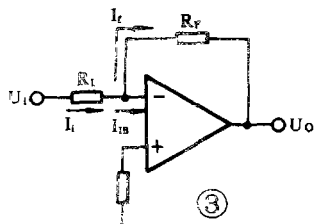
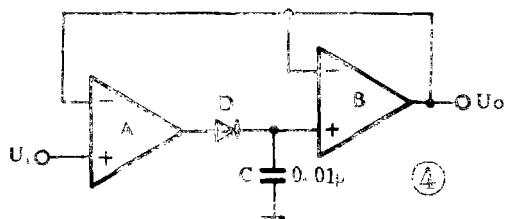


常故障的原因。只有当运放几乎不需要外界提供输入偏置电流时，才能保证此积分电路的精度。

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_{IB} ，对双极型晶体管差分电路， I_{IB} 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_{IB} 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_{IB} 和动态输入电流 I_{IB} 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。



又如图4所示峰值检测电路，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于非线性状态（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。

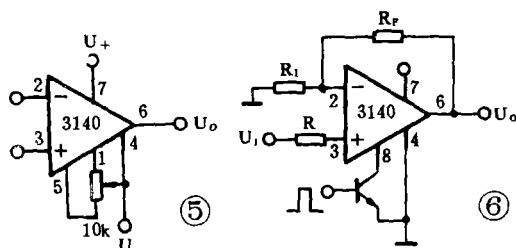
“LF347”：美国国家半导体公司产品。其主要特点为：J型场效应管输入级，输入电阻 $R_{ID}=10^{12}\Omega$ ，输入偏置电流 $I_{IB}=50pA$ ，压摆率 $SR=13V/\mu s$ ，单位增益带宽 $GBW=4MHz$ 。在标准的双列直插14脚外壳中封入4个互相独立的运放，属于价格比较低廉（5~10元）的高阻抗、高速器件，电源电压范围 $\pm 4.5 \sim \pm 18V$ ，引脚排列与单电源低功耗四运放LM324相同，一般情况下可与LM324互换代用。由于采用P沟道JFET管作差分输入级，所以LF347的正向共模电压在等于正电源电压时仍能正常工作，这是它的一个特点。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 $0^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ 。若要求在高、低温下工作,可选用 LF147 ($-55^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$)。

“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。

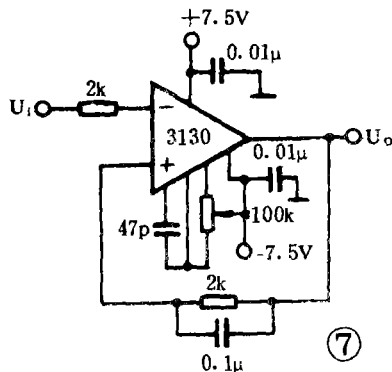


由于 MOS 管输入电容很小,阻抗又极高,因此少量的静电电荷积累就可能形成很高的极间电压,把 MOS 管击穿。有鉴于此,CA3140 附加了由齐纳管组成的输入端过压保护电路 (差模输入电压 $V_{\text{D}}=\pm 8\text{V}$),可防止瞬态高压击穿 MOS 管。其输出端设有过流保护电路,单电源工作时其最大正向输出电流可达 40mA ,这在常规运算放大器中是较大的;正负电源工作时,其负向最大灌电流 (流入运放) 为 18mA 。此外,它还有调零端 (①、⑤脚) 和选通端 (⑧脚),使用比较方便。调零电路如图 5 所示。运放正常工作时选通端应悬空。当选通端加低电平时 (如图 6 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。

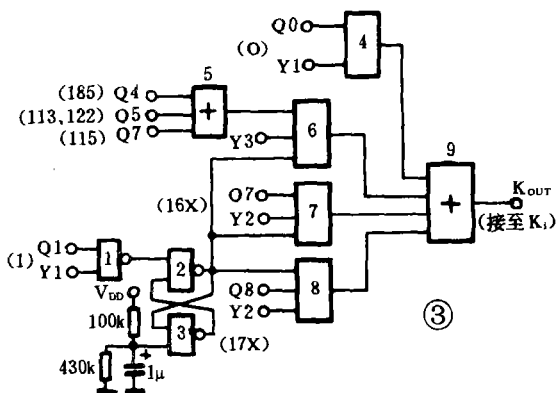
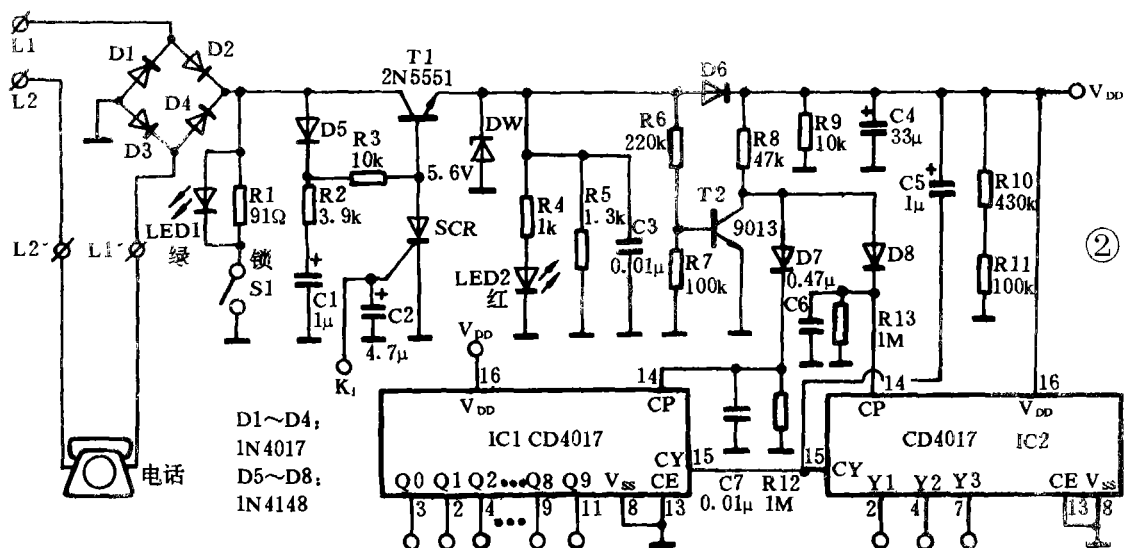
CA3130 的价格比 CA3140 稍贵,而电源电压范围偏低,故应用没有后者广泛。但输出电平与 CMOS



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， $1\text{fA} = 10^{-15}\text{A}$ ），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。

