第1卷 第2期 空间科学学报 Vol. 1, No. 2
1981 年 10 月 CHINESE JOURNAL OF SPACE SCIENCES Oct., 1981

科研简报

哨 声 显 示 电 路

王 友 善
(中国科技大学)

哨声接收机的终端一般都采用监听的方法，没有终端显示装置。最近我们设计了一种能连续显示哨声的电路，电路结构简单，配接低频示波器就可以用来作为哨声接收机的终端显示，克服了人耳监听的缺点。

一、设 计 思 想

要用示波器显示哨声，需要解决两个问题。(1)要把哨声的频时关系转换成幅度对时间的关系，因为一般示波器只能显示幅度和时间的关系。(2)需要把哨声和干扰噪声区别开。我们知道哨声是一种随机信号，它总是和干扰噪声同时出现，而且强度变化较大，每次出现的哨声所包含的频率也不全同。哨声信号类似于一个调频波，一般总是高频先到，低频后到的下滑调[1]。因此可以利用鉴频检波方式来完成转换，从而解决了第一个问题。经鉴频检波后的哨声幅-时特性，从整体看具有脉冲性质，因而不同于较平稳的干扰噪声；又因它的脉宽较大(相当于哨声持续时间：$\geqslant$ 100ms) 而不同于干扰脉冲 (脉宽一般小于 1ms)，因此可以通过选用与一般检波负载不同的输出方式，适当选择元件值，即可将哨声同干扰噪声明显地区别开来。

二、电 路 原 理

要把调频波变换成调幅波需要鉴频。一般调频接收机用相位鉴频器或比例鉴频器，因其线性好又能自动限幅。但它要求 $\frac{\Delta F}{F} \ll 1$，(F 为载频，ΔF 为频偏.) 哨声满足不了这个要求，故相位或比例鉴频器不能用。但斜率鉴频没有这个要求，所以我们采用斜率鉴频[2]，如图 1。初级采用串联谐振方式，R_1、R_2、R_3 用来调节 Q 值，适当改善线性；初级电感取 1.5—2mH，Q 值一般取 1 左右。鉴频器输入端与哨声接收机的输出端相连，输出端接 SBD-1 长余辉低频示波器，扫描频率用 1 秒或 3 秒档。

鉴频器初级谐振频率为 10kHz 实测鉴频曲线如图 2。在 4kHz—8kHz 一段线性较好，两端较差。

本文于 1980 年 8 月 18 日收到，1981 年 6 年 9 日收修改稿。

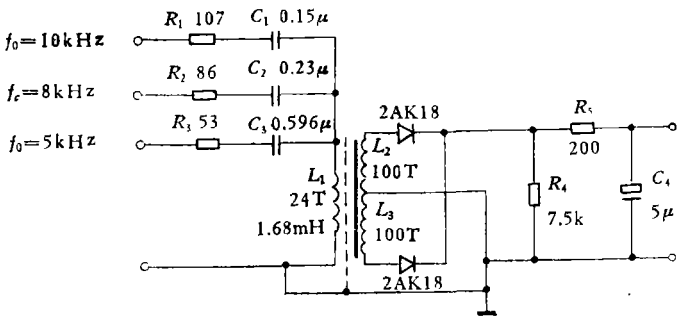


图 1

为了将哨声信号与干扰噪声区分开，R_4、R_5、C_4的选择甚为重要. 总的原则是：C_4的充电时间常数$\tau_{cd}=(R_D+R_5)C_4$要足够小，(R_D为二极管的正向电阻)当哨声来到时，能迅速跟上；同时C_4的放电时间常数$\tau_{fd}=(R_4+R_5)C_4$也要足够小，能跟上哨声信号的变化. 但并不是τ_{cd}和τ_{fd}越小越好，因为τ_{cd}和τ_{fd}太小时，会出现很大的锯齿状波形，示波器上光点在慢扫描时会变成垂直线段，使图形显示不清楚.

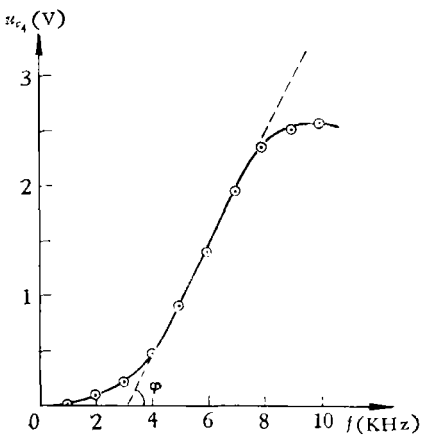


图 2

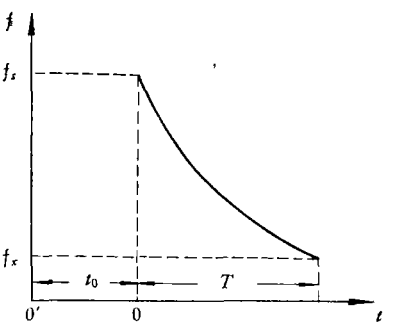


图 3

图 3 是哨声色散曲线，色散关系式为

$$f=D^2/t^2, \tag{1}$$

式中f为频率，D为色散，t为地磁共轭点间的传播时间. 现在我们把时间起点选在开始收到哨声的时刻，则(1)式可改变成

$$f=\frac{D^2}{(t+t_0)^2}, \tag{2}$$

式中t_0为闪电产生的电磁波刚进入哨声导管起，到哨声刚到达接收地点所经历的时间. 因为

$$f_s=\frac{D^2}{t_0^2},\quad f_x=\frac{D^2}{(t_0+T)^2},$$

式中T为哨声的持续时间. 解上两式，得

$$t_0 = \frac{\sqrt{f_x}}{\sqrt{f_s} - \sqrt{f_x}} \cdot T. \tag{3}$$

经线性鉴频，将 f-t 关系变换成 u-t 关系，有

$$u(t) = \frac{kD^2}{(t + t_0)^2},$$

式中 $u(t)$ 为电压，k 为线性变换因子

检波后对 C_4 充电，经 $3\tau_{cd}$ 可以认为充电完毕，这时 C_4 上的电压为

$$\frac{kD^2}{(3\tau_{cd} + t_0)^2},$$

而后 C_4 通过 R_4 和 R_5 放电，电容放电规律为

$$\frac{kD^2}{(3\tau_{cd} + t_0)^2} \cdot e^{-\frac{t'}{\tau_{fd}}},$$

这里 $t' = t - 3\tau_{cd}$.

要使放电能跟上哨声的变化，则应有

$$\frac{kD^2}{(3\tau_{cd} + t_0)^2} e^{-\frac{t'}{\tau_{fd}}} \leqslant \frac{kD^2}{(t' + 3\tau_{cd} + t_0)^2},$$

不等式右边为哨声信号的变化规律．由上式可得

$$\tau_{fd} \leqslant t' / \ln \left[\frac{t'}{3\tau_{cd} + t_0} + 1\right]^2. \tag{4}$$

这就是说，要使 C_4 的放电能跟上哨声本身的变化，C_4 的放电时间常数 τ_{fd} 必须满足 (4) 式．一般哨声的持续时间 $\geqslant$ 100ms，在估算 τ_{fd} 时应以持续时间最短的情形为准，取 T = 100ms，则 τ_{cd} 可取 $3\tau_{cd} \leqslant \frac{1}{10} T$，即 $\tau_{cd} \leqslant$ 3.3ms，由 (4) 式可算得 τ_{fd} = 40ms 就可满足要求．

因为 $\tau_{cd} = (R_D + R_5)C_4$，$\tau_{fd} = (R_4 + R_5)C_4$，又由下面的分析和经验在 f = 1kHz 时，要求 $R_5 \geqslant 6\left(\frac{1}{2\pi f C_4}\right)$，已知 $\tau_{cd} \leqslant$ 3.3ms，$\tau_{fd} \leqslant$ 40ms，取 $C_4 = 5\mu$F，则 $R_5 \geqslant 192\Omega$，取 $R_5 = 200\Omega$，所以 $R_4 \leqslant \frac{\tau_{fd}}{C_4} - R_5 = 7.8\text{k}\Omega$，$R_D \leqslant \frac{\tau_{cd}}{C_4} - R_5 = 460\Omega$，故二极管需采用正向电阻小的管子，或用两个二极管并能使用．

R_5 的作用是使鉴频检波后的交流成分降落在 R_5 上，从而保证 C_4 两端的电压比较平稳，为哨声显示提供一个比较干净的背境．

三、显示情况

图 4 是由示波器上描绘下的哨声显示图形，下降沿代表哨声，与哨声的色散曲线有单值对应关系．每个尖锋代表一个哨声，图中(1)是单个哨声显示情形，(2)是两个哨声重迭出现的情形，(3)是前面一个哨声和后面的密集群哨重迭的结果．

这种显示方法的缺点是无法分辨哨声重迭部分的细节．因此定标后也只能用于测量

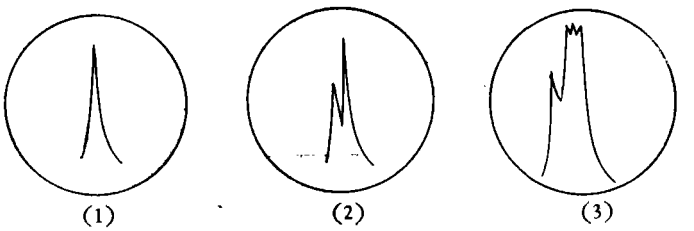


图 4

单个哨声的色散.

参 考 文 献

[1] Helliwell, R. A. *Stanford University Press.*, **4—5**, 87, 1965.
[2] 池原典利等著,晶体管电路设计,("晶体管电路设计"翻译组译,国防工业出版社, p. 239, 1970.

WHISTLERS DISPLAY CIRCUIT

Wang you-shan
(The China University of Science and Technology)

会 讯

我国首次参加国际电推进会议

第 15 届国际电推进会议 (15 th International Electric Propulsion Conference) 于 1981 年 4 月 21 日—23 日在美国内华达州拉斯维加斯市举行. 这届会议是由美国宇航学会 (AIAA)、日本宇航学会 (JSASS) 和西德宇航学会 (DGLR) 联合举办的. 总主席是美国航宇局刘易斯研究中心 (NASA LRC) 的 D.C. Byers, 国际主席是 H.R. Kaufman 教授,技术计划主席是 K.E. Clark 博士.

参加这届会议的, 除美国外、日本、西德、苏联、英国、意大利…等国都有代表参加;中国科学院空间科学技术中心的电推进研究室也派出两名代表参加了这届会议, 这是我国首次参加"电推进"专业性国际会议. 会上共有 92 篇报告,分为 14 个专题组. 我国代表在会上宣读了一篇报告.

我国代表除在会上广泛地与各国科学家进行学术交流外, 会后还分别参观访问了美国几个有关的"电推进实验室",受到了有关科学家的热情欢迎和友好的接待.

·安 吴·