

关于手持和便携式设备中运算放大器的选择

鲁维德

摘要：本文主要就对在手持和便携式设备中运算放大器的正确选择方法与指南作一介绍，由此从选择指南与实际结合上列出应掌握常用的运算放大器。同时又从二例应用项目说明运算放大器的正确选择。

关键词：选择指南 微功耗型 输入偏置电流 噪声 共模抑制比(CMRR)

1、携式设备的发展所带来的困扰

多少年来，运算放大器大部分是在电源电压 V_{CC} 为 $\pm 15V$ 下运作的，对它的选择一直是个比较容易的过程，而对其在应用上也均以高速与低速或精度高与低来划分。设计人员选择运算放大器时也只需要考虑几个参数就可以决定了。

但是近几年来随着手持和便携式计算机、蜂窝通信、先进的汽车电子产品等等的出现，从而使导致了数以千计的运算放大器产品的被开发并得到广泛的应用，即当今许多典型制造厂商或德州仪器(TI)公司或 MAXIM 公司或模拟器件(AD)公司均可提供采用不同加工工艺且种类众多的运算放大器，包括高精密型、微功耗型、低压型、高速型以及轨至轨型等等。从而使运算放大器的选择变得复杂化。然而由于产品制造商之间相继进行了价格竞争，导致了设计人员经常把对价格的考虑作为选择运算放大器的首要因素，当然也包括其包装和供电电压。即使这样还有不少人员对运算放大器选择没有得到应有的重视。

那末为什么说随着手持和便携式设备的发展，现在要选择决定运算放大器是一件比较复杂的事情呢？这是因为运算放大器与其它的大多数电子元件不同，其不同在于运算放大器能够以几种的不同方式插入电路设计，而每一种方式都会产生不同的性能，这样对从典型制造商生产的数以百计的放大器中，要获得设计布局排列和运作参数数目等问题的正确选择是比较困难，并会使人不知所措。面对上述运算放大器选择中所遇的这种困扰，那究竟如何正确选择呢？

2、择运算放大器的思路和指南

2.1 运算放大器的选择思路

设计人员为某项应用选择最佳的运算放大器需要对种种相互关联的要求进行研究，往往只在外形尺寸、成本和性能之间加以权衡，即使是经验丰富的设计师也有可能对这项工作望而生畏，但又回避不了。如何办？只有首先调整好选择思路。

从几百种甚至上千的产品基数开始时，可按照以下的设计思路中先排除掉很多无关的运算放大器。首先从选择电压入手。由于为工业应用生产的放大器电压大多是 $\pm 15V$ ，但考虑是要为在 $3V$ (或 $5V$ 以下)电压运行的手持设备研发，则可以将此

$\pm 15V$ 系列的放大器排除。此外，应该决定哪种包装和价格适合于所需要的应用。若是所开发的产品或系统是有批量甚至于是会大批量生产的，则产品设计人员应该务必考虑批量价格。值此需指出的是不同的应用市场具有不同的使用量。

2.2 主要选择指南工具的使用

掌握了上述供电电压、价格、包装这三个参数之后，设计人员就可以使用选择指南工具来对运算放大器的选择。

由于目前可供用户选择的低功耗和低压运算放大器在业界是最多的。为此具体应用设计指南和交互式参数搜索工具是作为运算放大器的选择的主要工具，值此重点对具体应用设计指南作介绍。

那运算放大器具体应用设计指南是什么？

*电源电压(V_s) 包括低压(最小值低于 2.7V)和宽电压范围(最小值高于 5V)两个部分。其他的运算放大器选择准则(例如精度)可以在电源电压范围栏内快速查对(制造厂商均有提供)，以做出合适的选择。采用单工作电源的应用有可能需要轨至轨性能并对与精度有关的参数加以考虑。

*精密 主要与输入失调电压(V_{os})及其相对温度漂移的变化以及 PSRR 和 CMRR 有关。它一般用来描述具有低输入电压和低输入失调电压温度漂移的运算放大器。当对来自热电偶和其他低电平传感器的微小信号进行放大时，需要使用精密运算放大器。高增益或多级电路有可能要求低失调电压。

*增益带宽乘积(GBW) 电压反馈型增益运算放大器的增益带宽决定在某项应用中的有用带宽。该可用带宽近似于增益带宽与该应用的闭环增益的商。对于电压反馈型放大器，GBW 是常数。许多应用都因选择宽得多的带宽/转换速率运算放大器而获益，以实现低失真、极佳的线性、良好的增益准确度、增益平坦度及其他受反馈，数影响的特性。

*功耗(LQ 要求) 许多应用中的重要问题。由于运算放大器有可能对整个系统的功率分配产生巨大的影响，因此静态电流是至关重要的设计依据，尤其是在电池供电型应用中。

*轨-轨性能 轨至轨输出可提供最大的输出电压摆幅，以实现最宽的动态范围。在便携式、小型化的应用场合，对运放的低电压、低功耗及最大效率提出了更高的要求：轨-轨运算放大器，即满电源电压运放具有较高电源利用率。此类运放的电源电压与输出电压之间的电压差较低，如轨-轨输出所的 LMV931 在 5V 供电时其输出的典型值可达 4.967V(负载为 2K Ω 的情况)，而且此电路能在 1.8V、2.5V 或 5V 电源供电下工作。

在信号摆幅受到限制的低工作电压场合，该轨-轨性能尤为重要。为在缓冲($G=1$)单电源应用中实现最大信号摆幅，常常需要轨至轨输入能力。根据放大器增益和偏置条件的不同，在其他应用中也是有用的。

*电压噪声(VN) 由放大器产生的噪声可能会对系统的极限动态范围、准确度或分辨率有所限制。即使在慢速 DC 测量中，低噪声运算放大器也能够提高准确度。

*输入偏置电流(LB) 由于受到源阻抗或反馈阻抗的影响而可能产生失调误差。采用高源阻抗或高阻抗反馈元件(比如跨阻抗放大器或积分器)的应用往往要求低输入偏置电流。FET 输入和 CMOS 运算放大器一般可提供非常低的输入偏置电流。

*压摆率 放大器输出的最大变化率。当把大信号驱动至高频时它是很重要的。运算放大器的可用大信号带宽由压摆率来决定($f=SR / 2IA$)

*封装尺寸 很多种微型封装，包括 WCSP、SOT23、SC70 以及外形小、散热效率高的 PowerPADTM 封装，以满足对空间敏感和高输出的驱动要求。许多单通道运算放大器均采用 SOT23 封装，其中一些双放大器采用的是 SOT23-8 封装。

*停机模式 一种启动/禁用功能，把放大器置于高阻抗状态，从而可在许多场合将静态电流降至 $1\mu A$ 以下，使得设计师能够在低功耗应用中采用宽带运算放大器。

*去补偿放大器 对于增益值大于单位增益($G=1$)的应用，去补偿放大器能够在相同的静态电流或噪声条件下提供比具有稳定单位增益的同类产品优越得多的带宽、压摆率和失真性能。

3、关于常用典型运算放大器的选择：根据上述选择指南与实际结合上列出应掌握常用的运算放大器

当设计着重考虑的是低电压和 / 或低功耗、出色的速度 / 功率比、轨至轨性能、低成本和小型化封装时，应选择 CMOS 放大器。

当需要以最低的功耗达到最高的速度时，高速双极放大器技术能提供最佳性能。这是因为在极低的静态功耗条件下，其绝佳的功率增益能提供非常高的输出功率和完整的功率带宽。也只有双极技术才能满足更高的电压要求。

精密双极放大器 以能够限制与失调电压有关的误差而见长。包括低失调电压和温度漂移以及高开环增益和共模抑制。精密双极运算放大器广泛用于源阻抗较低的情况(例如热耦合放大器)，此时电压误差、失调电压和漂移对精度而言至关重要。

FET(场效应管)放大器 当输入阻抗非常高时，与双极输入放大器相比，IBFET 输入放大器能提供更好的总体精度。在高源阻抗应用(比如 500MDpHO 探头)中使用

双极放大器时，由流经电源的偏置电流产生的失调、漂移和噪声将使电路最终失效。当要求低电流误差时，FET 放大器能产生极低的输入偏置电流、低失调电流和高输入阻抗。

绝缘隔离 FET(DiFET)放大器 该绝缘隔离技术能够制作精度非常高的低噪声运算放大器。DiFET 工艺还使寄生电容和输出晶体管饱和效应减至最小，从而改进带宽特性并获得了更宽的输出摆幅。

4、以二例应用项目说明运算放大器的选择。

当采用上述工具和参数确定了候选运算放大器之后，还需要进一步的研究的是要来为运算放大器应用项目及其元件作选择。按目前手持和便携式设备中运算放大器应用项目枚不胜数，如有源滤波器应用、光收发模块应用、高速传输接线驱动器、数据采集系统以及电池供电系统所的高边电流检测等等。值此仅就下列二个应用项目作一介绍。

4.1 高速传输接线驱动器

众所周知，利用作为高速接线驱动器的 LVDS 串行解串器，能够大大减少短距离、宽带数据通信中的连线，其应用有电信和网络设备的背板互连、3G 蜂窝电话基站中机架内的互连，数字视频接口等各个方面。

LVDS 即低电压差分信号，这种技术的核心是采用极低的电压摆幅高速差动传输数据，似实现点对点或一点对多点的连接，具有低功耗、低误码率、低串扰和低辐射等特点，其传输介质可以是铜质的 PCB 连线，也可以是平衡电缆。LVDS 在对信号完整性、低抖动及共模特性要求较高的，统中得到了越来越广泛的应用。

其 LVDS 接口的原理及电特性为一个简单的 LVDS 传输，统由一个驱动器和一个接收器通过一段差分阻抗为 $100\ \Omega$ 的导体连接而成，如图 1 上方所示。驱动器的电流源(通常为 3.5mA)来驱动差分线对，由于接收器的直流输入阻抗很高，驱动器电流大部分直接流过 $100\ \Omega$ 的终端电阻，从而在接收器输入端产生的信号幅度大约 350mV 。

LVDS 与其他几种接口的性能比较，LVDS 在高速、低抖动及对共模特性要求较高的数据传输系统中的应用有着无可比拟的优势。

LVDS 串行/解串器高速连接驱动器连接见图 1 所示，图 1 上方为 LVDS 接口示意及线上元件值($C=0.1\ \mu\text{F}$ $R=100\ \Omega$)。该图 1 连接为高速连接驱动器应用于 LCD 的 21 位直流平衡式 LVDS 串行/解串器，能主持高达 768×1024 分辨率。

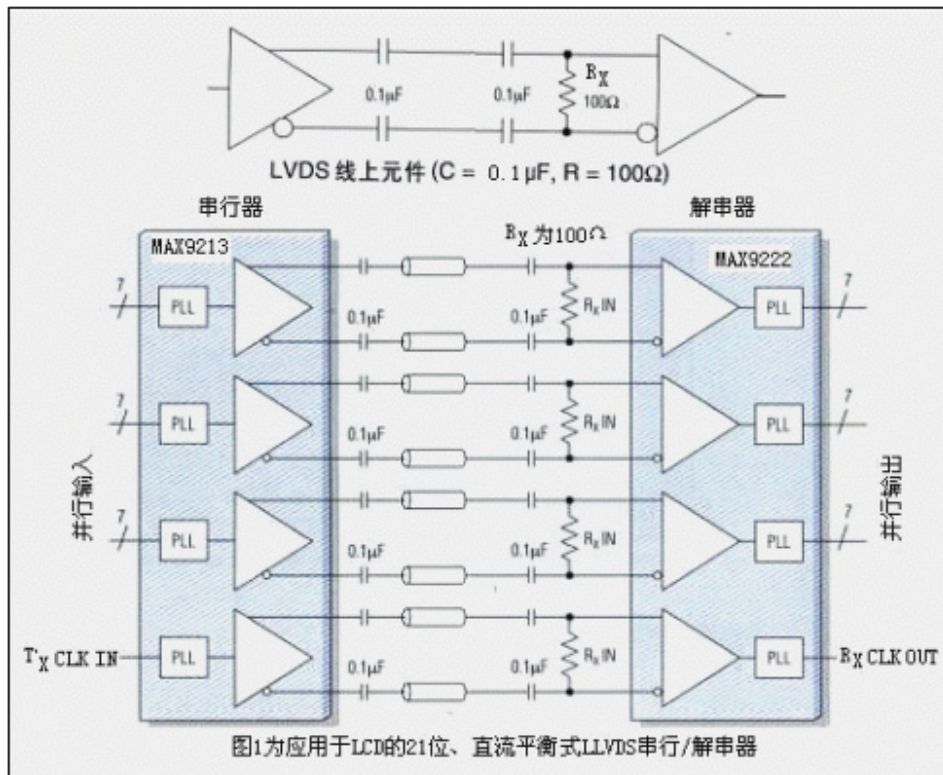


图 1 中 MAX9213 串行器将 21 位 LV TTL / LV CMOS 数据转换为 3 通道 LVDS 串行数据流，第 4 通道传输并行速率时钟，为解串器提供定时。MAX9222 解串器将 3 通道 LVDS 串行数据输入转换为 21 位 LV TTL / LV CMOS 单端并行输出。

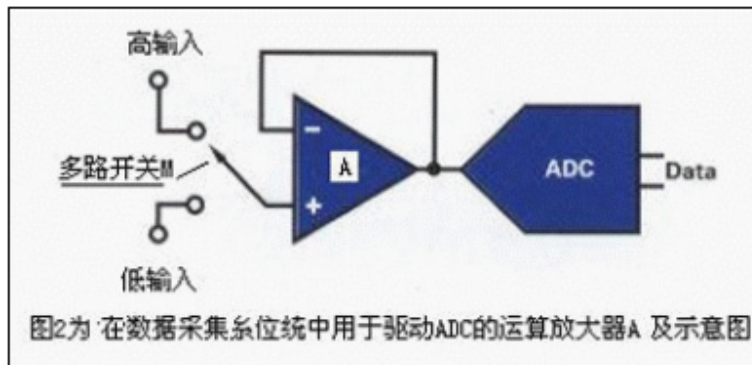
MAX9213 和 MAX9222 具有可编程的直流平衡能力，从而允许通过交流耦合，实现串行器和解串器之间的隔离。直流平衡特性能够降低解串器 MAX9222 中由于共模电压偏移引起(如汽车应用相关的地电位偏移所导致)的误码。

由于每通道为 600Mbps、10m 电缆驱动能力，故 MAX9213 串行器和 MAX9222 解串器高速连接驱动器尤其适合于那些要求高数据速率的应用，如数字复印机、激光打印机、网络交换机 / 路由器，基站、DSLAM 和中心局交换机。

4.2 用于驱动模-数转换器(ADC)的运算放大器

输入运算放大器的作用

数据采集，统通常需要在模-数转换器(ADC)之前采用放大器，用以缓冲输入信号。但当今大多数 ADC 都具有复杂的输入特性，原因是由发生在采样和转换期间的容性充电和开关操作所造成的。该 ADC 输入特性影响，会在 ADC 的输入端上引发瞬变电流，从而使得精密的模拟输入信号受到干扰或产生失真。



所以在 ADC 之前接入输入运算放大器(见图 2 所示)的作用是在存在这些电流瞬变的情况下提供稳定、准确的信号。它还能提供增益(或衰减)、电平移位、滤波及其他信号修整功能。

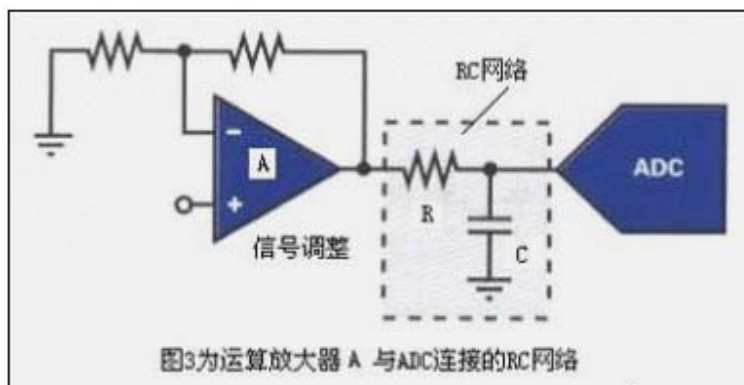
关于输入运算放大器的选择

输入运算放大器的选择需要考虑许多因素，而其中来自 DC 电压准确度有可能使放大器的选择范围变小。为此放大器必须具有足够低的失调电压、失调电压漂移、输入偏置电流、噪声等，以满足所需的准确度性能指标。

然而，动态性能往往被证明是选择过程中最为棘手的难题，故放大器必须保持所需的动态信号特性，这是多路转换数据采集，从运算放大器获得优异动态工作特性的需要。

输入运算放大器与 ADC 之间的 RC 连接网络参数

输入放大器一般通过 R—C 网络与 ADC 相连，见图 3 所示。该 RC 网络虽然常常被称为滤波器，其目的是对 ADC 输入电路的电流脉冲的“规范”。



该电路的线路参数取决于放大器和 ADC 的特性，而且往往必须针对某项特定的应用进行优化。最佳的电容器 C 数值通常为 ADC 的输入电容的 10~50 倍。电阻器 R 的阻值则是以满足应用的速度或带宽要求为目标来选择即可。

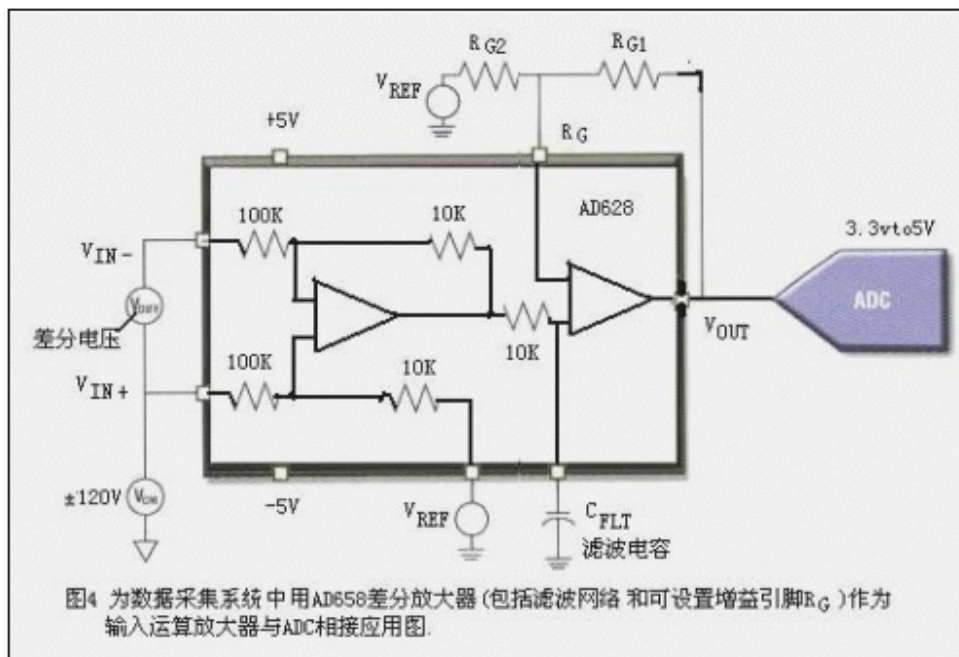
值此举例作出表 1 为运算放大器是在所示的转换速度和 ADC 架构分挡条件下，可能被选择的产品。实际视特定应用要求不同，其他的放大器有可能提供更加优越的性能。

采样速率	模数转换器 (ADC) 分挡			
	<12位	12位<R<16位	>16位	
<100SPS	运	OPA348	OPA340	OPA336
	算	TLC2272	OPA350	—
		INA331	INA331	INA337
100SPS < SR < 250SPS	放	OPA348	OPA340	OPA336
	大	OPA353	OPA350	—
		TLC081	OPA363	—
		INA321	INA331	INA337
> 250SPS	器	OPA300	OPA350	OPA350
		OPA354	OPA300	OPA353

表1为各运算放大器是在所示采样速率和ADC架构分挡下可能被选举例。
值此运算放大器为单电源

实际用图

图 4 为在数据采集系统中用 AD628 精密差分运算放大器作为输入放大器与 ADC 相接动的示意图。



AD628 是一种采用 MSOP 极小封装且功能齐全精密差分运算放大器，仅用同类产品一半的封装尺寸却能提供高出其 2 倍的共模抑制比(CMRR)。它能将工业标准控制和制电压通过简单变换到单电源 ADC 可接受的输入电压范围。大多数差分放大器只能使信号衰减和电平移动，而采用 MSOP 极小封装的 AD628 还配有滤波和可设置增益引脚 R_G 。

AD628 精密差分运算放大器其性能为 75dB 最小 CMRR；1.5mV 最大输入失调电压； $8\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 最大输入失调电压漂移； $\pm 120\text{V}$ 输入共模电压范围；0.1 V/V—100V/V 增益范围；+5V-- $\pm 15\text{V}$ 电源电压范围。

5、结语 必需注意的问题

需要指出的运算放大器选择指南的使用是要根据研发项的要求灵活掌握。其中有两个问题必需注意。

5.1 关于运算放大器种类很多，如果按技术指标可分为通用型与专用型。在实际选用时，应尽量选用通用型运算放大器，因为它们容易购得且性价比高，只有通用型不能满足要求时，才能选用专用型。

5.2 关于技术指标问题。实际选用时并非技术指标愈高愈好，因为有些技术指标之间是相互矛盾和制约的。例如选高速型运算放大器就要求消耗一定大小的电流，即高速与低功耗是矛盾的。所以实际技术指标时应该以够用为正并适当留有余地，不必盲目追求运放的高指标。

参考文献:

- 1、Reed Electronics Group (高性能技术发展趋势) 第 1 卷 2003 年
- 2、MAXIM 产品手册 2004 年
- 3 <<电子系统设计>> 主编 俞承芳 上海复旦大学出版社 2004 年 9 月出版.
- 4、Amplifier.ti.com