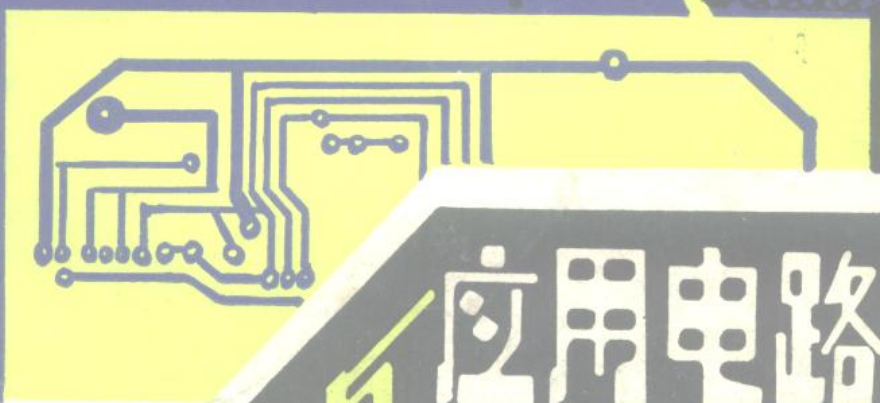
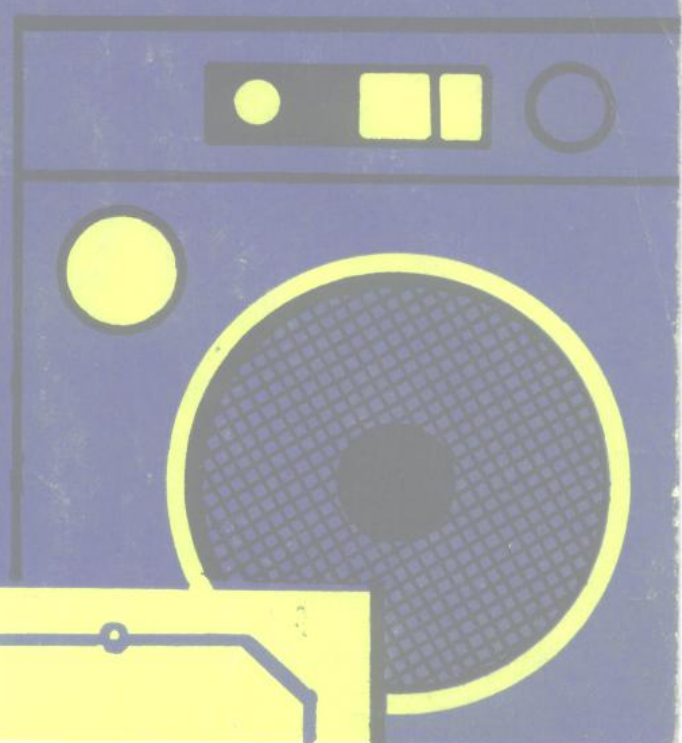
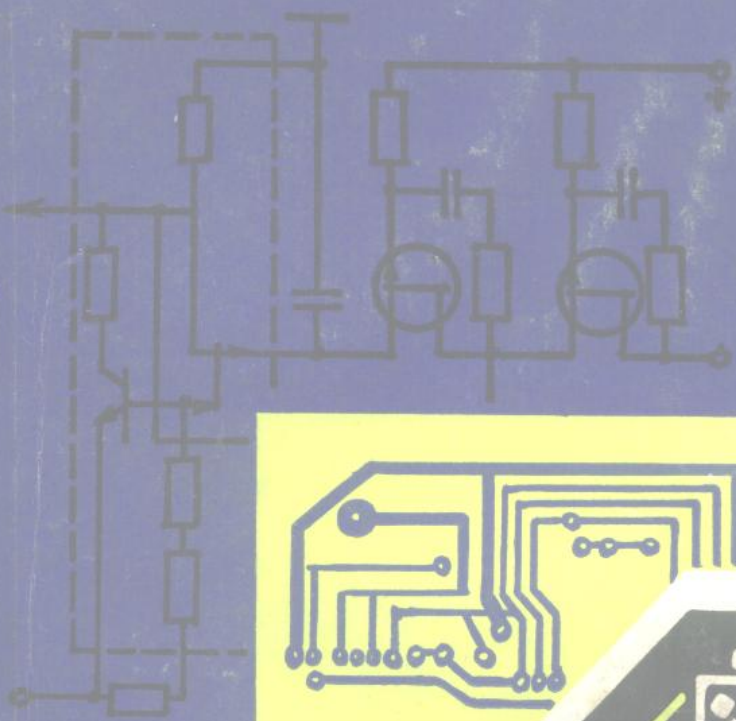
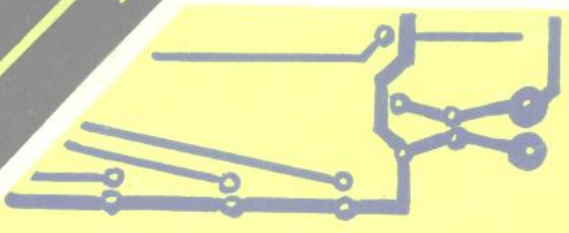


《电子世界》编辑部 编



应用电路选编

电子制作

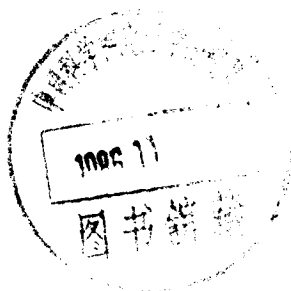


电子工业出版社

73.76
709

电子制作与应用电路选编

《电子世界》编辑部 编



电子工业出版社

8610814

内 容 提 要

本书汇集了《电子世界》杂志创刊五年来的实用性文章80余篇。内容包括：从分立器件到各种新型集成电路组装的各类音响装置；技术革新的实际电路和用例；各种自动控制电路和报警装置；简易电子医疗器具、普及型电子琴及其他电子器具的业余制作资料。

本书可供广大电子爱好者和从事技术革新的科技人员阅读。

DS84/01

电子制作与应用电路选编

《电子世界》编辑部编

责任编辑 王小民

封面设计 冯梦波

*

电子工业出版社出版

(北京市万寿路)

河北保定列电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本787×1092 1/16 印张 12.5 字数 419 千字

1985年11月第一版 1985年11月第一次印刷

印数：1—30000册 定价：2.75元

统一书号：15290·237

前 言

近年来随着电子科学技术的飞速发展，青少年电子科普活动十分活跃，工厂企业以提高经济效益为中心的技术革新活动也蓬勃开展。广大电子爱好者和科技人员迫切希望提供电子科技制作和技术革新方面的实用资料。为适应这一新形势，现将《电子世界》创刊以来到1984年底，“实验与制作”、“革新与应用”等栏目发表的文章优选汇集成《电子制作与应用电路选编》一书，正式出版，以满足读者需要。入选内容包括：从分立器件到各种新型集成电路组装的各类音响装置，各种放大扩音电路；技术革新的实际电路和用例；各种自动控制电路和报警装置；简易电子医疗器具、普及型电子琴及其他电子器具的业余制作等。书后还附有国内外部分电子器件的性能及代换等技术资料。

在本《选编》成书时，对入选文章的文字和插图均做了审校，但由于出书时间仓促，仍难免有错漏之处，在文章的选择上也可能有欠妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

一、音响技术

1. 最佳立体声模拟合成器的制作..... 何晓崎 (1)
2. 调频收音机调频调谐器的组装和调试..... 诸 眺 (4)
3. FM/MW收音机的数字频率显示..... 周爱民 (7)
4. 用晶体管产生电子管的音响效果——输出负载特性可变的功率放大器..... 树 森 (11)
5. 自制高音质六灯电子管收音机..... 魏承柏 (16)
6. 优质三波段收音头..... 石维军 (22)
7. 带10W功率接续器的音箱..... 张蓉霞 (25)
8. 单片式集成电路收音机..... 刘回安、缪 军 (26)
9. 低中频调频收音机..... 谷振明 (29)
10. J-201型集成电路收音机制作..... 路 军 (33)
11. 直放式低阻耳塞四管机制作..... 郭文有 (36)
12. 高传真扩音机用的分频电路..... 高鑫秋 (38)
13. 扩音机与扬声器配接实例..... 王德源 (40)
14. 实用立体声扩展电路..... 邱善鑫 (46)
15. 采用有源滤波器的混合彩色音乐装置..... 王仲孙 (47)
16. 简单有效的动态噪声抑制电路..... 解 平 (50)
17. 简单的噪声抑制电路..... 华 强 (52)

二、放大电路

1. 单用刀开关通断双电源..... 保 荣 (54)
2. 新颖的菱形差动功率放大器..... 岑励镛 (55)
3. 菱形差动功率放大器制作中的几个问题..... 岑励镛 (57)
4. 一种新型的 OCL 功放电路..... 闻 奇 (61)
5. 用HA1392功放IC组装的22WBTL扩音板..... 梅 秀 (63)
6. BTL 功率放大器..... 熊人宽 (65)
7. 9瓦集成电路 OCL 扩音机制作..... 郭文有 (68)
8. 音箱用12瓦晶体管音频功率放大电路..... 刘艺芬 (72)
9. 用HA1394组装的实用家庭立体声扩音机..... 孙国元 (75)
10. 用HA1397功放集成块组装的三种高保真扩音机..... 刘宝达 (77)
11. 40W高压供电集成电路扩音板..... 路玉民 (85)

三、电视技术

1. 电视机缩短型室内天线..... 张序中 (88)
2. 单一频道电视天线放大器..... 王德源 (89)

- 3. 通频道电视天线放大器..... 王德源 (92)
- 4. 远距离电视接收天线的制作..... 王德源 (95)
- 5. 单管电视天线放大器..... 贡 献 (96)

四、电子技术应用

- 1. 线材测长测重仪..... 凌肇元 (99)
- 2. 集成电路导线断点探测仪..... 钟金元 (101)
- 3. 实用可控硅调速电路..... 钟金元 (103)
- 4. 非密封恒流式液体售货机..... 罗什一 (105)
- 5. 液体商品自动售货机..... 李京华 (106)
- 6. 定时定量出液装置..... 荆志成 (107)
- 7. 一种简单的自动上水及液位显示装置..... 王济洋 (109)
- 8. 介绍两种液面控制电路..... 张志青 (110)
- 9. 光电液位控制器..... 封光华 (111)
- 10. 经济可靠的液位控制电路..... 王德源 (113)
- 11. 多用电子穴位测定治疗仪..... 刘亦鸣 (113)
- 12. 探穴仪..... 刘亦鸣 (116)
- 13. 易制单管电针仪..... 刘亦鸣 (117)
- 14. 两种温湿度调节仪和一种报警器..... 曹吉元 (118)
- 15. 用砷化镓红外发光管制作的报警装置..... 魏克平 (120)
- 16. 单相定量供电器..... 王文敏 (121)
- 17. 煤气炉自动点火器及其制作..... 申今志 武子明 王大林 (122)
- 18. 酒敏继电器..... 任致程 (124)
- 19. 车间照明自动控制..... 唐国林 (126)
- 20. 照明灯自动关灯装置..... 朱光辉 (127)
- 21. 路灯光电自动控制器..... 刘书翰 (128)
- 22. 电子渐暗开关..... 方德隆 (129)
- 23. 一种新的高精度小型恒温器..... 张敬远 (131)
- 24. 印刷调频接收天线..... 程 荣 (132)

五、实用小制作

- 1. 双向对讲机..... 郝鸿安 (133)
- 2. 收音助听两用机..... 孙志刚 (133)
- 3. 灵巧无线话筒..... 为 民 (135)
- 4. 智力竞赛用的抢答装置..... 沈长生 关红刚 (136)
- 5. 一种性能优良的普及型电子琴..... 刘彦茂 (137)
- 6. 集成电路多音色电子琴制作..... 陈九如 (147)
- 7. DQ15 型简易电子琴制作..... 夏家殿 (149)
- 8. 盒式录音机声控附加器的制作..... 关 山 (150)
- 9. 盒式录音机的自动断电电路..... 包 珍 (152)
- 10. 录音混音器..... 夏 雷 陈胜功 (153)

11. 外特性优良的直流变换器	张顺明 (154)
12. 磁带盒里的系列电子装置之一——EW-1型多用测试器	裴成龙 (155)
13. 磁带盒里的系列电子装置之二——EW-2型篮球电子游戏机	周波 (157)
14. 磁带盒里的系列电子装置之三——EW-3型双音电子门铃	谢榕 (160)
15. 磁带盒里的系列电子装置之四——EW-4型立体声耳机放大器	燕成 (161)
16. 磁带盒里的系列电子装置之五——EW-5型无线转接器	解平 (162)
17. 磁带盒里的系列电子装置之六——EW-6型电容测试器	言均 (163)
18. 磁带盒里的系列电子装置之七——EW-7型CMOS音频频率表	叶苗康 (165)
19. 简单的模拟立体声转换器	林木 (167)
20. 自制录音机磁头消磁器	吕振州 (168)
21. 收音机用调谐与电平双功能指示器	贾桢 (169)
22. 发音矫正器和记忆力增进器的制作	陆庆法 朱冠俊 (172)
23. 兼作信号发生器和寻迹器的收音机	黄明星 (174)
24. 多用晶体管速测器	林木 (175)
25. 简单实用的无极性充电器	张国文 (176)

六、电 源

1. 谈谈音响电路的电源配接	伟明 (177)
2. 手电钻可控硅攻丝电源	钟金元 (179)
3. 管式高温电炉可控硅恒流电源	钟金元 (181)
4. 实用可调直流稳压电源	火钦 (182)

七、附 录

1. 部分进口收录机用集成电路一览表(1)	包承弼 (184)
2. 部分进口收录机用集成电路一览表(2)	包承弼 (185)
3. 国内外部分音响、电视集成电路产品互换对照表	郝鸿安 (186)
4. 国内外部分模拟集成电路产品互换对照表	郝鸿安 (187)
5. 国内外部分厂家产立体声录放磁头性能一览表	钱明元 沈钟 (188)
6. 部分进口收录机用集成电路工作状态一览表	邱瑄 (189)
7. 部分彩色显象管主要特性一览表	马锦源 (191)
8. 三洋盒式录音机用的偏磁和抹音方式	尹丹明 (192)
9. 日本录放磁头的主要参数	尹丹明 (192)
10. 日本抹音磁头的主要参数	尹丹明 (192)

最佳立体声模拟合成器的制作

何晓崎

本文介绍一种以电荷耦合斗链器件(BBD)作延迟线的集成化立体声模拟合成器,用以可将所有单声道收录机、电唱机、电视机、收音机的音频输出及立体声收录机中的AM节目,合成为具有真实感的人工立体声,效果远比以往的简单分频式假立体声和双T网络模拟立体声好。如果将真正立体声信号通过两个这种合成器(每个声道一个),还能产生模拟四声道音响效果,在商场、餐厅、音乐会等场合播放,更令人有妙曲不知何处来的特殊感受。

立体声的合成

通常的立体声重放是靠音响系统中两个声道之间相位和幅度的差异来实现的。如果要使单声道信号转变为立体声信号,必须人为地创造出两个声道,并使两个声道的音频信号之间也能出现频率、相位和幅度的差异。目前国外已用这种技术将古老的单声道唱片改制成模拟立体声唱片。其工作原理是,先把单声道信号通过一系列带通滤波器,然后送入左、右声道与原来的单声道信号混合。由带通滤波器析出的各种频率,交替地在相加的声道内叠加,在相减的声道内抵消,合成出能接受的模拟立体声。

本文介绍的合成器,采用一种更有效的相位相加和相减方法,产生更多的高Q值的频率分割,在两个声道内产生出更富有真实感的立体声效果。这种合成器利用一种带时间延迟的梳状滤波器。

梳状滤波器的简单工作原理是,将一个音频信号延时后与原信号混合,使其频响曲线变成一连串的波峰和波谷。这是由于同相信号相加而反相信号相减的结果。如果产生的峰、谷很多且Q值很高,则频响曲线的形状就如同一列梳齿,故称为梳状滤波器。

这个滤波器的延时作用是由一块512级电荷耦合斗链器件产生的。当延迟时间调节在0.5ms时,能将整个音频频谱均匀地分割成许多带宽为1KHz的小频带,从而能获得最佳的立体声模拟。

图1是这种立体声模拟合成器的方框图。将单声道信号加至一个0.5ms延迟线,延迟线由时钟振荡器提供时钟脉冲。经过延时的信号在倒相网络产生0°和180°相移输出,送入左、右声道混合电路。在两个混

合电路里,同相音频相加并得到6dB的提升,反相音频相减被抵消。相加和相减效应在音频频谱的每个1KHz频带重复生效,并在两个声道内交错出现最大值和最小值,从而获得图2所示的频响曲线。这种合成立体声的聆听效果与带有扩展装置的立体声效果相似,使人感到声源不是从音箱所在的两个点而是从一个面发出的。

合成器电路原理

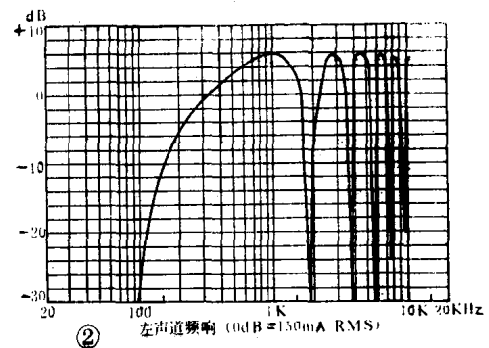
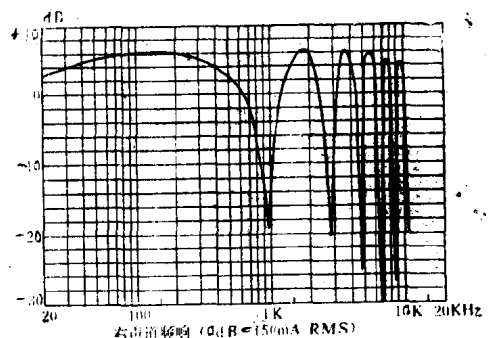
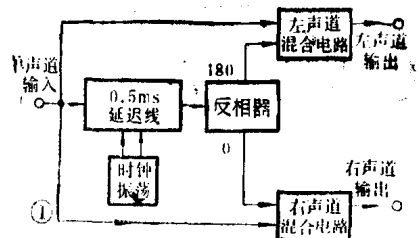


图3是立体声合成器的电原理图。单声道信号可从左、右声道两个输入插座的任意一个加入，合成器均能正常工作。拥有双声道收录机的用户可同时使用本机左、右声道输入插座。当用来播放立体声磁带或FM节目时，无须转换亦能照常播放。K₂为立体声合成选择开关。

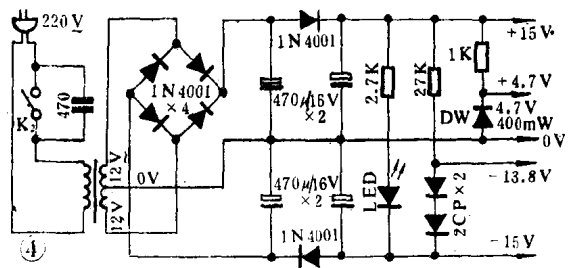
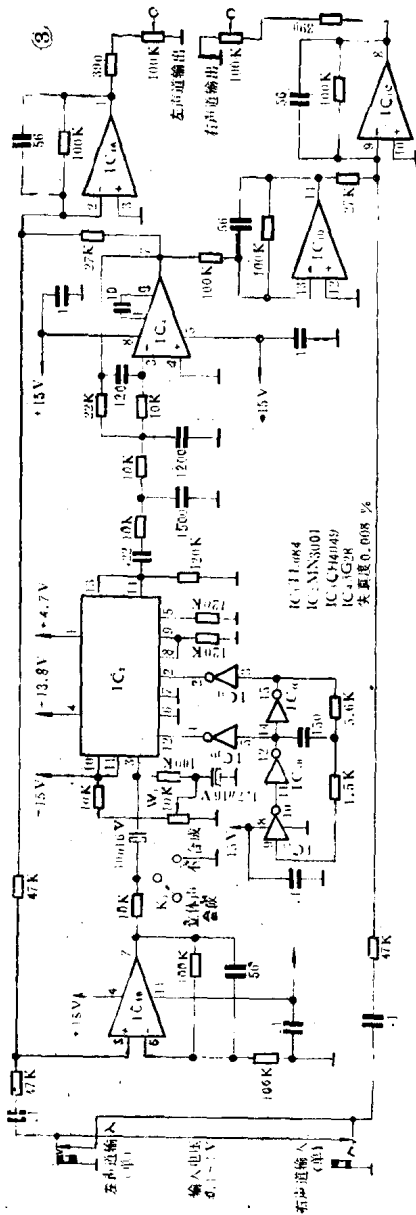
输入信号经过阻容滤波网络后，左方输入信号送至IC_{1A}，右方输入信号送至IC_{1C}。这两个IC都是倒相式混合/缓冲放大器，增益为1。56pF反馈电容用来抑制音频以外的噪声。

IC_{1B}是延迟线的推动级。这是一个同相增益为1的缓冲器，它由左声道两个47KΩ电阻交点处取得的输入电压为输入信号的一半，其输出电压与输入电压相等，这样可以确保在延迟线的信号波峰低于最大值。

IC_{1B}的输出经10μF电容加至IC₂的3脚。IC₂为日本松下MN3001型512级电荷耦合BBD，这里用作模拟移位寄存器，其输入电压由一个10KΩ半可变电位器调节，其输出即为延时信号。

IC₃(CH4049)组成一个双相时钟振荡器。其中IC_{3A}、IC_{3B}和IC_{3C}组成一个标准的CMOS振荡器，IC_{3D}和IC_{3E}为倒相器，将倒相时钟脉冲缓冲后加至IC₂的2脚和12脚。标准时钟脉冲为550Hz。

IC₄(5G28)和IC_{1D}能有效地提供两个相差180°的缓冲输出。同相延时信号从IC_{1D}输出，经一27KΩ电阻送入右声道混合/缓冲放大器IC_{1C}。反相信号从IC₄输出，经另一27KΩ电阻送入左声道混合/缓冲放大器IC_{1A}，这样，当延时信号与原输入信号精确同相时，右声道的输出可增强6dB，而左声道输出则衰减至-20dB甚至更小。当延时信号与原来信号反相时，结果正好相反。



TL084(IC₁)是一种兼有低噪声、宽频带、高性能的四运放，它使本合成器具有很强的分析力，因而能重现细致的音乐成分。磁带上很多以前听不到的音乐细节，现在也可以听到了。这是为一般运放所不及的。

图4为合成器电源部分电原理图。

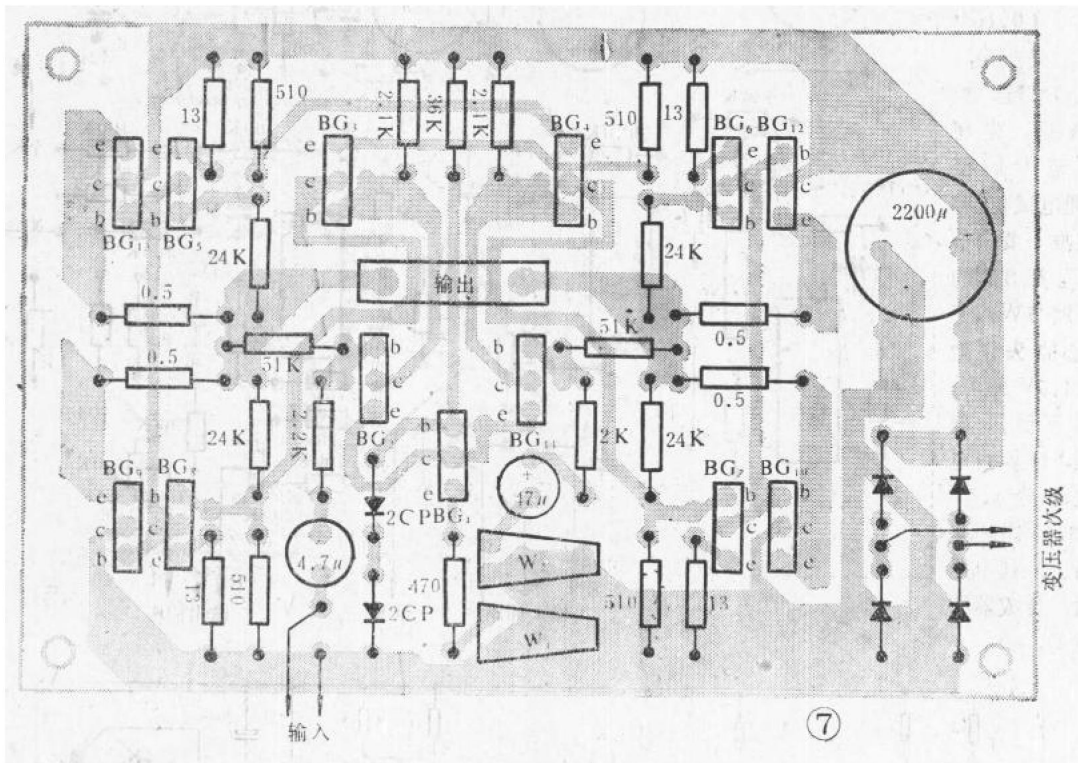
负回授桥式BTL”功放电路，见图6。该电路设计简洁巧妙，用以与本文介绍的合成器配接（每个声道一个），用耳朵聆听时，低音厚实有力，中音通透且具有电子管电路输出特色，高音纤细清雅。尽管线路性能极好，其成本却不高。

BTL放大器是为克服OCL、OTL电路的电源利用率低、开关失真、瞬态互调失真、喇叭逆电压失真等固有缺点而发展起来的，它利用对称原理来获得完美的音响。但是，一般的桥式电路均用两块完整的OTL或OCL电路拼合而成，这就不可避免地把OTL和OCL电路原来的缺陷也带入BTL电路。

新电路保持了BTL电路的所有特点，其带宽、失

真、瞬态特性和稳态特性、电压摆动，温漂诸性能均较一般BTL电路优越，而且对电源要求不严，多块功放板可共用一个电源，改变电源电压就能改变输出功率。例如，要在 8Ω 负载上获得 $20W$ 的输出功率，只需一个 $20V$ 的单电源即可达到。选配对管是在同型号中进行，故较容易，各管耐压应大于电源电压。

图7是一个声道用的BTL功放级印制板元件布线图。安装完毕，调节 W_1 （图6）使供电电流为 $10\sim 14mA$ 。此时A、B两端均为 $1/2$ 电源电压，然后调节 W_2 使非线性失真最小即可。A、B两端不能对地短路，试调时，输入端也不能开路，最好与合成器或前置级输出连接。



调频收音机调频调谐器的组装和调试

诸 眺

《电子世界》从去年第10期开始向读者介绍了调频收音机的高放、中放、鉴频器等电路原理，这篇文章着重介绍怎样组装调频收音机的一些知识。我们知道，工厂生产的调频收音机通常是和调幅波段合装在一起的。但在业余制作条件下，不如单做一个调频调谐

器来得简单。调频调谐器包括输入回路、高放、中放、鉴频等几个部分。从鉴频器输出的音频信号，可以接到调幅收音机的拾音插孔，或者接到扩音机的输入端，就能收听调频广播了。

图1是调频调谐器的电路，这类电路大同小异，

基本上已典型化，其电路原理以前已经谈过，现在我们来谈谈电路中元器件的选用和制作方法，印制电路板的画法以及组装调试等问题。

一、元器件的选用

所选用的晶体管其特征频率 f_T ，一般要求比实际工作频率高5倍以上，用于高放和变频的两只晶体管，因工作于88~108兆赫的频率范围，因此最好选用 f_T 在500兆赫以上、且噪声低的管子。3DG204是国内专为调频收音机生产的超高频三极管。其他类似的管子如3DG30，3DG32，3DG84，3DG18C，3DG11B等都可用。中放管工作于10.7兆赫，相当于调幅收音机的短波范围，故一般调幅机用的高频管3DG200系列即可，而类似可代用的其他管子则更多了。

输入回路、高放和本振电路中的电感线圈 $L_1 \sim L_4$ ，其制作非常简单。因电感都小于1微亨，只要用0.6~0.8毫米左右的漆包线绕成直径约5~6毫米的空心线圈即可。其中 L_3 的线径可用得细一些。线圈的样子见图2。各线圈的圈数按图1所标明的数值。

调试时只要拉紧线匝间的距离就可改变电感量，匝间绷紧时电感增大，拉开则减小。

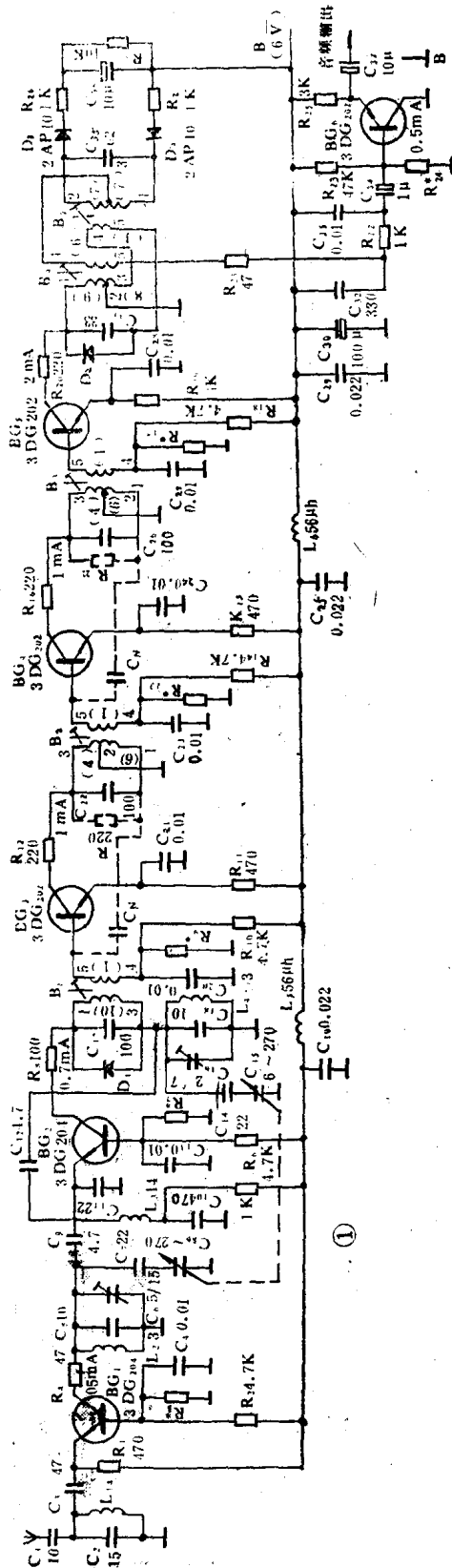


中频变压器 $B_1 \sim B_3$ 及鉴频线圈 B_4 、 B_5 ，都是用调幅机作短波振荡，线圈用的 10×10 毫米骨架、磁芯、磁帽及外罩等材料，用0.1~0.15毫米漆包线绕制，各变压器

圈数见图1括号内所标明的数值，绕线圈时先绕次级，后绕初级，出头顺序都是任意的，其中 B_5 的 7×7 圈部分需要双线并绕，使得磁帽抖动时对两边线圈的作用相等，保持平衡， B_5 的耦合圈1圈不需要交叉，实际只有半圈。

电容器有许多种类，从输入回路到变频器的电容器最好用小片型的高频瓷介电容器或云母电容器，不要用卷绕式的电容器，如金属纸介电容器等。因为卷绕式的电容器难免有电感成份，具有一定感抗，会使旁路不良。此外，还要考虑到介质的高频特性，如纸介电容器只能工作于较低的频率，超高频时损耗较大，不宜采用，电解电容器当然更不行。在中放部分的电容器原则上也最好用高频瓷介电容器或云母电容器，一些旁路电容器可用金属纸介或涤纶等电容器。

可变电容器最好用调频机专用的3~19PF空气可变电容器，或者调频调幅用复合四联电容器中的4~24PF的调频部分，但目前市场上较难买到，可暂时将调幅用 2×270 PF薄膜可变电容器串联一只20~30PF的固定电容器来代替。这样也能调出所需的



频率范围，但度盘上的刻度不大均匀，同样的频率间隔在低端频率处指针所走的距离较宽，高端频率处较窄，但目前我国调频台数较少，这种度盘不均匀对实用没有什么妨碍。

半可变电容器最好选用小型瓷介微调电容器，如CW 7型等，不要用那种由两片云母片调整间距的方形微调电容器，因机械上不牢靠，容易变动容量造成失谐。

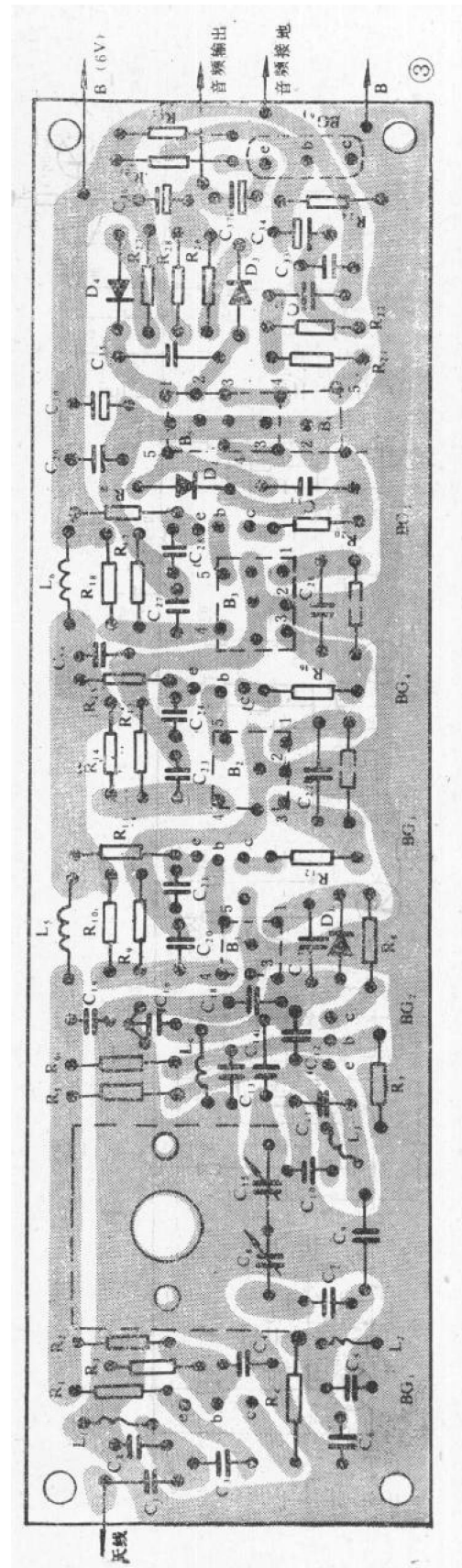
电阻仍可用一般小型碳膜电阻。

二、元件的排列和印制电路板的画法

图3是一个具体例子，电路元件按照电路的顺序从左到右（或从右到左）逐级排列，在输入回路到变频器的超高频部分，因为工作频率很高，各元件之间的引线要短，以减小分布电容。在调频机中可忽略的某些分布电容，到了超高频的调频机，往往有很大影响，造成交连或旁路，引起自激或降低增益。尤其要注意的是地线，务必粗而短，如果细而长，就有可观的电阻和电感，在超高频频段有较大的阻抗，以及线条之间有较大的电容，这些都会引起电路前后交连，使工作不稳定。最好采用大面积地线的方式，即除了需要连接元件的地方挖开以外，其余部分全是地线，这样地线的导通良好，性能较易稳定。输入电路及高放部分工作于相同的频率，两者槽路的元件不能靠近，否则高放的输入和输出端容易互相交连而变成振荡器，不能正常放大，本振槽路也应和输入槽路、高放槽路远离，否则在输入强信号时，本振频率容易被外来信号所牵引，使振荡频率不稳定。由此可见，输入槽路、高放槽路、本振槽路三者应相互远离，尤其是槽路中的线圈，互相容易磁通交连，此三个线圈要互相远离。从图3中可看到，这三个线圈分装在双连电容器的周围，互相离开。至于中频隔波器，因为它主要通过中频频率，和其它线圈之间的影响较小，并且是起变频管输入端的中频旁路作用，因此，它的位置应该靠近变频管，以及和它串联的电容 C_{10} 的地端要接近变频管基极旁路电容 C_{13} 的地端。

从中放起，元件和地线采用了按电路顺序进行，其中每级放大器的基极、发射极旁路电容和集电极地端都在一段独立的地线上，每级电流自成系统，前后级之间的电流不要有环路地线交连，可使放大器的工作较为稳定。

鉴频器音频输出的地线，即限幅电容 C_{36} 的接地端是接B+还是B-，要与低放级的接地取得一致，图3是假定低放是D-接地的接法。如果低放是B+接地，则BG₆要用PNP管，有关元件的接法要作相应的更动。



三、调试

调频调谐器组装完毕后,就可以和低放联起来调试了。因调谐器的音频信号是通过射极跟随器输出的,故引线可以较长,而且不需要用金属屏蔽线。

接通电源后,先将调谐器各管子的工作电流调到图1所示的数值附近,然后,在天线端接一根长一米左右的拖线,转动可变电容器收听电台信号,将各中频变压器和鉴频线圈反复调到声音最大和音质最好,这时音量电位器不要开大,随时保持声音适当。如果声音最大和音质最好有矛盾,则以音质最好为准。如果遇到声音很乱很难听,则多半是中频放大器有自激,可在中周上并联几千欧的电阻,必要时加 $1\sim 2\text{PF}$ 的中

和电容器 C_N ,继续调整。最后,根据已知的电台频率,调整本振的线圈和电容,将度盘刻度与电台对准,再将高放线圈和电容微调一下使声音最大。在调幅收音机里,因电台较多,可以分别在高低端收听电台,来校准度盘和统调,比较方便,但调频台现在很少,故不能调得很准确,只要能正常收听就行了。

调频机收听电台时,天线可用一根长一米左右的塑料软线接到 C_1 端即可。也可利用调幅短波波段的拉杆天线,用开关转换。

调频波段因覆盖系数很小,直接转动双联可变电容器,寻找和调谐电台也并不困难,故也可像中波波段那样不用走线系统,采用直拔方式。

FM/MW收音机的数字频率显示

周爱民

本文介绍一种用发光二极管(LED)数字显示板指示收音机接收频率的方法。电路的核心部分是LC7250计频计时驱动电路和SP8629除100分频电路,除能显示调谐频率外,还可作为时钟显示月、日、时、分、秒。

长期以来,收音机接收频率的指示方法一直采用指针式,这种方法只能粗略地指示出所接收电台的大概频率数,要想准确地将接收频率调到与电台发射频率相一致,那是非常困难的,只能凭主观听觉来判断是否将电台频率调准了,既麻烦又不直观。

随着电子技术的发展,出现了用数字方式显示接收频率的新技术。由于这种显示方法准确、直观、简单、方便,因而受到用户的欢迎。近年来,国外在这方面的的发展非常迅速,除了频率显示的数字化之外,调谐方式也变得多种多样,归纳起来,大致可以分为如下几种:①手动调谐(传统收音机);②机械式电子调谐;③全电子步进式调谐;④全自动扫描式调谐;⑤全电子预设调谐;⑥锁相环路合成式数字调谐。前两种调谐方式的电路简单,造价低,适合中低档机;后几种自动化程度高,造价也高,适合高档机。

技术指标

本文介绍的电路,调谐方式采用机械式,显示频率采用数字式。

由于收音部分电路程式的选用灵活性极大,这里

不介绍具体的收音机整机电路,只介绍频率显示电路。主要技术指标如下:

① 显示频率范围: MW: $520\sim 1605\text{KHz}$ (实际可显示 $455\sim 2500\text{KHz}$); FM: $88\sim 108\text{MHz}$ (实际可显示 $80\sim 120\text{MHz}$)。

② 中频频率: MW: 455KHz ; FM: 10.7MHz 。两者均为高本振,即本振频率比所接收频率高一个中频频率。

③ 时间显示功能: 月、日、时、分、秒,大小月自动更换。

④ 晶振频率: 4.000000MHz 。

⑤ 显示: 发光二极管(LED) $3\frac{1}{2}$ 位数字板。

计频原理

众所周知,超外差收音机的本机振荡频率总是与所接收电台的频率相差一个中频。因此,只要将本振频率测出来,从中减去(对于高本振而言)或加上(对于低本振而言)中频,再用数字显示出来,即可得到所接收的频率数值。

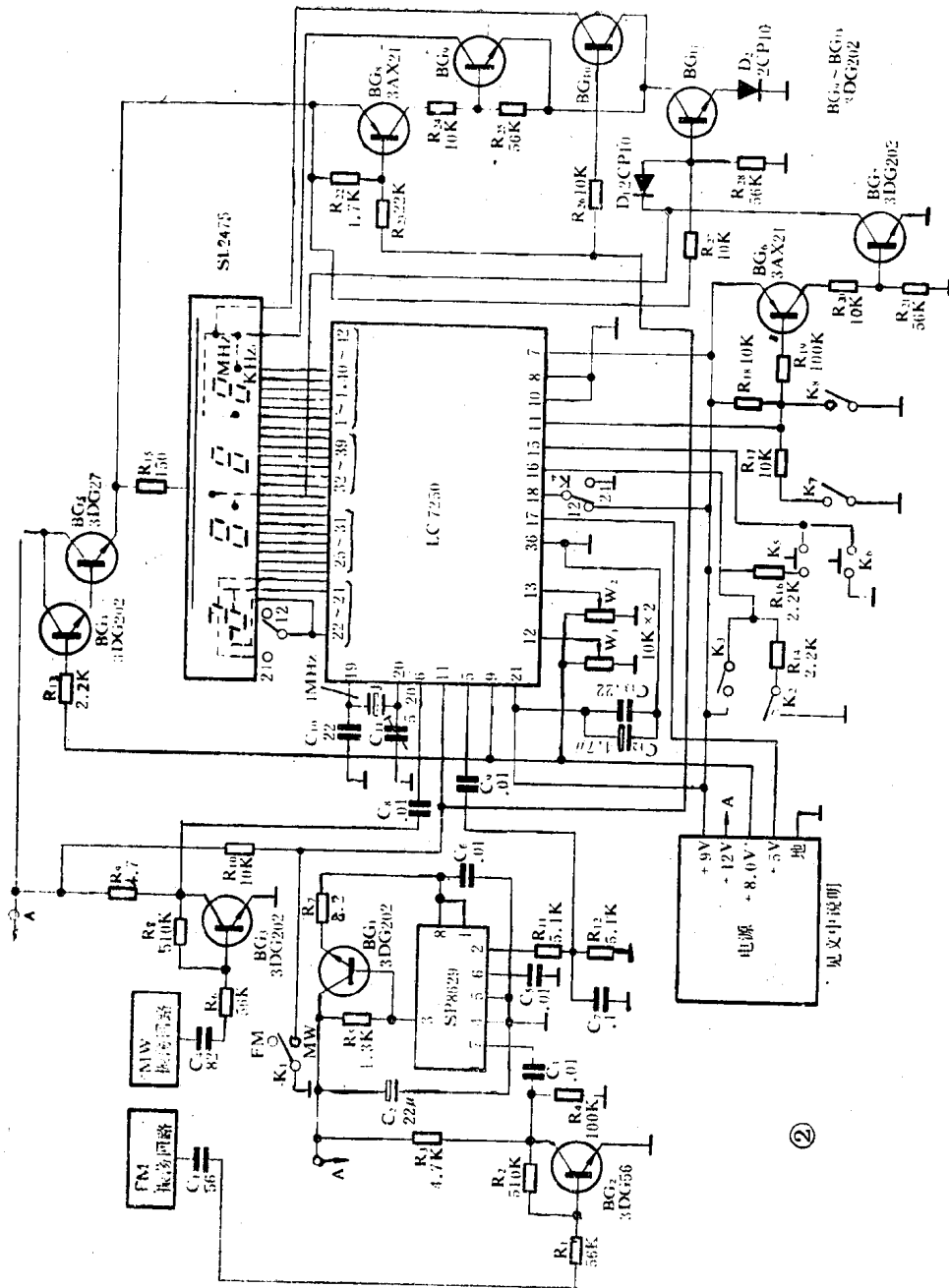
如何测定一个信号的频率?简单地讲,可以采用图1所示的方法。

首先,对被测信号进行整形,将其变成方波脉冲



后再送入一个电子开关电路。电子开关打开的时间为1秒钟。然后，将1秒钟的信号脉冲送入计数器计数，再将计得的脉冲个数经译码后显示出来，便可得到被测信号的频率数。如果被测信号的频率较高，而显

示板的位数又有限（例如，要显示频率为1600000Hz，而显示位数只有4位，则只能显示成1600KHz），则可采取对被测信号进行预分频的方法降低其频率（例如，100MHz信号经除100分频后，变成1MHz



信号),或缩短电子开关的打开时间(例如,由1秒缩短为1毫秒,等效于对被测信号进行除1000分频),这就是常用频率计(电子计数器)的基本原理。对于测定、显示收音机的接收频率而言,因为通常测的是收音机的本振频率,故还要从计数器所计的数中减去一个中频频率数,这样才能显示出准确的接收电台频率数。

至于时钟的工作原理,因为它在这里只是一种附加功能,限于篇幅,本文不作详细介绍,仅在最后介绍一下调校方法。感兴趣的读者可以参考其它有关文章。

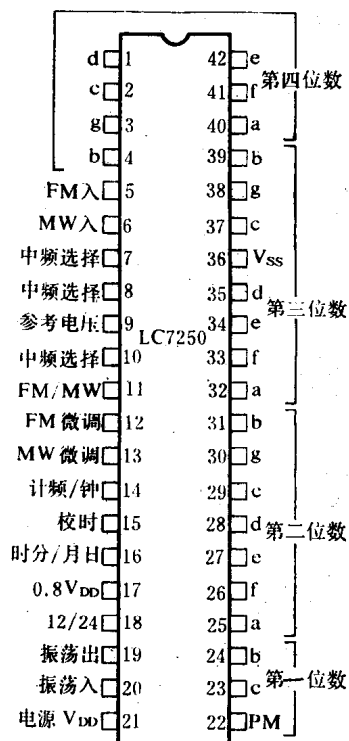
电路组成

整个频率显示电路大致可以分为以下几大部分(见图2):

1. 计频计时驱动电路

这是整个电路的核心部分。它主要由一片大规模CMOS集成电路LC7250及一些外围元器件组成。LC7250内部电路按功能分,主要由时基振荡分频电路、时标电路、中频选择控制电路、频率计数电路、时钟计数控制电路、选通电路、显示译码驱动电路等几部分组成。它采用42引线双列直插式塑料封装,其引线功能见图

3。LC7250的逻辑功能强,抗干扰性好,电源适应范围宽(4~12V),功耗低(8mA, $V_{DD}=10V$),输出带负载能力强(输出驱动能力:15mA/字段),计时准确(经校准后月差 ≤ 2 秒),大小月自动更换,而且有多种中频频率可供选择(MW: +262.5、+452.5、+455、+470KHz; FM: +10.7、-10.7MHz),时间显示



③

有12/24小时两种制式可供选用,且各输入端均设有完善的保护电路,可使整个芯片工作更加稳定可靠。此外,由于使用4MHz石英晶体,使测频和计时都非常准确。图2中 C_{11} 为频率微调电容,用以将振荡频率校准至4MHz。 C_8 、 C_9 为计频输入隔直耦合电容。 C_{12} 为电源滤波电容, C_{13} 为高频消振电容。

2. 接口缓冲电路

这是与MW、FM本振回路的接口电路。为了减少计频检测对收音机本振回路的影响,同时提高输入信号的幅度,设置这个缓冲放大级, BG_2 、 BG_3 分别担任FM、MW本振的隔离缓冲放大,两部分电路基本相同。

3. 分频电路

主要由一片发射极耦合逻辑(ECL)高速集成电路SP8629及少量外围元件组成。使用分频电路的目的在于:由于一般CMOS电路的工作频率不太高(只能达到20MHz左右),而FM波段工作频率高达100MHz以上,故必须用高速电路对FM本振信号进行预分频,再将分频后的信号输入到LC7250中去计频。SP8629为除100分频集成电路,100MHz信号通过分频后就变成1MHz了。很显然,只有FM波段才用得着分频,MW波段是不需要的。SP8629采用8引线双列直插塑料封装,工作频率上限可达120MHz,输出为锯齿波, $V_{PP}=0.7\sim 1V$ 。 BG_1 为简单的电源电子滤波器,可使SP8629的工作稳定可靠。 C_2 、 C_6 为电源滤波电容, C_3 、 C_9 分别为输入、输出隔直耦合电容。

4. 功能控制转换电路

主要由几个开关和晶体管组成。 K_1 为FM、MW转换开关,用以控制LC7250的工作状态(测FM波段还是测MW波段); K_2 、 K_3 分别为月、日、时、分修正开关(即转换成相应的显示状态); K_4 为显示时间制式(12/24)转换开关; K_5 、 K_6 分别为调整进退按钮; K_7 、 K_8 分别为分、秒显示开关和日、月、时、分显示开关。 W_1 、 W_2 分别为FM、MW中频频率微调电位器,用以调整因收音机中频频率偏差引起的计频偏差。

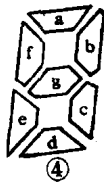
5. 显示电路

主要由3 $\frac{1}{2}$ 位LED数字板SL2475来显示频率和时钟。字形及字段标志方法见图4。需要注意的是每个字段(含小点)的最大电流不得大于15mA。 BG_4 、 BG_5 用来抑制开关机时浪涌电流对显示板SL2475和计频计时电路LC7250的影响。 BG_{10} 为控制MHz小点及其小数点显示的电子开关管; BG_8 、 BG_9 为控制KHz小点及其小数点显示的电子开关管; BG_{11} 为 $BG_8\sim BG_{10}$ 的总控制管; BG_6 、 BG_7 为 BG_{11} 的控制管,它们受 K_7 、 K_8 控制,当需要显示时间时,

K_7 或 K_8 闭合, 导致 BG_6 、 BG_7 导通, 使 BG_{11} 截止, MHz、KHz小点及相应小数点均熄灭, 使显示板处在时钟显示状态。

6. 电源电路

这部分在图2中仅给出示意图。对于所供+9V、+12V、+5V、+8V均需稳压, +9V供出电流应为30mA, +12V为200mA, +5V为10mA。特别需要指出的是+8V电压, 当LC7250的电源电压 $V_{DD}=8.0\sim 10.3V$ 时, 它可在7.9V~9V之间变化; 当 $V_{DD}=9V$ 时, 一般取+8V为宜; 当 $V_{DD}<8V$ 时, 该电压应为零, 即与地相接。当取+8V时应能给出20mA电流。



电路工作原理

1. 计频状态

当 K_1 置于FM档时, 其余开关 $K_2\sim K_8$ 均断开, FM本振信号经 C_1 耦合至 BG_2 等组成的缓冲放大级, 放大后的信号经 C_3 加至SP8629分频器进行除100分频, 分频后的信号经 C_9 耦合到LC7250进行计频, 然后驱动显示板显示出收音机所接收的FM电台的频率数。与此同时, K_1 也间接控制了MHz小点及小数点的显示, 以便于准确读数。当 K_1 置于MW档而 $K_2\sim K_8$ 均断开时, MW本振信号经 C_4 耦合至 BG_3 缓冲放大级, 放大后的信号经 C_8 耦合到LC7250进行计频, 然后驱动显示板显示收音机所接收MW电台的频率数。与此同时, KHz小点及小数点显示电路也同时工作。

2. 时钟状态

当需显示月、日、时、分时, K_2 、 R_8 闭合; 若要显示分、秒, 则将 K_7 闭合, K_2 、 K_8 断开。当 K_3 闭合时, 进入调校时钟状态, 按 K_5 为进, 按 K_6 为退。

元器件的选用

计频计时驱动电路LC7250是日本三洋公司产品, 代用型号有LC7253(4½位荧光管数字频率显示附时钟功能)和LC7257(4½位LED数字频率显示)。除100分频电路SP8629 ECL高速集成电路不能用一般CMOS或PMOS除100分频集成电路代用, 因为该电路工作频率较高, 一般电路难以胜任。显示板可有多种规格选用, 如SL1427、SL1447、SL1495、SL1711、SL2427、SL2447等, 也可选用荧光数码管, 但电路要作相应的变动。石英晶体的频率为4.000000MHz, 晶体的稳定度越高, 计得的频率及时钟就越准确可靠。 C_{11} 要选用稳定度高、损耗小

的云母或瓷介电容, C_{11} 最好要选用瓷介半可变电容。 BG_2 的 $f_T\geq 500MHz$, 其它晶体管只要性能参数与所标型号管差不多就行。其它阻容元件、二极管, 只要数值参数与所标相同即可。

调校要点

在调校之前, 收音机的中频、跟踪、统调等要预先调好。

首先校正频率显示。先调MW波段, 用标准信号发生器输出一个幅度为500mV的正弦波信号, 经 C_4 输入(C_4 先与振荡回路断开), 频率为1455KHz, 观察显示板读数是否为1000KHz, 若有些小的偏差, 可调整 W_2 使之显示为1000KHz(W_2 的调整范围为±2.8KHz)。一般情况下, 只要校正一个点即可。然后校正FM波段, 用标准信号发生器输出一个幅度为500mV的110.7MHz正弦波信号, 经 C_1 输入(C_1 先与振荡回路断开), 观察显示板读数是否为100MHz, 若有些小的偏差, 则调整 W_1 使之显示为100MHz(W_1 的调整范围为±140KHz)。如果没有标准信号发生器, 可选用当地一已知频率的广播电台信号作标准信号, 仍按上述步骤进行调校, 不过准确度差些。若在校正过程中发现显示的偏差过大, 这主要是由于石英晶体振荡器的振荡频率偏差过大, 可以通过 C_{11} 将其调整到较小的显示偏差, 再作进一步校正。至此, 频率校正已经完成。

其次是时间调校。只要将石英晶振的频率校正好后, 时钟的走时误差已经控制在极小的范围内, 一般可达0.5秒/日。对时、分、日、月及秒的调整, 只要按原理部分2所述的各开关及按钮的功能去修正相应的显示值即可。

显示举例

最后, 用示意图举例说明显示板的各种显示状态。

1. FM显示: 例如接收频率为102.5MHz, 见图5(a)。
2. MW显示: 例如接收频率为828KHz, 见图5(b)。
3. 时分显示: 例如12:45, 见图5(c)。
4. 分秒显示: 例如9'10", 见图5(d)。
5. 月日显示: 例如12月8日, 见图5(e)。

