

高等学校教学参考书

无线电电子学

下 册

华南师范学院物理系

孙崇德 何学淡 何锡年 黄建铭 戴明淡等合编

无线电电子学

无线电电子学

下 册

人民邮电出版社

北京 上海 天津 广州 武汉 西安 成都 重庆 昆明 贵阳 杭州 南京 苏州 无锡 常州 南通 扬州 镇江 盐城 淮安 徐州 连云港 宿迁 淮安 盐城 淮安 徐州 连云港 宿迁

目 录

第七章 超外差式收音机

7-1 晶体管收音机的分类及主要性能指标.....1	附录一 国产干电池特性表.....61
7-2 输入电路.....8	附录二 几种国产小型振荡线圈的特性数据.....62
7-3 中频放大器.....13	附录三 几种国产小型中频变压器特性数据.....64
7-4 超外差式收音机电路分析.....29	
实验 晶体管超外差式收音机的安装与调试.....56	

第八章 脉冲技术

8-1 脉冲的基本概念.....67	8-6 间歇振荡器.....115
8-2 脉冲波形的变换.....72	附录 粤-I 型晶体管综合医疗机.....125
8-3 双稳态触发器.....84	8-7 隧道二极管、单结晶体管在脉冲电路中的应用.....126
8-4 单稳态电路.....98	实验 多谐振荡器和脉冲波形的变换...136
8-5 多谐振荡器.....106	附录 简易晶体管特性曲线图示仪.....137
附录 数学简易示波器.....113	

第九章 农村有线广播

9-1 电声器件.....139	附录一 有线广播线间变压器的规格及数据.....184
9-2 磁带录音机.....144	附录二 K式滤波器的基本计算和制作.....186
9-3 农村有线广播网.....157	
9-4 载波广播.....171	

第十章 电 视

10-1 电视基本原理.....189	附录一 彩色电视简介.....246
10-2 黑白电视机电路分析.....198	附录二 电视伴音的超再生接收.....248
附录 国产黑白电视显象管的主要技术参数.....233	附录三 北京牌 825-2 型电视机电路图(后面插页)
10-3 电视机的使用与维修.....234	附录四 9D3 型电视机电路图(后面插页)
实验 电视接收机的使用.....245	

第十一章 数字集成电路

11-1 逻辑门电路.....249	11-4 数字显示.....301
11-2 集成触发器.....271	11-5 MOS 集成电路.....314
11-3 基本逻辑部件.....284	实验 与门和与非门电路.....339

第十二章 电子仪器

12-1 GB-9 型电子管毫伏表	340	考值	379
12-2 XC-1A 型音频信号发生器	344	实验 BT-3 型扫频仪的使用	381
12-3 XFG-7 型高频信号发生器	347	12-7 JT-1 型晶体管特性图示仪	382
12-4 SB-10 型示波器	353	实验 用 JT-1 型晶体管特性图示仪	
实验 XC-1A 型音频信号发生器和		测晶体管特性参数	401
SB-10 型示波器的使用	358	12-8 XT-8 型电视图象信号发生器	401
12-5 SBT-5 型同步示波器	361	12-9 SZ-3 型失真度测量仪	407
12-6 BT-3 型频率特性测试仪	374	12-10 无线电测量概述	413
附录一 电源变压器和高压高压变		附录 国产部分收音放大管和整流管	
压器绕制数据	379	的电参数	417
附录二 各级电子管电极对地电压参			

第七章 超外差式收音机

〔内容提要〕 本章着重讨论收音机中的输入电路和调谐放大电路，并介绍晶体管收音机的分类、主要性能指标及超外差式晶体管收音机的调整和测试的方法。

7-1 晶体管收音机的分类及主要性能指标

在毛主席关于“努力办好广播，为全中国人民和全世界人民服务”的伟大号召下，我国的广播事业获得了飞跃的发展，晶体管收音机的生产也大幅度增长。目前，我国生产的收音机不仅性能好，而且品种也很多，深受广大群众的欢迎。

一 晶体管收音机的分类

晶体管收音机种类繁多，分类的方法亦多。

1 依电路特点分类：

无变频的： $\left\{ \begin{array}{l} \text{直接检波式(已很少用)} \\ \text{高放式(来复再生式)} \end{array} \right.$
有变频的： 超外差式。

2 依波段分类：有单波段，多波段的区别。

3 依接受信号的调制性质分：有调幅、调频两类，也有调幅调频两用机。

4 从体积大小分类：台式：体积大于 5000 厘米³，适于家庭或定点收听用。

便携式：体积在 700~5000 厘米³
袖珍式：体积在 100~700 厘米³
微型式：体积小于 100 厘米³ } 适用携带移动使用。

5 从电气及电声性能上，按国家标准将收音机分为特级、一级、二级、三级、四级这五个等级。

所谓高放式收音机，就是对检波前高频信号只进行放大，而无载波频率的变换，检波后的音频信号经过低频放大(或者不放大)送至扬声器(或耳塞)，而获得欲收听的电台播音。通常为了充分发挥晶体管的作用，尽可能少用管子，一管多用，但同时又能获得比较满意的收听效果，因此，一般都采用高频再生及来复的电路，所以这种收音机也就称为高频再生来复式晶体管收音机。典型再生来复四管收音机的电路结构如图 7-1-1 所示。

再生来复式收音机虽然具有电路简单，成本低易于安装等优点，但其性能却不够理想，灵敏度和选择性都较低。为了保证有足够的灵敏度和选择性，近来国内大部分三管以上的普及式晶体管收音机，都采用了超外差式。超外差式收音机的电路结构及各部分的电压波形如图 7-1-2

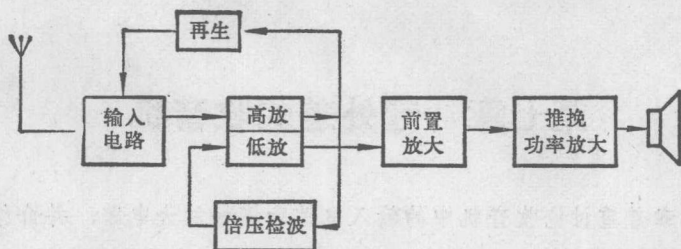


图 7-1-1 再生来复式收音机电路结构

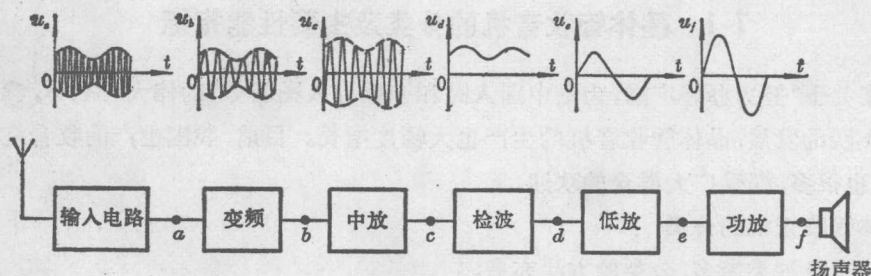


图 7-1-2 超外差式收音机电路结构

所示。它与再生来复式收音机相比，其特点是：检波器前面增加了变频器和中频放大器，并常常省略高频放大器。其工作原理是：从天线接收来的高频调幅波信号，先经过变频器进行载波频率变换，变换成固定中频信号，然后再将固定中频信号进行放大，放大了的中频信号送到检波器，进行检波，检出的低频信号，再进行低频放大和功放使其有足够的功率输出以推动扬声器，它的优点是：

1 灵敏度高 由于高频放大倍数因频率高低而异，而工作中频的超外差式收音机，则可以按固定中频来设计电路，从而能够充分发挥电路和管子的放大性能，获得较高而且稳定的增益，使收音机的灵敏度大大提高。

2 选择性好 在接收有用信号时，如果干扰电台的频率靠近信号的频率，则干扰和信号会一起进入收音机而形成所谓邻近干扰。在超外差收音机中，由于将外来信号的载波频率转变为低了很多的固定中频，因而能在集电极输出电路和基极输入电路上均可以装配调谐回路，并且因频率是固定的，可以使用设计和校准好了的中频变压器或陶瓷滤波器，其频率特性较好，特别是采用双调谐回路的中频变压器时可以做到接近矩形，这样就保证了在通带内的频率能顺利通过，而通带外的频率不能通过，大大提高了邻近波道的选择性。

同时，又由于超外差式收音机采用了多个中频变压器，故整机的频率特性几乎由中频放大器来决定，而中频放大器调谐是固定的，所以可以保证收音机有足够的选择性和灵敏度，只要本机振荡强度比较均匀，它们就几乎不随接收的频率变化而变化。

但是事物都是一分为二的，由于采用了超外差，附带产生了两种干扰，即中频干扰和假象干扰。

我国收音机的中频频率规定为 465 千赫,要求三级收音机中频频率误差为 ± 4 千赫,特级与一级收音机为 ± 2 千赫。

我国对调幅晶体管收音机所规定的频段是

中波段为: 535~1605 (千赫)

具有一个短波段的三级机为: 3.9~12 (兆赫)或 6~18 (兆赫)。

具有二个短波段的二级机为 3.9~18 (兆赫)或 4.5~22 (兆赫),三级机为 2.2~12 (兆赫)或 2.5~16 (兆赫)或 3.9~18 (兆赫)。

具有三个短波段的特级、一级机为 1.6~26 (兆赫)或一级机为 2.2~22 (兆赫),二级机为 2.2~18 (兆赫)或 3.9~22 (兆赫)。

我国对调频半导体收音机其波段规定为 88~108 (兆赫)。

二 主要性能指标

晶体管收音机的性能指标: 按规定标准共有 20 多个,此处只选出几个来说明一下:

1 灵敏度

灵敏度是指收音机能接收微弱电台信号的能力,也就是当收音机输出一定功率时,在输入端所需输入信号的大小。实践证明,要想得到高的灵敏度,收音机中应有足够的功率增益。因为在输出功率一定时,功率增益愈大,所需输入信号就愈小,当然灵敏度就愈高。但是无限制地提高收音机的功率增益并不能够无限制地提高它的灵敏度。原因是:

(1) 通常收音机的天线里除了感应所需要收听的某一电台的信号(也称有用信号)之外,还杂有许多无用的信号(如雷电,以及电机、电器的各种放电所形成的干扰信号)。这些干扰信号会和所需要的电台信号一同被收音机放大,在扬声器里出现噪声,如果这种噪声功率太大,就会淹没所需要的信号。因此,要保证收音机能正常收听到所需要的信号,就要求输入端的信号电压与噪声电压之比(简称信噪比)不能太低。因为放大级把有用信号和噪音信号同样加以放大,故增大收音机的增益,不能提高信噪比。因此只有在收音机输入端的信噪比满足要求时,提高收音机的功率增益,才能提高收音机的灵敏度。

(2) 收音机本身在工作过程中也会产生噪声,从而使信噪比变低。其中以第一级电路(高放级、变频级)产生的噪声影响最大,因为第一级是在信号频率高,功率很微小的情况下工作的,而晶体管在高频工作时的噪声较之在低频时要大得多。

这两部分噪声功率的存在,限制了收音机输入信号功率不能太低,因而所需信号场强不能太低,影响灵敏度的提高。

为了保证收音机的正常工作,通常要求输出信号电压与噪声电压之比满足一定大小,对晶体管收音机一般规定为 20 分贝。

因此灵敏度的完整定义应该是: 在收音机的输出功率及信号噪声比均为一定时,其输入端所必须输入的最小信号值称为收音机的灵敏度。其技术指标为: 信噪比等于 20 分贝,现在国家还增加了信噪比为 6 分贝的灵敏度指标,输出功率为 50 毫瓦(台式)或 10 毫瓦(便携式),或 5 毫瓦

(袖珍式、微型式)，调制频率为 400 赫或 1000 赫调幅度 $m_a=30\%$ 时，用外接天线或拉杆天线输入的收音机，则以天线端需要多大的标准高频输入电压来表示其灵敏度，单位为微伏(μV)；当用磁性天线作输入时，则以输入的电场强度来表示灵敏度，其单位是毫伏/米(mV/m)。这个数值大，灵敏度就低，小则灵敏度高。我国规定的灵敏度标准如表 7-1-1 所示。

表 7-1-1

波段及天线类型	特 级	一 级	二 级	三 级	四 级
中波：磁性天线，不劣于(mV/m)	0.3	0.5	1.0	1.5	2 ^①
外接天线，不劣于(μV)	30	50	100	150	200
短波：磁性天线，不劣于(mV/m)	0.5	0.5	1	2	
拉杆天线，不劣于(μV)	30	50	100	150	
外接天线，不劣于(μV)	30	50	100	150	

① 在信噪比为 20dB 时，袖珍式体积 250cm³ 以下，频率低于 600kHz 不劣于 3mV/m，微型式不劣于 5mV/m。

2 选择性

选择性是表示收音机抑制邻近电台干扰的能力，由于在同一波段内电台数目较多，因此收音机在实际工作时，能否对邻近电台有足够的抗干扰能力，是衡量收音机优良的主要指标之一。收音机选择性的好坏，可以用它的选择性曲线来估计，如图 7-1-3 所示，设收音机与某一输入信号频率 f_0 (通常中波段 $f_0=1$ 兆赫) 调谐，并使其输出为某一固定值[通常为信噪比等于 20 分贝，输出功率为 50 毫瓦(台式)或 10 毫瓦(便携式) 5 毫瓦(袖珍式)]天线输入端所需的电场强度为 E_2 ，使收音机调谐不变，而输入信号的频率改变为 $f_0\pm\Delta f$

(通常取 $\Delta f=10$ 千赫)，这种情况称为失谐，为了保持收音机的输出仍为某一固定值，输入信号的强度则必须增加为 E_1 ， E_1 越大，即输入信号的强度增加得越多，选择性也就越好。所以收音机的选择性可以用其失谐与调谐两种情况下输入信号的强度之比(E_1/E_2)来表示，若以分贝为单位则有：

$$A=20\lg\frac{E_1}{E_2} \quad (\text{dB})$$

超外差式收音机的选择性，除与输入电路有关外，主要由中频放大器决定，选用单调谐变压器作中频放大器的负载的收音机，它的选择性是不宜选得太高的，因为选择性选得高，其选择性曲线就尖锐，通频带就窄，这样，就有可能使调幅波的上、下边带被截除一部分，使收音机的音质变坏。所以为兼顾收音机的通频带，这类收音机的选择性一般只能做到 20 分贝左右。在第五章已经讨论过，双调谐变压器在其处于临界调谐时，它的频响曲线是接近矩形的，因此在一些收音

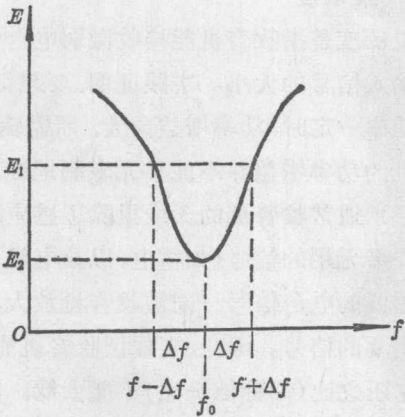


图 7-1-3 收音机选择性曲线

机中,常常采用双调谐变压器作中频放大器,这类收音机不但选择性能满足要求,而且还提高了整机的高音频响。

收音机的选择性有所谓单信号选择性和双信号选择性。前者是指用一个信号源测得的选择性,后者是同时使用二个信号源测得的选择性(其中一个信号源偏调中心频率 $f_0 \pm 10$ 千赫),单信号选择性,只能说明增益在中心频率位置时和偏离中心频率 ± 10 千赫后的衰减量,它不能如实地反映实际调准一个电台后,同时又受到离中心频率 f_0 约 ± 10 千赫的外来信号的干扰程度。因此,收音机还规定了双信号选择性,以检查收音机分隔电台,避免串台的情况。

按照国家标准,各类超外差式晶体管收音机的选择性的要求如表 7-1-2 所示。

表 7-1-2

要 求	特 级	一 级	二 级	三 级	四 级
单信号偏离 $\pm 10\text{kHz}$ 的衰减					
台式, 便携式: 不小于	46 dB	36 dB	26 dB	20 dB	14 dB
袖珍式: 不小于			20 dB	16 dB	12 dB
双信号频差为 $\pm 10\text{kHz}$ 且干扰信号的输出比有用信号输出低于 20dB 时, 干扰信号与有用信号之比					
台式, 便携式: 不小于	36 dB	26 dB	20 dB	14 dB	
袖珍式: 不小于			12 dB	8 dB	

3 假象波道衰减

在超外差式收音机中,本机振荡的频率 f_r 总是比所接收信号的频率 f_s 高出一个中频频率 f_0 (465 千赫)的。这个本机振荡的信号频率与被接收到的信号频率通过变频器产生了一个固定的中频 $f_r - f_s = f_0$ (465 千赫)而被收音机所接收。但是,如果在接收 f_s 的信号时,恰好有一个高于本机振荡频率为 $2f_0$ 的信号 f_g ($f_g = f_s + 2f_0$),由于输入回路的选择性不良送进了变频器,则通过变频器的变频将产生一个 $f_r - f_g = -f_0$ 的频率也被收音机所接收,结果频率为 f_g 的信号便对频率为 f_s 的信号产生了干扰。因为 f_g 与 f_s 是对称地分布在本机振荡频率 f_r 的两边,所以人们称 f_g 为假象频率(镜象频率)。由 f_g 所引起的干扰称为假象干扰(镜象干扰)。

假象波道衰减是反映收音机抑制假象干扰能力的一个指标,通常是以假象频率信号的接收灵敏度 E_2 与被接收的频率信号的灵敏度 E_1 之比的分贝值来表示

$$Y_s = 20 \lg \frac{E_2}{E_1} \quad (\text{dB})$$

由于输入回路的选择性是与频率有关的,频率愈高其选择性愈差(即其通频带 $B = \frac{f}{Q}$ 愈宽),因此收音机的假象波道衰减性能愈差,故一般都是收音机的中波假象波道衰减性能较短波的好,在同一波段内又是低端(频率低的部分)较高端的好。在测量时,都是在每一个波段的高端进行的。

根据国家标准规定,各级收音机的假象波道衰减如表 7-1-3 所示。

表 7-1-3

要 求	特 级	一 级	二 级	三 级	四 级
中波: 不小于 短波 $\leq 12\text{MHz}$:	36 dB	32 dB	26 dB	20 dB	16 dB
不小于 短波 $\leq 18\text{MHz}$:	20 dB	12 dB	8 dB	6 dB	
不小于	10 dB	6 dB	3 dB		

4 中频波道衰减

从变频的原理知道,变频器输出的电流包含有频率为信号频率的分量。因此,当一个载频等于中频 f_0 的信号到达收音机的输入端时,这个频率的信号也会经过收音机的变频级到达中放级并被放大、检波,最后在扬声器中出现。可见,对于频率(即载频)等于 f_0 的干扰信号,不可能被中频放大器衰减掉。由于输入回路的有载 Q 值一般都不很高,故其选择性并不强,因而超外差式收音机极易受到中频干扰信号的干扰。

中频波道衰减是衡量收音机抑制中频干扰信号能力的一项性能指标,通常是以收音机对中频干扰信号直接接收时的失谐灵敏度 E_2 与调谐在某一频率(例如 535 千赫)接收时的灵敏度 E_1 之比的分贝值来表示

$$Y_0 = 20 \lg \frac{E_2}{E_1} \quad (\text{dB})$$

由于变频级对中频信号的衰减性能在中波的低端位置处最差(这是因为中波低端的频率接近中频)。所以,测量这一性能指标是收音机调谐在 535 千赫的位置上进行的。

根据国家规定,我国各级收音机的中频波道衰减的性能如表 7-1-4 所示。

表 7-1-4

要 求	特 级	一 级	二 级	三 级	四 级
中频波道衰减不小于	26 dB	20 dB	14 dB	12 dB	10 dB

5 失真度

失真度是指收音机的输出波形偏离信号的原有波形的程度。收音机产生失真的原因是多方面的,但失真的种类不外是频率失真、相位失真和非线性失真三种,对收音质量有影响的主要是频率失真和非线性失真。

(1) 频率失真

频率失真是由于收音机电路的增益随输入信号的调制频率的不同而不同所造成的,收音机的频率失真可用它的整机频率特性来表示。

收音机的输出电压(或电流)与天线上用正弦波所调制的电动势的调制频率的关系曲线称为收音机的整机频率特性。如在收音机输入端送入一个载波频率固定的调幅信号,改变调制信号频率,但幅度不改变,此时观察输出端音频电压和调制频率的关系,就是整机电压频率特性。它表示对不同调制频率的高频信号通过整个收音机通道的均匀程度。如图 7-1-4 所示。

图中 F 为调制频率, $\frac{\tilde{U}_{s\omega}}{\tilde{U}_\omega}$ 为输出电压的不均匀度, 其中 $\tilde{U}_{s\omega}$ 是调制频率为 F 时的输出电压, $\tilde{U}_\omega$ 是标准频率时的输出电压 (台式机的标准频率为 400 赫, 便携式与袖珍式为 1000 赫)。若以分贝

为单位则电压的不均匀度表示为:

$$M = 20 \lg \frac{\tilde{U}_{s\omega}}{\tilde{U}_\omega} \quad (\text{dB})$$

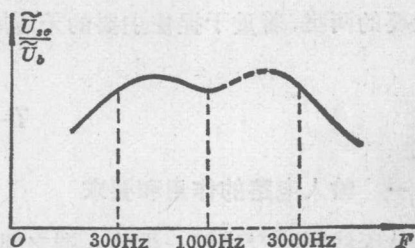


图 7-1-4 收音机的频率特性曲线

通常我们预先规定输出电压的不均匀度为某一分贝数, 而取不超过这一分贝数的频率范围为整机的频率特性。例如国家规定晶体管收音机的频率特性在电压不均匀度为 10 分贝时, 其频率范围不容于: 特级台式机为 60—6000 赫; 一级台式机为 80—4000 赫; 二级便携式机为 200—3500 赫; 三级便携式则为 300—3000 赫。

(2) 非线性失真

非线性失真也叫谐波失真, 它是由收音机中的某些非线性元件的非线性作用产生的。它的主要特征是使得收音机的输出不仅有调制频率的基波, 而且还包含有调制频率的谐波, 即出现了输入信号的调制频率中所没有的新频率。

非线性失真的大小, 可用非线性失真系数来表示

$$K_f = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2}}{U_1}$$

其中 U_1 为基波振幅, U_n 为 n 次谐波的振幅。

一般晶体管收音机在音频范围内, 低频失真较大, 高频失真较小, 要求最大失真小于 5%—15% 之间。

6 输出功率

晶体管的输出功率有如下三种:

(1) 最大输出功率——不考虑失真时, 能够达到的最大输出功率。

(2) 最大有用功率——又称为不失真功率, 它是指非线性失真为 10% 时的输出功率。

(3) 额定输出功率——又称标称功率, 它是指在一定的非线性失真时, 输出功率的标称值。

晶体管收音机的额定输出功率, 一般在 30—2000 毫瓦之间。

和其它事物一样, 收音机的各性能指标间也存在着矛盾, 例如为了减小频率失真, 要求调谐回路的频宽不应太小, 即 Q 值不应太大, 这就和选择性要求调谐回路的频宽不应太大, 即 Q 值应大一些相矛盾; 又如为了减小非线性失真, 要求除变频级以外的各级晶体管都尽可能工作在线性区域, 对于工作区域较大的晶体管还应设法消除由于非线性失真产生的谐波, 但如果要求非线性失真非常小, 就会使晶体管不能充分发挥作用, 有效增益会降低影响灵敏度。因此, 在实际工作

中,必须对具体情况作具体分析,不能把过程中所有的矛盾平均看待,必须把它们区别为主要的和次要的两类,着重于捉住主要的矛盾同时兼顾其它,在保证收音机质量的前提下统一起来。

7-2 输入电路

一 输入电路的作用和要求

从天线到收音机第一级输入端之间的电路叫输入电路,任何简单或复杂的收音机都有其输入电路。输入电路的作用就是从天线接收来的各种信号中把需要收听的电台信号选择出来,并传输到收音机的第一级,而把其它不需要收听的信号(干扰)有效地加以抑制。对输入电路的要求是:

1 要求输入电路的电压传输系数尽可能大,且在整个波段中都变化不大。所谓电压传输系数就是指输入电路的输出电压 $\tilde{U}_{s.o}$ 与天线内的有用电动势 E_A 之比,即

$$K_r = \frac{\tilde{U}_{s.o}}{E_A}$$

要尽可能的大。

2 输入电路的选择性要好,即从天线传输来的多而杂的信号中分出有用信号的能力要强。这是输入电路的主要作用,对抑制干扰,特别是对超外差式机中常碰到的象频干扰、中频干扰是有利的。

3 要有足够的波段覆盖,即收音机能调到所要接收的整个波段内各个频率的电台信号,并且所调谐到的每一个频率都能达到上述传输系数和选择性能等主要指标。波段覆盖常以覆盖系数 K_f 来表示,其定义为波段中最高频率与最低频率之比,即

$$K_f = \frac{f_{\max}}{f_{\min}} \quad \left(\text{如中波段 } K_f = \frac{1605 \text{ kHz}}{535 \text{ kHz}} = 3 \right)$$

此外还要考虑天线参数(如天线分布电容,天线的电感和天线电阻)变化时对输入电路影响要小,当改变天线类型,天线接法或人手触到天线时,对收听效果应该影响很小。

二 磁性天线输入电路

图 7-2-1 所示是晶体管收音机中典型的磁性天线输入电路。它是由可变电容 C_{1a} 和微调电容 C_T 和铁氧体磁棒以及绕在磁棒上的谐振线圈 L_1 与耦合线圈 L_2 组成的。磁棒起着接收电磁波的作用,所以磁棒与套在它上面的谐振线圈 L_1 就构成了所谓的磁性天线。由于磁棒的导磁率很高,空间的电磁波穿过它时,形成非常密集的磁力线贯穿磁棒,使谐振线圈 L_1 上感应出较高的感应电动势。磁性天线的这一特点,使得它具有很强的方向性。

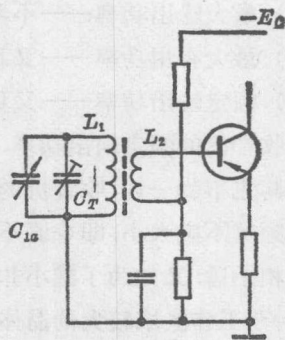


图 7-2-1 磁性天线输入电路

因为一般的无线电广播(中、短波),电台发射的电磁波都是垂直极化的电磁场,即它的电场强度矢量是平行于地面的。因此,只有磁棒的轴线与电波传播的方向垂直,且与地面平行,即与交变磁场分量平行时,穿过磁棒上线圈 L_1 的磁力线才最多,因此在这个方向上线圈里感应的交变电动势才最大。

这里选择电台的作用是由线圈 L_1 和电容 $C(C=C_{1a}+C_T)$ 构成的调谐输入回路来完成的,而通过 L_2 与晶体管的输入阻抗相匹配,使晶体管能得到最大的输入功率。改变输入回路中的电容 C_{1a} 可以改变输入回路的谐振频率,从而可以接收不同的电台信号。比如,有频率为 $f_1, f_2, f_3 \dots f_n$ 的不同电台发射的电磁波同时被磁棒所接收,在线圈 L_1 上感应出频率不同的电动势 $E_1, E_2, E_3 \dots E_n$ 。这就相当于频率不同的交变电源同时串接在 $L_1 C$ 调谐回路内如图 7-2-2 所示,按第五章所讨论的串联谐振的特性可知,如果调节电容器 C_{1a} 使调谐回路对频率为 f_1 的电动势谐振,则回路里频率为 f_1 的电流最大, L_1 两端的电压也最大,通过 L_1 与 L_2 的耦合,频率为 f_1 的电台信号便传输到 BG_1 的输入端。其它频率的电台信号则被有效地抑制。

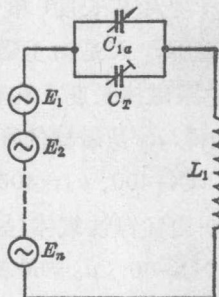


图 7-2-2 LC 与电台信号组成

由于实际选用的可变电容 C_{1a} 其最大容量 $C_{1a \max}$, 最小容量 $C_{1a \min}$ 不是恰好满足波段覆盖的要求,所以要在 C_{1a} 的旁边再并联一个电容 C_T , 选择适当的 C_T 值使得

$$f_{\min} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1(C_{1a \max} + C_T + C_s)}} \quad (7-2-1)$$

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1(C_{1a \min} + C_T + C_s)}} \quad (7-2-2)$$

才能使 C_{1a} 从 $C_{1a \min}$ 变到 $C_{1a \max}$ 时,收到我们需要的这个频段($f_{\min} \sim f_{\max}$)内所有的电台。

由式(7-2-1)、(7-2-2)消去 L_1 , 可得

$$C_T = \frac{C_{1a \max} - \left(\frac{f_{\max}}{f_{\min}}\right)^2 C_{1a \min}}{\left(\frac{f_{\max}}{f_{\min}}\right)^2 - 1} - C_s \quad (7-2-3)$$

其中 C_s 是布线电容,是估计的,约几个微微法,由于估计值可能有出入,所以计算出来的 C_T 只是一个大约数,因此 C_T 往往选用半微调电容,以便在安装以后可以进行调整,一经调整合适,则固定不变。

选定 C_{1a} , C_T 后,回路电感 L_1 可由下式求出

$$L_1 = \frac{1}{(C_{1a \max} + C_T + C_s)(2\pi f_{\min})^2} \quad (7-2-4)$$

或

$$L_1 = \frac{1}{(C_{1a \min} + C_T + C_s)(2\pi f_{\max})^2} \quad (7-2-5)$$

或由此二式消去 $(C_T + C_s)$ 得

$$L_1 = \frac{2.53 \times 10^{10}}{C_{1\sigma \max} - C_{1\sigma \min}} \left(\frac{f_{\max}^2 - f_{\min}^2}{f_{\max}^2 f_{\min}^2} \right) \quad (7-2-6)$$

式中 $C_{1\sigma \max}$ 、 $C_{1\sigma \min}$ 单位为微微法， $f_{\max}$ 、 $f_{\min}$ 单位为千赫， L_1 为微亨。

L_1 确定以后，用电工学知识就可以求得初级圈数

$$N_1 = \sqrt{\frac{L_1 l \times 10^4}{SK\mu_0 4\pi}} \quad (7-2-7)$$

式中 l 是磁棒长度，单位为毫米， S 是磁棒截面积，单位为毫米²， K 是由于磁棒不是闭合的而附加的修正系数，它跟磁棒长度 l 和直径 d 的比值有关，可由图 7-2-3 查得， μ_0 是磁棒的环导磁率^①，如国产磁棒

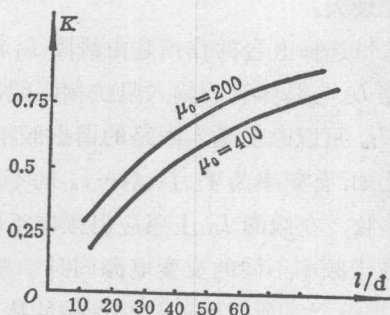


图 7-2-3 $K \sim l/d$ 的关系曲线

MX-400、 $\mu_0 = 400$ 高斯/奥斯特，用于中波 (<1.6 兆赫) 由锰锌铁氧体 (呈黑色) 制成。

NX-60 $\mu_0 = 60$ 高斯/奥斯特，用于短波 (<12 兆赫) 由镍锌铁氧体 (呈棕色) 制成。

NX-40 $\mu_0 = 40$ 高斯/奥斯特，用于短波 (<26 兆赫) 由镍锌铁氧体制成。

磁棒的导磁率与磁棒的长度 l 和直径 d (或横截面积) 有关， l/d 愈大磁棒的导磁率愈大。因而，相同的磁性材料， l/d 愈大，灵敏度就愈高。是否可以无限地增大 l/d 呢？我们看问题要从各方面去看，不能只从单方面看。从提高收音机的灵敏度方面看 l/d 是越大越好，但是 l 太长，要增大收音机的体积而且容易断； d 太小，输入回路的线圈匝数要多， Q 值要降低，而且磁棒容易饱和，考虑到各方面的因素，收音机中用的磁棒，一般取 $l = 100 \sim 200$ 毫米， $d = 10$ 毫米左右。

下面再确定次级圈数 N_2 。设初级线圈空载品质因数为 Q_0 ，则初级回路空载谐振阻抗为

$$\omega_0 L_1 Q_0 = 2\pi f_0 L_1 Q_0$$

选择次级圈数 N_2 ，是为了使输入回路的功率，最有效地输送到变频级 (若第一级就是变频级) 达到功率匹配。从匹配的条件出发，变频级的输入阻抗 Z_{sr} ，反射到初级的阻抗应该等于回路空载谐振阻抗，即

$$\left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 Z_{sr} = 2\pi f_0 L_1 Q_0 \quad (7-2-8)$$

或

$$N_2 = N_1 \sqrt{\frac{Z_{sr}}{2\pi f_0 L_1 Q_0}} \quad (7-2-9)$$

一般中波磁性天线的空载品质因数 Q_0 为 100 左右，晶体管的输入阻抗 Z_{sr} 约 1~2 千欧，工作频率在中波段常以 1000 千赫计算，根据式 (7-2-6) 求得 L_1 之后，次级圈数 N_2 就可以确定。

由于这时磁性天线的有载品质因数降为空载品质因数 Q_0 的一半，所以磁性天线输入电路的通频带为

① 环导磁率——是指在圆环型的磁性材料上，绕上线圈后的电感量与同样线圈绕在相同外型尺寸的非磁性材料上的电感量之比。

$$B = \frac{2f_0}{Q_0}$$

若取 $Q_0=100$, 则对于 $f_0=1000\text{ kHz}$ 的信号来说通频带为

$$B = \frac{2 \times 1000}{100} = 20\text{ kHz}$$

绕在磁棒上的线圈是直接影响收音机的频率覆盖和其它质量指标的, 要求它的 Q 值要高, 所以, 中波线圈都用多股绞合成的纱包线或丝包线绕制, 如使用直径为 0.07 毫米, 0.1 毫米, 0.13 毫米等规格的 $\phi 0.07 \times 7$, $\phi 0.07 \times 28$ 和 $\phi 0.1 \times 7$, $\phi 0.13 \times 7$ 等多股线。短波线圈则用镀银铜线绕制。

线圈的 Q 值不仅与多股线的股数和每股线的线径有关(线径越粗, 股数越多, Q 值越高), 而且还与它在磁棒上的位置有关。线圈愈靠近磁棒的中心, 电感量愈大, 在磁棒上引起的损耗也相应剧增, Q 值便下降。线圈摆在磁棒的两侧, 电感量虽减小了, 但在磁棒上引起的损耗却减小很多, 因而 Q 值反而增加, 所以线圈一般都安置在磁棒的两侧。由于在一定范围内, 线圈在磁棒上的位置较线径的粗细程度对 Q 值的影响大, 故一般袖珍式收音机, 因为磁棒很短, 为保持线圈在磁棒的两侧, 都采用比较小的绞合线绕制线圈。

三 使用外接天线的输入电路

在接收远地电台时, 为了提高收音机的灵敏度有时使用外接天线。如果外接天线象图 7-2-4 (a) 那样直接接在输入调谐回路上, 称为直接耦合式输入电路。在这种情况下, 初级回路仍然是

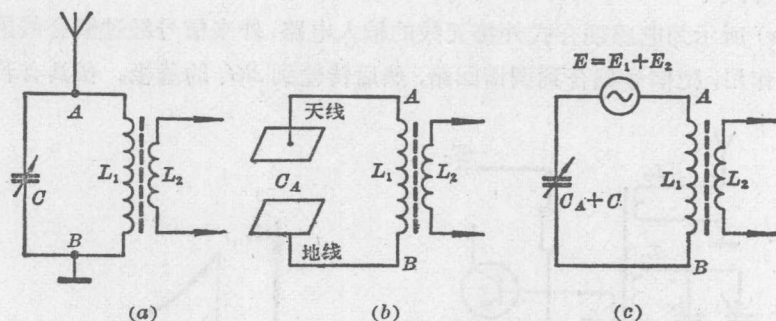


图 7-2-4 磁性天线输入电路加外接天线后的情况

一个串联谐振电路, 不过, 这时回路的电容为 $(C_A + C)$, 其中 C_A 是天线与地线之间构成的天线电容, 如图 7-2-4 (b) 所示, 这时回路中的等效电动势 E 也由两部分组成如图 7-2-4 (c) 所示, 既有从磁棒接收电磁波的交变磁场所产生的感应电动势 E_1 ; 又有外接天线接收电磁波的交变电场所产生的感应电动势 E_2 , 因此, 接收微弱信号的能力增强了, 收音机的灵敏度提高了。由于外接天线接收并不象磁性天线接收具有很强的方向性, 所以加了外接天线之后, 整个收音机的接收方向性就不明显了。在这种直接耦合的情况下, 由于天线电容并接在调谐回路的两端, 使调谐回路的电容和损耗增大, 导致回路失谐接收不到高端的电台和选择性变坏。所以通常都不把外接天线直接接入调谐回路, 而是采用一定的方式加接外接天线。下面介绍几种外接天线的方式。

1 电容耦合式

图 7-2-5a 是电容耦合式外接天线的输入电路。外接天线所感应到的电台信号经过 C_0 的耦合, 传输到调谐回路, 经调谐回路所选择的电台信号, 通过 L_1 与 L_2 的电感耦合传输到 BG_1 的输入端。

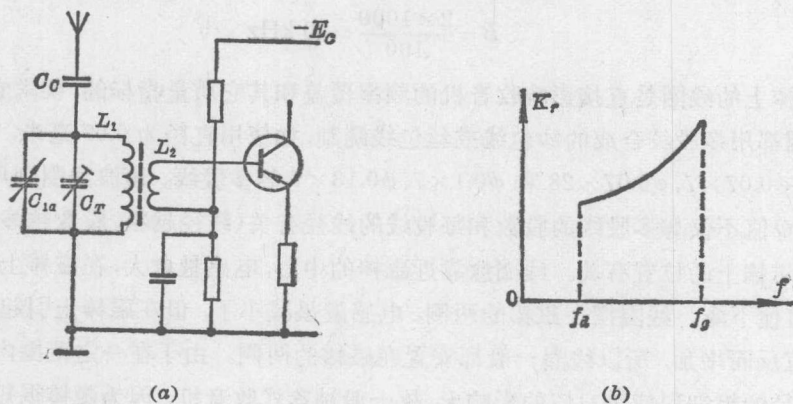


图 7-2-5 电容耦合式

这种输入电路, 其电压传输系数 K_r 与信号频率 f 的平方成比例。如图 7-2-5(b) 所示。为了避免天线对回路的影响, C_0 应选得足够小 ($C_0 \leq C_A$, C_A 表示天线等效电容) 但这样又使电压传输系数减小, 特别是对整个波段的低频端电台。

通常选择 C_0 在几个微微法到几十个微微法之间。

2 电感耦合式

图 7-2-6(a) 所示为电感耦合式外接天线的输入电路, 外来信号经过耦合线圈 L_0 (通常叫天线线圈) 由互感作用, 把信号耦合到调谐回路, 然后传输到 BG_1 的基极。在具有若干波段的输入

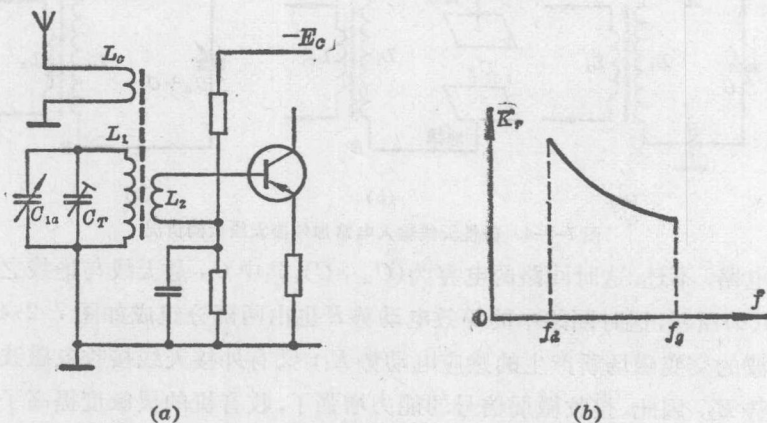


图 7-2-6 电感耦合式

电路中, 当由其中某一分波段转到另一分波段时, 不仅必须变换调谐回路的电感量, 还必须相应地改变耦合线圈 L_0 的电感量。否则传输系数将受到影响, 降低灵敏度。电感耦合式输入电路, 其电压传输系数 K_r 与频率 f 的关系如图 7-2-6(b) 所示。

3 电感电容耦合式

如图 7-2-7(a) 所示, 即有电感耦合也有电容耦合, 所以这种电路叫电感电容耦合式输入电

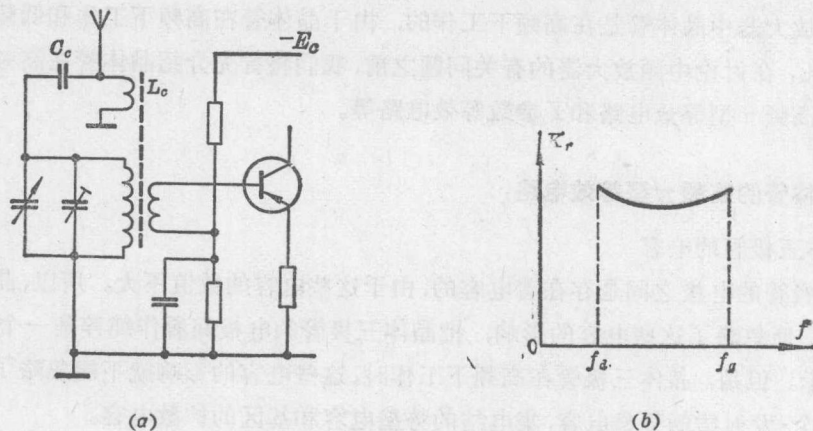


图 7-2-7 电感电容耦合式

路, 也称混合式输入电路, 其优点是信号的传输系数在工作波段内比较均匀。这是由于两种耦合相辅作用的结果, 如图 7-2-7(b) 所示, 缺点是电路元件增多, 调整比较麻烦。

四 电子管超外差式收音机输入电路

图 7-2-8 是典型电子管收音机的输入电路, 通过开关 K_1 可转换收音机的接收波段。 L_1 与 L_2 和 C_1 、 C_2 组成了中波的输入电路; L_3 与 L_4 和 C_1 、 C_4 组成了短波的输入电路。比较图 7-2-1 和图 7-2-8 可以看出, 晶体管收音机的输入电路中其调谐回路不是直接接入 BG_1 的输入端, 电子管收音机的调谐回路却是直接接入 G_1 的输入端, 这是由于晶体管的输入阻抗低, 如果将调谐回路直接接在输入端, 就会大大降低调谐回路的 Q 值, 使输入电路无法正常工作。电子管的输入阻抗高, 它与调谐回路并接后, 对回路的 Q 值影响很小。

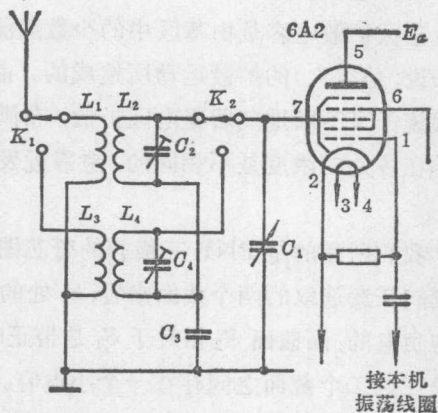


图 7-2-8 电子管收音机的输入电路

7-3 中频放大器

中频放大器是超外差式收音机不可缺少的组成部分, 超外差式收音机的选择性和灵敏度主要由它决定。对于中频放大器必须满足下列基本要求:

- 1 要有良好的选择性。
- 2 工作要稳定, 即要求其受电压、温度的影响要小, 更不能产生自激振荡。