



工频辐射的影响

V1.0

2013.12.01

--By: Mythink

目 录

1、什么是工频辐射干扰.....	1
1.1、书本上的说法	1
1.2、什么是工频干扰.....	1
2、两款有工频干扰的样机	1
2.1、第一款：高阻电位器惹的祸	1
2.2、第二款：长输入线的天线效应	2
3、原理剖析	3
3.1、“手触摸电位器出现工频噪声”的原理.....	3
3.2、“音频线一端浮空时功放出现工频声”的原理.....	4
3.3、工频辐射信号的特征	4
4、解决问题的方法	5
5、本章精要	5



1、什么是工频辐射干扰

1.1、书本上的说法

在讲微小信号处理的书籍经常提到，要注意工频的干扰。处理方法有：电源滤波、陷波器、电源隔离、地线隔离、加屏蔽罩等等。好像要不惜一切代价，要把工频干扰完全去除。

但是，在现实的产品设计看来，有些做法有点不切实际、得不偿失（对于音频产品）。所以得根据产品需求，采取相应的具体措施，而不是“所有措施”。

所以我们想知道：**工频的辐射到底有过大的影响？**

1.2、什么是工频干扰

首先，什么是工频？

我国的工业用电采用 50Hz 的交流电，我们把电网中 50Hz 的电压频率叫“工频”。

工频干扰呢？

这个 50Hz 的电信号通过电源、地线、空间辐射等方式进入到电子系统，并对系统造成干扰，这就是工频干扰。

本章讲的是“工频辐射干扰”。

2、两款有工频干扰的样机

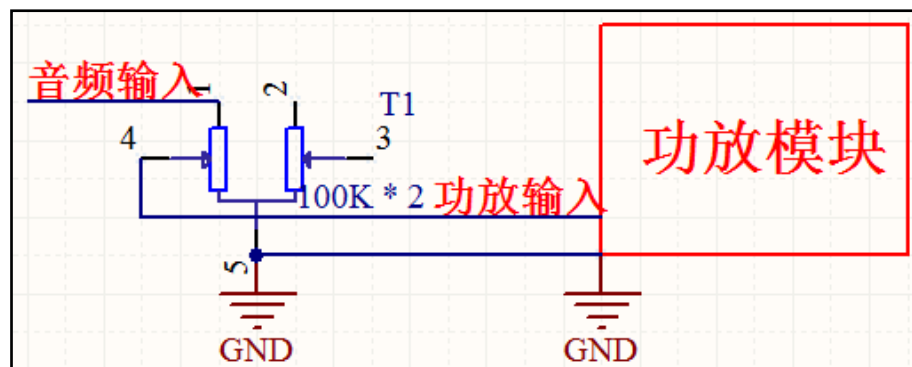
2.1、第一款：高阻电位器惹的祸

碰到这个问题，真有似曾相识的感觉。记得读《匠人手记》时，该书提到大的电阻容易受人体感应信号的干扰。现在，我也“幸运地”碰到了类似的问题。

记录于此，以作前车之鉴。

有问题的电路图如下。音频输入信号通过一个双联的电位器调节，功放输入接在电位器的中间抽头上，电位器电阻范围是 0~100K。

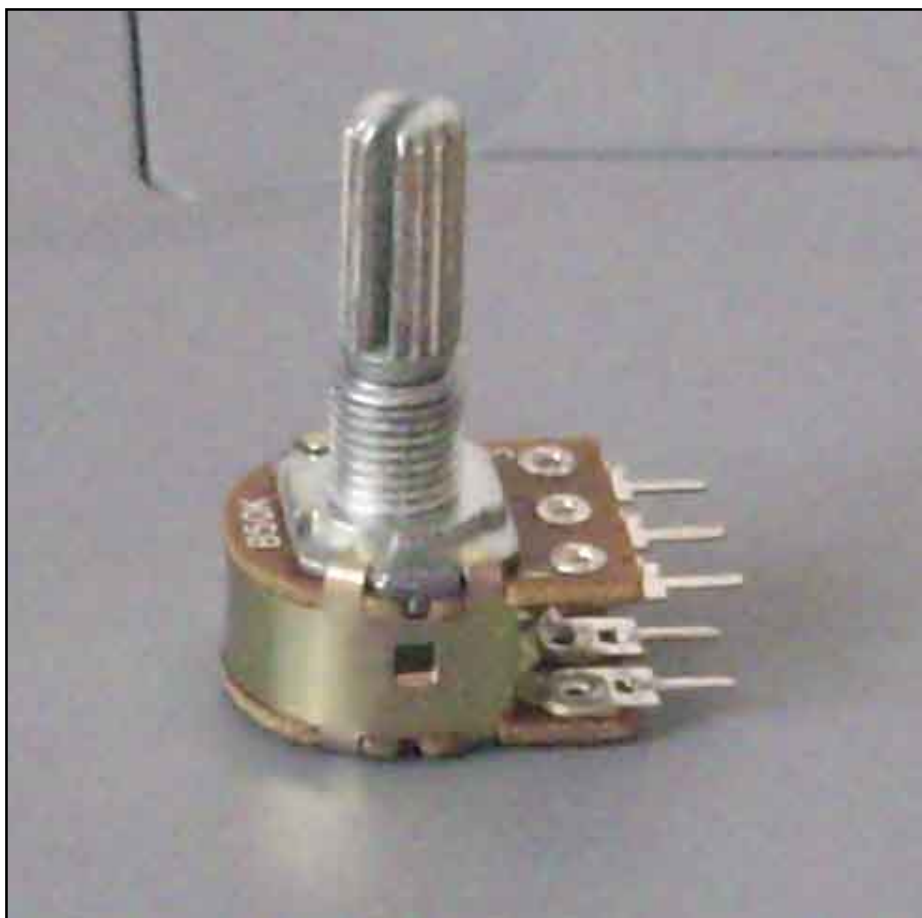
平时用手调节音量旋钮时，只要碰到电位器的调节旋钮，喇叭端就会出现交流声。



2.1-1



使用的电位器的形状如下图所示。



2.1-2

2.2、第二款：长输入线的天线效应

功放模块输入电阻约 100K。功放的音频输入与电脑间用一条 1m 长的信号线连接。正常使用时无任何问题，但是拔掉电脑端的音频线后（这时音频线另一端连接功放输入端口），功放输出端出现交流声。



3、原理剖析

本节将讲解上面两个例子：手碰到电位器音量调节旋钮出现工频声、功放输入端插入音频线而另一端悬空（不插电脑）时出现工频声 —— 这两个现象的原因。

注意：本节中实验示波器看到的“工频电压”幅度实际大小与人和示波器、电线距离、鞋的绝缘程度、手表面的汗液、天气的湿度等有一定关系，幅度会有相应波动。

3.1、“手触摸电位器出现工频噪声”的原理

先做个实验：打开示波器，示波器调到交流档，屏幕的水平调节到适合观察 50Hz 的信号，垂直屏幕调节到适合观察峰峰值为 15Vpp 的正弦波。这时，用手触碰示波器探头输入端（不要碰到地夹头，且示波器最好使用 10M 欧姆的输入电阻档位）。这时你将会在屏幕上看到约 10Vpp 的 50Hz 信号。

——？？？

这个信号怎么来的？这么强！

其实，人体是一个接收 50Hz 工频电压信号极好的天线。

在室内，我们周围都环绕着电线，而电线都在流动着 50Hz、220V（310Vpp）的交流电，而人恰恰站在这些错综复杂的电线中间。等效模型如下图——铜线相当于室内的电线，人体相当于被电线裹住的磁芯。当交流电在电线上变化时，人体接收了大量的工频电压波动。



3.1-1

当人体触碰到电位器的把柄，会把电信号传递到金属把柄上，金属把柄又将电信号耦合到功放的输入端。因此，调节音量时会听到工频声。



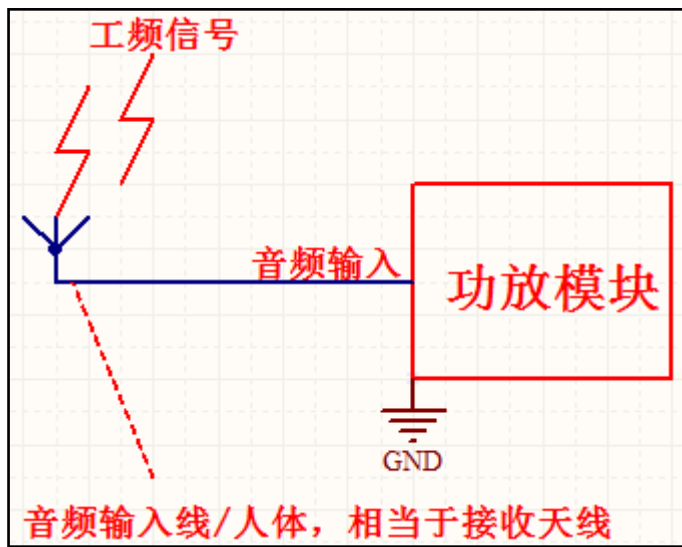
3.2、“音频线一端浮空时功放出现工频声”的原理

上面第 2 节第二个例子是：1m 长的音频线一端插着功放输入端子、另一端浮空时，功放出现工频声。

对这个现象可以先做个实验：将 1m 长的导线一端直接连接在示波器输入探头端，另一端悬空，那么可以在示波器上看到 50Hz 的工频信号。

原理和 3.1 相似，只不过本例是：1m 长的导线成为工频信号的接收天线，而前一个例子是：人体成为工频信号的接收天线。

这个实验的等效模型如下图。



3.2-1

3.3、工频辐射信号的特征

为了弄清楚工频辐射的特征，需要在“3.1”小节的基础上，更进一步做一个实验。

先在示波器信号探头和示波器的地夹头间串联一个 $R1 = 1M$ 的电阻，再用手触摸示波器的信号输入探头。那么，在示波器屏幕上看到一个幅度约为 5Vpp-50Hz 的电压波形（示波器输入探头阻抗必须为 10M 欧姆）；假设把串联的电阻改为： $R1 = 470K$ ，再用手触摸示波器的探头，那么示波器显示的信号幅度将减小到 3V 左右；假如把电阻改为 $R1 = 100K$ ，那么信号进一步减小！

所以，工频辐射信号相当于一个内阻极大的信号源，只有负载电阻大小为 100K 数量级以上时，负载得到的信号才比较大！

假设负载电阻减小到 1K 数量级，那么信号源的大部分幅度信号降落在其本身的内阻上，1K 的负载基本没接收到信号。



4、解决问题的方法

有“3.3 小节”中分析工频信号源的特征，那么只要使输入电阻减小到 1K 左右，那么在功放输出端即基本不会听到工频噪声。

所以，第一个例子的解决方案是：将 100K 的电位器换为 2K 的电位器，并在电位器旋钮上套上塑料套，那么功放的输出工频噪声将消失。

第二个例子的解决方案是：在音频输入线处并联一个 $R1=2K$ 左右的电阻到地。那么工频干扰噪声将只有极小部分传递到 $R1$ 上，功放将几乎没有工频干扰噪声输入，输出自然也不会存在工频交流声。

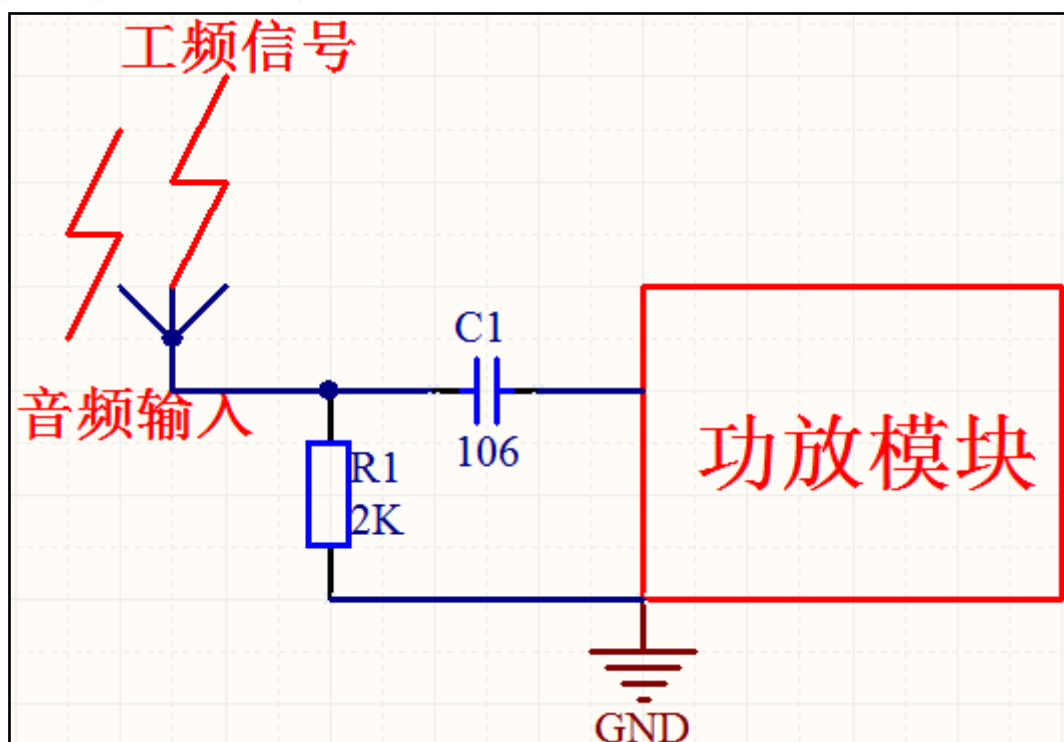


图 4.1-1

5、本章精要

(1)、工频辐射信号相当于一个内阻极大的信号源。

(2)、虽然一些微小信号处理的书籍上写着要去除工频干扰要加电源滤波、陷波器、屏蔽罩等等。但是实际上这样做成本很高。本章根据具体方案需求和工频辐射信号的特点，通过改变电阻值、增加到地的电阻等简单的方法就可以解决问题。

这充分说明了理解原理的重要性。