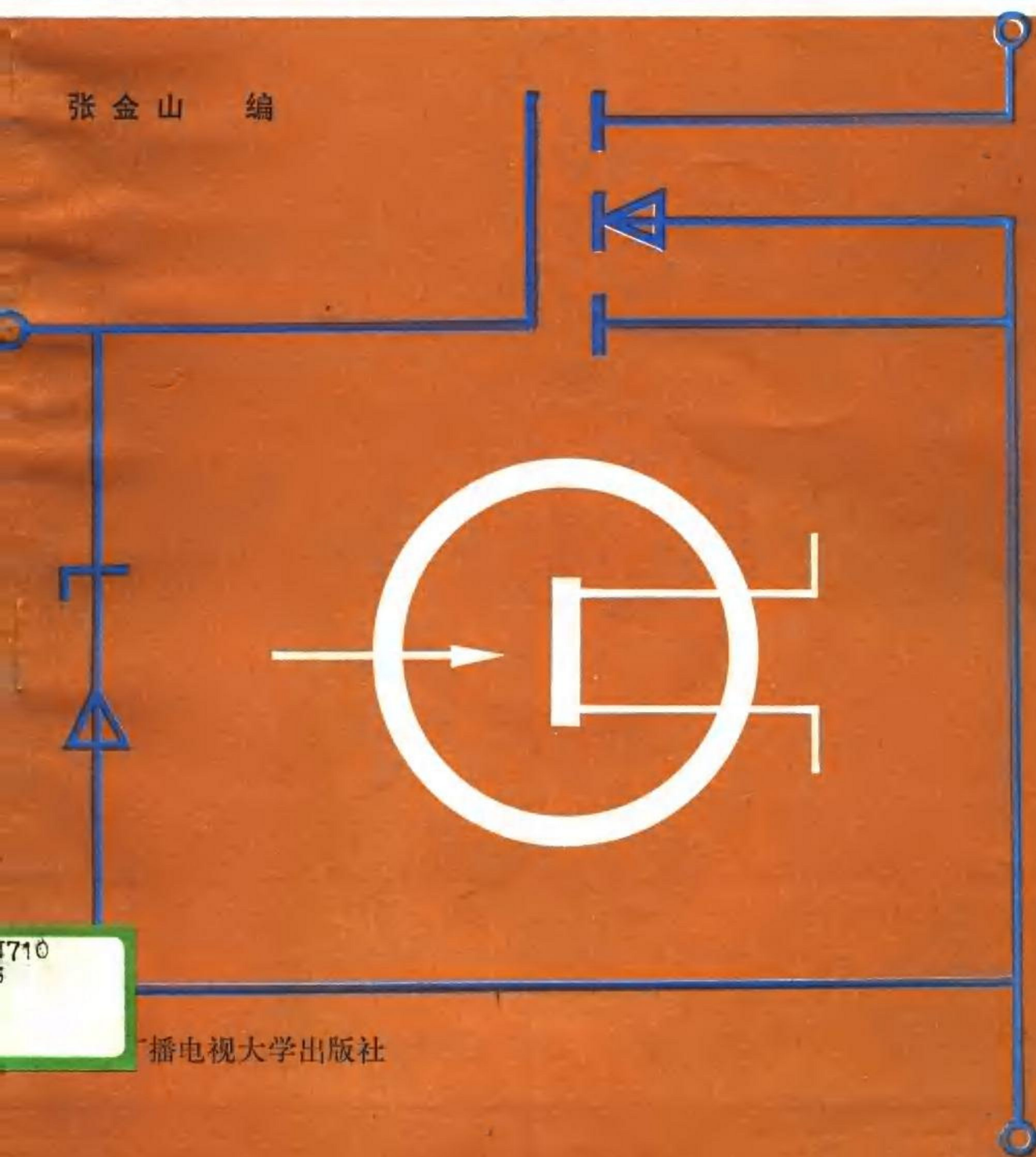


电子电路与系统实验

—— 高频电路 ——

张金山 编



广播电视大学出版社

电子电路与系统实验

——高频电路——

张金山 编

*

中央广播电视大学出版社出版发行

北京印刷一厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张5.75 插页1 千字144

1988年9月第1版 1988年10月第1次印刷

印数 1—7,000

定价2.00元

ISBN7-304-00266-2/TN·7

前 言

本书是为中央电大《电子电路与系统》课程而编写的实验教材。内容分三部分：感性认识实验、理论验证性实验和综合性“联试”实验。

感性认识实验，目的在于通过实用电路的安装调整，增加感性认识、提高学习兴趣。为此安排了四个装配性的实验。这部分实验要求采用印刷线路板进行焊接。

理论验证性实验，目的在于通过基本单元电路的调整测试，验证基本理论、培养动手能力。鉴于电大特点，这部分实验宜采用“联试”的实验方式。尽量使前面实验为后面实验做准备，后面的实验要以前面实验为基础。为此可以采用实验箱和印刷板相结合的方式。

综合性“联试”实验，目的在于通过一个系统的功能测试，锻炼学生识图能力和综合测试技术。安排了五个实验，其内容取材于集成电路彩色电视机。主要进行集成电路的功能测试和联试实验。在进行功能测试时，需配备专用仪器。如无条件可只选联试实验，但也需准备一个良好的高频调谐器，并能正常接收彩条信号。

在整个教学环节中，电大的实验课目前还是一个薄弱环节，因此有必要加强实验课的课前预习、实验测试和实验小结。以提高实验课的教学质量。

本书在编写过程中，侯可同志收集、整理了部分资料、做了许多工作。课程主讲，北京邮电学院谢沅清老师、赵学泉老师审阅了全部书稿，纠正了书稿中的差错，提出了修改建议，在此一併表示衷心感谢。

由于是新开课程，经验不足，有不当之处望读者批评指正。

编 者

1988年2月

目 录

前言

第一部分 感性认识实验	(1)
实验一 超外差式收音机的安装与调试	(1)
实验二 简易调幅发射机	(4)
实验三 无线话筒制作与调整	(7)
实验四 单片集成电路调频调幅收音机的制作与调试	(8)
第二部分 验证性实验	(14)
实验五 LC 振荡器的调整与测试	(14)
实验六 检波实验	(19)
实验七 变频电路的调整	(24)
实验八 调谐放大器性能指标测试	(28)
实验九 调频与鉴频实验	(32)
实验十 乘法器的调整与测试	(38)
实验十一 乘法器应用	(42)
第三部分 综合实验	(46)
实验十二 图像中放	(46)
实验十三 伴音电路	(50)
实验十四 色同步分离电路	(54)
实验十五 同步解调功能测试	(56)
实验十六 基准副载频恢复电路 测试方法	(61)
实验十七 收音机技术指标测试	(64)
附录一 集成块部分功能电路原理	(67)
(一) TA 7607 AP 视频同步检波器功能原理	(67)
(二) TA 7607 AP 峰值式 AGC 检波功能原理	(68)
(三) HA 11107 峰值鉴频器功能原理	(69)
(四) HA 11401 行同步分离功能原理	(71)
(五) TA 913 A 压控振荡器功能原理	(72)
(六) AN 5602 鉴相器功能原理	(75)
附录二 仪器使用方法	(79)
(一) BT-3 型频率特性测试仪使用方法	(79)
(二) XFG-7 型高频信号发生器使用方法	(81)
(三) HFP-1 型视频电子管毫伏表	(82)
(四) E 312 型电子计数式频率计	(83)
(五) SBM-10 型示波器	(84)
附录三 838 型机部分电原理图	(98)

第一部分 感性认识实验

这部分实验,可以安排在课前或与课程并行开设。要求全部采用印刷线路板焊接。

由于这部分实验是以增加感性认识为主,故不要求定量测试。为此建议指导教师,在准备实验时,应对所有实验套件进行测试。确保学生焊完后,只要调好工作点,电路就能基本正常工作。

根据大纲要求,需完成六个必做实验,其中感性认识实验必做一个。

为了适应不同层次的学生需要,安排了四个难易程度不同的实验,供学生任选。

实验一 超外差式收音机的安装与调试

一、实验目的

1. 了解收音机基本原理;
2. 学习调试方法。

二、实验原理

本实验采用的是一个典型的超外差式收音机,电路如图 1-1 所示。

电路由六部分组成

1. 输入调谐电路:它由可变电容器 C_{1a} 、 C_2 和磁性天线线圈 L_1 构成。通过调整 C_{1a} , 可选出电台信号,并经互感耦合送入变频器。

为了使调谐电路阻抗与输入阻抗匹配,以及尽量提高灵敏度和选择性,应适当选择变压比。一般 L_1 取 60~80 匝, L_2 取 L_1 的十分之一。

2. 变频电路:它是超外差式收音机特有的电路,其功能是把电台信号,变换成 465 kHz 的中频调幅信号。图中 C_{1b} 、 L_3 、 L_4 和变频管组成一个 LC 振荡器。由它产生一个比电台信号高 465 kHz 的等幅振荡。并通过 C_4 送入 BG_1 发射极。 C_5 、 C_6 是为统调而设置(统调原理参考实验七)。 R_1 、 R_2 、 R_3 是偏置电阻。调谐回路选择的信号频率 f_1 和本振信号频率 f_2 ,在三极管进行混频。混频后经过由 C_7 和 B_2 初级构成的调谐回路,取出 465 kHz 的中频信号,完成变频任务。

3. 中频放大器:它是一个典型的调谐放大器,其主要任务是对中频信号进行放大。图中 BG_2 、 BG_3 是放大管。 R_5 、 R_8 、 R_9 为偏置电阻。 R_7 、 R_{10} 是负反馈电阻。 C_{11} 、 C_{12} 、 C_{13} 是中频旁路电容。基极和集电极间的电容为中和电容,防止自激。中周变压器 B_3 、 B_4 和 C_{10} 、 C_{15} 构成调谐负载。

4. 检波电路:它的任务是从中频调幅信号中取出音频信号。图中 D 为检波二极管, R_{13} 为负载电阻, C_{16} 、 C_{17} 为旁路电容。经检波后除取出音频信号外,还有直流成份,它也是随输

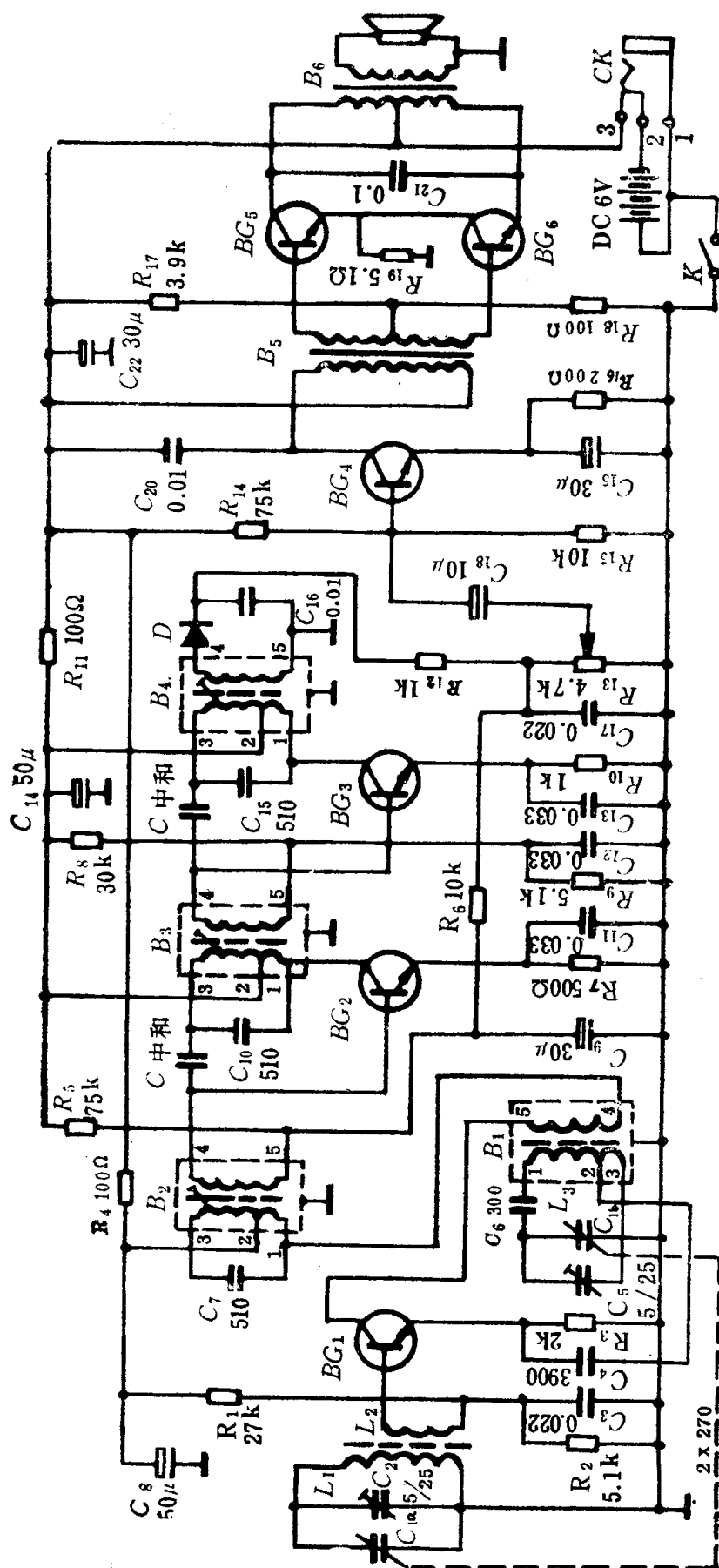


图 1-1

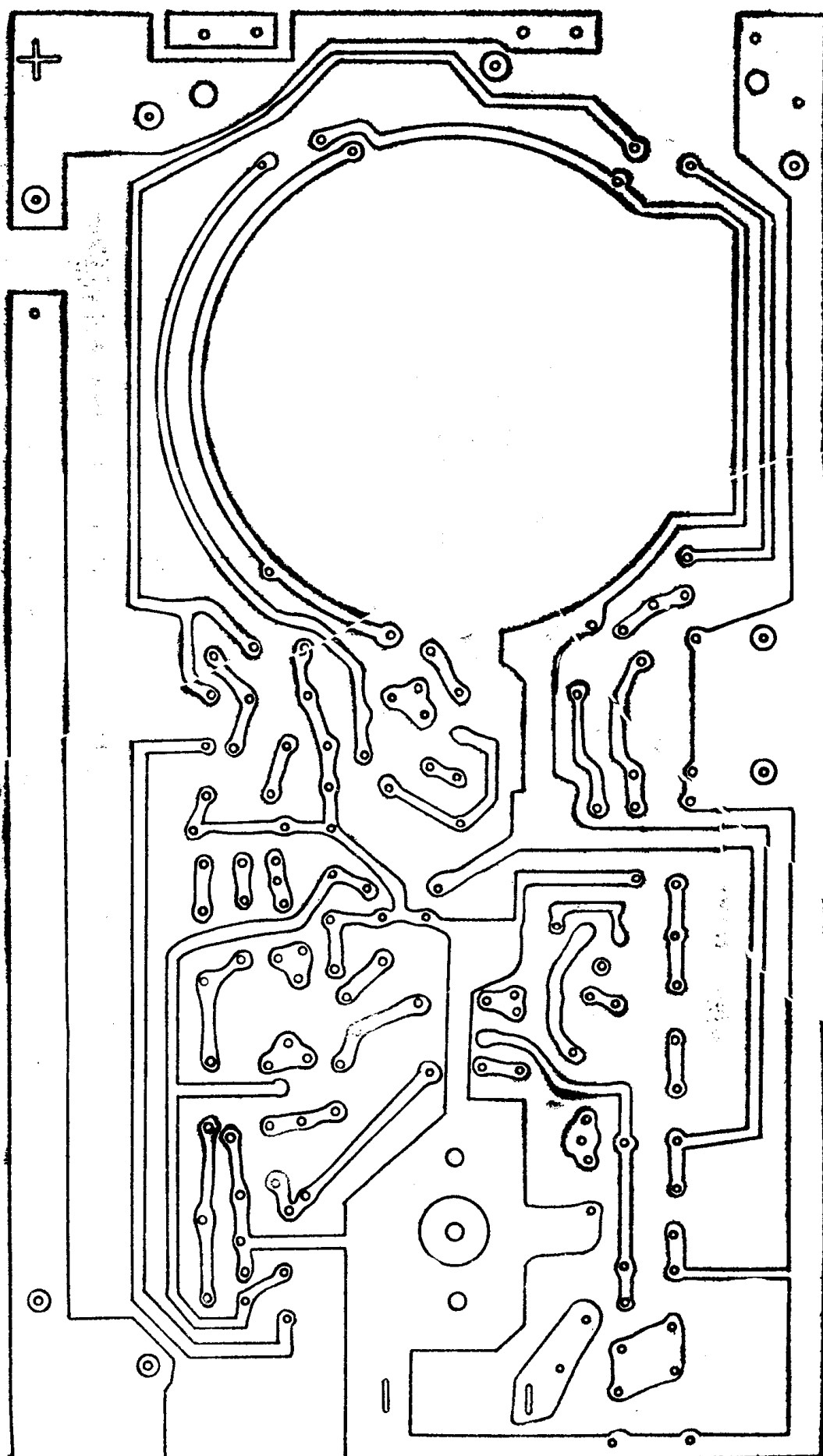


图 12

入信号而变化的。通常是利用它实现自动增益控制。在图中是经过 R_6 、 C_9 送至 BG_2 的基极来实现的。

5. 前置低放和功率放大器分别由 BG_4 和 BG_5 、 BG_6 来完成。其工作原理已在模拟电子技术中学过可自行分析。

三、实验内容

1. 焊接

全部元器件安装在印刷电路板上。印刷板如图 1-2 所示。

焊接前须把所有元器件的引线用小刀刮干净,并焊上锡。然后把元件安装在无铜箔的一面。可以一面安装,一面焊接。最好先安装双连可变电容器、中周变压器、输入、输出变压器和电位器等大型器件。然后再安装焊接电阻、电容等小元件。

整机安装焊接顺序为先低放部分,后中放部分,最后焊接变频部分。

2. 调试

收音机焊接完毕,必须进行调整。由于本实验的目的在于增加感性认识,为此不要求全面的定量测试,只要定性的调响即可。

(1) 调整静态工作点

变频级的静态电流一般选在 $0.4\sim 0.6\text{ mA}$ 。电流调的大些,容易起振,放大能力也大些。但噪声也相应增大。电流调小些,噪声可小些。但在电流电压降低时,容易停振。可通过实验适当选取。

第一中放集电极电流一般选在 $0.4\sim 0.6\text{ mA}$ 。

第二中放集电极电流一般选在 $0.5\sim 1\text{ mA}$ 。由于这一级不带自动增益控制。电流可稍取大些,目的在于提高增益。

低放级调在 $1.2\sim 2.5\text{ mA}$ 。功放级调在 $2\sim 5\text{ mA}$ 。

(2) 调中周变压器

工作点调好之后,可旋动双连可变电容器,随便收听一个电台。然后用导线将双连可变电容器的两组定片对地短接,广播信号应停止发声。通过这样简单制断,说明电路工作基本正常。在此基础上用无感螺丝刀,调中周变压器的磁芯。由后向前反复调 $2\sim 3$ 次,直到声音最响为止。

(3) 用示波器观看各级输入及输出端波形,初步明确接收过程即频率变换过程。

实验二 简易调幅发射机

一、实验目的

1. 掌握调幅发射机的基本原理;
2. 通过实验演示了解信号频率变换过程;
3. 学习装配技术、增加感性认识。

二、实验原理

本实验采用的电路如图 2-1 示,图中 BG_1 等组成音频放大器、 CK_1 为话筒插孔,音频信号

通过 C_4 耦合到 BG_1 基极进行放大。当不接话筒时,由 BG_1 和 C_1 、 C_2 、 C_3 、 R_1 、 R_2 构成音频振荡器,输出 1000 Hz 音频信号。

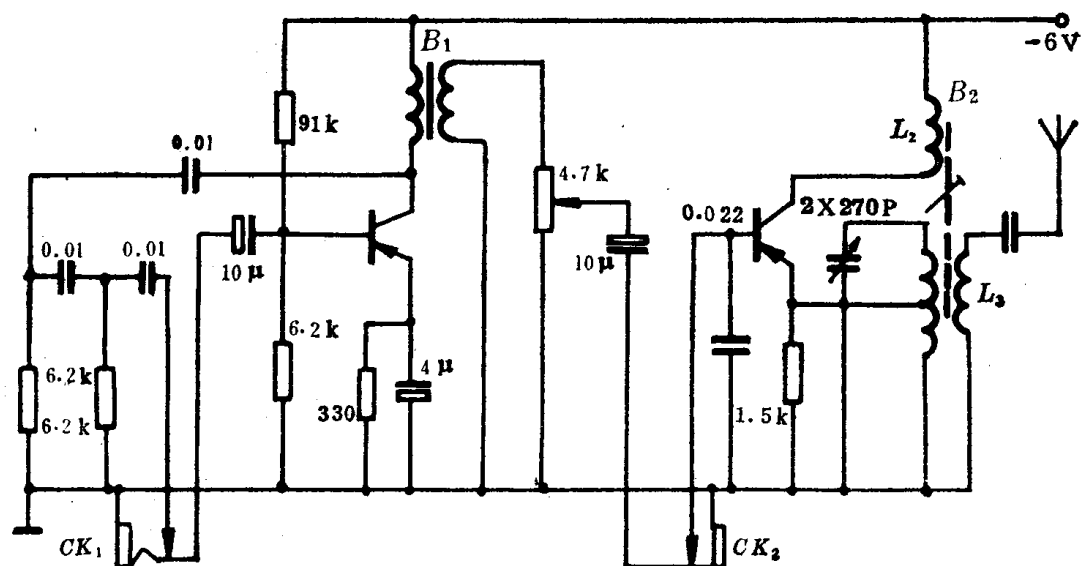


图 2-1

音频信号经变压器 B_1 耦合到 BG_2 基极。

BG_2 一方面与变压器 B_2 组成高频振荡器,输出等幅的高频振荡信号,另一方面它还起调制作用。因为由 BG_1 输出的音频信号经 C_6 耦合到 BG_2 基极、 C_7 对音频呈高阻抗。高频信号加在 BG_2 发射极,这两种信号都加在 BG_2 发射结,由于发射结的非线性而产生调制作用,所以在 BG_2 的集电极得到一个幅度随音频信号变化的高频电流,天线线圈 L_3 吸收 LC 回路中的振荡能量,然后经天线把电磁波辐射出去。

三、实验内容

1. 焊接

根据给定的印刷电路板图(图 2-2),自行装配。

图中 B_2 可采用收音机中收振荡线圈如 SZZ_1 、 SZZ_2 、105 E, $BGX-4$ 也可以。 L_3 可用 0.08 mm 漆包线,绕在振荡线圈的磁芯上,绕 10~15 圈即可。也可将 C_9 直接焊在双连定片上。

B_1 选用收音机的输入变压器。

天线可用 0.5 米铜丝代替。

2. 调试

(1) 调整静态工作点

BG_1 集电极电流调在 0.7~0.8 mA

BG_2 集电极电流调在 0.5~0.6 mA

(2) 调音频振荡器

在万用表上串接一只 0.1 μF 以上的电容后,测量 BG_1 集电极交流电压,改变 R_3 使之达到 3.5 V 即可。

(3) 检查高频振荡是否起振,可用电流表测整机电流(串在电源上),然后将可变电容器

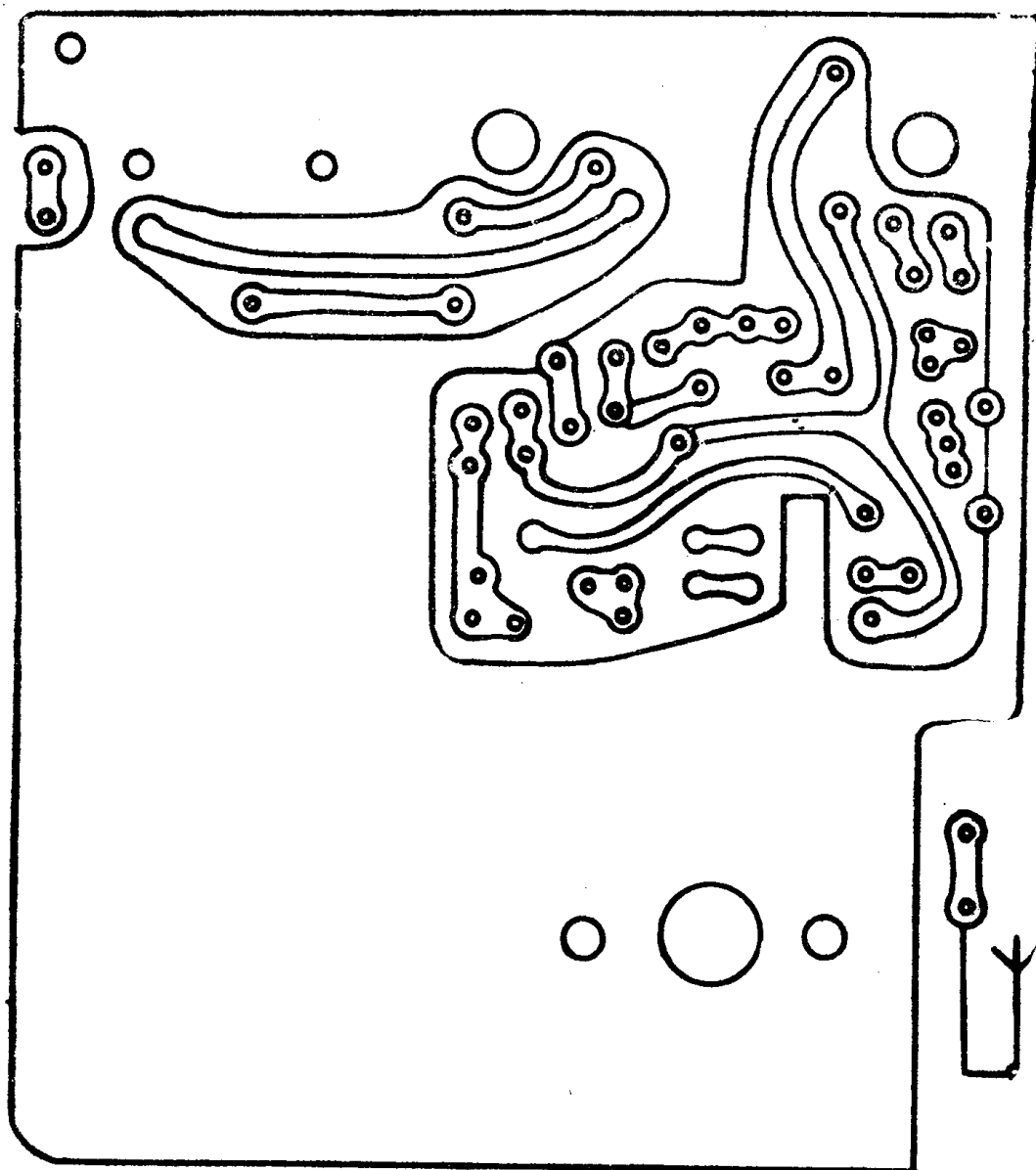


图 2-2

动、定片短接,电流应增加,表明电路起振。若不起振,可重新调整工作点,或将 L_2 ④-⑥ 端接头倒过来重新焊接。

(4) 调完后,可用收音机在 2 米之内接收信号。若发现杂音大,大多是距离远,或收到的二次谐波,应重新调到基频频率上。

(5) 用示波器观看 B_1 次级波形,观看 BG_2 发射极电阻上的波形和观看 L_3 两端波形,(改变 W_3 位置观看 L_3 两端波形变化规律)。

3.* 参考本实验内容,将收音机改装成一个调幅发射机。

实验三 无线话筒制作与调整

一、实验目的

1. 了解调频无线话筒的基本原理；
2. 通过制作与调试增加感性认识。

二、实验原理

图 3-1 是实验电原理图，它是利用改变晶体管结电容的办法实现调频的。图中 H 为驻极体话筒，话音信号经驻极体话筒转变为电信号，经过耦合电容 C_1 送至 BG_1 基极（有时为了提高效率还可加一级音频放大后，再送至 BG_1 基极）。其中 BG_1 和 L_1 、 C_3 、 C_8 、 C_4 及 C_2 等构成共基电容三点式振荡器。调节 C_3 ，电路能工作在 88~108 MHz 频率范围内。 C_2 对高频短路，而对音频呈高阻抗。 C_{BC} 是集电结电容，它实际上是并联在振荡回路两端。当 V_{CB} 电压变化时，结电容发生变化，从而获得调频。 BG_2 是倍频器，它是一个典型的调谐放大器，只是要求调谐于振荡频率的二次谐波，同时还兼有功率放大和隔离缓冲负载天线与振荡级的作用，使天线状态改变不会影响振荡频率。天线采用一般的塑胶导线，长度可取载波波长的 $1/4$ 。调节 C_6 可使输出最大。

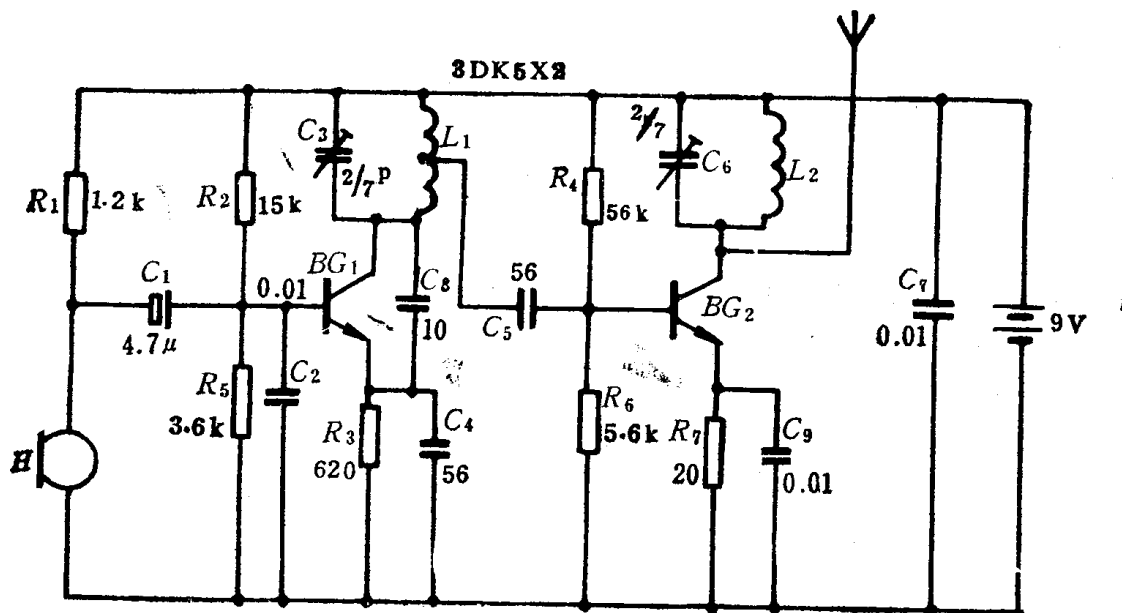


图 3-1

三、实验内容

1. 焊接

在焊接前先检查、制作一些元件，为了获得较大的线性频偏，尽可能选择 C_{BC} 变化较大的振荡管。 $\beta > 80$ ，电容应选择瓷片电容。

图中 L_1 采用 0.41 mm 漆包线，在圆珠笔芯上绕 7 圈，3 圈处抽头。 L_2 用 0.35 mm 漆包线共绕 6 圈。然后根据给定的印刷线路板，如图 3-2 进行焊接，焊接时应注意：元件引线应尽

量短；驻极话筒引线要尽量短； L_1 、 L_2 方向要互相垂直；在线圈附近的电阻应与其方向一致。

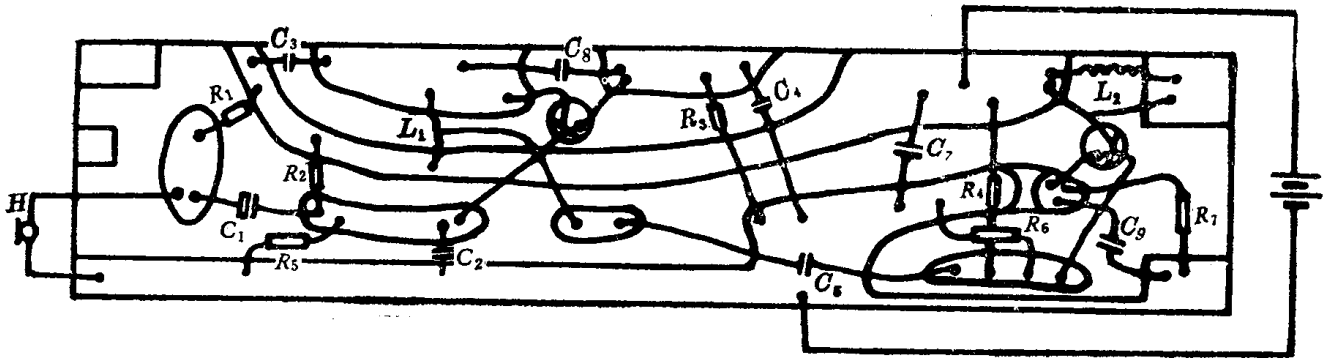


图 3-2

2. 简单调整

驻极话筒两端电压应调整为 0.7V。可通过改变 R_1 阻值实现。

调整各级偏流电阻，使整机电流在 10 mA 左右。

电路中之所以采取倍频放大电路，目的在于提高载波频率，增大频偏。有时为了减小调频噪声，也可以使 C_6 、 L_2 调谐在振荡器基波频率范围内。

调整时应用调频收音机试听。

实验四 单片集成电路调频调幅收音机的制作与调试

一、实验目的

1. 了解 CXA 1019 集成电路收音机基本原理；
2. 学习集成电路焊接调试技术。

二、实验原理

实验电路如图4-1示。下面简述工作过程：

1. 调幅(AM)部分：广播信号由线圈 L_1 和可变电容器 C_6 ，微调电容 C_7 组成的谐振回路选择后，送到集成电路第⑩脚。

图中 L_6 、 C_{14} 和 C_{15} 是本振调谐回路。本振信号和广播信号在 IC 内部进行混频。混频后得到的 465 kHz 中频信号，由 IC 第⑭脚输出。经中频变压器 IFT 和 465 kHz 的陶瓷滤波器选频后，耦合到 IC 第⑯脚进行中频放大、检波。音频信号由⑳脚输出。并经 W_1 控制后耦合到㉑脚进行功放，最后由㉒脚输出，通过 C_{28} 送到扬声器。

2. 调频(FM)部分：天线接收到的调频信号，经过 L_3 、 C_1 、 L_2 组成的带通滤波器，送入 IC 的⑫脚进行高放。放大后的高频信号送到⑨脚。由外接的 L_4 、 C_8 、 C_9 组成调谐回路，并通过它将高频信号选出送入 IC 内部进行混频。混频后的 10.7MHz 中频信号，由⑭脚输出，并经陶瓷滤波器 CF_2 选频后，送入⑰脚进行中放，解调。解调后的音频信号仍由⑳脚输出，再经 W_1 控制后送入 IC 内部进行功放，最后由㉒脚输出。

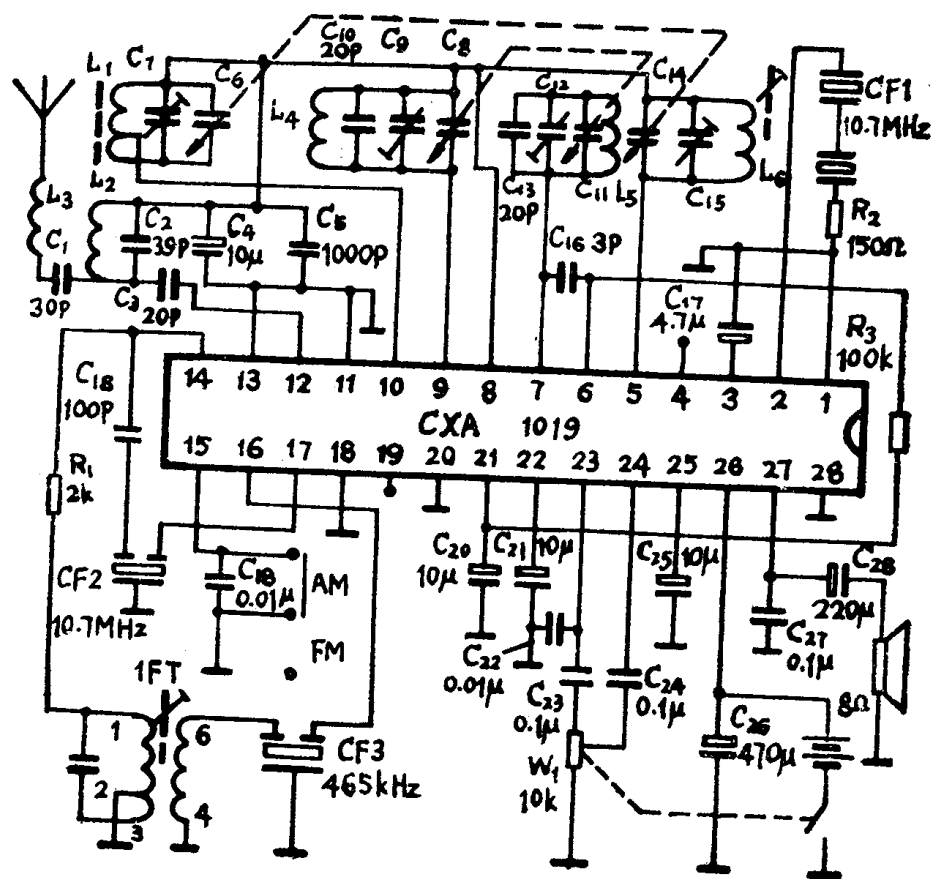


图 4-1

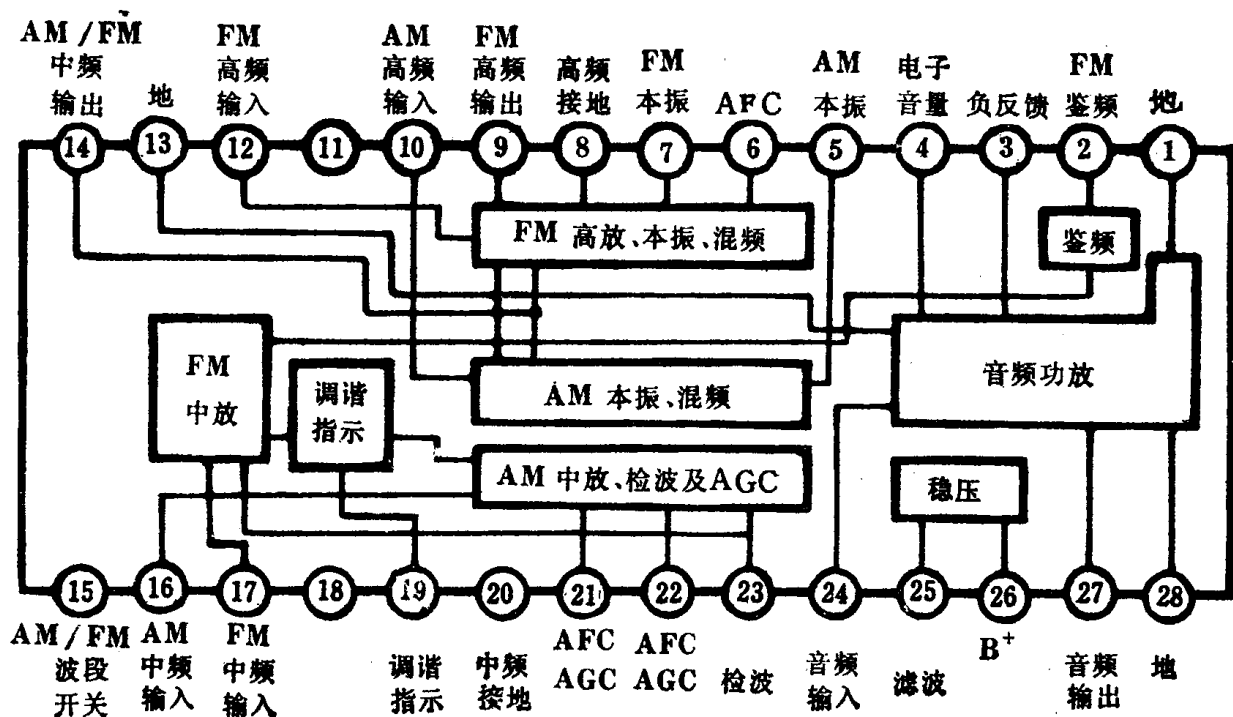


图 4-2

3. CXA 1019 内部功能及主要附属电路

内部功能方块图如图 4-2

(1) 调幅、调频波段选择电路：该电路是由一只 1×1 的开关进行波段转换控制的。

当 IC 处于 AM 工作状态时,人为控制开关,使⑮脚接地。当 IC 处于 FM 工作状态时,只需控制开关,将⑮脚与地之间串上 C_{18} 即可。

(2) AGC 和 AFC 电路: AGC 电路由 IC 内部电路和②①、②②脚外接 C_{20} 、 C_{21} 组成。其控制范围可达 45 dB 以上。AFC 电路由②②、②①脚内部电路及外接内容 C_{20} 、 C_{21} 和电阻 R_3 、以及⑥脚所连电路组成。

(3) 调谐指示电路: 调谐指示电路由④脚引出、可将发光二极管接入,当收音机调准某一电台时,发光二极管亮。

(4) FM 镇噪电路: 由于实验电路灵敏度较高尤其在 FM 波段,当调谐在没有电台位置时,因 AGC 不起控、电路增益较高,这时噪声可能很大。为消除这种噪声,可加接如图 4-3 示附属电路。当开关 K 闭合时,镇噪电路将起作用。

当收听弱信号电台时,可将开关 K 断开,使电路不起作用。

(5) 电子音量控制电路: 电路如图 4-4 所示,它是通过改变 IC 的④脚直流电压来现实音量控制的。采用这种控制方式时,检波或鉴频的输出音频电压由②③脚经 C_{24} 耦合到第②脚,而音量电位器的动臂在 IC 的第④脚,当电位器的滑动臂移动时,第④脚的直流电位也随之变化。从而达到控制音量的目的。由于电位器接在直流电路中,因而可以把它安排在面板的任何位置上,而不必担心过长的声频信号引线所带来的不良效果。

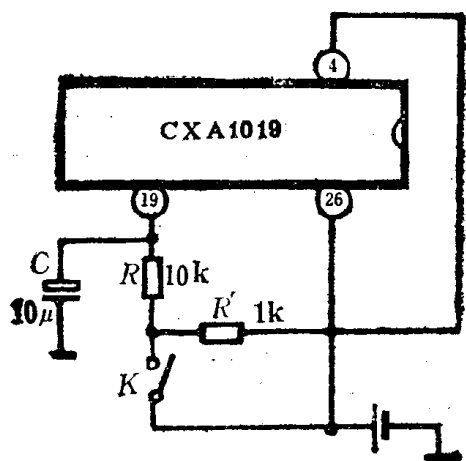


图 4-3

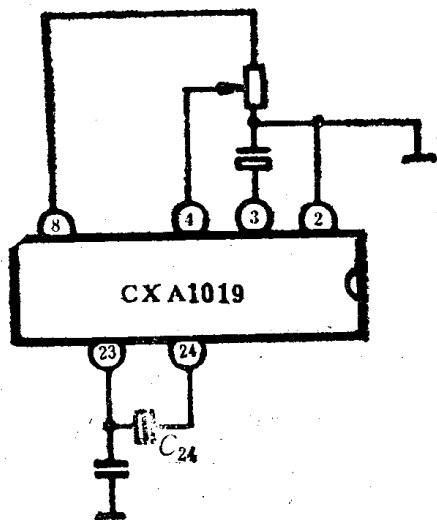


图 4-4

三、实验内容及方法

1. 焊接: 图 4-5 是印刷线路板。焊接时应注意以下几个问题:

(1) 高频电路和低频电路的接地点,要各自独立分开。同时要求高频接地点集中在四连可变电容器周围,走线短而粗。

(2) 由于集成块增益较高,故要求用四连可变电容器把它和磁性天线隔开,避免引起自激。

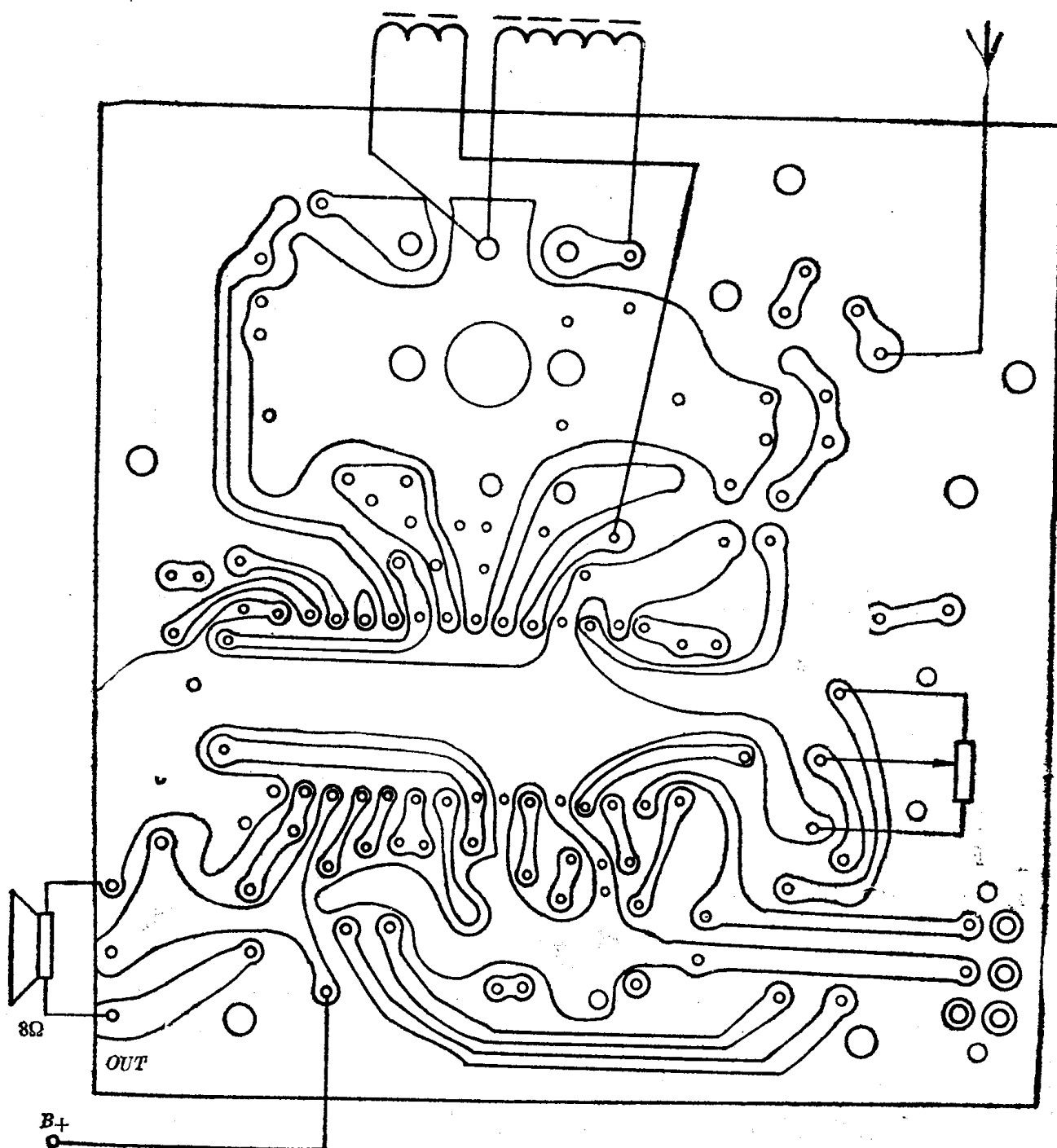


图 4-5

(3) *FM* 的天线回路、高放级输出调谐回路及本振回路中的元件应相互隔开,各电感线圈要互相垂直。

(4) 陶瓷滤波器 *CF*₃ 及中周变压器 *IFT* 应尽量靠近 *IC* 的第⑩脚。

(5) 焊接集成电路时,应使烙铁断电焊接,焊接时间尽量短。

2. 静态测试: *CXA 1019* 集成电路可以适应较宽的电源电压。从 3~9 V 都能正常工作。

表 4-1 列出了工作在 3 V、6 V 和 9 V 时,各引脚在 *AM*、*FM* 状态下的静态电压值(单位为

表 4-1

管脚	3 V		6 V		9 V		管脚	3 V		6 V		9 V	
	FM	AM	FM	AM	FM	AM		FM	AM	FM	AM	FM	AM
1	0	0	0	0	0	0	15	1.0	0	1.0	0	1.0	0
2	2.18	2.70	4.88	5.43	7.2	8	16	0	0	0	0	0	0
3	1.5	1.5	3.0	3.0	4.5	4.5	17	1.0	0	1.0	0	1.0	0
4							18	0	0	0	0	0	0
5	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	19						
6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	20	0	0	0	0	0	0
7	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	21	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
8	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	22	0.75	1.12	0.75	1.12	0.75	1.12
9	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	23	1.25	1.0	1.28	1.0	1.25	1.0
10	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	24	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	25	2.71	2.71	5.4	5.4	7.5	7.5
12	0.3	0	0.3	0	0.3	0	26	3.0	3.0	6.0	6.0	9.0	9.0
13	0	0	0	0	0	0	27	1.5	1.5	3.0	3.0	4.5	4.5
14	1.25	0.2	1.25	0.2	1.25	0.2	28	0	0	0	0	0	0

V)。

3. 调试(选做)

由于本机在中频部分,有三只陶瓷滤波器 CF_1 、 CF_2 和 CF_3 。其中 CF_1 、 CF_2 调谐在10.7 MHz,用于FM中放。所以FM中频不需调整。 CF_3 谐振在465 kHz用于AM、由于使用了 CF_3 、AM中只需一只中周变压器即可。这使AM调整手续十分简单。

在进行FM、AM各波段跟踪统调时,最好有一台简单的高频信号发生器,例如使用XG-25 S,或者利用高频电子实验箱上的信号源,能使调整更为准确可靠。具体调试办法如下:

① 调整AM频率覆盖

将高频信号发生器输出信号频率调到520 kHz,收音机波段开关置于AM状态,将四连可变电容器旋至最大位置,用无感螺丝刀调整振荡线圈 L_6 的磁芯,使收音机收到520 kHz信号。然后将高频信号发生器调谐于1605 kHz位置,将四连可变电容旋至容量最小位置,调整微调电容 C_{15} ,使收音机接收到1605 kHz信号。如此反复进行两次,AM频率就调整好了。

② 统调AM

将高频信号发生器调到600 kHz的位置,旋动四连可变电容,使收音机收到600 kHz的信号,移动中波天线线圈 L_1 在磁棒上的位置,使收音机输出最大。这时用一根测试棒(一端为磁棒,一端为铜棒)的两端分别靠近 L_1 ,收音机输出都应减小,这说明600 kHz频率已调准。如果当测试棒的一端靠近 L_1 时,收音机输出增大,说明600 kHz频率未调准,此时必须重新调整 L_1 在磁棒上的位置,直至达到要求为止。再将高频信号发生器调谐于1400 kHz,旋动四连可变电容使收音机收到1400 kHz信号,调整微调电容器 C_6 的电容量使收音机输出最大。这时再用测试棒两端分别靠近 L_1 ,收音机输出均应减小,说明1400 kHz已经调准。

由于高、低端两统调点在调整时互有影响,所以上述工作需反复几次。最后用高频蜡将磁棒线圈封固即可。

③ 调整 FM 的频率覆盖

将高频信号发生器频率调到 86.5 MHz ,收音机波段开关置于 FM 状态,四连可变电容旋至容量最大,用无感螺丝动 FM 的振荡线圈 L_5 的圈距,使收音机收到 86.5 MHz 信号。再将高频信号发生器调谐于 108.5 MHz ,四连可变电容调至容量最小,调整微调电容器 C_{12} 容量,使收音机收到 108.5 MHz 的信号。如此反复调几次,最后用高频蜡将线圈 L_5 封固即可。

④ 统调 FM

将高频信号发生器输出信号频率调于 88 MHz ,旋动四连可变电容使收音机收到 88 MHz 信号。用无感螺丝刀轻轻拨动 FM 高放线圈 L_4 的圈距,使收音机输出最大。再将高频信号发生器频率置于 108 MHz ,旋动四连可变电容使收音机收到 108 MHz 信号,调整 C_9 容量使收音机输出最大。如此反复几次,用高频蜡将 L_4 线圈封固即可。

在进行跟踪统调时,必须小心,细致。调整电感或电容时需使用无感螺丝刀。

如果没有高频信号发生器和高频电子实验箱,要想将频率范围及跟踪统调点调准确,一般是比较困难的。大家只能根据本地接收电台的情况和四连可变电容的旋转角度凭经验近似调试。由于本机只用了一只集成电路,灵敏度又较高,性能可靠,稳定,电路中又使用了三只中频陶瓷滤波器,使调试工作大为简化,因此调试好本机的可能性是很大的。

最后,我们给出机采用 6 V 电源时的几项主要指标:

频率范围: AM 波段不狭于 $525\sim 1605\text{ kHz}$; FM 波段不狭于 $87\sim 108\text{ MHz}$ 。

中频频率: AM 465 kHz ; FM 10.7 MHz 。

灵敏度: AM 不小于 0.6 mV/m ; FM 不小于 $5\text{ }\mu\text{V}$ 。

自动增益控制: 优于 45 dB 。

不失真功率: 大于 500 mW 。