

有源减法器滤波器 滤波器 高保真 (5)

26-29

高保真有源减法器滤波器

·李曙光 TN713

用减法滤波器构成的有源三分频网络,将使高、中、低扬声器组合的音箱,不再产生相移现象。与传统的音箱对比后发现,它的声场辐射波瓣有了相当惊人的改善。可以说,这就是一个理想的分频网络。

为了阐明其卓越的性能,我们先来看看普通分频网络产生的问题。对于一个两分频系统,不外乎需要一个低通网络和一个高通网络。而低通将对信号延时,高通则使信号超前。这样,在所覆盖的频段内两只扬声器合成的声场将有部分抵消。由于不可避免的相位扭曲将使声场辐射的波瓣品质劣化,而且随频率的变化而变化。一个理想的滤波器是不允许有相位移的。要做到这点,滤波器的特性必须呈方波形。遗憾的是这种滤波器现在没有,将来也未必能造出来。不过,这给我们一个启示,如果能够找到一种滤波器,它能在整个音频通带内对高低通网络提供一个恒定的时间延时(超前),那么就非常接近理想化了。但是,这需要相当复杂的电路和大量运放。而这样一来,电路的信噪比又会恶化,以致做出的滤波器并不能真正付诸实用。

几年前,利甫西兹和万德科义两位先生在 AES(美国音频工程师协会)杂志上发表了一篇题为“线性

相位滤波器”的论文,该文介绍了一对低通和高通网络。其中的高通是由该低通经过延时和减法处理后得到的。不过,其延时不是在整个频段内恒定,而是变化得非常缓慢,并且在不同的扬声器之间没有相移。至此,人们可以基本认定,这种滤波器已经非常接近理想了。图 1 给出了这种滤波器做成的一个两分频和一个三分频系统。需要强调一下,其中的延时部分是该电路设计中最重要的一环。这也是很多滤波器中所缺乏的部分,没有它,就不能被视为在不同的扬声器之间具有恒定的相位关系。严格说来,这个分频网络实际上应该完整地叫做时间补偿有源减法滤波器,只不过作为名称写起来未免太长,因此姑且缩写成有源减法滤波器。它比之于贝塞尔、巴特沃什、林格威茨滤波器要好得多。对于发烧友来说,足以自己做出这样一个滤波器。下面,我们就将它毫无保留地推荐给您。

现在,回过头来看图 1a。它用一个普通的低通网络让低频信号通过,延时网络 τ 与低通具有同样的相移,并且让整个频段的信号通过。这样,通过低通网络的信号与通过延时网络的信号再经减法器相减,就得到一个高通特性的网络。它与低通网络当然就有相同的相移。于

是,传统分频网络产生的相位抵消问题在这里得到了解决,信号经两个网络后构成的幅频特性曲线是一条平坦的直线。三分频网络相对复杂一些。参看图 1b,以两分频网络为基准,在中频通道另串一个低通,从而得到带通。同时,在低通网络后加一个延时网络 τ_2 ,以补偿中频网络自身产生的延时,最后,从延时网络 τ_1 来的信号经 τ_2 延时后,再与中频网络的信号相减,就得到高通网络。这里,应特别注意,延时网络 τ_1 与低频通路的低通相对应, τ_2 则与中频通路的低通相对应。图 2 表示出传统的分频网络和使用有源减法滤波器的分频网络的扬声器系统其声场辐射特性之间的差别。图 2a 是传统分频的情况,其辐射波束很窄,而且辐射的方向随频率而变化。如果用格林威茨滤波器则情况会有改善,辐射波束的方向在整个频段内是恒定的。尽管如此,其辐射波束仍不是最理想的,因为扬声器的覆盖范围缩小了(见虚线部分)。图 2b 是使用了有源减法滤波器的情况,其辐射波束明显展宽,而且在整个频段内辐射方向不变。

延时网络最好是一个全通网络,该网络比普通滤波网络的相移大两倍,但增益恒定。由于用了低通网络 1(见图 1),所以选用的全通网络 2(τ_2)的相位与该低通非常一致,且对信号的幅度无衰减。全通网络采用林格威茨——瑞利滤波器,它只用两支运放就可以实现,电路简洁,其相移同低通一致,在进行电路计算时,必须注意通带内应有 6dB 衰减,这样才能和作为低通的普通林格威茨滤波器的特性相一致。

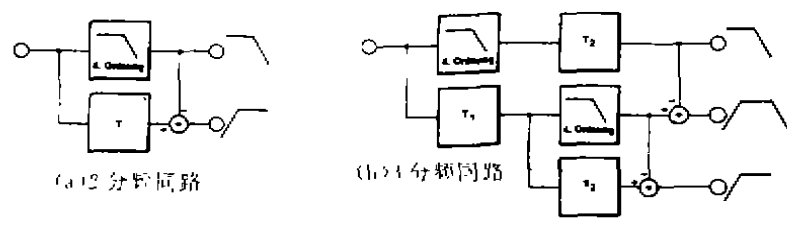


图 1 a. 2 分频网络 b. 3 分频网络

图3给出有源减法滤波器的频响图。此外,从照片上可以观察到这个分频网络的典型特性。照片上表示的是低频通路和中频通路的输出信号。照片1是分频点下的情况,照片2是分频点处的情况,照片3是分频点上的情况。两个信号的相移根本察觉不出。从图4可以看出,电路并不比普通的有源三分频网络复杂多少。运放A1作为输入端与前级的缓冲级,P1用来调整输入信号电平。整个滤波器的增益为1。从图不难看出各个部分的功能:低通由A2和A3组成,A6和A7构成附加的全通(作为 τ_1),实际上A6是一个带通,其带阻部分由A1补偿起来,中频通路中的低通由A8、A9担任,A4、A5是低频通路中的全通(作为 τ_2),而A11、A12是高频通路中的全通(作为 τ_2)。这样,低通就算构成了。而中通则必须把A5的输出与A9的输出相减才能得到。减法功能由A10来实现。同理,把A9的输出与A12的输出相减,就得到高通。其减法功能由A13承担。低、中、高三个分频的输出端均有调整电位器,以便根据不同的扬

声器调整声压。图4未给出频率器件的数值。不过,根据所列元件参数表,计算出分频点的值为500Hz和5kHz。

供电网络考虑得相对富余,因为高品质的电路应该有高质量的电源相适应,才能保证其真正的高品质,IC₁是一个集成稳压块,两只晶体管作功率输出,可以提供对称的正负电源。D5和D6是保护元件,以消除关机时的反峰电压。

实际电路参数的确定:

正如我们经常所做的那样,不仅给出一款好的电路,而且还为您绘制一张印制板图,见图5,动手焊接之前,首先必须计算出决定频率的元件参数值。按林格威茨滤波器的构造不准确定它们。首先是低通网络的参数(第一个分频点): C_{11} 、 C_{14} 、 C_{15} 、 C_{16} 、 C_{17} 、 C_{18} 均为10nF,R3、R4、R5、R6等于 $0.707/(2\pi \cdot f_{k1} \cdot C_{12})$;低通中的全通滤波器参数为R15、R16、R17等于R3、C21、C22等于C15;然后是中通网络的参数(第二分频点): C_{27} 、 C_{28} 、 C_{29} 、 C_{30} 、 C_{31} 、 C_{32} 为1nF,R23、R24、R25、R26等于 $0.707/(2\pi \cdot f_{k2} \cdot C_{25})$;最后是两

个全通网络:R7、R8、R9、R31、R32、R33等于R23、 C_{19} 、 C_{20} 、 C_{21} 、 C_{22} 等于 C_{15} 。正如在电路图所见到的。我们在各个不同的位置把电阻串联、电容并联起来,目的是尽可能提供更多的机会选取其相同的参数值。也就是说,为了确保某些参数之间的关系,总是取精确的两倍值。举例说, $C_{11} + C_{14}$ 等于 C_{15} ,R16-R17等于两倍R15,如此等等,参数必须很精确。否则分频网络不能工作在最佳状态。实际应用中,电阻的精度必须在1%,电容的精度在2.5%。这里,参数的绝对值并不太重要。关键是相等参数之间值必须一致。比如说,10k Ω 的电阻也可以用11.65k Ω ,但所有10k Ω 的电阻都必须用11.65k Ω 。如果按 $0.707/(2\pi \cdot f \cdot c)$ 计算出的参数值在实际中并不存在,可以换成一个相近的参数。误差小的电容不仅难买,而且很贵。如果分频网络的计算要求精确到最后一位,则元件的精度为1%。若手头有电容测试仪,那是最拣便宜的了。只要对所用电容一一加以测试,找出一致的取值就行了。如果手头没有,那么图6给出的电路可以为测

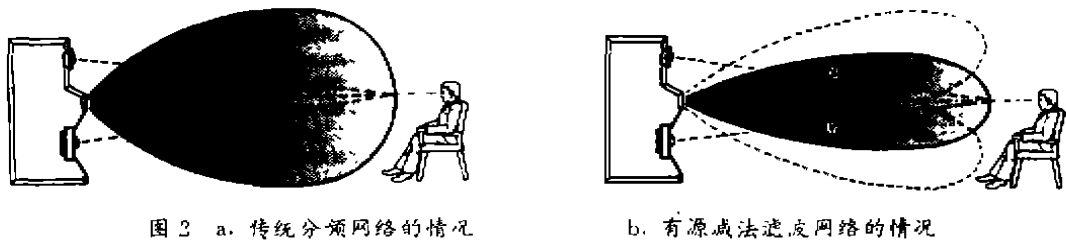


图3 a. 传统分频网络的情况 b. 有源减法滤波网络的情况

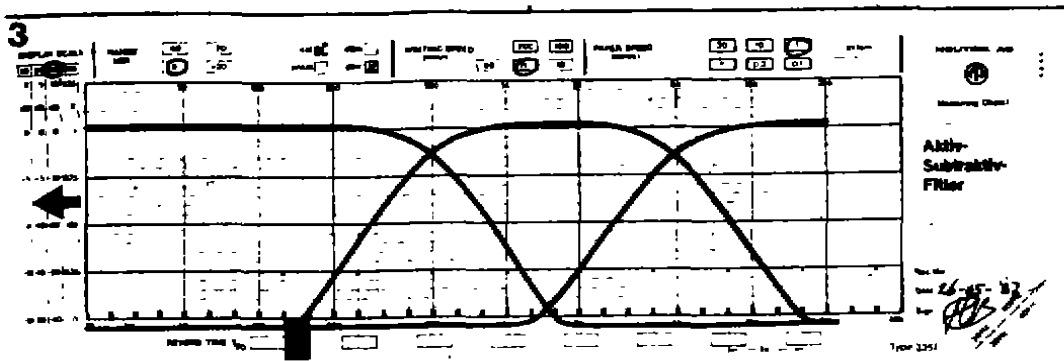


图3 有源减法滤波网络的频响图

试提供帮助。这里需要一个小电源变压器,其次级电压取 3~20V。经过一个阻值为 1.5/(100, π , c) 的电阻接上被测电容,用一个数字万用表的交流电压档可以测出电容两端的电压;每一个所测电容两端的电压的精度都必须控制在 1%,测试时必须注意电源电压的稳定,在启动大电流电器,如洗衣机、洗碗机时

都不要进行测试。
现在,可以动手来安装电路板了。电位器最好选用全陶瓷类的,运放的选择自由度较大, TL071、TL072 较为易选,而且便宜。如果对噪声有较高的要求,则应选 NE5534、NE5532 或 LF356、LF353 以及 OP15、OP215 等。我们建议,每个电路板均有自己的供电单元,

然后单独将分频器安装在一个盒内。但如果与其它所有电路,如前置、均衡装在一起,则供电单元可以省掉(C_{20} 和 C_{21} 保留),用两根导线将正负电源分别引到 C_1 和 C_{12} 即可,分频网络输出端呈现的最大阻抗为 12k Ω (取决于输出端电位器的调整),如果该值对末级功放来说太大的话,可以将电位器调小到 5k Ω ,

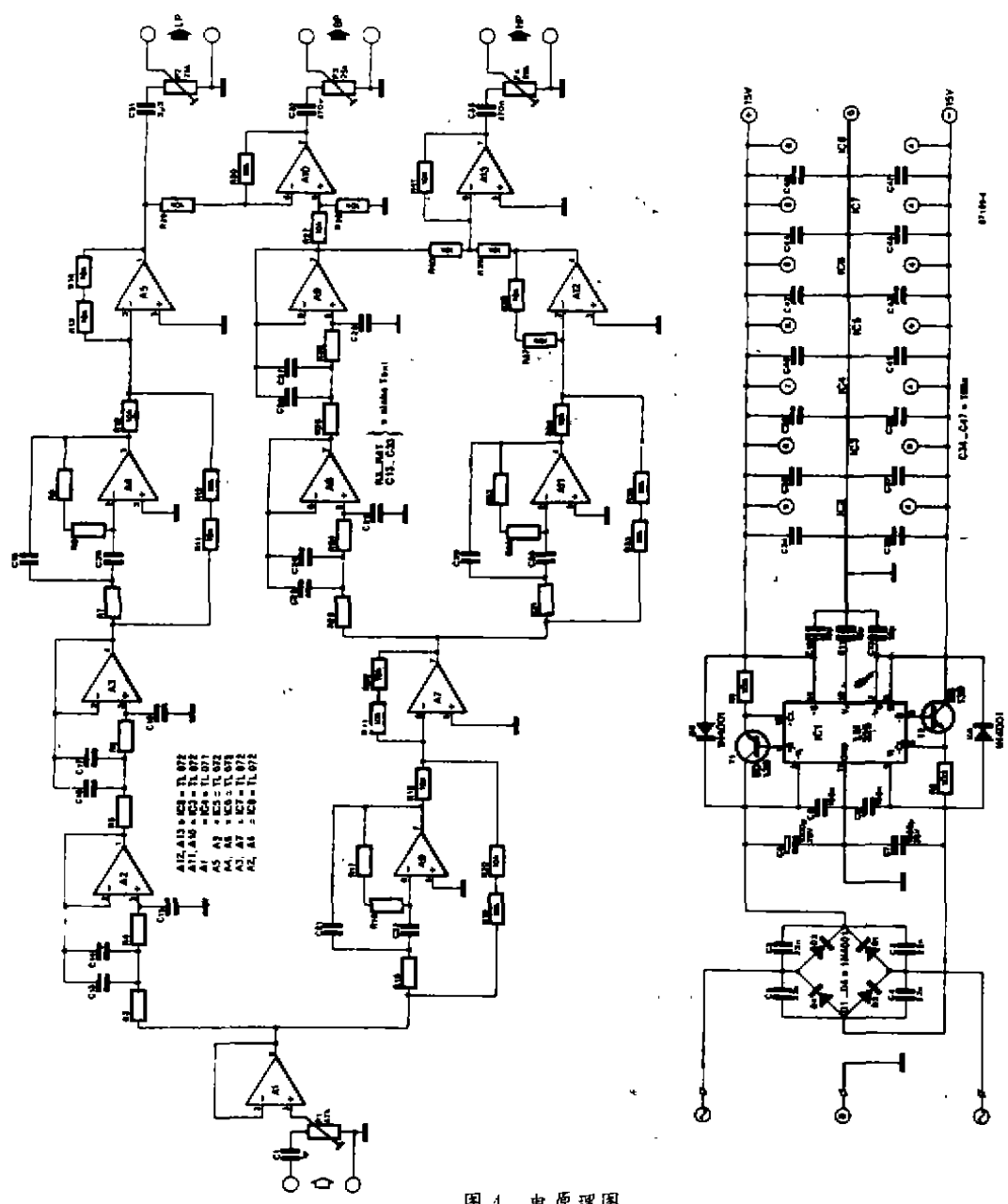


图 4 电源原理图

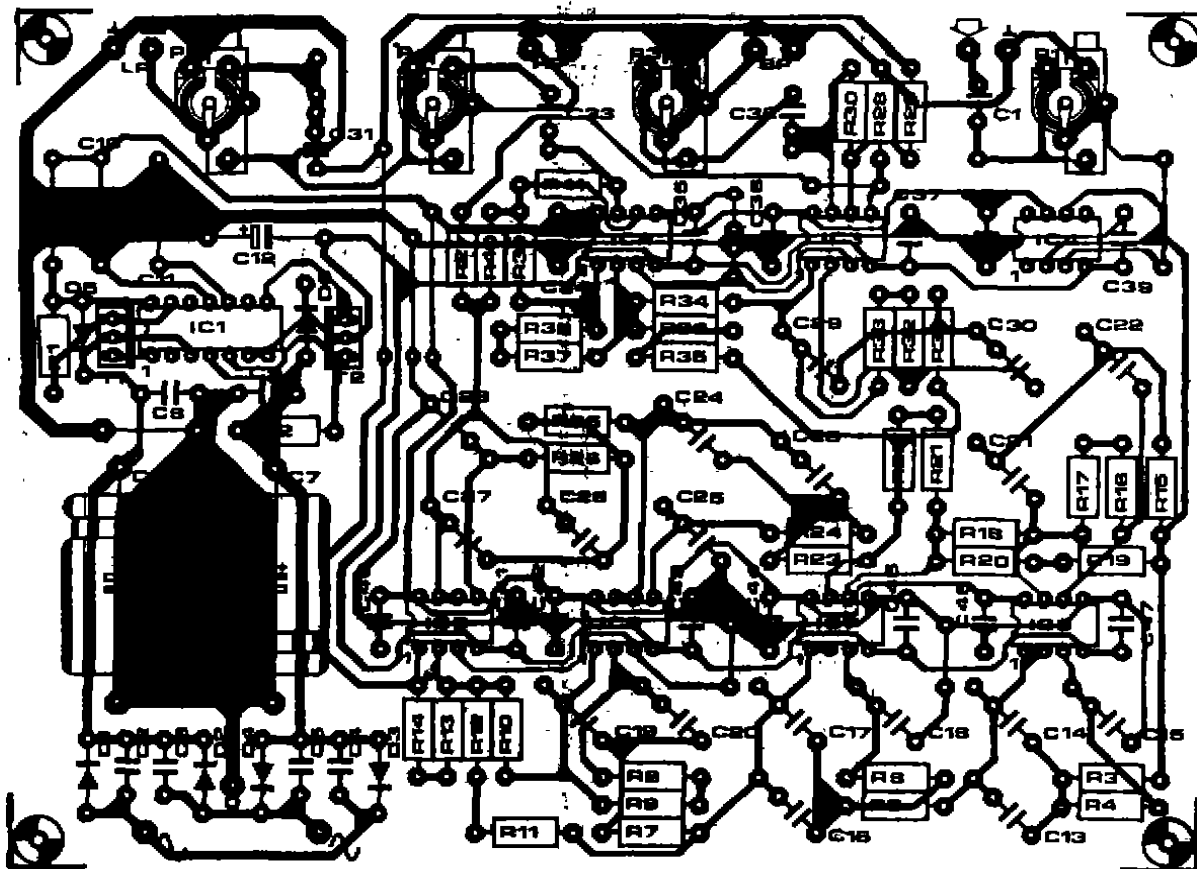


图5 印制板图

这样呈现的总输出阻抗最大为 $2.5k\Omega$ 。在这种情况下 C_{31} 应加大成 $4.7\mu F$ 。总之,末级功放的输入阻抗必须比分频网络输出阻抗大 10 倍以上。也可以将所给电路改成两分频电路,只须省掉下列元件即可: IC_2, IC_3, IC_4, R_7 至 R_{14}, R_{23} 至 R_{27}, R_{31} 至 $R_{41}, C_{19}, C_{20}, C_{23}$ 至 C_{30}, C_{33} 和 P_4 。此外,用短接线将 A3

的①脚与 C_{31} 相连, A7 的第⑦脚经一个 $10k\Omega$ 电阻与 A6 的第⑥脚相连。

对扬声器的选择并不是太重要。从原理上讲,只要保证每个扬声器比滤波器的通带频率高一个音程(八度)即可,这样分频网络就能工作在最佳状态。

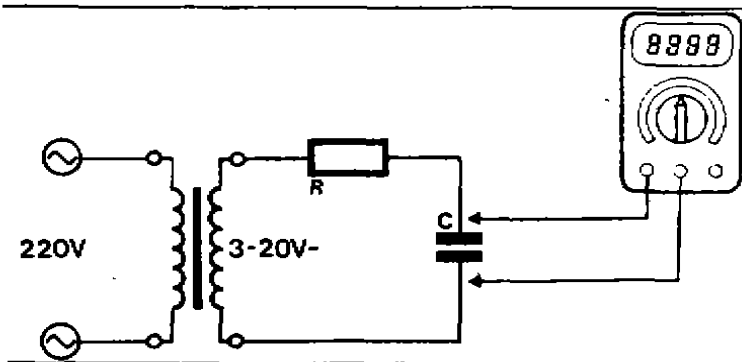


图6 简易电容测试仪

信息超市

【0369】欲转让世嘉五代游戏机两台,每台赠两盒卡带。原装超级任天堂游戏机,带魂斗罗、七龙珠、快打 2、遥控手擎。另有大量 PC 机软件、CD 盘片交流。029207 内蒙霍林河矿务局南区生活公司 王俭。电话:04857-22840 转 54186

【0370】欲转让①全新先驱 MD-911CD 机一台,②DT890A 数字表一块(九成新)。另诚征全国学生烧友,互通有无,共图 Hi-Fi 明天之途! 545005 广西柳州地区高中 98(6) 班 荣亮。

【0371】转让①一对 SONY 10 寸低音(300 元),一对南鲸 YD176-8XB(蓝盆,150 元),以上喇叭均已使用过,未损坏。②一台旧 AIWA FX-R20 单卡座(400 元,需换传送带)。③一台日本 Weston A2510 微型功放(400 元,长 $21 \times$ 宽 $14.5 \times$ 高 $2.5cm^3$,一声道 LA4250 坏)。533600 广西田阳县右江石油分公司 梁小强。