

运算放大器使用的 6 个注意事项

运算放大器是作为最通用的模拟器件，广泛用于信号变换调理、ADC 采样前端、电源电路等场合中。虽然运放外围电路简单，不过在使用过程中还是有很多需要注意的地方。

1、注意输入电压是否超限

图 1 是 ADI 的 OP07 数据表中的输入电气特性的一部分，可以看到在电源电压±15V 的条件下，输入电压的范围是±13.5V，如果输入电压超出范围，那么运放就会工作不正常，出现一些意料不到的情况。

而有一些运放标注的不是输入电压范围，而是共模输入电压范围，如图 1-2 是 TI 的 TLC2272 数据表的一部分，在单电源+5V 的条件下，共模输入范围是 0-3.5V。其实由于运放正常工作时，同相端和反相端输入电压基本是一致的（虚短虚断），所以“输入电压范围”与“共模输入电压范围”都是一样的意思。

-40°C ≤ T _A ≤ +85°C					
Input Offset Voltage ¹	V _{OS}		85	250	μV
Voltage Drift Without External Trim ⁴	TCV _{OS}		0.5	1.8	μV/°C
Voltage Drift with External Trim ³	TCV _{OSN}	R _F = 20 kΩ	0.4	1.6	μV/°C
Input Offset Current	I _{OS}		1.6	8.0	nA
Input Offset Current Drift	TCI _{OS}		12	50	pA/°C
Input Bias Current	I _B		±2.2	±9.0	nA
Input Bias Current Drift	TCI _B		18	50	pA/°C
Input Voltage Range	IVR		±13	±13.5	V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	V _{CM} = ±13 V	97	120	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	V _S = ±3 V to ±18 V	10	51	μV/V
Large Signal Voltage Gain	A _{VO}	R _L ≥ 2 kΩ, V _O = ±10 V	100	400	V/mV

图 1-1

V _{ICR} Common-mode input voltage	R _S = 50 Ω, V _{IO} ≤ 5 mV	25°C	0 to 4	-0.3 to 4.2	0 to 4	-0.3 to 4.2	V
		Full range	0 to 3.5		0 to 3.5		

图 1-2

2、不要在运放输出直接并接电容

在直流信号放大电路中，有时候为了降低噪声，直接在运放输出并接去耦电容（如图 2-1）。虽然放大的是直流信号，但是这样做是很不安全的。当有一个阶跃信号输入或者上电瞬间，运放输出电流会比较大，而且电容会改变环路的相位特性，导致电路自激振荡，这是我们不愿意看到的。

正确的去耦电容应该要组成 RC 电路，就是在运放的输出端先串入一个电阻，然后再并接去耦电容（如图 2-2）。这样做可以大大削减运放输出瞬间电流，也不会影响环路的相位特性，可以避免振荡。

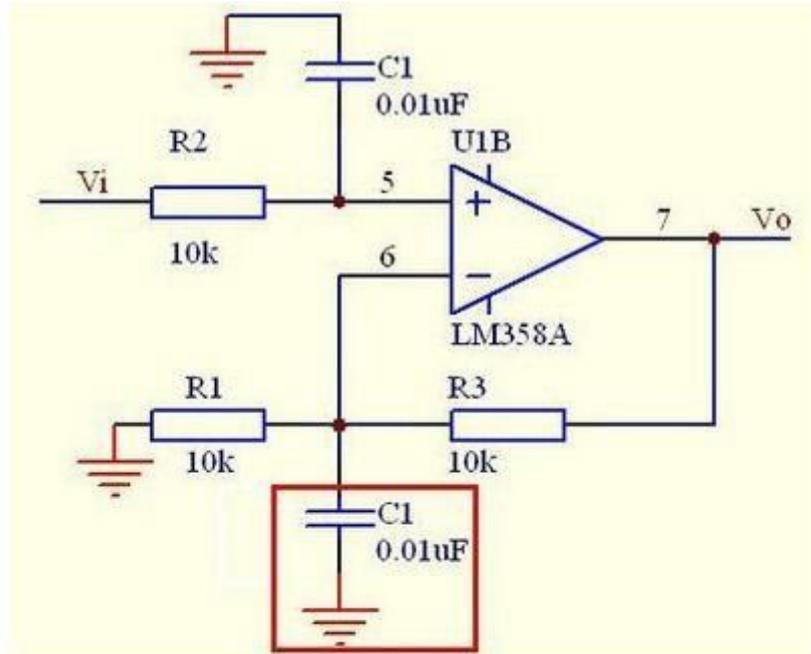


图3-1

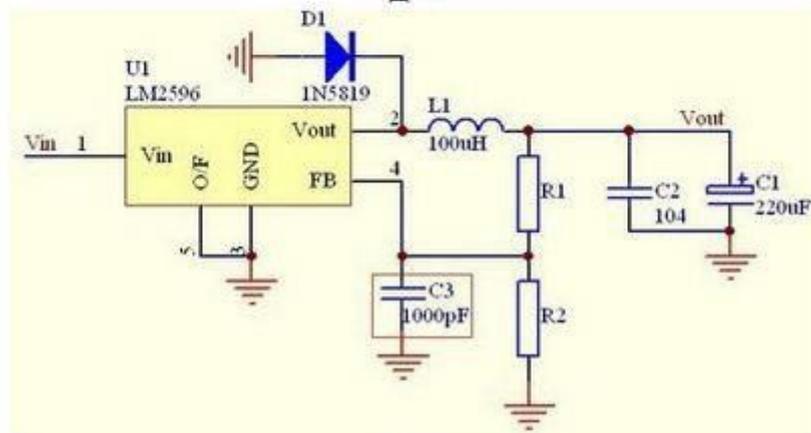


图3-2

3、不要在放大电路反馈回路并接电容

如图 3-1 所示，同样是一个用于直流信号放大的电路，为了去耦，不小心把电容并接到了反馈回路，反馈信号的相位发生了改变，很容易就会发生振荡。所以，在放大电路中，反馈回路不能加入任何影响信号相位的电路。由此延伸至稳压电源电路，如图 3-2，并接在反馈脚的 C3 是错误的。为了降低纹波，可以把 C3 与 R1 并联，适当增大纹波的负反馈作用，抑制输出纹波。

4、注意运放的输出摆幅

任何运放都不可能是理想运放，输出电压都不可能达到电源电压，一般基于 MOS 的运放都是轨对轨运放，在空载情况下输出可以达到电源电压，但是输出都会带一定的负载，负载越大，输出降落越多。基于三极管的运放输出幅度的相对值更小，有的运放输出幅度比电源电压要小 2~6V，比如 NE5532。图 4-1 就是 TI 的 TLC2272 在+5V 供电的输出特性，它属于轨

对轨运放，如果用该器件作为 ADC 采样的前级放大（如图 4-2），单电源+5V 供电，那么当输入接近 0V 的时候，输入和输出变得非线性的了。解决的方法是引入负电源，比如在 4 脚加入-1V 的负电源，这样在整个输入范围内，输出与输入都是线性的了。

V _{OH}	High-level output voltage	I _{OH} = -20 μA	25°C	4.99	4.99	V		
			25°C	4.85	4.93		4.85	4.93
		I _{OH} = -200 μA	25°C	4.85	4.85			
			Full range	4.85	4.85			
I _{OH} = -1 mA	25°C	4.25	4.65	4.25	4.65			
	Full range	4.25	4.25					
V _{OL}	Low-level output voltage	V _{IC} = 2.5 V, I _{OL} = 50 μA	25°C	0.01	0.01	V		
			25°C	0.09	0.15		0.09	0.15
		V _{IC} = 2.5 V, I _{OL} = 500 μA	25°C	0.15	0.15			
			Full range	0.15	0.15			
		V _{IC} = 2.5 V, I _{OL} = 5 mA	25°C	0.9	1.5		0.9	1.5
			Full range	1.5	1.5			

图 4-1

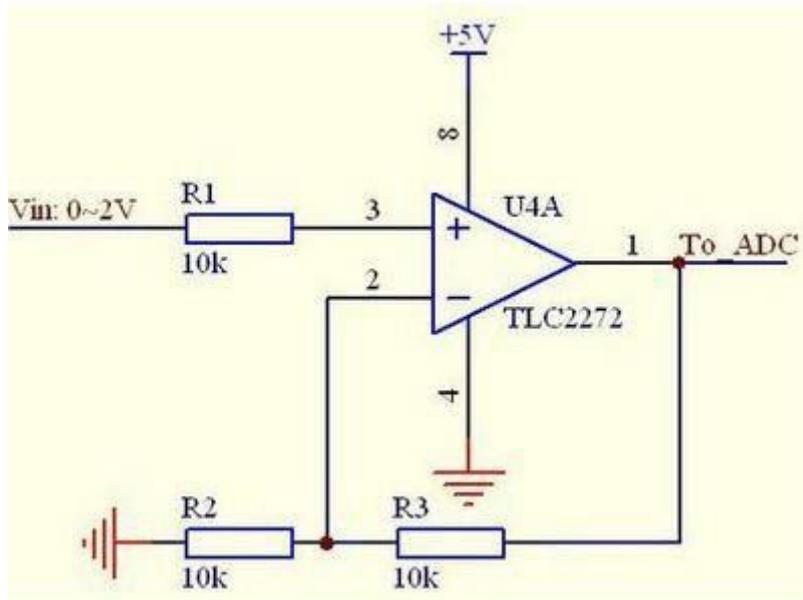


图4-2

5、注意反馈回路的 Layout

反馈回路的元器件必须要靠近运放，而且 PCB 走线要尽量短，同时要尽量避开数字信号、晶振等干扰源。反馈回路的布局布线不合理，则会容易引入噪声，严重会导致自激振荡。

6、要重视电源滤波

运放的电源滤波不容忽视，电源的好坏直接影响输出。特别是对于高速运放，电源纹波对运放输出干扰很大，弄不好就会变成自激振荡。所以最好的运放滤波是在运放的电源脚旁边加一个 0.1μF 的去耦电容和一个几十 μF 的钽电容，或者再串接一个小电感或者磁珠，效果会更好。