

电子技术 综合实习

DIANZI JISHU ZONGHE SHIXI

主编 李小根
主审 周 群



四川大学出版社

翠丽姝：端庄

出学大川四：猪姐一，睡主册小季：下天日影木：千由

第一分册 高中一年级 主编 李小相 卷 II ... 中 I

主审 周 群

号 081010 案 (7005) 字 对 调 阅 910 前 件 图 本 册 园 中



四川大学出版社

责任编辑:胡兴戎

责任校对:罗 杨

封面设计:吴 强

责任印制:杨丽贤

图书在版编目(CIP)数据

电子技术综合实习 / 李小根主编. —成都:四川大学出版社, 2007.2

ISBN 978-7-5614-3646-2

I. 电… II. 李… III. 电子技术-实习-高等学校-教材 IV. TN-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 019189 号

书名 电子技术综合实习

主 编	李小根
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行	四川大学出版社
书 号	ISBN 978-7-5614-3646-2/TN·26
印 刷	郫县犀浦印刷厂
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	8.25
字 数	185 千字
版 次	2007 年 2 月第 1 版
印 次	2007 年 2 月第 1 次印刷
印 数	0 001~5 000 册
定 价	12.00 元

◆ 读者邮购本书,请与本社发行科联系。电 话:85408408/85401670/85408023 邮政编码:610065

◆ 本社图书如有印装质量问题,请寄回出版社调换。

◆ 网址: www.scupress.com.cn

版权所有◆侵权必究

前言

电子技术的应用非常广泛,《电子技术综合实习》是针对理、工科非电类各专业学生进行电子技术实践的指导书。根据教育部与专业教学指导委员会对教材的要求,我们总结了多年电子设计与制作的教学改革成果,在加强以传统电子设计方法为基础的工程设计训练的同时,尽量使学生接触和体会现代电子设计自动化技术的新方法和新工具,进一步拓宽视野,系统地、科学地培养学生的实际动手能力、理论联系实际的能力、工程设计与实施能力。

本书的对象主要是理、工科非电类各相关专业大学二年级和三年级的本科学生,因此本书的内容主要涉及对学生将所学电子技术理论应用于实践过程的培养,旨在提高其学习电子技术课程的兴趣和质量。本书在内容安排和编写中有以下几个特点:(1)注意基本技能的培养。本书以收音机为例,对电子电路的设计,电子器件的测试、安装、焊接以及电子系统调试进行了详细介绍,这对于初学者是非常重要的。(2)实习课题少而精。由于受学时、学生所学知识的限制,本书精心挑选了几个实例作为实习项目,能够满足对大学生电子技能初级培训的需要。(3)引进了先进的电子设计自动化技术的实践内容,如可编程器件。

本书的第一章介绍了无线电通讯与收音机工作原理;第二章为电子工艺实习的实例与常用知识;第三章介绍可编程逻辑器件的原理及其应用;第四章详尽地介绍了 Altera 公司的 PLD 开发软件“MAX+plus II”以及“掌宇 CIC310 型开发平台”的应用;第五章为数字电子技术实习实例。

本书由李小根主编,由周群审稿。第一章由王晓芳、李小根编写,第二章由涂国强、李小根编写,第四章由翁嫣琥、李小根编写,李小根编写第三、第五章。

本书在编写过程中得到四川大学电气信息学院相关领导的鼓励与支持,得到电工电子基础教学实验中心老师们的支持与帮助,还得到了北京掌宇金仪科教仪器设备有限公司的大力支持,在此我们表示衷心的感谢。

由于编写时间比较仓促,加之我们水平有限,书中难免会有疏漏和不足之处,欢迎广大读者和各界专家批评指正。

编 者

2006 年 12 月

目 录

第一章 无线电通讯与超外差收音机的工作原理	(1)
1.1 无线电通讯	(1)
1.1.1 无线电波的波长、频率与波段划分	(1)
1.1.2 无线电波的发射	(3)
1.1.3 超外差收音机简介	(4)
1.2 超外差收音机的工作原理	(5)
1.2.1 输入电路	(5)
1.2.2 变频电路	(9)
1.2.3 中频放大器	(12)
1.2.4 检波与自动增益控制电路	(15)
1.2.5 低频放大电路	(19)
1.3 CXA 1191 AM/FM 超外差收音机工作原理	(22)
1.3.1 CXA 1191 收音机概述	(22)
1.3.2 AM 部分工作原理分析	(24)
1.3.3 FM 部分工作原理分析	(28)
第二章 电子工艺实践	(31)
2.1 DT9205 型数字式万用表的使用与元件测试	(31)
2.2 电子元件的识别	(36)
2.2.1 电阻、电容、电感在元件上表示参数的方法	(37)
2.2.2 电阻、电容、电感元件及其主要参数	(39)
2.3 焊接技术	(42)
2.3.1 电烙铁	(42)
2.3.2 焊接工艺	(43)
2.4 超外差收音机的安装与调试	(45)
2.4.1 超外差式收音机专用元件的测判	(46)
2.4.2 超外差收音机的安装与调试	(46)
2.4.3 产品调试	(49)
2.4.4 收音机调试中的常见问题分析	(55)
第三章 可编程逻辑器件	(58)
3.1 可编程逻辑器件概述	(58)

3.1.1	可编程逻辑器件的特点	(58)
3.1.2	可编程逻辑器件的分类	(59)
3.1.3	可编程元件	(59)
3.2	简单的可编程逻辑器件	(61)
3.2.2	可编程阵列逻辑器件	(61)
3.2.3	可编程通用阵列逻辑器件	(61)
3.3	复杂的可编程逻辑器件	(63)
3.3.1	CPLD 的基本结构	(63)
3.3.2	MAX 7000 系列器件的结构	(64)
3.4	现场可编程门阵列	(66)
3.4.1	现场可编程门阵列的基本原理	(66)
3.4.2	FLEX 8000 系列器件的结构	(67)
第四章 可编程逻辑器件的开发与实践		(78)
4.1	基于 MAX+plus II 软件环境的电路设计实践索引	(78)
4.2	建立设计项目(工程)	(79)
4.2.1	启动 MAX+plus II 软件环境(管理器窗口)	(80)
4.2.2	指定设计项目名称	(80)
4.2.3	指定图形文件的后缀名	(81)
4.2.4	打开图形编辑器	(81)
4.3	开始绘制原理图文件	(83)
4.3.1	激活图形编辑区	(83)
4.3.2	调用库元件和输入/输出端口	(83)
4.3.3	为输入/输出端口命名	(85)
4.3.4	保存文件保存文件	(86)
4.4	开始编译设计项目	(86)
4.4.1	选项 1:为设计项目选择器件	(86)
4.4.2	选项 2:设定电路结构资料加载的 SRAM 模式	(87)
4.4.3	选项 3:设定整个 FPGA 组件组合电路的性能	(88)
4.4.4	设定器件的引脚分配	(89)
4.4.5	存盘与生成引脚定义文档	(90)
4.4.6	指定编译报告文件中需要报告的内容	(91)
4.4.7	开始编译	(91)
4.5	用软件进行项目的功能仿真	(92)
4.5.1	打开引脚节点对话框	(92)
4.5.2	选择欲仿真的输入、输出端口	(93)
4.5.3	编辑输入信号的波形图	(93)
4.5.4	进行仿真	(95)

4.6 下载文件到芯片完成项目的设计工作	(95)
4.6.1 下载步骤简述	(95)
4.6.2 连接好掌宇开发机	(96)
4.6.3 运行装载(烧录)工具	(96)
4.6.4 下载设计文档到芯片中	(97)
4.7 掌宇 CIC310 型 CPLD/EPGA 开发系统的安装与使用	(98)
第五章 数字系统的设计实践指导	(108)
5.1 电子技术综合实验课程任务书	(108)
5.1.1 设计实习任务一:MAX+plus II 软件入门实践	(108)
5.1.2 设计实习任务二:十进制计数显示器的设计与 FPGA/CPLD 开发机 应用实践	(111)
5.1.3 设计实习任务三:二位十进制和六十进制计数器的设计	(115)
5.1.4 设计实习任务四:多功能数字钟的设计与实践	(117)
5.2 电子实习 II 实习任务与指导	(119)
5.2.1 设计实习任务一:MAX+plus II 软件入门实践	(119)
5.2.2 设计实习任务二:十进制计数显示器的设计与 FPGA/CPLD 开发机 应用实践	(119)
5.2.3 设计实习任务三:二位十进制计数器的设计	(119)
5.2.4 设计实习任务三:将十进制计数器改设计为六十进制计数器	(122)

第一章 无线电通讯与超外差收音机 的工作原理

1.1 无线电通讯

1.1.1 无线电波的波长、频率与波段划分

1. 无线电波波段的划分

无线电波的波长从不到一毫米到几十千米（频率范围由几十千赫到几十万兆赫），通常根据波长（频率）把无线电波划分成几个波段，如表 1.1-1 所示。

表 1.1-1 无线电波波段的划分

波段名称	频段名称	频率范围	波长范围	用途
超长波	甚低频 VLF	3 kHz~30 kHz	10^5 m~ 10^4 m	海上远距离通信
长波	低频 LF	30 kHz~300 kHz	10^4 m~ 10^3 m	超远程无线电通讯和导航
中波	中频 MF	300 kHz~1500 kHz	10^3 m~ 2×10^2 m	无线电广播
中短波	中高频 IF	1.5 MHz~6 MHz	2×10^2 m~50 m	电报通讯
短波	高频 HF	6 MHz~30 MHz	50 m~10 m	无线电广播、电报通讯
米波	甚高频 VHF	30 MHz~300 MHz	10 m~1 m	无线电、电视广播、导航
分米波	特高频 UHF	300 MHz~3000 MHz	1 m~ 10^{-1} m	电视、雷达、无线电导航
厘米波	超高频 SHF	3×10^3 MHz~ 3×10^4 MHz	10^{-1} m~ 10^{-3} m	雷达、卫星通讯、接力通讯
亚毫米波	超极高频	3×10^5 MHz 以上	10^{-3} m 以下	无线电接力通讯

2. 无线电波的传播

无线电波是横波，即电场和磁场的方向都跟波的传播方向垂直，在无线电波中，

各处的电场强度和磁感应强度的方向也总是互相垂直的，这样，它们总是互相切割，不断产生出新的电磁波向远方传播，如图 1.1-1 所示。不同波长的电磁波，传播特性不相同，其传播方式大致可分为地波、天波和空间波三种形式。

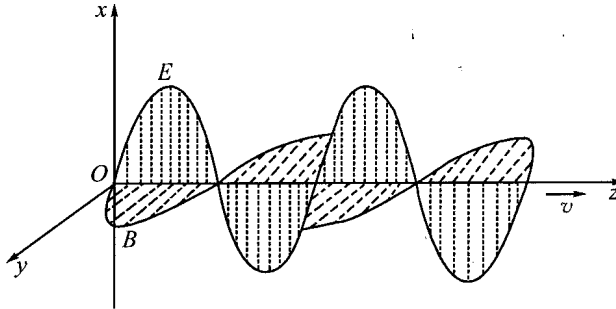


图 1.1-1 无线电波传播示意图

1) 地波

沿地球表面空间向外传播的无线电波叫做地波，如图 1.1-2 (a) 所示。地波具有衍射特性，当无线电波的波长大于或相当于山坡、建筑物等障碍物的尺寸时，它可以绕过障碍物继续向前传播。

地球是导体，地波沿地面传播时，地球表面因电磁感应而产生感应电流，会消耗能量，并且能量损耗随频率升高而增大。考虑到能量损失，只有中波、长波才以地波方式传播。地波传播稳定可靠，在超远程无线电通讯和导航等方面多采用中长波。

2) 天波

依靠电离层的反射作用传播的无线电波叫做天波，如图 1.1-2 (b) 所示。在地球表面的大气层中，在 60 km~400 km 范围内，由于太阳光的照射，气体分子分解为带正电的离子和自由电子，形成电离层。电离层一方面可以反射无线电波，反射率随无线电波的频率增大而减小。实践表明，波长短于 10 m 的微波会穿过电离层射向宇宙，电离层只能反射短波或波长更长的无线电波。另一方面，电离层还要吸收无线电波，吸收率随无线电波的频率减小而增大，中波和中短波一部分被吸收，因此只有短波以天波方式传播。

天波传播受外界影响较大，它与电离层强度、太阳辐射强度等多种因素有关。由于这些原因，短波收音机夜晚收到的电台比白天多。

3) 空间波

沿直线传播的无线电波叫做空间波，它包括由发射点直接到达接收点的直射波和经

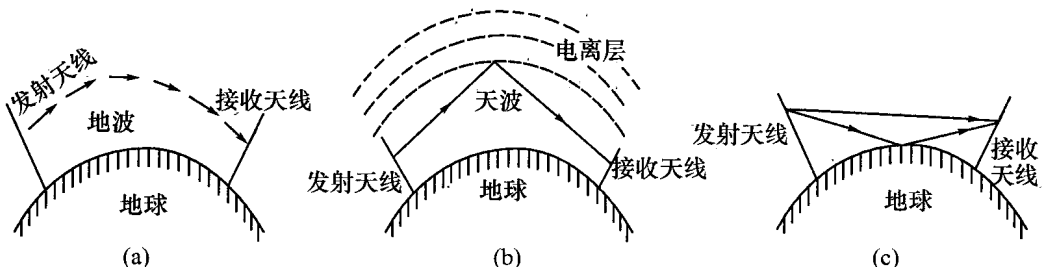


图 1.1-2 无线电波的传播途径

地面反射到接收点的反射波,如图 1.1-2 (c) 所示。

由于地球表面是圆球形的,沿直线传播的微波不能传播很远,一般为几十千米。空间波受大气干扰小,能量损耗小,接收到的信号较强而且较稳定,所以无线电视、雷达都采用以空间波方式传播的微波传输信号。

1.1.2 无线电波的发射

1. 载波的调制与解调

1) 载波

无线电通讯是用空中传播的电磁波来传递信息的。由于低频电磁波的发射需要足够长的天线,而且能量损失大,所以低频信号不能直接由天线发射。只有波长足够短(即频率足够高)的电磁波,才能有足够的能量由天线发射出去。因此,无线电广播要用高频电磁波载上低频信号传播到空间去。在无线电通讯中,通过高频振荡电路产生的高频、等幅电磁波叫做载波。载波是运输工具,起运载低频信号的作用。

2) 调制

用低频信号控制高频载波的过程叫做调制,低频信号叫调制信号。如果载波的幅度被低频信号所控制,这种调制叫做调幅;如果载波的频率被低频调制信号所控制,这种调制叫做调频;如果载波的初相被低频调制信号所控制,这种调制叫做调相,如图 1.1-3 所示。经过调制后的电磁波叫做已调波,它可以通过天线向空间辐射出去。不同的广播电台,采用不同频率的载波,彼此互不干扰。

3) 解调

从已调波中将低频调制信号还原出来的过程叫做解调。解调又有检波和鉴频之分,分别用于调幅收音机和调频收音机中。

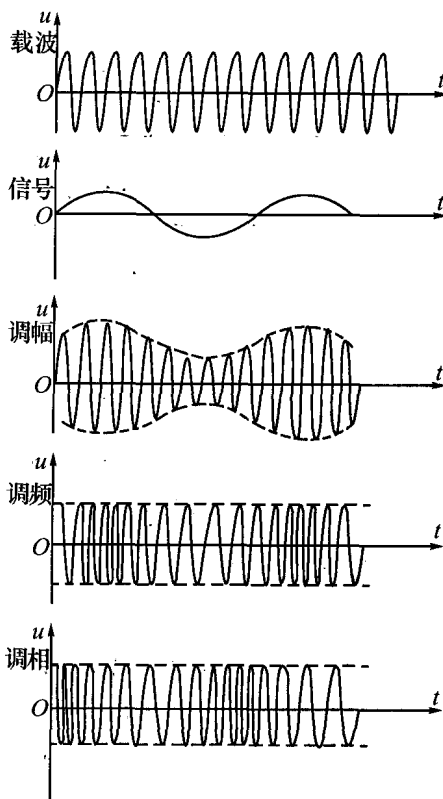


图 1.1-3 调幅、调频、调相

2. 无线电通讯的基本原理

无线电广播主要由话筒、高频振荡器、调制器、放大器和发射天线等部分组成,其方框图与各部分信号波形图如图 1.1-4 所示。

语音或音乐的声波使话筒内的弹簧片产生机械振动,通过电磁感应的作用,将机械振动转换为相应的音频电流或电压,经音频放大器放大后,去调制由高频振荡器产

生的高频载波,再经功率放大器放大后,由天线发射出去。电台发射的信息由无线接收设备——收音机接收下来,并通过放大、解调等处理,还原成声音信号,就完成了从发射到接收的全过程,达到远距离无线通讯的目的。现在广泛使用的手机等无线通讯工具,就是一部完整的从发射到接收的双工设备。

无线电通讯从诞生至今已经 100 多年了,无线电通讯技术走过了从矿石机、单管机、多管直放式来复机,到超外差收音机的漫长路程。晶体管超外差机已被集成电路所取代,单片式收音机也已发展到相当成熟的地步。我们今天来讲分立式晶体管七管超外差收音机似乎过时了一点,但是我们可以通过分析分立式收音机的工作原理充分地了解单片式收音机。

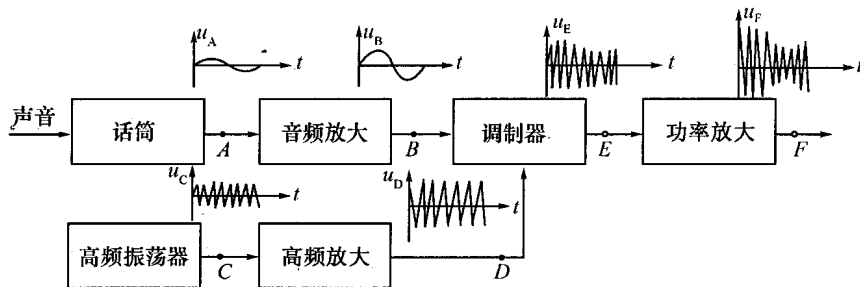


图 1.1-4 无线电广播发射机框图和波形图

1.1.3 超外差收音机简介

超外差收音机最突出的特点是:它把接收到的电台信号与本机振荡信号同时送入变频管进行混频,并始终保持本机振荡频率比外来信号频率高 455 kHz,通过选频电路取两个信号的“差额”进行中频放大。这种电路叫做超外差式电路,采用超外差式电路的收音机叫做超外差收音机。

1. 超外差收音机的基本组成

超外差收音机由输入电路、变频级、中频放大级、检波级、AGC 电路、低频放大级、功率放大级和扬声器组成。其方框图与各部分波形图如图 1.1-5 所示。

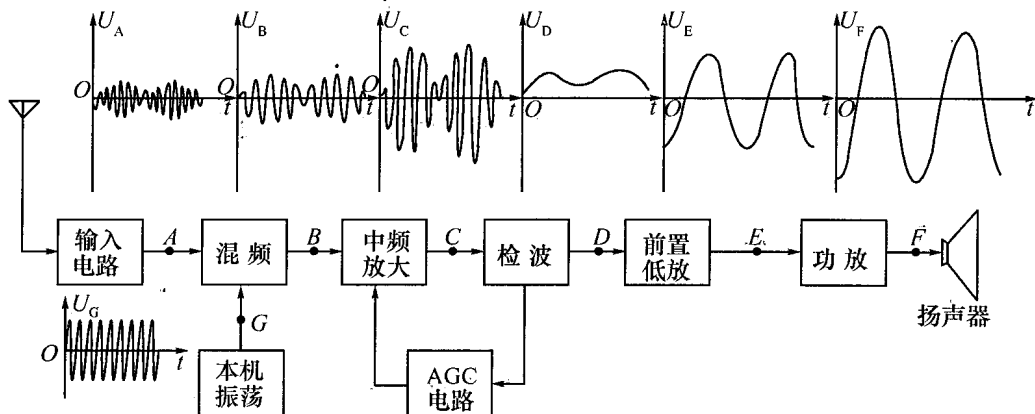


图 1.1-5 超外差收音机框图和波形图

2. 超外差收音机工作过程

输入电路从天线接收到的众多通讯电台发射出来的高频调幅波信号中, 选择出所需要接收的广播电台的信号, 将它送到混频管。收音机中的本机振荡电路产生的高频等幅振荡信号(其频率始终保持比外来信号高 455 kHz) 也被送到混频管。利用晶体管的非线性作用实现混频, 混频后产生这两种信号的“基频”、“和频”、“差频”等。其中, 差频为 455 kHz, 由选频回路选出这个 455 kHz 的中频信号, 将其送到中频放大器放大。经放大后的中频信号再送到检波器检波, 还原成音频信号。音频信号再经前置低频放大和功率放大送到扬声器, 由扬声器还原成声音。

1.2 超外差收音机的工作原理

1.2.1 输入电路

图 1.2-1 所示为七管式调幅收音机电路原理图。下面以该收音机为实例, 介绍超外差收音机的工作原理与设计方法。

1. 输入电路的作用和要求

1) 输入电路的作用

收音机的天线接收到许多通讯电台发射出的高频信号波, 输入电路的作用就是从这些信号中选择出所要收听的电台的高频信号, 并将它输送到收音机的第一级, 把那些不需要收听的信号有效地加以抑制。

2) 对输入电路的要求

(1) 选择性良好。从天线接收到的各种信号中, 选择有用信号的能力要强, 同时能有效地抑制无用信号的干扰。通常采用串联谐振的方法来选择电台信号。

(2) 电压传输系数大。对所要接收的高频信号的衰减要小, 在整个波段范围内, 对各个电台信号的电压传输系数不仅要大, 而且要均匀一致。

(3) 频率覆盖正确。要求输入电路能够选择出指定频率范围内的所有电台信号。

(4) 工作稳定性好。抗外界各种干扰的能力强。例如: 人手触及天线或机壳时, 收音机位置发生变化时, 天线电感或分布电容改变时, 对收听效果产生的影响要尽可能小。

3) 电路组成

图 1.2-1 中的输入电路由磁性天线 B_1 、可变电容 C_{1A} 、高频补偿微调电容 C_2 、交流接地电容 C_3 这 4 个元件组成。

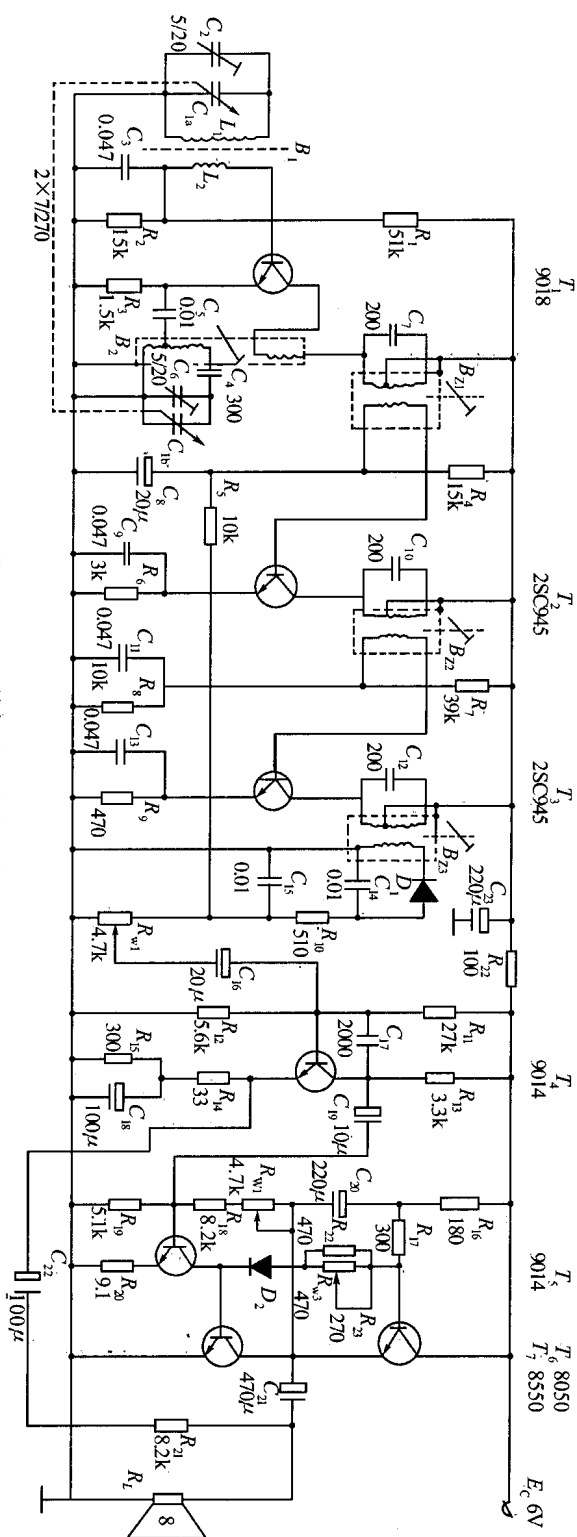


图1.2-1 七管超外差收音机电路原理总图

注:电阻的单位取欧(Ω),电流的单位取毫安(mA),电容的单位取皮法(pF)

2. 串联谐振回路

在电阻、电感、电容串联电路中，当电路端电压和电流同相时叫做串联谐振。串联谐振回路通常由电感线圈和电容组成。

输入电路就是串联谐振的应用实例。

图 1.2-2 所示为 R 、 L 、 C 串联回路，其中 R 代表电感线圈内阻、电容器本身损耗电阻和回路其他损耗电阻之和。

若保持电路元件 L 、 C 不变，使 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = f_0$ ，则电路

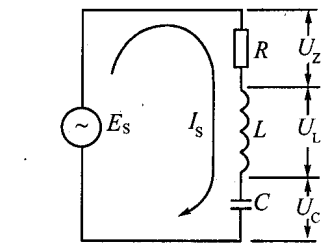


图 1.2-2 R 、 L 、 C 串联回路

发生谐振；若保持 L 、 f_0 不变，改变电容 C ，使 $C = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 L}$ ，则电路也会产生谐振。

3. 输入电路的工作原理

超外差收音机的输入电路利用串联谐振特性来选择所需要的信号，由初级调谐线圈 L 和可变电容器 C 串联构成，如图 1.2-3 (a) 所示。调谐线圈 L 一般绕在铁氧体磁棒上，这就是通常所说的磁性天线。当空间各个不同频率的无线电波通过调谐线圈时，都会在调谐线圈中产生感生电动势，并产生一定的电流。调节可变电容器 C ，使谐振电路与某一信号 e_1 的频率 f_1 发生谐振。根据串联谐振特性，电路对信号 e_1 所呈现的阻抗为最小，则回路电流就最大，因而能在调谐线圈两端得到一个频率为 f_1 的较高信号电压。此电压通过绕在同一磁棒上的次级线圈 L_1 耦合，传送到下一级输入端。而其他频率信号因未发生谐振，电路对它们呈现的阻抗就大，相应的电路电流就小。因此，只有频率为 f_1 的信号被选出来，其他频率的信号都被有效地抑制，如图 1.2-3 (b) 所示。

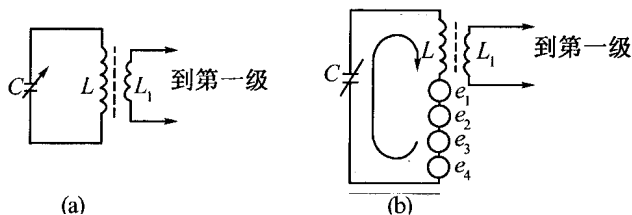


图 1.2-3 输入电路

调节 L 、 C 组成的输入电路，使它对欲接收的信号发生谐振的过程叫做调谐，也就是通常所说的选台。这种输入电路一般称为调谐输入电路或调谐回路。图中的 L 就叫收音机的天线。

4. 天线的种类及耦合方式

天线有磁性天线和外接天线，外接天线又分拉杆天线、外架天线、拖尾天线等。

1) 磁性天线

常用的磁性天线输入电路如图 1.2-4 所示。“磁性天线”由一根长圆或扁长形磁棒和线圈 L_1 、 L_2 组成。中波磁棒用锰锌铁氧体材料制成，长度应大于 50 mm。一般来说，磁棒越长，接收的灵敏度也就越高。线圈用多股纱包线绕制而成，一般都把线圈放在磁棒的两端，这样可以提高输入调谐回路的 Q 值。故磁性天线也被称为磁棒天线。

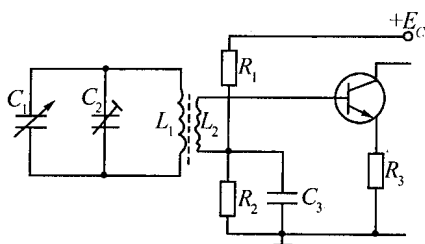


图 1.2-4 磁性天线

空间各种频率的电磁波穿过磁棒时，使谐振线圈 L_1 上感生出强弱和频率各不相同的信号电动势。然后利用串联谐振回路的选频作用，把选出来的信号电压通过 L_2 的耦合作用传送到收音机变频级的基级。

磁棒的磁导率很高，当通讯电台发射的高频已调波通过磁棒时，就有非常密集的磁力线穿过磁棒，使磁棒上的线圈感生出足够高的电动势送入回路。

2) 拉杆天线

拉杆天线由于耦合形式不同，电压传输系数随频率变化的不同，收听效果不同，一般分为直接耦合式天线、电容耦合式天线、电感耦合式天线与电感电容耦合式天线。

(1) 直接耦合式天线。

拉杆天线直接与输入电路联接，即直接耦合式天线，如图 1.2-5 (a) 所示。天线与地之间形成一个大电容，它直接与输入电路联接，相当于在输入调谐回路两端并联了一个大电容，将使输入调谐回路处于失谐状态，选择性显著变坏，许多高频端电台的信号无法收到。直接耦合式天线还将大大增加回路的损耗，影响输入电路正常工作。所以，通常都不采用直接耦合式天线。

(2) 电容耦合式天线。

天线串上一个容量很小的电容 C_3 ，然后再与输入调谐回路联接，即电容耦合式天线，如图 1.2-5 (b) 所示。天线串上一个容量足够的电容（几个皮法至几十个皮法），使总的等效电容大大减小，这样使高频端收听效果有所改善，但是低频端的收听效果较差。

(3) 电感耦合式天线。

拉杆天线串联一个 5 匝左右的线圈 L_3 ， L_3 与 L_1 绕在同一根磁棒上，天线接收到的高频信号通过磁棒耦合到调谐回路，即电感耦合式天线，如图 1.2-5 (c) 所示。改变 L_1 与 L_3 之间的距离，可以改变电压传输系数。电感耦合式天线输入电路的特点是电压传输系数随频率升高而逐渐下降，即低频端收听效果较好，但高频端收听效果改善不明显。

(4) 电感电容耦合式天线。

拉杆天线通过电容 C_3 和电感 L_3 同时耦合到输入调谐回路，即电感电容耦合式天线，如图 1.2-7 (d) 所示。由于这两种耦合共同作用，信号电压传输系数在整个波段范围内比较均匀，收听效果显著改善。

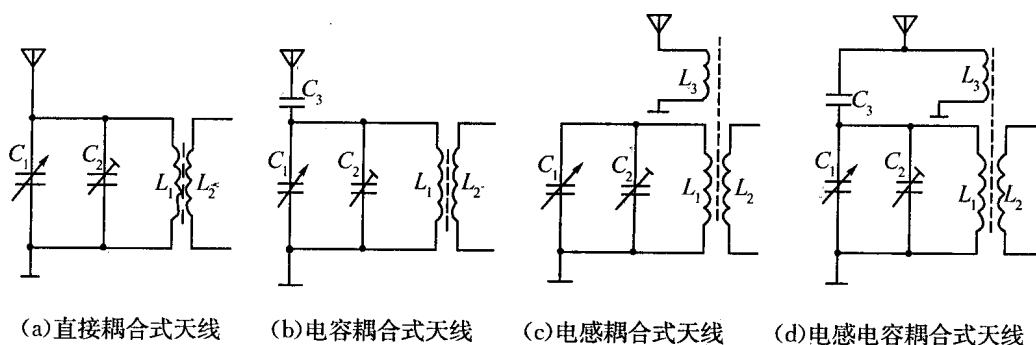


图 1.2-5 外接天线的耦合

1.2.2 变频电路

1. 变频电路的作用和要求

1) 变频级的作用

变频电路是超外差收音机的关键部分，其性能对收音机的灵敏度和信噪比都有很大的影响。它把输入电路送来的广播电台的高频载波信号变成 455 kHz 的中频载波信号。三极管的集电极负载是个中频变压器（调谐回路），由它选出中频信号，再送到后续的中频放大级去。

2) 对变频级的基本要求

- (1) 在变频过程中，原有的低频信号成分（信号的包络）不能有任何畸变。
- (2) 噪声系数非常小。由于变频电路处在整机的最前级，微弱的噪声经逐级放大后，会变得很大。因此要求电路之间的相互干扰和影响要小。
- (3) 工作稳定，不能产生啸叫、停振、频率偏移等不稳定现象。
- (4) 本机振荡频率应始终保持比输入电路选择出的广播电台的高频信号频率高 455 kHz（一个中频）。

3) 变频电路的组成

在图 1.2-1 中，变频电路由下列元件组成：变频三极管 T_1 、输入耦合器 B_1 的副边、上偏置电阻 R_1 、下偏置电阻 R_2 、射极电阻 R_3 、第一中频变压器 $BZ1$ 、本机振荡谐振电容 C_7 、本机振荡谐振变压器 B_2 、本机振荡谐振可变电容 C_{1B} 、高频微调补偿电容 C_6 、本机振荡谐振信号耦合电容 C_5 。

2. 变频原理

1) 变频电路的基本组成

变频电路由本机振荡器、混频和选频回路（中频变压器）三部分组成。其方框图与各部分波形图如图 1.2-6 所示。用一只晶体管完成本机振荡和混频的电路叫做变频器。变频器也可以用两只晶体管分别完成本机振荡和混频，两者的工作原理是相同的。

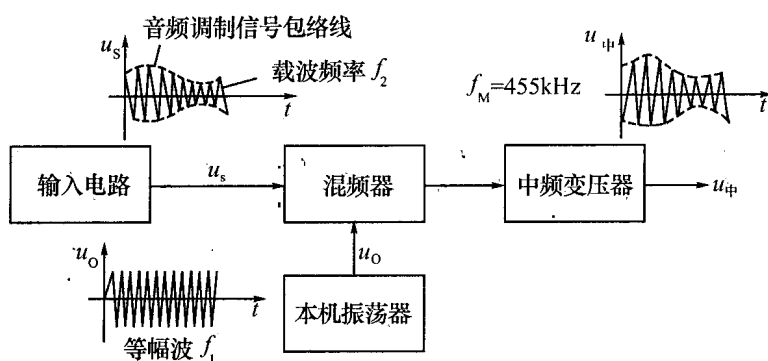


图 1.2-6 变频电路框图及工作波形图

2) 变频原理

把本机振荡电路产生的高频等幅振荡信号 f_1 与输入电路选择出来的广播电台的高频已调波信号 f_2 同时加到非线性元件的输入端。由于元件的非线性作用（晶体管的非线性作用），在输出端除了输出保持原来输入频率 f_1 、 f_2 的信号外，还将按照一定的规律输出频率为 $f_1 + f_2$ 、 $f_2 - f_1$ 等的多种信号。在设计电路时，使本机振荡的频率比外来高频信号频率始终高出 455 kHz。在输出端（集电极所接负载）采用调谐回路，并使回路的谐振频率为 455 kHz，就可选出 $f_2 - f_1 = f_M$ 的 455 kHz 中频信号送至下一级。设计时把这个信号选取频率远小于 f_2 和 f_1 而又远大于音频信号的频率称为中频，可表示成 f_M 或 $f_{\text{中}}$ 。

3. 本机振荡电路

本机振荡电路一般可分为：共基调发式振荡电路、共发调集式振荡电路、共发调基式振荡电路。

1) 共基调发式振荡电路

共基调发式振荡电路如图 1.2-7 所示，属于变压器耦合式振荡器。 R_1 、 R_2 、 R_3 组成分压式电流负反馈偏置电路。 C_1 和 C_2 提供高频通路，并起隔直作用。 R_3 为发射极电阻。 L 和 C_3 、 C 组成谐振回路。 L_1 是晶体管集电极交流负载。从线圈 L 上取得反馈电压，满足振荡条件。

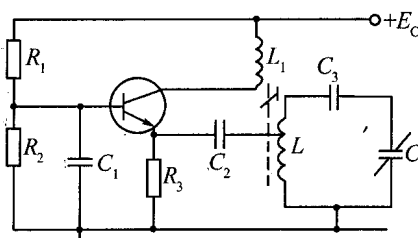


图 1.2-7 共基调发式振荡电路

2) 共发调基式振荡电路

共发调基式振荡电路如图 1.2-8 所示。由 L_1 和 C_3 组成的振荡调谐回路串在基极电路中，发射极接地。反馈电压从线圈 L_1 的 1、2 两点之间取得，以减小晶体管输入电阻对谐振回路的影响，提高回路的品质因数 Q 。

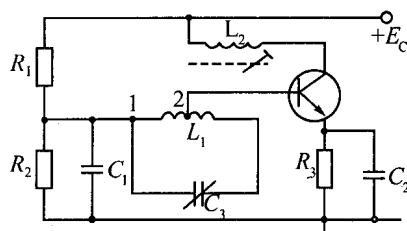


图 1.2-8 共发调基式振荡电路

此外，还有一种不常用的共发调集式振荡电路，这里不再赘述。