

电装实习指导书

(无线耳机讲义)

电装基地编

2016 年 2 月

第一章 实验目的、任务、要求

§ 1. 1 目的

《电子工程实践》是我校本科生和专科生必修的 A 类课程，也是高等教学实践课程的重要环节。

该课程主要以电视无线耳机为对象，通过正规化、规范化的强化训练，让学生了解并体会电子产品商业化生产的全过程。该课程的实施，是对传统理论知识教育环节的有力补充，同时，这种模式化的装配调试，对学生工程师基本素质的训练、思维方式的成长，特别是在实际动手方面都起着重要的作用。

§ 1. 2 任务

通过本课程的学习，学生必须完成以下课程任务：

1. 学会无线电元器件的基本识别方法。
2. 学会看懂电子产品的电原理图，印刷电路图，装配图和整机组装图。
3. 熟悉了解电子产品的工作原理(即掌握原理框图)。
4. 学会掌握正规化的装配技术和焊接技术。
5. 学会掌握电子产品规范化的调试方法和步骤。
6. 学习电子产品的故障诊断和排除方法
7. 完成装配和调试一个合格的电子产品。
8. 学会科研生产工作的总结方法，完成实践报告，报告内容分为以下三部分：
 - (1) 电子产品的基本工作原理；
 - (2) 电子产品的调试方法和步骤；
 - (3) 在装配和调试两个环节的认识和体会。

报告内容要求认真总结，配合图表进行必要说明，字迹端正、卷面整洁清晰。报告质量作为该课程成绩的重要部分。

§ 1. 3 方式

参加《电装实习》课程的学生按选课计划进行实习，在一周内完成作品。

- (1) 学生在每学期安排的上课时间选上课的学周，学生不得跨周选课。
- (2) 每个学生必须在自己所选周次内完成作品，按时归还电子工程实践基地里领取的工具和钥匙。
- (3) 指导教师安排具体事宜。

§ 1. 4 要求

为保证每位同学顺利完成本课程，基地规定以下学生守则：

1、在实践规定时间内，在老师指导下完成以下任务：

- (1) 清点工具箱内工具；
- (2) 清点元器件。

如清点中发现工具或材料有误，立即请指导教师核对；过时再缺少或损坏由学生自己负责。

- 2、装配和焊接操作必须严格按照工艺规范进行，凡操作不当造成损坏，照价赔偿。
- 3、提倡学生间互相帮助检查。严禁代装、代调，凡违反者，两者均按作弊处理。
- 4、保持场内安静、文明、整洁、卫生。禁止吸烟，禁止随地吐痰。
- 5、自觉遵守场内安全、防火规定，防止事故发生。
- 6、离开实验室前，做好工具材料整理工作，并打扫周围卫生。
- 7、实习结束时，保持工具完整齐备，场地清洁。损坏或丢失工具者照价赔偿。

§ 1. 5 考核

每位学生在选定的学周一周时间内完成整个实践过程，指导老师根据该学生在实践期间的考勤情况、认真程度、实践动手能力和实践效果综合情况进行评分。

在实践期限内，不认真努力，不听认指导教师分配和引导，而不能完成实践任务者，该课程将给予不及格分数。

学生考核成绩由以下几方面构成：

思想态度(10%)	10%
实践能力 50%)	
(1) 规范化	15%
(2) 操作能力	30%

(3) 故障排除能力	5%
实践产品质量及调试(15%)	
(1) 仪器使用	10%
(2) 总体质量(包括外型、音质等)	5%
实践报告(25%)	
(1) 理论阐述	5%
(2) 操作步骤	15%
(3) 认识体会	5%
总分	100%

§ 1. 6 实践电子产品

该课程安排的电子产品是市场上新颖、畅销的商品——电视无线耳机。该无线耳机包含接收机与发射机两部分。即可作为电视无线耳机使用，又是一个小型的 FM 收音机。

本机结构简单，装配调试容到一个电台后，会准确调谐并停止搜索，要想换台，只要再按一下搜索按钮，便自动向频率高端搜索，当调谐到最高端时便停止搜索，这时需按一下复位按钮，即又重易，具有灵敏度高等优点，是初学者入门学习的理想实验器材。

接收机的芯片是采用飞利浦公司的 TDA7088 集成电路，使用的电源为 3V，便于组装小型的接收机。电路包括调频收音机中从天线接收、振荡器、混频器、频率自动控制电路、中频放大、中频限幅、低频静噪电路、音频输出等全部功能。调台的方法采用电调谐选台的自动搜索方式，省去了容易产生噪声及易损的可变电容器，所以使用寿命相应延长，方便使用，又可减少体积，使用时只要按一下搜索按钮，接收机便会自动搜索。当搜索新开始从频率低端处开始搜索信号。

接收机内部电路采用单片集成电路，该片 IC 采用双列扁片式封装，包含了 FM 超外差接收所需的全部有源电路，其它元器件为一些调节器件、耦合器件或滤波器件等，主要包括电阻、电容和电感。本机全部器件由原生产公司提供，其中所有元器件都已检验，确定已无故障。在安装无误和焊接良好情况下，均可保证电路工作质量，再经专用仪器调试，可达到市场同等产品的接收效果。

第二章 正规化装配和焊接

作为工程师应具备的基本功，不仅应有丰富的知识，还应有正规化操作技能。本实践课程是完全模拟校外的工厂生产模式进行的。操作的正规化，关系到产品的质量，因此实践的全过程必须是正规化装配和焊接。

§ 2.1 元器件识别

装配前识别先器件的好坏和准确数据，是保证装配电子产品质量的重要步骤之一。

一、电阻

电阻在电路中用来限制电流、降低电压、分配电流、分配电压，可与电容组成电源退耦电路、低通电路、高通电路等，还可给晶体管等元件提供必要的工作条件（提供电压或电流）。

电阻分为固定电阻和可变电阻（即电位器）。其主要技术参数有：标称阻值、阻值误差、额定功率。

电阻的阻值标称有二种方法：一是直接在电阻上标出数据；二是用色环表示阻值。色环表示方法可在任意角度识别其阻值大小，使用很方便，被广泛使用。

常见的有四环电阻与五环精密电阻。

图 2-1 四环色环电阻紧靠电阻头的第一道色环表示阻值的第一位数，第二道色环表示第二位数，第三道色环表示幂的次方，第四道色环表示误差，其中色环的读法见表 1：

举例说明：如色环为“蓝红橙金”，其阻值为： $62 \times 10^3 = 62k\Omega \pm 5\%$ 。

当电流流过电阻器时，就要消耗电能，产生热量。在规定的温度条件下，电阻器长期工作时所允许承受的最大电功率叫电阻器的额定功率，单位是 W（瓦）。

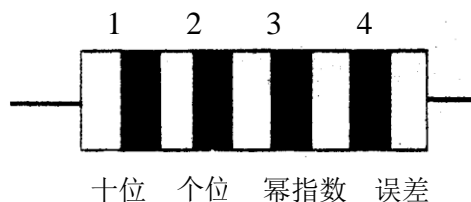


图 2-1 四环色环电阻识别示意图

表 1 四环色环对照表

颜色 序号	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	黑	金	银	无色
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	/	/	/
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	/	/	/
3	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	/	/	10 ⁰			
4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	±5%	±10%	±20%

精密五色环电阻器的读法：

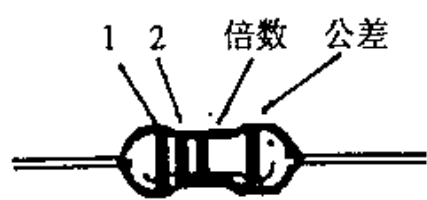
前三环为有效数字，第四环为倍率，第五环为误差环。色环读法见表 2：

表 2 五环色环对照表

第一环表示 第 1 个字 a		第二环表示 第 2 个字 b		第三环表示 第 3 个字 c		倍数 d		电阻 公差	
颜色	数字	颜色	数字	颜色	数字	颜色	倍数	颜色	公差
黑色	0	黑色	0	黑色	0	黑色	1	银色	±10%
棕色	1	棕色	1	棕色	1	棕色	10	金色	±5%
红色	2	红色	2	红色	2	红色	100	棕色	±1%
橙色	3	橙色	3	橙色	3	橙色	1,000	红色	±2%
黄色	4	黄色	4	黄色	4	黄色	10,000	橙色	±3%
绿色	5	绿色	5	绿色	5	绿色	100,000	绿色	±. 5%
蓝色	6	蓝色	6	蓝色	6	蓝色	1,000,000	蓝色	±. 25%
紫色	7	紫色	7	紫色	7	银色	0.01	紫色	±. 1%
灰色	8	灰色	8	灰色	8	金色	0.1		
白色	9	白色	9	白色	9				

四环的色标电阻= a b *10^d Ω

五环的色标电阻 =abc *10^d Ω



二、电容

电容是由两个绝缘介质隔开的金属极板组成的。在电子电路中，它可以用来隔离直流、耦合交流信号，与电阻器或电感线圈组成低通或高通电路，能将交流信号旁路，与电感线圈组成串联或并联谐振电路等。

电容的种类非常多，但最常用电容有瓷片电容、电解电容、聚酯电容等。如图 2-2。

电容的主要技术参数有标称容值、容值误差、额定电压、绝缘电阻。

1. 瓷介电容容量较小，容量范围一般在 $1\text{pF}\sim 1\mu\text{F}$ 之间。形似圆饼状，其表示方法有：

(1) 直接表示法用 $\mu\text{F}=10^{-6}$ 法拉， $\text{nF}=10^{-9}$ 法拉， $\text{pF}=10^{-12}$ 法拉 来表示电容容量量级单位。

举例：“3P”=3pF，“0.01 μ ”=0.01 μF ，“4n7”=4.7nF=4700pF

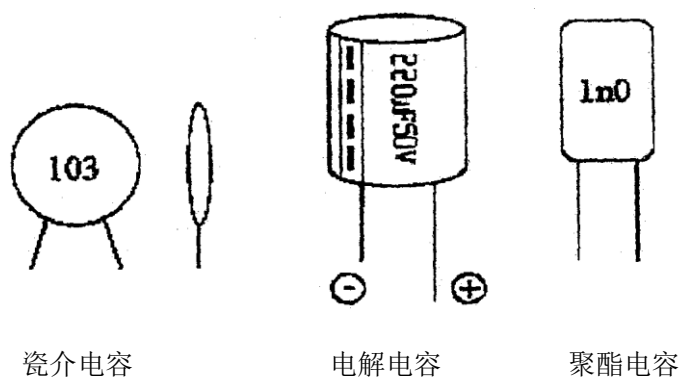


图 2-2 电容的识别

(2) 不标单位的直接表示法

举例：“3”=3pF，“27”=27pF，“0.047”=0.047 μF

(3) 数码表示法

一般用三位数表示，前两位表示容量有效数字，第三位表示幂指数，即“0”的个数。默认单位为 pF。

举例：“203”=20 $\times 10^3$ =0.02 μF ，“223”=22 $\times 10^3$ =0.022 pF

“104”=10 $\times 10^4$ =0.1 μF ，“103”=10 $\times 10^3$ =0.01 μF

2. 电解电容容量较大，一般在 0.1 $\mu\text{F}\sim 9999\mu\text{F}$ 之间，形似圆柱状，具有极性区分：

(1) 新电解电容以管脚长短为标志：长脚为正极，短脚为负极。

(2) 在外壳封装上有极性标志。

(3) 容量标识在塑封外壳上，例如：

“1μ F50V”代表：容量 1μ F，耐压值 50V。

容值误差指示了电容器容值的允许误差量，等于电容器实际容值与标称容值之差除以标称容值所得的百分数。

额定电压是指在一定环境温度下，电容器长时间可靠地工作所能承受的最大直流电压，通常简称“耐压”。

当电容器两端加上直流电压 U 长时间充电后，电容支路仍有电流 I 存在，电流 I 叫做电容器漏电电流，则绝缘电阻为 $R = \frac{U}{I}$ 。绝缘电阻越小，漏电越严重，引起的能量损耗也就越大。

三、电感线圈

电感线圈是根据电磁感应原理制成的器件，其用途极为广泛，是电子线路中主要的元件之一。电感线圈分为两大类，一类是应用“自感”作用的线圈，另一类是应用“互感”作用的变压器。

电感线圈有阻碍交流通过的作用，而对稳定的直流电流却不起作用。电感线圈和电容器配合使用，可起调谐、滤波、选频、退耦等作用。电感线圈用符号 L 表示。电感量的基本单位为亨利（H），简称亨，其它常用单位有（mH）和微亨（uH），其换算关系如下：

$$1H=1000mH$$

$$1mH=1000uH$$

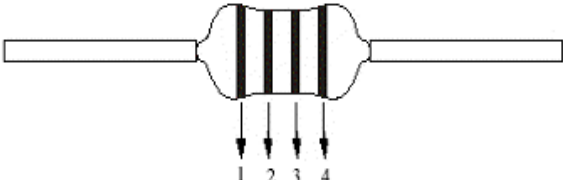
四、色码电感

使用颜色环带（或色点）表示电感线圈性能的小型电感，称为色码电感。色码电感以铁氧体磁芯为基体，外表进行涂覆，适用频率一般在 10KHZ—200MHZ，它的工作电流可分为 50mA,150mA,300mA,700mA,1.6A 等档位。结构有卧式和立式两种。它们主要用作高频滤波电感、回路电感等。

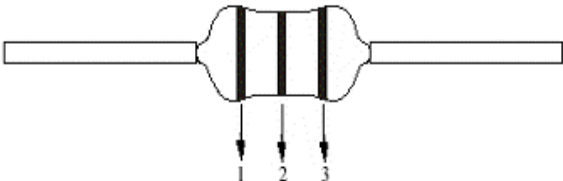
色码电感值判断方法如下图所示。

色碼				
顏色	1 色環	2 色環	3 倍率	4 標稱電感值
黑	0	0	1	$\pm 20\%$
棕	1	1	10	-
紅	2	2	100	-
橙		3	3	1000
黃	4	4	-	-
綠	5	5	-	-
藍	6	6	-	-
紫	7	7	-	-
灰	8	8	-	-
白	9	9	-	-
金	-	-	0.1	$\pm 5\%$
銀	-	-	0.01	$\pm 10\%$

(1) LGA0307, LGA0410



(2) LGA0204, LGA0202



五、三极管

图 2-3 所示为三极管的几种常见外形，其共同特征就是具有三个电极，这就是“三极管”简称的来历。通俗来讲，三极管内部为由 P 型半导体和 N 型半导体组成的三层结构，根据分层次序分为 NPN 型和 PNP 型两大类。

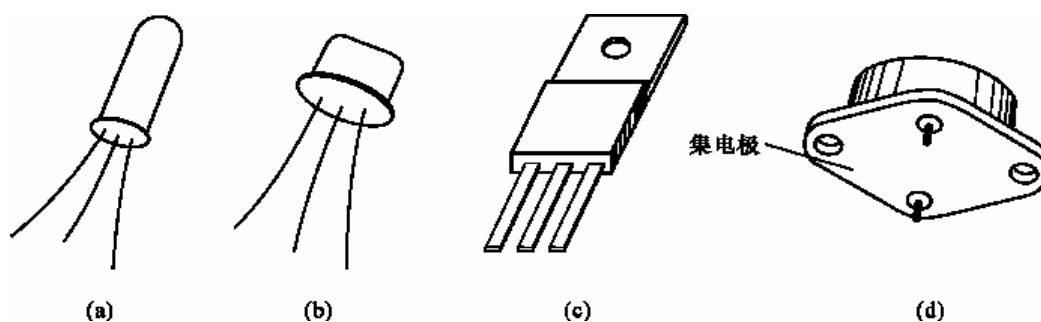


图 2-3 常见三极管类型

用万用表测试三极管的方法：

(1) 判别基极和管子的类型

选用欧姆档的 $R \times 100$ (或 $R \times 1K$) 档，先用红表笔接一个管脚，黑表笔接另一个管脚，可测出两个电阻值，然后再用红表笔接另一个管脚，重复上述步骤，又测得一组电阻值，这样测 3 次，其中有一组两个阻值都很小的，对应测得这组值的红表笔接的为基极，且管子是 PNP 型的；反之，若用黑表笔接一个管脚，重复上述做法，若测得两个阻值都小，对应黑

表笔为基极，且管子是 NPN 型的。

(2) 判别集电极

因为三极管发射极和集电极正确连接时 β 大（表针摆动幅度大），反接时 β 就小得多。因此，先假设一个集电极，用欧姆档连接，（对 NPN 型管，发射极接黑表笔，集电极接红表笔）。测量时，用手捏住基极和假设的集电极，两极不能接触，若指针摆动幅度大，而把两极对调后指针摆动小，则说明假设是正确的，从而确定集电极和发射极。

(3) 电流放大系数 β 的估算

选用欧姆档的 $R \times 100$ （或 $R \times 1K$ ）档，对 NPN 型管，红表笔接发射极，黑表笔接集电极，测量时，只要比较用手捏住基极和集电极（两极不能接触），和把手放开两种情况小指针摆动的大小，摆动越大， β 值越高。

六、二极管

二极管种类有很多，按照所用的半导体材料，可分为锗二极管（Ge 管）和硅二极管（Si 管）。根据其不同用途，可分为检波二极管、整流二极管、稳压二极管、开关二极管等。

变容二极管是一个特殊的二极管，它的 PN 结电容随 PN 结的偏压增大而减小，改变变容二极管 PN 的电压来达到本振频率的改变。

二极管的识别很简单，小功率二极管的 N 极（负极），在二极管外表大多采用一种色圈标出来，有些二极管也用二极管专用符号来表示 P 极（正极）或 N 极（负极），也有采用符号标志为“P”、“N”来确定二极管极性的。发光二极管的正负极可从引脚长短来识别，长脚为正，短脚为负。

七、集成块

集成块是将晶体管、二极管、电阻、电容和连线等集中光刻在一小块固体硅片上并封装于一个外壳内，构成一个完整的、具有一定功能的电路。

这里使用了 TDA7088，其引脚功能如下：

- | | |
|------------|----------------|
| 1 脚 静噪电路 | 2 脚 音频信号输出 |
| 3 脚 外接环路滤波 | 4 脚 电源 “+” |
| 5 脚 本振电路 | 6 脚 中频反馈 |
| 7 脚 低通滤波 | 8 脚 中频输出 |
| 9 脚 中频输入 | 10 脚 中频限幅、低通滤波 |

- | | |
|------------------|-------------|
| 11 脚 信号输入 | 12 脚 信号输入 |
| 13 脚 环路滤波 | 14 脚 电源 “—” |
| 15 脚 搜索电调谐输入端 | |
| 16 脚 电调谐 AFC 输出端 | |

§ 2.2 装配与焊接

在装配工作中，焊接技术是很重要的。收音机元件装接主要是靠焊接，它不仅能固定零件，而且能保证可靠的电路通路。焊接的质量好坏，将直接影响收音质量。焊接不好，会使零件损坏或电路不通，或者引起接触不良的噪声，以及焊点脱落或虚焊等。

一、烙铁的使用

烙铁使用前要观察烙铁头是否被氧化，被氧化的烙铁头沾不上焊锡。此时要用锉刀锉去氧化层，然后插上烙铁电源插头，先在烙铁头涂上少许松香，待加热到焊锡熔点时，再在烙铁头上沾上一层光亮的锡，烙铁就可使用。

注意 切记不要用烙铁敲桌子或烙铁架，以防损坏烙铁内热丝和损伤桌面；为防止烙铁头迅速氧化，在较长时间不使用烙铁时，应将烙铁头沾满焊锡，以隔绝烙铁头金属直接与空气接触氧化。

二、焊接

焊接前先要将焊接物和焊接处清洁，然后在焊接处镀上锡，才能焊得快，焊得牢，不虚焊。在焊接时，要注意焊接时间，过短会焊不牢，过长会烫坏元器件。焊点要光滑透亮，如果焊点成豆腐渣形，则说明焊点温度不适当。以下举例一些正确和错误的焊点，如图 2-4：

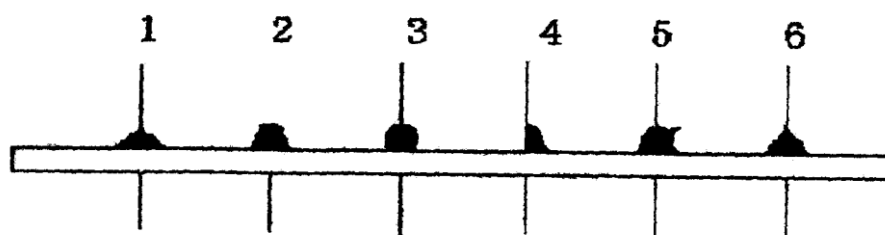


图 2-4 焊点的不同形态

1. 正确焊点，全焊成为光滑小山丘。
2. 不正确焊点，元件线没有出头。
3. 不正确焊点，焊锡多、中间空，虚焊。

4. 不正确焊点，半焊，振动易脱焊。
5. 不正确焊点，烙铁从边缘撤走时带出一个小尖峰。
6. 正确焊点，烙铁头从元件引脚撤走。

正确焊接的顺序是：

- ①先将烙铁头放在两个焊接面处加热；
- ②将焊锡丝顺烙铁头方向熔化到焊接面；
- ③当焊锡融化量适当后，抽走焊锡丝；
- ④待焊接面的焊锡均匀熔化后，再抽走烙铁头。

在焊接完毕后，用斜口钳将剩余管脚剪去，便完成焊接工作。

三、制作过程及注意事项

发射和接收是由两块独立的印板分别组装调试，按先易后难的原理首先安装发射机，待发射机焊接完工后，再焊接接收机机。

发射机印板上的元件安装空间大。电阻 7 个，色环电感 2 个，瓷片电容 9 个，电解电容 1 个，线圈 1 个，开关 1 个，发光二极管 1 个，按先后顺序焊接。组装时再焊接天线。要注意的是，发光管的高度要合适，节点离板 2mm 左右，太高了盖子压不上，太低了指示功能没有。电解电容的正负极不能接错。特别提醒，三极管是甚高频管 9018，要仔细核对，否则将不能正常工作。天线在用螺丝安装之前，印板上也要涂些锡，可以保持接触良好。音频线红线接 R，白线接 L，黑线接地。

接收机由于印板上安装的元件空间狭小，焊接更应该细心，以免在印板上短路。首先在安装元件前，将要焊集成块的地方用烙铁上锡，这样可保证以后焊集成电路时焊接牢固。其次，在印板上有 7 根跨线，焊接好后再按顺序焊接其他元件。电阻 6 个，色环电感 2 个，线圈 2 个，按钮 2 个，变容二极管 1 个，瓷片电容 18 个，电解电容 1 个，三极管 2 个，音量开关 1 个，耳机插座 1 个，发光二极管 1 个。在安装接收机机时，除了同样要注意发光二极管的高度（节点离板 1mm 左右）外，还应注意复位开关附近的元件要稍微偏高些，以免复位开关在复位时压上元件。变容二极管注意方向，有字的一边朝外。在焊接集成电路时，最好使用烙铁外壳接地的电烙铁或在电烙铁拔去电源的情况下焊接，可保证不会损坏集成电路。

第三章 电视无线耳机原理

§ 3.1 声波

声音是由辐射振动物体产生的疏密波。人说话时，声带的振动引起周围空气共振，并以 340 米 / 秒的速度向四周传播，称为声波。

声波频率在 20H~20KHz 范围内，人能够听到。

声波只有依靠媒质传递，在不同的媒质中传递的速度不同。声波在媒质中传播产生发射和散射，声音强度随距离增大而衰减。因此，远距离声波传送必须依靠载体来完成，这个载体就是电磁波。

§ 3.2 电磁波

电磁波是由电磁振荡电路产生的，通过天线传到天空中去，即为无线电波。电磁波的传播速度为光速（ 3×10^8 米 / 秒），当无线电波在地球表面传播时，其延时效应微乎其微。因此，选择电磁波作为载体是非常理想的。

利用无线电波作为载波，对信号进行传递，可以用不同的装载方式。在调频无线电广播中可分为两种调制方式。

一、振幅调制，简称调幅（AM）

调幅广播分为三个波段：

1. 长波(LW) (频率：150KHz~415KHz)
2. 中波(MW) (频率：535KHz~1605KHz)
3. 短波(SW) (频率：1.5MHz~26.1MHz)

所谓全波段收音机：应包括以上各波段，覆盖所示的全部频率范围。

所谓多波段收音机，是指其接收范围没有完全覆盖完以上所有波段。

为使短波的频率调整更准确、更为容易，多波段收音将短波波段又分为若干段 SW1、SW2，…，通常分为七段。

二、频率调制，简称调频(FM)

调频广播频率 87MHz~108MHz (VHF 波段)。

电视信号的传播也采用调频方式，其频率范围在 40MHz~800MHz 之间。调频(FM)

广播正是在此范围中划分出的一段，规定专门用于广播。由于原理相近，因此可将调频收音机接收头作部分改动，使得收音机不仅能覆盖 87 MHz~108MHz 波段，还能达到更低的频率或更高的频率，这样就能接收到电视伴音。

§ 3.3 调制

将音频信号加载在高频载波信号上（通常用在正弦波）上，经过高频放大后，通过天线发送出去，就形成无线电广播。

音频信号装载到载波信号上的过程，称为调制。按调制方式不同，分为调幅(AM)和调频(FM)。

一、调幅

所谓调幅，就是使载波的振幅随着调制信号的变化规律而变化，其实质就是将调制信号频谱搬移到载波频率两侧的频率搬移过程。经过调制后的高频已调波，其波形和频谱都与原来的载波不同，因此调制过程也就是波形和频谱的变换过程。

调幅波的特点是载波的振幅受调制信号的控制作周期性的变化。其变化的周期与调制信号的周期相同，而振幅的变化与调制信号的振幅成正比。

设调制信号为：

$$U_{\Omega}(t) = U_{\Omega m} \cos \Omega t$$

式中， $U_{\Omega m}$ 为调制信号电压振幅

Ω 为调制信号角频率

载波信号为

$$U_c(t) = U_{cm} \cos \omega_c t$$

式中， U_{cm} 为载波电压振幅

ω_c 为载波角频率（ $\omega_c = 2\pi f_c$ ）

则调幅波的表示为：

$$U_{AM}(t) = U_{MO}(1 + m_a \cos \Omega t) \cos \omega_c t \quad (1)$$

式中， m_a 称为调制度或调制系数。它是调幅波振幅最大变化量与载波振幅 U_{mo} 的比

值。正常情况下 $m_a \leq 1$ ，通常以百分数表示。

根据①式可画出单音调制时调幅波的波形图，如图 3-1 所示。

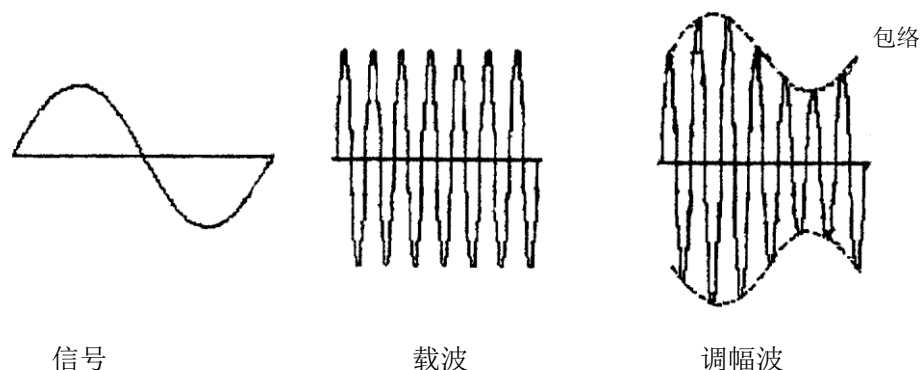


图 3-1 调幅

从调幅波形可见，调幅波振幅的包络变化规律与调制信号的变化规律一致。即当调制信号最大时，调幅波振幅最大，而当调制信号负的绝对值最大时，调幅波振幅最小。调幅波振幅的平均值即是载波振幅。

二、调频

所谓调频，就是使载波的瞬时频率随调制信号的规律而变化。

设调制信号为 $U_{\Omega}(t)$

$$U_{\Omega}(t) = U_{\Omega m} \cos \Omega t$$

载波信号为

$$U_c(t) = U_{cm} \cos \omega_c t$$

调频时，载波电压振幅 U_{cm} 不变，而载波瞬时频率则随调制信号规律变化。即为

$$\omega(t) = \omega_c + k_f U_{\Omega}(t) = \omega_c + \Delta\omega(t)$$

式中， ω_c 为载波角频率，又称为调频波中心频率；

k_f 为比例常数。表示载波频率变化随调制信号变化的程度大小。其值由调频电路决定，单位是弧度/秒·伏 ($\text{rad}/\text{s} \cdot \text{V}$)。

$\Delta\omega(t) = k_f U_{\Omega}(t)$ 为瞬时角频率相对于中心频率的频率偏移，简称频偏。

调频后载波瞬时相位也会发生变化，其瞬时相位为

$$\varphi(t) = \int \omega(t) dt = \omega_c t + k_f \int U_{\Omega}(t) dt = \omega_c t + \Delta\varphi(t)$$

式中， $\omega_c t$ 为未调频时载波相位；

$\Delta\varphi(t) = k_f \int U_{\Omega}(t)dt$ 为调频后，瞬时相位相对于的相位偏移。

调频波的数学表达式为

$$U_{FM}(t) = U \cos[\omega_c t + k_f \int U_{\Omega}(t)dt]$$

②

根据②式可画出调频波的波形图，如图 3-2 所示。

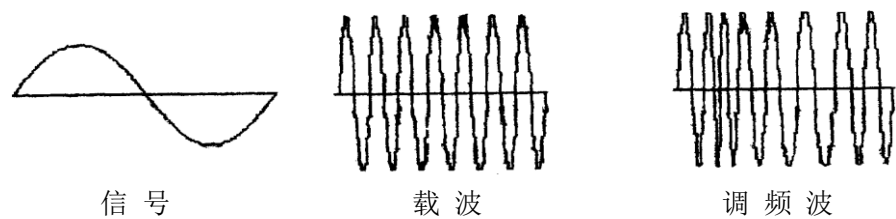


图 3-2 调频

从调频波形可见，调频波振幅保持不变。

调频波的频率跟随信号的变化规律而改变。即当调制信号幅度最大时，调频波最密、频率最大；而当调制信号负的绝对值最大时，调频波最稀，频率最低。

调幅（AM）/调频（FM）优缺点比较见下表。

	调幅（AM）	调频（FM）
优点	<div>1. 传播距离远，覆盖面大</div> <div>2. 电路相对简单</div>	<div>1. 传送音频频带较宽（100Hz~15KHz），适宜于高保真音乐广播</div> <div>2. 抗干扰性强，内设限幅器除去幅度干扰</div> <div>3. 应用范围广，用于多种信息传递</div> <div>4. 可实现立体声广播</div>
缺点	<div>1. 传送音频频带窄（1200Hz~2500Hz），高音缺乏</div> <div>2. 传播中易受干扰，噪声大</div>	<div>1. 传播衰减大，覆盖范围小</div>

§ 3.4 超外差接收机原理

一、最简收音机原理

图 3-3 中 LC 谐振回路是收音机输入回路，改变可变电容使谐振回路固有频率 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 与无线电发射频率相同，从而引起电磁共振，谐振回路两端电压 V_{AB} 最大，将该电波接收下来。经高频放大电路放大后，通过由二极管 D 和滤波电容 C_1 ，构成的检波电路，将调幅信号包络解调下来，得到调制前的音频信号，再将音频信号进行低频放大，送到喇叭，就完完全全还原成可闻的声波信号。

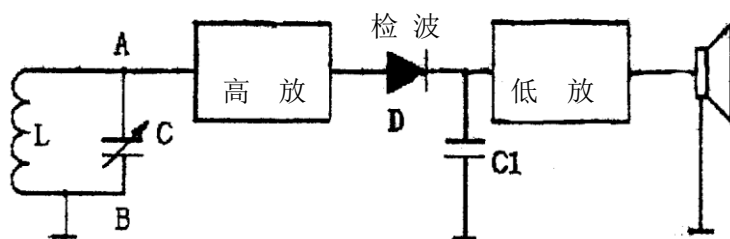


图 3-3 最简单的收音机组成框图

这就是最简 AM 收音机(也称高放式收音机)的工作原理，它简单，但可行性、使用性太差，不适合日常使用。

由于高放式收音机中高频放大器只能适应较窄频率范围的放大，要想在整个中波频段 535KHz~1605KHz 获得一致放大是很困难的。因此用超外差接收的方式来代替高放式收音机。

二、超外差收音机原理

所谓超外差式，就是通过输入回路先将电台高频调制波接收下来，和本地振荡回路产生的本振信号一并送入混频器，再经中频回路进行频率选择，得到一固定的中频载波（如：调幅中频国际上统一为 4645KHz 或 455KHz）调制波。

超外差的实质就是将调制波不同频率的载波，变成一固定的且频率较低的中频载波。在广播、电视，通讯领域，超外差接收方式被广泛采用。如图 3—4。

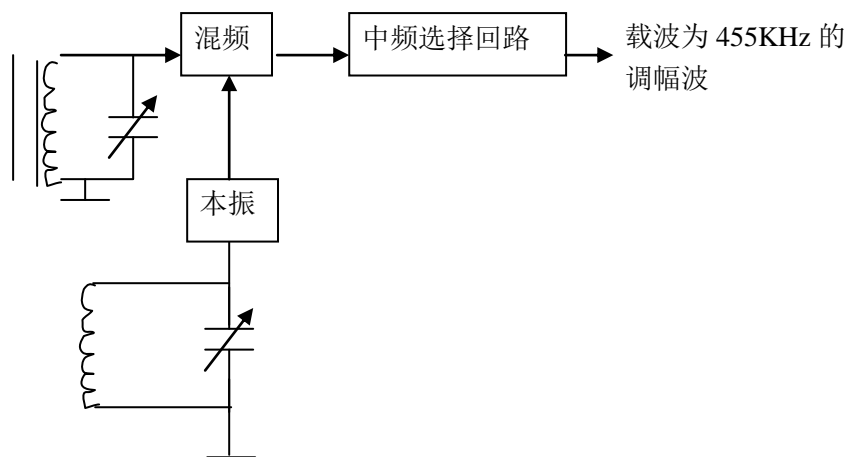


图 3-4 超外差原理

在超外差的设计中，本振频率高于输入频率。用同轴双联可变电容器，使输入回路电容 C1-4 和本振回路电容 C1-3 同步变化，从而使频率差值始终保持近似一致，其差值即为中频，即：

$$f_{\text{本振}} - f_{\text{信号}} = f_{\text{中频}}$$

如接收信号频率是：

600KHz，则本振频率是 1055KHz；

1000KHz，则本振频率是 1455KHz；

1500KHz，则本振频率是 1955KHz。

由于谐振回路谐振频率 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ，f 与 C 不成线性变化，因此必须有补偿电容对其特性进行修正，以获得在收听范围内 f 与 C 近似成线性变化，保证 $f_{\text{本振}} - f_{\text{信号}}$ 为一固定中频信号，超外差方式使接收的调制信号变为统一的中频调制信号，在作高频放大时，就可以得到稳定且倍数较高的放大，从而大大提高收音机的品质。

比较起来，超外差式收音机具有以下优点：

- (1) 接收高低端电台（不同载波频率）的灵敏度一致；
- (2) 灵敏度高；
- (3) 选择性好（不易串台）。

§ 3.5 电视无线耳机原理

为了使同学们熟悉和看懂该电视无线耳机原理图，现针对原理图介绍其工作原理。

一、接收机原理

该接收机就是一台 FM 收音机。调频 (FM) 收音机由输入回路、高放回路、本振回路、混频回路、中放回路、鉴频回路、立体声解调回路和双声道音频放大回路组成。如图 3-5 所示：

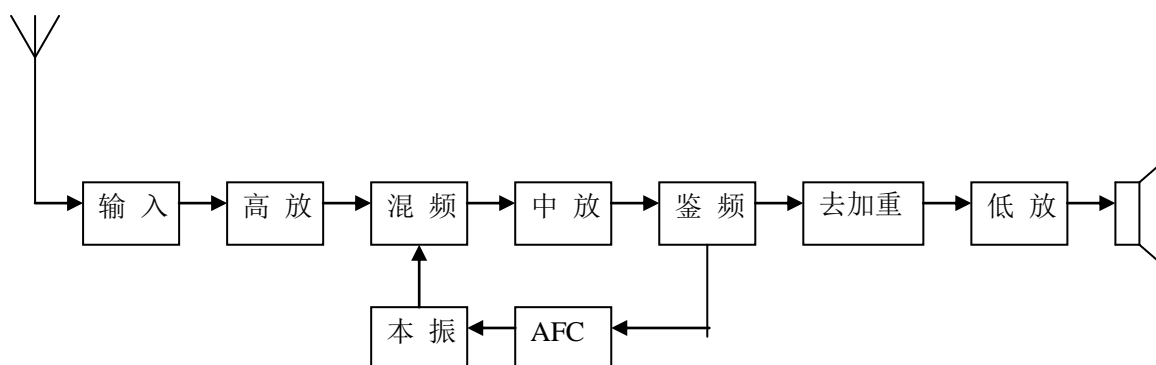


图 3-5 调频收音机原理框图

本机采用耳机线作为接收机的天线，由耳机线感应到的信号经集成电路 11 脚进入混频电路。输入调谐回路由 C7、C11、C13 和 L1 构成，输入信号和本振电路混频产生 70kHz 的中频信号。本振由 L2 和 VD1 组成，VD1 变容二极管是一个特殊的二极管，它的 PN 结电容随 PN 结的偏压增大而减小，改变变容二极管 PN 的电压来达到本振频率的改变。由于集成电路很难集成较大容量的电容，所以电路的外接电路较多。C6 为静噪电容，C5 为外接环路滤波电容，C15 为中频反馈电容，C21 为低通电容，C17 为中频限幅放大器的低通电容，C1、C2 为选台和复位滤波电容，C10、C19 为电源滤波电容。

2 脚输出的音频低耦合送到三极管组成的低频放大电路进行放大推动耳机发声，连接耳机的 L3、L4 是防止天线的信号被耳机旁路而设置的，发光二极管是电源显示，由 R1 限流。

原理图见图 3-6：

Mh2000 发射机电原理图

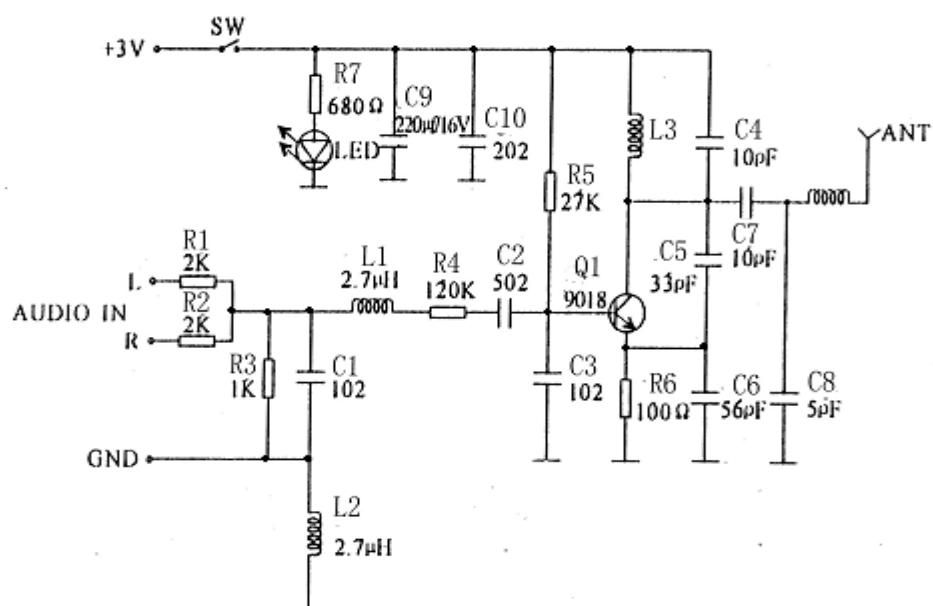


图 3-7

第四章 电视无线耳机的调整和测试

装配和调试作为整个实践环节的两个阶段都是非常重要的。装配是电子元器件初步组装起来，构成硬件基础；而调试是应用更多的理性思维和判断，将硬件特性相互协调，发挥其潜能，形成最佳的状态。

§ 4.1 接收机开口检查与试听

收音机在装配和焊接完成之后，先检查装配和焊接有无问题，可用万用表进行整机工作电流和集成电路各脚电压进行测量；这一步骤称为开口检查。实际上是调试前的初步调整，判断电路工作是否基本正常。如检查满足要求，就可以进行试听。

一、静态工作点的测量

首先将开关置于闭合状态，取出电池。用万用表测电源两端的电阻，如果大于 5K Ω ，即证明没有短路。否则需检查线路看是否有短路。

然后可将电池装入并开启开关，这时发光二极管会点亮。

闭合电源开关、插上耳机，用万用表测量接收机中芯片引脚电压和三极管的静态工作点，正常工作情况下，静态点应该为：

TDA7088	V8	V2	V13
电压	1.65	0.87	2.44
三极管	Vb	Vc	V
Q1	0.71	1.9	3.0
Q2	1.4	1.9	3.0

在安装无误的情况下，不接耳机时工作电流约为 7mA。如果电流偏大或偏小，都说明有故障。发光二极管在电路接通后即点亮。此时两只三极管并未接上电源，只有插上耳机，两只三极管才通电，所以音频放大电路不必检查。电流过大，最大的故障应该是印板上有短路现象。检查好 7mA 左右正常后，再接入耳机测量此时的电流将近 20mA。如果小于 10mA，检查耳机插座 R2、R5、V1、V2 是否焊牢，其他不用检查。如果电流大于 20mA，首先检查音频放大部分是否有短路，只有在工作电流正常后，才可以接受讯号。

二、试听

首先接通电源后，按一下复位按钮，随后开始选台，如能收到不同台的广播，说明接收机的装配和焊接基本正确，可以进行下一步调试；如收不到或根本没有声音，应回到第一步，重新检测，找出故障所在，并逐一排除，最终完成开口检查的工作。

§ 4.2 接收机调试

接收机调试需要一台高频信号发生器。载波频率：86MHz --108MHz；载波幅度：100mv；调制波频率：1KHz；频偏：±75KHz 。

将高频信号发生器信号输出线另一端置于接收机旁或者接一根短线靠近接收机（松耦合），接收机即可接收到信号。接通接收机电源后，按一下复位开关即可开始选台。第一个接收到的应该是信号发生器的 86MHz 信号，耳机中会有 1KHz 音频声。再次按下 SCAN 键，可以接收到频率大于 88MHz 的调频广播。调高信号发生器发射频率到 108MHz。按下 SCAN 键选台，直到耳机最后不再有信号，或按动 SCAN 键后接收机仍停留在上一个收到的电台信号。这时接收机已达到最高接收频率。这个过程中如果接收机没有接收到信号发生器信号，即认为接收机最高接收频率仍未达到 108MHz。此时需略微调松线圈 L2 的间距，以调高最高接收频率，直到接收到 108MHz 信号。此时高端接收范围已调试完毕。重新检查低端应该收到 86MHz 信号，否则可微调 L2 线圈。重复前述步骤直到高低端均能收到信号为止。

§ 4.3 发射机开口检查

将发射机开启后测试静态点 。整机静态工作电流应在 6mA 左右。因为只有一个三极管和发光二极管是耗电的，电流的大小取决于三极管的电流。如有偏差只要检查 R5、R6 有否接错和印板有否短路即可。

将线圈 L3 短路，如果电路的静态点发生较大变化，说明短路前电路已经起振。具体数值如下：

Q1 静态点	Vb	Vc
L3 未短路	0.5	2.6
L3 短路后	1.0	2.8

§ 4.4 发射机调试

发射机的发射频率定为 86MHz~88MHz 即可，不能超过 88MHz，否则会干扰调频广播的信号。发射的距离一般是 10 米范围内。

利用信号发生器产生 400Hz，100mV 的正弦波信号并接到发射机上输入端口（红色或者白色）。按下接收机 RESET 键将其复位。复位后接收机开始搜索电台，正常情况下，接收机收到的第一个电台应该是 86MHz 信号。此时耳机中应听到 400Hz 音频信号。如果不能接收到发射机的信号，则是由于发射机发射频率太低。可略微调松发射机 L3 线圈（L3 电感减少）调高发射频率。如此反复调节，直至接收机能够接收到发射机发射的信号并同时能接收到 108MHz 为止。这样我们即完成了调试工作，可以最后装机了！

调试结束后，收发信机的盖子盖好，检查复位按钮和选台按钮是否正常，电源指示发光管是否到位。至此实验内容结束。