

集成放大器选用方法及型号一览表

一、集成放大器主要交流指标简介：

1. **开环带宽**：开环带宽定义为，将一个恒幅正弦小信号输入到运放的输入端，从运放的输出端测得开环电压增益从运放的直流增益下降 3db（或是相当于运放的直流增益的 0.707）所对应的信号频率。这用于很小信号处理。
2. **单位增益带宽 GB**：单位增益带宽定义为，运放的闭环增益为 1 倍条件下，将一个恒幅正弦小信号输入到运放的输入端，从运放的输出端测得闭环电压增益下降 3db（或是相当于运放输入信号的 0.707）所对应的信号频率。单位增益带宽是一个很重要的指标，对于正弦小信号放大时，单位增益带宽等于输入信号频率与该频率下的最大增益的乘积，换句话说，就是当知道要处理的信号频率和信号需要的增益以后，可以计算出单位增益带宽，用以选择合适的运放。这用于小信号处理中运放选型。
3. **转换速率（也称为压摆率）SR**：运放转换速率定义为，运放接成闭环条件下，将一个大信号（含阶跃信号）输入到运放的输入端，从运放的输出端测得运放的输出上升速率。由于在转换期间，运放的输入级处于开关状态，所以运放的反馈回路不起作用，也就是转换速率与闭环增益无关。转换速率对于大信号处理是一个很重要的指标，对于一般运放转换速率 $SR \leq 10V/\mu s$ ，高速运放的转换速率 $SR > 10V/\mu s$ 。目前的高速运放最高转换速率 SR 达到 $6000V/\mu s$ 。这用于大信号处理中运放选型。
4. **全功率带宽 BW**：全功率带宽定义为，在额定的负载时，运放的闭环增益为 1 倍条件下，将一个恒幅正弦大信号输入到运放的输入端，使运放输出幅度达到最大（允许一定失真）的信号频率。这个频率受到运放转换速率的限制。近似地，全功率带宽 = 转换速率 / $2\pi V_{op}$ （ V_{op} 是运放的峰值输出幅度）。全功率带宽是一个很重要的指标，用于大信号处理中运放选型。
5. **建立时间**：建立时间定义为，在额定的负载时，运放的闭环增益为 1 倍条件下，将一个阶跃大信号输入到运放的输入端，使运放输出由 0 增加到某一给定值所需要的时间。由于是阶跃大信号输入，输出信号达到给定值后会出现一定抖动，这个抖动时间称为稳定时间。稳定时间 + 上升时间 = 建立时间。对于不同的输出精度，稳定时间有较大差别，精度越高，稳定时间越长。建立时间是一个很重要的指标，用于大信号处理中运放选型。
6. **等效输入噪声电压**：等效输入噪声电压定义为，屏蔽良好、无信号输入的运放，在其输出端产生的任何交流无规则的干扰电压。这个噪声电压折算到运放输入端时，就称为运放输入噪声电压（有时也用噪声电流表示）。对于宽带噪声，普通运放的输入噪声电压有效值约 $10 \sim 20 \mu V$ 。
7. **差模输入阻抗**（也称为输入阻抗）：差模输入阻抗定义为，运放工作在线性区时，两输入端的电压变化量与对应的输入端电流变化量的比值。差模输入阻抗包括输入电阻和输入电容，在低频时仅指输入电阻。一般产品也仅仅给出输入电阻。采用双极型晶体管做输入级的运放的输入电阻不大于 10 兆欧；场效应管做输入级的运放的输入电阻一般大于 10^9 欧。
8. **共模输入阻抗**：共模输入阻抗定义为，运放工作在输入信号时（即运放两输入端输入同一个信号），共模输入电压的变化量与对应的输入电流变化量之比。在低频情况下，它表现为共模电阻。通常，运放的共模输入阻抗比差模输入阻抗高很多，典型值在 10^8 欧以上。
9. **输出阻抗**：输出阻抗定义为，运放工作在线性区时，在运放的输出端加信号电压，这个电压变化量与对应的电流变化量的比值。在低频时仅指运放的输出电阻。这个参数在开环测试。

二、运算放大器的对信号放大的影响和运放的选型

由于运算放大器芯片型号众多，本节通过几个实际电路的分析，明确运算放大器的对信号放大的影响，最后总结如何选择运放。

例一：运算放大器的对直流小信号放大的影响

这里的直流小信号指的是信号幅度低于 200mV 的直流信号。

为了便于介绍，这里采用标准差分电路。这里假定同相输入端的输入电阻为 R1，同相输入端的接地电阻为 R3，反相输入端的输入电阻为 R2，反相输入端的反馈电阻为 R4。运放采用双电源供电。假定 $R1=R2=10k$ 欧姆， $R1=R2=100k$ 欧姆，这样放大电路的输入电阻 =10k 欧姆，运放的同相端和反相端的等效输入电阻=10k 欧姆并联 100k 欧姆 ≈ 9.09 k 欧姆，输入增益 $A_v=10$ 。

这里假定工作温度范围是 0~50℃，所以假定调零温度为 25℃，这样实际有效变化范围只有 25℃，可以减小一半的变化范围。

还假定输入信号来自于一个无内阻的信号源，为了突出运放的影响，这里暂时不考虑线路噪声、电阻噪声和电源变动等的影响。

这里选用通用运放 LM324、高阻运放 CA3140、高速运放 HA5159、低功耗运放 LF441、精密运放 OP07D、高精度运放 ICL7650 等 6 种运放来比较运算放大器的对直流小信号放大的影响。由于不同厂家的同种运放的指标不尽相同，这里运放的指标来自于中南工业大学出版社出版的《世界最新集成运算放大器互换手册》，所选的集成运算放大器指标如下：

LM324 的主要指标为：

项目	单位	参数
输入失调电压	μV	9000
输入失调电压温度漂移	$\mu V/^{\circ}C$	7
输入失调电流	nA	7
输入失调电流温度漂移	$pA/^{\circ}C$	10

这样可以计算出，在 25℃ 的温度下的失调误差造成的影响如下：

项目	单位	参数
输入失调电压造成的误差	μV	9000
输入失调电流造成的误差	μV	63.6
合计本项误差为	μV	9063
输入信号 200mV 时的相对误差	%	4.5
输入信号 100mV 时的相对误差	%	9.1
输入信号 25mV 时的相对误差	%	36.3
输入信号 10mV 时的相对误差	%	90.6
输入信号 1mV 时的相对误差	%	906

初步结论是：输入失调电压和输入失调电流造成的误差较大，但是可以在工作范围的中心温度处通过调零消除。其中输入失调电压造成的误差远远超过输入失调电流造成的误差。

这样可以计算出，0~25℃ 的温度漂移造成的影响如下：

项目	单位	参数
输入失调电压温漂造成的误差	μV	175
输入失调电流温漂造成的误差	μV	2.3
合计本项误差为	μV	177.3

输入信号 200mV 时的相对误差	%	0.09
输入信号 100mV 时的相对误差	%	0.18
输入信号 25mV 时的相对误差	%	0.71
输入信号 10mV 时的相对误差	%	1.77
输入信号 1mV 时的相对误差	%	17.7

初步结论是：在使用 LM324 时，由于输入失调电压温度系数较大，造成的影响较大，使得它不适合放大 100mV 以下直流信号。若以上两项误差合计将更大。

若其它条件不变，仅仅运放的外围电阻等比例增加一倍，造成误差如下：
这样可以计算出，在 25℃ 的温度下的输入失调误差造成的影响如下：

项目	单位	参数
输入失调电压造成的误差	μV	9000
输入失调电流造成的误差	μV	127.3
合计本项误差为	μV	9127

这样可以计算出，0~25℃ 的温度漂移造成的影响如下：

项目	单位	参数
输入失调电压温漂造成的误差	μV	175
输入失调电流温漂造成的误差	μV	4.5
合计本项误差为	μV	179.5

初步结论：仅仅运放的外围电阻等比例增加一倍，运放的输入失调电压和输入失调电压温漂造成误差不变，而输入失调电流和输入失调电流温漂造成的误差随之增加了一倍。所以，对于高阻信号源或是运放外围的电阻较高时，输入失调电流和输入失调电流温漂造成的误差会很快增加，甚至有可能超过输入失调电压和输入失调电压温漂造成误差，所以这时需要考虑采用高阻运放或是低失调运放。

CA3140 的主要指标为：

项目	单位	参数
输入失调电压	μV	5000
输入失调电压温度漂移	μV/℃	8
输入失调电流	pA	0.5
输入失调电流温度漂移	pA/℃	0.005

这样可以计算出，在 25℃ 的温度下的失调误差造成的影响如下：

项目	单位	参数
输入失调电压造成的误差	μV	5000
输入失调电流造成的误差	μV	0.0045
合计本项误差为	μV	5000
输入信号 200mV 时的相对误差	%	2.5
输入信号 100mV 时的相对误差	%	5
输入信号 25mV 时的相对误差	%	20
输入信号 10mV 时的相对误差	%	50
输入信号 1mV 时的相对误差	%	500

初步结论是：高阻运放的输入失调电流很小，它造成的误差远远不及输入失调电压造成的误差，可以忽略；而输入失调电压造成的误差仍然不小，但是可以在工作范围的中心温度

处通过调零消除。

这样可以计算出，0~25℃的温度漂移造成的影响如下：

项目	单位	参数
输入失调电压温漂造成的误差	μV	200
输入失调电流温漂造成的误差	μV	0.001
合计本项误差为	μV	200
输入信号 200mV 时的相对误差	%	0.1
输入信号 100mV 时的相对误差	%	0.2
输入信号 25mV 时的相对误差	%	0.8
输入信号 10mV 时的相对误差	%	2
输入信号 1mV 时的相对误差	%	20

初步结论是：高阻运放的输入失调电流温漂很小，它造成的误差远远不及输入失调电压温漂造成的误差，可以忽略；在使用高阻运放时，由于失调电压温度系数较大，造成的影响较大，使得它不适合放大 100mV 以下直流信号。若以上两项误差合计将更大。

由于高阻运放的输入失调电流只有通用运放的千分之一，因此若其它条件不变，仅仅运放的外围电阻等比例增加一倍，几乎不会造成可明显察觉的误差。

CA3140 的主要指标为：

项目	单位	参数
输入失调电压	μV	5000
输入失调电压温度漂移	μV/℃	8
输入失调电流	pA	0.5
输入失调电流温度漂移	pA/℃	0.005

这样可以计算出，在 25℃ 的温度下的失调误差造成的影响如下：

项目	单位	参数
输入失调电压造成的误差	μV	5000
输入失调电流造成的误差	μV	0.0045
合计本项误差为	μV	5000
输入信号 200mV 时的相对误差	%	2.5
输入信号 100mV 时的相对误差	%	5
输入信号 25mV 时的相对误差	%	20
输入信号 10mV 时的相对误差	%	50
输入信号 1mV 时的相对误差	%	500

初步结论是：高阻运放的输入失调电流很小，它造成的误差远远不及输入失调电压造成的误差，可以忽略；而输入失调电压造成的误差仍然不小，但是可以在工作范围的中心温度处通过调零消除。

这样可以计算出，0~25℃的温度漂移造成的影响如下：

项目	单位	参数
输入失调电压温漂造成的误差	μV	200
输入失调电流温漂造成的误差	μV	0.001

合计本项误差为	μV	200
输入信号 200mV 时的相对误差	%	0.1
输入信号 100mV 时的相对误差	%	0.2
输入信号 25mV 时的相对误差	%	0.8
输入信号 10mV 时的相对误差	%	2
输入信号 1mV 时的相对误差	%	20

初步结论是：高阻运放的输入失调电流温漂很小，它造成的误差远远不及输入失调电压温漂造成的误差，可以忽略；在使用高阻运放时，由于失调电压温度系数较大，造成的影响较大，使得它不适合放大 100mV 以下直流信号。若以上两项误差合计将更大。

由于高阻运放的输入失调电流只有通用运放的千分之一，因此若其它条件不变，仅仅运放的外围电阻等比例增加一倍，几乎不会造成可明显察觉的误差。

三、常见集成运放查阅手册：

CA3080 跨导运算放大器

CA3100 宽频带运算放大器

CA3130 BiMOS 运算放大器 高输入阻抗运算放大器

CA3140 BiMOS 运算放大器 高输入阻抗运算放大器

CA3193 BiMOS 精密运算放大器

CA3240 BiMOS 双运算放大器

CA3401 单电源运算放大器

CD4573 四可编程运算放大器 MC14573

F003 通用 II 型运算放大器

F004(5G23) 中增益运算放大器

F005 中增益运算放大器

F006 通用 II 型运算放大器

F007(5G24) 通用 III 型运算放大器

F010 低功耗运算放大器

F011 低功耗运算放大器

F101A/201A 通用型运算放大器

F108 通用型运算放大器

F110/210 电压跟随器

F118/218 高速运算放大器

F124/224 四运算放大器

F148 通用型四运算放大器

F1550 射频放大器

F1490 宽频带放大器

F158/258 单电源双运算放大器

F1590 宽频带放大器

F1558 通用型双运算放大器

F157/A 通用型运算放大器

F248/348 通用型四运算放大器
F253 低功耗运算放大器
F301A 通用型运算放大器
F308 通用型运算放大器
F310 电压跟随器
F318 高速运算放大器
F324 四运算放大器
F358 单电源双运算放大器
F4741 通用型四运算放大器
F441 低功耗 JEET 输入运算放大器
F4558 双运算放大器
F741(F007) 通用III型运算放大器
F741A 通用型运算放大器
F747 双运算放大器
FD37/FD38 运算放大器
FD46 高速运送放大器
ICL7650 斩波稳零放大器

ICL7660 CMOS 电压放大(变换)器

LBMZ1901 热电偶温度变换器
LF082 高输入阻抗运送放大器
LF107/307 运算放大器
LF147/347 JEET 输入型运算放大器
LF156/256/356 JEET 输入型运算放大器

LF155/355 JEET 输入型运算放大器

LF157/357 JEET 输入型运算放大器

LF347(NS[DATA]) 带宽四运算放大器 KA347

LF351 宽带运算放大器 BI-FET 单运算放大器

LF353 双高阻运算放大器 BI-FET 双运算放大器

LF356 BI-FET 单运算放大器 NS[DATA]
LF357 BI-FET 单运算放大器 NS[DATA]
LF398 采样保持放大器 NS[DATA]
LF3140 高输入阻抗双运送放大器
LF347(NS[DATA]) 带宽四运算放大器 KA347
LF351 BI-FET 单运算放大器 NS[DATA]
LF353 BI-FET 双运算放大器 NS[DATA]
LF356 BI-FET 单运算放大器 NS[DATA]
LF357 BI-FET 单运算放大器 NS[DATA]
LF398 采样保持放大器 NS[DATA]

LF411 低失调低漂移 JEET 输入运放 BI-FET 单运算放大器

LF4136 高性能四运算放大器
LF412 BI-FET 双运放大器 NS[DATA]
LF444 四高阻抗运算放大器
LF7650 斩波自稳零运放放大器
LF791 单块集成功率运算放大器
LFC2 高增益运算放大器
LFC3 中增益运算放大器
LFC4 低功耗运算放大器
LFC54 低功耗运算放大器
LFC75 低功耗运算放大器
LFOP37 超低噪声精密放大器
LM101/201 通用型运算放大器
LM108/208 通用型运算放大器
LM110 电压跟随器
LM118/218 高速运算放大器
LM124/224 四运算放大器
LM124 低功耗四运算放大器(军用档) NS[DATA]/TI[DATA]
LM124 低功耗四运算放大器(军用档) NS[DATA]/TI[DATA]
LM1458 双运算放大器 NS[DATA]
LM148 四 741 运算放大器 NS[DATA]
LM158/258 单电源双运算放大器
LM1558 双运算放大器
LM224J 低功耗四运算放大器(工业档) NS[DATA]/TI[DATA]
LM248/348 四 741 运算放大器
LM2902 四运算放大器 NS[DATA]/TI[DATA]
LM2904 双运放大器 NS[DATA]/TI[DATA]
LM301 通用型运算放大器
LM308 通用型运算放大器
LM308H 运算放大器(金属封装) NS[DATA]
LM310 电压跟随器
LM318 高速运算放大器
LM324 四运算放大器
LM324(NS[DATA]) 四运算放大器 HA17324,/LM324N(TI)
LM348 四运算放大器 NS[DATA]
LM358 NS[DATA] 通用型双运算放大器 HA17358/LM358P(TI)
LM358 单电源双运算放大器
LM359 双运放(GB=400MC)
LM380 音频功率放大器 NS[DATA]
LM381 双前置放大器
LM386-1 NS[DATA] 音频放大器 NJM386D,UTC386
LM386-3 音频放大器 NS[DATA]

LM386-4 音频放大器 NS[DATA]
LM3886 音频大功率放大器 NS[DATA]
LM3900 四运算放大器

LM709 通用运放

LM725 低漂移高精度运算放大器 NS[DATA]
LM733 带宽运算放大器
LM741 NS[DATA] 通用型运算放大器 HA17741
LM741 运算放大器
LM741 NS[DATA] 通用型运算放大器 HA17741
LM747 双运算放大器

LM748 双运放

LZ1606 积分放大器
LZ19001 挠性石英表伺服电路变换放大器
MC1458 双运放(内补偿)

MC3303 单电源四运算放大器

MC3403 低功耗四运放

MC34119 小功率音频放大器

MC4741 四通用运放

NE5532 高速低噪声双运算放大器 TI[DATA]
NE5534 高速低噪声单运算放大器 TI[DATA]
NE592 视频放大器
OP-27CP 低噪声运算放大器
OP07-CP 精密运算放大器 TI[DATA]
OP07-DP 精密运算放大器 TI[DATA]
OP-07 超低失调运算放大器
OP111A 低噪声运算放大器
TBA820M 小功率音频放大器 ST[DATA]
TBA820M 小功率音频放大器 ST[DATA]
TL061 BI-FET 单运算放大器 TI[DATA]
TL062 低功耗 BI-FET 双运算放大器 TI[DATA]
TL064 BI-FET 四运算放大器 TI[DATA]
TL072 BI-FET 双运算放大器 TI[DATA]
TL072 低噪声 JEET 输入型运算放大器
TL072 BI-FET 双运算放大器 TI[DATA]
TL074 BI-FET 四运算放大器 TI[DATA]
TL074 BI-FET 四运算放大器 TI[DATA]
TL081 BI-FET 单运算放大器 TI[DATA]
TL081 通用 JEET 输入型运算放大器
TL081 BI-FET 单运算放大器 TI[DATA]
TL082 BI-FET 双运算放大器 TI[DATA]

TL082 四高阻运算放大器(JEET)

TL082 BI-FET 双运算放大器 TI[DATA]

TL084 BI-FET 四运算放大器 TI[DATA]

TL084 四高阻运算放大器(JEET)

TL084 BI-FET 四运算放大器 TI[DATA]

μpc4558 低噪声宽频带运放

四、最后，推荐基本相关书籍：

集成运算放大器原理与应用 李清泉 黄昌宁 编著 科学出版社 1980

常用模拟集成电路应用手册 郝鸿安 编著 人民邮电出版社 1991

新型通集成电路实用技术 何希才 刘洪梅 编著 国防工业出版社 1997

基于运算放大器和模拟集成电路的电路设计 刘树棠 朱茂林 荣玫 译 西安交大出版社 2004

另外：电子技术应用 1997-4-57 《电源正负限运算放大器的原理及应用》 高天光

有：双电源运放,单电源运放,满幅运放的分类

另：轨到轨（rail-to-rail）运放