

AD704/AD705/AD706 运算放大器的应用

摘要： 文章介绍了输入电流微微安级的双极型场效应晶体管输入级 (BiFET) 运算放大器 AD704/AD705/AD706 的基本技术性能与特点。该放大器具有工作电源电压宽 ($\pm 2 \sim \pm 18V$)、输入阻抗高、输入失调电压低、输入失调电压漂移小等一系列特点，并且列举了几个具体应用例子。文章除了给出电路中参数的计算方法外，还讨论了元件参数与电路性能变化的关系。

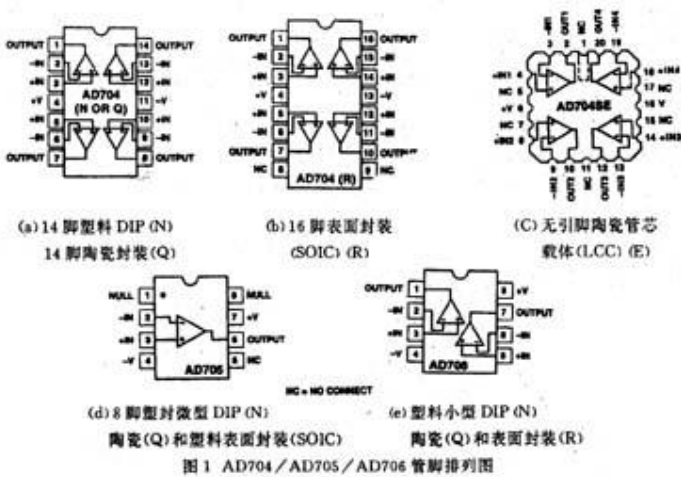
关键词： 双极型运算放大器；极点；有源低通滤波器；仪表放大器

AD704/AD705/AD706 微微安级输入电流的双极型运算放大器是美国 AD 公司 (Analog Devices Inc) 最近二年推出的优秀产品之一。它具有低功耗、低漂移、高输入阻抗、交流与直流特性优异等一系列优点。

AD704/AD705/AD706 三种运算放大器，它们的区别在于每一块集成块内含有的运算放大器个数不同。AD705 是在每个集成块内只封装一个运算放大器，AD706 是在每个集成块内封装了二个匹配的 AD705 运算放大器，而 AD704 是在每个集成块内封装了四个匹配的 AD705 芯片，为四运放器件。因此，无特殊说明时，本文均以 AD705 性能为例进行使用说明。

1. AD704/AD705/AD706 运算放大器的基本特性

AD704/AD705/AD706 是低功耗、双极型的运算放大器，它具有双极型场效应晶体管 (BiFET) 的输入级。因此，具有输入阻抗高、输入失调电压低、输入偏置电流小、输入失调电压漂移小的特点。由于采用了超双极型场效应晶体管输入级，输入偏置电流达到了微微安级的水



平，使它既具有 BiFET 与双极型运算放大器的许多优点，又克服了全温度范围内偏置电流 (I_B) 漂移大的缺陷。在全温度范围内，它的 I_B 典型应用仅增长 5 倍，而一般 BiFET 运算放大器 I_B 要增长 1000 倍。由于采用超 β 双极性技术，AD704/AD705/AD706 的失调电压达到微伏级，并且还具精密双极型运算放大器的低噪声特性。与 op-07 相比，输入失调电压仅为 op-07 的 1/15。温度漂移值为 op-07 的 1/2。由于是 BiFET 输入级，因此，信号源阻抗可以比 op-07 高得多，而它的直流精度却保持不变。

AD704/AD705/AD706 的主要技术性能指标列于表 1。

2. AD704/AD705/AD706 运算放大器的应用

由于 AD704/AD705/AD706 具有上述的众多优异特性, 因此, 它特别适合于作数据采集系统中的有源滤波器、精密仪表放大器高质量的积分器与高输入阻抗的放大器等。

采用一个 AD705 就能单独组成具有高输入阻抗, 高性能的差动放大器, 它的原理图如图 2 。

表 1 AD704/AD705/AD706 的主要技术性能指标

参数名称	AD704 (四运放)	AD705 (单运放)	AD706 (双运放)
输入失调电压	30 μ V	10 μ V	10 μ V
输入偏置电流	80pA	30pA	30pA
输入失调电流	30pA	30pA	30pA
频率响应 截止频率	0.8MHz	0.8MHz	0.8MHz
转换速率	0.15V/ μ s	0.15V/ μ s	0.15V/ μ s
输入阻抗 差动	40M Ω //2pf	40M Ω //2pf	40M Ω //2pf
共模	300M Ω //2pf	300M Ω //2pf	300M Ω //2pf
共模抑制比 CMRR	132db	132db	132db
共模输入电压范围	\pm 14V	\pm 14V	\pm 14V
输出电压摆幅	\pm 14V	\pm 14V	\pm 14V
电源电压 正常工作电压	\pm 15V	\pm 15V	\pm 15V
最低工作电压	\pm 2.0V	\pm 2.0V	\pm 2.0V
最高工作电压	\pm 18V	\pm 18V	\pm 18V

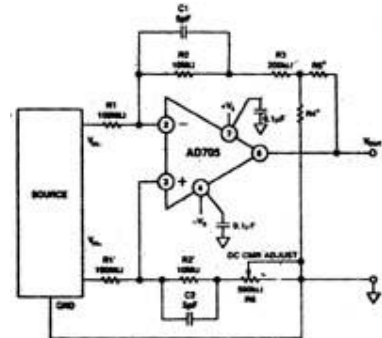


图 2 高性能差动放大器原理图

在线路图中, 不仅要求 $R_1=R_1'$, $R_2=R_2'$, 而且电阻 R_1 、 R_1' 、 R_2 和 R_2' 都是 1%精度的金属膜电阻。

线路增益:

$$G = \frac{R_2 + R_3}{R_1} \left(1 + \frac{R_5}{R_4}\right) \quad (1)$$

共模输入电压范围:

$$V_{cm} = 10(V_S - 1.5V) \quad (2)$$

V_S -- 电源电压。

对于电源电压 $V_S = \pm 15V$ 来讲, $V_{cm} = 13.5V$ 。

R_6 是用来调整线路直流共模抑制比的。

电路的主要特点是共模电压高、功耗低。如果改变电阻值, 线路增益也发生变化, 性能的变化如表 2 所示。

为了提高电路的高段共模抑制比(CMRR), 电路中的电容 C_2 用一个可调电容器代替, 它的数值为 1.5~20pf。只要仔细微调可变电容器 C_2 , 就能得到满意结果。

线路调试方法:

为了优化该线路的低频和直流时的共模抑制能力, 将信号频率 1Hz、信号幅值 1V 的正弦波同

时加到放大器的二个输入端，然后仔细微调电阻 R_6 ，使其输出幅值最小。

值得指出的是，该差动放大器没有电气隔离环节，对于高压信号源来说是危险的。因此，使用高压信号源时，必须增加保护措施。另外，信号的参数地必须与放大器的公共地相接。

用一个 AD706 就能组成一个性能优良，低成本的仪表放大器，它的原理图如图 3 所示。

在线路图中，电阻 R_G 是一个选用器件。当没有 R_G 时，线路的传递函数为：

$$V_{OUT} = (V_{IN*1} - V_{IN*2}) \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \quad (3)$$

$$R_2=R_3=49.9k\Omega / (G-1) \quad (4)$$

$$R_1=R_4$$

G—线路增益。

该电路具有输入阻抗高、允许信号源输出阻抗不平衡等特点。在图 3 中，没有 R_6 ，电阻全部采用 1%精度的金属膜电阻。线路增益 G 与放大器 A1、A2 的增益及不同电阻值的关系列于表 3。

表 2 差动放大器不同增益时的典型性能

电路增益	R_1	R_2	调整后 DC CMRR	RT2 平均温度漂移系数 ($\mu V/^\circ C$)	电路带宽 (-3db)
1	1.13k Ω	10k Ω	$\geq 85db$	30	4.4kHz
10	100 Ω	9.76k Ω	$\geq 85db$	30	2.8kHz
100	10.2 Ω	10k Ω	$\geq 85db$	30	930Hz

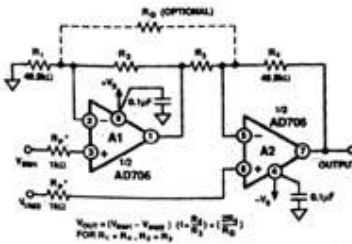


图 3 AD706 双运放组成的仪表放大器

表 3 图 3 线路中放大器 A1、A2 的工作增益与不同电阻值关系

电路增益	A1 增益	A2 增益	R_3, R_1	R_2, R_4
1.10	11.00	1.10	499k Ω	49.9k Ω
1.33	4.01	1.33	150k Ω	49.9k Ω
1.50	3.00	1.50	100k Ω	49.9k Ω
2.00	2.00	2.00	49.9k Ω	49.9k Ω
10.1	1.11	10.10	5.49k Ω	49.9k Ω
101.0	1.01	101.0	499 Ω	49.9k Ω
1001	1.001	1001	49.9 Ω	49.9k Ω

电阻 R_6 在线路中的作用是微调电路的增益 G。电路的共模抑制比 (CMRR) 随着增益的增加而上升，当电路增益调定后，它的共模抑制比 CMRR 也就确定了。共模抑制比 CMRR 取决于电阻 $R_1 \sim R_4$ 的匹配程度。

选用电阻 R_6 后，就能准确地调定电路增益 G。电阻 R_G 可接下列公式计算：

$$R_1=R_4=49.9k\Omega / (0.9G-1) \quad (5)$$

$$R_6=99.8k\Omega / 0.06G \quad (6)$$

G—设计需要的增益。并且 G 必须大于 1.1。

为了提高交流共模抑制，在放大器 A1 的管脚 (2) 与地之间加一个电容，容量在调试中确定。

利用 AD706 能很方便地组成双运放四极点有源滤波器，它的原理图如图 4 所示。

在线路图中，要求采用精度 $\pm 5\%$ 、耐压 50V 以上的电容器和精度 $\pm 1\%$ 的金属膜电阻。

当 $R_1=R_2$ 和 $R_3=R_4$ 时，

$$\theta_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} \quad (7)$$

$$\omega_1 = \frac{1}{R_1 \sqrt{C_1 C_2}} \quad (8)$$

$$\theta_2 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{C_3}{C_4}} \quad (9)$$

$$\omega_2 = \frac{1}{R_3 \sqrt{C_3 C_4}} \quad (10)$$

不同元件值时的滤波器特性列表表 4。

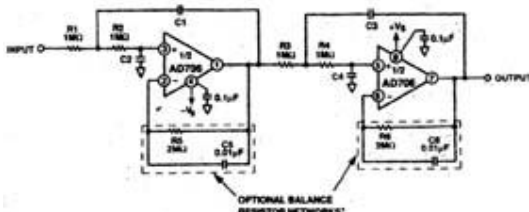


图 4 一种四极点有源低通滤波器原理图

表 4 线路图 4 不同元件值的 1Hz, 4 极点低通滤波器特性

期望的低通响应	第一部分频率 (Hz)	θ_1	第二部分频率 (Hz)	θ_2	C_1 (μf)	C_2 (μf)	C_3 (μf)	C_4 (μf)
贝塞尔响应	1.43	0.522	1.60	0.806	0.116	0.107	0.160	0.0
巴特沃斯响应	1.00	0.541	1.00	1.31	0.172	0.147	0.416	0.0
0.1db 切比雪夫响应	0.648	0.619	0.948	2.18	0.304	0.198	0.733	0.0
0.2db 切比雪夫响应	0.603	0.646	0.941	2.44	0.341	0.204	0.823	0.0
0.5db 切比雪夫响应	0.540	0.705	0.932	2.94	0.416	0.209	1.00	0.0
1.0db 切比雪夫响应	0.492	0.785	0.925	3.56	0.508	0.206	1.23	0.0

采用一个 AD704 就能方便地组成带有低通滤波器的仪表放大器, 它的电气原理图如图 5 所示。

该电路具有使用元件少, 功耗低、直流精度高、输入失调电压漂移等优点。电路常采用的增益(10, 100, 1000)与电阻阻值关系列于表 5。当采用其他电路增益时, 电阻阻值可由下列公式求得:

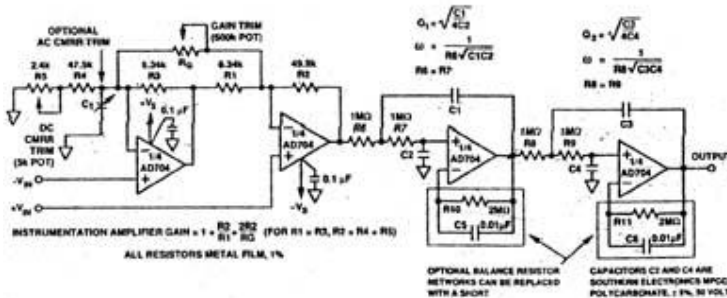


图 5 具有后置低通滤波器的仪表放大器

表 5 图 5 中仪表放大器几种电路增益与电阻值关系

电路增益 G	R_1 和 R_2	R_C	-3db 带宽
10	6.34k Ω	166k Ω	50kHz
100	526 Ω	16.6k Ω	5kHz
1000	56.2 Ω	1.66k Ω	0.5kHz

$$R=R_4+R_5=49.9k\Omega \quad (11)$$

$$R_1 = R_3 = \frac{49.9k\Omega}{0.9G-1} \quad (12)$$

R_6 的最大值:

$$R_{6MAX}=99.8k\Omega / 0.06G \quad (13)$$

$$C_r \approx \frac{1}{2\pi(R_3) \times 5 \times 10^5} \quad (14)$$

根据公式(12)电路增益 G 必须大于 1.12。

在该线路图中, 当 $R_1=R_3$, $R_3=R_4+R_5$ 时, 仪表放大器的增益 G :

$$G = 1 + \frac{R_2}{R_1} + \frac{2R_2}{R_4} \quad (15)$$

$$\theta_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} \quad (16)$$

$$\omega_1 = \frac{1}{R_6 \sqrt{C_1 C_2}} \quad (17)$$

$$R_6=R_7$$

$$\theta_2 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{C_3}{C_4}} \quad (18)$$

$$\omega_2 = \frac{1}{R_8 \sqrt{C_3 C_4}} \quad (19)$$

$$R_8=R_9$$

综上所述, 该电路中除了上述的一系列优点外, 还存在以下几点限制, 这是使用时的注意事项:

- 仪表放大器的增益 $G > 1/0.9$ 。也就是说, 当增益 $G=1/0.9$ 时, 电路不能工作。
- 当电路处于低增益时, 输入共模电压范围大幅度降低, 这样导致了低通滤波器第一级的工作状态不良。例如, 当电路增益 $G=2$ 时, 第一级的输入共模电压范围下降 50%。
- 由于二个放大器工作在不同的闭环增益状态, 因此, 当不使用交流共模调速电容 C_t 时, 交流抑制会变得很差。

本文内容来自互联网，著作权归原作者所有。由电子零件城 (<http://www.epcity.com/>) 整理并制作成 PDF 文件，仅供个人学习之用，不得用于任何商业目的，否则后果自负。如果您认为本 PDF 文件侵犯了您的任何权利，请来信 epcity@epcity.com 通知，本站立即删除。

搜集整理：电子零件城-笨笨兔 (QQ: 154502842) 2004-04-10