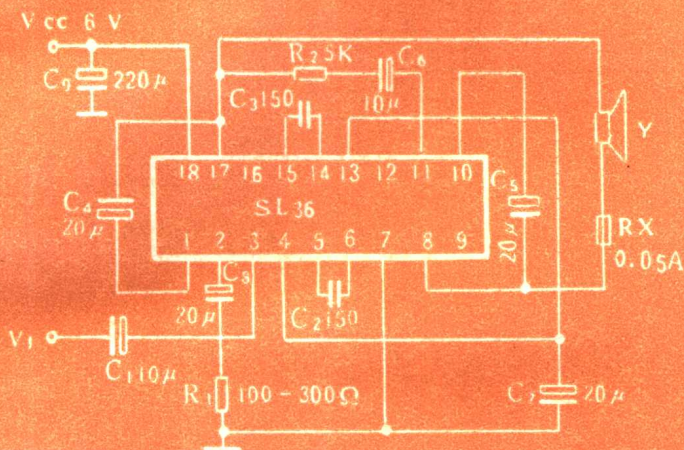


WUXIANG DIAN LU
WU SHOUHINJI



集成电路与收音机



WUXI DIAN
XIANG GONG SHU

· 无线电小丛书 ·

集成电路与收音机

李恩林 顾鸣初 编著

辽宁科学技术出版社

1985年·沈阳

集成电路与收音机

Jicheng Dianlu yu Shouyinji

李恩林 顾鸣初 编著

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)

辽宁省新华书店发行 沈阳市第一印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 1 5/8 字数: 32,000

1984年2月第1版 1985年3月第2次印刷

责任编辑: 陈慈良 责任校对: 王 莉

封面设计: 赵多良

印数: 91,001—145,000

统一书号: 15288·82 定价: 0.27元

出 版 说 明

随着四化建设的飞速发展，电子技术和无线电在各个领域里的应用越来越广泛。为了满足广大青少年和无线电爱好者的需要，我们组织了有关大专院校的教师和无线电工厂的技术人员，编写了这套《无线电小丛书》。

这套丛书的重点旨在介绍各种家用电子设备的制作，使用和修理方法，提供读者所需要的各种数据和资料，具有较强的指导性和实践性，通过学习，使读者既能掌握一定的无线电技术理论，又能从事实际的安装和调试。

我们希望本套丛书的出版有助于电子科学技术的普及，为此，欢迎广大读者提出宝贵的意见和建议。

目 录

一、概述.....	(1)
二、组合式收音机常用集成电路的分类.....	(2)
三、集成电路组成的收音头电路.....	(5)
四、集成 OTL 低频功率放大器.....	(8)
五、集成 OCL 低频功率放大器.....	(15)
六、集成 BTL 电路的构成.....	(18)
七、集成电路组成的几种特殊电路.....	(28)
八、集成电路元件的测试.....	(39)
九、消除自激振荡的措施.....	(42)
十、集成电路的互相代换.....	(44)

一、概 述

集成电路是一种新型的电子器件。它是把晶体管、二极管、电阻和连线等集中地制作在一小块固体片上，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，所以又称为固体组件或集成块。其体积仅与小功率半导体管相似。

集成电路种类繁多，落地式和高保真组合式收音机中常用的集成元件有高频、中放集成电路、集成运算放大电路和低频功率放大集成电路三种。

用集成电路组装的收音机具有如下优点：

1. 体积和功耗小。一片集成电路放大器可具有数十个晶体管、二极管、电阻和电容等所组成电路的功能。但其体积和功耗仅相当于一个小功率晶体管。

2. 可靠性高。由于集成电路外部连线和焊点极少，减少了出故障的可能性，故可靠性高。

3. 保真度好。由于集成电路是把所有晶体管都制在一块片子上，晶体管的配对和静态电流等都可处于最佳状态，所以失真度很小，一般都小于1%。故用它制作的收音机保真度较好。

4. 灵敏度高。这是因为集成电路可以在其内部多制一

些晶体管，从而提高整机的灵敏度。

5. 功率大、音质优美。用集成电路和大功率晶体管共同组装的收音机能达到几十瓦以上的不失真功率输出，功率余量大。因此，声音洪亮，音质优美。

6. 频响宽。集成电路放大器的开环增益非常高，接成闭环后能减小失真和加宽频响。其频响范围可从40赫到20千赫，比分立元件组装的收音机频响宽。

7. 稳定性好、性能指标高。集成电路工作稳定，为提高整机性能，电路可设计成分立元件难以实现的高性能电路。

8. 集成电路中相邻元件的参数匹配优良，故放大器的零点漂移和共模抑制比等直流参数得到改善。在输入端无信号时，功率输出级的中点始终保持零电位，不会因温漂而烧坏扬声器。这是目前分立元件所达不到的。

9. 装配和调试比较简单。用集成元件组成的功放电路，只要焊接无误，几乎不需调整，即能保证放音。对于变频和中放集成电路，则不必调整静态工作点。用集成元件组成的组合式收音机，只要调准中频频率，完成三点统调即可。

10. 价格便宜。

由于采用集成电路组装的收音机具有上述许多优点，因此，越来越多的组合式收音机将使用集成电路。

二、组合式收音机常用集成电路的分类

近年来，为适应广播事业的发展，我国已生产出许多种

适合收音机用的集成电路。这些电路按其用途，大致可以分为四种。

1. 变频、中放集成电路

这种电路只要适当加上一些外部阻容件和电感元件，就能起到变频级和中放级的作用，属于这种变频、中放集成电路的有SL311~SL315等型号。其中SL311、SL312、SL315为变频、中放电路，SL314为调频、混频中放电路。

2. OTL 功放集成电路

属于OTL功放集成电路的有SL31、SL32、SL33、SL34、SL37、SL39、TB4100和5G37等。这种电路本身就具有OTL功放电路的功能，无需外加晶体管。其电压从3V~24V不等，输出功率也不一样。如SL31，电源电压3V，输出功率为50mW；而SL39电源电压为24V，输出功率可达5W。所有的OTL功放集成电路，都能通过外接一些阻容件构成BTL电路。

3. BTL功放集成电路

属于BTL功放集成电路的有SL36和SL38等。它也是一种不需外加晶体管，本身就具备BTL电路功能的电路。

4. 一般集成放大电路

它实际上就是一些常用的集成运算放大电路。属于这一类电路的有5G23、5G24、BG305、FC₃、FC₄、8FC₂、FC₄₁等等。这种电路常用来作为低频前置放大级，包括音频控制电路、等响度电路等。它和大功率晶体管一起组成OTL、OCL或BTL电路。

用集成电路组装的收音机，根据其集成化程度的不同，

总结起来也可以分为如下四种类型。

第一种：分级集成化。根据电路功能，收音机各级采用专用的集成电路片子，就是分级集成化。例如变频级采用集成电路 SL311、SL312、SL313等；中放级采用集成电路SL314、MC1550、TA7105P等；功放级采用SL31、SL32、SL33、SL35、SL37、SL39等 OTL型电路或采用BTL型的SL36、SL38 等。设计和组装收音机时，只要选用不同功能的集成电路片子进行组合就行了。用这种方式组装的收音机是一种集成度较低的形式。

第二种：中度集成化电路。中度集成化电路是将混频与本振（或变频）、中放级、检波级等合并制造在一块集成电路片子内，但低放前级单独由另一个集成电路来完成。例如从混频到检波的集成电路常用的型号有 TBA651、TB1018C、SL1018C、SL313、SL315、SL1018AM等，而低放前级的集成电路型号有TAA611/B等。

第三种：高度集成化电路。一块集成电路的片子具有混频、本振、中放、检波和低放等全部功能，就是高度集成化电路。这种类型的集成电路片子有 TAD100型等。

第四种：集成电路与分立元件混合组成的电路。由于目前集成电路功率放大器的功率还都较小，因此在要求输出功率较大的组合式收音机中，绝大多数功率输出末级都采用大功率晶体管来推动扬声器，而其它各级可采用集成电路。目前来看，这种电路优点较多，用得也最广泛。

三、集成电路组成的收音头电路

用集成电路组装收音头电路具有体积小和功耗小，灵敏度高、可靠性好、装配和调试比较简单等优点。目前，组合收音机的收音头应用的集成电路有：SL311、SL312、SL315、SL1018AM 变频、中放电路；SL313 平衡混频中放电路；

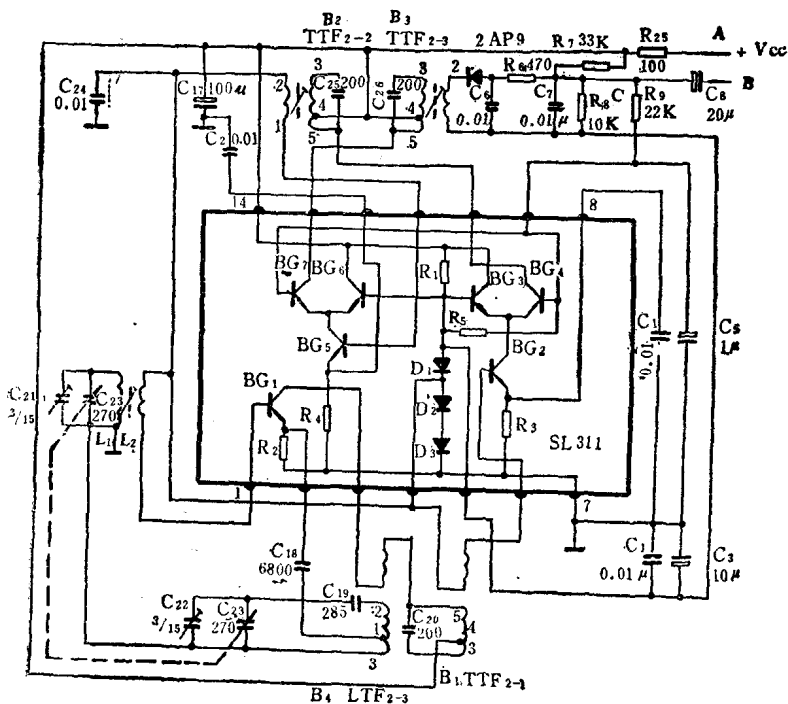


图1 由SL311组成的集成化收音机变频、中放级线路

SL314调频、混频中放电路；SL1018C调频、调幅中放电路等。这些电路只要适当加上一些外部阻容件和电感元件等就能组成收音头电路。下面，以图1所示的由SL311组成的集成化收音头为例，说明其工作原理。

1. 静态偏置

二极管 D_2 、 D_3 产生的1.4伏正向参考电压，通过线圈分别加到 BG_1 、 BG_2 和 BG_3 的基极。设这三个晶体管的基—射结正向压降是0.7伏，则它们的发射极电压就约为 $1.4 - 0.7 = 0.7$ 伏左右。这样，流过 BG_1 、 BG_2 和 BG_3 的直流电流分别为 $0.7/R_2$ 、 $0.7/R_3$ 、 $0.7/R_4$ ，而且与晶体管的电流放大系数 β 值无关。因此，在组装收音机时，各管静态电流都不必调整。

2. 共发—共基中放

变频后的中频信号从 BG_2 基极输入， BG_2 接成共发极形式。其输出信号之一部分从 BG_1 发射极输入， BG_1 的基极经电容 C_5 接地，因此 BG_1 组成共基极放大电路。中频谐振回路接在 BG_1 的集电极。 BG_1 和 BG_2 共同组成共发—共基放大电路。其优点之一是输出阻抗大。中周不用反接，甚至不用抽头，以提高谐振阻抗，从而提高增益；二是稳定性好，共发—共基电路的输出和输入之间几乎没有反馈，工作稳定，中周调准也容易。

3. AGC 电路

BG_1 和 BG_2 接成差分放大器，在静态时这两管的发射极电流共同流入 BG_3 管，总电流 $I_0 = 0.7V/R_3$ 。若 BG_1 和 BG_2 两管基极电位相同，则流过两管的电流相等，各等于

$\frac{1}{2}I_0$ 。如果两管基极电位不同，则流过两管的电流也不等。因此，只要控制其 BG_3 和 BG_4 两管基极电位之差，即可控制两管直流电流的大小。但是，不管两管的电位差有多大，两管电流的总和是不变的。当有信号时，流经 BG_2 的交流电流也要经 BG_3 和 BG_4 进行分配，若 BG_2 的电流放大不失真，不论其两管的分配比例如何，分配后的交流电流也是不失真的。因为 BG_3 的基极经三个二极管 D_1 、 D_2 、 D_3 接地，故基极电位为2.1伏。因此，我们只要改变 BG_4 的基极电位，便可改变 BG_4 的集电极电流，实现增益的自动控制。本机两级中放都设有AGC 电路，目的是为了在强信号时不使集电极电流降低过大，而同时又有足够的AGC控制能力。AGC 控制具体过程如下：信号由二极管 2AP9进行检波，为了提高对弱信号的检波效率，在无信号时 2AP9应微导通，导通程度由 R_7 数值决定。由于 2AP9导通，C、B两点间存在压降，其方向是C正B 负，数值约100~150mV。该电压经 R_4 、 R_5 分压加到 BG_4 （和 BG_7 ）的基极，使 BG_4 （和 BG_7 ）的基极电位在静态时比 BG_3 （和 BG_6 ）的基极电位略高一些。在有信号时，C点因 2AP9的检波作用而得到一个负极性的直流分量，该电压经 R_5 与 R_4 分压，与 BG_4 原有基极电压迭加，有可能使 BG_4 基极电位低于 BG_3 ，从而使 BG_4 中电流减小，中放增益降低。信号越大，增益降低越多。调节 R_7 值可微调AGC强弱。若嫌AGC控制范围不够，可以再加二次 AGC 电路。

4. 装配与调试

SL311 用扁平陶瓷封装，读管脚编号时，应面对印章的

一面，左下角为第一脚，按逆时针方向依次计数。

判断电路是否正常，可测量集成电路各脚的直流电压与电流，应大致符合表1中的数据。如数据有较大差异，应先检查外电路有否断路、短路、电容极性接反、漏电等。若外电路确属正常，则为集成电路毛病，需调换。

表1 SL311 集成电路管脚电压和电流数据

管脚		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SL 311	电压 (V)	1.4	0.7	4.5	1.4	2.1	1.4	0	0.7	2	4.5	1.4	0.7	4.5	1.5
	电流 (mA)	—	—	0.27 ~0.6	—	—	—	—	—	—	0.5 ~1.5	—	—	0.6 ~1.8	—

四、集成OTL低频功率放大器

属于OTL功放集成电路的有 SL31、SL32、SL33、SL34、SL36、SL37、SL39、TB4100和 5G37 等。这种电路本身就具有 OTL 功放电路的功能，无需外加晶体管。其工作电压从3V~24V 不等，输出功率也不一样。如 SL31，电源电压3V，输出功率为75mW；而 SL39电源电压为 24V，输出功率可达 5W 。另外，还有一些常用的集成运算放大电路，如 5G23、5G24、BG305、FC₃、FC₄、8FC₂、FC₄等，它们和大功率晶体管一起也可组成 OTL 电路。下面介绍几个用集成电路

组成的OTL低频功率放大器。

1. SL33组装的 OTL电路

SL33是一片典型的功率放大器电路，按图 2 线路连接，便可组成OTL电路，推动扬声器工作。其工作电压为4.5V，最大输出功率大于 200mW。

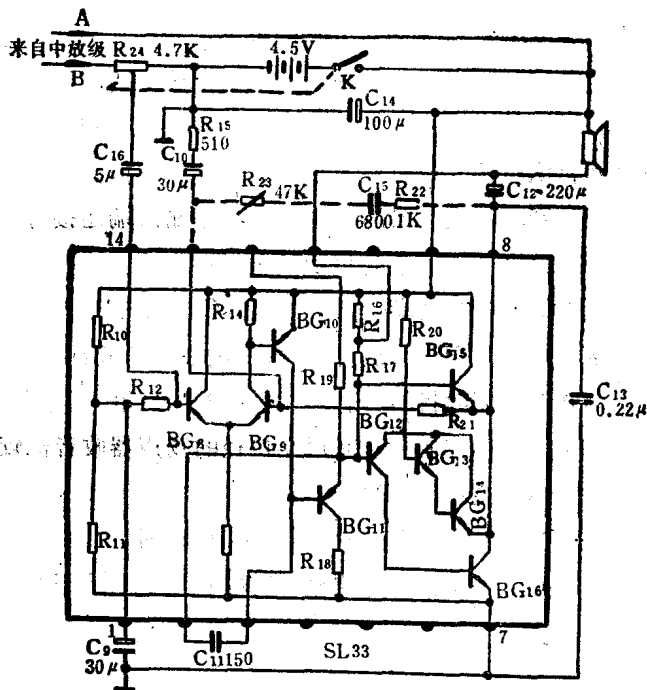


图 2 集成电路功率放大器

功率放大器的输出端经电阻 R_{21} 反馈至 BG_9 的基极。其作用有两个：一是实现 100% 的直流负反馈，以稳定静态工作点。由于 $R_{12} = R_{21}$ ，静态直流的输出工作点等于 R_{10} 和 R_{11} 的分压电压，且 $R_{10} = R_{11}$ ，所以输出电压等于电源电压 U_{cc} 的一

半, 这样可使 OTL 电路有最大的不失真功率输出; 二是在 13 脚外部接电阻 R_{15} 和电容 C_{10} , 以控制交流信号的放大量, 即控制闭环增益。对中间频率 (如 1000Hz), 由于 C_{10} 容量较大, 其容抗接近于零, 所以其闭环放大倍数基本为 R_{21} 与 R_{15} 之比。 R_{15} 是外接的, 改变 R_{15} 的阻值可以满足放大倍数的要求。

因为 SL33 是三级电压放大, 开环增益很高, 为了减小失真和稳定电流工作点, 又必须加深度电流负反馈, 这样很容易产生自激。故在 2—3 脚之间接上电容 C_{11} (150P 左右), 即可消除自激振荡。该电容大小要适宜, 过小仍会自激, 过大则会引起音频高端信号的失真。在功率输出端还接有一只电容 C_{13} ($0.1 \sim 0.47\mu$), 也是用于防止振荡。

在输出端 8 脚和 13 脚之间接入电容 C_{15} (6800P), 固定电阻 R_{22} (1K) 和电位器 R_{23} 构成音调网络, 用来提升低音、衰减高音, 达到音调控制的目的。若不接电位器, 只用 C_{15} 和 R_{22} 就可实现固定的音调控制。这对用小口径的扬声器收音机较为适宜, 同时还能减小高频噪声。

SL33 用扁平陶瓷封装, 管脚与 SL311 相同。

判断电路是否正常, 可测量各脚的直流电压是否符合表 2 所示的数据。

表2 SL33电路直流工作电压

管 脚		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SL33	电压 (V)	2.2	3	0.8	—	—	—	0	2.25	4.5	—	4.5	—	2.25	2.25

将图 1 与图 2 的 A、B 两端及地线连接起来，便是一台完整的集成电路收音机。

2. SF401 系列组装的 OTL 电路

SF401 系列是专为录音机用的集成音频功率放大电路。该电路具有电源电压低、输出功率大、失真小、频响好、使用方便等优点。它是一个双端差分输入和推挽输出的典型功率放大器。用 SF401 系列组成的 OTL 低放功率电路如图 3 所示。如电路中使用 SF401，输出功率可达 1W；如使用 SF402，则输出功率可达 2.1W。

由于 SF401 系列电路内部已制成全反馈电路，因此保证了放大器输出端静态工作点等于电源电压的中点电位。在电路中， C_1 跨接在 SF401 的频率补偿端第 4 脚与第 5 脚之间，

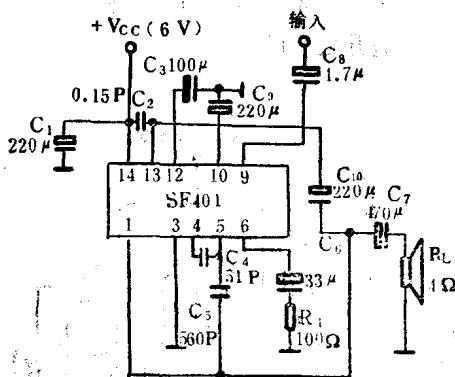


图 3 SF401 系列组成的 OTL 低放电路

用来消除自激振荡。电容 C_5 的作用是使电路在深闭环下工作更加稳定。 C_6 为自举电容，由于它和 SF401 内部电阻组成的自举电路的时间常数，比最低的信号频率对应的周期还要大

得多，因此在 C_{11} 上的存储电压等于电源电压 V_{cc} ，并在有信号输入时，也基本保持不变，使正向输出幅度相应有所增加。 C_1 、 C_3 为电源去耦滤波电容； C_2 为防震电容； C_4 、 C_7 、 C_8 均为交流信号耦合电容； C_5 为偏置滤波去耦电容； R_1 的阻值用来决定整个电路的闭环增益，它的大小和闭环增益成反比。

3. SL34 组装的 OTL 电路

SL34 和 SL33 是同一系列的集成电路，用它组装的 OTL 电路如图 4 所示。图中 C_1 为交流耦合电容， R_1 用来控制放大器的闭环增益，增大（或减小） R_1 的阻值，就可减小（或增加）电路的放大倍数。 C_2 为交流耦合旁路电容； C_3 用来防止放大器自激； C_4 为自举电容，用来提高输出幅度； C_5 为电源滤波去耦电容； C_6 用来防止振荡；电阻 R_2 、电位器 W 和电容 C_7 构成音调调节网络，用来提升低音、衰减高音。调节 W 的阻值，可适当改变提升低音的程度。

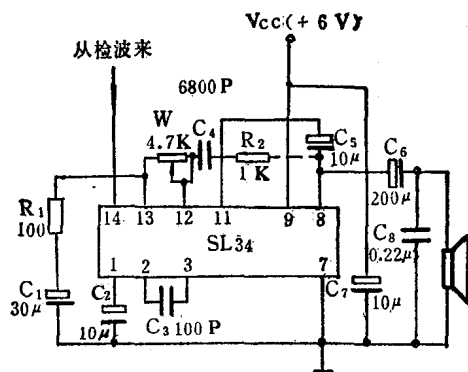


图 4 用 SL34 组装的 OTL 低放电路