

# 集成运算放大器应用技巧讲座 (八)

## ——集成运放选型技巧之三

■ 张国华

由于常规运算放大器输出功率很小,一般只有百毫瓦级,故在驱动较重的负载时需要附加功率扩展级。近几年集成电路工艺技术突飞猛进,已经生产出许多各高音质、大电流、大功率的单端输入、单端输出缓冲器和双端输入功率运算放大器,其输出电压超过百伏,输出电流超过10安,输出功率超过百瓦。在设计电路和器件选型时如能选择合适的功

率运放,不仅使电路简化,还可大大提高可靠性并降低成本。

● 如果输出功率在1~2W左右,可以选用高速缓冲器OPA663或BUF634。所谓缓冲器,就是指具有极高输入电阻、极低输出电阻、电压增益为1的电压跟随器。在电路中起隔离、缓冲、阻抗变换、电流放大等作用。(通常小功率缓冲器可由常规运放将输出端与反相输入端短接组成。)

起来称为主机。

**广东台山苏军问:**电脑的键盘主要有那几种?不同电脑的键盘可以互换吗?

答:IBM PC系列电脑的键盘通常有83键、84键、101键和122键4种规格。83键的键盘用于IBM PC和IBM PC/XT电脑,84键的键盘是IBM PC/AT电脑键盘,101键的键盘是IBM PC/AT增强型键盘。目前IBM PC/AT及其兼容机286、386、486电脑所配键盘多为101键的标准键盘。通常IBM PC/AT及其兼容机和IBM PC/XT电脑的键盘不能互换,但是有些101键盘上附有AT和XT转换开关,适用于这两类电脑。其它系列的电脑(如电脑游戏机、苹果系列电脑和中华学习机等)的键盘和IBM系列电脑的键盘不能互换。尽管有些电脑学习机起名为486,其键盘外表和IBM PC/AT及其兼容机的键盘完全一样,各键的功能也完全一样,它们也不能互换。键盘是个人电脑必不可少的输入设备,价格为100余元。

**湖北宜昌隋建桥问:**显示器主要有哪些技术指标?目前市面上主要有哪些显示器?

答:显示器有单色显示器和彩色显示器之分。它的一个重要指标是分辨率,即行和列的点数,如某显示器的最高清晰度为600×200,表示每行最多有600个点,即600列,每列最多有200个点,即200行。再一个是阴罩板上的点距,点距越小,图象越清晰,如点距为0.31表示阴罩板上相邻的两个孔之间距离为0.31mm。此外,不同的显示器的行扫描频率也不同。清晰度高的显示器,行扫描频率也相应高一些。

**新疆乌鲁木齐白东生问:**单色显示器主要有哪几种?

答:IBM兼容的单色显示器有以下三类。

单频单显(MDA)只有文本(文字构成的文章)显示功能,不能显示图形,分辨率为720×348。

双频单显(MGA)既可有显示文本,又可以显示图形。分辨率为720×348。

另一种是VGA单显,显示文本的分辨率为720×400,显示图形的分辨率为640×480,可以兼容彩显CGA、EGA、VGA和TVGA软件。目前VGA单显比较流行,价格为600元左右。

配显示器时应在主机板的扩展槽上插入显示器卡,上述单频单显和双频单显的显示卡约60至90元,VGA单显卡

价格280元至400元之间。

**内蒙古赤峰林根问:**彩色显示器主要有哪些显示方式?各有什么特点?

答:各兼容厂家的标准不一,但都与IBM的标准显示模式存在某种兼容性。IBM彩色显示器的显示方式主要有CGA、EGA、VGA、TVGA等。

IBM CGA:最高分辨率为640×200(逐行扫描),彩色有4种或16种,行频15.7kHz,场频60Hz。

IBM EGA:最高的分辨率为640×350(逐行扫描),彩色有16种或64种,最高行频21.85kHz,场频60Hz,可以兼容CGA显示方式。

IBM VVGA:最高分辨率为640×480(逐行扫描),彩色可以有无穷多种,最高行频35.2kHz,场频60/70Hz,可以兼容CGA和EGA显示方式。

IBM 8514/A(TVGA):最高分辨率为1024×768(隔行扫描),彩色可以有无穷多种,最高行频35.5kHz,帧频43.5Hz。

目前流行的增强型VGA显示器具有TVGA显示方式,分辨率为1024×768(逐行扫描)。常见点距有0.39mm、0.31mm和0.28mm三种规格。点距越小,显示画面越清晰,价格也就越高。点距为0.39mm的VGA彩色显示器价格也在1700元以上。

厂家不同,显示方式也可能有别,如我国的长城计算机公司生产的显示器有:

CEGA方式:分辨率为640×504,16或64种彩色,最高行频26kHz。

CVGA方式:分辨率为960×676(逐行扫描)、1024×768(隔行扫描),无穷多种彩色,最高行频39.4kHz。

SUPER电脑的SVGA显示器的分辨率为800×600(逐行扫描),彩色可以有无穷多种,最高行频35.2kHz。

各种显示器通常都具有向下兼容性,如EGA显示器通常使用EGA显示方式的软件,它也可以使用CGA显示方式的软件,但是不能使用VGA显示方式的软件。

通常各种显示器多为12英寸至14英寸的,它表示屏幕的对角线长度是12英寸至14英寸。各种显示方式的行扫描均为逐行扫描,仅1024×768为隔行扫描。但是目前已经有清晰度为1024×768的逐行扫描显示器。

OPA663 实际上就是一个集成的互补功率放大级,其电原理如图 1 所示。输入阻抗  $1.5\text{M}\Omega // 1.6\text{pF}$ , 输出电阻  $5\Omega$ , 增益约为 0.95, 可输出  $\pm 100\text{mA}$  电流。它的另一个特点就是具有极宽的工作频带(小信号带宽  $260\text{MHz}$ , 全功率带宽  $40\text{MHz}$ )和极高的压摆率(典型值为  $2500\text{V}/\mu\text{s}$ )。室温下其自身耗散功率  $1.95\text{W}$ 。

利用 OPA633 与常规运算放大器可组成能输出  $\pm 100\text{mA}$  的各种放大电路。图 2 所示为与高速精密运放 OPA602 组成的精密大电流电压跟随器, 由于 OPA663 已被反馈环所包围, 而 OPA602 又具有极小的失调电压 ( $\leq 250\mu\text{V}$ ), 因此, 图 2 电路的增益在输出  $\pm 100\text{mA}$  电流时仍可精确为 1, 输入、输出间的误差在典型情况下仅  $100\mu\text{V}$ 。图 3 电路为带缓冲输出的反相比例放大, 电路增益为  $-10$ 。

BUF634 也是一种高速缓冲器, 并有一个带宽控制端 BW。当 BW 端悬空时, 其  $-3\text{dB}$  带宽在负载电阻  $R_L = 100\Omega$  时为  $20\text{MHz}$ ; 当 BW 端接负电源时, 同样情况下带宽可扩展到  $160\text{MHz}$ 。其增益在  $R_L = 100\Omega$ , 输出电压  $V_o = \pm 10\text{V}$  时约为 0.93。电源电压范围为  $\pm 2.25 \sim \pm 18\text{V}$ , 在  $\pm 15\text{V}$  电源供电时保证可输出  $\pm 250\text{mA}$  的电流。压摆率在  $R_L = 100\Omega$ , 输出  $20\text{V}_{pp}$  时可达  $2000\text{V}/\mu\text{s}$ 。

利用 BUP634 作输出驱动, 与 FET 输入低失真运算放大器 OPA604 配合, 可线成推动小型扬声器或耳机的高保真音频放大器, 如图 4 所示。按图示参数, 电路增益为 21 倍, 在负载

阻抗  $100\Omega$  时, 对于  $1\text{kHz}$  信号, 其失真率与噪声的总和仅  $0.015\%$ , 对  $20\text{kHz}$  信号, 其失真率加噪声低达  $0.02\%$ 。

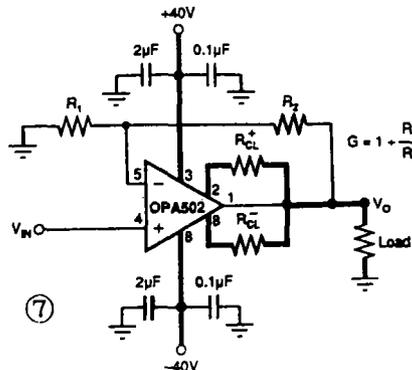
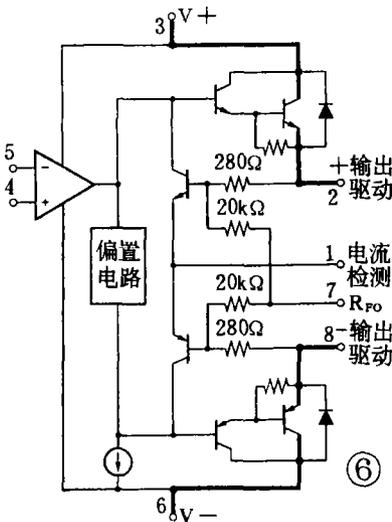
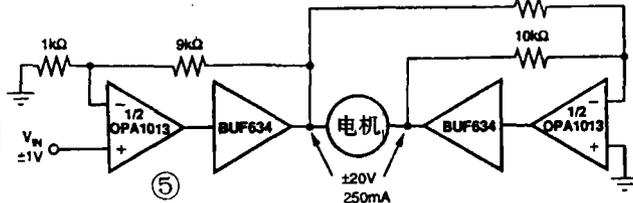
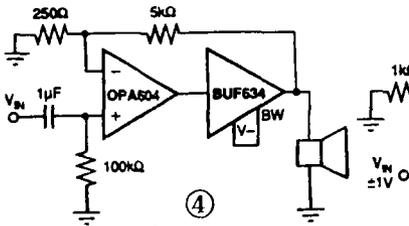
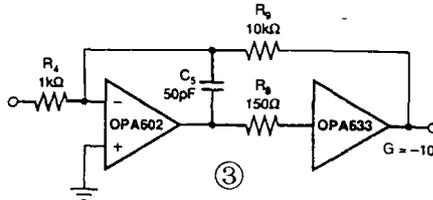
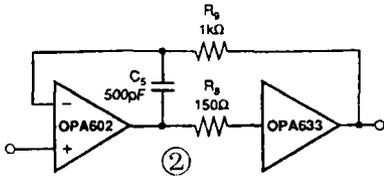
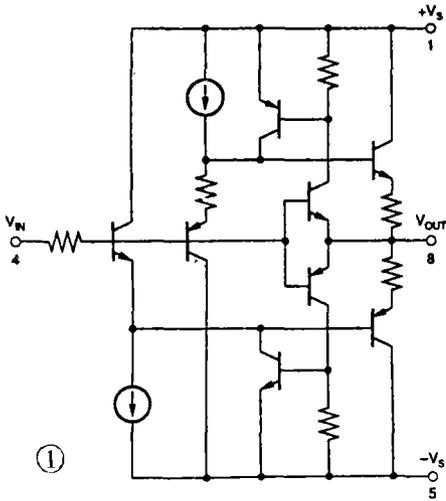
利用两片 BUF634 和一块精密单电源双运放 OPA1013, 可组成桥式直流电机驱动电

路, 如图 5 所示。因为 OPA1013 也能在正、负电源下工作, 故与 BUF634 共同在  $\pm 15\text{V}$  电源供电工作时, 在  $\pm 1\text{V}$  输入信号控制下, 能在电机绕组两端得到  $\pm 20\text{V}$ 、 $250\text{mA}$  的驱动信号。

● 如果要求输出更大的功率, 如几十伏至上百伏的电压, 几安培甚至十几安培的电流, 则可运用功率型运算放大器如大电流、大功率运放 OPA502、超大电流、大功率运放 OPA512 大功率双运放 OPA2541 等。

大功率运放 OPA502 是利用集成工艺在集成运放的后面附加了由偏置电路, 互补复合功放管以及限流保护电路组成的大功率扩展组, 并封装在 8 脚 TO-3 金属壳中, 其电原理图如图 6 所示。

OPA502 的主要技术指标为: 电源电压范围  $\pm 10\text{V} \sim \pm 45\text{V}$ , 输出电流



$R_{CL}(\Omega)$	25℃时的 $I_{CL}(A)$	$R_{CL}$ 的功耗(W)
10	0.11	0.12
5	0.19	0.18
2	0.44	0.39
1	0.78	0.61
0.68	1.22	1.0
0.5	1.65	1.4
0.3	2.73	2.2
0.2	4.0	3.2
0.15	5.4	4.4
0.1	8.1	6.6

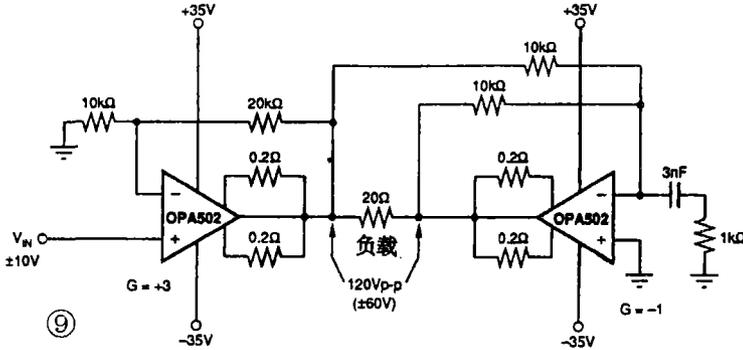
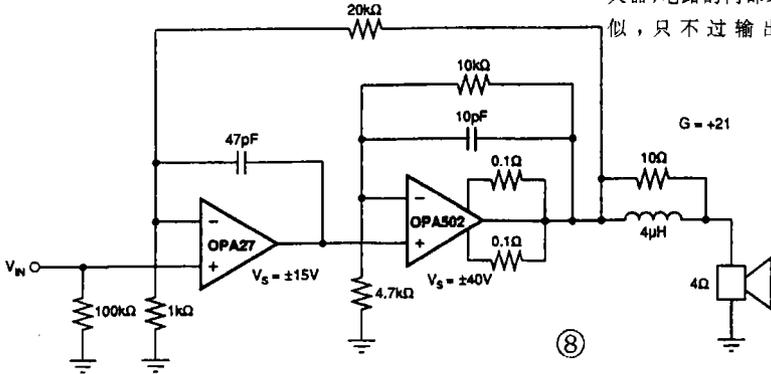
采用±15V 电源,功放级采用±40V 电源,电压增益约 3.1 倍。与开环工作的 OPA27 串联后组成增益为 21 倍的音频功放级。对 4Ω 扬声器,在输出功率为 50W 时,在 20kHz 信号下,其失真率为 0.02%;在 1kHz 信号下,失真率仅 0.002%。

用两只 OPA502 可以组成如图 9 的桥式功放电路,采用±35V 电源工作时可以在负载两端得到±60V 控制电压和±3A 负载电流。3nF 和 1kΩ 组成的 RC 网络对电路作补偿,防止自激。两只 OPA502 一个接成增益为 3 倍的同相比例放大器,另一个接成反相器以形成桥式驱动电路。

OPA512 也是采用 TO-3 金属壳封装的大功率运算放大器,电路的内部结构和外部限流电阻的接法与 OPA502 类似,只不过输出电流更大(15A)、电源电压更高(±10V~±50V),可用于更大功率输出的场合。

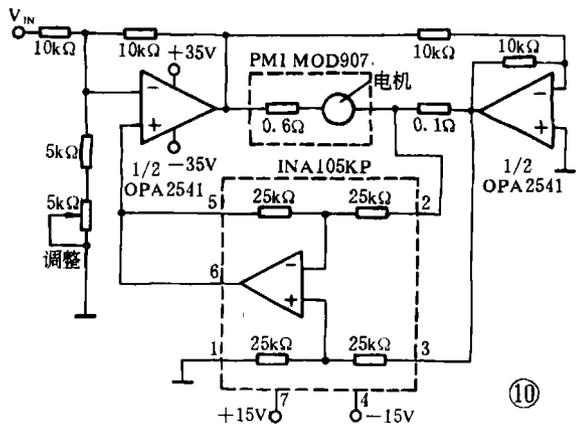
OPA2541 是在一个标准的 8 脚 TO-3 金属壳中封装两个相同的功率运算放大器,工作电源电压最高可达±40V,输出电流最大可达 5A,器件的最大功耗为 125W。

利用 OPA2541 内含两个功率运放的特点,可以方便地组成桥式驱动的电机转速控制电路,如图 10 所示。控制电路中精密单位增益差动放大器 INA105 接受来自采样电阻 0.1Ω 上的电流信号,并转换成对地的反馈信号送到图中左侧的功率运放的同相端,利用这个负反馈来稳定电机的转速。而转速的控制是通过输入运放反相端对地的分流支路上的 5kΩ 电位器来调节的。支路电阻越小,电机两端的差动电压也越小,电机转速较低;支路电阻调大,电机转速提高。



10A,压摆率 10V/μs,极低的输入偏置电流 200pA,静态电流 25mA,输入阻抗 10<sup>12</sup>Ω//5PF,如图 7 所示。在 OPA502 的正输出驱动端②脚、负输出驱动端③脚与输出电流检测端①脚间外接不同的取样电阻  $R_{CL}+R_{CL-}$ ,即可与运放内部的限流保护电路共同限制 OPA502 的输出电流。图中正、负电源端对地的 2μF、0.1μF 电容为去耦电容,电路增益为  $1+R_2/R_1$ 。图中粗黑线表示将流过大大电流、设计印制板时应布较粗的走线。限流采样电阻和阻值与对应的电流限制值,及在此持续电流下采样电阻的耗散功率如左上表所示。

以 OPA502 作功率级、超低噪声精密运放 OPA27(1kHz 时的噪声 3.8nV/Hz、失调电压小于 25μV、漂移 0.6μV/℃,开环增益大于 120dB,其模抑制比大于 114dB,电源抑制比 100dB)作前置放大组成的音频功放电路如图 8 所示。前置级



OPA2541 内的两个功率运放也可以并联使用以扩展输出电流, 具体电路如图 11 所示。电路增益由电阻  $R_2$ 、 $R_1$  之比确定, 运放 A 作主放大器, 运放 B 接成电压跟随器, 并通过两个  $0.1\Omega$  电阻对运放 A 和 B 均流。两个  $20\text{PF}$  的小电容滤除电路中的高频扰动以抑制电路中可能出现的高频自激。

Apex 公司的大功率运放 PA03 能输出  $30\text{A}$  的电流, 其他各公司的功率运放能提供自  $0.5\text{A}$  至  $30\text{A}$  的各种不同电流规格可供选用。

● 如果对输出电流的要求不高, 但是要求较高的输出电压时, 还可以选用“高压”运算放大器, 各厂家能提供自  $\pm 30\text{V}$  到  $\pm 150\text{V}$  的各种高压运放, 如 BURR-BROWN 公司的高压大电流运放 3583, 电源电压范围为  $\pm 70\text{V} \sim \pm 150\text{V}$ , 输出电流可达  $75\text{mA}$ , 也采用 8 脚 TO-3 全金属封装。

● 在使用大功率运放时, 对于容性负载和感性负载, 有可能因瞬间大电流和感性负载上产生过大感应电势, 使器件损坏。图 12 所示的对容性负载的缓冲保护电路和图 13 所示的对感性负载的输出电压箝位保护电路可供读者参考选用。

● 与功率运放应用情况相反, 有些应用场合 (如使用电池供电工作的便携式仪表设备, 航空航天领域) 对电源耗电要求极为苛刻的场合, 要求运算放大器自身的静态功耗要尽可能的小, 供电电压尽可能低。这时, 使用通用运算放大器就不适合了, 考虑到这些应用领域的特殊要求, 器件生产厂家已相应推出“低功耗”、“微功耗”运算放大器, 其特点包括: ①能在很低的电源电压工作, 例如由一、两节电池供电时能正常工作。②运放的静态工作电流非常低, 并且大多数可通过外接的偏置电阻按需要加以调节 (即“可编程”功能)。③在低电源电压工作条件下也应有尽可能大的输出电压摆幅, 输出电压摆幅基本可达到正、负电源电压值。④运算放大器在极低的静态工作点电流下工作时仍具有足够大的开环电压增益、共模抑制比、电源抑制比等技术指标。

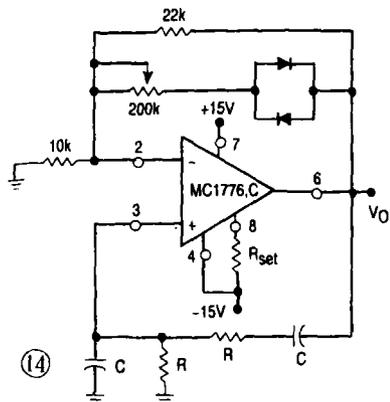
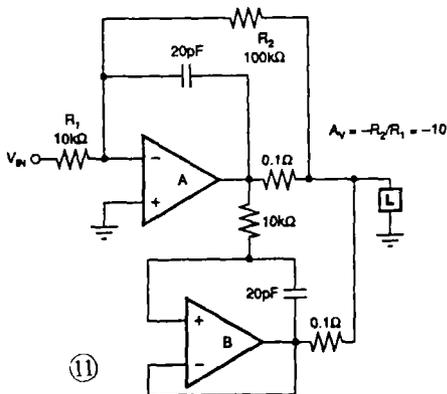
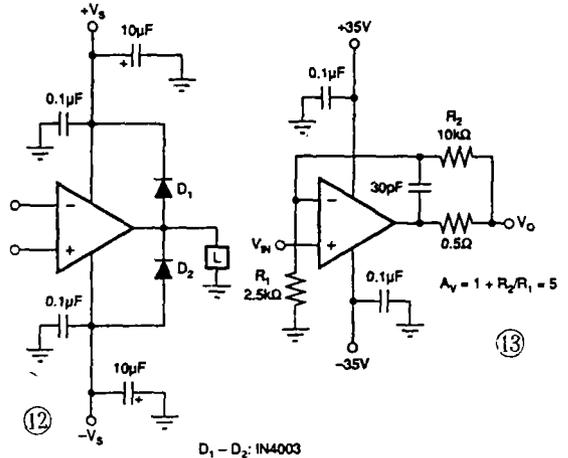
近几年新研制生产的低功耗运算放大器有:

■ 双极型低功耗运放 ICL8021 (单运放), ICL8022 (双运放), ICL8023 (三运放)。电源电压范围为  $\pm 1\text{V} \sim \pm 18\text{V}$ , 在  $\pm 1\text{V}$  时的静态功耗仅  $20\mu\text{W}$ 。

■ CMOS 低压、微功耗、单电源运放 MAX406 (单运放), MAX407 (双运放)。电源电压范围为  $+2.5\text{V} \sim +10\text{C}$ , 每个运放所需的最大静态工作电流仅  $1.2\mu\text{A}$ , 甚至低于一般电池的泄漏电流。其输出电压摆幅具有接近电源电压, 非常适合于使用电池供电工作。

■ 双极型微功耗运算放大器 CA3078、CA3078A。电源电压范围  $\pm 0.75\text{V} \sim \pm 15\text{V}$ , 可外接偏置电阻以调节其静态工作电流, 最低的静态功耗仅  $0.7\mu\text{W}$ 。在  $\pm 0.75\text{V}$  电压、 $1\mu\text{A}$  静态电流下工作, 运放的静态功耗为  $1.5\mu\text{W}$ , 此时能输出  $0.3\text{V}$  的峰-峰电压摆幅, 并具有  $65\text{dB}$  的开环电压增益,  $90\text{dB}$  的共模抑制比,  $\pm 0.5\text{mA}$  的输出电流。

■ 双极型微功耗可编程运算放大器 MC1776、MC1776C。电源电压范围  $\pm 1.2\text{V} \sim \pm 18\text{V}$ , 通过外接偏置电阻可调节静态工作电流。在  $\pm 3\text{V}$  电源电压、 $13\mu\text{A}$  静态电流下工作, 运放的静态功耗为  $78\mu\text{W}$ , 其输出电压摆幅 (转 30 页)



(上接 27 页)

二极管, 开关二极管的正反向电阻, 除去不合格品;

(二) 安装焊接元件: 按图把各元件整齐地插上线路板, 经检查插入极性无误且排列有序后, 再进行焊接, 为防止元件损坏, 每个焊点焊接时间不超过 3 秒, 发光二极管插入线路板不要太紧, 以便焊接后适当调整间距和整形。

(三) 焊上连接线通电试验: 用软线引出正、负极电源线和“1”~“5”数字输入线, 接通 6V 电源, 然后依次用“1”~“5”数字线连接电源正极线时, 观察数码管显示数字是否相符。

若试验中出现不显示(发光二极管均不亮)、数字缺段(部分笔段不亮)等异常现象, 可试用以下方法排除: 不显字要先查清电源是否接通, 可用电压表测量接通电源的数字输入线与负极线之间有无电压, 若有电压, 则要检查发光二极管与开关二极管有无极性接反现象。数字缺段除检查二极管有无接反外, 还需仔细检查相应笔段线上元

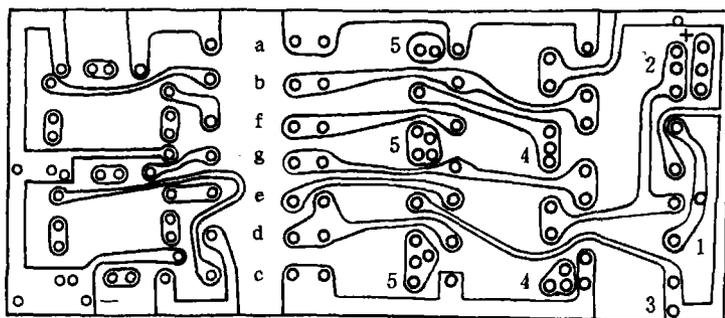
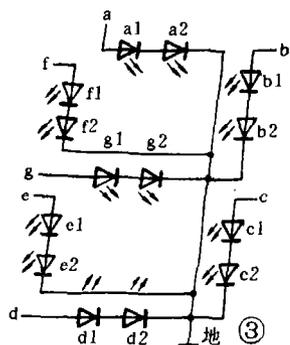
件有无虚焊现象。

装调后可作如下有趣实验。若将“4”和“7”数字输入线并接于电源正板上, 数码管可显示“9”, 请读者考虑这是为什么? 同样若将“2”和“5”数字输入线并接于电源正极, 应显示什么呢?

图 1 电路中用  $LED_1 \sim LED_{14}$  制作的是共阴数码管。若将图 1 中 6V 电源正负极反接, 同时将  $VD_1 \sim VD_{21}$ 、 $LED_1 \sim LED_{14}$  正负极一律反接, 则电路功能不变, 但  $LED_1 \sim LED_{14}$  都组成了共阳数码管。本电路中也可用成品数码管来代替由  $LED_1 \sim LED_{14}$  制作的数码管使用, 这样使用起来效果更好。

虽然本文只介绍了 1~5 译码数显电路, 但读者熟练运用后可方便地作出 0~9 的电路, 只要施展你的想象和制作能力。

[套件供应] 本文制作套件由河南省安阳市胜利电子厂提供。整套价 7.5 元。数码管每只 3 元。50 套以上 9 折优惠。邮费每次 3 元。联系人胜电, 电话: 0372-229431。邮编 455000



(上接 25 页)

可达  $\pm 2.4V$ , 并仍具有 106dB 的开环增益, 86dB 的共模抑制比。图 14 所示为利用 MC1776 组成的低功耗文氏电桥振荡器电路, 其振荡频率  $f_0 = 1/2\pi RC$ 。当  $R = 16k\Omega$ ,  $C = 0.01\mu F$  时,  $f_0 = 1.0kHz$ 。

■ 低功耗 CMOS 运算放大器系列 ICL761X (单运放), ICL762X (双运放), ICL763X (三运放), ICL764X (四运放)。电源电压范围  $\pm 0.5V \sim \pm 8V$ , 可由一节镍—镉电池供电工作。由于是 CMOS 电路, 即使在低电源电压下工作时, 其输出电压摆幅可接近正、负电源电压值。在  $\pm 0.5V$  电源电压、 $10\mu A$  静态电流工作时, 其静态功耗仅  $10\mu W$ , 此时的开环电压增益在室温下仍可达 90dB, 在  $1M\Omega$  负载条件下, 输出电压可达  $\pm 0.49V$ , 并具有  $10^{12}\Omega$  的高输入电阻、1PA 的极低输入偏置电流。

图 15 所示为 ICL7631 (三运放) 所组成的仅用一节镍—镉电池供电的高阻抗抗表放大器, 可用于人体医疗仪器作前置放大。电路中所用电阻应选用 1% 高精密度电阻, 阻值对应的电阻应精确选配。电路增益为 25 倍。

用 24 针打印机色带代替 9 针色带

目前, 九针打印机的色带比较少见, 在更新色带时带

来比较困难。在没有办法的情况下, 笔者用二十四针打印机色带试代成功。

其实, 九针和二十四针打印机色带并无多大区别。区别之一, 九针色带比二十四针色带略窄(各厂家生产也不尽相同), 但完全可以放进九针色带盒中。区别之二, 二十四针色带比九针色带长, 这是能否代换的关键。

色带过长对打印机走带不利, 易损坏打印头, 因此在代换时应截掉色带 0.5 至 1 米左右(根据色带长度和九针打印盒长度不同而不同), 之后再根据打印机走带方向, 缝合时接头处应以打印针顺利通过为原则, 用的线要细, 缝合的针角要短。

