

# 一种遥测水中悬浮粒子含量的超声发射器

厦门大学 黄衍镇 粘宝卿

## 摘 要

本文介绍一种用于遥测水中悬浮粒子含量、采用 VMOS 高频功率管作为输出级的超声脉冲发射器。电路十分简单,又很实用可靠。可供仪器中需要设计中、小功率发射器的同志参考。

## 一、引 言

我们在推广水文海洋仪器时,往往会感到用户对简易而性能稳定、操作方便、价格不高的仪器比较容易接受,特别是沿江河湖海的台站用户更有这样的要求。实际上,水文海洋仪器通常需要各种各样的发射器,用以辐射能量或发送信息等。随着电子技术和半导体器件的发展,制作发射器并不难。可是,问题的关键是发射器的电路,既要满足预定的技术指标,又要尽可能简单,因而工作可靠、成本低廉,便于推广使用。笔者为了观测水中某种悬浮粒子含量的需要,设计如图 1 所示的声反向散射系统,其中的水下超声脉冲发射器电路,只用了 3 块普通的 CMOS 数字集成块,一对 VMOS 管,几个电阻电容,1 个稳频晶体

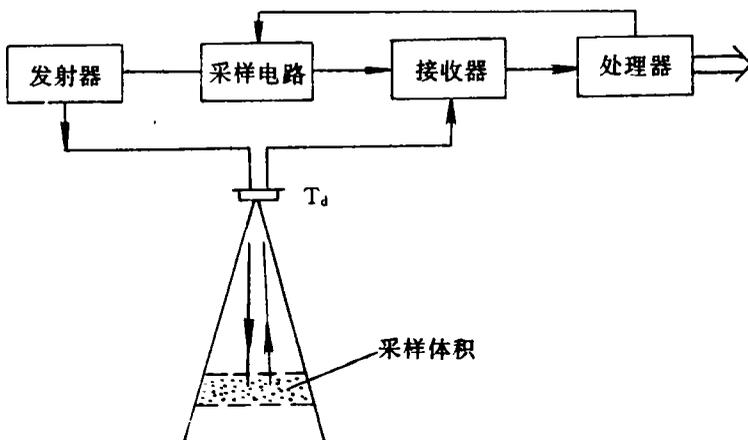


图1 声反向散射系统方框图

• 省基金项目的内容。

便构成。如图 2。由于电路简单,使得发射器结构精巧、工作稳定、体积小易于水密,成本也因而降低。

## 二、总体构成及电路原理

图 1 的声反向散射系统,由发射器通过换能器向水中辐射超声载频脉冲,接收器通过换能器接收采样体积里悬浮粒子的反向散射信号,由处理器按事先编好的程序对信号进行分析、处理、计算和输出,来获得水中悬浮粒子含量的数据<sup>[1][2]</sup>。系统主要由发射器、接收器、采样电路和处理器等 4 部分组成。这里着重介绍发射器电路,其主要技术指标为:每隔一定的时间间隔  $T$ ,通过水声换能器  $T_d$  发射一个宽度为  $\tau$  的矩形包络超声载频脉冲,载波频率为  $1.5\text{MHz}$ ,脉冲发射电功率不少于  $10\text{W}$ 。

图 2 的电路,由于采用一对 VMOS 管(VNF310)构成乙类推挽功率输出级,使得发射器电路变得十分简单。VMOS 管是电压控制器件,工作时输入电流几乎为零( $0.1\mu\text{A}$  以下),只要输入端  $V_{GS}$  有足够的电压变动就可以驱动功放级工作。从而省去了一般晶体管功放所需要的驱动级(为末级功放提供足够大的输入电流)。VNF310 是 N 沟道增强型 VMOS 管,工作时输入电压应满足  $V_{GS} > V_T > 0$  ( $V_T$  是阈值电压),所以加在推挽功放管  $Q_1$  和  $Q_2$  的栅极  $G_1$  和  $G_2$  上的信号应是大小相同、相位相反、又都在 0 电平以上的电压信号。而这种信号恰恰是很容易由通常的 CMOS 数字集成块来产生和形成的。同时 VMOS 管具有很高的输入阻抗( $10^8\Omega$ ),其输入端能直接与 CMOS 集成块连接。因此又可省去晶体管功放通常所需要的输入变压器(为推挽式功放提供大小相同相位相反的输入信号)。至于 VMOS 管输出和实际负载  $T_d$  之间的匹配,本例的载频为  $1.5\text{MHz}$ ,也无需利用变压器,只要把线圈绕在高频磁芯 SZH—206 上,恰当选择线圈初次级的匝数比,可得最大的功率输出。所以发射器电路既省去了功放的驱动级又省去了功放的输入/输出变压器,整个发射器就变得结构紧凑、体积很小了。

## 三、各级电路的调试

1. 产生载频信号:由  $\frac{1}{3}\text{CC4069}$ (六反相器)的两个非门和  $6\text{MHz}$  的石英晶体谐振器构成晶体振荡器,经  $\text{CC4013}$ (双 D 触发器)4 分频,得到频率为  $1.5\text{MHz}$  的连续信号。只要连线正确,反馈电阻  $R_f$  取几  $\text{M}\Omega$  的量级,则晶振容易起振;调微调电容  $C_T$ ,即可将振荡器的频率调整到精确值,其频率稳定度可达  $10^{-6}$  以上。当然,如果手头有  $1.5\text{MHz}$  的晶体谐振器,则可省去  $\text{CC4013}$  的 4 分频。

2. 形成推挽功放级的输入信号:如上的  $1.5\text{MHz}$  连续信号,分二路经  $\frac{2}{3}\text{CC4069}$  的两次反相和一次反相后,分别经过  $\frac{1}{2}\text{CC4066}$ (双向模拟开关)中的两路开关,开关的通断由来自采样电路的同一列时序矩形脉冲列控制,脉冲列的重复周期为  $T$  脉宽为  $\tau$ 。于是得到一组大小相同、相位相反、且都在 0 电平以上的已调信号,分别加在功放级  $Q_1$  和  $Q_2$  的栅

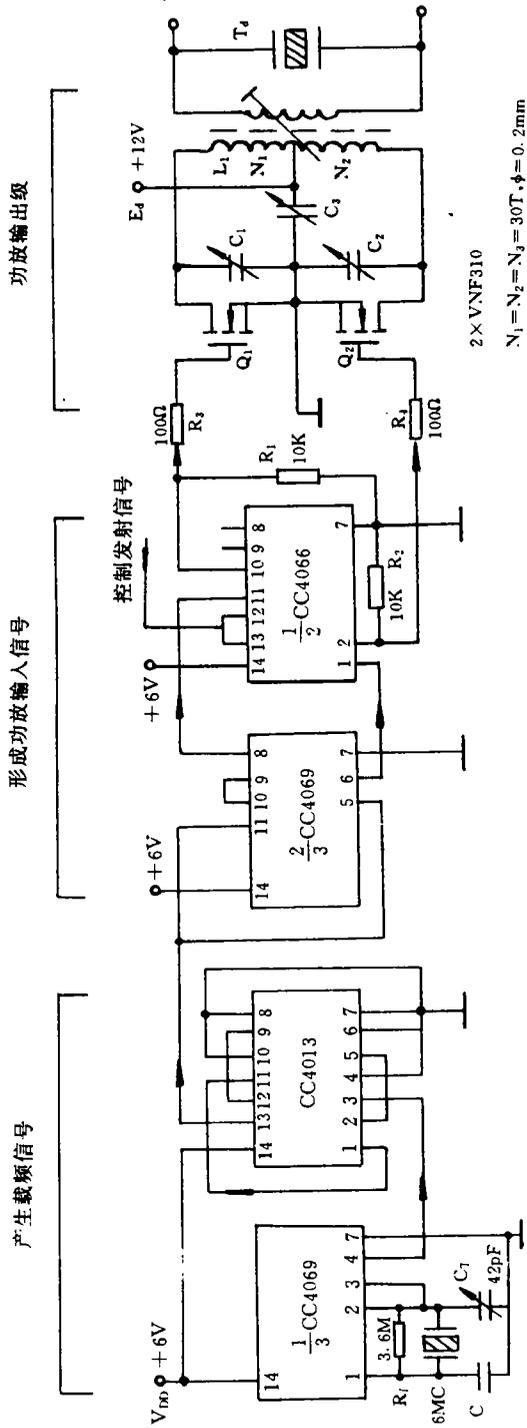


图2 超声脉冲发射器电路

级  $G_1$  和  $G_2$  上。

3. 功率输出级：一对 VNF310 管组成乙类推挽功放。当  $G_1$  处于逻辑高电平时， $G_2$  处于低电平，于是  $Q_1$  导通、 $Q_2$  截止；反之，当  $G_2$  处于逻辑高电平时， $G_1$  处于低电平， $Q_2$  导通、 $Q_1$  截止。在输入信号的作用下， $Q_1$  和  $Q_2$  轮流导通。通过高频磁芯调谐线圈的耦合，只要线圈的接头正确（见图 3），由于两个管子  $Q_1$  和  $Q_2$  互相补偿的结果，可在负载  $T_d$  上合成完整的波形。尽管加在管子栅极  $G_1$  和  $G_2$  上的电压不是正弦波，但是谐振回路  $L_1C_1$  和  $L_2C_2$  分别作为管子漏极  $D_1$  和  $D_2$  上的负载，只有与 LC 回路谐振频率相同的基波分量，才造成回路电流  $i_{D1}$  和  $i_{D2}$ 。因此，只要恰当调整电容  $C_1$ 、 $C_2$  和  $C_3$ ，使之谐振在 1.5MHz 的频率上，就可在负载  $T_d$  上得到完整的、正负半周对称的正弦波。于是，发射电路即可通过水声换能器  $T_d$  向水中辐射出时间间隔为  $T$  包络宽度为  $\tau$  的正弦波超声脉冲。在  $E_d = +12V$ ， $T_d$  的等效阻抗为  $R_L = 5.1\Omega$  的情况下，由示波器 (VP-5220A 型) 测得脉冲发射电功率为

$$P = U^2 / R_L = \left( \frac{U_{P-P}}{\sqrt{2}} \right)^2 / R_L = 14W$$

顺便指出，VMOS 管具有负的电流温度系数，即  $V_{GS}$  不变的情况下，温度上升反而使导通电流下降，因而 VMOS 管不会由于二次击穿引起管子损坏。它的这一特性使它特别适于作为功率输出级的器件。

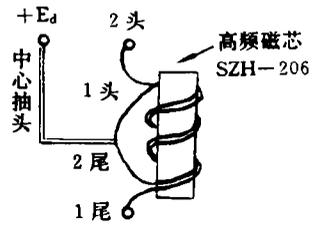


图 3 输出耦合线圈的接法

#### 四、结 语

和常见的发射器比较本发射器有如下的特点：

1. 电路简单，因而工作稳定可靠，成本低廉；
2. 结构紧凑，体积小，因而易于水密；
3. 功耗小，可用干电池供电。

该发射器的电路构成可供制做各种工作方式的中、小功率发射器参考。目前 VMOS 大功率管已经应市，按此电路程式制做大功率发射器亦是可以的。

#### 参 考 文 献

- [1] 黄衍镇、粘宝卿：随机声脉冲的过载检测和数据采集，《电子测量与仪器学报》，Vol. 5 No. 2, 1991
- [2] Nian Baoqing Huang Yanzhen: Amplitude Measurement for A Random Dynamic Pulse, '92 EMIC Proceedings, PP. 90~93, 1992 Tianjin.