

集成运算放大器应用技巧讲座(六)

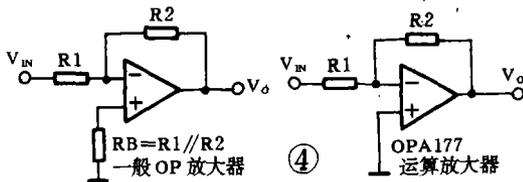
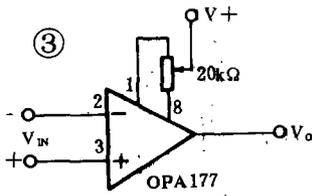
集成运放选型技巧(一)

■ 张国华

由于集成技术的飞速发展,现在集成运放不仅在性能上比早期产品有很大提高,在品种上也极为丰富,出现了许多种具有独特性能的特殊型集成运放。这类器件在总体技术指标上与目前大量使用的通用运放如 $\mu A741$ 相当,但在某一、两项指标上却具有极为突出、极为优越的性能,因此被称之为“特殊型”运放,或“专用型”运放。若能充分利用这些专用运放的特点来设计电路,往往能起到事半功倍的效果。这也就是我们常说的,在设计运放电路时,能否选到一个合适的型号,往往决定了电路设计的成败与品质的高低。如果运放选型不当,即使在外电路设计上采用各种改进措施,也很难达到专用运放所能达到的高技术指标。

例如,在七十年代,我们曾仿照国外电路及元件参数用当时国产的通用运放 BG305 接成如图 1 所示积分器,通电测试时发现积分器不能按理论计算关系那样对输入信号积分、产生极大的误差。甚至在输入信号为零(输入端接地)时,其输出电压 U_o 也会不断线性增大,并在一段时间之后达到饱和。当时由于对集成运放还不甚了解,所以莫名其妙。后来才搞清楚,这个积分器由于要求大的积分时间常数,选用了较大的输入电阻,而 BG305 因属于通用运放,具有约 $100nA$ 的输入偏置电流 I_B ($I_B = 10^{-9}A$)。由于输入电阻为 $7.2M\Omega$ 较大,所以反相端偏置电流势必主要由运放输出端经积分电容提供流入运放。因此,这个虚假的“积分”电流就是造成前述积分器出现反

OPA177 有 8 脚塑料和陶瓷 DIP 封装及贴片式 SO 封装。失调电压调整电路如图 3 所示。它无需一般运放所需的偏置电流相消电阻,如图 4 所示。

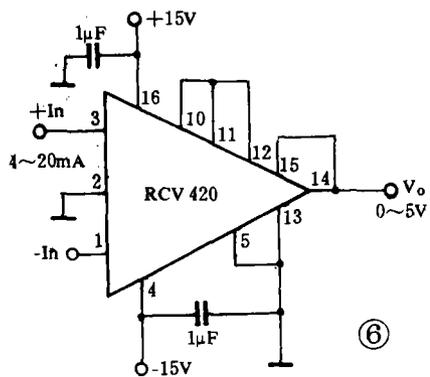
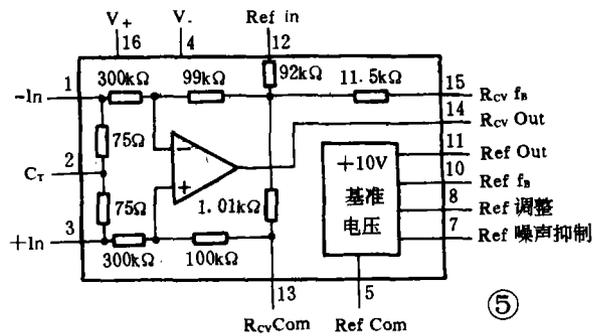


RCV420

RCV420 是一种电流-电压变换器(见图 5),能将一般变送器输出的 $4\sim 20mA$ 电流转换成 $0\sim 5V$ 输出。内部还有一个 $10\pm 0.01V$ 精密电压基准源,其温度漂移的典型值为 $5ppm/^\circ C$ 。该器件的电流-电压转换精度可达 0.1% ,抗噪声性可达 $86dB CRM$ 。

该器件主要用于过程控制、生产自动化,将变送器输出的 $4\sim 20mA$ 电流变成 $0\sim 5V$,经 A/D 变换后可输入单片机或计算机。

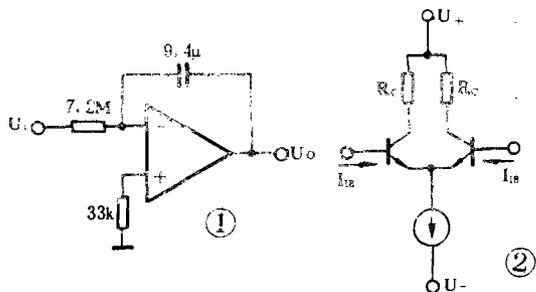
RCV420 的最大工作电压为 $\pm 22V$ 。塑料 DIP 封装的工作温度范围为 $0\sim 70^\circ C$,陶瓷 DIP 封装的工



作温度范围为 $-25\sim +85^\circ C$ 。

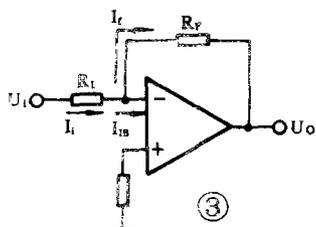
将 $4\sim 20mA$ 电流转换成 $0\sim 5V$ 电压的电路如图 6 所示。

[本文根据 BURR-BROWN 公司的 IC DATA BOOK 1994 年 编写]

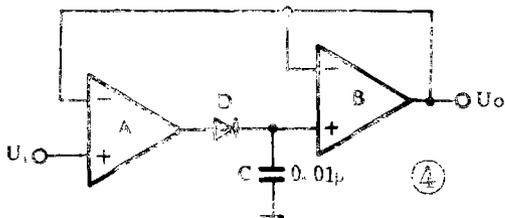


常故障的原因。只有当运放几乎不需要外界提供输入偏置电流时，才能保证此积分电路的精度。

图2所示为集成运放的输入差分级等效电路，差分级的工作点电流 I_c 是确定的、通常为 μA 级。为使差分电路正常工作，需要外界向它提供 I_c/β 的基极电流 I_B ，对双极型晶体管差分电路， I_B 约为 nA 级。在一般运放应用电路如图3所示反相比例器中，流过 R_1 、 R_F 的电流 I_1 、 I_F 一般为 mA 级，最坏情况下小到 μA 级，与 nA 级的 I_B 相比，后者完全可能忽略不计，再加上运放有较大的输入电阻 ($M\Omega$ 以上)，因此流入运放输入端的静态偏置电流 I_B 和动态输入电流 I_B 均可认为近似为零（即运放的“虚断”），这样的近似对一般运放电路的设计和实际使用都不会造成影响。但在诸如微弱电流积分器这种应用场合， μA 级的输入偏置电流也是不能容忍的，这时选用通用运放就是不恰当的了。



又如如图4所示峰峰检测电路，当输入信号增大时，根据运放的“虚断”特性不难分析出运放A的输出必随之增大至约为 $U_i + 0.7V$ ，使积分电容被充



电至与 U_i 相等。经运放B组成的电压跟随器隔离使输出电压 U_o 始终等于 U_i ，并随 U_i 的增大而增大；当输入信号减小时，运放A的输出电压将随之减小，而电容C上已存储的电荷不可能经二极管D反向流回运放A，也不应该从运放B的同相端流入运放B（假定

运放B的输入偏置电流小到只有几个 pA ，能被忽略不计的话），这时运放A将被反偏截止而工作在非线性状态（此时“虚通”已不存在），并输出负的最大值（正、负电源供电），或输出为零（单电源供电），二极管D也处于反偏截止，这时电容上存储的电荷处于“保持”状态。其保持精度取决于积分电容是否漏电，二极管D的反向漏电流和运放B的输入偏置电流的大小。所以，运放B一定要选用具有极低输入偏置电流 (pA 级) 的高阻抗运放，才能保证峰值检测电路的精度。否则，电容上的电压就保持不住，电容上存储的电荷将作为运放的偏置电流注入运放，使输出电压随时间衰减。不能“保持”，“峰值检测”也就名存实亡了。为提高峰值电路的精度，运放B应选用“高阻抗”运放，积分电容亦应选用漏电小的聚酯类电容，二极管D的反向漏电流也应尽可能小。由此可见，在设计积分器电路，或是以积分器为核心的采样/保持、峰值检测以及D/A转换等应用电路时，一定要选用具有高输入阻抗和低偏置电流的运算放大器，即“高阻抗”集成运放，才能达到满意的效果。

目前高阻抗集成运放一般采用J型或MOS型场效应管作输入级，其他部分仍用双极型晶体管组成的电路，如LF347(JFET输入)和CA3140(MOSFET输入)；也有采用MOS场效应管作输入级，并采用CMOS管对作互补输出级的电路如CA3130；还有全部采用CMOS器件组成的电路如MC14573等。因场效应管是电压控制器件，不象双极型晶体管那样需要基极偏置电流，因而它可大大提高运放的输入电阻（达到 $10^{10} \sim 10^{12}\Omega$ ），减小运放的输入偏置电流（ $50pA$ 以下）。下面介绍几种最常用的高阻抗运放的主要特点，供读者设计电路时选用。

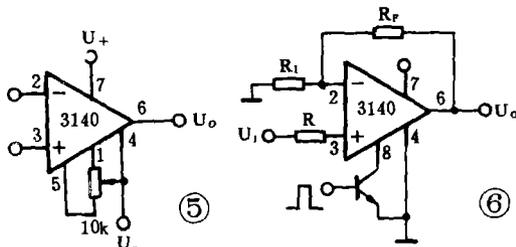
“LF347”：美国国家半导体公司产品。其主要特点为：J型场效应管输入级，输入电阻 $R_{ID} = 10^{12}\Omega$ ，输入偏置电流 $I_B = 50pA$ ，压摆率 $SR = 13V/\mu s$ ，单位增益带宽 $GBW = 4MHz$ 。在标准的双列直插14脚外壳中封入4个互相独立的运放，属于价格比较低廉（5~10元）的高阻抗、高速器件，电源电压范围 $\pm 4.5 \sim \pm 18V$ ，引脚排列与单电源低功耗四运放LM324相同，一般情况下可与LM324互换代用。由于采用P沟道JFET管作差分输入级，所以LF347的正向共模电压在等于正电源电压时仍能正常工作，这是它的一个特点。LF347还具有内部输出过流保护电路，四运放中的任一个输出端对地长时间短路都不会引起运放损坏，但不能有两个运放或两个以上同时对地短路，这时器件将会因过热而损坏。使用时注意不能插反，使正、负电源颠倒，否则将造成内部铝引线因过流而烧断。

LF347 为内部全补偿器件,使用时不需外加补偿电容以保证运放稳定工作。在要求使用多个高阻抗运放、并要求低成本的应用场合,如高速积分器、高速 D/A 转换、采样/保持电路等,选用 LF347 是比较合适的。

LF347 的工作温度范围为 $0^{\circ}\sim+70^{\circ}\text{C}$ 。若要求在高、低温下工作,可选用 LF147 ($-55^{\circ}\sim+125^{\circ}\text{C}$)。

“CA3140”:美国 RCA 公司产品。采用 PMOS 场效应管作差分输入级,不仅具有 $1.5\times 10^{12}\Omega$ 的高输入阻抗,仅有 10pA 的低输入偏置电流,而且输入级和输出级的设计使 CA3140 在单电源供电时输入共模电压能低到 -0.5V 、输出电压也能低至近似为零,所以 CA3140 还同时是一种满不错的“单电源”运放。

CA3140 为 8 脚双列塑封或金属圆壳封装器件,引脚排列符合国际标准 (⑦脚正电源、④脚负电源、②脚反相输入、③脚同相输入、⑥脚输出),价格比较便宜 (5~10 元),能在单电源 $4\sim 36\text{V}$ 或正负电源 $\pm 2\sim \pm 18\text{V}$ 范围内工作 (CA3140B 可工作在 44V 或 $\pm 22\text{V}$),压摆率 SR 为 $9\text{V}/\mu\text{s}$,单位增益带宽 4.5MHz ,在一些要求不高的地方也可以把它当作高速运放使用。CA3140 为内部全补偿器件,工作时不必附加补偿电容。

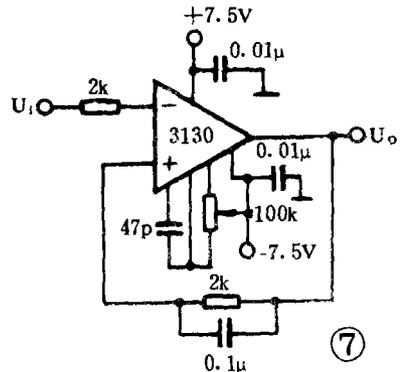


由于 MOS 管输入电容很小,阻抗又极高,因此少量的静电电荷积累就可能形成很高的极间电压,把 MOS 管击穿。有鉴于此,CA3140 附加了由齐纳管组成的输入端过压保护电路(差模输入电压 $V_{\text{in}} = \pm 8\text{V}$),可防止瞬态高压击穿 MOS 管。其输出端设有过流保护电路,单电源工作时其最大正向输出电流可达 40mA ,这在常规运算放大器中是较大的;正负电源工作时,其负向最大灌电流(流入运放)为 18mA 。此外,它还有调零端 (①、⑤脚) 和选通端 (⑧脚),使用比较方便。调零电路如图 5 所示。运放正常工作当选通端应悬空。当选通端加低电平时(如图 6 所示),不管输入信号大小、极性如何,运放的输出电压均跳变为低电平(近似为电源负端电位,在单电源应用中即为地电平),因此可用于需要选通控制的工业过程控制电路中。

由于 CA3140 具有上述特点,且价格低廉,因而得到很广泛的应用,如各种采样/保持电路、工业控制电路,长间隔计时器/多谐振荡器(微秒一分一小时),光电装置,峰值检测、有源滤波、比较器、选通装置以及所有常规运算放大器所能使用的电路中,并能直接与各种逻辑电路接口。

“CA3130”:美国 RCA 公司产品。其输入级与 CA3140 相似,并采用互补对称 MOS 晶体管对作输出级,故工作电源电压与 CMOS 电路类似,为单电源 $5\sim 16\text{V}$ 或正负电源 $\pm 2.5\sim \pm 8\text{V}$,输入电阻 $1.5\times 10^{12}\Omega$,输入偏置电流 5pA ,可单电源工作,压摆率 $\text{SR} = 10\text{V}/\mu\text{s}$,单位增益带宽 $\text{GBW} 15\text{Hz}$,亦有选通控制端 (8 脚) 和调零端 (1、5 脚),这些都与 CA3140 相似。由于采用 CMOS 输出级,其输出电压摆幅可达到接近正、负向电源电压。输出电流约 $\pm 20\text{mA}$ 。与 CA3140 不同的是工作是需外加补偿,通常在运放的 ①、⑧脚间加一个 47pF 的电容即可使大部分应用电路稳定工作。CA3130 的调零及补偿电路可参考图 7 所示的电压跟随器。

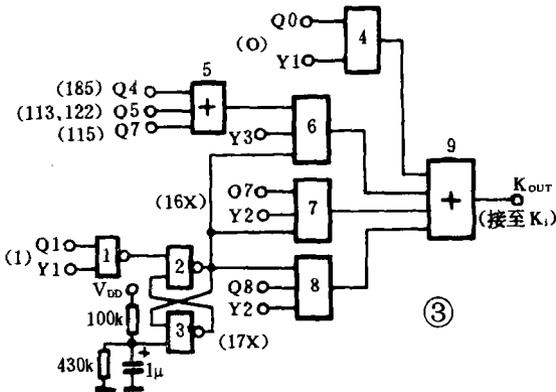
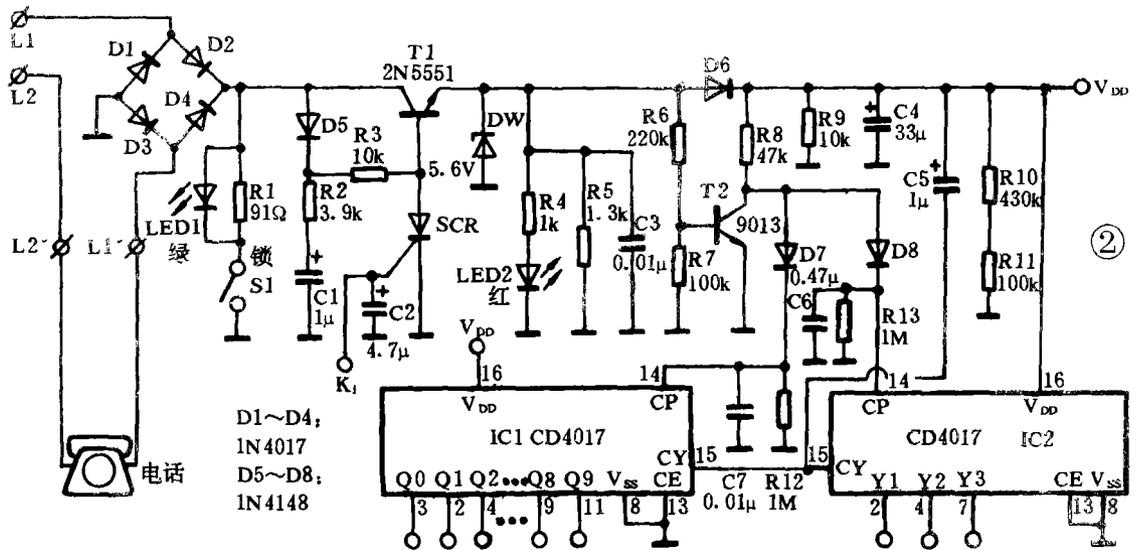
CA3130 的价格比 CA3140 稍贵,而电源电压范围偏低,故应用没有后者广泛。但输出电平与 CMOS



电路一致,采用外补偿可保证有较宽的频带是其特点。常用作快速采样/保持电路,长延时定时器/单稳态触发器,高输入阻抗比较器(可与 CMOS 逻辑电路直接相连),高阻抗宽带放大器,电压跟随器(例如作单电源 D/A 转换器的跟随器),稳压器(输出电压可调到零伏),峰值检测、光电放大等。

在一些高温、高压等环境条件极为恶劣的场合需要测量压力、剪切力时,常常采用压电传感器。由于传感器本身由压电陶瓷材料制成,自身具有高达 $10^{14}\Omega$ 的阻抗,因此与它接口的放大器不仅要求高输入阻抗,而且要求极低的输入偏置电流。这种传感器

(下接第 15 页)



要控制的号码首位都为“1”，所以利用门1、2、3组成首位拨“1”识别电路。仅当首位拨“1”时，门1才输出低电平，门2输出高电平，门6、7、8才有可能输出高电平形成控制。例如拨“113”时，首先是门2输出高电平，最后是Q5和Y3输出高电平，所以门6输出高电平，形成控制。控制逻辑中对“16×”、“17×”实行全部控制，即不管最后一位是什么，只要先拨了“16”或“17”，电路就自动切断，此功能是由门7、8完成的。仿此，可设计控制任意号码的逻辑电路。

逻辑控制电路中与非门可采用CD4011，与门可采用CD4073，或门可采用CD4072。

由图1可见，电话控制器是串接在电话线和电话机之间的，假如有人将电话控制器短路，则照样可以拨打各种电话，因此本文开头提到，此控制器可起到一定作用，但仍有缺憾。另外，此控制器只适用于脉冲电话，对于双音频电话，我们将另外介绍一种电路来进行控制。

(上接第23页)

当它受力变形时，内部产生极化现象，同时在材料表面产生电荷。因为产生的电荷量极微弱，形成的电流约pA级，如果与传感器连接的运算放大器输入偏置电流不是极小的话，这些电荷将被运算放大器“吃掉”而大大影响测量的精度。在这种场合，前述高阻抗运放因其输入偏置电流也是pA量级，放大这种电荷信号已经力不从心，这时只能选用具有极低输入偏置电流的“静电计型”高阻抗运算放大器组件、如ZF310K，其输入偏置电流低达10fA(飞安，1fA=10⁻¹⁵A)，因如此微小的电流可以和静电放大用的真空静电计管相媲美，故人们将它从高阻抗运放中分出来而冠以“静电计型运放”的美称。

利用ZF310K组成的电荷放大器如图8所示。ZF310特别适合作电荷放大器，测量极微弱的电流信号。整个组件被封装在78×43×17的金属屏蔽盒内，使用时应放置在干燥、干净的地方，引线上避免沾污，若有沾污应用无水乙醇清洗并烘干。

