

稳定，或使性能恶化。

当放大器为逆相放大器时，如图1-10所示，由于镜象电容的影响^①，使得高频特性变坏。逆相放大器的增益为 A ，如果设输入与输出端之间的杂散容量为 C ，则由于镜象效应的影响，从输入端可以看到，在输入端与地之间增加了 $(A+1)C$ 的容量。希望信号源阻抗 R_g 应很小，然而，如果该阻抗 R_g 大时，则 R_g 与镜象容量 $(A+1)C$ 之间将形成一个低通滤波器(LPF)，使高频性能下降。作为极端情况，如果设 $A=60\text{dB}$ ， $R_g=10\text{k}\Omega$ ， $C=1\text{pF}$ ，则截止频率为 15.9kHz 。

如上所述，放大器的输入与输出，无论是正相还是逆相条件下，均不得靠近，特别是当增益高时，或在宽频带放大器中，要予以注意。而且对于多级放大器来讲，也同样需要注意。

(2) 电平差大的导线不得靠近

与放大器的输入和输出一样，不仅同一系统的导线，而且即使是传输独立信号的导线，其电平差大时(30~40dB以下)，也不得靠近。并且，即使一方只有直流电流通过，如果它的电压较高时，或电流较大时，也不得靠近弱信号导线。

如图1-11所示，当两条导线靠近时，若在①导线上传输 $1\text{V}_{\text{p-p}}$ 的电源脉动电压(50Hz)，在②导线上传输 $1\text{mV}_{\text{p-p}}$ 的微弱信号，则两者之间的电平差也将达到1000倍(60dB)。由于电源波动时，频率不高，所以静电耦合的影响可以忽略不计，然而由于电磁耦合作用，①导线上的电源波动将会串漏到②

① 镜象电容(Mirror Capacitor)：由镜象效应的作用而产生的输入与地之间的电容 $(A+1)C$ 。

超星阅读器提醒您：
使用本复制品
请尊重相关知识产权！

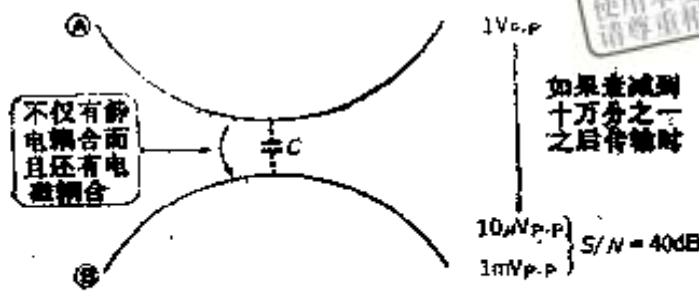


图1-11 电平差大的导线靠近时

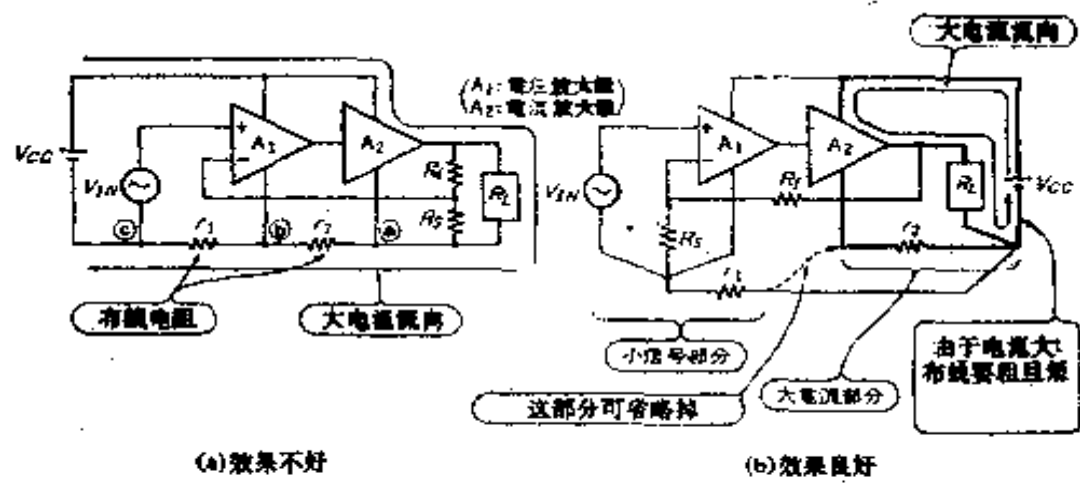


图1-12 接地布线方法

导线中。此串漏即使为④电压振幅值的10万分之一，而其数值也将达到 $10\mu V_{p.p}$ 。另一方面，导线⑤的信号振幅为 $1mV_{p.p}$ ， S/N 仅达到40dB①。

本实例只是引起性能恶化的情况，然而，随着情况的不同，还可能产生振荡等异常现象。

(3) 小信号接地与大信号接地的区别

在小信号电路与大信号电路共存的电路中，必须分开接地。

其典型实例为功率放大器。只要是功率放大器，其输

① S/N (Signal Noise Retion)，信号值与噪声值之比，通常取对数，以dB表示。

入端处理的就是小信号，而另一方的输出端则流过的是大电流。功率放大器可以包括电压放大级（输入级）和电流放大级（输出级）两部分。下面我们来讨论一下如何进行接地布线问题。

首先，将不良的例子示于图1-12(a)。 R_f 、 R_e 为反馈电阻， r_1 、 r_2 为布线电阻。从负载流出的大电流按照④→⑤→③的顺序流过，返回到电源 V_{CC} 。于是，由于有大电流流过 r_1 、 r_2 ，则会在其上产生电压降。

例如，设电流为1A， $r_1+r_2=10\text{m}\Omega$ ，则在④—③之间产生10mV的电压。另一方面，若设 V_{IN} 为100mV，则它的1/10电压作为误差成分而被叠加，因此而绝不可能进行正常工作。

即使没有达到上述影响程度，对于立体声放大来讲，也会招致信号发生畸变和交调失真的恶化。因此，对于功率放大集成电路来讲，一般都是把小信号接地与大电流接地分离开来，采用分别接地。

如图1-12(b)所示，设计时应不使大电流流过布线电阻，以防止出现不良的影响。如功放级和负载，大电流流过部分应与电源直接布线，并且小电流部分也应集合在一起，直接与电源布线。经过这样处理，小信号线与大电流线被完全分离，因而不会出现图1-12(a)所示的不良现象。

或如图中虚线所示，即使将集中于一点的小信号接地与功率放大级的接地汇聚在一起，也不会产生不良的影响。

以上是以功率放大器为例来说明的，然而不仅限于功率放大器，凡是处理小信号和大电流的电路，均必须遵守上述原则。并且，有大电流流过的回路，要使用粗导线（或宽导电线路），以便减小布线电阻。

(4) 电源接地线应按电路板分别集中

当电路较简单时，相对于电源来讲，应将首先供电的电路集中成一个结点，但是如果电路复杂时，则被分成几块电路板。通常由于电源为一个，可用图 1-13 所示的两种布线方式。

首先，图(a)为布线不正确时的情况。其中， r_{1a} 、 r_{2a} 、 $\dots\dots r_{Na}$ 、 r_{1b} 、 r_{2b} 、 $\dots\dots r_{Nb}$ 为布线电阻， I_1 、 I_2 、 $\dots\dots I_N$ 分别为电路板1、电路板2、 $\dots\dots$ 、电路板 N 的电源电流。若按此布线方法，则靠近电源的布线电阻将会有更多的电流流过，比如 r_{1a} 上流过的电流包括从 I_1 到 I_N 的全部电流， r_{2a} 上通过的电流包括从 I_2 到 I_N 的电流。

现在假定末端电路板 N 的电流 I_N 发生较大的变动，这样

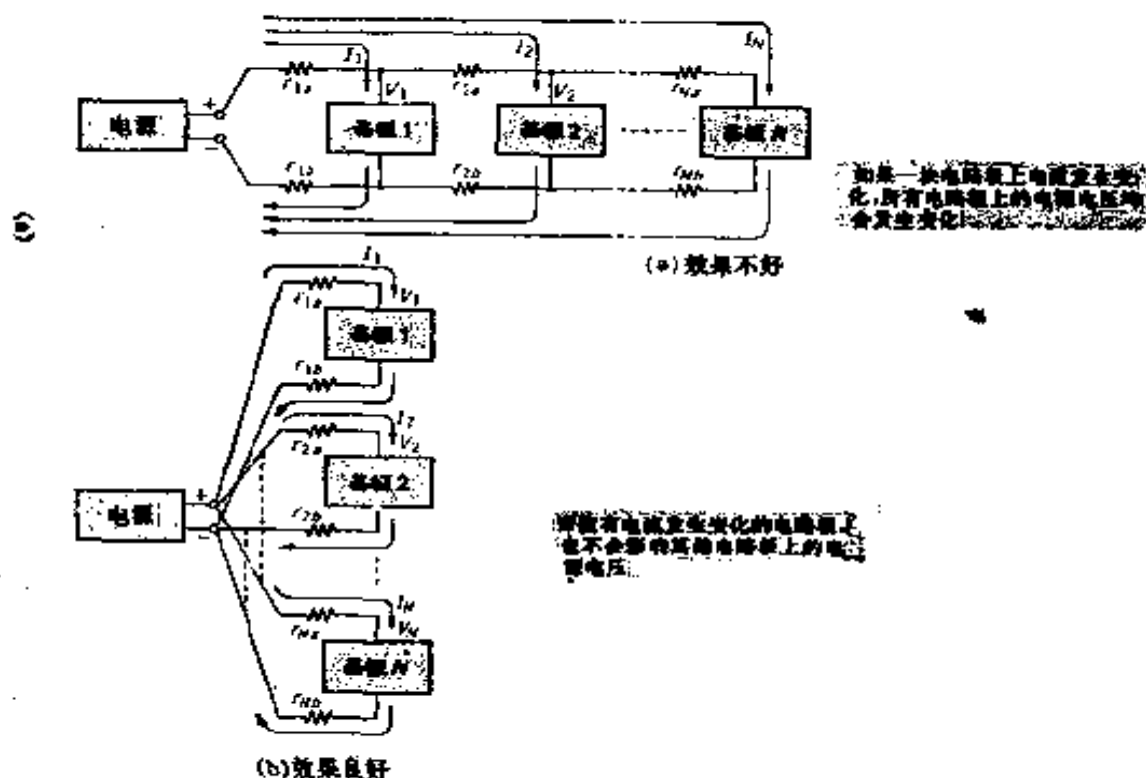


图1-13 多块电路板时的电源接地布线

一来, I_N 将会流经 r_{1a} 、 r_{2a} , 从而产生压降, 加在电路板1和电路板2上的电源电压 V_1 、 V_2 也将发生变化。

这种情况不仅限于 I_N , 若按图(a)所示的布线方式, 无论哪个电路板上的电流发生变化, 也都会影响其他的所有电路板, 其结果造成各电路板之间交调失真的增加。最坏时, 还可能引起电路工作发生故障。这是以电路+端的情况说明的, 若为-端, 其情况也是一样的。

与此对应, 图(b)为正确布线时的情况, 即各电路板电源接地布线各自分别直接与电源相接。这样, 各电路板存在着布线电阻, 即使电流发生变化, 也会产生电压下降。然而其电压变化也仅仅集中发生在电流产生变化的那块电路板上, 而不会影响到另外的电路板。

(5) 电源用电解电容器应考虑电流方向

电源电路由变压电路(变压器)、整流电路(二极管)、滤波电路(电解电容器)组成。从该电源电路与负载电路相连接。此时, 即使连接方式相同, 若布线的顺序有误, 也不可能获得理想的电源效果。

为便于理解, 将电源电路按图1-14所示绘制。首先是不正确的情况, 通往负载的布线从整流二极管输出, 并且, 除了通往负载电路的布线之外, 通往滤波电容器的布线也从整流二极管引出。

若按此布线方式, 负载电流不经过滤波电容器而直接流到负载电路中, 所以往往不可能得到所期望的电源效果。这种倾向将随着负载电流的增大、滤波电容器容量的增加, 以及从整流二极管到滤波电容器的布线的变细及增长, 而变得越加突出。

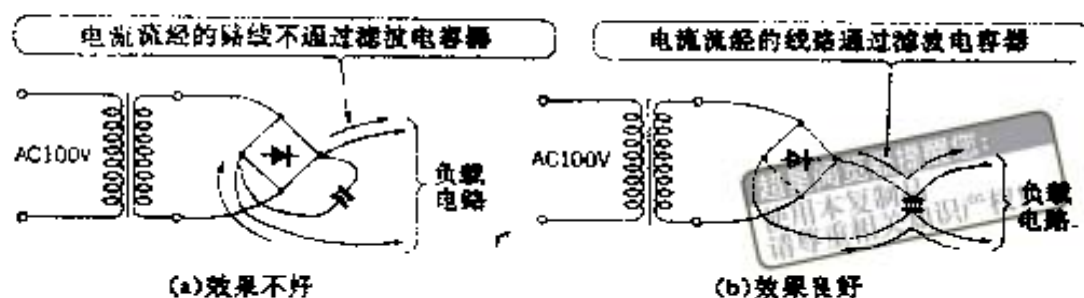


图1-14 电源电路的布线方法

图1-14(b)所示的电路不会发生上述不良现象。这种电路中通往负载电路的布线是经过一只滤波电容器之后，从整流二极管引出的。这样一来，由于负载电路必须经过滤波电容器，因此，不会产生图1-14(a)中所发生的不良现象。

以上情况可说是设计电流流向时应当遵循的办法，并且，这种设计方法不仅对于滤波电容器适用，而且对于电源旁路电容器^⑤也是同样适用的。

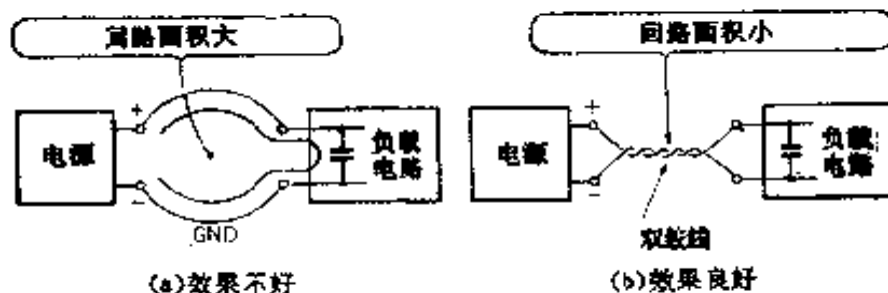


图1-15 防止电源电路形成回路

(6) 电流回路应尽量小

电流回路的范围太广泛，然而，其设计方法则很简单。当设计电流的流向时，如果有去路，那么必然也就有回路。

⑤ 电源旁路电容器：指连接在电源与地之间的电容器。使用这种电容器的目的在于消除电源电路的公共阻抗，使电路工作稳定。

应尽量减小它的去路与回路所构成的电流回路面积。这一规则无论对于电源电路，还是对于信号电路都是适用的。

电源电路的情况见图1-15。图1-15(a)为不正确的情况，其中电流的往返线路所构成的回路非常大。若电源电路的回路大时，该回路等可能对其他电路产生不良的影响。

图1-15(b)是小回路时的情况，这样一来，由于回路小，对其他电路的影响也就会变得相当小。将两条电线扭在一起，称为绞合线。即使没有这种绞合线，只要使两条导线保持平行也多少有一些效果。

当为信号电路时，图1-15中的电源被更换为放大电路1，将负载电路更换成放大电路2，其余部分完全相同。此时，若按图1-15(a)设计，则该回路容易受到外来噪声的影响。

电源旁路电容器的采用，也可以被看作是为了减小电流回路而采取的措施。如图1-16所示，即使电源采用直流供电，就高频电流而言，也会形成由集成电路和旁路电容器所构成的回路。因此应尽量缩小此回路，旁路电容器应靠近集成电路。

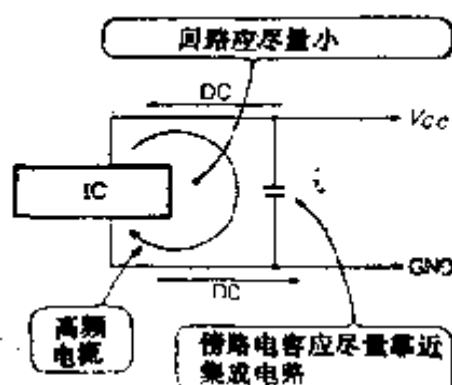


图1-16 连接旁路电容器时的注意事项

1.3 元器件的安装

(1) 电源电路、功放电路应远离微弱信号电路

微弱信号电路处理的信号强度是非常小的(1mV以下),所以极容易受到外界的影响。



路和功率电路所处理的信号电平大,所以受影响。在电源电路中,最大的噪声源是器上具有几V_{p-p}的回路电压是很常见的,不能忽视。并且,功率电路中所处理的信号也可达到几十至100V以上,电流也常常高达几安培。

如果将微弱信号电路放置在电源电路和功率电路附近时,噪声会串入到微弱信号电路中,应让这些电路保持尽量远的距离。

图1-17 将各单元电路集中在一起的方案

图1-17是将微弱信号电路、小信号、中信号电路、功率放大电路以及电源电路集中在一块底板的设计方案。这样,

微弱信号电路远离电源电路(特别是变压器)、功率放大电路,不易受到影响。

图1-18所示,变压器必然存在着漏磁通。该漏磁通在所示方向上产生严重的影响。因此,即使不变,若改变其安装的角度,则将会使得所产生的影响发生变化。微弱信号电路不允许安置在变压器的漏磁磁力线的方向上。

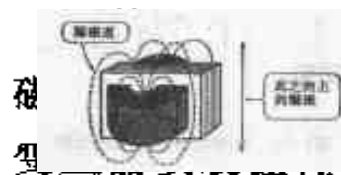


图1-18 变压器的漏磁通

(2) 双晶体管和场效应管应尽量靠近安装

从原理上讲,半导体是一种对温度非常敏感的器件。对于工作不良的直流放大器来讲,即使仅吹一口气,也有可能使得输出产生偏离。

在以晶体管、场效应管的特性相同作为设计条件的电路中,希望其芯片温度尽量保持一致。若从电路制作的角度考虑,则必须使这些器件在安装时尽量靠近,以进行相互之间的热结合。

图1-19所示的极普通的功率放大器即为一例。在此电路中,必须处于热平衡的器件有 FET_1 与 FET_2 , Tr_1 与 Tr_2 , Tr_4 与 Tr_5 , Tr_6 、 D_1 与 Tr_7 、 Tr_8 。

首先,应考虑初级差分放大电路中的 FET_1 与 FET_2 。它们之间的性能差异将被放大,然后从输出之中反映出来,所

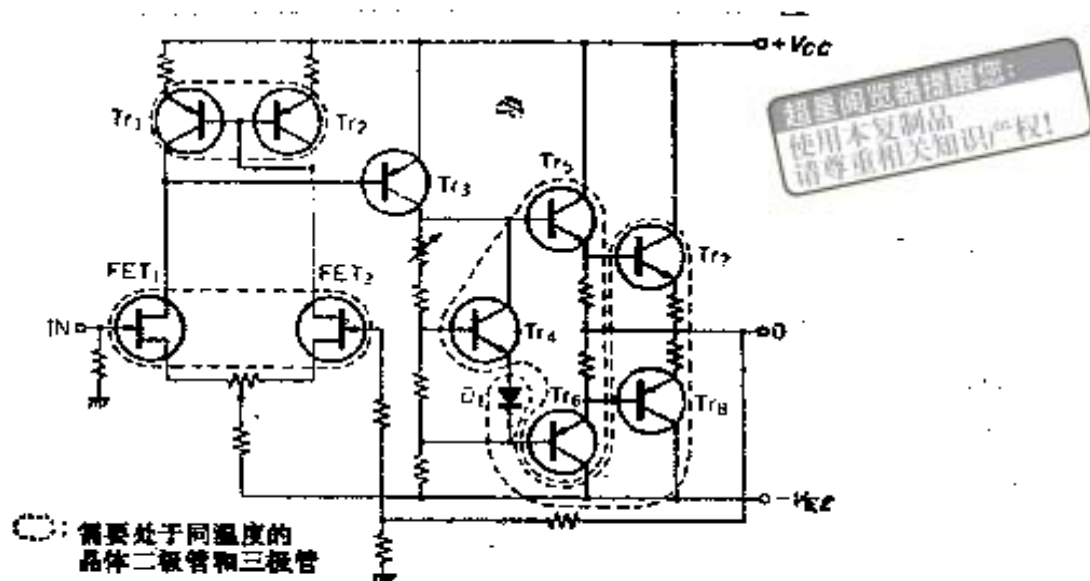


图1-19 典型的直流功率放大器

以最理想的办法是使用双场效应管^⑤（双晶体管）。如果没有条件使用这类器件时，如图1-20所示，应将两个器件尽量靠近安置，用环氧树脂粘结剂将其外壳粘贴在一起，以便于进行热耦合。

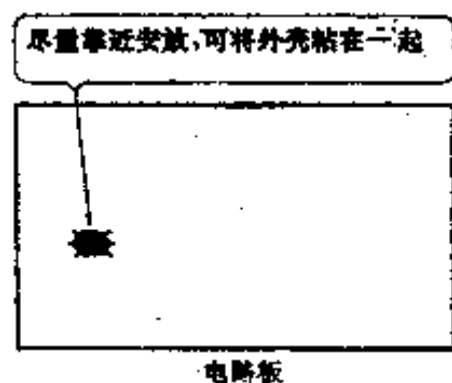


图1-20 小信号晶体管或场效应管的热耦合

- ⑤ 双晶体管和场效应管：指在一个封装之中，含有两只晶体管或场效应管的器件。由于处于同一封装之中，因此两只管子之间的热平衡是十分良好的。

其次，应考虑电流镜象电路④中的 T_{r1} 与 T_{r2} 也必须进行热耦合。总之，上述两只管子的安置相隔越近越好。

T_{r4} 与 T_{r5} 、 T_{r6} 、 D_1 与 T_{r7} 、 T_{r8} 的作用在于使偏压稳定化（使空载电流⑤保持一定）。 T_{r5} 、 T_{r6} 还并非那么严重，而 T_{r7} 、 T_{r8} 比温度相当高，如果热耦合不恰当，则最严重的是热散逸⑥， T_{r7} 、 T_{r8} 被热破坏。

图1-21所示，将 D_1 安装在 T_{r7} 、 T_{r8} 上。此时，粘合剂将其粘结在一起。并且，由于 T_{r7} 、 T_{r8} 都处于同一温度下，因此，无论将 D_1 安装在 T_{r7} 或 T_{r8} 上都是可以的。

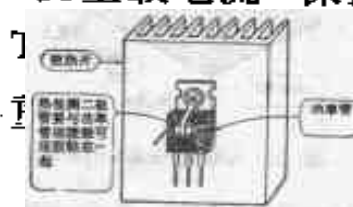


图1-21 与功率管的热耦合

(3) 容易受温度影响的元器件应远离热源

上节中已经介绍，成对的晶体管或场效应管需要进行热

- ④ 电流镜象(Current Mirror)：指利用特性相同的晶体管中，如果 V_{BE} 相等，则 I_C 也相等这一特征，而获得与输入电流相同的折返输出电流的电路。
- ⑤ 空载电流(Idle Current)：指无信号时的静态电流。
- ⑥ 热散逸(Thermal Runaway)：随着电流的增大，温升增加，而此温度的上升，又将促使电流增长，形成循环。最严重时，将引起器件产生热破坏。

耦合,而将其尽量远离热源也是同样重要的(除去图1-21所示场合之外)。而且,这一原则不仅限于半导体,对于所有容易受温



热源 2 电路板上的元器件安装情况。①为成为 ②为必须具有双特性的一对晶体管(初级差分放大器用晶体管等)、③聚苯乙烯电容器。

图1-22 电路板上元器件的安装

②使一对晶体管进行热耦合,然而,即使进行一定程度的热耦合,也不能说是十分完全的,因此希望极力减少周围环境的变化。所以,必须尽量远离热源①。

③为聚苯乙烯电容器,虽然不必与其他元件配对安装,但由于它不耐热,所以应离开热源一定的距离。电容器与其他元件相比,其热稳定性较差,而其中又以聚苯乙烯电容器尤为突出。

温度上升的程度将随设计方法而异,而一般情况下,发热的器件有以下几种:

☆晶体管(功率晶体管、即使是小信号晶体管也将消耗较多的电功率)。

☆集成电路(功率集成电路、电源集成电路、ECL^①、S-TTL及其他)。

☆电阻器(功耗大的品种)。

☆电源变压器。

与配对晶体管或FET不同,如②聚苯乙烯电容器,其耐热性差,也不应靠近热源。这类不应靠近热源的元器件有:

☆电解电容器

☆有机薄膜电容器(尤其是聚苯乙烯电容器)

☆发光二极管(LED^③)

☆聚氯乙烯被覆的导线

需要使参数保持高精度的电路、模拟电路(指数、对数、乘除等)电路、微小信号放大电路等必须远离热源。

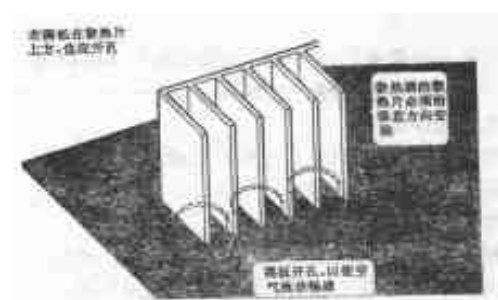
(4) 进行热设计时应考虑空气的流通

在功率电路中,必须考虑散热方法。只是安装散热片不一定能满足需要,若不考虑空气的流通,则不可能获得预想的散热效果,最坏情况下,则可造成器件的损坏。

所制作的电路最后将放入外壳中,从散热考虑,最有效的办法是将功率管之类的热源或将散热片安装在外壳之外。观察专业厂家制造的仪器,往往可看到采用了以上处理方法;从背面观察,就可发现有功率管或散热器。另有一种办法,是以机器的外壳代替散热器,直接将功率管安装在其上。当将功率管安装在机壳上时,必须注意晶体管的电极绝不能与

① ECL(Emitter Coupled Logic):采用共发射极差分电路的逻辑电路。由于晶体管工作在未饱和区,所以速度快,但功耗也就大,不宜用于高逻辑电平电路。

③ 发光二极管LED(Light Emitting Diode):发光二极管,它分为发出可见光和红外光两类,详见3.3二极管一节的叙述。



超星阅读器提醒您：
使用本复制品
请尊重相关知识产权！

图1-23 散热片的安装方法

机壳相接触。

也可将散热片安装在机壳之中，如图1-23所示，应在散热片的上下方开孔。若不如此，空气无法流通，从散热片散发出的热量不易散失，造成散热效率的下降。

散热片应沿垂直方向安装。即使是同一散热器，如果其散热片沿水平方向安装，将会造成散热效果的下降（等效热阻增大^⑩）。

在底板上上有发热元件时，也必须考虑空气的流通。若容易受热影响的元件位于同一底板上，而将其底板竖直安放时，必须将发热元件安装在上部。如果将发热元件安装在下部时，热空气上升，将会对其他元件产生不良影响（参见图1-24）。

⑩ 热阻 (Thermal Resister)：表示热传导难易程度的参数，单位 ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)，当功耗为 1W ，使温度上升 1°C 时，其热阻为 $1^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。

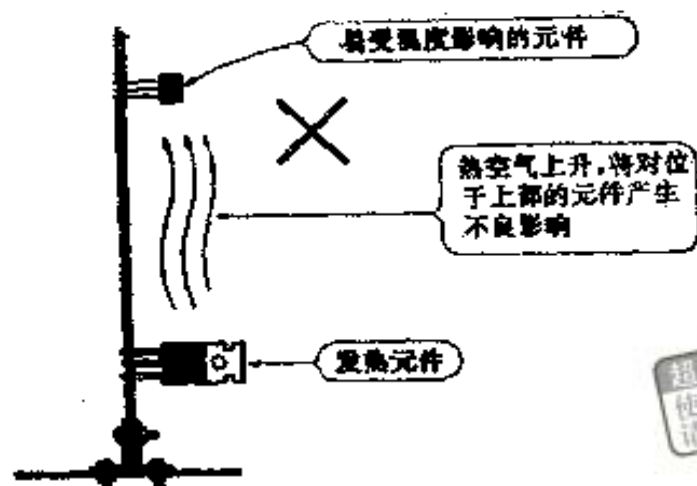


图1-24 底板垂直安放时的不良影响

(5) 元器件的安装应考虑便于使用

在设计印制电路板线路时，应考虑元件的尺寸和布线。此时，自然应注意“1.2布线技术”一节所讲的要领，然而对初学者来讲，容易犯以下错误：

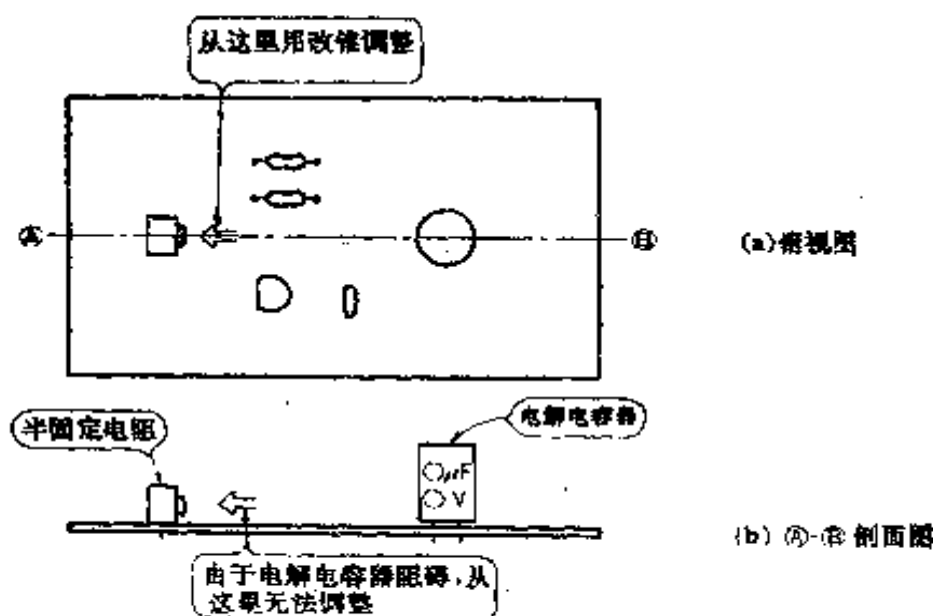


图1-25 安装横向调整的可变电阻器时，应考虑调整时的情况

当使用可变电阻器从横向进行调整时，如果在它的轴向方向上有高的元件，会非常难以调整，这种情况如图1-25所示。使用改锥进行调整时，受到电解电容器阻碍，而无法调整。因此，在其轴方向上不能安装高尺寸的元件。

另外，与元器件的安装不同，如图1-26所示，为了将电路板安装在机器底板上，需要在电路板上开安装孔，如果在安装孔周围没有留下相当余量的区域，则安装用的金属零件将会与电路图形铜箔发生短路，从而成为预想不到的故障发生原因。

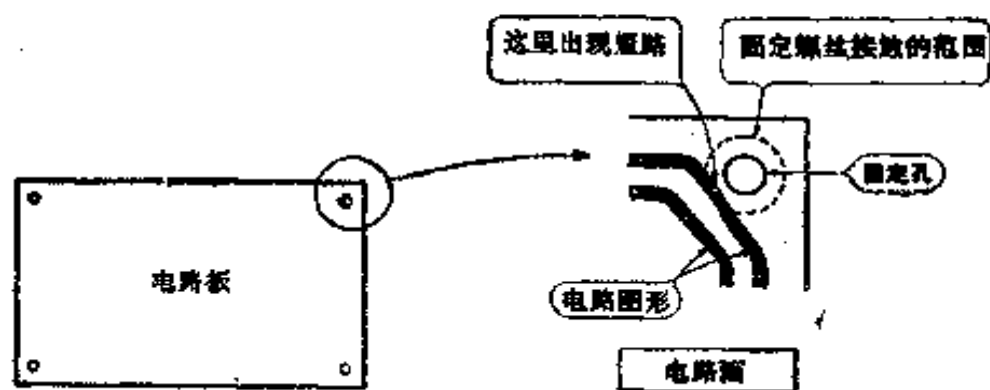


图1-26 注意电路板安装孔附近的电路图形

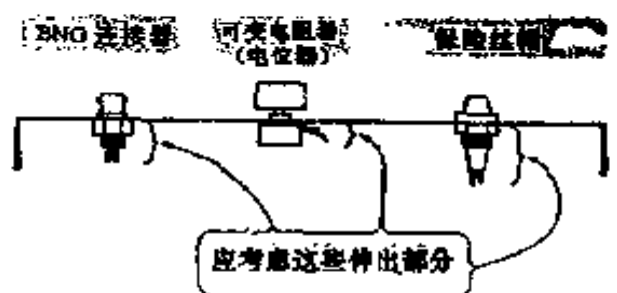


图1-27 将元件装入机壳时的注意事项

在完成元器件安装之后，不仅应考虑电路板，而且还应考虑装入机壳中的元件的放置问题。由于安装在前后面板上

的元件(如可变电阻器、开关、发光二极管、连接器、插座、保险丝盒等),或多或少地会向机壳内部延伸(如图1-27),若在机壳上开孔之后,才考虑如何安装这类元件,就可能会发生元件之间相碰的问题。

超星浏览器提醒您：
使用本复制品
请尊重相关知识产权！

第二章 运算放大器的 使用方法

超星阅读器提醒您：
使用本复制品
请尊重相关知识产权！

2.1 运算放大器简介

(1) 什么叫做运算放大器

数字电路即为TTL或C-MOS逻辑电路，而谈到模拟电路，首先就应想到运算放大器。但是，这里讲的运算放大器是怎样一个器件呢？

简而言之，运算放大器是具有两个输入端，一个输出端，以极大的放大率将两输入端之间的电压放大之后，传递到输出端的一种放大器。

如果以电路符号来表示运算放大器，则如图2-1，可表示为三角形。它的两个输入部分分别叫做非倒相输入(IN^+)和倒相输入(IN^-)。它以极大的放大率将倒相输入端与非倒相输入端之间的电压放大，然后从输出端(OUT)输出。

(2) 封装方式

上面介绍了运算放大器的简单概念。如果了解了它的外形情况，就容易根据图象来做判断。

各种运算放大器的外形照片和内部电路分别示于照片2-1~2-3和图2-2中。

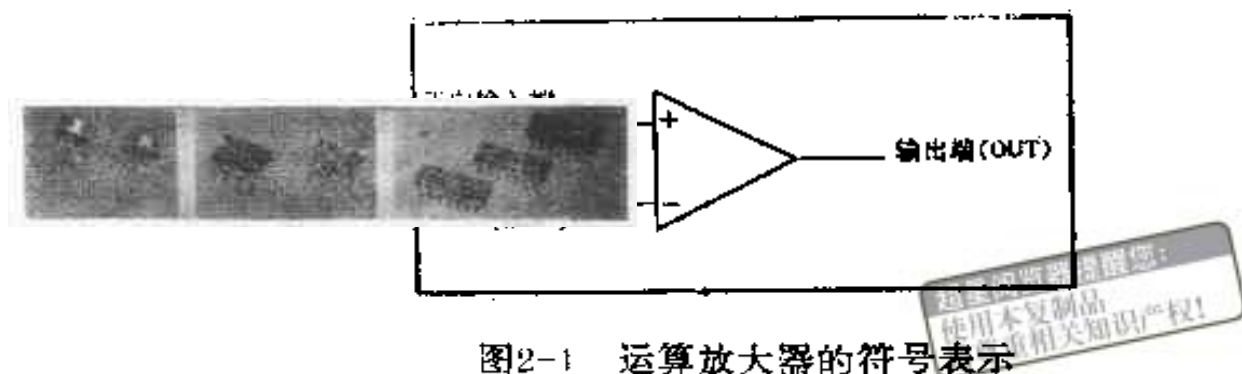


图2-1 运算放大器的符号表示

照片2-1 CAN8
引线封装

照片2-2 DIP8
封装引线

照片2-3 DIP14
引线封装

管壳封装(CAN型)

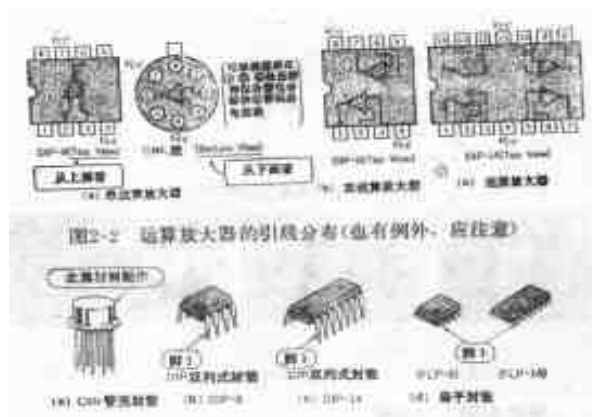
照片2-1、图2-3(a)是一种最老的形式,为管壳封装,外壳为金属制的。由于封装成本高,目前,除有高可靠和特殊性能要求的少数型号之外,已经不大使用这种封装方式了。这种管壳封装方式中,引线数多为8条。引线的编号,一般以凸起处为第8引线;从底部看,按顺时针方向,分别为1、2、…8引线(图2-3(a))。

双列式8引线封装(DIP-8)

照片2-2、图2-3(b)为双列式(Dual Inline Package)8引线方式。封装材料为塑料,目前一般使用的运算放大器以这种方式为主。引线编号,从上看,按反时针方向,一例为1~4,另一例为5~8引线。通常第一引线处都有一个凹缺记号(图2-3(b))。

双列式14引线封装(DIP-14)

照片2-3、图2-3(c)为14引线双列式,它是基本的双列8



超星浏览器提醒您：
使用本复制品
请尊重相关知识产权！

图2-3 各种封装形式

引线方式的引线增加后的产品。这种类型是在一个封装中装入了多个运算放大器电路。

一般业余爱好者使用的运算放大器的封装，可以说均为以上三种形式。此外，也有使用陶瓷材料和扁平形封装的，其目的分别在于使器件小型化和提高可靠性。

(3) 单、双、四运算放大器

在一个封装之中，放入一个运算放大器电路的称为单(Single)运算放大器；放入两个运算放大器电路者称为双(Dual)运算放大器；放入4个运算放大器电路者，称为四(Quad)运算放大器。使用四运算放大器的电路，比使用单、双运算放大器组装的电路板，面积可变得更小。

在几乎所有的封装中，若为单运算放大器，则使用管壳