

在双线式麦克风电路中使用 MEMS 麦克风

[导读] 如今 MEMS 麦克风正逐渐取代音频电路中的驻极体电容麦克风（ECM）。ECM 和 MEMS 这两种麦克风的功能相同，但各自和系统其余部分之间的连接却不一样。本应用笔记将会介绍这些区别，并根据一个简单的基于 MEMS 麦克风的替换电路提供设计详情。

简介

如今 MEMS 麦克风正逐渐取代音频电路中的驻极体电容麦克风（ECM）。ECM 和 MEMS 这两种麦克风的功能相同，但各自和系统其余部分之间的连接却不一样。本应用笔记将会介绍这些区别，并根据一个简单的基于 MEMS 麦克风的替换电路提供设计详情。

音频电路的 ECM 连接

ECM 有两根信号引线：输出和接地。麦克风通过输出引脚上的直流偏置实现偏置。这种偏置通常通过偏置电阻提供，而且麦克风输出和前置放大器输入之间的信号会经过交流耦合。

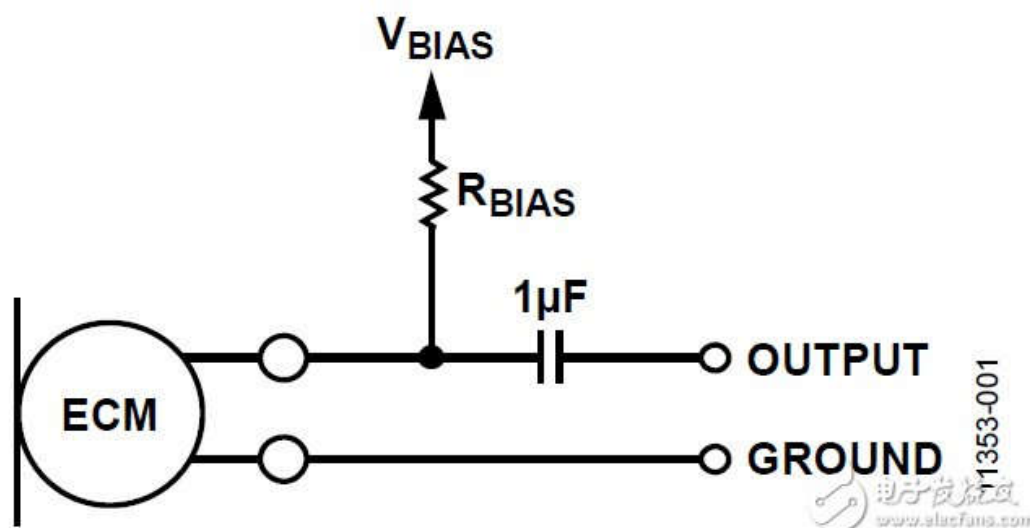


图 1. ECM 电路连接

ECM 的常见用例是在手机上连接的耳机中用作内联式语音麦克风。这种情况下，耳机和手机之间的连接器有四个引脚：左侧音频输出、右侧音频输出、麦克风信号以及接地。在这种设计中，ECM 的输出信号和直流偏置电压在同一信号线路中传输。偏置电压源通常约为 2.2 V。

MEMS 麦克风区别

模拟 MEMS 麦克风的信号引脚上不使用输入偏置电压。但是，它是一种三端器件，有不同的引脚分别用于电源、接地和输出。VDD 引脚的供电电压一般为 1.8 至 3.3 V。MEMS 麦克风的信号输出通过直流电压实现偏置，一般等于或接近 0.8 V。在设计中，该输出信号通常会经过交流耦合。

相对于 ECM，使用 MEMS 麦克风的关键优势在于它的电源抑制（PSR）性能更强。MEMS 麦克风的 PSR 通常至少为 70 dBV，ECM 却根本没有电源抑制能力，因为偏置电压直接通过电阻连接至麦克风。

用 MEMS 麦克风取代 ECM 时需要进行的电路更改

对于原本围绕 ECM 设计的系统，改用 MEMS 麦克风时面临的基本难题是，电源和麦克风输出没有单独的信号，例如使用耳机式麦克风时。如果对电路进行一些小的更改，就可以在此类设计中使用 MEMS 麦克风。首先，必须将信号链中直流偏置提供的下游信号与麦克风的输出信号隔离。其次，必须将此直流偏置用于为 MEMS 麦克风供电，而且不能让麦克风的输出信号干扰电源。直流偏置的隔离可通过交流耦合电容实现，MEMS 麦克风的电源可通过仔细设计的电路提供，该电路充当分压器和低通滤波器。以下设计中使用了 ADMP504 MEMS 麦克风作为示例。其中用到了一个 2.2 k 偏置电阻。

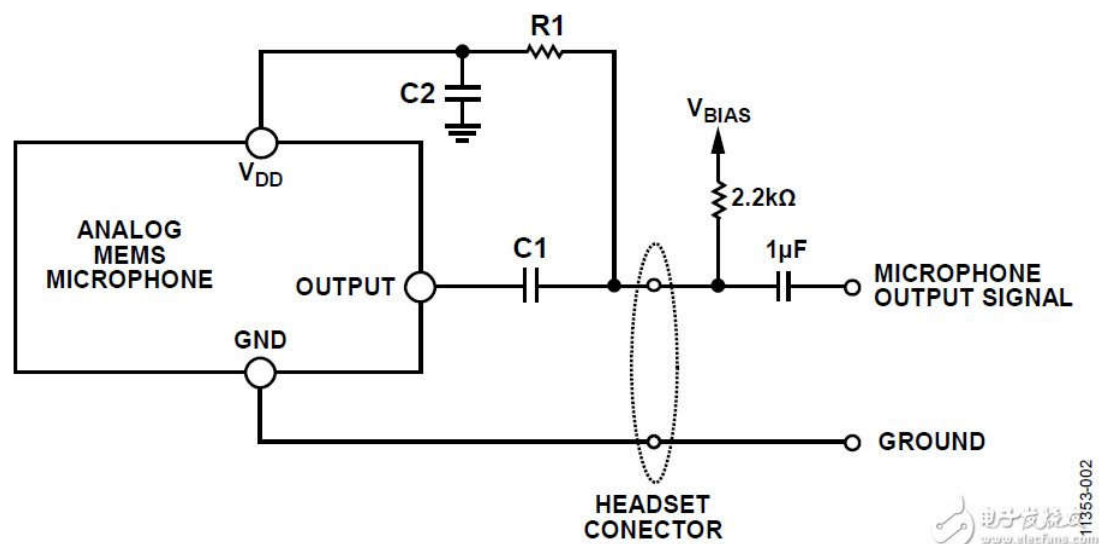


图 2. 将一根线用于电源和输出信号的 MEMS 麦克风

图 2 显示了一个实现上述功能的设计示例。在耳机的设计中，耳机连接器左侧的电路部分将会在实际耳机中，2.2 k 偏置电阻和 1 F 交流耦合电容则在源设备（例如智能手机）中。电阻 R1 和 R 偏置形成分压器，MEMS 麦克风将 V 偏置电压降至 VDD 引脚的供电电压。根据 V 偏置、R 偏置和所需 VDD 电压的值，电阻 R1 可能需要非常小，如下例所示。要计算所需的串联电阻（R 偏置 + R1），可将

麦克风建模为一个电阻，将有固定电流从中流过。VDD = 1.8 V 时，ADMP504 的典型供电电流为 180 A。根据欧姆定律，VDD 上的电压为 1.8 V 时，该麦克风可建模为一个 10 k 的电阻。要求解合适的电阻 R1 值，所用的分压器公式为：

$$[\text{麦克风 } V_{DD}] = [\text{偏置电压}] \times (10 \text{ k} / (10 \text{ k} + R1 + R_{\text{偏置}}))$$

根据此公式可以算出，一个 2.2 k 的 R 偏置电阻和一个 499 的 R1 电阻会从 2.2 V 偏置电压分出 1.73 V 到麦克风的 VDD 上。在选择 R1 值时，需要进行权衡取舍；如下所示，此值太大会导致 VDD 过小，但为了防止 C2 过大，又不能让其值太小。

图 3 显示了该分压器的两种不同模型。左侧，ADMP504 麦克风建模为 180 A 电流源；右侧，麦克风则建模为具有 1.8 V VDD 的 10 k 电阻。

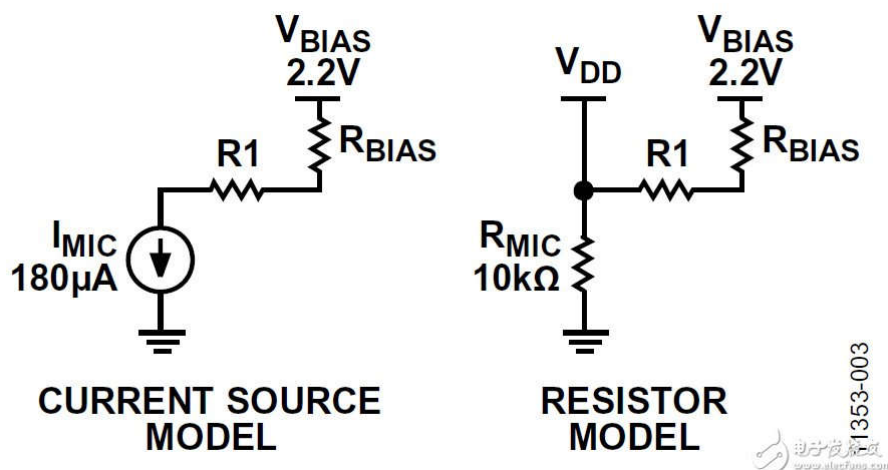


图 3. 分压器模型

电容 C2 和电阻 R1 形成低通滤波器，用于对电压供电信号中输出的麦克风音频进行滤波。这种滤波器转折频率应该远低于麦克风本身的滤波器较低转折频率。将低通滤波器设计为至少低于麦克风较低转折频率的两个倍频程，这会是一个好的开端。对于 ADMP504，此转折频率为 100 Hz。10 F 的电容和 499 的 R1 电阻可实现转折频率为 31 Hz 的滤波器。较大的电容或电阻会进一步降低此转折频率，但是该滤波器的电阻大小必须与它对分压器的贡献保持平衡，其中，分压器会向麦克风提供 VDD。低通滤波器的-3 dB 点的计算公式如下：

$$f_{-3 \text{ dB}} = 1 / (2 \pi \times R1 \times C2)$$

其中：

R1 为分压器中的电阻。

C2 为低通滤波器电容。

电容 C1 对麦克风输出进行交流耦合，这样它的偏置输出就会与通过手机提供的麦克风偏置电压隔离。在给定的 VDD 条件下，凭借 R 偏置、R1 和麦克风的等效电阻，该电容还会形成高通滤波器。计算高通滤波器转折频率时要考虑的总电阻为与 R 偏置并联的 R_{MIC} 和 R1 的串联电阻。此电阻的计算公式为

$$R_{\text{总}} = (R_{\text{MIC}} + R1) \times R_{\text{偏置}} / (R_{\text{MIC}} + R1 + R_{\text{偏置}})$$

对于此处的示例，R_总 = 1810 。高通滤波器转折频率为：

$$f_{-3\text{ dB}} = 1 / (2 \pi (R_{\text{总}} \times C1))$$

要让滤波器转折频率至少低于 ADMP504 低频滚降频率 100 Hz 一个倍频程的滤波器转折频率为 100 Hz，C1 至少应该为 1.8 F。

图 4 显示了一套完整的耳机电路，其中采用了 ADMP504MEMS 麦克风以及合适的电阻和电容值，并以我们处理的 V 偏置和 R 偏置值为依据。

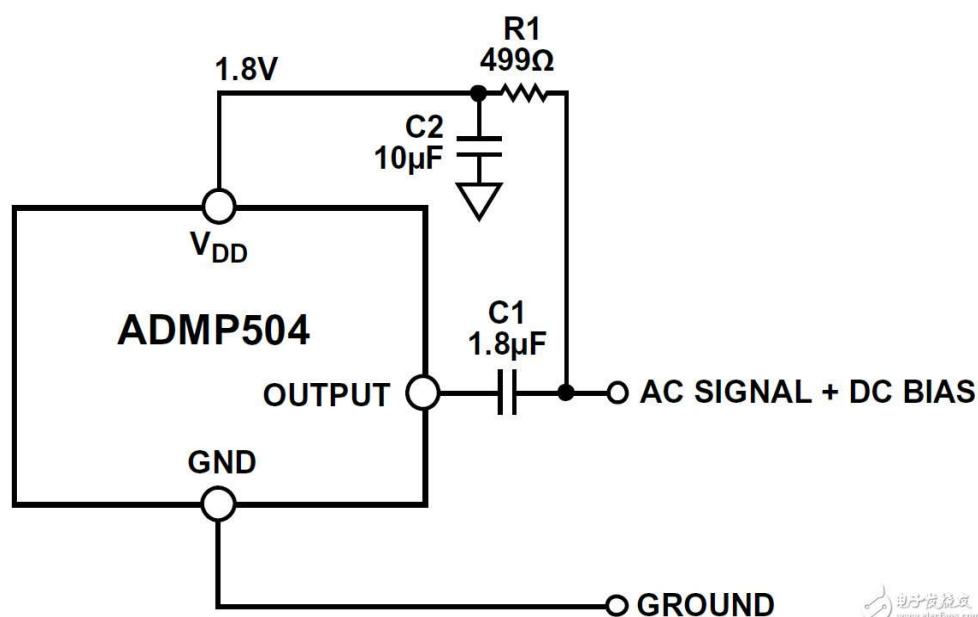


图 4. 采用 ADMP504 MEMS 麦克风的电路

结论

通过本文介绍的电路，可以实现在没有单独的电源和麦克风输出信号的设计中使用 MEMS 麦克风。该电路只使用两个电容和一个电阻，即可让 MEMS 麦克风用于双线式麦克风电路中。