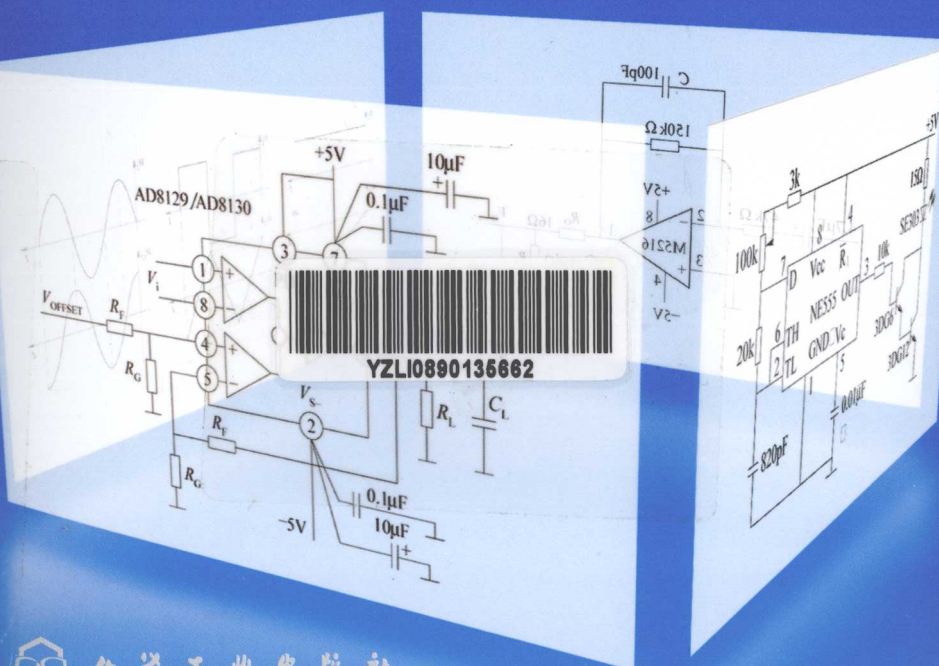


运算放大器应用 全图解

□ 王振红 编著

YUNSUAN FANGDAQI YINGYONG
QUANTUJIE



化学工业出版社

运算放大器应用全图解

王振红 编著



YZLI0890135662



化学工业出版社

· 北京 ·

定价：30.00元

ISBN 7-122-13566-2

运算放大器应用全图解

王振红 著

图书在版编目 (CIP) 数据

运算放大器应用全图解/王振红编著. —北京: 化学工业出版社, 2011. 11
ISBN 978-7-122-12302-2

I. 运… II. 王… III. 运算放大器-图解
IV. TN722. 7-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 187021 号

责任编辑: 宋 辉
责任校对: 周梦华

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社

(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

850mm×1168mm 1/32 印张 6 字数 109 千字

2012 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

前 言

集成运算放大器应用在电子测量、自动控制、通信、计算机等各个领域。集成运算放大器加上反馈回路，就更加具有各种各样的特性，可以实现各种各样的电路功能。

掌握集成运算放大器的主要性能指标、集成运算放大器分类、集成运算放大器典型电路等基本知识，掌握各种类型运算放大器的特点、应用方法和技巧，是正确使用集成运算放大器的基础。

本书介绍了各类运算放大器的使用技巧，主要包括单电源供电的集成运算放大器的应用、通用集成运算放大器的应用以及高精度放大器、带容性负载能力强的集成运算放大器、高速运算放大器、低失真高速运算放大器、大电流输出的运算放大器、高输入阻抗运算放大器、低噪声运算放大器等的应用技巧，还包括性能指标、分类及典型电路。

本书由大量的运算放大器应用电路图构成，全程图解各类应用，读者读文识图，即看即会，即会即用。

本书可供有关工程技术人员参考使用，也可作为大专院校电类专业学生学习集成运算放大器的参考书。

本书由北方工业大学信息工程学院王振红编著。张常年教授担任本书的主审。张东彦、宋鹏、曲洪权、王恩成、曹淑琴、周燕平、康晓麓、赵徐森、范锦宏、吴晓林、韩宇龙、胜智勇等同志给予了很多关心和支持，在此对他们表示衷心的感谢。

由于编著者自身水平有限，书中存在不妥之处，敬请读者批评指正。

编著者

目 录

1 集成运算放大器概述	1
1.1 主要应用	1
1.2 主要性能指标	2
1.3 分类	9
2 集成运算放大器典型电路	12
3 单电源供电的集成运算放大器的应用	33
4 通用集成运算放大器的应用	42
5 高精度放大器	48
5.1 高精度放大器 OP07	50
5.2 高精度放大器 OP177	54
5.3 高精度放大器 AD705	58
5.4 高精度放大器 TLC2652	63
5.5 高精度低功耗运算放大器	66
6 带容性负载能力强的集成运算放大器	67
6.1 运算放大器 LF356	68
6.2 运算放大器 MC34071	71
6.3 运算放大器 OPA2131	73
6.4 运算放大器 TLE2141	74
6.5 运算放大器 OP279	77
7 高速运算放大器	79

7.1	高速运算放大器 AD8047A	80
7.2	高速运算放大器 AD8011A	83
7.3	高速运算放大器 MAX4112	86
7.4	高速运算放大器 MAX4100	87
7.5	运算放大器 LM6182	90
7.6	高速运算放大器 AD8129/AD8130	93
8	低失真高速运算放大器	99
8.1	运算放大器 MAX4108	101
8.2	运算放大器 AD9631	103
8.3	运算放大器 AD8036	106
8.4	运算放大器 AD8009	110
8.5	运算放大器 OPA642	112
8.6	运算放大器 OPA640	115
8.7	高速低功耗运算放大器	117
9	大电流输出的运算放大器	119
9.1	运算放大器 AD8532	120
9.2	运算放大器 NJM4556	122
9.3	运算放大器 MC33202	123
9.4	运算放大器 M5216	127
9.5	运算放大器 AN6568	129
10	高输入阻抗运算放大器	130
10.1	运算放大器 AD549J	131
10.2	运算放大器 OPA128J	135
10.3	运算放大器 LMC6001	137
11	低噪声运算放大器	140
11.1	运算放大器 AD797	143

11.2	运算放大器 AD829	149
11.3	运算放大器 LT1028	154
11.4	运算放大器 CLC425	156
11.5	运算放大器 AD743	159
11.6	运算放大器 AD745	160
11.7	运算放大器 OPA627	161
12	运算放大器的应用	165
12.1	红外遥控报警器	165
12.2	正弦交流电压有效值控制的振荡器	167
12.3	语音放大器	169
12.4	实用温控器	171
12.5	用热释电传感器的报警电路	172
12.6	数模 D/A 转换电路	173
12.7	电压转换恒定电流电路	174
12.8	移相网络	175
12.9	信号处理电路	177
12.10	正弦波信号发生器	178
12.11	信号变换放大器	178
12.12	功率放大器的前置放大器	180
12.13	程控放大器 0~40dB	182
12.14	宽带放大器	186

1 集成运算放大器概述

1.1 主要应用

集成运算放大器的两个输入端分别为同相输入端 u_P 和反相输入端 u_N ，这里的“同相”和“反相”是集成运算放大器的输入电压与输出电压 u_o 之间的相位关系，其符号及外观如图 1.1 所示。从外部看，可以认为集成运算放大器是一个双端输入、单端输出、具有高差模放大倍数 A_{od} 、高输入电阻、低输出电阻、能较好地抑制温漂的差动放大电路。

集成运算放大器加上反馈回路，使其具有各种各样的特性，实现各种各样的电路功能。集成运算放大器的主要应用如下。

- ① DC 放大器——DC 到低频信号的放大。
- ② 音频放大器——数十赫兹到数十千赫兹的低频信号的放大器。
- ③ 视频放大器——数十赫兹到数十兆赫兹的视频信号的放大器。
- ④ 有源滤波器——低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器、带阻滤波器。
- ⑤ 模拟运算——模拟信号的加法、减法、微分、积分

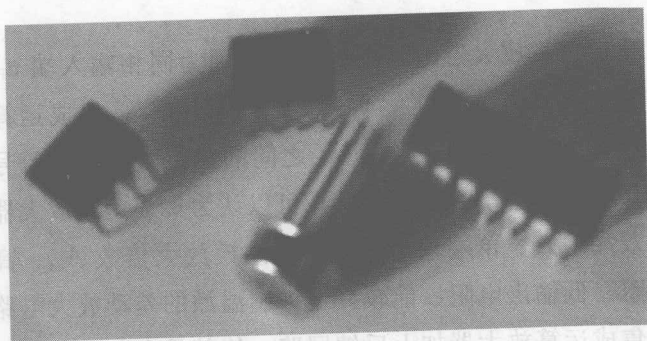
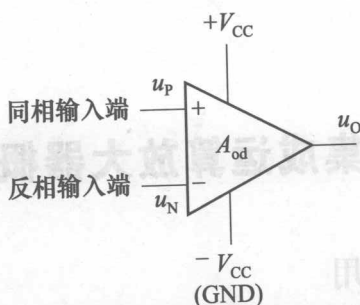


图 1.1 集成运算放大器的符号及外观

等运算。

⑥ 信号的发生和转换——正弦波振荡电路、矩形波发生电路、电压比较器、电压-电流转换电路等。

1.2 主要性能指标

(1) 开环差模增益 A_{od}

在集成运算放大器无外加反馈时的差模放大倍数称

为开环差模增益，记作 A_{od} 。 $A_{od} = \Delta u_o / \Delta(u_p - u_n)$ ，常用分贝 (dB) 表示，其分贝数为 $20\lg|A_{od}|$ 。通用型集成运算放大器 A_{od} 通常在 10^5 左右或用 10^2V/mV 表示，即 100dB 左右。

(2) 共模抑制比 K_{CMR}

共模放大倍数 A_{oc} 如图 1.2 所示， $A_{oc} = \Delta u_o / \Delta u_{ic}$ 。

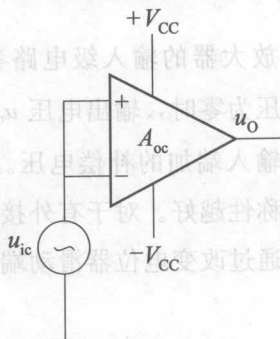


图 1.2 共模放大倍数

特别提示

$K_{CMR} = |A_{od} / A_{oc}|$ 。 K_{CMR} 越大越好， K_{CMR} 越大对温度影响的抑制能力就越大。

共模抑制比等于差模放大倍数与共模放大倍数 A_{oc} 之比的绝对值，即 $K_{CMR} = |A_{od} / A_{oc}|$ ，常用分贝表示，其数值为

$20\lg K_{\text{CMR}}$ 。 K_{CMR} 越大越好， K_{CMR} 越大，对温度影响的抑制能力就越大。

(3) 差模输入电阻 r_{id}

r_{id} 是集成运算放大器两个输入端之间的差模输入电压变化量与由它所引起的差模输入电流之比。 r_{id} 越大越好，从信号源索取的电流越小。

(4) 输入失调电压 U_{OS} 及其温漂 $\text{d}U_{\text{OS}}/\text{d}T$

由于集成运算放大器的输入级电路参数不可能绝对对称，所以当输入电压为零时，输出电压 u_o 不为零。 U_{OS} 是使输出电压为零时在输入端加的补偿电压。 U_{OS} 越小越好，越小表明电路参数对称性越好。对于有外接调零电位器的集成运算放大器，可以通过改变电位器滑动端的位置使得零输入时输出为零。

$\text{d}U_{\text{OS}}/\text{d}T$ 是 U_{OS} 的温度系数，是衡量集成运算放大器温漂的重要参数，其数值越小，表明集成运算放大器的温漂越小。

(5) 输入失调电流 I_{OS} 及其温漂 $\text{d}I_{\text{OS}}/\text{d}T$

$I_{\text{OS}} = |I_{\text{B1}} - I_{\text{B2}}|$ ，其中 I_{B1} 、 I_{B2} 是集成运算放大器输入级差放管的基极（栅级）偏置电流， I_{OS} 反映输入级差放管输入电流的不对称程度。 $\text{d}I_{\text{OS}}/\text{d}T$ 与 $\text{d}U_{\text{OS}}/\text{d}T$ 的含义相类似。 I_{OS} 和 $\text{d}I_{\text{OS}}/\text{d}T$ 越小，集成运算放大器质量越好。

(6) 输入偏置电流 I_{IB}

I_{IB} 是集成运算放大器输入级差放管的基极（栅级）偏置电流的平均值。即 $I_{IB} = \frac{1}{2} (I_{B1} + I_{B2})$ ， I_{IB} 越小，信号源内阻对集成运算放大器静态工作点影响越小；通常 I_{IB} 越小，往往 I_{OS} 也越小。

特别提示

U_{OS} 、 dU_{OS}/dT 、 I_{OS} 、 dI_{OS}/dT 、 I_{IB} 越小，集成运算放大器精度越高。

(7) 最大共模输入电压 $U_{IC\max}$

$U_{IC\max}$ 是集成运算放大器两个输入端对地间所允许加的最大共模输入电压。超出此共模电压极限值，其共模抑制比将明显下降，不能对差模信号进行放大。这也是集成运算放大器用于同相放大器时所允许的输入电压极限值。

(8) 最大差模输入电压 $U_{ID\max}$

$U_{ID\max}$ 是集成运算放大器同相输入端与反相输入端之间所允许加的最大差模输入电压。超出此差模电压极限值，输入级将损坏。如图 1.3 所示。

差模输入电压有最大值，不能超过

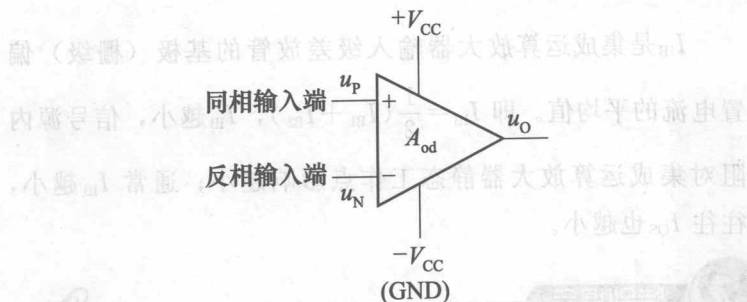


图 1.3 最大差模输入电压

(9) -3dB 带宽 f_H

f_H 是使开环差模增益 A_{od} 下降 3dB (即下降到 0.707 倍) 时的信号频率。

(10) 增益带宽积 GBW 、单位增益带宽 f_c

GBW 是开环差模增益 A_{od} 与带宽 f_H 的乘积, 即 $GBW = A_{od} \times f_H$, 是一个常数。

f_c 是使开环差模增益 A_{od} 下降到 0dB (即 $A_{od} = 1$, 失去放大能力) 时的信号频率。

特别提示

增益带宽积 GBW 或单位增益带宽 f_c 越高, 集成运算放大器就越适用于音频放大器和视频放大器。

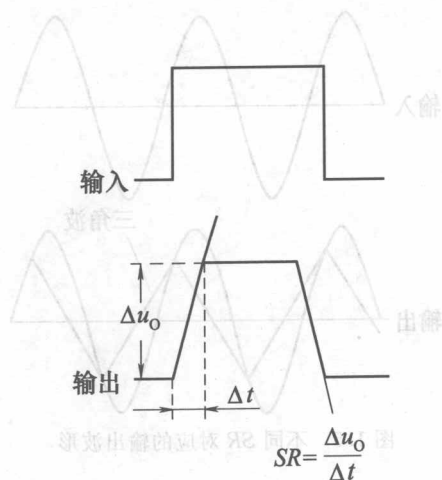


图 1.4 SR 的定义

(11) 转换速率 SR

$SR = |du_O/dt|_{\max}$, 表示集成运算放大器对信号变化速率的适应能力, 是衡量集成运算放大器在大幅值信号作用时工作速度的参数, 常用每微秒输出电压变化多少伏来表示。如图 1.4 所示。当输入信号变化斜率的绝对值小于 SR 时, 输出电压才能线性规律变化。信号幅值越大、频率越高, 要求集成运算放大器的 SR 越大。



特别提示

转换速率 SR 越大, 输出才能跟上频率高、幅值大的输入信号的变化, 否则输入正弦波, 输出是三角波。如图 1.5 所示。

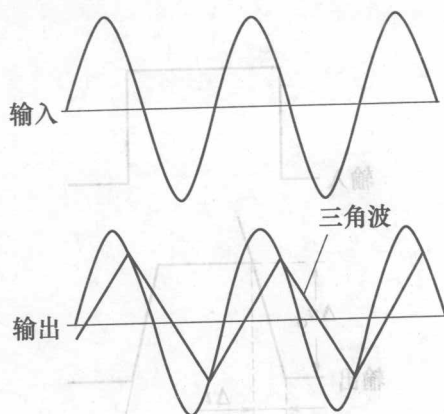


图 1.5 不同 SR 对应的输出波形

(12) 其他参数

等效输入噪声电压密度 e_n 、等效输入噪声电流密度 i_n 、等效输入噪声电压峰-峰值 e_{n-p-p} 、等效输入噪声电流峰-峰值 i_{n-p-p} 用来描述集成运算放大器噪声的大小。噪声越小越好。

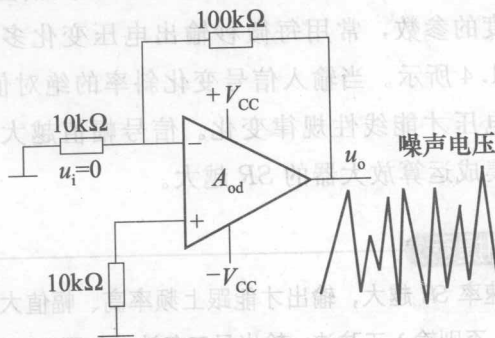


图 1.6 输出有噪声电压



特别提示

输入无信号时, 输出有噪声电压, 如图 1.6 所示。将输出噪声电压折合到输入端就是等效输入噪声电压。即使输入端加上有用信号, 输出的噪声电压依然存在。集成运算放大器的 e_n 、 i_n 、 e_{np-p} 、 i_{np-p} 越小越好。

(13) 功耗 P_d

在额定电源电压及空载条件下, 所消耗的电源总功率。

1.3 分类

按性能指标可分为通用型和特殊型两类。通用型集成运算放大器用于无特殊要求的电路之中, 其性能指标的数值范围如表 1.1 所示。特殊型集成运算放大器为了适应各种特殊要求, 某一方面性能特别突出, 下面作一简单介绍。

表 1.1 通用型集成运算放大器性能指标

参数	单位	数值范围
A_{od}	dB	65~100
R_{id}	M Ω	0.5~2
U_{OS}	MV	2~5
I_{OS}	μA	0.2~2
I_{IB}	μA	0.3~7

续表

参数	单位	数值范围
K_{CMR}	dB	70~90
单位增益带宽	MHz	0.5~2
SR	V/ μ S	0.5~0.7
功耗	mW	80~120

(1) 高阻型

具有高输入电阻 (r_{id}) 的集成运算放大器称为高阻型集成运算放大器。 r_{id} 大于 $10^9 \Omega$, 适用于测量放大电路、信号发生电路等。

(2) 高速型

增益带宽积和转换速率高的集成运算放大器为高速型集成运算放大器。它的种类很多, 增益带宽积多在 10MHz 左右, 有的高达千兆; 转换速率大多在几十伏/微秒至几百伏/微秒, 有的高达几千伏/微秒。适用于模-数转换器、数-模转换器、视频放大器等。

(3) 高精度型

高精度型集成运算放大器具有低失调、低温漂、低噪声、高增益等特点, 它的失调电压和失调电流比通用型集成运算放大器小两个数量级, 而开环增益和共模抑制比均大于 100dB。适用于对微弱信号的精密测量和运算, 常用于高精