

通信兵技师专业教材

晶体管收音原理

中国人民解放军通信兵部

一九七四年八月

通信兵技师专业教材

晶 体 管 收 信 原 理

中国人民解放军通信兵部

*

中国人民解放军战士出版社出版发行

中国人民解放军第七二四工厂印刷

*

开本:850×1168毫米1/32 • 印张 $16\frac{6}{16}$ • 插页2 • 字数212,000

1974年8月第1版(南京)

1974年8月第一次印刷

提高警惕
保卫祖国

丁巳年冬

你們是村裏的
手裏服順風
耳

前 言

《通信兵技师专业教材》是军委通信兵部、通信兵工程技术学校，共同组织各军区和通信兵直属单位的部分专业人员汇编的。主要目的是为了解决各军区培训通信兵技师的技术教材；同时，作为在职通信技术干部的业务学习材料。

这一套专业教材，包括基础理论教材和各种军用通信机教材两大类。属于共性的和一般原理性内容，集中写在基础理论教材中。各种军用通信机教材，侧重阐述各种机器本身的问题，使各本教材在内容上重点明确，避免过多的重复。各种基础理论教材的内容，还尽量考虑到各专业的不同要求，使之成为通用教材。

《通信兵技师专业教材》适用于具有初中毕业文化程度的技工、技师，并需补学部分高中数学知识（如指数、对数、三角函数、复数等）。在汇编教材中，主要着眼于技师应具有的专业知识，并力求教材内容尽可能全面一些，系统性强一些。各部队可根据培训对象、训练时间和要求等情况选用。

由于编写人员对毛主席无产阶级教育革命路线理解不深，对如何贯彻执行毛主席关于“教材要彻底改革”的重要指示缺乏经验，时间也比较仓促；所以，在教材的思想性、学术内容、深广度、文字等方面，都可能存在着一些缺点和错误。希望各单位通过训练实践，提出修改意见，以便将来进一步审修。

通 信 兵 部

一九七四年八月

目 录

第一章 无线电收信设备概述.....	1
§ 1—1 收信机的任务和分类.....	1
§ 1—2 收信机的组成方框图.....	3
§ 1—3 收信机的主要质量指标.....	6
第二章 输入电路.....	10
§ 2—1 收信天线简述.....	10
§ 2—2 常用的两种阻抗转换关系.....	11
§ 2—3 输入电路概述.....	14
§ 2—4 电感耦合输入电路.....	18
§ 2—5 电容耦合和电感-电容耦合输入电路.....	26
§ 2—6 磁性天线介绍.....	27
第三章 晶体管高频应用基本知识.....	31
§ 3—1 晶体管的高频特性.....	31
§ 3—2 晶体管高频等效电路.....	36
§ 3—3 利用 y 参数分析放大器的基本方法.....	46
第四章 高频放大器.....	50
§ 4—1 高频放大器概述.....	50
§ 4—2 并联谐振回路的主要参数.....	54
§ 4—3 单管单调谐高频放大器.....	57
§ 4—4 高频放大器的稳定性.....	65

§ 4—5 级联单调谐高频放大器	71
§ 4—6 场效应管高频放大器	79
第五章 中频放大器	89
§ 5—1 中频放大器概述	89
§ 5—2 单级双调谐中频放大器	94
§ 5—3 中和电路	107
§ 5—4 多级中频放大器	110
§ 5—5 中频变压器	114
§ 5—6 具有集中选择性滤波器的中频放大器	116
第六章 检波器	124
§ 6—1 检波器概述	124
§ 6—2 二极管检波器	127
§ 6—3 差拍检波	145
第七章 变频器	152
§ 7—1 变频器概述	152
§ 7—2 变频器工作原理	157
§ 7—3 变频器主要指标讨论	161
§ 7—4 变频器工作状态的选择	168
§ 7—5 场效应管变频器介绍	170
第八章 超外差收音机	172
§ 8—1 超外差收音机中的干扰	172
§ 8—2 收音机的波段划分与重迭	181
§ 8—3 收音机的统调和跟踪	184
§ 8—4 中频数值的选择及二次变频	195
§ 8—5 音量控制和增益控制	196

§ 8—6 收信机的主要质量指标讨论	205
第九章 无线电干扰及收信机噪音	213
§ 9—1 无线电干扰概述	213
§ 9—2 外部干扰的来源及其一般抑制方法	215
§ 9—3 收信机内部噪音	218
第十章 调频收信机	227
§ 10—1 限幅器	227
§ 10—2 鉴频器	232
§ 10—3 自动频率微调	250
§ 10—4 调幅制和调频制的比较	256

第一章 无线电受信设备概述

在无线电通信中，无线电受信设备的任务就是接收、变换和利用无线电发信机所发出的高频电磁波的能量。

任何无线电受信设备都包含有三大部分，即收信天线、收信机和终端机件，如图 1-1 所示。

收信天线的作用是从空间无线电电磁波中获取高频信号能量，并将它变成高频电势和电流，送给收信机的输入端。

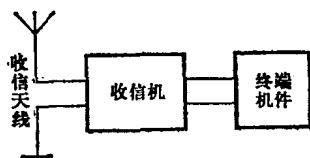


图 1-1

收信机的作用是选择所需的高频信号，并进行放大和变换，最后用变成的低频信号电压和电流（即低频信号功率）推动终端机件工作。

终端机件是将低频信号功率，转变为原来的声音或图象。接收电话或听音电报的收信机，其终端机件为耳机或扬声器。接收图象的收信机，其终端机件为显示器。

随着我国科学技术的飞速发展，我军通信装备正在不断更新，大量晶体管军用机已装备部队使用。为了帮助同志们更好地熟悉和掌握各种半导体新装备，在本书中，我们主要对晶体管无线电受信机的基本原理进行研究，即讨论收信机中选择、变换、放大等各组成部分的物理过程、工作原理以及必要的计算等。

§ 1—1 收信机的任务和分类

一、收信机的任务

收信机的种类很多，用途也很多，但是在接收无线电信号时

都必须完成以下三个基本任务：

（一）选择信号

收音机所接收的信号，应是具体的指定对象的信号，然而在天线上收到的信号除所需信号外，还有各种不同频率、不同强度的其它信号和干扰。因此，收音机首先应从各种各样的信号和干扰之中选择出所需接收的信号。收音机选择信号的任务，是利用谐振电路对信号频率的调谐来完成的。

（二）解调信号

接收信号的目的是要使我们了解发送信号的意思。信号在发送时调制了高频载波。因此，收音机应完成解调信号的任务，即从高频已调波中还原出调制信号来。这一解调信号的过程，在调幅收音机中称为检波，在调频收音机中称为鉴频。

（三）放大信号

由于电磁波在传播过程中损耗大，因此天线接收到的信号电动势往往是极其微弱的，有时仅为几个微伏，而终端机件一般需要几伏信号电压才能正常工作。所以，收音机必须有足够的放大倍数。放大信号的任务是由收音机中各种放大器来完成的。放大高频已调波的放大器称为高频放大器，放大还原出来的原低频调制信号的放大器称为低频放大器。

二、收音机的分类

晶体管收音机的种类，按照不同的分类方法，有以下几种：

按工作频率分为：长波、中波、短波、超短波、微波等收音机。

按所接收信号的调制方式可分为：调幅、调频、单边带等收音机。

按工作程式分为：直接检波式、高频放大式和超外差式收音机。

各种不同类型的军用机，在部队中我们常习惯称呼机器的型号。

§ 1—2 收信机的组成方框图

无线电收信机的种类很多，组成也各有不同。1954年以后，半导体技术开始实际应用，晶体管收信机的电路也由简单到复杂，由低级到高级不断地得到发展和完善。目前，除了调制方式不同而需要不同的解调方法外，大都采用超外差式电路。为了比较起见，下面我们简单介绍一下调幅收信机三种不同程式的组成方框图。

一、直接检波式收信机

图 1-2 是直接检波式收信机的方框图及其有关部分的电压波形。其中，输入电路是由可调谐的 LC 回路组成的，它起选择信号的作用；检波器由非线性元件和电阻、电容器组成，它把高频信号解调，得到低频调制信号；低频放大器将检波后的音频信号进行放大，使之得到需要的输出功率来推动终端机件——耳机或扬声器工作。

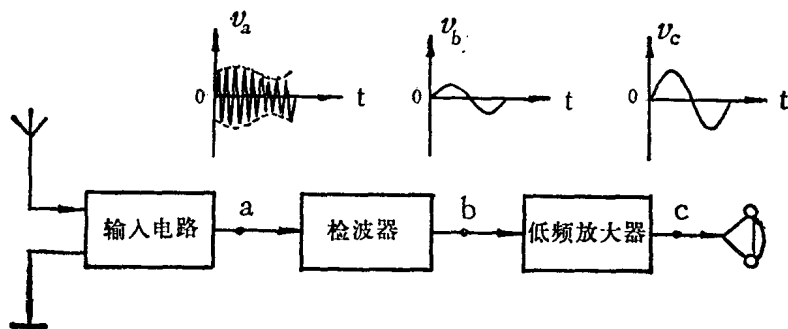


图 1-2

这种收信机的电路是很简单的，但是它具备了选择信号、解调信号和放大信号三个基本作用。所以，它可以接收无线电信号。不过这种收信机选择信号的能力是很差的，因为它的谐振回

路数目很少，而且是直接对高频信号谐振，所以谐振曲线的通频带不能做得很窄，与信号频率很接近的干扰频率不能被抑制。其次，在检波以前没有放大器，检波器的输入信号太小，检波效率低，非线性失真也较大。这种收音机灵敏度低，选择性差，只能接收本地大功率电台的广播。因此，军事通信中这种电路是不能采用的。

二、高频放大式收音机

图 1-3 是高频放大式收音机的方框图及其各部分的电压波形。这里，除了在直接检波式收音机基础上增加了高频放大器外，其它组成是相同的。

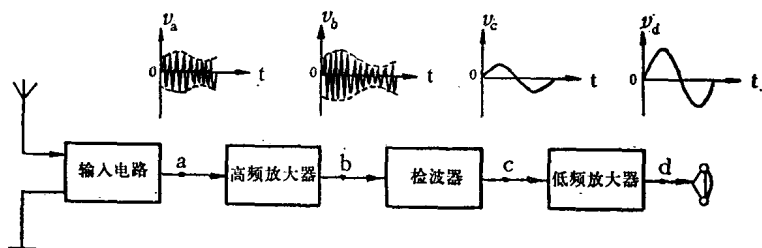


图 1-3

高频放大器由晶体三极管与可调谐的 LC 谐振回路组成。这种收音机由于增加了高频放大器，一方面提高了选择性，另一方面也放大了检波以前的高频信号。因此，这种收音机的质量比直接检波式收音机有所提高，但是其性能仍不够好。因为在信号频率比较高的情况下，高频放大器的放大量（以后常称为增益）和选择性都比较差。所以，这种电路也不适合军用，仅仅某些普及型收音机和简易电视机才采用这种电路。

三、超外差式收音机

图 1-4 是超外差式收音机的方框图及其各部分的电压波形。它与高频放大式收音机不同的地方是在高频放大器与检波器之间

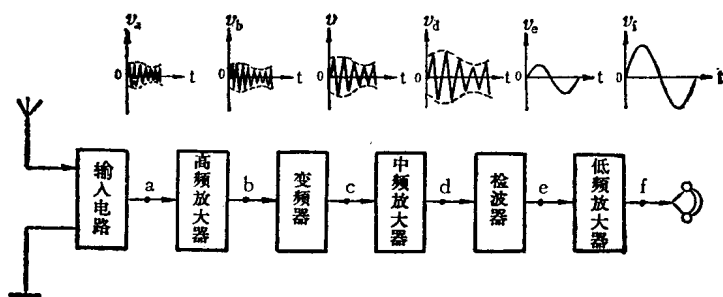


图 1-4

增加了变频器和中频放大器。

变频器的作用是把外来的高频幅调波信号，变换为载波频率较低的中频幅调波信号。中频是一种比较低的高频，在收音机的全波段内（例如 1.5 兆赫～30 兆赫）都是固定不变的。常用的中频频率为 465 千赫。虽然信号载波从可变的高频经变频器变换成了固定的较低的中频，但是信号的包络形状没有变化。

放大中频信号的放大器叫中频放大器。由于中频信号是较低的固定频率，所以中频放大器的谐振回路在收音机使用过程中一般不必调整。这样，就可以采用较理想较复杂的双调谐回路、集中选择性滤波器、陶瓷滤波器等，因此可以将谐振曲线的通频带根据需要做得很窄，使收音机能有效地抑制邻近干扰。由于采用了频率较低的固定中频，不仅大大提高了收音机的选择性，而且可以采用多级中放，将中频放大器的增益做得很大，使收音机的灵敏度大大提高。

超外差式收音机与高频放大式收音机相比，具有很多优点，因此它是现代收音机中应用最广的一种电路。但是，超外差式收音机也存在一些缺点，主要是它容易受到一些特定频率信号的干扰。这些干扰有：中频干扰（频率为中频频率附近的干扰信号）、镜像干扰（频率与接收信号相差二倍中频频率的干扰信号）以及组合干扰等。对于这几种干扰，我们能够采取各种措施减小它们

的影响，因此并不妨碍超外差式收信机的大量使用。

§ 1—3 收信机的主要质量指标

收信机的主要质量指标有：灵敏度、选择性、保真度和工作稳定度等。它们用来表示收信机质量的好坏。

一、灵敏度

灵敏度是用来表示收信机接收微弱信号能力的，收信机的灵敏度愈高，接收微弱信号的能力就愈强。

当收信机的输出端满足一定的信号噪音功率比和输出一定功率时，天线上所需的最小感应电动势称为收信机的灵敏度。这一电动势愈小，说明收信机的灵敏度愈高。一般广播收音机的灵敏度约为几十到几百微伏，而军用收信机的灵敏度则可达几个微伏。

为了达到很高的灵敏度，收信机必须要有足够大的增益。因为增益愈大在相同输出功率时，需要的输入功率就愈小，即天线上所需感应电动势就愈小。这样，似乎只要增大增益就能无限制地提高收信机的灵敏度，其实并不是这样。我们发现，收信机即使在输入端短路的情况下也会有输出，不过输出的是一些杂乱无章的噪音电压。由于收信机内部噪音的影响，当在外来信号很微弱时，收听起来就很不清楚，甚至信号会被噪音淹没掉。实验证明，只有当信号比噪音大一定倍数时，才能正常收听信号。这一倍数我们称它为信号噪音比。另外，收信机在放大信号的同时，内部噪音也同样被放大，而信号噪音比并不可能改善。因此，无限制地提高收信机的增益，并不能够无限制地提高收信机的灵敏度。收信机的最高灵敏度是由收信机的内部噪音决定的。因此，我们希望尽量减小收信机的内部噪音，从而提高收信机的最高灵敏度。

同一部收信机由于工作的波段和接收的频率不同，其灵敏度

也有所不同。但是，在整个波段范围内，收音机的灵敏度都应满足出厂时技术指标的规定。

二、选择性

当收音机在接收某一信号时，在天线上除感应有所接收的信号电压外，还将感应许许多多不同频率的干扰电压。收音机从这许许多多不同频率的信号与干扰之中，把有用信号选择出来，以及对信号载波频率附近其它信号和干扰的抑制能力，称为收音机的选择性。收音机抑制干扰的能力愈强，选择性就愈好。

对于军用收音机来说，选择性是一个十分重要的指标。因为收音机的灵敏度一般都很高，而且收音机常和发信机放置较为靠近，有时发信机和收音机还要同时工作。在这种情况下，收音天线上感应的邻近电台干扰电压会远远大于所需接收信号电压。这时，如果收音机选择性差，就会受到严重干扰，甚至发生阻塞而影响通信。此外，在中短波段工作的电台很多，而且工作频率又很靠近，受外界干扰的影响很严重，因此要求军用收音机必须具有良好的选择性。

收音机选择信号的任务是由谐振回路来完成的。收音机选择性的好坏决定于各级谐振回路的谐振特性，谐振特性曲线愈尖锐，选择性就愈好。因此，收音机的选择性，我们可以用收音机整机调谐系统的谐振特性曲线来表示。

图 1-5 是收音机的谐振特性曲线。它表示收音机在谐振系统不变，输入信号电压保持一定的情况下，离谐输出电压 V 与谐振时输出电压 V_0 的比值与离谐量 Δf 的关系曲线。在离谐量相同时，输出电压愈小，说明对于干扰信号的衰耗越大，选择性越好。由图 1-5 可以看出，曲线 a 的

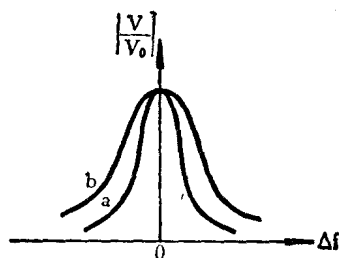


图 1-5

选择性要比曲线 b 的选择性好。

需要指出的是，选择性的提高还应兼顾到给信号留有一定宽度的通频带，否则谐振曲线太尖锐会使输出信号产生失真。

三、保真度

保真度是用来衡量收音机输出的信号与高频载波所寄载的调制信号相似的程度。相似程度愈好，信号失真愈小，即保真度愈好。

收音机使信号产生失真的原因是很多的。失真的性质和分析低频放大器的失真时一样，可分为频率失真，相位失真和非线性失真。一般无线电通信，只考虑频率失真和非线性失真，不考虑相位失真。当接收图象信号时，就需要考虑相位失真的影响了。

不同用途的收音机，对保真度的要求也有所不同。例如，听音乐用的高传真收音机，要求频率特性由 30 赫 $\sim$ 18000 赫，非线性失真系数小于 2 %。而通信用的收音机，对保真度的要求则比较低，在接收调幅电话信号时，频宽只要 300 赫 $\sim$ 3000 赫，非线性失真系数小于 10 % 就可以了。

四、工作稳定度

收音机的性能必须非常稳定，工作起来才可靠。工作稳定度的意义有两个方面：一是在任何情况下，收音机不应该产生自激振荡或者接近于自激振荡；二是在工作过程中，收音机的质量指标的变动不应该超出允许的范围。

晶体管军用收音机根据野战需要，对工作稳定度提出了很高的要求。一般要求在环境温度 $-40^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 95 % $\sim$ 98 %、电源电压变化到 $3/4$ 额定值的范围内，收音机应能保持稳定可靠地工作。

除了上述主要质量指标外，根据收音机的用途和使用条件的不同，还有一些其它的指标。例如频率稳定度和频率刻度准确度等。

在以后各章节中，我们主要围绕着给收音机提出的质量指标，分析收音机各级电路的组成、工作原理和工作状态，讨论电路元件和参数与各项指标的关系。

低频放大器部分已在《晶体管电路基础》中讨论过了，本书不再重复。

复 习 思 考 题

1. 无线电收音机应完成哪些任务？
2. 画出超外差式收音机的方框图。为什么现代收音机一般都采用超外差式电路？
3. 对无线电收音机有哪些主要质量指标要求？
4. 为了提高收音机的灵敏度，就要提高收音机的增益。能不能过高增大增益？为什么？