》1993 年修订本的内容已经不能适应无线电爱好者新的、更高的需求。为此，根据广大读者的意见，我们对原书再次进行了

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.co

修订。

《读本》不涉及某种设备的制作工艺、调试、维修等内容，主要是从各种无线电设备的共性出发，比较深入地阐述了各种电子器件、无线电单元电路以及整机的工作原理和分析方法。在写法上侧重讲清物理概念，尽量避免繁琐的数学推导，力求深入浅出，通俗易懂，便于自学。这次修订在保持原书特色的前提下，进行了全面改写，更加突出了内容的新颖性和实用性，删去了介绍一般科普知识的“绪论”、“微型计算机基础知识”等章节，新增了“Hi-Fi 及 AV 家庭影院”、“光盘”等当前比较热门的内容。

《读本》(第二次修订本)分上、中、下三册出版。上册内容包括“电子器件”、“放大电路基础”、“电源电路”、“正弦波振荡电路”、“调制与解调电路”、“混频电路与变频电路”、“集成运算放大电路”、“数字集成电路”等八章，由宋东生编写；中册内容包括“收音机”、“录音机”、“Hi-Fi 与 AV 家庭影院系统”三章，由张庆双和张春元编写；下册内容包括“电视机”、“录像机与摄像机”、“光盘机”三章，由张燕杰、聂元铭、杨克威编写。

本书 1983 年第一版和 1993 年修订本的作者为宋东生、李璜、张春元、王行国、赵锡禄、张爱华、王贯一、杨克威、朱凯、许茂祖等同志，他们为无线电技术的普及作出了贡献，在此表示诚挚的感谢。

编者

目　录

第九章　收音机 …… 1

第一节　收音机的分类和性能指标 …… 1

一、收音机的分类 …… 1

二、收音机的主要性能指标 …… 2

第二节　收音机的工作原理和电路结构 …… 3

一、直接放大式晶体管收音机 …… 3

二、超外差式晶体管收音机 …… 6

三、调频收音机 …… 17

四、调频立体声收音机 …… 25

五、集成电路收音机 …… 30

第三节　收音机的附属电路 …… 36

一、短波频率微调电路 …… 36

二、本地、远程转换开关 …… 37

三、短波增益提升电路 …… 38

四、自动频率微调电路(AFC) …… 38

五、静噪调谐电路 …… 39

六、调谐指示电路 …… 40

第十章　磁带录音机 …… 42

第一节　概述 …… 42

一、从唱片录音谈起 …… 42
二、声、电、磁转换的灵巧工具 …… 43
三、磁头和磁带 …… 45
四、磁带传动机构简介 …… 55
五、对磁带录音机的主要要求 …… 60
第二节　磁带录音机工作原理 …… 62
一、录音工作原理 …… 62
二、抹音工作原理 …… 68
三、放音工作原理 …… 70
四、录音、放音过程中的频率损失和补偿 …… 71
五、录音、放音频率均衡放大器 …… 73
第三节　磁带录音机的电路结构 …… 78
一、单声道盒式录音机 …… 78
二、立体声盒式录音机 …… 86
三、电子管磁带录音机 …… 91
第四节　盒式录音机的特殊电路 …… 97
一、自动电平控制电路 …… 97
二、录、放音电平监视电路 …… 99
三、磁带选择电路 …… 102
四、声像展宽电路 …… 104
五、自动选曲电路简介 …… 106
六、走带全自停电路 …… 109
七、直流电机电子稳速电路 …… 111
八、几种开关 …… 112
第五节　录音机新技术简介 …… 116
一、多声道录音技术 …… 116
二、数字磁带录音机(DAT) …… 116

三、数字盒式磁带录音机(DCC) …… 126

第十一章　Hi-Fi 与 AV 家庭影院系统 …… 128

第一节　概述 …… 128

一、Hi-Fi 音响系统 …… 128

二、AV 家庭影院系统 …… 130

三、立体声与环绕立体声 …… 132

第二节　音响效果处理系统 …… 133

一、杜比定向逻辑环绕声系统 …… 134

二、杜比合成式环绕声系统 …… 135

三、杜比 AC－3 环绕声系统 …… 136

四、THX 环绕声系统 …… 138

五、DTS 环绕声系统 …… 141

六、DDSC 环绕声系统 …… 142

七、DSP 环绕声系统 …… 143

八、模拟多声道环绕声系统 …… 145

九、虚拟杜比环绕声系统 …… 146

十、SRS 三维环绕声系统 …… 147

十一、Spatializer 三维环绕声系统 …… 149

十二、Q Surround 三维环绕声系统 …… 150

十三、YMERSION TM 三维环绕声系统 …… 150

十四、BBE 音质增强处理系统 …… 151

十五、Hi-Fi 立体声处理系统 …… 152

第三节　节目源及其播放设备 …… 153

一、Hi-Fi 音频节目源 …… 154

二、AV 节目源 …… 159

第四节　音频放大器 …… 166

一、Hi-Fi 功放 …… 166
二、AV 放大器 …… 170
三、卡拉 OK 放大器 …… 175
四、功率放大器的类别 …… 176
五、数字音频功放 …… 179
第五节　音箱 …… 179
一、音箱的结构 …… 180
二、Hi-Fi 音箱与 AV 音箱 …… 182
三、AV 家庭影院中各音箱的作用 …… 183
四、落地式音箱和书架式音箱 …… 183
五、音箱的特性与风格 …… 184
六、音箱的性能指标 …… 185
第六节　画面显示设备 …… 186
一、大屏幕彩色电视机 …… 186
二、投影机 …… 187
三、背投影电视 …… 188
第七节　典型应用电路 …… 188
一、电子音量、音调控制电路 …… 188
二、数码卡拉 OK 电路 …… 214
三、立体声与环绕声处理电路 …… 260
四、功率放大电路 …… 330

第九章
收音机

随着声音广播技术的发展，作为接收无线电广播的收音机，也不断更新换代。自1919年开发了声音广播以来的半个多世纪中，收音机经历了电子管收音机、晶体管收音机、集成电路收音机的三代变化，其功能日趋增多，质量日益提高。80年代开始，收音机又朝着电路集成化、显示数字化、声音立体化、功能电脑化、结构小型化等方向发展。这一章对收音机的基本工作原理、收音机的典型电路作简要的介绍。

第一节　收音机的分类和性能指标

一、收音机的分类

收音机可以从不同的角度来分类。根据使用器件的不同，可分为电子管收音机、晶体管收音机、集成电路收音机；根据放大方式的不同，可分为直接放大式收音机和超外差式收音机；根据接收的广播制式不同，可分为调幅收音机，调频收音机和调幅、调频收音机；根据接收的波段不同，可分为中波收音机、短波收音机、中短波收音机、中波超短波收音机、长中短波收音机、全波段收音机；根据体积的不同，可分为落地式收音机、台式收音机、便携式收音机、袖珍式收音机、微型收音机等；根据使用的电

试读结束：需要全本请在线购买：www.ertongbook.com

源不同，可分为交流收音机、直流收音机、交直流两用收音机；根据规格不同，按部颁标准，可分为A类、B类、C类。分别相当于高、中、低三挡的收音机；根据用途的不同，可分为汽车收音机、立体声收音机、时钟收音机、收扩两用机、收录两用机、收录扩唱四用机等多用机。

二、收音机的主要性能指标

1. 灵敏度

灵敏度用来表示收音机接收微弱信号的能力。灵敏度高，接收远地及弱电台的能力就强。灵敏度的表示方法有两种：采用磁性天线的收音机，是以天线所接收的信号场强来表示灵敏度的，其单位为毫伏/米，用mV/m表示；采用拉杆天线或外接天线的收音机，则以天线上所加的信号电压来表示灵敏度，其单位为微伏，用μV表示。在一定输出功率和信噪比的条件下，mV/m或μV值越小，灵敏度越高。

2. 选择性

选择性表示收音机在不同频率的电台信号中，选取所需信号的能力。调幅广播电台的频率间隔标准为9kHz。收音机选择性指标是以信号偏调中心频率±9kHz时的偏调衰减量来测量的，通常用分贝表示；分贝数越大，选择性越好，不同等级的收音机，其选择性指标不同。选择性不好的收音机，会有“串台”现象。

3. 最大有用功率

收音机在音量开得很大时，收听效果很差，声音严重失真，只有在一定的音量范围内，才能保证放音不产生严重失真。收音机在一定的失真指标（一般为10%）下所能输出的最大功率，称为最大有用功率。

4. 电源消耗

收音机正常工作时，电源电压与整机消耗电流的乘积，称为电源消耗。晶体管收音机一般以整机工作电流作为电源消耗指标。晶体管收音机的声频输出级通常采用乙类放大方式，所以电源消耗指标一般给出无信号输入时和最大输出时的电流值。这个数值越小，电源消耗也就越小。

5. 频率范围

频率范围指收音机各波段所能接收的电台频率范围。它反映收音机的频率覆盖能力。例如中波收音机的频率范围为 520 ~ 1640kHz，在此范围内，收音机灵敏度所及的电台均应被接收。

第二节　收音机的工作原理和电路结构

一、直接放大式晶体管收音机

直接放大式（简称直放式）收音机具有电路简单，调试简便的特点。图 9 - 1 是直放式收音机的方框图。

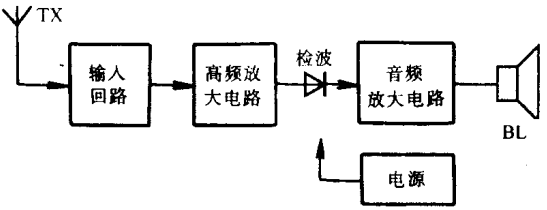


图 9 - 1　直放式收音机方框图

它由接收天线、输入回路、高频放大电路、检波电路、音频放大电路及电源电路等部分组成。由天线接收的广播电台信号在输入回路这个“大门”里进行选台，而后经高频放大器直接放大

后，再经检波器取出音频信号，送到音频放大器放大，最后推动扬声器放声。由于直放式收音机接收灵敏度较低，一般都附加来复再生电路并采用倍压检波方式，以发挥收音机的潜力，提高接收能力。

所谓“来复”，是指经高频放大、检波后得到的音频信号，再在本级作一次音频放大，使高频管一管两用，以提高整机放大倍数。

“再生”是将高频放大输出的信号取出一部分反送回高频放大级的输入端进行再放大，形成正反馈。只要适当控制反馈量的大小，就能保证电路不致产生振荡啸叫，而具有加强输入信号的作用。图 9－2 是来复再生式收音机的方框图。

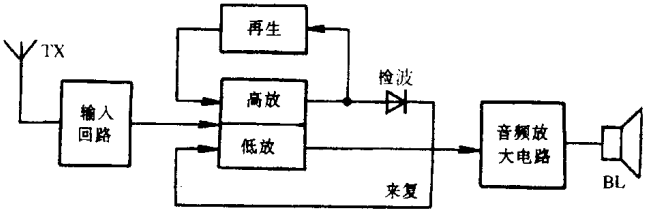


图 9－2　来复再生式收音机方框图

倍压检波电路的特点是可使检波输出电压成倍增加。图 9－3是倍压检波电路示意图。

这种电路是在二极管检波电路中增加了倍压元件 VD_2 和 C_2。VD_1、C_1 仍作为检波元件。当负半周（上负下正）到来时，VD_1 不导通，VD_2 导通，信号电流使 C_2 充上与信号电压相近的电压；当正半周（上正下负）到来时，VD_1 检波，同时 C_2 在负半周时充上的电压与信号输入电压串联加在 VD_1 上，从而使检波电压成倍增加，检波输出信号的幅度增大，提高了来复低放的放大倍数。

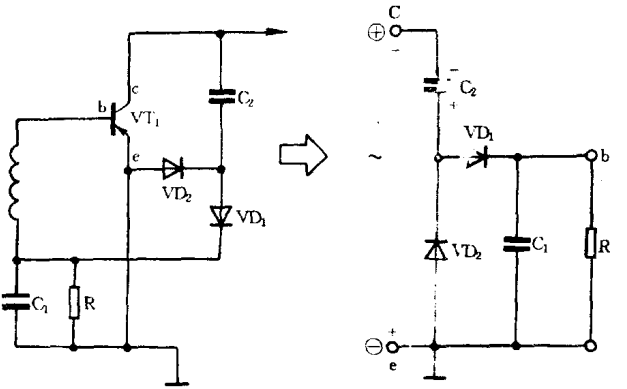


图 9－3　倍压检波电路

图 9－4 是四管来复再生式收音机的典型电路。电路由高频放大管 VT_1、音频放大管 VT_2、VT_3、VT_4 及相关元件组成。由磁性天线 TX 接收的广播电台信号在 L_1、C_1 组成的调谐回路中进行谐振选台，被选出的电台信号由输入线圈 L_2 耦合给 VT_1 的输入端，进行高频放大，放大后的输出信号由集电极输出。由于

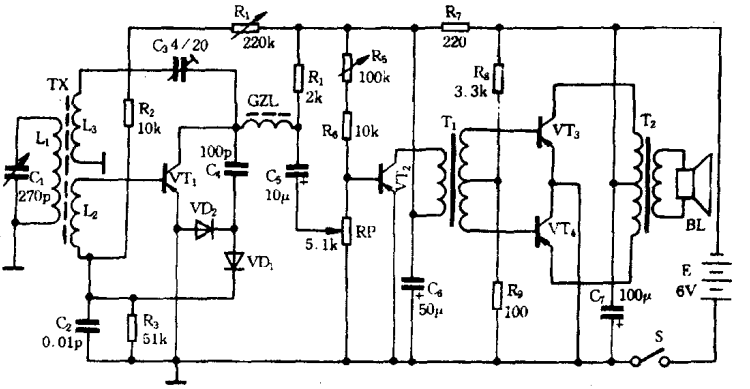


图 9－4　四管来复式再生收音机

高频扼流圈 GZL 阻止高频信号通过，使高频信号一路经 C_3 将部分信号耦合给 L_3，通过 L_3、L_2 的互感作用，回送到 VT_1 的输入端，进行再生放大；另一路经 C_4 送到倍压检波电路进行检波。检波后的音频信号，通过 L_2 又回到 VT_1 的基极，实现来复放大。放大的音频信号顺利通过对音频信号阻抗极小的 GZL，经 C_5 耦合给音频放大管 VT_2 继续放大。经 VT_2 放大的信号再经 T_1 耦合给 VT_3、VT_4 组成的推挽功率放大器进行功率放大，最后由输出变压器 T_2 输送给扬声器放声。图中 R_1、R_2、R_3 为 VT_1 的基极偏置电阻；R_4 是集电极负载电阻；R_5、R_6 和音量电位器 RP 为 VT_2 提供偏置；R_8、R_9 为 VT_3、VT_4 提供偏置。C_6、R_7、C_7 是电源滤波元件，用以防止收音机出现低频振荡叫声。电源由 6V 干电池供电。

二、超外差式晶体管收音机

超外差式收音机具有灵敏度高、选择性好等特点。目前，商品收音机大都采用超外差接收方式。

1. 什么是超外差式

超外差式是与直接放大式相对而言的一种接收方式。我们知道，当放大器输入端同时输入 f_1、f_2 两个不同频率的信号时，由于放大器非线性元件的作用，其输出端会产生 f_1、f_2、f_2-f_1、f_2+f_1 等许多不同频率的信号。这时，如果在放大器的输出回路接入一个 LC 谐振回路，并使谐振回路调谐在 f_2-f_1 的差频上，则放大器就会输出这个差频信号。这个过程，通常叫作混频。超外差式收音机基于这个原理，在机内设有变频器，变频器中的本机振荡器，可以产生一个等幅的本机振荡正弦波信号（简称本振信号），本振信号始终保持比外来输入的电台调制信号高出一个固定的频率。假定外来信号 $f_1=1000\text{kHz}$，本振信号 $f_2=$

1465kHz，则经变频后产生的差频信号 $f_2 - f_1 = 1465 - 1000 = 465$kHz。这个差频通常叫作中频；因为，它是比高频信号低，比低频信号又高的超音频信号，所以这种接收方式叫超外差式。经过超外差式接收，产生的中频信号还要经过中频放大和检波，才能解调出调制音频信号，实现放音。

我国调幅收音机的中频定为 465kHz；调频收音机的中频定为 10.7MHz。

为什么超外差式收音机要有一个变换为中频信号的过程呢？这是为了提高整机接收性能。因为中频信号比高频信号的频率低，有条件增多放大级数而不致产生高频自激振荡，同时对不同频率电台的信号均能获得比较均匀的放大量，使接收灵敏度大大提高。再有，输入电台信号与本振信号差出的中频信号可以在中频"通道"中畅通无阻，被逐级放大，而不需要的邻近电台信号和一些干扰信号与本振信号所产生的差频不是预定的中频，便被"拒之门外"，因此，收音机的选择性也大为提高。此外，中频信号在检波前经过多级放大，检波器容易实现线性检波，可以减小失真，改善音质。

这里要提到的是，外来高频调制信号经变频后，只是载波频率变低了，而受声频调制的包络线不变，音频信号"换乘"在中频载波上，经检波后的音频信号仍与电台调制音频信号相同。

超外差式收音机也存在一些缺点，如中频放大器容易自激，存在一些特有的干扰等，需要采取一定措施克服。

2. 超外差式收音机的三个特有电路

图 9－5 是超外差式收音机的方框图。电路主要由接收天线、输入回路、变频电路、中频放大电路、音频放大电路及电源电路等部分组成，其中输入回路、音频放大电路及电源与直接放大式收音机的相应部分基本相同。下面主要介绍变频电路、中频

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com