

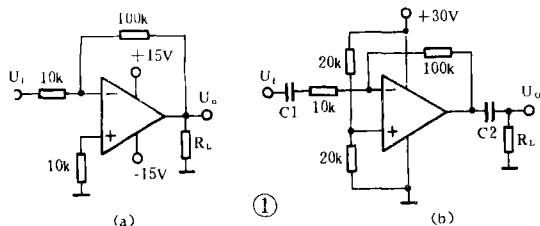
集成运算放大器应用技巧 (五)

第五讲: 单电源运放应用技巧

■ 张国华

集成运放一般都是在对称的正、负电源下工作的, 典型值为 $\pm 15\text{V}$ 。在只有单电源的场合, 运放能不能工作呢? 答案是: 在一定条件下是可以的。

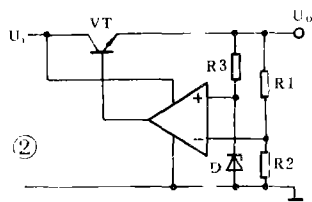
如图 1 所示交流放大电路, 图 1(a) 采用 $\pm 15\text{V}$ 供电, U_i 为正弦信号, 放大倍数为 -10 。图 1(b) 为单电源 $+30\text{V}$ 供电, 处理的办法是利用两个相等的电阻将本应接地的同相输入端接到 $+30\text{V}$ 的中点电位。即 $+15\text{V}$ 。



而在放大器的输入和输出端各用一个容量足够大的电容将信号源、负载与运放直流隔离。这样, 在(a)、(b)电路中运放的输入端与电源高、低端之间的电位关系都是处在总电源的中点电位上。耦合电容起到隔直流、通交流的作用, 解决了单电源交流放大问题。这种电路的输出动态范围与采用 $\pm 15\text{V}$ 电源时相似、约为 $\pm 12\sim 13\text{V}$ 。

直流放大的例子如图 2 所示, 运放作为直流稳压电源中的比较放大器, 这时运放的输入、输出信号电平均处在单电源的某一中间值, 这时运放也能正常工作, 仅须注意其输入端电位应在运放的最大共模输入电压 U_{ICM} 所允许的范围之内, 而其输出端电位亦不应超出运放的最大输出电压 U_{OPP} 的可能范围。

这是因为集成运放不管加正负电源或单电源, 其输入端电位若恰好在总电源的中点, 则这时的共模信号为零; 若偏离总电源中间值, 则相当于加了一定的共模电压。通常集成运放的最大共模输入电压范围约比电源电压正、负端各低 2V 左右, 如加 $\pm 15\text{V}$ 时共模输入电压约在 $\pm 13\text{V}$ 范围内; 加单电源 $+30\text{V}$ 时, 共模输入



电压在 $2\sim 28\text{V}$ 范围内。在此范围内, 运放均能正常工作。如果超出这个范围, 运放输入差分级晶体管, 或建立工作点的恒流源晶体管就会因趋于饱和而不能正常工作了。

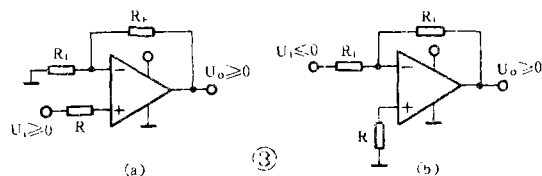
另外, 集成运放的互补推挽输出级总会有约 $1\sim 2\text{V}$ 、甚至更大的饱和压降(与输出电流大小有关), 因而输出电压总要比电源电压低, 要求运放的输出电压超过这个可能值也是不现实的。

在只有单电源、或便携式仪表需用电池单电源供电, 而电路的输入信号又可能等于零、或需要运放的输出电压也能趋于零时, 常规运放用 U_{ICM} 和 U_{OPP} 的限制就无法胜任了。为此, 生产厂家专门设计了在单电源工作时, 其共模输入电压能降低到零, 其输出电压也能趋于零(其大小与负载阻抗有关, 最低仅几个毫伏)的“单电源运放”, 如国产的 8FC7, 美国国家半导体公司的 LM358、LM324、LM3900, RCA 公司的 CA3140、CA3130、LT 公司的 LT1013、LT1014 等。

使用单电源运放应注意以下问题:

1. 单电源运放只适用于单极性信号场合, 即输入信号可以小到零, 但必须始终是正值或始终是负值。例如如图 3(a)所示为输入信号为正值的放大电路, 采用同相输入方式, 增益为 $1+R_F/R_I$ 。图 3(b)为输入信号是负值的放大电路, 因为单电源供电运放的输出电压不可能为负值, 故只能采用反相输入方式, 增益为 $-R_F/R_I$ 。

2. 当输入信号 $U_i=0$ 时, 输出电压近似为零(约为几毫伏到几十毫伏), 在大多数实际应用中已能满足



要求。但不能用于要求 U_o 严格等于零的场合。

3. 单电源运放虽主要用于单电源供电工作, 但内部电路设计使它也能在正、负电源供电时工作, 这就扩大了单电源运放的应用领域, 使之有更大的适应性。

4. 单电流运放的调零: 单电源运放和普通运放一

样也有失调电压 U_{10} , 其值小于几个毫伏。对闭环增益 100 倍的放大器, 应能在输出端测量到最大可达百毫伏级的零位电压。应该注意的是由于失调电压 U_{10} 可正可负, 若 U_{10} 为正, 则可在运放输出端测量到与其闭环增益成比例的正值输出零位电压; 而对失调电压为负值的运放, 不管 U_{10} 的大小如何, 其输出端的零位电压始终近似为零 (约为正的几个毫伏)。这并不表示这个运放的失调电压小, 而是因为采用正单电源工作时其输出电压 U_o 不可能为负值。所以, 是否需要调零不能仅以输出端零位电压大小为准, 对于负失调电压器件应排除失调近似为零的假象, 需要时亦应采取相应的调零措施。

对于带调零端子的单电源运放如 CA3140, 利用外接电位器调零时, 不管是恰好调到零位、或已向负失调方向调偏, 运放的输出电压都表现为“零” (约几个毫伏)。因此不能仅凭运放输出电压已近似为零即认为调好了, 而应调节电位器使输出电压由大到小调到刚刚趋于零时, 才是真正的输出零位。

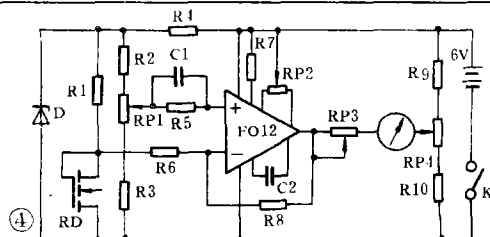
对于不带调零端子的单电源运放如 8FC7、LM358、LM324 等, 虽然可以采用外接调零电路调零 (具体调零方法可参阅“电子科学技术”1983 年第 3 期“单电源运算放大器的特性及应用 (一)”, 张国华、曾新民), 但因调零电路需随器件失调电压的正、负有所不同, 不利于批量生产、调试, 故在要求精确调零的场合, 建议不使用这类无调零端的单电源运放。

LINEAR TECHNOLOGY 公司生产的精密单电源双运放 LT1013 和四运放 LT1014, 其失调电压典型值仅几十微伏, 故在一般情况下无须调零已能满足要求。

5. 可直接与逻辑电路接口: 由于单电源运放的输出动态范围最低可摆动到接近负电源电平, 在单电源工作时输出低电平近似为零; 而输出高电平约比正电源电压低 1.5V。故在 +5V 电源工作时其输出摆幅为 0~3.5V、能直接与 TTL 逻辑电路接口及共用 +5V 电源。除此以外, 它还能与众多的双极型及 MOS 逻辑电路共容, 而无须附加电源及电平转换电路, 这也是单电源运放的独特优点及被广泛使用的原因之一。

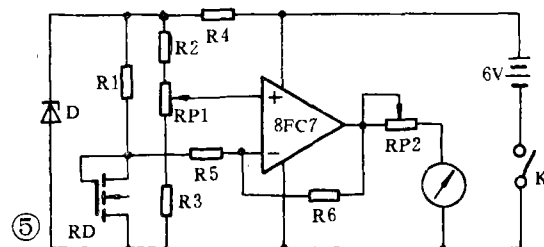
下面通过对两个具体电路的剖析来说明在某些情况下选用单电源运放的优越性。

1. 图 4 是某型便携式测氢仪的实际电路, 它是利用钽栅 MOS 场效应管作敏感元件的指针式测氢仪表, 用 6V 干电池作电源。该电路用低功耗运放 FO12 放大信号。信号输入电路是一个电桥平衡电路, 钽栅 MOS 管 R_D 作为电桥的一个桥臂接入电路, 当空气中氢气含量为零时表头应指零。因普通运放在单电源下工作时, 其输出电压 U_o 最低也要有 1~2V 而不能为



零。为使表头指零, 电流表的负端不能直接接地, 而要接在与运放零位电压相当的 1~2V 直流电位上。因此图 4 电路中附加了由电阻 R_9 、 R_{10} 及电位器 RP_4 组成的分压电路, 以解决电表的指零问题。

如果采用单电源运放 8FC7 或 CA3140 代替低功耗运放 FO12, 则可使电路简化为图 5 所示。由于单电源运放的输出动态范围可低至电源负端 (即电源地),



所以电流表负端可直接接地。电位器 RP_2 用来调节表头的满量程, 仪表的零位 (即表头的零位) 可以通过电位器 RP_1 调节, 因此可省去原电路运放的调零电位器 (图 4 RP_2)。由于 8FC7 是内补偿运放, 工作时不需外加偏置电阻及补偿电容, 故原电路中的 R_7 及 C_2 均可省去。8FC7 具有较小的输入偏置电流 (典型值 3nA), 且具有内部温度补偿, 因此两输入端外接电阻的阻值并不需要严格对称, 电阻 R_5 与电容 C_1 也可以省去。可见选用单电源运放作放大器的测氢仪电路与使用普通运放的电路相比, 不仅元件数减少了将近一半, 而且使原来为调零及调满量程而设置的四个电位器减少为两个, 不仅简化了电路及调试过程, 还可降低成本、提高可靠性。因为 8FC7 在 6V 电源下的静态功耗仅 1~2mW, 而且省去了 R_9 、 RP_4 、 R_{10} 支路的耗电, 还可以延长干电池的使用寿命。

2. 图 6 所示为利用两个 1.5A 三端可调负稳压器 LM337 并联工作, 构成输出 3A 的负稳压器扩展电路。它利用两个 0.1Ω 的均流采样电阻保证两片 LM337 各负担一半的负载电流。当两片 LM337 出力不均、如上面一片输出电流偏小时, 运放两输入端间将产生正值信号电压, 使运放输出电压变大, 稳压器 A 的基准端电位抬高, 稳压器 A 输出电压随之增大, 和负载提供更大的电流, 使 A、B 两片稳压器的输出电流趋于平衡。曾有用户选用通用运放 $\mu A741$ 组成此电

HCD-988

激光唱机的改进

■王进和

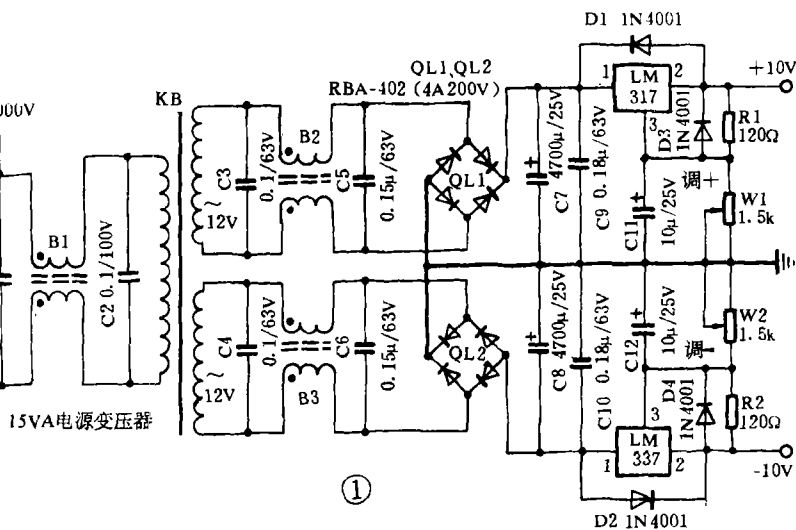
HCD-988 激光唱机属中低档机型,其功能较全。但试听后感觉高音失真较大、低音发闷,中音分解度也不够理想。为此,笔者对该机作了如下三点改进:

一、该机主电路板的滤波电容($100\mu/10V$)共有 12 只,全部换上 $1000\mu/10V$ 小型电解电容。音频放大级的 4 只耦合电容均改用 CBB $1\mu/250V$ 的无感电容。各路旁路瓷片电容均改用聚脂电容。原音频输出插口上带有直流电压,如功放输入端带直流电压易产生失真。现在左、右输出端接入两只 CBB 1μ 电容,以隔离直流。

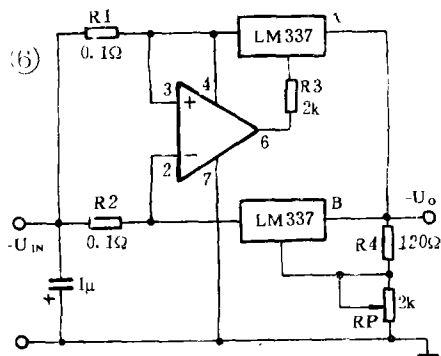
二、改进电源:原机在播放质量欠佳的唱片时,激光头寻迹不到位,伺服电流增大,±10V 的伺服电压降至 8V 左右,以致显示屏显示消失,声音全无。经分析,原因是该机电源变压器功率储备能力差,±10V 又未经稳压之故。现将电源电路全面改制。改进的电源电路见图 1,印板

见图 2,图 3 为电源板在机内的安置图。

电源变压器 KB 的铁芯为 $E20\times 24mm^2$ 。其初级用 $\phi 0.14\sim 0.16mm$ 漆包线绕 1520 匝,次级用 $\phi 0.8mm$ 漆包线绕 87+87 匝,输出电压为 12V+12V。滤波电感线圈 B1、B2、B3,可用彩电中用的成品线圈。如自制可用 $\phi 20$ 铁氧体磁环作芯, B₁ 用 $\phi 25mm$ 漆包线穿绕 2×130 匝,电感量 32mH, B₂、B₃ 用 $\phi 0.41mm$ 漆包线穿绕 2×11 匝,电感量



路,结果无法正常工作。这是因为运放在这里工作在单电源供电状态,起比较放大作用。由图 6 可见运放同



相输入端与负电源端(脚 4)短接,其反相输入端应与同相端“虚短”,故此时运放两输入端与电源负端等电位,即共模电压已低至电源负端,因而普通运放在这里已无法工作。只有选用共模电压能低至电源负端的单电源运放才能使电路正常工作、并给出 3A 的负载电流。

由于 LM358、LM324 等多元(一个管壳中封装了两个或四个运算放大器)单电源运放具有相当不错的电性能指标,单、双电源均能工作,而价格又极便宜(如内含四只运放的 LM324 零售价仅 2~3 元,能在 $-55^{\circ}\sim +125^{\circ}C$ 工作的军品级 LM124 仅 15 元左右,如批量购买价格还可降低),因而得到广泛应用,成为生产厂家和电子爱好者首选的器件之一。