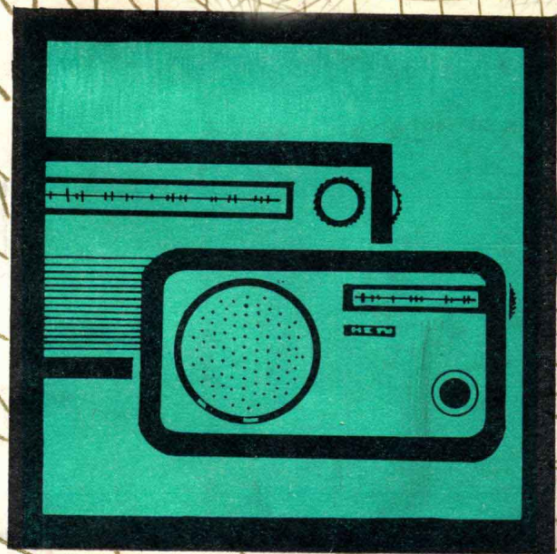


无线电爱好者丛书

实验四管收音机

沈长生 编著





科技新书目: 199-194
ISBN 7-115-04000-1/TN·239
定 价: 1.25 元

无线电爱好者丛书

实 验 四 管 收 音 机

沈长生 编著

人 民 邮 电 出 版 社

内 容 提 要

本书是《无线电爱好者丛书》中“实验收音机”系列书的第二本。它主要介绍了4种用扬声器放音的直接放大式四管收音机和4种用低阻耳塞机收听的四管收音机的制作和调试方法。所介绍的每一种收音机都给出了印刷电路板图、机壳尺寸和制作方法。为了帮助读者制作和实验，还介绍了怎样装制“简易信号发生器”等简单的检测装置。

无线电爱好者丛书

实验四管收音机

Shiyan Siguan Shouyinjī

沈长生 编著

责任编辑 孙中臣

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京兴华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本：787×1092 1/32 1989年 8 月第 一 版

印张：3 16/32 页数：56 1989年 8 月北京第1次印刷

字数：76 千字 印数：1—11 000 册

ISBN7-115-04000-1/TN·239

价定1.25元

前 言

《实验四管收音机》是“实验收音机”系列书的第二本。

本书重点介绍了4种用扬声器放音的直接放大式四管收音机和4种用低阻耳塞机收听的四管收音机的制作和调试方法。每种收音机都给出了1:1的印刷电路板图、机壳的尺寸及制作方法,读者仿制方便,也容易成功。此外,书中还对四管收音机实验中常见的故障进行了全面的分析,并介绍了简易信号发生器(信号源)和检验晶体管好坏的收音机等小制作。

直接放大式四管收音机电路简单,用材料省,容易调试,效果也不错。因此,对初学无线电的爱好者来说,本书是非常实用的。

编者

目 录

第一章 从两管收音机到四管收音机.....	(1)
第一节 晶体管的基本知识.....	(1)
第二节 采用甲类功率放大的两管收音机.....	(10)
第三节 采用推挽功率放大的三管收音机.....	(18)
第四节 典型的四管收音机.....	(24)
第二章 几种实用的四管收音机.....	(31)
第一节 变压器耦合四管收音机.....	(31)
第二节 用晶体管作阻抗变换的四管收音机.....	(36)
第三节 OTL输出四管收音机.....	(40)
第四节 硅锗混合四管收音机.....	(45)
第三章 低阻耳塞四管收音机.....	(50)
第一节 高放式低阻耳塞四管收音机.....	(50)
第二节 两级高放式低阻耳塞四管收音机.....	(54)
第三节 阻容耦合式低阻耳塞四管收音机.....	(58)
第四节 用高频变压器的低阻耳塞四管收音机.....	(62)
第四章 四管收音机的检验.....	(69)
第一节 做一个简易信号发生器.....	(69)
第二节 检验晶体管用的四管收音机.....	(73)
第三节 带短路保护的稳压电源.....	(79)
第四节 四管收音机故障分析.....	(87)
附录一 刀刻法制作印刷电路板.....	(92)
附录二 四管收音机参考电路.....	(97)

1. 单管收音机—四管收音机实验电路板····· (97)
2. 采用复合管的四管收音机····· (100)
3. 在四管收音机上加接拾音器····· (101)

第一章 从两管收音机到四管收音机

第一节 晶体管的基本知识

制作晶体管四管收音机的关键在于各级晶体管直流工作点的调整。为了更好地使读者能顺利地进行四管收音机的实验，我们先做一些关于晶体管基础知识方面的实验。

实验以NPN型硅管为例。实验板的尺寸和结构如图1.1所示。为实验方便起见，我们仅用一节5号电池做电源；三只1瓦的电位器串联使用，其阻值分别为470千欧、10千欧、680欧，都用中间和右边的两个焊片（当电位器轴对着自己时）。在实验板上砸有18个空心铜铆钉，供实验时焊接元件用。板子中间的三个铆钉上焊一只3DG型的三极管（ β 值在50~70之间即

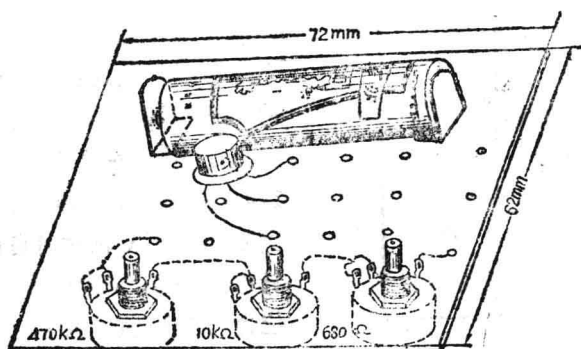


图1.1 实验板尺寸结构

可)。

实验一 晶体三极管的起始电压

大家知道,要使晶体三极管正常工作,必须给晶体三极管发射结(基极和发射极之间的PN结)加上一个正向电压,集电结(基极和集电极之间的PN结)加一个反向电压,如图1.2所示。

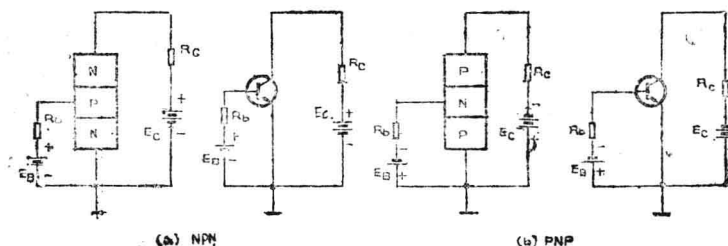


图1.2 晶体三极管各极应加的电压

图1.3为晶体三极管起始电压的实验原理图。图1.3中 R_2 上的电压相当于图1.2中的 E_B 电压。 R_2 上的电压是由 R_2 和 R_1 分压后得到的。作这个实验时,先按图1.3把各元件在实验板上连接好(实体连接图见图1.4),再把470千欧电位器拧到阻值最小(轴对着自己逆时针拧到底),10千欧和680欧电位器拧到阻值最大(轴对着自己顺时针拧到底),此时观察集电极电流为零(表无指示),

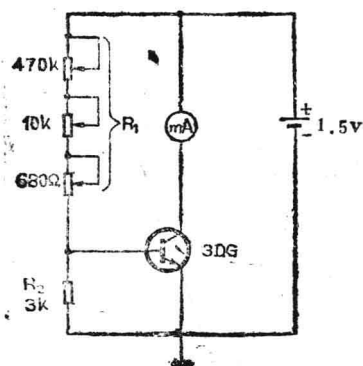


图1.3 晶体管起始电压实验原理图

说明晶体管未导通。然后我们把万用表从集电极回路中取下来（把晶体管集电极直接接电源正极），拨到直流电压2.5伏档，测得基极电压（基极和发射极之间电压）为0.35伏。然后再把万用表（拨到电流档）串在集电极电路中，调小 R_1 ，使接在集电极回路中的电流表略微动一点，（大约5微安左右，此时可认为晶体管已导通），再接上述方法测得基极电压为0.5伏左右。这个使三极管刚刚开始导通的电压就是晶体管的起始电压，对硅管来说大约0.5伏，对锗管来说为0.1~0.2伏。当晶体管工作时发射结压降变化不大，硅管为0.6~0.7伏，锗管为0.2~0.3伏。

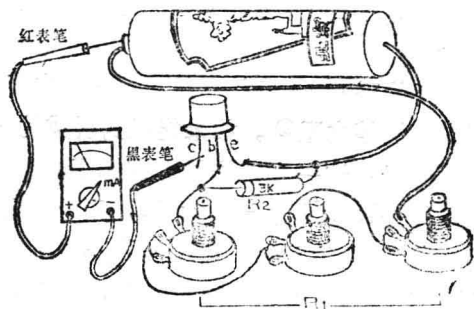


图1.4 晶体管起始电压实验实体图

实验二 晶体管的电流放大系数 β

晶体管的电流放大系数 β 是指在共发射极电路中（如图1.5所示的电路）集电极电流变化量和基极电流变化量的比值，即

$$\beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b} \quad (\Delta \text{表示变化量})$$

在这个实验中要用两块万用表

（下边的实验还要用三块万用表）才能测量准确。一般无线电爱好者都只有一块万用表，为了能做好实验二，我们只要知道万用表电流档的内阻就可以用一块万用表轮流去测各极的电流了。

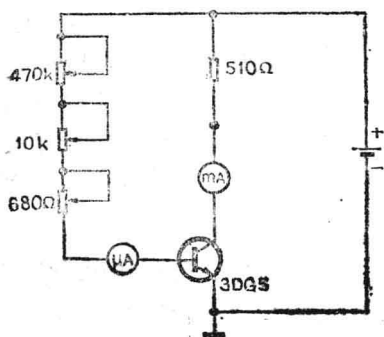


图1.5 晶体管电流放大系数 β 的实验电路

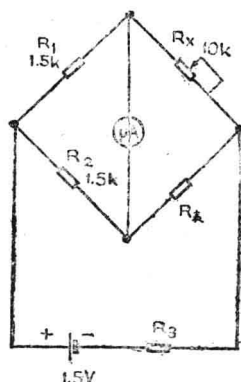


图1.6 测量万用表电流档内阻的电路

我们根据电桥的平衡原理可按图1.6搭一个电桥电路，来测出自己的万用表电流档内阻 $R_{表}$ 。如果能找到现成的仪器电桥或请别人给测一下内阻，这一步工作就可省掉了。

电桥平衡条件是 $R_1 \times R_{表} = R_2 \times R_x$ ，此时微安表中没有电流通过。现在 R_1 和 R_2 为已知，且 $R_1 = R_2 = 1.5$ 千欧，只要调 R_x 使电桥平衡（即微安表无电流指示），则此时测出的 R_x 值就是万用表电流档内阻 $R_{表}$ 的阻值。这里 R_3 是限流电阻。

我们以U20型万用表为例，说明测量电流档内阻的方法：当万用表置于50微安电流档时， R_3 取27千欧，调整 R_x 使微安表指示为零，然后取下 R_x ，测出其阻值为5.1千欧，即为电流表内阻 $R_{表}$ 的数值。

按同样的方法测万用表500微安和5毫安电流档内阻。这时 R_3 取为1千欧，测得 R_x 分别为650欧和91欧。因此可知万用表500微安档内阻为650欧，5毫安档内阻为91欧。

①如果万用表生产厂家能在产品说明书中给出各电流档的内阻（象每伏多少千欧的参数一样），那将给无线电爱好者带来很大方便。

知道万用表电流档内阻后，就可以用一块万用表轮流测试各极的电流了。当测某一极电流时，没接万用表的两极用等效电阻代替。否则在改换测量电极时，将会产生很大的误差。

按照图1.7的电路调 R_b 使 I_{c1} 为1毫安。然后我们再按图1.8测得 I_{b1} 为16微安；按图

1.9测得 I_{e1} 为1.016毫安。然后再按图1.7、图1.8、图1.9的顺序第二次调 R_b 使 I_{c2} 为1.5毫安，测得 I_{b2} 为23微安， I_{e2} 为1.523毫安。

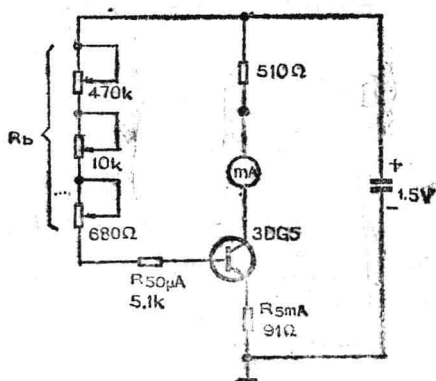


图1.7 测集电极电流的实验电路

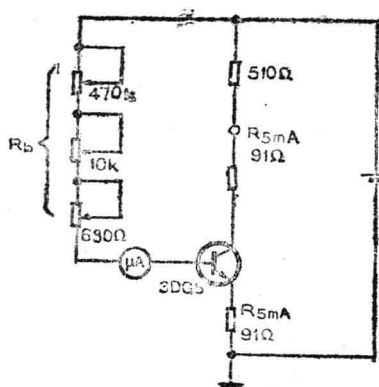


图1.8 测基极电流的实验电路

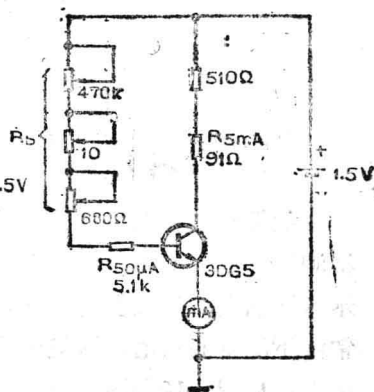


图1.9 测发射极电流的实验电路

根据 $\beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}$ ，我们把测得的数据代进去得

$$\beta = \frac{1.5 \text{ 毫安} - 1 \text{ 毫安}}{0.023 \text{ 毫安} - 0.016 \text{ 毫安}} \approx 71$$

通过两次测量我们还验证了一个公式： $I_c = I_e + I_b$ 。

实验三 晶体管的穿透电流

晶体管的穿透电流 I_{ceo} ，是表示在晶体管基极开路的情况下，集电极和发射极间加上规定的电压时，通过集电极和发射极之间的反向电流。

图1.10为测试NPN硅管穿透电流的电路，电流表用U201型万用表50微安档，实测结果 I_{ceo} 接近于0。

图1.11为测PNP锗管穿透电流的电路，电流表用U201型万用表5毫安档，实测结果为0.5毫安。

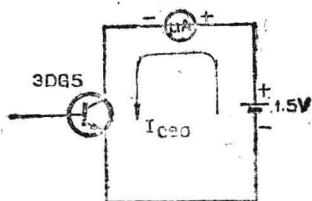


图1.10 测NPN硅管穿透电流的电路

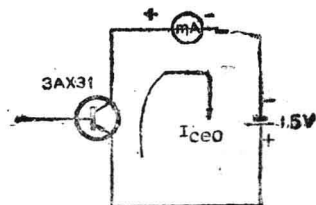


图1.11 测PNP锗管穿透电流的电路

如果我们在图1.11的实验电路中，把烧热的电烙铁头靠近被测的晶体管（不要碰上）时，稍等一会就可看到电流表的指示逐渐加大；当我们把电烙铁拿开后，电流表的指示又恢复到常温下测量的数值。这就说明晶体管的穿透电流与温度有密切关系。从图1.10和图1.11的两个实验中我们也可看出锗管的穿透电流比硅管要大很多。

实验四 晶体管的三个工作区域

晶体管的三个工作区域，就是指晶体管在工作时可能处在截止区、放大区和饱和区。按图1.12电路我们把470千欧、10千欧、680欧三个电位器都调到最大值，看到集电极中的电流表指示为0。在不改变电位器位置的情况下我们再按图1.13测基极回路的电流，测得结果也为0。这种 I_b 为0、 I_c 也为0的情况叫晶体管的截止状态。处于截止状态的工作区称为晶体管的截止区。

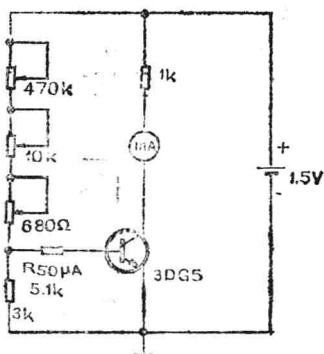


图1.12 测晶体管集电极电流

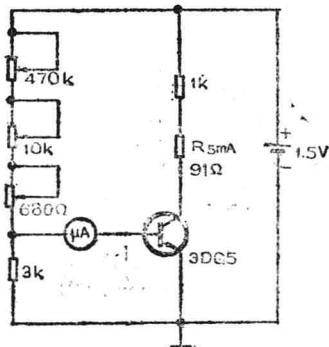


图1.13 测晶体管基极电流

我们再恢复到图1.12的情况，把470千欧电位器调到最小，逐渐调小10千欧电位器到集电极电流为0.5毫安时停下来。再按图1.14把万用表拨到直流2.5伏档，测量AB间的电压为0.6伏，BC间的电压为0.9伏。

然后再按图1.12电路调10千欧电位器使 $I_c = 1$ 毫安，再按图1.14测得AB两点电压为1.15伏；BC两点电压为0.35伏。在这两次实验中我们看到，当改变 I_b 时 I_c 也跟着变化。这种工作状态是晶体管的放大状态。处于放大状态的工作区就是晶体管的放大区。

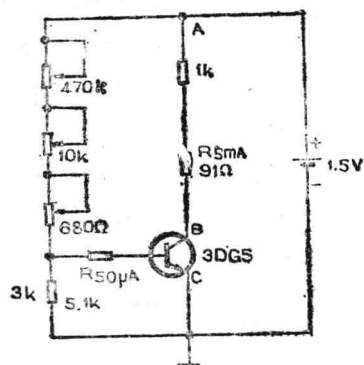


图1.14 测量电压的电路

BC间的电压,约为0.15伏。然后我们再把电路改成图1.15,当继续减小 R_b 时, I_b 电流还能有所增加,但从上面的实验中我们已测出 I_c 不能再增加了。这也就是说 I_b 的再增加不能使 I_c 再增加了。这种工作状态称为饱和状态。处于饱和状态的工作区就是晶体管的饱和区。饱和时晶体管发射极和集电极之间的电压(即BC两点的电压)称为饱和压降。

当我们把图1.12中的集电极电阻1千欧换成1.5千欧时(见图1.16),调小 R_b , I_c 增长到0.75毫安就不能再增加了。这说明集电极电阻越大,晶体管越易进入饱和区。

在进行了上面的几个实验之后,让我们简单小结一下:晶体

我们通过两次测量电压还可以得出以下结论: $U_{AB} + U_{BC} = E$ 。(1.5V)。

当我们按图1.12电路调10千欧电位器使 $I_c = 1$ 毫安后,继续减小10千欧电位器数值,当 I_c 调到1.2毫安时,我们发现再减小10千欧电位器的阻值, I_c 已不能再跟着增加了。我们在把电位器调到 I_c 刚好等于1.2毫安时,按图1.14测一下

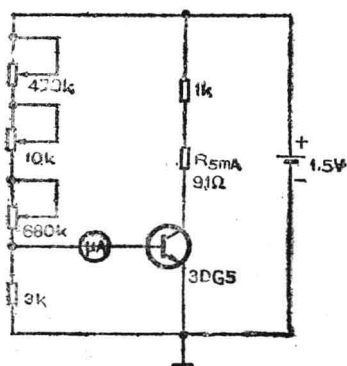


图1.15 测饱和时的基极电流

管在做放大器时，一般常用的方法是把交流输入信号加在晶体管的基极和发射极之间，放大的输出信号从集电极和发射极间取出。发射极是输入输出信号的公共端，这种放大电路叫共发射极放大电路，其典型的工作原理图见图1.17，其等效电路可简化为图1.18。

放大器的功能就是要使输出信号 u_{sc} 比输入信号 u_{sr} 的幅

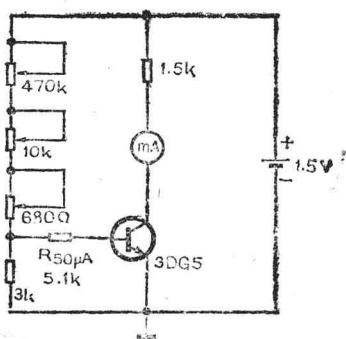


图1.16 集电极电阻与晶体管饱和的关系

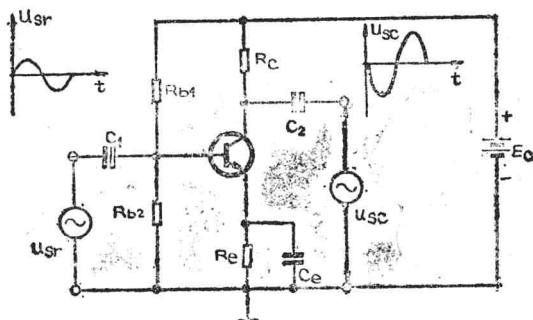


图1.17 共发射极放大电路原理图

度大很多，而且两个波形的变化规律要一致（但在共发射极放大电路中输出信号和输入信号相位差 180° ），这就叫不失真放大。

要想使输入信号在一个周期内都得到不失真的放大，就要使信号输入期间，晶体管工作始终处于放大区域（实验四）。要使晶体管始终处于放大状态，就必须使三极管始终处于导通状态。因为输入信号是和基极上加的直流电压叠加后共同作用

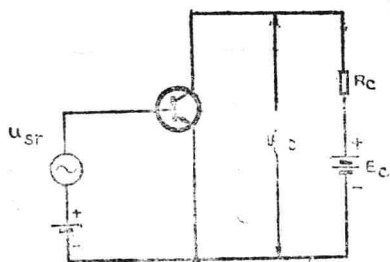


图1.18 共发射极放大电路等效电路图

在发射结上的，所以要使信号没来到以前加在晶体管发射结上的电压大于0.5伏的起始电压（实验一），而且还要保证这个直流电压在信号来到以后叠加后的数值（即直流电压减去信号的负半周最大电压值）也不小于0.5伏的起始电压。这样输入信号电压变化就能使 I_b 跟着变化， I_b 变化 I_c 就跟着变化， I_c 变化输出电压 u_{ce} （ $u_{ce} = E_c - I_c \times R_c$ ）也就跟着变化。这个事先加在晶体管基极上的电压（实际上就是加在晶体管基极和发射极间的电压）就叫晶体管的偏压，在这个偏压下产生的基极电流 I_b 叫偏流。为了在集电极得到不失真的信号，还要考虑 I_c 的大小和 R_c （集电极电阻）的大小，因为 $u_{ce} = E_c - I_c \times R_c$ 在 E_c 和晶体管饱和压降之间变化。

我们在调试四管收音机时，要使各放大级的三极管在静态时（输入信号没进入放大器时）有合适的 I_b 、 I_c 和 u_{ce} ，这就叫确定放大器的静态直流工作点。

第二节 采用甲类功率放大的两管收音机

为了使单管收音机放音更响，我们在单管收音机的基础上加上一级功率放大器，就成为一台能用扬声器放出较大声音的两管收音机了。两管收音机的电路如图1.19所示。

一、电路

广播电台的信号经磁性天线感应进来后，由初级线圈 L_1 和