

第一章 整流与升压电路

现代的电力电子技术，无论是对改造传统工业，还是对创建高科技产品都至关重要。对于一名高级电工以及力求技术上进的中初级电工来说，首先要从常用的晶体二极管和电力电子模块、组件上着手学习，掌握电气设备常用的整流与升高电路。

例 1. 晶体二极管单相半波电阻负载整流电路

晶体二极管又叫半导体二极管，简称二极管，具有单方向导电性能，其图形符号如图 1a 所示，外形如图 b 所示。单相半波电阻负载整流电路如图 c 所示。

图 c 中， e_1 为电源，T 为变压器，VD 为二极管， R_L 为负载电阻。电源 $e_1 = \sqrt{2}E_1\sin\omega t$ 是一个按正弦规律变化的电压，其中 E_1 是电压的有效值， $\sqrt{2}E_1$ 是电源电压的最大值， $\sin\omega t$ 是按正弦变化的符号。通常 e_1 为 220V 或 380V50Hz 交流电源。

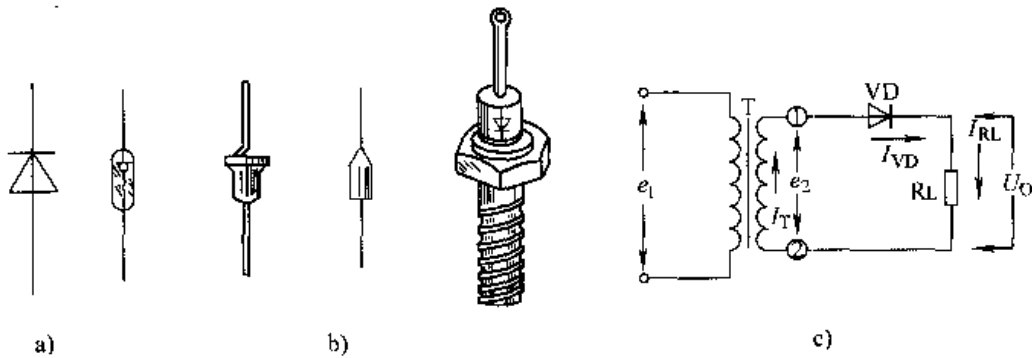


图 1 晶体二极管单相半波电阻负载整流电路

变压器 T 将电网的交流电压变换成负载要求的电压数值 e_2 。整流二极管 VD 将忽正忽负的交变电压 e_2 变换成单方向的脉动电压。负载电阻器 R_L 相当于需要用直流电源的电气设备。

T 的二次电压 e_2 的变化规律与一次电压 e_1 是一致的，但为了适合负载 R_L 的需要，在数值上往往是不同的。 e_2 是一个随时间变化的正弦波电压。当 T 的②端为正、①端为负时，流经 T 的二次绕组的电流如 I_T 箭头方向所示， e_2 使二极管 VD 正向导通，流经 VD、 R_L 的电流 $I_{VD} = I_{RL} = I_T$ ，负载电压与电源电压 e_2 几乎一样。负载电流的大小由负载电阻 R_L 决定。当 T 的①端为正、②端为负时，VD 加反向电压，不导通， R_L 上没有电压。这就是说，加在负载 R_L 上的电压只

有电源电压 e_2 的半个波，所以通常叫作半波整流。

在半波整流电路中，单向流动的半波电流中就有了直流的成分，此直流输出电压的数值（即半波电压在整个周期内的平均值） U_0 为

$$U_0 = \frac{\sqrt{2}}{\pi} e_2 = 0.45 e_2$$

整流二极管 VD 的选择：流过 VD 的平均电流 I_{VD} 与流过负载 R_L （阻值为 R_L ）的直流电流 I_{RL} 相等，即

$$I_{VD} = I_{RL} = \frac{0.45 e_2}{R_L}$$

VD 承受的最大反向电压就是 e_2 的最大值，即 $\sqrt{2} e_2$ 。

在设计时，根据上述条件选择整流二极管。

单相半波整流电路的主要优点是电路简单，缺点是电压脉动大、变压器利用率比较低。

例 2. 晶体二极管单相全波电阻负载整流电路

单相全波整流电路是由两个单相半波整流电路组合而成的，电路如图 2 所示。

图中，T 的二次侧供给大小相等、方向相反的两个电压、 e_{2a} 和 e_{2b} ，即 $e_{2a} = -e_{2b}$ 。当 A 端为正，B 端为负时， e_{2a} 经过 VD_1 、 R_L 、变压器中心抽头构成通电回路。此时 VD_2 因加反向电压而截止（不导电）。当 B 端为正，A 端为负时， e_{2b} 经过 VD_2 、 R_L 和变压器中心抽头构成通路。此时 VD_1 因加反向电压而截止。由于 VD_1 、 VD_2 构成的两个单相半波电路轮流导通，从而使负载电阻 R_L 上得到了单方向流动的电流，即直流。但仍有电压脉动。

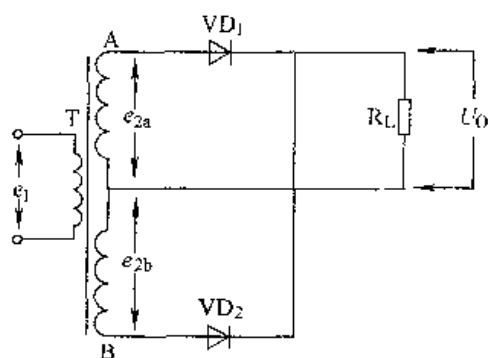


图 2 晶体二极管单相全波电阻负载整流电路

全波整流电路的直流输出电压 U_0 ，比半波整流电路大一部，即

$$U_0 = 0.9 e_2$$

VD_1 、 VD_2 为全波整流电路中整流二极管，它们是轮流导电的，流过每只二极管的平均电流只有负载电流的一半。每只二极管所承受的最大反向电压，是变压器二次电压最大值的两倍，即 $2\sqrt{2} e_2$ 。

单相全波整流电路，虽然克服了单相半波电路的缺点，能使整流出来的电压脉动减小一些，但其本身存在着变压器需要有中心抽头、二极管所承受的最大反

向电压较高等不足。

例 3. 晶体二极管单相桥式电阻负载整流电路

单相桥式整流电路是由四只二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 组成的，其电路接成一个电桥形式，所以称为“桥式整流电路”。其画法有三种，如图 3 所示。桥式整流电路常用文字符号“UR”表示。

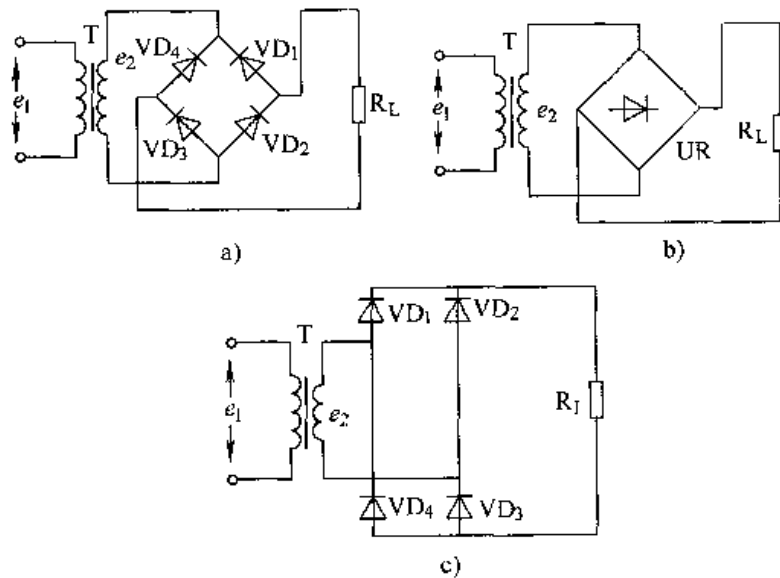


图 3 晶体二极管单相桥式电阻负载整流电路

当电源的极性为上正、下负时，二极管 VD_1 和 VD_3 导通（见图 3c）。此时 VD_1 和 VD_3 上的压降极小，电流从变压器 T 二次绕组上端经 VD_1 、 R_L 、 VD_3 回到变压器二次绕组下端，在负载 R_L 上得到一个半波整流电压；当电源极性相反，即下正上负时， VD_2 、 VD_4 导通，电流通过 VD_2 、 R_L 、 VD_4 ，同样在 R_L 上得到一个半波整流电压。如此周而复始，在负载上得到一个同单相全波一样的电压波形。直流输出电压 $U_0 = 0.9e_2$ ，直流电流 $I = 0.9e_2/R_L$ 。

整流二极管参数的确定：二极管的整流电流为 $0.45e_2/R_L$ ；二极管所承受反向电压最大值等于 $\sqrt{2}e_2$ 。

桥式整流电路与全波整流电路相比，变压器二次绕组无需中心抽头，这样变压器体积可以做得小些。但是，桥式整流电路中的整流二极管比全波整流电路多一倍，不过二极管的耐压却可以低一半。

例 4. 晶体二极管三相桥式电阻负载整流电路

三相桥式整流电路如图 4 所示。T 为变压器，一次、二次绕组都接成星形

(Y_Y)。

变压器二次相电压 u_{u-o} 、 u_{v-o} 、 u_{w-o} 是按正弦规律不断变化的。当 u 相的电压变化到最大，而 v 相的电压变化到最低时，电流 i_u 经过 VD_1 、负载电阻 R_L 、 VD_4 ，流入 $v-o$ ，构成了一个导

电回路；当 u 相电压仍旧最高，而 w 相的电压变得最低时，电流 i_u 经 VD_1 、 R_L 、 VD_6 ，流入 $w-o$ ，此时 $u-w$ 之间的线电压加到 R_L 上，当 v 相电压变得最高，而 w 相电压仍旧最低时，

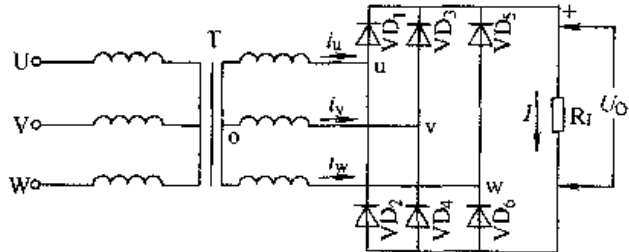


图 4 晶体二极管三相桥式电阻负载整流电路

电流 i_v 经过 VD_3 、 R_L 、 VD_6 回到 $w-o$ ，此时， $v-w$ 之间的线电压加到 R_L 上，如此类推，使三相整流电流全部加到负载电阻 R_L 上。

在这个电路中，负载 R_L 上得到的是一个比较平直的直流电压。负载 R_L 两端的电压 U_0 为

$$U_0 = \frac{3 \times \sqrt{2} \times \sqrt{3}}{\pi} e_2$$

$$= 2.34 e_2$$

式中 e_2 ——变压器二次相电压的有效值。

负载（电阻器 R_L 的阻值为 R_L ）中流过的直流电流值可用欧姆定律求得

$$I = \frac{U_0}{R_L} = 2.34 \frac{e_2}{R_L}$$

整流二极管的选择：因为在一个周期中，每只二极管只有 $1/3$ 时间内导通，所以每只管子的平均整流电流只有负载电流的 $1/3$ 。每只管子承受的最大反向电压应是变压器二次线电压的最大值，即 $\sqrt{2} \times \sqrt{3} e_2 = 2.45 e_2 = 1.05 U_0$ 。

例 5. 双臂整流模块单相全波整流电路

电力电子整流模块是由整流电流 $I_{T(AV)}$ 为数百安、耐压 U_{ISOL} 为数千伏的大功率整流二极管通过并联或串联后，封装在一个外壳内形成的产品。

常见的双臂整流管模块如图 5 所示。图 a 为双臂串联模块；图 b 为双臂阴极并联模块；图 c 为双臂阳极并联模块；图 d 为外形尺寸。图 d 中“+”为接线端，示意是用“+”字螺钉；3—M5×12 示意为这 3 个接线端的螺钉直径为 5mm，长度为 12mm，双臂整流管就是通过这 3 个端子与外电路连接的，以实现各种电力电子技术功能。

双臂整流管模块型号颇多，其参数见附录 A。

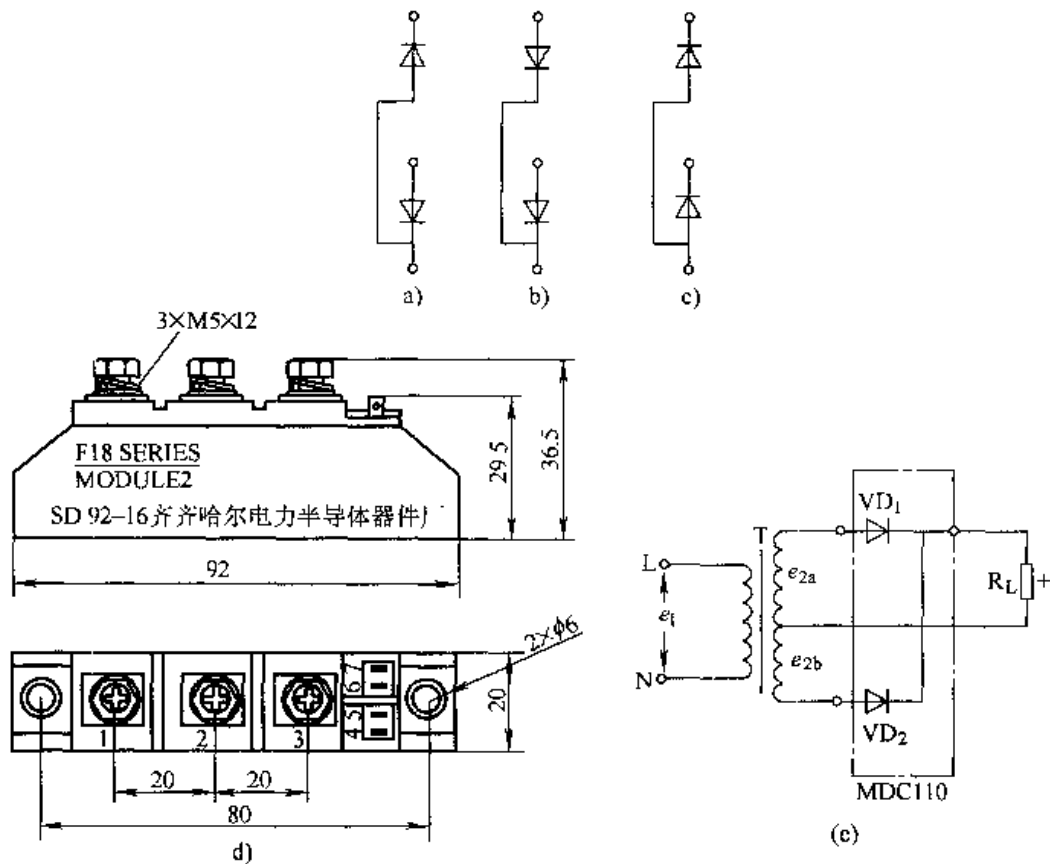


图 5 双臂整流模块单相全波整流电路

利用双臂串联整流管模块组成的单相全波整流电路如图 e 所示。不难看出，它与我们寻常所见的单相全波整流电路原理是一致的（参见《经典晶体管电子线路 300 例》，机械工业出版社），只不过本例所采用的是由大功率整流二极管构成的双臂串联模块。

例 6. 双臂整流模块单相桥式整流电路

双臂整流单相桥式电路是由双臂阴极（负极）并联和双臂阳极（正极）并联整流管模块构成，电路接成一个电桥形式，所以称为桥式整流电路，如图 6 所示。

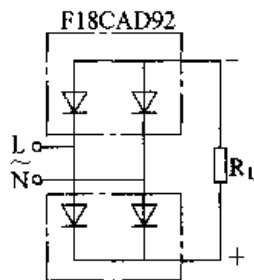


图 6 双臂整流模块单相桥式整流电路

例 7. 双臂整流模块三相桥式整流电路

用一个双臂串联模块和两个双臂整流管模块组成的三相桥式整流电路如图 7 所示。

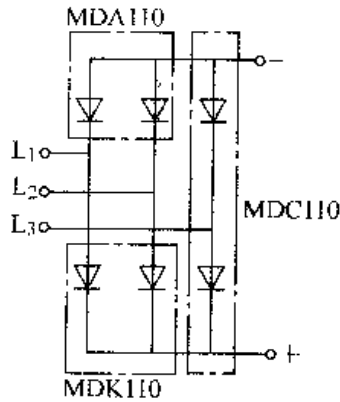


图 7 双臂整流模块三相桥式整流电路

例 8. 双臂整流模块串联电路

在反向电压较高的情况下，可选耐压较高的双臂串联整流管模块，若是手头没有耐压较高的模块，可以将两个或两个以上的模块串联使用，使每个模块分别承受一半或几分之一最大反向电压。但因每个整流管的反向特性（即反向电阻）不可能完全一致，会造成电压分配不均匀，所以采用并联均压电阻 R_G 的方法，如图 8 所示。

图 a 为双臂串联电路；图 b 为并有均压电阻 R_G 的双臂串联电路。

不难看出，按图 a 接线，所串联的双臂中的二极管在工作中实际上只用到一只二极管，这样未免太浪费。所以在订货时可以向生产厂提出要求，或自行拆开模块将两只整流管的接线进行改接，如图 c 所示。有关参数见附录 B。

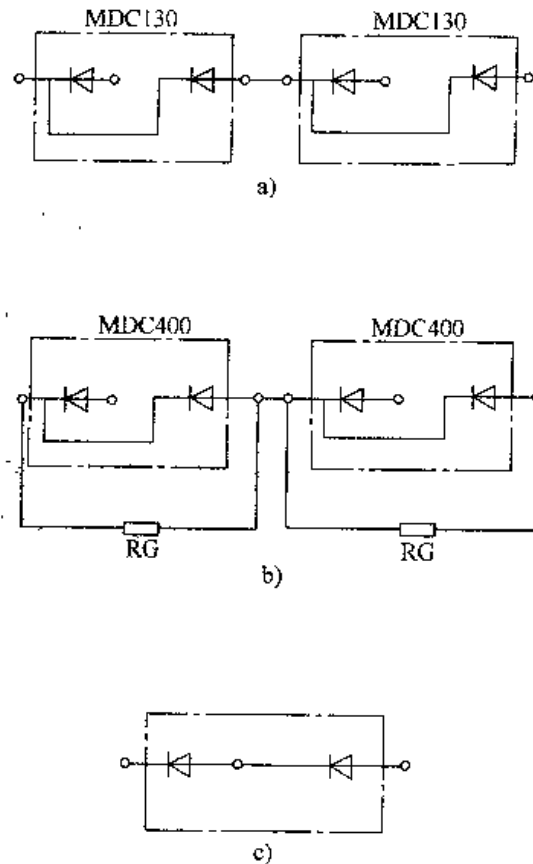


图 8 双臂整流模块串联电路

例 9. 双臂整流模块并联电路

如果负载要求的电流很大，用一块模块时发热很厉害，这时可用一块双臂阴极并联模块（或双臂阳极并联模块）按图 9 所示改为双臂整流并联模块电路。有关参数见附录 B。

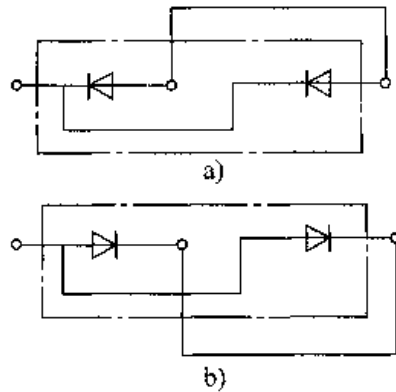


图 9 双臂整流模块并联电路

例 10. 晶闸管-整流管联臂模块三相半控桥式整流电路

顾名思义，晶闸管-整流管联臂模块，就是由一只晶闸管和一只整流二极管，通过串联或并联组成模块，以适应电力电路的某些需要。常见的联臂模块如图 10 所示；图 a 为整流管-晶闸管串联联臂模块；图 b 为晶闸管-整流管串联联臂模块；图 c 为整流管-晶闸管阳极并联联臂模块；图 d 为晶闸管-整流管阴极并联联臂模块。

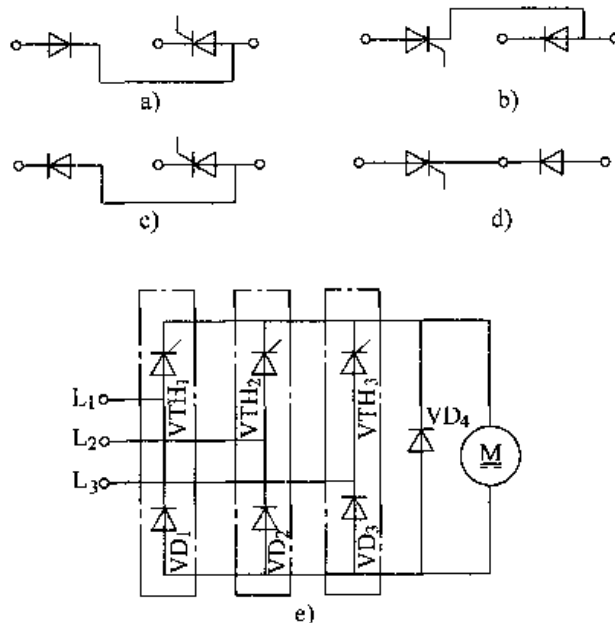


图 10 晶闸管-整流管联臂模块三相半控桥式整流电路

晶闸管-整流管联臂模块的功率大、耐压高，用途颇广。其参数见附录 C。

采用三只整流管-晶闸管串联联臂模块，组成三相半控桥式整流电路。电路如图 e 所示。

在本例中，改变三只晶闸管 $VTH_1 \sim VTH_3$ 的触发脉冲出现的迟早（又叫“移相”），即可通过改变每周期内晶闸管的导通时间，从而调节输出的直流电压平均值。当直流电动机 M 的端电压改变时，转速即行改变。

本例电路广泛用于功率较大的直流电动机的无级调速（软起动中也有应用）。

例 11. 整流桥模块三相桥式整流电路

整流桥模块是电源作整流用的专用模块。其产品有五大类型，如图 11 所示。

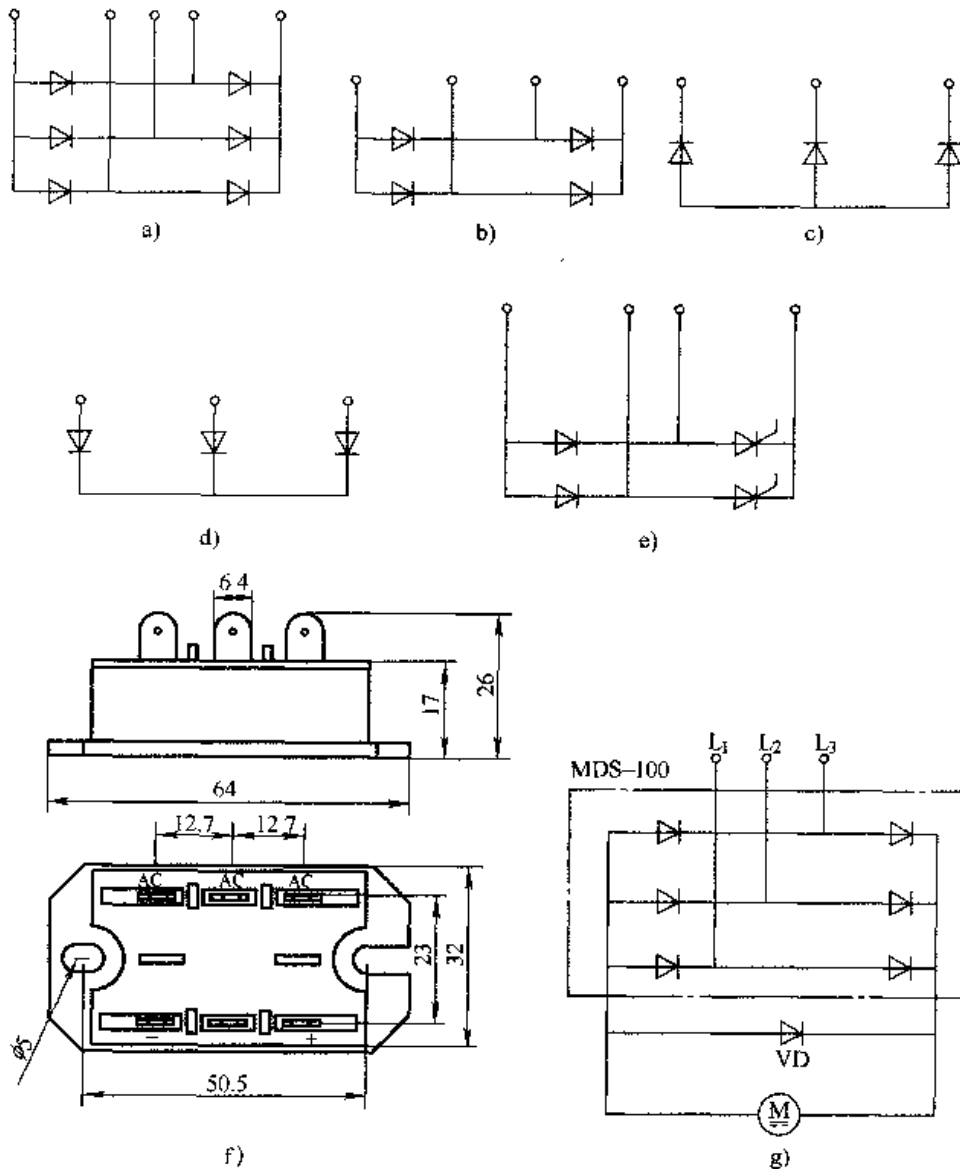


图 11 整流桥模块三相桥式整流电路

图 a 为三相桥式整流模块；图 b 为单相桥式整流模块；图 c 为负三臂整流桥模块；图 d 为正三臂整流桥模块；图 e 为单相半控桥式整流模块；图 f 为整流模块外形尺寸图。目前，国产整流桥模块整流电流为 100A 左右，耐压可达数千伏，参数见附录 D。

初学者对整流二极管、晶闸管、整流桥的原理如不甚了解，可参阅《经典晶体管电子线路 300 例》（机械工业出版社）。

采用一只三相桥式整流模块，就能轻而易举地组成一个三相桥式整流电路，电路如图 g 所示。

试问：如果手头有一块负三臂整流桥模块和一块正三臂整流桥模块，能否搭接出三相桥式整流电路？

例 12. 晶体二极管-电容二倍升压电路（一）

某设备需要高电压、小电流的电源，能不能采用例 1~4 介绍的整流方法来获取呢？显然是不适宜的。因为这需要变压器的二次电压很高，势必增多绕组的匝数，绕制困难、体积大。以下几例介绍的倍压整流电路，它所要求的变压器二次电压并不太高，整流二极管等的耐压也不太高，但其输出的直流电压却能高于输入电压很多倍。

本例介绍二倍压整流电路，如图 12 所示。

本例是利用一组绕组、两只整流二极管，可获得三组不同输出电压的整流电路。

如果电容较大，并且负载电阻 R_L 也很大的话，当 e_2 正半周时，可以认为经过整流二极管 VD_1 对 C_1 充上 $\sqrt{2}e_2$ 的电压而基本保持不变。同样，当 e_2 负半周时，经 VD_2 对 C_2 亦充上 $\sqrt{2}e_2$ 的电压。因此，在 AC 及 BC 间分别得到正的和负的 $\sqrt{2}e_2$ 输出电压，在 AB 之间则是 $2\sqrt{2}e_2$ 输出电压，即二倍压输出。

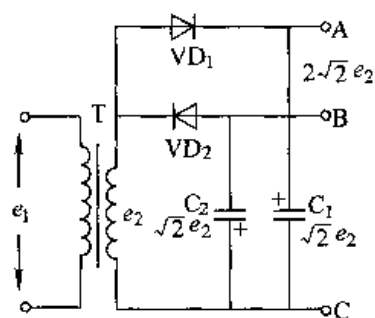


图 12 晶体二极管-电容二倍升压电路（一）

例 13. 晶体二极管-电容二倍升压电路（二）

本例介绍另一种二倍压整流电路。原理如图 13 所示。

如果整流电路中的负载电阻阻值 R_L 比较大，即在 e_2 正半周时 VD_1 导通，能将电容器 C_1 上的电压 U_{C1} 充电到 e_2 的峰值 $\sqrt{2}e_2$ ，并且基本保持不变。当 e_2 到负半周时， C_1 上的电压 U_{C1} 与电源电压 e_2 相加，经 VD_2 对 C_2 充电，充电的电压是 $e_2 + U_{C1}$ ，因此电容 C_2 充到的最大电压接近于 e_2 的最大值两倍，即 $2e_2$ 。它为变压器二次电压的峰值的二倍，所以叫作二倍压整流电路。

这种电路的每个整流二极管的反向电压是 $2\sqrt{2}e_2$ ，使用中必须根据这个数据选择二极管及电容器。

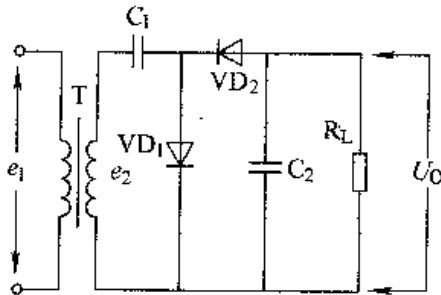


图 13 晶体二极管-电容二倍升压电路 (二)

例 14. 晶体二极管-电容三倍升压电路

晶体二极管-电容三倍升压电路如图 14 所示。

第一半周 e_2 经 VD_1 对 C_1 充电到 e_2 的峰值 E_{2M} (即 $\sqrt{2}e_2$)；第二半周 C_1 上的电压与 e_2 串联经 VD_2 对 C_2 充电到 $2E_{2M}$ (即 $2\sqrt{2}e_2$)；第三半周 C_2 上的电压与 e_2 串联经 VD_3 对 C_3 充电至 $3E_{2M}$ ($3\sqrt{2}e_2$)。

在开始几个周期，电容上的电压并不能真正充到这么高，但经过数个周期之后， C_3 上的电压渐渐能稳定在 $3E_{2M}$ 左右，这就是三倍压整流之原理。

每只整流二极管的最大反向电压为 $2E_{2M}$ 。电容器 C_1 、 C_2 、 C_3 上承受的电压分别为 E_{2M} 、 $2E_{2M}$ 、 $3E_{2M}$ 。

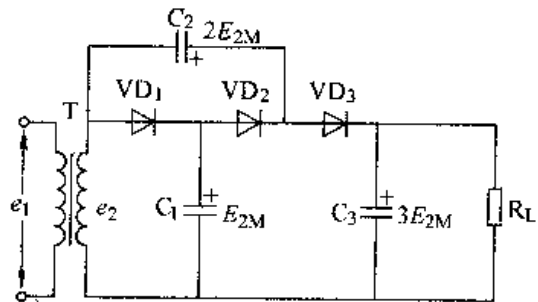


图 14 晶体二极管-电容三倍升压电路

例 15. 晶体二极管-电容七倍升压电路 (一)

晶体二极管-电容七倍升压电路如图 15 所示。

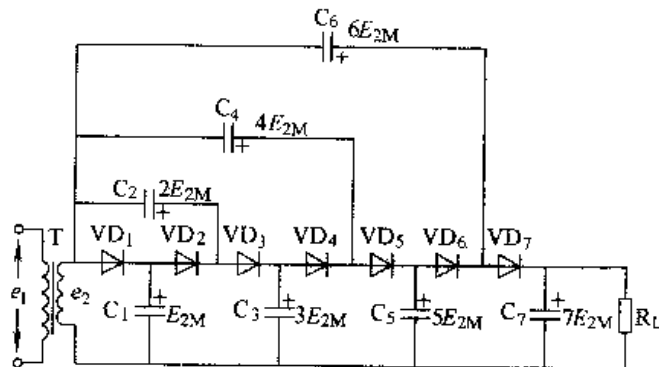


图 15 晶体二极管-电容七倍升压电路 (一)

理论上在 C_7 两端能得到 $7E_{2M} = 7\sqrt{2}e_2$ 的电压输出，每个整流二极管的耐压值要满足 $2E_{2M}$ ，但电容器的耐压要逐渐增加。

图中，各个电容器旁所标 E_{2M} 数值，即为它的耐压值。

例 16. 晶体二极管-电容七倍升压电路（二）

晶体二极管-电容七倍升压电路，如图 16 所示，其电容器耐压值比图 15 所示的电容器大为降低，只需 $2E_{2M}$ （即 $2\sqrt{2}e_2$ ）即可。

由于这种电路所需二极管、电容器的耐压值较低，所以较为常用。

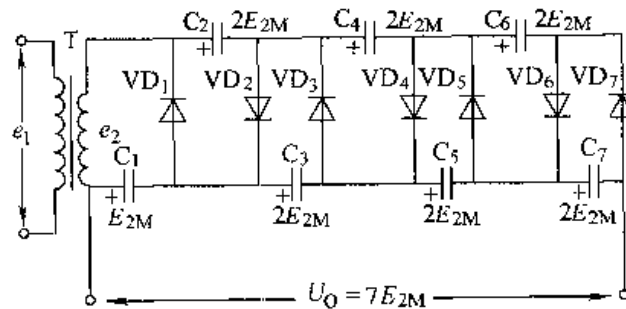


图 16 晶体二极管-电容七倍升压电路（二）

例 17. 晶体二极管-电容九倍升压电路

晶体二极管-电容九倍升压电路如图 17 所示。它由 20kHz 左右的高频振荡器供给高频电压，通过升压变压器 T 升压至 10000V（最大值）左右，经过九倍整流输出约 90000V 电压。

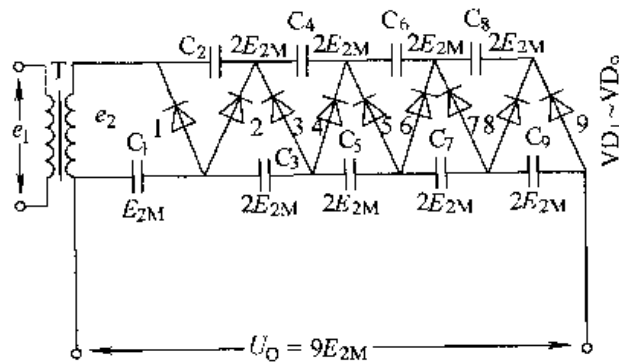


图 17 晶体二极管-电容九倍升压电路

这种倍压整流电路的每只电容器的耐压均为 $2E_{2M}$ （即 $2\sqrt{2}e_2$ ），而不随倍压倍数的增加而增加。和其他倍压整流电路一样，空载时输出电压 U_0 较高，加上负载以后，实际输出电压没有那么高，加大负载（负载电阻减小）时，输出电压将严重下跌。若想调节输出电压 U_0 ，只须设法调整变压器 T 的电压即妥。

此电路可应用于静电吸尘、静电植绒、静电分离等设备。

例 18. 晶体二极管-电容十倍升压电路

晶体二极管-电容十倍升压电路如图 18 所示。

此电路可作臭氧产生器、助燃器等直流电压电路。

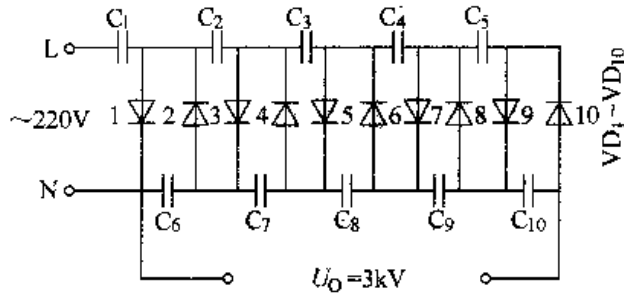


图 18 晶体二极管-电容十倍升压电路

例 19. 晶体二极管-电容五桥串桥升压电路

本例所介绍的晶体二极管-电容五桥串桥高压整流电路，用 20 只高压整流二极管和 8 只电容器组成，其优点是对整流二极管的耐压值要求较低。

电路如图 19 所示。从 A-A' 两端输入 220V 交流电源电压，从 F-F' 两端就能得到将近 1400V 直流电压（因整流二极管有电压降，实际输出直流电压会比 1400V 低一些）。

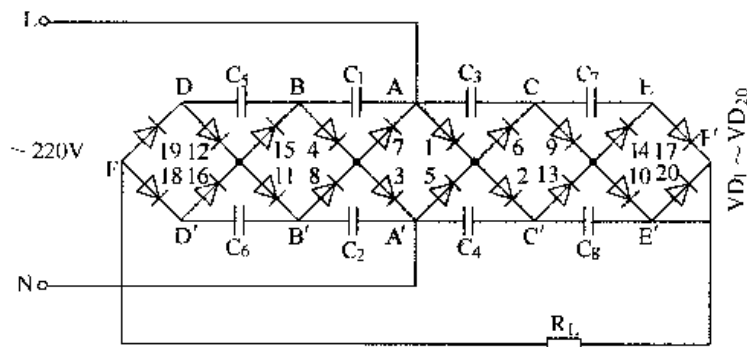


图 19 晶体二极管-电容五桥串桥升压电路

当电源电压的第一个半周内，若 A 点为正，A' 点为负，则二极管 VD_1 、 VD_2 导通，给电容器 C_4 充电至 300V 左右； VD_3 、 VD_4 导通，给 C_1 充电至 300V 左右。在电源电压的第二个半周内，A 点为负、A' 点为正，则 VD_5 、 VD_6 导通，对 C_3 充电至 300V 左右； VD_7 、 VD_8 导通，对 C_2 充电至 300V 左右。另一方面，此时电源与电容器 C_4 上的 300V 电压顺向串联，使 C' 点对 A 点的电压为 600V，C' 点为正、

A点为负，则二极管 VD_{13} 、 VD_{14} 导通，对 C_3 、 C_7 充电至 $600V$ 。因 C_3 、 C_7 电容量相等，所以 C_3 、 C_7 上分得的电压都是 $300V$ ；又因此时电源电压与 C_2 上的 $300V$ 电压顺向串联，使 B' 点对 A 点的电压为 $600V$ ，且 B' 点为正， A 点为负，所以 VD_{15} 、 VD_{16} 导通，对 C_2 、 C_6 充电至 $600V$ ，因 C_2 、 C_6 容量相等，所以 C_2 、 C_6 上的电压也都是 $300V$ 。在电源电压的第三个半周内， A 点为正、 A' 点为负，一方面电源电压与 C_3 上的 $300V$ 电压顺向串联，与 C_4 上的 $300V$ 电压反向串联，在 $C-C'$ 两端得到 $300V$ 电压， C 端为正， C' 端为负，于是 VD_9 、 VD_{10} 导通对 C_8 充电至 $300V$ ；另一方面，此时电源电压也与 C_1 上的 $300V$ 电压顺向串联，与 C_2 上的 $300V$ 电压反向串联，在 $B-B'$ 两端得到 $300V$ 电压， B 点为正、 B' 点为负，所以 VD_{11} 、 VD_{12} 导通，对 C_5 充电至 $300V$ 。这样，从回路 $A' \rightarrow$ 电源 ($N \rightarrow L$) $\rightarrow A \rightarrow C_3 \rightarrow C$ 点 $\rightarrow C_7 \rightarrow E \rightarrow VD_{17} \rightarrow F' \rightarrow R_L \rightarrow F \rightarrow VD_{18} \rightarrow D'$ 点 $\rightarrow C_6 \rightarrow B'$ 点 $\rightarrow C_2 \rightarrow A'$ 点来看， C_3 、 C_7 、 C_3 、 C_2 上的电压都是 $300V$ ，总计 $1200V$ ，再加电源电压半个周期内的平均值为

$$0.9 \times 220V \approx 200V$$

在 $F'-F$ 两端之间就能得到 $1200V + 200V \approx 1400V$ 的电压。同理，在电源电压的第四个半周时，从 $F'-F$ 两端也能输出 $1400V$ 电压。

例 20. 晶体管直流二倍升压电路

晶体管直流二倍升压电路不用变压器，它能将直流电压直接升高一倍左右，而且能输出较大的功率 ($5W$ 左右)，电路如图 20 所示。

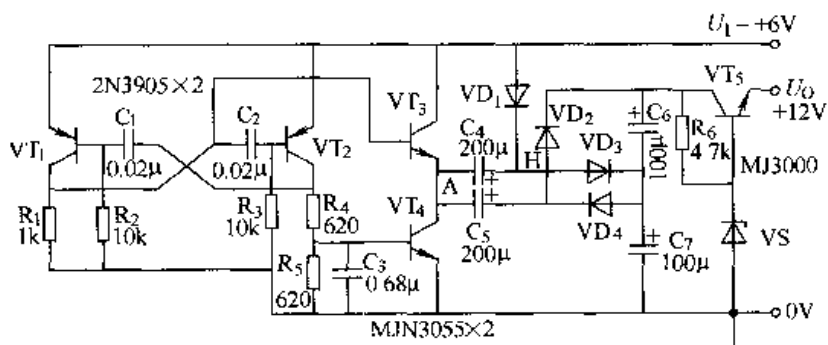


图 20 晶体管直流二倍升压电路

图中， VT_1 、 VT_2 为自激多谐振荡器（将在“开关电路”中介绍），它们轮流导通和截止，起着开关作用。 VT_3 、 VT_4 两管串联，它们分别受到 VT_1 、 VT_2 集电极电压的控制，因此也处于轮流导通和截止的状态。当 VT_3 截止、 VT_4 导通时，相当于 A 点与地 ($0V$) 连接；反之，当 VT_3 导通、 VT_4 截止时，又相当于 A 点与电源正极 ($+6V$) 连接。这样就起到了开关的作用。当 A 点为 $0V$ 时， $+6V$ 电

源经 VD_1 、 VD_3 分别给电容器 C_4 、 C_7 充电，使 C_4 、 C_7 两端电压达到电源电压值 (6V)；当 A 端为正 (+6V)， C_4 两端电压暂时保持不变，而 H 点的对地电压则变为电源电压的 2 倍 (12V)，经 VD_3 继续给 C_7 充电，使 C_7 上的电压 (即输出电压) 也达到 12V。为了使输出电压比较稳压，电路中又设置了 VD_2 、 VD_4 和 C_5 、 C_6 ，其作用与 VD_1 、 VD_3 、 C_4 、 C_7 相同。同时还设置了由 V_5 、 VS 组成的简单的稳压电路 (将在“稳压电路”中介绍)。输出电压 $U_0 = +12V$ 。

电路中的元件型号、参数仅供参数。

例 21. 输出电压可调的稳压式多倍压整流电路

电路如图 21 所示。

如果输出电压 U_0 取自电路上的 F-B，即可得到峰值电压 $\sqrt{2}U_Z$ 的奇数倍、若在下侧的 G-B 点，则可得峰值电压 $\sqrt{2}U_Z$ 的偶数倍。 e_2 为电源变压器的二次电压，也可以是 220V 市电。

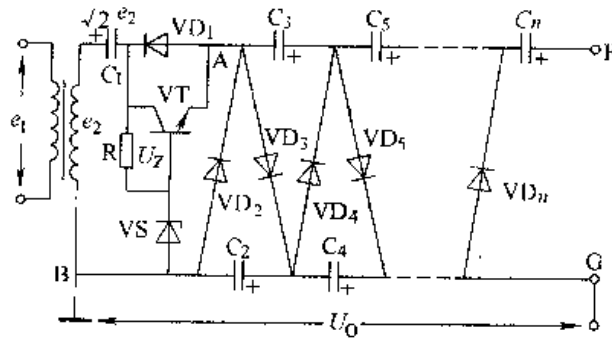


图 21 输出电压可调的稳压式多倍压整流电路

本例在图 17 的基础上串入一级简单的稳压电路，从而构成输出电压可调的稳压式多倍压整流电路。 U_Z 是由稳压二极管 VS 决定的，显然， U_0 的大小取决于倍压整流段数 n 和稳压值 U_Z ，而不再取决于 e_2 。

设计时， e_2 必须高于 U_Z 。

第二章 晶体管自动控制电路

在电力电子控制技术中，由于晶体、阻容电感等元件价格低廉，而且组装方便，便于动手实践检验电路正确与否，因此晶体管自动控制电路是中小型企业的电工开展技术革新、设备改造、开拓新产品所常用的元件。

例 22. 晶体管单管延时释放继电器

晶体管单管延时释放继电器电路如图 22 所示。

电阻 R 、 VT 的射基极电阻（指晶体管的发射极与基极之间电阻）和电容器 C 等，构成了一个 RC 延迟电路。当按下按钮 SB 时， VT 获得正向偏置电压而导通，继电器 K 吸合。当松手后， SB 自动断开，但 K 并不立即释放，而是要延时一段时间才释放，因此称它为“延时释放继电器”。

工作原理：以图 a 为例。当 SB 接通时，它将电容器 C 短路，所以电容器两端的电压 $U_C = U_{BA} = 0$ ， $U_{AE} = -E$ ，从而使 VT 饱和， K 吸合。当 SB 断开后，电源 E 通过 VT 射极、基极及电阻器 R 向电容器 C 充电， U_{BA} 由零逐渐下降。因为 $U_{AE} = -E + U_C$ ，所以随着 U_{BA} 的不断下降， U_{AE} 由 $-E$ 逐渐上升，晶体管的基极电流 I_B 也不断减小，经过一段时间后， U_{AE} 上升到 $-U_P$ ， K 就释放了。 U_P 为门限电压。

在图 22 中的继电器 K 线圈两端，并联着二极管 VD ，这是续流二极管。这是因为继电器线圈具有电感，当 V 从导通到截止的瞬间，线圈中的电流由于没有其他通路，势必跟着一同截止。这样的电流突变，使 K 的线圈上产生反电动势。线圈匝数越多，电感量越大，电流变化越大， V 导通到截止的时间越短，反电动势也就越大。这个反电动势有使晶体管遭受损坏（击穿）的危险。并联 VD 的作用，就是在晶体管截止后，为继电器线圈中反电动势提供一条通路，从而避免了线圈上产生的感应电势损坏晶体管 VT 。

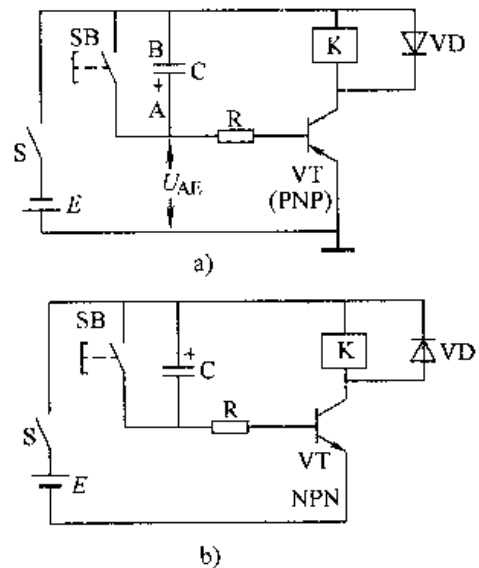


图 22 晶体管单管延时释放继电器

图 b 与图 a 的工作原理是相同的，请读者仔细看看有什么不同？

例 23. 晶体管单管延时吸合继电器

晶体管单管延时吸合继电器电路如图 23 所示。

当按钮开关 SB 按下（接通）时，电容器 C 被短接， $U_C = 0$ ，晶体管 VT 截止，继电器 K 释放；松开手，SB 自动恢复断路状态，电容器 C 充电， U_C 开始由零逐渐增大。经过一定时间后， $U_C = -U_p$ （门限电压），晶体管 VT 导通到足以使继电器 K 吸合。

当 SB 接通，K 释放；当 SB 断开后，经过延迟时间继电器才吸合，所以称这种电路为“延时吸合继电器”电路。

延时释放和延时吸合继电器的参数估计：

(1) 继电器 K 可选用 JRX13F，其内阻为 700Ω （或 300Ω ），额定工作电压为 18V（或 12V），吸合电流不大于 13mA（或 40mA）；

(2) 电源电压 $E = 18V$ （或 $E = 12V$ ）；

(3) 续流二极管 VD 取 2CP10（或 1N4001）；

(4) V 用 3AX31B（或用 NPN 型 3DG12），其 $BU_{CEO} = 20V$ ， $I_{CM} = 125mA$ ， $\beta = 100$ ；

(5) R_1 （阻值为 R_1 ）、 R_2 （阻值为 R_2 ）选择的不能太大，以免电容充电完毕后，VT 基极电流过小仍不足以使 V 饱和，饱和条件要求 I_B （基极电流） $> I_{CS}$ （集电极在晶体管饱和状态的电流） $/\beta$ （晶体管的放大倍数）。饱和时 I_B 为

$$I_B = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{I_{CS} R_C}{R_1 + R_2}$$

当取继电器直流电阻为 700Ω 时，即

$$R_1 + R_2 \leq \beta R_C = 100 \times 0.7k\Omega = 70k\Omega$$

选 $R_1 = R_2 = 33k\Omega$

(6) 延时时间 t_e 的估算（设 $C = 200\mu F$ ）

$$t_e = 0.7\tau = 0.7RC = (0.7 \times 33 \times 200)s = 4.62s$$

从以上计算知道，此电路延时时间受到晶体管饱和条件的限制，不可能作得很长。只有当 $R_1 = R_2$ 时，等效的电阻最大，电路的延时最长。改变 R_1 、 R_2 的阻值，延时时间即能改变。电路 R_1 可用一只电位器串联一只电阻，调节电位器，以获得所需要的时间。

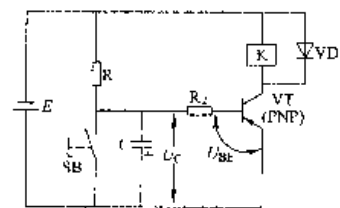


图 23 晶体管单管
延时吸合继电器

例 24. 晶体管反相器

晶体管反相器是最基本的常用开关电路，如图 24 所示。

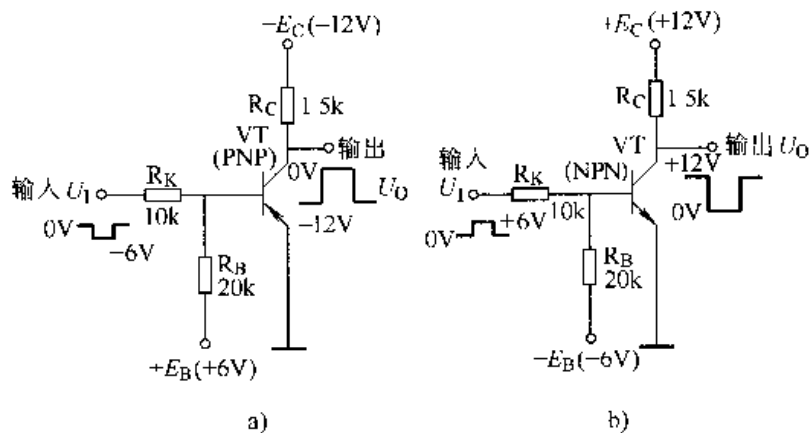


图 24 晶体管反相器

工作原理：当无输入信号时，以图 a 为例， $+E_B$ 通过 R_B 加到晶体管 VT 的基极上，VT 截止，管子内几乎没有电流通过， R_C 上的压降接近于零，因而 VT 集电极输出端电位近似为 $-E_C$ 。当输入端加一负的信号电压，例如 $-6V$ 时，VT 由截止过渡到饱和，此时输出端电位近似为零，这个信号一直保持至 $-6V$ 信号消失为止。

对于图 b 所示的 NPN 型晶体管而言，输入一个正信号 ($+6V$)，便有一个负脉冲输出。

图中 R_C (阻值为 R_C) 是 VT 的集电极电阻，有时直接用继电器 K (如图 22、23) 所示或电磁铁线圈来代替。 R_B 的作用是产生一个反向的基极电流 I_{CB0} ，以保证 VT 截止得更好， R_K 的作用是将输入信号电压 U_1 加到 VT 的基极上，使基极偏置到一个合适的电位，以满足 VT 的饱和条件 $I_B > \frac{I_{CS}}{\beta}$ 。可用 $R_K < \beta R_C$ 来估算。通常， R_K 越小，VT 饱和得越深，抗干扰能力越强，但开关速度将降低，所以 R_K (阻值为 R_K) 也不能太小，一般按下式选择

$$R_K < (5 \sim 20) R_C$$

晶体管开关电路特点是输入一个负的矩形波，便有一个正的矩形波输出 (见图 a)；或者说输入处于低电位时，输出便处于高电位。输出的极性正好与输入极性相反，所以通常把它叫作“反相器”，亦叫“倒相器”。

反相器的输出电压波形与输入电压波形极性是相反的，如果要求输出波形与输入波形相同，则需要由二级反相器来完成。

例 25. 晶体管射极跟随器

晶体管射极跟随器有两个特点，即输出信号和输入信号的变化方向一致，且变化幅度也大致相同，形成“跟随”现象；同时它具有把输入信号源与负载“隔离”的作用。电路如图 25 所示。

射极跟随器的输出信号之所以能够跟随输入信号变化，是由于它处于晶体管放大区工作，它的发射结被正偏置，其 U_{BE} 数值对于锗管来说不到 0.3V，对硅管而言在 0.7V 左右。输出信号电压幅度仅比输入信号电压幅度小 U_{EB} 之数值，且波形是一致的，所以其电压放大倍数小于 1 而很接近于 1，又由于发射极电流比基极电流大 $(\beta + 1)$ 倍，所以电路具有电流放大和功率放大性能。因此，射极跟随器不能处于饱和区工作。

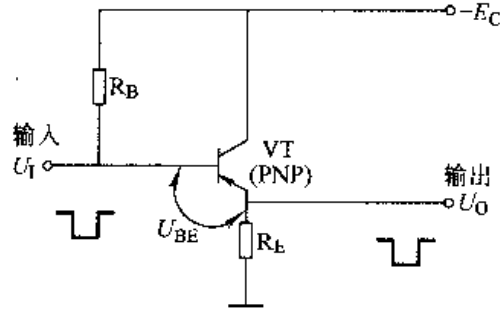


图 25 晶体管射极跟随器

例 26. 晶体管低速开关

图 26 所示电路可作为低速开关。

晶体管开关速度很高，是相对于有触点的继电器开关而言的。比如，机械继电器每秒钟动作 1000 次就无能为力了，而高速晶体管的开关速度每秒钟达上亿次，已不罕见。晶体管作为开关应用时，如果导通时 I_B （基极电流）越大，开关的延迟时间和上升时间则可以缩短，但存储时间与下降时间则增加。

本电路的 VT 由于采用的是低频锗管 3AX31B，所以开关速度较低。

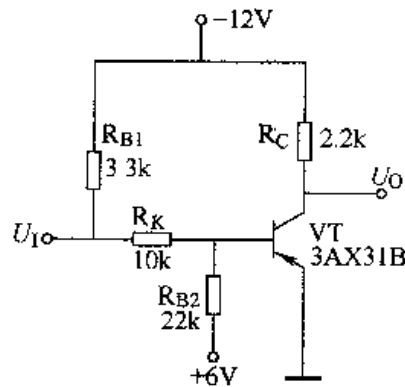


图 26 晶体管低速开关

例 27. 晶体管中速开关

图 27 所示晶体管开关速度为几十千赫，属于中速开关。

在该例电路中，由于选用了锗高频晶体管 3AG72，并采用了加速电容器 C，所以电路开关速度得以大大提高。

加速电容器 C 与 R_K ，通常是并联的。当输入电压信号 U_I 为突变信号，在输入的瞬间 C 可视为短路，所以注入 VT 的基极电流很大。而 VT 趋向稳定后，C 相当于开路，此时注入电流由 R_K 决定，基极电路变小。当 U_I 消失瞬间，由于 C 的放电作用，注入电流出现反向跳变，所以加速电容实际上起到微分电路的作用。因此，加速电容器在一定程度上可以起到加快开关速度的作用。

开关速度不同的电路，对加速电容器 C 的取值要求各异。加速电容一般由试验确定，通常对低速开关（工作在 100kHz 以下）取 300 ~ 1000pF；工作在 100kHz ~ 10MHz 范围内的电路，可选取 20 ~ 300pF；高于 10MHz 的开关，取 5 ~ 100pF。

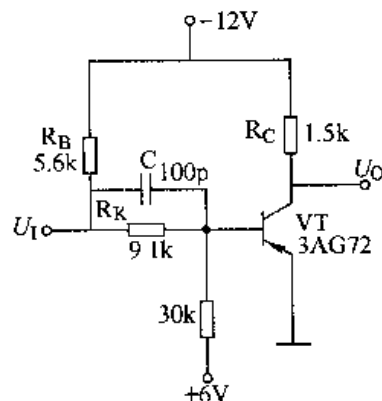


图 27 晶体管中速开关

例 28. 晶体管高速开关

电路由于采用高频管，其特征频率 f_T 较高，所以开关频率可达 10MHz。

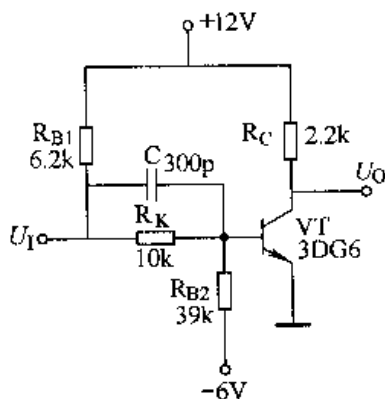


图 28 晶体管高速开关

例 29. 带有钳位二极管的高速开关

带有钳位二极管的高速开关如图 29 所示。

电路采用高速开关晶体管，由于开关时间较短，所以开关频率可达 10MHz。

在本例中，电路输出端接有钳位二极管 VD 及 -6V 辅助电源，所以使反相器输出端限制在 0 ~ -6V。当输入负信号使 VT 导通时，集电极电位近似为 0V，二极管 VD 截止。当 U_I 为 0V 时，使 VT 截止，VD 导通，输出端就通过 VD 与

-6V电源接通，所以 VT 截止时，输出电位不是 -18V，而是被钳位于 -6V。用二极管钳位有如下好处。

(1) 输出电平稳定在 -6V，便于在复杂的晶体管开关系统中统一信号电平。在无钳位时，反相器驱动下一级反相器，其输出电压 U_o 是随着所带负载不同而变化的。加入钳位二极管后，输出低电平能稳定在 -6V，但是所带的负载过重，二极管也会失去钳位作用的。

(2) 可以减小边沿时间，提高电路的开关速度。

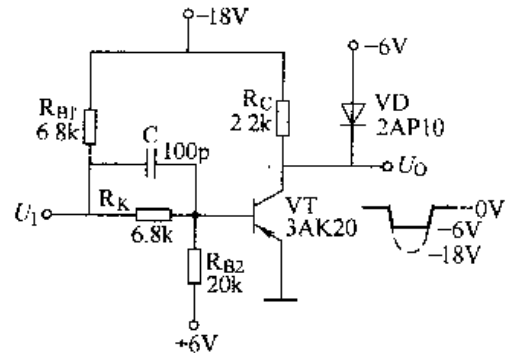


图 29 带有钳位二极管的高速开关

例 30. 带有保护二极管的两级反相器

图 30 中，晶体管的基极与发射极之间并联了二极管，这是因为 3AG5C（高频锗管）的基极反向击穿电压较低 ($BU_{EBO} < 0.8V$)。为了防止基极与发射极间出现过高的反向电压，并联二极管，起着保护作用。因为反向电压若超过了二极管的正向导通电压（锗二极管约 0.3V，硅二极管约 0.7V）时，二极管导通，使基极与发射极间反向偏置电压限制在二极管正向导通电压的数值。

如果图中的晶体管属 NPN 型的话，保护二极管应反过来接。

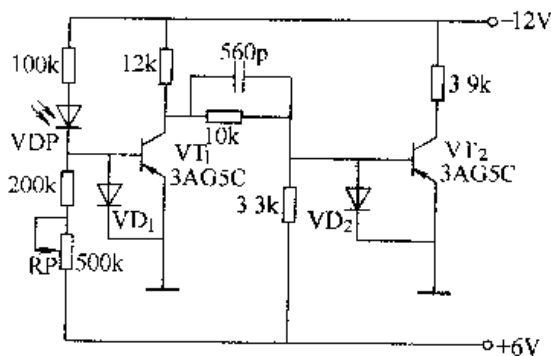


图 30 带有保护二极管的两级反相器

例 31. 带灯反相器

图 31 所示的带灯反相器，亦叫电珠控制电路、电珠电子开关。在其输出端与 -12V 电源之间接一只 12V、0.15A 的信号灯泡（电珠），作为灯光指示作用（电珠 HL 也可用一只发光二极管代替，但 10Ω 电阻也必须改换成 $2k\Omega$ 左右的电阻）。由于钨丝电珠冷态电阻一般只有热态电阻的 1/10 左右，所以 VT 刚饱和的瞬间，流过晶体管集电极的冲击电流约为灯泡正常工作时的 10 倍，这时 VT 和灯

泡的寿命很不利。为了合理利用 VT 并提高元件的使用寿命，所以在集电极上串入一只 10Ω 电阻。

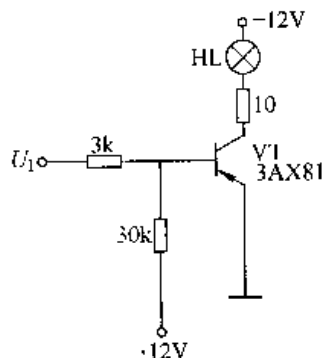


图 31 带灯反相器

例 32. 射极跟随器与反相器联合应用电路

图 32 所示为射极跟随器与反相器联合应用电路。VT₂ 可带 24W 负载，最大负载电流为 1A，负载可为继电器线圈或信号灯。如接信号灯，应串限流电阻。

或许读者要问，3AD6C 的最大允许集电极损耗功率 P_{CM} 只有 10W，为什么能带超过自身最大功率的负载呢，这是由于作为开关管的最大损耗功率的计算与功率放大器中的计算是不同的。因为饱和时流过 VT₂ 的电流虽然很大，但饱和压降很小，接近于零，所以在晶体管饱和时，作为电流、电压乘积的耗散功率是很小的。在截止时，虽然晶体管集电极与发射极之间的电压很高，但电流却很小。由此可见，用于开关状态的晶体管能输出的功率，比其集电极最大允许耗散功率要大得多。

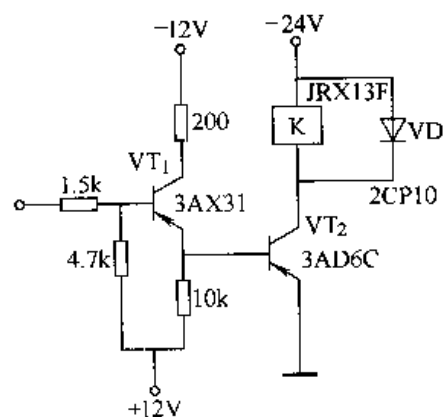


图 32 射极跟随器与反相器联合应用电路

例 33. 双稳态电路

在自动控制中，常常需要这样一种电子开关，输入一个信号，开关接通；再输入一个信号，开关断开。即输入二个信号，完成一个开关动作。能实现这种要求的电路，叫作“双稳态电路”，亦叫“触发器”，如图 33 所示。

不难看出，这种电路实际上是由两个反相器交叉耦合而成的。每个反相器的输出，通过电阻分压，耦合到另一个反相器的输入端。我们知道，由于反相器的输入信号与输出信号是反相的，所以构成双稳态电路后有两个稳定状态，VT₁ 截止，VT₂ 饱和是一个稳定状态；反之，VT₁ 饱和，VT₂ 便截止，这是另一个稳定

状态。如果外界条件不变，它将始终停留在原来所处的稳定状态。因为电路具有两个稳定状态，所以叫作“双稳态电路”。

如果有输入信号，比如用导线将 VT_1 的基极与地短接一下，双稳态电路便能从一个稳定状态迅速地变为另一个稳定状态。这一转变过程通常叫作“翻转”。

管子饱和时，压降很小，仅零点几伏。因此，其集电极、基极和发射极可近似看作短路。管子饱和，应保证基极注入电流等于或大于刚能使管子饱和所应注入的基极电流。

管子截止时，相当于集电极、基极和发射极断开。为使管子截止，基极-发射极之间（通常叫发射结）必须反向偏置，对 NPN 管而言， U_B 必须小于零；对于 PNP 管而言， U_B 必须大于零。

双稳态电路各元件的选择条件：

(1) 晶体管必须配对，即 VT_1 、 VT_2 的各项参数要求相同或相近。一般来说型号要相同，放大系数相同（误差不大）。管子究竟使用 NPN 型还是 PNP 型，通常应根据使用场合而定。目前市售硅管大多是 NPN 型，受环境温度影响较小，所以使用较广。

(2) 加速电容器 C_K 是依据双稳的工作频率确定的。如工作频率仅 10kHz，则 C_K 取 200pF 即妥。也可参照例 27 介绍的数值选取。

例 34. 双稳态单边触发电路

要使双稳态电路翻转，必须外加触发信号。这种引进触发信号的电路叫做触发电路。

图 34a、b 所示的为有二极管的 RC 微分电触发电路。图 a 用于 PNP 型晶体管，图 b 用于 NPN 型晶体管。由触发信号源来的矩形波信号，经 RC 电路微分，在电阻 R 上得到一正一负的两个尖脉冲，对应于矩形波上跳沿的是正尖脉冲，对应于矩形波下跳沿的是负尖脉冲。二极管 VD 能按照需要隔去负尖脉冲（如图 a 所示）或正尖脉冲（如图 b 所示），确保每输入一个触发信号电路只翻转一次。因此，VD 被称作“隔离二极管”。图 c 中 VD、R、C 的作用与图 a 是一致的。

矩形波又称“方波”。在调试双稳时，可用一只单刀双投开关（如 1×1 钮子开关，一般电子商店均有售），按图 c 左侧的 S 接线，将开关上下扳动，即可获得矩形波。

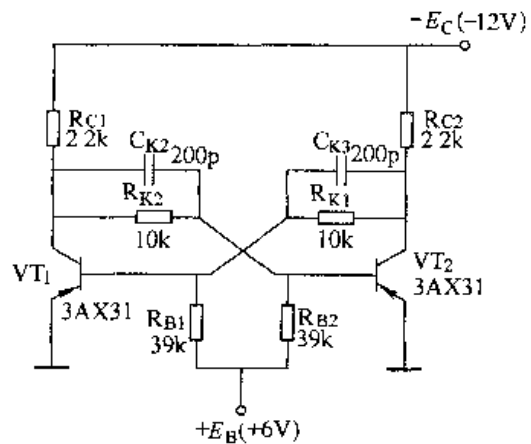


图 33 双稳态电路

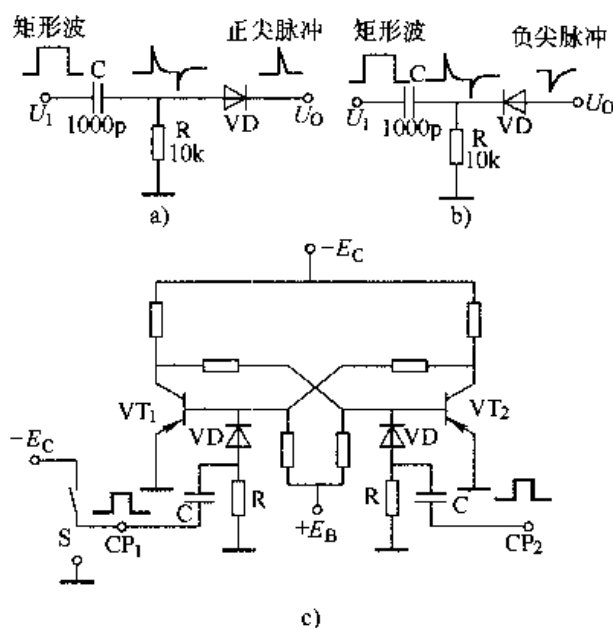


图 34 双稳态单边触发电路

图 c 所示电路就是双稳态单边触发电路。当扳动 S，为双稳态电路送去一个矩形波后，电路就翻转一次。但是，如果再上下扳动 S，电路就再也不会翻转了。如果要使电路再翻转，必须将 S 接到右侧输入端 CP₂ 端。因此，单边触发时，触发信号是通过两个独立的触发电路，分别送入各管基极或集电极得以实现双稳电路翻转的。

例 35. 双稳态计数基极触发电路

双稳态计数触发又称“转换触发”。它是通过一个公共的输入来控制电路翻转的，图 35 为双稳态计数基极触发电路。

矩形波信号由 CP 端输入，经 RC 微分，由隔离二极管 VD₁、VD₂ 将正尖脉冲自动地输送到饱和管，使饱和管截止，令原截止管饱和。再从 CP 端输入一个矩形波，电路再次翻转。如同日常生活中的拉线开关一般，拉一下开灯，再拉一下关灯。开灯、关灯的过程叫“翻转”。

基极触发电路中，必须选择适当容量的电容器 C_K 与 R_K 并联，它不只是起加速作用，而且起“记忆”作用，以保证两管能轮换翻转。

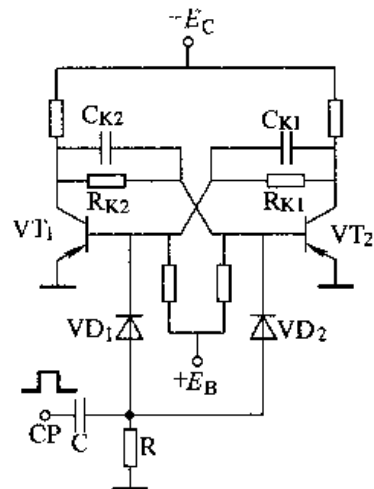


图 35 双稳态计数基极触发电路

例 36. 双稳态计数集电极触发电路

双稳态计数集电极触发电路如图 36 所示矩形波电信号由 CP 端输入，经 RC 微分后，经隔离二极管 VD 加至饱和晶体管集电极，使双稳态电路翻转。

集电极触发要求触发脉冲幅度大。

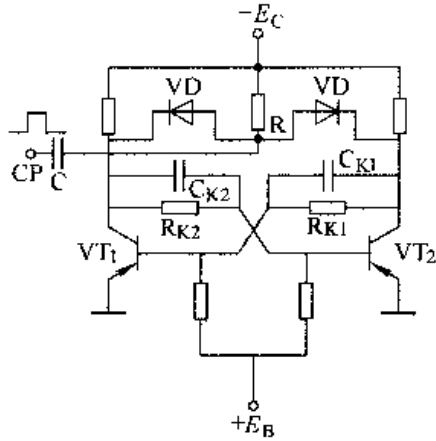


图 36 双稳态计数集电极触发电路

例 37. 双稳态计数控制触发电路

图 37 为双稳态计数控制触发电路。

这种触发电路能控制触发信号引入的方向，使它每次都加到导通（饱和）管的基极上，而不加到截止管的基极上。

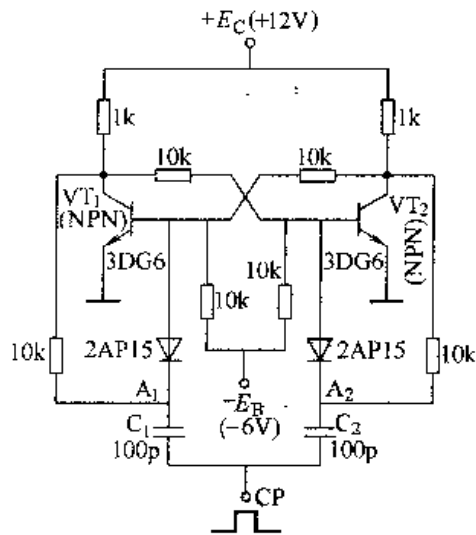


图 37 双稳态计数控制触发电路

例 38. 带继电器的双稳态电路

带继电器的双稳态电路如图 38 所示。在这种电路中， R_{K1} 、 R_{K3} 都是 V_2 的负

载。 R_{K1} 、 R_{K3} 阻值不能太小，否则影响双稳态正常翻载；但 R_{K3} 又不能太大，否则又会影响继电器 K 的正常吸合，通常通过调试确定。

电路正常时，在 CP 端输入一个矩形波，K 吸合；再输入一个矩形波，K 应失电释放。

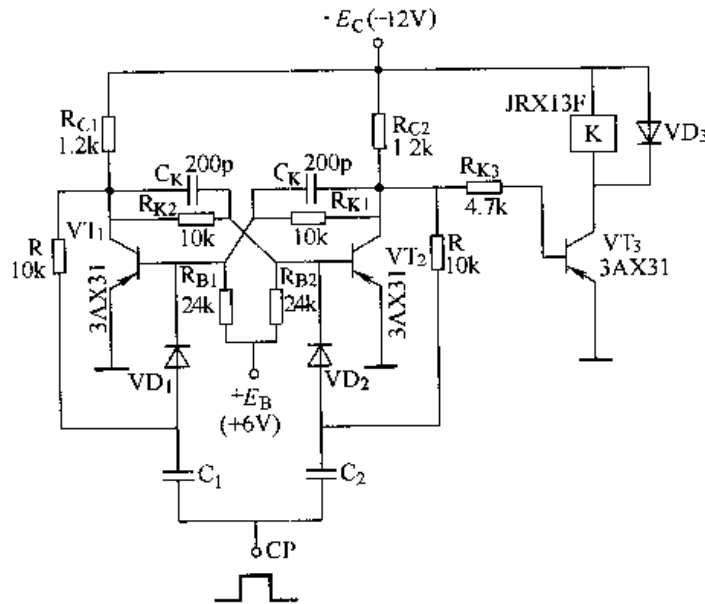


图 38 带继电器的双稳态电路

例 39. 不加反向偏置的双稳态电路

如图 39 所示为不加反向偏置的双稳态电路。图中的 VT_1 、 VT_2 为 3DG6 型小功率硅管，由于集电极饱和电流很小，有时为了节省电源 (E_B)，基极可以不加反向偏置（即不用 E_B 、 R_B ）。

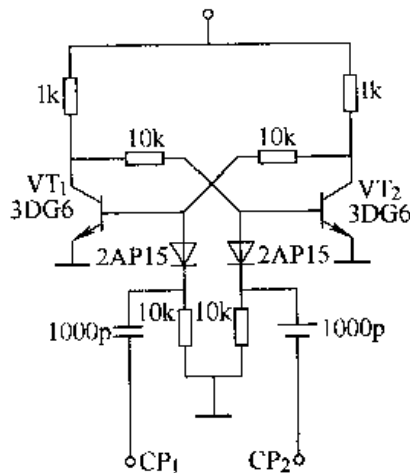


图 39 不加反向偏置的双稳态电路

例 40. 有二极管钳位的双稳态电路

图 40 所示双稳态电路中，采用了二极管钳位，是为了使输出标准化，即统一在 $-6V$ 。同时，这样可改善输出波形。

此电路工作频率可达 $1MHz$ 。

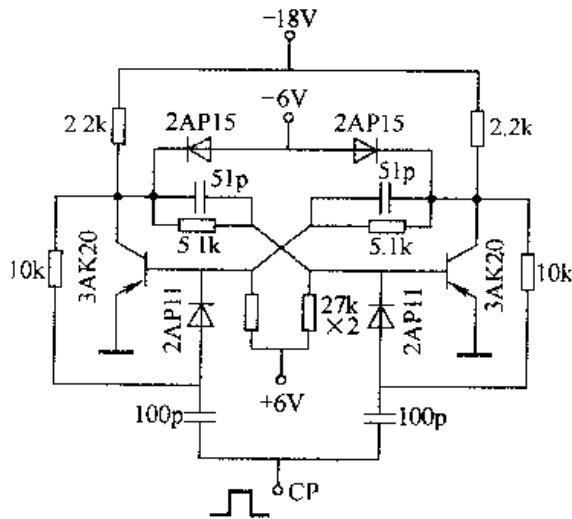


图 40 有二极管钳位的双稳态电路

例 41. 有自偏压的双稳态电路

图 41 所示双稳态电路是利用饱和管的发射极电流流经电阻 R_E ，所产生的电压降作偏压，形成自偏压，可省掉偏压电源 E_B 。 C_E 是旁路电容。

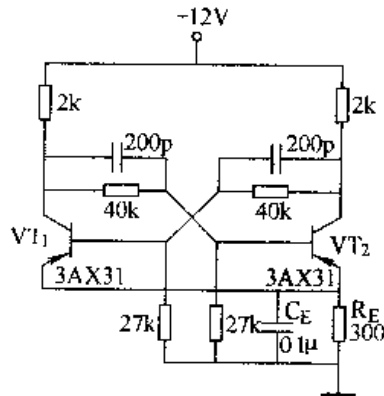


图 41 有自偏压的双稳态电路

例 42. 射极耦合双稳态电路

射极耦合双稳态电路是双稳电路的变形，电路如图 42 所示。前面介绍的双稳态电路，亦称集基耦合双稳态电路。

这种电路也有两个稳定状态，但它是用信号幅度来触发的。当输入信号 U_1 小于某值时，电路处于 VT_1 截止、 VT_2 饱和状态；当 U_1 大于某值时，电路就翻转到另一个稳定状态，即 VT_1 饱和、 VT_2 截止。因此，它是一种快速比较开关电路，常用于信号幅度鉴别。它与集-基耦合双稳态电路一样，具有强烈的正反馈特性，因此其翻转过程是很快的，且与输入信号变化速度无关，能产生边沿很陡的输出波形，去可靠地触发其他开关电路。它又是很好的波形整形电路（如图所示将正弦波整形为矩形波），广泛用于波形变换。

射极耦合双稳态电路的设计可参考“双稳态电路”。所用晶体管参数应基本一致。为了增强电路的正反馈，从而使其翻转迅速，以改善输出波形，通常使 R_{C1} 稍大于 R_{C2} 。为减小回差， R_{C1} 也可以等于 R_{C2} 。 R_B 是保证 V_2 更好截止的。 VT_1 饱和时， VT_2 发射结总是反偏置的，而且 R_B 越小，反向偏压越高， VT_2 截止越好，但回差也越大。NPN 型硅管 I_{CBO} 极小，所以截止是不成问题的，为减小回差， R_B 通常取得较大（这例取 $22k\Omega$ ）。 R_K 由 VT_1 的饱和条件决定； R_1 、 R_2 的作用是将 VT_1 基极偏置到一定电压，使得没有输入信号时， VT_1 截止（或者置 V_1 导通）。耦合电容器 C 取 $1\mu F$ 通常在 R_K 上并联一只加速电容，以便电路有快速响应。加速电容不能用得过大，以免限制电路重复频率的提高，可根据实验选取。

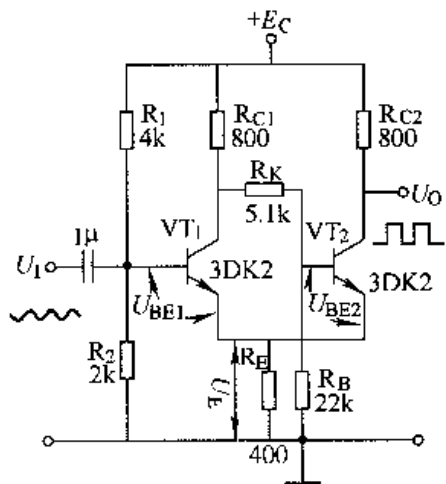


图 42 射极耦合双稳态电路

例 43. 双稳态触动开关

这例介绍一种简单的双稳态触动开关，只要按动一次按钮 SB ，电路就会翻转一次，借以控制负载电路的开与关，如图 43 所示。

在电源接通的瞬间，由于电容器 C_1 充电需要时间，因此 VT_1 抢先于 VT_2 饱和。因有饱和压降的钳位作用，所以 V_2 一直截止，继电器 K 一直处于释放状态，电路处于“关”；当按下 SB ，由于 C_1 两端电压突变， VT_1 发射极失去电压而截止， VT_2 翻转由截止变成饱和，而且 VT_2 的集电极通过二极管 VD 将 R_2 与 VT_1 基极电位钳制住完成自锁，继电器

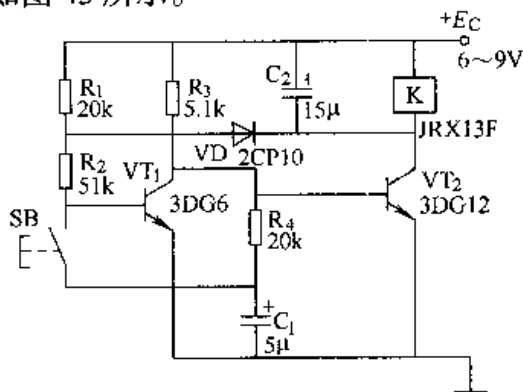


图 43 双稳态触动开关

器 K 吸合，电路便成为“开”的状态。当再按动 SB 时， C_1 上的电压加至 VT_1 的发射极， VT_1 饱和 VT_2 截止，VD 截止，K 失电释放，电路便又回到了“关”的状态。利用继电器 K 的触点，便可完成外电路的控制功能。

例 44. 三稳态电路

利用三级反相器，每一级的输出端用电阻耦合到其余两级的输入端，就构成了一个三稳态电路，电路如图 44 所示。

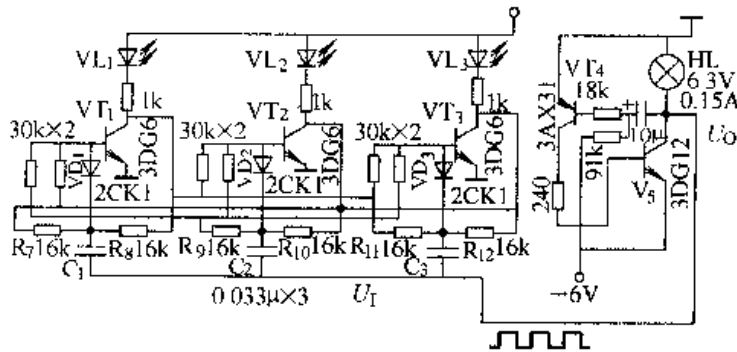


图 44 三稳态电路

在这个电路中， VT_1 截止， VT_2 和 VT_3 饱和是电路的一个稳态，此时发光二极管 VL_1 熄灭， VL_2 、 VL_3 点亮，其实，电路有三个稳态，如表 1 所示。

表 1

稳态	V_1	V_2	V_3
1	截止	饱和	饱和
2	饱和	截止	饱和
3	饱和	饱和	截止

由表 1 可见，不论出现哪一个稳态，都是一管截止，另两管饱和，决不可能出现两管截止、一管饱和状态。

VT_4 、 VT_5 构成了一个带灯的互补管自激多谐振荡器。灯泡 HL 每闪光一次便从 VT_5 集电极送出一个负脉冲电信号，用来触发三稳态电路。

为了使触发脉冲能够正确地被引向应该触发的晶体管，设置了脉冲导引电路 VD_1 、 R_7 、 R_8 、 C_1 ； VD_2 、 R_9 、 R_{10} 、 C_2 ； VD_3 、 R_{11} 、 R_{12} 、 C_3 。它们实际上是具有电位脉冲门的微分电路。只有当导引电路两端均为低电平时，导引门开，输入脉冲才能通过。在脉冲的触发时，各管轮流截止，其顺序是： $VT_1 \rightarrow VT_2 \rightarrow VT_3 \rightarrow VT_1 \dots$

例 45. 无稳态电路

在工农业生产和科学实验中，经常需要一种不需要外加触发信号便能自动地、周期性地完成开关作用，产生连续矩形波的电路，我们把它叫作无稳态电路。由于矩形波是由基波和许多高次谐波所组成，所以这种电路又叫作“自激多谐振荡器”，电路如图 45 所示。

典型的无稳态电路与双稳态电路有某些相似的地方，所不同的是，两个晶体管之间的耦合方式不是电阻而是电容；晶体管的基极和发射极之间不是加反向偏压，而是通过电阻器 R_{B1} （阻值为 R_{B1} ）、 R_{B2} （阻值为 R_{B2} ）接电源 E_C ，即加正向偏压。从开关作用讲，它只有两个暂稳态，要么 VT_1 饱和、 VT_2 截止；要么 VT_1 截止、 VT_2 饱和。这两种状态周期性地自动翻转，而没有一个稳定状态。

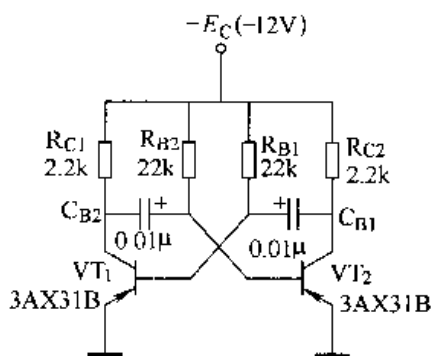


图 45 无稳态电路

晶体管两次导通或两次截止之间的隔离时间，是无稳态电路的一个周期。它由电容器 C_{B1} （电容值为 C_{B1} ）和 C_{B2} （电容值为 C_{B2} ）先后放电，使得截止管的基极电位下降到零而重新导通所需的时间决定。 VT_1 截止、 VT_2 导通这一暂稳态的时间主要取决于 C_{B1} 通过截止管的基极电阻 R_{B1} 的放电时间。也就是说时间间隔 T_1 可用下式确定

$$T_1 = 0.693 C_{B1} R_{B1}$$

VT_1 导通、 VT_2 截止过程的时间间隔 T_2 可用下式求得

$$T_2 = 0.693 C_{B2} R_{B2}$$

无稳态电路的一个周期 T 应是 T_1 、 T_2 之和，即

$$T = T_1 + T_2 \approx 0.7(C_{B1} R_{B1} + C_{B2} R_{B2})$$

当电路完全对称时， $R_{B1} = R_{B2}$ ； $C_{B1} = C_{B2}$ ，即 T 可用下式求取

$$T \approx 1.4 C_{B1} R_{B1}$$

无稳态的振荡周期（频率）受电源电压和温度变化影响较大，因此在振荡频率要求较高的场合，电路需采取稳压和温度补偿措施。

例 46. 无稳态闪光电路

图 46 所示无稳态电路驱动反相器，闪光灯频率每秒 1~2 次。由于电路是对称的，所以 $C_B = T/(1.4R_B) = 1/(1.4fR_B) = 8 \sim 16\mu F$ ，这里 C_B 取 $10\mu F$ ，则 $f = 1/1.4CR_B = 1.6$ 次/s。

对于无稳态电路的简单调试方法如下。

(1) 静态检查。断开一只耦合电容 C_B ，则电路不振荡了。如果用万用表测

得 $U_{C1} = U_{C2} \approx 0.1V$, $U_{B1} = U_{B2} \approx 0.1V$, 说明 R_B 阻值的选择已满足 $R_B < \beta R_{C0}$ 。

(2) 动态检查。电路振荡时,用万用表测试两管的集电极电压,若方波($T_1 = T_2$),则可看到 $U_{C1} = U_{C2} \approx -E_C/2$,约为电源电压的一半。如果输出为矩形波,则量得集电极电压大小就有一定差别。倘若振荡频率很低,则能明显地看到万用表指针在抖动。

如果测量 VT_1 、 VT_2 两管集电极电压都是 $-0.1V$ 左右,这表明两管处于饱和状态,电路不起振。这时可适当增大 R_B 的阻值,或更换 β 值较小的管子。 R_B 增大以后,为使振荡频率保持不变,应将电容 C_B 适当减小。

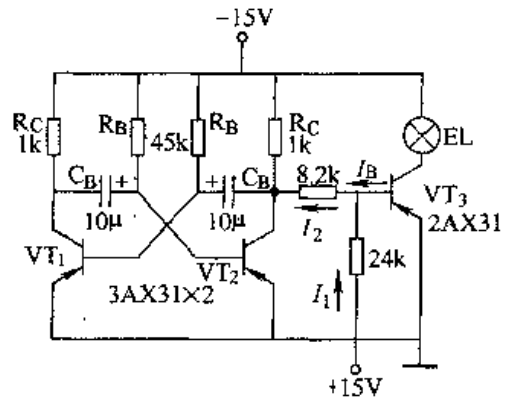


图 46 无稳态闪光电路

例 47. 低频无稳态电路

图 47 所示为低频无稳态电路,亦叫低频自激多谐振荡器。如果用万用表的 10V 直流电压档,黑表笔接晶体管集电极,红表笔接发射极(地),便可直观地看到表针在摆动,一会儿为零,一会儿为 $-6V$ 。

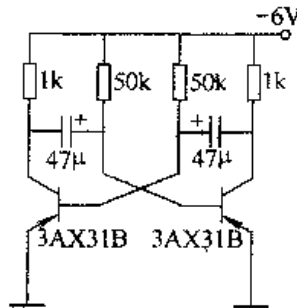


图 47 低频无稳态电路

例 48. 高频无稳态电路

图 48 所示电路用硅高频开关管,而且 C_B 、 R_B 取值较小,所以振荡频率很高。可用作高频信号源。

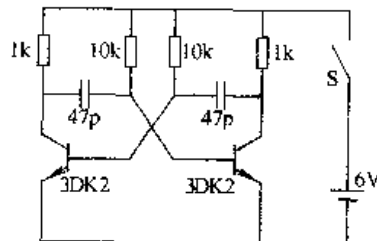


图 48 高频无稳态电路

例 49. 具有脉冲宽度可调的无稳态电路

在图 49 所示无稳态电路中，采用了由 VT_3 、 VT_4 组成的射极跟随器。利用射极跟随器很小的输出电阻，取代充电时的 R_C ，以便截止管集电极电位能迅速上跳，从而改善了输出波形的上跳沿。由于接于饱和管一边的射极跟随器是截止的，因而它对饱和管无影响。

调节电位器 RP 可改变脉冲宽度，但周期不变。

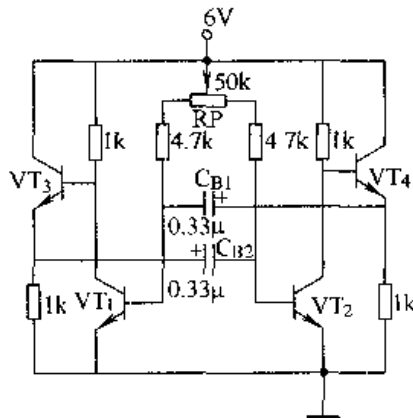


图 49 具有脉冲宽度可调的无稳态电路

例 50. 容易起振的无稳态电路

该无稳态电路如图 50 所示。

为了使无稳态电路起振容易，电路中的 R_{B1} 、 R_{B2} 不直接接在电源 $-E_C$ 上，而是通过二极管 VD_1 、 VD_2 耦合到 VT_1 和 VT_2 的集电极。因为导通管的基极驱动电流现在必须流过截止管的集电极负载电阻，这就不可能使两个晶体管同时饱和，因而可以杜绝因过饱和而不振荡的现象发生。

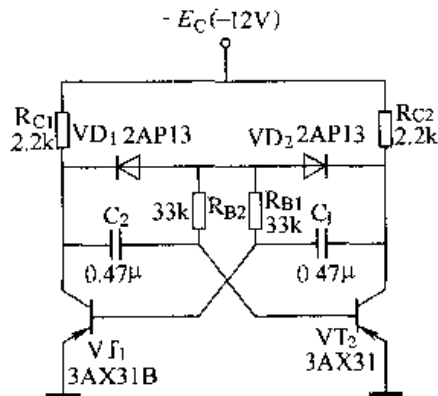


图 50 容易起振的无稳态电路

例 51. 可控制的无稳态电路

可控制的无稳态电路如图 51 所示。

无稳态电路在通电后，即能自行起振。但在某些场合，要求对电路振荡能加以控制，例如事故闪光报警器，平时并不工作，只有当发生事故时，才能让无稳态电路通电，此时图 51 电路就起作用了。该电路平时置 VT_3 截止，从而 VT_1 因发射截止而截止，电路不起振。当发生事故时，便有控制信号（负电压）加至 VT_3 基极，使 VT_3 导通，此时 VT_1 发射极与地沟通，电路即可工作。

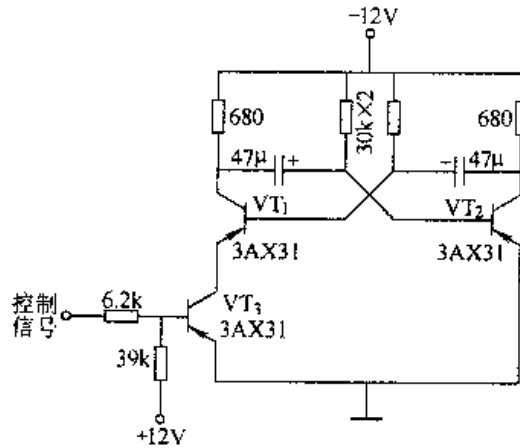


图 51 可控制的无稳态电路

例 52. 直接带动继电器的无稳态电路

直接带动继电器的无稳态电路如图 52 所示，其中 VT_1 、 VT_2 构成无稳态电路。合上电源开关 S，无稳态电路开始工作。由于 VT_2 不断地导通与截止，因而串接在 VT_2 集电极上的继电器 K 不断地吸合与释放，其触点使指示灯电路不停地接通与断开，指示灯 HL_1 或 HL_2 发出一闪一闪的亮光。灯亮的时间取决于 VT_2 导通时间，灯暗的时间决定于 VT_1 导通时间。SA 为选择开关，当触点“1”被接通时， HL_1 亮；开关拨向“2”时， HL_1 灭 HL_2 亮。

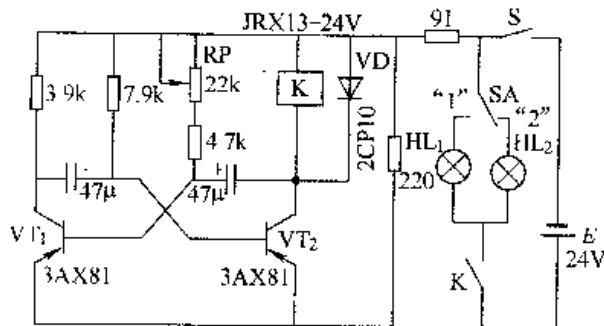


图 52 直接带动继电器的无稳态电路

例 53. 能带动两只继电器的无稳态电路

能带动两只继电器的无稳态电路如图 53 所示，该例电路多用于自动换极装置中。换极时间由无稳态电路及两只继电器构成。如果开始是 VT_1 截止、 VT_2 导通，这时 K_1 释放、 K_2 吸合；过一段时间变为 VT_1 导通、 VT_2 截止，则 K_1 吸合、 K_2 释放，这保证了两组负载以一定时间交换工作。拨动选择开关 SA，通过更换电容器 $C_{11} \sim C_{16}$ ，使继电器吸合时间得到分档粗调。改变电位器 RP 的阻值，能使继电器 K 的吸合时间可以实现连续改变。

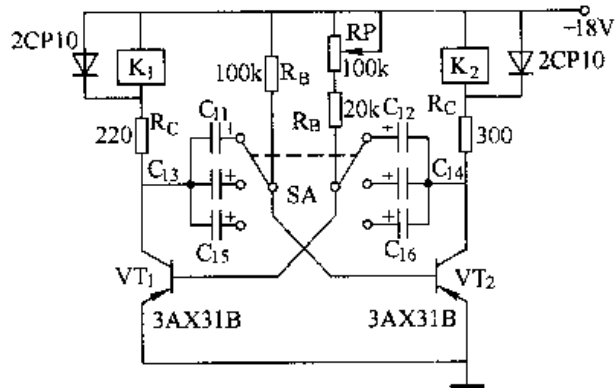


图 53 能带动两只继电器的无稳态电路

为了使继电器吸合的时间加长，希望 R_B 大，但要保证振荡器稳定工作，一定要保证导通管饱和。也就是说，增大 R_B 、 R_C 也要大些才行。因此，在该例电路中， K_1 、 K_2 线圈回路中分别串入电阻 300Ω 和 220Ω ，以增大 R_C 。

例 54. 三管无稳态电路 (一)

前几例介绍的都是两管无稳态电路。这例介绍的三管无稳态电路如图 54 所示。

三管无稳态电路亦称三管自激多谐振荡器。它也不需要外加信号就能自动地连续翻转，产生不对称近似矩形波。当电路完全对称，即 $R_{B1} = R_{B2} = R_{B3} = R_B$ ； $C_{B1} = C_{B2} = C_{B3} = C_B$ 时，振荡频率 f 可按下列求得

$$f = \frac{1000}{2.1 C_B R_B}$$

三管无稳态电路工作时，振荡时的任何一阶段都是两管导通，一管截止。

三管无稳态电路可应用于三相逆变器的触发信号源，亦可作为节日流水灯、游艺灯的控制电路等。

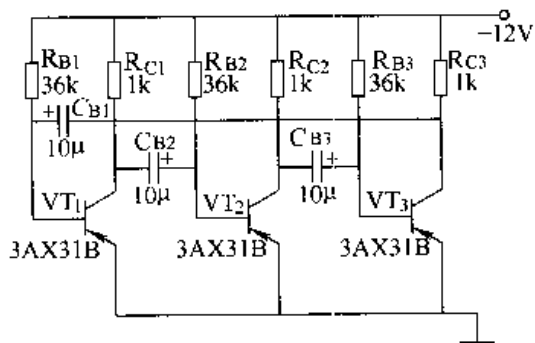


图 54 三管无稳态电路 (一)

例 55. 三管无稳态电路 (二)

这例三管无稳态电路与例 54 在电路结构上略有不同，电路如图 55 所示。

由图可以看出，三级之间由电容器紧耦合，每一级晶体管的基极均由两只电

容器分别与其他两级的集电极相连，且各级的基极偏流电阻 R_B 与后级的集电极连接。这就保证了在同一时间内只有一只管子处于饱和状态，而其他两级为截止状态，饱和管由前向后依次转换。

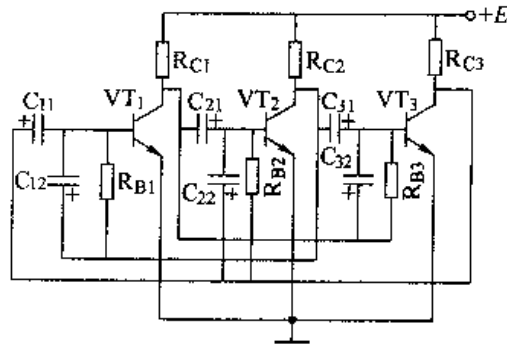


图 55 三管无稳态电路 (二)

例 56. 三管无稳态触发双向晶闸管电路

本例是利用复合管进行三态振荡，用双向晶闸管控制彩灯 $EL_1 \sim EL_3$ ，达到三只彩灯轮流工作。

三管无稳态触发双向晶闸管电路的工作原理如图 56 所示。

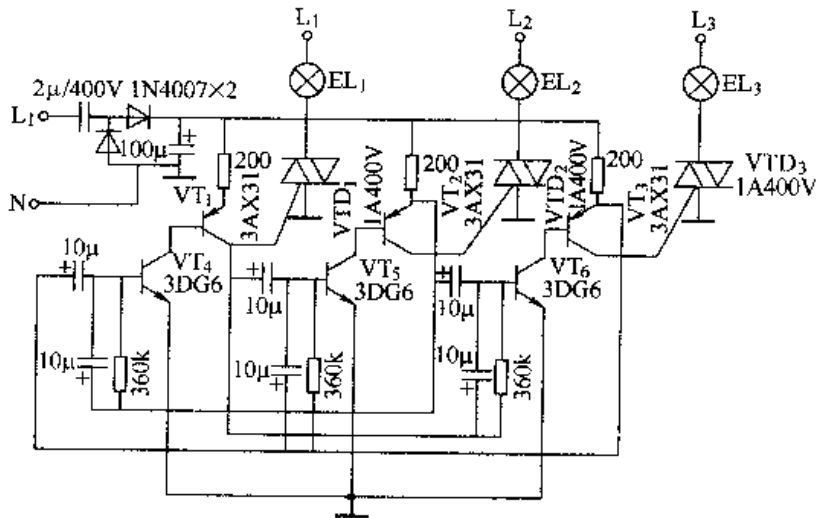


图 56 三管无稳态触发双向晶闸管电路

例 57. 三管无稳态带动三只继电器电路

电路如图 57 所示。在该例中， VT_1 与 VT_4 、 VT_2 与 VT_5 、 VT_3 与 VT_6 构成三只复合管。这三只复合管共同组成一个三管无稳态电路。其工作原理与例 54 相同。所不同的是 VT_4 、 VT_5 、 VT_6 均属大功率晶体管 3AD6，其集电极串入 JTX-36VAC 小型大功率继电器，利用其触点控制负载。

AC36V 由行灯变压器 36V 端子供电。接线时，AC36V 的两个端子，一端与电路的 M 端连接，另一个端子与 N 端接牢。

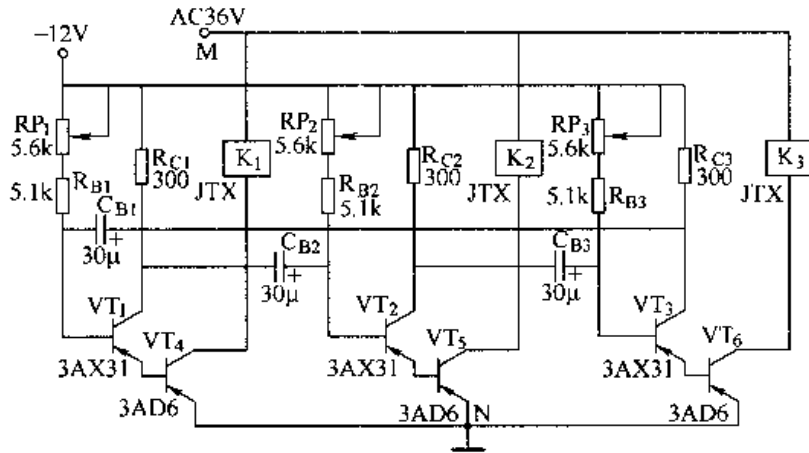


图 57 三管无稳态带动三只继电器电路

例 58. 四管无稳态电路

图 58 所示电路为四管无稳态电路，改变 B 点的电压，即能改变振荡电路的频率。

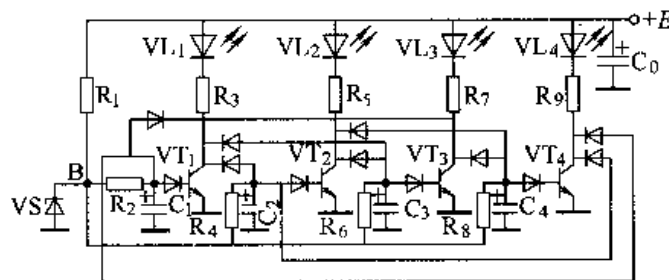


图 58 四管无稳态电路

例 59. 集基耦合单稳态电路

单稳态电路是一种介于双稳态电路和无稳态电路之间的一种电子开关。图 59 为集基耦合单稳态电路。

晶体管 VT_2 集电极与 VT_1 基极之间用电阻 R_K 耦合， C_K 是加速电容器，这和双稳态电路的情况一样； VT_1 集电极与 VT_2 基极之间用电容器 C_B 耦合，这与无稳态电路相同。单稳电路同双稳态、无稳态电路一样，都是具有正反馈的两级放大器。 $+E_B$ 经 R_{B1} 加在 VT_1 的基极上，使 VT_1 的基极电位正于发射极，所以平时截止。 $-E_C$ 经过 R_{B2} （阻值为 R_{B2} ）加于 VT_2 的基极，使 VT_2 基极电位比发射极负， VT_2 平时饱和。很明显， VT_1 截止、 VT_2 饱和，是本电路的稳定状态。如果没有外加触发信号，电路就如此稳定着。

当正脉冲信号加到导通管 VT_2 的基极上时, VT_2 截止, 其集电极电压 U_{C2} 便从 $0V$ 下降到 $-E_C$, 它和双稳电路一样, 通过电阻 R_K 耦合, 使 VT_1 的基极电位变负, VT_1 由截止变为饱和。于是 VT_1 集电极电压 U_{C1} 从 $-E_C$ 很快上升到 $0V$, 通过电容器 C_B (阻值为 C_B) 电容耦合 VT_2 基极上, U_{B2} 在此瞬间从 $0V$ 跳到 $+E_C$, 使 VT_2 虽然在输入脉冲结束之后却仍然保持截止状态, 但不能一直维持下去。 VT_2 基极电位 U_{B2} 随着此时电容器 C_B 经过 VT_1 、 R_{B1} 和 $-E_C$ 路径放电不断下降, 并向 $-E_C$ 趋近。 VT_2 基极一旦到达零电位, VT_2 立即再次导通, 又通过 R_K 使 VT_1 再次截止, 电路恢复到原来状态进入稳态。

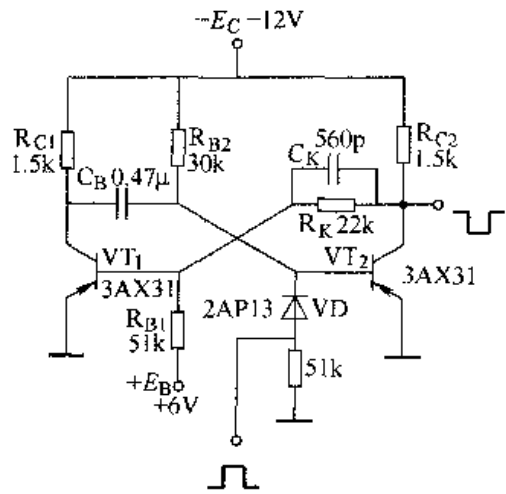


图 59 集基耦合单稳态电路

单稳态电路的暂稳时间, 取决于 C_B 的放电时间 T , 即

$$T \approx 0.7 R_{B2} C_B$$

改变 R_{B2} 、 C_B 的阻容值, 便可调节单稳输出的脉冲宽度。

例 60. 射极耦合单稳态电路

图 60 是射极耦合单稳态电路。

在稳态时, VT_1 截止、 VT_2 饱和。 R_E 为两管发射极公共电阻, 平时只有 VT_2 发射极电流 I_{E2} 流过 R_E 。

负脉冲通过 C_1 、 R_1 和二极管 VD 组成的触发电路, 加至 VT_1 集电极上, 由于电容器 C_B 两端电压突变, 所以负脉冲通过 C_B 同时加至 VT_2 基极上, 使 VT_2 趋于截止, 引起 I_{E2} 减少。当 I_{E2} 减小到一定程度时, VT_1 导通, A 点电位下降, 通过 C_B 的耦合, I_{E2} 进一步减小, 从而产生正反馈使 VT_1 导通饱和、 VT_2 截止, 电路

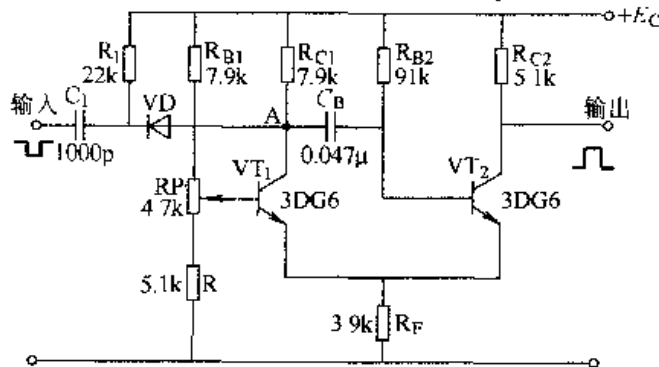


图 60 射极耦合单稳态电路

进入暂稳状态。

暂稳状态是短暂的。因为 VT_2 截止以后 C_B 便开始放电。在 VT_1 处于饱和状态时，则放电时间 $T_1 \approx 0.7R_{B2}C_B$ 。随着电容器 C_B 的放电， VT_2 基极电位逐渐上升，当基极电位高于发射极电位时， VT_2 就导通，正反馈的结果使 VT_1 再次截止，恢复到初始的稳定状态。

射极耦合单稳态电路与上例的集基耦合单稳态电路相比，虽然输出电压幅度较低，但它省掉了一个偏置电源 E_B ，因此在实际应用中较为广泛。

例 61. 低速单稳态电路

该例是集基耦合单稳态电路。由于采用的是 3AX 低频管，所以图 61 所示电路只能用于低速开关电路。

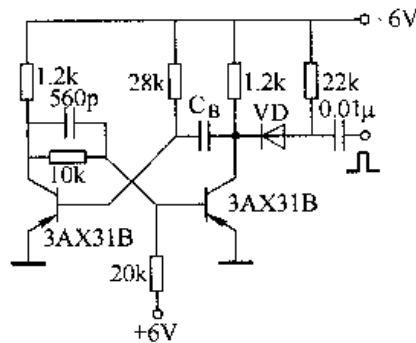


图 61 低速单稳态电路

例 62. 高速单稳态电路

电路如图 62 所示。在集基耦合单稳态电路中， VT_1 、 VT_2 采用锗高频开关管 3AK 或高频管 3AG 系列，大大提高了开关速度。 VD_1 和电阻 R 是为改善输出波形而设置的。

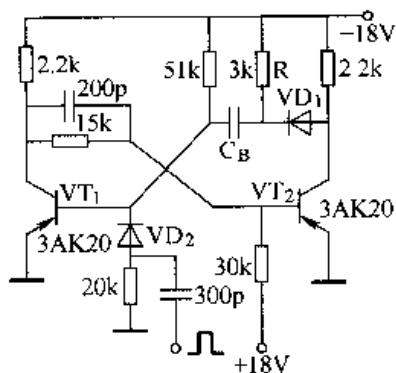


图 62 高速单稳态电路

例 63. 具有钳位的单稳态电路

图 63 所示集基耦合单稳态电路中，采用了两只二极管 VD_1 、 VD_2 和 +6V 电源，组成了钳位电路，使输出电平限制在 +6V，以减少负载对输出波形的影响，同时使输出波形的边沿陡峭。

C_B 由读者根据实际需要选定容值。

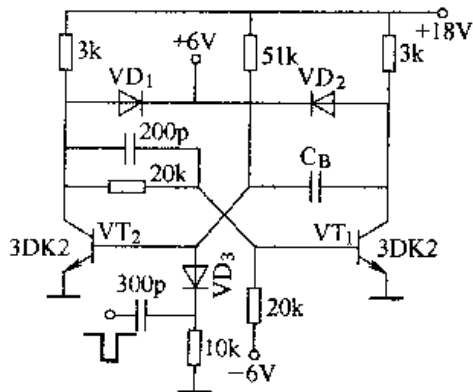


图 63 具有钳位的单稳态电路

例 64. 具有较长暂稳时间的单稳态电路

该例集基耦合单稳态电路有较长的暂稳时间，电路如图 64 所示。

暂稳时间的长短由 $R_{B2}C_B$ 决定， $R_{B2}C_B$ 越大，时间越长。但是， R_{B2} 的增大受到限制。因为需要满足饱和条件 $R_{B2} < \beta_2 R_{C2}$ 。这例 VT_2 、 VT_3 组成复合管，它们的 $\beta = \beta_2\beta_3$ (β_2 、 β_3 分别为 VT_2 、 VT_3 的放大倍数)，于是 $R_{B2} < \beta_2\beta_3 R_{C2}$ 。由此可见 R_{B2} 可以取得大一些，从而暂稳时间可以延长许多。

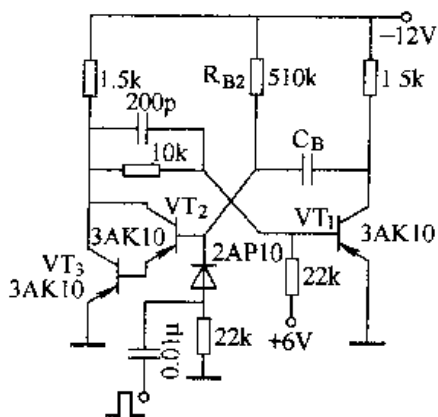


图 64 具有较长暂稳时间的单稳态电路

例 65. 能延长很长时间的单稳态电路

普通单稳态电路不能做到较长时间的延时，很难组成实用的程序控制电路。图 65 所示的延时很长的单稳态电路，较之普通的集基耦合单稳态电路，多出 R_{K2} (阻值为 R_{K2})、 VD_1 、 VD_2 、 R_{D1} 等元件。

电路稳定状态是 V_1 截止、 V_2 导通。这时 V_1 集电极电位接近 $+E_C$ ，因此导通状态的 V_2 主要是通过 R_{K2} 从电源取得足够的基极电流而达到饱和的 (通常 $R_{B2} \gg R_{K2} \gg R_{C1}$)。当负脉冲引入 V_2 基极后， V_2 截止， V_1 导通，电路翻转。此时 V_1 集电极电位由 $+E_C$ ，下降到接近 $0V$ ，从而 R_{K2} 上几乎没有电流流过，所以 V_2 基极电位也接近于 $0V$ ，确保了 V_2 截止。 V_1 由截止到导通后，F 点电位从 $+E_C$ 下降到接近 $0V$ ，由于电容器两端电压不能突变，A 点电位就从原来的零点几伏跌至接近 $-E_C$ (电路处于稳态时， C_B 上已充足电，两端电压约为 E_C)， VD_2 反偏截止。随着 C_B 通过 R_{B2} 、 VD_1 、 V_1 及电源的放电，A 点电位逐渐上升，当它达到 $0.5V$ 左右时， V_2 导通、 V_1 截止，单稳态回复到原来状态。

电路中， VD_2 的作用是防止 C_B 级 R_{K2} 放电，所以要 VD_2 的正向电阻要小，反向电阻要大 (尤其在 R_{B2} 取得很大的情况下)，以免由于 VD_2 的反向漏电流使延时时间缩短。由于巧妙地设置了 V_2 导通时 R_{K2} 这条基极电流通路，所以 C_B 的放电电阻 R_{B2} 可以取得很大，而不受 V_2 饱和条件的限制，从而这一单稳态电路的延时可以很长。因为采用 NPN 型硅管时，A 点电位要达 $0.5V$ 左右电路才回复，所以这一单稳态电路的实际延时时间通常大于 $0.7R_{B2}C_B$ (实验表明：当 $R_{B2}C_B$ 很大时，例如延时长达几十分钟时，由于 VD_2 反向漏电流的影响，其系数可取 0.8 左右；当 $R_{B2}C_B$ 不是很大时，例如延时为几十秒钟， VD_2 反向漏电流影响较小，系数接近 0.9)。改变 R_{B2} 阻值，即可方便地改变延时的长短，而且线性关系尚好。如果要提高延时的准确性， C_B 可采用钽电容， R_{B2} 应采用金属膜电阻。

VD_1 、 R_{D1} 又有何作用呢？在电路由暂稳态回复到稳态时， VT_1 由导通趋向截止，若不接 VD_1 和 R_{D1} ，则 C_B 将通过 R_{C1} 充电。由于 C_B 容量一般较大，致使 VT_1 集电极电位不是突跳到 $+E_C$ ，而是缓慢上升，这就不能向 VT_2 提供足够的基极电流，维持其导通。由于 VT_2 集电极和 V_1 基极间的耦合， VT_2 导通不了， VT_1 也

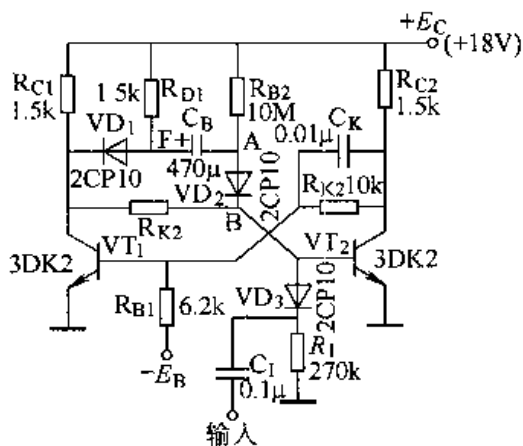


图 65 能延长很长时间的单稳态电路

不能截止。因此，若不接 VD_1 和 R_{D1} ，则电路一经触发翻转便不能回复，将一直处于 VT_1 导通、 VT_2 截止状态。电路中接入 VD_1 和 R_{D1} 后，可使 VT_1 从导通到截止时， C_B 不能通过 R_{C1} 充电，只能通过 R_{D1} 充电，这就使 VT_1 集电极电位能迅速上跳，保证电路能及时回复到稳态。

例 66. 单稳态启动电路

为使单稳态电路在开机后准确进入稳态，在设计时启动电路必不可少。电路如图 66 所示。

工作原理：电源开关合上后，VT 集电极电位先随正电压 E_C 的建立迅速地从 0V 上升到 $+E_C$ ，开关合上后的短暂时间内，VT 是截止的。随后，由于 C_1 的充电，VT 基极电位不断上升。当 VT 导通后，其集电极电位又迅速地从 $+E_C$ 下降到接近 0V。VT 集电极输出波形经 C_3 、 R_4 微分，由 VD 隔去正尖脉冲，得到的负尖脉冲去触发单稳态电路。

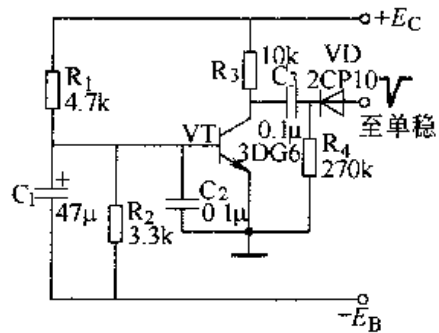


图 66 单稳态启动电路

由于 R_1 阻值较大， C_1 容量也较大，所以 C_1 的充电比待触发的单稳态电路中的 C_B 的充电要慢得多，所以启动级输出的负尖脉冲是在单稳态电路的 C_B 充足电后才出现的。

该例电路的微分电容 C_3 用 $0.1\mu F$ ，若容量过小，则微分后的尖脉冲宽度太窄，不能使单稳态触发翻转。电容 C_2 取 $0.1\mu F$ ，用于防干扰，以免由于电网上其他负载的通断使启动电路误动作。

例 67. 锯齿波发生电路

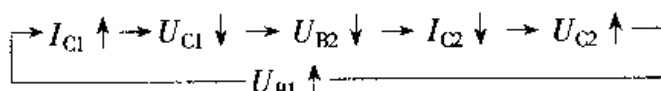
锯齿电压波简称锯齿波，如图 67a 所示。它是示波器、雷达等设备中作为扫描电压，也可用于脉冲宽度选择或组成延时电路等。在自动控制、测量仪器等方面应用甚广。

锯齿波的形成是依赖于电路中电抗元件对能量的吸收和泄放以及这两者在时间上的悬殊的差异。电容的缓慢充电（或放电）和快速放电（或充电），就产生了锯齿电压波。图 b 为正向锯齿电压波，图 c 为负向锯齿电压波。

图 d 为锯齿波发生电路。 VT_2 相当于开关，它提供 $+E_C$ 通过 R_{C2} （阻值为 R_{C2} ）对电容器 C 的充电通路。当 VT_2 截止时，C 经 R（阻值为 R）、 RP_2 （阻值为 RP_2 ）放电。为了获得锯齿波，必须使 $R_{C2} \ll (R + RP_2)$ 。

这一电路能自己产生振荡，形成锯齿电压波。

(1) 工作原理：当电源供电后， C_B 经 R_{C2} 和 VT_1 基射极迅速充电。随着充电电流的减小， U_{C1} 上升，即 U_{B2} 上升，所以 I_{C2} 增大， U_{C2} 下降，通过 C_B 的耦合， U_{B1} 也下降，从而 U_{C1} 上升，也即 U_{B2} 上升，这又进一步使 I_{C2} 增大，如此循环下去，电路迅速进入 VT_1 截止 VT_2 饱和的暂稳状态。于是电容 C 经 VT_2 、 R_{C2} 以时间常数 $R_{C2}C$ 充电（由于 $R \gg R_{C2}$ ，可忽略 R 的分流作用），使 U_{E2} 及 U_{C2} 按指数规律上升，通过 C_B 的耦合， U_{B1} 从负电位上升，当 U_{B1} 上升到一定数值时， VT_1 发射结正向偏压达开启电压， VT_1 导通，于是便发生如下连锁反应：



结果又迅速使 VT_2 截止、 VT_1 饱和，电路进入另一暂稳状态，这时电容器 C 以时间常数 RC 放电。由于 C 的放电， U_{E2} 不断下降。当 U_{E2} 低于 U_{C1} 时， VT_2 又进入导通，经强烈正反馈，迅速地使 VT_1 截止、 VT_2 饱和，电路回到原来的暂稳态，于是电容器 C 又开始充电，如此周而复始，形成振荡。由于充电时间常数为 $R_{C2}C$ ，放电时间常数为 RC ，而 $R_{C2} \ll R$ ，所以充电快放电慢，因而从电容器 C 的两端（或 VT_2 的发射极与地之间）就可得到锯齿电压波。

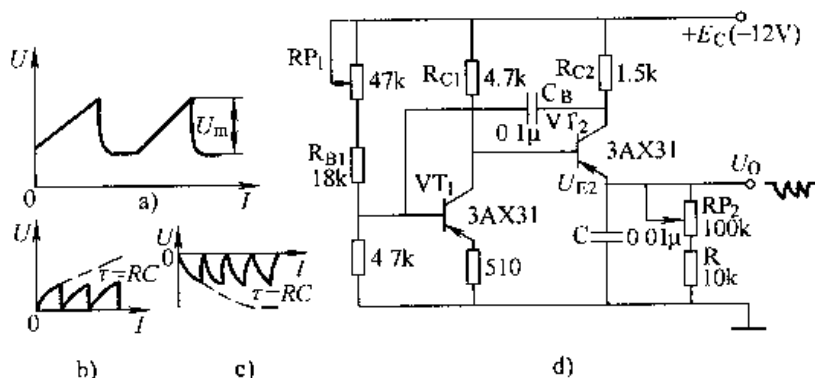


图 67 锯齿波发生电路

锯齿电压波的频率与放电时间常数 RC [此例则是 $(R + RP_2) \cdot C$] 有关，改变 R （此例通过调节 RP_2 实现）或 C 的大小，就可方便地改变锯齿波的频率。通常是改换不同值的电容器 C 来粗调，调节电阻 R 和 RP_2 来实现频率细调。

(2) 电路元器件的选择：锯齿波的回扫部分是由电源经 R_{C2} 和 VT_2 对电容 C 迅速充电形成的。为减小回扫时间， R_{C2} 应尽可能取小些。但 R_{C2} 阻值的选取不应使流过 VT_2 的电流超过允许值。此外应选择 R_{C1} 使 VT_2 导通时能进入饱和，这可以减小回扫时间和改善锯齿波线性。 R_{B1} 取得小，锯齿波幅大，但线性差。 R_{B1} 过小， C 即使放完电， VT_2 仍不能通电，所以无法起振。但 R_{B1} 不能过大，否则 VT_1 导通时， VT_1 集电极 U_{C1} 较高以至电容器 C 放电还未结束， U_{E2} 还没接近 $0V$ ， VT_2

又由截止变为导通了，这就降低了输出锯齿波的幅度。所以， R_{BI} 实际上可由调试确定（在本例， R_{BI} 实际上由一只 $18k\Omega$ 电阻加 RP_1 组成，这样以便调整）。调节 RP_1 和 R_{BI} 时，会影响输出幅度 U_m ，由于放电时间未变，所以同时也使频率发生改变。此外，耦合电容 C_B 如用得太小，电路不易振荡，同时也会使输出幅度下降。 C_B 的取值可与 C 相同或略大。

该例所示电路当电源电压为 $12V$ 时，输出锯齿波的幅度为 $4V$ 左右，线性尚好。串接在 VT_1 发射极上的 510Ω 电阻略微降低了 VT_1 导通时集电极电位 U_{C1} ，使电容器 C 放电即将结束时 VT_2 能顺利导通，这对起振有利，所以这一电路对 VT_1 、 VT_2 的 β 值要求不高。

例 68. 时标锯齿波发生电路

时标锯齿波发生电路简称时标脉冲发生电路（如图 68 所示）。 VT_2 、 VT_3 组成锯齿波振荡电路，当锯齿波回扫时， VT_2 基极负脉冲经 VT_1 放大，而倒相后作为时标脉冲（又叫时钟脉冲）输出。 VD 是作温度补偿用的，用来提高定时稳定性。为了提高稳定性， C_1 最好采用钽电解电容。 VT_2 用反接 3DG6B 或 β 值小于 10 的正接 3DG6 管。

这例电路产生的时钟脉冲，幅度可达 $9V$ ，脉宽 $0.2s$ ，脉冲间隔 $10s$ ，可用作自动控制设备中作程序控制信号源，也可作定时装置。

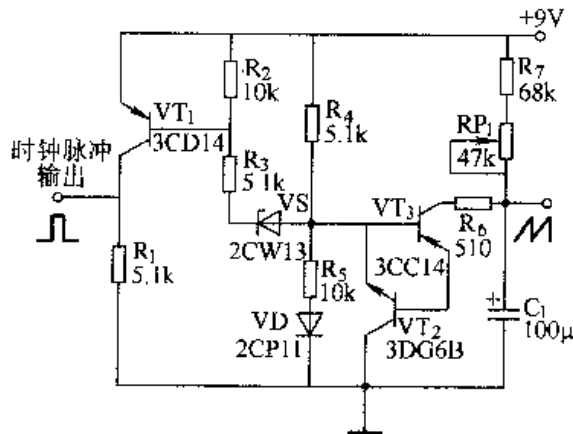


图 68 时标锯齿波发生电路

例 69. 自举式阶梯波电路

自举式阶梯波电路线性较好，电路如图 69 所示。

我们知道，射极跟随器的电压放大倍数（ β 值）近似为 1，电容器 C_2 上的电压 $U_{C2} \approx U_e$ ，把 U_e 通过 VD_1 反馈到 C_1 上，第一个正脉冲到来后， C_2 上的电压 $U_{C2} = UC_1 / (C_1 + C_2) \approx U_e$ 。第一个脉冲消失后， C_1 通过信号源内阻放电，同时

被 U_0 反向充电（充电方向如图中虚线所示），最后得到的充电电压即为 U_0 ，其方向为左负右正。该电压的极性正好和 C_1 上的电压极性相反，因此当第二个正脉冲到来时， C_1 、 C_2 上的充电电压为 $U + U_0 - U_0 = U$ 。由此可见，尽管每次输入脉冲作用后电容 C_2 上的电压 $U_{C2} \approx U_0$ 不同，但每次 C_2 上的电压增量均为 $\Delta U = UC_1 / (C_1 + C_2)$ ，即 C_2 上的电压增量恒定不变，也就是每个阶梯幅度相等，因此该阶梯波的线性较好。

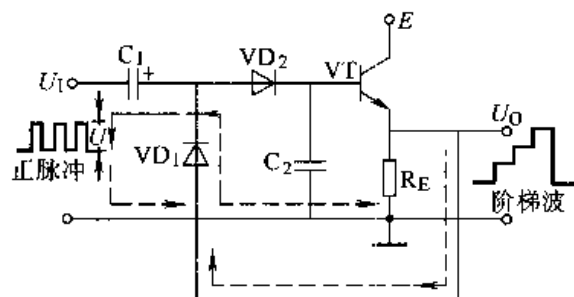


图 69 自举式阶梯波电路

值得一提的是，在本例中，当阶梯波达到所要求的阶梯级数后， C_2 上积累的电荷需要释放。因此，在实际电路中， C_2 两端还要并联一个电子开关，当阶梯波达到一个周期（阶梯级数）后，电子开关闭合，为 C_2 提供放电途径，以便使电路能连续不断地输出阶梯波信号。

例 70. 单结晶体管开关电路

单结晶体管具有一个 P-N 结三个电极，分别称为发射极 E、第一基极 B_1 和第二基极 B_2 。又因它有二个基极，所以又称双基二极管。单结晶体管具有以下特点（如图 70 所示）。

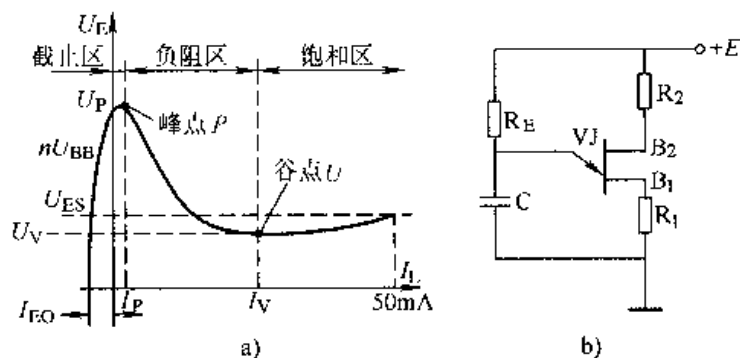


图 70 单结晶体管开关电路

- (1) 峰点电压 U_P 与 U_{BB} (B_1 、 B_2 之间加上电压， B_2 接正， B_1 接负，在本例图 a 中， U_{BB} 即 $+E$) 成线性关系，因此具有稳定的触发电压。
- (2) 峰点电流小（微安数量级），因此所需触发电流极小。
- (3) 谷点电流为毫安数量级，峰点电流为微安数量级，因此负阻区宽，而且负阻特性均匀，并且有良好的温度特性。

(4) 可以取得较大的脉冲电流。

正因为有以上特征，因此单结晶体管的用途颇广，如用它来构成振荡器、触发电路、锯齿波发生器、阶梯波发生器、单稳、双稳及时间继电器等。

从图 a 可见，单结晶体管对应每一个电流 I_E ，有一个完全确定的电压 U_E 值；而对应每一个电压值，则可能有几个不同的电流值。根据这个特性，则可在电压维持不变的情况下，使电流产生跃变，即所谓“恒压跳变”。为了使单结晶体管 VJ 的电压维持不变来实现电流跳变，用单结晶体管组成开关电路时，就需要有储能元件——电容。其电路如图 b 所示。

图中，电源为 $+E$ ，电阻的选取，通常 $R_1、R_2 \ll R_{BB}$ (R_{BB} 为基极 $B_1、B_2$ 之间的阻值，可用万用表测得)。所以，基极 $B_1、B_2$ 间的电压 $U_{BB} \approx +E$ 。

选用适当的 $R_E、E$ 值，使得发射极 E、 B_1 基极间静态负载线与单结晶体管的载入特性曲线交于不同位置时，就可以得到不同的开关电路。

例 71. 单结晶体管直接触发晶闸管电路

应用单结晶体管组成的晶闸管触发电路简单可靠，调整容易，广泛应用于交流电路的单相、三相设备中。本例是在单相 220V 电路中，控制发热器件（如电炉、电灯等）的实用电路（如图 71 所示）。

图中，单结晶体管组成自激多谐振荡。通电后，在 R_1 上输出一系列尖脉冲。此尖脉冲直接送到晶闸管 V_{TH} 的控制极与阴极之间，即可触发晶闸管 V_{TH} 的导通，使发热器件 EH 获电工作。调整电位器 RP 的阻值，即可调节 V_{TH} 的导通角（即调节流过 V_{TH} 的电流大小，或调节加在 EH 上的电压高低）。

这种电路引出方式简单易行，但触发电路与主电路（交流电路）有电的联系，因此在安装、调试、使用中须注意安全。

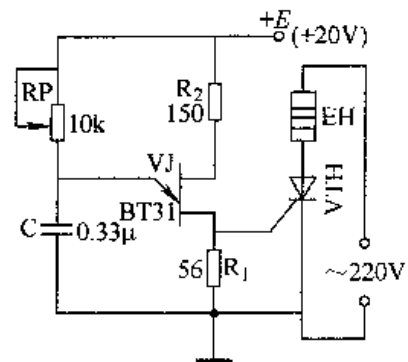


图 71 单结晶体管直接触发晶闸管电路

例 72. 单结晶体管通过脉冲变压器触发晶闸管电路

有时要求触发电路与晶闸管主电路相互隔离，这时就可用图 72 中所示的脉冲变压器来引出脉冲。

图中，二极管 $VD_1、VD_2$ 的作用是削去负脉冲，不使它加到晶闸管 V_{TH} 的控制极。脉冲变压器 T 平时有一定的直流电流流过。

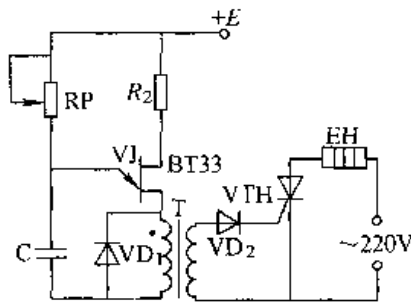


图 72 单结晶体管通过脉冲
变压器触发晶闸管电路

例 73. 单结晶体管可控脉冲发生器

图 73 所示单结晶体管可控脉冲发生器，用来触发环形计数器、单稳、双稳等电路，它实质上是由单结晶体管组成的自激多谐振荡器。

在这例，晶体管 VT_2 可视为可变电阻，利用直流控制信号改变 VT_2 基极电流的大小，即可改变 VT_2 的集电极-发射极（集电结）的阻值，从而改变电路的振荡频率。

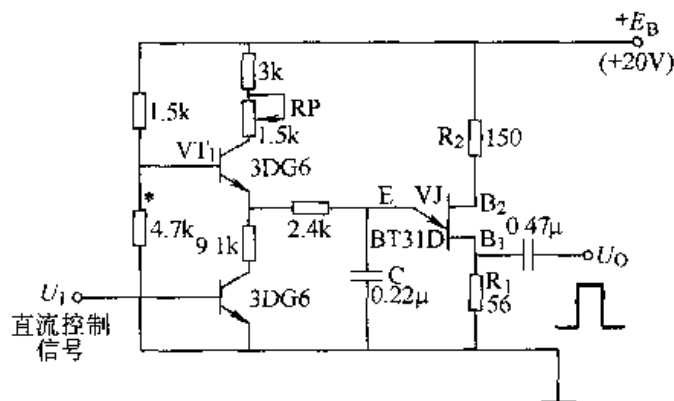


图 73 单结晶体管可控脉冲发生器

例 74. 非门电路

非门是什么？用逻辑语言归纳出来就是当条件 A 出现时，结果 P 就不出现；当条件 A 不出现时，结果 P 就出现。换句话说，结果是条件的否定。这样逻辑功能称为“非”，具有“非”功能的电路则叫作“非门电路”。

在门电路中，为了分析电路的逻辑功能，常把它的输入、输出信号的高低电压用逻辑符号“1”和“0”来表示，称为逻辑信号。高电位作为“1”，低电位作为“0”，称为正逻辑；以低电位作为“1”，以高电位作为“0”，则称为负逻辑。由于“非”的作用是输出又输入的否定，可用表 2 所示的真值表列出。

表 2

输入	输出
0	1
1	0

真值表是反映逻辑电路功能的，它把输入所有可能出现的情况罗列出来，并指出各种情况下是什么。

在工程中，经常用图来表示很多逻辑电路的连接，这种图叫逻辑图。逻辑图中“非门”的符号如图 c 所示。

典型的非门电路如图 74 所示。以图 a 为例，当输入为“0”，由于 VT 的基极得不到正向偏置电流从而截止，这时没有集电极电流， R_C 上无压降，P 点电压为 E_C ，因而输出是逻辑“1”。

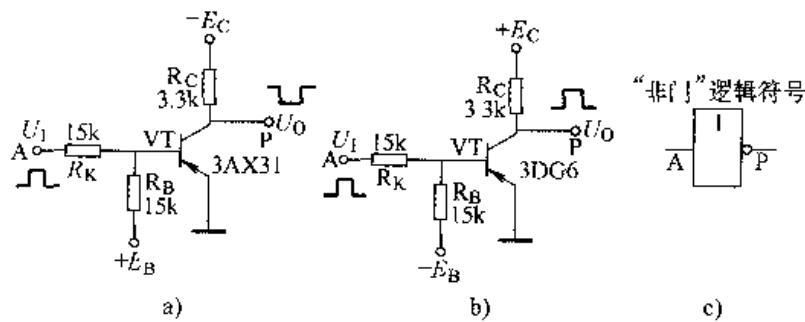


图 74 非门电路

当输入为“1”时，负电压通过 R_K 加到 VT 基极，给基极以正向偏置电流，使 VT 饱和导通，这时 P 点电压约为 0V，输出逻辑“0”。

图中， R_C 是非门的门电阻，其作用是通过它向 P 点提供电压。VT 饱和， R_C 上产生很大的压降，使集电极电位几乎与发射极的电位相等；截止时， E_C 通过 R_C 加到集电极上，使集电极电压等于 E_C 。 R_K 是输入电阻，通过它给 VT 加正向偏置电流，即输入信号。 R_B 是反偏电阻，通过它给 VT 加反向偏置电流。这两个电阻配合得当，才可以使输入“1”时 VT 饱和导通，输入“0”时 VT 可靠截止。

例 75. 稳压二极管门限非门电路

为了适应电路中某些要求，有时会把非门电路作些变化，构成专门用途的非门电路。稳压二极管门限非门，就是其中之一，电路如图 75 所示。

该电路与普通非门（如图 74 所示）的不同处，仅仅在于用稳压二极管 VS，代替了图 74 中的 R_K 。

稳压二极管的特点是可以工作在反向击穿状态。反向击穿以后，稳压管的电压降是一个定值，与通过稳压二极管的电流关系不大，称为该管的稳定电压 U_Z 。从图 75 不难看出，无论输入是“0”还是“1”， U_1 和 E_B 对 VS 来说，都是反向电压，使其反向击穿，它的电压降就是 U_Z ，因此 $U_{BE} = U_1 - U_Z$ 。当 $U_1 < U_Z$ 时， $U_{BE} < 0$ ，V 得到反偏而截止；若是 $U_{BE} = 0$ 时， U_1 为关门电压，显然 $U_1 = U_C = U_Z$ 。不难看出，该电路是利用 VS 固定的电压降来抵消输入的正向电压的方法来保证 VT 截止的。因此，门限非门不需要由 R_B 提供较大的反向偏流 I_{EB} ，一般 I_{EB} 有零点几毫安就足够了，所以 R_B 的阻值可以用得比较大。

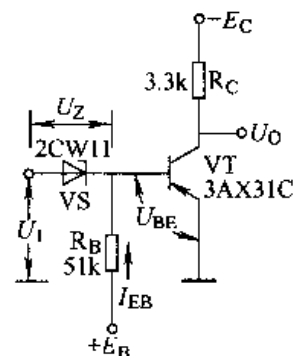


图 75 稳压二极管门限非门电路

例 76. 普通二极管门限非门电路

这例采用三只硅二极管，代替图 75 中的稳压二极管，组成了门限非门电路，如图 76 所示。每只硅二极管的正向导通时可得到 0.7V 左右的压降，那么三只则获得 2.1V 左右的电压降，此电压降则相当于稳压值 U_Z 。

这例电路推动接电源负载时，输出可达 100mA；当采用 U_Z 较高的 VS 时 (U_Z 可取 3~5V)，可提高非门的关门电压，而开门电压却不高。

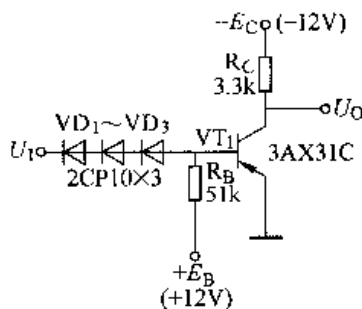


图 76 普通二极管门限非门电路

例 77. 输出有钳位二极管的非门电路

图 77 所示电路是一个输出端有钳位电路的非门电路，它和普通非门的区别，仅仅在于输出回路接上了钳位二极管 VD 和钳位电源 E_Q 。当输出电压 $U_0 < E_Q$ 时，VD 的正极比负极还负，VD 不导通，并且它对电路也不产生影响。如果 U_0 增大到 $U_0 = E_Q$ 以后（此时 VD 为零偏），再继续增大，则 VD 导通，并且 VD 导通后的压降是很小的，相当于把输出端和 E_Q 接在一起，强制 $U_0 = E_Q$ ，这就是钳位作用。

钳位电路给非门带来的优点是使输出“1”电压固定，保持输出电压为 E_Q ，而且不随负载变化；使电容性负载的输出波形变好。

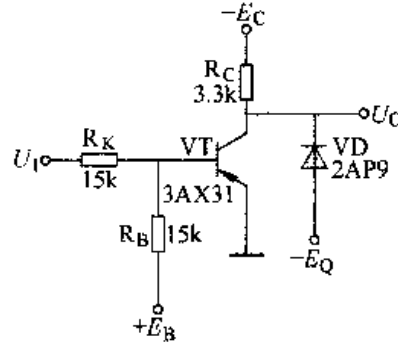


图 77 输出有钳位二极管的非门电路

例 78. 推动接地负载的大电流非门电路

在一个普通非门之后接一个射极跟随器，就构成了推动接地负载的大电流非门，如图 78 所示。

对于前面的非门 (VT_1) 而言，它要推动的负载是射极跟随器 (VT_2) 的输入电阻，它的输出电压 U_{O1} 就是射极跟随器的输入电压。

当输入“1”时， VT_1 导通， VT_2 得不到正偏而截止，所以 VT_2 输出为“0”，即 $U_{O2} = 0V$ 。

当输入“0”时， VT_1 截止， VT_2 基极通过 R_{C1} 得到正向电流， VT_2 导通并工作在放大状态，输出为“1”。整个非门的负载能力为前面非门 (VT_1) 的 $(1 + \beta_2)$ 倍，显然， VT_2 的 β 值 (即 β_2) 越大，负载能力就越大。

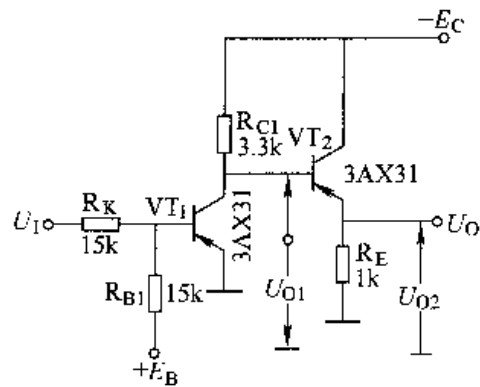


图 78 推动接地负载的大电流非门电路

例 79. 推动接电源负载的大电流非门电路

由于射极跟随器不能推动接电源负载，所以把射极跟随器插入非门的输入电路，如图 79 所示。其工作原理如下。

当输入为“0”时， R_K 和 R_{B1} 分压， VT_1 基极对地电压应是正压。如果 VT_1 发射极接地，那么它会可靠地截止。而现在 VT_1 发射极通过 R_{B2} 接到正电源 E_B ，发射极加正压对于发射结而言则是正偏，所以 VT_1 不会截止，而是工作于放大状

态。由于跟随作用，基极对地为正电压，发射极对地也是正电压，使 VT_2 得到反偏，从而 VT_2 截止并输出“1”。

当输入为“1”时， VT_1 基极对地电压为负，发射极对地也为负，使 VT_2 得到正偏导通，输出为“0”。

R_L 为负载，可以小到几十欧，即本电路可以带动较重的负载。

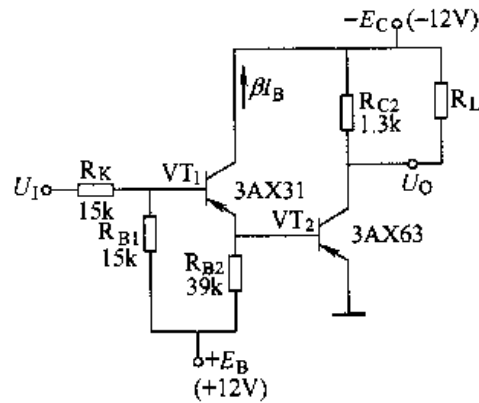


图 79 推动接电源负载的大电流非门电路

例 80. 二极管与门电路

与门是一种多输入端的逻辑电路，当输入的几个信号之间满足某一种特定关系时，门电路输出一种信号，否则输出另一种信号。二极管与门电路如图 80 所示。

图 c 为与门逻辑符号，其中 A、B、…、N 表示与门的 N 个输入端，P 表示输出端。只有当输入端 A、输入端 B、…、输入端 N 全都是“1”时，输出才是“1”，只要有一个输入端是“0”，输出就是“0”。其真值表如表 3 所示。

表 3

输 入		输出 P
A	B	
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

与门的逻辑关系，可用逻辑式表示

$$P = A \times B \times \cdots \times N$$

二极管与门电路有两种。一种用于正逻辑系统，称为正与门（见图 b）；另一种用负逻辑系统，称为负与门（图 a）。它们在电路形式上很相似，区别仅在于二极管的方向不同，因而供电电压和输入信号的极性也不同。特点在于正与门

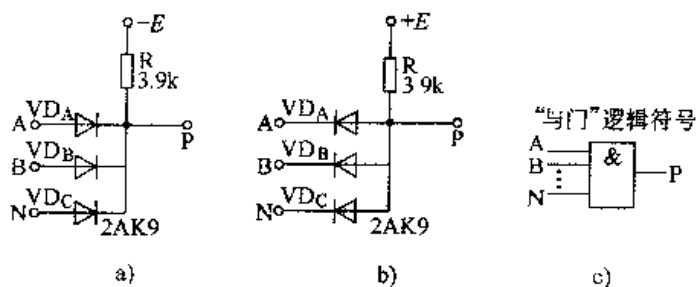


图 80 二极管与门电路

把二极管的正极连结起来加正压；负与门把二极管的负极连结起来加负压。R 是门电阻。

以图 b 为例，0V 为逻辑“0”，“-E”为逻辑“1”，电路工作过程如下。

- (1) 若 A、B、N 输入都是“0”，则 VD_A 、 VD_B 、 VD_N 都导通，P 输出“0”。
- (2) 若 A 输入“0”，B 输入“1”，N 输入“1”，电路自动选择 VD_A 导通，并把 P 点钳位于 0V，输出“0”。 VD_A 导通后，由 VD_B 、 VD_N 管的正极接负（-E），负极接 0V，加的是反向电压，因而截止。
- (3) 如果 A、B、N 均输入“1”， VD_A 、 VD_B 、 VD_N 两端电压都是 -10V，全部二极管都导通，输出为“1”。

二极管与门的输出端 P 带负载有两种方法。一种接电源负载，即为负载与 P 端接好以后，负载的另一端与电源端相接；另一种叫接地负载，即负载接在 P 端和地上。

与门接电源负载，只需考虑输出“0”状态，门电阻 R 的阻值越大，负载能力越强。

与门接地负载，只需要考虑输出“1”状态，门电阻 R 的阻值越小，其负载能力越强。

二极管与门电路中，与门信号漂移主要是由二极管的正向压降引起的。因此，与门应选用正向压降小的锗开关管（2AK 型）。须考虑的是最大正向电流 I_{FM} 和最高反向工作电压 U_{RM} 。选择管子的 I_{FM} 大于 1.5 倍工作时的电流；最高反向工作（峰值） ≥ 1.5 倍电源电压。

例 81. 二极管或门电路

或门是一种多输入端的逻辑电路。图 81d 所示为或门的逻辑电路符号，A、B、…、N 表示或门的输入端个数，P 表示输出端。只要当输入端 A 或输入端 B ……或输入端 N，有一个是“1”时，输出端就是“1”；而只要所有输入端都是“0”，输出才是“0”。这种逻辑关系就叫“或门”，也叫逻辑加，可用逻辑关系式

表示

$$P = A + B + \dots + N$$

式中的“+”号表示“或”。其真值表如表 4 所示。

表 4

输 入		输出 P
A	B	
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

与门和或门之间有着密切的关系。对于一个具体的与门或者或门电路，既可以说它是与门，也可以说它是或门。这就是要看它用在什么场合及针对什么逻辑而言。正逻辑的与门，对于负逻辑就是或门；正逻辑的或门，对于负逻辑就是与门。

二极管或门电路也有两种。一种用于正逻辑系统，称为正或门，如图 a 所示；另一种用于负逻辑系统，称为负或门，如图 b 所示。不难看出，正或门和负与门、负或门和正与门电路完全一样，工作原理也相似（如图 80 所示）。

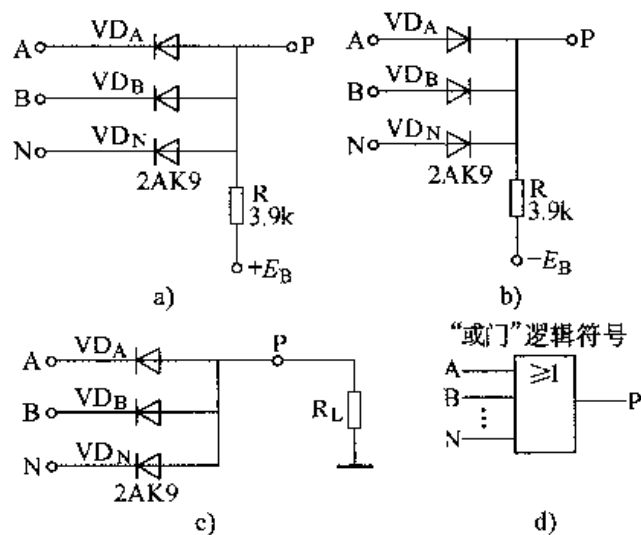


图 81 二极管或门电路

同二极管与门一样，二极管或门也有接电源负载和接地负载两种接法。由于或门一般不用于推动接电源负载，因而对门电阻 R 数值的增大就没有限制了，所以门电阻 R 经常不用。没有门电阻的或门只能推动接地负载，而不能推动电源负载。

省略门电阻的或门电路如图 c 所示，它的负载能力是由前级提供的，其输入电阻是阻值为 R_L 的接地电阻。

例 82. 二极管-晶体管与非门电路

由于二极管门电路没有放大作用，在传递逻辑信号时，要产生电流的衰减和电压的漂移，多级联用时负载能力就会越来越小，可能造成前级推不动后级，电路无法正常工作。为解决这个问题，在几级二极管门电路中间插入晶体管门电

路，这样既能克服漂移，恢复信号电压，又能增加负载能力。

图 82 为二极管-晶体管与非门电路。它是将与门和非门连接起来，成为一单独的门电路，逻辑功能是与之非，称为“与非门”，逻辑符号如图 b 所示，是在与门符号上加一个小圆圈，表示非。与非门的逻辑式可写作

$$P = \overline{A \times B \times \cdots \times N}$$

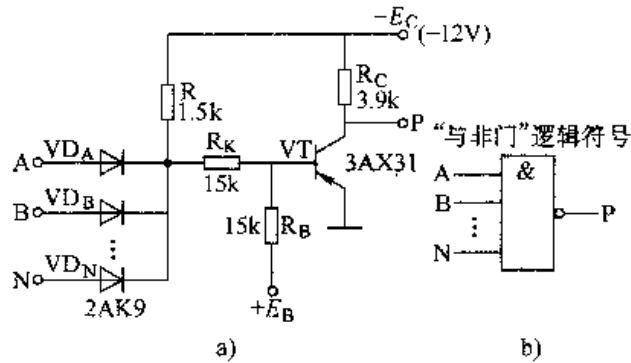


图 82 二极管-晶体管与非门电路

例 83. 二极管-晶体管或非门电路

在图 83 中，将二极管或门和晶体管非门组合在一起，在逻辑功能是或之非，成为一个固定的电路单元，称为“或非门”。

或非门的逻辑式可写作

$$P = \overline{A + B + \cdots + N}$$

或非门是一个整体，不允许从或门再输出信号，这样，二极管或门只推动晶体管非门，负载是固定的，或门与非门配合得更好。

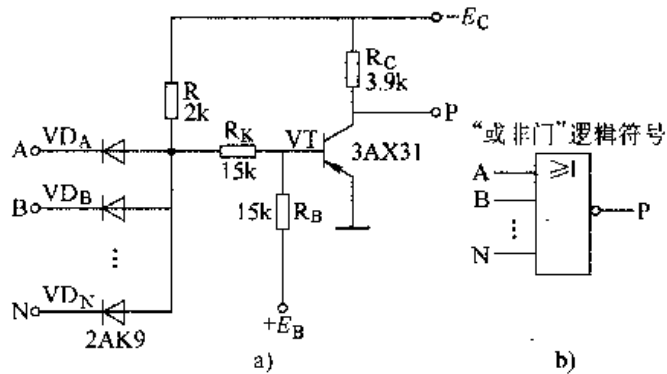


图 83 二极管-晶体管或非门电路

例 84. 二极管与门译码电路 (一)

图 84 二极管与门译码电路用途颇多, 如密码锁、二进制数码转换为十进制数码等。

以二进制数码转换为十进制数码的译码为例。电路由十个四输入端的与门 $Y_1 \sim Y_0$ 组成。它们的输出 $P_1 \sim P_0$ 分别代表十进制的 1~9、0 十个数码。译码电路的输入是 $T_0、T_1、T_2、T_3$ 四个信号和它们的反信号 $\bar{T}_0、\bar{T}_1、\bar{T}_2、\bar{T}_3$ 。每个输入信号都有“0”、“1”两种状态, 代表一位二进制数码, 四个信号组成一个四位的二进制数。十进制数码和二进制数码有着确切的对应关系, 如表 5 所示, 并由此确定了十个与门的逻辑功能。使得输入四个信号为某种组合时, 只有与其相对应的那个与门输出“1”, 其他均输出“0”。

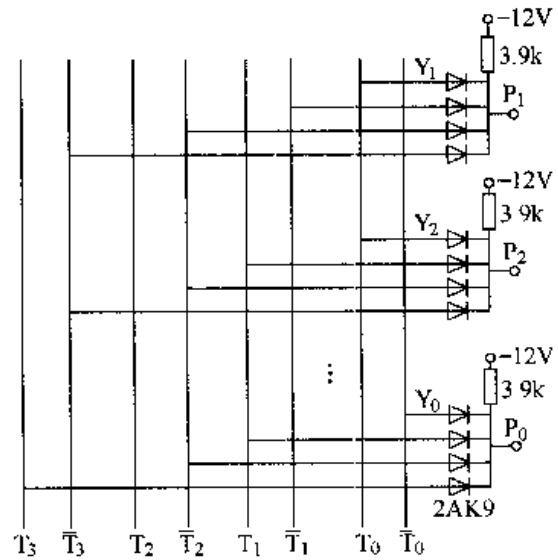


图 84 二极管与门译码电路 (一)

表 5

十进制数码	二进制数码				与门的逻辑式
	T_3	T_2	T_1	T_0	
1	0	0	0	1	$P_1 = \bar{T}_3 \times \bar{T}_2 \times \bar{T}_1 \times T_0$
2	0	0	1	0	$P_2 = \bar{T}_3 \times \bar{T}_2 \times T_1 \times \bar{T}_0$
3	0	0	1	1	$P_3 = \bar{T}_3 \times \bar{T}_2 \times T_1 \times T_0$
4	0	1	0	0	$P_4 = \bar{T}_3 \times T_2 \times \bar{T}_1 \times \bar{T}_0$
5	0	1	0	1	$P_5 = \bar{T}_3 \times T_2 \times \bar{T}_1 \times T_0$
6	0	1	1	0	$P_6 = \bar{T}_3 \times T_2 \times T_1 \times \bar{T}_0$
7	0	1	1	1	$P_7 = \bar{T}_3 \times T_2 \times T_1 \times T_0$
8	1	0	0	0	$P_8 = T_3 \times \bar{T}_2 \times \bar{T}_1 \times \bar{T}_0$
9	1	0	0	1	$P_9 = T_3 \times \bar{T}_2 \times \bar{T}_1 \times T_0$
0	1	0	1	0	$P_0 = T_3 \times \bar{T}_2 \times T_1 \times \bar{T}_0$

例如: 在输入端 $T_3 = “0”$ 、 $T_2 = “1”$ 、 $T_1 = “0”$ 、 $T_0 = “1”$ (即表 8 中的 $P_5 = \bar{T}_3 \times T_2 \times \bar{T}_1 \times T_0 = “1”$) 代表十进制数码“5”。

例 85. 二极管与门译码电路 (二)

在电子工程中, 译码电路通常采用坐标画法, 如图 85 所示。这样画比较清晰明了。规定其纵坐标为输入线, 横坐标为输出线, 也叫译码线。 E_C 为电源, 经门电阻 R 接至横坐标上, 与门二极管分散在纵横坐标的交叉点上。

该电路与例 84 相同。这种画法颇为多见。

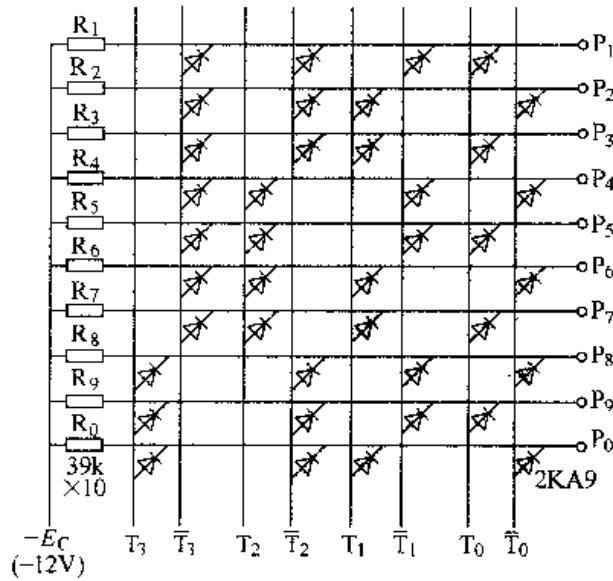


图 85 二极管与门译码电路 (二)

例 86. 与-与-与非门电路

这里介绍的与-与-与非门电路, 如图 86 所示。

由于门三、门二两个与门还要输出信号去控制别的电路 (QG、AG), 所以用一个大与门 (门一) 是不行的, 必须用三级与门串联, 形成与-与-与非模式。

这是多级与门串联运用的典型范例, 设计时要特别注意“0”信号电压漂移。在这里, 由于二极管正向压降造成的“0”信号电压漂移将要积累起来, 从与门 1 的输入到与门 3 的输出, 中间经过了三只二极管, 每个锗开关二极管压降约 0.4V, 三只管子就是 1.2V, 再加上输入到与门 1 的“0”信号也有 0.4V 电压, 总共是 1.6V, 这已经接近或超过普通非门的关门电压了, 有可能造成后面非门工作不正常。为了保证

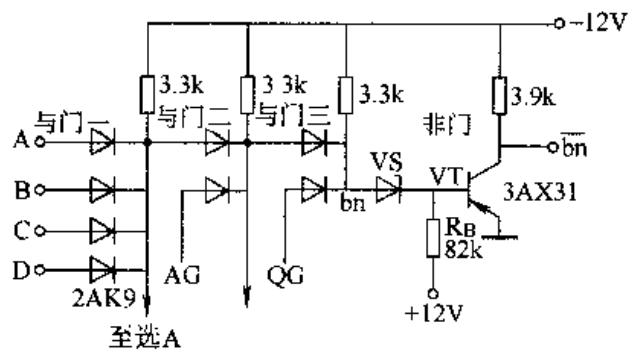


图 86 与-与-与非门电路

接近或超过普通非门的关门电压了, 有可能造成后面非门工作不正常。为了保证

后面非门正常工作，所以电路采用了关门电压较高的高门限非门电路，以适应较大的电压漂移。

高门限非门将把前级输出电压钳位，但在此电路中与门 3 只推动高门限非门，不再推动其他电路，所以，前级输出被钳位不会影响电路的正常工作。

例 87. 两输入端晶体管或非门电路

图 87 是两输入端晶体管或非门电路。它有两个支路，每个支路都是一个非门。只是两管集电极、发射极都并联在一起，使用同一个集电极电阻 R_C ，共同由一个输出端 P 输出。

当 A、B 均输入“0”时， VT_1 、 VT_2 都不导通，输出为“1”；当 A = “0”、B = “1”时， VT_1 不通、 VT_2 导通；当 A = “1”、B = “0”时， VT_1 导通、 VT_2 不通；当 A = “1”、B = “1”时，两管都通，P 端输出“0”。即 $P = \overline{A + B}$ 。

如果需要多个输入端，譬如 n 个，那只要用 n 个非门把所有集电极都并联在一起，共用一个 R_C ，均由一个端 P 输出，就成了 n 个输入端的或非门。 $P = \overline{A + B + \dots + N}$ 。在输入端很多时，应用截止电流 I_{CES} 小的晶体管。

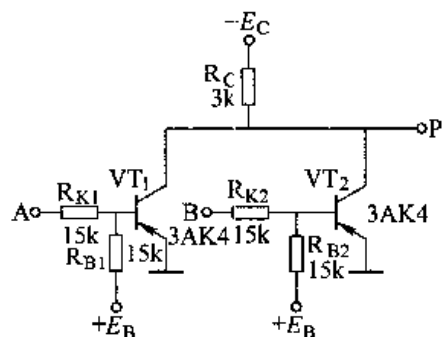


图 87 两输入端晶体管或非门电路

例 88. 两输入端晶体管与非门电路

如图 88 所示为两输入端晶体管与非门电路。本电路用了两个非门，两个晶体管是串联在一起的，使用同一个 R_C ，共同由 P 点输出。 $P = \overline{A \times B}$ 。电路的负载能力、输入电阻、导通截止条件和非门完全一样。

电路在输出“0”时，所有晶体管都饱和导通，由于晶体管都是串联在一起的，P 点电压是各晶体管 U_{CE0} 之和，因此输入端越多，输出电压越大，造成“0”信号电压漂移过大，这是不好的，限制了这种电路在更多输入端状态下的应用，因此在实际使用时，输入端很少超过三个。

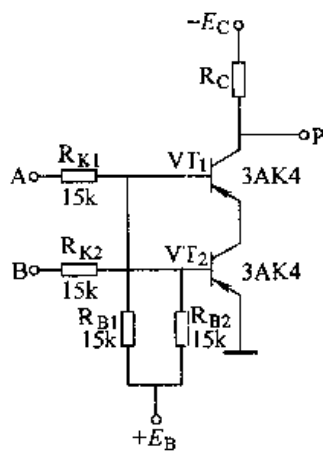


图 88 两输入端晶体管与非门电路

例 89. 禁止门电路

图 89 所示电路，是把晶体管集电极电源也作为输入端的门电路。

该电路的真值表见表 6。

从表中看，只有 $A = "1"$ 与 $B = "0"$ （即 $\bar{B} = "1"$ ）时，输出才是“1”，因此该电路的逻辑功能是 $P = A \times \bar{B}$ 。在逻辑上，把这种关系叫“禁止”。它的特点是，在 $B = "1"$ 时， $P = "0"$ ，与 A 无关；在 $B = "0"$ 时， $P = A$ ，输出由 A 决定。可以把 B 端输入信号看作关门信号，凡 $B = "1"$ 就关门，禁止 A 的控制作用。而在 $B = "0"$ 时开门，输出 A 的信号。满足这种关系的电路称禁止门。

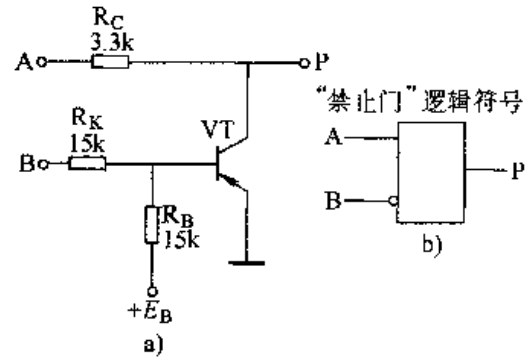


图 89 禁止门电路

表 6

输入	A	B	输出	P
	0	0		0
	0	1		0
	1	0		1
	1	1		0

这例电路的特点如下。

- (1) 它只能推动接地负载，负载能力也较小；
- (2) A 、 B 两端输入电阻都是接地电阻，阻值分别为 R_C 和 R_K 。
- (3) $A = "0"$ 时， R_C 不耗电。

(4) 禁止门和蕴含门的真值恰好相反，因此可以把 $A \times \bar{B}$ 看作 $\bar{A} + B$ 的非，即“禁止”是“蕴含”的非，或者把 $\bar{A} + B$ 看作 $A \times \bar{B}$ 的非。

例 90. 晶体管或门电路

晶体管或门如图 90 所示。由于晶体管有放大作用，所以这种电路负载能力很大，而且要求前级提供的推动很小。它不能推动接电源负载，也不能推动门限非门。

这种电路要求晶体管的 BU_{EBO} 较高 ($\geq 1.2 \sim 1.5 E_C$)，所以当使用硅管或 E_C 很大时一般不用此电路。 E_C 一般为 6V 或 12V。

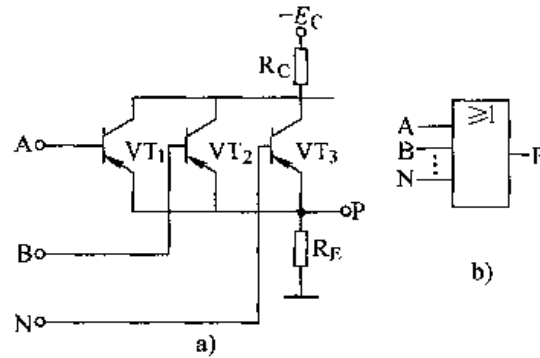


图 90 晶体管或门电路

例 91. 晶体管或非门电路

晶体管或非门电路如图 91 所示。零负逻辑用图 a，零正逻辑用图 b，逻辑电路符号见图 c。

这种电路是由几个普通非门组合而成，负载能力、输入电阻和普通非门一样。由于晶体管集电极截止电流都要流过 R_C ，在输出“1”时将影响信号电压，因此输入端不宜过多。

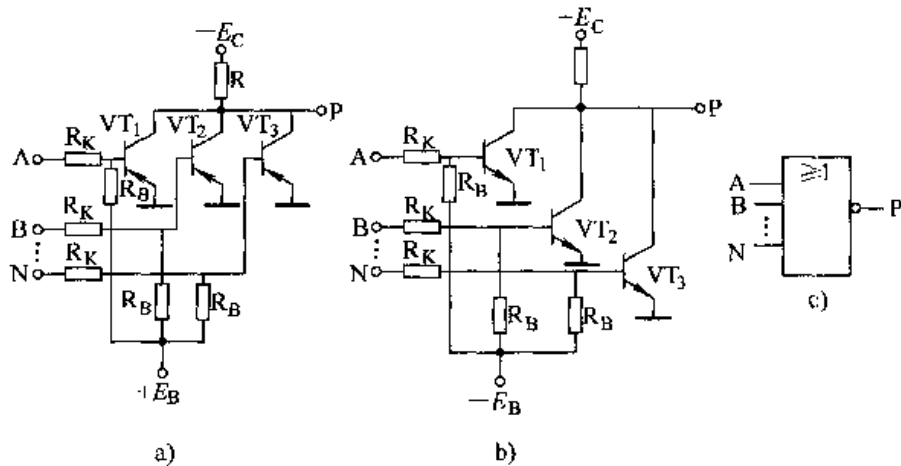


图 91 晶体管或非门电路

例 92. 普通晶闸管单线控制电路

普通晶闸管单线控制电路如图 92 所示。

该电路，将普通晶闸管（两个）的门极通过继电器触点 K（或开关触点 S）连接起来，当触点 K 闭合时，由晶闸管组成的交流开关通路，负载 R_L 中有电流通过；而在 K 断开时，电路则断电。

这种电路很简单，不用调试即能使用，但有局限性。由于它是依靠门极的反

向漏电流去触发另一个晶闸管的，为了保证晶闸管交流开关能正常工作，必须选用触发功率小、开关时间短而且特性一致的晶闸管，需要有较高的阳极电压才能触发，则有可能出现交流开关开通不足的情况。此外，当一只晶闸管尚未被触发导通时，几乎全部的电源电压都反向地加在另一晶闸管的门极与阴极之间，而门极所能承受的反向峰值电压是很低的，一般规定不超过 5V，因此存在门极反向击穿的可能性。

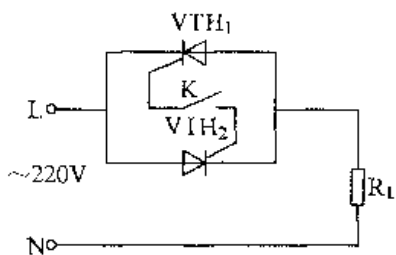


图 92 普通晶闸管单线控制电路

例 93. 普通晶闸管借用阳极电压触发电路

该电路与例 92 相比仅仅多用了两只二极管，如图 93a 所示。这两只二极管反向地跨接在晶闸管的门极与阴极之间。当继电器触点 K 闭合时，二极管提供了晶闸管门极触发电流的通路，因此选用晶闸管时不受触发电流大小、开关时间的限制。此外，由于门极电流是由二极管提供的，而二极管的正向压降很小，在很低的电源电压下晶闸管即可被触发，不会出现交流开关开通不足的情况。同时二极管又是反向并联于门极与阴极之间，因此门极承受的方向电压很小，从而避免遭到反向击穿。又由于二极管只流过门极电流，而晶闸管触发导通后不会再有多少门极电流流过二极管，例如 250A 的晶闸管，其门极触发电流一般小于 200mA，二极管承受的反向电压即门极的正向压降一般不大于 3.5V，因此二极管选用的条件可以放松许多（如采用 2CP11 即可）。这种开关，也可以采用图 93b、c 所示电路。

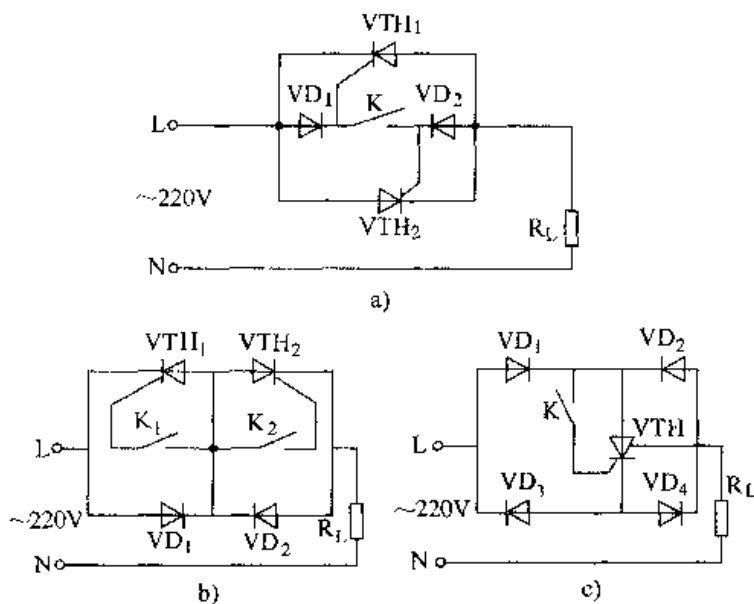


图 93 普通晶闸管借用阳极电压触发电路

例 94. 普通晶闸管单相控制电路

电路如图 94 所示。在本电路中的相线 (L) 和中性线 (N, 俗叫零线) 中, 都串有两个反向连接的普通晶闸管, 其原理同例 92。

图中的 K 为中间继电器 (如 JZ7—44 型), SBT 为起动按钮, SBP 为停止按钮。按下起动按钮 SBT, 中间继电器线圈获电吸合, 其自锁触点 K 闭合, 此时即使松开按钮 SBT, 线圈仍有电流通过, 中间继电器仍处于吸合状态。此时它的另两对触点 K 闭合, 使 V_{TH1} 与 V_{TH2} 、 V_{TH3} 与 V_{TH4} 的门极相互沟通, 从而使 R_L 获电工作。需停止时, 只须按一下停止按钮 SBP, K 立即失电释放, 切断晶闸管的门极, 从而使 R_L 停电。

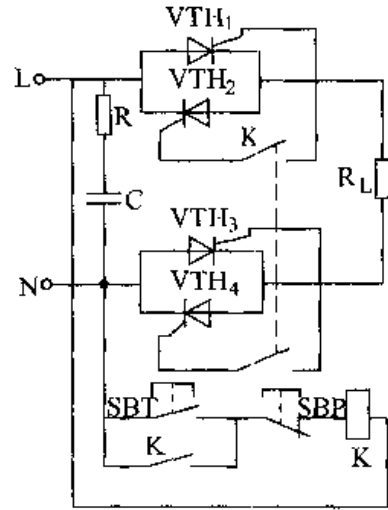


图 94 普通晶闸管单相控制电路

R、C 为晶闸管的保护电路, 通常安装在电源侧, 也可省略不用。

例 95. 普通晶闸管三相控制电路

普通晶闸管也可用于控制三相电动机, 其电路如图 95 所示。

这实际上是由三个单线控制电路 (如图 92 所示) 组合而成。为使三相电动机通电、继电的同期性一致, 采用一只小功率直流继电器 (须具有 4 对常开触点) K 来控制。

图中, T 为 380V/12V 的变压器, 它将 380V 交流作半波整流 (原理见例 1), 供继电器 K 用电。按下起动按钮 SBT, K 吸合, 电动机 M 起动; 按下停止按钮 SBP, K 失电释放, $V_{TH1} \sim V_{TH6}$ 同时失去控制电流, M 停车。

FU_1 、 FU_2 为熔断器, 用来保护变压器 T 等; PE 为保护接地线, 与电动机的金属外壳相连, 用以保护人身、设备的安全。

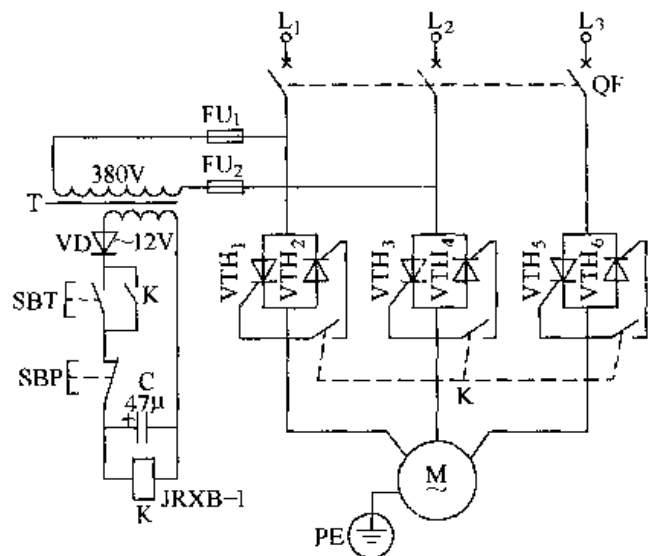


图 95 普通晶闸管三相控制电路

例 96. 普通晶闸管调光电路

图 96 所示是一种简单的普通晶闸管调光电灯线路，将电位器 RP 的阻值调小时，晶闸管 VTH 导通角增大，灯光亮度增强；而把阻值调大时，VTH 导通角减小，灯光亮度减弱。

该电路还可用于电褥子等加热温度的调节，也可用来对吊扇、风扇进行风速的无级调节。

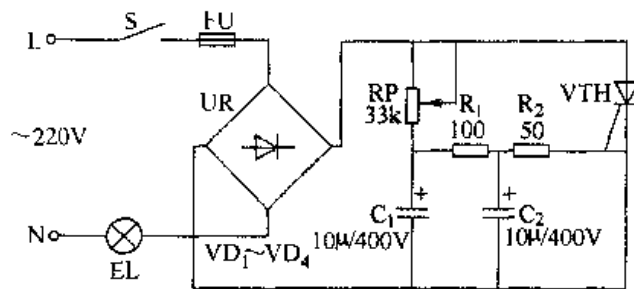


图 96 普通晶闸管调光电路

例 97. 双向晶闸管单相控制电路

双向晶闸管相当于两只普通晶闸管反向并联，引出三个电极，分别是第一极 T_1 、第二极 T_2 和门极 G。它工作在交流电路中时，无论正半周还是负半周电压均可作可控导通，从而很方便地进行交流调压或作交流无触点开关。

图 97 是双向晶闸管交流开关的基本电路，常用于单相控制。 R_L 为电路的负载，它可以是电灯，也可以是电感、电动机或家用电器等等。双向晶闸管 VTD 的门极通过限流电阻 R，由交流电源获得触发信号。当把手动开关 S 按下时，由于主电路和门极触发信号用同一电源，所以主电路在双向晶闸管上加正、反电压的同时，门极 G 上也有正、反向的交流信号进行触发，以维持主电路的导通。当断开手动开关 S 时，门极电流为零，主电路交流电压过零点时，VTD 自行关闭。

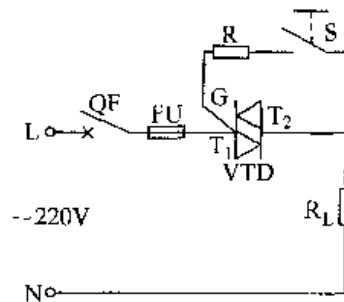


图 97. 双向晶闸管单相控制电路

根据以上特点，手动开关 S 可以采用继电器、行程开关、微动开关、电子触发器等代替，以实现各种不同用途的自动控制。

例 98. 双向晶闸管电接点温控电路

图 98 是双向晶闸管交流开关应用于电阻性负载的典型电路。

图中，KR 为 WXC 型水银电接点温度计的触点，可进行 300°C 以下、精确度

达 $\pm 0.5 \sim \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的恒温控制，可用于各种恒温箱、电热炉、烘箱、恒温设备等。将水银电接点温度计调节至所需要的温度，当工作温度低于整定温度时，双向晶闸管 VTD_1 阻断，继电器 K 失电，其常闭触点 K 接通 VTD_2 的门极，发热器 EH 通电加热。当工作温度高于整定温度时， KR 闭合， VTD_1 触发导通，继电器 K 获电动作，常闭触点 K 断开， VTD_2 阻断， EH 断电停止工作。 SBT 为试验按钮。 QF 为断路器（俗称自动空气开关）。

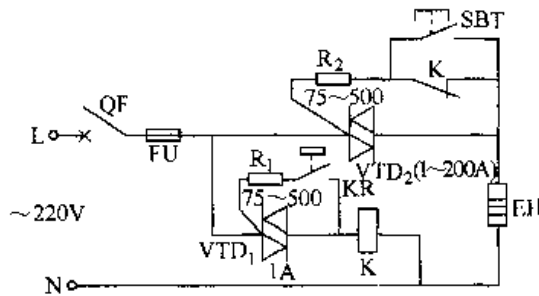


图 98 双向晶闸管电接点温控电路

例 99. 双向晶闸管控制单相电感性负载电路

图 99 是双向晶闸管应用于单相电感性负载控制的典型电路。由于电感性负载在电源的通、断的瞬间会产生自感电动势，而且电压上升率较大，容易造成晶闸管 VTD 的误导通和损坏，因此在使用大电感性负载时（如图示的变压器 T ），需要在 VTD 两端并联 RC 吸收装置，以限制电压上升率，即 RC 为自感电动势提供了续流回路，从而确保双向晶闸管不被击穿损坏。

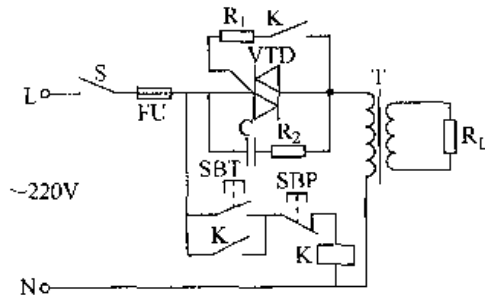


图 99 双向晶闸管控制单相电感性负载电路

例 100. 双向晶闸管控制三相电动机电路

图 100 是双向晶闸管控制三相电动机 M 的典型电路。

图中， K 为继电器的三个常开触点， K 也可以用开关取代。有关继电器的控制线路，可参阅图 99。

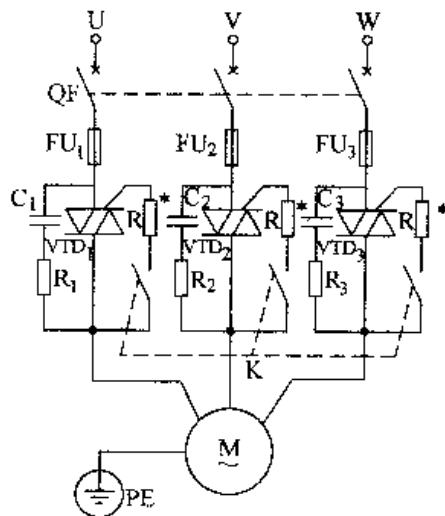


图 100 双向晶闸管控制三相电动机电路

例 101. 双向晶闸管控制三相电热器件电路

图 101 是双向晶闸管控制三相电热器件的典型电路。

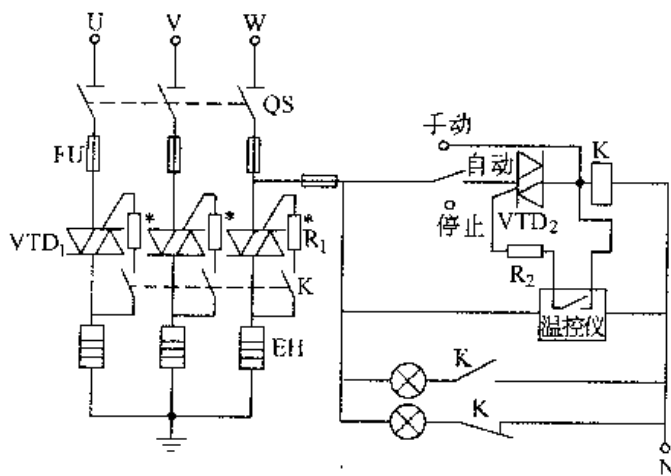


图 101 双向晶闸管控制三相电热器件电路

EH为电热器件（如电炉丝、石英发热管等），将它们置于烘房（或恒温箱）中，再把温控仪的感温头（如热电偶、热电阻）放置在烘房的适当位置，调定控温点（如 100°C ），在温度未达调定控温点时，温控仪中的继电器在合上隔离开关QS后立即闭合， VTD_2 导通，继电器K动作，其触点K闭合，将三相电路中的三只双向晶闸管 VTD_1 触发导通，为EH提供加热电流。当烘房温度达到调定控温点后，温控仪内的继电器失电释放， VTD_1 及 VTD_2 相继失去控制触发电流而阻断，加热停止。当烘房内温度下降到控温点时，温控仪内继电器又动作，

VTD₁、VTD₂ 再次被触发导通，使 EH 又进入加热状态。由于烘室散热慢，加上温控仪所用感温头有一定的惰性作用，所以在加热过程中不会发生继电器触点持续跳动现象。就这样，将烘室温度控制在恒定范围内。

温控仪产品颇多，具体使用时应参阅使用说明书。

例 102. 双向晶闸管无级调光、调速电路

图 102 所示电路既可用于电灯泡的无级调光，也可用于电风扇无级调速。

工作原理： R_1 、 RP 、 C 、 R_2 和双向触发二极管（简称双向触发管）VTD 共同组成移相触发电路。在交流电压的某半周，220V 交流电源经 RP 、 R_1 向 C 充电，电容器 C 两端电压上升。当 C 两端电压升高到大于双向触发管 VDD 的阻断值时，VDD 和双向晶闸管 VTD 才相继导通，然后，VTD 在交流电压零点时阻断。VTD 的触发延迟角由 RP 、 R 、 C 的乘积决定，调节电位器 RP ，便可改变 VTD 的触发延迟角，从而改变负载电流的大小，即改变灯泡 EL（或风扇）两端的电压，起到无级调光（调速）之作用。

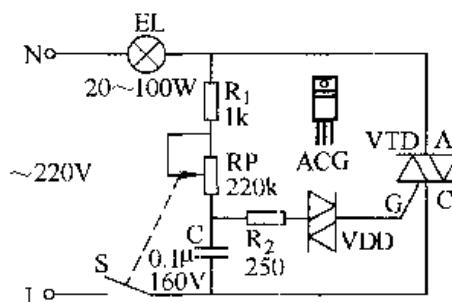


图 102 双向晶闸管无级调光、调速电路

例 103. 双向晶闸管控制感性负载电路

图 103 为控制感性负载电路。本电路接有两组相控电路，由于输出交流波形对称，所以极适宜用于感性负载 (R_L)。 R_4 与 C_2 组成消除感性负载自感电动势的续流电路，对双向晶闸管起保护作用。

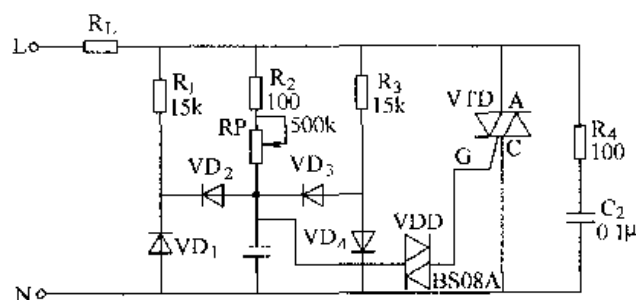


图 103 双向晶闸管控制感性负载电路

例 104. 双向晶闸管延长白炽灯使用寿命电路

图 104 为白炽灯长寿器电路，它是利用电路的柔性启动，以减小灯泡开启时突变电流（因白炽灯泡的灯丝在冷态时阻值很小），从而延长了灯泡的使用寿命。

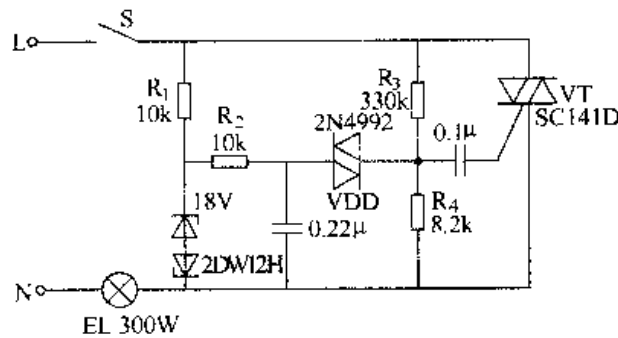


图 104 双向晶闸管延长白炽灯使用寿命电路

例 105. 控制基极的晶体管电子继电器

晶体管电子继电器简称电子开关。控制晶体管基极达到以小电流控制大电流，是常用的基本电路。常用的典型电路如图 105 所示。

图 a 为 NPN 型晶体管利用 $+E_C$ 电源控制的电子继电器。在 S 未合上之前，继电器 K 是释放的；合上 S，K 立即吸合。

图 b 为 NPN 型晶体管接地控制电路。未合 S，K 吸合；闭合 S，VT 基极接地，K 立即释放。

图 c 为 PNP 型晶体管利用 $-E_C$ 控制的电子继电器。当 S 断开时，VT 得不到正向 I_B 而截止，此时集电极电流为 I_{CLO} ；当 S 闭合时，VT 得到正向 I_B 而导通，此时基极和集电极接在一起， $U_{CE} = U_{BE}$ ，进入临界饱和状态，所以此时继电器 K 立即吸合。注意：此地继电器是接在发射极上。

图 d 是有自生偏压的电子继电器。

这个电路的特点是在 VT 的发射极串联一个硅二极管 VD_2 ，VT 发射极电流在 VD_2 上产生一个压降，由于硅二极管无论通过电流大一点或者小一点，总有 0.7V 左右的电压降，这就使发射极对地有 0.7V 左右的电压，其极性如图 d 所示。当开关 S 断开时，基极对地电压为 0V，而发射极对地电压为 0.7V 左右，这相当于基极加了 0.7V 左右反向偏压，因而集电极电流是很小的，所以管子截止得很好。而在闭合 S 后 VT 导通时，只是使加在负载上的电压比没有二极管 VD_2 低 0.7V

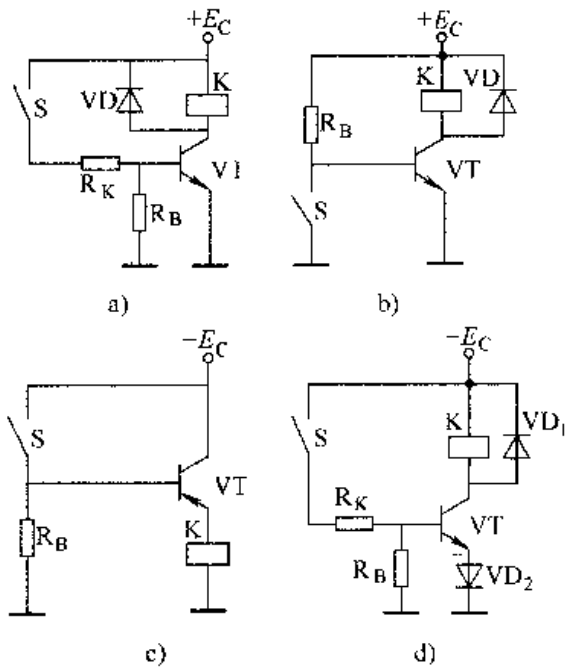


图 105 控制基极的晶体管电子继电器

左右，影响很小，在这个电路中， VD_2 应是个硅管，如 2CP10、1N4001 等。

图 105 中，S 可用控制开关，也可用传感器、继电器等触点，甚至用一根极细的漆包线代替 S，当人一不小心弄断漆包线，继电器立即吸合，起到警戒作用。继电器线圈 K 也可以是阻抗元件（如白炽灯），也可以是感抗元件（如电铃、变压器等）。

例 106. 交流电子继电器

晶体管集电极电源不能直接使用交流电，因此如例 105 所示电路都不能控制交流电路。当需要控制交流电路时，则可采用图 106 所示电路。

本电路的负载是继电器 K（也可是其他器件），电源是交流，通过桥式整流电路 UR 变为直流加到晶体管 VT 上。集电极为负，发射极为正，对于 PNP 型管而言，这种极性的电源是正常的工作电压，如图 a 所示；集电极正、发射极负，对于 NPN 型管而言，则是正常的工作电源，如图 b 所示。

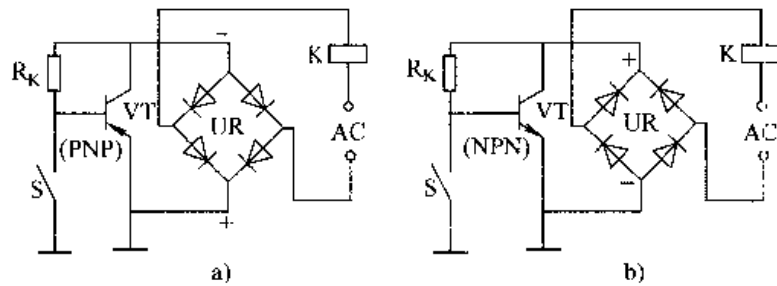


图 106 交流电子继电器

由于 VT 所控制的不是直流而是脉动直流，因而 VT 所能控制的额定电压、电流，要考虑脉动的峰值。图中的“AC”为交流电源，通常是 6 ~ 24V，根据负载的额定电压而定， R_k 阻值可调试确定

例 107. 带动辉光数码管的电子继电器

图 107 所示电路是为了控制 QS30、S28、S2—J2 型等辉光数码管用的电路。

在零负逻辑系统中，用图 a 所示电路，输入端 $U_1 = "0"$ 时数码管起辉发光，输入“1”时不发光；在零正逻辑系统中用图 b 所示电路，输入“1”时数码管起辉发光，输入“0”时不亮。这两个电路的输入电阻是接地电阻。

数码管是有一个阳极，十个阴极的冷阴极辉光器件。其阳极经限流电阻 R_1 接到电源 $+E_1$ （一般为 110V），十个阴极代表十个不同数字。当任一阴极与阳极之间的电压大于启辉电压时，该阴极就点燃发光；而一旦点燃后，若电压降低到熄灭电压时，该阴极就熄灭。有关数码管的参数，参见使用说明书。

点燃与熄灭阴极（数字“1”~“0”）凭晶体管 $VT_1 \sim VT_{10}$ （图中只画出 VT_1 ），触发信号 U_1 由基极输入。

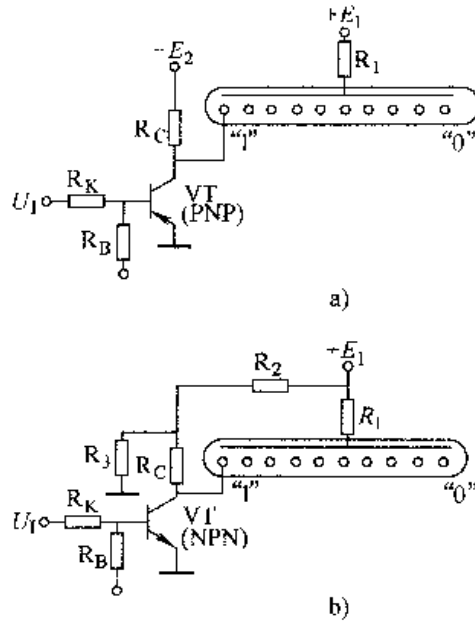


图 107 带动辉光数码管的电子继电器

例 108. 接近开关

接近开关可用于防盗报警，自动报信、自动保护等。它工作稳定、不易受干扰引起误动作，电路如图 108 所示。

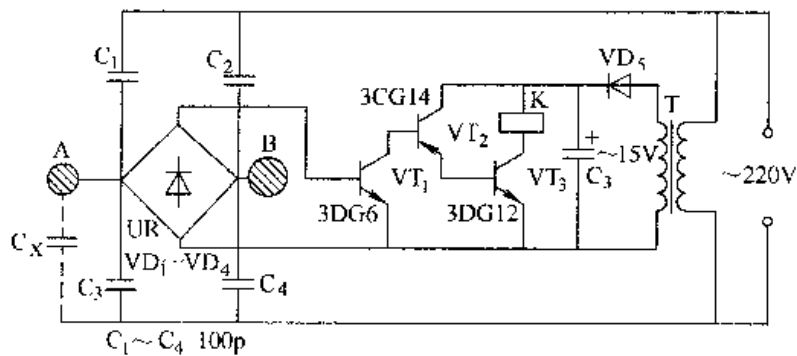


图 108 接近开关

工作原理：电容器 $C_1 \sim C_4$ 组成桥式检测电路，并接入 220V 交流市电中，由于四个桥臂的电容量相等，所以 A、B 两点对地电位保持平衡， $VD_1 \sim VD_4$ 组成的二极管桥式整流器没有电信号输出。当人体接近金属片 A 或 B 时，人体与它们之间形成的电容 C_x 被并联到电容式桥臂上，使之失去平衡，整流器有交流输

入，则输出一个直流信号。此信号电流注入晶体管 VT_1 的基极，经 VT_2 、 VT_3 放大后，带动继电器 K 动作。利用此继电器的触点控制需要控制的电路，达到接近开关的目的。

例 109. 触摸开关

晶体管触摸开关电路如图 109 所示。

在平时， K 处于失电释放状态。当有人用手触“开”极，人体感应信号经 $VT_1 \sim VT_3$ 放大，推动继电器吸合，其触点 K 动合为 VT_2 基极提供正向偏置电流，使 K 自锁。需要关断，只须用手触及“关”极，人体感应信号经 VT_4 、 VT_5 放大，将 VT_2 基极接地， K 失电释放，电路又返回关态。

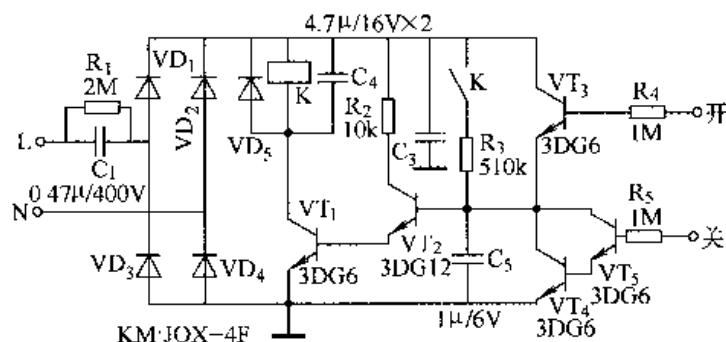


图 109 触摸开关电路

例 110. 电子双联开关

本例介绍的电子双联开关，是用双向晶闸管实现的，电路如图 110 所示。

S_1 、 S_2 为安装在甲、乙两地的开关（拉线开关或墙壁暗开关等），用两根导线布线（变压器 T 、双向晶闸管 VTD 、熔断器 FU 、白炽灯 EL 可视情况安装在两地正中）。

当 S_1 、 S_2 全断开时， T 无电流通过， VTD 阻断， EL 不亮。一旦合上 S_1 （或 S_2 ），便有电流通过电容器，在变压器的二次侧得电，此电压触发 VTD 导通， EL 亮。但在两只开关都合上时，变压器中的净磁通为零， VTD 又阻断，灯泡 EL 又会熄灭。

值得一提的是，在 S_1 、 S_2 都合上时，虽然 EL 不亮，但约有 4mA 左右的电流通过白炽灯，所以在使用、维修中要注意安全。

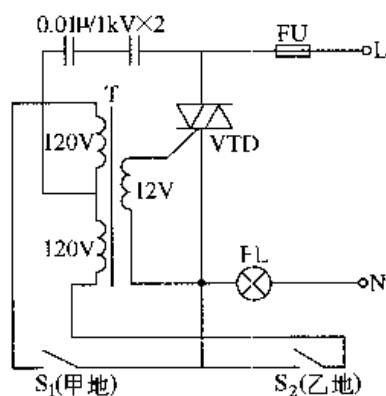


图 110 电子双联开关

例 111. 绝缘栅场效应晶体管长延时电路

用普通晶体管组成的延时电路，由于输入阻抗较低，欲想较长时间延时，就必须选用较大的电容器。本例介绍的是应用 3D01F 场效应晶体管设计的长延时电路（可达 8000 多秒），时间误差在室温情况下为 $\pm 0.5\%$ ，电路如图 111 所示。

由于 3D01F 场效应晶体管是一种 N 沟道耗尽型绝缘栅场效应晶体管，它的栅极和其他电极是绝缘的，栅极电流几乎为 0，输入阻抗很高，可达 $10^9 \sim 10^{12} \Omega$ ，所以它对 $R_1 C_1$ 回路的充放电时间可认为没有什么影响，当 SA 合

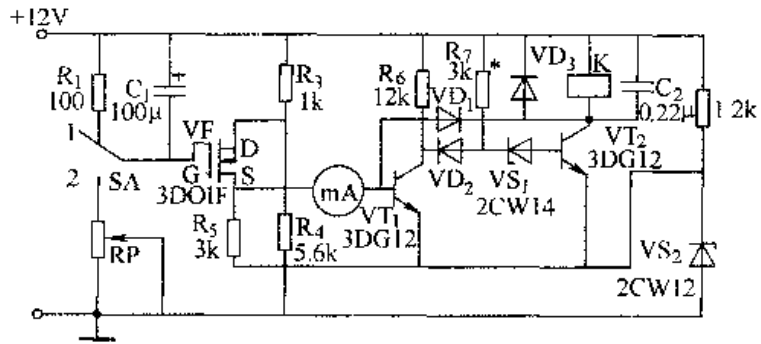


图 111 绝缘栅场效应晶体管长延时电路

向“2”时，VF 的栅压 $U_G \approx +12V$ ，此时漏极电流 I_{DS} 较大，因此 VT_1 因有足够大的基极电流而导通， VT_1 集电极电压近似为 0V， VD_2 正向导通， VT_2 基极电流经 VD_2 引至 VT_1 而入地，所以 VT_2 截止，继电器 K 失电释放。随着充电时间的增加， C_1 上的电压愈来愈近电源电压，VF 的栅压 U_G 也逐渐下降，使导电沟道逐渐减少（耗尽），漏源电流 I_{DS} 也相应减小，直至最后电源电压全部降落在电容器 C_1 上， $U_G \approx 0V$ ，这时因 $U_S \approx 9V$ ， $U_{CS} = -9V$ ，当 I_{DS} 减小到 $20\mu A$ 左右， $U_{CS} = -9V = U_p$ 时，VF 处于夹断状态（ U_p 称为夹断电压），在栅源电压达到 U_p 致使沟道从源到漏整个夹断之后，场效应晶体管从源到漏的电阻必然变得很大，输出电流将减小到差不多接近于零的状况， VD_1 截止，隔断了加到源极的 9V 偏压， VT_1 由导通变为截止， VD_3 反向截止，稳压管 VS_4 击穿，使 VT_2 有足够的基极电流， VT_2 由截止变为导通，继电器 K 动作。从 SA 合向“2”到 K 吸合动作的时间，叫作电路的延时时间，按图中提供的元件参数，本例电路可延时 8000 余秒（RP 可由 $6.8M\Omega \times 5 + 10M\Omega$ 电阻和一只 $200k\Omega$ 电位器构成；当 $C_1 = 68\mu F$ ，延时 3060s， $C_1 = 136\mu F$ ，延时 3605s， $RP = 6.8M\Omega \times 7 + 10M\Omega + 200k\Omega$ ， $C_1 = 204\mu F$ ，延时 8584s）。

当 SA 合向“1”时， R_1 作为 C_1 的放电电阻，为下次延时工作作好了准备。

值得一提的是， VS_3 的稳定电压必须大于 VF 的夹断电压（绝对值），否则就能使 VF 夹断。 VS_4 、 VS_5 、 R_7 的数值应根据参数 $|U_p|$ 来选定。在调试中可在 VF 的源极和 VT_1 的基极之间加接一只毫安表，以便观察电容充电过程。

影响延时时间的因素除充电电容 C_1 和电阻 RP（实际是多只电阻和一只电位器串联而成），还应考虑电源电压、VF 源极电位 U_S 、 U_p 和 C_1 的漏电流。为保证延时精度，要求选用漏电流极小的钽电解电容。

例 112. 绝缘栅场效应晶体管“放电式”长延时电路

绝缘栅场效应晶体管“放电式”长延时电路如图 112 所示。

图中， R_1 、继电器 K_1 的常闭触点 K_{1-2} 和电容器 C_1 组成充电回路； R_1 （延时有电阻器）、电位器 RP 和 C_1 组成放电回路。该电路用于加热控制电路。当加热装置不工作时， K_1 不动作， C_1 通过 R_1 充电。由于 $R_1 + RP$ 阻值远大于 R_1 ，所以两者分压的结果使 VF 的 G 极电位近似为

$+24V$ ， VF 漏源极导通，此时 I_{DS} 很大，漏极 D 和源极 S 之间的实测电压不到 $0.3V$ ， VT 截止，继电器 K 不动作。按下控制按钮 SBT ，使 K_1 动作， K_{1-1} 闭合使 K_1 自锁。此时，加热装置工作（受 K_1 的触点控制接通加热装置的电路，图中未画出）， K_{1-2} 切断 R_1 、 C_1 充电回路， C_1 通过 RP 、 R_1 放电。当 C_1 放电到使 VF 的 $U_G \leq U_P$ （峰值电压）时， VF 关断， VF 的 D 极电位接近 $+24V$ ，稳压二极管 VS_1 击穿， V 导通， K_2 动作，此时 K_2 动断触点断开，切断 K_1 线圈回路的电源，使加热装置停止运行，延时过程结束。

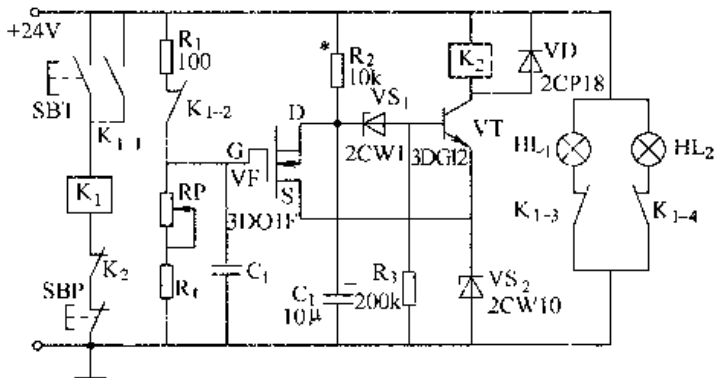


图 112 绝缘栅场效应晶体管
“放电式”长延时电路

例 113. 晶闸管时间继电器

图 113 是有晶闸管组成的时间继电器。

本电路的工作原理是合上开关 S ，直流电源 E 加入，晶闸管 VTH 通过继电器 K 的线圈及电阻 R_1 得到正电压（ $+E$ ）。与此同时 $+E$ 又通过 R_3 、 RP_2 对电容 C_2 充电。当 C_2 两端电压到达双基极单结晶体管 VT 的峰点电压 U_P 时，双基极单结晶体管的 $E-B_1$ 间电阻突然变小， C_2 上电压通过 B_1 向 R_2 放电，在 R_3 上产生脉冲，加于 VTH 的控制极 G 上，使 VTH 导通。于是继电器 K 线圈得电而动作，使 K 的输出触点闭合或断开（图中未画），借以控制其他电器或接触器，以达到延时控制之目的。

延时是从电源合上到继电器 K 动作这一段时间。继电器动作后，其触点 K_b 闭合， K 自锁。 K_c 给电容器 C_2 放电，为下次延时作好准备。晶闸管 VTH 的阳极由于 K_b 动作而自动关断。要使下次动作，必须关断开关 S ，否则继电器一直吸住不放。

延时长短由 R_3 、 RP_2 和 C_2 确定，按图上所列数值，延时时间可达 60s。

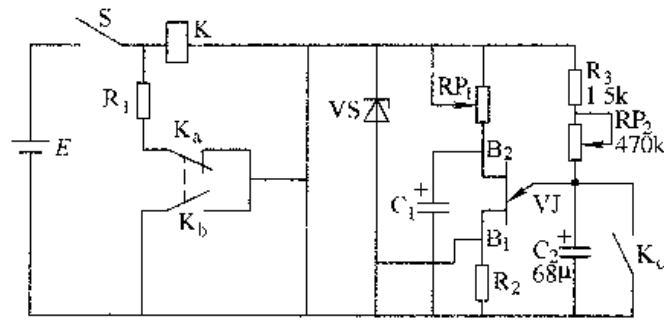


图 113 晶闸管时间继电器

第三章 集成块自动控制电路

集成电路是 20 世纪 60 年代迅速发展起来的一种新型电子器件。它利用半导体工艺，将晶体管、电阻器、电容器等元器件制作在数平方毫米的基片上，并按要求把它们连接起来，成为具有一定功能的电路。它具有体积小、性能好、可靠性高、重量轻、成本低等优点，因而成为当今开发和应用电力电子装备和工程设备中的重要器件。有关集成电路自动控制电路知识，则是广大初、中级电工和电气院校以及职业专科学校学生必不可少的自修课。

例 114. 555 自激多谐振荡器电路

555 时基集成电路由美国 Signetics 公司在 1972 年利用双极型技术 (TTL) 研制成功，因在设计时其基准电压网络由三个阻值为 $5k\Omega$ 的电阻器组成，故将其命名为 NE555。由于 555 将模拟电路和数字电路巧妙地结合在一起，投入市场后被大量用于工业控制、仪器仪表、电子乐器、电子玩具和家用电器上，成为一种通用功能电路，人称万能集成电路，而且经久不衰，方兴未艾。555 在全世界的电子界人士以及业余电子爱好者中，几乎无人不知、无人不晓。人们研究设计并经过实践检验出来的经典电路，更是不胜枚举。这里介绍数例，供读者参考。

自激多谐振荡器电路又叫无稳态电路，用 555 构成的无稳态电路如图 114c 所示。其中图 a、图 b 为常见的 555 双列直插塑封式集成电路，即人们常说的集成块。

在电路刚接通电源时，由于 C_1 尚来不及充电，所以 555 的 2 脚处于零电位 (地)，导致输出端 U_0 为高电平。当电源 U_{CC} 经过电阻器 R_A 、 R_B 向 C_1 充电，电容器 C_1 两端电压 $U_{C_1} \geq 2U_{CC}/3$ 时，输出端 U_0 由高变低，其内部的放电管导通，电容器 C_1 经 R_B 和内部放电管放电；到 $U_{C_1} \leq U_{CC}/3$ 时，输出端 U_0 由低变高，电容器 C_1 再次充电，此过程周而复始，形成振荡。

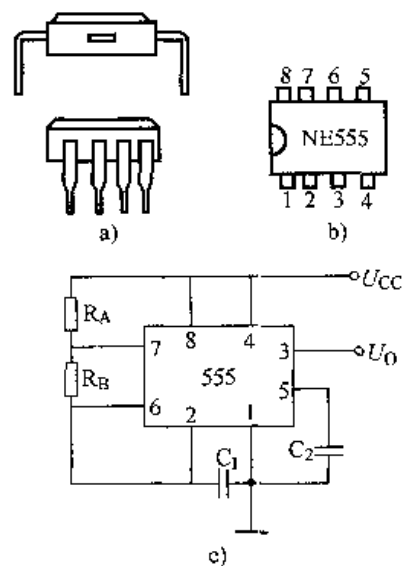


图 114 555 自激多谐振荡器电路

显然，通过改变 R_A 、 R_B 的阻值就可以改变电路的振荡频率和占空比。

例 115. 555 单稳态电路

单稳态电路又叫单稳态触发器，因其常用于定时、延时，所以亦叫定时电路，用 555 组成的单稳态电路如图 115 所示。

接通电源后，由于 555 的 2 脚无触发信号输入，所以电路处于初始复位状态、3 脚输出低电平，此时其内部的放电管导通，电容器 C_T 因被短路而不能充电。当 2 脚输入负脉冲、输出端（3 脚）的 U_O 从低电平跳变到高电平时，放电管截止、电容器 C_T 经 R_T 充电， C_T 两端电位从零开始上升，直到 $U_{C_T} \geq 2U_{CC}/3$ 时，6 脚即阈值输入端为高电平，输出端（3 脚）的 U_O 跳变为低电平，放电管再次导通， C_T 又被短路，直至 2 脚再次被负脉冲触发为止。电路的暂稳时间为 $1.1R_T C_T$ 。暂稳时间即单稳延时(定时)时间。

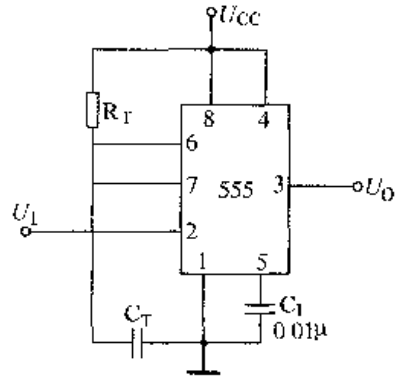


图 115 555 单稳态电路

例 116. 555RS 触发器

RS 触发器又叫双稳态电路。用 555 组成的 RS 触发器如图 116 所示。

图中，555 的 2 脚为置位端 (S)，负脉冲触发有效；6 脚为复位端 (R)，高电平 ($\geq 2U_{CC}/3$) 触发有效。

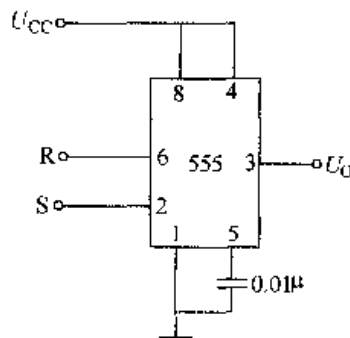


图 116 555RS 触发器

例 117. 555 施密特触发器

利用 555 可组装成触发灵敏度极高的施密特触发器，电路如图 117 所示。

这里 555 的 5 脚应外加一个电压 U_B ，用来调节其 2 脚与 6 脚的触发电平，即调节施密特触发器的回差电压。但须注意的是 5 脚的电压 U_B 最低不能低于 1.4V，否则，555 内部的比较器 I 不能正常工作，因此施密特触发器的回差电压

最低为 0.7V。

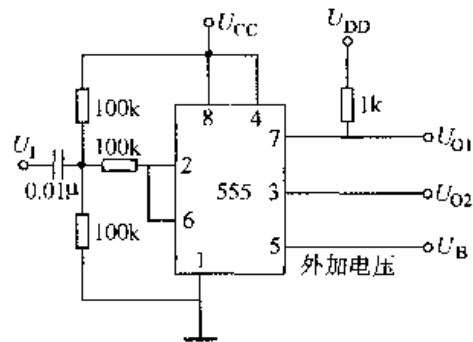


图 117 555 施密特触发器

例 118. 555 声光音响电路

声光音响电路如图 118 所示。此例亦为自激多谐振荡器，RP 用于调节发声频率与间歇时间。振荡器的输出驱动扬声器发声，同时发光二极管 VL₁、VL₂ 交替闪光。

本电路可作为电力装置的报警讯响电路。

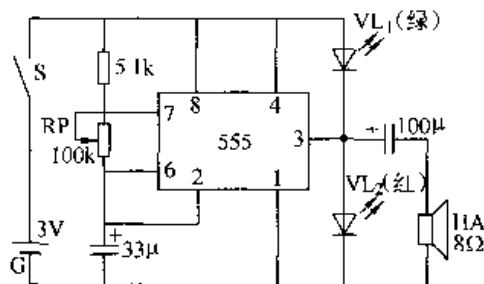


图 118 555 声光音响电路

例 119. 555 磁控报信电路

磁控报信电路如图 119 所示。K 为干簧管，Y 为磁钢（永久磁铁）。当 Y 靠近 K 时，使 K 内部的触点接通（透过玻璃管可见），555 电路被置位（4 脚为复

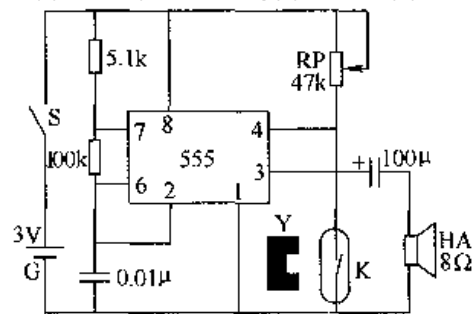


图 119 555 磁控报信电路

位端), 扬声器 HA 不响。当 Y 离开 K 时, K 的触点断开, 由 555 组成的振荡电路开始工作, 于是扬声器便发出蜂鸣声。

例 120. 555 光照变音电路

光照变音电路如图 120 所示。

光敏电阻器 RL 可采用 MG41—24 型 (常态阻值为 10k Ω , 参见《经典智能电路 300 例》, 机械工业出版社出版)。

平时, 闭合开关 S, 电路振荡, HA 发出嘀鸣之声。当 RL 受到光照时, 随着光线强度的增加, RL 的阻值逐渐变小, 振荡音频频率下降, 从而使扬声器 HA 的鸣叫声得以改变。

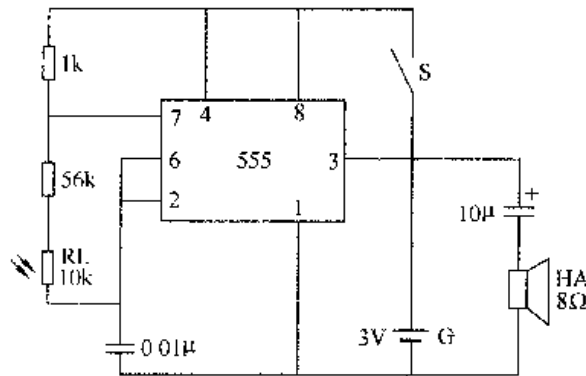


图 120 555 光照变音电路

例 121. 555 驱虫噪声发生器

由 555 构成的振荡电路振荡频率约为 20kHz, 再以 2~6V 的 50Hz 交流电压 U_R 输入其 5 脚, 合成一种噪声, 可用于驱赶蚊虫, 读者不妨一试。电路如图 121 所示。

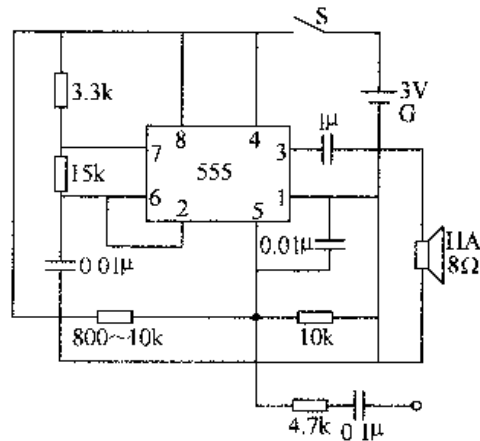


图 121 555 驱虫噪声发生器

例 122. 555 压控单稳态电路

压控单稳态电路如图 122 所示。该电路在 50kHz 的频率范围内可输出线性锯齿波,并给出恒定的脉冲宽度。输出频率和脉冲重复率随控制电流的变化而发生线性变化。此电路的应用包括音频合成器,可变时基电路以及电流—频率转换器。

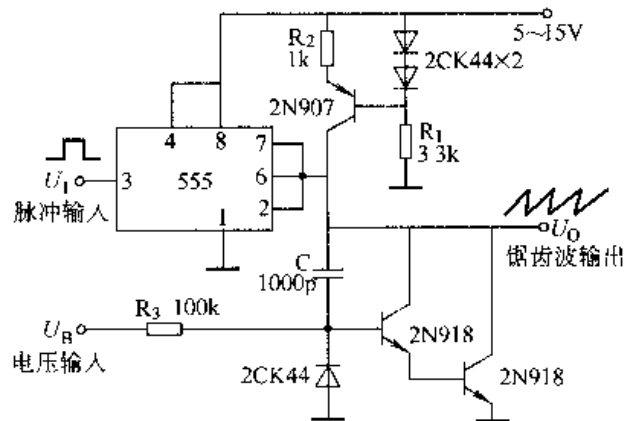


图 122 555 压控单稳态电路

例 123. 555 正输出单稳态电路

电路如图 123 所示。

用负脉冲触发单稳态电路,输出正脉冲(方波),其脉冲宽度 t 为 $1.1RC$ 。
 U_{CC} 为 4.5~18V, 电流大小为 3~10mA。

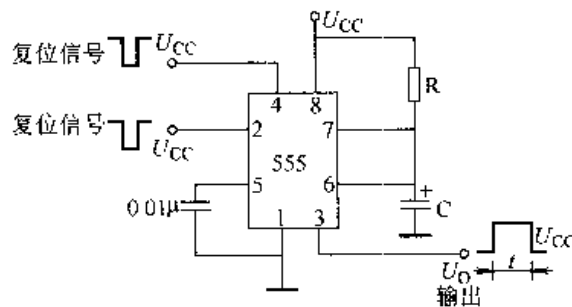


图 123 555 正输出单稳态电路

例 124. 555 负输出单稳态电路

连接单稳态电路,以正向输入触发信号获得负向输出脉冲,电路如图 124。负向输出脉冲宽度 $t = RC$, 以 s 为单位。 U_{CC} 为 4.5~18V。电流大小为 3~10mA。

第 123、124 例所示单稳态电路的输入脉冲必须比需要的输出脉冲窄许多。当 555 的复位端(4 脚)被瞬时接地时,其输出端复位到稳态。

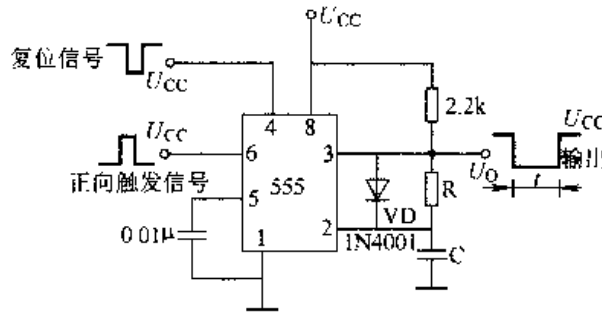


图 124 555 负输出单稳态电路

例 125. 555 负向双输出电路

本电路采用正脉冲触发，输出为负向定时脉冲。电路如图 125 所示。555 在这里组成单稳态电路。当单稳态电路输出为高电平时，VF 导通为 C_1 充电；当单稳态电路的输出为低电平时， C_1 通过 R_1 对地放电。本电路定时精度高，占空比大于 99% 而无抖动现象。

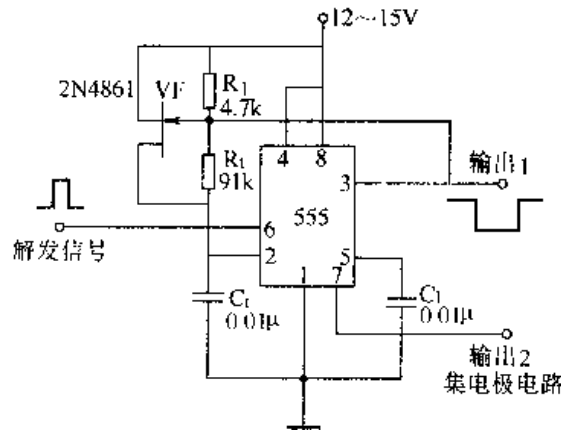


图 125 555 负向双输出电路

例 126. 555 构成 1s 闪光器

电路如图 126 所示。该电路工频为 60Hz。A₁ 为 7410 十进制计数电路，经十

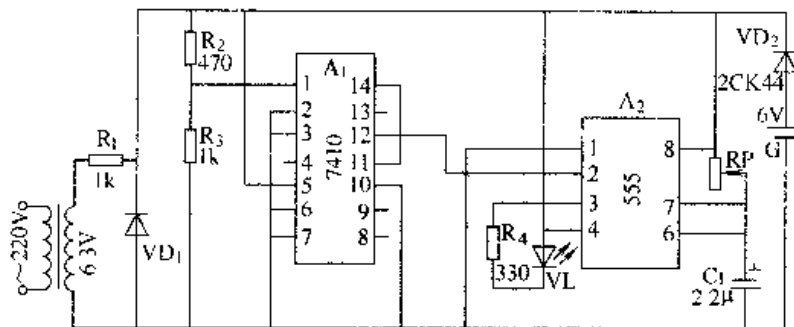


图 126 555 构成 1s 闪光器

分频后输出频率为 3Hz。连接成单稳态电路的 555 通过 RP 将振荡频率调节到原来的 1/3，于是发光二极管每 1s 闪光一次。

例 127. 555 构成 5min 启动延时电路

电路如图 127 所示。

这例采用两个 555 时基集成电路 A₁ 和 A₂。A₁ 与外围元件构成单稳态电路；A₂ 被连接成双稳态电路。

按下复位按钮 SBP，A₁ 被置位并输出低电平，发光二极管 VL 灭；按下启动按钮 SBT，A₂ 的 3 脚输出高电平，继电器失电断开。A₁ 开始延时，当延时结束时，A₁ 的 3 脚输出一个触发信号送入 A₂ 的置位端（4 脚），A₂ 的 3 脚输出低电平，K 获电吸合。此时发光二极管亮，说明单稳态电路已进入稳态。VL 由灭到亮所用的时间即为启动延迟时间，调节 RP、R₂ 或 C₂ 的值，使延迟时间适宜为止。按图示阻容值，可将延迟时间调整在 2~5min 之内。

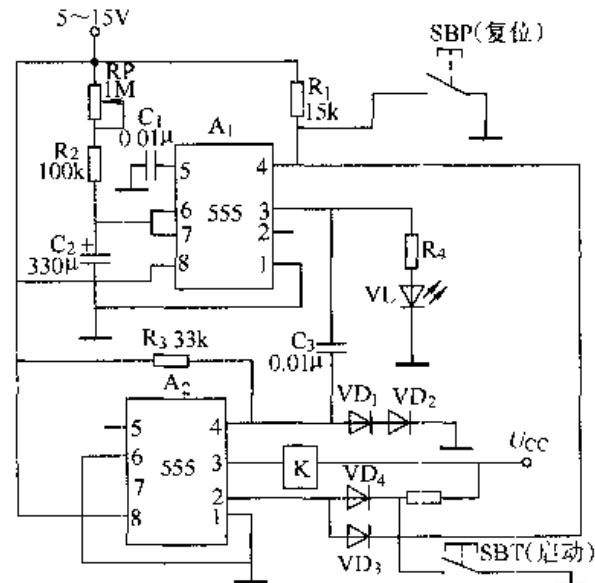


图 127 555 构成 5min 启动延时电路

例 128. 555 构成 1h 定时插座

这是一例能延时 1h 的定时电路。电路如图 128 所示。

图中，UR 为桥式整流器，它能将变压器 T 的低压侧电压整流成 12V 直流电

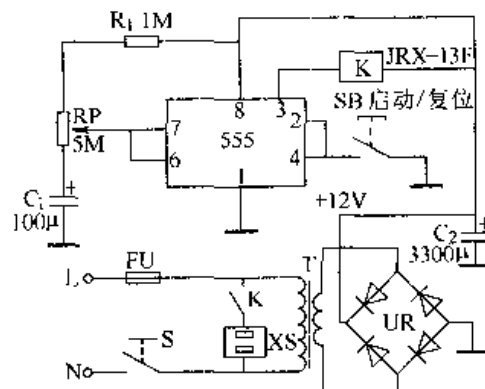


图 128 555 构成的 1h 定时插座

源供 555 时基集成电路使用。555 在这里组成单稳延时电路，按下 SB，K 吸合，电路立即进入计时阶段。一旦延时结束，继电器 K 断开，切断插座 XS 的电源。通过调节 R_1 、 R_P 或 C_1 ，可将延时（定时）时间设定在 3~60min 以内。

例 129. 双 555 构成 4h 顺序定时电路

这例采用 556 双时基集成电路（即一块集成电路中含有两个 555 芯片）组成一个 4h 定时器，电路如图 129 所示。

在 556 双时基集成电路的两部分之间，采用 N8281 分频网络，在不使用昂贵的大型低漏电容器的情况下，可以获得非常长的延迟时间（定时时间）。

A_1 起着振荡器的作用，其振荡周期为 $1/f$ 。振荡器的输出加到 A_2 分频器网络上，输出周期为 N/f 的信号来触发定时器 A_3 。将 A_2 与 A_3 连接之后，由定时开关 SA 确定 A_2 的延迟时间（0.5~4h）。

如果采用数个分频器（N8281）级联的方式，可把延迟时间延长到几天甚至几个星期。

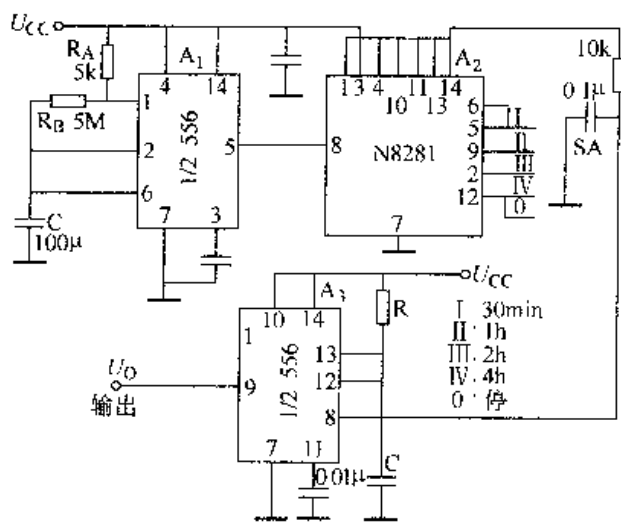


图 129 双 555 构成 4h 顺序定时电路

例 130. 555 等时间间隔定时器

用 555 时基集成电路作时间信号源，加上一个 CC4040 二进制计数电路，就可得到以二进制数 1、2、4、6、8、16... 为序列的时间间隔定时器，并用双刀多掷开关进行选择，但在许多场合需要的是按线性选择的等时间间隔定时器，如时间间隔的选择为 1、2、...、 $n-1$ 、 n 、 $n+1$... ($n \geq 4$)。这样的时间间隔通过十进制计数四分频取得一基准信号，再以十进制计数器/时序译码来计数译码，用双刀多掷开关去选择就能得到。不过这种设计方法必须采用较多的集成电路，成本较高。

这例采用的是一片 12 级 CC4040 二进制计数器，将由时间信号源 555 时基集成电路输出的时间信号分别加入 CC4040 的输入端并进行计数，在选择计数输出的同时，用一个双刀多掷开关按需要改变或保持该电路中的时间电阻值，以便满足设计的时间间隔要求。电路如图 130 所示。

为了定时的精确，C 应选用钽电解电容器。图中 HA 为蜂鸣器。

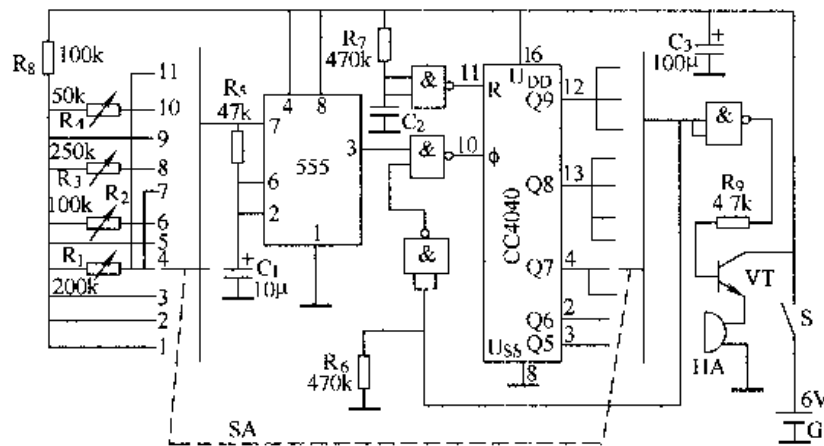


图 130 555 等时间间隔定时器

例 131. 555 级联长延时电路

将几个时基集成电路级联（串联）起来即可以构成一个长延时电路，如图 131 所示。

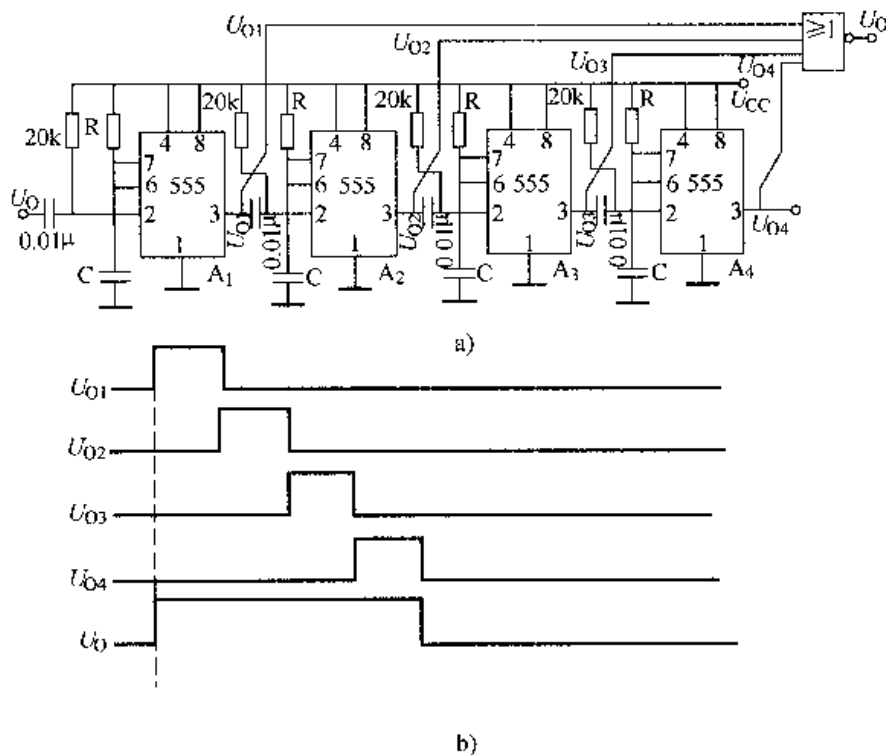


图 131 555 级联长延时电路

图 a 只画出四个串联 555 时基集成电路 ($A_1 \sim A_4$)，每个延时单元的延迟输出接到下一级 555 的 2 脚，并将四个输出端 (3 脚) 的输出 U_{01} 、 U_{02} 、 U_{03} 、 U_{04} 用一个四输入端或非门相“加”，在或非门的输出端 U_0 得到如图 b 所示的波形。可以得到的总延迟时间为

$$t_{\Delta} = 4t_1 = 4.4RC$$

适当选用各级的 R、C 值，即可得到数分钟到数小时的延时。

例 132. 555 程序式定时电路

程序式定时电路如图 132 所示。A₁ ~ A₃ 为三个 555 时基集成电路，它们各自组成单稳态电路。按图在 A₁ 的 2 脚接一个启动按钮 SB。由于各单稳态电路的 2 脚通过电阻 R₀、R₂、R₄ 接 9V 电源，A₁ ~ A₃ 的输出端均为低电平，VL₁ ~ VL₃ 均不亮。

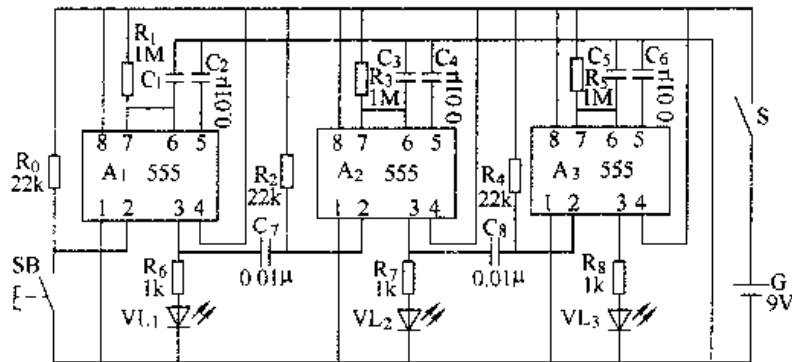


图 132 555 程序式定时电路

按动一下 SB，A₁ 输出高电平，VL₁ 亮，延时开始。延时长短由 R₁、C₁ 阻容值的大小确定。延时结束时，3 脚恢复低电平，通过 C₇、R₂ 微分之后，向 A₂ 的 2 脚输送一个触发信号，A₂ 输出高电平，VL₂ 亮。在 A₂ 延时结束时，VL₂ 灭，A₃ 输出高电平，VL₃ 亮。A₃ 延时结束时，VL₃ 灭，至此程序定时结束。

A₁ ~ A₃ 的延时可以相等，也可以根据所需时间选用 R₁、C₁，R₃、C₃，R₅、C₅。R₀、R₂、R₄ 也可接地，那又是一个什么样的状态？请读者一试。R₆、VL₁，R₇、VL₂，R₈、VL₃ 也可以用耐压值为 9V 的继电器代替，利用继电器触点去控制其他电路。

例 133. 555 循环式定时电路

图 133 是在图 132 的基础上稍加改动得到的。只要在 A₃ 的输出端 (3 脚)，通过 C₉ 引出一条导线加至 A₁ 的 2 脚，这时按动一下启动按钮 SB，K₁ 吸合，A₁ 延迟。K₁ 断开后，A₁ 通过 C₂ 向 A₂ 的 2 脚输出触发信号令 K₂ 吸合。K₂ 断开后，K₃ 吸合；K₃ 断开后，K₁ 吸合；K₁ 断开后，K₂ 吸合……如此这般形成循环。

各级的定时时间，通过本级 R、C 的取值确定。

这例只采用三级定时，在实际应用中可采用几十个 555 来作成循环电路，通过继电器去进行自动化控制。

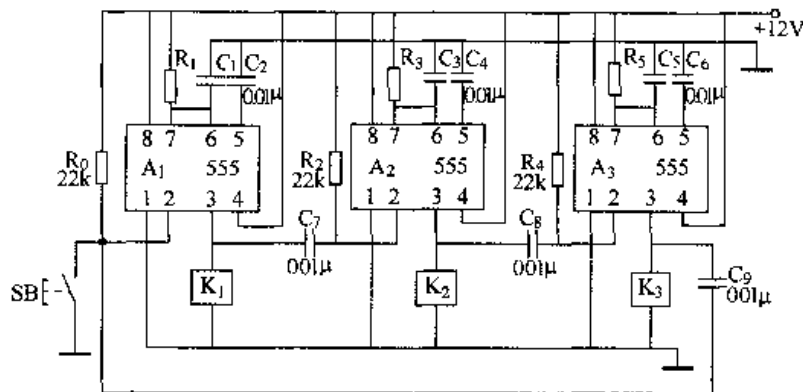


图 133 555 循环式定时电路

例 134. 555 级联定时电路

图 134 是由两个 555 时基集成电路组成的两个定时电路（延时电路），各自能控制自己的负载（如继电器等），也都有自己延迟时间（通过 R_1 、 C_1 、 R_2 、 C_2 的取值来确定）。

在启动开关 S 闭合的瞬间，电路自动循环。

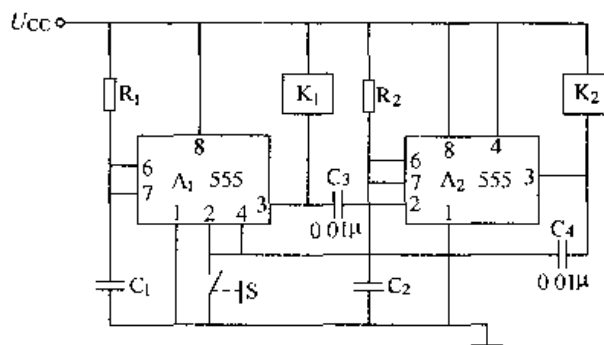


图 134 555 级联定时电路

例 135. 555 无触点定时电路

图 135 中 A 为 555 时基集成电路，它与少量元件组成一个简单的单稳态电路，延时时间为 $t = 1.1R_x C_3$ 。按动启动按钮 SB，微分电路 R_1 、 C_1 触发集成电路 A 后，A 的延时精度得到提高。

按动 SB 后，555 的 2 脚得到一个负脉冲，A 的输出端由低电平跃升为高电平，促使晶体管 VT 导通而触发晶闸管 VTD 导通，到预定时间后，单稳态电路输出端（3 脚）立即恢复为低电平，VTD 截止，灯泡 EL 立即熄灭。

图 a 为无触点定时电路的原理图。 C_3 宜选用漏电小、电容量准确的钽电解电容器。 R_x 的制作方法如图 b 所示，它是采用单刀 11 位波段开关和金属膜焊接而成的。

这例电路的电源，采用 C_5 降压， VD_1 、 VD_2 整流， VS 稳压， C_4 滤波获得。由于 U_{CC} 对地具有 220V 交流电压，所以读者在试验或检修时，必须断开电源。

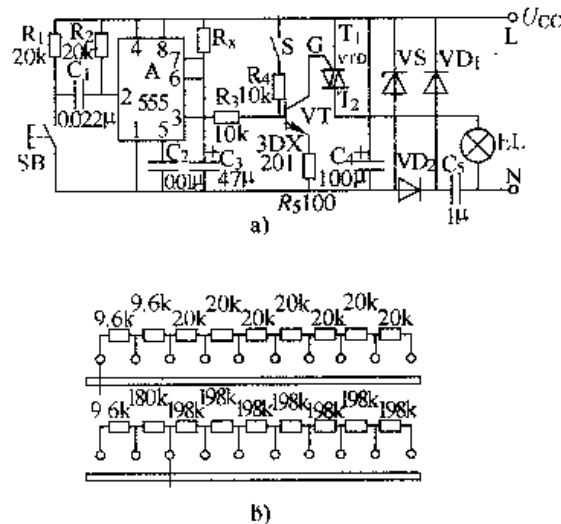


图 135 555 无触点定时电路

例 136. 555 触摸开关

可以在普通的半导体收音机（或扩音机）中加装一个触摸开关。当需要暂时关闭收音机时，只需用手触摸一下触摸开关，收音机就停播几秒至几十分钟。电路如图 136 所示。

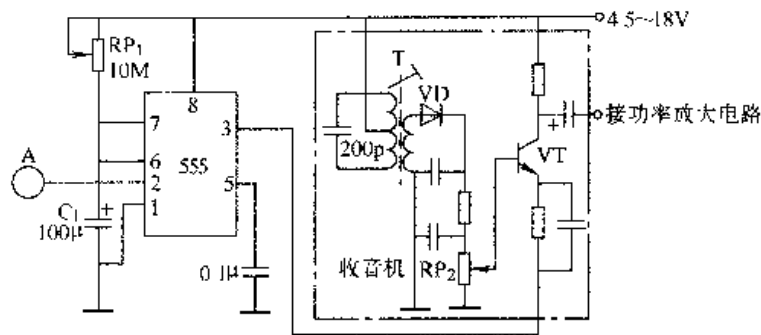


图 136 555 触摸开关

在这例中，555 与电位器 RP_1 、 C_1 组成单稳态电路。2 脚为其触发端，当用手触摸 A 时，555 的 3 脚就会由低电位翻转为高电位；经过 $t = 1.1R_{RP1} C_1$ 的延时后，3 脚又恢复为低电位。

555 的 3 脚与收音机的前置放大器 VT 的发射极相连。暂停时，3 脚为高电平，VT 截止，信号不能通过该级，所以收音机不播音；而在平时或暂停结束后，3 脚为低电平，VT 发射极接地，所以收音机正常工作。

此电路也可用于控制其他家用电器。

例 137. 555 触发高频晶闸管电路

晶闸管广泛用于超声和臭氧发生器、感应加热、交流/直流转换器等高频电路中，要求晶闸管在导通期间有快速上升的阳极电流，在 $0.25\mu\text{s}$ 内阳极电流上升 10A 。满足上述要求的电路如图 137 所示。

555 时基电路无稳态能输出脉冲宽度 $T_1 = 0.693(R_A C_1)$ ，重复周期为 $T_2 = 0.693[(R_A + 2R_B) \times C_1]$ ，可以通过改变 R_A 的阻值来控制重复频率。

图 a 是用 555 无稳态电路的输出脉冲来控制 PNP 型晶体管，由放大后的脉冲去触发晶闸管 V_{TH} 的典型应用电路。

图 b 为由一个 555 组成的无稳态电路，利用它输出的脉冲去触发两只 PNP 型晶体管 VT_1 、 VT_2 组成的自激多谐振荡器，其输出再轮流触发两只晶闸管 V_{TH1} 和 V_{TH2} 。

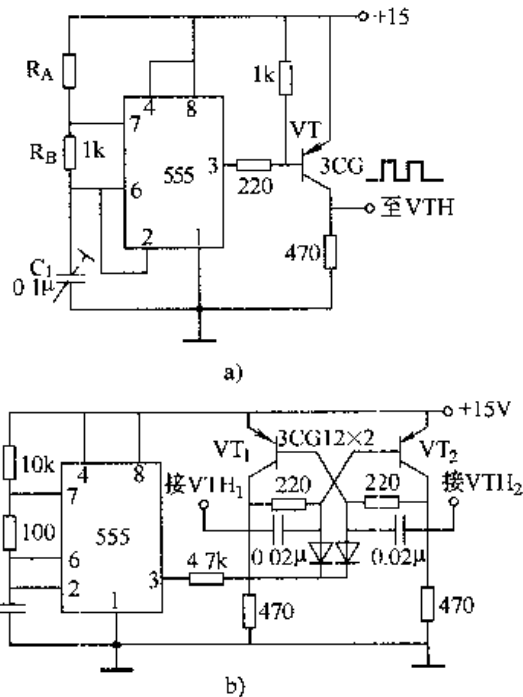


图 137 555 触发高频晶闸管电路

例 138. 555 断线式防盗报警器

断线式防盗报警器电路如图 138 所示。

在这例中，555 与 R_1 、 R_2 、 $C_1 \sim C_3$ 及扬声器 B 等构成音频声响电路。 X_1 、 X_2 为接线柱，二者之间接一根很细的漆包线，将它架设在警戒区，以防外人入内。由于漆包线将 555 的 4 脚接地，所以在正常的情况下 HA 无声，处于监视状态。

当有人入侵碰断了 X_1 、 X_2 之间的漆包线时，555 的 4 脚立即通过晶体管 VT 获得了高电位 (+9V)，555 迅速进入振荡状态，扬声器 HA 发出警报声。

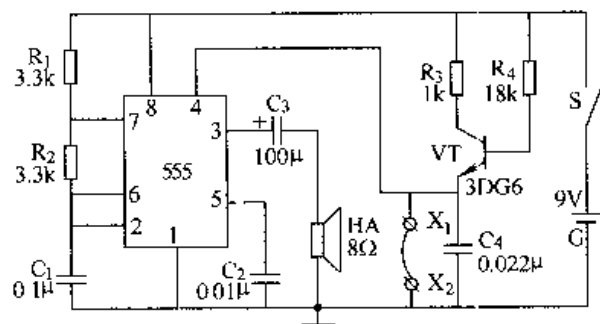


图 138 555 断线式防盗报警器

例 139. 555 警车音响电路

图 139 所示为警车（火警）音响电路。

A_1 产生低频振荡，其频率 $f_1 = 0.7 \sim 14.4\text{Hz}$ ，具体值由电位器 RP 调节。电容器 C_1 的充电回路是经 R_A 、RP 提供充电电流的，又由于放电回路中串联了一只二极管 VD，因此在 C_1 上产生一连串幅度由低到高的锯齿波。

A_2 的振荡频率约为 870Hz ，占空比为 47%，此电路是由 A_1 的 2 脚和 6 脚经晶体管 VT 缓冲，将 C_1 的锯齿波加至 A_2 的控制端（5 脚），由低频锯齿波调制高频方波，使 A_2 产生一个由高到低的振荡频率，于是扬声器便发出连续的“纠——纠——”声。

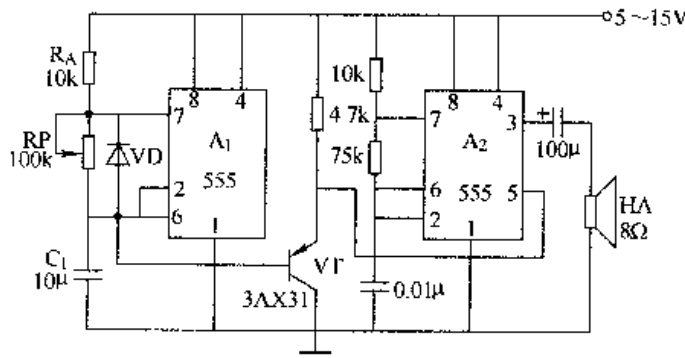


图 139 555 警车音响电路

例 140. 555 救护车音响电路

救护车音响电路如图 140 所示。本例采用两个 555 时基集成电路接成振荡电路。其中 A_1 产生低频振荡，振荡频率为 $0.9 \sim 14.4\text{Hz}$ ，由电位器 RP 进行调节。 A_2 振荡频率约为 700Hz 。 A_1 的输出端（3 脚）接到 A_2 的控制端（5 脚），将二者产生的频率进行调制，使扬声器发出“呜唔、呜唔……”的声响。

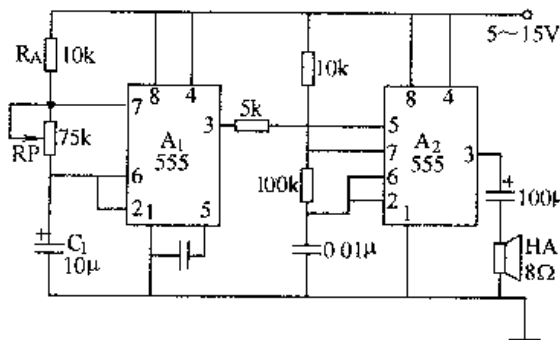


图 140 555 救护车音响电路

例 141. 555 鸟鸣电路

鸟鸣电路能发出“叽叽喳喳”的小鸟叫声，能以假乱真，甚为有趣，电路如图 141 所示。

图中，555 时基集成电路与 R_1 、 R_2 、 C_2 、 C_3 等构成自激多谐振荡器，适当选取 R_1 、 R_2 、 C_2 的阻容值，使其振荡频率在 1000Hz 左右，由 555 输出端（3 脚）输出，通过 C_3 经扬声器发出音频声响。

然而，本电路之所以能模拟鸟叫，奥妙在于有变压器 T 和电容器 C_1 ，它们在此构成了间歇振荡器。当电源开关 S 闭合后，+12V 电源经

R_1 、T 的一个绕组向 C_1 充电，此时 555 的放电端（7 脚）与输入端（2 脚）为低电平，破坏了自激多谐振荡器的振荡状态，扬声器 HA 无声；当 C_1 充足电后，立即通过 T 的绕组、 R_2 、 C_2 和 555 内部的放电管进行放电，这期间 555 产生音频振荡，使 B 发出音频声响；又因 C_1 电容量有限，其两端电压很快就降至 4V 以下，迫使 555 电路停振，扬声器沉寂下来，于是电源又经 R_1 、T 向 C_1 充电。如此这般，使扬声器发出酷似鸟鸣的“叽叽喳喳”声来。

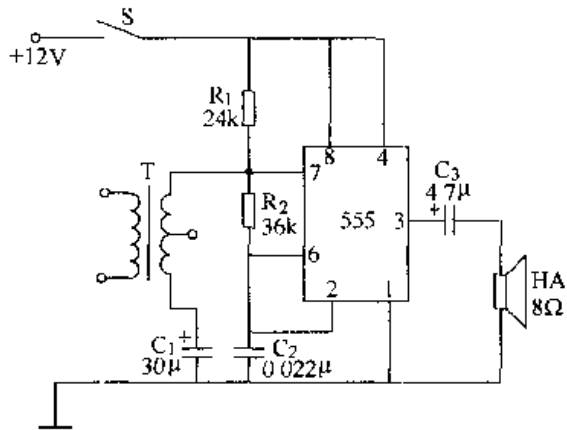


图 141 555 鸟鸣电路

例 142. 555 组装的 10W 警笛

这例介绍的警笛能产生震耳欲聋的声响。电路如图 142 所示。

本电路能产生忽高忽低的频率，由 RP_1 、VS 和 C_1 产生的三角波进行调制，使扬声器 HA 发出“呜唔呜唔”声。如果拆下 C_1 不用，则 HA 发出“嘀嘟、嘀嘟”的双音声。

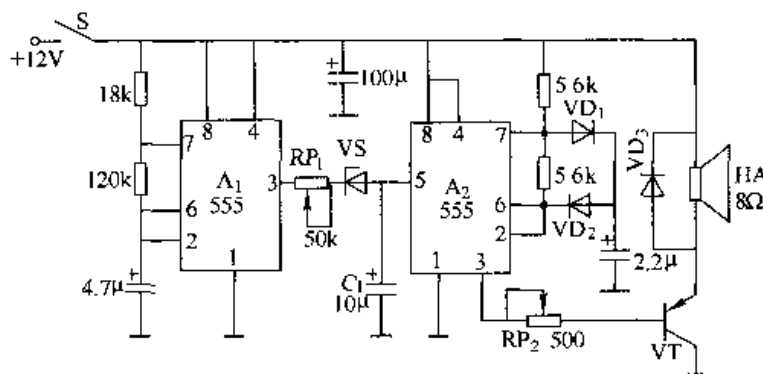


图 142 555 组装的 10W 警笛

例 143. 555 光控振荡器

光控振荡器电路如图 143 所示。在有光时，555 组成的音频振荡电路的振荡频率和占空比取决于 R_1 、 R_2 和 C_1 的取值，此时扬声器发音频率较低，发光二极管 VL 较亮。当光线逐渐暗下来时，光敏晶体管 VTP 的内阻值逐渐增大，使 555 产生的振荡频率逐渐升高，扬声器音量也相继变小，最终无声。

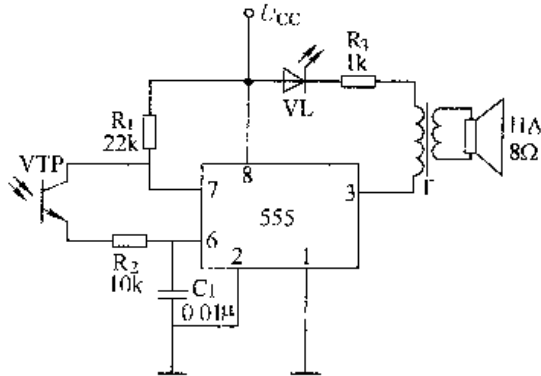


图 143 555 光控振荡器

例 144. 555 电压监视器

这例是利用 555 时基集成电路连接成单稳态电路作为电压监视器，电路如图 144 所示。

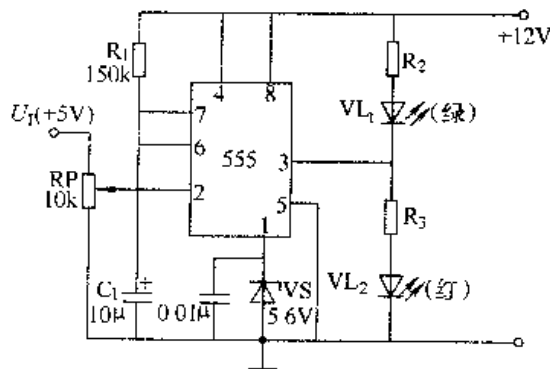


图 144 555 电压监视器

被监视的 +5V 电源电压，经预置电位器 RP 加到触发器的输入端（2 脚）上。当输入电压 U_1 高于 RP 所设定的触发器的阈值时，单稳态电路处于静止状态（稳定状态），555 的输出端（3 脚）为低电平，VL₁ 亮表示电路工作正常；若是 U_1 低于 RP 设定的触发器阈值电压，555 的输出端（3 脚）变为高电平，VL₁ 变暗甚至熄灭，VL₂ 亮，表示输入电压已经落到最低允许电压值以下。

单稳态电路（定时电路）的延迟时间 $T = 1.1R_1C_1$ ，若按图示取值， T 约为 1.65s。如果遇到长时间电压不足的情况，该监视电路可连续启动。

例 145. 555 直流电源脉动监视器

直流电源脉动监视器电路如图 145 所示。

该电路由一个双时基集成电路 (556) 构成。其中前半部分 (5、2、6 脚) 用于检测电源电压负向脉动变化。调节 RP_1 使 556 的 2 脚保持在低于阈值电压的某点即略小于 $2U_{CC}/3$ (3.2V) 处。当 U_{CC} 发生负向脉动时, 由于电容器 C 的保持作用, 556 的 2 脚上的电压瞬时会超过 $2U_{CC}/3$; 556 内部触发器复位, 使其 5 脚 (前半部分输出端) 电压跳到低电平, 从而驱动 VL_1 发光报警。这时只要使 S_1 瞬间闭合, 5 脚就会回到高电平, 但在电源刚接通时, 5 脚的输出仍为低电平, 所以在最初断开电源后, 须使 5 脚处于高电平初始状态才能进行检测。

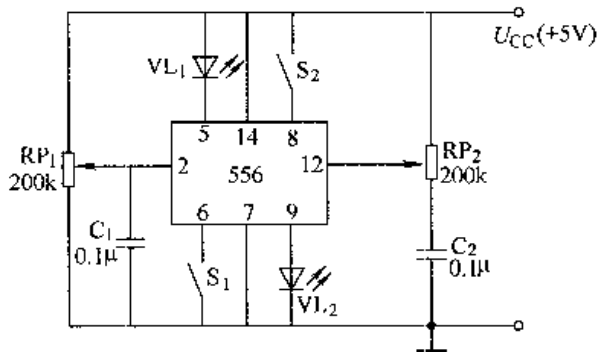


图 145 555 直流电源脉动监视器

该电路中 556 的后半部分 (8、12、9 脚) 用于检测电压正向脉动变化, 调节 RP_2 , 使 12 脚处在高于触发电压的某点, 即略大于 $U_{CC}/3$ (1.8V) 处, 当 U_{CC} 发生正向脉动时, 由于 C_2 的保持作用, 8 脚上的电压瞬时值将会低于 $U_{CC}/3$, 从而使 9 脚为高电平, VL_2 亮, 瞬时闭合 S_2 可使 VL_2 熄灭。由于在电源刚一通电时 556 的 9 脚为低电平, 所以不一定要触动 S_2 。

综上所述, 本电路能检测出正负方向的电源波动故障, 并及时报警。

例 146. 555 水位监视器

利用 555 可以十分方便而又简单地构成一些监控电路, 这例给出一个水位监视装置, 电路如图 146 所示。

在这例中, 555 被接成多谐振荡器, 正常工作时探针 A、B 被水浸没, 定时电容器 C 被短路, 振荡电路不振荡, 扬声器 HA 不响。

当水池水位下降到探针 A、B 以下时, 电容器 C 充电, 555 开始工作, HA 发出警报声。

555 的输出端能输出 200mA 的电流, 如果其 3 脚接的是继电器, 那么利用继电器触点可以控制抽水电动机。

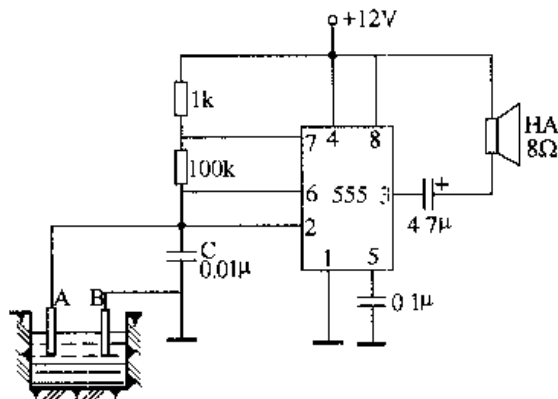


图 146 555 水位监视器

例 147. 555 水位控制器

这例介绍的水位控制器，电极上能通过占空比极小的脉冲电流，有效地防止了电极的氧化，电路如图 147 所示。

电源变压器 T、电桥 UR 及电容器 C_1 组成整个装置的直流电源电路 (12V)。a、b、c 为水池中的三个水位探测电极。A₁ 和 A₂ 是两个 555 时基集成电路，其中，A₁ 及 R₁、R₂、C₂ 组成自激多谐振荡器，A₁ 的 3 脚每 50s 输出一个宽度仅为 0.1s 的低电平脉冲。A₂ 与 R₄、C₃ 组成延迟约 70s 的单稳态触发器。

当水池中水位低于电极 a、b 时，a 与 b、c 断开，此时 A₂ 的 2 脚为高电平，3 脚为低电平，继电器 K 吸合。K₂ 闭合使交流接触器 KM 吸合，水泵供水，K₁ 将 b、c 断开。当水位上升到 a、b 之间时，因 K₁ 已断开，A₂ 的 2 脚仍为高电平，K 仍处于吸合状态，水泵供水，水位继续上升。在水位上升到 c 点时，A₁ 的 3 脚输出的低电平脉冲经水阻传输触发 A₂ 单稳态电路，A₂ 的 3 脚变为高电平，K 失电，K₂ 断开，KM 相继断开，水泵停止工作。与此同时，触点 K₁ 闭合。A₂ 进入暂稳状态。由于 R₂、C₃ 决定的单稳延迟时间长于 A₁ 的脉冲周期，所以 A₂ 延时未结束时 A₁ 又将触发 A₂，C₃ 上的电荷被放掉，这样 A₂ 将保持暂稳状态，K、KM 及 M 均不动作。

当水池水位降到电极 c 以下时，因 K₁ 闭合，所以 A₂ 的 2 脚继续受到 A₁ 的 3 脚输出的负脉冲触发，水泵仍不工作。

当水位继续下降至 b 以下时，A₂ 的暂稳状态过后，不再受到触发，3 脚变为低电平，水泵开始供水。以后过程如同前述。

图中 S 为手动开关，在水位控制器失灵时，可用 S 控制水泵。

调试方法是：调节 R₁ 的阻值可改变 A₁ 振荡周期，调节 R₄ 的阻值可改变 A₂ 的延时时间。须保证 A₂ 的脉冲周期大于 A₁ 的脉冲周期，否则会发生逻辑混乱。

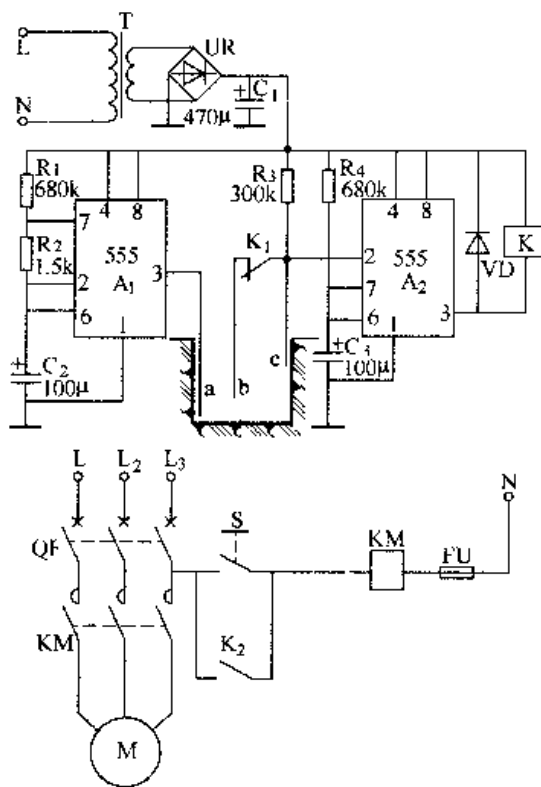


图 147 555 水位控制器

例 148. 555 温度控制器

用 555 作为触发比较器与热敏电阻器组合，就可构成一个温度控制器。电路如图 148 所示，其中热敏电阻器 R_{RT} 的阻值为 R_{RT} ，电位器 RP 的阻值为 R_{RP} 。

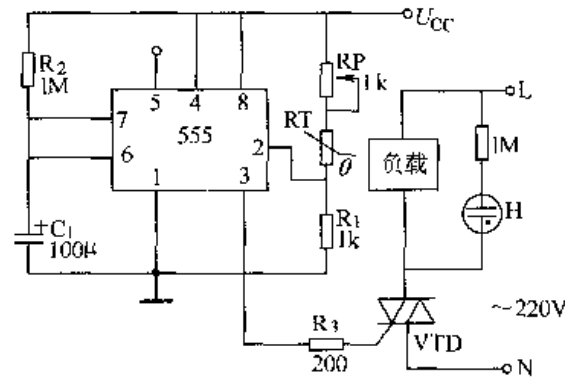


图 148 555 温度控制器

因为全部工作电压由 555 内部将电源 U_{CC} 按比例取得，所以不需要仔细调节电源电压，电路就能稳定地工作。在电路所要求的温度下，只要关系式 $R_{RP} + R_{RT} = 2R_1$ 成立，即可实现温度控制的目的。各种阻值的热敏电阻器 R_{RT} 均可用于本电路，只是具有较大阻值的热敏电阻器灵敏度略低。

例 149. 555 光控照明电路

光控照明电路如图 149 所示。当 2CU2B 光敏二极管受到光照时，其内阻变小，555 时基集成电路的 2 脚和 6 脚电压高于 $2U_{CC}/3$ ，3 脚输出低电平，继电器 K 处于断开状态，灯泡 EL 不亮。

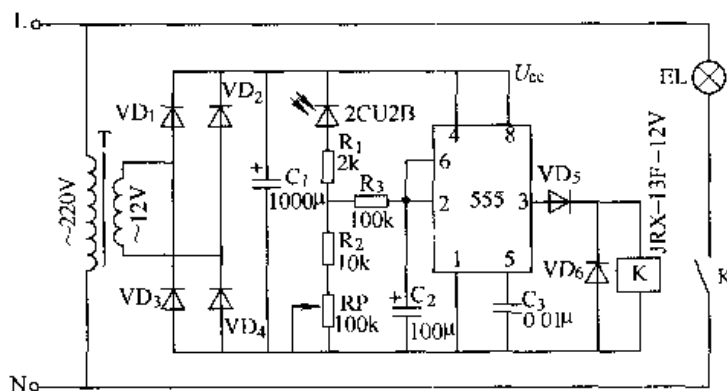


图 149 555 光控照明电路

当 2CU2B 入夜得不到光照或光照微弱时，其内阻增大，555 的 2 脚和 6 脚的电压低于 $U_{CC}/3$ ，这时其 3 脚输出高电平，K 获电吸合，EL 点亮。

在这例中，为了防止继电器断开时产生较高的电动势而损坏 555 时基集成电

路，所以增设了 VD_5 、 VD_6 对电路加以保护。

例 150. 555 直流 3V 变换直流 100V 电路

这例电路能将电池的直流 3V 电压变换成直流 100V 电压。电路如图 150 所示。

555 在此电路中振荡频率约为 1MHz，通过变压器 T 变压并经二极管 VD 整流后，输出 100V 的直流高压。

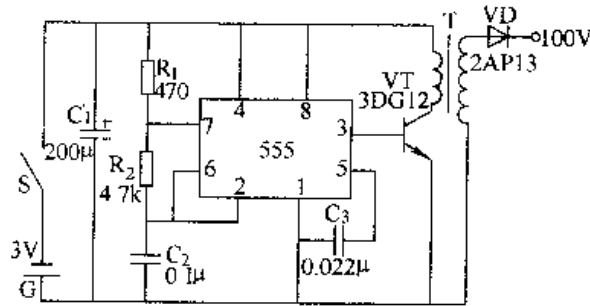


图 150 555 直流 3V 变换直流 100V 电路

例 151. 555 接近开关

把 555 按图 151 所示接成一个单稳态电路，即可构成一个接近开关。

由于 R_1 阻值很大，接在 555 的 2 脚可以有效地使 555 时基集成电路处于空载状态。如果接近电极 A，555 即产生一个脉冲 U_0 并由其 3 脚输出。

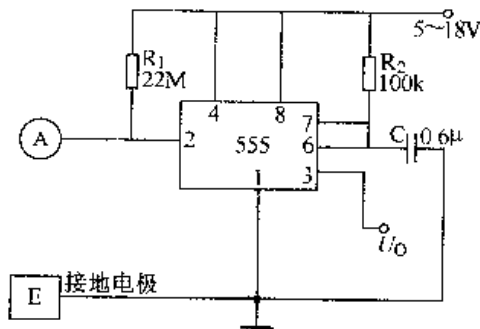


图 151 555 接近开关

例 152. 555 构成的 1kV 电压发生器

利用 555 可以将直流低电压升为高电压，1kV 电压发生器就是一个例子。电路如图 152 所示。

在本例中，555 被接成无稳态方式工作，在它的 3 脚输出频率为 40Hz、占空比为 10% 的连续方波。该方波经过 R_3 与 VT_1 、 VT_2 耦合至升压变压器 T，经 T 升压、

VD 整流、电容器 C_4 、 C_5 、 C_6 (串联) 滤波, 从 H 端输出 $-1000V$ 的直流高压。

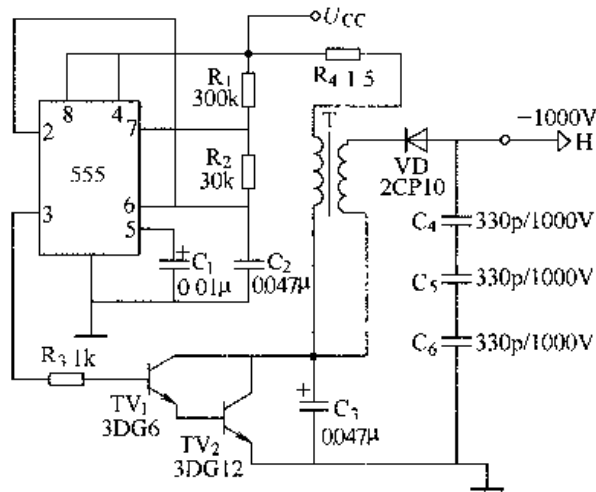


图 152 555 构成的 1kV 电压发生器

例 153. 555 防蛀器

书柜内的藏书被蛀, 极易使纸张变质。防蛀器放出臭氧, 对书籍进行防蛀杀菌处理, 可有效地保护书籍。电路如图 153 所示。

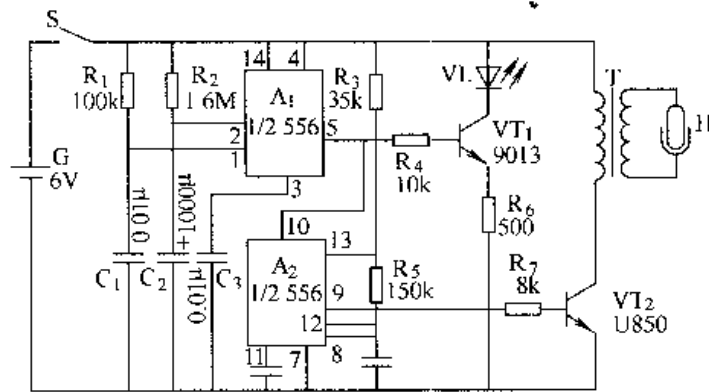


图 153 555 防蛀器

A_1 、 A_2 为 CC7556 CMOS 双时基集成电路 (即 556)。 A_1 与外围元件组成单稳态电路, A_2 与外围元件组成无稳态电路。通电后, A_1 的低触发端得到一瞬时低电平脉冲, 其 5 脚输出高电平, 随着电容器 C_2 不断充电, 经过 30min 后, A_1 复位, 其 5 脚又变为低电平, 单稳状态结束。当 A_1 的 5 脚输出高电平时, 晶体管 VT_1 导通, 发光二极管 VL 点亮, 指示防蛀器正在工作。与此同时, A_2 开始振荡, 其 9 脚输出的方波脉冲经 VT_2 作功率放大后, 由升压变压器 T 升压, 使臭氧管 H 放出臭氧, 对书柜内的藏书进行杀菌处理。30min 后 A_1 单稳状态结束时,

A₁ 的 5 脚变为低电平，使 VT₁ 截止，VL 熄灭，A₂ 的复位端（10 脚）为低电平，A₂ 复位停止工作，其 9 脚变为低电平，VT₂ 截止，H 停止放出臭氧。

例 154. 555 定时上水防溢控制电路

555 定时上水防溢控制电路如图 154 所示。

在这例中，555 组成的定时电路的定时时间可在 10~60min 内任意调节。当按下轻触式按键开关 SB 时，555 的 2 脚、6 脚电位由高跳变为低，3 脚电位由低变高，继电器 K 吸合，其触点带动电磁阀 YV 工作，开始供水。

当上水时间一到（一般情况下将时间设定为 20min 即可）。555 的 2 脚、6 脚电位由低跳变为高，3 脚电位由高变低，继电器 K 断开，YV 关闭，停止供水。

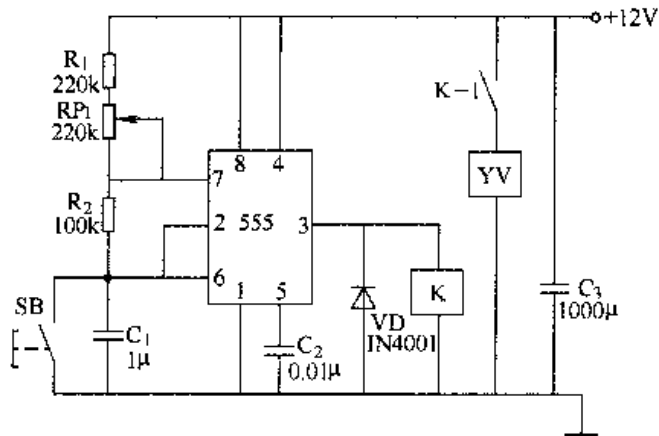


图 154 555 定时上水防溢控制电路

R₁、R_{P1} 为充电电阻，调节 R_{P1} 可改变上水时间。如果感到延时时间不够，可适当增大充电电容器 C₁ 的电容量。

YV 为 DZ-12 型电磁水阀，安徽省蚌埠市联科电子器经销部有售。

例 155. μ A741 组成的开关稳压电源

集成运算放大器简称运放，它有同相和反相两个输入端，一个输出端及正负电源端。当同相输入端的电压稍有增加时，输出端的电压就会大幅度增加；而反相输入端的电压略有增加时，输出端的电压就会大幅度减小。利用它的这一特性，人们将集成运算放大器广泛地应用在工农业生产的仪器仪表、电力电子设备上，在儿童玩具、中学物理实验中，也有它的一席之地。

集成运算放大器的品种很多，人们在长期的实践中总结出许许多多实用的控制电路，从本例开始到例 161 介绍应用集成运算放大器的电路。

由 μ A741 组成的开关稳压电源电路如图 155 所示。

稳压二极管 VS 的稳定电压为 12V，将其作为该电路的基准电压。当输出电压比基准电压低 2mV（因 μ A741 的反应灵敏度是 2mV）时，反应到 μ A741 的反相输入端（2 脚），使其 6 脚输出高电压，VT₁、VT₂ 导通，以大电流给负载及有关滤波电容 C₂、C₃ 等补充电能，很快使输出电压升到 12V，即 μ A741 的 2 脚、3 脚

的电位相等，这时其6脚输出低电压（约2V）， VT_1 、 VT_2 截止，暂停补充电能。随着时间的增长，输出电压逐渐下降，则又重复上述过程，周而复始，电源持续处于开关状态，并使输出电压始终稳定在12V。

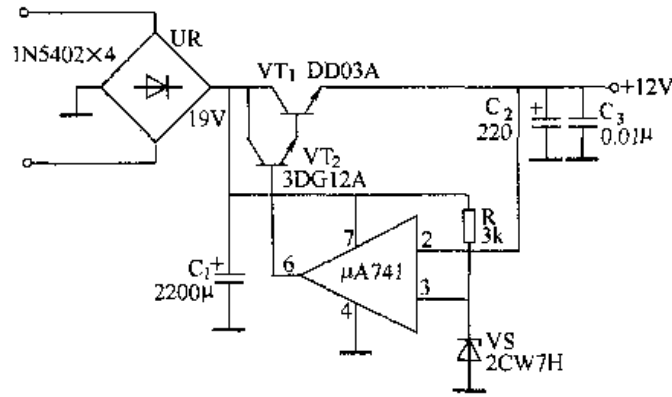


图 155 $\mu A741$ 组成的开关稳压电源

例 156. LM324 组成的静电检测电路

图 156 所示为 LM324 组成的静电检测电路。LM324 是将四个运算放大器集成在一块芯片中，人称四运放集成电路。它采用 14 脚双列直插塑料封装形式，外形如图 b 所示，内部结构如图 c 所示。

LM324 四运放集成电路具有电源电压范围宽、静态功耗小、可单电源使用、价格低廉等优点，因此被广泛应用于家用电器、电子玩具、报警装置、自动控制等电路中。

图 a 为 LM324 静电检测的应用电路。这是利用结型场效应晶体管 VF 作静电场传感器，当带正电荷的物体靠近金属片 J 时，由于静电感应，VF 的漏、源极之间将有电流通过， R_1 两端的电压经运算放大器放大，然后运算放大器输出高电压，音乐集成电路工作，压电蜂鸣器 HA 奏乐。当带正电荷的物体远离 J 时，HA 无声。如果将带负电荷的物体靠近 J 时，HA 无声；而在它远离 HA 一段距离时，HA 才发声。

图中的音乐集成电路见第 6 章介绍。

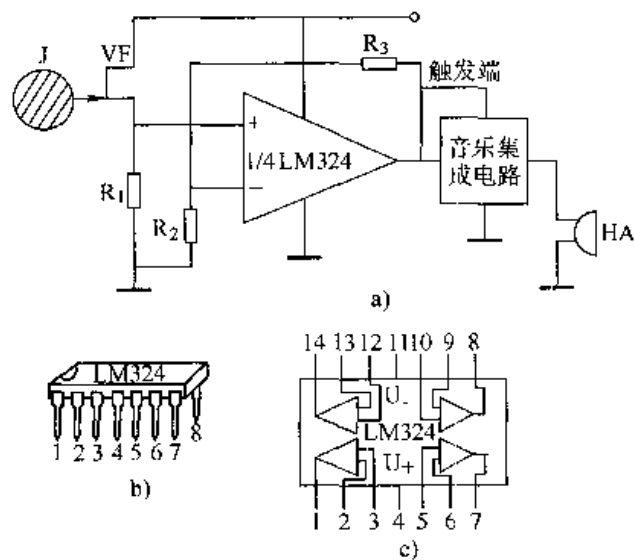


图 156 LM324 组成的静电检测电路

图 a 为 LM324 静电检测的应用电路。这是利用结型场效应晶体管 VF 作静电场传感器，当带正电荷的物体靠近金属片 J 时，由于静电感应，VF 的漏、源极之间将有电流通过， R_1 两端的电压经运算放大器放大，然后运算放大器输出高电压，音乐集成电路工作，压电蜂鸣器 HA 奏乐。当带正电荷的物体远离 J 时，HA 无声。如果将带负电荷的物体靠近 J 时，HA 无声；而在它远离 HA 一段距离时，HA 才发声。

例 157. LM324 组成的反相交流放大电路

由 LM324 组成的反相交流放大电路如图 157 所示。

这例放大电路可以代替晶体管进行交流放大，可用作扩音器的前置放大电路，而且无需调试。运算放大器采用单电源供电，由 R_1 、 R_2 组成 $U_+/2$ 偏置电路， C_1 是消振电容。这例放大电路的电压放大倍数 A_V 仅由电阻器 R_1 、 R_f 的阻值决定，即 $A_V = -R_f/R_1$ 。式中的负号表示输出信号与输入信号的相位相反。

此电路的输入电阻 R_i ，在一般情况下先选取其阻值与信号源内阻相等，然后根据电路要求的放大倍数再确定它的阻值。 C_0 和 C_1 为耦合电容。按图中所列取值， $A_V = -10$ 。

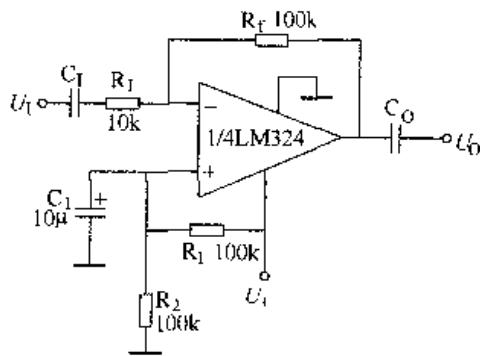


图 157 LM324 组成的反相交流放大电路

例 158. LM324 组成的同相交流放大电路

电路如图 158 所示。同相交流放大电路的特点是输入阻抗高。电路中的 R_1 、 R_2 组成分压电路，通过 R_3 对运算放大器进行偏置，电路的电压放大倍数 A_V 也仅由外接电阻器的阻值决定； $A_V = 1 + R_f/R_4$ ， R_3 为电路的输入电阻。 R_4 的阻值范围为几千欧至几十千欧。

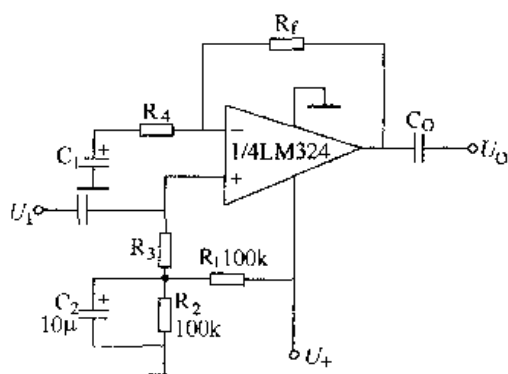


图 158 LM324 组成的同相交流放大电路

例 159. LM324 组成的单稳态电路

由 LM324 组成的单稳态触发器电路如图 159a 所示。

单稳态触发器可用在一些自动控制系统中。电阻器 R_1 、 R_2 组成分压电路，

为运算放大器的反相输入端提供偏置电压 U_1 ，作为比较电压基准。静态时，电容器 C_1 充电完毕后，运算放大器的同相输入端电压 U_2 等于电源电压 U_+ ， A_1 的输出为高电平。

当输入电压 U_1 变为低电平时，二极管 VD_1 导通， C_1 通过 VD_1 迅速放电，使 U_2 降至低电平，这时因 $U_1 > U_2$ ，所以运算放大器输出低电平。当输入电压变高时， VD_1 截止，电源经 R_3 给电容器 C_1 充电，当 C_1 充电电压大于 U_1 ，即 $U_2 > U_1$ 时， A_1 的输出变为高电平，从而结束了一次单稳态触发。

显然，提高 U_1 或增大 R_1 、 C_1 的取值，都会使延时时间增长，反之延时时间则缩短。

倘若将图中的二极管 VD_1 去掉，则此电路具有加电延时功能。刚加电时 $U_1 > U_2$ ，运算放大器输出低电平，随着电容器 C_1 不断充电， U_2 不断升高，当 $U_2 > U_1$ 时， A_1 的输出才变为高电平。

单稳态电路输出波形参如图 b。

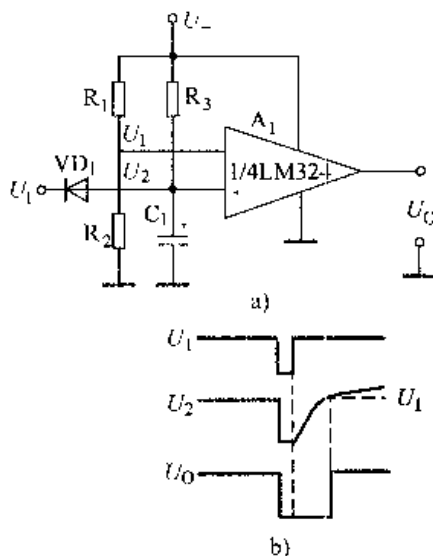


图 159 LM324 组成的单稳态电路

例 160. LM339 组成的振荡电路

用 1/4LM339 可以组成一个音频方波振荡器，电路如图 160 所示。在这个电路中，当 $C_1 = 0.1\mu\text{F}$ 时，振荡频率 $f = 53\text{Hz}$ ，当 $C_1 = 0.01\mu\text{F}$ 时， $f = 530\text{Hz}$ ；当 $C_1 = 0.001\mu\text{F}$ 时， $f = 5300\text{Hz}$ 。

值得一提的是，LM339 是一种高增益宽带集成运算放大器。设计印制电路板在印制线条布局时，其输入信号线与输出信号线不要相互靠近，以免引起电路自

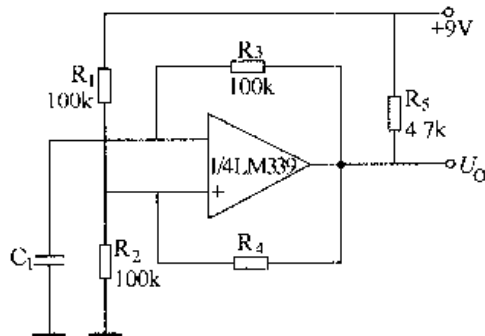


图 160 LM339 组成的振荡电路

激。集成电路的接地应该尽可能与整机的地线靠近。此外，LM339 的驱动电流取决于它的偏置电路而与工作电源电压无关。

例 161. MAX4166/4167 低功耗高输出驱动集成运算放大器

MAX4166/4167 是采用单电源供电、具有满电源幅度输入与输出且具有高输出驱动电流并兼有较好的直流精度的集成运算放大器。它们的主要特点有：可输出大于 80mA 的驱动电流；输入共模电压范围达到电源幅度；输出电压摆幅达到电源幅度；每个运算放大器的工作电流为 1.2mA；工作电压单电源为 2.7 ~ 6.5V 或 $\pm(1.35 \sim 3.25)V$ ；增益带宽积为 5MHz；失调电压为 $250\mu V$ ；电压增益 (R_L 阻值 R_L 为 $100k\Omega$) 为 120dB；MAX4166 有关闭模式 (低电平有效)，在关闭状态时，耗电仅为 $38\mu A$ ，输出呈高阻状态；MAX4167 为双运放集成电路。

图 161a、b 为 MAX4166/4167 的封装形式与引脚排列。典型应用电路如图 c、图 d 所示。图 c 为低频小功率放大电路。

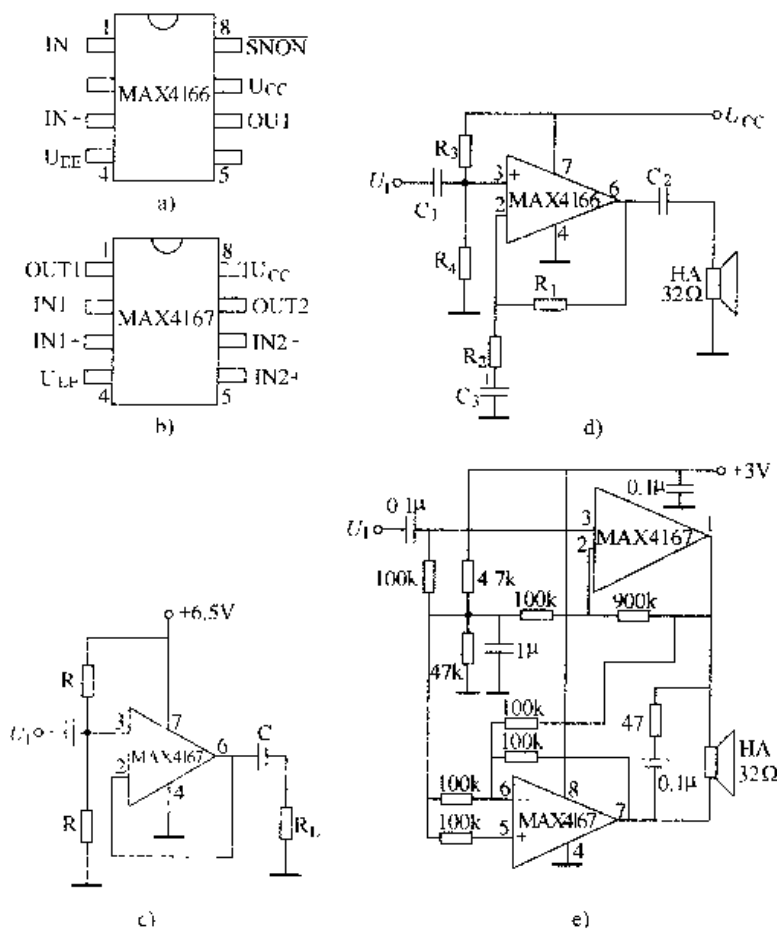


图 161 MAX4166/4167 低功耗高输出驱动集成运算放大器

例 162. IR2167 镇流器集成电路

IR2167 采用 20 脚 DIP 或 SOIC 窄体封装形式，它是将电子镇流器控制与半桥驱动器及功率因数校正 (PFC) 电路集中于同一芯片上的组合集成电路。其典型应用电路如图 162 所示。

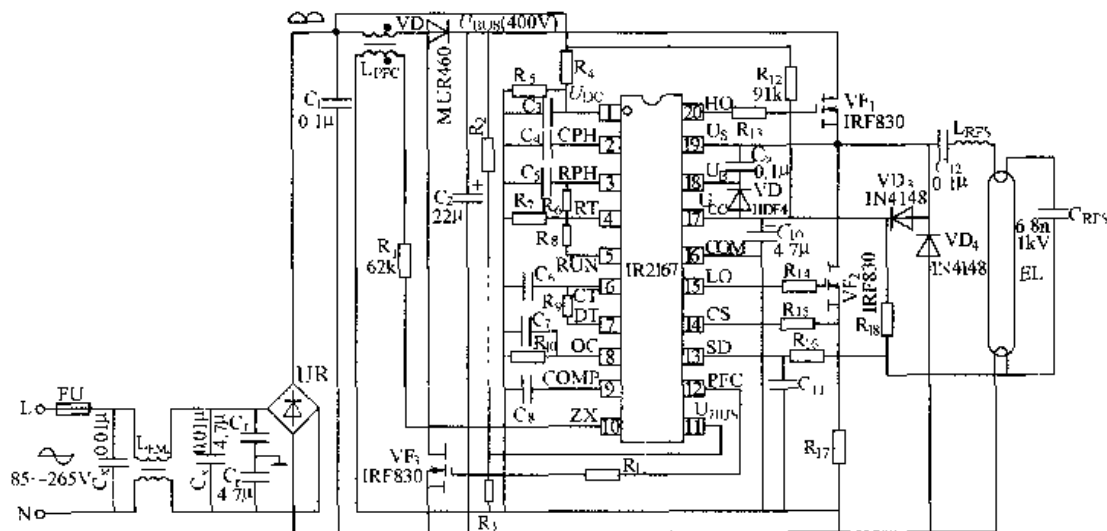


图 162 IR2167 镇流器集成电路

IR2167 是一个完全集成和保护 600V 镇流器控制集成电路，是驱动各种类型荧光灯交流电子镇流器的专用集成电路。图中 C_x 、 C_f 与 L_{EM} 组成 EMI 滤波电路，UR 为桥式整流器， C_1 用作高频噪声滤波。 VF_3 、 L_{PFC} 、 VD_1 、 C_2 及 IR2167 的 9 脚至 12 脚内部电路组成有源 PFC 升压转换器，其作用是在 UR 的输入端产生一个无失真的正弦波电流，使电路功率因数达到 0.99，并在 C_2 两端输出经过调整的高度稳定的直流总线电压 ($U_{BUS} = 400V$)。

电子镇流器的工作程序包括灯丝预热、灯点火 (启动) 和点燃三个主要阶段，以及故障关闭与重新启动等运行状态。通电后，流过 R_{12} 的电流对 C_{10} 进行充电。当 C_{10} 上的电压超过 IR2167 的启动门限 (约 11.4V) 之后，电路开始工作，在其 20 脚和 15 脚输出占空比为 50% 的信号，死区时间由 7 脚外部电阻器 R_9 设定，方波脉冲驱动 VF_1 、 VF_2 组成的半桥开关交替导通。半桥开关输出的信号经二极管 VD_3 整流及 C_{10} 滤波，施加到 17 脚 (U_{CC} 端) 并被 17 脚内部的稳压二极管钳位，以防止集成电路的电源电压降至关闭门限 (约 9.6V)。

IR2167 在启动开始阶段，输出一个频率接近 80kHz 的信号，尔后迅速下降到预热频率 (约 65 ~ 75kHz) 对灯丝加热。预热频率由其 3 脚与 4 脚间的电阻器 R_6 、4 脚上的外部电阻器 R_7 和 6 脚上的外部电容器 C_6 等元件的取值决定。预热时间 (约 0.7 ~ 1.2s) 则由 2 脚上的电容器 C_4 的取值决定。预热结束后，IR2167

输出频率下移，从而引起输出级 L_{RFS} 和 C_{RFS} 产生串联谐振，在 C_{RFS} 上产生的高压脉冲使荧光灯启动。在灯正常点燃期间的运行频率主要由 5 脚上的电阻器 R_8 、4 脚上的外部电阻器 R_7 和 6 脚上的外部电容器 C_6 等元件的取值确定。运行频率通常为 40 ~ 45kHz。

8 脚上的外部元件 R_{10} 用于编程，14 脚 (CS) 以及 1 脚 (U_{DC}) 用于检测与保护低直流电路电压，13 脚 (SD) 用于检测灯故障与关闭。

当结温超过 160°C 时，IR2167 能自动关闭进入待机状态。

例 163. RTS511 电风扇控制集成电路

RTS511 电风扇控制专用集成电路，采用 20 脚双列直插式塑料封装形式，其典型应用电路如图 163 所示。

图 a 是电风扇遥控发射电路，图 b 是接收电路。接收电路可用手按键进行操作。

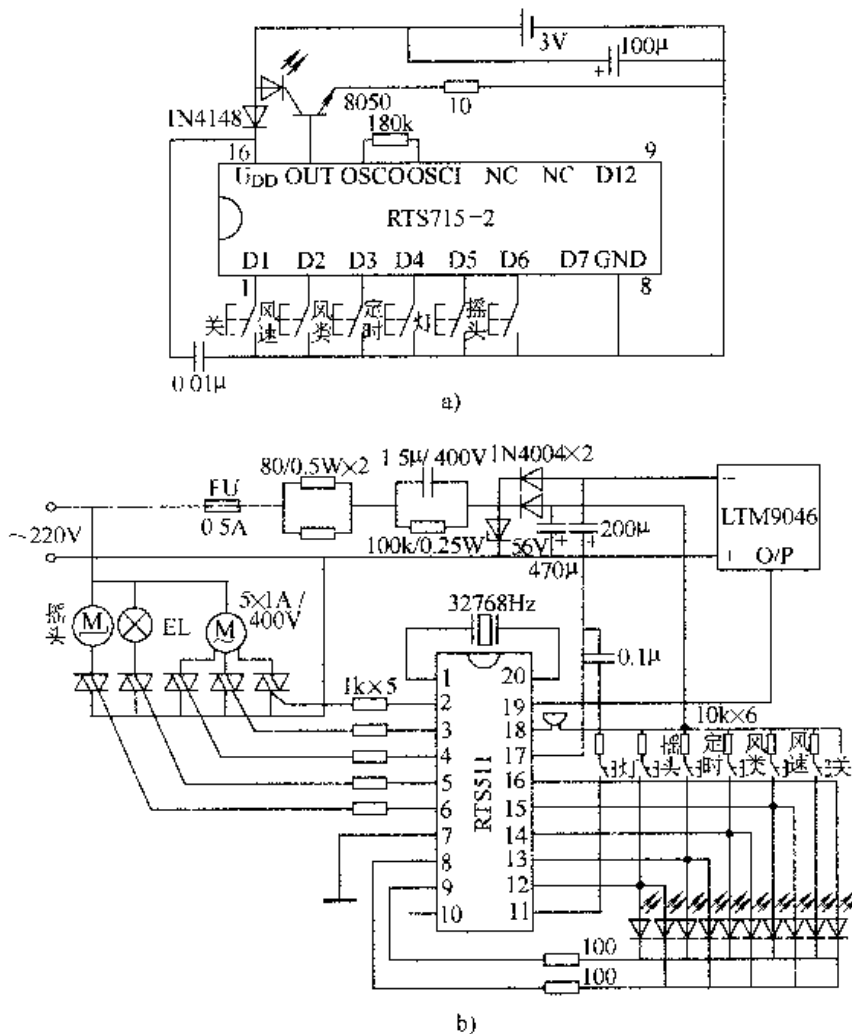


图 163 RTS511 电风扇控制集成电路

各键功能如下：

“关”键：用以切断电风扇电动机的电源。

“风速”键：当电风扇静止时，此键为启动键，电风扇强风启动以增大扭力，3s后恢复设定的弱风状态。当风扇转动时，此键为风速设定键，按照弱风、中风、强风、弱风、中风……循环模式选择。

“风类”键：此键用来选择电风扇转动的类别，当 RTS511 的 10 脚悬空时，按正常风、自然风、睡眠风、正常风、自然风……的循环模式选择；当 10 脚接 7 脚时无睡眠风，按正常风、自然风、正常风……的循环模式选择。

“定时”键：用此键来设定电风扇的预置时间，具有四段式累进计时和不累进计时、三段式累进计时和不累进计时等定时模式。

“摇头”键：非独立式电子摇头控制。当电风扇运转时，按此键可控制电风扇摇头运转，当电风扇停止时，不能按动此键。

“灯”键：独立式控制，按此键可控制彩灯的开关。此键与电风扇是否运转无关。

例 164. MAX6650 电风扇速度监控集成电路

MAX6650 是 MAXIM 公司生产的一种风扇速度监控专用集成电路。其管脚排列及典型应用电路如图 164。

该集成电路具有以下特点：

(1) 可控制 5A/12V 电风扇的开、关和风速。

(2) 具有与 I²C/SMB 兼容的串行接口。

(3) 有转速监控输出。

(4) 供电电压为 3~5V。

(5) 微型封装，占用空间很小。

MAX6650 由逻辑控制电路、8bit 数/模转换器、比较器、地址译码器、转速计数器等电路构成。器件采用 10 脚双列封装形式，引脚功能如下：1 脚 (TACHO) 为转速信号输入端；2 脚 (GND) 为公共地端；3 脚 (SDA) 为 2 线串行数据输入/输出端；4 脚 (SCL) 是 2 线串行时钟输入端；5 脚 (ADD) 是地址选择输入端；6 脚 (GPIO₁)、7 脚 (GPIO₀) 是通

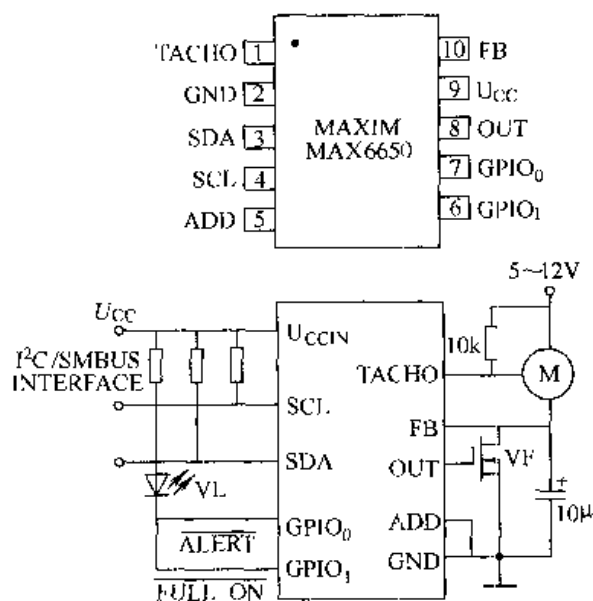


图 164 MAX6650 电风扇速度监控集成电路

用输入/输出端口；8脚（OUT）为驱动输出端，用以驱动外部的 MOSFET 或晶体管；9脚（ U_{CC} ）是 3~5.5V 电源供给引入端；10脚（FB）为反馈输入端，用以关闭外部的 MOSFET 或晶体管。

MAX6650 的极限参数： U_{CC} 至 GND 的电压为 $-0.3 \sim +6.0V$ ；FB、TACHO 至 GND 的电压为 $0.3 \sim 13.2V$ ；其他引脚（除 1 脚、2 脚以外）到 GND 的电压为 $-0.3 \sim (U_{CC} + 0.3)V$ 。 U_{CC} 、GND、OUT 引脚的最大电流均为 10mA；其他引脚的最大电流为 30mA；最大功耗（ $T_A = 70^\circ C$ ）为 444mW；工作温度范围为 $-40 \sim +85^\circ C$ ；最高结温为 $150^\circ C$ 。储藏温度范围为 $-65 \sim +150^\circ C$ 。

MAX6650 应用电路的外围功率器件一般采用 MOSFET（如图 164 所示），也可以采用大功率 NPN 型晶体管代替 MOSFET（基极接 OUT 端，发射极接地，集电极接 FB 端）。

例 165. BYH5552 时间控制集成电路

BYH5552 时间控制集成电路可广泛地应用在家用电器中作为定时控制。其典型应用电路如图 165 所示。

BYH5552 的主要参数：
工作电压为 4~6.5V，电源电流为 100mA；8~12 脚输出电流为 10mA，可用于点亮发光二极管；13 脚输出电流为 15mA，最高工作频率为 200kHz，用来控制晶闸管，为负载 R_L （家用电器）提供电流。

BYH5552 采用 14 脚双列直插式塑封形式。其管脚排列如图 165b 所示。各引脚功能如下：1 脚为开/关控制输入端；2 脚为复位端；3 脚为定时设定控制端；4 脚为定时输入端；5 脚为时基振荡控制输入端；6 脚为时基振荡控制输出端；7 脚为电源负极；8 脚为定时时间 $1t$ 显示端；9 脚为定时时间 $3t$ 显示端；10 脚为定时时间 $5t$ 显示端；11 脚为定时时间 $10t$ 显示端；12 脚为定时时间 $15t$ 显示端；13 脚为开关控制信号输出端；14 脚为电源正极。

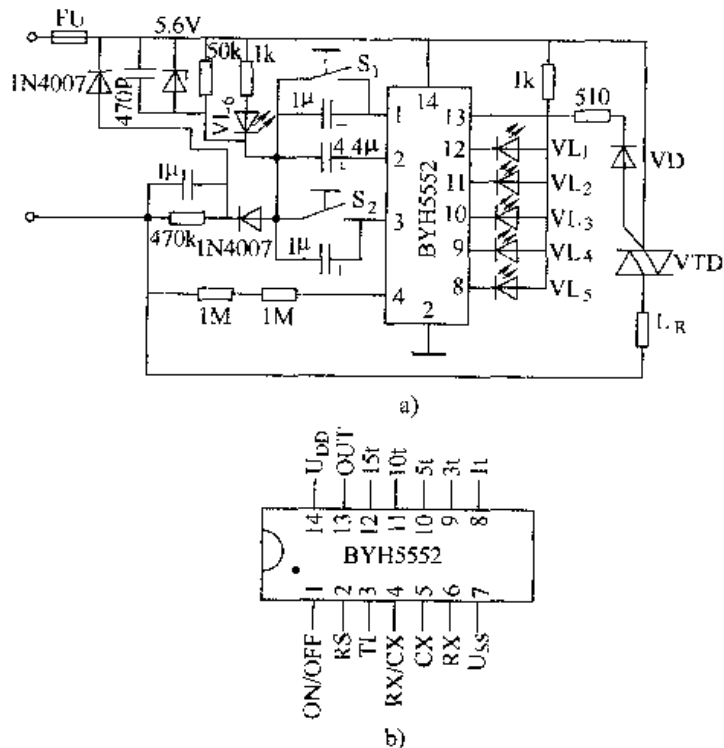


图 165 BYH5552 时间控制集成电路

14 脚为电源正极。

BYH5552 可设定 5 档定时时间，即 $1t$ 、 $3t$ 、 $5t$ 、 $10t$ 、 $15t$ 。每按动 S_2 触发一次，其定时输出按 $1t \rightarrow 3t \rightarrow 5t \rightarrow 10t \rightarrow 15t \rightarrow 1t \dots$ 的顺序变化。4 脚、5 脚、6 脚为定时时基输入端；它有两种输入法；第一种用 50Hz 市电频率输入 5 档定时时间分别为 1min、3min、5min、10min、15min；第二种是在 5 脚、6 脚的外部连接电阻器和电容器构成振荡电路。图 165a 是采用 50Hz 市电作为时基输入的应用电路。

例 166. SZ—9201 交流彩灯控制电路

用 SZ—9201 组成的交流彩灯控制电路如图 166 所示。

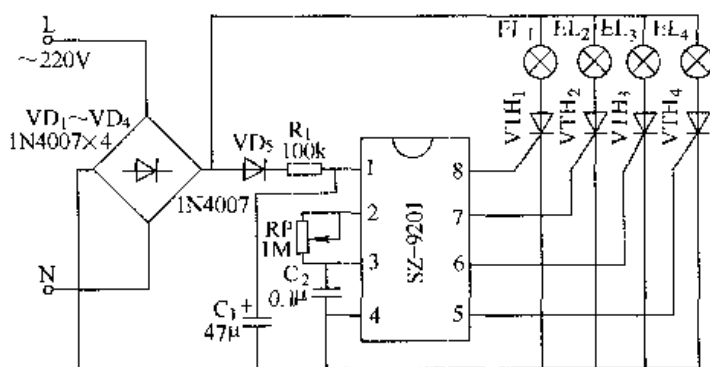


图 166 SZ—9201 交流彩灯控制电路

220V 交流电源经二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 作桥式整流，再经 VD_5 隔离、 R_1 降压后由 C_1 滤波。由于 SZ—9201 内部已设置了电源保护电路及稳压器，所以无需其他稳压电路。由 SZ—9201 的 5~8 脚输出的方波脉冲使单向晶闸管 $VTH_1 \sim VTH_4$ 轮流导通，从而带动大功率彩灯群闪烁发光。

调节 RP 可使灯泡 $EL_1 \sim EL_4$ 呈现“跳跃”、“流水”及“全亮”三种状态。该电路适用于舞厅、橱窗装饰、广告牌等。

例 167. T5W 无线遥控组件

T5W 无线遥控组件采用了编解码无线遥控技术，实行 36MHz 超外差式调频制传送，具有抗干扰能力强、保密性好、遥控距离远等优点，广泛应用在灾情、防盗报警、工业自动化控制中作为传输部件。其典型应用电路如图 167 所示。

T5W 无线遥控组件由发射组件和接收组件两部分构成。

(1) 发射组件：发射组件的引脚如图 a 所示，其内部由编码电路、调制倍频电路、间歇控制电路和功率放大输出等部分组成。使用者只要在其 A~D 端通过按键 ($SB_1 \sim SB_4$) 连接至 E 端，当按动某键时，发射电路便按照发射 0.6s、间歇 3s 的方式工作，把 A~D 端控制信号通过加密处理由天线 W 发射出去。

按键 $SB_1 \sim SB_4$ 代表着数码 1、2、4、8 或这几个数码的组合。例如同时按下 $SB_1(A)$ 、 $SB_4(D)$ 两键，其发射加密内容的数码是 9（即 $1+8$ ）。因此，当控制码超过 4 位时，可以用二极管的组合来扩展遥控位数。这种组合码可扩展至 15 位。通常，发射按键实际上是各种传感器的输出开关，例如应用在防汛工作中的水位遥远显示控制，其开关信号来自水位开关。

T5W 组件遥控距离为 8km，如增加一只 T12W 功率接续器，遥控距离将增加至 15km，其安装方法如图 b 所示。

(2) 接收组件：引脚及外围电路如图 c 所示。接收组件内部由高放选频电路、二次中放变频电路、鉴频整形电路和解码输出电路等部分组成。其解码的地址码与发射端的地址码绝对一致。在接收组件的 A~D 端及 IO 端，接入五只晶体管 $VT_1 \sim VT_5$ ，以及四只继电器 $K_1 \sim K_4$ （12V/400 Ω ）即构成四只锁存式或非锁存式遥控开关。当发射盒操纵某键时，接收盒对应继电器即行吸合，继电器触点带动执行机构。接收盒的 IO 端是解码有效输出端，只要 A~D 端中的任意一端获得解码信号，IO 端就有输出，这个端口能方便地与 A~D 端组合成非锁存状态输出。

图 c 中的 Q_1 与 Q_2 连接时，电路处于锁存状态；如果像图示那样用剪刀将连线剪断，则电路处于非锁存状态。

在图 167 中，无论是发射组件还是接收组件，都需要架设天线 W 才能工作。天线是不可缺少的能量转换部件。与组件匹配的优质天线，可大大地增加遥控距离，劣质天线的转换率明显下降，甚至无法工作，烧毁发射管。这里采用半波同轴偶极天线，制作方法是：用电视的 75 Ω 同轴电缆，从端部向下量出 2m 处用小刀沿塑套轻割一圈，然后抽出塑套，再将裸露屏蔽网向下拉，焊接在距端部 2m 的电缆屏蔽网上即可，如图 d 所示。天线扎在竹杆上，再垂直架设在高处（如屋

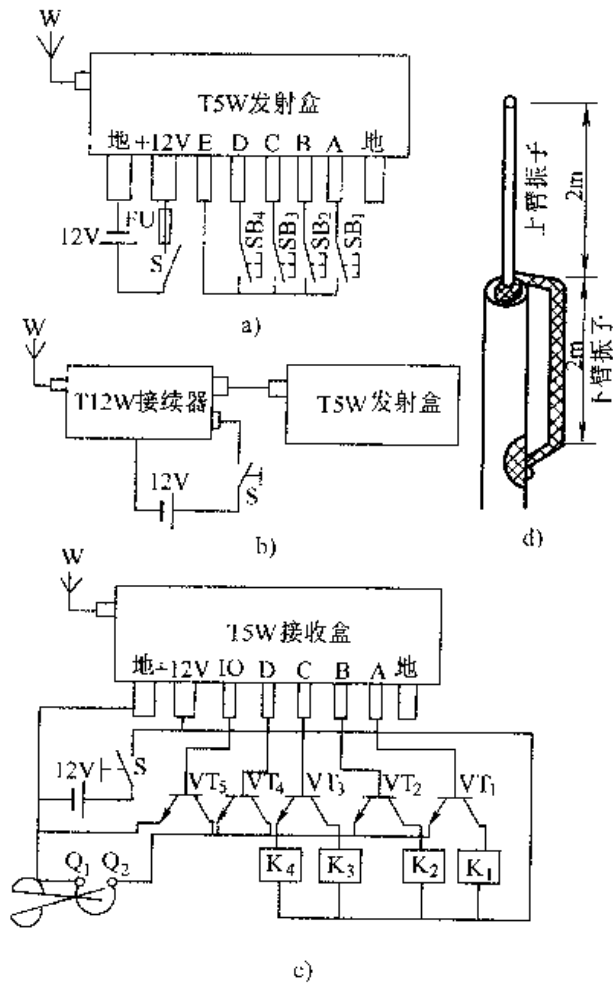


图 167 T5W 无线遥控组件

顶)。

使用时须注意发射组件的电源极性不能接反，接好天线后才能通电工作，否则将烧毁内部电路；发射组件电源可使用 12V/6.5A·h 电池供电。

例 168. SH84 八曲四路音乐彩灯控制电路

SH84 内存八首乐曲，可直接驱动压电蜂鸣器发音，并能同时驱动四路彩灯使它们逐个点亮。并依次熄灭，彩灯跟随音乐节拍有节奏地闪亮。SH84 是制作圣诞树、装饰灯柜的理想芯片，其应用电路如图 168 所示。

SH84 是用 CMOS 工艺制造，采用片状黑膏软封装形式。芯片的工作电压范围为 3~5.5V。

以 SH84 为核心部件的节日彩灯，是通过晶闸管 $VTH_1 \sim VTH_4$ 来驱动彩灯 $EL_1 \sim EL_4$ 的。其工作电压是 220V 的交流电经 $VD_1 \sim VD_4$ 作桥式整流、 R_2 降压、VS 稳压与 C_2 滤波后获得的。SH84 的 2 脚输出的乐曲信号经晶体管 VT 放大以驱动压电蜂鸣器 HA 发声。调节电位器 RP 可控制发声音量。

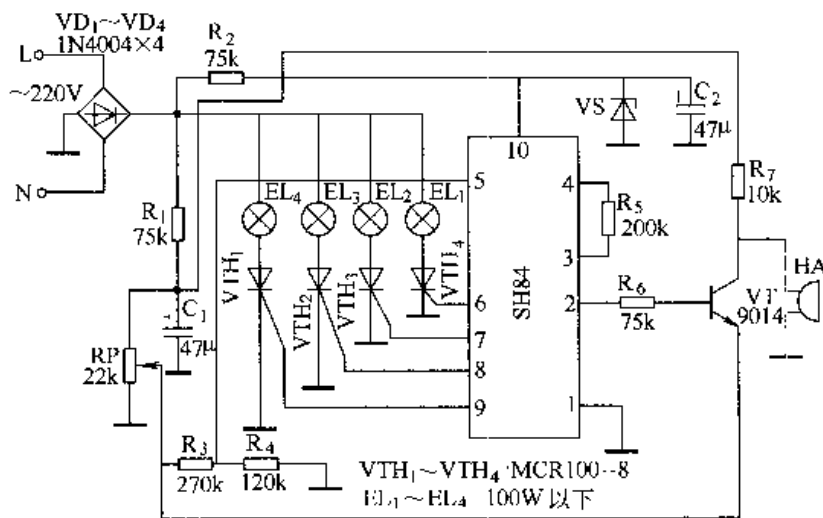


图 168 SH84 八曲四路音乐彩灯控制电路

例 169. 7800 系列与 7900 系列三端固定集成稳压器

集成稳压器是模拟集成电路的一个重要部分，由于它比一般模拟集成电路输出的电流大，电压高、耗散功率大，所以发展比其他集成电路晚，但从 20 世纪 70 年代以来发展速度却很快。

集成稳压器按其工作方式的不同可分为串联调整式集成稳压器、并联调整式集成稳压器、开关调整式集成稳压器。若按其外形结构的不同来分，则可分为多端式集成稳压器、三端式集成稳压器、固定式集成稳压器、可调式集成稳压器。

集成稳压器品种繁多，从本例开始的数例介绍常用的数种集成稳压器应用电路，以供读者设计电路时参考。

7800 系列和 7900 系列三端固定集成稳压器，具有电性能指标高、外围电路简单、保护机构完善等特点，因而成为常用的集成稳压器。

7800 系列与 7900 系列均有 F—2 型和 S—7 型两种封装形式，但管脚接线却各不相同，使用时要加以注意。如图 169a 所示。F—2 型的 3 脚，既是固定孔，又可作为电极引出端使用。

7800 系列为三端固定正电压集成稳压器，7900 系列为三端固定负电压集成稳压器。它们均有 5V、6V、9V、12V、15V、18V、24V 等输出电压（如 7805 输出 +5V 电压，7905 输出 -5V 电压），均可以输出 1.5A 的电流。

常见的三端集成稳压器有 CW7805、SW7805、 μ A7805、LM7805 型。它们均可互相代换。

图 b、c 为 7800 系列、7900 系列集成稳压器的典型应用电路，其中输入端电容器 C_i 用来旁路高频干扰脉冲，输出端电容器 C_o 起改善瞬态响应特性，减小高频输出阻抗的作用。

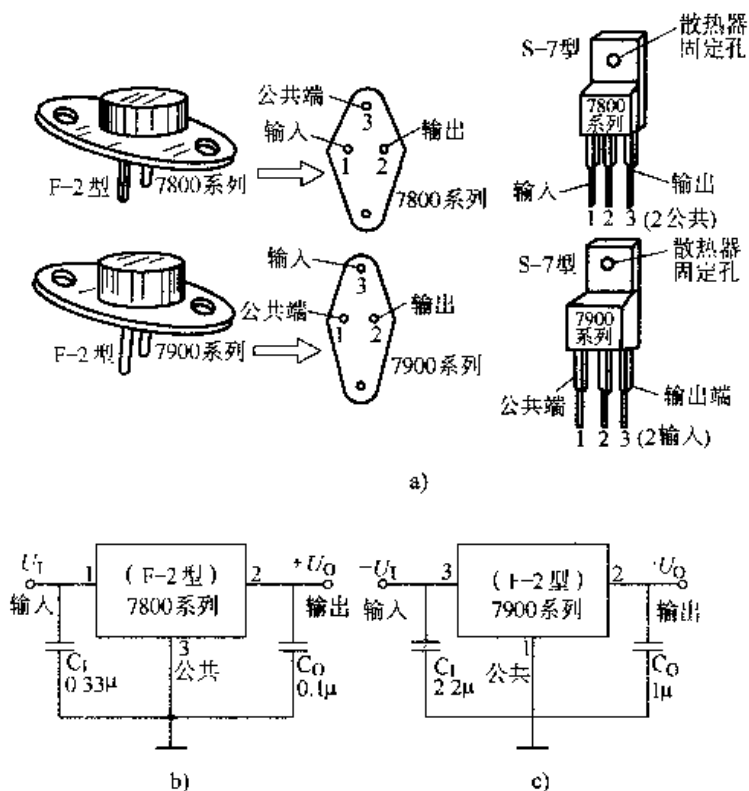


图 169 7800 系列与 7900 系列三端固定集成稳压器

例 170. 7800 系列组成的负电压输出稳压电路

在实际使用中，手头只有 7800 系列三端固定正电压集成稳压器，而电路却要求用负电压电源供电，这时可采用图 170 所示电路获得负电压电源。

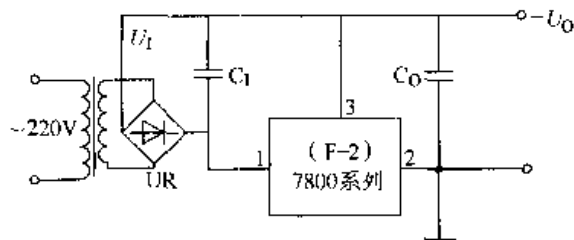


图 170 7800 系列组成的负电压输出稳压电路

例 171. 7900 系列组成的正电压输出稳压电路

能否用 7900 系列三端固定负电压集成稳压器组成正电压输出稳压电路呢？回答是肯定的。电路如图 171 所示。

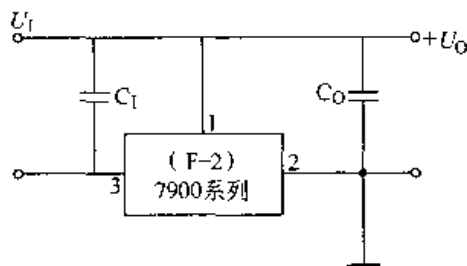


图 171 7800 系列组成的
正电压输出稳压电路

例 172. 7800 系列与 7900 系列组成的正、负电压输出稳压电路

如果需要电路同时输出正、负电压，可选用正、负两种集成稳压器（如 7815 和 7915），按图 172 所示电路进行接线，即可获得 $\pm 15V$ 稳定电压。

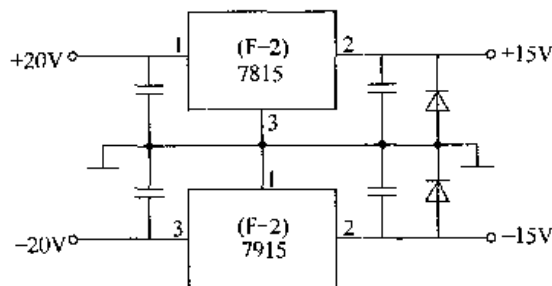


图 172 7800 系列与 7900 系列组成的
正、负电压输出稳压电路

例 173. 7800 系列组成的可调式稳压电路

图 173 为由 7800 系列三端固定正电压集成稳压器构成的 6 ~ 15V 连续可调电源，其输出电流为 1A。

不难看出，流过电位器 R_P 的电流为 $(U_{XX}/R + I_d)$ ，整个稳压电源的输出电压 $U_O = U_{XX} + (U_{XX}/R + I_d)R_{RP}$ (图中 $U_{XX} = 6V$)。因此，只要改变 R_P 的值，输出电压 U_O 就成为连续可调的了。当 $R_{RP} = 0$ 时， $U_O = U_{XX}$ ；当 R_P 的值增加时， U_O 也相应增加。

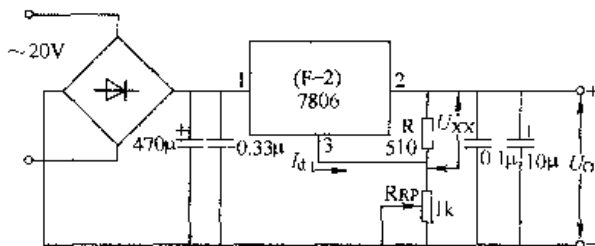


图 173 7800 系列组成的可调式稳压电路

若是需要输出更高的电压时，可进一步增大输入电压，一般应保持输入电压高于输出电压 3 ~ 5V。如要求输出电压为 5 ~ 20V，输入电压则要增加到 23 ~ 25V。

如果要换用其他型号的集成稳压器，如 CW7809，那么调压范围将改为 9 ~ 15V。

例 174. 7800 系列与晶体管组成的 5A 稳压器

当电路需要输出的电流超过集成稳压器额定输出电流时，可采用外接晶体管的办法来扩展电流。电路如图 174 所示。

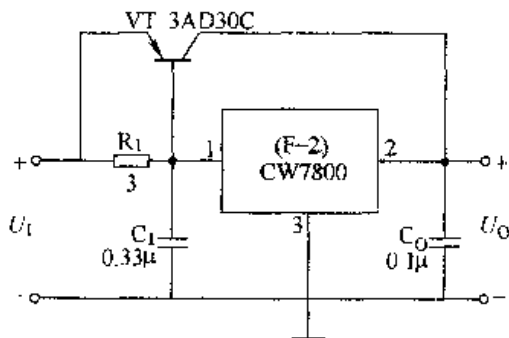


图 174 7800 系列与晶体管组成的 5A 稳压器

这是利用外接 PNP 型大功率晶体管的方法来扩展输出电流的。其中 R_1 是晶体管 VT 的偏置电阻，它为 VT 提供导通时所需的偏置电压。

例 175. 7800 系列与晶体管组成有保护功能的稳压器

图 175 是具有保护功能的稳压电路。

这是在例 174 的基础上增加二极管 VD 和 R_2 ，将它们并联起来，使外接调整管 VT 的发射结电压不超过 0.7V。 R_2 为保护电阻，当输出电流超过额定值时， R_2 上压降增大，VT 的 U_{BE} 减小，使其处于减流或不导通状态。VT 选用 PNP 型硅低频大功率晶体管（如 3CD6）即可。

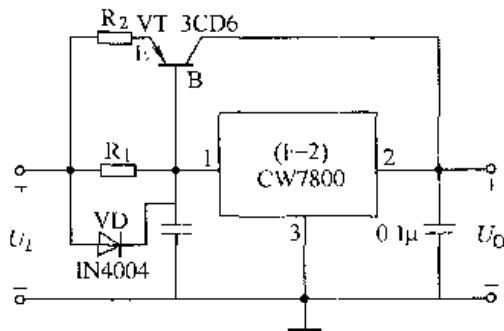


图 175 7800 系列与晶体管组成有保护功能的稳压器

例 176. 7800 系列多只并联的扩流稳压器

7800 系列集成稳压器的最大输出电流只能达到 1.5A，然而在实际使用中往往希望电路能输出 1.5A 以上的电流。这例介绍一种由两个或更多的同型号的 7800 系列集成稳压器组成的扩流电路，如图 176 所示。

电路保持了 7800 系列集成稳压器原有的过热过电流保护功能，输出电流的大小为组成扩流电路的集成稳压器的个数乘 1.5A。此例电路简单，无需调试，有较好的实用性。

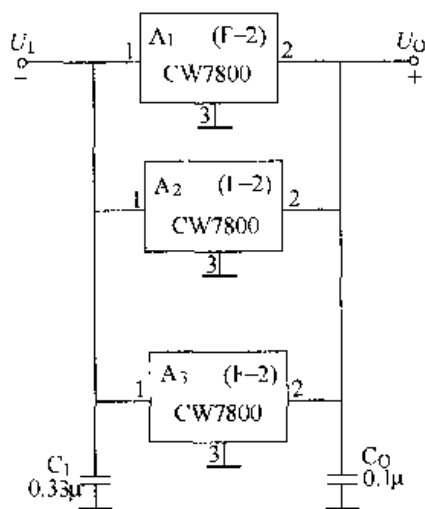


图 176 7800 系列多只并联的扩流稳压器

例 177. MC34063 集成开关稳压器

MC34063 是实现降压、升压、电压极性反转的多功能集成开关稳压器。它采用 8 脚封装形式，其外形如图 177a 所示，管脚排列如图 b 所示。

图 c 是由 MC34063 组成的降压式开关电源电路。电路的输入电压 $U_I = 25V$ ，输出电压 $U_O = 5V$ ，输出电流为 500mA。变换效率可达 80%。其中电容器 C_T 用于振荡器的定时， C_T 振荡频率可在 0.1 ~ 100kHz 范围内变化。7 脚是峰值电流限制端 (I_{PK})，由电源 U_{CC} 端到 I_{PK} 端的限流动作电压为 330mV，因此限流电阻值的取值公式为 $R_{SC} = 330mV / I_{PK}$ ，式中 I_{PK} 为限定电流，其取值应小于 MC34063 内部功率管的最大电流。

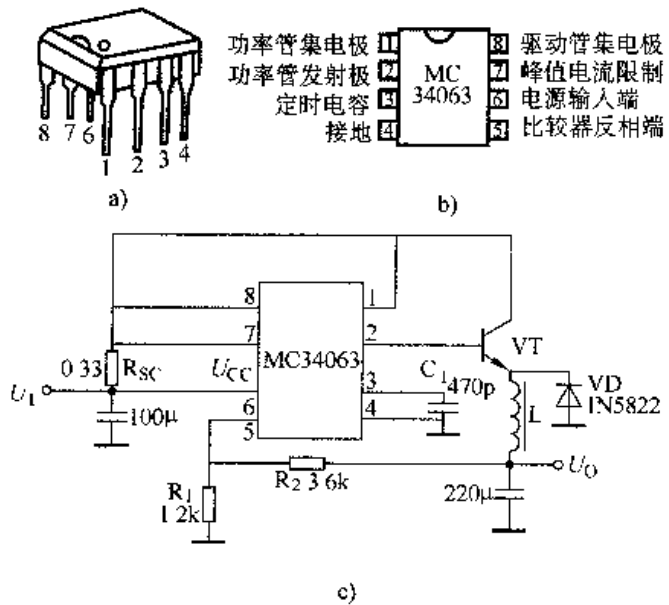


图 177 MC34063 集成开关稳压器

VT 为外接晶体管，用它进行电流扩展，以便电路能带动较大的负载。

例 178. MC34063 组成的升压开关稳压器

这例介绍的是输入电压为 12V、输出电压为 28V、输出电流为 150mA 的升压电路，其核心部件采用的是 MC34063，电路如图 178 所示。

与例 177 降压式电路相比，本电路中的电感器 L 的位置和续流二极管 VD 的方向有所改动。升压后的电压是电源 U_{CC} 与电感器上的电压相加后，通过 VD 后得到的。

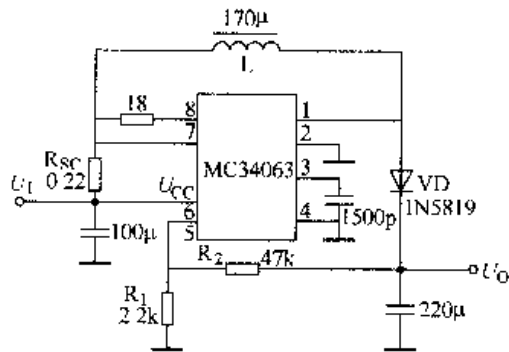


图 178 MC34063 组成的升压开关稳压器

因为输出电压比较高，所以升压电路的输出电流一般是比较小的，其主要受内部功率管峰值电流的限制。

例 179. MC34063 与晶体管组成大电流升压开关稳压器

图 178 所示电路的输出电压虽高，但输出电流却很小。当需要输出大电流时，则可通过外接晶体管来实现，电路如图 179 所示。

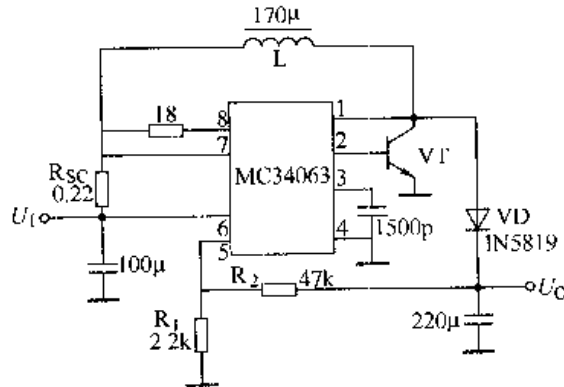


图 179 MC34063 与晶体管组成大电流升压开关稳压器

例 180. WS157 组成的市电变 12V 开关稳压器

WS157 集成开关稳压器，是一种将控制电路和功率开关管集成在同一芯片上的表面贴装电源器件，其外形及引脚如图 180 所示。

WS157 内部具有 PWM（脉宽调制）控制以及过电流、过热等多种检测保护功能，仅需外接合适的开关变压器 T 就能正常工作。

由 WS157 控制的调宽式开关稳压电源的工作原理是：220V 市电经整流滤波

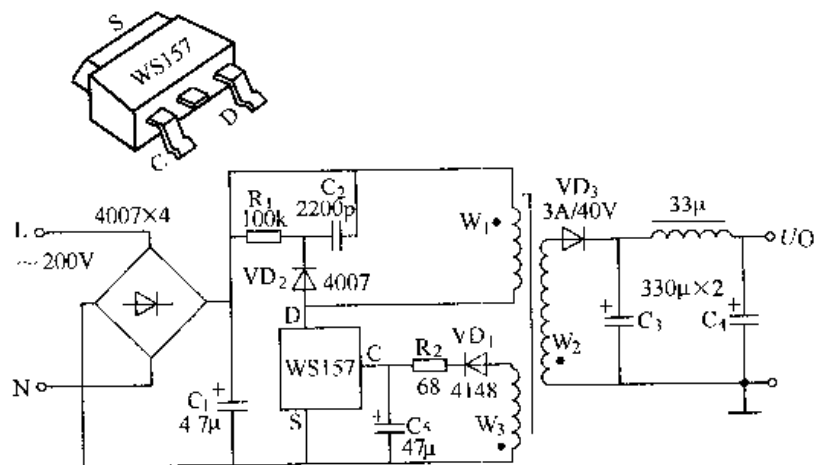


图 180 WS157 组成的市电变 12V 开关稳压器

后，在 C_1 两端得到约 300V 的直流电压，经变压器 T 的一次绕组加在 WS157 的 D 端，使内部偏置电路获电工作。 R_1 、 C_2 和 VD_2 组成反峰钳位电路，可提高转换效率和降低 D 端反向峰值电压。T 的二次绕组输出方波电压经 VD_3 、 C_3 、 C_4 等整流滤波后输出 12V 的直流电压供负载使用。反馈绕组电压经 VD_1 、 C_5 等整流滤波后加入 WS157 的 C 端作为采样电压。当输入电压下降或负载加重引起输出电压 U_0 下降时， W_3 的反馈电压也下降，则注入 C 端的采样电流也减小，通过内部 PWM 电路进行比较处理后，使功率开关管的占空比线性增大，从而保持输出端平均直流电压相对不变。其中 R_2 、 C_5 及 W_3 反馈采样电压共同决定控制回路的起控状态，通常在满负荷时占空比为 0.47，空载时占空比为 0.03。

开关变压器 T 可在 1 ~ 18W 之间选定。制作时可采用 EF16 铁氧体磁心设计功率为 8W，先绕 W_1 ，用 $\phi 0.12\text{mm}$ 高强度漆包线绕 168 匝；再绕 W_2 ，用 $\phi 0.51\text{mm}$ 漆包线绕 25 匝（12V 输出，若改变输出电压，只需增减 W_2 的匝数即可），最后绕 W_3 ，线径为 0.31mm，绕 $18\frac{1}{2}$ 匝。 VD_3 采用肖特基二极管。

电路装配在一只塑料盒内，成为一个 AC/DC 模块，型号为 WF0812，08 后面两位数字为输出电压。该模块的输出电压有 5 ~ 36V 等多种。

第四章 电力模板与组件

如果把晶体管自动控制电路、集成块自动控制电路以及整流与升压电路中的某些电路，依据电力设备（装置）的某种要求实现连接，仅仅引出几个或数十个端子（俗称引“脚”），以便组装。这就是电工常称的电力模板（俗称“模块”）或组件。电力模板和组件的功能参数稳定组合方便、安装容易，制成的电力设备技术先进、可靠，因而发展尤为迅速。目前，电力模板与组件品种繁多、琳琅满目、举不胜举。这里介绍几则常用电路，以供读者设计和维护成套电力设备时参考。

例 181. 三相电动机交流接触器灭弧电路

电子灭弧器作为控制负载通断的交流接触器的灭弧装置，可避免由于拉弧而造成接触器触点的损坏，从而延长接触器的使用寿命，特别适合于在易燃易爆场合下工作的交流接触器，可大大地降低火灾及爆炸事故的发生。

电子灭弧器具有体积小、重量轻、功耗低、操作频率高及安装使用方便等优点。使用时，只需将各级灭弧器回路与接触器各级触点相并联，并将其控制端并接在接触器线圈两端即可。采用电子灭弧器可解决由于飞弧而造成的接触器的损坏，使其电寿命可提高到几百万次以上。

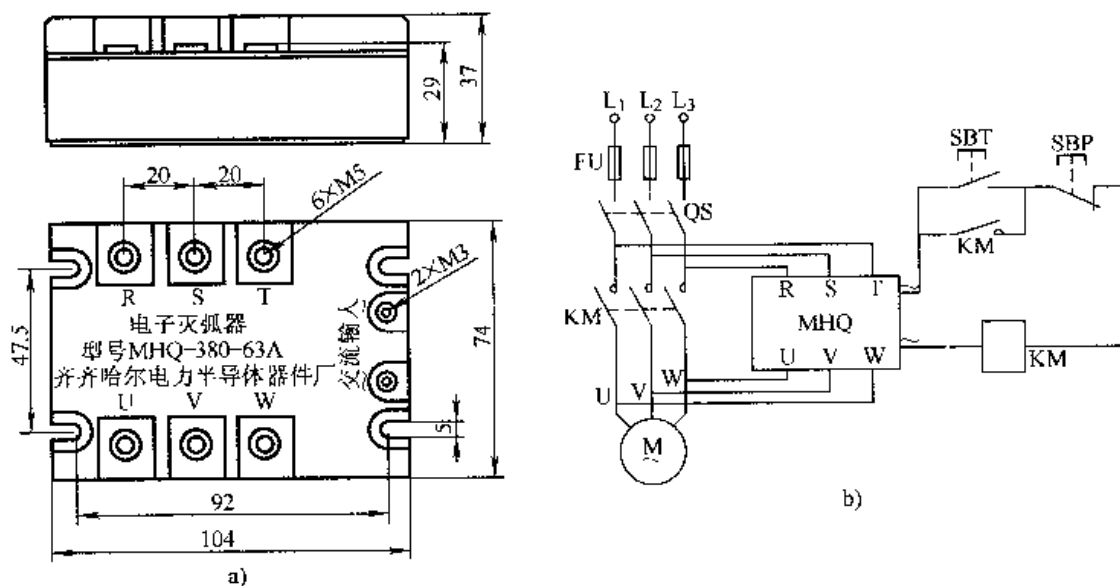


图 181 MHQ 交流电子灭弧器电路

交流电子灭弧器适用于交流 110V、220V、380V 线路上，作为交流接触器触点的灭弧设备，外形如图 181a 所示。

有关交流电子灭弧器的参数见附录 E。

交流接触器灭弧电路电子模块，共有 8 个端子：其中 R、S、T 与交流接触器 KM 的进线端相接；U、V、W 与 KM 主触点的出线端相连（也就是电动机 M 的进线端）；标出“~”标志的两个端子，作交流接触器线圈的输入端。电路如图 b 所示。

图中，SBT 为起动按钮，SBP 为停止按钮，QS 为隔离刀开关，FU 为熔断器。

操作方法：按动一下起动按钮 SBT，交流接触器 KM 吸合、电动机 M 工作；按动一下停止按钮 SBP，KM 释放，电动机停转，与此同时灭弧器 MHQZ 工作，自动将 KM 触点产生的电弧熄灭。

例 182. 单触点直流灭弧电路

直流电子灭弧器是与直流接触器配套的灭弧装置，可彻底消除接触器触点工作时产生的电弧，保护了触点，从而大大地延缓了接触器的使用寿命。

(1) 电子灭弧器工作条件

环境温度：-25 ~ +40°C，环境湿度：25°C 时，< 85% RH。

(2) 电子灭弧器使用注意事项

1) 本灭弧器应在低频（指接触器触点动作频率）下工作，触点吸合和释放时间间隔不要小于 0.2s，否则将不起灭弧作用。

2) 接触器若长时间频繁动作，则应注意灭弧器的散热，或加适当的散热片（50 ~ 150A 型）或加散热风扇（200 ~ 600A 型），以免灭弧器过热烧毁。

3) 注意接线不要接错，以免烧毁灭弧器。

4) 电子灭弧器应固定在接触器旁。

单触点直流灭弧电路如图 182 所示。图中的接触器可用直流或交流。R_L 为负载，可以是电动机或其他电器。KM 仅用一个触点。

在这里，操作电源为直流电源；二次电路控制电源可以是交流，也可以是直流。

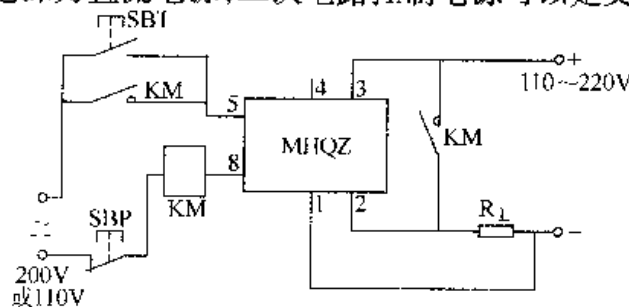


图 182 单触点直流灭弧电路

例 183. 双触点交直流灭弧电路

双触点直流灭弧电路如图 183 所示。

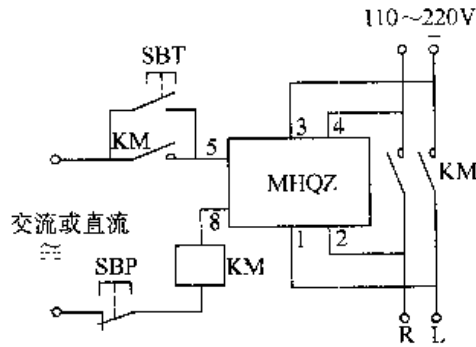


图 183 双触点交直流灭弧电路

例 184. 双臂晶闸管模块交流调压主电路

由两只大功率晶闸管（额定电流数百安）通过并联或串联后，用以组成桥式

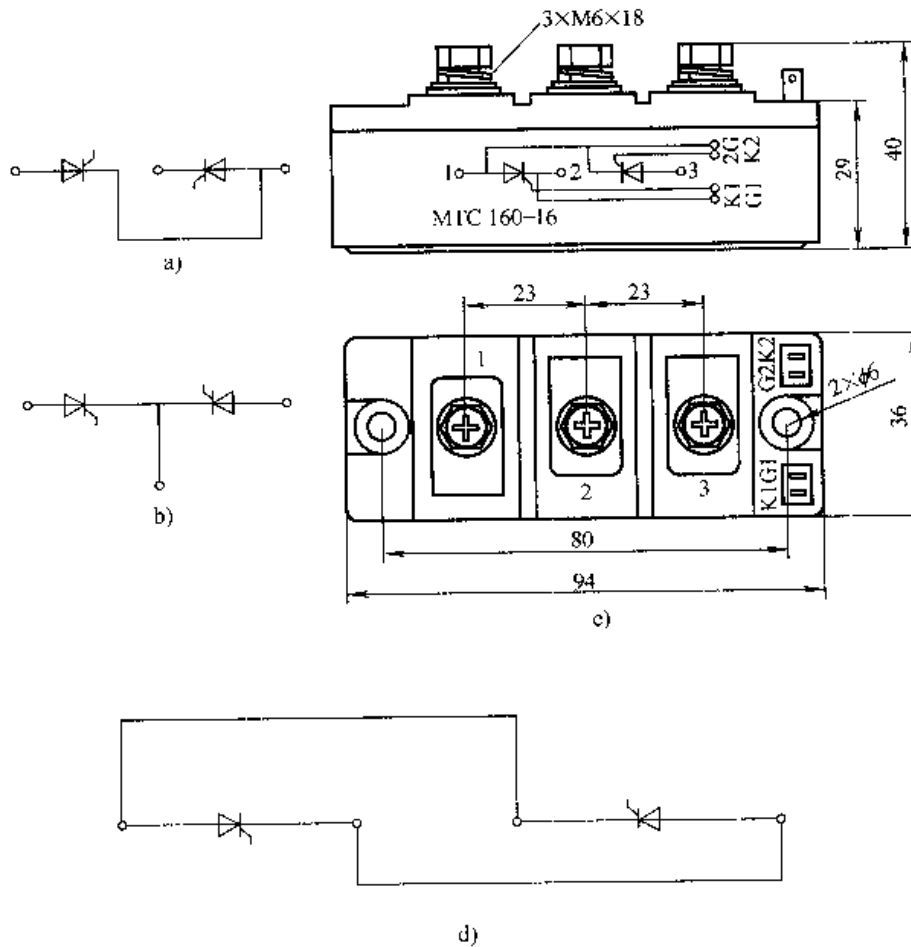


图 184 双臂晶闸管模块交流调压主电路

电路的“双臂”，这种新型器件叫作双臂晶闸管模块。

常见的双臂晶闸管模块有串联式和并联式两种，如图 184 所示。其中图 a 为双臂串联晶闸管模块，图 b 为双臂负极并联晶闸管模块，图 c 为外形尺寸图，参数见附录 B。

将一块双臂串联晶闸管模块按图 d 所示连接，即可实现交流调压。此电路可以用在单相输出功率较大且需要调压的场合。

有关触发电路模板参见例 187。

例 185. 双臂晶闸管模块直流无触点切换开关

本例采用一块双臂负极并联晶闸管模块按图 185 接线，即可实现直流无触点切换。在这里， VS_1 被触发导通后，负载 R_{L1} 上有电流流过，电容 C 经 R_{L2} 充电；若要切断负载 R_{L1} 中电流，须触发 V_{TH2} 使其导通，此时 C 两端电压经 V_{TH2} 加至 V_{TH1} 两端，使 V_{TH1} 受反向电压而关断，与此同时负载 R_{L2} 通电。同理，要关断 R_{L2} 电流，必须令 V_{TH1} 导通，使 C 两端反向电压加到 V_{TH2} 两端才能关断。

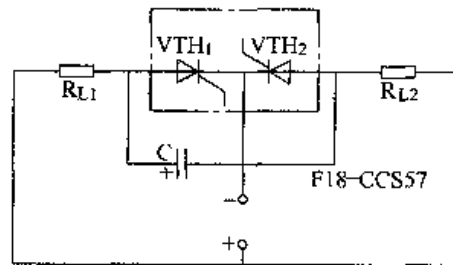


图 185 双臂晶闸管模块
直流无触点切换开关

欲使 V_{TH1} 、 V_{TH2} 都不工作，则须在电路中设置电源总开关。

例 186. 双臂晶闸管模块大功率逆变器电路

本例为单相逆变器，采用一块双臂负极并联晶闸管模块，功率大，负载能力强，如图 186 所示。当 V_{TH1} 被触发导通时， C 上的电压经 V_{TH2} 加到 V_{TH1} 两端，使其受反向电压而关断。由于 V_{TH2} 导通，变压器 T 的绕组 FO 中有电流流过，变压器二次侧感应出下正上负电压。 V_{TH1} 、 V_{TH2} 依次轮换导通，变压器二次侧就感应出交流电压。改变双臂负极并联晶闸管模块的触发信号的频率，也就改变了逆变器输出的交流电压的频率。

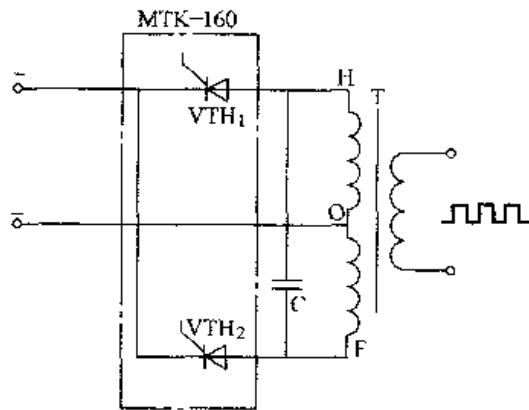


图 186 双臂晶闸管模块
大功率逆变器电路

例 187. 晶闸管触发模板典型应用电路

前面介绍的双臂晶闸管模块，需要配备晶闸管触发板才能进行工作。

晶闸管触发板实际上就是把触发电路各元器件安装在印制电路板上，读者选用后，将相关引线与晶闸管接妥即能工作，从而大大地节省了时间。

晶闸管触发板品种颇多，从本例开始的数例介绍数种以供读者选用。

晶闸管触发模块是为反并联结构晶闸管功率模块设计的触发电路模块，实现以较小的信号控制功率较大的电器设备。具有体积小、可靠性高、寿命长、与逻辑电路兼容、防潮、防腐蚀、耐冲击、抗振动及安装方便等特点。

晶闸管触发模块的端子标注是按与 F18 系列产品所对应的端子标明的，MKC—2 型端子“5”为 K1，端子“4”为 G1，端子“6”为 K2，端子“7”为 G2。+、- 直流控制输入。TDM 触发模块与 MKC—2 一致。

晶闸管触发模块典型应用电路如图 187 所示。

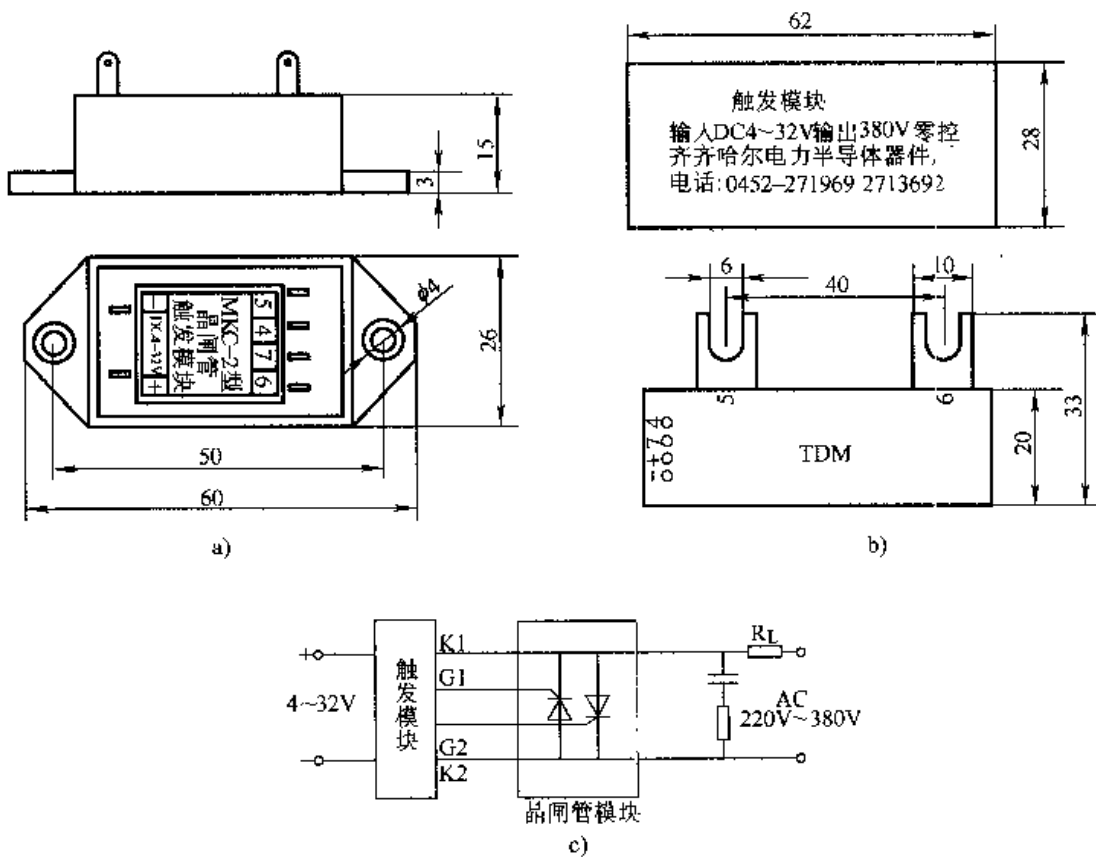


图 187 晶闸管触发模板及典型应用

例 188. YCB 移相式晶闸管触发板典型应用电路

YCB 移相式晶闸管触发板可用于触发两只反并联的单向晶闸管模块，进行单

相移相式调压控制。利用该触发板可构成单相（开环）交流调压电路。

YCB 移相式晶闸管触发板典型应用电路如图 188 所示。图中，T 为变压器，RP 为调相电位器，调节它可以改变加在负载 R_L 两端的电压。

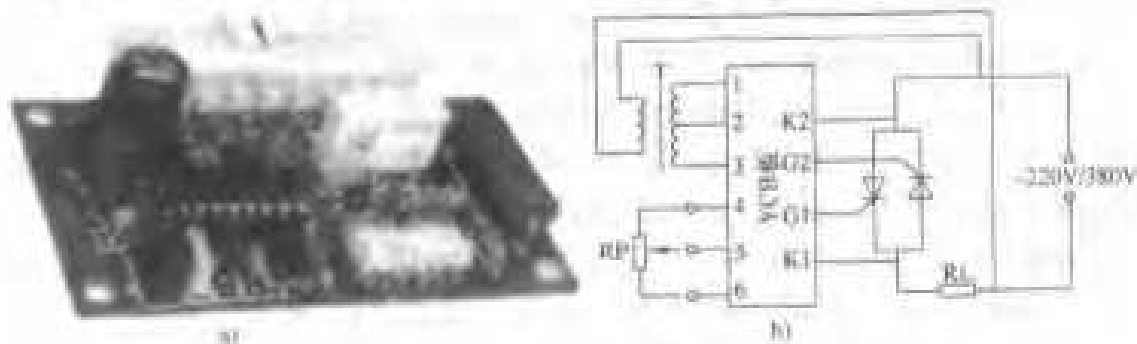
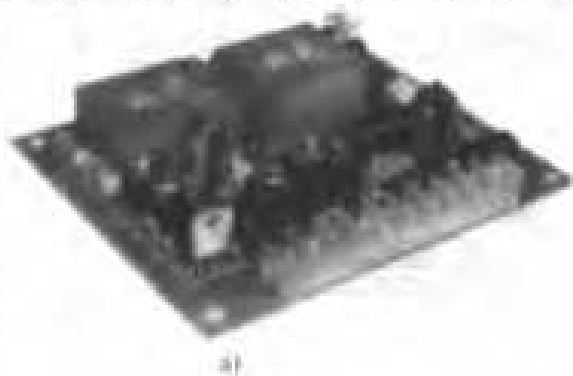


图 188 YCB 移相式晶闸管触发板典型应用电路

例 189. DJCB 单相交流（闭环）触发板典型应用电路

DJCB 单相交流（闭环）触发板采用德国西门子公司生产的高性能移相触发电路 TCA785。该板集同步信号检测、锯齿波形成电路、闭环 PI 调节器以及脉冲变压器输出单元为一体，具有恒压输出功能的晶闸管单相交流调压系统的触发控制单元。可手动也可自动地对输出电压进行控制。可构成具有稳压输出功能的单相交流调压系统。



DJCB 单相交流（闭环）触发板典型应用电路如图 189 所示。

图 189 中， R_1 与 R_2 为分压电阻；RP 为调压电位器，调节它即可改变负载 R_L 两端的电压。电路中的—些端子似乎是悬空没用，其实不然。在实际应用中有个约定：同名端相接，即：只要文字符号（即代号）是相同的，即可以认为这两点（或多点）是连接在一起的。如 A 板上的“G1”与 VT1₁ 的控制极“G1”都是“G1”，那么这两点应用导线连接起来。

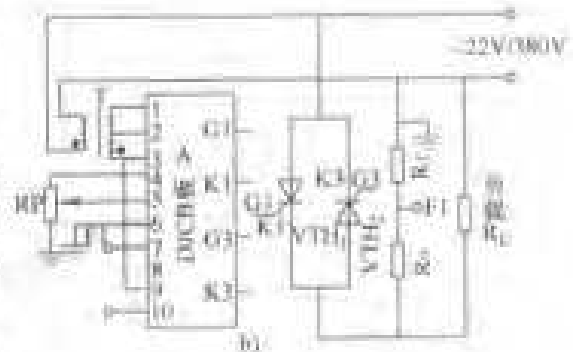


图 189 DJCB 单相交流（闭环）触发板典型应用电路

按照上述规律，读者也就能找着 G3、K1、K3、F1 的来龙去脉了。

例 190. DZCB 单相整流（闭环）触发板（恒压）典型应用电路

DZCB 单相整流(闭环)触发板采用德国西门子公司生产的高性能移相触发电路 TCA785, 是集同步信号检测、锯齿波形成电路、闭环 PI 调节器以及脉冲变压器输出单元为一体, 具有恒压或恒流输出功能的单相可控整流系统的触发控制单元。

DZCB 单相整流(闭环)触发板可以用于单相全控桥式整流, 半控桥式整流, 单相全波整流等电路结构的晶闸管触发控制。可以手动也可以自动地对输出电压进行控制。根据实际需要可以构成具有稳压或稳流输出功能的单相可控整流系统。

外形如图 190a 所示。

DZCB 触发板(恒压)电路如图 b 所示。图中的 4 只晶闸管, 可以采用双管晶闸管模块。

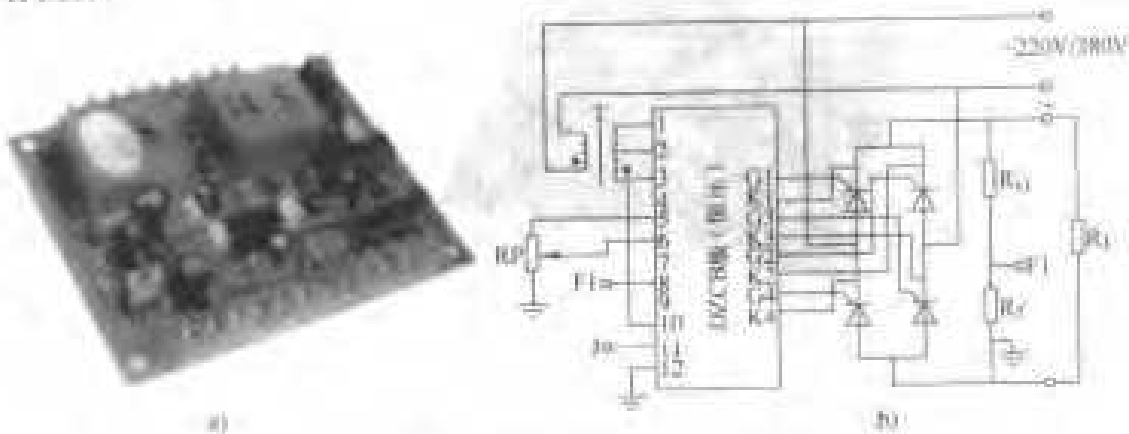


图 190 DZCB 的典型应用电路

例 191. DZCB 触发板（恒流）电路

用 DZCB 单相整流（闭环）触发板组装的恒流电路如图 191 所示。

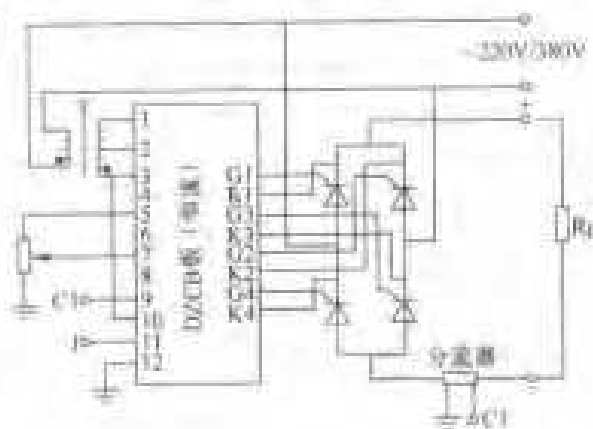


图 191 DZCB 单相整流（闭环）
触发板（恒流）电路

例 192. SXZL 三相整流（闭环）触发板典型应用电路

SXZL 三相整流（闭环）触发板采用高性能移相触发电路 TC787。是集同步信号检测、闭环 PI 调节器及脉冲变压器输出单元于一体，具有恒压或恒流输出功能的三相整流系统的触发控制单元。

SXZL 三相整流（闭环）触发板可用于三相桥式全控、三相桥式半控或三相半波晶闸管整流电路中晶闸管的移相触发控制单元。可以手动也可以自动地对输出电压进行控制。随用户外接反馈信号是电压或电流的不同，用户可构成稳压或稳流系统，实现恒压输出或恒流输出控制。

SXZL 三相整流（闭环）触发板应用电路如图 192 所示，其中，图 b 为恒压

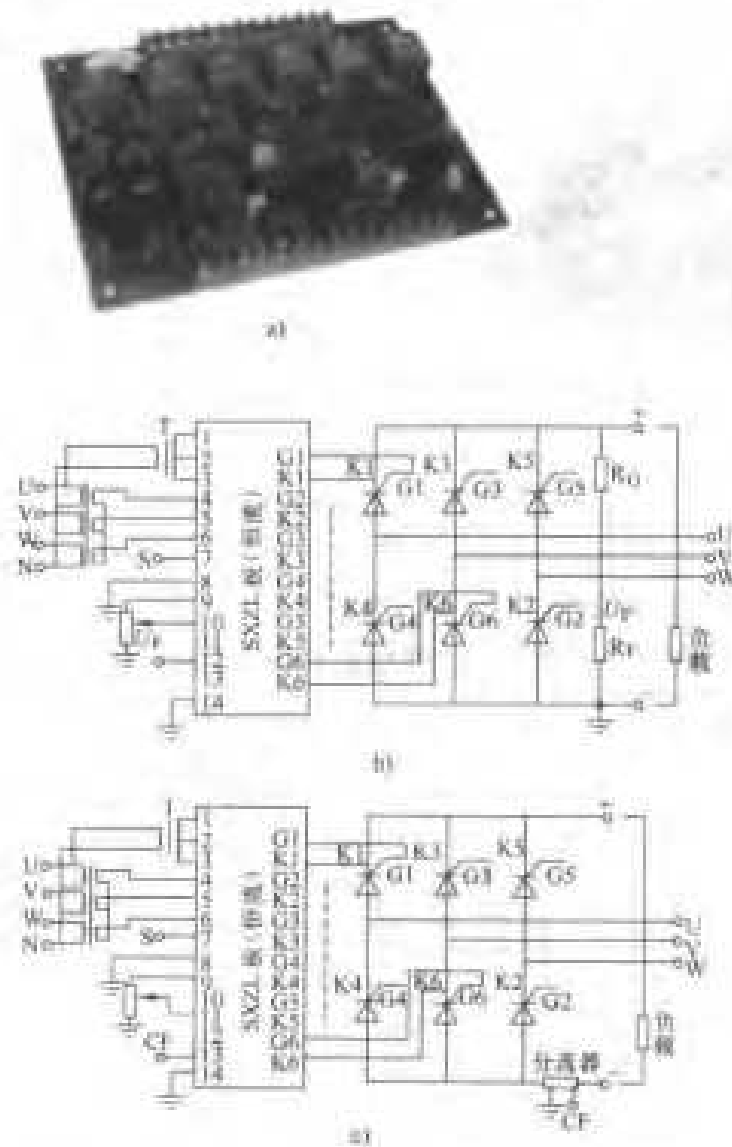


图 192 SXZL 三相整流（闭环）触发板典型应用电路

电路，图 c 为恒流电路。

例 193. FCOG6100 晶闸管触发板

随着国内大容量电源、电子设备的快速发展，显得对具有通用性、多功能的用于晶闸管器件相位控制触发电路的开发及应用十分需要。美国 ENERPRO 公司生产的 FCOG6100 型触发电路板，由上海集电电力电子技术发展有限公司在国内隆重推出，受到各界青睐。

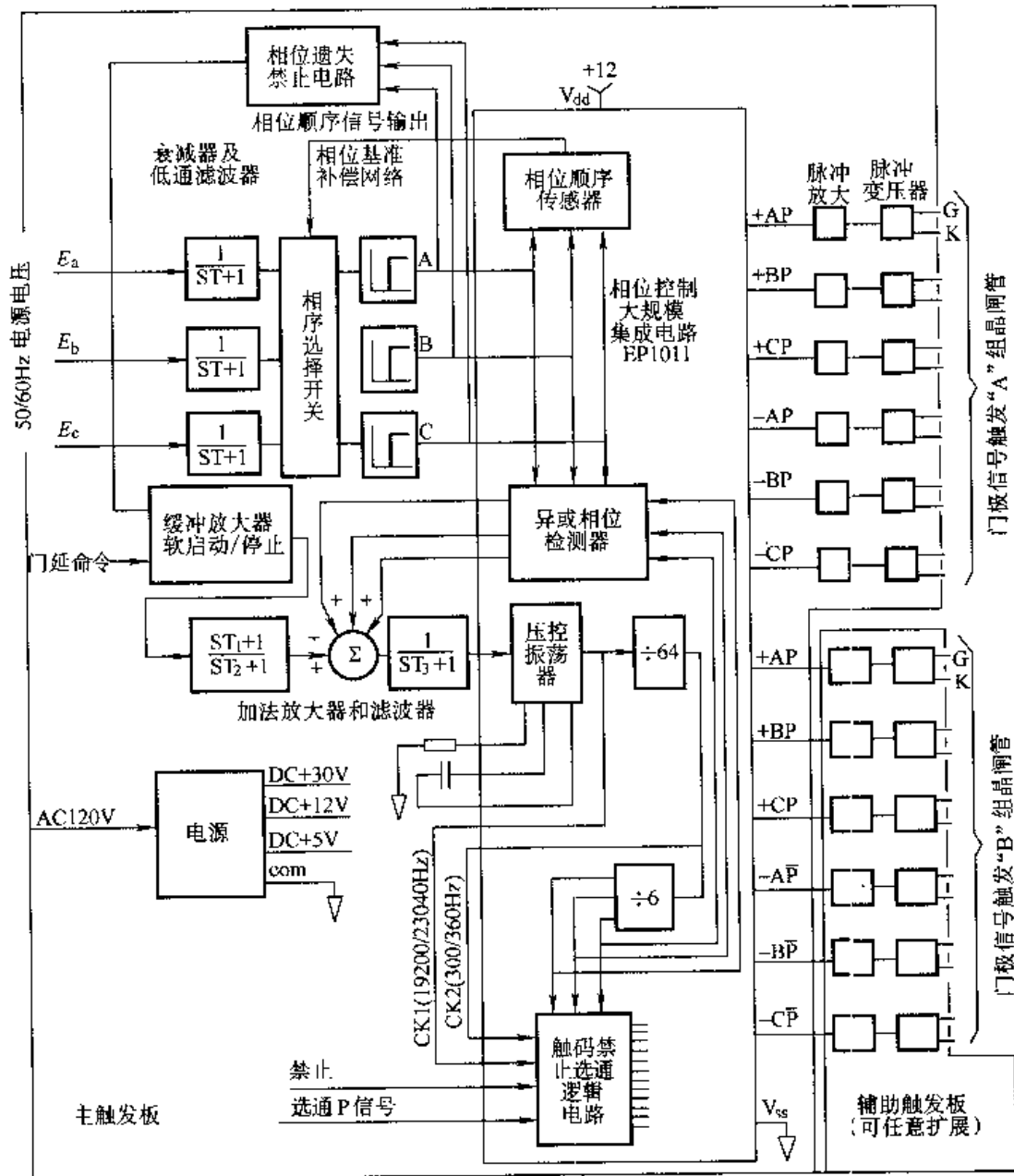


图 193 FCOG6100 型晶闸管触发板电路框图

FCOG6100 工作原理是以 40 脚 CMOS 大规模集成电路 (ENERPRO 专用芯片) 为核心, 利用锁相环技术 (PLL) 和多芯片合成技术 (MCM), 根据压控振荡器 (VCO) 锁定的三相同步信号间的逻辑关系设计出的一种晶闸管触发系统。0~5V 的直流输入电压信号, 可以控制输出脉冲移相范围从 5° ~ 175° 可调。任何调节器或手动输出的电压都可以很方便地与其相连接 (包括计算机送出的 D/A 信号), 以控制大功率晶闸管的工作状态。在调节器或计算机 PID 调节器与大功率晶闸管之间, 这块触发板是一个很好的缓冲界。它保证了调节器失控时系统的安全。

触发电路主要是由以下几个部分构成:

- (1) 相位基准电路。
- (2) 缓冲放大器。
- (3) 软起动/停止电路。
- (4) 相位检测电路。
- (5) 相位锁相环。
- (6) 延时发生器。
- (7) 门脉冲放大器和脉冲变压器。

触发电路框图如图 193 所示。

现代大功率电源设备多用于晶闸管变流技术, 采用 FCOG6100 型脉冲触发板, 可以可靠地触发 1200A 的晶闸管, 而且通过该公司系列的脉冲扩展板, 强脉冲触发板, 电压、电流调节器板的组合接插, 可以使晶闸管装置的容量扩大到数千瓦到数兆瓦的范围。触发板的运用大约可分为直流变换器 (交-直) 和交流控制器 (交-交)。

例 194. FCOG6100 晶闸管三相交流控制器

晶闸管三相交流控制器电路如图 194 所示。

该电路应用于变压器一次侧控制或固态器件减压式电动机起动器。其特点是: 当晶闸管截止时, 负载上无电压, 亦无三次谐波电流。其相位基准来自晶闸管阴极 (即变压器 T1 的电源接至晶闸管阴极)。

在图 194 中, L_1 、 L_2 、 L_3 三相电源, 每相串有反向并联着的两只晶闸管, 分别记作 +A、-A; +B、-B; +C、-C。每只管又有控制极 G 和阴极 K。在 FCOG6100 触发板上, J1 接线排列有 1、2, 它们分别与 +A 的 G、K 相接; J2 的接线排的 1、2 端子上 -A 的 G、K 应与晶闸管 -A 的 G、K 相连。其他各晶闸管与触发板连接与 +A、-A 管相同。

在 J3 端子排上, 7、10、11 号端子接有电位器 RP, 调节它即可改变三相交流负载的输入电压。

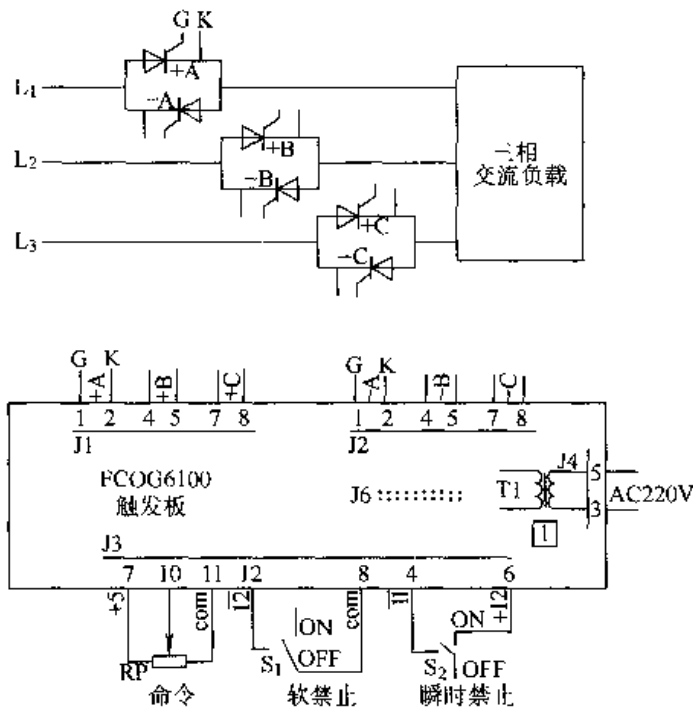


图 194 FCOG6100 晶闸管三相交流控制器

例 195. FCOG6100 晶闸管内中点交流控制器

FCOG6100 晶闸管内中点交流控制器电路如图 195 所示。

(1) 设计特点

1) 减少晶闸管方均根电流。

2) 在负载中有 3 次谐波电流 (但电流中没有)。

(2) 触发板配置

1) 0° 相位基准。

2) 120° 脉冲门信号。

3) $5^\circ \sim 175^\circ$ 门延角范围。

4) 相位基准来自交流电源。

5) 外加 24V 交流电源。

(3) 应用

1) 变压器一次侧控制。

2) 固态器件减压式电动机起动器。

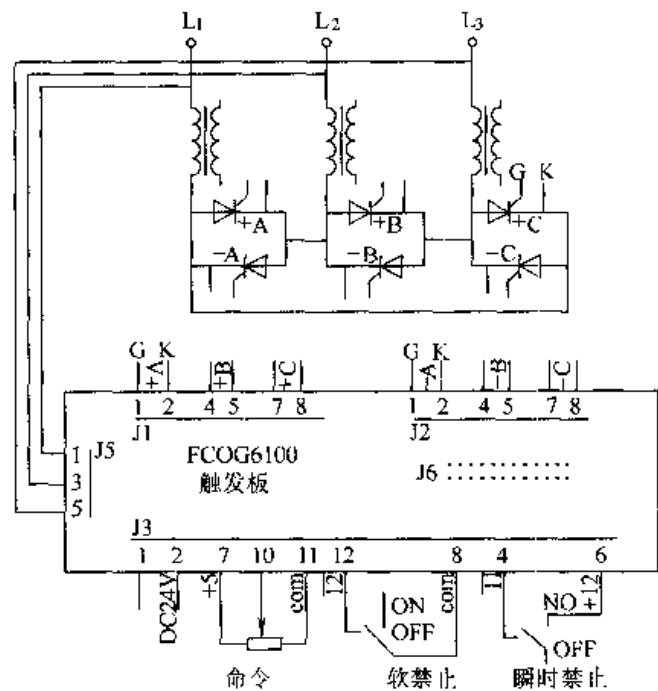


图 195 FCOG6100 晶闸管内中点交流控制器

例 196. FCOG6100 六脉波二象限并联桥式变流器

FCOG6100 六脉波二象限并联桥式变流器电路如图 196 所示。

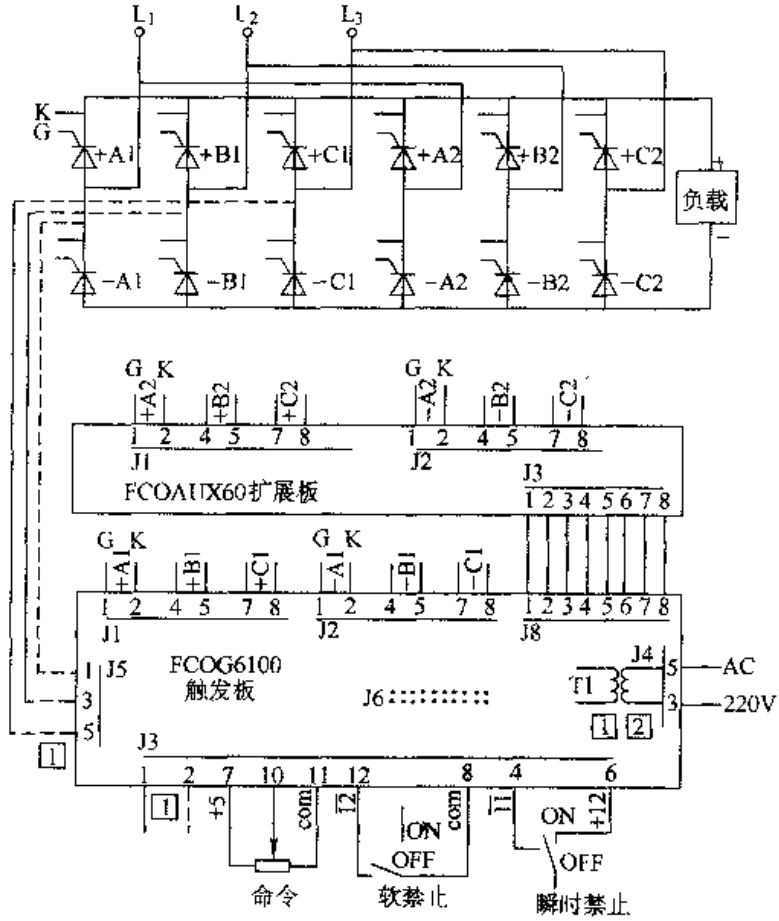


图 196 FCOG6100 六脉波二象限并联桥式变流器

(1) 设计特点

采用一个延迟角限制器的大电流交换器（确保提供相同的门电流）。

(2) 触发板配置

- 1) 30°相位基准。
- 2) 2°~30°脉冲门信号。
- 3) 5°~130°门延角范围。

(3) 应用

- 1) 直流电动机驱动。
- 2) 直流电源。

(4) 触发板选择

- 1) 相位基准来自交流电源。

- 2) T1 电源来自晶闸管阴极。
- 3) 其他与工厂协商的供货方式。

例 197. FCOG6100 双速电动机（或发电机）控制器

双速电动机（或发电机）控制器电路如图 197 所示。

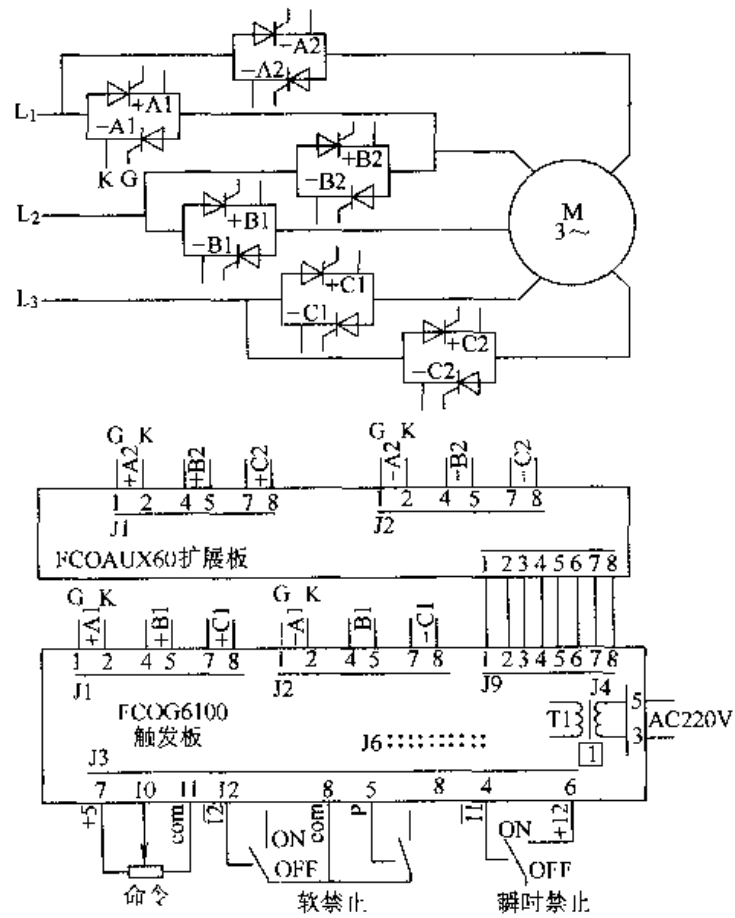


图 197 FCOG6100 双速电动机（或发电机）控制器

(1) 应用

- 1) 双速电动机软起动、软升速。
- 2) 双速感应电动机软连接。
- 3) 变压器换向器。

(2) 可供触发板选择

- 1) T1 电源来自晶闸管阴极。
- 2) 其他与工厂协商供货方式。

例 198. FCOG6100 三相电动机三角变换器

三角变换器电路如图 198 所示。

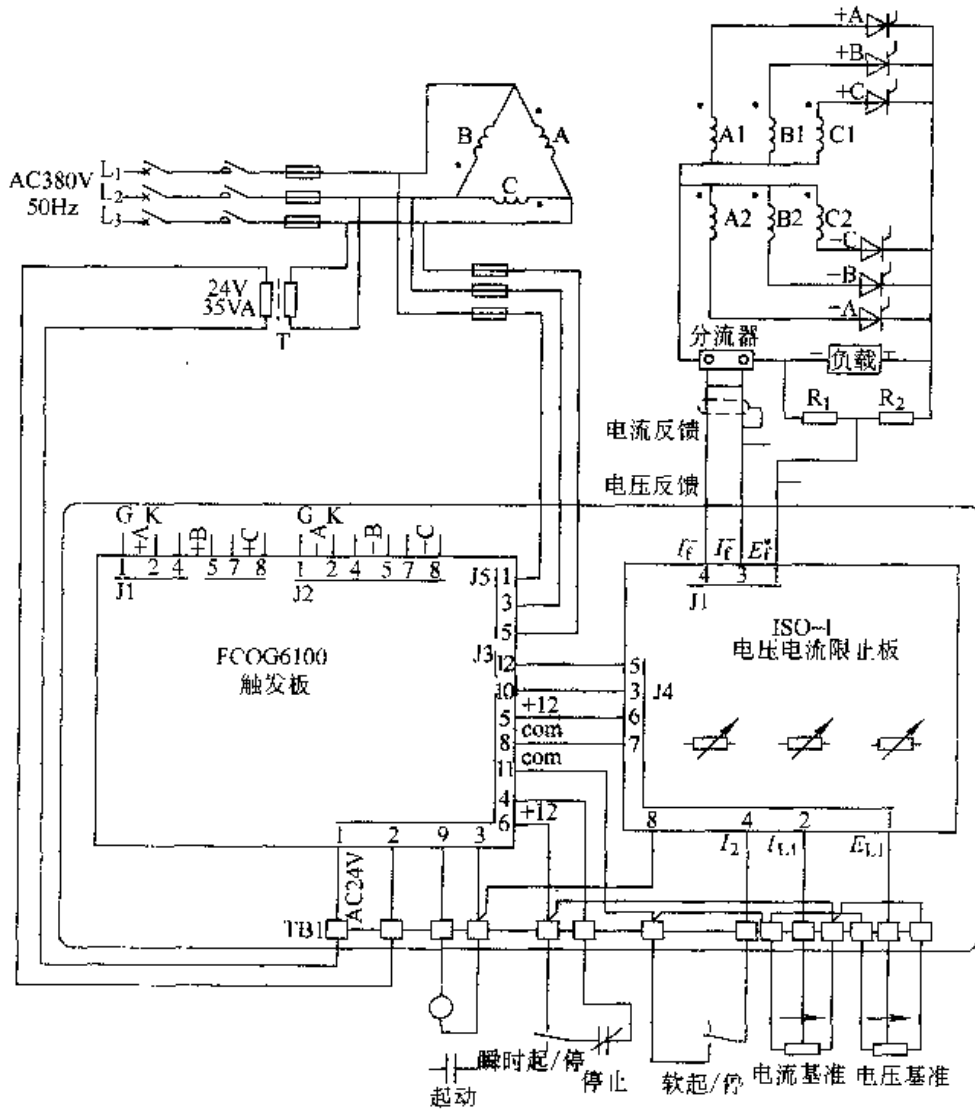


图 198 FCOG6100 三角变换器

例 199. FCOG6100 具有保护功能的三角变换器

FCOG6100 扩展功能电路如图 199 所示。

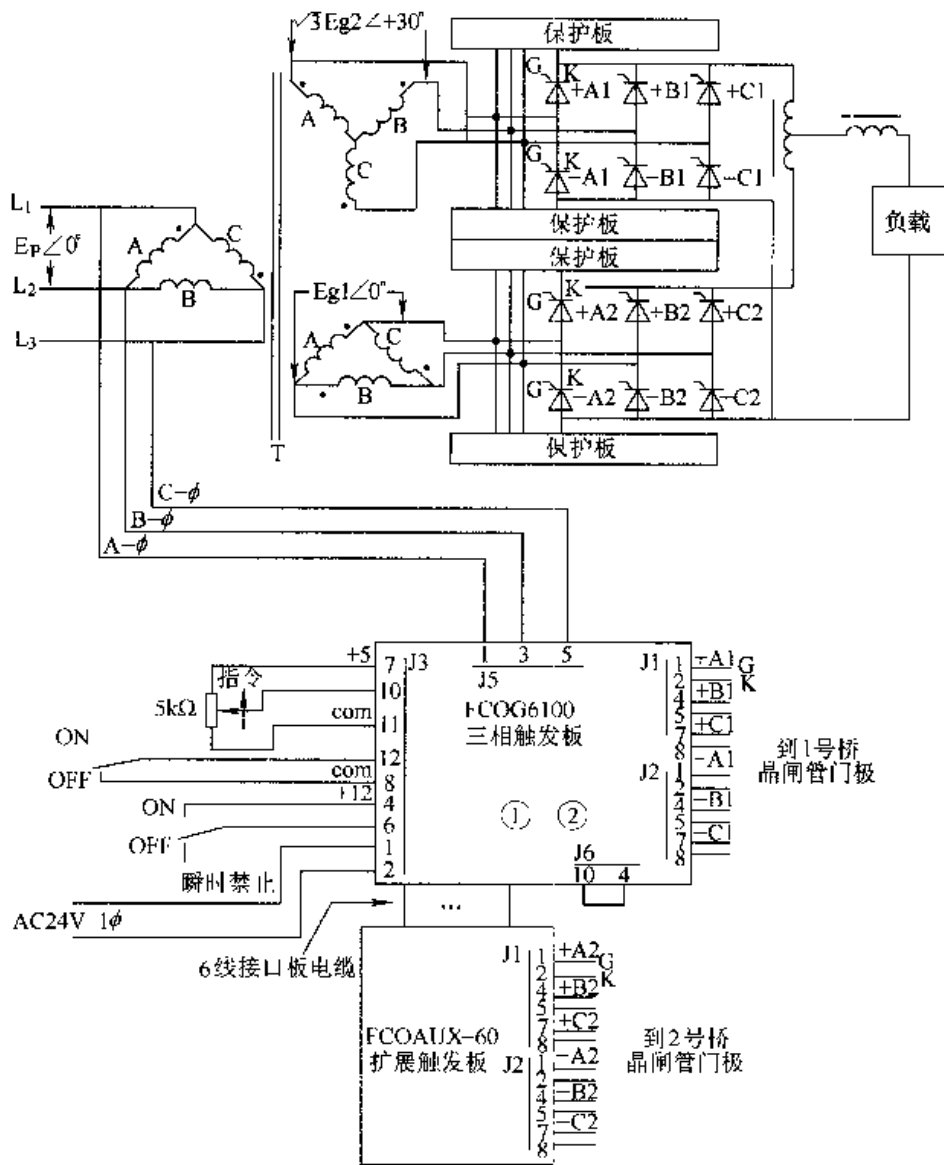


图 199 FCOG6100 具有保护功能的三角变换器

例 200. FCOG6100 功能完善的晶闸管触发电路

功能完善的晶闸管触发电路如图 200 所示。这例电路中的三相触发板不仅配有扩展触发板，而且还配备有保护板、隔离放大板、调节板及整流板，使电路功能完备。可用于电动机保护器和软起动设备。

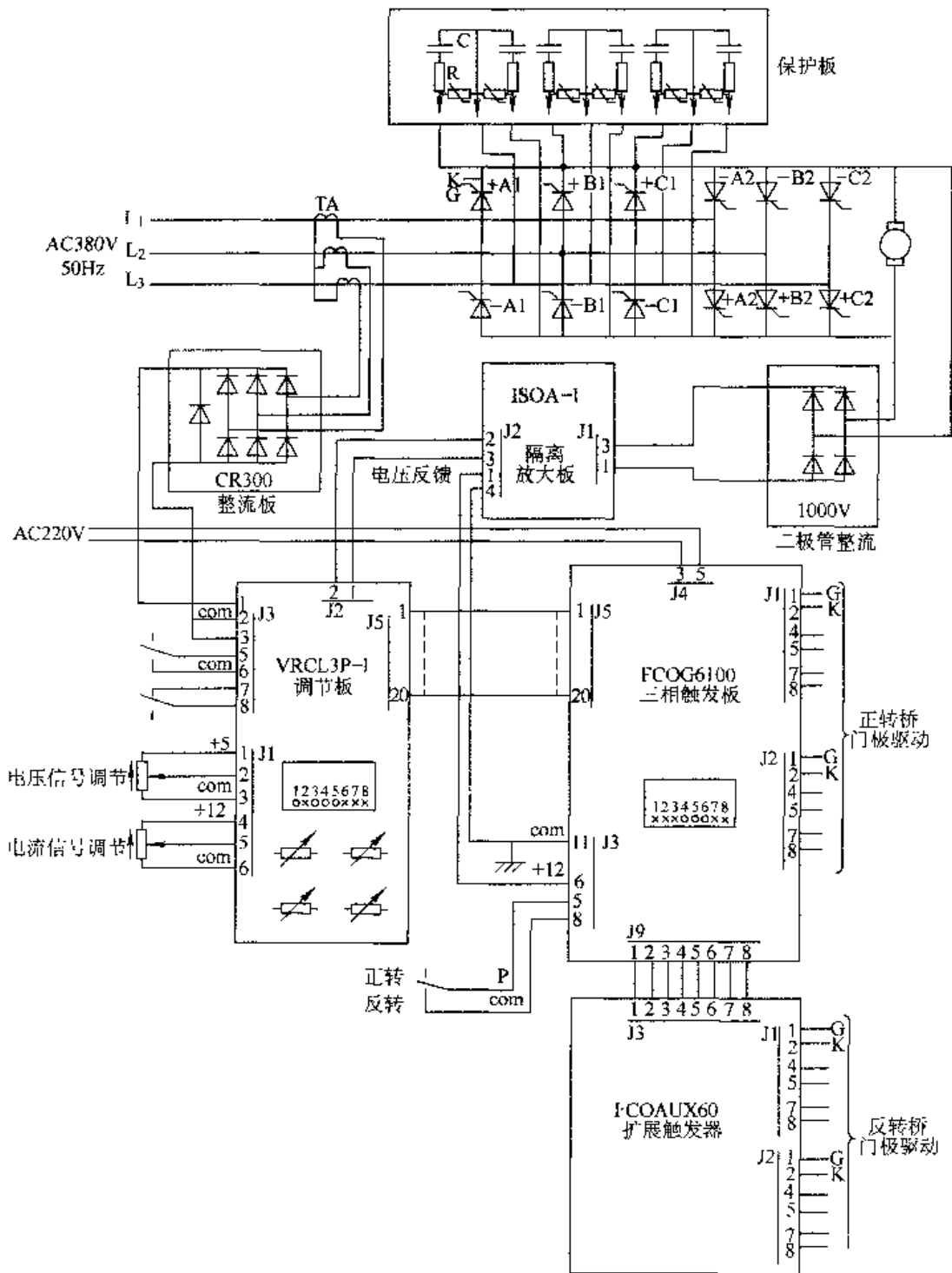


图 200 FCOG6100 功能完善的晶闸管触发电路

例 201. ZF 三相电动机换相组件可逆电动机电路

ZF 型换相组件适用于三相电动机正、反向运行控制。

在电气传动设备中，经常需要对三相电动机进行正、反转运行的控制。由于换相电路普遍处在转换频繁、操作频率高的工作状态，使机械转换开关经常损坏，增加设备维护和维修工作量，影响生产的正常进行。ZF 型换相组件采用无触点开关——晶闸管作为交流开关，以实现电动机的起动、停止以及正、反向运行控制，它具有无触点、无噪声、无火花等优点，适合于频繁换向、操作频率高的工作场合应用。

用 ZF 型换相组件可以十分方便地安装成电动机可逆电路，电路如图 201 所示。图中，STF 为正转起动按钮，按下它就断开了反转起动按钮 STR 电路，确保正转正常工作；同理，按下反转起动按钮 STR，STF 电路也就切断了电源。

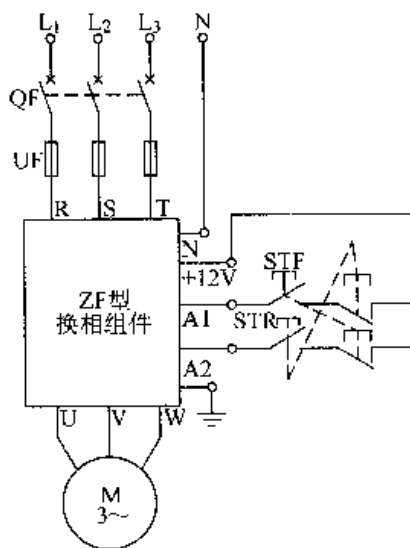


图 201 ZF 三相电动机
换相组件可逆电动机电路

第五章 模拟语音与录放电路

模拟语言集成电路、音乐集成电路、动物叫声集成电路、模拟声响集成电路的内储语言、声音是固定的，所以将它们总称为模拟语音集成电路。这是 20 世纪末发展起来的一种新型集成电路，已形成了一个庞大的家族，广泛应用于家用电器、电力设备、仪器仪表及工农业生产中，为这些传统产品注入新的活力，成为人们青睐的高科技产品。

固定语音集成电路采用 CMOS 工艺制造，属于大规模集成电路，其内部较为复杂。电路通常采用软封装形式，即将集成电路（芯片）的引线焊装在一块小型印制电路板的接线端子上，再用黑胶将芯片涂封，从而有利于芯片的保护和电路的接线。

因为模拟语音集成电路是采用 CMOS 工艺制造的，所以在进行焊接时，需将电烙铁头接地（或拔下电源），以防电动势击穿芯片。

例 202. HFC5226 “有电危险，请勿靠近” 语言集成电路

电路如图 202 所示。图中，圆圈为黑胶，它将芯片覆盖，以作保护。印刷电路板很小，上标有 HFC5226 型号。以使用户识别。黑胶引出的铜箔即为焊接引脚。

VT 为晶体管，可用 8050 或 9013 型晶体管，也可用国产 3DG6、3DG12 型晶体管。G 为 5 号干电池；HA 为扬声器，阻抗为 8Ω ，口径为 50~100mm。R 为电阻器，阻值为 $180k\Omega$ 或 $300k\Omega$ 。

SB 为轻触式按键开关，也可用其他开关 S、继电器触点 K 代替。按一下 SB，扬声器便播放出“有电危险，请勿靠近”的语句，起到提醒作用。

HFC 系列集成电路是中外合资温州丰华电子有限公司生产的产品

此电路常用作电工警语标牌。

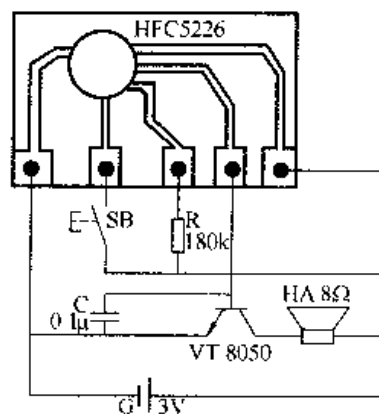


图 202 HFC5226 “有电危险，请勿靠近” 语言集成电路

例 203. HFC5227A “禁止合闸，有人工作” 语言集成电路

电路如图 203 所示。图中的 S_1 、 S_2 为触发开关。此电路多用于配电间、配电

箱的刀开关警示牌。拉下刀开关时，挂上警示牌。闭合 S_1 或 S_2 时，扬声器 HA 便会一个劲地播出“禁止合闸”或“有人工作”，提醒人们别合闸，以确保线路上工作人员的安全。

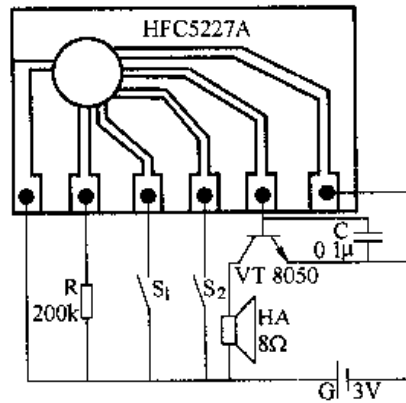


图 203 HFC5227A “禁止合闸，有人工作”语言集成电路

例 204. HFC5227B “从此上下，有人工作”语言集成电路

HFC5227B 内储“从此上下”、“有人工作”等外线电工的作业用语。应用电路如图 204 所示。通常，将“从此上下”、“有人工作”写在警告牌上，再将此电路组装后附在警告牌后，合上 S_1 或 S_2 时，扬声器便播放出相应的警语，提醒外线工作人员注意。

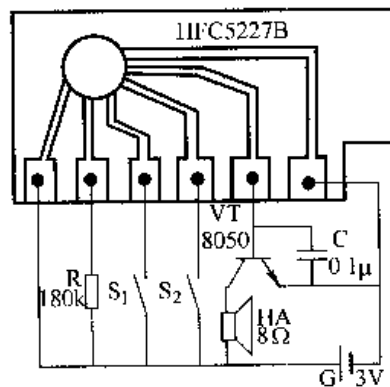


图 204 HFC5227B “从此上下，有人工作”语言集成电路

例 205. LH560A “你能行吗？祝你成功”语言集成电路

LH560A 内储“你能行吗”、“祝你成功”两句催人奋进的话，多用于儿童玩具、学生文具、办公用品及经营场所。电路如图 205 所示。图中的 SB_1 、 SB_2 可

采用附录 A 中的轻触式按键开关，也可采用各种电子继电器触点。

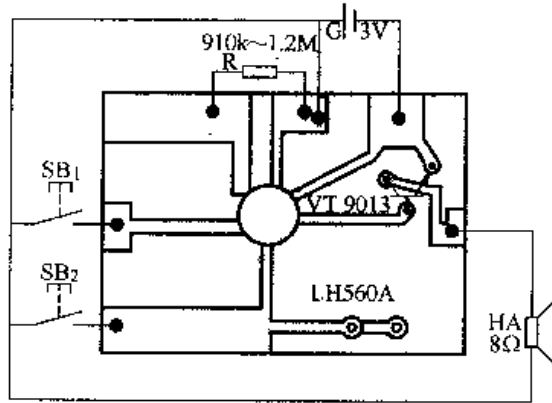


图 205 LH560A “你能行吗？
祝你成功” 语言集成电路

例 206. HFC5230 “请注意有故障” 语言集成电路

HFC5230 可根据用户的需要，内储以下四句话中的任意一句：

- (1) 滴滴滴，请注意，有故障。
- (2) 请注意，有故障。
- (3) 滴滴滴，有故障。
- (4) 滴滴滴，请注意。

电路如图 206 所示。SB 为电路的高电平触发端，它可以是按钮，亦可以是

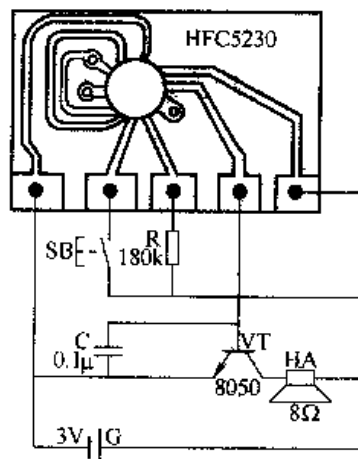


图 206 HFC5230 “请注意
有故障” 语言集成电路

继电器常开触点。此电路可用于各种仪器仪表、电气控制设备的故障自诊电路。

故障自诊电路通常要采用光控、热敏、湿敏、力敏、磁敏、气敏、电压敏等传感器作为故障检测探头。有关知识和电路，可参见《经典智能电路 300 例》一书（机械工业出版社出版）。

例 207. HFC5219A “请带好您的物品，把门关好” 语言集成电路

HFC5219A 内储“请带好您的物品，把门关好”语句，可用于电工配电间、工作车间、公共汽车、火车卧铺车厢等场合，提醒别忘了自己的工具袋、材料工件或行李。电路如图 207 所示。

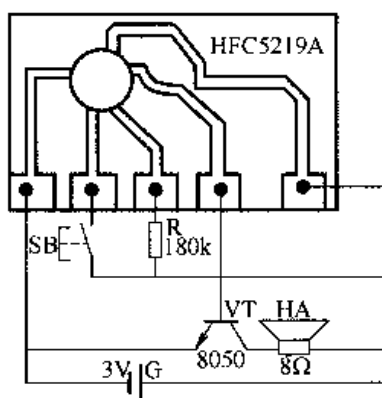


图 207 HFC5219A “请带好您的物品，把门关好” 语言集成电路

例 208. HFC5219C “请别忘记钥匙” 语言集成电路

HFC5219C “请别忘记钥匙” 语言集成电路如图 208 所示。

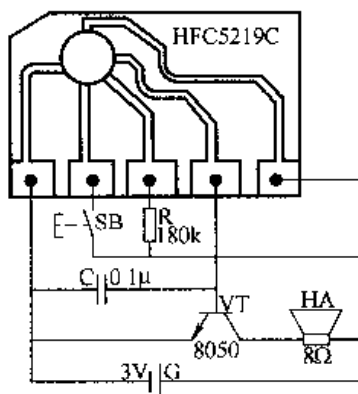


图 208 HFC5219C “请别忘记钥匙” 语言集成电路

例 209. LH5168—3 “不要再抽烟了” 语言集成电路

LH5168—3 语言集成电路是浙江隆华电子有限公司生产的 CMOS 大规模语言集成电路，内储“不要再抽烟了”语句，电路如图 209 所示。

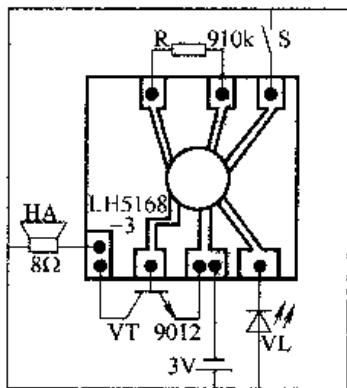


图 209 LH5168—3 “不要再抽烟了” 语言集成电路

例 210. HFC5221D “酒后别开车，祝您一路平安” 语言集成电路

HFC5221D “酒后别开车，祝您一路平安” 语言集成电路可用于酒敏探测装置或仪器仪表，用来检查汽车驾驶员是否酗酒。电路如图 210 所示。

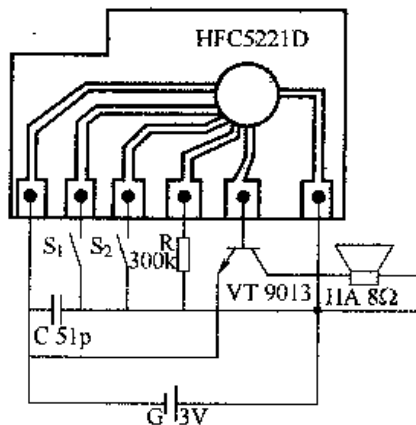


图 210 HFC5221D “酒后别开车，祝您一路平安” 语言集成电路

例 211. HFC5221B “禁止吸烟，禁止烟火” 语言集成电路

HFC5221B 内储“禁止吸烟”与“禁止烟火”两句话，电路如图 211 所示。

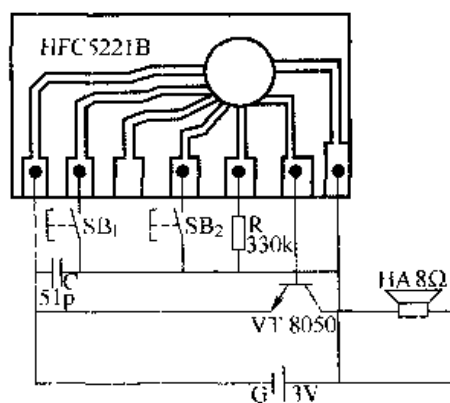


图 211 HFC5221B “禁止吸烟，
禁止烟火”语言集成电路

例 212. HFC5221 “请检查灯光、线路、机油”语言集成电路

HFC5221 “请检查灯光、线路、机油”语言集成电路如图 212 所示。按下 SB₁ 扬声器播放“请检查灯光”；按下 SB₂ 扬声器播放“请检查线路”；按下 SB₃ 扬声器播放“请检查机油”；按下 SB₄ 时扬声器将上述三句话全部播放一次。

如果 SB₁ ~ SB₄ 由某种意义的继电器触点代替，则可实现自控警语。

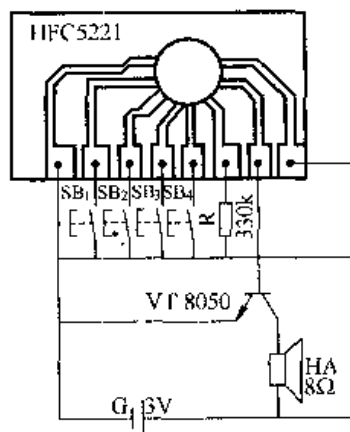


图 212 HFC5221 “请检
查灯光、线路、机油”
语言集成电路

例 213. HFC5209A “不好了，有人偷东西，快来抓小偷”语言集 成电路

HFC5209A 多用于防盗报警装置，电路如图 213 所示。

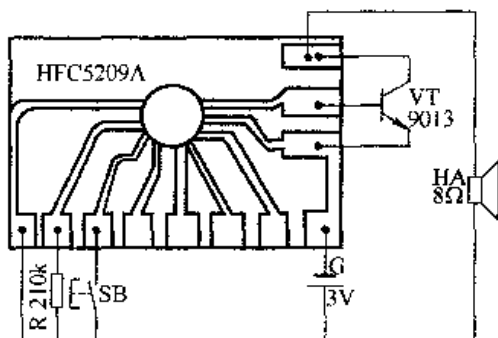


图 213 HFC5209A “不好了，有人偷东西，快来抓小偷”语言集成电路

例 214. LH-169A “抓贼呀”语言集成电路

LH-169A 是浙江隆华电子有限公司生产的产品，内储“抓贼呀”语句，多用于防盗报警装置。电路如图 214 所示。

该公司生产的“不要再抽烟了”和“有电危险，请勿靠近”、“倒车，请注意”语言集成电路与“抓贼呀”语言集成电路印制板外形相同。因此，在采购时，除了注明型号外，还必须写清所需语句。

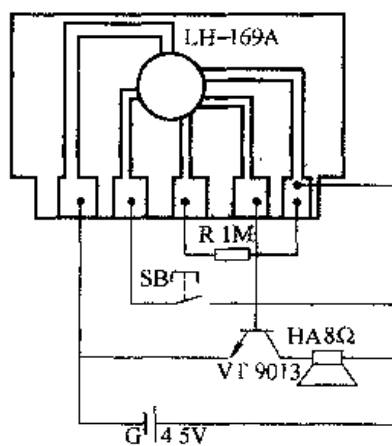


图 214 LH-169A “抓贼呀”语言集成电路

例 215. HFC5215 “止步，高压危险”语言集成电路

HFC5215 内储五句话：“止步”、“禁止攀登”、“高压危险”、“止步，高压危险”、“禁止攀登，高压危险”。可由用户在邮购时指定引用其中若干句，应用电路如图 215 所示。这种电路采用边沿触发方式，闭合一次触发开关（如闭合 S_1 ），扬声器播放语句两次。

HFC5215 广泛应用于电力系统警示牌，也是高压设备以及其他电力安全装置常用的警语集成电路。

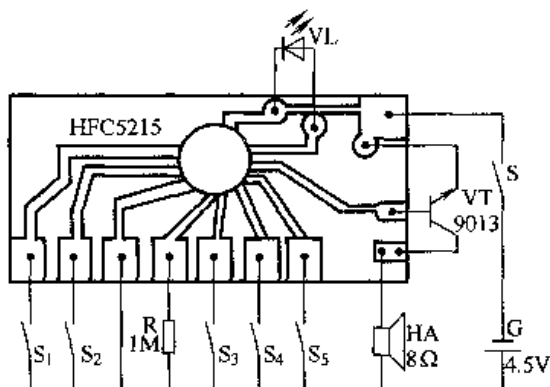


图 215 HFC5215 “止步，高压危险”
语言集成电路

例 216. HFC5217 “注意气压” 语言集成电路

HFC5217 内储 “注意气压” 语句，应用电路如图 216 所示。若按下按钮 SB，扬声器 HA 可播放 “注意气压” 警语，提醒机动车的司机以及锅炉司炉注意气压。

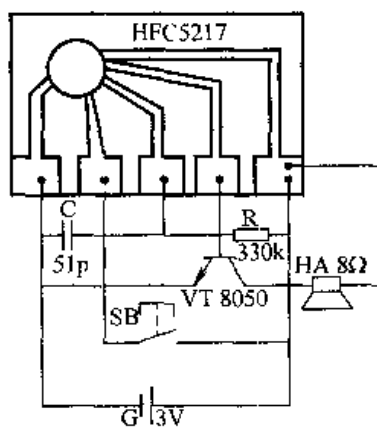


图 216 HFC5217 “注意
气压” 语言集成电路

例 217. HFC5214 “请注意，倒车” 语言集成电路

HFC5214 内储 “请注意，倒车” 语句，电路如图 217 所示。

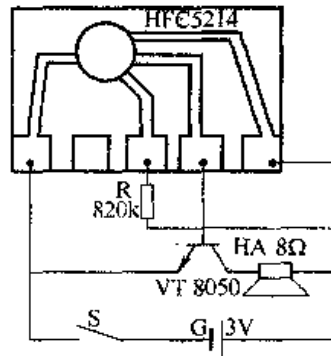


图 217 HFC5214 “请注意、倒车”语言集成电路

例 218. CW9300 系列音乐集成电路

CW9300 系列是应用较为广泛的单首音乐集成电路，共有 30 多个种类，每种都内储一首（几首）世界名曲的主旋律，如表 7 所示。CW9300 系列采用黑胶软封装形式，电路如图 218 所示。

表 7 CW9300 系列音乐集成电路型号及内储乐曲名称

型号	乐曲名称	型号	乐曲名称
CW9301	可爱的家庭	CW9317	圣诞钟声；圣诞老人进城；圣诞快乐
CW9302	平安夜	CW9318	玛莉亚
CW9303	圣诞钟声	CW9319	复活节游行
CW9304	结婚进行曲（1）	CW9320	圣诞树
CW9305	致艾丽丝	CW9323	从前是这样
CW9306	情人歌；圣诞钟声；红鼻鹿	CW9324	下雪吧
CW9307	欢乐世界	CW9325	小小旗帜
CW9308	结婚进行曲	CW9331	祝福
CW9309	快乐生日	CW9332	美好的一天
CW9310	祝您生日快乐	CW9334	快乐生日：这样的一天
CW9311	春节快乐	CW9335	鸟儿在哪边
CW9312	欧洲圣诞歌	CW9336	您好
CW9313	索尔	CW9338	妈咪；可爱的家庭
CW9314	好东西	CW9340	明天
CW9315	快乐起来	CW9352	你照亮我的心
CW9316	拜年歌		

本电路的工作电压为 1.3~5V，静态电流最大值为 0.5 μ A，可省略电源开关。电路内部有 64 个音符存储器，外部采用高电平触发方式，按动一下 SB 电路即输

出一次所存储的乐曲信号。此信号可直接驱动压电蜂鸣器发音，也可如图所示，驱动扬声器 HA 放音。

R 是 CW9300 的外接振荡电阻，调整它的阻值，则可改变输出乐曲的节奏快慢，一般取值为 $68k\Omega$ 左右。VT 为外接功率放大晶体管，宜采用 $P_{CM} \geq 300mW$ 、 $\beta \geq 100$ 的 NPN 型硅晶体管，如 9013、8050 或国产 3DG6、3DG12 等型号。

如果能让 CW9300 直接驱动压电蜂鸣器发音，只需将压电蜂鸣器接在“b”、“e”两个焊盘上即可，此时 HA、VT 省略不用。

此外，CW3830、CW8403 和 SM1205 等音乐集成电路，其封装形式、电路功能与 CW9300 系列音乐集成电路基本相同，因此它们可以与 CW9300 互换使用。

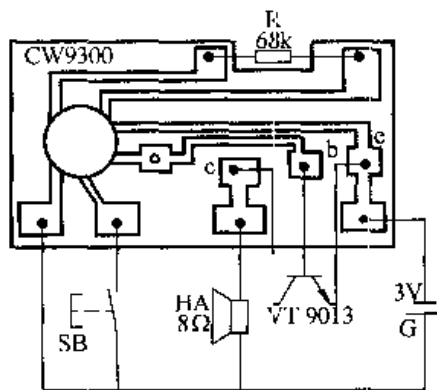


图 218 CW9300 系列
音乐集成电路

例 219. KD155 口哨声控雀叫声集成电路

KD155 是声控雀叫声集成电路。典型应用如图 219 所示。在本电路中压电蜂鸣器既作声波接收器，同时又兼作放音器。当压电蜂鸣器接收到特定频率（1.8kHz）的口哨时，就会发出一阵清脆悦耳的雀叫声。

KD155 的典型工作电压为 3V，实际应用中多采用两颗 AG10 型钮扣电池供电。本电路具有自动关机功能。

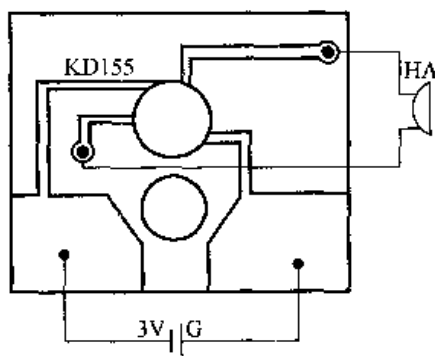


图 219 KD155 口哨声控
雀叫声集成电路

例 220. HFC520 系列猫狗叫声集成电路

HFC520 系列动物叫声集成电路，内储老虎、猴子、海豚、猪、猫、狗、青蛙的叫声，发音清晰、静态功耗小、外围电路简单。它广泛应用于玩具、游艺场

所，是中小學生自制電子裝置常用集成電路之一。電路如圖 220 所示。

電工可裝一只貓叫聲裝置，放在配電閘驅鼠，不妨一試。

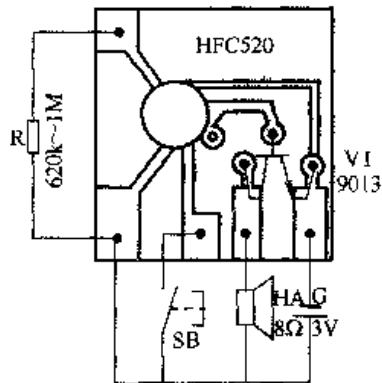


圖 220 HFC520 系列貓狗
叫聲集成電路

例 221. KD253B 有余音“叮咚”聲集成電路

KD253B 是高音質帶余音的“叮咚”門鈴專用集成電路，其聲響效果可與機械式“叮咚”門鈴相媲美，電路如圖 221 所示。

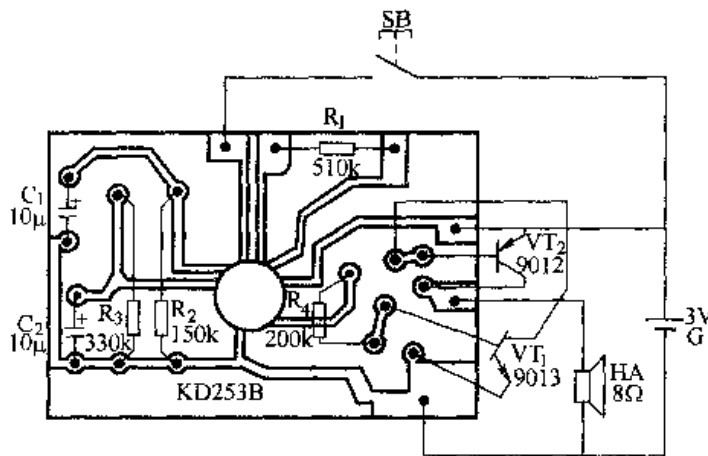


圖 221 KD253B 有余音“叮咚”聲集成電路

為了改善音量減小時輸出電路對芯片的影響，在此電路的輸出端串聯了一只阻值較大的電阻器 R_4 (150~300k Ω)。它的“叮”與“咚”余音長短也可分別通過外接 R、C (R_2 、 C_1 和 R_3 、 C_2) 進行調整。“叮咚”聲節奏的快慢，可由 R_1 調節。

該電路也能防止日光燈、電鑽等電動工具干擾帶來的誤觸發。

此外，市場上尚有 HFC250 “叮咚”聲響集成電路出售。

例 222. ISD1016A 录放语音电路

录放语音集成电路，简称录放语音电路，亦叫语音录放电路，它与前面介绍的固定语音集成电路截然不同。其最大特点是无需磁带和机械传动装置，只需要传声器、扬声器、按钮及很少的阻容元件便能实现语言、声响等自然音色的录音和放音，并能像市售的收录机那样即录即放，永久保存，因而有人将录放语音集成电路叫作固体录音机。

常见的录放语音集成电路有单片录放集成电路、即录即放录放语音集成电路、可编程录放语音集成电路、变调及外置快闪存储器录放语音集成电路，以及录放成品板电路等多种。从本例开始挑选数例奉献给读者，希望能起到抛砖引玉的效果。

ISD 系列录放语音集成电路，简称 ISD 器件，是目前国内用得较多的一种录放语音集成电路，它录放音清晰、使用方便、不怕断电、语音可永久保存。

ISD 器件型号很多，一般都为 28 脚双列直插式封装形式，如图 222 所示。

这例介绍的由 ISD1016A 组成的录放语音电路如图 c 所示。

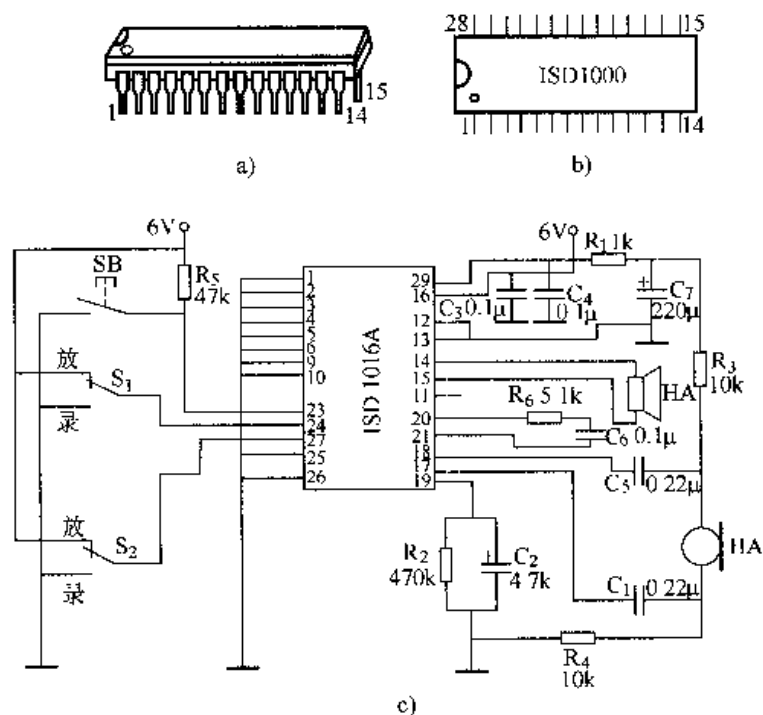


图 222 ISD1016A 录放语音电路

录音时，将 S_1 、 S_2 拨到“录”的位置，然后按下 SB，对着传声器 HA_1 讲话、唱歌，或将 HA_1 靠近自然声响（如让画眉鸟叫或放鞭炮），ISD 器件便将这语音录进去了。在录音过程中，必须始终按住按钮 SB，一旦讲话完毕，必须迅速松开 SB，并将 S_1 、 S_2 恢复原位。

放音时，将 S_1 、 S_2 拨至“放”的位置，然后按动一下 SB，产生一个低脉冲，

触发 ISD 器件，前面录制的语音就会毫无保留地通过扬声器 HA 放出来。

录音时间的长短，依照所选用 ISD 器件的型号而定。

本例采用的是 ISD1016A，其录放音时间最长为 16s。倘若你对着传声器 HA₁ 讲话，讲了 18s，那么开头 2s 所说的内容无效，让 ISD1016A 排斥出去了。当然，你可以长话短说，或者长言快讲，再按录音操作方法，将原话洗掉，重新再讲（边洗边录）。

图 222 所示的电路原理，也适合表 8 所列的其他 ISD 器件。

表 8 ISD 器件的型号与录音时间关系表

型 号	录放时间 /s	输入采样 /kHz	型 号	录放时间 /s	输入采样 /kHz
ISD1016A	16	8.0	ISD2590	90	5.3
ISD1020A	20	6.4	ISD25120	120	4.0
ISD1110	10	6.4	ISD33060	60	8.0
ISD1112	12	5.3	ISD33075	75	6.4
ISD1210	10	6.4	ISD33090	90	5.3
ISD1212	12	5.3	ISD33120--4	120	4.0
ISD1416	16	8.0	ISD33120	120	8.0
ISD1420	20	6.4	ISD33150	150	6.4
ISD1506	5 ~ 10	4.0 ~ 8.0	ISD33180	180	5.3
ISD1510	8 ~ 16	4.0 ~ 8.0	ISD33240	240	4.0
ISD1520	16 ~ 32	4.0 ~ 8.0	ISD4002--120	120	8.0
ISD2532	32	8.0	ISD4002--150	150	6.4
ISD2540	40	6.4	ISD4002--180	180	5.3
ISD2548	48	5.3	ISD4002--240	240	4.0
ISD2564	64	4.0	ISD4003--04M	240	8.0
ISD2560	60	8.0	ISD4003--05M	300	6.4
ISD2575	75	6.4	ISD4003--06M	360	5.3
			ISD4003--08M	480	4.0

例 223. ISD1016A 单放音电路

利用一块 ISD1016A 或表 8 中所列其他录放语音集成电路，可以组装成只放不录（则单放）的放音机，电路如图 223 所示。

图中，S 为电源开关，可选用钮子开关、轻触开关、玻璃水银开关（简称水银开关），闭合一次 S，扬声器就将 ISD 器件内的录音播放一遍。播放完毕自动停止。如要重播，那就必须断开 S 后再将它闭合。

至于 ISD 器件的录音，请参见例 222。通常将录制好的 ISD 器件插入图 223 电路中的集成电路插座，这样就形成了单放音电路。

单放音电路只会放音，不能录音，这样就杜绝了操作上的错误，避免将重要的语音洗掉。此电路可用于幼儿语言身份证，家长将幼儿的名字、住址、电话等录入，当路人遇到迷路的小孩时，按一下开关，就能知道这小孩的身份并将其送回家。

为减小体积，扬声器 HA 也可改用压电蜂鸣器。采用 4.5 ~ 6V 的电源，因为电压如果低于 3.5V，ISD 器件便立即进入录音禁止状态，若放音则音量太低，无法听清，甚至无声。

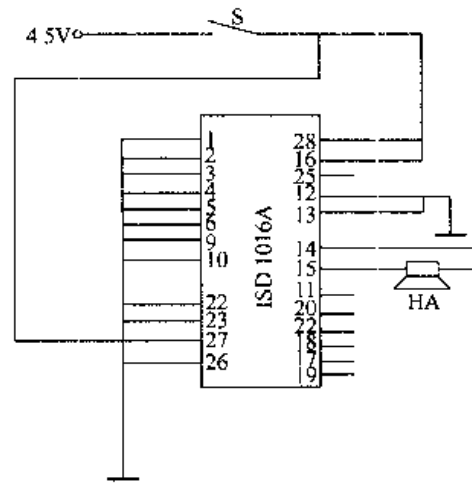


图 223 ISD1016A 单放音电路

例 224. ISD1016A 循环放音电路

在某些场合要求重复播放一段内容相同的录音，这时则可采用表 8 中所列的 ISD 器件，组装成循环放音电路，如图 224 所示。

ISD 器件录音时，必须采用例 222 所介绍的电路。录好音的 ISD 器件，插入图 224 电路所示的插座，闭合电源开关 S，扬声器 HA 便会循环播放事先录好的内容直至断开 S 为止。

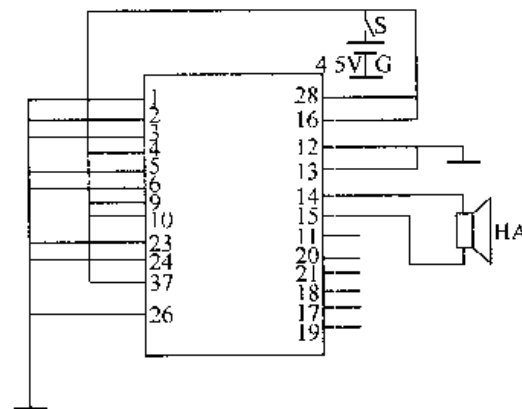


图 224 ISD1016A 循环放音电路

例 225. ISD2560 级联录放 3min 语音电路

ISD 器件在单片录音时间不够用时，可采用多片级联的方法，实现数分钟的语音存储能力，以达到所需要的录音时间。图 225 所示为三片 ISD2560 录放语音集成电路通过级联的方法，获得 3min 的录放音时间。

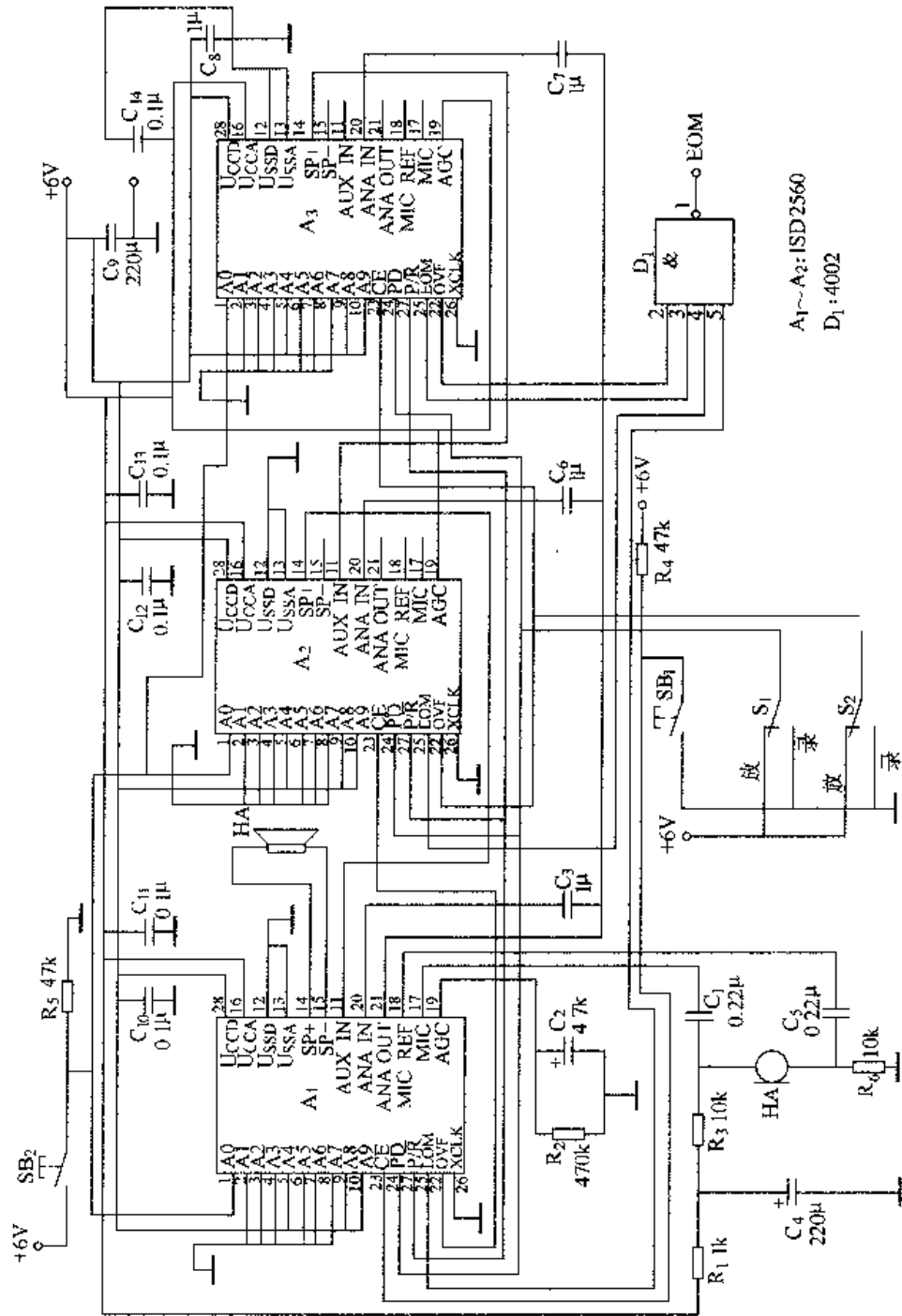


图 225 ISD2560 级联录音放 3min 语音电路

图中， $A_1 \sim A_3$ 为 ISD2560 (60s，如表 8 所示) 集成电路，对着传声器 HA_1 讲话，语音便从 A_1 内部存储器的起点开始顺序录制。被录制的语音电信号可以跨过 A_1 与 A_2 、 A_2 与 A_3 的地址边界。

在这例典型应用电路中，三片 ISD2560 级联，共得到总的录放音时间是 3min。如果用 ISD2545、ISD2575 或 ISD2590 来替换 ISD2560，则可分别得到 2min15s、3min45s 或 4min30s 的录放音时间。当然，也可根据图 225 的级联原理，设计出四联、五联或更多的级联电路，以便获得更长的录放音时间。

A_1 是这三片 ISD2560 中的第一个单片永久记忆型录放语音集成电路，它附有整个系统的元器件 (传声器、前置放大器和扬声器等)，并且是第一个录放音时间为 60s 的模拟存储器。其余的两片 ISD2560 即 A_2 、 A_3 ，仅作为存储器件。 A_1 的输出端 (21 脚)，通过三个电容器 C_3 、 C_6 、 C_7 连接到每片 (包括 A_1 自身) 的输入端 (20 脚)。此外， A_3 的 SP+ 输出端 (14 脚) 接至 A_2 的 11 脚，而 A_2 的 SP+ 输出端 (14 脚) 接到 A_1 的 11 脚，这样所有 ISD 器件的 11 脚均从 A_1 的传声器前置放大器并行接入，而输出则都是由扬声器 HA 播放。

为了使 ISD2560 适于级联工作，需要选择工作模式控制。在这里，所有 ISD2560 的 9 脚、10 脚 (A_8 、 A_9) 均设置为高电平 (接 +6V)，以确保 ISD2560 进入工作模式控制状态，其余的工作模式位 ($A_0 \sim A_3$ ， $A_5 \sim A_7$) 均为低电平。

录音操作的过程是：把开关 S_1 、 S_2 拨到“录”的位置，按下 SB_1 ，使整个录音过程中 ISD2560 的 CE 端 (23 脚) 为低电平。录音结束时，迅速松开 SB_1 。

放音操作的过程是：将 S_1 、 S_2 拨到“放”的位置，按一下 SB_1 ，放音开始。放音结束时，电路自动停止，扬声器 HA 不响。

D_1 是一个与非门，其输出端可接录放指示灯电路。指示灯一般采用发光二极管。

例 226. LS0072 变音调录放集成电路

LS0072 变音调录放集成电路的典型应用如图 226 所示。图中 HA_1 为驻极体传声器，LM386 是集成音频功率放大器。

工作过程是：接通电源开关 S_1 ，闭合 S_2 ，扬声器播放正常录音。每按动一下 SB ，则变换一种语音，本电路一共能播放四种声调不同的语音。若闭合 S_3 ，即能使四种语音均具有奇特的太空音效果。

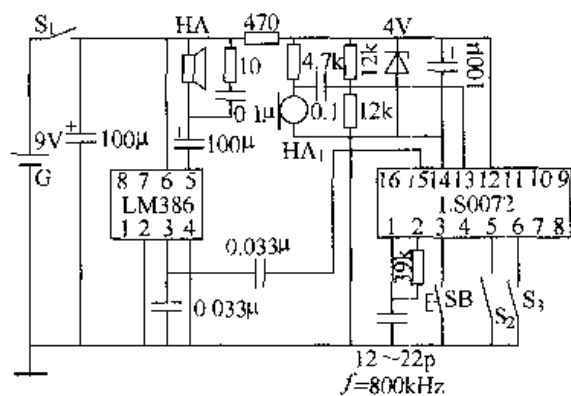


图 226 LS0072 变音调录放集成电路

将这种电路应用在娱乐场所的玩具宇宙飞船上，太空声响效果妙趣横生，使游客乐而忘返。

例 227. HFC—L5 6s 随机录放语音加音乐成品板

录放语音电路成品板亦叫录放模板，它实质上是将录放语音集成电路（芯片）、存储器、传声器、电阻器、电容器、功率放大集成电路、发光二极管、晶体管以及按键等元器件组装在一块印制电路板上，读者拿来可直接录音、放音，因而倍受用户青睐。

对使用者而言，录放语音电路成品板的电路原理已不是主要问题，仅需对成品板的功能、接线和操作方法有所了解就行了。生产厂家在出售成品板时，仅需提供使用接线图，标出操作键及有关主要器件的位置，而对其他元件及印制线条则一概不用涉及。

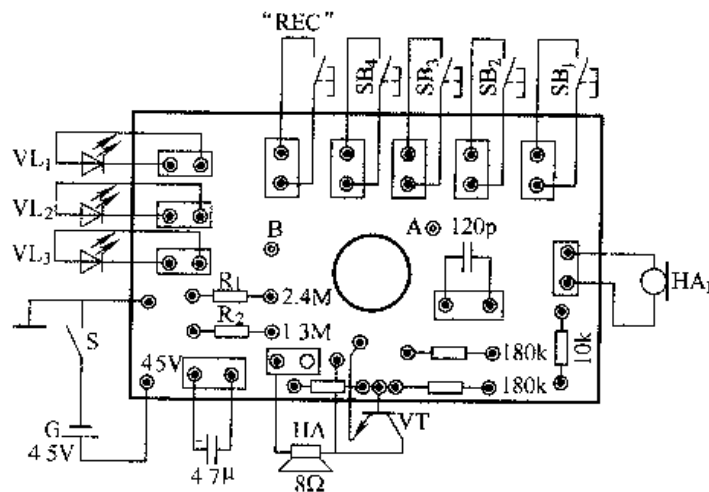


图 227 HFC—L5 6s 随机
录放语音加音乐成品板

HFC—L5 是一种 6s 带音乐的录放语音成品板。其内部含有 108KB 的低功耗静态随机存储器 (SRAM)，以及 A/D、D/A、音乐存储器等电路。内部存放十首音乐，有四个不同的触发端能触发出不同的音乐和语音。电路如图 227 所示。

HFC—L5 成品板使用说明如下：

(1) 当 A 端悬空时，电路仅放出录音内容；当 A 端接 +4.5V，则扬声器播放顺序是录音→音乐→录音；当 A 端接地时，则播放顺序是录音→音乐。可通过外接开关进行操作（图中未画）。

(2) B 端接地，放音指示灯 VL₂ 随节拍闪动；B 端悬空，则 VL₂ 以 3Hz 的频率闪光。

(3) R_1 为音乐输出的振荡电阻。 R_2 为语音录放时的振荡电阻。这两只电阻不可缺少, 否则 HA 不发音。两只电阻已由生产厂家调试好, 使用者一般不用拆卸调整。

(4) “REC” 键、 $SB_1 \sim SB_4$ 的功能如下:

1) SB_1 为边沿触发键, 按动一下扬声器即可播放出《雪绒花》、《温柔的爱》、《蓝色的爱》三首歌曲。

2) SB_2 为高电平触发键, 按着它扬声器即可播放《小步舞曲》、《玩具交响乐》、《银和金》等乐曲。

3) SB_3 为开/关方式触发键, 按动它扬声器可播放出《生日快乐》乐曲。

4) SB_4 亦为开/关方式触发键, 按动它扬声器可播放出《铃儿响叮当》、《乘坐雪橇》、《我们听天使的声音》三首乐曲。

5) “REC” 键为录音按键。

第六章 传感器智能控制电路

洞察当今电力设备、电子产品、家用电器，凡是采用了智能控制电路的，普遍视为高科技产品，均受到人们欢迎。能设计、制造及会使用、维护这类产品的电工，则会被用人单位另眼相看，视为高级人才，委以重任。因此掌握电子技术和传感器智能控制技术，对每一个电工来讲，是时代的需要，是提高自身技能的迫切要求。

例 228. 光敏电阻亮通开关

眼睛，是人类心灵的窗口。光敏电阻器、光敏二极管、光敏晶体管、光控晶闸管等被称为光敏元器件，它们与电子电路巧妙地结合起来，便构成光控电路。

光敏电阻有硫化镉、硒化镉等光敏电阻器。其阻值是随入射光的强弱变化而发生变化的，其阻值无正负极之分，无光照时的阻值叫暗阻，通常很大；在光线照射时阻值较小，叫亮阻。常见的几种光敏电阻如图 228a 所示。

图 b 是一种简单易作而且十分实用的亮通开关。

图中， R_1 为光控阈值调节可变电阻器，通过调节它，可以调节光控电路继电器 K 的动作灵敏度。白天（或灯光）光线较强时，光敏电阻器 R_L 呈现低阻状态，流入晶体管 VT 基极的偏流较大，VT 导通，继电器 K 吸合，其常开触点闭合，接通被控电器工作；夜间光线较暗时， R_L 呈现高阻状态，VT 截止，K 断开，被控电器停止工作。

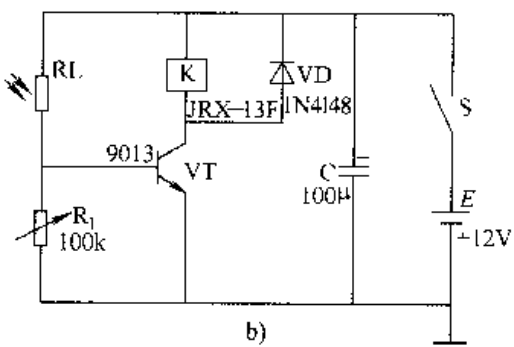
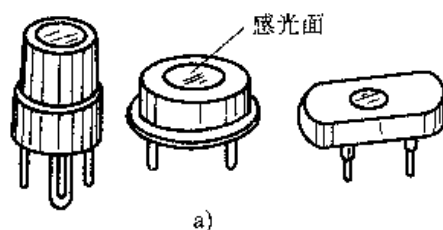


图 228 光敏电阻及亮通开关

例 229. 光敏电阻双敏光控开关

双敏光控开关电路如图 229 所示。

光敏电阻器 R_{L1} 为“关”的触发器件； R_{L2} 为“开”的触发器件。它们都安

装在遮光筒中（仅留一个很小的透光孔）。当用手电筒或其他光源照射遮光筒深处的 RL_2 时，晶体管 VT_2 立即导通，继电器 K 吸合，其常开触点 K 闭合，继电器电路自锁；另一个常开触点 K 则使被控电器通电工作（图中未画）。

需要关机时，只需照射一下 RL_1 ， VT_1 迅速导通。 VT_1 的导通，将 VT_2 的基极电位下拉至低电平，迫使 VT_2 截止，于是 K 断开，被控电器停止工作。

二极管 VD_1 的作用是抬高 VT_2 在导通时的基极电位，有利于 RL_1 的关机操作。 VD_1 如改用发光二极管，还能起到显示电路开、关机的状态的作用。 VD_2 为续流二极管，可避免 VT_2 由导通至截止状态时，继电器 K 所产生的自感电动势击穿 VT_2 的集电结。

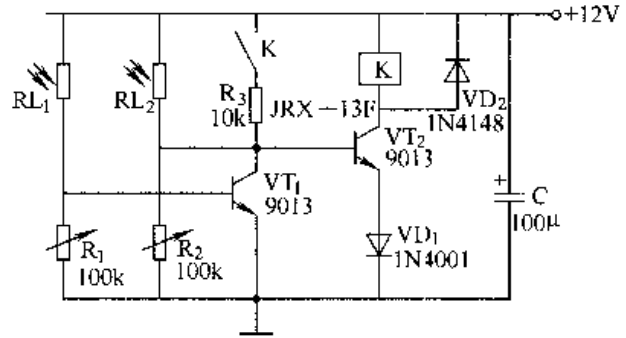


图 229 光敏电阻双敏光控开关

例 230. 光敏电阻—晶闸管光控开关

图 230 为一种用光敏电阻器触发的晶闸管电路。

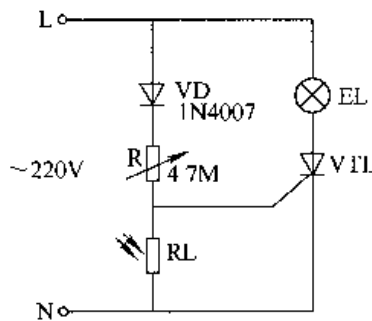


图 230 光敏电阻—晶闸管光控开关

这例电路可作一些公共场所如楼道、路灯等地的自动光控开关。它在天黑时自动将灯 EL 点亮，天亮时光敏电阻器的亮阻很小，将晶闸管 V_{TH} 的门极接地而使 EL 失电而熄灭。

调节可变电阻器 R ，可使不同型号、规格的光敏电阻器在一定的条件（黑暗程度）下点亮 EL 。

例 231. 光敏电阻闪光警灯

这例介绍的光控闪光警灯，白天自动关灯，夜间自动开灯，而且能自动闪光，特别令人警觉。电路如图 231 所示。

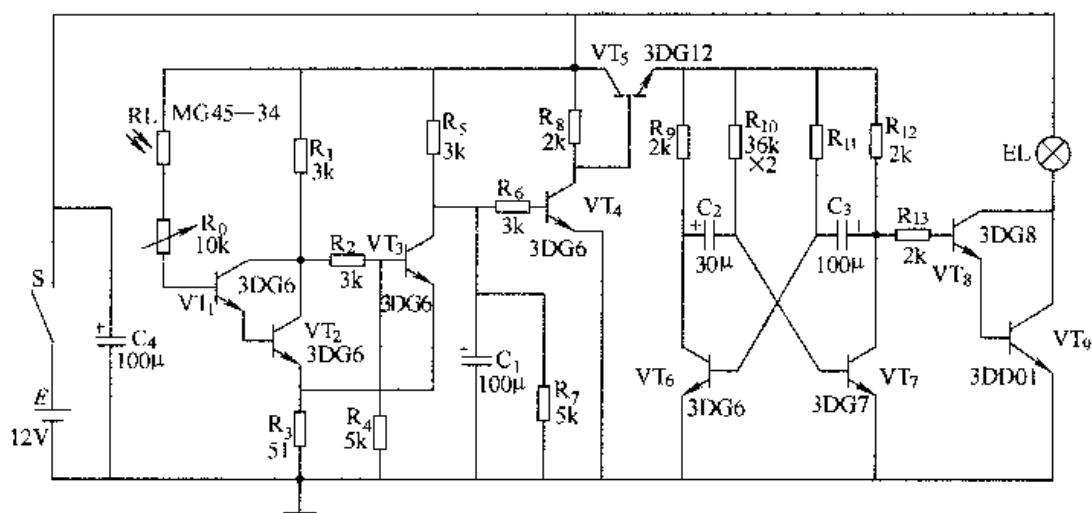


图 231 光敏电阻闪光警灯

VT₁、VT₂ 为复合管，它们与 VT₃、光敏电阻器 RL 等构成射极耦合双稳态电路，有关它的工作原理参见《经典晶体管电子线路 300 例》（机械工业出版社出版）。

拂晓，光线照射到光敏电阻器 RL 上时，RL 的亮阻较小，电源通过 RL、R₀ 为 VT₁、VT₂ 提供触发电流，当触发电流随着光线的增强而足够大时，射极耦合双稳态电路翻转，VT₁、VT₂ 饱和，VT₃ 截止，VT₄ 基极通过 R₅、R₆ 和 R₇ 分压后获得偏置电压而导通，此时 VT₅ 基极相当于接地而截止，于是 VT₆、VT₇ 不工作，EL 不亮。

傍晚，光线渐暗，RL 的暗阻增大。当暗电流不能维持 VT₁、VT₂ 导通时，射极耦合器翻转，VT₁、VT₂ 截止，VT₃ 导通，于是促使 VT₄ 截止，VT₅ 导通，为无稳态电路 VT₆、VT₇ 提供工作电流。VT₆、VT₇ 轮流导通与截止，为复合管 VT₈、VT₉ 提供一系列方波触发信号，使得警灯 EL 一闪一闪地发光。而当黎明再次来临时，电路工作状况又同前述。

C₁ 是为避免汽车灯光、雷电光的干扰而设计的，其值一般在 100 ~ 200μF 之间选取。电容量越大，抗干扰能力越强；但如果太大了，电容器漏电会造成射极耦合双稳态电路不易翻转。

例 232. 光敏电阻光控升压电路

光控升压电路如图 232 所示。

这例电路常用于应急自动照明灯。当电网突然停电，光敏电阻器 RL 就会因失去灯光光照而呈高阻状态，使 1WH8751 集成电路（其工作原理参见《经典集

成电路 400 例》，机械工业出版社出版) 的②脚处于低电位，由 TWH8751 等组成的振荡电路工作，其④脚输出一系列脉冲电流，经变压器 T 升压后，点燃日光灯管 EL，实现了电网停电后的自动照明。

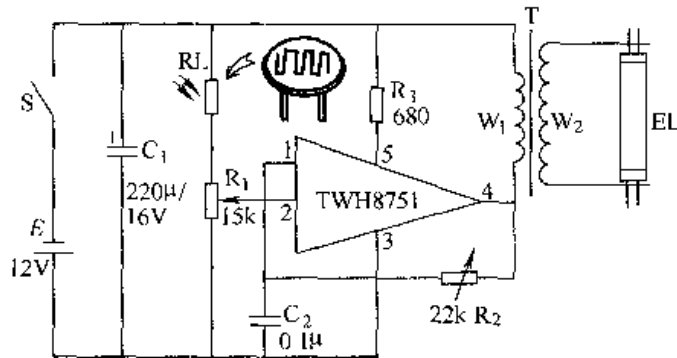


图 232 光敏电阻光控升压电路

例 233. 光敏电阻光控雨控风控黑光灯

电路如图 233 所示。

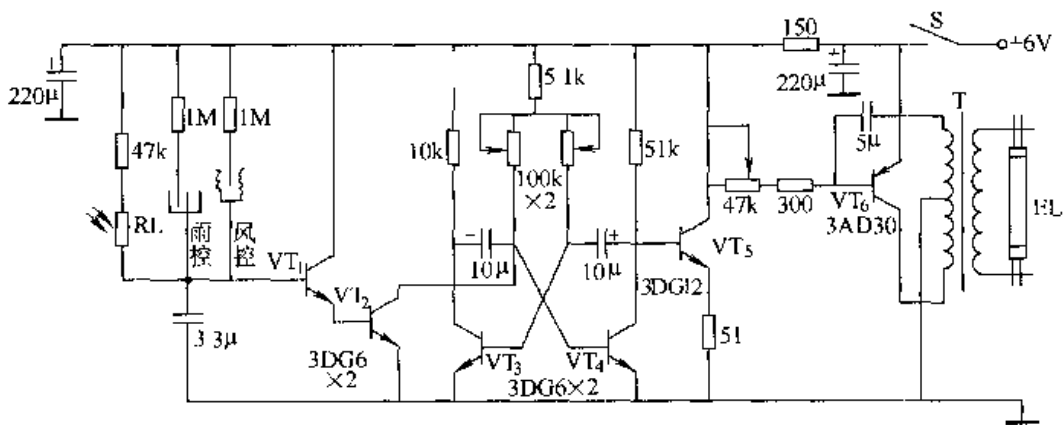


图 233 光敏电阻光控雨控风控黑光灯

这例电路用于控制农村夜间杀虫黑光灯。VT₃、VT₄ 为一个自激多谐振荡器 (亦叫无稳态电路)，它调整 VT₅、VT₆ 使变压器 T 产生高压，将黑光灯 EL 点燃，用于诱杀田间飞蛾等害虫。由于白天杀虫效率低，刮风、下雨需要断电，因此只要出现上述三种情况之任意一种，VT₁、VT₂ 均获偏置电流而饱和导通，使得 VT₄ 基极接地，迫使 VT₃、VT₄ 无稳态电路停止工作，EL 不亮。

风控传感器 (又名探头) 是用具有弹性的薄铜皮加工而成，风刮铜皮动，使上、下触点导通。

例 234. 光敏二极管典型应用电路

光敏二极管是常用的光敏元件之一。它与普通的半导体二极管相比，相似之处是管心都是一个 PN 结，具有单向导电性能；不同之处是从外形上看时，光敏二极管管壳上有一个能射入光线的“窗口”。当光线透过“窗口”照射到光敏二极管管心上时，PN 结反向漏电流增大，此时的漏电流称为光电流；而无光照时，PN 结反向漏电流很小，此时的漏电流称为暗电流。我们就是利用光敏二极管的这一特点，演变出许许多多的经典光敏二极管控制电路，从本例开始的数例介绍光敏二极管的应用电路。

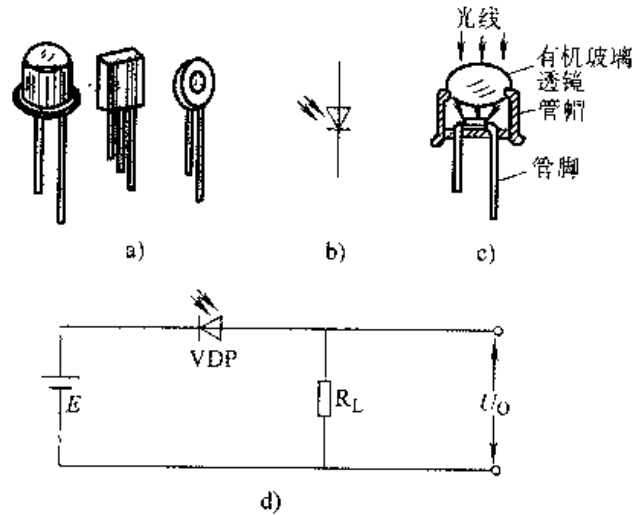


图 234 光敏二极管的典型应用电路

光敏二极管的典型应用电路如图 234 所示

图 a 为常见的几种光敏二极管的外形；图 b 为光敏二极管的电路图形符号，其文字符号（即代号）用 VDP 表示；图 c 为光敏二极管结构剖面图，光线经有机玻璃透镜（即“窗口”）聚焦，照射到管心上，引起管心 PN 结的阻值变化，而后接到图 d 所示电路上，即会引起光电流变化。

从图 d 所示典型应用电路中可以看出，光敏二极管工作时必须加上反向电压。在这里， R_L 为光敏二极管的负载电阻， U_O 为输出电压。

例 235. 光敏二极管控制发光二极管

光敏二极管虽然能将光信号转换为电信号，但是输出的光电流很小，不能直接带动较大的负载，必须用放大器将信号放大。

在图 235 所示电路中，晶体管为放大器件；发光二极管 VL 为负载， R_2 为 VL 的限流电阻； R_1 则是光敏二极管 VDP 的限流电阻，同时它又是晶体管 VT 的偏置电阻。

闭合电源开关 S，用手电筒光照射 VDP 时，VL 立即发亮。

此电路可供学校实验室培训用，让同学们动手实验，正确认识和使用光敏二极管、发光二极管和晶体管。

其实，这例经典电路，在许多场合都有

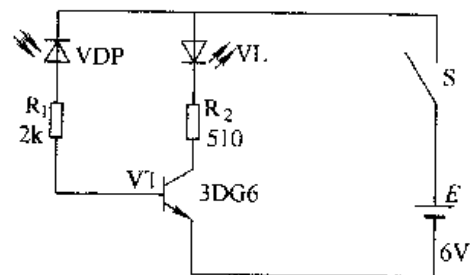


图 235 光敏二极管控制发光二极管

用武之地。只要留心观察，善于联想，或许在你的发明创造中用得上呢！

例 236. 光敏二极管继电器

本例电路适用于诸如夜明昼熄的路灯、施工现场和塔架高空警示信号等自动光控。电路如图 236 所示。

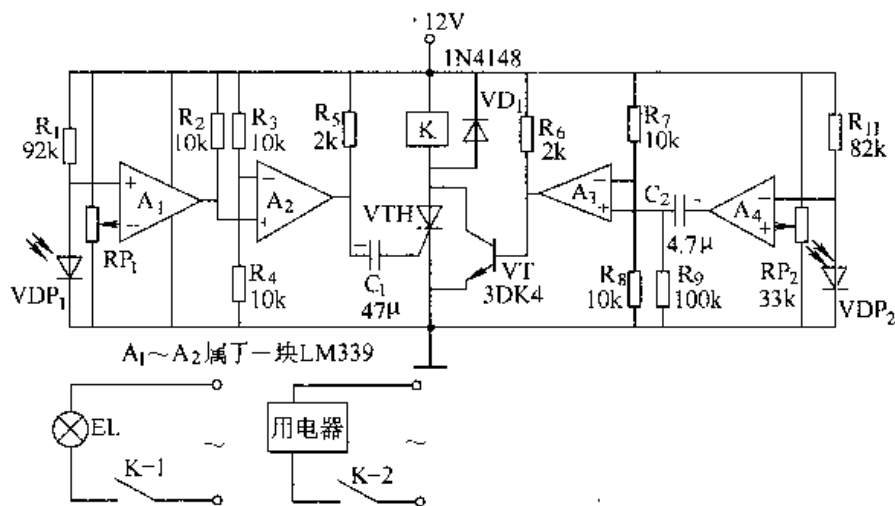


图 236 光敏二极管继电器

这里用到一块 LM339 四比较器、两只光敏二极管 VDP_1 和 VDP_2 。 A_1 、 A_2 为放大和晶闸管 VTH 触发电路。当日落后光线渐渐变暗时， VDP_1 的光电流渐渐变小，终至转为暗电流（即内阻变大）， A_1 同相输入端电位上升。当 A_1 的同相输入端为正时， A_1 输出端呈高阻状态，由 R_2 将 A_2 的同相输入端拉向高电平， A_2 输出端呈高阻状态，于是电源电压通过 R_5 、 C_1 微分电路，输出正跳变窄脉冲，该脉冲加至晶闸管 VTH 的门极，使 VS 触发导通，继电器 K 吸合，其触点接通灯泡 EL 或其他用电器具。

尔后，如果再有其他原因使电路产生抖动，即产生多次触发脉冲，但因为 VTH 已处于稳定的导通状态，所以此时产生的触发脉冲（干扰脉冲）均无效。导通状态一直保持下去，直至第二天早晨天空由暗渐渐变亮为止。

当天空由暗渐渐变亮时， VDP_2 受光，内阻降低， A_4 反相输入端电位降低。当 A_4 反相输入端电位降低到低于同相输入端电位时， A_4 输出端呈高阻状态，电源通过 C_2 向 A_3 同相输入端加一个正跳变窄脉冲，驱使 A_3 输出端呈高阻状态，电源通过 R_6 向晶体管 VT 的基极输送电流，使 VT 饱和导通，从而使 VTH 关断，继电器 K 的线圈失电，其触点 $K-1$ 、 $K-2$ 断开，切断 EL 和用电器的电源。此时由于电路不稳定而产生的许多触发脉冲，随着 VTH 的关断而失效。

电位器 RP_1 、 RP_2 用来给 A_1 、 A_4 提供基准电压，可以根据需要开关 EL 的时

回来作调整。

例 237. 光敏二极管插座

光敏二极管插座电路如图 237 所示。

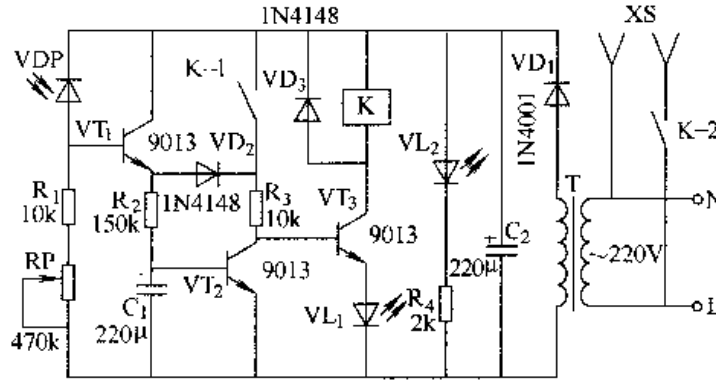


图 237 光敏二极管插座

K-1、K-2 是继电器 K 的两个常开触点。平时，K-1、K-2 处于断开状态，所以插座 XS 上无电。

VDP 是光敏二极管。当用手电筒（或其他光源）使 VDP 受到短暂的光照，VDP 反向电阻值急剧下降， VT_1 导通，电源通过 VT_1 、 VD_2 、 R_2 使 VT_3 迅速饱和导通，继电器 K 吸合，K-2 闭合，XS 上就有了电。与此同时，K-1 闭合，使 R_3 接到电源正极，电路自锁，即光照结束后，K 仍能保持吸合状态。这时指示灯 VL_1 点亮。

VDP 受到短暂光照时，电源虽通过 VT_1 、 R_2 对 C_1 充电，使 C_1 两端电位上升，但由于时间常数 ($R_2 C_1$) 较大， C_1 两端电压上升较慢， VT_2 还未导通，光照就已结束，所以它不会影响开关接通。

关灯时，只需长按一下手电筒，使电源通过 VT_1 、 R_2 向 C_1 充电，由于光照时间较长，当 C_1 两端电压 U_{C_1} 上升到 0.65V 时， VT_1 导通。 VT_2 集电极输出低电位，促使 VT_3 立即截止，K 的线圈失电 K-1、K-2 断开，于是 XS 失电，与此同时指示灯 VL_1 、 VL_2 相继熄灭。

VD_2 的作用是防止 K-1 闭合时，电源通过 K-1、 R_2 向 C_1 充电，使继电器 K-1 无法保持吸合状态而设置的。 VL_2 是电源指示灯。 VD_1 与 C_2 组成半波整流和电容滤波电路。 VD_3 起保护 VT_3 的作用，防止 VT_3 被继电器的自感电动势击穿损坏。

例 238. 光敏二极管信号放大电路

用光敏二极管接收交变光信号，经晶体管 VT_1 放大后，从 VT_1 的发射极输

出。从 R_1 上取得的交变电信号由耦合电容器 C 耦合到 VT_2 后再进行放大。其电路如图 238 所示。

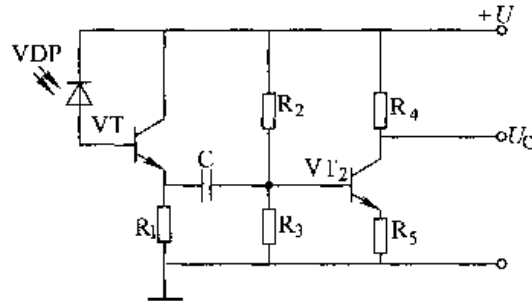


图 238 光敏二极管信号放大电路

例 239. 光敏二极管光敏电桥控温电路

这例光敏电桥，是利用两只具有相同性能、相同型号的光敏二极管，与一只电阻器和一只可变电阻器构成的。其中 VDP_1 作接收光信号用， VDP_2 放入暗盒。由于它们处于同一温度变化情况下，暗电流随温度的变化相同，所以光敏电桥的输出受温度的影响较小。电路如图 239 所示。

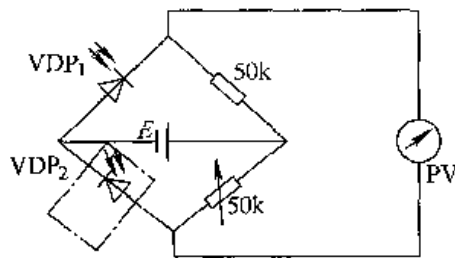


图 239 光敏二极管光敏电桥控温电路

例 240. 光敏二极管定量秤光电控制电路

这例电路选自 ZD-30C 型自动定量秤。原理如图 240 所示。

这种秤自定量在 $0 \sim 30\text{kg}$ 内且可调，以 0.5kg 分度任意定值，全秤精度达 0.1% 。

当光暗时，暗电流很小， VT_1 因无基极偏流注入而截止，此时 VD_2 处于正向导通状态。它的正向压降使 VT_2 处于截止状态，继电器 K 不动作。当有光照时， VT_1 基极注入光电流而导通，电源经 R_3 、 VT_1 发射结为 VT_2 提供正向偏置电流，使 VT_2 导通（此时 VD_2 处于反向偏置而截止）， K 吸合。

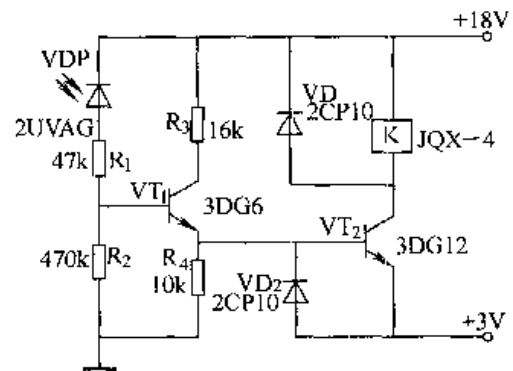


图 240 光敏二极管定量秤光电控制电路

由 K 的触点控制下料门，实现了称预定值控制之目的。

例 241. 光敏二极管光控触发脉冲形成电路

这例电路选自晶闸管变频同步起动器，如图 241 所示。

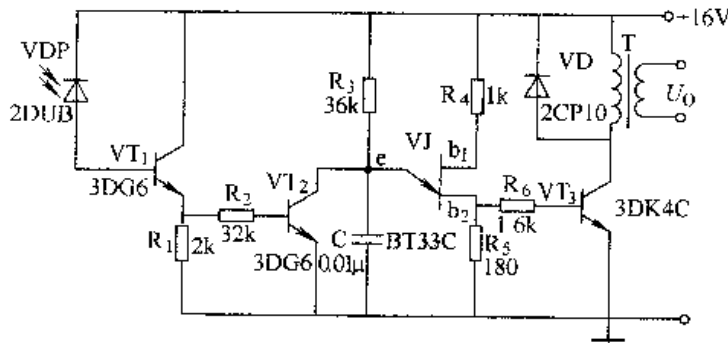


图 241 光敏二极管光控触发脉冲形成电路

此电路用于晶闸管逆变器的触发脉冲形成电路。用光敏二极管进行光电控制。当 VDP 受光照时，光电流注入 VT₁ 的基极，VT₁ 导通，在 R₁ 上产生约 3V 的压降，为 VT₂ 基极也注入电流，VT₂ 饱和导通（VT₂ 的 c-e 两端近似短路状态），使电容器 C 两端短路，双基极晶体管 VJ 停止振荡，使 U_o 无输出。

VJ 在这里与 C、R₃、R₄、R₅ 等构成一个弛张振荡器。如果没有光照射 VDP 时，VT₁、VT₂ 均处于截止状态，弛张振荡器就会正常工作，产生一系列尖脉冲波形，经 VT₃ 放大，驱动变压器 T，由 T 的二次绕组输出晶闸管的触发脉冲信号。

例 242. 光敏二极管光控多功能触发器

用光敏二极管控制多功能触发器，简单方便，灵敏度高，稳定可靠，使用寿命长，电路如图 242 所示。

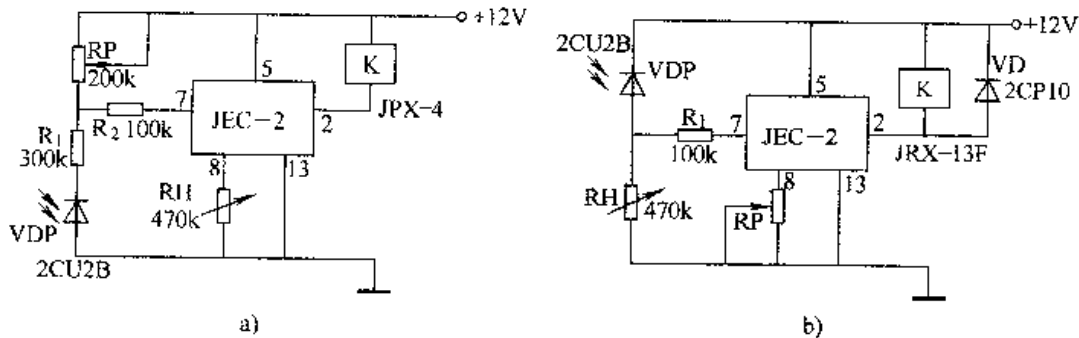


图 242 光敏二极管光控多功能触发器

此例电路取自自动发粮机。自动发粮机的工作过程是：先用通风机械通过管道将粮食运往一定高度的储粮箱，然后经过控制门的放粮管流入自动磅秤，当流到一定重量时，自动磅秤发出信号，使执行器件动作，将放粮管的阀门关闭，自动称粮即告结束。

光敏二极管 VDP 安装在自动磅秤上，接收称量过程中发出信号，此信号取决于磅秤杆是否遮住光源发出的光信号。由 VDP 接收的光信号，经多功能触发器放大，控制继电器 K，再控制执行器，以实现自动发粮之目的。

例 243. 光敏二极管光电保护电路

光电保护电路选自于 J25—250 型 250t 开式双点压力机，用于人身保护，电路如图 243 所示。

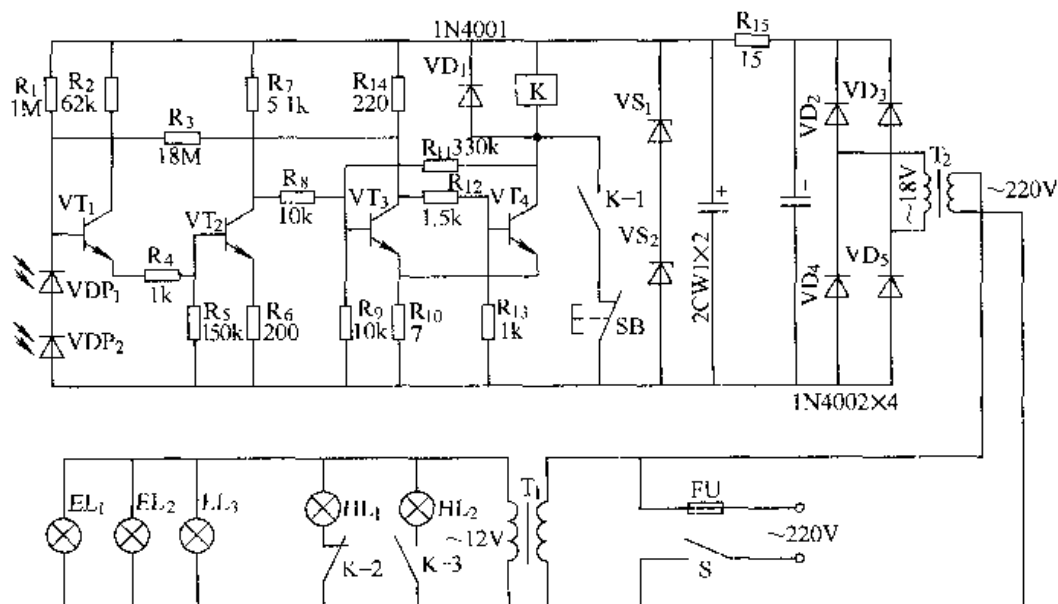


图 243 光敏二极管光电保护电路

在工作台的两端，分别安装有光源和接收光源的光敏二极管 VDP₁、VDP₂（可多设几个发光电珠和光敏二极管）。工作时，在被保护范围内，只要有人或不透光的物体进入，就能发出信号，使机器停止工作，从而达到人身保护之目的。

电路原理是当有人到了机器附近，挡住了光线，众多的光敏二极管中必有一个或数个照不到光，此时 VT₁ 基极为高电平，VT₁、VT₂ 导通，VT₃ 截止，VT₄ 导通，继电器 K 吸合，电源指示灯 HL₁ 熄灭，故障指示灯 HL₂ 点亮，并且通过继电器触点 K-1 的吸合，使继电器 K 实现自锁。只有故障排除后，按下复位按钮 SB，K 失电断开，指示灯 HL₂ 熄灭，HL₁ 亮才可再次起动机（机器主电路未画）。

例 244. 光敏二极管配作二进制编码器

当光敏二极管 VDP 受到光照时, VT_1 基极电位下降, VT_1 导通, 在它的发射极输出负脉冲, 经过电容器 C_1 耦合到 VT_2 基极, 经反相、放大, 再经 C_2 耦合到 VT_3 、 VT_4 组成的射极耦合双稳态电路, 经整形后输送到二进制编码器作为触发脉冲。电路如图 244 所示。

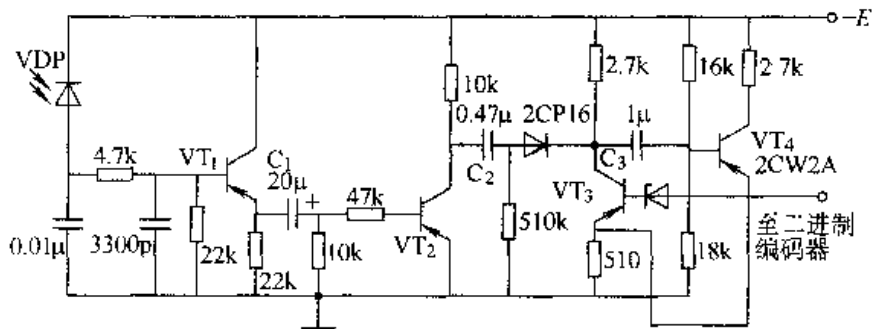


图 244 光敏二极管配作二进制编码器

例 245. 光敏二极管施密特触发器

光控施密特触发电路如图 245 所示。

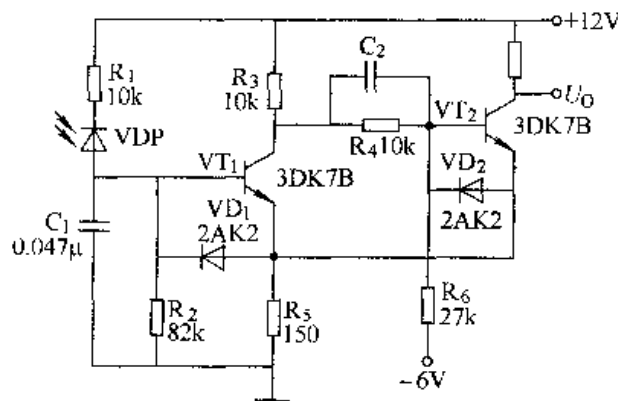


图 245 光敏二极管施密特触发器

这个电路是经常用到的。当有光照到光敏二极管 VDP 上时, 产生的光电流注入 VT_1 基极从而使其导通, VT_2 截止, 输出高电平, 无光照时, VT_1 基极为低电平, VT_1 截止, VT_2 导通, 输出低电平。

施密特触发器电路将光信号转变成方波脉冲电信号, 起着整形、放大作用。

例 246. 光敏二极管码盘光电线路

这例码盘光电线路取自光电编码压力表, 如图 246 所示。

当被测介质的压力由螺纹接头进入弹簧管时，产生的管端位移，经齿轮的放大机构使指针和盘码旋转一相应转角，指针在标度板上指示出被测介质的压力值。与此同时，盘码变位，改变光敏二极管组的照光排列（八个光敏二极管排成一列），利用其受到光照与否的电位变化，以使其由盘码遮光而成不同的信号排列，通过晶体管 VT_1 转换成脉冲信号输出，传至远距离测量点的逻辑电路，以实现集中检测和远距离控制。

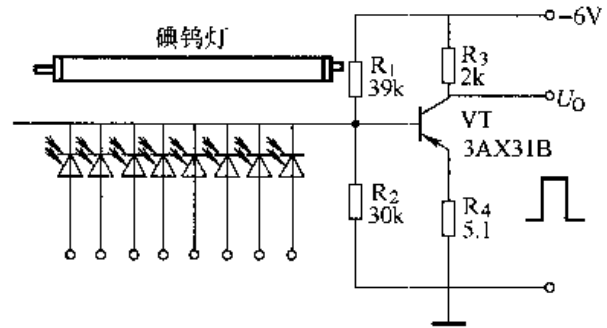


图 246 光敏二极管码盘光电路

盘码采用“8421”码，或采用循环码（格雷码）编制，用这种方法是为了避免转换时的非单值性，保证即使安装稍有偏位，也只有较小的信号误差。

例 247. 四象限式光敏二极管典型应用电路

四象限式光敏二极管，是在同一芯片上作出四个二极管单片且它们之间有个“十”字形沟道相隔，所以单元的性能参数基本相同，一致性较好，常用于位置探测器，人称二维探测器件。其典型应用电路如图 247 所示。

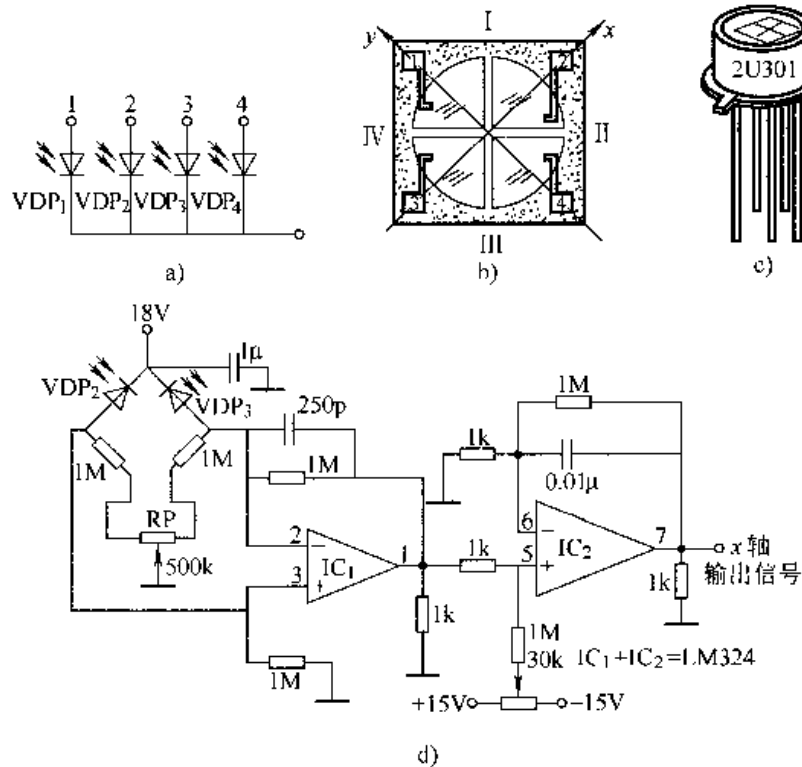


图 247 四象限式光敏二极管及其典型应用电路

图 a 为四象限式光敏二极管的电路图形符号，其光敏面形状如图 b 所示，外形如图 c 所示。

四象限式光敏二极管常用型号有 2CU301A、2CU301B。四个二极管单元相当于直角坐标系中的象限，每一个象限的二极管有自己的输出。当照射在四象限式光敏二极管上的光斑图像位于“十”字形划分的中心时， $VDP_1 \sim VDP_4$ 各自的输出相等，经过运算放大器对信号进行处理后，输出为零。当光斑产生相对于“十”字形划分线的任何位移时，都会使四象限式光敏二极管的输出随之变化，运算放大器的输出也随之产生相对位移方向上的正负变化，从而即可确定物体在二维方向上的位移。

讲具体些，当 x 轴和 y 轴输出均为正时，说明光斑在第 I 象限；当 x 轴和 y 轴均为负时，说明光斑在第 III 象限；当 x 轴为正， y 轴为负时，说明光斑在第 II 象限；当 x 轴为负、 y 轴为正时，说明光斑在第 IV 象限，如图 b 所示。

图 d 为四象限式光敏二极管的典型应用电路。其中 VDP_2 、 VDP_3 正极分别接至 2CU301 的②、③端； VDP_1 、 VDP_4 的正极分别接至 2CU301 的①、④端。图中只绘出 x 轴电路， y 轴电路与 x 轴电路完全相同，只不过是使用 VDP_1 代替了 VDP_2 ； VDP_4 代替了 VDP_3 而已。用此电路可检测光斑的四象运动。

若把 x 轴和 y 轴的输出信号送往 $x-y$ 绘图仪或示波器中，即可显示出光斑是否偏离中心位置及偏离方向。

例 248. 差分式光敏二极管典型应用电路

差分式光敏二极管 2CU501，通常用于一维系统作探测器件，作偏离度的探测，其结构及经典电路如图 248 所示。

差分式光敏二极管是由一对背靠背的光敏二极管 VDP_1 及 VDP_2 串联构成，其电路图形符号如图 a 所示。该器件有三条引线，外形极像一只晶体管，如图 c 所示。三根引线（又叫管脚）中，“COM”为公共线（负极），另有“A”、“B”两根引线，分别为两个二极管的正极，用万用表可判别出来。光敏面的形状如图 b 所示。

当有光斑照射在差分式光敏二极管的中心位置时，两只二极管接

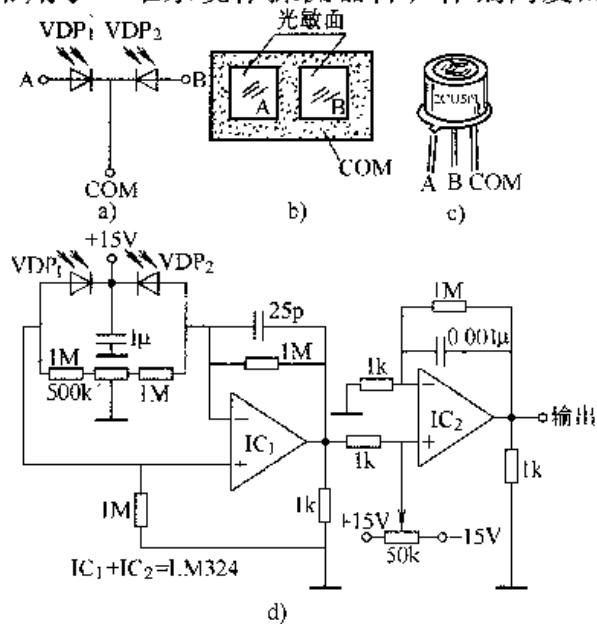


图 248 差分式光敏二极管典型应用电路

收到的光信号强度相等。此时，探测器输出的信号大小一样，方向相反，经过差动式放大器处理后输出为零，电路如图 d 所示。若是光斑偏离探测器的中心位置，则两只光敏二极管的输出受光照强度的影响而产生差异，导致放大器的输出随之变化。

例 249. 同心环式光敏二极管典型应用电路

同心环式光敏二极管常用作物体边缘的探测，常用的有 2CU401 型，如图 249 所示。

该器件是由一个圆形和一个与其同心的环形光敏二极管 VDP_1 和 VDP_2 构成。这两只光敏二极管面积相等，2CU401 型光敏二极管的电路图形符号如图 a 所示，光敏面的形状见图 b，外形如图 c 所示。典型应用电路与第 248 例中的图 d 相同。

当被测物体投影在探测器（即 2CU401）的光敏面上时，探测器的两个输出将发生变化。由于器件具有特殊的光敏面，两个圆形光敏二极管仅在下列三种情况下具有相等的输出：

- (1) 各光敏二极管全部被照明。
- (2) 各光敏二极管全部被遮蔽。
- (3) 各光敏二极管被遮蔽的程度相同。

根据探测器的几何尺寸，实现第三种情况的最简单方法，是将物体的边缘投影占光敏面的 $1/2$ 。此时两同心的光敏二极管光敏面都有一半被遮蔽，因而两个输出相等，边缘位置也就可以被确定了。通过对典型应用电路输出信号的正负进行判断，由此确定在一维方向上的光斑是否偏离中心位置。

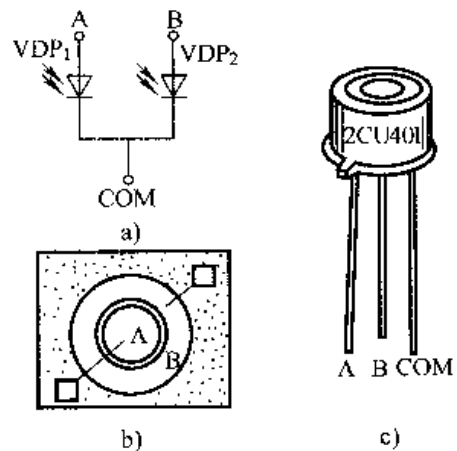


图 249 同心环式光敏二极管典型应用电路

例 250. 光敏晶体管光照吸合式继电器（一）

光敏晶体管是在光敏二极管的基础上发展起来的光敏元件。由于它本身具有放大功能，因而使用更方便、更广泛。这里略举数例，以供读者参考。

光敏晶体管光照吸合式继电器电路如图 250 所示。

常见的光敏晶体管外形如图 a 所示。图 b 为光敏晶体管的电路图形符号，其文字符号用 VTP 表示。

光敏晶体管有金属壳封装的，也有环氧平等封装的和微型光敏晶体管。对于金属壳封装的光敏晶体管，其管脚识别方法是：金属壳下端有凸块的那只脚为发射极 e。如果管子仅有两只脚，那么剩下那只脚即是光敏晶体管的集电极 c。假

若该管有三只脚，那么距离发射极 e 最近的是基极 b，最远的即是集电极 c。微型光敏晶体管仅有两只脚，长脚为发射极 e，短脚为集电极 c。

图 c 为用 PNP 型晶体管与光敏晶体管构成的光照吸合式继电器电路。工作原理是：有光照射 VTP 时，有光电流通过 R_1 和光敏晶体管，使 A 点电位降低，因此有电流通过 R_2 ，并注入 VT 基极，经晶体管放大后，在集电极回路有电流流经继电器 K，K 吸合。停止光照，K 失电断开。

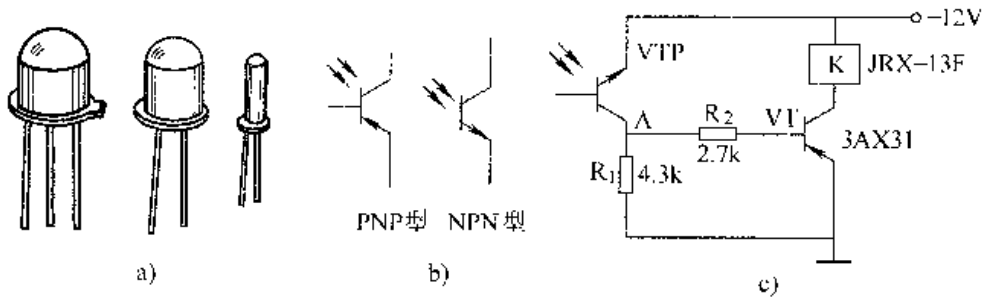


图 250 光敏晶体管的光照吸合式继电器 (一)

例 251. 光敏晶体管光照吸合式继电器 (二)

这例电路是 NPN 型晶体管与光敏晶体管构成的光照吸合式继电器，如图 251 所示。

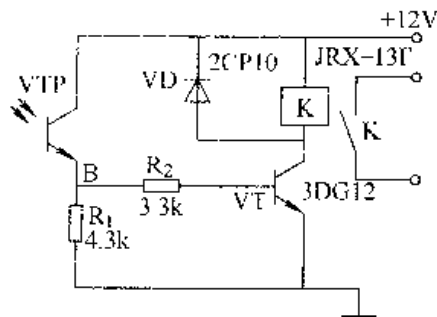


图 251 光敏晶体管的吸合式继电器 (二)

当光照射到 VTP 上时，B 点电位升高，晶体管 VT 的基极有电流注入，经放大后，集电极电流驱动继电器吸合。停止照射，K 失电断开。

例 252. 光敏晶体管光照释放式继电器

这是一个简单而实用的光电继电器电路，它由一只 NPN 型晶体管和一只光敏晶体管及其他元件构成。电路如图 252 所示。

电路原理是：无光照时，光敏晶体管 VTP 的暗阻很大，电源通过 R_1 、 R_2 为晶体管 VT 提供偏置电流而使其导通，继电器吸合。当有光照射到 VTP 上时，N 点电位为零，VT 基极失去偏置电流，K 失电断开。

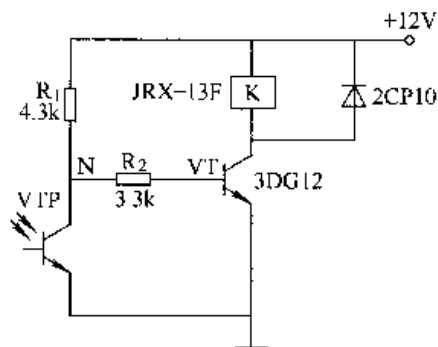


图 252 光敏晶体管光照释放式继电器

例 253. 光敏晶体管具有防止暗电流电路

这例电路中的光敏晶体管必须具有基极。VTP 的基极与地之间接入 $R_1 = 100k\Omega$ ，构成温度补偿。在 VT 的发射极上串联一只二极管 VD，用以提高 VT 基极的电位。这些都能防止光敏晶体管 VTP 的暗电流对电路的影响，确保继电器在一定温度范围内能正常工作。如图 253 所示。

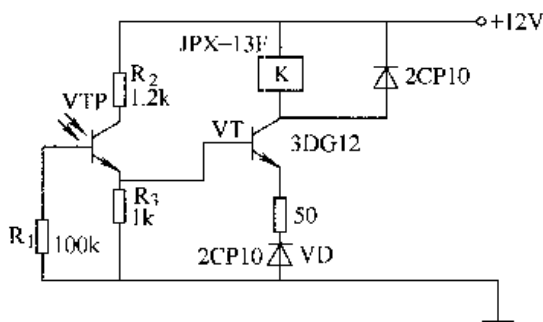


图 253 光敏晶体管具有防止暗电流电路

例 254. 光敏晶体管光控运算放大器

用光敏晶体管 VTP 控制 FC52 型运算放大器，也能达到光照时使继电器吸合之目的，电路如图 254 所示。

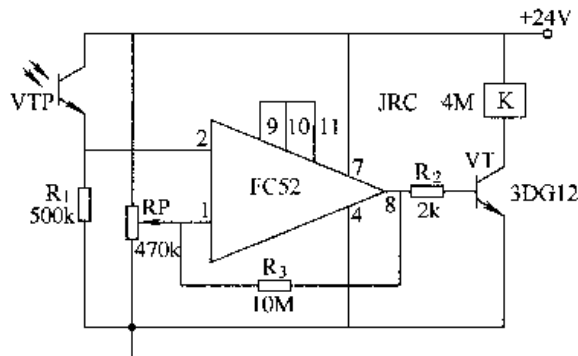


图 254 光敏晶体管光控运算放大器

无光照时，继电器 K 不吸合，处于断开状态。有光照时，FC52 输出高电平，晶体管 VT 导通，继电器 K 吸合。

RP 为调整电位器。调节它，即可调整光电流的门限（灵敏度）。

例 255. 光敏晶体管卡片读取电路

这例电路适用于卡片、纸带等光电读出器，亦叫光电变换电路。如图 255 所示。

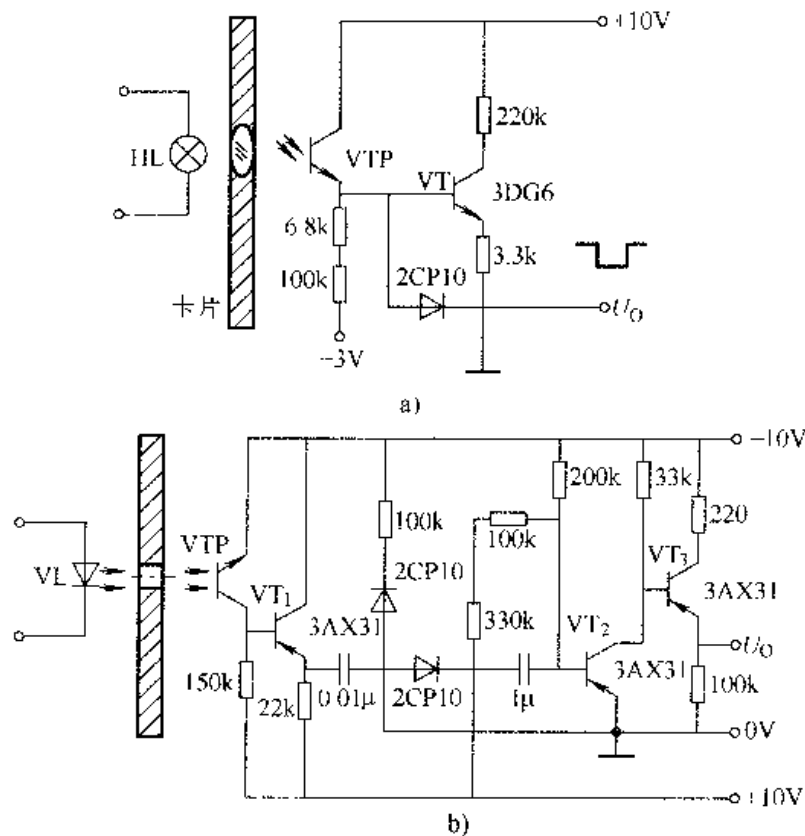


图 255 光敏晶体管卡片读取电路

平时，光源（灯泡或发光二极管）照射着光敏晶体管，无脉冲信号输出。当卡片插入拔出（或纸带移动）时，光线通过孔眼照射光敏晶体管然后移开，形成一个“光照—堵光—光照”的光脉冲过程。这个过程经电子线路放大、整形后，由输出端 U_o 产生一个电脉冲。

例 256. 光敏晶体管采用电容耦合调制光信号放大电路

调制光是指光线的照度随着时间的推移忽强忽弱变化的光。可以采取改变光源上的电压或用机械的办法来产生调制光。

图 256a 为调制光在光敏晶体管集电极上产生的一组光电流与暗电流信号曲线。这是以调制光为信号的光敏晶体管输出电流曲线，实质上是在暗电流的基础上，再叠加以光电流。因此，它不存在像普通晶体管那样的光信号振幅的固定工作点。

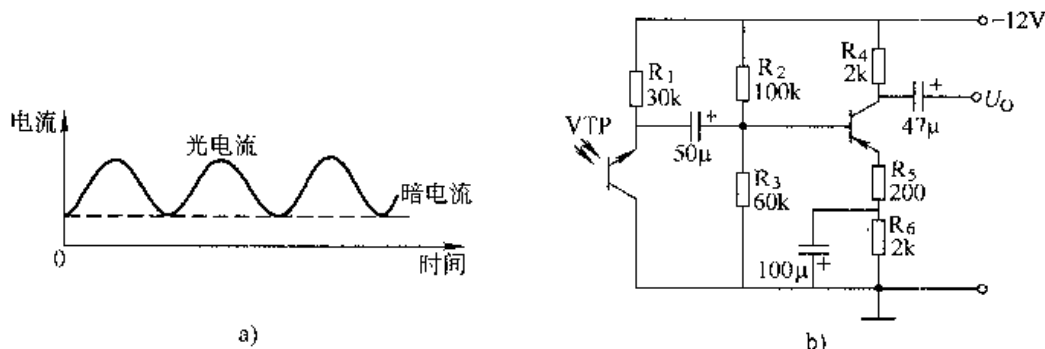


图 256 光敏晶体管采用电容耦合的调制光信号放大电路

放大调制光信号时，使用交流信号的放大电路。这例电路是采用电容器耦合到下一级放大电路，能避免温度升高暗电流增加对输出特性的影响。电路如图 b 所示。

例 257. 光敏晶体管采用变压器耦合的调制光信号放大电路

采用变压器耦合的调制光输入放大电路如图 257a 所示。

为避免环境温度对暗电流的影响，通常把光调制为几十赫兹到几百赫兹的低频率，进行交流放大。

倘若调制光为高频信号，例如测量高速旋转电动机的转速时，必须考虑光敏晶体管的频率特性。

光敏晶体管和普通的晶体管一样，有类似的频率特性，使用频率愈高，灵敏度就愈低。这是因为当光敏晶体管受光照时，产生的载流子（电子和空穴）引起晶体管作用，还有扩散电容和耦合电容以及负载电阻造成时间延迟等种种原因。由于各种晶体的材料和结构不同，它们的频率响应也不同，光敏二极管的频率较高，而光敏晶体管的频率较低。频率特性与负载电阻 R_L 取值大小也有关系，如图 b 所示，负载电阻阻值愈大，频

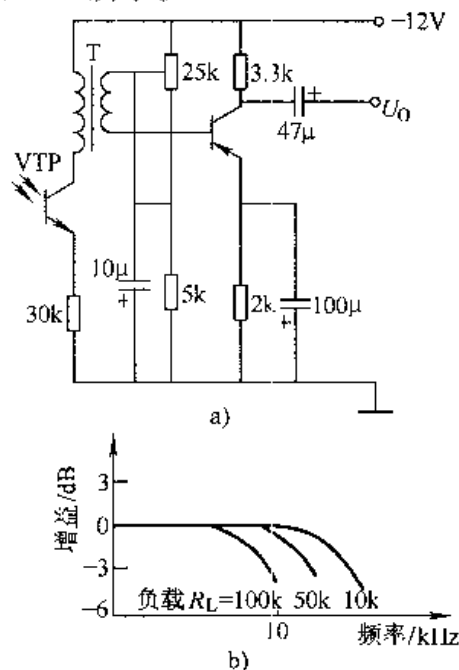


图 257 采用变压器耦合的调制光信号放大电路

率特性就愈差。

例 258. 光敏晶体管串联光控晶闸管

图 258 所示电路采用 220V 交流电压，但所用的光敏晶体管却能触发晶闸管 $VTH_1 \sim VTH_6$ ，将负载电路接通。

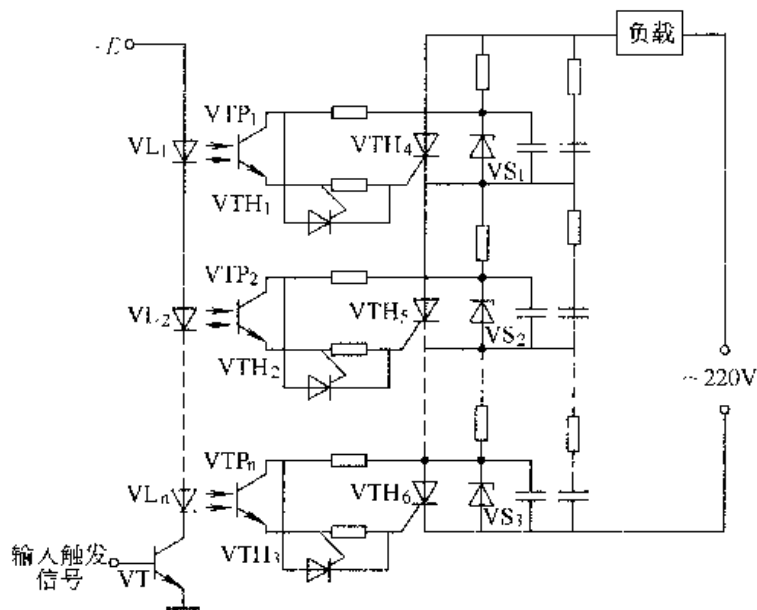


图 258 光敏晶体管串联光控晶闸管

例 259. 光敏晶体管日光开关

此例电路在有日光照射时灯泡 HL 不亮，如果在夜间，线路将使 HL 自动点亮。电路如图 259 所示。

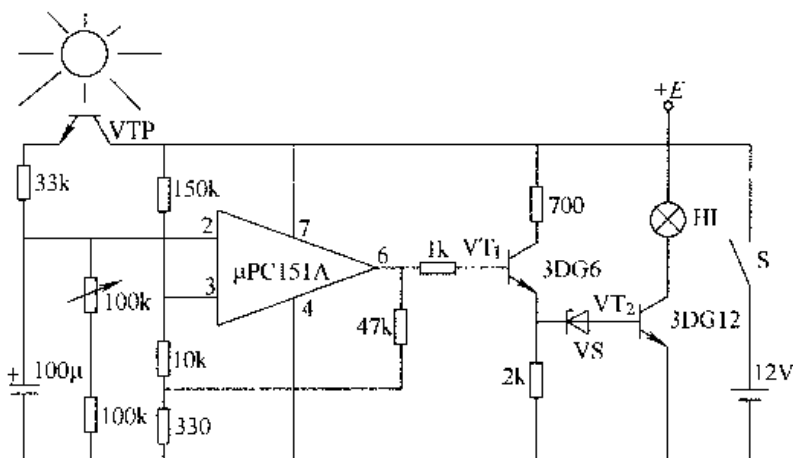


图 259 光敏晶体管日光开关

为避免其他杂散光的影响，光敏晶体管应有一定的方向性。可以将 VTP 安装在一个管子内，这样可使 VTP 的方向性更敏锐，只检测太阳光，避开了杂散光引起的误动作。

例 260. 光敏晶体管光控整流桥触发晶闸管

光控整流桥触发晶闸管电路如图 260 所示。

图 a 为光照通电式电路。无光照时， $VD_1 \sim VD_4$ 整流桥未接通，VTD 因无触发电流而截止，负载无电流通过而不工作。当有发光二极管 VL 通电发光，使光敏晶体管 VTP 受到光照后，VTP 的发射极与集电极有光电流通过，相当于一根导线将 A、B 两点接通，使 $VD_1 \sim VD_4$ 构成一个整流电桥，电源经 C_1 、整流电桥，为 VTD 提供触发电流，VS 导通，负载工作。

图 b 为光照断开式电路。平时， $VD_1 \sim VD_4$ 因 VTP 不受光照，整流电桥开路。这时电源经 R_1 为双向晶闸管 VTD 提供触发电流，VTD 导通，负载通电工作。当 VTP 受 VL 光照后，整流桥路沟通， $VD_1 \sim VD_4$ 将 R_1 接地，从而使 VTD 失去触发电流，VTD 截止，负载失电而停止工作。

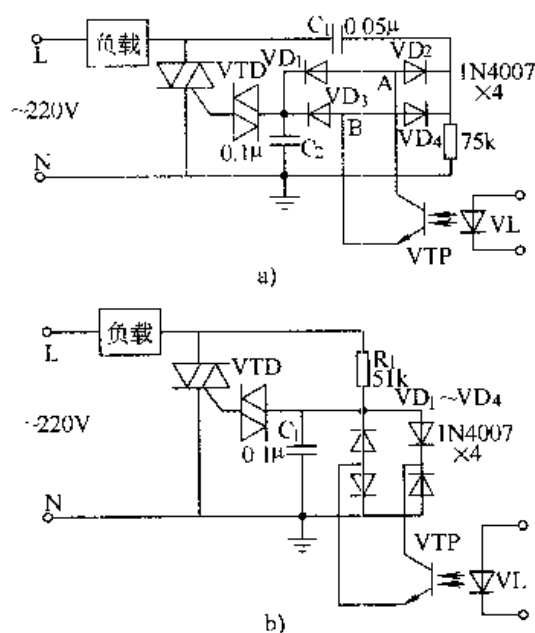


图 260 光敏晶体管光控整流桥触发晶闸管

例 261. 光敏晶体管电感桥

光敏晶体管电感桥电路如图 261 所示。

T 为变压器，其绕组匝数 $W_1 = W_2$ 。VT₁、VT₂ 为放大管，其参数应一致。光敏晶体管 VTP₁、VTP₂ 也应选取两只光电流输出一致的光敏管。

这例电路多用于光斑位移检测。当光点移动至 A 点时，VTP₁ 接受到光斑照射，输出光电流经 VT₁ 放大、变压器 T 的 W_1 、 W_2 耦合，通过电容器 C 注入 VT₃ 基极，经放大后由 VT₃ 集电极输出脉冲信号。

同理，当光斑移至 B 点，VT₃ 集电极也有脉冲信号输出。

若是光斑照射着 VTP₁ 或 VTP₂ 不移动，或光斑固定在某点不动，VT₃ 集电极则无脉冲信号输出。

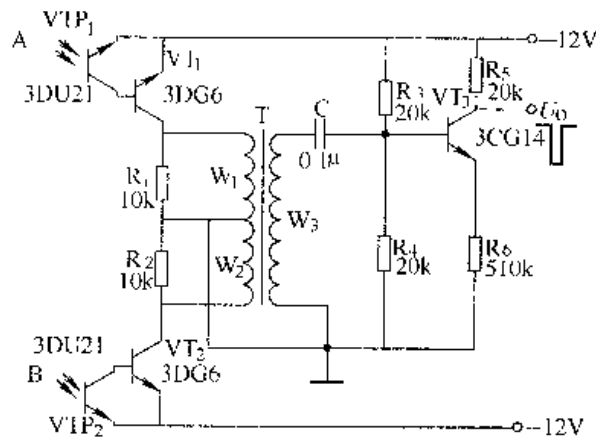


图 261 光敏晶体管电感桥

例 262. 光电池-锗晶体管控制电路

光电池，又叫太阳能电池。它是一种把光能直接转换成电能的半导体器件。当光线照射到光电池上时，它能产生一定的电动势。实际上，光电池是一个大面积的 PN 结。在 PN 结两边引出两条电极引线（正极和负极），在光线的照射下，用万用表的直流电压档就可测量出光电池的空载电压值。

光电池的用途颇多，这里列举数例经典电路以飨读者。

光电池的电路图形符号如图 262a 所示，文字符号为 BP。常见的光电池外形如图 b 所示。

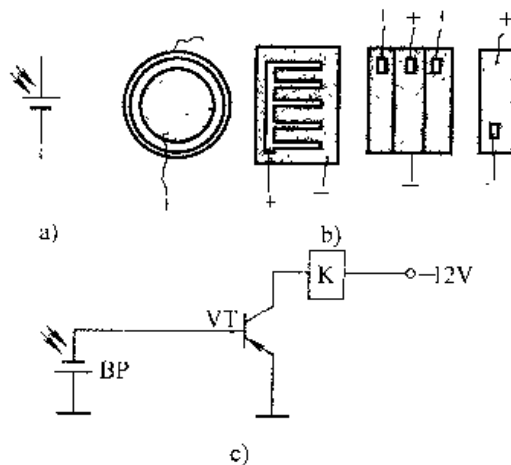


图 262 光电池-锗晶体管控制电路

光电池是功率输出型器件，使用时可直接取其电压或电流输出信号，用于锗晶体管的基极，如图 c 所示。因锗管发射结导通电压约 0.3V，当光电池受光照后，只要输出电压高于 0.3V，锗管 VT 即可导通，继电器 K 即动作。

例 263. 光电池-硅晶体管控制电路

用光电池控制硅晶体管的电路如图 263 所示。

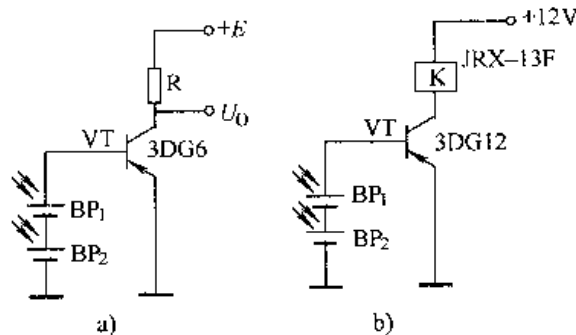


图 263 光电池-硅晶体管控制电路

例 264. 光电池光触发开关

VT₁ 和 VT₂ 构成的触发器有两个稳定状态，当其中的一只晶体管导通时，另一只则截止。只要改变对光电池 BP 的光照强度，使 BP 输出电压变化，就使电路从一种稳定状态转变为另一种稳定状态，并使继电器 K 作出相应的动作，从而实现光触发之目的。电路如图 264 所示。

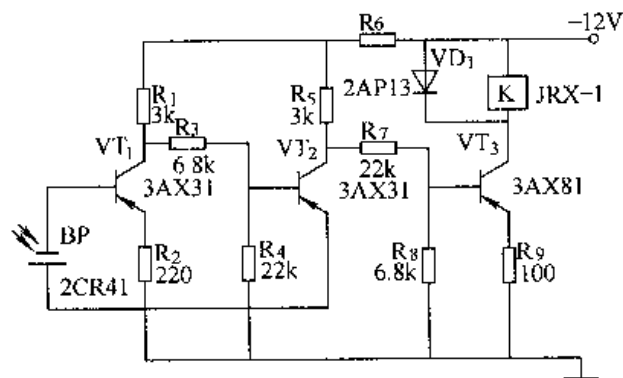


图 264 光电池光触发开关

例 265. 光电池给镍镉蓄电池充电的电路

硅光电池组作为太阳能电源，它可以直接给负载 R_L 供电。但是在夜间无光照，或是阴雨天光强变化较大时，硅光电池便没有电压电流输出，或是输出电压很低，影响负载用电。为了解决这个问题，可参照这例把硅光电池组与镍镉蓄电池（充电电池），正极接正极、负极接负极进行充电。电路如图 265 所示。无光照时，由蓄电池组 G 向负载 R_L 供电。

图中的 VD 是防止逆流二极管。在无光或光线很弱时，光电池组的输出电压

低于蓄电池电压，因而造成电流逆流（由蓄电池流向硅光电池组）。加了二极管 VD，就能有效地阻止逆流的出现。VD 的最大工作电流要大于硅光电池组的最大输出电流，反向耐压要高于蓄电池的电压。

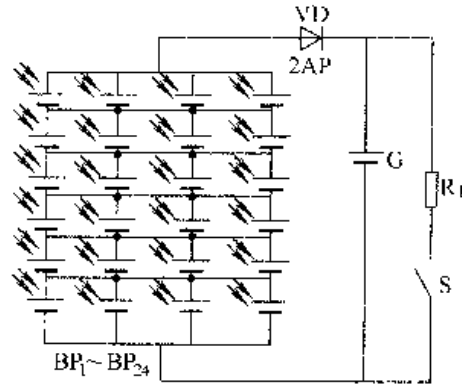


图 265 光电池给镍镉电池充电的电路

例 266. 光电池光控换向电路

光控换向电路如图 266 所示。BP₁ ~ BP₄ 为光电池，作为光照探测元件。其中 BP₁、BP₂ 作为第 1 组探测元件，用来控制直流电动机 M 的正转；BP₃、BP₄ 作为第 2 组探测元件，用来控制 M 的反转。

当 BP₁、BP₂ 遇光照，而 BP₃、BP₄ 无光照时，BP₁、BP₂ 产生 +0.5 ~ +1V 的电压，并通过 R₃ 加到 VT₁ 基极，VT₁ 导通，其集电极电位为 0V，二极管 VD₂ 截止，VT₃ 相继截止，电源地端通过已导通的 VT₁、R₁、R₂ 接到电源的正极，R₁、R₂ 分压所产生的电位较低，VD₁ 导通，VT₂ 相继导通。与此同时，由于

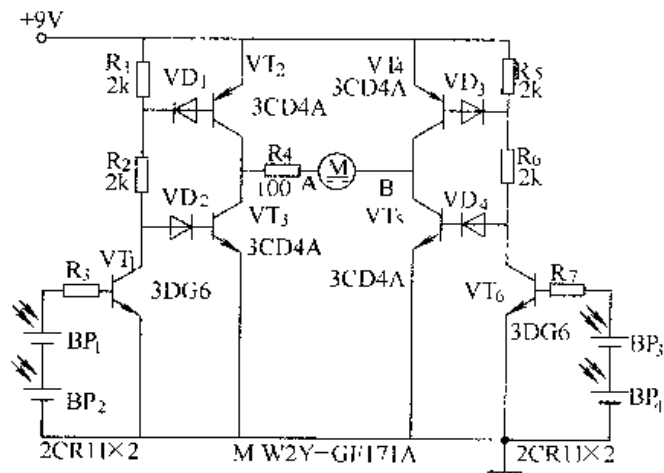


图 266 光电池光控换向电路

BP₃、BP₄ 无光照不产生电压，VT₆ 截止，+9V 电源通过 R₅ 加至 VD₃ 负极上，VD₃ 因反向偏置而截止，VT₄ 亦截止。+9V 电源通过 R₅、R₆、VD₄ 加至 NPN 管 VT₅ 基极上，VT₅ 导通。这样一来，由于 VT₂、VT₅ 导通，使流经电动机 M 的电流方向是从电源的正极出发，经 VT₂、R₄、M 的 A 端流向 B 端，再经 VT₅ 流回电源的负极，电动机 M 正向旋转。调整 R₄ 的阻值大小，即可调整 M 的转速高低。

相反，若是有光照射到 BP₃、BP₄，而 BP₁、BP₂ 无光照时，那么电动机就会自动换向，即 M 反向旋转。电路原理与上述类似，请读者自行分析。

例 267. 光电池-VMOS 功率场效应晶体管光敏继电器

功率场效应晶体管 VMOS，既具有电子管的优点，又具有晶体管的性能，成为电子分立元件中的后起新秀。利用它和光电池组成光敏继电器，灵敏度高，可直接带动大功率电器，从而简化电路，如图 267 所示。

这例采用 V40AT 型 VMOS 功率场效应晶体管 VF，它和普通场效应晶体管一样，有栅极 G、漏极 D、源极 S。当 G 极电位为零或为负时，D、S 极间没有电流通过，当光线照射到 BP₁、BP₂、BP₃ 上时，G 极电位为正，S、D 极间有电流通过，继电器 K 吸合。S 为电源开关。

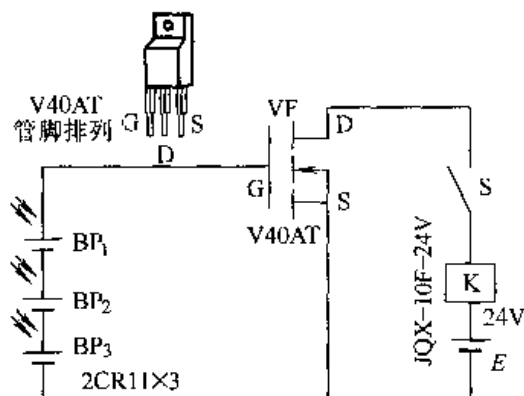


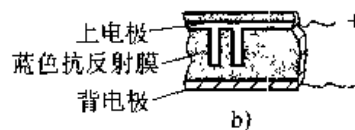
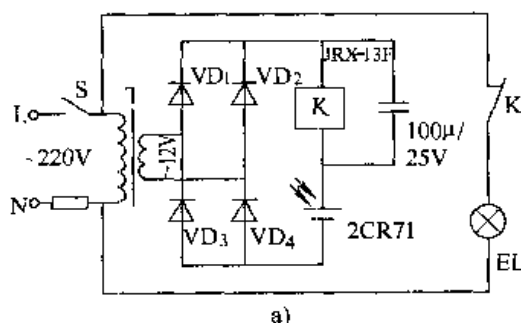
图 267 光电池-VMOS 功率场效应晶体管光敏继电器

由于 VMOS 功率场效应晶体管属于电压控制型，所以对光电池的输出电流大小无严格要求，只要求其开路电压较高就行了。

例 268. 光电池直控继电器

用光电池直接驱动直流电磁继电器，简单易作，花钱少，效果好，电路如图 268a 所示。

图中，T 为市售 5VA 电源小型变压器，它将 220V 市电变成 12V 低压交流电，再经 VD₁ ~ VD₄ 作桥式整流后，输出约 11.5V 的脉动直流电压，成为该装置的电源的一部分。电源的另一部分是光电池 BP。这两部分电源通过串联，其负载就是 JRX—13F 型小型小功率继电器 K。K 的吸合电压为 5.5V，吸合电流为 20mA，释放电压为 2V，释放电流仅为 4.8mA。



当有光线照射到光电池 BP 上时，BP 产生的电压与脉动直流电压相加于 K，使继电器触点动作，电灯熄灭。若无光线照射，BP 失去光电流，K 失电断开。

图 268 光电池直控继电器

使用光电池（见图 b）时，必须注意以下事项：

(1) 硅光电池质脆，使用时宜将它固定在绝缘板上，或装在透光的外壳（如玻璃、有机玻璃外壳）上，以防止跌落或受力压坏。

(2) 安装在露天场合时，要采取防雨、防潮、防尘、防酸、防碱措施。不要用手指去摸光电池的受光面，因为手指的汗水不仅有水分，而且还含有油污等杂质。

(3) 光电池的引线很细，不宜过分用力拉，以免脱落。

(4) 硅光电池的受光面有一层蓝色抗反射膜。为防止它脱落，使用时应避免硬物接触表面。倘若电池表面有脏物，可用酒精轻轻擦拭、晾干。若抗反射膜有部分脱落，光电池的输出电压、电流会略有下降，但仍可使用。

(5) 作检测元件使用时，应使光电池不受外界环境光的影响，以免产生误差信号。

(6) 光电池应在清洁干燥的条件下储存。

例 269. 光控晶闸管自锁式光敏继电器

通常，晶闸管有三个电极：门极 G、阳极 A、阴极 C。而光控晶闸管由于其控制信号来自光的照射，所以一般没有必要再引出门极，只有阳极 A 与阴极 C，但它的结构与普通晶闸管保持一致，仍是由四层 PNP 器件构成。由于光控晶闸管在光照下能控制较大功率的用电器具，且电路简单，因而自问世以来，受到各行各业用户的青睐。

图 269 中的图 a 为光控晶闸管的电路图形符号，虽说它的门极 G 已省略不引出，但为了与光敏二极管的图形符号有所

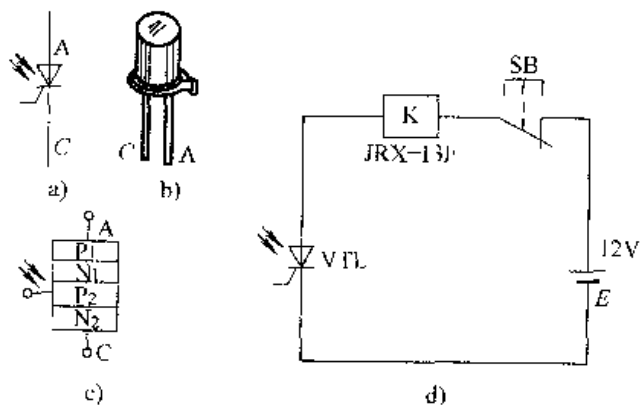


图 269 光控晶闸管自锁式光敏继电器

区别，所以在绘制图形符号时，保留门极。图 b 为常见的光控晶闸管外形，图 c 为其内部结构。图 d 为自锁式光控继电器电路。

这例光控继电器采用直流电源。光控晶闸管 VTL 受光照时，继电器吸合。尔后，即使切断了光源（遮住 VTL），K 仍将保持吸合状态，所以称之为自锁式光控继电器。

若想断开继电器，只需按一下常闭按钮 SB 即可。

例 270. 光控晶闸管非自锁式光敏继电器

图 270a 为三端光控晶闸管电路图形符号，图 b 为常见外形，图 c 为光控晶

闸管在交流电路中的典型应用。

图 c 中的光控晶闸管可以采用二端器件，也可以采用三端器件。这例是采用三端器件。这时的门极 G 不用，但不能悬空，应在门极 G 与阴极 C 之间接上一只阻值为 $2 \sim 100k\Omega$ 的电阻器 R。

非自锁式光控晶闸管继电器一般是用在交流电源电路中。在光照射的情况下，交流电源流经继电器 K 和光控晶闸管 VTL，继电器吸合；当光源撤离后，交流电压过零时，VTL 自行关断，于是继电器 K 失电断开。

二极管 VD 为续流二极管，其作用是避免电路在关断的一瞬间 K 所产生的较高的自感电动势击穿 VTL。

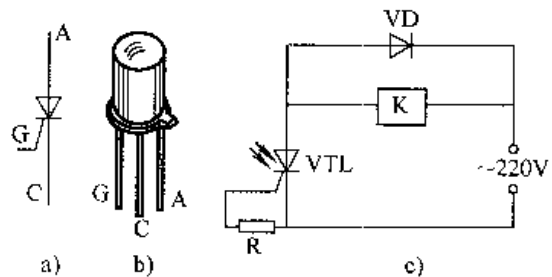


图 270 光控晶闸管非自锁式光敏继电器

例 271. 光控晶闸管交直流两用光敏继电器

这例用光控晶闸管组成的继电器，既可用于交流电源，又可用于直流电源，电路如图 271 所示。

图中，二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 为桥式整流电路。当电源为交流电源时， $VD_1 \sim VD_4$ 将交流整流成直流，再经电容器 C 滤波后加到光控继电器电路上；当电源为直流电源时，无论两个接线端子与电源的正负极怎样接，始终能保证 VTL 的阳极接的是电源正极，阴极接的是电源负极。

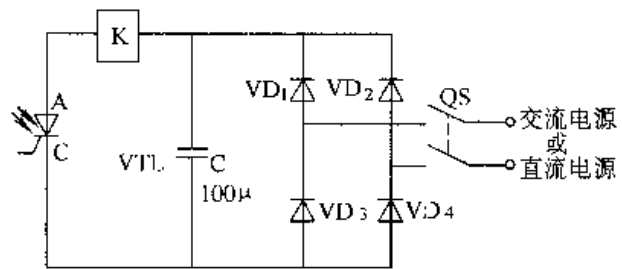


图 271 光控晶闸管交直流两用光敏继电器

这种光控继电器属于自锁式，断开隔离开关 QS，才可解除自锁。

例 272. 光控晶闸管光敏常闭式交流接触器

交流接触器（或电磁起动器）的线圈工作电压较高（380V 或 220V），且工作电流较大。一般来讲，用目前常见的小功率晶闸管来直接驱动是不行的，得借用其他元器件，才能达到光控交流接触器之目的。图 272 所示的电路，就是用双向晶闸管来实现的。

图中，KM 为交流接触器， VTD_1 为双向晶闸管， VTD_2 为双向触发二极管。VTL 为光控晶闸管。

无光照时，VTL 不导通，电源接通后，电容器 C 开始充电。当 C 两端电压达到 VTD_2 的转折电压后，双向晶闸管 VTD_1 被触发导通，交流接触器吸合，即为

本接触器的常闭状态。

当有光照时，VTL 导通，致使电容器 C 被短路，这就使双向触发二极管 VTD₂ 丧失转折电压而截止，双向晶闸管 VTD₁ 失去了触发电压，在交流电源过零时即关断，KM 断开。

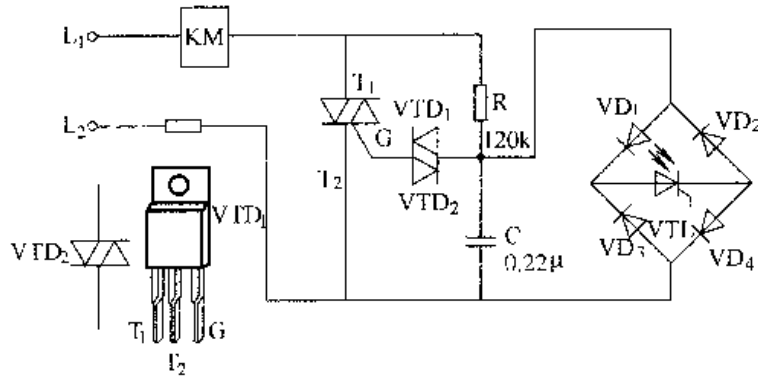


图 272 光控晶闸管光敏常闭式交流接触器

例 273. 光控晶闸管光敏常开式交流接触器

在图 272 的基础上，加一只晶体管 VT 作反相器，便组成一个光控常开式交流接触器，如图 273 所示。

电路工作原理是：无光照时，交流电源通过交流接触器 KM、电阻器 R₁ 和桥式整流器 VD₁ ~ VD₄ 整流，在 A、B 两端获得了十几伏直流电压，其极性是 A 端为正，B 端为负。在无光照射时，光控晶闸管 VTL 处于关断状态，此时 VT 通过 R₂ 获得偏流而导通，电容器 C 两端的电压被钳制在低于双向触发二极管 VTD₂ 的转折电压范围之内。因而 VTD₂ 截止，VTD₁ 关断，KM 处于断开状态。这就是本交流接触器为什么常开的原因。

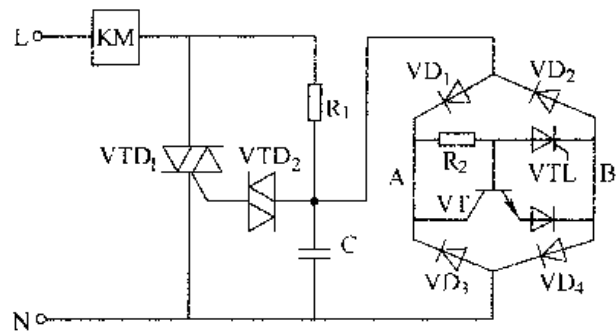


图 273 光控晶闸管光敏常开式交流接触器

当有光照射到光控晶闸管的光敏面上时，VTL 导通，VT 截止，电容器 C 迅速建立起高于双向触发二极管 VTD₂ 的转折电压的电位，使 VTD₁ 导通，KM 吸合。

例 274. 光耦合器驱动电路

光耦合器又称光隔离器，它是由半导体发光二极管和半导体光敏元件组合起来的四端器件。由于它是用光束传输信号，因而具有输入端与输出端电气绝缘性

能好、信号无反馈现象、共模抑制比大、响应速度快、使用寿命长等特点，从而受到各行各业科技人员及广大电子爱好者的垂爱。从本例开始的数例精选数例经典电路，供读者设计、制作、识图时参考。

把发光二极管和光敏器件组装在同一个密闭的管内，连接发光二极管的管脚则为输入端，连接光敏器件（光敏二极管、光敏晶体管、光电池等）的管脚则是输出端。在输入端加电信号，发光二极管发光，光敏器件受光照后，产生了电信号，并由输出端输出。这样，就实现了以光为媒介的电信号传输，而该器件的输入端与输出端是绝缘的。

光耦合器的封装形式，常见的有双列直插封装、金属壳封装和光导纤维连接等多种。图 274a 为双列直插式光耦合器，图 b 为金属壳封装式光耦合器的剖面图。图 c 为常用的光耦合器的电路图形符号。光耦合器的文字符号用 VLC 表示。本例介绍的光耦合器的驱动电路如图 d~图 f 所示。

在知道了光耦合器的工作原理，又得到了一只性能良好的光耦合器之后，在应用时首先碰到的问题是如何设计驱动电路和输出电路。

光耦合器的驱动电路，实际上就是如何为光耦合器中的发光二极管提供足够大的工作电流，使它发出一定强度的红外线。

简单而实用的驱动电路见图 d、图 e 及图 f 是恒流驱动电路，驱动电流不受电源电压变化的影响。图中的 VL，就是光耦合器中的发光二极管。

例 275. 光耦合器常用输出电路

光耦合器输出电路，就是将光敏器件产生的光电流通过内部或外接电路进行放大后输出，以达到信号传递之目的。这例介绍常用的输出电路，如图 275 所示。

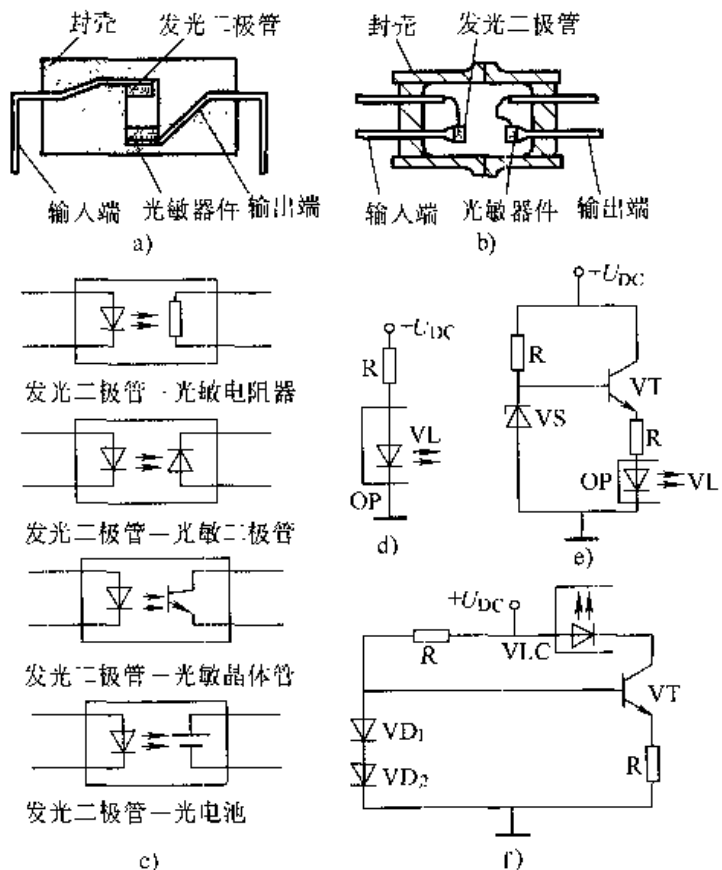


图 274 光耦合器驱动电路

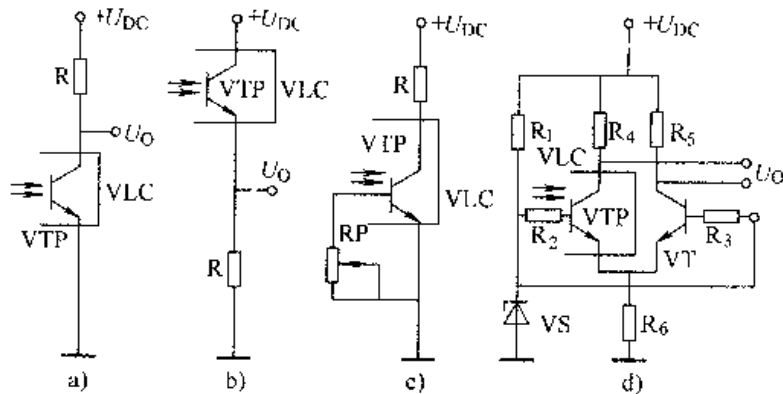


图 275 光耦合器常用输出电路

图 a 为输入端有光照时，输出“0”状态电路，即有光照时，VTP 导通，在输出端 U_o 与地之间输出低电位，在电子脉冲技术中称这种状态为“0”状态。

图 b 为输入端有光照时，输出“1”状态的电路，即有光照时，VTP 导通，在输出端 U_o 与地之间输出高电位，在电子脉冲技术中称这种状态为“1”状态。

图 c 为光敏晶体管基极加引出线外接电位器 RP，可以调整对输入端的光照感应强度。该电路在有光照时，输出为“0”状态。

图 d 是一种提高信噪比的电路。该电路采用了差分电路，其一侧为光敏晶体管，另一侧用的是普通 NPN 型硅晶体管，起到了补偿温度变化和电源波动的作用，获得了较高的信噪比。

例 276. 光耦合器“单刀双掷”开关

这例“单刀双掷”开关适合在自动控制和遥测设备中使用。其中外接的二极管 VD 可起到配合电位的作用，以保证输入正脉冲时使 VLC_1 接通， VLC_2 关断，电路如图 276 所示。

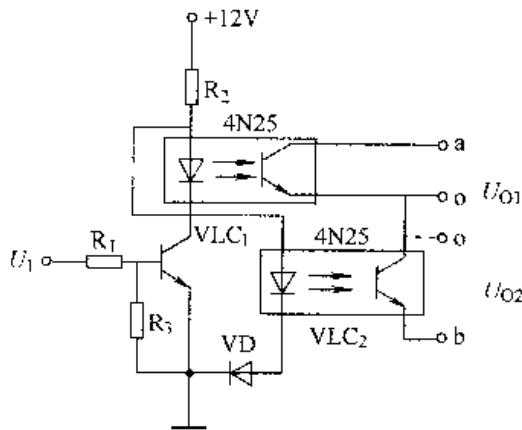


图 276 光耦合器“单刀双掷”开关

例 277. 光耦合器构成的“或非门”电路

光耦合器“或非门”电路如图 277 所示。

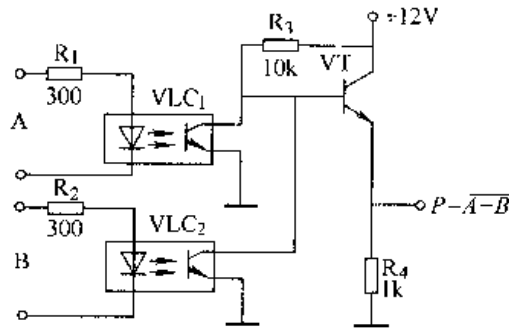


图 277 光耦合器构成的“或非门”电路

例 278. 光耦合器应用在双稳态电路

将两只光耦合器 VLC₁ 和 VLC₂，分别串联在由 VT₁、VT₂ 组合的双稳态电路的发射极上。平时只有一只光耦合器有输出，当有信号介入后（图中未画，请参见《经典晶体管电路 300 例》，机械工业出版社出版），电路翻转，改由另一只光耦合器输出信号。电路如图 278 所示。

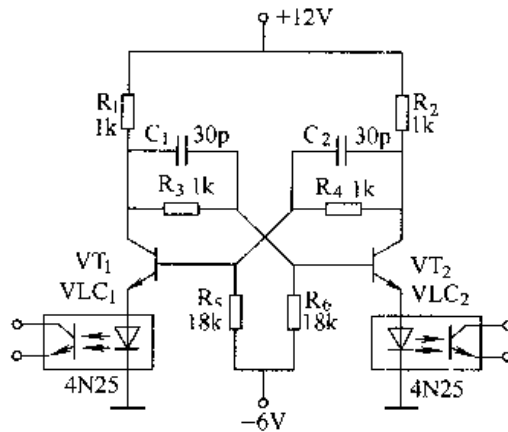


图 278 光耦合器应用在双稳态电路

同理，光耦合器可应用在无稳态、单稳态等电子开关电路和各种电信号放大与振荡电路之中。

例 279. 光耦合器稳压电路

利用光耦合器可以十分方便地实现直流高压电路的稳压，电路如图 279 所示。

当电路的输出电压 U_0 因某种原因而升高时，则 VT₅ 的偏压会增高，光耦合

器 VLC 中的发光二极管的正向电流增大，因而 VLC 中的光敏晶体管的 $c-e$ 电压减小，调整管 VT_1 的 U_{be} 下降， U_{ce} 升高，从而使原来升高的输出电压 U_O 降低，这样就使 U_O 保持稳定。图中的 VT_3 管为限流保护电路，光耦合器工作在放大状态。

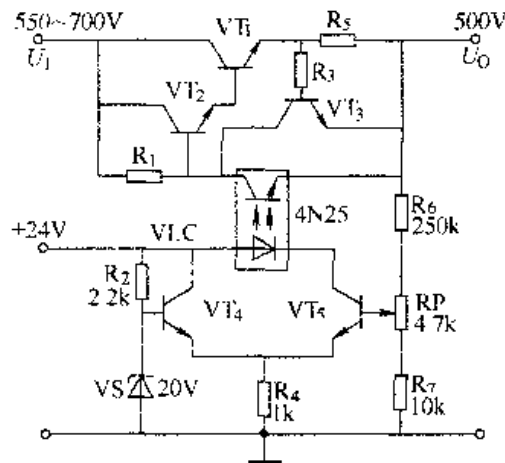


图 279 光耦合器稳压电路

例 280. 光耦合器运算放大器线性耦合电路

图 280 是用 5G24 运算放大器组成的线性耦合电路。

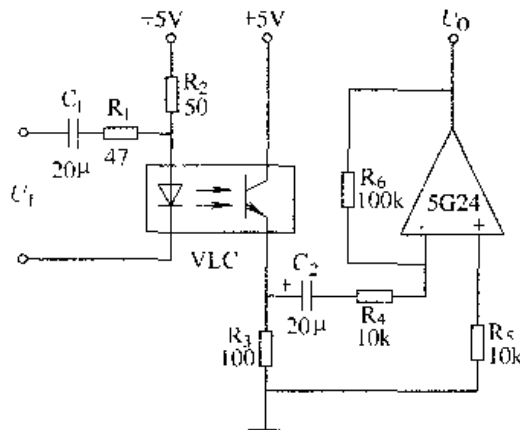


图 280 光耦合器运算放大器线性耦合电路

例 281. 红外线警戒开关

这例电路由红外线发射板和接收板两部分组成，如图 281 所示。

为了增加警戒距离，这里采用远距离聚集式发射头 (TLN911) 和接收头 (TLP911)，安装方式如图 c 所示，其有效距离大于 10m，最大控制距离可达 13m。

图 a 为发射板电路。由时基 555 集成电路构成频率约 30kHz 的振荡器。此信

号经晶体管 VT 作电流放大后，驱动发射头内的红外发光二极管向外辐射 30kHz 的脉冲红外线。

图 b 为接收板电路。图中的 CX20106 可用 KA2184、DBL2020 代替。它与外围元件组成处理电路。CX20106 是一种红外接收专用前置放大集成电路，具有较高的灵敏度。当接收头 (TLP911) 收到发射头 (TLN911) 辐射的脉冲红外线时，便在 A 端产生相应的电脉冲，经 VT₁ 放大后，经电容器 C₂ 加到 CX20106 的①脚进行放大、整形、带通比较，由⑦脚输出低电平，VT₂、VT₃ 截止，VT₄ 导通使继电器 K 吸合，借其触点进行电器控制。

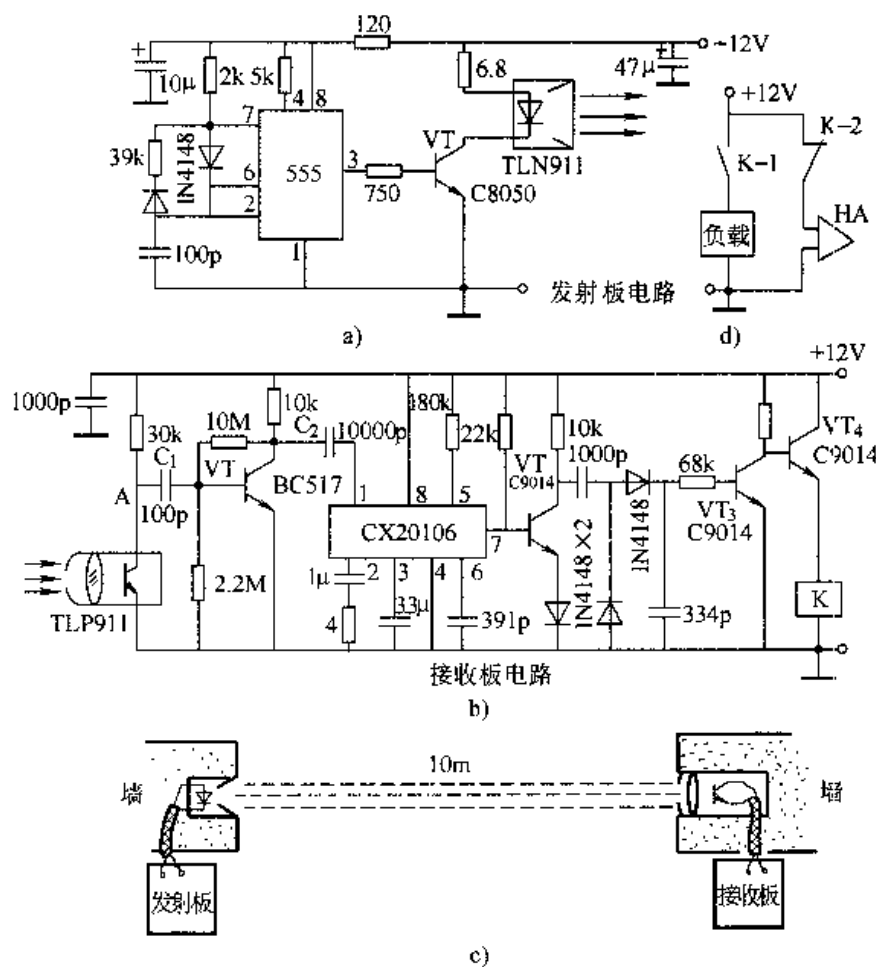


图 281 红外线警戒开关

倘若从发射头至接收头的红外线光束被人或物体遮挡，VT₃ 导通，VT₄ 截止，K 失电释放，其常闭触点恢复常闭状态，接通报警电路发出警笛声，从而达到了警戒的目的。

此例电路中的元器件在中山市达华电子厂有售。

例 282. AMN1 热释电传感器带继电器电路

热释电红外传感器多用于检测运动目标，所以有人称之为运动传感器。这里介绍的日本松下电工公司的超小型热释电集成红外传感器 AMN1，它具有独特的优越性，其结构如图 282a 所示，管脚排列如图 b 所示。

AMN1 体积小，其透镜面积仅是同类传感器的 1/5，适合安装在极小的装置中。其内部除有高灵敏度四元件热释红外敏感元件外，另有集成在一块芯片上的稳压电源、信号放大器、比较器及输出电路，从而使外围电路大大简化。它输出的信号可直接与单片机接口，如图 c 所示。

AMN1 由 TO—5 金属壳封装，具有经受强干扰的能力：静态工作电流小，典型值为 $170\mu\text{A}$ 。

该传感器可安装在电视机、换气扇、空调器、灯具上，当人离开这些电器一定时间时，它能控制电路自动切断电路电源，以达到节电之目的。它还能安装在一些自动化装置上，达到有人时开机，无人时关机的效果。

AMN1 型热释电传感器能检测出比背景温度高出 $(3 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的温差；人体移动速度为 $0.3 \sim 2.0\text{m/s}$ ；检测最大距离为 5m ，检测水平角为 100° ，垂直角为 82° ；在距 2.5m 处检测面积为 $7.42\text{m} \times 5.66\text{m}$ 。电特性是：工作电压范围为 $3 \sim 6\text{V}$ （常用为 5V ），静态电流最大值为 $300\mu\text{A}$ ；输出高电平电压与工作电压相同；最大输出电流为 $100\mu\text{A}$ ，电路稳定时间为 7s ，最大值为 30s 。工作温度范围为 $-20 \sim +60^\circ\text{C}$ 。

正因为 AMN1 传感器输出的电流很小，所以不能直接驱动继电器，因此必须按图 d 所示增加一级放大电路（VT），用来驱动继电器 K 工作。

例 283. 热敏电阻自动控温电路

温控电路的核心元件就是热敏元件，或曰温敏器件。常用的热敏元件颇多。从本例开始数例列举热敏电阻电路，用以介绍负温度系数热敏电阻器、正温度系

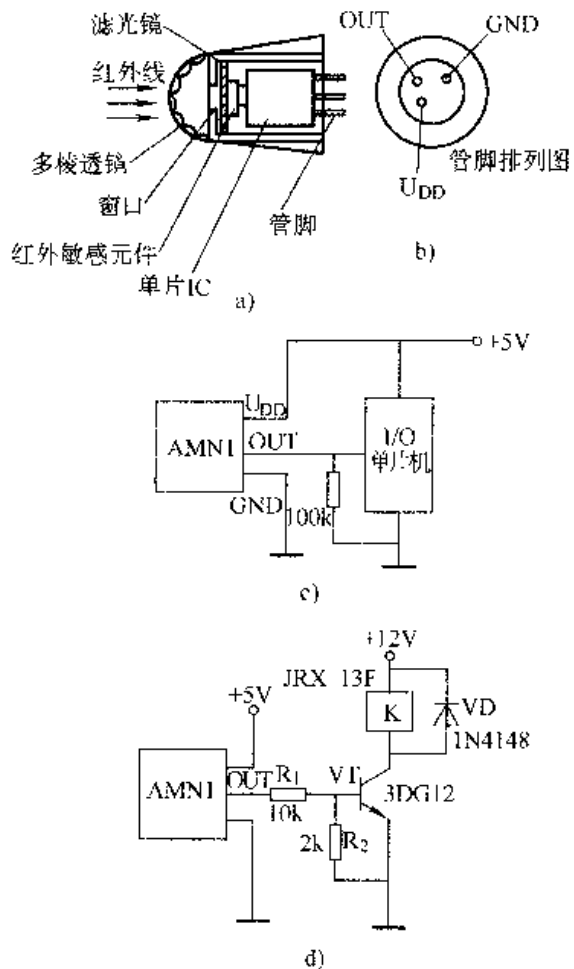


图 282 AMN1 热释电传感器带继电器电路

数热敏电阻器、热敏二极管、热敏晶闸管、集成温度传感器（SL134、AD590、T—X、LM45C/LM50B、DS1620）等热敏元件丰富多采的应用。

这例自动控温器采用 MF11—330 型负温度系数热敏电阻器作探测元件，制作容易，用途广泛，电路如图 283 所示。

RT、R₁、R_P、R₂ 组成测温电桥。其中热敏电阻器作为感温元件（探头），R_P 为微调电阻器。当 RT 的阻值等于 R_P 的阻值时，电桥平衡，差分放大管 VT₁ 和 VT₂ 的基极电位相等，差分放大器输出 U_{AB} = 0。VT₃ 的 U_{cb} = 0，VT₃ 截止。这时输出电路（VT₃ 和 VD₁）无输出，开关管 VT₄ 的 eb 结无输入电平，VT₄ 截止，继电器 K 失电断开。

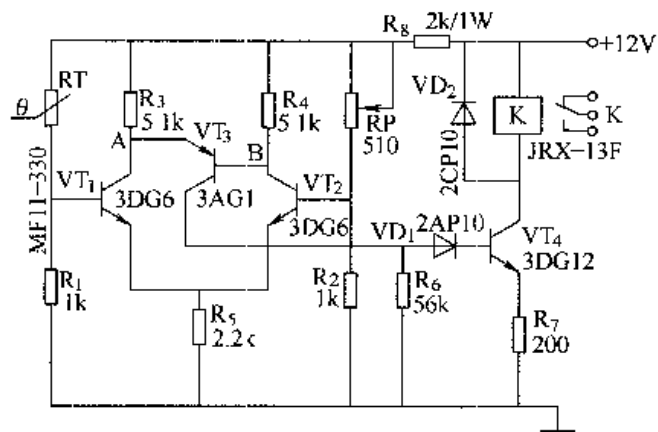


图 283 热敏电阻自动控温电路

当 RT 感受到温度降低时，其阻值增大，RT 的阻值大于 R_P 的阻值，电桥失去平衡，差分放大器输出 U_A > U_B，VT₃ 导通，VT₄ 因获得正向偏流而导通，当 VT₄ 的基极电位大于 0.7V 进入饱和状态时，继电器 K 吸合。

利用继电器 K 的触点控制电器，即可实现温度控制。

例 284. 热敏电阻微型电动机稳速电路

这例是利用 MZ60 型正温度系数热敏电阻器作微型电动机稳速的应用电路，如图 284 所示。

MZ60 型热敏电阻器，是一种线性正温度系数元件。它具有热响应速度快、可靠性高、精度高、阻值精度高、互换性好等优点。

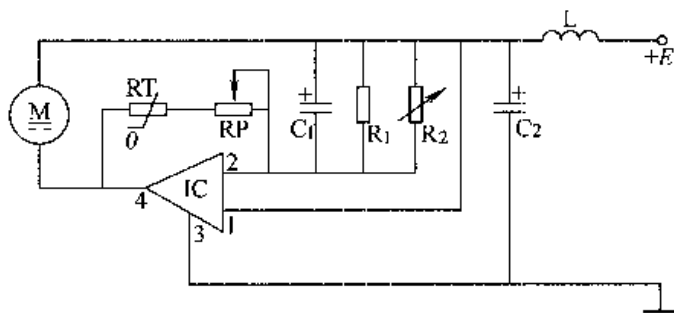


图 284 热敏电阻微型电动机稳速电路

MZ60 可用于集成电路、晶体管电路、机械控制、测量仪器、电动机控制等方面

作温度补偿之用。图 284 示出了 MZ60 在微型电动机 M 电路中作为稳速电路的核心部件。图中，R_P 为调速电位器，R₂ 为可调电阻器，IC 为稳速集成电路。

当环境温度变化时，电动机 M 中的绕组阻值随温度的变化率约为 0.4%/°C，因而电动机转速发生变化。当用 RT 进行温度补偿时，M 转速趋于稳定。

例 285. 热敏晶闸管温度报警电路

热敏晶闸管又叫晶闸管温度开关器，它是一种 PNP 结，是由三个 PN 结串联而成的三端半导体器件。它有三个电极，即阳极、阴极和门极，电路图形符号如图 285a、b 所示，文字符号用 VTT 表示。

热敏晶闸管的结构特性与普通晶闸管(VTH)基本相同。只是 VTT 用了注入法使其结构对温度极为敏感，使得器件由正向阻断状态向导通状态的转变实现温度控制功能，即温度触发。当温度升高时，VTT 内产生大量的电子、空穴对，被 PN 结收集，这就相当于在门极 G 触发情况下的栅注入一样，会改变热敏晶闸管的开关电压，且在不同温度下开关电压不一样。

图 c 中安置了三个热敏晶闸管 VTT，分别放在三个监视点。当某一路中的温度达到了热敏晶闸管的开启电压温度时，这一路显示盘上的发光二极管 VL 便发光，同时蜂鸣器也会发出蜂鸣声，起到了温度报警之功效。

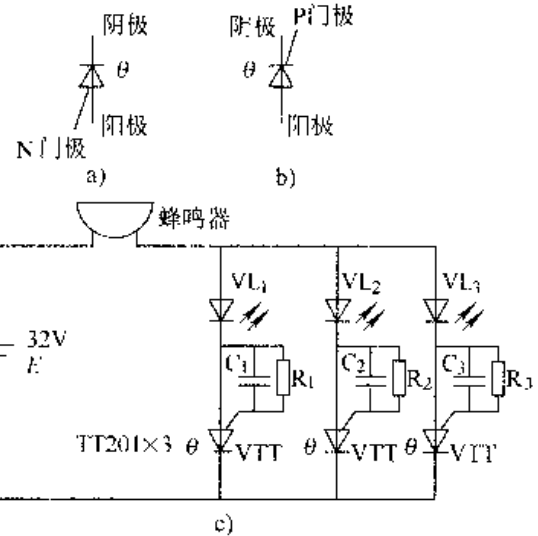


图 285 热敏晶闸管温度报警电路

例 286. 热敏二极管电桥

MTS-102 是摩托罗拉公司生产的一种热敏二极管。其实它是一种专用于测温的硅 NPN 型晶体管，但在使用时须将 b、c 短接成一个二极管，如图 286 所示。热敏二极管的文字符号用 VDT 表示。

MTS-102 的管压降 (U_{be}) 随环境温度变化而变化，其灵敏度约为 $-2.3V/^\circ C$ ，它与普通硅二极管不同之处是：灵敏度的一致性较好，即每一个 MTS-102 的灵敏度相差较小，其精确值为 $-2.265mV/^\circ C \pm 0.005mV/^\circ C$ ；线性度好（在 $0 \sim 100^\circ C$ 温度范围内最大非线性误差 $\pm 2^\circ C$ ）；工作电流在 $0.1mA$ 时， $25^\circ C$ 时的 U_{be} 为 $595mV \pm \frac{25}{15}mV$ 。

用 MTS-102 组成的热敏二极管电桥，由 +5V 稳压电源供电有 I_A 和 I_B 分别流过 A 点及 B 点。当

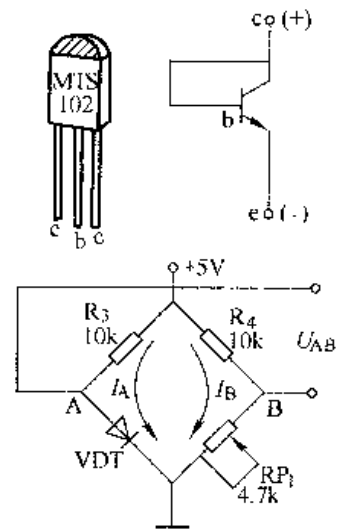


图 286 热敏二极管电桥

MTS—102 在 0°C 时，调整 RP_1 ，使 $U_A = U_B$ ，则电桥平衡，电桥输出为 $U_{BA} = 0\text{V}$ ；当二极管在 100°C 时，压降减小， $U_B > U_A$ ，电桥的输出电压与温度成比例（约 200mV ），即 $U_{BA} \approx 200\text{mV}$ 。

读者如果一时购不到 MTS—102，可找一只 9013 塑封晶体管代替。

例 287. SL314 灵敏温控灯

这例介绍的温控器适用于 $-5 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 范围内，电路如图 287 所示。

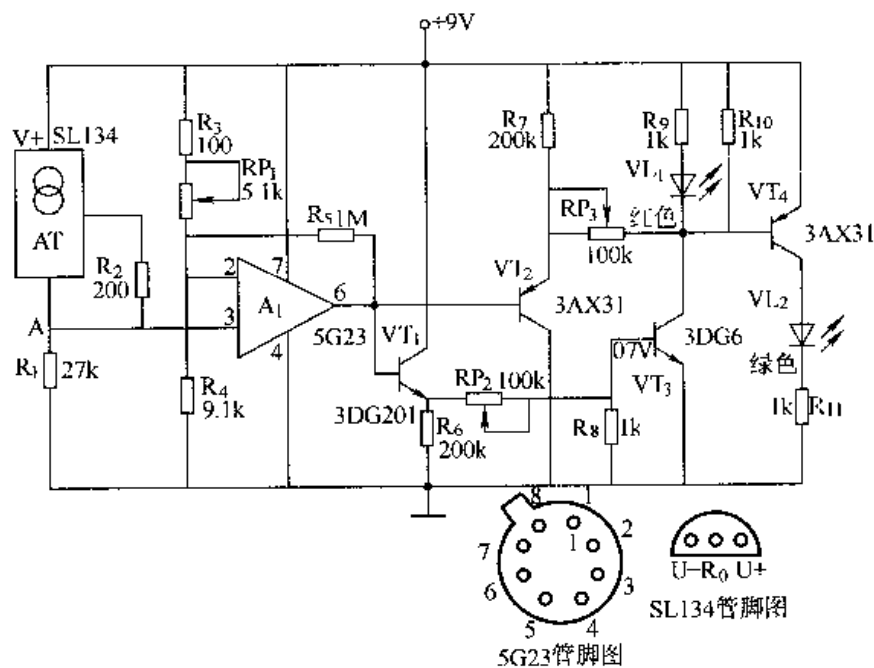


图 287 SL314 灵敏温控灯

AT 为 SL134 恒流源集成电路，它有三个引出线，使用时将它放在需要控制温度的地方，通过三条引线与电路相连。SL134 的特点是随着周围温度的变化而输出不同的电位。

在图 287 中，AT、 R_1 、 R_4 、 $R_3 + \text{RP}_1$ 四部分组成一个热敏电桥。随着 SL134 放置位置温度的变化，A 点的电位也将发生变化，这个电位信号直接加到运算放大器 A_1 (5G23) 的③脚。AT 周围温度每变化 1°C ，A 点电位将变化约 10mV 。通过调整电位器 RP_1 ，可给 A_1 的②脚加一定电压，使 A_1 形成差分放大形式，从⑥脚输出放大后的差分信号。当 A_1 的⑥脚输出电压大于 $+0.7\text{V}$ 时， VT_2 截止， VT_1 导通，并促使 VT_3 导通，红色发光二极管 VL_1 点亮；当 A_1 的⑥脚输出一个负电位 (-0.3V) 时， VT_1 截止， VT_2 导通，并促使 VT_4 导通，绿色发光二极管 VL_2 点亮。

例 288. AD590 集成温度传感器典型应用电路

AD590 是采用集成工艺制造的双端型温度传感器，它在 $-55 \sim +150^{\circ}\text{C}$ 范围

内能按 $1\mu\text{A}/^\circ\text{C}$ 的恒定比率，输出与温度成正比的电流，通过对此电流的测量，就可得到所需的温度值。AD590 的典型电路如图 288 所示。

AD590 通常采用 TO-52 封装，其管脚如图 a 所示。其基本工作电路如图 b 所示，图 c 是由图 b 的原理派生出的实用电路。

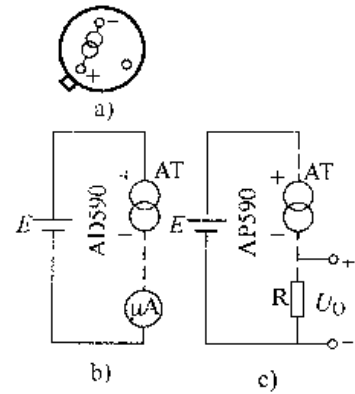


图 288 AD590 集成温度传感器典型应用电路

AD590 有三个突出的优点：

(1) 由于它是恒流输出，输出阻抗大于 $10\text{M}\Omega$ ，所以可使用长达数百米的导线连接，或用开关切换而不必作任何修正。这为遥测及集中控制温度创造了有利条件。

(2) 它的供电电压对输出电流的影响极小，如在 $+5 \sim +10\text{V}$ 之间变动，影响只有 $0.2\mu\text{A}/\text{V}$ 。所以，AD590 的供电电压可在 $+4 \sim +30\text{V}$ 内任选。

(3) AD590 的功耗极低。一般工作时仅为 2mW ，故可作成电池供电的便携式仪器。

例 289. AD590 单点温度控制电路

图 289 是采用 AD590 集成温度传感器组成的单点温度控制电路。

图中， R_P 用于调节给定温度 t_0 ， t_0 可在 $-73 \sim +130^\circ\text{C}$ 范围内给定（亦叫“设定”）。若想再低些，可酌减 R_4 的阻值，但要保持 $R_2 + R_{RP} + R_4 = 3.2\text{k}\Omega$ 。

A 采用 AD311，可用通用型电压比较器替代。电路工作时，当 $t_{\text{AD590}} < t_0$ 时，固态继电器 SSR 接通负载 EH（加热器）， $t_{\text{AD590}} \geq t_0$ 时，EH 的电源被 SSR 断开。

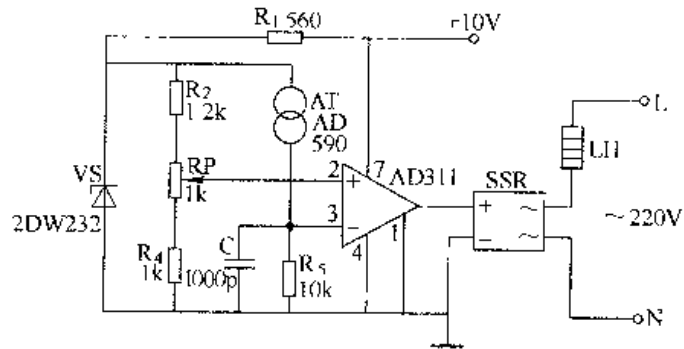


图 289 AD590 单点温度控制电路

如果要控制制冷机的开停，只需将 A 的两个输入端接线对换即可。

例 290. 80 路 AD590 测温通断控制电路

在图 290 中，集成电路 A_1 是 CMOS 的 BCD 码/十进制译码器； A_2 是 CMOS 的八选一模拟开关。这例电路将 CMOS 逻辑电平控制和多路模拟开关控制相结合，最大限度地组合利用器件的通道容量，从而可以用八位二进制码来完成最多可达 80 路 AD590 测温电路的通断控制，可以方便地实现计算机巡检。

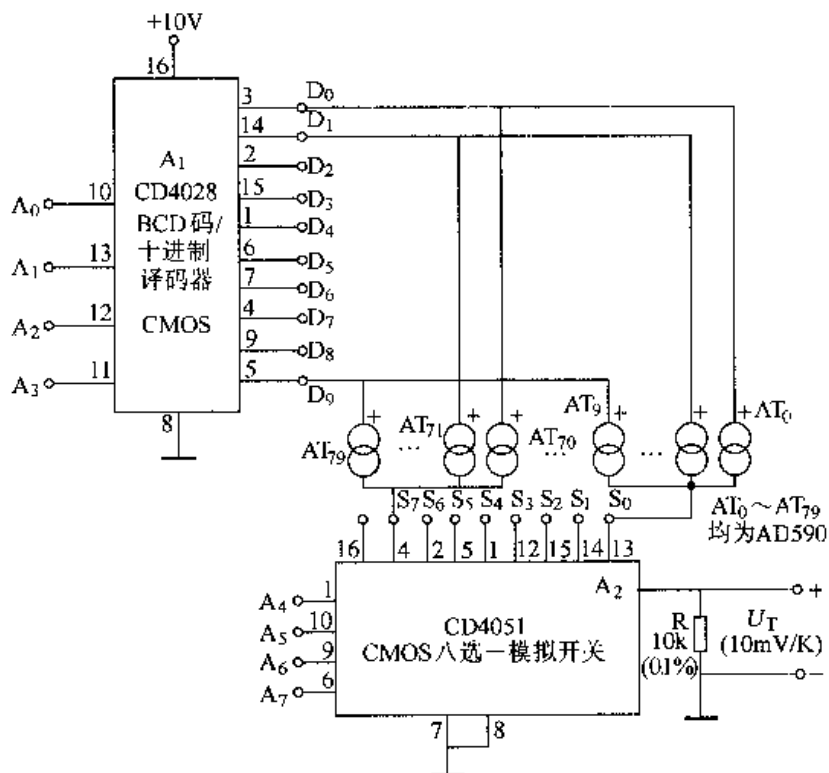


图 290 80 路 AD590 测温通断控制电路

例 291. T—X 型温度传感器温度表

T—X 型温度传感器的外形结构如图 291a 所示。表 9 为数种型号的传感器在 25°C 时的标称阻值。表 10 为某一个温度传感器自身阻值随温度变化的关系。由表可看出，温度在 200°C 变化范围内（-50 ~ +150°C），阻值变化了近 3400Ω，变化量是比较大的，这为获取温度变化量提供了方便。

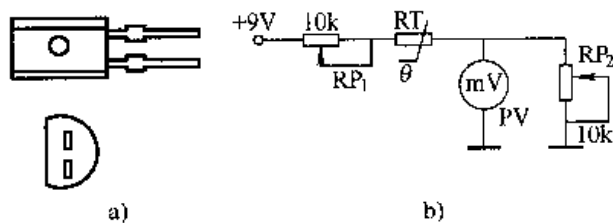


图 291 T—X 型温度传感器温度表

表 9 T—X 型温度传感器的型号及标称阻值

型 号	标称阻值(25°C)/Ω	测温范围/°C	型 号	标称阻值(25°C)/Ω	测温范围/°C
T—121	2000(1±1%)	-55 ~ +150	T—112	1000(1±2%)	-55 ~ +150
T—122	2000(1±2%)	-55 ~ +150	T—311	1000(1±1%)	-55 ~ +150
T—111	1000(1±1%)	-55 ~ +150	T—312	1000(1±2%)	-55 ~ +150

表 10 T—X 型温度传感器自身阻值随温度变化表

温度/°C	阻值/Ω	温度/°C	阻值/Ω	温度/°C	阻值/Ω	温度/°C	阻值/Ω
-55	990	0	1634	50	2410	110	3592
-50	1028	10	1774	60	2590	120	3800
-40	1138	20	1922	70	2780	125	3904
-30	1250	25	2000	80	2978	130	4005
-20	1372	30	2078	90	3182	140	4180
-10	1500	40	2240	100	3392	150	4306

例 292. SM—C—1 型湿度传感器电路

湿度，是与人类密切相关的物理量之一。随着现代化技术的发展，各行各业都提出了对湿度进行检测与自动控制的要求。传统的毛发湿度计和干湿球湿度计，由于响应速度慢、精度不高、使用不便，而且无法将湿度转换成电信号，已不能适应现代化的需要。有鉴于此产生了许多各具特色的湿敏元件和湿度传感器。从这例开始数例介绍湿敏经典电路，以供读者在电力生产和科学试验中参考。

湿敏元件一般由基体、电极和感湿层构成，图 292a、b 为两种常见的湿敏元件，图 c、d 为湿敏元件常用的两种电路图形符号。其中，图 e 为常用的湿敏电阻器，图 d 为可加热清洗型的湿敏元件，A—A 为测量极，B—B 为加热清洗电极。符号上的 H₂O 为水分子，标志湿敏之意。

图 e 为 SM—C—1 型湿度传感器电路。它的核心元件是 SM—1 型湿敏元件。

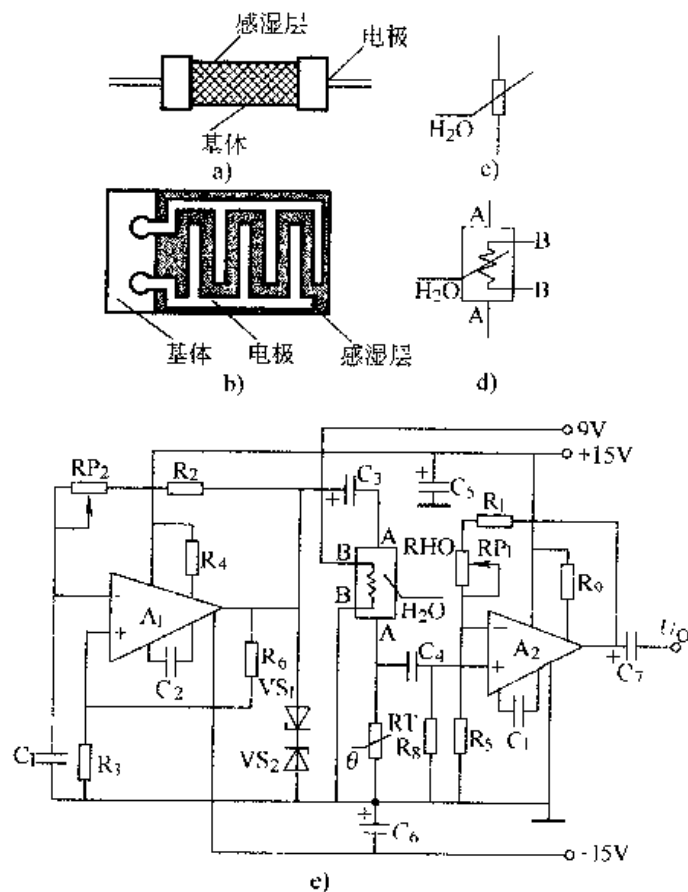


图 292 SM—C—1 型湿度传感器电路

该湿敏元件用 $MgCr_2O_4-TiO_2$ 制成的多孔陶瓷型“湿-电”转换元件。它具有使用湿度范围大，测湿范围宽、响应速度快的优点，尤其是采用了加热清洗技术，解决了由于长期使用带来的污染引起的精度下降问题。

SM—C—1 型湿度传感器是专为湿度仪表、自动控制配套设计的。其电路包括方波发生器、取样及湿度补偿电路、电压跟随器等部分。

方波发生器是由运算放大器 A_1 、电阻器 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_6 和电位器 RP_2 、电容器 C_1 ，以及稳压二极管 VS_1 、 VS_2 等组成。其输出的方波经电解电容器 C_3 耦合给湿敏元件 RH 的测量端 A。在这里， R_6 、 R_3 构成 A 的正反馈网络， R_2 、 RP_2 和 C_1 组成充放电回路； VS_1 、 VS_2 构成输出限幅电路。适当选择 R_2 的阻值和调整 RP_2 ，使方波发生器的振荡频率在 60~120Hz 之间。合理选择 VS_1 、 VS_2 ，使 A_1 的输出电压在 6~7V 之间。

取样及湿度补偿电路由 C_3 、湿敏元件 RHO 和热敏电阻器 RT 组成。取样电路实际上是一个分压电路。适当选取热敏电阻器的阻值，可以保证湿敏传感器的误差在允许范围之内。取样及补偿电路的输出信号，经 C_4 耦合至运算放大器 A_2 的同相输入端。

RH 的 B—B 端为加热清洗极，每次测量之前应通入 9V 交流电压，将电热丝加热 10s 左右，用以驱除 RH 的感湿层内原有的水分子。

电压跟随器由 A_2 、 RP_1 、 C_7 等组成。它可以使传感器获得高输入阻抗和低输出阻抗，有利于获得精确的输出电压和远距离传输。适当地调整 RP_1 ，可以改变 A_2 的增益。

最后，本传感器所检测到的湿度信号转换成电信号后，从输出端 U_0 耦合到湿度表头或自动控制设备上的接口电路，以监测或控制湿度。

例 293. UD—8 电阻式湿敏元件应用电路

UD—8 型湿敏元件是一种由氧化镍 (NiO) 经烧结而成的多孔陶瓷体，其结构如图 293a 所示，外形如图 b 所示。

这种湿敏元件的特点是工作稳定性好，工作寿命长，对丙酮，苯等蒸气有抗污染能力。它在低湿时阻抗较小（仅数兆欧），在电路上较处理好。在结构上由于加了过滤层，所以响应时间较长，适合在空调系统中作测湿元件。

图 c 是 UD—8 型湿敏元件应用电路。 A_1 为输出 900Hz、1.3V 正弦波的低频振荡器。反馈回路中串联两个发光二极管 VL_1 和 VL_2 ，一方面作振荡器工作显示，同时提高它的振幅稳定性。 A_2 是利用硅二极管正向电压-电流成对数特性的对数压缩电路，用来补偿湿敏元件 RHO 的非线性。由于 UD—8 湿敏元件在低湿时阻抗在 100M Ω 以上，所以 A_2 应采用输入阻抗高的运算放大器，并且最好在 A_2

的反相输入端采用与印制电路板之间有高绝缘性能的输入端子。A₃ 为半波整流电路，其直流电压经 A₄ 放大后输出。

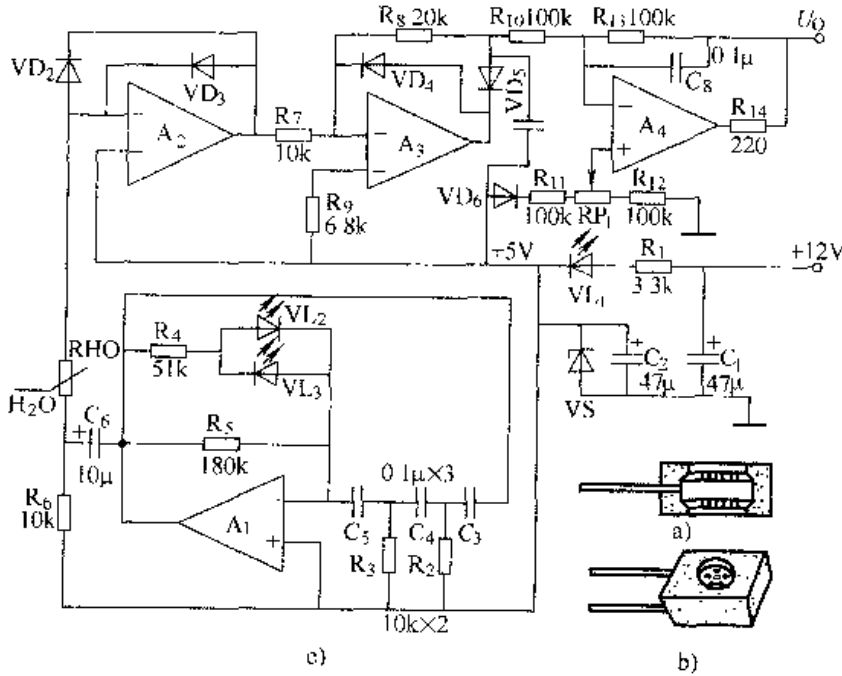


图 293 UD—8 电阻式湿敏元件应用电路

例 294. 电容式结露传感器应用电路

电容式结露传感器的结构与电阻型结露传感器基本相同，差别仅仅是感湿膜材料不同，其型号为 MLC。它与普通电容式湿敏元件也是不同的。普通电容式湿敏元件大都是两电极夹一层感湿膜的结构，电极的面积是恒定的，而电容式结露传感器形成的电容，主要是电极的分布电容。相对湿度在 80% RH 以下时，由于两梳状电极在同一平面上，而且电极的表面距离大，因而其自身的电容量是不大的，电极表面感湿膜虽吸湿，但对电极表面电容值的影响不大。当相对湿度大于 80% RH 时，电极表面的感湿膜吸湿形成的水膜连成一片，元件的电容量产生突发性变化，这时的电容值比低湿时高出几百倍。MLC 型电容式结露传感器在 20°C 的湿度与容量的标准参数如表 11 所示：

表 11 MLC 型电容式结露传感器标准参数

相对湿度/(%RH)	70	80	85	90	95	100
电容值/nF	<0.04	0.08	0.23	0.89	5.38	>40

MLC 型结露传感器的温度系数平均值为 0.048nF/°C，响应时间不大于 1s，消露时间不大于 10s，工作电压不大于 10V（交流或直流），功率消耗不大于

1mW。

图 294 为电容式结露传感器的经典电路。电路中仅用了一块 74HC132（二输入施密特与非门）。它将 CH 引起的电容量变化，转变为脉冲宽度的变化，再经滤波后输出直流电压 U_0 。

D_1 与 R_1 、 C_1 等构成多谐振荡器，产生占空比为 50% 的方波。 R_1 、 C_3 、 C_2 、CH 可看作一个积分电路。CH 与 C_2 并联及与 C_3 串联的目的是补偿传感器的分散性，并达到一定的电容值。 RT 为热敏电阻器，起着温度补偿作用。

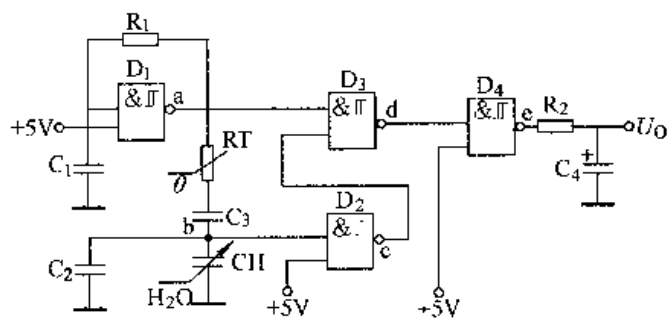


图 294 电容式结露传感器应用电路

D_2 是反相器，起着波形整形作用。 D_1 输出的脉冲与 D_2 反相，整形后输出的脉冲输入与非门 D_3 ， D_3 输出波形经 D_4 反相后，再经 R_2 、 C_4 滤波后作为直流电压 U_0 输出。 U_0 可用作控制或报警信号。

例 295. 自制湿度传感器控制电路

传感器并不神奇，稍动脑子，自己动手也可以制作。尤其是那些要求不高的场合，自制的湿度传感器也是管用的。

图 295a 为自制湿度传感器示意图。找一块大小合适的单面环氧铜箔板，按图所示用锯条切割后，焊上两根铜丝作为引线。其表面最好作化学镀银处理，然后在指叉状电极上刷一薄层市售化学胶水，待干燥后再刷数层，一块高分子湿敏传感器即告制作成功。

图 b 为湿度控制电路。 A_1 为 555 自激多谐振荡器，它产生的 500Hz 对称方波经 C_2 加至湿度传感器 RHO 上。 A_2 和二极管 VD_2 、 VD_3 构成对数变换电路，其输出端 A 点的电位将随相对湿度的增加而增大。A 点电位经 R_3 、 C_3 滤去干扰短脉冲后，分成三路，分别接至 A_3 、 A_5 的同相输入端和 A_4 的反相输入端。

A_3 为同相放大器，其放大倍数由 R_6 与 R_5 之比确定。可根据电压表的量程进行选择。 RP_1 为零点调节电位器。电压表的量程可选在 2.5 ~ 5V 之间。

A_4 和 A_5 开环应用，作比较器。 A_4 为反相输入， A_5 为相同输入。适当调节 RP_2 和 RP_3 ，当相对湿度降低时，A 点电压随着下降，降到一定数值时， A_4 的⑧脚电位将突然升高，使 VL_1 发出红光，表示太干燥，同时 VT_1 导通，K 吸合。

用电动喷雾器给空气加湿，当 RHO 感知到湿度的增加后，A 点电位升高，升到一定数值时， K_1 断开。

随着雾滴水分蒸发，湿度继续升高，超过设定值时， A_5 的⑦脚电位升高，使 VL_2 发出绿光，表示太潮湿，同时 VT_2 导通， K_2 吸合。 K_2 触点可以用于接通抽风机（图中未画出），排出湿空气。待湿度降低后， K_2 断开，抽风机便停止了工作，这样可以将室内湿度保持在一定范围之内。

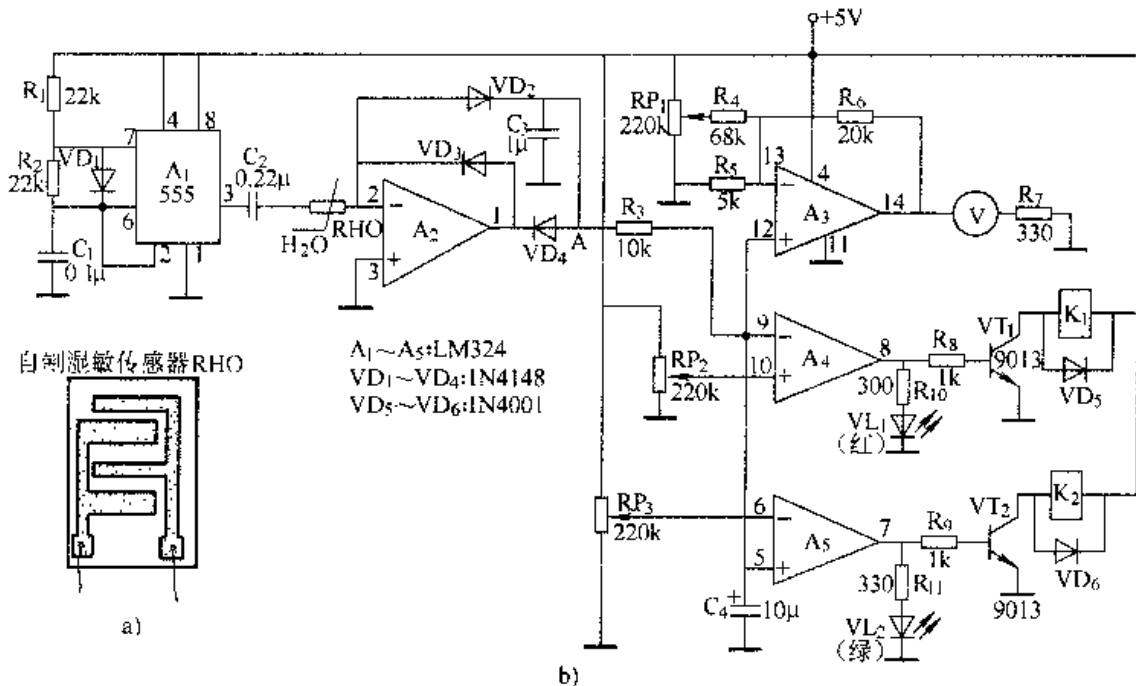


图 295 自制湿度传感器控制电路

自制的湿度传感器不能浸入水中，也不能有水滴直接洒到传感器表面，以免湿敏膜溶解。如果需要声音报警，可将直流蜂鸣器并联在发光二极管上，或利用继电器接通蜂鸣器即可。

在试制时，可在 A 点与地之间接入数字电压表，并用嘴对着传感器吹气，观察数字电压表的示数变化。

自制的传感器，须进行一周以上的自然老化处理。

例 296. 自制受湿传感器报警电路

这例电路可用于电机绕组受湿报警。其受湿传感器几乎人人能自制，只要把两根相互隔开的裸铜线，并排布置在待监测绕组内，受湿传感器就算作成了。如图 296 所示。

图中， VT_2 和变压器 T 绕组组成自耦变压器反馈式音频振荡器。振荡频率主要由变压器电感和电容器 C_2 决定。调节电阻器 R_3 则可改变反馈量，获得悦耳的声响。

VT₂ 是电子开关电流放大器。把受湿传感器如图所示接到 VT₂ 的基极。RHO 干燥时，两裸铜线是绝缘的，所以 VT₂ 是截止的，扬声器不响；当被测物体受湿，由于水是导电的，所以受湿传感器两端电阻值会立即下降到 100kΩ 以下，从而产生 10μA 以上的基极电流使 VT₁ 导通，VT₂ 也相继工作，于是扬声器便发出了报警声。当绕组烘干后，RHO 两端阻值大于 200kΩ，HA 就不会鸣叫了。

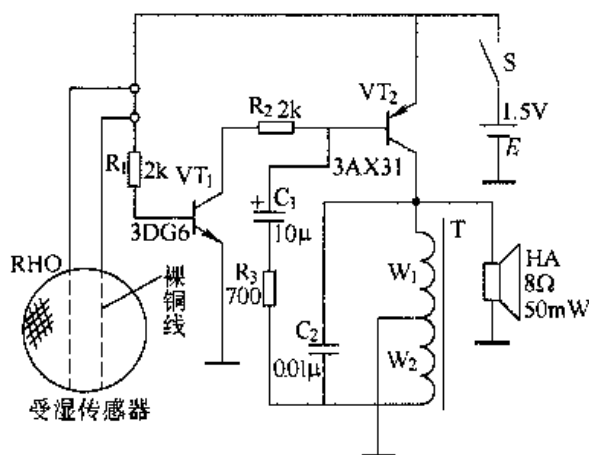


图 296 自制受湿传感器及报警电路

例 297. SFG—15N1A 力敏传感器经典电路

在日常生活中，人人都能感受到力的存在。当你肩负重担时，就会感到“压”得难受。小孩吹气球，当气球内的压力大于外界大气压力时，气球便鼓起来，越使劲吹，气球鼓得越大。在科学研究和工农业生产中，力更是起着重要的作用，它可以为人类造福，但也能酿成灾难。18 世纪出现的蒸汽机，就是利用蒸汽的压力来开动机车，引起了世界性的工业革命。然而也就是在当时，由于对蒸汽锅炉的压力不能准确测量和控制，常常发生锅炉爆炸，夺去了许多人的健康和生命。因此，对力的测量和控制，越来越受到人们的重视。尤其是近些年应运而生的力敏元件和力敏传感器，受到了各行各业有识之士的青睞，用它们组装的力敏测量和控制电路，已广泛地应用到方方面面。从这例起列举数例力敏传感器及其应用电路，以供电工同仁参考。

SFG—15N1A 力敏传感器，是霍尼尔（Honeywell）公司生产的力敏传感器，属硅压阻式。它是利用微细加工工艺在一小块硅片上加工成硅膜片，并在膜片上用离子注入工艺，作出四个硅压电阻器接成力敏电桥而成。当力作用于硅膜片上时，膜片产生形变，电桥中两个桥臂电阻的阻值增大，另外两个桥臂电阻的阻值减小，电桥失去平衡，输出与作用力成正比的电压信号。关于硅膜片的结构如图 297a 所示，力敏电桥及其接线如图 b 所示。

SFG—15N1A 结构简单，其内部无放大电路及温度补偿电路、功耗低，有较

好的线性及重复性。有关它的各项参数指标，参见《经典智能电路 300 例》附录 A·36（机械工业出版社）。

该力敏传感器的外形如图 c 所示，其引脚①~④与图 b 一一对应。传感器的安装方向可任意，不会因安装方向而引起性能变化，但要注意不要堵住壳体底部的排气孔，如图 d 所示。

图 e 是 SFG—15N1A 的经典应用电路。当作用力为 0~15N 时， U_0 输出 0~1500mV（灵敏度为 1mV/g）。力敏传感器 AF 由电源经三只二极管降压后约 10V 供电。 $A_1 \sim A_3$ 组成仪表放大器，其差动输入端直接与 AF 的②脚、④脚连接。 A_4 接成跟随器，输入电位器 RP_2 的电压的作用是消除零点输出，即作用力为零时，若电桥有不平衡输出，或放大器有失调电压时，可以调整 RP_2 ，使输出 $U_0 = 0V$ 。调整 RP_1 （调节放大倍数），可以在满量程即 15N 作用力时，使 $U_0 = 1500mV$ 。

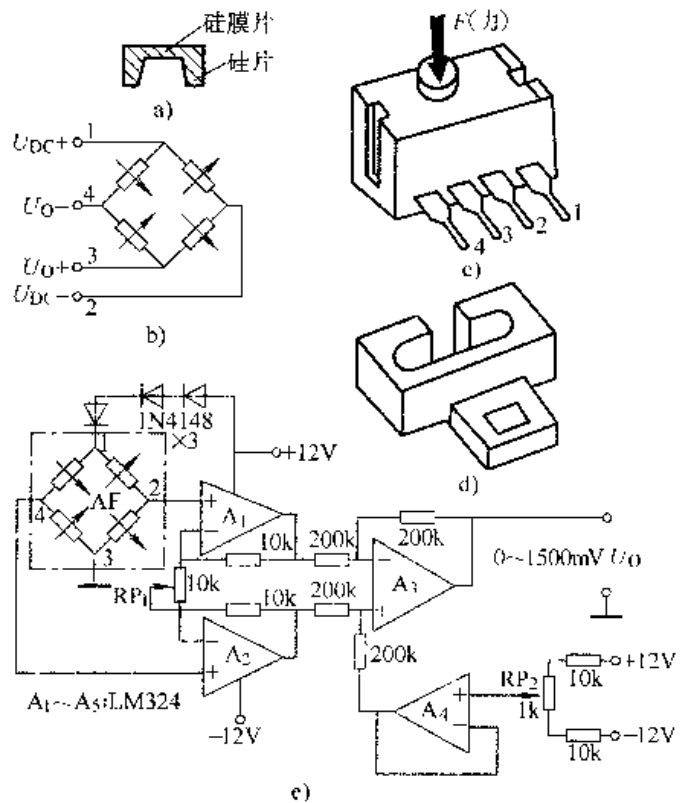


图 297 SFG—15N1A 力敏传感器经典电路

SFG—15N1A 应用范围较广，其典型应用如医疗注入泵、机械手触力控制等等。

例 298. IC—1431 型硅压阻式压力传感器经典电路

压力有绝对压力、表压力、负压力（真空度）及差压之分。绝对压力是指被测介质作用在容器单位面积上的压力，用 P_j 表示。地面上的空气柱产生的平均压力，称作大气压力，用 P_q 表示。绝对压力与大气压力之差称为表压力，用 P_b 表示 ($P_b = P_j - P_q$)。当绝对压力值小于大气压力时，表压力为负值，此负值的绝对值称为真空度用 P_z 表示。两个压力 P_1 及 P_2 的差称为差压，即 $\Delta P = P_1 - P_2$ 。

压力的国际单位是帕 (Pa)， $1Pa = 1N/m^2$ 。由于帕的单位太小，一般采用千

帕 (kPa) 或兆帕 (MPa)。

IC—1431 型硅压阻式压力传感器, 可用于表压力、绝对压力、真空度和差压的测量。此外, 还可以间接测量飞机的飞行高度、飞行速度、大型储液罐的液位、海洋的水深、气体管道的流量、人体的血压及呼吸压等。

硅压阻式压力传感器, 是利用腐蚀工艺在单晶硅片上制成硅杯 (参见图 297a), 其中间部分即形成硅膜片 (即弹性体), 然后在硅膜片上用扩散工艺或离子注入工艺制成一定形状的力敏应变片, 并连接成力敏电桥。当硅膜片受到压力作用时, 力敏电桥阻值发生变化, 使电路输出相应的电压信号 U_0 , 电路如图 298 所示。

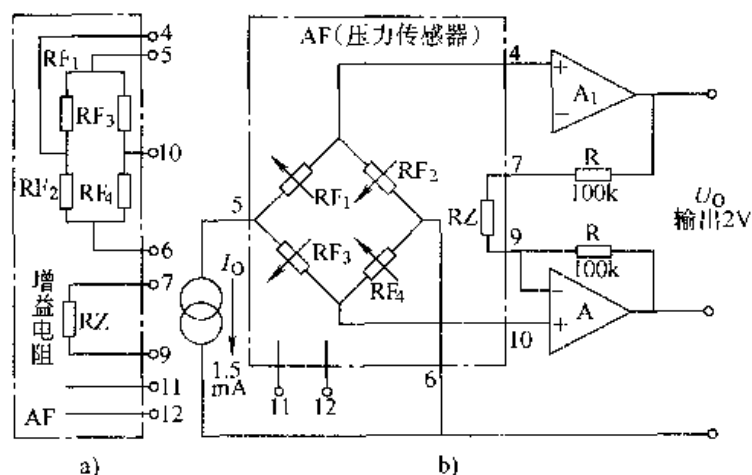


图 298 IC—1431 型硅压阻式压力传感器及其经典电路

美国 IC 传感器公司生产的压力传感器, 除 1431 型外, 还有 83 型、96 型、97 型、154 型等多种。

这些压力传感器的硅膜上, 还带有一只增益电阻, 用它的阻值大小来补偿电桥灵敏度的离散性, 使传感器具有互换性。因此这种传感器有 6 只脚, 如图 a 所示。①、②脚为测试点。

图 b 为带增益电阻 RZ 的经典应用电路, 采用恒流源 $I_0 = 1.5\text{mA}$ 为 IC—1431 型硅压阻式传感器供电。输出满量程为 2V, 无需再进行调整。

例 299. 自制导电式压力传感器应用电路

压力传感器种类繁多, 不胜枚举。这里介绍最简单易作的导电海绵式压力传感器, 极适于电工自制, 结构如图 299a 所示。

选取两块铜板, 焊接导线作引线, 中间夹住一块导电海绵即可成功。这样, 当有人在铜板上施加压力时, 导电海绵受到挤压, 就会变薄, 阻值变小; 当松开

时，海绵恢复原状，阻值变大。这种压力传感器的文字符号用 RF 表示，电路图形符号如图 b 所示。

图 c 为压力电子开关图。当 RF 未受到压力时，调节 RP，继电器 K 不吸合；当 RF 受到压力时，K 吸合，这样就可以自动控制各种设备了。

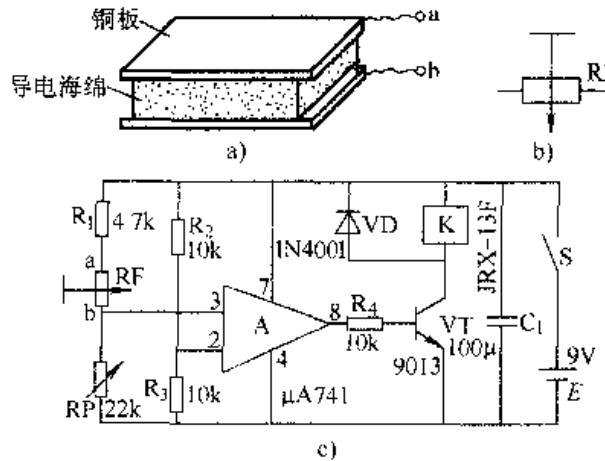


图 299 自制导电海绵式压力传感器应用电路

例 300. QM—N5 型气敏元件双电源应用电路

当您漫步酒楼餐厅之际，一定会有香味扑鼻之感；当您途经农药仓库门口之时，又会情不自禁地捂住鼻子。鼻子具有辨别气味的功能，恐怕是尽人皆知的了。然而，在一些无色无味的易燃、易爆、有毒、有害气体面前，人的鼻子就不灵了，而气敏元件及由它组成的气敏电路，这时就可以“露一手”了。

气敏元件品种繁多，均具有“嗅觉”智能。由气敏元件组成的气敏智能电路，更是形形色色，举不胜举。从本例开始的数例介绍气敏元件的应用电路

QM—N5 型气敏元件属于 N 型金属氧化物半导体气敏元件。它适合检测天然气、煤气、液化石油气、氢气、一氧化碳、烷类气体、烯类气体、汽油、煤油、柴油、乙炔、氨类蒸汽、醚蒸汽及烟雾等。用它作为可燃性气体探头，具有灵敏度高、稳定性好、响应和恢复时间短等优点。文字符号用 RQ，结构及测试电路如图 300 所示。

图 a 为 QM—N5 型气敏元件结构图。管心焊接在 6 脚插头的接线柱上，其中插头的②脚、⑤脚接管心加热丝，①脚、③脚接测量极 A—A；④脚⑥脚接测量极 B—B。管心采用 80~100 目双层不锈钢网封装。

图 b 为管心结构，图 c 为 QM—N5 型气敏元件电路图形符号，f—f 为加热极，A—A、B—B 为测量极。图 d 为小⑦脚瓷质管座接线图，与图 a、b、c 引脚一致。

图 e 为 QM—N5 型气敏元件双电源接线测试图，也是基本应用电路。负载电

阻 R_L 兼作信号取样电阻。当气敏元件“嗅”到可燃气体后，信号就从 R_L 上取出。也就是说，通过测量 R_L 两端电压值 U_O 的高低，就可检测出气体浓度的大小，尤其在低浓度范围内效果更为显著。

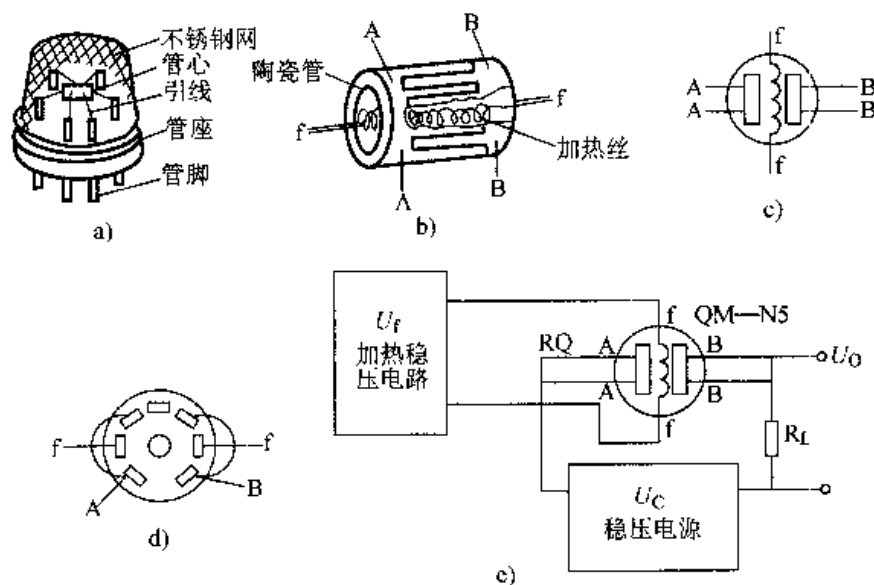


图 300 QM—N5 型气敏元件双电源应用电路

例 301. QM—N5 型气敏元件单电源应用电路

QM—N5 型气敏元件在应用中大多采用单电源供电。

电路如图 301 所示。图中的 U_C 为测量回路电源电压，为了获得电热丝加热电压 U_f ，这例采用电位器（线绕电位器 2W）和金属膜电阻器（2W 以上）R，以降至 U_f 所需电压值。图 a 既是典型应用电路，又是参数测试电路。

在气敏测量时，需要标定气体 0.1% 丁烷。那么，怎样来获取呢？方法如图 b 所示。首先用 100mL 注射器从打火机中抽出 2mL 丁烷气体，注入球胆，然后再抽取 1998mL 的洁净空气注入球胆。由于注射器容积小，1998mL 要向球胆注射 20 次，所以操作时宜两人配合进行，一人抽气注射，一人操铁夹，注气时松开铁夹，注射完毕将篮球胆气管夹紧。篮球胆必须是干净的，配好的气样最好随配随用。

可燃性液体气样的配制方法如图 c 所示。以配乙醇（酒精）气样为例：将青霉素瓶洗净，晾干，然后装入少许乙醇并插入盛有 50 ~ 60°C 的热水的器皿中，并用橡胶盖盖严，插入一只注射针头。被加热的乙醇迅速变成蒸汽，通过注射器向外排泄时，鼻子可闻到酒味，此时青霉素瓶内空间则可认为是 100% 的乙醇气体。将注射器内的空气排出，插入橡胶盖（同时拔出原注射器针头），此时青霉

素瓶内的乙醇气体进入注射器，则注射器内的气体为 100% 乙醇气体。如果要按体积比配制乙醇气样，则可按图 b 所示方法操作。

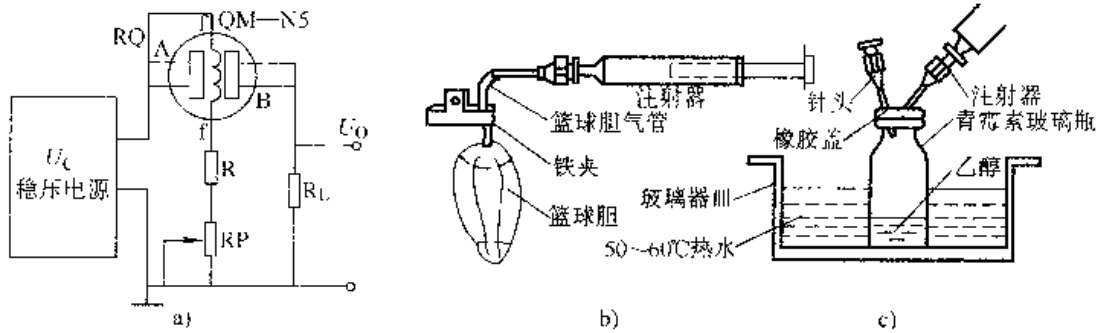


图 301 QM—N5 型气敏元件单电源应用电路

例 302. QM—N5 型气敏元件一氧化碳，报警应用电路

此报警器简单易作，无需调试，电路如图 302 所示。

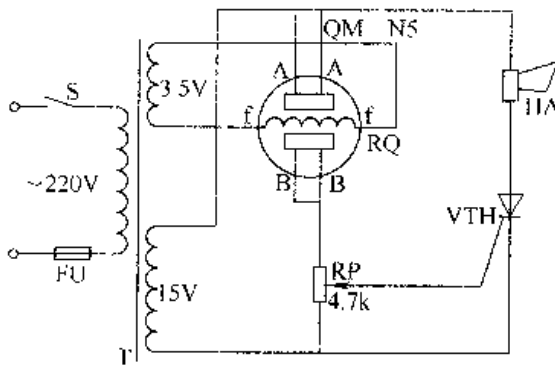


图 302 QM—N5 型气敏元件一氧化碳报警应用电路

在这例中，变压器 T 将市电变成 3.5V 和 15V 两种低压交流电。其中 3.5V 电源供气敏元件的加热丝用电，15V 作测量回路电压。用 3.5V 交流作加热电压，元件 RQ 在工作过程中就无需加热清洗了。RP 为报警点设定电位器。当一氧化碳超过某一浓度，在 RP 的中抽头上产生的信号电压大于晶闸管 VTH 的门极触发电压时，VTH 导通，电笛立即发出报警声响。

例 303. 用运算放大器构成的气敏控制电路

MQ 系列气敏元件具有灵敏度高、响应快、恢复迅速、长期稳定性好，抗干扰能力强以及价格便宜等特点，已被广泛应用于可燃性气体、易挥发性气体、毒性气体和烟雾等的检测报警、自动控制及测试仪器中，其外形与 QM—N5 型相似。这里介绍它的一个典型应用电路，如图 303 所示。

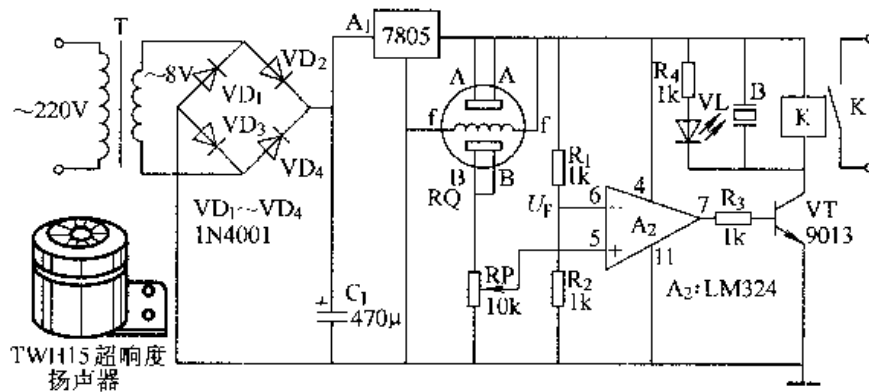


图 303 用运算放大器构成的气敏控制电路

电路原理是：市电经变压、整流、 A_1 (7805) 稳压后，向整机电路供给 +5V 直流电源。 A_2 (LM324) 构成一个比较器， R_1 、 R_2 分压后，设定一个比较电压值 U_F 。一旦气敏元件 RQ 感测到被测气体或烟雾后，RQ 电阻值下降，RP 上的取样电压升高，超过了阈值 U_F 后，比较器的输出由正常状态下的低电平翻转成高电平，通过晶体管 VT 驱动发光二极管 VL 发光，继电器 K 吸合，与此同时压电陶瓷片 B 鸣叫，起到控制外电路和报警的作用。

本电路的灵敏度由 RP 调整。如果嫌报警声响不够，可用继电器的触点 K 控制 TWH15 型超响度扬声器，这种扬声器的工作电源电压为直流 12V。触点 K 亦可驱动排风扇等设备（图中只一个 K 触点，实际可能有几个）。

气敏元件应用时亦需预热。

例 304. 氢敏元件及其应用电路

Pd—MOSFET 氢敏器件，简称 Pd—MOS 是一种检测氢气的敏感元件，其结构及应用电路如图 304 所示。

Pd—MOS 是用钯薄膜作为栅极的 N 沟道增强型的 MOS 场效应晶体管，其结构如图 a 所示。当它与环境中的氢气 (H_2) 相接触时， H_2 分子在钯膜的表面被吸附，并分解成为吸附氢原子，透过钯膜达到 Pd— SiO_2 界面，形成电偶极层，从而改变了钯与 SiO_2 的功函数差。功函数差的变化可从器件的源、漏间 U_{DS} 的变化反映出来，据此便可以检测出氢的存在，以及 H_2 的浓度值。

图 b 为氢敏元件的内部结构图。为了提高稳定性和响应速度，元件需在恒温 ($150^{\circ}C$)、恒流 ($100\mu A$) 的条件下工作。从结构图上可以看出，元件由氢敏元件 Pd—MOS、加热元件 RH 和测温元件 DT 等集成而成。

图 c 为氢敏元件的外形及管脚图。

图 d 为氢敏元件的经典应用电路之一，专用于氢气检漏。当氢敏元件 RQ 与

氢气接触时，其源漏电压 U_{DS} 产生变化，此电压经分压后加至 A_1 ，经放大后由电流表头 PA（表盘改绘成氢气浓度）指示出氢气浓度值来。

运算放大器 A_2 作为电压比较器，它将测温器件 DT 上的电压值与从电位器 RP_2 上取得的开门电压进行比较，再经 VT_1 、 VT_2 组成的开关电路，控制加热元件 RH 的电流，以达到恒温（150°C）的目的。

若是在 A_1 的输出端加一个声光报警电路，则可以实现氢漏报警；如果加一个电子继电器电路，即可以利用氢气控制其他电器（如电动阀）。

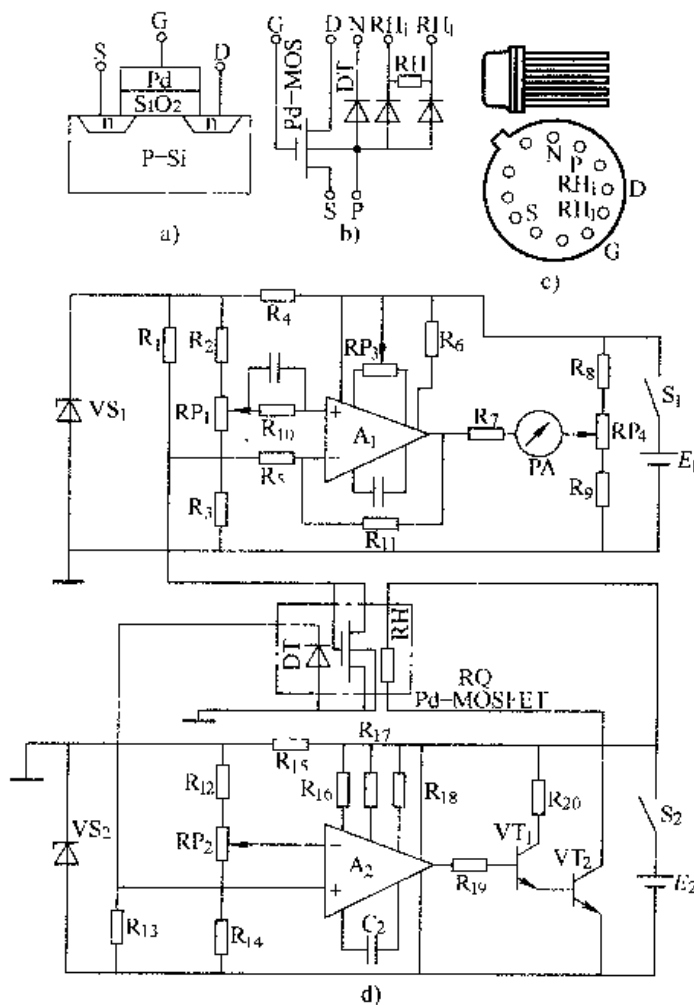


图 304 氢敏元件及其应用电路

例 305. 电压敏电阻器对中心点不接地单相避雷电路

常用的电压敏元件有压敏电阻器和瞬变电压抑制器 (TVS)。压敏电阻器的主要特征是在某一电压范围内几乎没有电流通过，而当外加电压超过这一电压范围时，电流急剧增大。瞬变电压抑制器 (TVS) 是为抑制各种形式的电浪涌而专门设计的高效能保护器件。当它承载瞬态高能量脉冲时，立即由原来的高阻抗变

为低阻抗，吸收电浪涌，从而确保电子系统中的元器件不被损坏。从这例开始的数例介绍电压敏电阻器的应用电路。

普通电阻器遵从欧姆定律，而压敏电阻器则不然，其伏安特性呈特殊的非线性关系。

图 305a 为 MY31 型氧化锌压敏电阻器结构图。它有一个庞大的家族，它可用于几伏到几万伏的电子线路和交直流电压线路中，吸收大气过电压和操作过电压，用来保护电器设备或半导体元器件。

图 b~f 为常用的几种压敏电阻器。谨供读者在设计电路时参考。

图 g 为压敏电阻器的电路图形符号，文字符号为 RV。

中心点不接地的单相避雷电路如图 h 所示。在线间和两

线对地之间均设有压敏电阻器，这样既可以将线上的直接雷电流引入地下，又可将平行导线的感应雷电流引入地下，使电气设备免遭雷击。

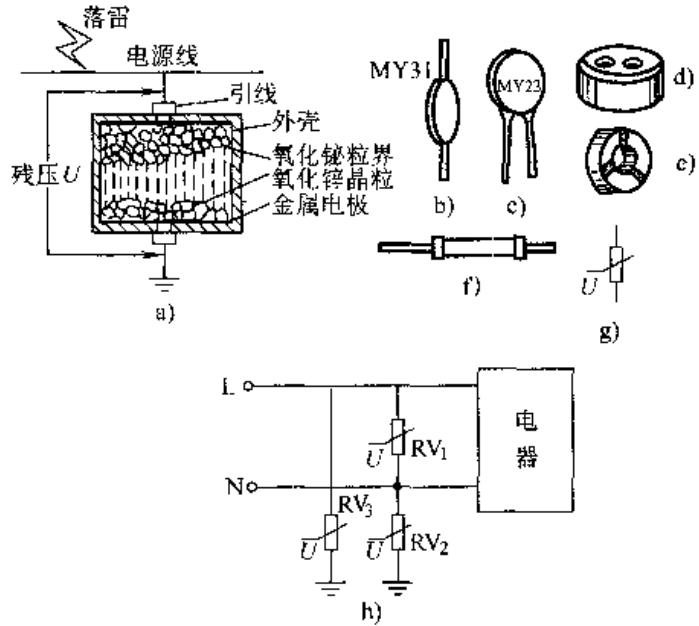


图 305 电压敏电阻器对中心点不接地单相避雷电路

例 306. 电压敏电阻器对配电变压器低压侧防雷电路

这种接法可以避免配电变压器 T 的高压侧雷电感应到变压器低压侧，使用户电气设备过压而损坏，也可避免低压侧雷电击穿变压器绝缘层事故的发生。如图 306 所示。F₁ ~ F₃ 为高压阀式避雷器。

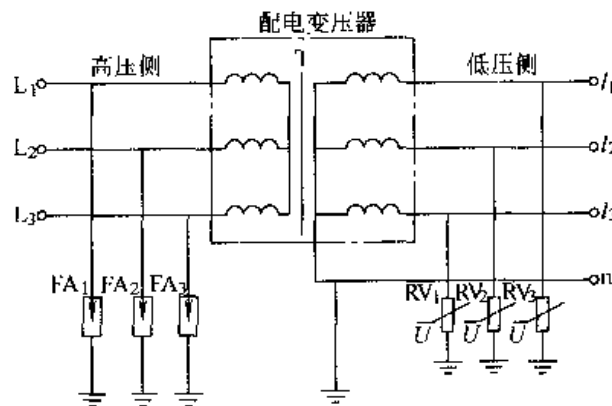


图 306 电压敏电阻器对配电变压器低压侧防雷电路

例 307. 瞬变电压抑制器作直流电源保护电路

对于任何电子系统，电压或电流的瞬间浪涌，都有可能使其失效或损坏。每年全世界由此造成的损失高达数十亿乃至数百亿美元。因此，对电子系统的保护至关重要

瞬变电压抑制器 (TVS)，亦叫瞬态电压吸收二极管。它能承受的瞬时脉冲电压峰值可达数 kV；瞬时脉冲电流峰值可达数 A 至数百 A，其钳位响应时间仅为 10^{-12} s。它的外形很像一只普通的二极管，如图 307a 所示，图形符号与稳压二极管相同，文字符号是 TVS。

图 b 为 TVS 作直流电源保护电路，它与被保护的电器并联。连接时须注意极性不可接错。

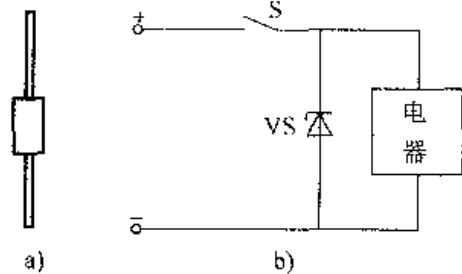


图 307 瞬变电压抑制器作直流电源保护电路

例 308. 瞬变电压抑制器作交流电源保护电路

这例电路是两只瞬变电压抑制器对接后，再并联于变压器 T 的二次侧以保护桥式整流电路不遭过电压损坏，从而保护了电源变压器不被损坏了的整流桥短路。如图 308 所示。

在这里，串联应用的两只 TVS 的电参数必须一致。

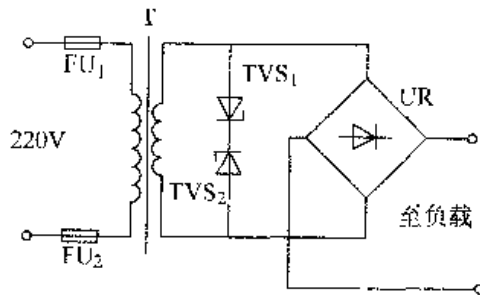


图 308 瞬变电压抑制器作交流电源保护电路

例 309. 霍尔效应集成电路

霍尔集成电路，亦叫霍尔效应集成电路。所谓的霍尔效应，就是当一个磁场加到一个通有电流的导体上时，在该导体的两侧面就会产生一个电压。

霍尔集成电路，是一种半导体磁敏元件。它将霍尔电压发生器、放大器、施密特触发器以及输出电路等，集成在一块芯片上，为使用者提供了一种简化而完善的磁敏元件。

霍尔器件及霍尔集成电路的品种颇多。图 309 以 CS 系列霍尔集成电路为例，

介绍其原理及有关知识。

霍尔集成电路又分为霍尔线性集成电路和霍尔开关集成电路。

图 a 为霍尔开关框图，图 b 为其工作原理图。H 为霍尔电压发生器，又叫霍尔元件。当磁钢 Y 的磁场相加于霍尔元件时，在 M、N 两端可产生几十毫伏的电压。VD₁、VD₂ 一方面起着电压平移的作用，使 M、N 两端的输出电压能与放大器匹配，另一方面也可起温度补偿作用。

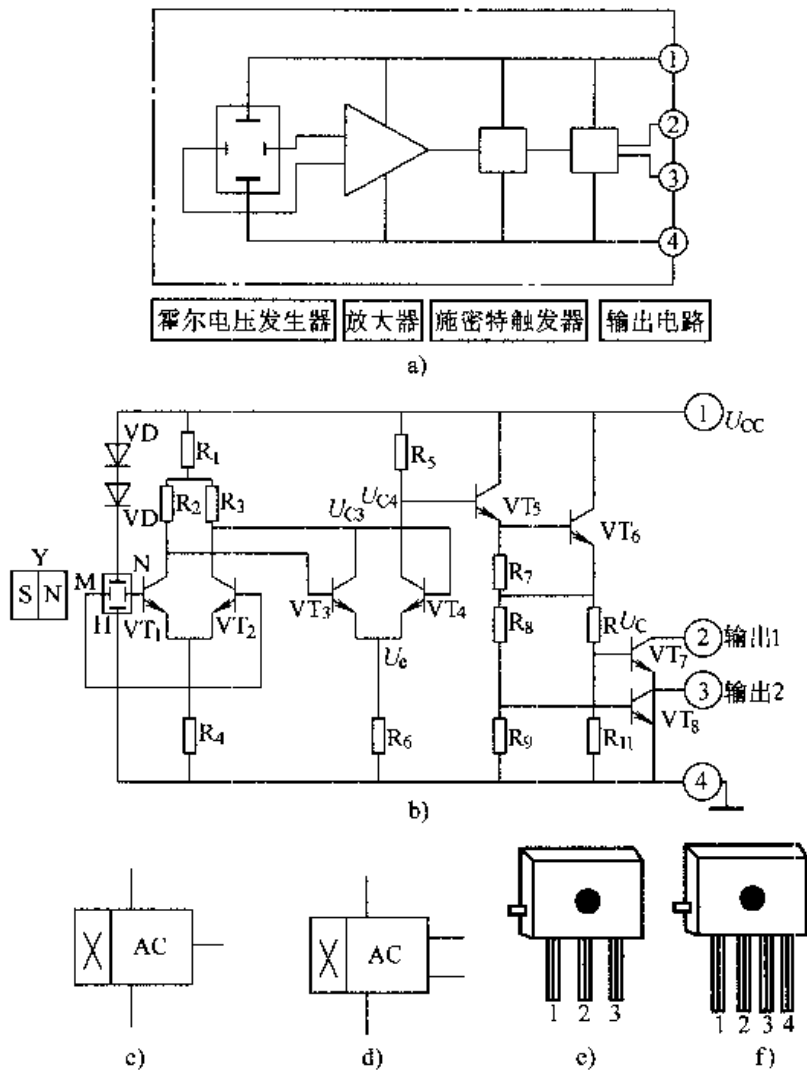


图 309 霍尔效应集成电路

放大器由晶体管 VT₁、VT₂ 及电阻器 R₁ ~ R₄ 组成。实则为我们所熟知的差分放大器。它将霍尔电压发生器输出电压放大后，驱动施密特触发器（射极耦合双稳态电路，见《经典晶体管电子线路 300 例》一书，机械工业出版社出版）。它由 VT₃、VT₄ 及 R₅、R₆ 等组成，把差分放大电路输出信号整形，变成矩形脉冲。

输出电路由 VT₅、VT₆ 及 R₇ ~ R₁₁ 组成。采用双管 VT₅、VT₆ 集电极开路输出，

可以同时输出两个信号，且功能相同，电位一致，可以直接与外电路接口，亦可将两管集电极（即两个输出端）并联使用，为用户提供方便。

霍尔集成电路的图形符号如图 c、图 d 所示，分为单端输出和双端输出。图 e 为单端输出的霍尔集成电路（如 CS839、CS6839）；图 f 为双端输出的霍尔集成电路（如 CS7837、CS6837）。霍尔集成电路的文字符号为 AC。

这里顺便讲一句，霍尔线性集成电路的结构，除了内部没有施密特触发器外，其余结构均与霍尔开关集成电路相同。

例 310. 霍尔效应集成电路常用接口电路

霍尔集成电路常用接口电路如图 310 所示。

图 a 为霍尔集成电路 AC 直接带动继电器 K 的电路。设计时，要求继电器的工作电流不得大于 AC 的输出电流。 $+E$ 为直流电源（电池），也可用 U_{DC} 。

图 b、图 c 为驱动晶体管 VT 电路。它一般用于较大负载的场合，VT 起着功率放大的作用。 R_L 为负载，可以是电阻性负载，也可以是继电器之类的电感性负载。

图 d 为 AC 触发晶闸管 VTH 电路， U_{AC} 为交流电源， R_L 为负载。

图 e 为霍尔集成电路 AC 触发双向晶闸管电路。

图 f、图 g 分别为霍尔集成电路 AC 驱动 TTL、CMOS 集成电路的电路。

图 h 为磁控发光二极管电路。用小磁钢靠近霍尔集成电路 AC 的磁敏感面，发光二极管 VL 就发亮；小磁钢远离则 VL 就熄灭。

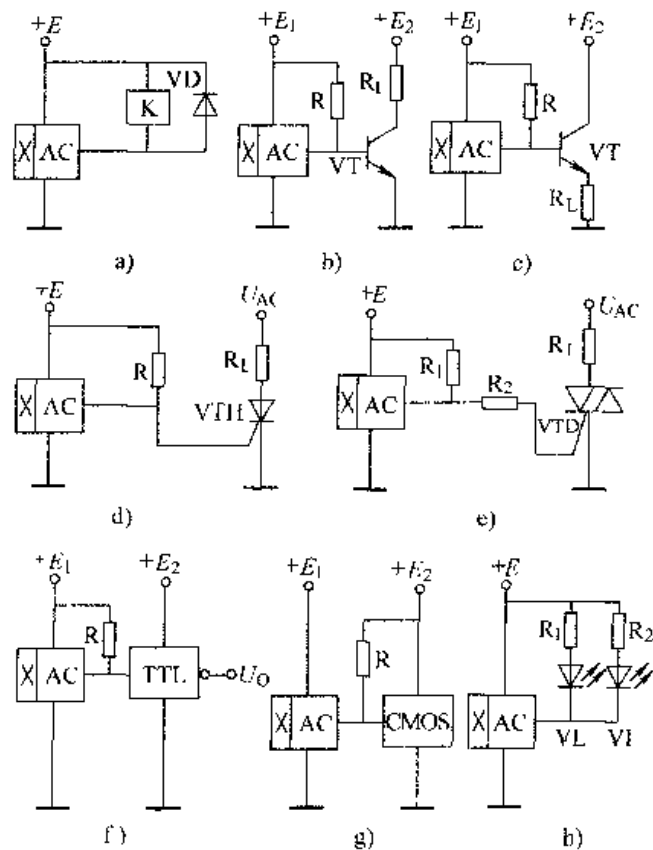


图 310 霍尔效应集成电路常用接口电路

例 311. 压电晶体声控电灯

“芝麻，开门”，门就自动打开了。这在《阿里巴巴与四十大盗》之类的神话故障中屡见不鲜，它反映古代人们对声控的欲望。随着科学技术的发展，今天声

控已成为现实，声控电路的应用十分广泛。这里列举数例经典声控电路，以供读者选用。

压电晶体扬声器声控电灯如图 311 所示。

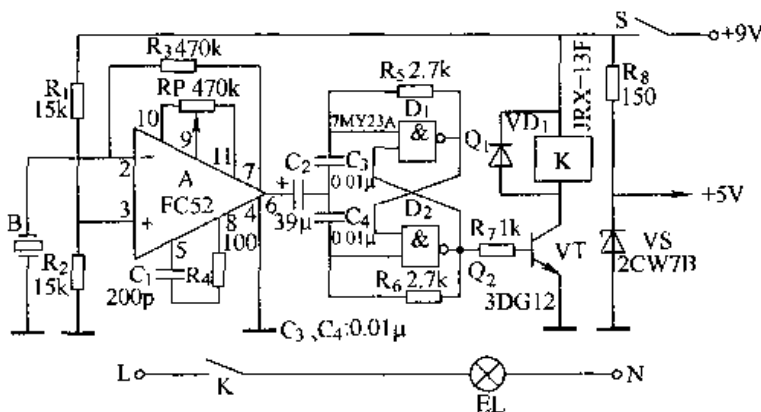


图 311 压电晶体声控电灯

图中，集成运算放大器 A 及其外围元件组成高增益音频放大器，以便将声频信号（由压电晶体扬声器 B 转换而来）进行放大。双与非门电路 D₁、D₂ 等构成双稳态触发器。晶体管 VT 主要用于将触发器输出的脉冲进行放大，以驱动继电器 K 动作，使控制电路中的电灯点亮或熄灭。

例 312. SK—I 声控电动机开关电路

声控电路的核心部件是电声器件，它是一种声电换能器——传声器，俗称话筒，旧称收音器、麦克风。它有动圈式、电容式、碳粒式、压电式等多种形式。例 311 用的是压电式，这例用的是电容式话筒，其外形如图 312c 所示，接线方法如图 d、图 e 所示。

SK—I 为声控集成电路，其内部由信号接收放大器、延时整形器、选频器、触发器和输出驱动器五部分电路组成。其管脚排列如图 a 所示。

SK—I 亦可用于光控、气敏控、磁控等多种敏感元件的自动控制电路，只需将敏感元件的信号加在 SK—I 的①脚即可。

作为声控电路，如图 b 所示，须调整

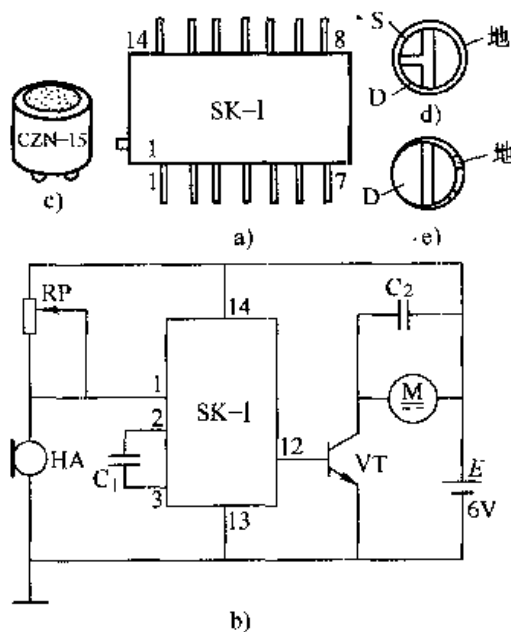


图 312 SK—I 声控电动机开关电路

电位器 RP，使 SK—I 的①脚电位略高于 $E/2$ ，这时声控灵敏度最高。必须强调的是，不论使用何种敏感元件，在无信号输入前，都要设法使①脚电位高于 $E/2$ ，即要使输入端偏置电阻的阻值，接近并稍小于敏感元件阻值的内阻。在使用本电路前，首先要了解一下敏感元件的内阻，再确定 RP 的标称阻值，一般来说，RP 的阻值可大于敏感元件内阻的 $1/3 \sim 1/2$ 以上。如采用光敏二极管代替图 b 中的话筒 HA，RP 可取 $200 \sim 300k\Omega$ 。图 b 中负载为电动机（电感性负载），所以在负载上跨接一只 $0.33 \sim 0.1\mu F$ 的电容器即可。

例 313. SK—II 声控电路

SK—II 型声控集成电路是在 SK—I 型的基础上发展起来的。它是在 SK—I 型触发信号输入端的前面，增加两级反相放大器，因而可进行三种不同的灵敏度选择，还可用放大器组成自激振荡电路。SK—II 型声控电路如图 313 所示。

电路封装有两种形式。图 a 为黑胶封装；图 b 为扁平陶瓷封装。图 a 中间的圆圈代表黑胶将芯片保护，条状片为敷铜片（印制线条），将芯片的引线接出。

图 d 为 SK—II 的典型应用电路，图 c 为话筒 2CZ17、2CZ18 的接线图。

在这例中，A 点输入为三级放大，灵敏度最高；B 点输入为两级放大，灵敏度次之，可满足一般要求，可省去 C_2 、 R_3 ；C 点输入为一级放大，灵敏度较低，此时可省去 C_1 、 R_2 、 C_2 、 R_3 。调整方法与 SK—I 型电路相同。

话筒接在 A 点使用时，在有声音时出现自激振荡，是因为 SK—II 的增益过高所致，可改变反馈电阻 R_2 、 R_3 的阻值，或者干脆省略一级放大，由 B 点输入音频信号，用降低增益的办法来消除自激现象。至于 RP 的调试方法，与 SK—I 相同。

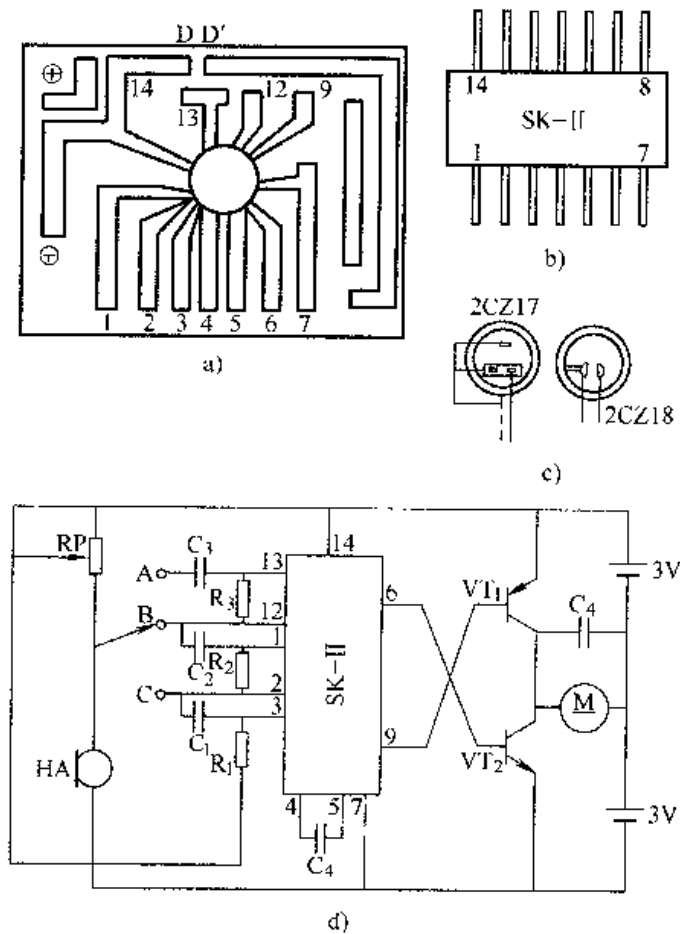


图 313 SK—II 声控电路

图中元件的参考值如下： $C_1 = 0.01 \sim 0.1\mu\text{F}$ ； $C_2 = C_3 = 510\text{PF} \sim 0.01\mu\text{F}$ ； $C_4 = 0.01 \sim 1\mu\text{F}$ ； $R_1 = R_2 = 1\text{M}\Omega$ 。

例 314. SK—II 声控插座

这例是一种声控开关式插座，使用时只需将它插入普通单相孔插座上，再把被控电器插入插孔 XS 中即可。电路如图 314 所示。

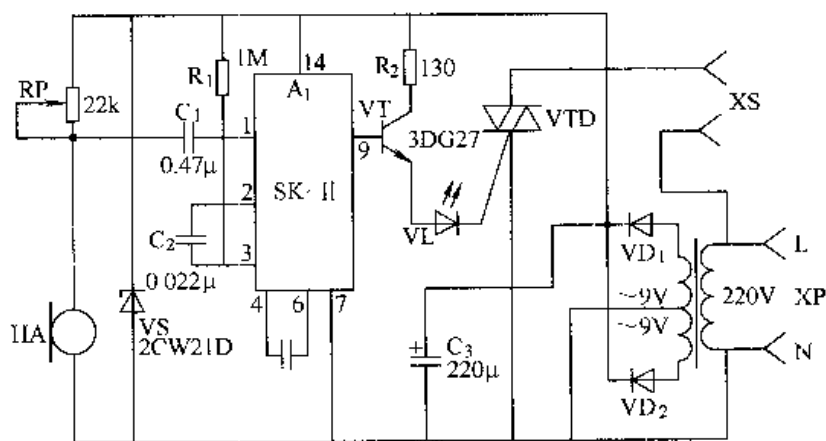


图 314 SK—II 声控插座

A_1 采用 SK—II 型声控集成电路，电路只使用一级输出端。由于只要求提供触发电压和断开触发电压两种状态，所以输出驱动器只使用单臂输出即可。

例 315. SL517 声控继电器

SL517 是一种软封装声控集成电路，它由放大器、双稳态电路，缓冲器及驱动电路等部分组成，可用击掌、喊话、敲击等声音来触发，已广泛应用于声控玩具、电动汽车等方面。电路如图 315 所示。

图 a 为 SL517 的外形及管脚编号图。它可用作集电极输出或发射极输出，具有使用电压低、灵敏度较高、驱动电流较大、装制调试简便、性能稳定可靠等优点，其工作电压为 $2 \sim 7.5\text{V}$ ，静态电流不大于 5mA ，输入灵敏度不大于 15mV ，输出电流为 $100\text{mA} \pm 20\text{mA}$ 。

图 b 为 SL517 的典型应用电路。通过驻极体话筒 HA 将声音转换成电信号，经耦合电容 C_2 输入后，再经放大器放大后，通过电容器 C_4 、 C_5 ，触发双稳态电路翻转，使驱动电路呈开关状态，控制继电器 K 动作。电容器 C_1 用于消除误动作，宜直接焊在话筒上，容量可在 $1000\text{pF} \sim 0.022\mu\text{F}$ 间选取。 C_2 可在 $0.022 \sim 1\mu\text{F}$ 间选取。控制距离为 2m 左右。

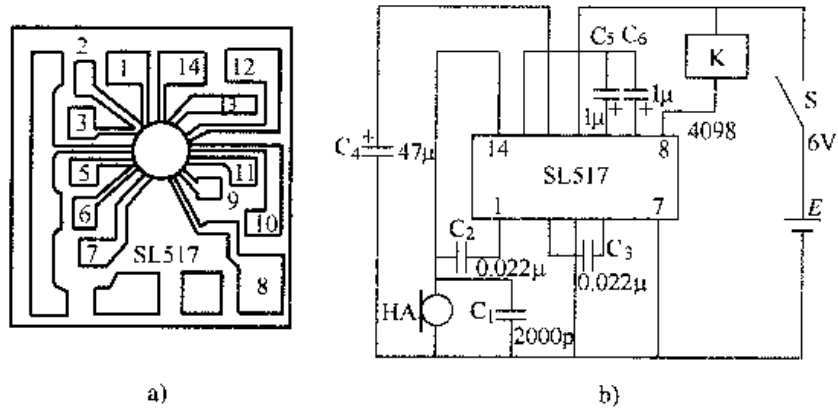


图 315 SL517 声控继电器

例 316. LSE 负载传感器的典型电路

负载传感器 (LOAD SENSOR), 简称 LSE, 它能够判断回路是否开路。把它直接串联在直流或交流回路中, 对回路进行检测具有反应灵敏、空耗极低、使用方便等特点。其典型应用电路如图 316 所示。

图 a 为负载传感器的图形符号, 其文字符号为 AL。

负载传感器 (LSE) 的①、②脚是传感端, 串联在被测回路中; ③脚接电源正极, ④脚是传感信号输出端。当①脚和②脚之间接有感性或阻性负载 (阻值为 $50k\Omega$ 以下, 并构成回路) 时, 如图 a 所示, 其传感信号输出端④脚输出高电平。当无负载或①、②脚断开时, ④脚输出低电平。

图 b 是 LSE 一种最基本的应用电路。将 LSE 直接串联在负载 EH (加热器) 的回路中, 闭合开关 S 接通交流回路, 此时①、②脚之间呈通态, ④脚输出高电平, 继电器 K 动作。与此同时, 交流电源可以通过 LSE 的①、②脚向负载 EH 供电。当开关 S 断开, ④脚输出低电平, K 断开。

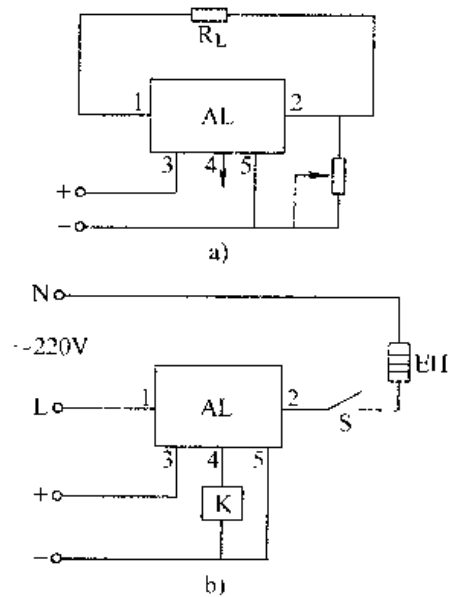


图 316 LSE 负载传感器的典型电路

例 317. CK 型热释红外线传感器典型电路

CK 型热释红外线传感器由于具有独特优异的功能, 被广泛地应用在国防和民用领域, 作遥控、遥测、防盗、警戒、防火及自动化设施, 其原理及典型应用电路如图 317 所示。

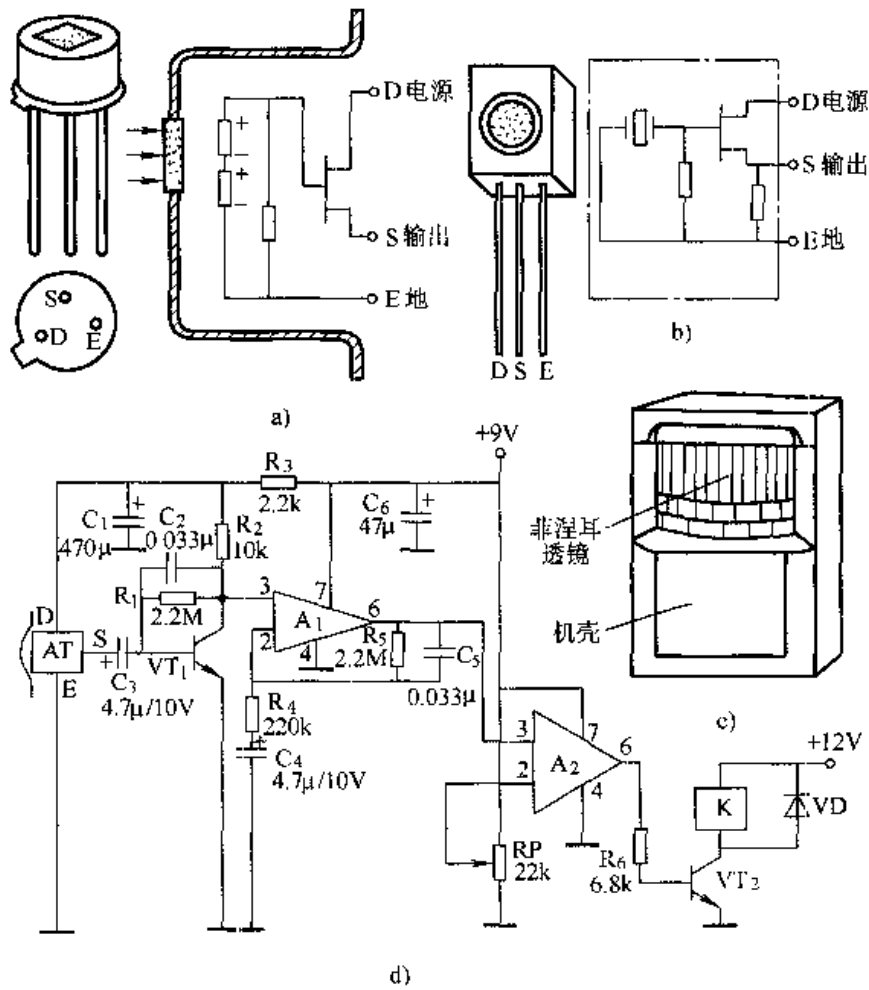


图 317 CK 型热释红外线传感器典型电路

热释红外线传感器主要由高热系数的锆钛酸铅系陶瓷以及钽酸锂、硫酸三甘钛等配合滤光镜片窗口组成，它能以非接触形式，检测出物体放射出来的红外线能量变化，并将其换成电信号输出。

图 a 为金属封装热释红外传感器，图 b 为塑料封装热释红外传感器，内装有变换阻抗用的场效应晶体管，输出阻抗一般为 $10 \sim 47k\Omega$ ，顶端或侧面装有滤光镜片，用来选择接收不同波长的热释红外线。人体辐射的红外线中心波长为 $9 \sim 10\mu\text{m}$ ，而这种探测元件的波长灵敏度特性在 $0.2 \sim 20\mu\text{m}$ 范围内几乎是稳定不变的。在硅片表面贴上截止波长为 $7 \sim 10\mu\text{m}$ 的滤光片，使波长超过 $7 \sim 10\mu\text{m}$ 的红外线通过，而小于 $7\mu\text{m}$ 的红外线被吸收，于是就得到只对人体敏感的热释红外线。在此波长范围内，光线不被空气所吸收，因而可高效率地检测红外线。如果用菲涅耳透镜配合放大电路，将检测出来的红外信号放大 $60 \sim 70\text{dB}$ ，则可检测出 $10 \sim 20\text{m}$ 处的人的行动。热释红外线传感器文字符号为 AT。

图 c 为非涅耳透镜及机壳示意图。透镜面向监视现场，且距地面 2m 以上。

图 d 为 CK 热释红外线传感器典型应用电路。AT 为双元件热释红外线传感器，内部电路见图 a，其接收波长为 $6.5 \sim 14\mu\text{m}$ ，适用于防盗系统，输出阻抗为 $10\text{k}\Omega$ ；AT 为单元件热释红外线传感器，接收波长为 $1 \sim 20\mu\text{m}$ ，适用于温度遥测，但同样亦可用于防盗及自动控制系统，其内部电路如图 b 所示。

在这例电路中，当 AT 接收到人体信号时，输出一个微弱的低频信号，其频率约为 $0.3 \sim 3\text{Hz}$ 。经晶体管 VT_1 和运算放大器 A_1 组成的两级放大器将信号放大至 $70 \sim 75\text{dB}$ 。由 A_2 等组成的电压比较器，设定一参考电压。在无目标进入时，末级无输出；一旦有目标进入探测范围，AT 则有信号输出，经放大后，电压高于比较器设定电压时， A_2 输出高电位， VT_2 导通，继电器 K 吸合，其触点接通报警电路或控制电路，实现了热释红外线探测之目的。

常见的 CK 热释红外线传感器有 CK—3 型（美国产品，探测距离 $20 \sim 25\text{m}$ ，探测角度 85° ）以及 CK—1 型（组装品，探测距离 $10 \sim 15\text{m}$ ，探测角度为 84° ）。

今天，形形色色的传感器方兴未艾，涉及方方面面。由传感器构成的智能电路，更是举不胜举，它控制着各种各样的电器、机械，代替人类不知疲倦地工作。可以预言，21 世纪是传感器普及的世纪，由传感器构成的经典智能电路将给人类带来科技大发展的辉煌时代。

第七章 电力电子保护电路

变压器、电动机从面世之初，就伴随着熔丝走过了数百余载漫长岁月。不知她们当中有多少患难姐妹，由于与熔丝选配不当而遭厄运。无数仁人志士为了拯救她们，一直在探索，追求一个尽善尽美的保护电路。自二十世纪六十年以来，半导体电子技术得到长足的发展，电力电子保护电路才日臻完善。本章从浩如烟海的电路中，精选数例奉献给读者，盼能让大家受到启迪，以便研制出更新更好的保护器。

例 318. 三相电动机断相保护电路

电动机断相烧损，在整个电动机损坏中占有不小的比例。这例介绍的断相保护电路，如图 318 所示。

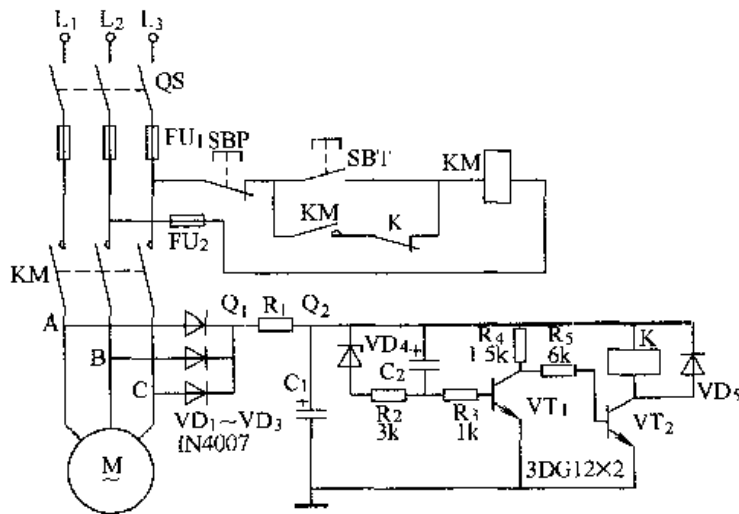


图 318 三相电动机断相保护电路

在靠近电动机三相电源的 A、B、C 三点上，接 $VD_1 \sim VD_3$ 二极管。电源经二极管 $VD_1 \sim VD_3$ 整流、电阻 R_1 降压后，作为断相保护电路的断相检测控制信号。电动机 M 正常运行时，在 Q_1 点得到一个三相零式整流电压，约 250V。经 R_1 降压，在 Q_2 点得到约 25V 直流电压。此电压高于稳压管 VD_4 的稳压值，使 VD_4 击穿，经 R_2 、 R_3 为三极管 VT_1 提供正向偏置电压，使 VT_1 导通， VT_2 截止，继电器 K 失压释放。当三相电源中有任意一相断相时，在 Q_1 点电压立即下降到 80V 左

右， Q_2 点电压降到 17~22V，低于 VD_4 的稳压值，使 VD_4 反偏而截止， VT_1 无基极电流而截止， VT_2 导通，K 吸合。K 的常闭触点断开电动机控制回路，交流接触器 KM 失电释放，电动机 M 的电源被切断，从而保护了电动机。

例 319. 阻容断相保护电路

本例是利用三相电源不平衡时产生的负序电压作断相保护的。电路如图 319 所示。

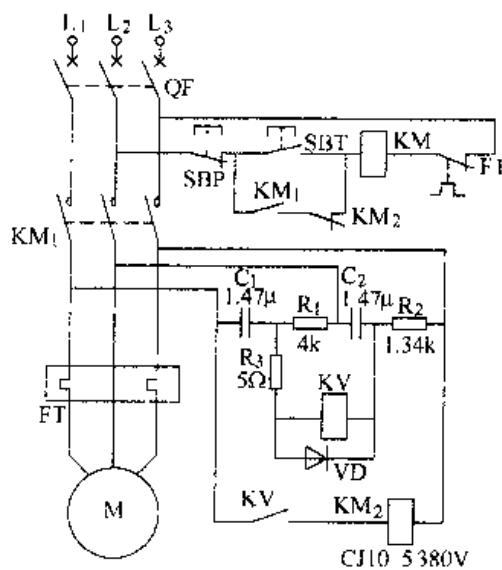


图 319 阻容断相保护电路

根据电工原理可知，当三相电源对称且线电压相互滞后 120° 电角度时，则电压继电器 KV 两端电压为 0V，所以 KV 不动作。当三相电源中断了一相之后，则有电压加到 KV 的线圈两端，KV 吸合，其常开触点动作，接通 KM_2 线圈回路， KM_2 的常闭触点动作， KM_1 线圈失电释放，主触点 KM_1 切除了电动机 M 的电源。

例 320. 利用三倍频压速饱和零序电流保护电路

此例可用于较大容量 Δ 或 Y 形接法的三相电动机，电路如图 320 所示。

断相鉴别是采用一种速饱和电流互感器 TA，其原边串接在主电路中，副边首尾串接成开口三角形。在电源电流三相对称（相等）时，TA 产生的三倍频电压经整流器 VC 和电容器 C 滤波，使灵敏继电器 K 动作，电动机 M 正常运行。当有一相断相时，其余两相的线电流相位相反，则其合成电流等于零，使 K 释放，断开电动机的主回路。

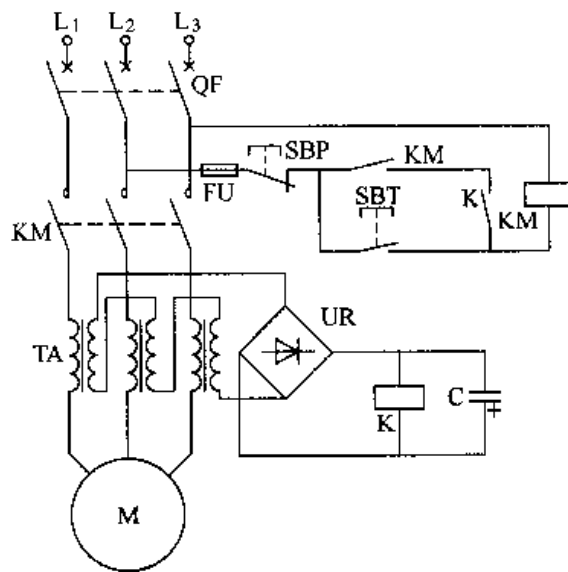


图 320 利用三倍频压速饱和零序电流保护电路

例 321. 晶体管与门保护电路

电路如图 321 所示。当三相电源正常时，电流互感器 $TA_1 \sim TA_3$ 感应出交流电压，使 $VT_1 \sim VT_3$ 都导通，继电器 K 吸合，电动机 M 保持正常运行。当某一相断开，则该相电流趋向零，该相的电流互感器输出为零，其对应的三极管会被截

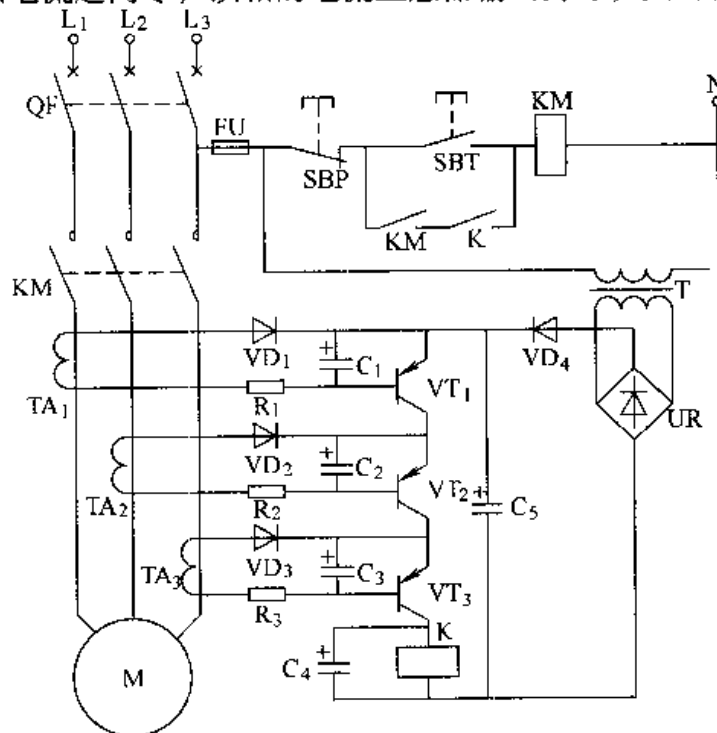


图 321 晶体管与门保护电路

止，“与”门的条件被破坏，K释放，KM相继失电，断开电动机M的交流电源。

例 322. Δ 联结电动机断相用电压继电器保护电路

对于 Δ 联结的电动机，必须做一个人为中性点，即用三个等值的电容（阻抗元件）接成Y形与电动机并联，在这个Y形的中点，接上继电器等保护元件，如图322所示。

电动机三相电源正常运行时，中性点电压 U_{00} 一般小于 10V。电动机负载运行中断相时，中性点电压 U_{00} 的大小与负载有关，其变化范围为 10 ~ 50V，负载愈重，电压愈高，但与电动机的容量关系不大。如选用 DJ131/60CN 型电压继电器（其动作电压范围为 15 ~ 60V，线圈串联，长期允许电压 220V），调整动作电压可整定在 20 ~ 25V；如电动机负载低于 50% ~ 60% 时，整定电压取 15 ~ 20V。如电动机为 Δ 联结，其人为 Y 形的阻抗元件可选用 0.1 ~ 0.47 μ F、400V 的电容器。

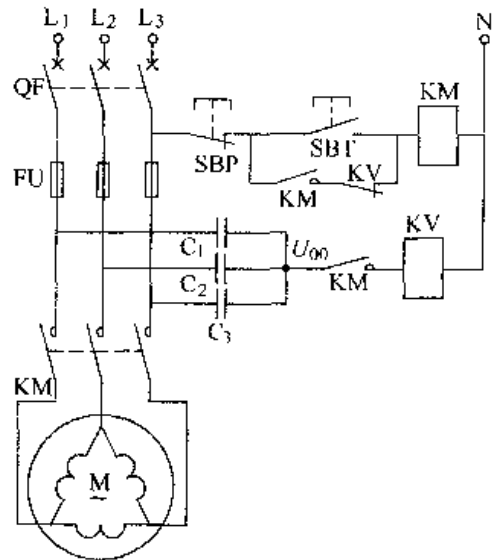


图 322 Δ 联结电动机断相用电压继电器保护电路

本电路适用于 0.6 ~ 55kW 电动机。

例 323. 电子继电器断相保护电路

电子继电器断相保护电路如图 323 所示。

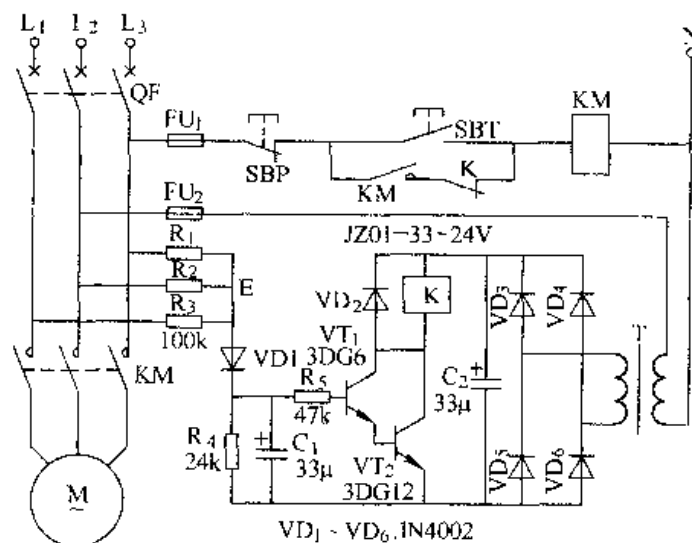


图 323 电子继电器断相保护电路

当电动机正常运行时，三相 Y 接平衡电路中，中性点“E”电压值不高，故 VD_1 不导通，复合管 (VT_1 、 VT_2) 截止，继电器 K 处于释放状态；当断相故障发生后，“E”点对零线电压升高。经 VD_1 整流，使复合管发射极正向偏置导通，K 吸合，其常闭触点断开，使接触器 KM 失电释放。电动机 M 停转。

例 324. 热敏电阻断相保护电路

电路如图 324 所示。

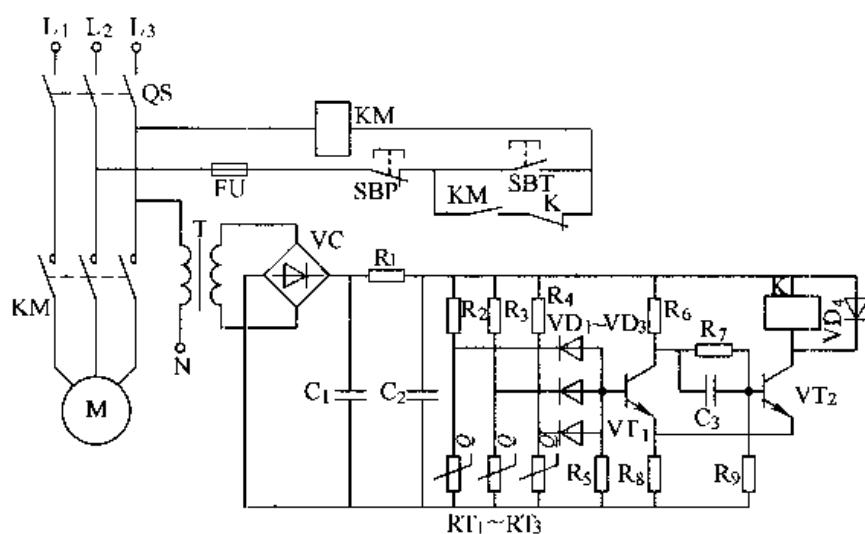


图 324 热敏电阻断相保护电路

将三只热敏电阻 $RT_1 \sim RT_3$ 埋置于 M 的三相绕组之中，并由三只二极管、电阻组成触发器的或门输入电路。当有任何一相绕组的温度超过整定值时，均可使触发器翻转，令继电器 K 动作，断开电动机 M 电源，达到保护的目。

本电路需在电动机内部的每相埋设热敏电阻，而热敏电阻的寿命较短，阻值也有飘移现象，维修、埋设、整定较困难，所以不适合在中小型电动机采用。

例 325. 晶闸管断相保护电路

电路如图 325 所示。电动机投入运行后，如果某相断相，电动机仍在运转，因出线端存在反电势，其数值一般低于额定电压（视负载大小而定，常在 85% 左右）。这时变压器 T 的初级端电压约 320V。若是 VD_3 选用稳压二极管 2CW21，此时 VD_3 上端电压为 2.8V 左右（2CW21 的稳压范围为 3.2 ~ 4.5V）， VD_3 不击穿，晶闸管 VTH 失去控制电压而截止，直流接触器 KM 失电释放，电动机 M 停转。

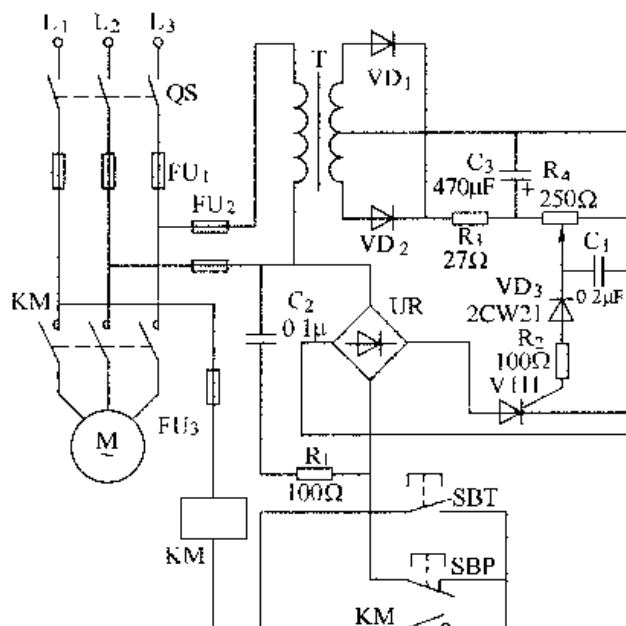


图 325 晶闸管断相保护电路

例 326. 零序电流断相保护电路

这例是以零序电流通过电子继电器动作，以达到断相保护的，其电路如图 326 所示。

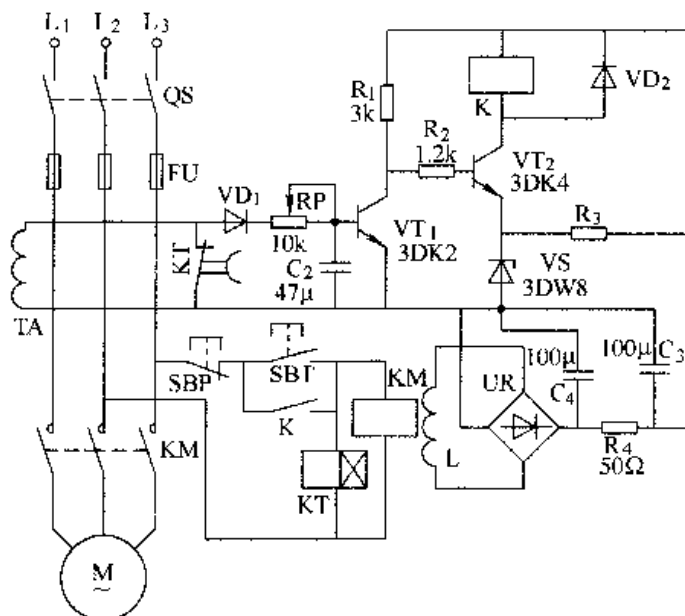


图 326 零序电流断相保护电路

按下启动按钮 ST，KM 吸合，电动机 M 投入正常运行。此时电动机三相负载平衡，零序电流互感器 TA 次级电流等于零，VT₁ 处于截止状态；VT₂ 处于导通

状态，继电器K(JR-4型)吸合，KM自锁。

当发生断相时，TA次级产生的感应电流经VD₁整流，使VT₁由截止翻转为导通，而VT₂由导通翻转为截止(VT₂的电源由KM的线圈外加绕的L绕组取出15~18V，经VC整流后供给)。K失电切断电动机电源，达到断相保护之目的。为避开启动时不平衡电流，可增加时间继电器KT，其延时开启的常闭触点将TA的次级在电动机M启动过程中暂时短路。

对小功率自身三相平衡的电动机则无需增加KT。

例 327. Y 联结电动机断相保护电路

本例电路适用于 7.5kW 以下的电动机，原理如图 327 所示。

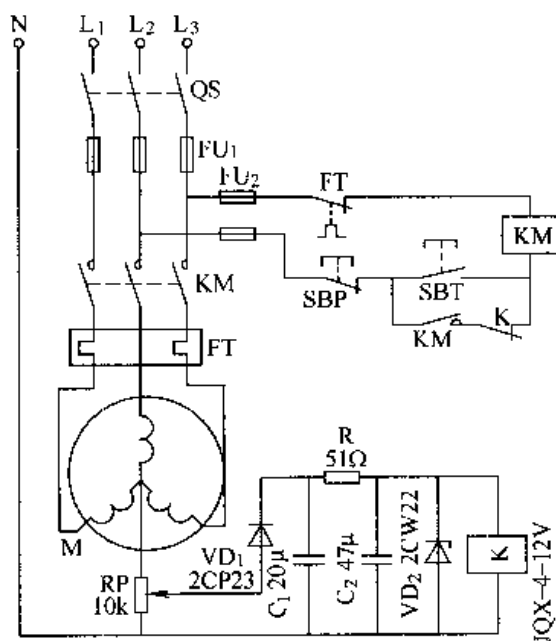


图 327 Y 联结电动机断相保护电路

按下 ST，KM 线圈得电吸合，松开 ST，KM 自保，电动机 M 运行。当三相交流电中某一相断路时，电动机的中点出现电位差。此电压经过整流、稳压，使继电器 K 得电动作，KM 失电释放，从而使 M 断电，保护电动机定子绕组不被烧毁。

例 328. △ 联结电动机零序电压继电器断相保护电路

电路如图 328 所示。用三只电阻 R₁ ~ R₃ 接成一个人为的中性点，当电动机断相时，此中性点发生偏移，继电器 K 得电，其常闭触点动作，切断 KM 线圈回路，KM 失电释放，从而保护了电动机。

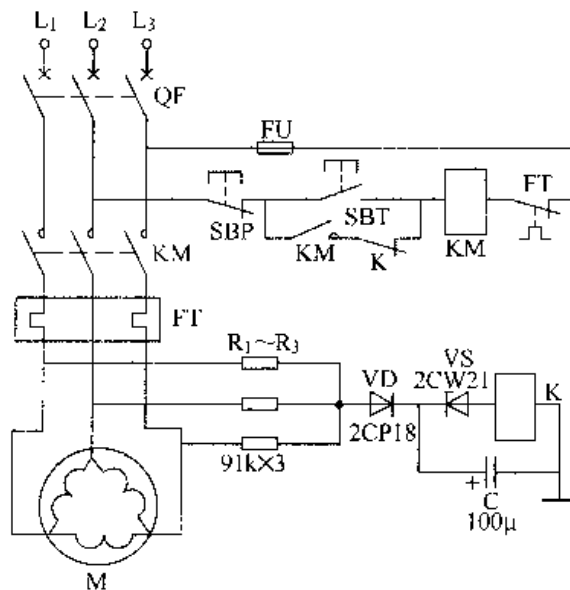


图 328 Δ 联结电动机零序电压继电器断相保护电路

例 329. 三相电动机断相过电流保护电路

这是一种较为实用的电路，原理如图 329 所示。

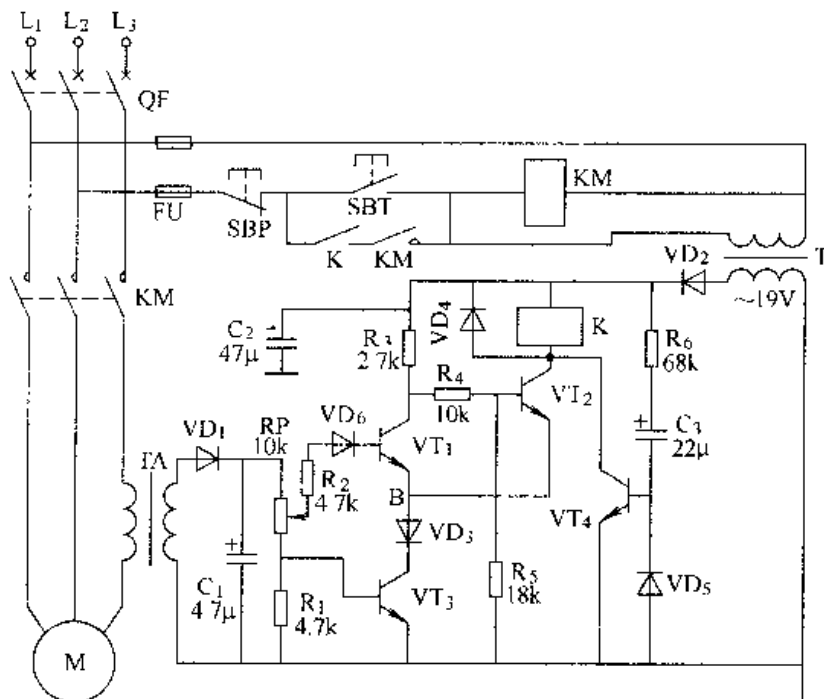


图 329 三相电动机断相过电流保护电路

按下 ST，KM 吸合，电动机 M 启动、运转。电流互感器 TA 通过副边输出电流，经 VD_1 整流、RP、 R_1 分压，形成电压信号，经 R_2 、 VD_6 加到 VT_1 基极，另

一个信号经 RP 加到 VT_3 基极。 VT_1 、 VT_2 、 VT_3 组成一个射极耦合双稳态电路。正常时， VT_1 截止， VT_2 、 VT_3 饱和导通，继电器 K 吸合，电动机 M 正常运行。

当三相电动机某一相断相时，电流必定比正常时增大许多，或因电动机线圈短路、机械卡堵等故障使电流大增，这时 TA 副边的电流也必定大增，加到 VT_1 的基极电压也大增，促使 VT_1 、 VT_3 由饱和导通， VT_2 截止，K 线圈失电释放，KM 线圈相继失电释放，电动机 M 停电。

例 330. 光电传感器式三相断相保护电路

光电传感式三相断电保护电路如图 330 所示。

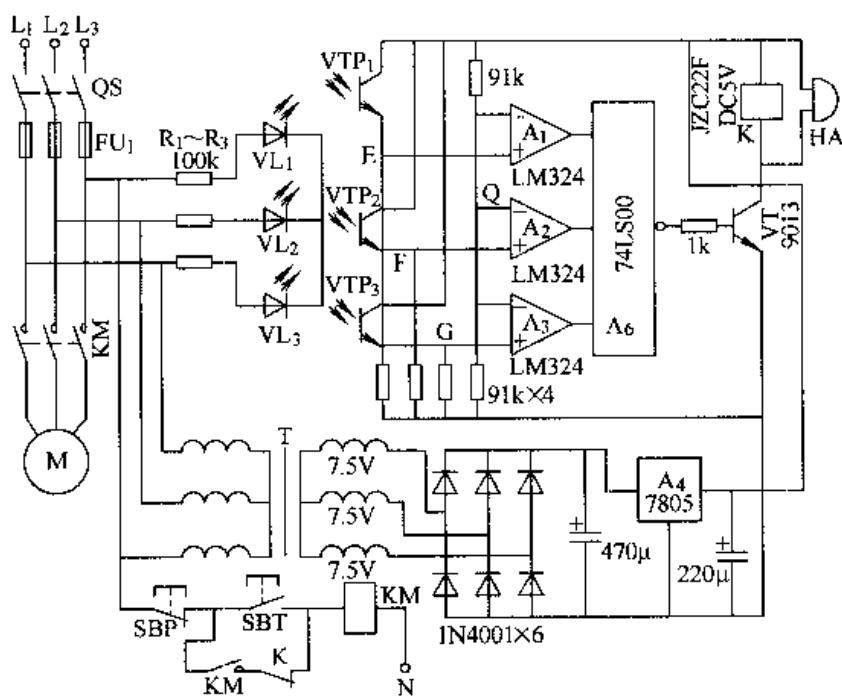


图 330 光电传感器式三相断相保护电路

图中， $VL_1 \sim VL_3$ 为发光二极管， $VTP_1 \sim VTP_3$ 为光电三极管， $R_1 \sim R_3$ 为 $VL_1 \sim VL_3$ 的限流电阻。 $A_1 \sim A_3$ 为 LM324 型集成运算放大器，在这里构成三个电压比较器。 A_6 为一个与非门电路 (74LS00)，VT 为三极管， A_4 为集成稳压电路 7805。HA 为电铃，K 为继电器。

按下启动按钮 ST，KM 吸合，电动机正常运转。 $VL_1 \sim VL_3$ 发光，光电三极管 $VTP_1 \sim VTP_3$ 的阻值仅为几十 k Ω ，E、F、G 处的电位高于 Q 处电位， A_6 输出端为低电位，VT 处于截止状态，继电器 K 不吸动，K 的触点为常闭状态。当有某相断电相时，如 L_1 相缺电， H_3 灭， H_1 、 H_2 仍发光， V_3 的阻值为无穷大，G 处电位低于 Q 处 (G 通过电阻接地)，于是 A_6 的输出端为高电位，VT 导通，继电器

器 K 动作，电动机 M 的三相电源被 KM 切断，电铃 HA 骤响，提醒操作人员前来排除故障。

在这例，采用三相电源变压器供电。无论电网供电正常或者缺一相电，始终有较稳定的 5V 直流电压为保护电路提供电源。

例 331. 电动机浸水保护电路

在被烧毁的电动机中，因内部浸水的达 30% 以上。图 331a 所示浸水保护电路，不仅能及时切断电动机的电源，而且能发出电笛声，催促值班人员及时采取措施。

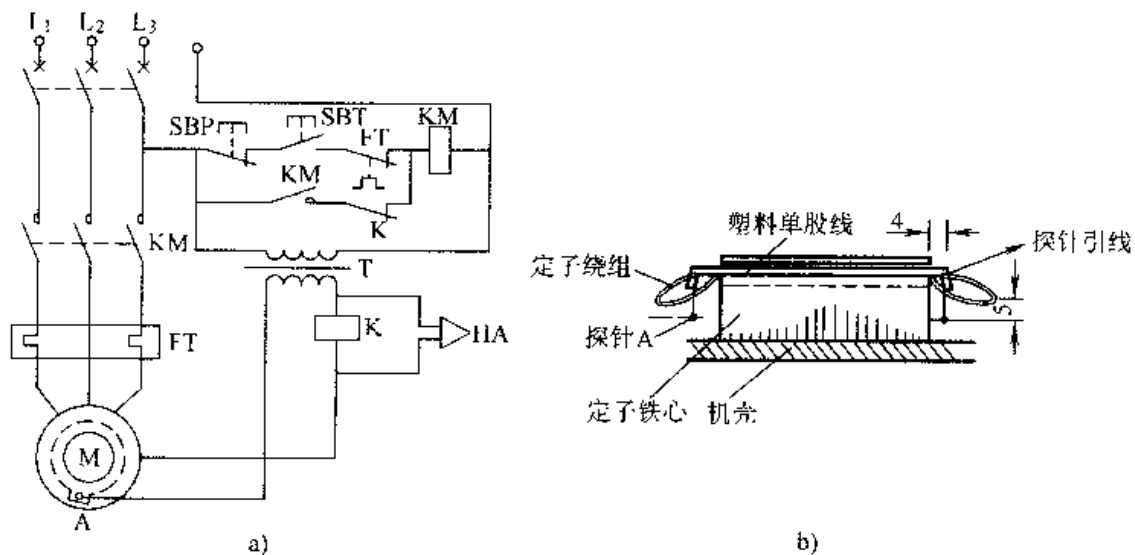


图 331 电动机浸水保护电路

按动 ST，KM 获电并自锁，电动机能正常运转。倘若此时有水进入电动机，且淹没探针 A，通过水，使 A 与机壳接通，继电器 K 吸合，其常闭触点断开，KM 线圈失电释放，电动机 M 电源被切断。在 K 通电的同时，电笛 HA 也通电鸣叫，催促值班电工前来排除进水故障。

电动机内的探针 A 需要自制，方法如图 b 所示。将一根较细的塑料单股线，穿入电动机靠近底座的定子绕组槽内，将两端线头剥去塑料皮，用焊锡焊成珠状，按图示尺寸将塑料线弯好，并在靠近电动机接线盒的一端，将塑料层剥开少许，用多股线焊牢，再将此多股线（探针引线）引至电动机出线盒（接线盒）。为不使电动机振动引起探针位移，应用工业粘胶剂将探针 A 和探针引线固定牢靠。

例 332. 零序电压断相保护电路

零序电压断相保护电路如图 332 所示。

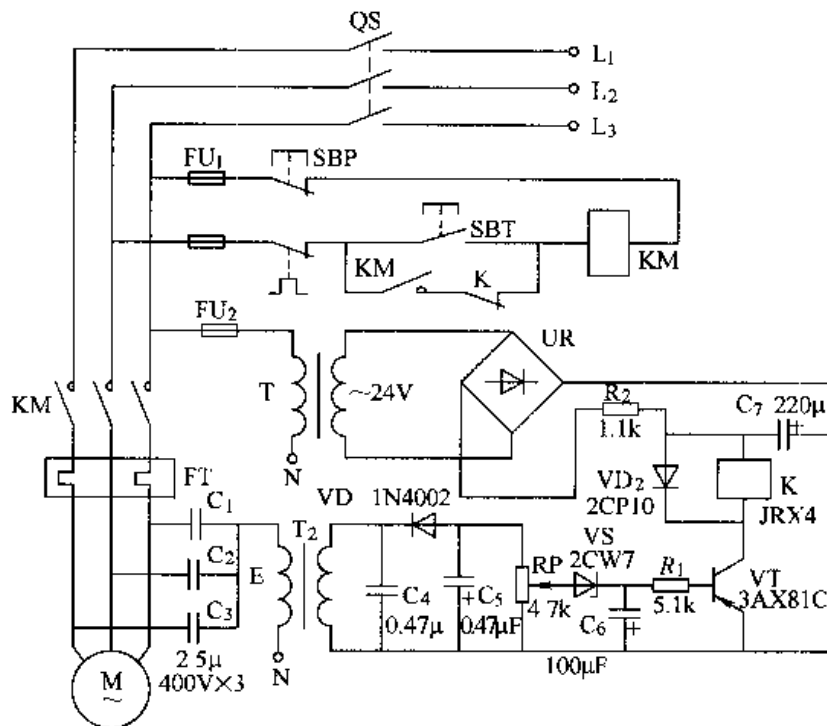


图 332 零序电压断相保护电路

电动机正常运行时，三相电源经三只容值相等的电容器 Y 接后，其结点 E 的电位为 0V，变压器 T_2 的副边无电压输出，所以 VT 截止，K 处于释放状态，其常闭触点处于常闭状态，KM 线圈正常工作。当三相电源中任意一相断电后，由于三相不平衡，E 点有数十伏电压值，经 T_2 变压， VD_1 整流、 C_4 、 C_5 滤波、VS 稳压、 C_6 和电阻 R_1 延时后，加到 VT 基极，使 VT 导通，K 动作，常闭触点 K 断开，切断 KM 回路，电动机 M 失电停转。

例 333. EOCR 电动机保护电路

EOCR 是韩国 SAMWHA 公司的新型带微处理器的电动机保护器，市场上流行的有 EOCR-SS 型和 EOCR-3DD 型两种，其接线图如图 333 所示，图 a 为 EOCR-SS 型，图 b 为 EOCR-3DD 型。

该产品对电流使用范围分有 05 型 (0.5~5A)、30 型 (3~30A)、60 型 (5~60A)、100 型 (10~120A)。根据电动机的额定电流选用。超过 60A 的，可选 05 型与电流互感器匹配使用，其接线方法如图 333 所示。启动延时时间：EOCR-SS 型在 0.2~30s 内调整；EOCR-3DD 在 1~200s 内调整。跳闸动作时间：EOCR-SS 型为 0.2~10s；EOCR-3DD 型为 0.5~25s。精确度：电流误差 $\pm 5\%$ ，时间误差 $\pm 5\%$ 。控制电压：分 110V、220V、440V 三种。复位方式：手动复位或其他方式。使用环境温度： $-20 \sim +70^\circ\text{C}$ ；相对湿度 45%~85%。功率损耗 $< 2\text{W}$ 。

缺相保护在 4s 内动作，反相保护：EOCR - 3DD 在 0.1s 内动作。转子堵转保护：EOCR - 3DD 在启动延时时间后立即动作。三相电流不平衡保护：相间电流差值不超过 50%，延时 8s 动作。

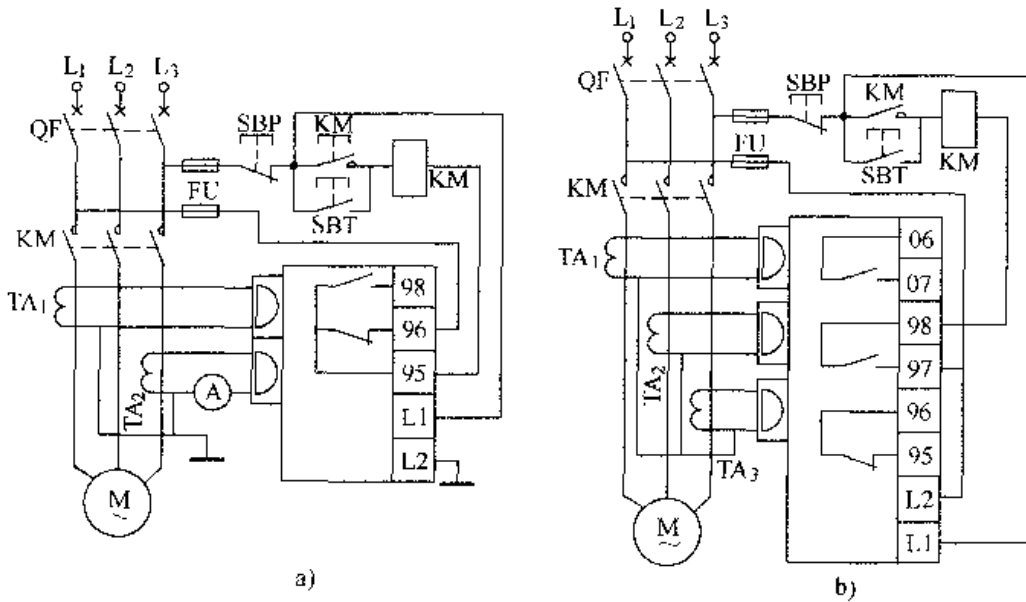


图 333 EOCR 电动机保护电路

EOCR 系列保护器件，具有无机械误差和磨损、耐冲击振动、体积小、功耗低、功能全、安装调试简单、维护工作量小以及使用范围广等特点。它可以通过电脑进行远程控制，一次保护动作后，待故障排除或已知故障类别后，通过手动复位，电动机才能重新开车。EOCR - 3DD 型带微处理器保护器，具有记忆功能，可以显示“断相”及过流程度，起到保护作用，为故障的分析与排除提供了方便。

操作方便，按下启动按钮 ST，交流接触器 KM 吸合，电动机 M 工作。按下停止按钮 STP，电动机 M 失电停止。在电动机工作中如果出现过流、断相，通过电流互感器 TA 检测信号，经延时后自动切断 KM 线圈电压，达到了保护电动机之目的。

例 334. QM9403 型三相电动机保护电路

QM9403 型三相电动机保护电路如图 334 所示。

图中，B 为穿芯式电流传感器。当一次线路通过 500A 时，其二次线路仅通过 1mA。如果 B 检测的电流值小于整定值，B 则无信号输出，保护器不动作；当 B 检测到的电流值大于整定值时，经其内部时限电路延时后，保护器动作，切断交流接触器的电源，电动机主电路失电。

R_T 是一只电流型集成温度传感器。把它安装在电动机容易传热的部位，如

定子绕组线槽中。电动机的温度由 R_T 传送，经 QM9400 内部的温度—电压变换电路转换成电压信号，与温度整定值进行比较，只要 R_T 检测的温度值高于整定温度时，保护器电路的输出端立即失电，KM 断电释放，电动机停车。

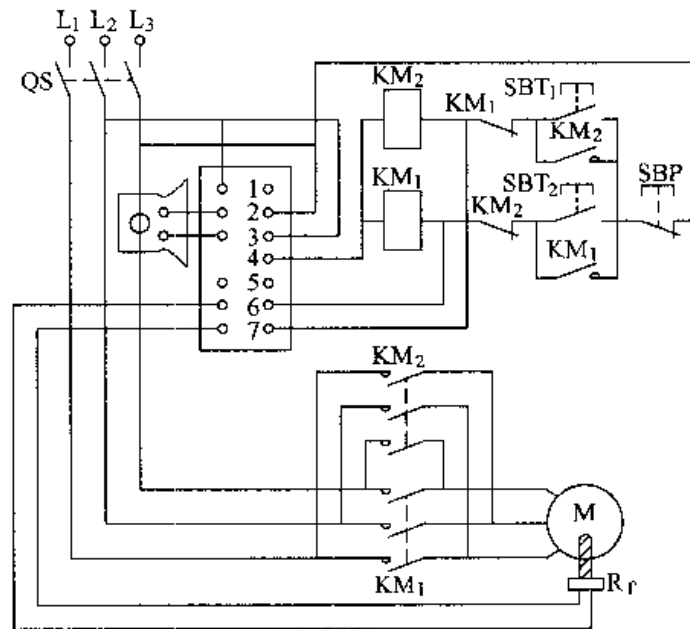


图 334 QM9403 型三相电动机保护电路

QM9403 型保护项目有断相、过载、堵转，整定电流和温度分别为 20 ~ 500A 和 20 ~ 150°C，适用电动机功率 0.5 ~ 160kW。

例 335. QM9403 型单相电动机保护电路

图 335 为 QM9403 保护器用于单相用电设备的电路。有关 QM9403 资料，参见上例。

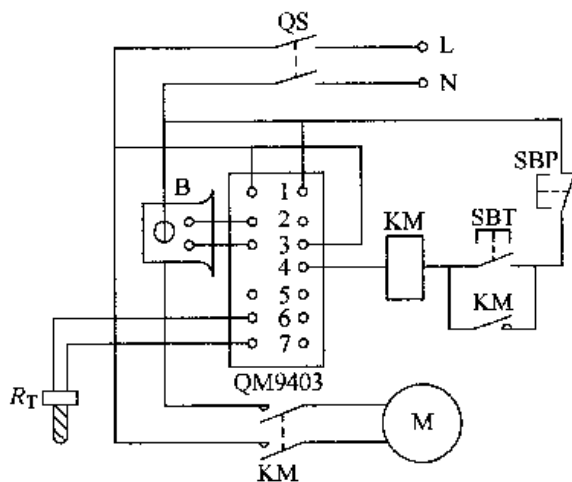


图 335 QM9403 型单相电动机保护电路

例 336. 电动机过热、进水保护电路

几乎所有烧坏的电动机在损坏前，其绕组的温升都很高；还有许多场合，电动机很容易进水，致使烧毁。这例介绍的电路，能杜绝过热、进水事故的发生，电路如图 336 所示。

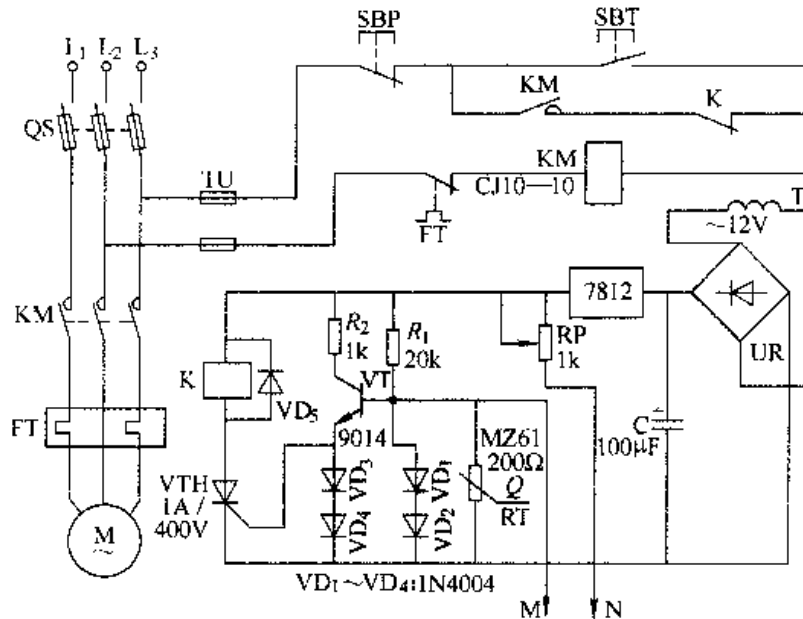


图 336 电动机过热、进水保护电路

RT 为正温度系数热敏电阻（简称 PTC）；M、N 是埋在电动机定子绕组中的两根靠得很近，且头部剥去绝缘的塑料电线（作法参见图 331），用以检测电动机进水。T 是在交流接触线圈 KM 外层用漆包线加绕 290 匝左右，可获得 12V 电压。

工作原理：按下 ST，KM 吸合，主电路电源接通，电动机 M 启动。与此同时，T 输出电压经桥式整流器（由四只 1N4004 组成）UR 整流及滤波稳压后，向保护器电子线路供电。正常时，三极管 VT 截止，晶闸管 VTH 因无触发电流而阻断，继电器 K 无电处于释放状态。倘若电动机进水，M、N 被水短接，直流电源经 RP 为 VT 提供基极偏流，VT 导通，VTH 被触发，K 吸合，其常闭触点断开，KM 失电释放，电动机 M 停车。若是因断相、过载等原因引起电动机绕组温升超过允许值，则 RT 的阻值突增几百倍甚至几千倍，改变了电阻 R₁ 与 RT 的分压比，抬高 VT 的基极电压，使得 VT 饱和导通，VTH 相继导通，K 吸合，KM 断电，从而使电动机的电源被切断，确保电动机不致过热烧毁。

图中，VT 基极和 VTH 的触发回路分别接有两只二极管（VD₁ ~ VD₄），这是利用二极管的正向压降，防止在电动机发生故障时，VT 的基极电压和 VTH 的触发电压升得过高而损坏三极管和晶闸管。

例 337. 星-三角起动的三相电动机堵转保护电路

星/三角启动的三相电动机常因机械故障发生堵转现象而烧毁，这例介绍的保护电路就可避免。电路如图 337 所示。

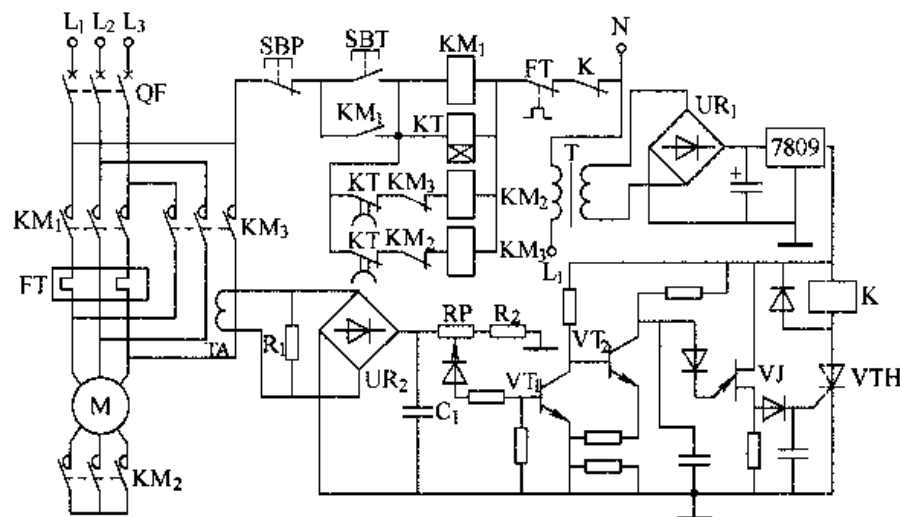


图 337 星-三角起动的三相电动机堵转保护电路

R_1 为取样电阻。电动机发生堵转时，强大的电流经 TA 产生的信号由 UR_2 整流、 C_1 滤波， RP 、 R_2 对取样信号分压，并提取部分信号供执行元件放大、整形，从而触发晶闸管 V_{TH} 导通，使继电器 K 吸合，其常闭触点断开，电动机失电停车，避免定子绕组烧毁。

例 338. 热敏晶闸管电动机过热保护电路

图中， UR 为桥式整流器。 FU 为熔断器。图 338 是经电阻器降压、 UR 整流、稳压二极管 V_{TT} 稳压，所获得的直流电源供热敏晶闸管用电的电路图。

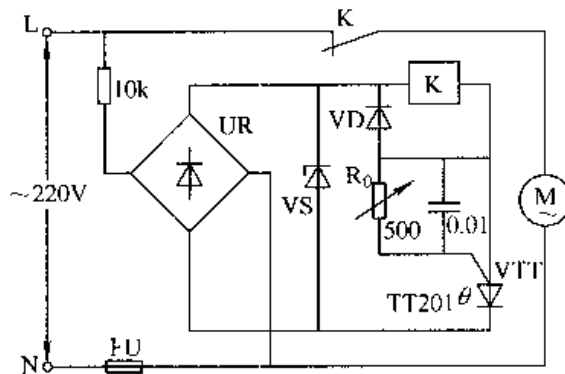


图 338 热敏晶闸管电动机过热保护电路

VTT埋设于电动机M绕组中，根据M产品所允许的最高温度，预先调节可调电阻器 R_0 设定VTT的开启电压。这样，当M过热时，紧挨着绕组的热敏晶闸管迅速转为导通状态，使继电器K断开，M立即停转。

例 339. 光控晶闸管光电安全保护器

这例光电安全保护电路由四只光控晶闸管 $VTL_1 \sim VTL_4$ 组成。把它们相隔一定间距安装在冲床、木工平刨机床、切纸机等容易发生危险的地方，组成一个光电保护区域。电路如图 339 所示。

正常工作时，工作灯光照射到光控晶闸管 $VTL_1 \sim VTL_4$ 上，它们构成与门电路，在四只管子全部导通时，继电器 K 吸合。

如果不小心，将头、手误入禁区，无论遮住了 $VTL_1 \sim VTL_4$ 中任意一只的光线，都会使继电器立即断开，使受控的交流接触器及电动机制动电路同时动作，进行紧急刹车，从而杜绝了事故的发生。

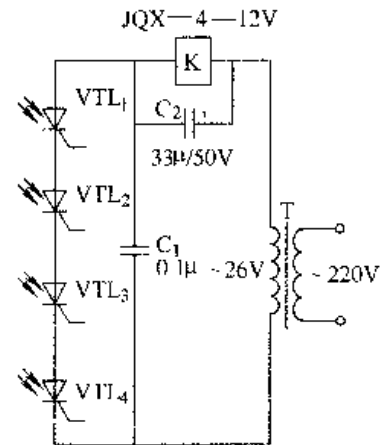


图 339 光控晶闸管光电安全保护器

例 340. 光控晶闸管冲床保护电路

这例电路多用在冲床、剪板机等动力设备中，作为人身保护电路，如图 340 所示。

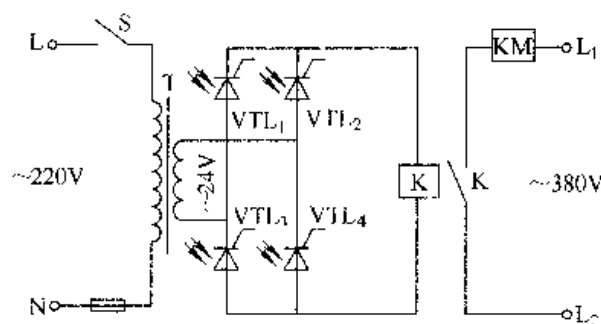


图 340 光控晶闸管冲床保护电路

四只光控晶闸管 $VTL_1 \sim VTL_4$ 组成了桥式整流电路。其中， VTL_1 、 VTL_2 为一组， VTL_3 、 VTL_4 为另一组。将两组光控晶闸管分别置于受保护动力的禁区（即保护范围）内。机器设备工作时，工作灯光照射到这四只光控晶闸管上，继电器 K 吸合，机器正常运转。

当人体的某一部分误入机器设备的禁区，挡住了工作灯光，哪怕只是遮住了四只光控晶闸管中的一只，都会使继电器 K 缺电，从而使接触器 KM 停电。倘若该机器的电动机设有电磁离合器（或设有“电动机制动电路”，参见《实用电工电路 300 例》一书，机械工业出版社 2002 年 1 月出版），机器设备立即停机，从而杜绝了人身安全事故的发生。

例 341. 配电变压器低压侧防雷电路

这种接法可以避免配电变压器 T 的高压侧雷电感应到变压器低压侧，使用户电气设备过压而损坏，也可避免低压侧雷电击穿变压器绝缘层事故的发生。如图 341 所示。 $F_1 \sim F_3$ 为高压阀式避雷器。

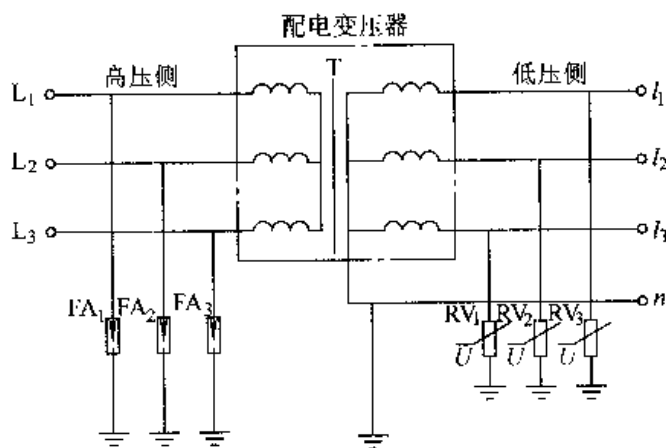


图 341 配电变压器低压侧防雷电路

第八章 LOGO! 通用可编程序 控制器的应用

例 342. LOGO! 应用于电动机星-三角起动器

常用的电动机星-三角起动器电路如图 342a 所示，其操作方法是：起动时，按下起动按钮 S_1 ，使接触器 K_1 主触点闭合，电动机定子绕组接成星形（ K_1 的常闭辅助触点断开，以防止 K_2 闭合而造成的电源短路）。此时，时间继电器 KT_1 、 KT_2 线圈得电，经一定的时间延时后 KT_1 常闭触点断开， K_1 线圈失电，其主触点断开， K_1 的常闭触点闭合为 K_2 的接通作好准备；经一定的时间延时后 KT_2 常开触点闭合，使 K_2 线圈得电，其主触点闭合，电动机定子绕组接成三角形（ K_2 的常闭辅助触点串入 K_1 的线圈回路，同样是为防止 K_2 的主触点接通造成的电源短路）时间继电器常开瞬动触点 KT_2 是为了 K_1 的常开辅助触点断开而 K_2 尚未闭合时起到保持控制电路仍在接通的自锁作用。 S_2 为停止按钮。

从图 a 不难看出，星-三角起动器中时间继电器起着十分重要的作用。改用 LOGO! 来控制，必须按以下步骤来完成：

(1) 设计线路图 即设计出 LOGO! 的电气控制接线图，如图 b 所示。

(2) 设计出逻辑框图。LOGO! 的逻辑框图如图 c 所示。

当起动信号 I1 接通（按下按钮 SBT）时，锁定继电器 B02 输出高电平，此时 Q2 为低电平，经反向器 B05 后为高电平，B02 的输出通过与门 B01 使 Q1 输出接通， K_1 得电，从而使 K_1 的主触点闭合，电动机定子绕组接成星形。同时，Q1 高电平触发时间延时继电器 B04 计时，经过延时时间 t_1 （在 B04 的 T 参数设置）后，B04 的输出端变为高电平，并通过或门 B03 到达 B02 的 R 输入端，将 B02 清零，使 Q1 继电器输出断开， K_1 的线圈失电， K_1 的主触点断开。B04 的高电平同时也使锁定继电器 B08 的输出置为高电平，触发时间延时继电器 B07 计时，延时时间 t_2 在 B07 的 T 参数设置。经过 t_2 时间后，B07 的输出端变为高电平，并通过与门 B06（因此时 Q1 为低电平，经反向器 B09 后为高电平，允许 B07 的高电平通过），使继电器输出 Q2 接通， K_2 线圈得电，其主触点闭合，电动机定子绕组接成三角形。

当按下按钮 SBP 时，产生停止信号 I2，将 B02 和 B08 锁定继电器输出清零，从而使 Q1 或 Q2 断开，系统停止。

(3) 输入程序。通过 LOGO! 操作面板，将图 c 所示的逻辑框图的程序输入到 LOGO!（参见附录 F 第 2 节“编程操作”），也可以采用 LOGO! 的编程软件来

输入程序。

(4) 调试。可以先在实验室里调试，将 LOGO! 按图 d 所示流程运行，如能正常运行即妥。

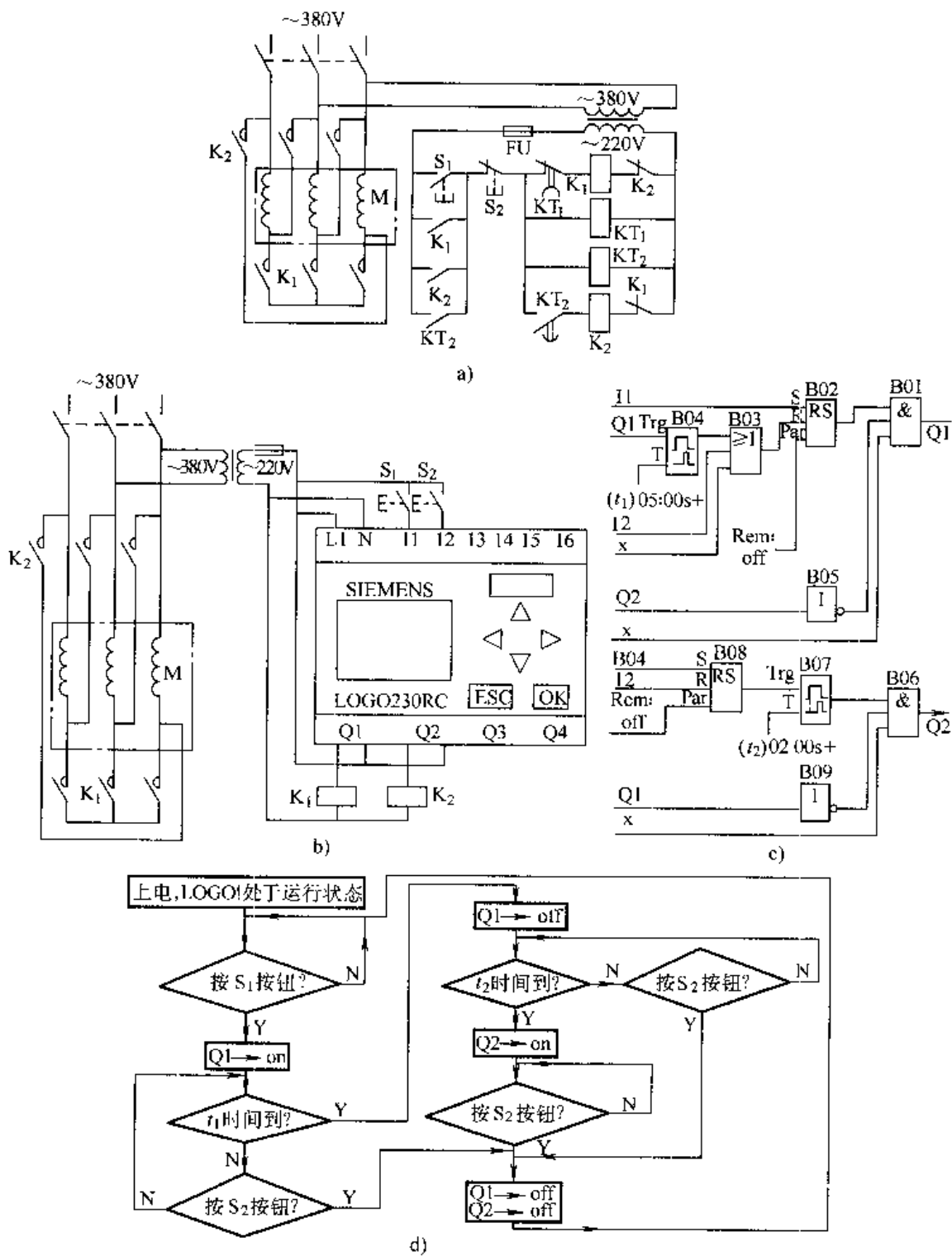


图 342 LOGO! 应用于电动机星-三角起动器

例 343. LOGO! 应用于无热再生空气干燥器

无热再生空气干燥器有 A、B 两个干燥塔，它们交替工作，循环干燥，工艺流程图如图 343a 所示。

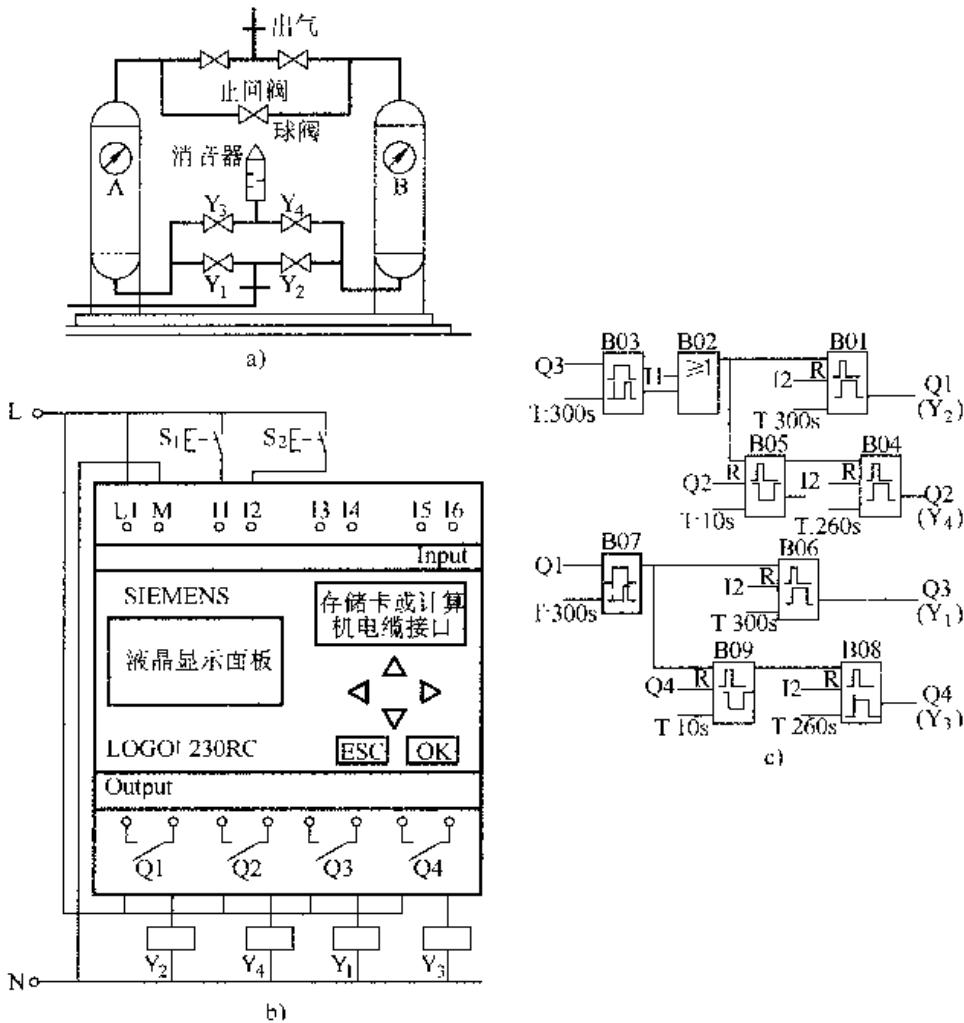


图 343 LOGO! 应用于无热再生空气干燥器

压缩空气经气动薄膜切断阀 Y_1 进入干燥塔 A，沿干燥床层上升脱水干燥，干燥后的气体大部分经止回阀、过滤器送至用户，小部分干燥空气通过球阀，降至常压进入干燥塔 B，使先前吸附了水分的干燥剂获得再生，再生后的气体由气动切断阀 Y_4 经消音器接入大气。

无热再生干燥控制器工作程序如表 12 所示。

用 LOGO! 来控制再生空气干燥器的接线如图 b 所示。图中，L 为相线，N 为零线，Q1 ~ Q4 为输出端，I1 ~ I6 为输入端。逻辑图如图 c 所示。

当按下按钮 S_1 ，I1 端输入“1”，“或功能块”（B02）输出也为 1，分为两路：

一路输入“断开延时功能块”(B01), B01的Q1为1, Y₂关闭, Q1为1, 同时输入“接通延时功能块”(B07); 另一路输入“保持接通延时功能块”(B05), 延时10s后, “断开延时功能块”(B04)输入1, 则B04的Q2为1, Y₄打开, Q2为1同时输入B05复位端(R), B05复位。260s后, B04的Q2为0, Y₄阀关闭, 经设定300s后, B01输出的Q1为0, Y₂阀开。Q1为0同时B07输出分两路: 一路输入“断开延时功能块”(B06), B06的Q3为1, Y₁阀关闭; 另一路输入“保持接通功能块”(B09), 经设定时间10s后, B09输出1, 输入“断开延时功能块”(B08), Q4为1, Y₃阀打开, Q4为1同时输入B09的复位端, 使B09复位, 又经设定时间260s, B08的Q4为0, Y₃阀关闭。经设定时间300s, B06的Q3为0, Y₁阀打开, B03输出1, 输入B02接着重复开始的工作过程, 进入下一个周期工作。如此以600s为一个周期的循环工作。

表 12

阀号	时间/s						
	0	10	270	300	310	570	600
Y1	0	0	0	C	C	C	0
Y2	C	C	C	0	0	0	C
Y3	C	C	C	C	0	C	C
Y4	C	0	C	C	C	C	C

注: Y1、Y2为气闭阀, Y3、Y4为气开阀, 0为阀开状态, C为阀闭状态。

当按下按钮 S₂, I2有输入, 输出分为四路分别去“断开延时功能块”(B01、B04、B06、B08)的复位端(R), 使B01、B04、B06、B08全部复位输出为0而关掉系统。编程可通过面板的操作键来完成。

另外还可以根据不同季节, 很方便地修改工作周期, 只需重新设定时间即可, 还可以根据现场需要, 在程序中增加故障报警输出。

例 344. LOGO! 应用于螺旋格栅机

螺旋格栅机主要用于水处理系统中, 对以各种状态存在于水中的漂浮物、悬浮物等进行过滤、压榨、传输, 实现固液分离的目的。其控制部分采用了 LOGO! 230RC 型控制器, 满足了工艺要求, 运行效果良好。

用 LOGO! 控制的接线图如图 344a 所示。I4 为 12 点钟位置开关, K₁ 为旋转电动机正转接触器, K₂ 为反转接触器, Y₁ 为下冲洗水电磁阀, Y₂ 为上冲洗水电磁阀, HA 为故障报警电铃。

程序流程如图 b 所示。

当按下起动按钮 S₁, 设备起动, 锁定继电器 B03、B16、B23 的输出为 1, 此时 Q2 输出为 0, Q1 输出为 1, 旋转电动机正转; 当正转 3 周, 旋转耙处于 12 点钟位置, 此时 12 点钟位置开关已动作 3 次, 计数器功能块 B07、B19 到达设定值(根据用户要求设定为 3, 即开始时正转 3 周、反转一定角度, 其后为正转两周、反转一定角度)时, Q1 输出为 0; 经过延时功能块 B18 延时 1s 后 Q2 输出为 1,

旋转电动机反转；反转角度由延时功能块 B21 的延时时间决定，根据现场实际情况调为 2s。为避免反转停止后立即正转，通过保持接通延时继电器 B09 延时 3s [实际间隔时间为 $3s(B09) - 2s(B21) = 1s$]。当计数器 B11 到达设定值（根据用户要求设定为 13 次），且旋转耙正转至 12 点钟位置时，Q1、Q2 输出均为 0，接通延时功能块 B29 开始延时 2h。当 B29 延时时间到，LOGO! 内部辅助继电器 M1 为 1，将计数器 B11 复位，Q1 再次输出，开始下一循环过程。当 B29 延时时间未到，栅前水位高信号输入 I3 端时，Q1 即输出为 1，液位信号优先。上冲洗水电磁阀 Y₂ 开闭时间由时钟功能块 B25 设定，即每周一 08:00 开，08:10 关。当电动机故障信号 I5 来时，Q1、Q2 输出为 0，Q4 输出为 1，故障报警电铃 HA 报警、提醒值班人员检查处理。当按下故障消音按钮 S₃ 时，脉冲继电器功能块 B27 复位。当按下停止按钮 S₂ 时，设备即停止运行。

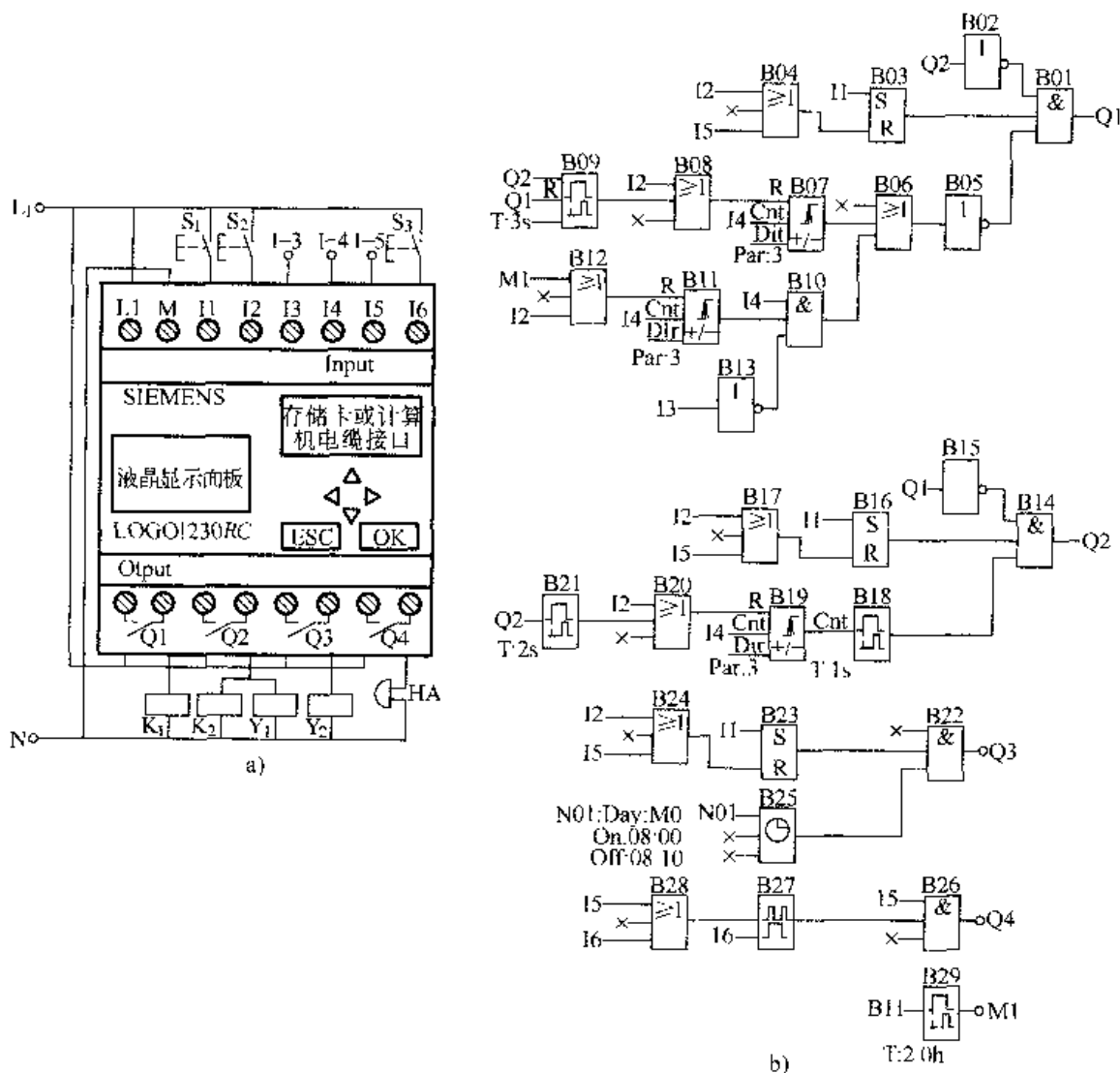


图 344 LOGO! 应用于螺旋格栅机

用户可以根据污水中漂浮物和悬浮物的多少，很方便地通过 LOGO! 面板上的操作键修改设定的时间等参数。

例 345. LOGO! 应用于消防控制柜

根据控制消防设施需要，选择了 LOGO! 230RL 型逻辑控制模块，该模块控制电源为交流 230V，12 点输入，8 点输出。控制电路的接线如图 345a 所示，功能块图如图 b 所示。具体工作原理如下。

(1) I1、I3、I5 分别为手动起泵、消控中心起泵以及消火栓起泵（对于喷淋泵控制柜而言为烟感信号启动）信号，通过一个或门与锁定继电器功能块在 Q1 点输出一个信号，使降压启动接触器 K_3 、 K_2 接通，1 号泵降压启动。

(2) Q1 输出接入，接通延时功能块 B6（延时 10s 或根据降压要求设定时间），通过延时使 B3 功能块复位， K_3 、 K_2 退出；同时，置位锁定继电器 B7 使 Q2 输出，1 号泵运行接触器 K_1 投入，1 号泵正常运行。

(3) I7 为 1 号泵 K_1 的信号，I8 为控制 1 号泵的断路器信号（故障信号为 0），它们通过与非门功能块送出一个 1 号泵未正常运行信号。

(4) 通过功能块 B2 输出起泵信号经接通延时功能块

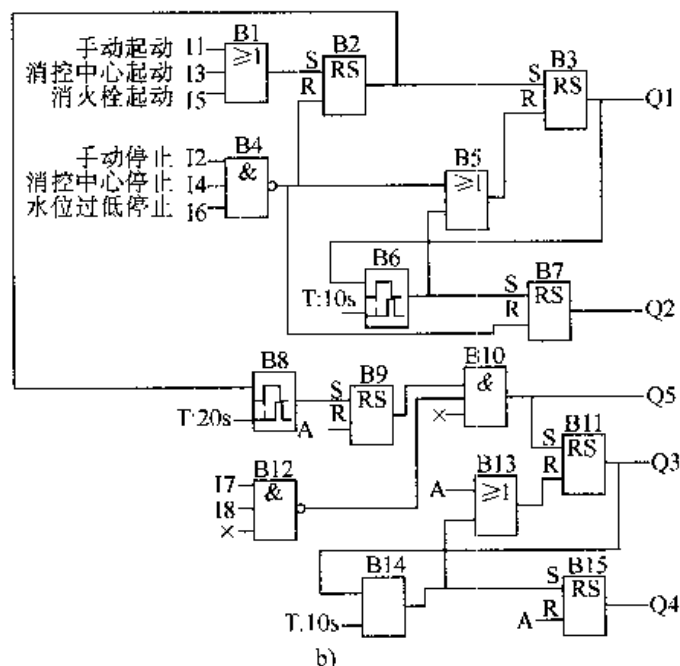
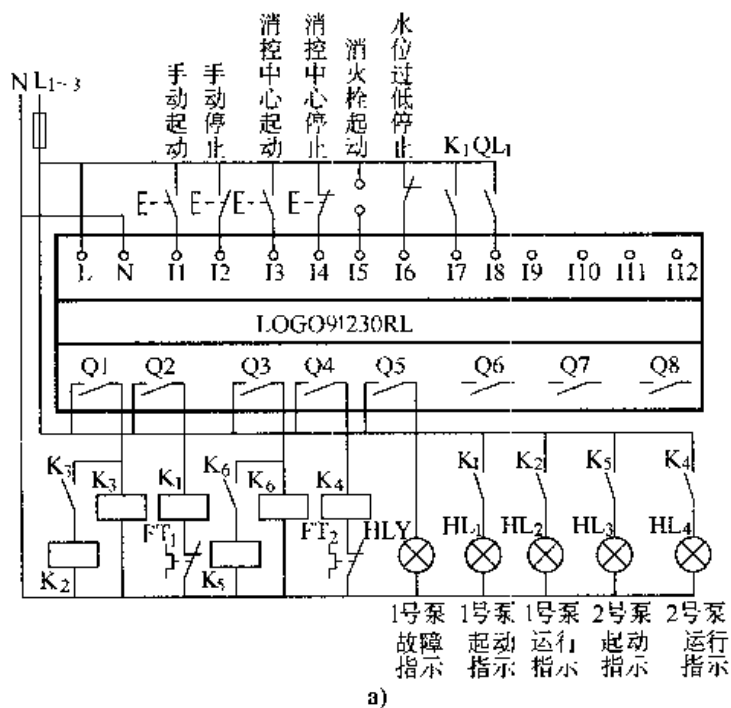


图 345 LOGO! 应用于消防控制柜

B8(延时时间 20s 或必须大于 B6 设定时间),输出一个避开降压起动时间的延时信号。该信号与 1 号泵未运行信号通过 B10 输出 1 号泵故障信号 Q5,接通故障指示灯;同时通过功能块置位 B11 输出 Q3,起动 2 号泵降压起动接触器 K_6 、 K_5 。

(5) Q3 输出接入 B14 接通延时功能块,使 B11 功能块复位, K_5 、 K_6 退出;同时送入 B15,输出 Q4 信号使 K_4 投入,实现备用泵的正常运行。

(6) I2、I4、I6 分别为手动停泵、消防中心停泵以及水池水位过低停泵信号,它们通过 B4 与非功能块送出停泵信号 A,分别送至 B2、B7、B9、B15 功能块,使所有的 RS 功能块复位,一切有可能正在吸合的接触器退出,实现停泵。

选用 LOGO! 可编程序控制器的优点是线路简单、维护方便,特别是当消防联动模块采用进口产品时,控制模块的输出一般是带 +24V/0.5A 的接点,此时只需选用 LOGO! 24RL 控制模块(该模块控制电压为直流 24V,12 点输入、8 点输出),使 LOGO! 所有控制信号受 24V 信号控制,而输出接点接入交流 220V 电路中,控制交流接触器的动作,实现控制信号与操作回路分离,达到低压控制的目的。另外,由于没有使用中间继电器和时间继电器转换,可靠性大大提高。

例 346. LOGO! 应用于自动扶梯

(1) 控制要求

自动扶梯能根据顾客情况判断上行和下行,无人时自动停机。在扶梯下端和上端各装设红外线光电开关 A、B,如图 346a 所示。当下端有人时,光电开关 A 动作,扶梯上行 20s,把人送到上层后停机;如扶梯上行中,扶梯下端又有人,则扶梯再重新运行 20s,把最后一人送上去。上行中,扶梯上端有人等候,即光电开关 B 动作时,应等扶梯上行结束后,再下行。扶梯下行要求和上行一致。当 A、B 同时动作时,下行优先。

(2) 硬件设计

选用 LOGO! 230RC,该机有 6 个输入点,4 个输出点,能满足系统要求。系统通过 2 个交流接触器来实现电动机的正反转,即实现扶梯的上行和下行。接触器线圈通过 LOGO! 的输出点控制。系统有一个急停按钮,在紧急情况下使运行的扶梯急停。同时还有 2 个上行和下行的手动按钮,在调试时使用。其 I/O 接口图如图 b 所示。

(3) 软件设计(如图 c 所示)

本程序中,光电开关 B 动作,接通 I1,和下行输出 Q2 的取反点在 B01 相与后,接通断电延时模块 B03,接通或模块 B05,使输出 Q1 接通,控制下行,20s 后,断电延时模块 B03 断开,使 Q1 断电。与模块 B01 的作用是把上行 Q2 取反后,实现与上行输出的互锁控制,即如果 Q2 输出时,把其取反后为 0,再与 I1 相与,使 I1 不起作用。如果在 Q1 输出过程中, I1 又有信号,即又有人等机要求

下行，则延时模块 B03 重新延时 20s。急停信号 I3 连接 B03 的复位端，急停按钮为常闭触点，按下时，I3 是 0，取反后为 1，接通 B03 或 B04 的复位端，使其复位，从而使输出 Q1、Q2 为 0。

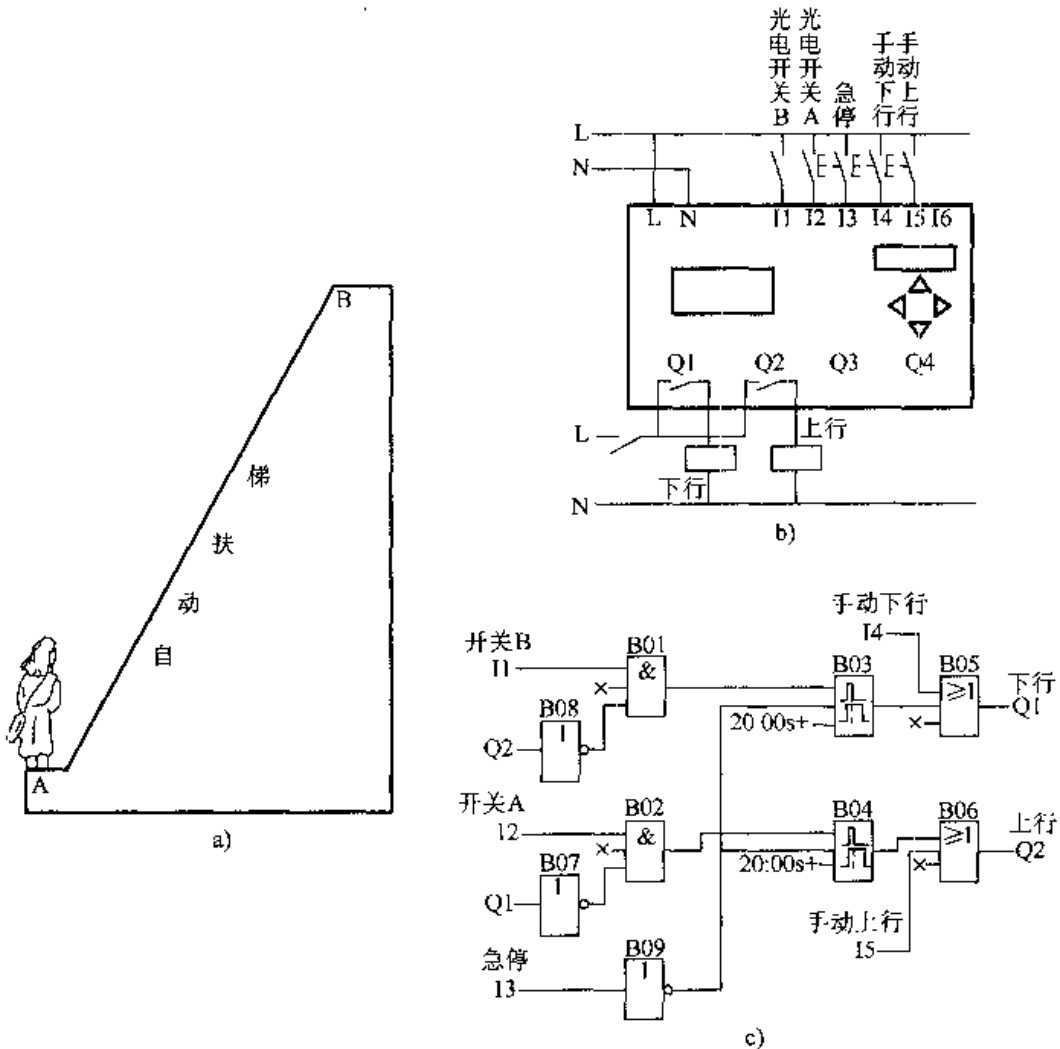


图 346 LOGO! 应用于自动扶梯

I4、I5 是手动控制信号，其与延时模块的输出相或后，控制 Q1、Q2，只要其输入为 1，便可控制 Q1 或 Q2，实现手动调试。当 A、B 信号同时有时，因 LOGO! 为扫描工作方式，且下行控制的程序在前，所以下行优先。

上行的控制与下行一样，不再详述。

利用 LOGO! 控制扶梯的上下，性能稳定，且价格比其他可编程序控制器 (PLC) 低很多，有较高的推广价值。

例 347. LOGO! 应用于自动洗坛机

洗坛机是一种用于清洗 25kg 酒坛、酱油坛、萝卜干坛、酱菜坛等常用坛的

小型设备。它的主电路如图 347a 所示，执行过程为：起动后，电动机 M_1 负责传输带的传送，在行程开关闭合后 M_1 停止，电动机 M_2 、 M_3 延时正反转对坛进行清洗，电动机 M_4 负责清洗过程中的供水；在一个过程完成后， M_1 要求强行起动，冲开行程开关。由于整个过程要求长期运行并反复动作，故用常规继电器来控制后发现系统会经常因为继电器的原因发生故障。为此，在控制部分引入西门子 LOGO!，用来取代继电器，接线图如图 b 所示。

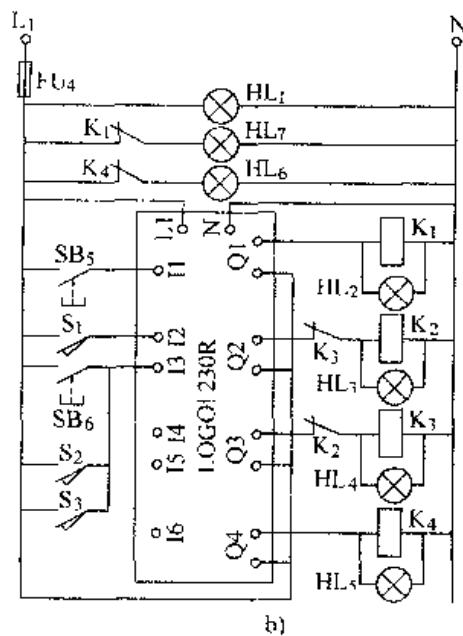
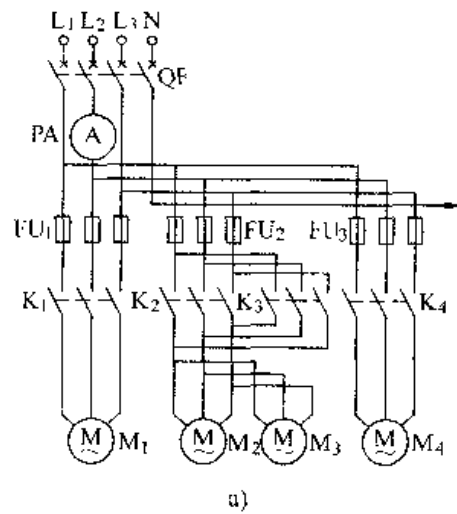


图 347 LOGO! 应用于自动洗坛机

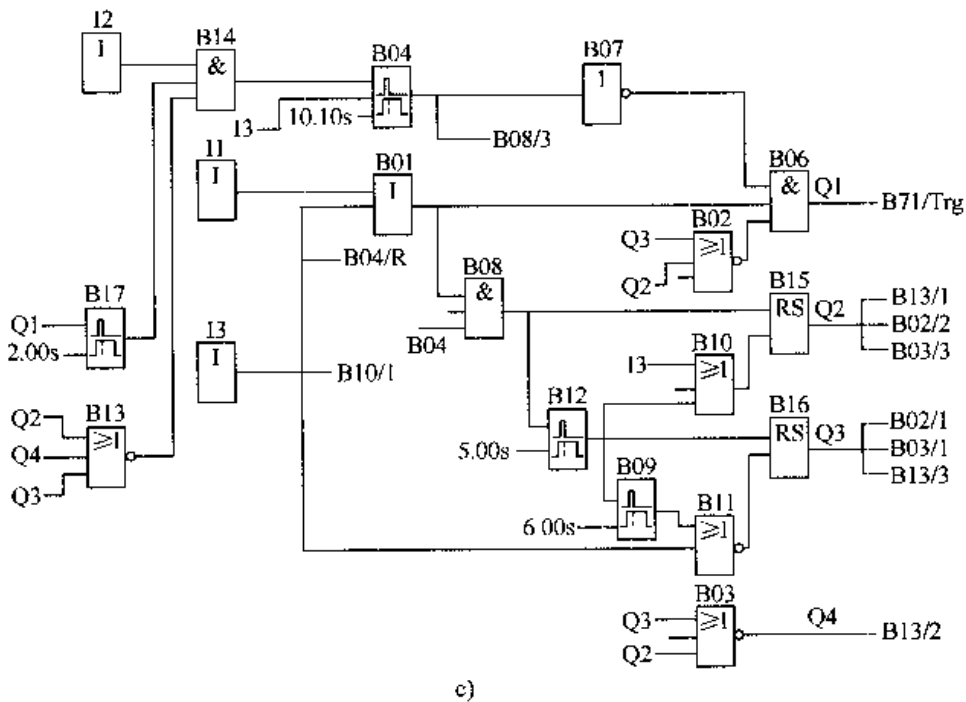


图 347 LOGO! 应用于自动洗坛机 (续)

控制器采用 6 个输入点、4 个输出点的 LOGO! 230R 型，L₁、N 端直接与 220V 交流电源连接，I₁ 端接起动按钮 SB₅，I₂ 接行程开关常开触点 S₁，I₃ 接停止紧停按钮 SB₆ 及两个事故行程开关常开触点 S₂、S₃；输出端 Q₁、Q₂、Q₃、Q₄ 分别接接触器 K₁、K₂、K₃、K₄ 的线圈。动作过程是：按下 SB₅，Q₁ 输出（传输带传送）；S₁ 闭合，Q₁ 复位，Q₂ 动作（M₂、M₃ 正转）；延时 5s 后，Q₂ 复位，Q₃ 动作（M₂、M₃ 反转）；5s 后，Q₃ 复位，Q₁ 起动动作，继续下一循环；在 Q₂、Q₃ 动作同时 Q₄ 输出，M₄ 动作，控制水泵。当按下 SB₆ 或 S₂、S₃ 闭合时，Q₁、Q₂、Q₃、Q₄ 全部复位，电动机停止运行。图 c 表示出了相应的程序。

例 348. LOGO! 应用于延边三角形联结电动机控制电路

某厂有多台延边三角形起动的电动机，原采用时间继电器及接触器等组成控制电路，现采用 LOGO! 控制器控制。改造后电路简单，读图容易，程序的编制、修改、调试、运行都很方便。如果电机功率较小，可直接由 LOGO! 接通接触器。

延边三角形电动机控制接线图如图 348a 所示。电路工作原理比较简单，读者可根据电路及程序自行分析。

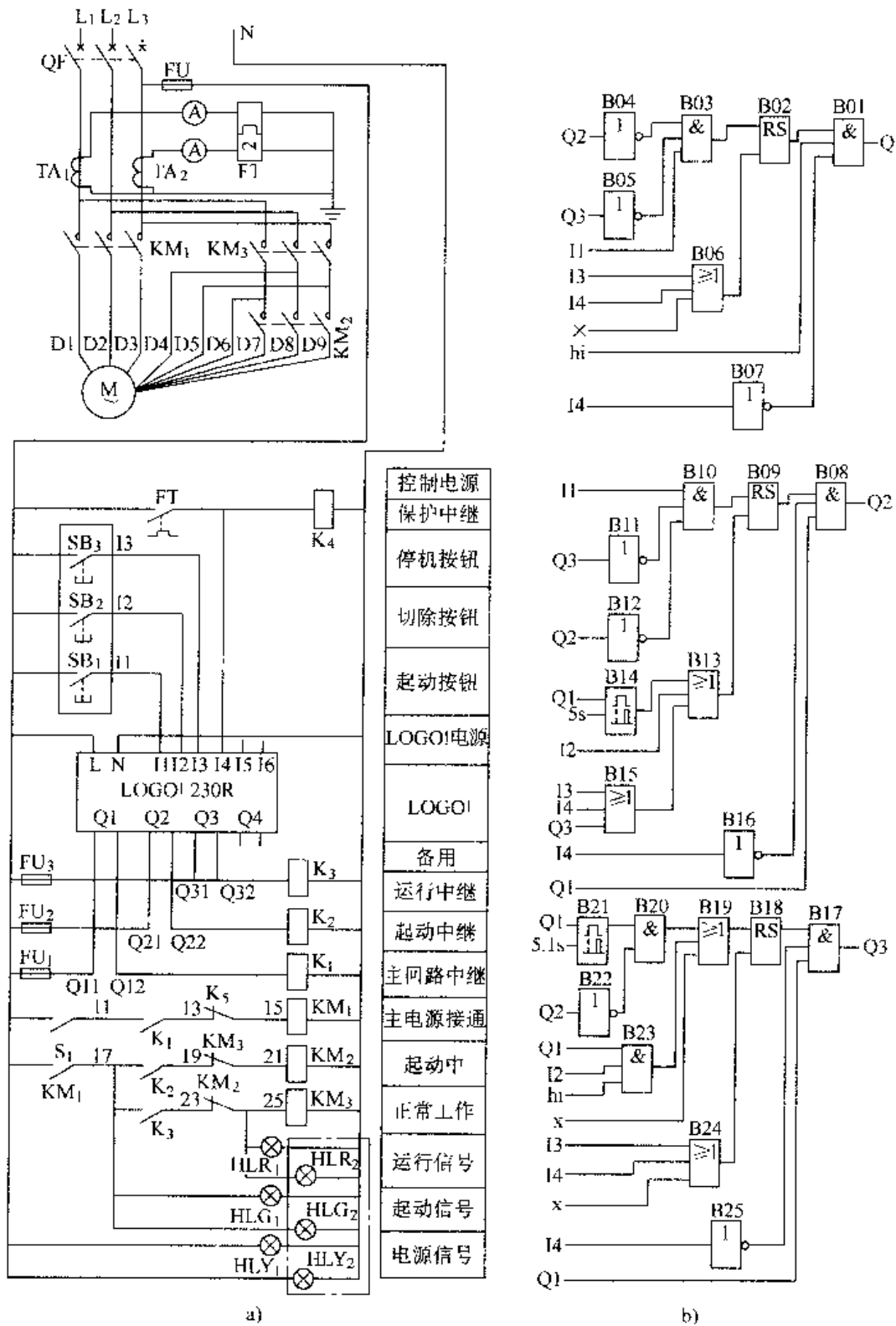


图 348 LOGO! 应用延边三角形联结电动机控制电路

程序如图 b 所示。程序中加入了一些条件控制、互锁控制。定时器 B14、B21 的整定时间可根据电动机及现场电动机起动时间确定，B21 的定时时间应比 B14 的定时时间长 0.1s。外部电路也采用了互锁以确保意外情况下不会出现电路短接，保护动作可靠。

例 349. LOGO! 应用于控制空调新风机

某餐厅根据营业特点，将空调新风机设定为三个运行时段：上午 7:00~9:30；中午 11:00~13:30；晚上 17:30~22:00。过去使用时间开关钟定时，三台空调新风机（7.5kW×2+11kW）同时起动和停止，起动过程较长，多次发生故障。选用的 CDH—20 型无功耗电动机保护器，虽然能可靠保护电动机，但控制触点动作后不能自保持。为此，应用 LOGO! 230RC 改装了空调新风机控制柜，使三台空调新风机相隔 5s 分别起动，并取消了保持继电器，增加了报警灯。

系统接线原理图如图 349a 所示。

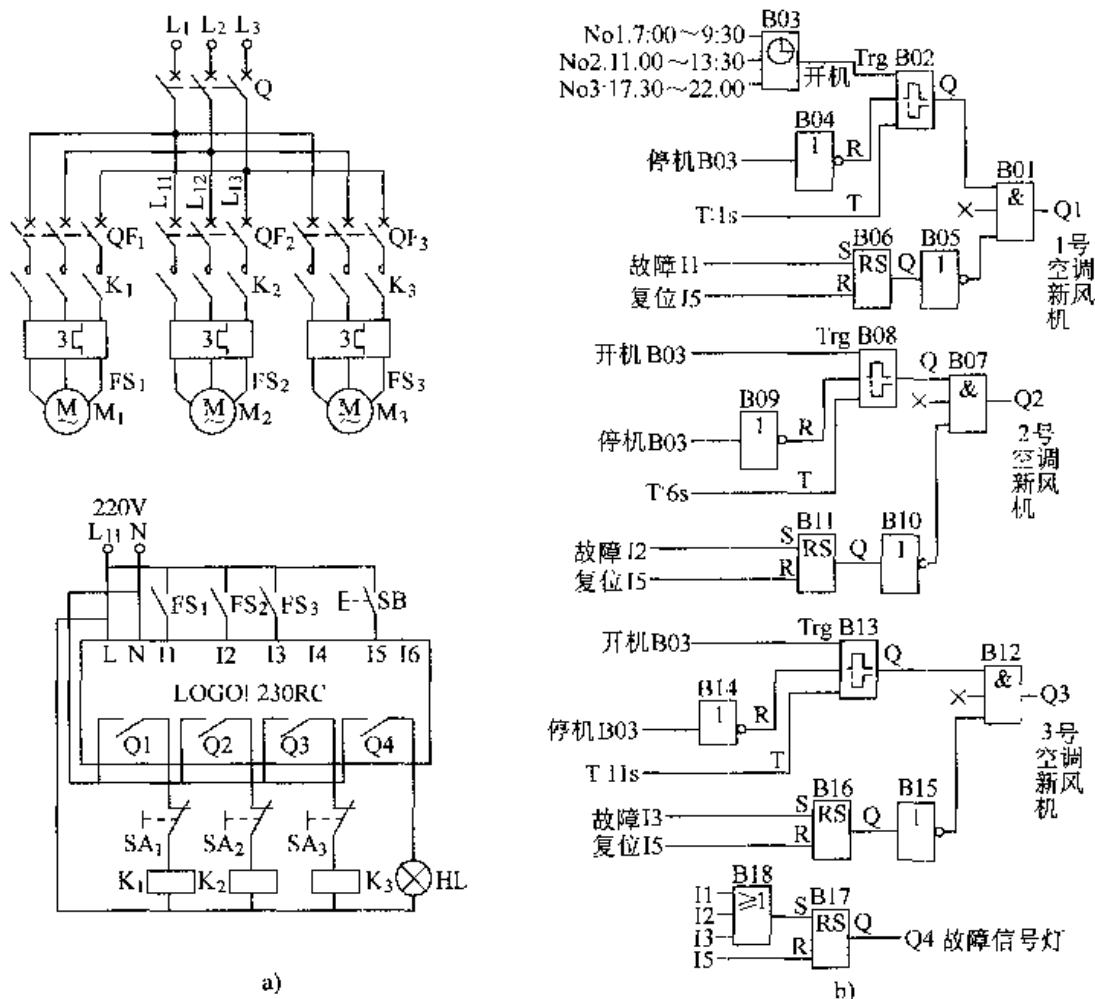


图 349 LOGO! 应用于控制空调新风机

LOGO! 230RC 的工作电源为交流 220V, 直接取自进线总开关 Q 的下端 L₁₁, 三只电动机保护器 FS₁ ~ FS₃ 的常开控制端子分别连接输入端 I1 ~ I3, 电动机发生故障时向 LOGO! 输入停机命令。故障复归按钮 SB 供故障排除后, 输入恢复运行命令。Q1 ~ Q3 分别控制三台空调新风机的接触器 K₁ ~ K₃, 其间串联不自动复位按钮开关 SA₁ ~ SA₃ 供检修时使用。任一台电动机发生故障停机时, Q4 均有输出, 并通过信号灯 HL 发出光信号。

系统控制程序如图 b 所示。

时钟开关 B03 根据需要设置了三个时段, 控制空调新风机的运行时间。自开机时间起延时 1s, 1 号空调新风机起动, 延时 6s, 2 号空调新风机起动, 延时 11s, 3 号空调新风机起动; 三台空调新风机起动时间分别相隔 5s, 使起动电流趋于平缓。停机时间到, 三台空调新风机同时停止。下面以 2 号空调新风机为例详细说明其控制程序。

开机时间到, 时钟开关 B03 的输出端接通保持接通延时继电器的 B08 的 Trg 输入端, 起动接通延时的定时, 经 6s 延时, B08 的输出被接通, 使 B07 的 I1 输入端由“0”变“1”; 此时 2 号空调新风机的电动机保护器常开控制触点 FS₂ 保持断开, 输入连接器 I2 因而无输入, RS 锁定继电器 B11 的 S 端无触发信号, B11 无输出, 与之相连的反相器 B10 输入端置“0”, 输出端因而为“1”; 此时“与”功能块 B07 的两个输入端均为“1”, 其输出端连通输出继电器 Q2, K₂ 得电吸合, 2 号空调新风机起动运行

停机时间到, B03 关断输出, 反相器 B09 输入端置“0”, 其输出端为“1”因而 B08 的 R 输入端接通并使其输出端复位为“0”, “与”功能块 B07 输出亦由“1”变“0”, 关断了输出继电器 Q2, 交流接触器 K₂ 失电释放, 2 号空调新风机停止运行。

若电动机发生故障, FS₂ 的常开控制触点即时闭合, 故障信号经 I2 输入 LOGO!, 触发 RS 锁定继电器 B11 的 S 端, 使其输出端即时接通, 反相器 B10 输入端置“1”, 其输出端随即由“1”变“0”, “与”功能块 B07 随即关闭输出, K₂ 失电释放, 禁止向 2 号空调新风机供电。

与此同时, FS₂ 闭合后, OR 功能块 B18 因有输入而接通输出, 触发 B17 接通 Q4, 报警灯发出光信号, 表示发生了故障停机现象。

故障排除后, 人工闭合复归按钮 SB, LOGO! 输入连接器 I5 分别接通锁定继电器 B11 和 B17 的 R 输入端, 令其复位, 程序恢复到正常运行状态。

因为 LOGO! 的程序没对 0.00s 进行定义, 在设置延时时间时应注意必须使 T 大于或等于 0.1s, 为简单计, 本例 B02 设置为 1s。

LOGO! 输入端的控制开关应尽可能使用常开触点, 这样可消除因线路故障造成的误动作。

还要注意保持连续供电，停电时间过长（机柜温度 25°C 时典型值为 $\geq 80h$ ），已设置的 LOGO! 实时时钟参数将丢失，由此造成时钟功能块相关功能无法实现。

例 350. LOGO! 应用于滚球机

人造毛皮行业在生产仿羊羔绒时要用到滚球机。该机在设定工艺时间内滚桶需反复倒顺转动，其间还要按工艺要求进行热风循环或定量喷汽达到给湿效果。原机多数用一组 5~6 只时间继电器和 5 只中间继电器，维修比较烦琐；用机械式控制，工艺参数调整不方便。经改用 LOGO! 230RC 控制器，满足了工艺要求，工艺参数设定方便，效果良好。LOGO! 在滚球机中的控制接线见图 350a。输入端 I1、I4 (SB₁、SB₂) 为运行指令和供热指令；I2、I3 (S₁、S₂) 为正转、反转点动按钮，该按钮仅在 I1 (K₁) OFF 时有效；I5 (S₃) 为喷汽给湿按钮，当 I5 (S₃) 为 ON 时，供热停止。输出端 Q1、Q2 为滚桶电动机正反转接触器，YV₁ 为喷汽电磁阀，YV₂ 为供热电磁阀，YV₂ 与温度控制仪 XCT 组合，对滚桶内温度进行控制。

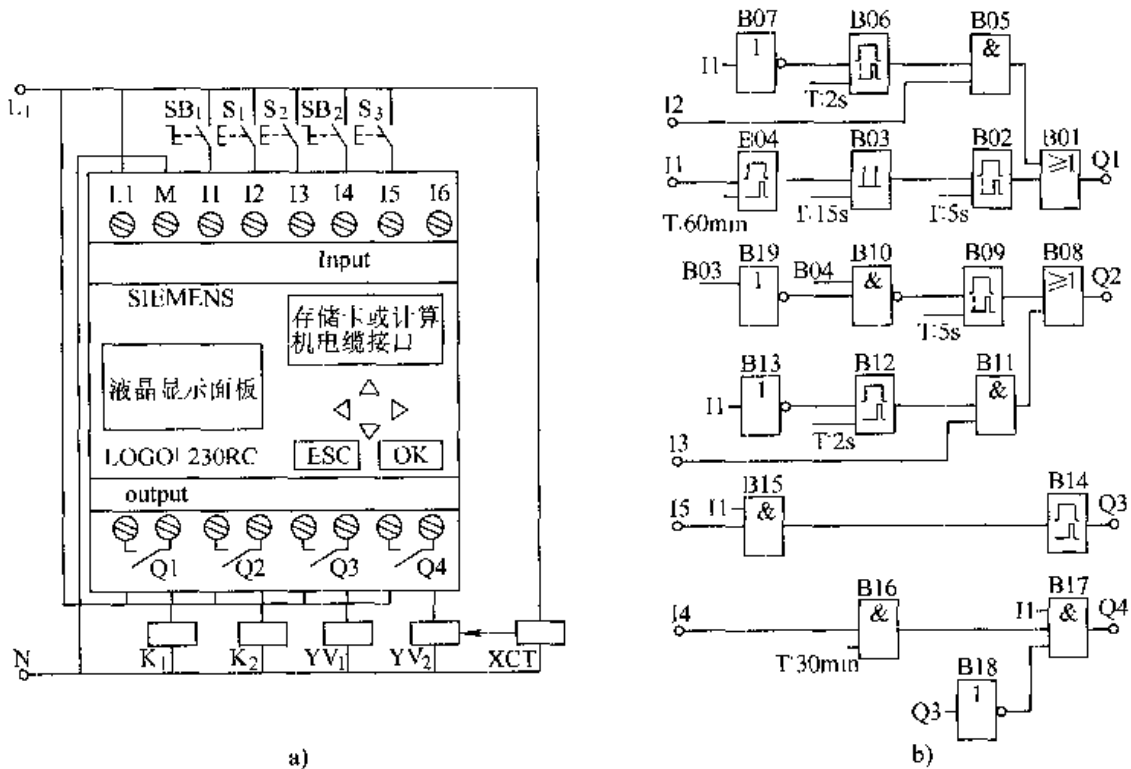


图 350 LOGO! 应用于滚球机

程序流程见图 b。当 K₁ 接通，滚桶电动机就按停止间隔→正转 Q1→停止间隔→反转 Q2→停止间隔→正转 Q1 的规律运行，直到 B04 脉冲继电器设定时间 T

时停止运行。

当 SB₁ 接通，同时接通 SB₂ 时，电磁阀 YV₂ 在 XCT 控制下，对滚桶内坯布进行加温，并把温度控制在工艺要求的范围。

工艺要求喷汽给湿，则有两种情况：

(1) 只要给湿，只要在 SB₁ 接通情况下，按一下 S₃，YV1 电磁阀就向滚桶内喷汽给湿，时间由 B14 的 T 参数决定。

(2) 若既要供热又要给湿，则在 SB₁、SB₂ 接通情况下，按 S₃，此时供热停止，给湿开始，直到 B14 的 T 参数时，回复到供热。

点动只有在 SB₁ 断开的情况下，为方便出布门与机器门对准使用，此时只要按动 S₁（或 S₂），滚桶就会在正转（或反转）情况下，使内外门对齐。

滚球机用 LOGO! 控制可以很方便地在面板上进行参数修改，就本系统来讲，经常要修改的参数是 B04、B14 和 B16。

第九章 电动机电子保护器应用电路

自从 19 世纪 80 年代发明了三相交流异步电动机以来，由于它的转子回路内的电流不必从外部通入，转子结构极为坚固耐用而且便于维护，因而在这漫长的岁月中，为人类的经济和文明作出了不朽的贡献。人们对它也极为珍惜，从它诞生之日起就一直在寻求它的保护装置，相继发明了熔断丝（俗称保险丝）、热继电器、过电流继电器、过电压继电器等，曾挽救了一些电动机的生命，也延长了一批电动机的寿命，但仍有因保护失灵而“牺牲”了一些电动机。

人们通过无数次教训，总结了不少好经验。特别是进入了电子时代以来，利用电子的特有性能，从 20 世纪 60 年代以来，经过数十载的艰苦努力，终于让电动机电子保护器走出实验室，成为产品走向社会。

本章收集了数十家电动机电子保护器及其应用电路，可供读者选用安装。

例 351. 正存 ZLDB 电动机保护器典型应用电路

ZLDB 系列保护器是北京正存电子电器有限责任公司的产品，它是针对金属片热继电器各种缺点而设计的电子式电动机保护器，广泛应用于 75kW 以下三相交流异步电动机过载电流与断相保护场合，取代 JRO—16 系列双金属片式热继电器。

电路如图 351 所示。不难看出，ZLDB 保护器的三对主触点是串在 KM 与电机 M 主电路之间，其控制触点（常闭）串接在交流接触器线圈 KM 电路之中。电动机运行中出现断相、过载等故障时，控制触点 ZLDB 自动断开，从而切断 KM 电路，保护了电动机绕组不致烧毁。

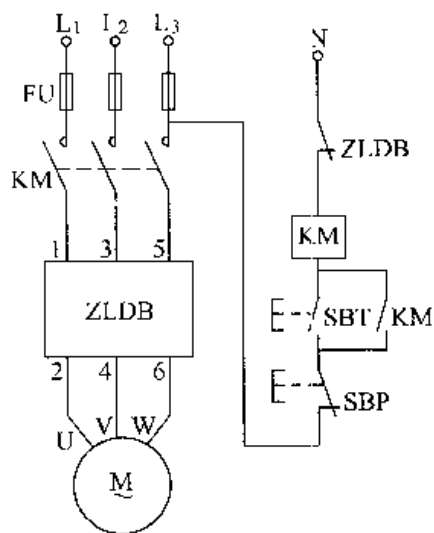


图 351 正存 ZLDB 电动机保护器典型应用电路

例 352. 正存 ZLDB 用于电动机星-三角启动器

正存 ZLDB 电动机保护器用于星-三角启动主电路如图 352 所示。它的控制触点仍是串接在电动机二次电路中，这里从略。

同理，正序 ZLDB 也可用于自耦减压起动补偿器，作断相、过载等保护用。

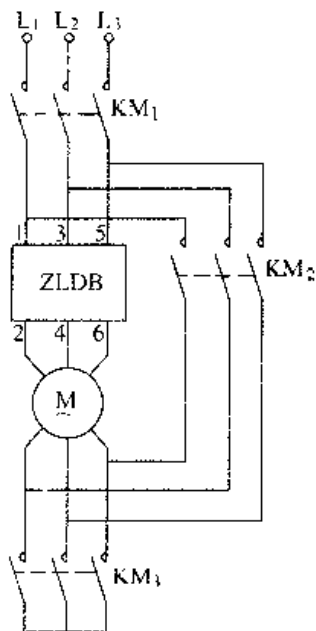


图 352 正序 ZLDB 用于电动机星-三角起动器

例 353. 工泰 GT—JDG1 电动机保护器典型应用电路

工泰电动机保护器是浙江省瑞安市工泰电器有限公司的产品。这是一家集科研、生产、销售、服务于一体的现代化经济实体。其产品 GT—JDG1 保护器与交流接触器组成电动机保护电路，主要用于交流 50Hz 或 60Hz、额定电流 600A 及以下三相电动机在运行中可能出现的断相、过载、堵转、三相不平衡等故障进行保护。是热继电器的更新换代产品。

GT—JDG1 保护器有 16A、20A、120A、160A 和 600A 五种型号的产品。

工泰 GT—JDG1 电动机保护器典型应用电路如图 353 所示。这例中采用的 GT—JDG1—16 型保护器，由于电流小，主电路直接接至保护器主触点上；端子 A1、A2 接一只电压表，端子 95、98 内接保护器一对常闭触点，只要保护器动作，95、98 即断开，从而切断电机电源。

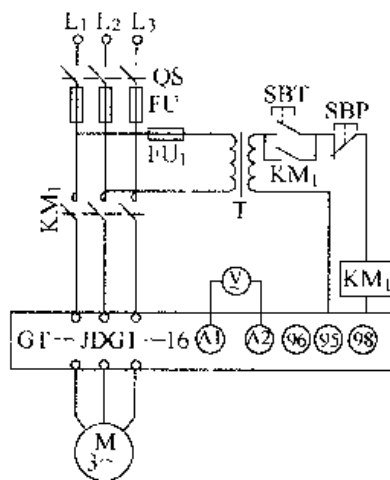


图 353 工泰 GT—JDG1 电动机保护器典型应用电路

例 354. 工泰 GT—JDG1 配合电流互感器应用电路

工泰 GT—JDG1 电动机保护器配合电流互感器应用电路如图 354 所示，与例 353 不同的是，这里采用了电流互感器，从而能使较小容量的 16A 保护器，可以保护较大功率的电动机。

图中， V 为交流电压表。

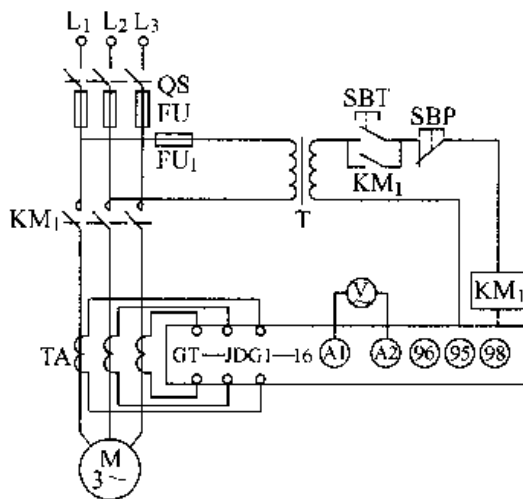


图 354 工泰 GT—JDG1 配合电流互感器应用电路

例 355. 工泰 GT—JDG1 穿心式保护电路

工泰 GT—JDG1 穿心式保护电路

GT—JDG1—160 型、GT—JDG1—120 型、GT—JDG1—600 型，在外壳中部都有三个穿心孔。这三个穿心孔，就是穿电线电缆用的，它们实质上是三相电流互感器。

穿心式保护的接法显得更为方便，电路如图 355 所示。

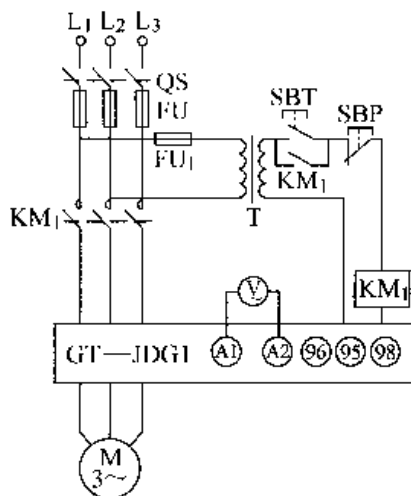


图 355 工泰 GT—JDG1 穿心式保护电路

例 356. 工泰 GT—JDG2 电动机保护器典型应用电路

工泰 GT—JDG2 系列电动机保护器的用途同 GT—TDG1, 其外形如图 356a 所示。

工泰 GT—JDG2 电动机保护器典型应用电路如图 356b 所示。不难看出, 它与 GT—JDG1 的接法极为相似, 只不过是缺少一块电压表而已。

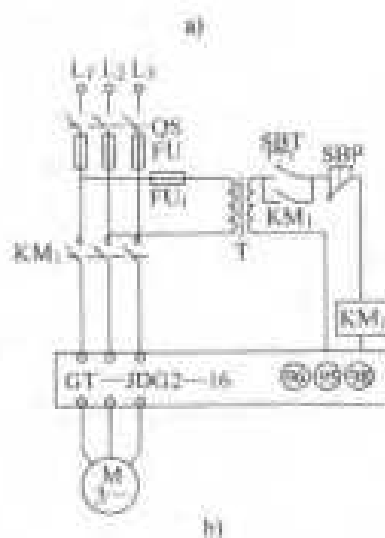
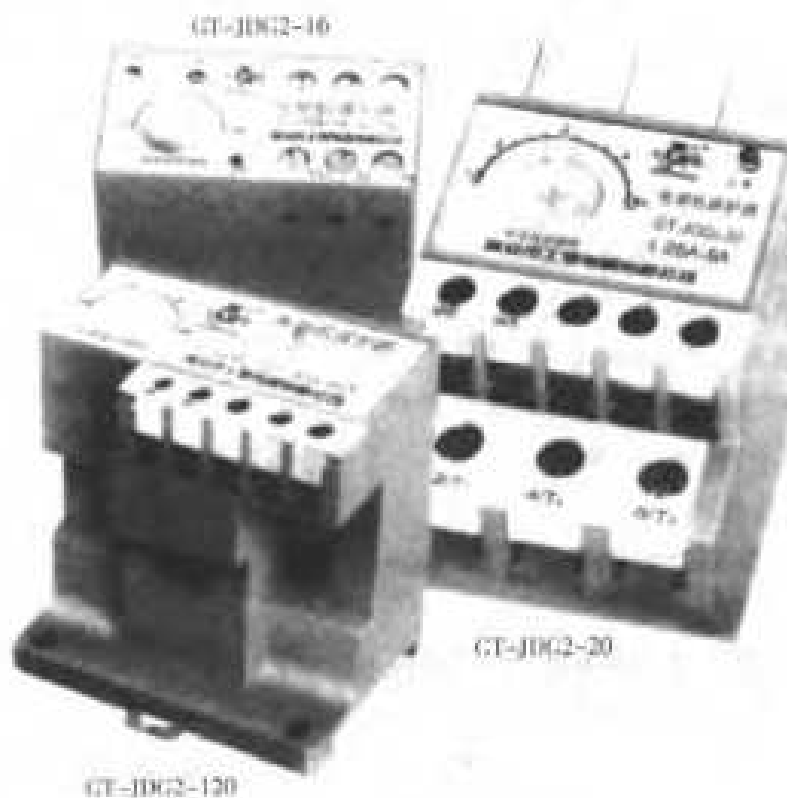


图 356 工泰 GT—JDG2 电动机保护器典型应用电路

例 357. 工泰 GT—JDG2 电动机保护器配合电流互感器应用电路

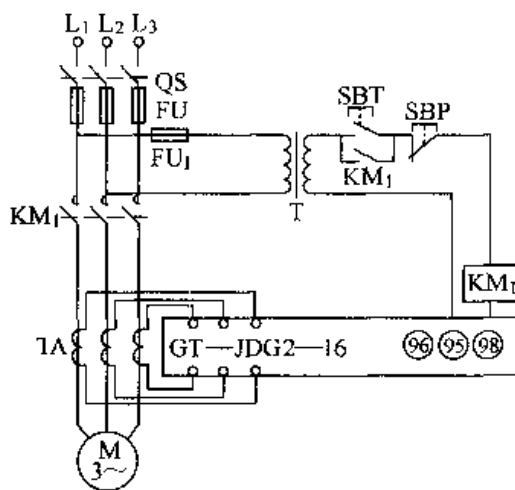


图 357 工泰 GT—JDG2 电动机保护器配合电流互感器应用电路

例 358. 工泰 GT—JDG2 穿心式保护电路

工泰 GT—JDG2 穿心式保护电路如图 358 所示。

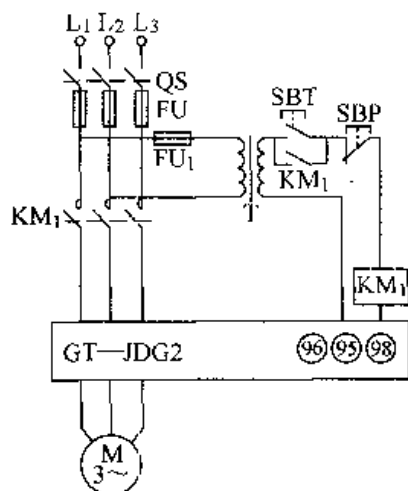


图 358 工泰 GT—JDG2 穿心式保护电路

例 359. 工泰 GT—JDG3 电动机保护器典型应用电路

工泰 GT—JDG3 系列电动机保护器是工泰电器有限公司在多年探索、研究的基础上自行设计、开发并获得国家专利的产品。该产品与交流接触器组成电动机保护电路。主要用于交流 50Hz/60Hz, 额定电流 100A 及以下三相电动机在运行中可能出现的断相、过载、堵转、三相不平衡等故障进行保护, 是热继电器理想的更新换代产品, 其外形如图 359a 所示, 型号分别为 GT—JDG3—32 和 GT—JDG3—100。

典型应用电路如图 b、图 c 所示。

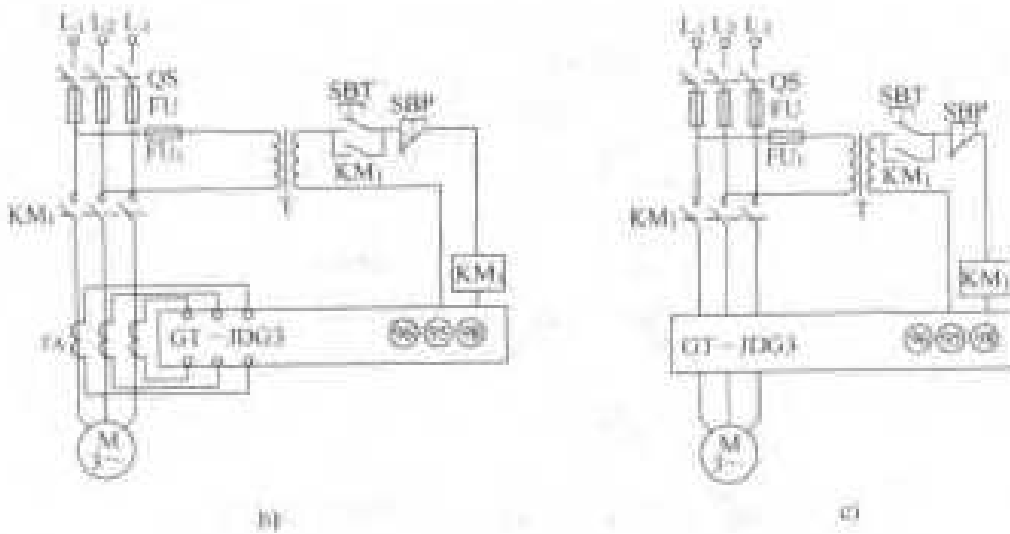
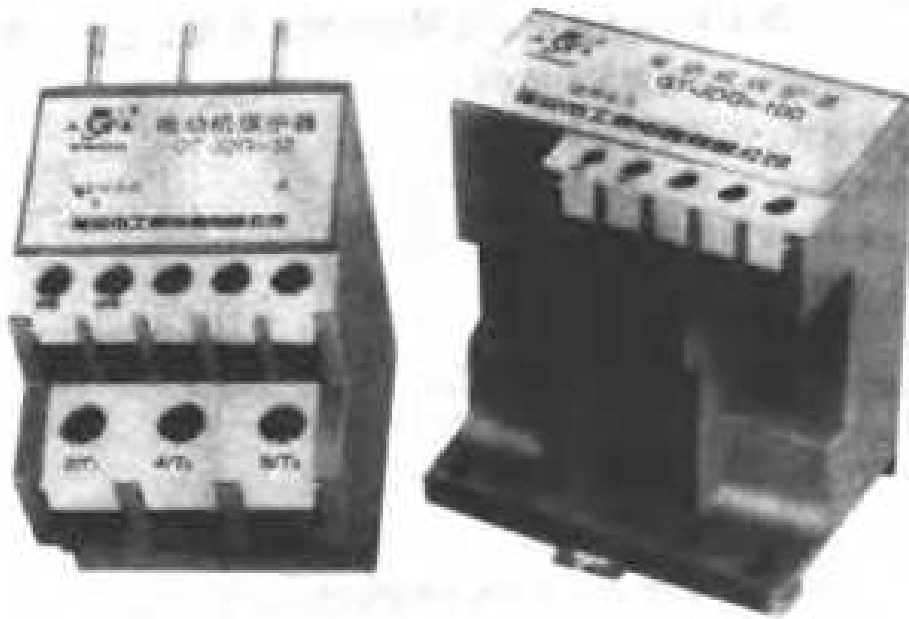


图 359 工泰 GT-JDG3 电动机保护器典型应用电路

图 b 为 GT-JDG3 配合电流互感器保护电路,图 c 为 GT-JDG3 穿心式保护电路。

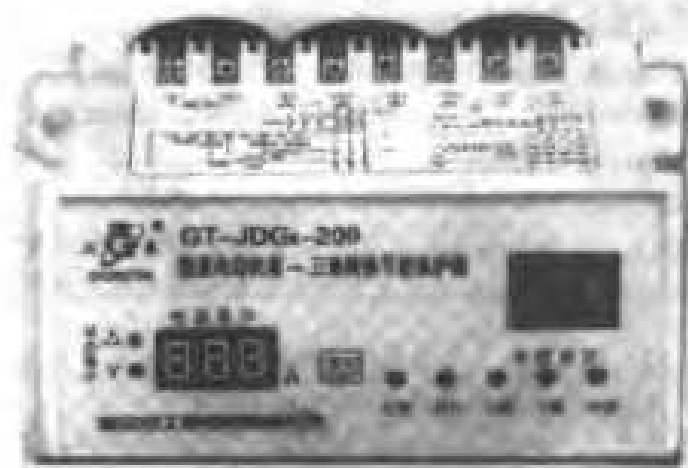
例 360. 工泰 GT-JDG4 型星-三角转换保护器电路

GT-JDG4 数显电动机星-三角转换节能保护器是工泰电器有限公司近期研制、开发并获得国家专利的新产品。该产品与交流接触器组成电动机保护电路。

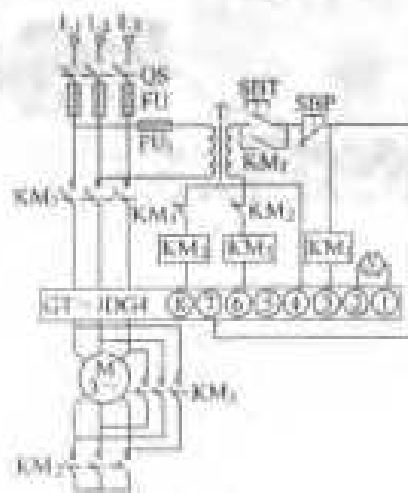
主要用于交流 50Hz、绝缘电压 1140V、额定电流 200A 及其以下的三相电动机的星-三角转换节能运行，并且对星-三角运行中可能出现的断相、过载、堵转、三相不平衡等故障进行保护。特别适用于各大油田的抽油机使用。

工泰 GT-JDG4 的外形如图 360a 所示。

工泰 GT-JDG4 型星-三角转换保护器电路原理如图 b 所示。由于 GT-JDG4 具有星-三角自动转换功能，所以读者只需按照图 b 接线即可。



a)



b)

图 360 工泰 GT-JDG4 型星-三角转换保护器电路

例 361. 工泰 GT-JDG5 数显电动机保护器典型应用电路

GT-JDG5 系列数显电动机保护器是近期研制、开发并获得国家专利新产品，如图 361a 所示。该产品与交流接触器组成电动机保护电路。主要用于交流 50Hz、

额定绝缘电压 1140V，额定电流 500A 及其以下的三相电动机运行中可能出现的断相、过载、堵转、三相不平衡等故障进行保护。广泛应用于电力、石油、冶金、化工、矿山、建筑、纺织等行业。

GT-JDG5 数显电动机保护器典型应用如图 361 所示。从图 a 可以看出，GT-JDG5-200 型电缆是由外壳穿过的；而 GT-JDG5-500 型的电缆是穿过一个分体部件（电流互感器），其二次仪表线是经插头引入，借以控制机器的。

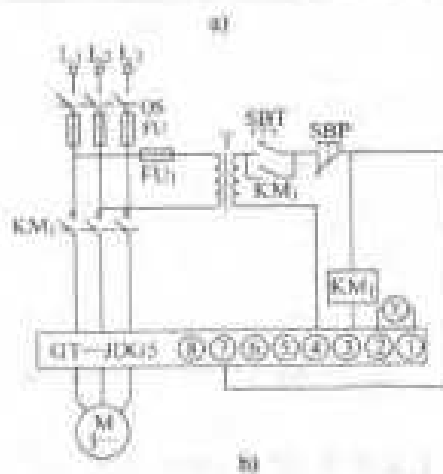
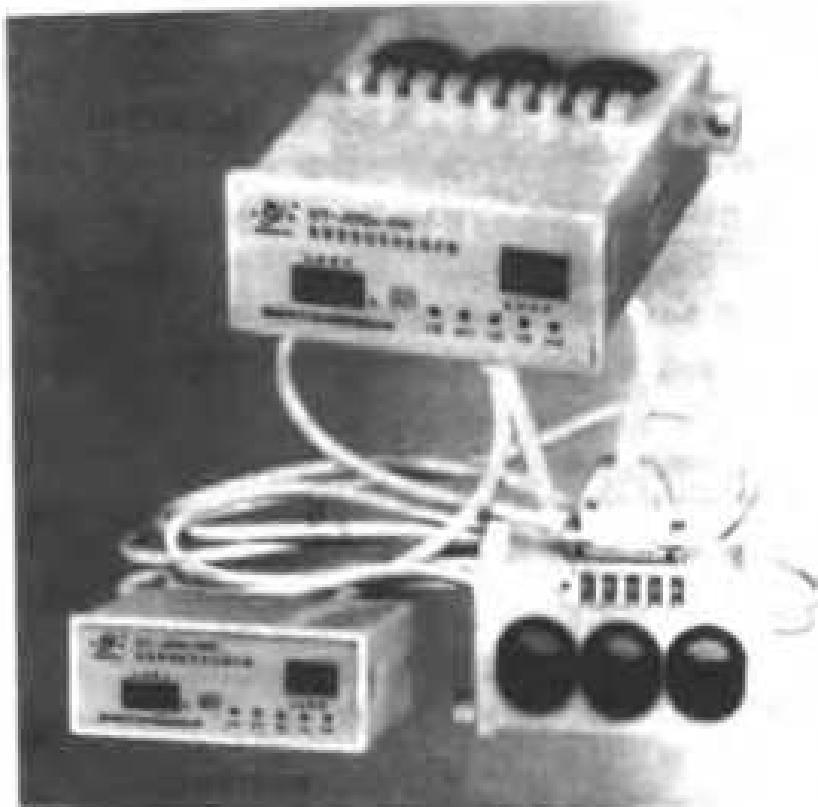
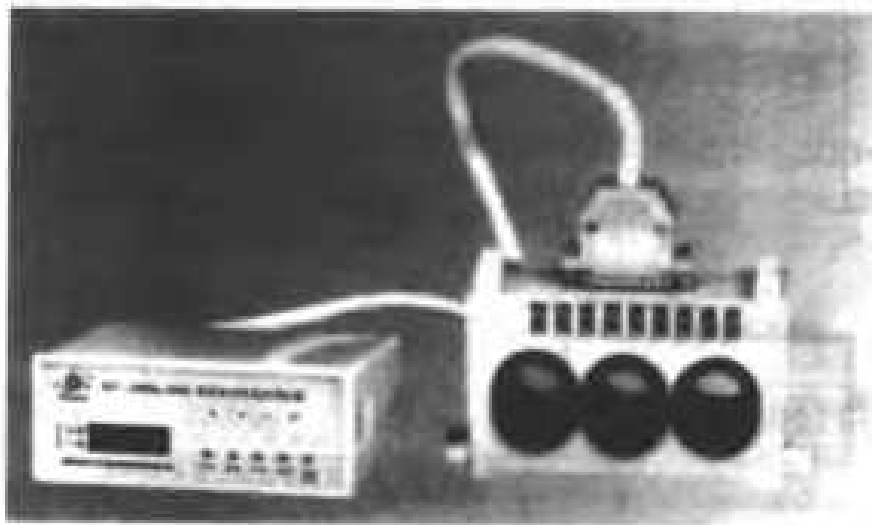


图 361 三菱 GT-JDG5 数显电动机保护器典型应用电路

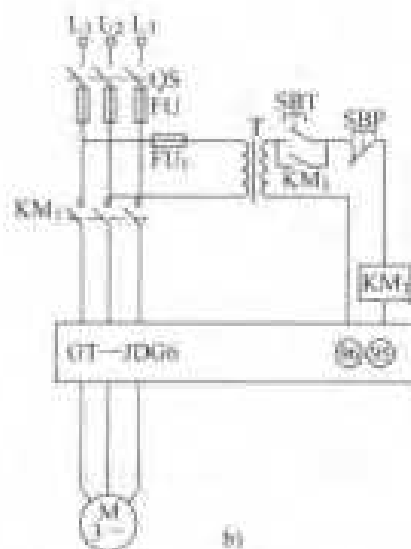
保护器采用了数字拨码调节电动机整定电流，能用数字显示运行中最大一相的电流。

例 362. 工泰 GT—JDG6 电动机保护器典型应用电路

GT—JDG6 系列微机监控电动机保护器是近期研制、开发的，具有现代国际水平的产品，如图 362a - e 所示。其核心部件采用 PIC 单片机，具有抗干扰能力强，工作稳定可靠，精度高，各项参数设置简单、方便和数字化、智能化、网络化等特点。同时还具有星-三角节能转换运行功能。可满足更高层次用户的要求。



a)



b)

图 362 工泰 GT—JDG6 电动机保护器典型应用电路

广泛应用于电力、石油、冶金、化工、矿山、建筑、纺织等行业的三相电动机在运行中可能出现的断相、过载、轻载、漏电、三相不平衡等故障进行保护。保护器配备通信接口，增加了通信接口功能，便于用户使用微机监控整个电路运行情况。是电动机保护器的升级换代产品。

GF—JDC6 电动机保护器典型应用电路如图 b 所示。

例 363. 环宇 HTHY—21 型电动机保护器典型应用电路

环宇 HTHY 系列电动机保护器，是中国航天运载火箭技术研究院的科技人员创建的北京航天环宇有限公司的产品。该公司充分发挥高科技及严格管理的优势，在民用产品上开发出新的领域。

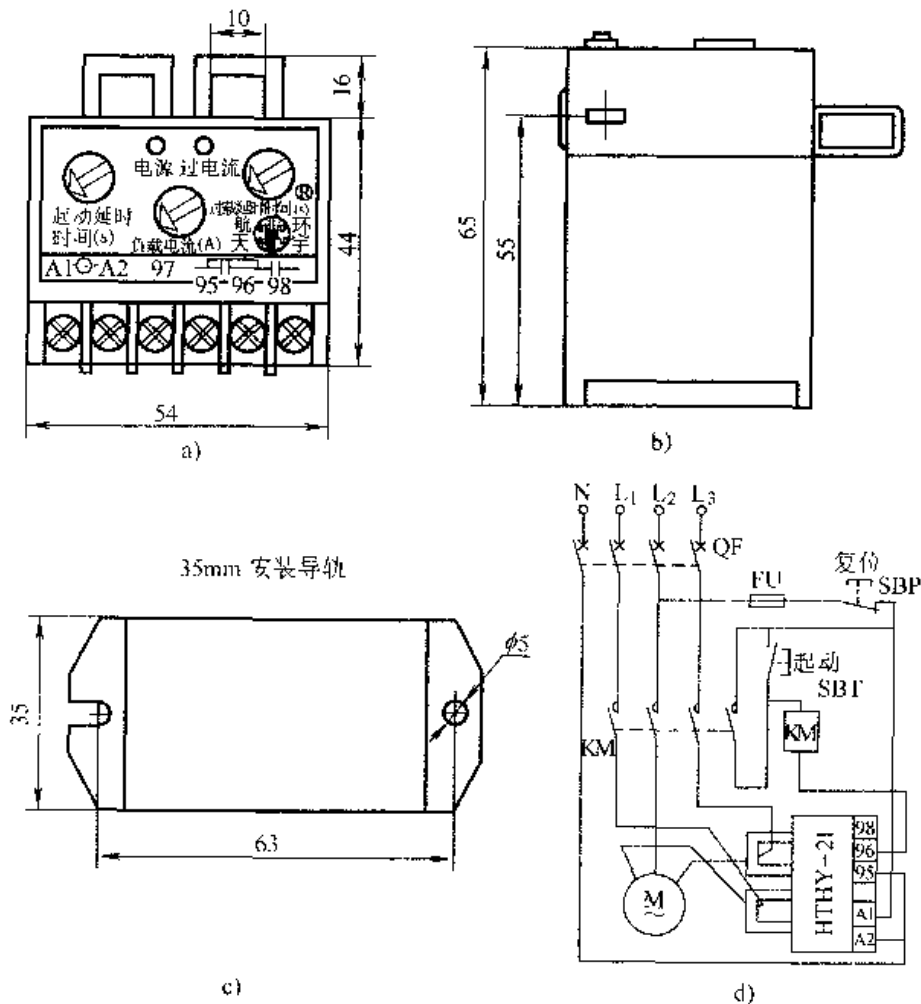


图 363 环宇 HTHY—21 型电动机保护器典型应用电路

环宇 HTHY—21 的外形安装尺寸如图 363a ~ c 所示。其中图 a 为面板，面板上有“电源”和“过电流”指示灯、启动延时(s)、负载电流(A)、过载延时(s)等

调节旋钮。下端有六个接线柱，A1、A2；95、96、98 分别标在接线柱旁边。95、96、98 为一组继电器转换接触器。它们的用途如图 d 所示。

图 d 中，QF 为四极断路器（俗称空气开关），KM 为四个主触点的交流接触器，SBT 为起动按钮。SBP 为复位按钮。电动机 M 的两根电源线穿入 HTHY 的电流互感器，为保护器提供控制信息。使用时，按电动机保护要求，调节各旋钮；运行中注意观察各 LED 的发光情况，判断有无故障。

例 364. 环宇 HTHY—31 型电动机保护器典型应用电路

环宇 HTHY—31 型外形安装尺寸如图 364a ~ c 所示。

HTHY—31 型面板上设有电源、测试、过载、故障指示灯，此外还设有负载电流和过载延时调节旋钮。A1、A2；95、96、97、98 为接线端子。95、96 为常闭触点输出端；97、98 为常开触点。其接线方法如图 d 所示。

面板上的指示灯是发光二极管（LED），通过它们能判断电动机保护器的各种状态，从而确定有无故障。

在这例，电动机三相主电路依相穿入保护器中的电流互感器。

按下起动按钮 SBT，电源 L_2 经熔断器 FU、复位按钮 SBP、KM 线圈及 95、96 常闭触点至零线 N，形成回路。KM 吸合自保（即使松开 SBT 也仍能维持吸合状态）。

当电动机发生故障，保护器动作，使 96、95 两触点断开，KM 跳开，从而保护了电动机。

在电动机正常运转情况下，按下 SBP，M 停转。

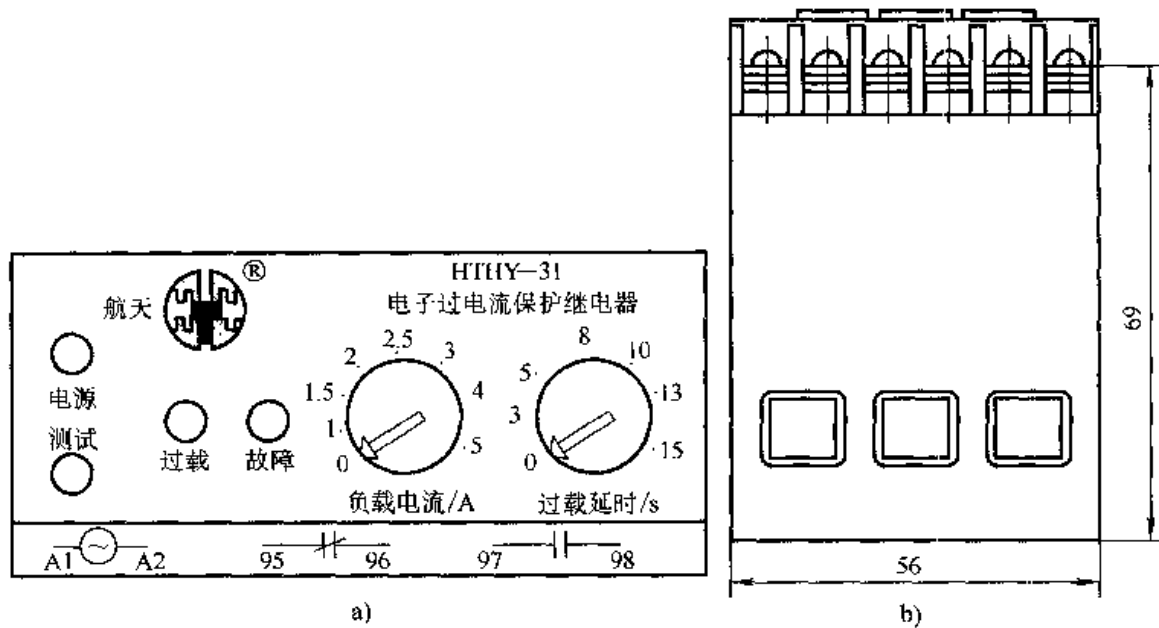


图 364 环宇 HTHY—31 型电动机保护器典型应用电路

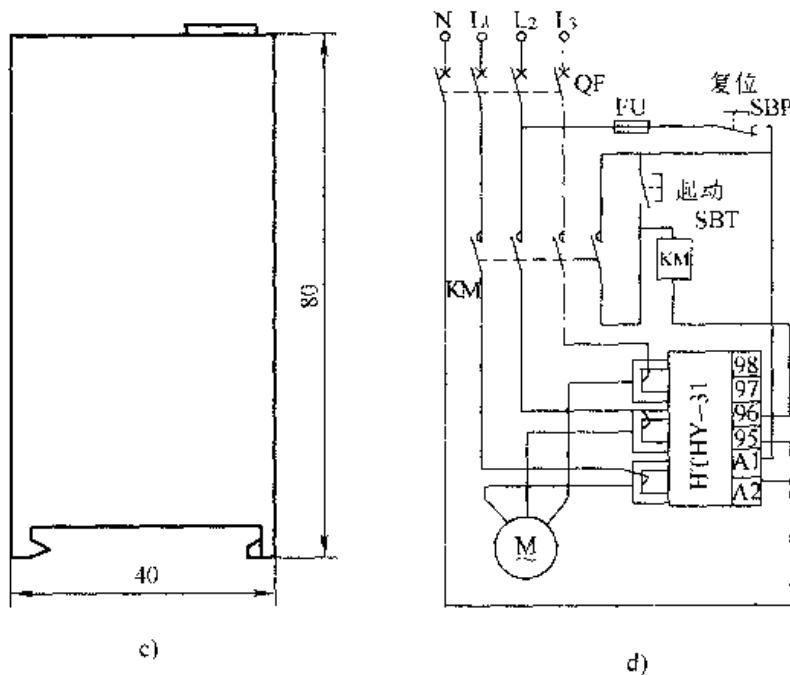


图 364 环宇 HTHY-31 型电动机保护器典型应用电路 (续)

例 365. 欣灵 HHD2 电动机保护器典型应用电路

HHD2 系列电动机保护器, 具有结构合理, 功能完善、使用方便、接线简单、省电、直观、灵敏度高、体积小、动作可靠等优点, 与交流接触器配合使用能对任何类型的三相电动机作快速可靠的保护。

该系列保护器采用电流检测技术供电和取样, 输出接口采用过零关断型交流固态继电器, 不但结构简单, 动作可靠, 而且无功耗、无火花、免维护、长寿命, 是取代热继电器的电子式电动机保护器的理想产品。

HHD2 外形如图 365a 所示, 典型应用电路如图 b 所示。

将电动机进线穿过欣灵保护器的穿线孔, 把交流接触器线圈的控制回路串入保护器两个接线端子。

当电动机发生断相、过载或三相电流不平衡等故障时, 保护器内部的无触点固态式交流电子开关立即将 KM 线圈电源关断, 使电动机 M 停止工作。

注意事项

(1) HHD2 系统电动机保护器的输出接口是无触点的固态式交流电子开关, 故检验开关的通断特性时不能用万用表的电阻档测量。

(2) 如果该系列保护器使用于自动控制电路, 保护器动作后要重新起动, 须切断控制电路使保护器的输出接口断电复位, 否则将拒绝起动。

(3) 该系列保护器的输出接口不能控制直流接触器类设备, 如用户使用的交流接触器的线圈电压大于 380V 或电流大于 1A 时须用中间继电器转换接口。

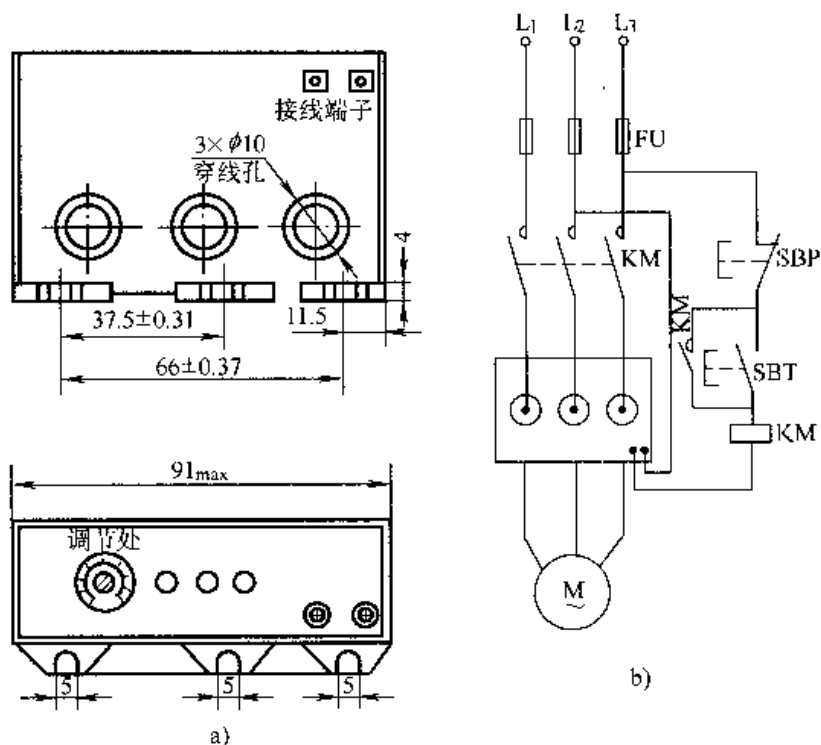


图 365 欣灵 HHD2 电动机保护器典型应用电路

(4) 规格选择。用户应根据自己所需要保护的电动机的额定工作电流选择相对应规格的电动机保护器。在特殊情况下，大规格保护器可用增加穿过保护器匝数的方法应用在小功率的电动机上进行保护，大规格保护器可通过安装于电流互感器两侧的方法，应用于大功率电动机的保护，小规格保护器也可以用分流的方法对大功率电动机进行保护。

例 366. 瑞新 GDBT6—BB 电动机保护器典型应用电路

瑞新 GDBT6—BB 系列电动机保护器是许昌市机械电子设备厂根据国家淘汰 JR 系列热继电器的精神，采用国际先进技术和优质的电子元件，专为替代 JR 系列热继电器而设计的。保护器设有发光管工作指示和故障指示。具有节能显著，断相、过载保护可靠，动作准确，工作稳定，符合国家强制性标准。

瑞新 GDBT6—BB 电动机保护器典型电路如图 366 所示。

电动机的三相电源线分别穿过 GDBT6—BB 保护器 H1 ~ H3 穿线孔，与交流接触器 KM 主触点相接。

工作过程：按下起动按钮 SBT，电源 L_3 经 SBP、SBT、KM 线圈、FU 至 L_2 ，KM 吸合，电动机起动。松开 SBT， L_3 经 KM 辅助触点、保护器的 3、4 常闭触点、KM 线圈、FU 至 L_2 ，使 KM 自保。

按下 SBP, KM 线圈失电释放, M 停转。

若是电动机发生断相、过载等故障,保护器内部的触点 3、4 断开, KM 失电释放,从而保护了电动机。

使用时,需注意以下事项:

(1) 调试电流旋钮时,应在标定电压下进行。

(2) 过电流调整刻度、延时调整刻度不呈线性比例,应以实际调试为准。

(3) 定期检验保护器的性能,例如,过载实验和断相实验。

(4) 电动机在运行中停止,请判断电动机是否有断相、缺相、过载现象。首先检查电动机是否有温升过高,如有过高的温度,可能是电动机因过载而停止工作。如果没有温升过高现象。可能是线路断相而引起电动机的运行停止。然后再检查三相电源及交流接触器,如有异常现象,应排除后才能重新起动电动机,以免造成意外事故。

(5) 保护器应与交流接触器配合使用,若不接电动机,保护器作断相处理,拒绝送电。

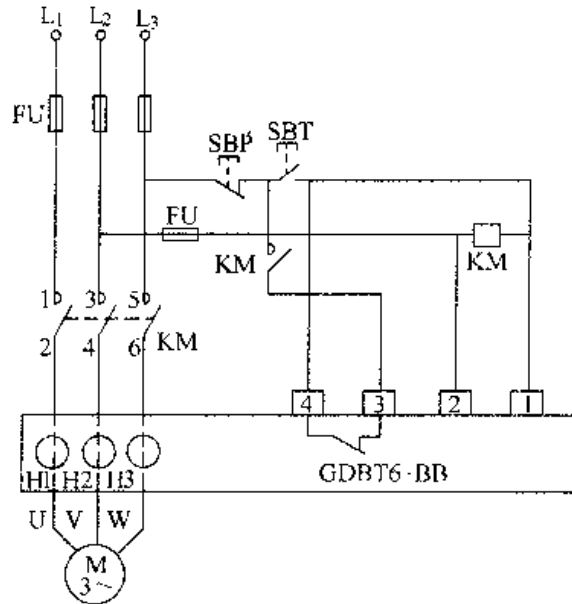


图 366 瑞新 GDBT6—BB 电动机
保护器典型应用电路

例 367. 新中兴 GDH—10/20 无功耗电动机保护器典型应用电路

GDH 系列无功耗电动机保护器是济南新中兴电器有限公司的专利产品。该产品 1995 年通过国家继电器质量监督检测中心型式试验及中国电机保护控制委员会组织的国家级专家鉴定。获得 10 项国家专利。自投放市场以来,以工作可靠、使用方便、故障率低等优点而广泛应用于化工、机械、建材、冶金、轻工、纺织、运输等行业。该产品得到良好反响,被用户誉为“保护神”。

GDH—10、GDH—20 系列无功耗电动机保护器是用于三相交流电网中保护电动机的,它集断相、过电流、三相电流不平衡保护为一体,而且各保护功能均可独立工作。安装尺寸、使用方法与同规格的热继电器相同,因此在电气系统中可直接替代同规格的热继电器,是热继电器理想的更新换代产品。

GDH—20/10—80 保护器外形如图 367a 所示;典型应用电路如图 b 所示。

按图 b,将选好的保护器安装完后,将负载线穿过穿线孔或压紧在负载接线

端子上（无方向要求），将控制电路接到控制线端子上，电流整定钮的刻度调在控制电路的额定电流上，带有欠载保护的保护器，欠载电流整定刻度应调在小于正常工作电流值上。产品可以带载试验；断相试验时应在规定时间内动作；过载试验可将过载电流整定值调小，应在规定时间内动作；空载试验时电动机电流值因小于保护器下限刻度值，所以保护器不动作。

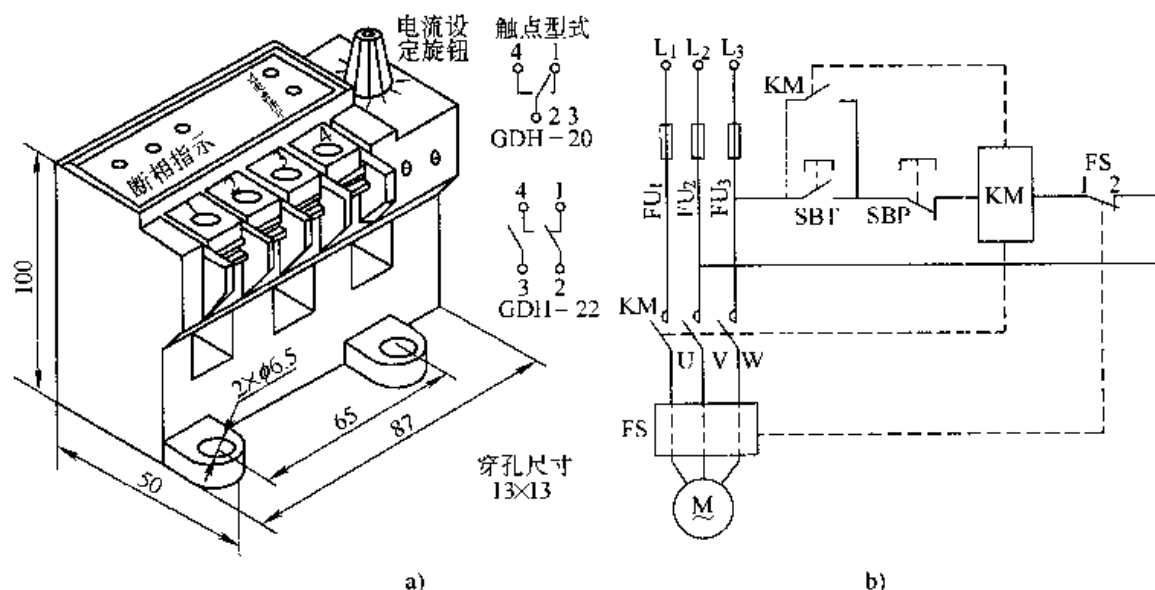


图 367 新中兴 GDH—10/20 无功电动机保护器典型应用电路

注：GDH 保护器可串在三相负载的任意位置。

对于 GDH—20 系列保护器，断相试验时，相应相序的指示灯熄灭后，在规定时间内动作；过载试验时，过载指示灯点亮，并在规定时间动作。

当没有电流合适的保护器时，对于穿心式保护器可用多穿几匝的方法解决，这种方法仅适合大电流保护器应用于小功率负载情况下，每绕一圈相当于负载电流乘匝数，即

$$\text{额定电流} = \text{负载电流} \times \text{穿心次数}$$

注意事项：所选用的保护器若无手动复位功能，使用时一定要注意电路的连接方法，当使用在具有自动起动装置、转换开关直接起动的电路时，要加一定的保护电路，以防重起动。

例 368. 新中兴 GDH—23 电动机保护器典型应用电路

GDH—23 主要用于电动机的逆相保护，因此在三相电路的接入时注意不要接反，否则电路不工作，指示灯不亮（正相序时才工作）。

在图 368 中，电路串入 FS (GDH—10/20 保护器) 作断相、过载保护。
图 a 为 GDH—23B 保护器的外形，图 b 为 GDH23 的典型应用电路。

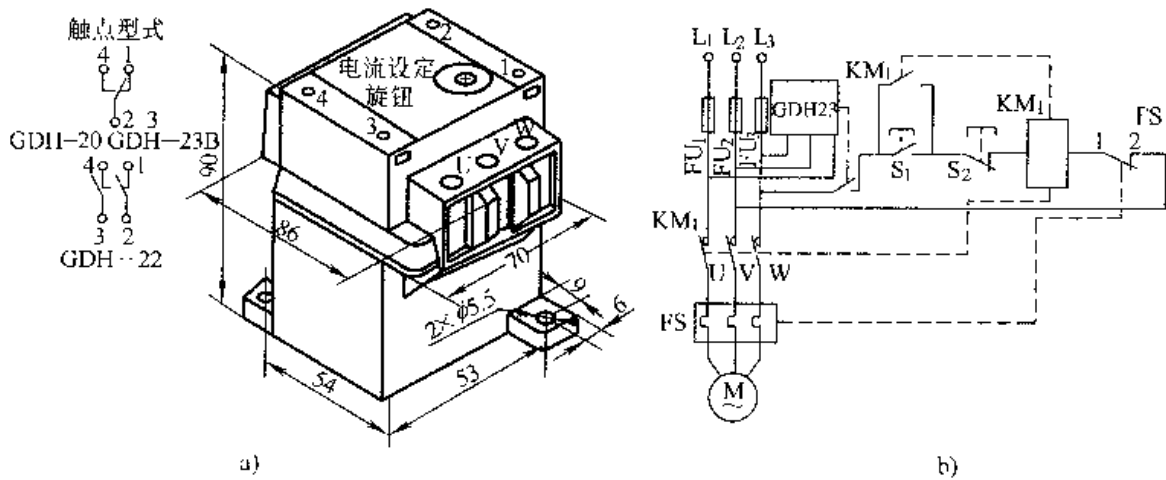


图 368 新中兴 GDH—23 电动机保护器典型应用电路

例 369. 新中兴 GDH—20 手动复位电动机保护电路

新中兴 GDH—20 手动复位电动机保护器外形如图 369a 所示，保护电路如图 b 所示。按下 SBP，电动机即可停车复位。

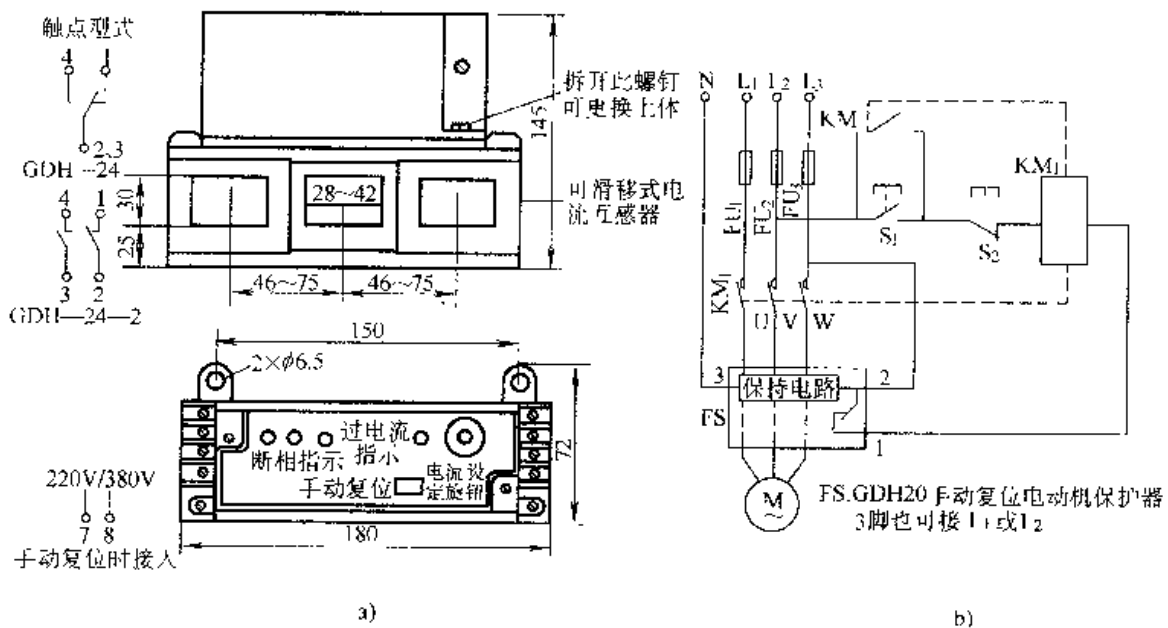


图 369 新中兴 GDH—20 手动复位电动机保护电路

注：3脚也可接 L₁ 或 L₂

例 370. 新中兴 GDH 电动机保护器测试电路

新中兴 GDH 电动机保护器测试方法

测试电路如图 370 所示。

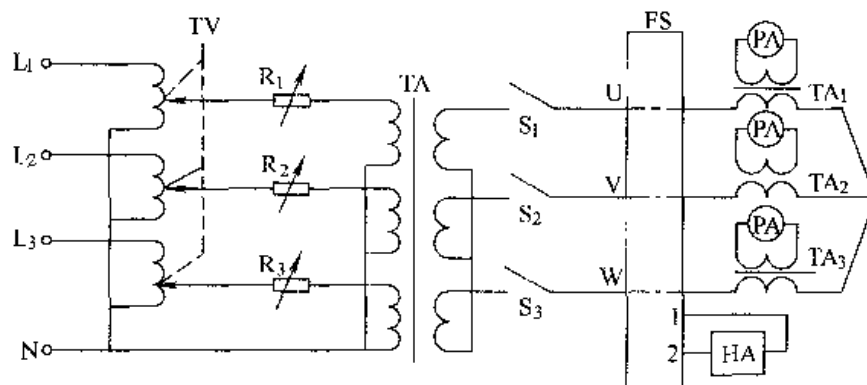


图 370 新中兴 GDH 电动机保护器测试电路

TV—同轴三相自耦调压器 R₁、R₂、R₃—不平衡调整电阻 TA—三相升流器

S₁、S₂、S₃—断相测试开关 FS—GDH 系列电动机保护器 PA—电流表

TA₁~TA₃—电流互感器 HA—测试用讯响器

测试按如下步骤进行：

(1) 过电流测试。通电后将电流调到额定动作电流的 125%，断开试验电源，重新施加 125% 的电流值，同时进行计时，保护器动作后（可附加声、光显示装置），计时停止，其动作时间应符合规定。

(2) 断相试验。将三相电流调至不低于该保护器下限刻度值的 110%，将断相开关打开（任一相），形成断相，同时进行计时，保护器动作后，计时停止，其动作时间应符合规定。

(3) 三相不平衡测试。调整不平衡电阻使任一相电流低于其他两相的 40%，另外两相电流调至不低于该保护器下限刻度值的 110%，断开电源，以不平衡状态重新施加电源，同时进行计时，保护器动作时间应符合规定。

三相不平衡比值 = (任一相最大电流值 - 另一相最小电流值) / 任一相最大电流值 × 100%

例 371. 新中兴数显智能电动机保护器面板操作方法

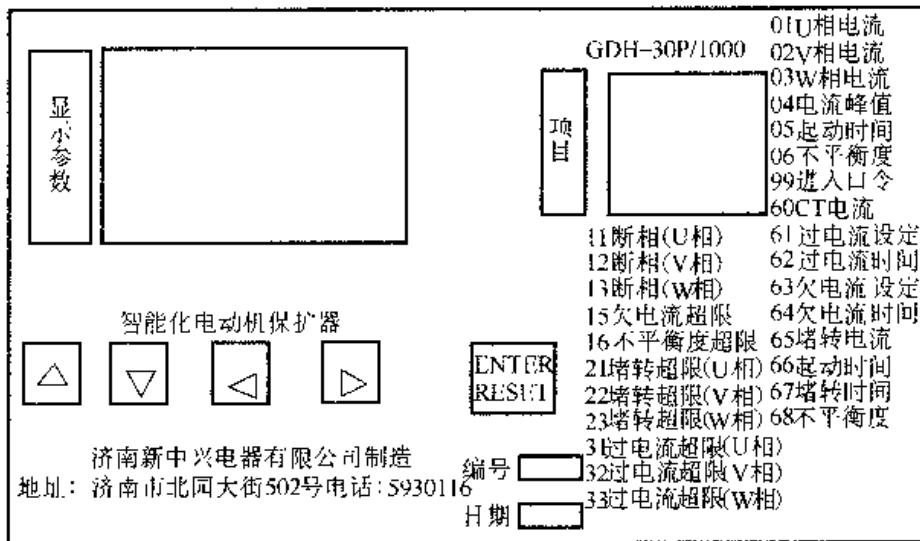
随着电子技术的发展，数字显示、单片计算机、可编程序控制器悄然进入电工行列。它们使电动机保护器数据显示更直观，控制精度更高，保护功能更齐全，性能更为可靠。

GDH—30 系列电动机保护器是山东济南新中兴电器有限公司最新研制的数

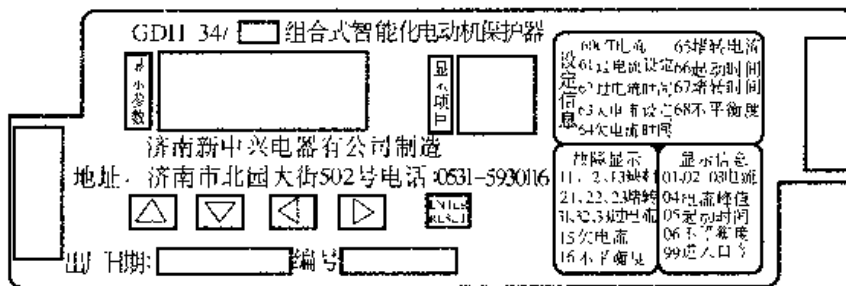
显式、智能化电动机保护器，它是为保护中、大型电动机而设计的。它采用国际最先进的单片计算机作中央数据处理、12位 A/D 转换器为信号采样，因而具有显示直观、控制精度高、保护功能齐全、性能可靠、工作稳定等显著特点。用户可以任意设定各类参数，使其具有更高的灵活性。而故障预报警功能保证了用户能及时处理故障，避免因过多停机而造成的不必要的损失。该机还具有三相电流的动态监视、三相电流不平衡度监视，最大电流值、起动时间监视等功能。

(1) 面板形式

新中兴 GDH—30P/1000 面板形式如图 371a 所示，GDH—34 面板形式如图 b 所示。



a)



b)

图 371 新中兴数显智能电动机保护器面板图

1) 数字显示

该产品为数字显示，设有两个窗口“显示参数”及“显示项目”，用以表示

数值及各类信息、故障代码。

例如，“显示项目”显示 01，“显示参数”显示 120，即表示第 U 相电流值为 120A。

2) 按键

△ 增值键：用于增加“显示项目”或“显示参数”的数值。

▽ 减值键：用于减少“显示项目”或“显示参数”的数值。

▷ “显示项目”窗口切换键：用于将操作切换到“显示项目”栏。

◁ “显示参数”窗口切换键：用于将操作切换到“显示参数”栏。

ENTER
RFSET

确认/复位键：①保护器动作后的复位操作；②改变参数后的确认

操作。

3) 显示信息

(a) 正常工作时显示信息。正常工作时所显示的信息，用于监视系统运行，相应内容如表 13 所示。

表 13 正常工作时显示信息

显示项目	显示内容	说 明
01	电流值 (A)	U 相电流
02	电流值 (A)	V 相电流
03	电流值 (A)	W 相电流
04	电流值 (A)	本次运行峰值电流
05	时间 (s)	本次起动时间
06	不平衡度 (%)	当前三相电流不平衡度

(b) 故障显示信息。故障显示是用来表示所发生的故障状态，相应内容如表 14 所示。

表 14 故障显示信息

显示项目	显示内容	说 明
11	电流值 (A)	U 相断相
12	电流值 (A)	V 相断相
13	电流值 (A)	W 相断相
15	电流值 (A)	欠电流，最低电流值
16	不平衡度 (%)	不平衡度超出设定值
21	电流值 (A)	堵转，U 相最大电流
22	电流值 (A)	堵转，V 相最大电流
23	电流值 (A)	堵转，W 相最大电流
31	电流值 (A)	过电流，U 相最大电流
32	电流值 (A)	过电流，V 相最大电流
33	电流值 (A)	过电流，W 相最大电流

(c) 设定参数显示信息。设定参数显示信息如表 15 所示。

表 15 设定参数显示信息

显示项目	显示内容	说明
99	口令码	进入设定区口令
60	电流值 (A)	CT 一次电流
61	电流值 (A)	过电流门限电流
62	时间 (s)	过电流动作时间
63	电流值 (A)	欠电流门限电流
64	时间 (s)	欠电流动作时间
65	电流值 (A)	堵转门限电流
66	时间 (s)	起动时间
67	时间 (s)	堵转时间
68	不平衡度 (%)	不平衡度门限值

注：第 62 项过电流时间 = 0 时，动作按反时限；> 0 按定时限动作。

a) 动作提示：当“显示参数”窗口 4 位数一起闪亮，表示该保护器已动作，定区后即可改变设定参数。

b) 改变内容提示：当“显示项目”或“显示参数”窗口的高位数闪亮，表示已进入“参数设定区”，可以改变内部设定参数。某一窗口的高一位数闪亮，即表明可改变这一栏的参数。

c) 溢出指示：当“显示参数”窗口出现 $\square \square \square \square$ 表示该数值已超出显示范围（即超过 9999）。

d) 写入参数指示：当修改完设定参数，要按 $\begin{matrix} \text{ENTER} \\ \text{RESET} \end{matrix}$ 键确认，这时“显示参数”窗口显示 $\square \square \square \square$ 约 1s，表示已写入内部电脑。

(2) 功能及工作范围（如表 16 所示）

表 16 功能及工作范围

保护项目	使用范围	推荐设定范围	动作时间	推荐动作时间
断 相	$\geq 1A$		$\leq 5s$	
过电流	1 ~ 9999A	50 ~ 1000A	1 ~ 9999s	10 ~ 60s
欠电流	1 ~ 9999A	50 ~ 1000A	1 ~ 9999s	2 ~ 10s
堵 转	1 ~ 9999A	300 ~ 9999A	1 ~ 9999s	2 ~ 5s
起动时间			1 ~ 9999s	10 ~ 60s
三相不平衡	1% ~ 100%	20% ~ 80%	$\leq 5s$	

(3) 新中兴 GDH—30 的操作

1) 监视运行: 按动 Δ 或 ∇ 键, 可监视电流值、电流不平衡度、电流峰值、起动时间等参数(要同时参照“显示项目”窗口中所显示的相对应代码)。

2) 更改设定: 需改变设定值时, 连续按 Δ 键, 使“显示项目”窗口数值显示99, 这时再按 \leftarrow 将操作切换到“显示参数”窗口, 然后按 Δ 或 ∇ 键, 设置进入口令30, 按 \rightarrow 键将操作切换到“显示项目”窗口, 然后按 Δ 键进入“参数设定区”。

进入设定区后, 可按 \leftarrow 或 \rightarrow 键在“显示项目”窗口与“显示参数”窗口间切换, 按 ∇ 或 Δ 键改变两窗口所显示的数值。当设定修改完成后, 按

ENTER
RESET

键确认, 这时“显示参数”窗口显示[][][]提示存入(若未按确认键, 退出设定区时将保留新设定前的值)。也可将所有需要修改的值都设定完毕后, 再按

ENTER
RESET

键确认。

(4) 复位: 保护器在动作后, 若要重新起动电路, 则需使保护器复位, 可按

ENTER
RESET

键手动复位, 也可将保护器断电复位。

(5) 注意事项

1) 该产品内部器件与电源不隔离, 请不要带电维修。维修时请用1:1隔离变压器, 以免发生危险。

2) 该产品的输入检测电流值额定为5A, 若要检测200%以上的电流时, 不要连续工作。

3) 产品的工作电压可在150~400V(交流)之间, 若长期工作, 建议使用220V或380V(交流)。需要特殊工作电压的请在订货中注明。

4) 该产品在使用时, 建议不要低于互感器一次电流的20%。

5) 使用时请将接地端接好大地。

例 372. 新中兴 GDH—30 动特性试验电路

试验时为显示精确起见, 建议在设定参数“互感器一次电流”项设置为500, 即500/5。然后按100倍率算出相应值, 直接输入的电流值一般在0.5~5A之间, 测试中的任意值即指0.5~5A。

(1) 断相保护动作特性。当任意一相电流为零, 其他两相电流 >0 时, 保护器应在5s以内动作。

试验方法: 运行时断相, 按图372a或图b连接试验电路, 电流设置在任

意值，断开试验开关 S_1 (S_2 、 S_3) 同时计时，应在规定时间内动作。同时有相应的故障提示及动作指示。

试验方法二：启动前断相：按图 a 或图 b 连接好试验电路，将开关 S_1 (S_2 、 S_3) 断开，接通电源，将电流设置为任意值，同时计时，应在规定时间内动作。同时有相应的故障提示及动作指示。

(2) 三相电流不平衡动作特性。

动特性：当三相电流不平衡度 (%) > 设定值 (%) 时，保护器 5s 内动作。不平衡度的计算按下式：

$$\frac{\text{任意一相最大电流值} - \text{其他两相中最小电流值}}{\text{任意一相最大电流值}} \times 100\% = \text{不平衡度}$$

试验方法：按图连接好试验电路，施加任意电流，调整可调电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 等，使不平衡度满足规定条件，同时计时。应在规定时间内动作，同时应有故障提示及动作指示。

(3) 起动超时保护特性

动特性：当起动用时间大于起动设定时间时，保护器保护动作。

起动时间计算方法：当电流由零增至过电流设定值时，开始计时（由零增至过电流的时间应不大于 1s），由大于设定值降至设定值时，停止计时。

试验方法：按图 a 或图 b 连接好试验电路，调整电流由零升至大于过电流设定值时，开始计时，亦可将监视项设定在 05 项（起动时间监视）读值，在设定时间内满足动作。

(4) 过电流保护特性

动特性：当保护器完成起动后，若出现三相电流大于过电流设定电流值，应在设定时间满足时动作。

定时限动作特性：当电流值大于设定值，动作时间大于 0 时，按规定时间动作。

反时限动作特性：当电流值大于设定值，动作时间设定为 0 时，按图 c 所示的过电流保护特性曲线反时限特性动作。

试验方法：按图 a 连好试验电路，将电流调至小于过电流设定值，大于零保持 5s 以上，然后将电流升至大于过电流设定值，开始计时，应在规定的动作特性内动作，应有相应的故障提示及动作指示。（注意：反时限特性试验时，应取不少于三个试验点）。

由于该产品具有热积累特性，重复过流试验时，应将试验保护器断电后重新上电试验，或者在作定时限特性时，将电流调至小于设定值，保持 1min 以上，在作反时限试验时，将电流调至小于设定值，保持 20min，以免造成重复计时不准确的错觉。

(5) 欠电流保护特性

动特性：当保护器完成起动后，三相电流小于欠电流设定值时，保护器应在满足欠电流设定时间时动作。

试验方法：按图 a 连接好试验电路，电流调至大于欠电流设定值，小于过电流设定值时，保持 5s 以上，然后将电流调至小于欠电流设定值（大于零），同时计时，应在欠电流设定时间满足时动作，这时保护器应有故障提示及动作指示。

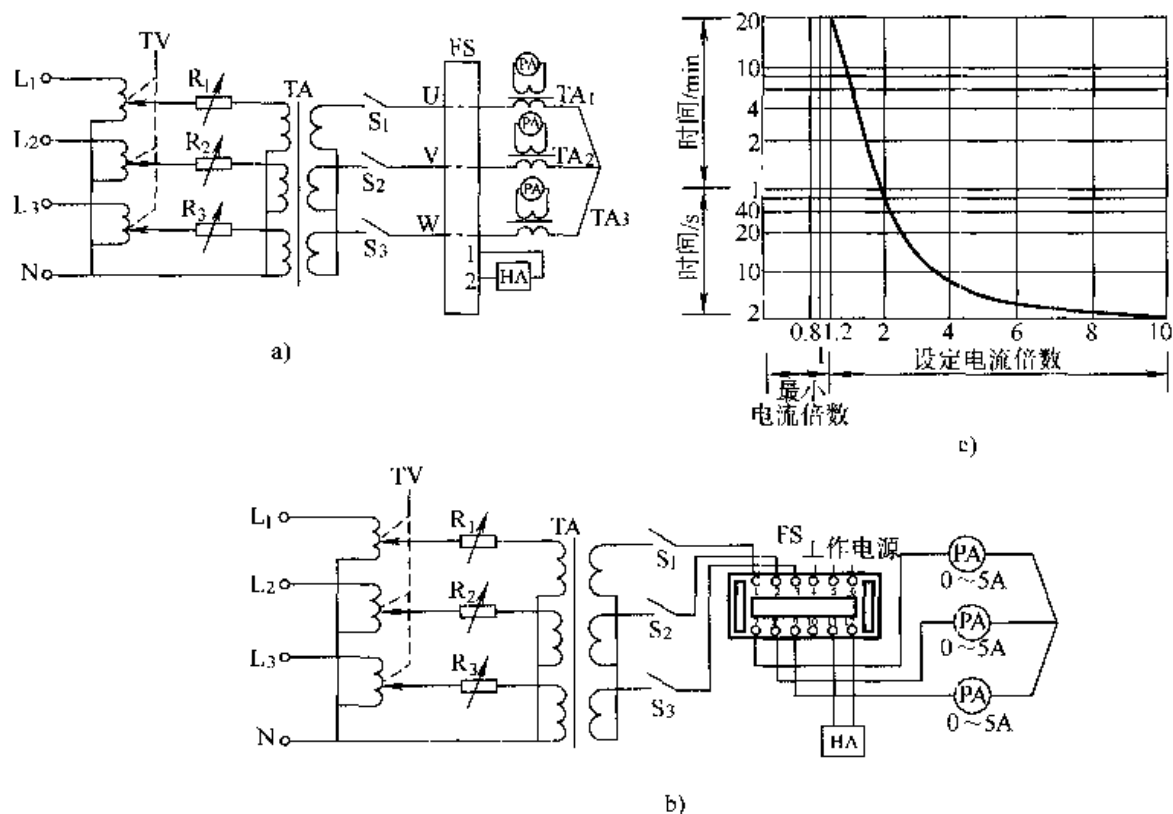


图 372 新中兴 GDH—30 动特性试验电路

(6) 失电保护

该项是为防止保护器出现故障，未接好电源而造成电气回路失去保护而设置的。当保护器失电或出现故障时，保护器触点断开，使主电路无法投入运行。

例 373. 新中兴 GDH—30P 数显智能电动机保护器应用电路（一）

电路如图 373 所示。

本例电路中采用的是两只电流互感器 TA_1 和 TA_2 。现将保护器参数值的设定方法介绍如下（参见图 371a 面板）：

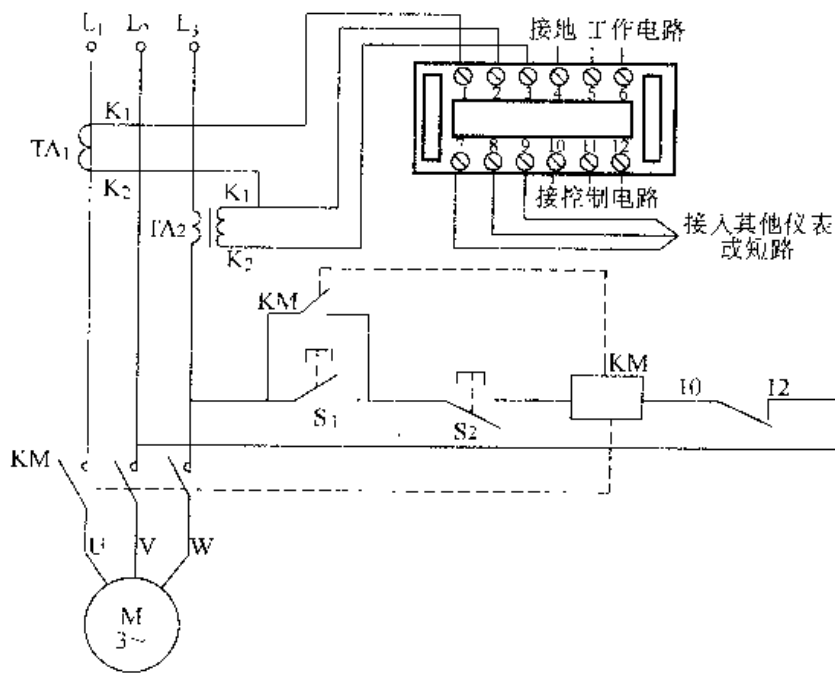


图 373 新中兴 GDH—30P 数显智能电动机保护器应用电路 (一)

假设 M 为 JRO240 型电动机，其功率为 240kW，额定工作电流为 430A。选用 GDH—30P/1000 做为保护器件，今设定：

- (1) 过电流保护时其过载电流值为 430A。
- (2) 过电流动作时间设定为 20s。
- (3) 堵转时的极限电流设定为额定电流的 6 倍，即 2580A。
- (4) 三相电流不平衡度设定为 35%。
- (5) 起动（运行）时间设定为 30s。
- (6) 互感器为 600A/5A。
- (7) 设定示例如表 17 所示。

表 17

顺 序	操作内容	按 键	显示参数窗	显示项目窗
1	送 电			[01]
2		[△]		[99]
3	设置口令	[◀]	[0000]	
4	进入设定区	[△]	[0030]	
5		[▶]	[0030]	
6	CT 一次电流	[△]		[60]

(续)

顺 序	操作内容	按 键	显示参数窗	显示项目窗
7		◀	0000	
8		△或▽	0600	
9		▶	0060	
10	过电流设定	△		61
11		◀	0000	
12		△或▽	0430	
13		▶	0430	
14	过电流动作时间	△		62
15		◀	0000	
16		△或▽	0020	
17		▶	0020	
18	堵转电流	△		65
19		◀	0000	
20		△或▽	2580	
21		▶	2580	
22	堵转时间设定	△		67
23		◀	0000	
24		△或▽	0003	
25		▶	0003	
26	三相不平衡度设定	△		68
27		◀	0000	
28		△或▽	0035	
29		▶	0035	
30	起动时间设定	▽		66
31		◀	0000	
32		△	0030	
33	设定完毕	ENTER RESET	0000	
34	退出设定区	连续接▽		显示 06 以下

注：CT 即电流互感器的俗称。

例 374. 新中兴 GDH—30P 数显智能电动机保护器应用电路 (二)

电路如图 374 所示。不难看出，与图 373 不同的只是多用了 - 只电流互感器。

端子 7、8、9 可如图所示用导线短路，也可以串接三块电流表。

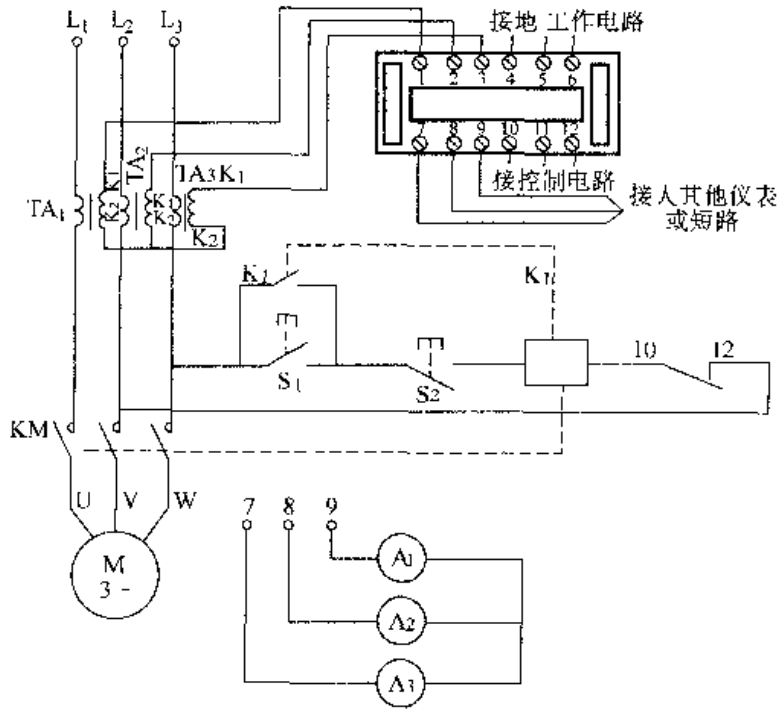
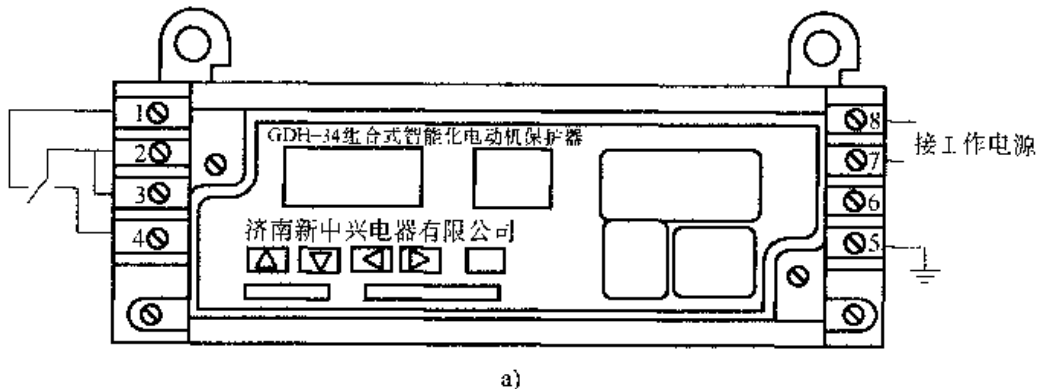


图 374 新中兴 GDH—30P 数显智能电动机保护器应用电路 (二)

例 375. 新中兴 GDH—34 数显智能电动机保护器应用电路

GDH—34 的外形及接线如图 375a 所示，应用电路如图 b 所示。参数设定方法见例 371，面板如图 371b 所示。



a)

图 375 新中兴 GDH—34 数显智能电动机保护器应用电路

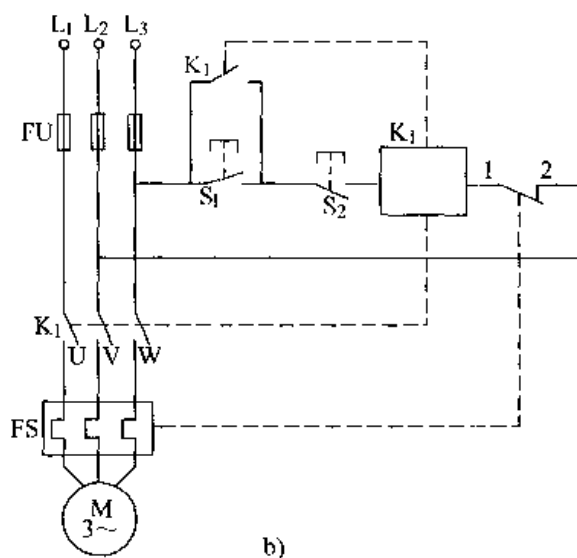


图 375 新中兴 GDH—34 数显智能电动机保护器应用电路 (续)

例 376. 双华数显智能电动机保护器

双华数显智能电动机保护器，是苍南双华电器有限公司的产品。该公司保护装置型号齐全，数字化设定精度高，结构合理，安装方便，产品行销全国，倍受用户青睐。

(1) 简要工作原理

保护器由电流传感器、起动电流延时电路、过载保护、断相保护、堵转速断保护、三相电流不平衡保护、故障显示记忆七个部分组成。由电流传感器取出信号，经过整流、滤波、检测、识别等环节，送到相应部分进行比较处理，推动功率电路，使继电器动作。当电动机由于驱动部分过载导致电流增大时，从电流传感器取得电压信号将增大，此电流值大于保护器的整定值时，过载电路工作，RC 延时电路经过一定延时，驱动继电器动作，使接触器切断主电源，并故障显示记忆，其他功能部分原理相同。

(2) 功能与特点

- 1) 具有过载、断相、堵转、三相不平衡等保护功能。
- 2) 具有过电流反时限延时功能，因此能根据电动机过电流倍数推算出最佳的动作时间。
- 3) 具有起动延时功能，它和过电流工作等延时时间分开。
- 4) 具有故障记忆显示功能。
- 5) 安装方便，可与 JR16、JR36 等热继电器互换，并可在 35mm 导轨上安装。

(3) 技术参数

1) 反时限过载保护特性 (如表 18 所示)。

表 18

项 号	电 流 倍 数	动 作 时 间
1	1.0	长期不动作
2	1.2	< 5min
3	1.5	< 1min
4	5	< 10s

2) 断相保护: 电动机电源断相时 (三相电流不平衡值大于 60%), 保护器在 3s 内动作。

3) 堵转保护: 运行状态, 当电动机电流大于设定值 6 倍时, 保护器在 1s 内动作。

4) 工作电源电压: 220、380 (1±15%) V, 50 (1±2%) Hz。

5) 电力消耗: ≤2VA。

6) 输出继电器触点容量: 250V, 7A。

7) 复位时间小于 2s。

8) 电寿命大于 3000 次。

9) 功率参数 (如表 19 所示)。

表 19

保护器型号	规格/A	接线方式
ZNB05—P	0.5~5	压线式
ZNB30—P	5~30	

(4) 双华 ZNB—P 的面板及外形尺寸 (如图 376 所示)。

(5) 安装与调试

1) 用螺钉或导轨将保护器固定在交流接触器下方。

2) 按接线图接好线并检查无误后, 送电调试。

3) 过电流保护整定方法: 把面板上的电流电位器 (A) 调整到该电动机的额定电流值位置。此时, 即可起动电动机试运行。

4) 复位方法: 当电动机发生故障跳闸后, 故障指示灯发亮保护器处于记忆状态, 按下面板上的复位按钮方可复位, 复位时间小于 2s。

(6) 注意事项

1) 保护器工作电源应接在控制电路, 且注意标称电压与实际电压相符。

2) 保护器应工作在额定电流范围内。

3) 保护器各接线端子接线应正确无误, 接触良好。

4) 应定期除尘检查, 并进行人为试验, 确保可靠运行。

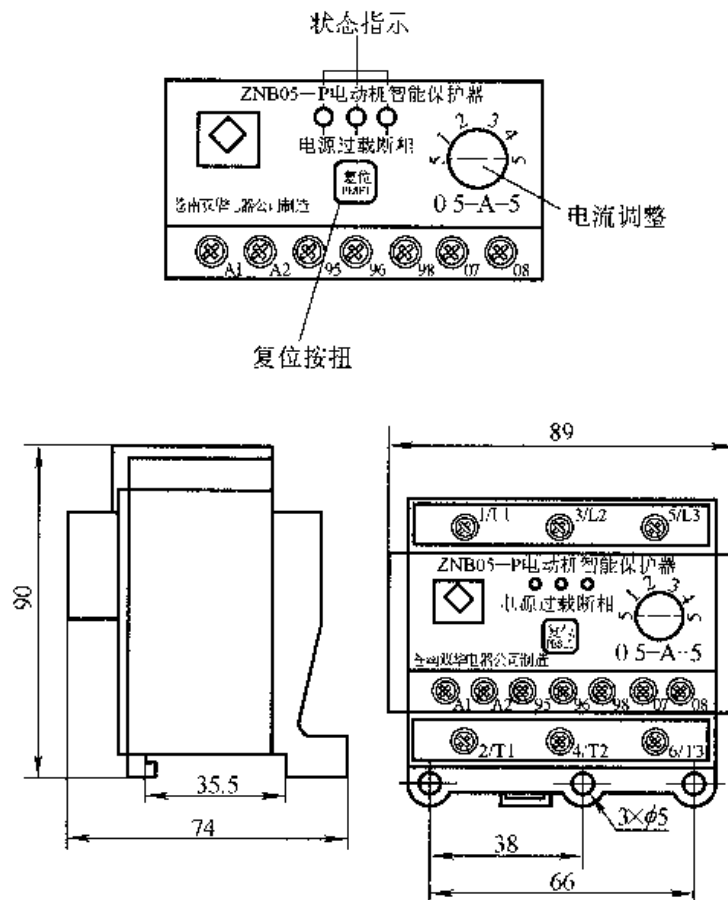


图 376 双华 ZNB—P 面板及外形尺寸

例 377. 双华 ZNB—P 配合接触器全压起动电路

交流接触器的吸合线圈电压有 380V 和 220V 两种。因此 ZNB—P 保护器全压起动电动机的线路有两个。图 377a 为配合 380V 接触器的接法；图 b 为配合 220V 接触器的接法。

图中，串入 KM 与 M 之间的 FS，与点划线框均为同一个 ZNB—P。点划线框中的 A1、A2、95、96、98 即为 FS 下端的接线端子。不难看出，96 与 95 为 ZNB—P 内部的常闭输出触点；96 与 98 是常开输出触点。

A1、A2 为 FS 内部供电输入端。

当按一下起动按钮 SBT，电源 L_3 经熔断器 FU、停止按钮（常闭触点）、SBT 到交流接触器线圈 KM、96—95 触点至电源 L_2 （或零线 N）。KM 吸合，其辅助触点动作，电动机作全压起动、运行。

倘若电动机发生故障，ZNB—P 即刻动作，触点 96—95 断开，96—98 闭合，故障指示灯 HL1R 点亮，报告操作人员已发生了故障。

PE 为电动机的保护接地极，它与电源零线 N 接在一起。

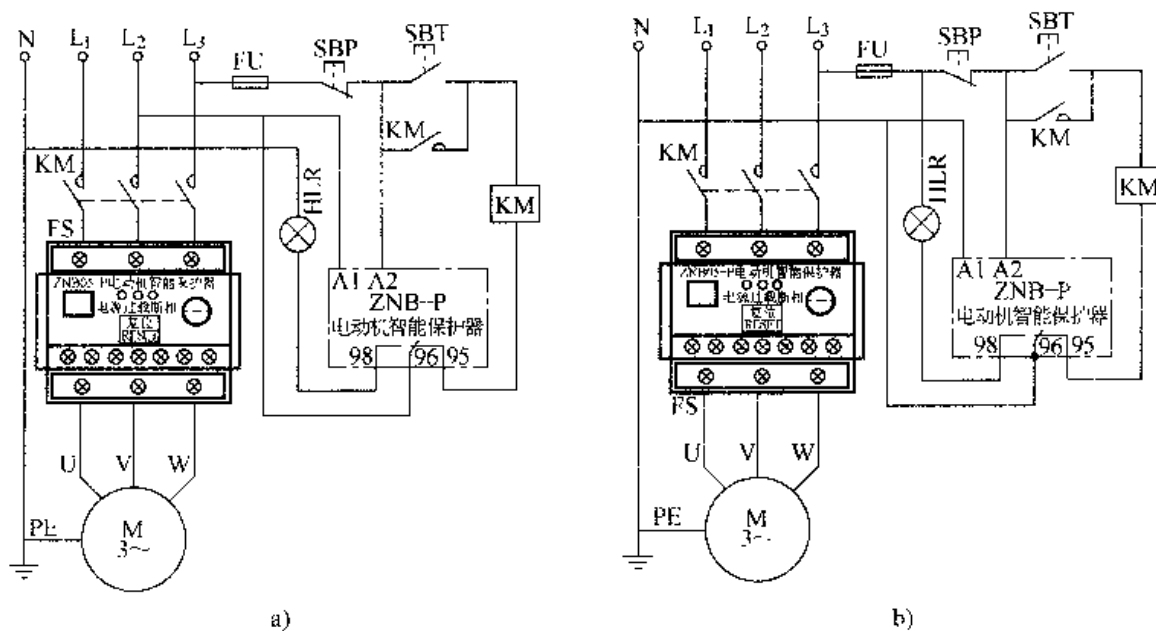


图 377 双华 ZNB—P 配合接触器全压起动电路

例 378. 双华 ZNB—P 起动单相电动机电路

电路如图 378 所示。为实现起动单相电动机，打破常规，将 FS 的主接线柱如图 378 所示跳接。

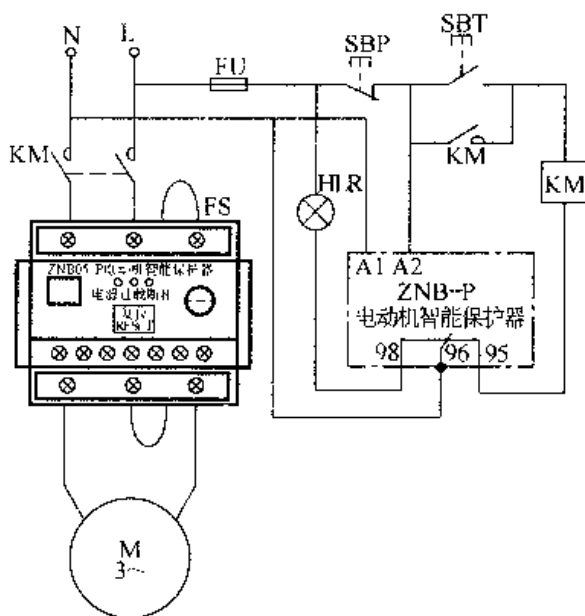


图 378 双华 ZNB—P 起动单相电动机电路

例 379. 双华 ZNB—P 配电流互感器的应用电路

从前述的 ZNB—P 功率参数表中可见，它有两种产品规格：一种为 ZNB05—P，其规格为 0.5~5A；另一种为 ZNB30—P，规格为 5~30A。当电动机的额定电流大于 30A 时，则必须按图 379 配用电流互感器。这时设定电流值时，则要乘以“互感器电流比”，如互感器是 200A/5A，电动机的额定电流是 48A，这时将电流调整旋钮调至“1.2A”位置，即 $1.2A \times 200A/5A = 48A$ 。

在这里 K 为中间继电器。这是因为电动机的功率较大，所配用的接触器也较大，所以采用 K 来控制 KM 线圈，实现“以小控大”之目的。

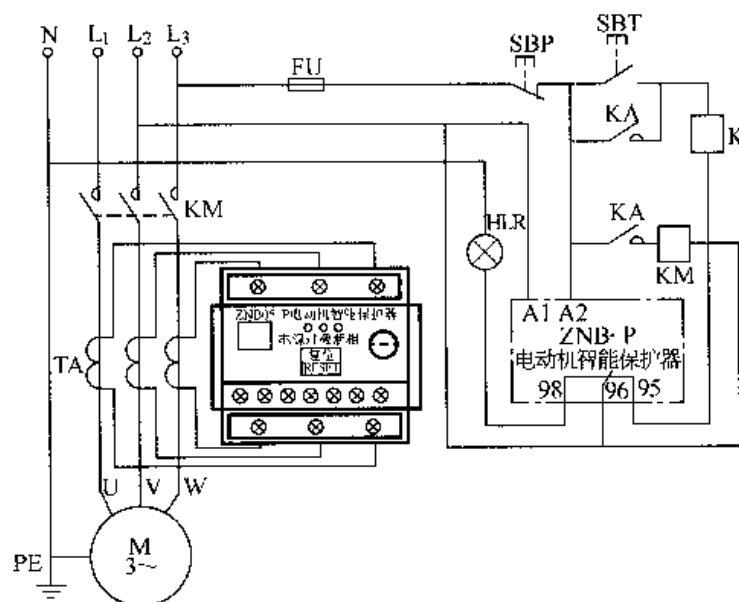


图 379 双华 ZNB—P 配电流互感器的应用电路

例 380. 双华 ZNB—S 数显智能电动机保护器

(1) 简要工作原理

保护器由电流互感器、起动电流延时电路、过载保护、断相保护、堵转速断保护、三相电流不平衡保护、电流数字显示、故障显示记忆八个部分组成。由电流互感器取出信号，经过整流、滤波、检测、识别等环节，送到相应部分进行比较处理，推动功率电路，使继电器动作。当电动机由于驱动部分过载导致电流增大时，从电流互感器取得电压信号将增大，此电流值大于保护器的整定值时，过载电路工作，RC 延时电路经过一定延时，驱动继电器动作使接触器切断主电源，并故障显示记忆，其他功能部分原理相同。

(2) 功能特征

- 1) 具有过载、断相、堵转、三相不平衡等保护。
- 2) 具有过电流反时限延时功能，因此能根据电动机过电流倍数推算出最佳

的动作时间。

3) 具有起动延时功能, 它和过电流工作等延时时间分开。

4) 具有数字电流表功能, 因此能显示实际工作电流和精确设置在电动机额定电流上。

5) 具有故障记忆电流数字显示功能。

6) 安装方便, 可与 JR16、JR36 等热继电器互换, 并可直接安装在 35mm 规格标准导轨上。

7) 卡口式安装可解决线鼻子穿孔难的问题。

(3) 技术参数

1) 反时限过载保护特性 (如表 20 所示)。

表 20

项 目	电 流 倍 数	动 作 时 间
1	1.0	长期不动作
2	1.2	< 5min
3	1.5	< 1min
4	5	< 10s

2) 断相保护: 电动机电源断相时 (三相电流不平衡值大于 60%), 保护器在 3s 内动作。

3) 堵转保护: 运行状态, 当电动机电流大于设定值 6 倍时, 保护器在 0.3s 内动作。

4) 工作电源电压: 220(1 ± 15%)V、380(1 ± 15%)V、50(1 ± 2%)Hz。

5) 电力消耗: ≤3VA。

6) 输出继电器触点容量: 250V 7A。

7) 电流显示误差小于 ±1.5%。

8) 复位时间小于 2s。

9) 电寿命大于 3000 次。

(4) 双华 ZNB—S 外形尺寸

双华 ZNB—S 从外形上看有两种结构, 一种为整体式结构, 如图 380a 所示; 另一种为分体式结构, 如图 b 所示。

所谓整体式, 是将电流互感器与保护器主体合为一体, 分体式结构, 就是把主体与电流互感器分开。电流互感器可以就近安装在电动机进线端, 用仪表线引至主体, 以实现电动机保护。

(5) 双华 ZNB—S 面板 (如图 c 所示)

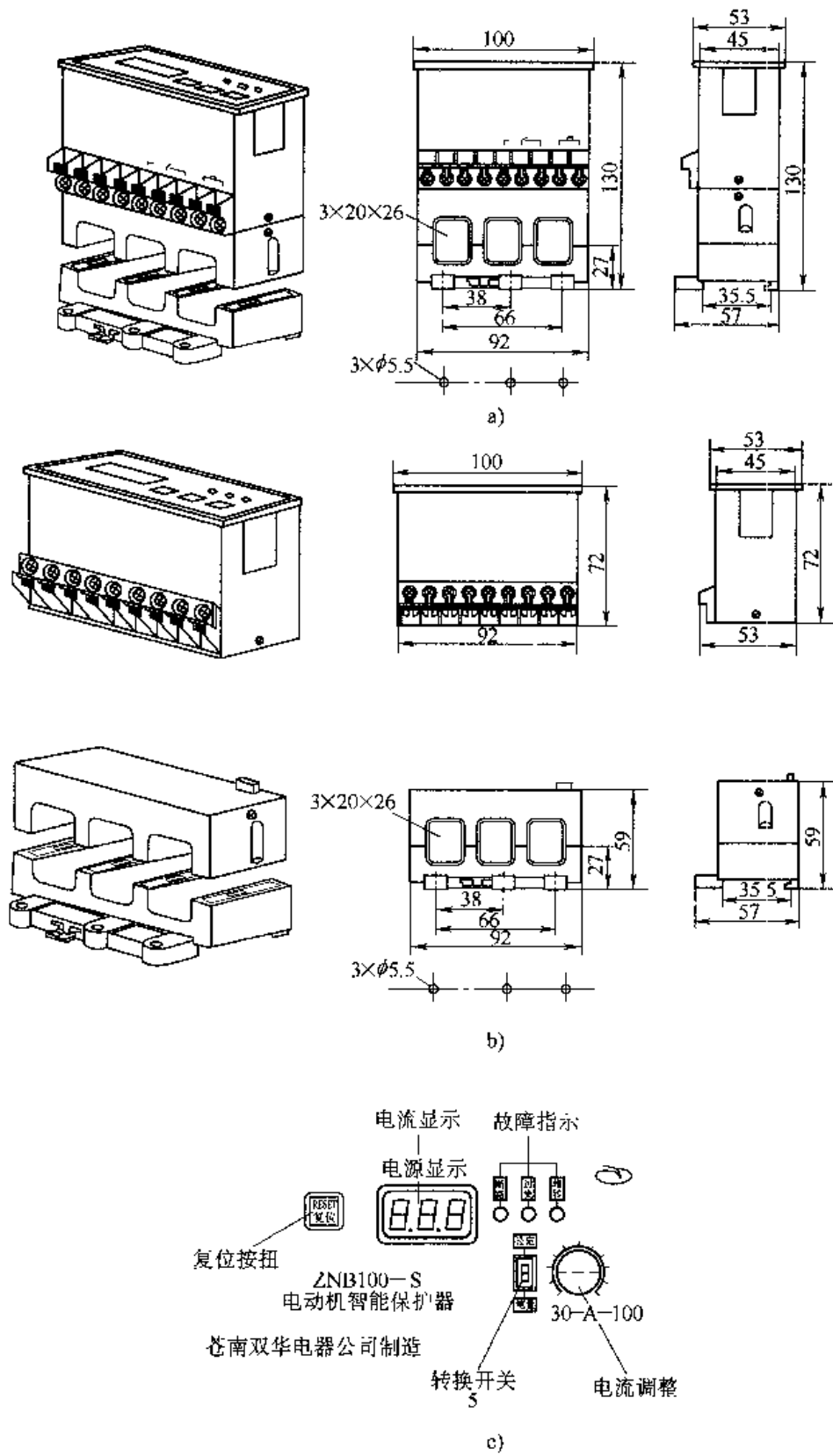


图 380 双华 ZNB-S 数显智能电动机保护器

(6) 安装与调试

1) 用螺钉或导轨将保护器固定在交流接触器下方。三相主线路分别穿过保护器的三个方孔，如穿不过去，可拧开两侧的小螺钉，拆分互感器，将主线路卡入，再将两个螺钉拧紧。并按接线图接好线。检查无误后，方可送电调试。

2) 过电流保护整定方法：把面板上的转换开关拨至设定位置，调整电流电位器(A)使电流显示器数字为该电动机的额定电流值，再把开关拨到测量位置，此时，即可起动电动机试运行。显示器上的数字为该电动机的工作电流。

3) 复位方法：当电动机发生故障跳闸后，故障指示灯发亮保护器处于记忆状态，按下面板上的复位按钮方可复位，复位时间小于2s。

(7) 注意事项

- 1) 保护器工作电源应接在控制电路，且注意标称电压与实际电压相符。
- 2) 保护器应工作在额定电流范围内。
- 3) 保护器各接线端子接线应正确无误，接触良好。
- 4) 分体式保护器是由显示部分和互感器共同调校的，因此，须注意不要将不同编号的互感器和显示部分共同使用。
- 5) 应定期除尘检查，并进行人为试验，确保可靠运行。

例 381. 双华 ZNB—S 全压起动电路

双华 ZNB—S 全压起动电路如图 381 所示。其中图 a 的交流接触器线圈接在 380V 电源线上；图 b 接在 220V 上。

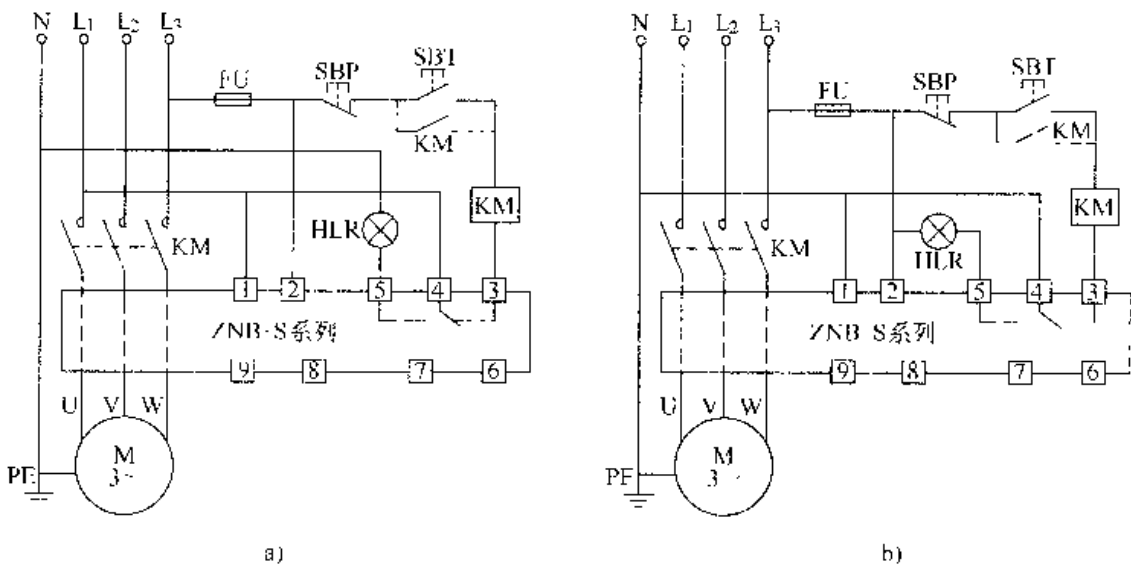


图 381 双华 ZNB—S 全压起动电路

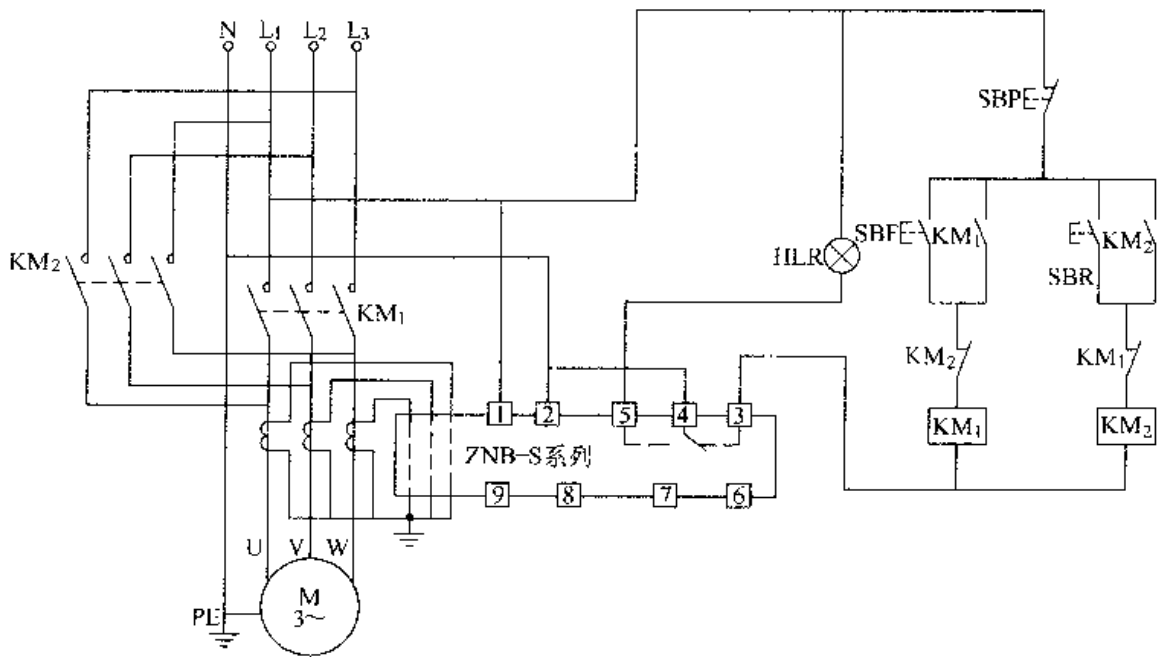


图 383 双华 ZNB—S 电动机正反转电路

例 384. 双华 JDB92 全压起动电路

JDB92 系列电动机电脑保护器（简称保护器），是一种电子式多功能电动机保护装置。它主要适用于冶金、化工、纺织等工业，电动机及三相电力系统，作过载、断相、过电压、堵转及三相不平衡电路保护，与普通保护器相比具有设定精度高、节电、动作灵敏、工作可靠等优点。

保护器由电流互感器、起动电流封锁电路、过载保护、断相保护、堵转速断保护、过电压保护、电流数字显示、故障显示记忆八个部分组成。由电流互感器取出信号，经过整流、滤波、检测、识别等环节，送到相应部分进行比较处理，推动功率电路，使继电器动作。

当电动机由于驱动部分过载导致电流增大时，从电流互感器取得电压信号将增大，此电压值大于保护器的整定值时，过载电路工作，RC 延时电路经过一定延时（可调），驱动继电器动作使接触器切断主电路电源，并故障显示记忆，其他功能部分原理相同。

JDB92 型号与规格（如表 21 所示）

表 21

保护器型号	规格/A	孔径/cm
JDB92—6	2~6	22
JDB92—20	6~20	22
JDB92—60	20~60	22
JDB92—100	50~100	22
JDB92—200	100~200	22

电路如图 384 所示。其中，图 a 用于线圈额定电压为 380V 的交流接触器；图 b 用于 220V 的交流接触器作全压启动电动机的保护。

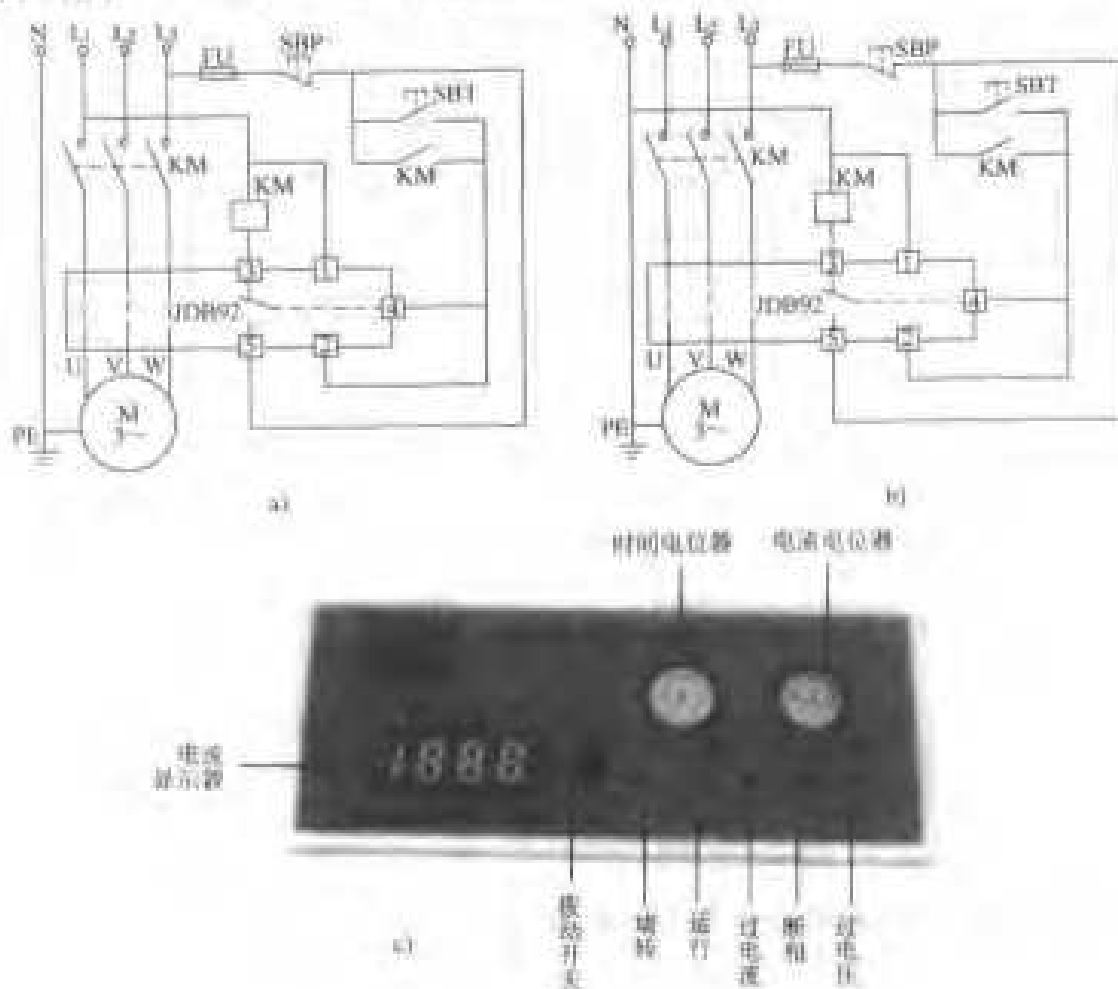


图 384 双华 JDB92 全压启动电路

JDB92 电动机保护器的安装与调试方法如下：

- (1) 保护器固定在交流接触器下方为宜，三相主线路分别穿过保护器的三条套管。
- (2) 按接线图接好线并检查无误后，方可启动调试。
- (3) 将保护器面板上的调节电位器调至最大处。按下启动按钮，交流接触器自动吸合，电动机运转，保护器面板上运行指示灯发亮，其他灯不亮，见图 c。
- (4) 过电流保护整定方法：把面板上的扳动开关拨至设定位置（往下拨是“设定”，往上拨是“测量”），调整电流电位器（A）使电流显示器数字为该电动机的额定电流值，再把开关拨到测量位置，此时显示器上的数字为该电动机的工作电流（注：电动机启动 15s 后开始调试）。
- (5) 过电流延时跳闸时间设定方法：时间电位器（S）可整定在最小位置，

总之根据用户设备要求自行设定。

(6) 复位方法：当电动机发生故障跳闸后，故障指示灯发亮保护器处于记忆状态，按下停止按钮（即断开保护器电源）方可复位，复位时间小于 10s。

例 385. 双华 JDB92 自动星-三角起动电路

JDB92 用于星-三角起动电路，作为电动机的过载、断相、堵转、过电压、欠电压和不平衡等保护电路，如图 385 所示。

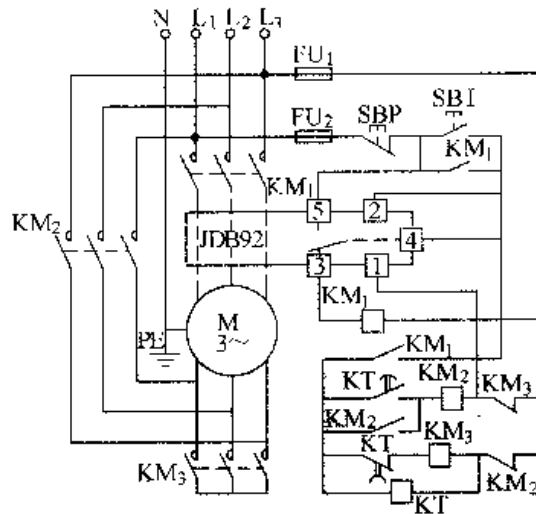


图 385 双华 JDB92 自动星-三角起动电路

例 386. 双华 JDB92 自耦减压起动电路

自耦减压起动器在许多地方都仍在应用。如果将它按图 386 所示加装一只 JDB92，那么将增加不少电动机保护功能，而且能大大延长电动机的使用寿命。

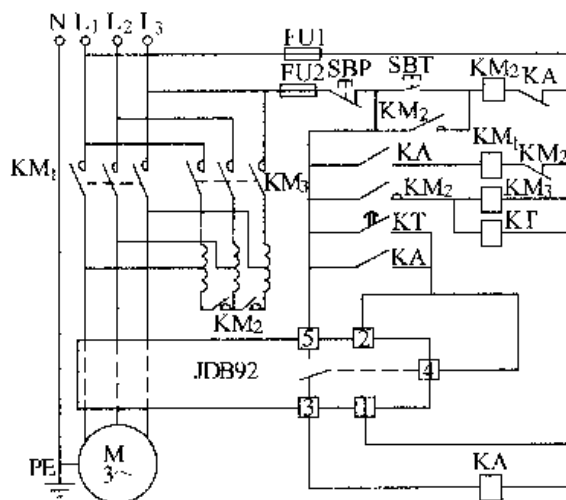


图 386 双华 JDB92 自耦减压起动电路

例 387. 双华 JDB92 配电流互感器的应用电路

JDB92 保护器最大规格为 JDB92—200，若是电动机额定电流超过 200A 的，可采用图 387 所示电路，配合电流互感器使用，其中图 a 为配合 380V 接触器的保护器，图 b 为配合 220V 接触器的保护器接线。

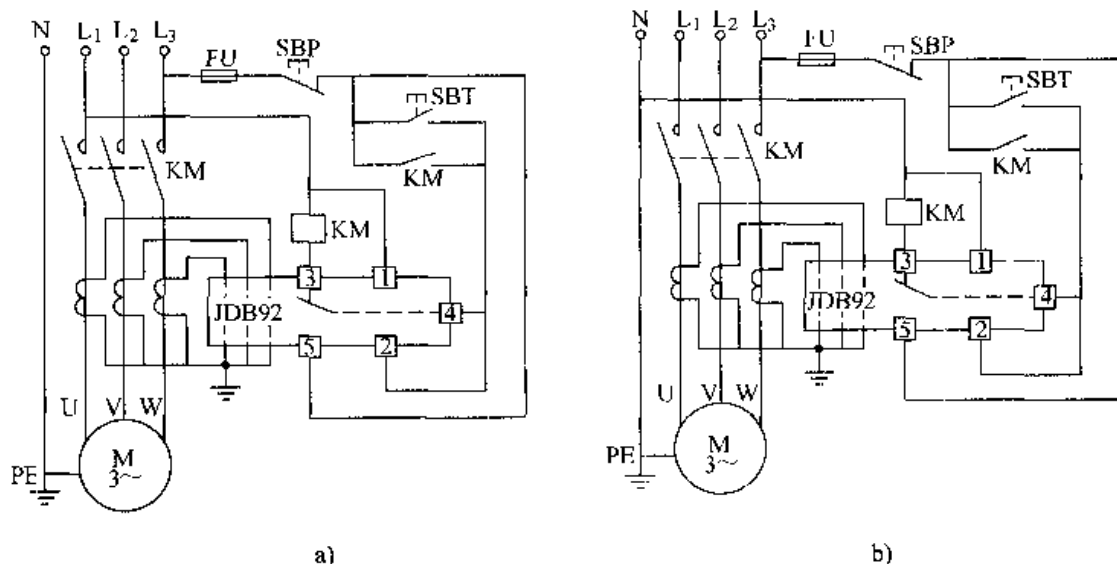


图 387 双华 JDB92 配电流互感器的应用电路

例 388. 双华 JDB02 全压起动电路

JDB02 系列电流变送保护装置，是苍南双华公司多年研制生产电动机保护产品经验的积累和现代高科技的结晶。核心部件采用国外最新型的专用集成电路，比较同类产品采用的普通电路而言，技术上已上了一个档次。它具有抗干扰能力强、工作稳定可靠、精度高、保护参数设定简单方便和数字化、智能化、网络化等特点。可满足更高层次用户的要求，它集电流变送、智能保护、电流表于一体。主要适用于冶金、化工、纺织、建材、电力等工业电动机及三相电力馈电系统，作过载、断相、堵转、三相电路不平衡保护及 4~20mA 模拟量变送输出。可方便使用本机 4~20mA 输出接口和 PC 等设备组成网络系统。通过 PC 对系统运行状态监控。

双华 JDB02 全压起动电路如图 388 所示。JDB02 接线如图 388a 所示，面板如图 b 所示。与前几例有所不同的是，JDB02 的 15、16 端子能输出模拟量 4~20mA。20mA 对应 JDB02—XX 型电流变送保护装置 2 倍 XX 电流值。例如，JDB02—60 型 20mA 所对应电流值是 60 的 2 倍“120A”。4~20mA 模拟量，可与 PC 等设备组成网络系统，以使用户监控。图 c 为配合 220V 接触器全压起动接线，图 d 为配合 380V 接触器全压起动接线。

JDB02 的安装与调试

(1) 保护装置固定在交流接触器下方为宜，三相主线路分别穿过保护装置的三条套管。按接线图（如图 388 和图 389 所示）接好线并检查无误后，方可送电调试。

(2) 过电流保护设定方法。把面板上的拨动开关拨至设定位置，调整电流调节电位器使电流显示器数字为该电动机的额定电流值，再把开关拨到测量位置，此时显示器上的数字为该电动机的工作电流。

(3) 起动延时设定方法。全压起动可调至最小，总之起动延时时间要根据用户设备需要自行调整。

(4) 复位方法。当电动机发生故障跳闸后，故障指示灯点亮，保护装置处于记忆状态，按下面板右上角复位键方可复位。

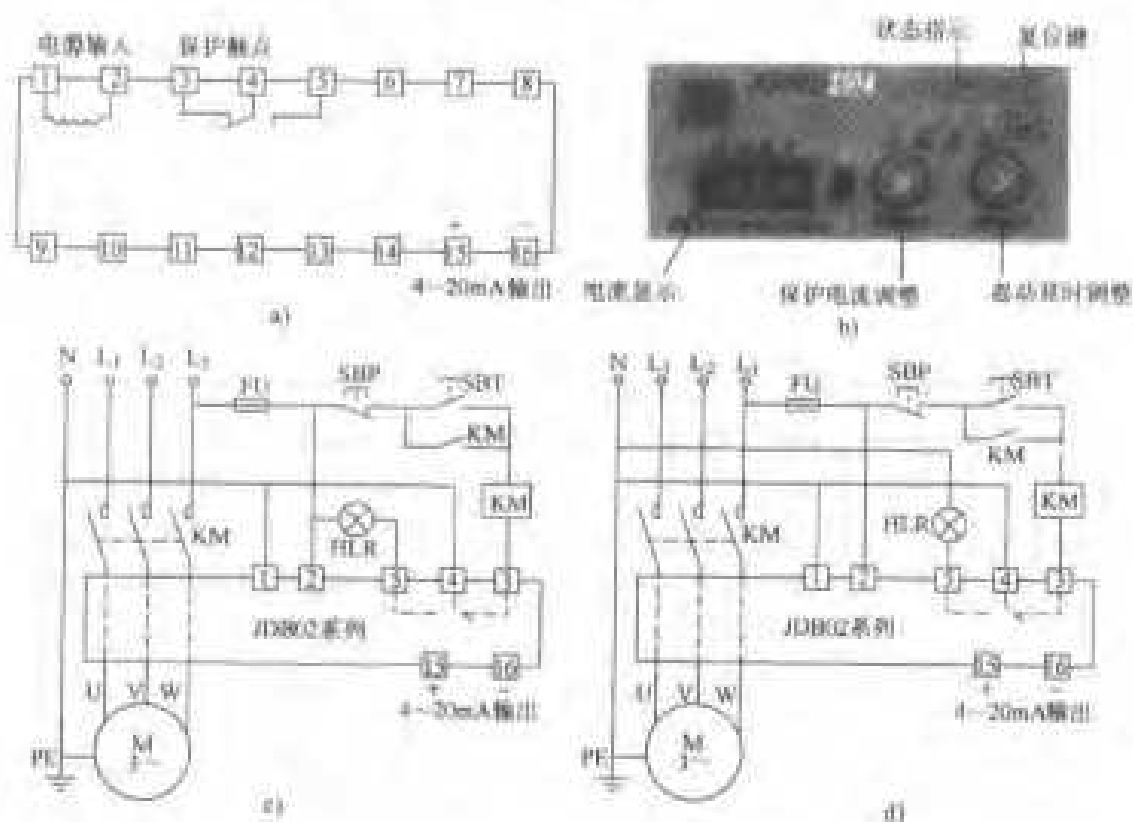


图 388 双华 JDB02 全压起动电路

例 389. 双华 JDB02 配电流互感器的应用电路

电路如图 389 所示，其中，图 a 为配合 220V 接触器全压起动接线，图 b 为配合 380V 接触器全压起动接线。

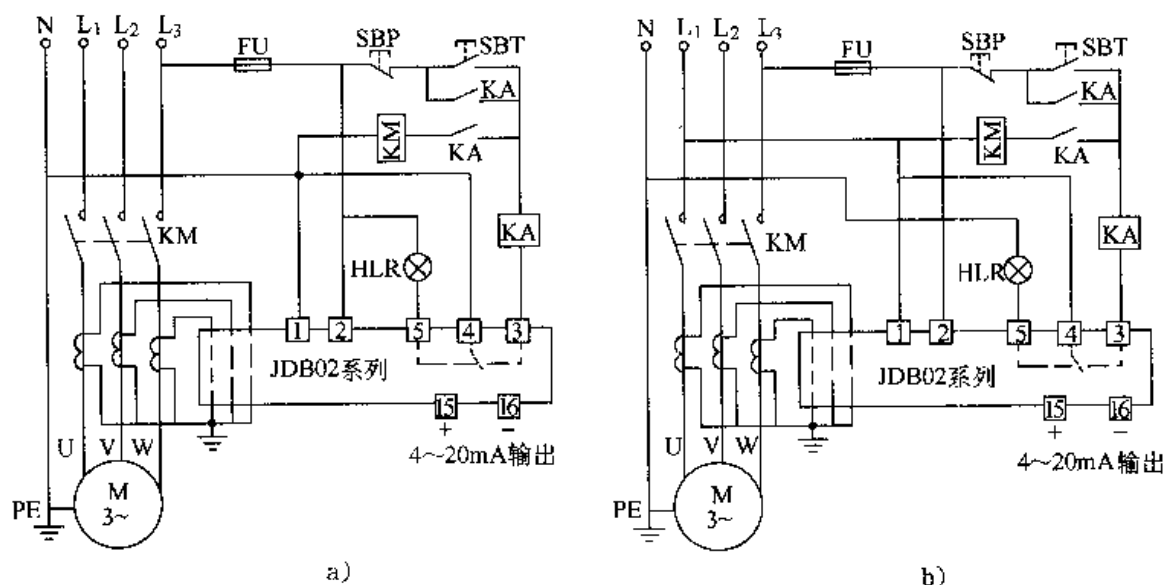


图 389 双华 JDB02 配电流互感器的应用电路

例 390. 双华 JDB—LQ 电动机智能保护系统

JDB—LQ 系列电动机智能保护监控系统（以下简称：监控器）。是苍南双华公司在数十年研制生产电动机保护产品经验的积累和现代高科技的结晶。核心部件采用国外最新型的 10 位单片机，比较同类产品采用的 8 位微机而言，技术上已上了一个档次。它具有工作稳定可靠、精度高、保护参数设定简单方便和数字化、智能化、网络化等特点。可满足更高层次用户的要求。它主要适用于冶金、化工、纺织等工业电动机及三相电力系统，作过载、轻载、断相、过电压、欠电压、堵转、漏电及三相电路不平衡保护。还能通过本机 RS—485 远程通信接口和 PC 组成网络系统。通过 PC 对监控器保护参数进行修改及运行状态监控。

(1) JDB—LQ 的功能和特征

- 1) 具有过载保护、轻载保护、断相保护、堵转保护、过电压保护、欠电压保护、漏电保护及三相电路不平衡保护。
- 2) 具有过电流反时限延时保护功能。
- 3) 具有起动延时功能，避开起动大电流，它和过电流动作时间分开。
- 4) 具有来电延时自起动功能（时间可调）。
- 5) 具有数字表功能，能显示 L_1 、 L_2 、 L_3 三相工作电流、电压和精确设定保护值。
- 6) 具有故障记忆、报警和动作值保持功能。
- 7) 具有手动起动和自动起动功能。

8) 具有 RS-485 远程通信接口, 能方便地和 PC 组成网络保护监控系统。通过 PC 对监控器保护参数进行修改, 运行状态监控和起停操作、历史数据查询。

(2) JDB-LQ 的接线端子

如图 390 所示, 其中图 a 为 JDB-LQ-TQ/Z, 图 b 为 JDB-LQ-TY。

(3) JDB-LQ 面板 (如图 c 所示)

(4) JDB-LQ 的安装与操作

1) 监控器固定在交流接触器下方为宜。三相主线路分别穿过保护器的三条套管 (从左至右 A、B、C), 按接线图接好线并检查无误后, 方可通电调试 (停机时才可修改参数)。

2) 按功能键 **功能** (FUNC) 一次。过载电流设定: 显示器右边显示红色 **I**, 按移位键 **移位** (SHIFT) 选择设定字位 (该位闪烁), 再按数据键 **数据** (DATA) 修改参数。

3) 按功能键 **功能** (FUNC) 两次。过载序号设定: 显示器右边显示红色 **H**, 再按数据键 **数据** (DATA) 修改参数。

4) 按功能键 **功能** (FUNC) 三次。起动延时设定: 显示器右边显示红色 **S**, 按移位键 **移位** (SHIFT) 选择设定字位 (该位闪烁), 再按数据键 **数据** (DATA) 修改参数。

5) 按功能键 **功能** (FUNC) 四次。轻载电流设定: (星-三角转换电流值设定, 预警电流值设定) 显示器右边显示红色 **Q**, 按移位键 **移位** (SHIFT) 选择设定字位 (该位闪烁), 再按数据键 **数据** (DATA) 修改参数。

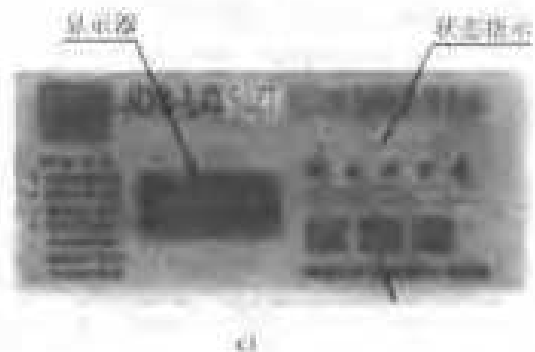
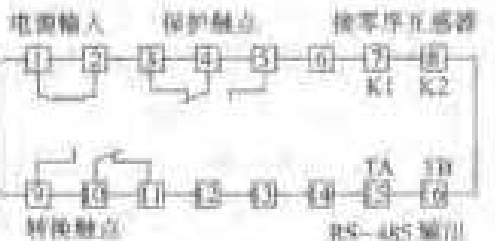
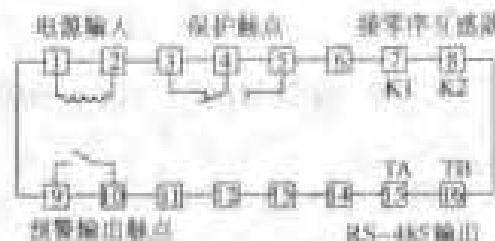
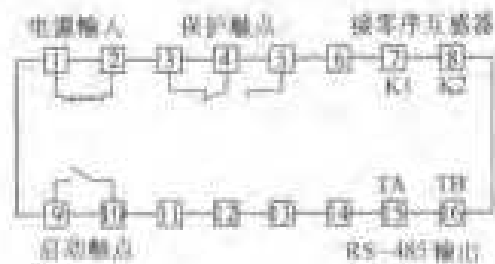













图 390 双华 JDB-LQ 电动机智能保护系统


6) 按功能键  五次。来电自启动延时设定：显示器右边显示红色 L，按移位键  选择设定字位（该位闪烁），再按数据键  修改参数（此项功能仅对来电自启动有效）。

7) 按功能键  六次。漏电保护设定：显示器右边显示红色 I，再按数据键  修改参数（1 = 100mA 2 = 150mA 3 = 200mA 4 = 300mA 5 = 400mA 6 = 600mA 0 = 关闭）。

8) 按功能键  七次。本机地址号设定：显示器右边显示红色 d，按移位键  选择设定字位（该位闪烁），再按数据键  修改参数（该项功能仅对通信有效）。

9) 运行状态按数据键  查看工作电压，3s 后自动复原；按复位键  轮流查看 L₁、L₂、L₃ 三相工作电流，3s 后回到 L₁ 相电流；按功能键  可查阅设置参数但不能修改参数。上位机对下位机监控时绿色通信指示灯闪烁。



10) 故障状态时，面板上的对应指示灯被点亮，显示器显示故障动作值；按复位键  本机复位。

2730	1750	-L3-
过电压故障	欠电压故障	漏电故障
0033	0086	0050
A相断相	B相断相	C相断相
1060	0026	0250
电流故障	电流故障	电流故障

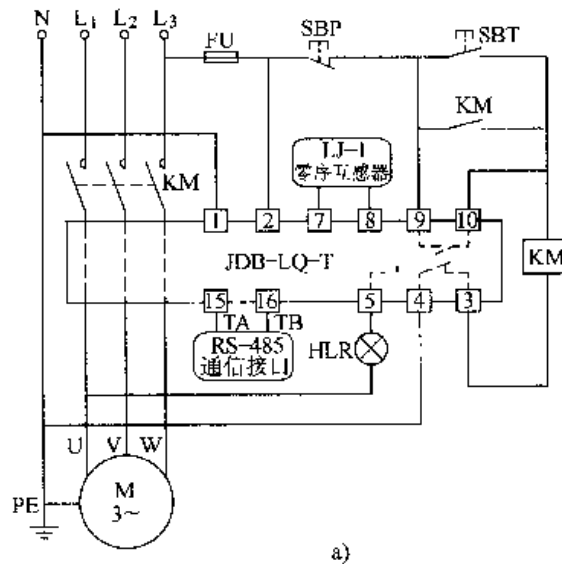
(5) 双华 JDB—IQ 产品功能选型（如表 22 所示）

表 22 产品功能选型表

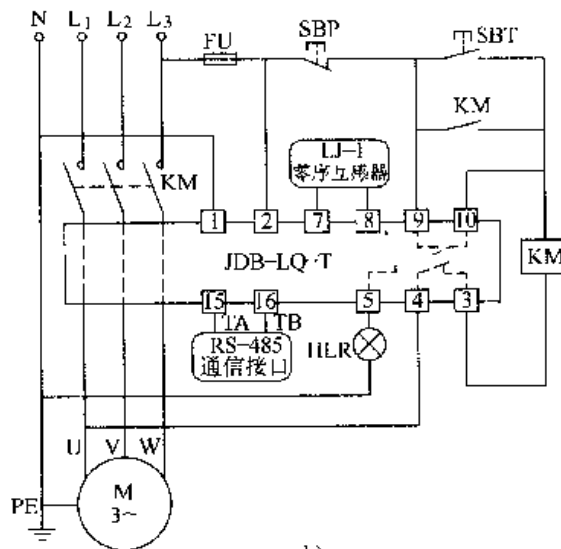
产品型号	过电流	轻载	断相	不平衡	堵转	过电压	欠电压	漏电	通信	馈电	起停	自启动	预警	星三角	整体式	分体式
JDB-LQ-ZTZ	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●			●	
JDB-LQ-ZTQ	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●				●	
JDB-LQ-ZTY	●		●	●	●	●	●	●	●				●		●	
JDB-LQ-ZT△	●		●	●	●	●	●	●	●					●	●	
JDB-LQ-ZZ	●	●	●	●	●	●	●	●				●			●	
JDB-LQ-Z	●	●	●	●	●	●	●	●							●	
JDB-LQ-ZY	●		●	●	●	●	●	●					●		●	
JDB-LQ-Z△	●		●	●	●	●	●	●						●	●	
JDB-LQ-ZTZL	●	●			●	●	●	●	●	●		●			●	
JDB-LQ-ZTQL	●	●			●	●	●	●	●	●	●				●	
JDB-LQ-ZTYL	●				●	●	●	●	●	●			●		●	
JDB-LQ-ZT△L	●				●	●	●	●	●	●				●	●	
JDB-LQ-ZZL	●	●			●	●	●	●		●		●			●	
JDB-LQ-ZL	●	●			●	●	●	●		●					●	
JDB-LQ-ZYL	●				●	●	●	●		●			●		●	
JDB-LQ-Z△L	●				●	●	●	●		●				●	●	
JDB-LQ-FTZ	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●				●
JDB-LQ-FTQ	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●					●
JDB-LQ-FTY	●		●	●	●	●	●	●	●				●			●
JDB-LQ-FT△	●		●	●	●	●	●	●	●					●		●
JDB-LQ-FZ	●	●	●	●	●	●	●	●				●				●
JDB-LQ-F	●	●	●	●	●	●	●	●								●
JDB-LQ-FY	●		●	●	●	●	●	●					●			●
JDB-LQ-F△	●		●	●	●	●	●	●						●		●
JDB-LQ-FTZL	●	●			●	●	●	●	●	●		●				●
JDB-LQ-FTQL	●	●			●	●	●	●	●	●	●					●
JDB-LQ-FTYL	●				●	●	●	●	●	●			●			●
JDB-LQ-FT△L	●				●	●	●	●	●	●				●		●
JDB-LQ-FZL	●	●			●	●	●	●		●		●				●
JDB-LQ-FL	●	●			●	●	●	●		●						●
JDB-LQ-FYL	●				●	●	●	●		●			●			●
JDB-LQ-F△L	●				●	●	●	●		●				●		●

例 391. 双华 JDB—LQ—TQ/Z 全压起动电路

电路如图 391 所示，其中图 a 为配合 220V 接触器全压起动接线，图 b 为配合 380V 接触器全压起动接线。



a)



b)

图 391 双华 JDB—LQ—TQ/Z 全压起动电路

例 392. 双华 JDB—LQ—TQ/Z 二次电流起动电路

电路如图 392 所示，其中，图 a 为配合 220V 接触器全压起动接线，图 b 为配合 380V 接触器全压起动接线。

这实质上是指配电流互感器，用于大功率电动机的接线方法。RS—485 通信接口接至“接口卡”，参见图 397。

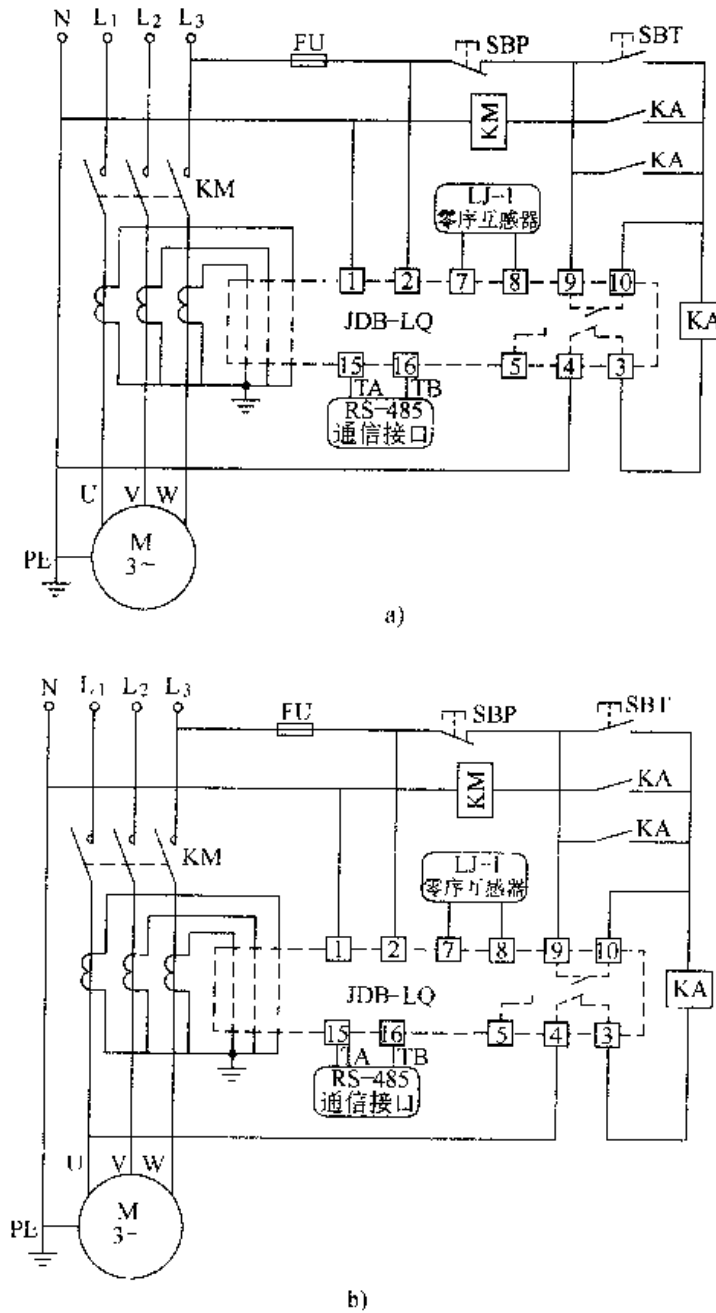


图 392 双华 JDB—LQ—TQ/Z 二次电流起动电路

例 393. 双华 JDB—LQ—TY 全压起动电路

电路如图 393 所示，其中，图 a 为配合 220V 接触器全压起动接线，图 b 为配合 380V 接触器全压起动接线。在本例中，增设了报警指示灯 HLR 和预警输出节点。预警输出节点，实质上就是一对常开触点，通过导线可接至较远处，控制报警声响器。

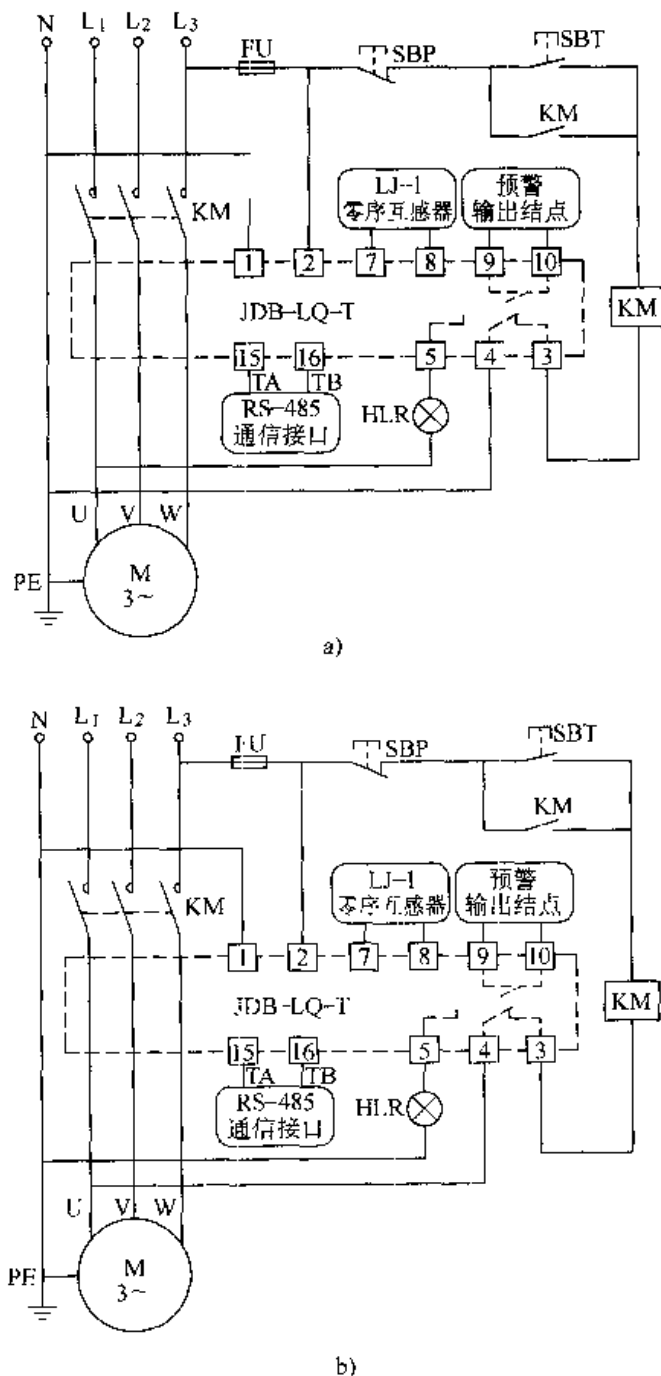


图 393 双华 JDB—LQ—TY 全压起动电路

例 394. 双华 JDB—LQ—TY 二次电流起动电路

本例电路，对电动机而言属全压起动，只因功率较大，所以采用电流互感器输入保护器，以供测量和控制，如图 394 所示，其中，图 a 为配合 220V 接触器全压起动接线，图 b 为配合 380V 接触器全压起动接线。

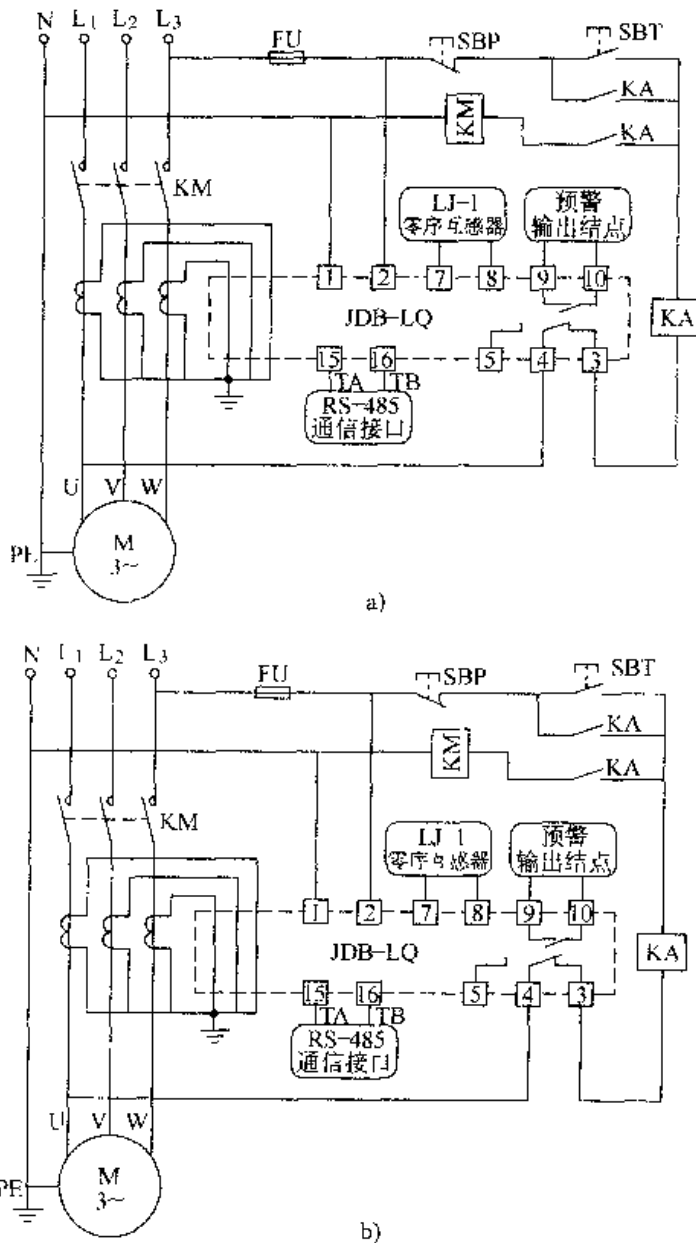


图 394 双华 JDB—LQ—TY 二次电流起动电路

例 395. JDB—LQ—TZ 星-三角起动电路 (一)

电路如图 395 所示，其中，图 a 为配合 220V 星-三角起动接线，图 b 为配合 380V 星-三角起动接线。

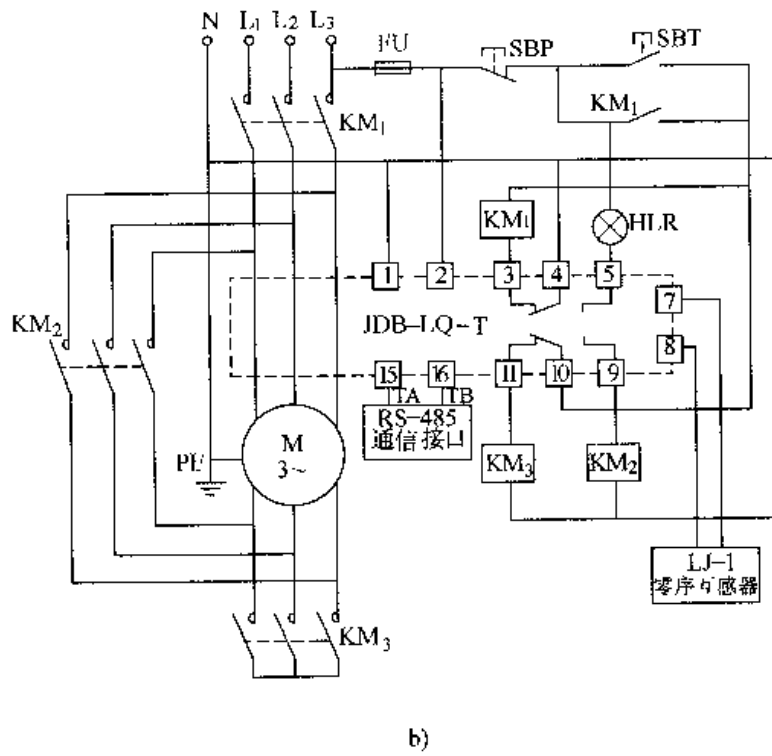
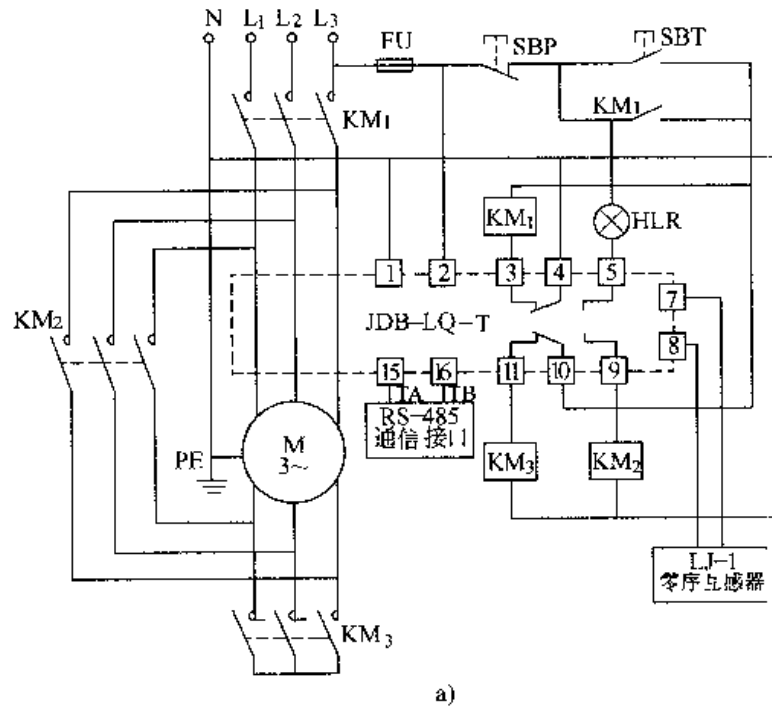


图 395 JDB-LQ-TZ 星-三角起动电路 (一)

例 396. 双华 JDB—LQ—TZ 星-三角起动电路 (二)

本例星-三角起动电路与上例不同之处,是采用了电流互感器。又因电动机功率大,采用了大电流的交流接触器 $KM_1 \sim KM_3$, 所以电路采用了中间继电器 $K_1 \sim K_3$, 如图 396 所示, 其中, 图 a 为配合 220V 星-三角起动接线, 图 b 为配合 380V 星-三角起动接线。

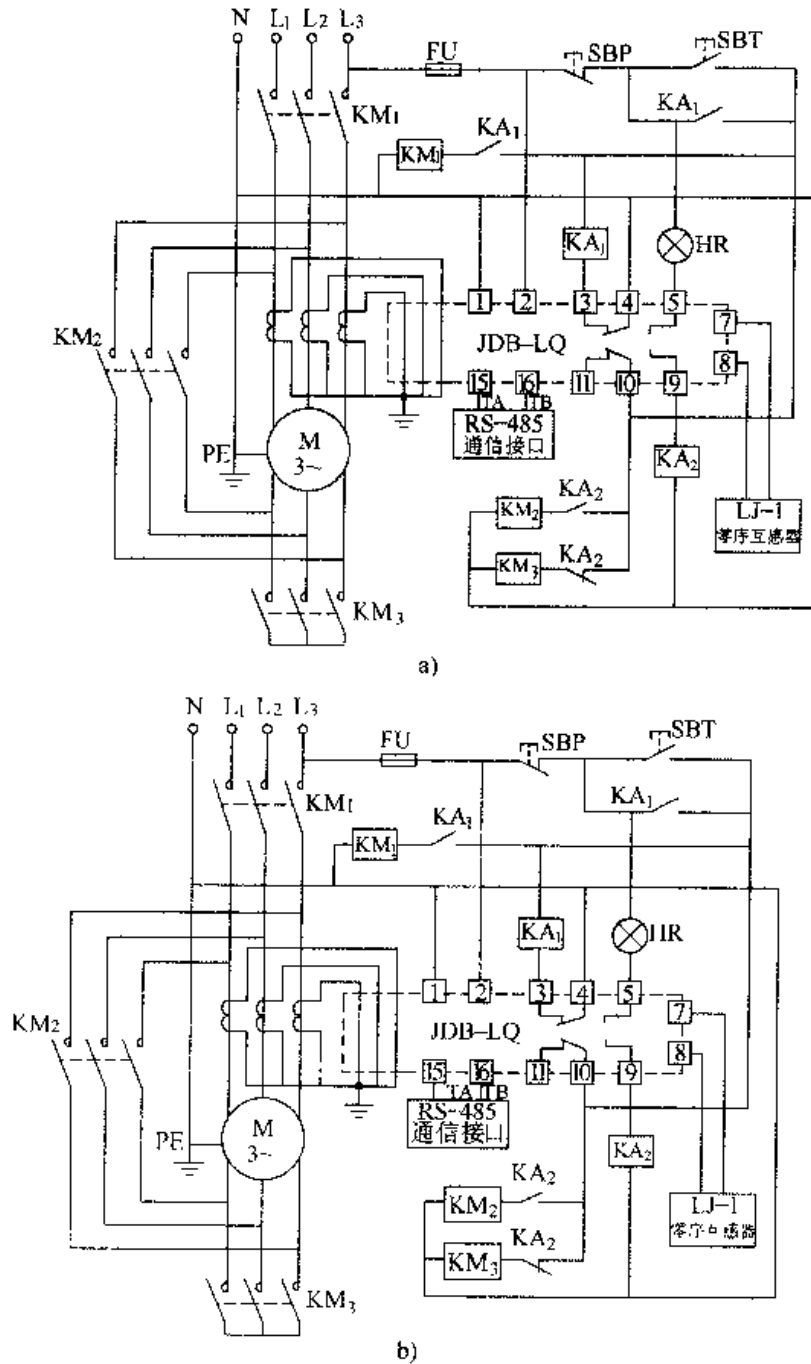


图 396 双华 JDB—LQ—TZ 星-三角起动电路 (二)

例 397. 双华电动机保护网络通信系统

较大企业有多台电动机,采用了多台电动机保护器,这时就可以按图 397 所示,实行电动机保护网络通信系统管理。

(1)简介

本系统由位于中央控制室的上位机(586 以上微机)和位于控制现场的监控器组成系统(最多可达 255 台)。系统运行于 Windows9X、WindowsXp 环境,界面友好,安装方便。采用 RS-485 远程通信接口,支持 SHDQ、MODBUS、PROFIBUS 等各种通信协议,通信距离可达 1200m。系统可同时对多达 255 台的电动机的各种保护参数进行修改、设定,数据传输,起停操作,数据记录和对各电动机的工作状态及参数动态显示,对故障进行醒目的声光报警。

(2)系统安装

- 1) 监控器和上位机用通信双绞线联接。
- 2) 由公司提供的 RS-485 接口卡及系统软件,用户按照系统使用说明书自行安装。系统软件也可由用户按照公司提供的通信协议自行编制。
- 3) 界面有四种,按如图 b-图 e 所示。由于篇幅所限,恕不赘述。

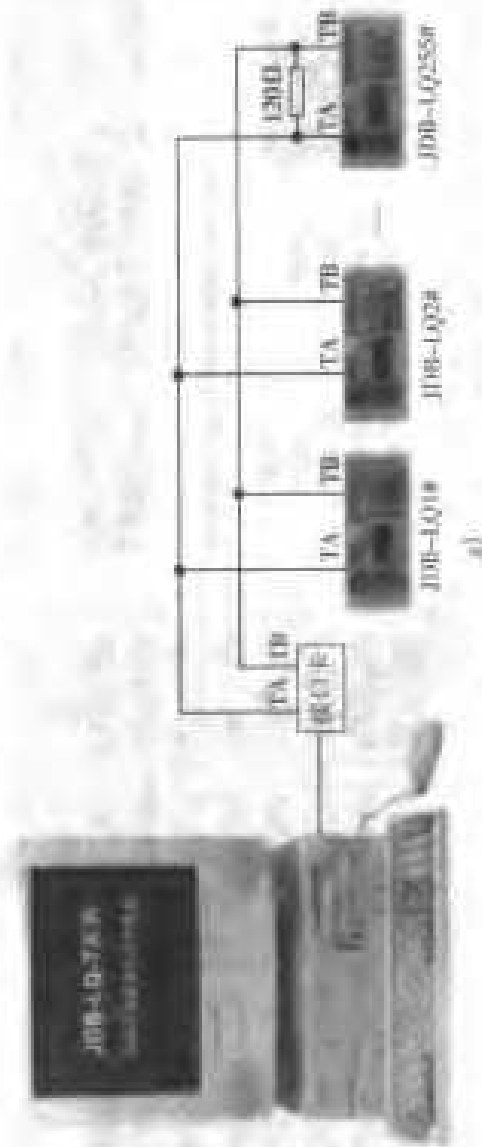


图 397 双华电动机保护网络通信系统

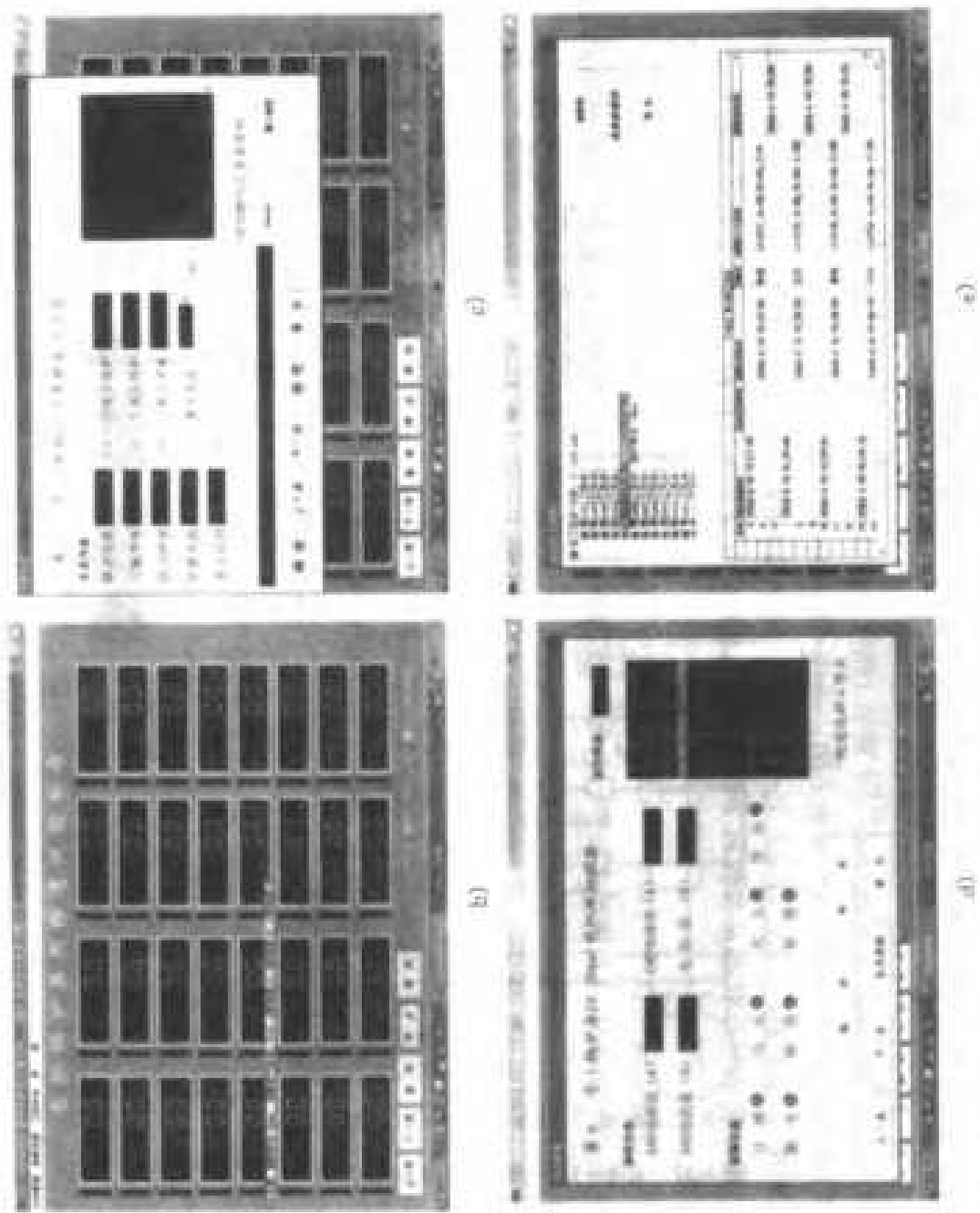


图 307 双电动机保护网络通信系统(续)

例 398. 普乐特电动机微电脑保护器

普乐特电动机微电脑保护器，是深圳市普乐特电子有限公司在多年研制电动机保护产品的基础上开发出的高科技产品。推向电工市场上的产品有 MAM—A 型、MAM—B 型、MAM—F 型和 MAM—SWF 型、配套变压器以及普乐特电动机网络监控系统。

现以 MAM—A 系列为例作以介绍。见图 398，MAM—A 系列电动机微电脑保护器是以微电脑控制器为核心元件，通过高精度 CT 检测电流进行 A/D 转换后再经过微处理器进行处理和判断，从而有效地保护电动机。对过载、断相、堵转、短路、三相不平衡等具有可靠的保护作用，同时具有可选的欠载保护功能，定时停机功能等。保护器具有自动线性修正功能，在较宽电流范围内仍具有较高的精度。工作稳定可靠、精度高、保护动作准确、参数设定简单方便。广泛适用于机床、冶金、建材、化工、纺织等行业电动机及其他电器的保护。

(1) 功率规格（如表 23 所示）

表 23

产品型号	规格/A	孔径/mm	备注
MAM—A (10)	1~10	φ10	直接穿孔
MAM—A (20)	4~20	φ10	直接穿孔
MAM—A (40)	16~40	φ10	直接穿孔

(2) MAM—A 型功能及特点

1) 基本保护功能：过载、堵转、断相、短路、三相不平衡。

2) 定时停机功能（可选功能）：保护器带时间继电器，可按设定的时间自动停机。

3) 欠载保护功能（可选功能）：当工作电流小于设定的欠载电流时，保护器延时停机，复位有延时复位（复位时间 1~999min 可设定）和手动复位两种。

4) 数字表功能：正常工作时循环显示 A、B、C 三相工作电流和设定电流值，故障时显示故障代码及动作值。

5) 应用矢量方法，通过测量 A、B 两相电流合成 C 相电流，因此对 A、B、C 三相的过载、堵转、断相、短路、不平衡具有可靠保护，当 C 相断相时，A、B 两相为 180°对称电流，所以合成的 C 相电流为零，保护器仍能反映 C 相断相。在平衡与不平衡时依然能准确测量出 C 相电流值。

6) 自动线性修正，测量范围广，精度高。

7) 高精度 CT 测量，不受环境温度影响。

8) 宽电源、超小型设计，工作安全可靠。

(3) MAM—A 型技术参数

1) 显示量程：A、B、C 三相电流显示 0~999A。

- 2) 起动时间: 1 ~ 999s 可设定, 在起动时间内对堵转、过载不保护。
- 3) 堵转保护: 起动结束后, 当工作电流达到设定电流的 4 ~ 8 倍时, 动作时间 $\leq 0.3s$ 。
- 4) 短路保护: 只要检测电流达到设定电流的 8 倍以上时, 动作时间 $\leq 0.1s$ 。
- 5) 断相保护: 当任何一相电源断相时, 动作时间 $\leq 2s$ 。
- 6) 不平衡保护: 任何两相间电流相差 60% ~ 75% 时, 动作时间 $\leq 5s$ 。
- 7) 欠载保护: 起动结束后, 当检测电流小于设定的欠载电流时, 动作时间 $\leq 10s$ 。
- 8) 过载反时限保护特性, 倍数 = $I_{实}/I_{设定}$, 如表 24 所示。

表 24

(单位: s)

时 间 倍 数	曲线号	1	2	3
≥ 1.2		60	120	240
≥ 1.3		48	96	160
≥ 1.5		24	48	80
≥ 1.6		8	20	40
≥ 2.0		5	10	20
≥ 3.0		1	3	9

- 9) 输出继电器触点容量: 220V, 7A, 380V, 5A, 触点寿命大于 500000 次。
- 10) 电流精度: 量程范围内, 电流显示误差小于 1.5%。
- 11) 电源功耗: 正常工作时小于 1.0VA。
- 12) 欠载停机自动复位时间: 1 ~ 999min 或 1 ~ 999s。
- 13) 定时停机时间: 1 ~ 999s 或 1 ~ 999min。

(4) MAM—A 型面板、外形及端子

图 398a 为 MAM—A 型面板及外形图, 图 398b 为端子接线图。

(5) MAM—A 的安装与操作

1) 安装

保护器安装在能测量电动机线电流的地方, 这样就可根据电动机铭牌额定电流设定保护电流值。接好线并检查无误后, 可通电调试。

2) 基本操作

(a) 功能键

“M” 键——设定键: 停机状态下用于数据设定。

“Re” 键——复位键: 用于解除故障状态。

“▶” 键——移位键: 设定状态下用于移动修改位, 运行状态下用于暂停循环显示。

“▲” 键——修改键: 设定状态下用于修改数据。

(b) 参数设定 在停机状态 (监控器显示 “— — —”) 下进行保护参数

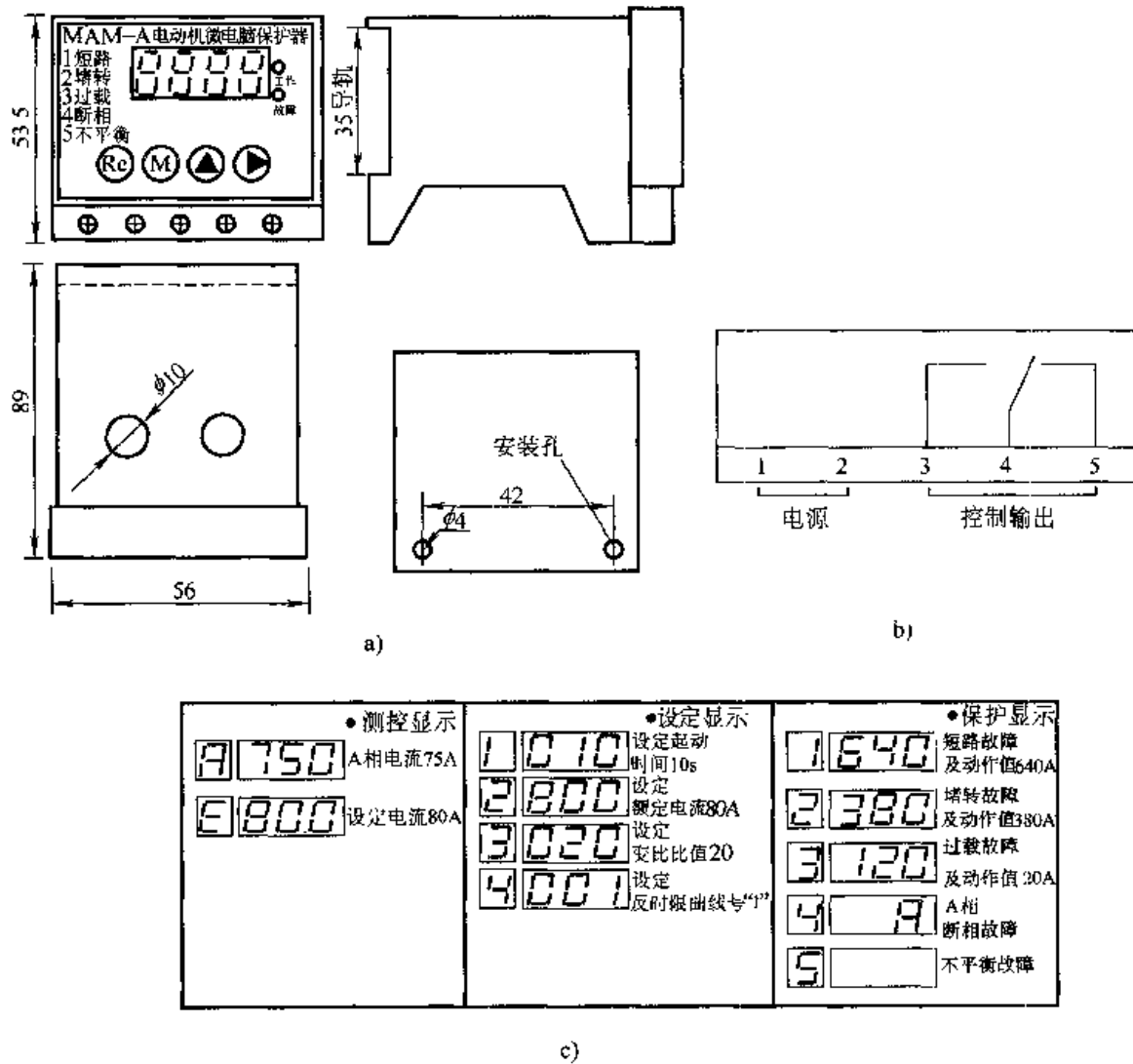


图 398 普乐特电动机微电脑保护器 MAM—A

设定。

a) (MAM—A—□) 基本型参数设定：

①第一次按“M”键进入设定状态并设定第一项——启动时间：显示器左边第一位提示“1”，按“►”键选择设定位（该位闪烁），再按“▲”键修改该位数据（0~9循环），时间单位“s”。

②第二次按“M”键设定第二项——额定电流：左边第一位提示“2”，100A以下型号显示小数，100A以上不显示；保护器已按1.2倍作过载计算，设定时按电动机额定电流设定。

③第三次按“M”键设定第三项——互感器变比比值：所有MAM—A型此项不可修改。

④第四次按“M”键设定第四项——曲线号：左边第一位提示“4”，修改范围“1~3”。按表2，用户可根据不同电动机特性和使用场合，选择适合的反时限跳闸时间；如：有时1.2倍过载经常在2min内，选择2号曲线可避免经常跳闸。

⑤第五次按“M”键退出设定状态，保存设定数据。

b) (MAM—A (L) —□) 只带欠载功能时参数设定：

①第一次按“M”键进入设定状态并设定第一项——起动时间：显示器左边第一位提示“1”，按“▶”键选择设定位（该位闪烁），再按“▲”键修改该位数据（0~9循环），时间单位“s”。

②第二次按“M”键设定第二项——额定电流：左边第一位提示“2”，100A以下型号显示小数，100A以上不显示；保护器已按1.2倍作过载计算，设定时按电动机额定电流设定。

③第三次按“M”键设定第三项——互感器变比比值：所有MAM—A型此项不可修改。

④第四次按“M”键设定第四项——曲线号：左边第一位提示“4”，修改范围“1~3”。按表2，用户可根据不同电动机特性和使用场合，选择适合的反时限跳闸时间；如：有时1.2倍过载经常在两分钟内，选择2号曲线可避免经常跳闸。

⑤第五次按“M”键设定第五项——欠载停机自动复位时间：左边第一位提示“5”，修改范围“1~999min”，手动复位时此项不起作用。

⑥第六次按“M”键设定第六项——欠载电流值；左边第一位提示“6”，修改范围“0~999A”设为“0”时，欠载不起作用。

⑦第七次按“M”键退出设定状态，保存设定数据。

c) (MAM—A (T) —□) 只带定时停机功能时设定：

①第一次按“M”键进入设定状态并设定第一项——起动时间：显示器左边第一位提示“1”，按“▶”键选择设定位（该位闪烁），再按“▲”键修改该位数据（0~9循环）；时间单位“s”。

②第二次按“M”键设定第二项——额定电流：左边第一位提示“2”，100A以下型号显示小数，100A以上不显示；保护器已按1.2倍作过载计算，设定时按电动机额定电流设定。

③第三次按“M”键设定第三项——互感器变比比值：所有MAM—A型此项不可修改。

④第四次按“M”键设定第四项——曲线号：左边第一位提示“4”，修改范围“1~3”。按表2，用户可根据不同电动机特性和使用场合，选择适合的反时限跳闸时间；如：有时1.2倍过载经常在2min内，选择2号曲线可避免经常跳

闸。

⑤第五次按“M”键设定第五项——自动停机时间：左边第一位提示“5”，修改范围“1~999min 或 s”。

⑥第六次按“M”键退出设定状态，保存设定数据。

注：在设定状态，10s内如无任何操作，保护器返回停机状态，数据不被保存。如修改完某项数据，只要按住“M”键2s就可保存修改值。

对于星-三角转换电路，起动时间必须大于星-三角转换时间，否则切换时会出现堵转、过载等故障现象。

3) 显示说明

(a) 运行状态：电动机起动运行后，监控器循环显示 A、B、C 三相电流和设定电流值，按“▶”键可暂停循环显示，再按一次恢复循环显示。在运行状态下不能修改保护参数。

(b) 欠载停机状态：起动结束后，当监控器检测到欠载时，工作灯闪烁，欠载停机后工作灯继续闪烁。如为自动复位，数码显示倒计时时间，计时时间到后复位。

(c) 故障状态：当监控器检测到电动机发生故障时，故障灯闪烁，显示器首位（闪烁）显示故障代码，后三位显示相应的动作值。

故障代码：“1”短路、“2”堵转、“3”过载、“4”断相、“5”不平衡。对于所有的故障，如无自动复位功能，需在排除故障后由人工按“Re”手动复位或停电复位。

显示说明如图 398c 所示。

(6) 注意事项

1) 保护器工作电源应接在控制电路，且注意标称电压与实际电压相符。

2) 对于有星-三角转换电路，保护器应安装在能测电动机线电流的地方，并根据电动机铭牌电流设定第二相参数（额定电流），且起动时间必须大于星-三角转换时间。

3) 正确设定保护器的设定电流，由于保护器已按设定电流的 1.2 倍作为过载计算，所以应按电动机的铭牌额定电流设定。特别注意具有三角形/星形两种联结的电动机，铭牌有两种联结的额定电流，选型和安装时都要注意其使用接法。

4) 保护器应工作在正常工作电流范围内。

5) 正确设定保护器的其他各项设置，不需要的放弃设置。

(7) 常见错误现象及原因

1) 起动就跳闸——保护参数设定不对或电动机和线路错误引起，根据故障

指示重新设定该项参数和检修线路。

- 2) 显示不正确——保护器故障，需更换。
- 3) 电动机实际过载监控器不指示故障和动作——电流设定大于额定电流。
- 4) 监控器指示故障但不跳闸——接触器故障或监控器输出触点坏。
- 5) 按起动按钮不能起动——接线错误、监控器输出触点坏。
- 6) 起动出现短路跳闸——额定电流设定不对或保护器故障。
- 7) 星-三角转换瞬间出现过载、短路、堵转等现象——起动时间小于星-三角转换时间。

例 399. 普乐特 MAM—A 典型应用电路

电路如图 399 所示。工作原理：

(1) 作保护器用时，按 SBT 按钮，电动机起动运行，当有断相等故障发生时，保护器 4、5 间断开，3、4 间接通，电动机停转，HLR 点亮。

(2) 当有定时停机功能时，按 SBT 按钮，起动电动机，定时时间到，保护器 4、5 间断开 2s，电动机停转。

(3) 具有欠载功能时，电动机起动后，当保护器检测电流小于设定的欠载电流时，保护器延迟 10s 后，4、5 间断开，电动机停转。

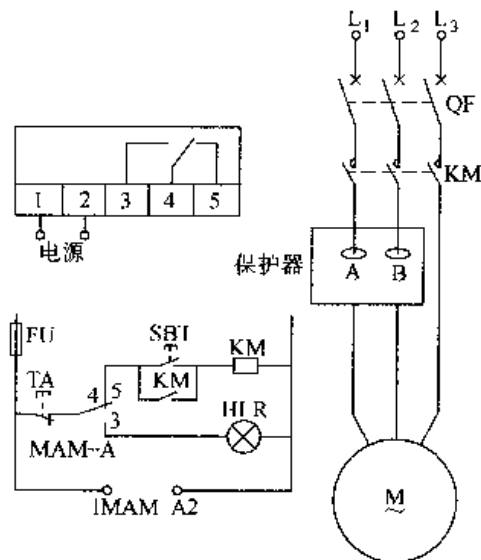


图 399 普乐特 MAM—A 典型应用电路

例 400. 普乐特 MAM—B 直接起动电路

MAM—B 用于直接起动三相异步电动机的电路如图 400 所示。图 a 为 MAM—

B 的接线端子；图 c 为电动机的主电路，KM 为交流接触器主触点，MAM—B 保护器的 A、B 两个穿心孔穿过主电路的两根相线。图 b 为控制电路，亦叫二次电路，图中 MAM—B 的 1~6 与图 a 端子一一对应。工作原理如下：

(1) 起动。按起动按钮 SBT，接触器 KM 线圈得电，主触点接通主电路，常开辅助触点自保线圈得电，电动机正常运行。

(2) 停机。按停机按钮，接触器 KM 线圈失电，主触点切断主电路，电动机停止运行。

(3) 故障。当保护器检测到电动机故障时，保护器常闭触点 1、2 断开，切断接触器线圈电源，接触器主触点切断电动机主电路，电动机停转。同时报警触点 3、4 闭合，控制报警装置，只有故障排除，保护器复位后方可重新起动电动机。

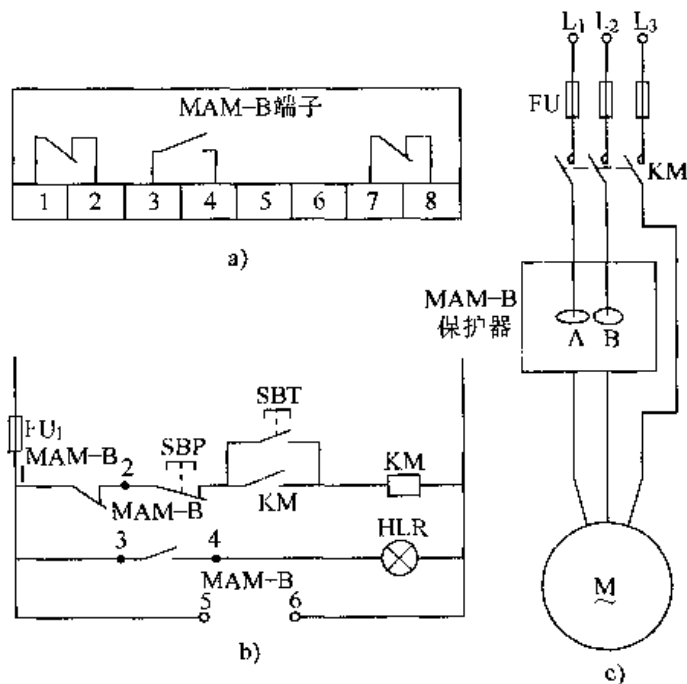


图 400 普乐特 MAM—B 直接起动电路

例 401. 普乐特 MAM—B 配电流互感器的应用电路

本例是让电流互感器穿入 MAM—B 的两个穿心孔，用于直接起动电动机，电路如图 401 所示。工作原理如下：

控制回路工作原理与直接起动时一样，只是主电路电流检测采用通用的二次额定电流为 5A 的电流互感器（M/5 互感器）。这样就能更好地适应高压互感器和其他大穿孔大电流互感器，满足更多用户要求。采用两个互感器测三相电流

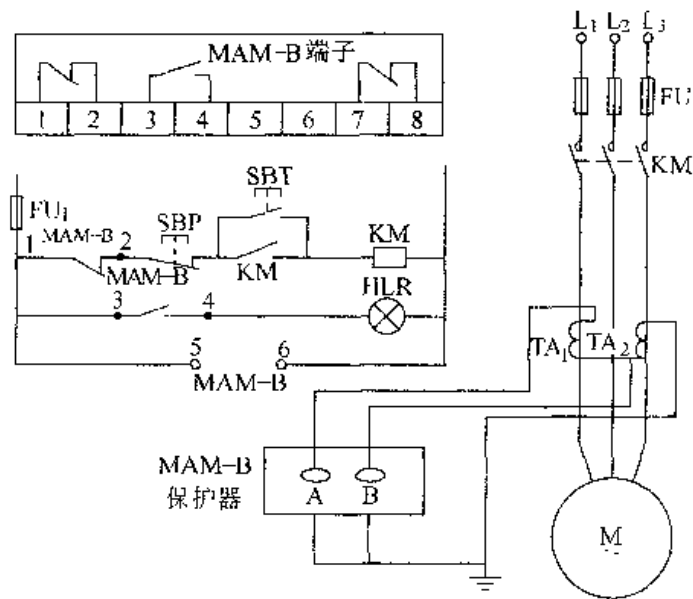


图 401 普乐特 MAM—B 配电流互感器的应用电路

时，要注意互感器的极性和接法，否则会造成检测电流三相不平衡或缺相现象发生。主电路 A、B、C 三相与保护器 A、B、C 三相保持对应，保护器就能正确显示三相电流。

注意：所配互感器一定要为二次额定电流为 5A 的互感器，如 300/5、200/5 互感器等。

例 402. 普乐特 MAM—B 星-三角起动器

电路如图 402 所示，工作原理如下：

(1) 起动。按起动键 SBT，接触器 KM_1 线圈得电动作，接触器 KM_2 线圈得电动作，电动机开始起动，主电路有电流流过。当保护器检测到主电路有电流时，立即计时，计时时间到，保护器常闭触点 (7、8) 断开 2s，接触器 KM_1 失电，接触器 KM_3 马上得电， KM_1 被 KM_3 一直失电，实现星-三角起动控制。

(2) 停机。按停机按钮 SBP，切断所有接触器线圈电

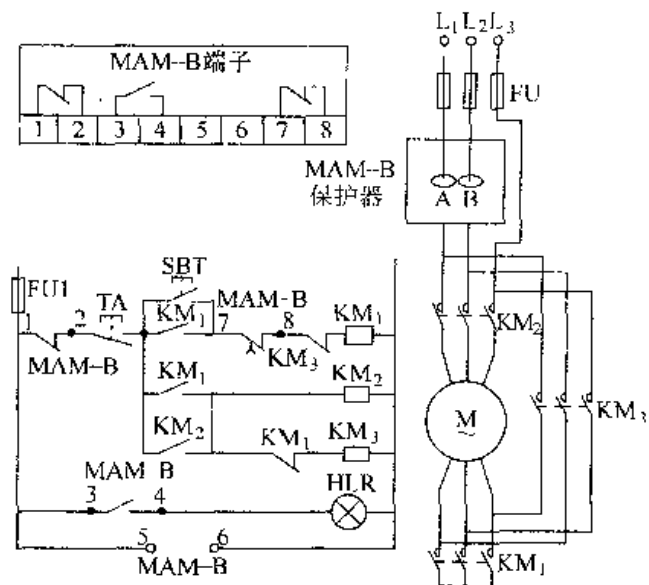


图 402 普乐特 MAM—B 星-三角起动器

源，电动机停止运转。

(3) 故障。当保护器检测到电动机故障将要发生时，保护器保护输出触点 1、2 断开，切断所有接触器电源，电动机停转。同时报警触点 3、4 闭合发出报警信号。只有故障排除，保护器复位后方可起动电动机。

注：用星—三角控制功能可实现定时停机。

例 403. 普乐特 MAM—F (S) (A) 直接起动电路

电路如图 403 所示，工作原理如下：

(1) 起动。按起动按钮 SBT，接触器 KM 线圈得电，主触点接通主电路，常开辅助触点自保线圈得电，电动机正常运行。

(2) 停机。按停机按钮，接触器 KM 线圈失电，主触点切断主电路，电动机停止运行。

(3) 故障。当保护器检测到电动机故障时，保护器常闭触点 7、8 断开，切断接触器线圈电源，接触器主触点切断电动机主电路，电动机停转。

同时报警触点 3、4 闭合，控制报警装置，只有故障排除，保护器复位后方可重新起动电动机。

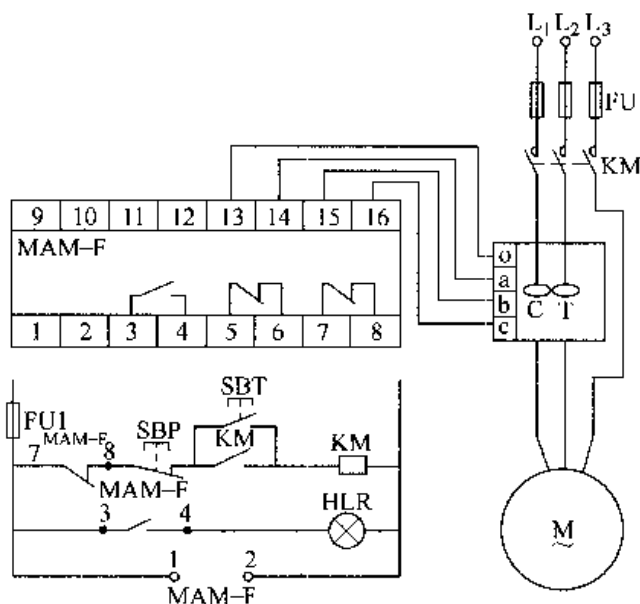


图 403 普乐特 MAM—F (S) (A) 直接起动电路

例 404. 普乐特 MAM—F (S) (A) 配电流互感器的电路

电路如图 404 所示，工作原理如下：

控制回路工作原理与直接起动时一样，只是主电路电流检测采用通用的二次额定电流为 5A 的电流互感器 (M/5 互感器)。采用两个互感器测三相电流时，要注意互感器的极性和接法，否则会造成检测电流三相不平衡或断相现象发生。

电动机在运行过程中，保护器能有效地把 A 相电流转换为 4 ~ 20mA 电流信号输出，其变送的 A 相电流范围下限为 0A，上限为最大正常工作电流 5A 的整数倍。最大负载能力为 500Ω。

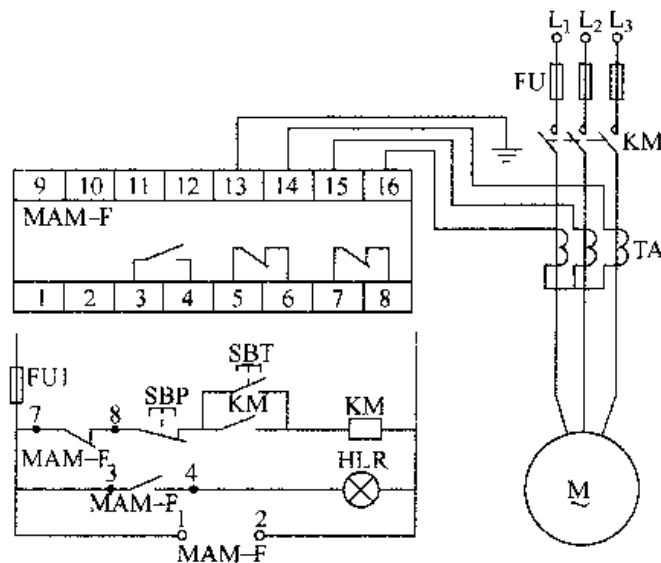


图 404 普乐特 MAM—F (S) (A) 配电流互感器的电路

例 405. 普乐特 MAM—F (S) (A) 星-三角起动器

电路如图 405 所示，工作原理如下：

(1) 起动。按起动键 SBT，接触器 KM_1 线圈得电动作，接着接触器 KM_2 线圈得电动作，电动机开始起动，主电路有电流流过，当保护器检测到主电路有电流时，立即计时，计时时间到，保护器常闭触点 5、6 断开 2s，接触器 KM_1 失电后，接触器 KM_3 马上得电，实现星-三角起动。

(2) 停机。按停机按钮 SBP，切断所有接触器线圈电源，电动机停止运转。

(3) 故障停机。当保护器检测到电动机故障时，保护器保护输出触点 7、8 断开，切断所有接触器电源，电动机停转。同时报警触点 3、4 闭合，发出报警信号。只有故障排除，保护器复位后方可起动电动机。

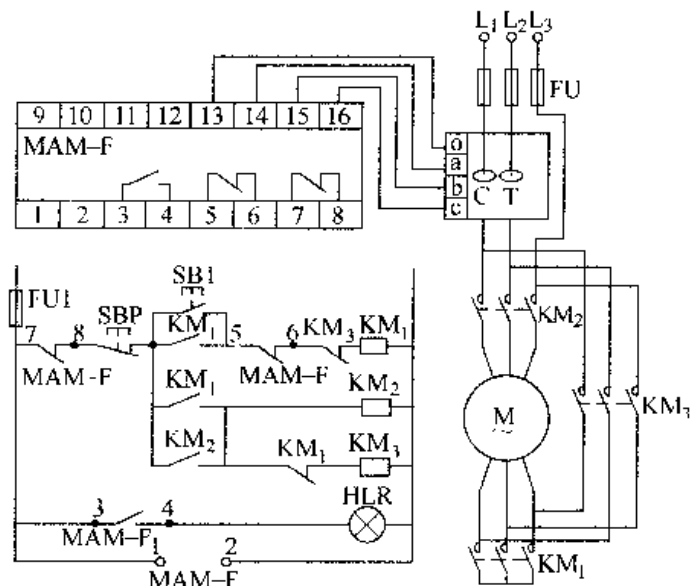


图 405 普乐特 MAM—F (S) (A) 星-三角起动器

只有故障排除，保护器复位后方可起动电动机。

例 406. 普乐特 MAM—F (S) (A) 自耦减压起动电路

电路如图 406 所示，工作原理如下：

(1) 起动

1) HK 处于自动状态时，按 SBT 起动键，KM₃ 得电，KM₂ 得电，电动机处于降压运行，当保护器检测到主电路有电流流过时开始计时，同时把检测电流与设定的转换电流比较，当计时时间到或起动电流小于设定的转换电流时，常开触点 5、6 闭合 2s，ZJ 一直得电，KM₃ 失电，KM₁ 得电，旁路自耦变压器。

2) HK 处于手动状态时，SA 按钮替代保护器的常开触点完成起动过程。

(2) 停机和故障停机。按停机键 SBP 和保护器故障动作（保护输出触点 7、8 断开）都是切断所有接触器的线圈电源，使电动机停转。不同的是保护器故障动作后，需复位才能重新起动电动机。

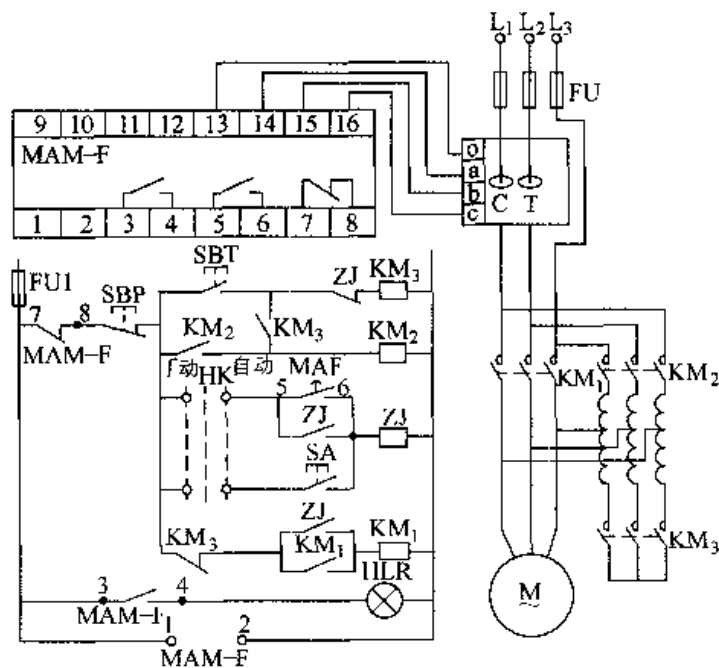


图 406 普乐特 MAM—F (S) (A) 自耦减压起动电路

例 407. 普乐特 MAM—SWF 自动水位控制保护器直接起动自动供水电路

图 407a 为普乐特 MAM—SWF 自动水位控制保护器的面板，图 b 为接线端子，图 c 为直接起动自动供水电路。

自动水位控制保护器用于深井抽水的自动供水系统、高塔供水系统和污水处理系统的电动机控制与保护。该装置有效地把电动机保护和自动控制结合在一起，实现一体化，使安装简单、数据设置方便。运用欠载停机后需延时开机的功能，省去了并低水位检测，避免电动机频繁起动，从而有效地保护了电动机。

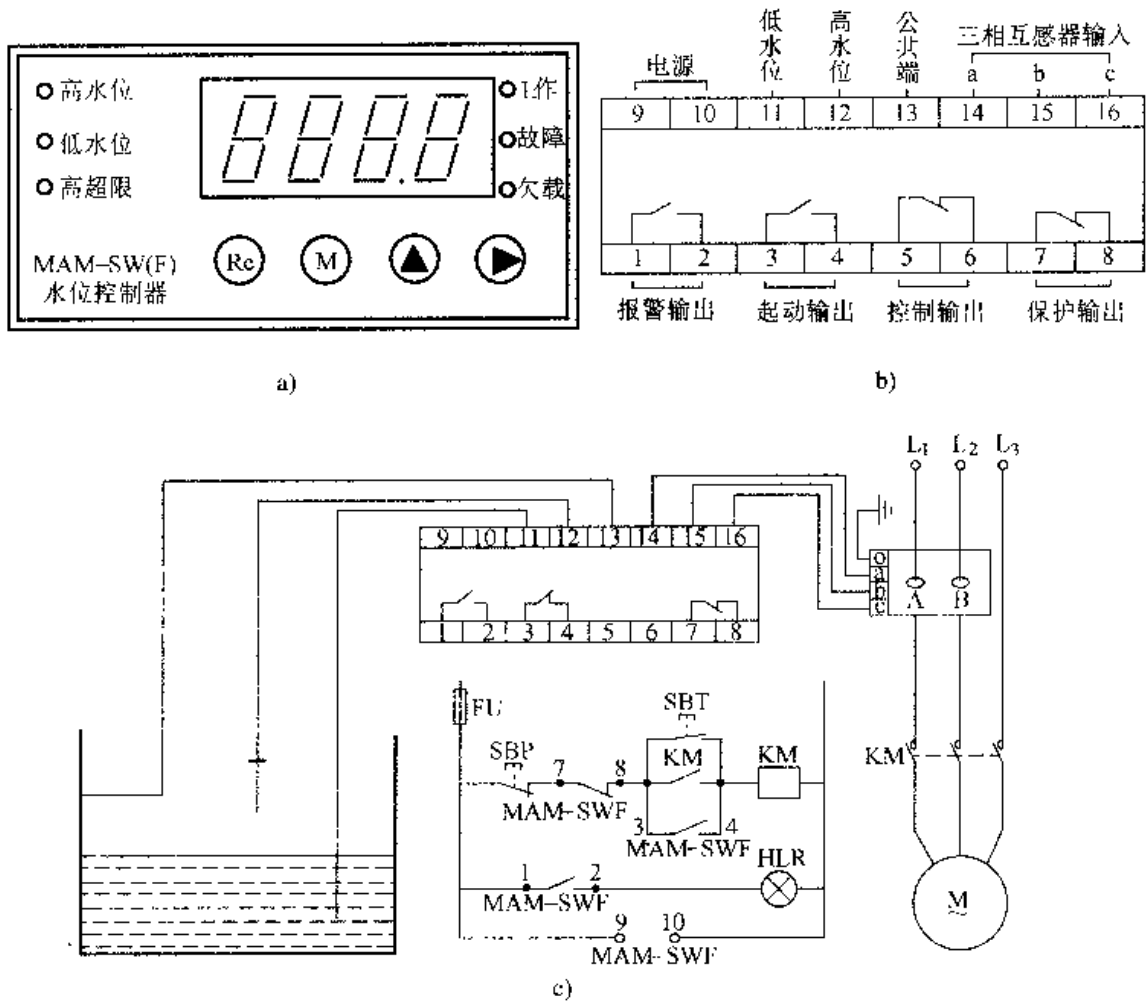


图 407 普乐特 MAM—SWF 自动水位控制保护器直接起动自动供水电路

操作方法如下：

(1) 起动

1) 按起动键 SBT 立即起动运行。

2) 当水位检测器连续 10s 检测到塔低水位时，而且停机不是由于欠载（井底缺水）引起，起动继电器（3、4）闭合 2s 起动电动机运行。当停机由于欠载引起，渗水延时时间到后由塔低水位起动电动机。

(2) 运行

电动机起动后，水源充足，用水正常情况下，水泵正常工作。

(3) 正常停机

1) 按停机键 SBP 停机。

2) 连续 10s 欠载，保护继电器（7、8）断开 2s 停机。

3) 塔高水位探测器连续 10s 检测到高水位，保护继电器（7、8）断开 2s 停

机。

(4) 非正常停机:

1) 按“Re”键停机。

2) 故障停机, 在这一情况下需排除故障, 保护器复位后方可起动电动机。

例 408. 普乐特 MAM—SWF 星-三角起动自动供水电路

电路如图 408 所示, 起动控制过程如下:

按 ST 起动键或低水位起动继电器 (3、4 触点) 闭合 2s, KM 得电 → KM₂ 得电 → 电动机星形起动。只要主电路有电流, 控制器开始计时, 计时时间到 → 控制器延时继电器 (5、6 触点) 断开 2s → KM₁ 失电 → KM₃ 得电 → 电动机三角形运行。

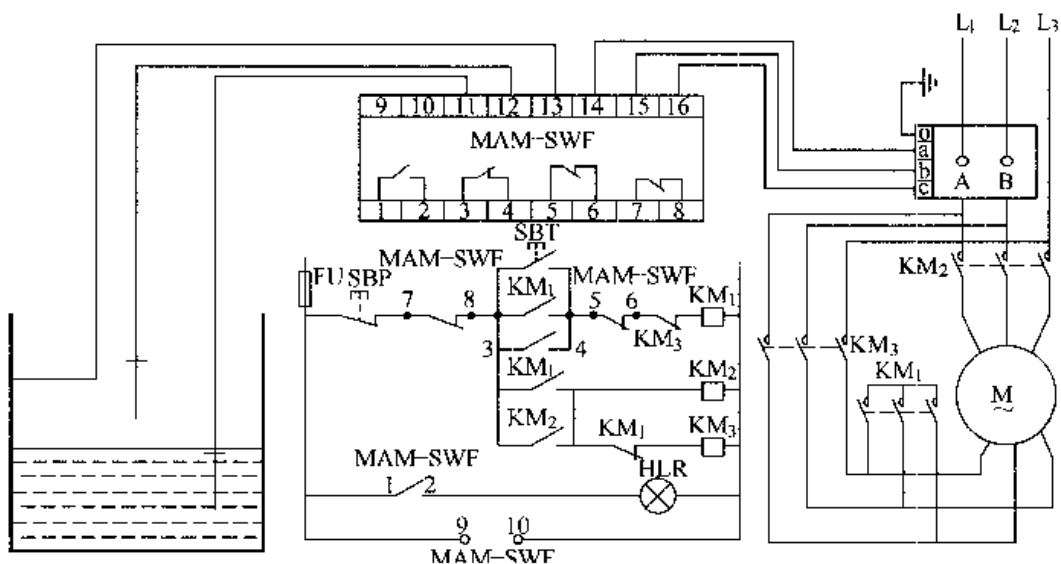


图 408 普乐特 MAM—SWF 星-三角起动自动供水电路

例 409. 任丘东方 DZ15D 型潜水电泵保护器应用电路

全电子潜水电泵 (电动机) 断相过流自动保护器 DZ15D 系列产品, 系河北省任丘市东方开关电器有限公司科技人员多年辛勤研制的成果。该产品解决了市场上许多开关高压断相不跳闸的难题, 不论是高压跌开掉下, 还是低压熔体烧断, 或是电机绕组一相不通电所造成的缺相运行, 都能可靠的起到保护作用。而且不受低电压影响, 断相动作时间 < 1s。

DZ15D 型潜水电泵保护器工作电压 380V, 额定频率 50Hz, 功率有 40A: 2.2 ~ 7.5kW 和 100A: 9.2 ~ 18.5kW, 详如表 25 所示。

表 25

功率/kW	额定电流/A	保护电流/A	功率/kW	额定电流/A	保护电流/A
2.2	5	7	11	26	39
3	7.8	13	13	31	46.5
4	10.1	16	15	35	52.5
5.5	13.6	20	17	40	60
7.5	18.6	28	18.5	43	65
9.2	21	31.5			

DZ15D 型保护器尤其适应农村机井。在浇地高峰电网压下降时，有了它能确保潜水安全运行。应用电路如图 409 所示。

图中保护开关触点、穿心互感器、电子线路、脱扣机构均安装在机壳内，线路检验按钮安装在机壳面板上，成为一台完整的 DZ15D 型保护器。

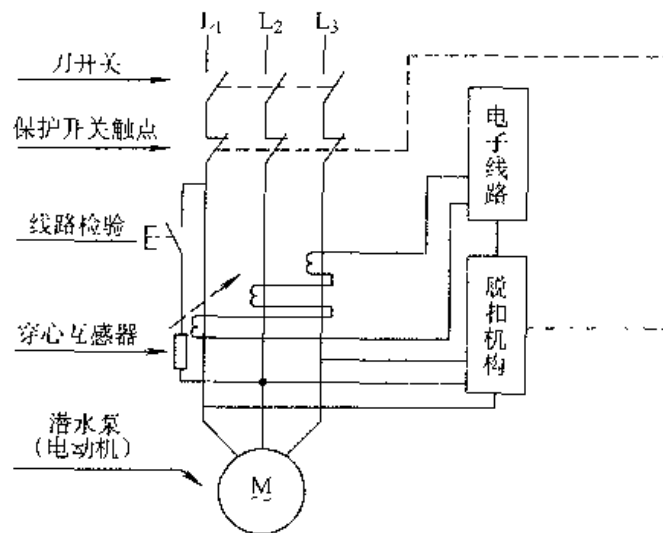


图 409 任丘东方 DZ15D 型潜水电泵保护器应用电路

第十章 电动机软起动器应用电路

电动机电子软起动器,是在电力电子技术蓬勃的发展中,悄然应运而生的。它是一种减压起动器,是继星—三角起动器、自耦减压起动器、磁控式软起动器之后,目前最先进、最流行的起动器,简称“软起动器”。它一般是采用 16 位单片机进行智能化控制,既能保证电动机在负载要求的起动特性下平滑起动,又能降低对电网的冲击,同时还能直接与计算机实现网络通信控制,为自动化智能控制打下良好基础。因此,它的面市具有电动机起动技术划时代意义,受到各行各业的青睐。

例 410. 集电 JLC 电动机软起动器

JLC 系列交流电动机软起动控制装置,属上海集电电力电子技术发展有限公司产品,简称集电 JLC 电动机软起动器。

JLC 电动机软起动器,主电路为无触点,控制电路采用美国 ENERPRO 公司的软起动技术,并使用 ENERPRO 原装主板组成的 JD—6 组件。该产品为具有 20 世纪 90 年代国际先进水平的高科技产品。

软起动指装置输出电压按指定要求上升,使被控电动机电压由零按指定斜率上升到全电压,转速相应地由零平滑加速至额定转速的过程。软起动方式既改善了电动机起动时对电网的影响,又降低了电动机自身所承受的较大结构冲击力。JLC 系列中带节能功能的软起动器还能随负载率的变化而自动输出其所需电压值,从而达到节能运行目的。对风机、泵类及带负载起动的电动机,其起动性能极佳。

(1)集电 JLC 软起动器原理

JLC 软起动器如图 410 所示。

图中,VS 为晶闸管模块,有关它的控制可参阅第一章有关内容。 I_1 、 I_2 、 I_3 为三相电源,U、V、W 为电动机 M 的进线端子,TA 为电流互感器,PA 为电流表,R 为 2Ω 的电阻,取出电流信号以供 JD—6B(副板)作控制信号。

JLC 电动机软起动器为双板结构,由软起动控制板(副板)和主触发板(主板)共同完成起动。它是以电压作为调节对象的,提供具有电动机电压反馈稳定的单斜坡或双斜坡加速电压,起动十分平稳,操作特别简单,通过一个简单的起动按钮 START 就能自动适应大中型电动机平稳起动。

软起动器主、副板的控制电源由 15VA、24V 电源提供。斜坡加速时间为 7 ~ 55s 可调,作一简单选择就能起动。当电动机得到全电压时自动接通接触器(图中

未画)将晶闸管旁路,延长了晶闸管寿命。停机时先断开接触器再关断晶闸管,使接触器不带电通断,确保接触器的机械寿命。

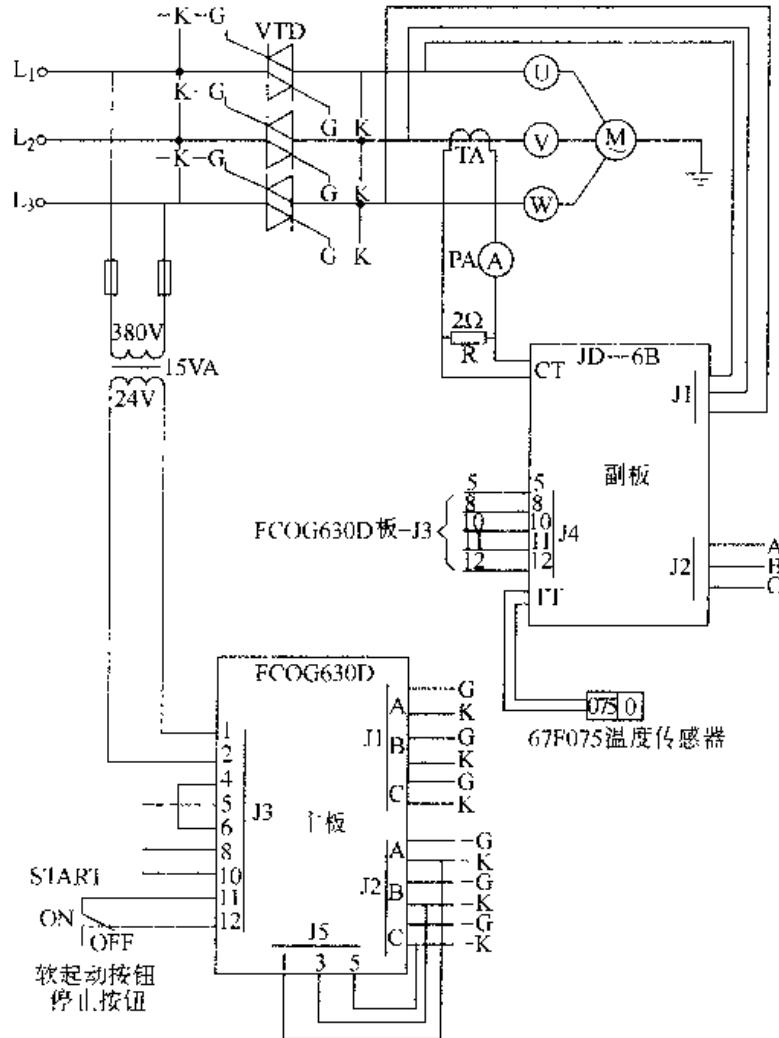


图 410 集电 JIC 电动机软起动器

软启动组件设置有节能功能,该节能特性可以在电动机轻载时减少磁化电流和磁化损耗,从而改善功率因数,提高了电动机的效率。软启动器主、副板上设有提供最小负载时电动机电压的调节装置,在轻载与满载期间实现跟踪及过程平滑调节。软启动组件加速时间为 7~55s 可调。停机方式有两种可选,瞬时停机和软停机,软停机时间设定在 2s(软停机时间可按要求设定)。

JIC 软启动器设有断相、过电流、晶闸管超温保护。断相保护:由电源断相引起的电源不平衡使主板 A、B、C 的相逻辑信号发生变化,封锁脉冲输出使晶闸管关断。过电流保护:当电动机同相电流增加到一个预定设定值时,主板脉冲被封锁。超温保护:通过设置温度为 75°C 的温度开关装置于晶闸管散热器上,当散热器温

度大于等于 75°C 时,主板脉冲被封锁,晶闸管被强迫关断。

(2)集电 JLC 软起动器的调试

1)调试前注意

JLC 系列软起动器为缩小体积,机内都不设置进线空气断路器,因此用户使用中在 JLC 软起动器进线侧必须装设空气断路器,断路器整定值须与该装置所带电动机容量相符!

2)调试

(a)合上空气断路器向 JLC 软起动器送上电源,此时面板上数显电流表及 INHIBIT 灯(图中未画)亮

(b)如需节能,则将节能功能按钮“SAVE ENERGY”(图中未画)按下,同时按钮内置灯亮,说明节能功能已接上。

(c)按下软起动按钮“START”,按钮内置灯亮,电动机开始起动,待起动按钮上方 LED 灯亮时,说明起动过程已完成,已进入运行。

(d)起动时间一般不需作调整。如特殊情况下需调整时,可将前面板卸下,调整机内控制板上的 W1。W1 向右旋转时加速时间加长,否则反之。起始电压可调整主板上 R47,向右转起始电压高。

(e)机内电动机过载电流整定值为电动机额定电流的 1.2 倍。节能运行自动切换整定值为电动机额定电流值的 0.7 倍。以上整定值均已整定好,用户无需再作整定。各种功率电动机的不同整定值如表 26 所示。

表 26 整定值表

电动机额定值		互感器 K(倍)	互感器二次电流 额定值 I_{II}/A	节能切换 整定值 I_7/A	过载保护 电流值 I_B/A
功率/kW	电流/A				
11	23	50/1	0.46	0.32	0.55
15	30	50/1	0.60	0.42	0.72
18.5	36	75/1	0.60	0.42	0.72
22	43	75/1	0.60	0.42	0.72
30	57	100/1	0.58	0.40	0.70
37	70	100/1	0.70	0.50	0.84
40	72	100/1	0.72	0.50	0.90
45	84	150/1	0.56	0.40	0.68
55	103	150/1	0.68	0.50	0.80
75	140	300/1	0.46	0.32	0.56
90	164	300/1	0.54	0.38	0.64

(续)

电动机额定值		互感器 K(倍)	互感器二次电流 额定值 I_H/A	节能切换 整定值 I_Z/A	过载保护 电流值 I_B/A
功率/kW	电流/A				
110	202	400/1	0.50	0.36	0.60
132	242	500/1	0.48	0.34	0.58
160	294	500/1	0.58	0.40	0.70
180	331	600/1	0.62	0.44	0.74
200	367	600/1	0.62	0.44	0.74
220	404	800/1	0.58	0.40	0.70
250	459	800/1	0.58	0.40	0.70
280	514	1000/1	0.52	0.36	0.62
315	578	1000/1	0.58	0.40	0.70

注：1. 各整定值均为互感器二次电流计算值；节能切换整定值为互感器额定二次电流值的0.7倍，过载保护电流值为其1.2倍（表中参数均为Y系列4极电动机参数）。

2. 计算：

$$\text{互感器二次电流额定值为 } I_H = \frac{I_N}{K}$$

式中 I_N ——电动机额定电流值；

K ——互感器倍数为电动机额定电流与互感器二次电流额定值之比。

转换电流值为 $I_Z = 0.7I_H$

过载保护电流值为 $I_B = 1.2I_H$

(f) 晶闸管温度保护选用 67F075 型温度传感器，动作温度为 75°，已在机内设置好。

(g) 当电源断相或电源电压严重不平衡时，本装置的断相保护开始工作，电动机不能起动。

(h) 当运行中 INHIBIT 灯亮时，说明本装置已关闭电动机电源（保护性停机）。此时应检查是否断相，三相电压是否严重不平衡，过载或晶闸管温度是否过高。

(i) 需要停机时，可再按下起动按钮“START”，按钮内置灯灭，INHIBIT 灯亮，电动机即被软停止。

(3) 集电 JIC 软起动器的使用维护

1) 在运行中，如要改变运行方式，必须将设备完全停止后进行。

2) 定期检查配线端子有否松动，接线有否损坏。

3) 定期清除机内灰尘。

例 411. 电力 WJR 节电型电动机软起动器

电力 WJR 电动机软起动器是齐齐哈尔电力半导体器件厂的产品，它采用限流软起动方式，并利用单片机控制技术实现电动机软起动，适用于线电压为 380 (1 ± 10%) V、50Hz 的电动机的起动控制。电动机的起动电流可在 1.5 ~ 4 倍额定电流范围内设定。根据电动机的负载情况，调整起动电流倍数，可以使电动机连续平滑起动，从而避免了电动机起动时所产生的电流冲击，降低相关机械传动部分的磨损，因而大大延长了电动机及传动部分的使用寿命。

WJR 系列节电型电动机软起动器是新一代三相交流异步电动机专用控制产品，基于单片机控制技术，通过其内置的专用优化控制软件，动态调整电动机运行过程中的电压和电流。在不改变电动机转速的条件下，保证电动机的输出转矩与负载需求匹配，其空载有功节电率高达 50% 以上。

WJR 节电型电动机软起动器具备完善的软起动和软停车功能，可保证电动机连续平滑起动，避免了电动机起动时所产生的电流和对机械传动系统的冲击，因而大大延长了电动机和机械传动系统的使用寿命。WJR 软起动器具有断相、过电流、过载、三相不平衡、晶闸管过热等多项保护功能，并有故障状态输出 (ERROR)、运行状态输出 (RUN) 可以用来控制其他联锁的设备。WJR 软起动器可智能地检测到电动机运行过程中出现的故障，运行状态及故障状态均由面板上的 LED 显示。

WJR 节电型三相电动机软起动器电源进线端标有 R (即 L₁ 相)、S (L₂ 相)、T (L₂ 相)；VS 即为晶闸管模块，软起动器的输出端标有 U、V、W，即为电动机的进线端子。图 411a 为原理框图。

面板上设有 LED 显示屏，下设“设置”、“向上”、“向下”、“确认”、“起动”、“停止”等六个功能触摸键，如图 b 所示。

通常通过这些触摸键对电动机进行操作。

(1) WJR 节电型软起动器的调整

整机通电后，LED 显示为 A (电流) 或 V (电压) (如图 b 所示)，表示可以进入参数调整状态，否则请查看故障代码 (见表 27)。按“设置”键进入调整状态，调整时 LED 第一位显示“P”，表示设备已进入参数调整状态。此时第五位显示相应参数的项目序号 (如表 27)。按“向上”或“向下”键选择参数的项目序号，按“确认”键即可进入该项的调整状态。再按“向上”或“向下”键修改该项参数值。当参数调整合适后，按“确认”键显示“OK”，表明设备已保存调整后的参数值，再按“设置”键退出该项。若继续增减项目序号，可进行其他参数调整，调整结束后按“设置”键，则退出整个参数调整状态。电动机运行时也可以设置参数，但需停机重新起动时参数才起作用。

注意：调整参数时起动和停止功能有效。

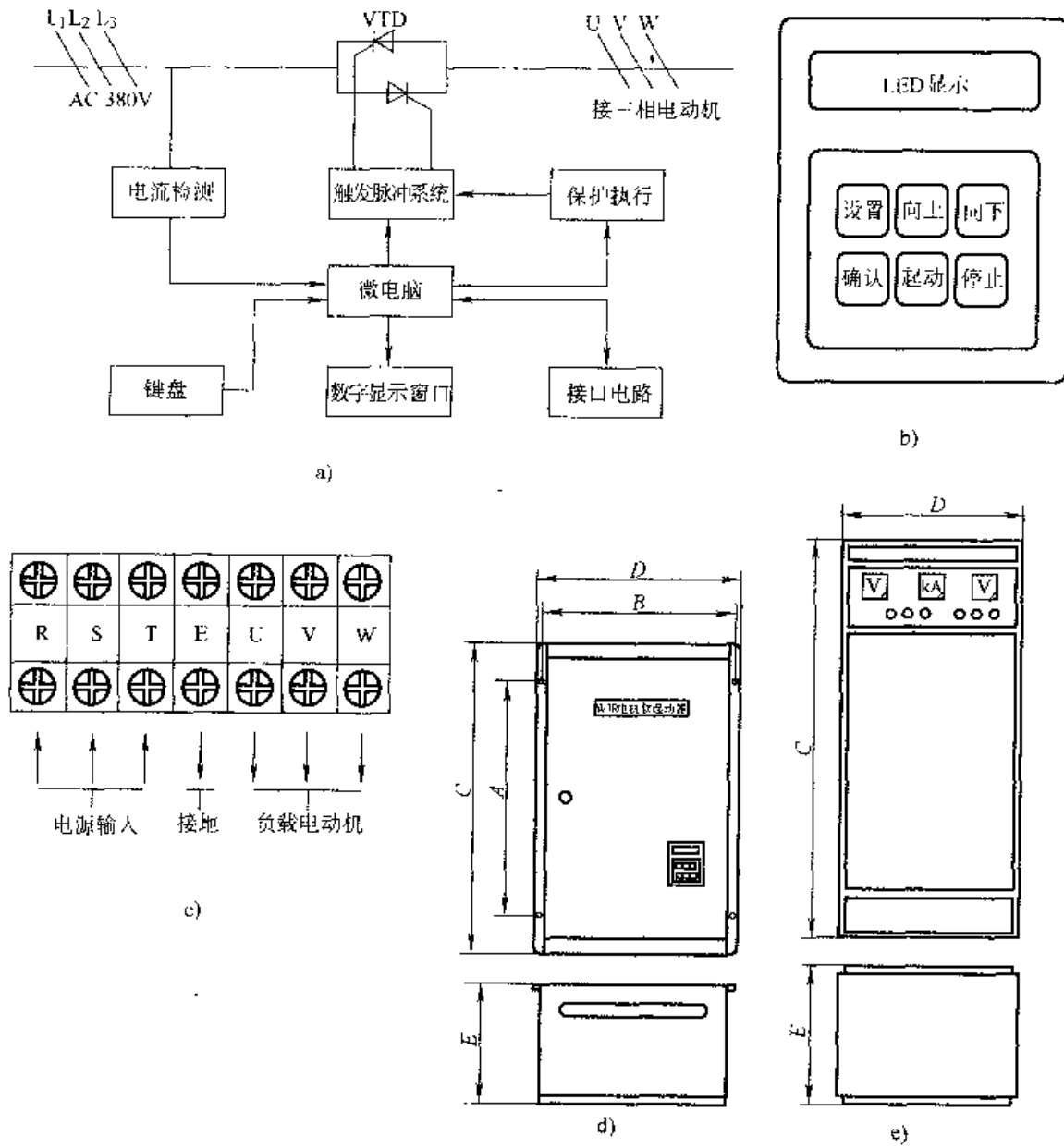


图 411 电力 WJR 节电型电动机软起动器

表 27

序号	项目内容	参数	出厂值
1	电压/电流显示选择	1 为电压, 0 为电流	0
2	额定电流值/A	随电动机功率改变	
3	起动电流倍数	1.5 ~ 4.0	3.0
4	起始导通角/(°)	60 ~ 120	80

(续)

序号	项目内容	参数	出厂值
5	软停时间/s	0~120	0
6	软停终止电压/V	120~300	150
7	过载选择	1为重载, 0为标准	0
8	节能选择	1为节能, 0为全压	1
9	节能率调整	1~20	8

(2) WJR 节电型软起动器的故障诊断与排除

WJR 节电型软起动器具有完善的故障保护功能, 一旦故障发生, 保护功能动作, 停止输出, 电动机停转。

1) 故障诊断

WJR 节电型软起动器故障显示代码位 Err * *, 其后两位闪动。代码内容及说明如表 28。

表 28

代码	故障内容	说明
Err01	断相	主电路任意一相断线
Err02	过电流	超过额定电流 12 倍
Err03	过载	额定电流设定值小或电动机超载
Err04	三相不平衡	任意两相电流之差大于 25% 时保护
Err05	晶闸管过热	温度大于 70°C 时保护
Err06	A 相晶闸管故障	A 相晶闸管短路
Err07	B 相晶闸管故障	B 相晶闸管短路
Err08	C 相晶闸管故障	C 相晶闸管短路
Err09	无触发时有电流	停机状态下负载有电流
Err10	无负载	输出端 (U、V、W) 悬空
Err11	逆相	电源输入端逆相
Err12	外部故障	外部设备故障

故障处理完毕, 连续按“停止”键四次, 方可退出故障状态。

2) 故障排除

软起动器发生故障, 如经查确属晶闸管发生故障, 即可动手排除。其步骤如下:

(a) 断开主电源和控制电源, 挂上“请勿合闸”的警示标志, 并锁上控制开关箱, 以免触电。

警告: 如未断开主电源和控制电源将会有触电危险。

(b) 标明晶闸管连线的位置。

(c) 卸下晶闸管上的螺钉, 取下主电路连线和控制电路连线。

(d) 保持晶闸管安装表面清洁, 无灰尘, 无划痕。

(e) 安装晶闸管时, 在晶闸管和散热片接触表面涂导热硅脂, 使其具有良好

的传热特性。

(f) 重新连接导电板、连线，检查一下晶闸管的门极和阴极接线是否正确。

(g) 所有接线检查无误后，接通电源检测设备。

(3) WJR 节电型软起动器的安装

1) 安装场所的要求

(a) 环境温度：-20 ~ +40°C、-40 ~ +40°C。

(b) 环境湿度：5% ~ 95%RH，无雾化。

(c) 防雨防湿。

(d) 远离金属粒子、导电性灰尘和腐蚀性气体。

2) 安装尺寸

WJR 节电型软起动器分有壁挂式和柜式两种，其中主线路接线端子如图 c 所示；图 d 为壁挂式，图 e 为柜式。安装尺寸如表 29 所示。

表 29

安装方式	功率/kW	安装尺寸/mm		外形尺寸/mm			安装孔/mm
		A	B	C	D	E	
壁挂式 (见图 411d)	22 ~ 37	330	330	440	350	220	8.5
	45 ~ 55	400	380	540	400	220	9
	75 ~ 132	540	380	700	400	230	9
柜式(见图 411e)	150 ~ 315			1800	800	600	

例 412. 电力 WJR 旁路型电动机软起动器

电力 WJR 旁路型电动机软起动器与例 411 所介绍的节电型基本相同，只不过是在主电路中多了一台旁路交流接触器 KM，如图 412a 所示。主电路的接线端子如图 d 所示，控制电路接线图见图 c，接线端子是这样的：

AK1、AG1、AK2、AG2——A 相晶闸管触发。

BK1、BG1、BK2、BG2——B 相晶闸管触发。

CK1、CG1、CK2、CG2——C 相晶闸管触发。

AL1、AL2——A 相互感器二次信号输入。

BL1、BL2——B 相互感器二次信号输入。

CL1、CL2——C 相互感器二次信号输入。

ERROR——故障时端子断开。

RUN——起动完成时端子闭合。

WJR 旁路型软起动器的操作面板如图 b 所示。

旁路交流接触器 KM 的作用是：当电动机软起动由 0V 上升到额定电压 380V 后，在机内电子线路的自动控制下使 KM 立即吸合，将晶闸管全部短路，从而实现主电路自动退出运行，达到延长软起器使用寿命之目的。

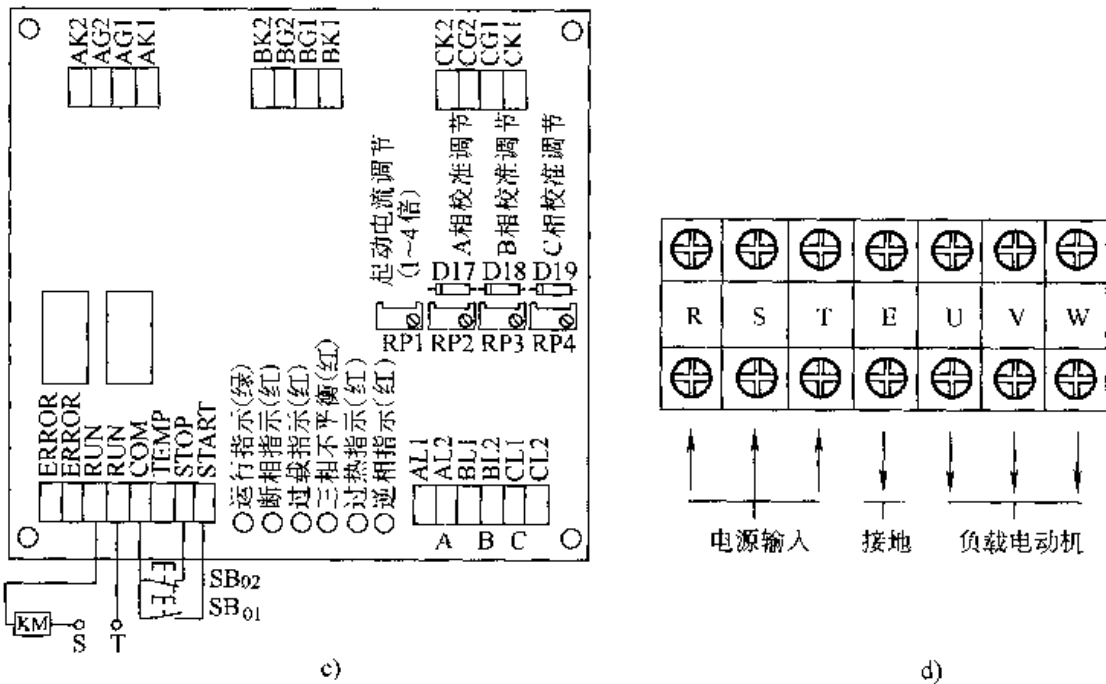
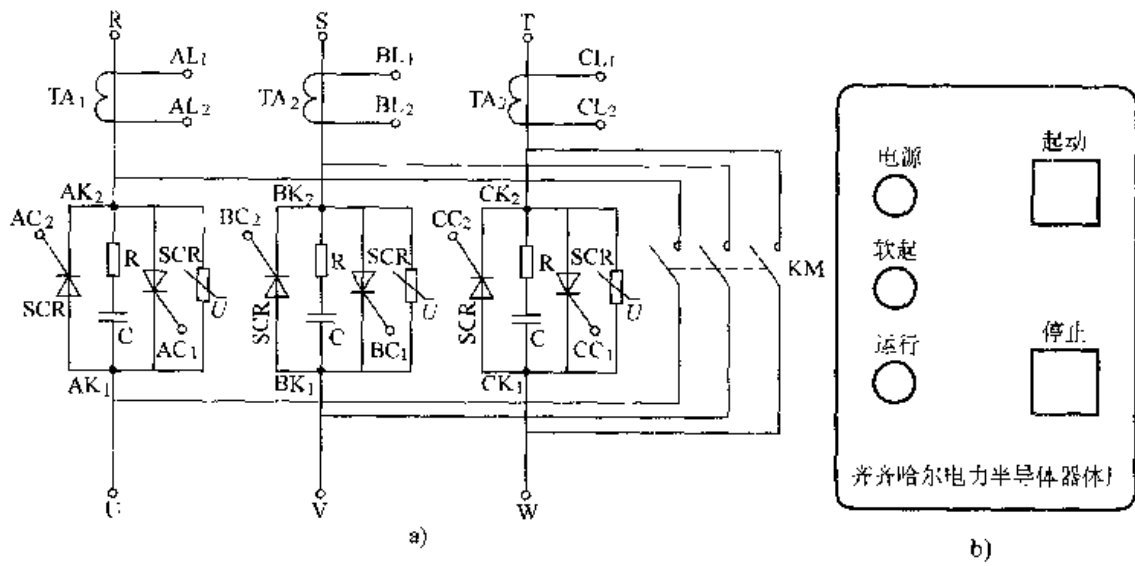


图 412 电力 WJR 旁路型电动机软起动器

例 413. 西普 STR 电动机软起动器

STR 数字式电动机软起动器，是西普电力电子有限公司产品，它是采用电力电子技术、微处理器技术及现代控制理论设计生产的，具有先进水平的新型节能产品。它与国内目前仍大量使用的传统的继电控制方式的磁控式、自耦式及星-三角转换等降压起动器相比，具有十分显著的特点，并且是这些传统的降压起动器的理想换代产品。

STR 电动机软起动器的基本接线如图 413 所示，基本接线图中的各外接端子符号、名称、说明详如表 30 所示。图中虚线示意屏蔽接地。

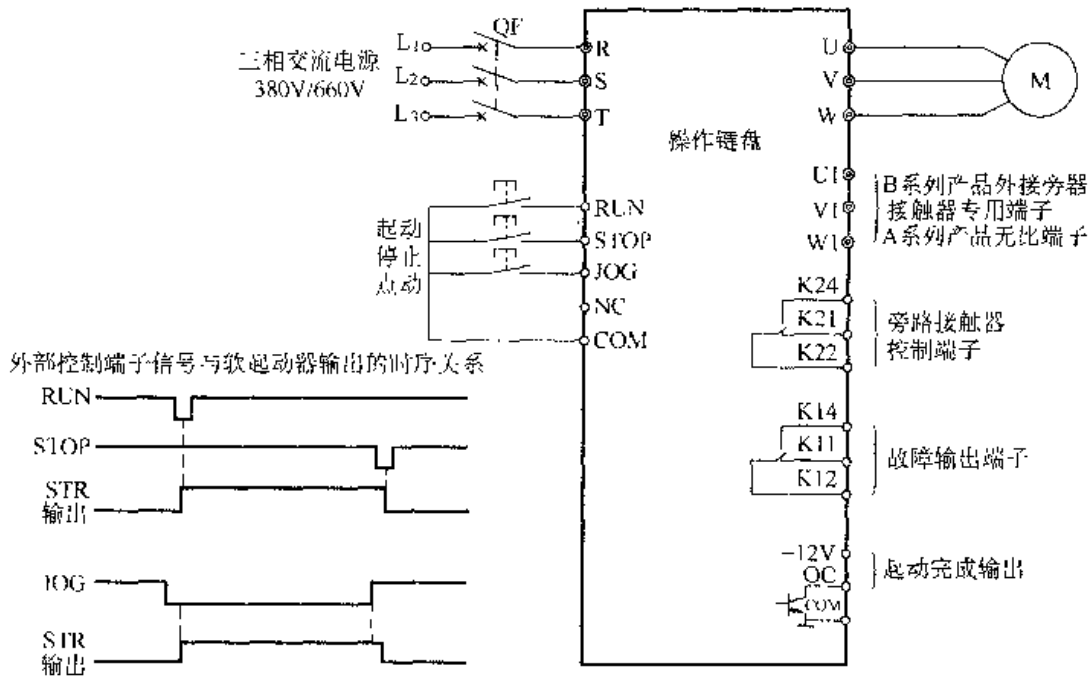
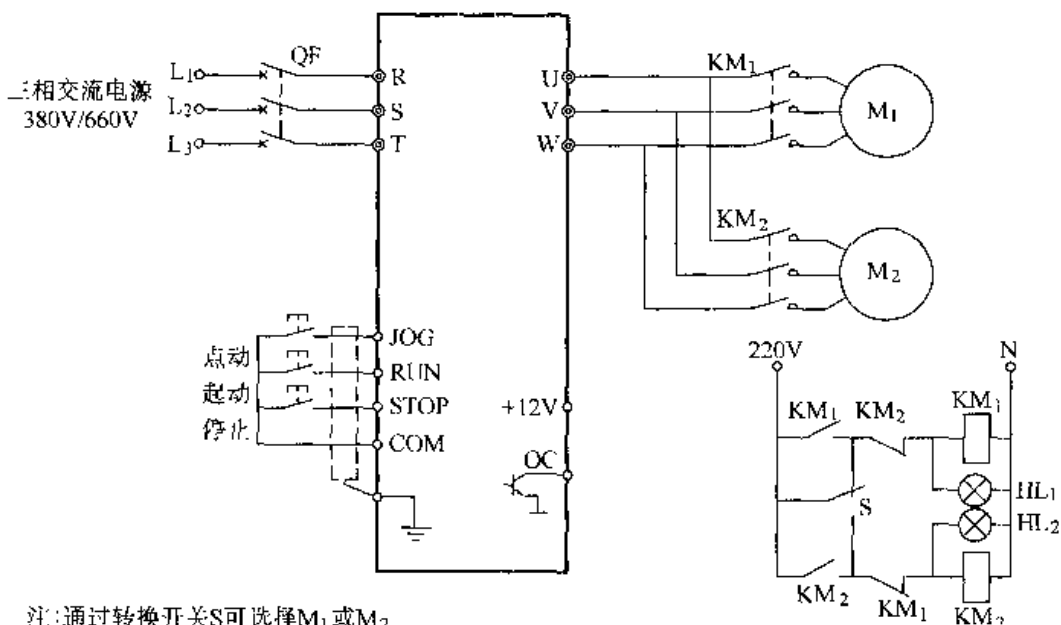


图 413 西普 STR 电动机软起动器
表 30

符 号	端子名称		说 明		
主电路	R、S、T	交流电源输入端子	通过断路器（MCCB）接三相交流电源		
	U、V、W	软起动器输出端子	接三相异步电动机		
	U ₁ 、V ₁ 、W ₁	外接旁路接触器专用端子	B 系列专用，A 系列无此端子		
控制电路	数字输入	RUN	外控起动端子	RUN 和 COM 短接即可外接起动	
		STOP	外控停止端子	STOP 和 COM 短接即可外接停止	
		JOG	外控点动端子	JOG 和 COM 短接即可实现点动	
		NC	空端子	扩展功能用	
		COM	外部数字信号公共端子	内部电源参考点	
	数字输出	+12V	内部电源端子	内部输出电压，12V，50mA，DC	
		OC	起动完成端子	起动完成后 OC 门导通（DC 30V/100mA）	
		COM	外部数字信号公共端子	内部电源参考点	
	继电器输出	K ₁₄	常开	故障输出端子	故障时 K14—K12 闭合 K11—K12 断开 触点容量 AC: 10A/250V DC: 10A/30V
			常闭		
公共					
K ₂₄		常开	外接旁路接触器控制端子	起动完成后 K24—K22 闭合 K21—K22 断开 触点容量 AC: 10A/250V 或 5A/380V	
		常闭			
		公共			

例 414. 西普 STR 软起动器一台控制两台电动机

西普 STR 软起动器一台控制两台电动机电路如图 414 所示。用一台软起动器控制两台电动机，并不指同时开机，而是开一台，另一台作备用。



注：通过转换开关S可选择M₁或M₂

图 414 西普 STR 软起动器一台控制两台电动机

如果是一台 STR 软起动器起动一台电动机，其接线按图 413 则妥。但此例是电动机一开一备，这就需要在软起动器外另接一部分控制电路（见图 414 右下，也叫二次电路）。S 为切换开关，S 往上，则 KM₁ 动作，为起动电动机 M₁ 作准备，指示灯 HL₁ 亮，HL₂ 灭；往下则 KM₁ 不工作，KM₂ 工作，指示灯 HL₂ 亮，HL₁ 灭。

电动机工作之前，需根据需要切换开关 S，然后在 STR 的操作键盘上按动 RUN 键起动电动机；按动 STOP 键则停止。点动按钮 JOG 是用户根据需要设置的，操作键盘无此功能，需另行安装。

例 415. 西普 STR 软起动器一台起动两台电动机

本例中，二次电路较例 414 复杂些，如图 415 所示。但也是先操作二次电路，让 KM₁₁ 吸合，为起动 M₁ 作好准备，然后按下起动按钮 SBT。因为只有 KM₁₁ 吸合后，SBT 才有效。在 KM₁₁ 吸合后，旁路接触器 KM₁₂ 吸合，时间继电器 KT₁ 开始延时，延时结束后，SBT₁ 常闭触点断开，切断 KT₁。至此，由旁路接触器为 M₁ 供电，而 STR 软起动器已退出运行状态。用上述同样方法，起动 M₂。

按下二次电路中的 SBP₁、SBP₂，则 M₁、M₂ 停止运行。

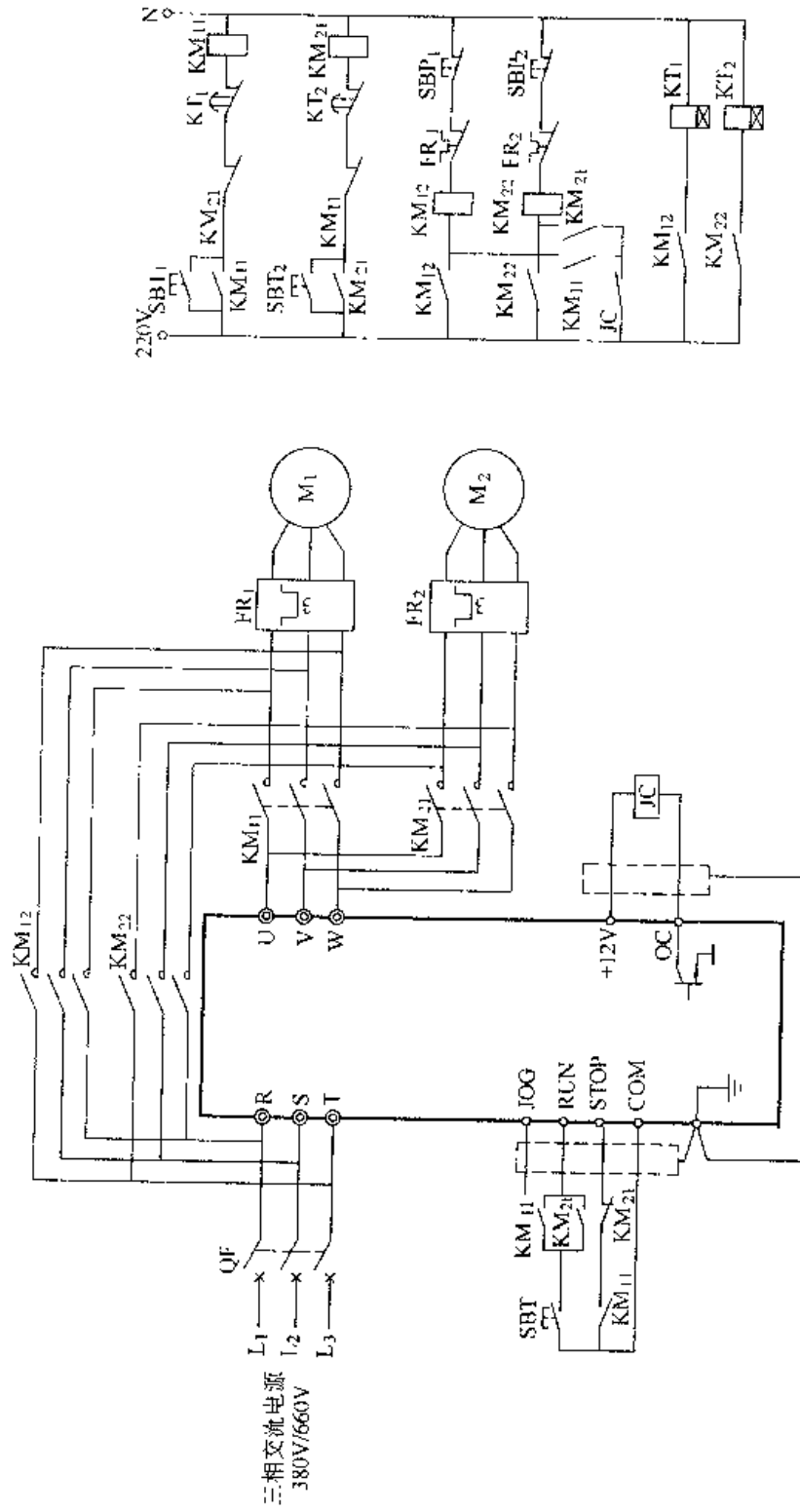


图 415 西普STR软起动器—台软起动器分步起动两台电动机

例 416. 西普 STR 软起动器异地控制电路

电路如图 416 所示。看这种电路时，须结合图 413。

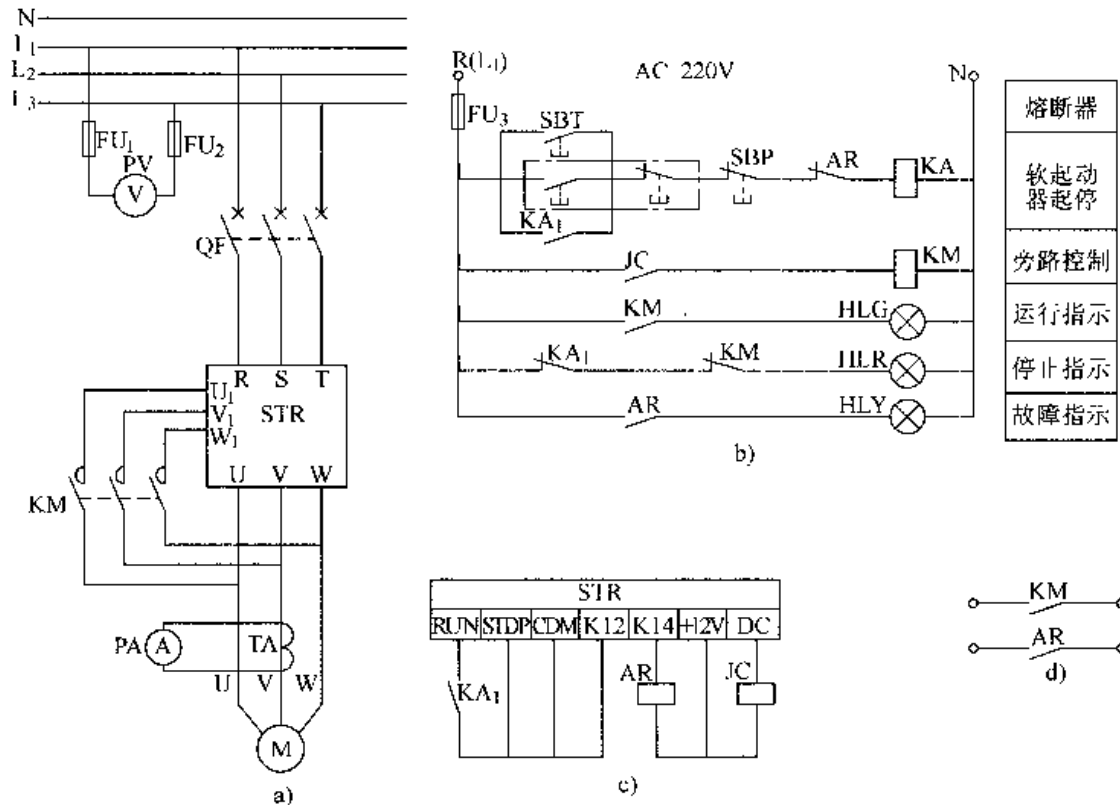


图 416 西普 STR 软起动器异地控制电路

图由主电路（如图 a 所示）、控制电路（如图 b 所示）、软起动器控制端子（如图 c 所示）和输出信号（如图 d 所示）共四部分构成。

在主电路中，标有“STR”的方块为软起动器，R、S、T 为进线端子，经断路器（俗称空气开关）QF 接三相电源 L_1 、 L_2 、 L_3 （也表示为 A、B、C），在电源上接有电压表 PV 以监视电源电压；U、V、W 为软起动器的输出端子，直接与电动机 M 相连。TA 为电流互感器，PA 为电流表，可监测电动机的起动与运行电流。KM 为起动器旁路接触器。

在控制电路中，虚线框内的常开触点为异地起动按钮，常闭触点为异地停止按钮，它与停止按钮 SBP、AR 触点、继电器 KA_1 线圈串联。当按动起动按钮 SBT， KA_1 吸合，并自锁，HLR 灭，其另一对常开触点 KA_1 动作，相当于按下操作键盘上的起动按钮“RUN”（见本例图“软起动器控制端子”）软起动工作，经延时，M 转速接近（或达到）额定转速后，软起动结束，旁路接触器的控制触点 JC 动作，KM 动作，将软起动器内部的主电路（晶闸管）短接，让电源直接经 KM 主触点，这样延长了软起动器的使用寿命。此时 HLG 亮，指示：正在运行之

中。

倘若电动机发生过电流、断相、堵转等故障，故障继电器 AR 动作，HLY 亮，其常闭触点 AR 跳开 KA_1 线圈的电源电路，其常开触点恢复常开状态，软起动器停止工作，旁路继电器 JC 失电，其触点 JC 释放，切断 KM 线圈的电源，主触点 KM 断开，电动机 M 断电。

有关软起动端子的用途参见表 30。

例 417. 西普 STR 软起动器一拖二电路

图 417 由 a~d 四张图组成，分别为主电路、控制电路，这在电气施工中是常见的。

本例中，STR 仅作起动。在 M_1 、 M_2 任一台中启动完毕之后，才可启动另一台。因此，在此电路中，STR 的软停不能使用，所以电动机得采用保护器（见本书第九章）。有关软起动器的控制端子，参见本节图 413 及表 30。

在控制电路中，虚线框内的按键为异地控制按键。由于篇幅有限，有关原理分析，请见笔者编著的《实用电动机控制电路 350 例》（人民邮电出版社）。

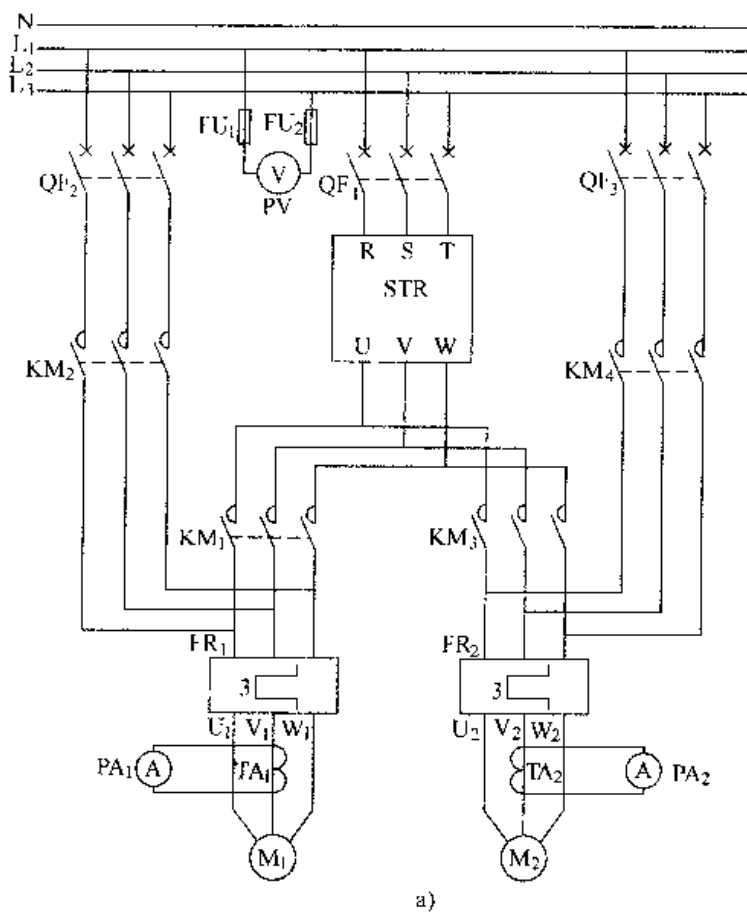


图 417 西普 STR 软起动器一拖二电路

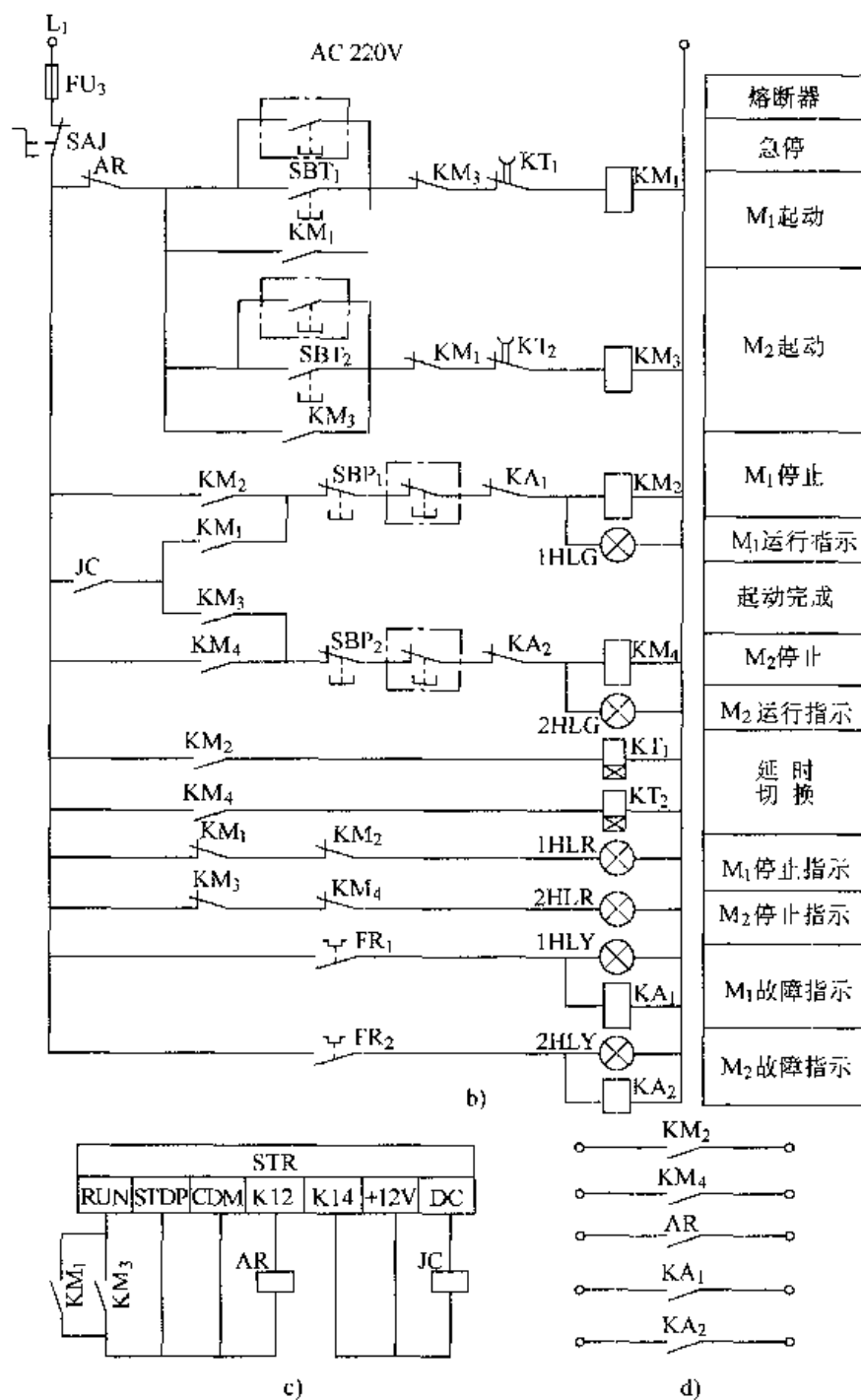


图 417 西普 STR 软起动器一拖二电路 (续)

注: 本图适用于一台软起动器拖动两台电动机分时先后启动, 在任一电动机启动完成后, 软起动器处于待命状态, 此时方可允许启动下一台电动机; 在这种方式下, 软起动器的软停功能不能使用; 同时必须另设电动机过载保护元件 (如图中 FR1, FR2)。

例 418. 西普一台软起动器拖动三台电动机控制电路

图 418 为西普一台软起动器拖动三台电动机控制原理图, 图 a~d 分别为主电路、控制电路、软启动控制端子和输出信号。

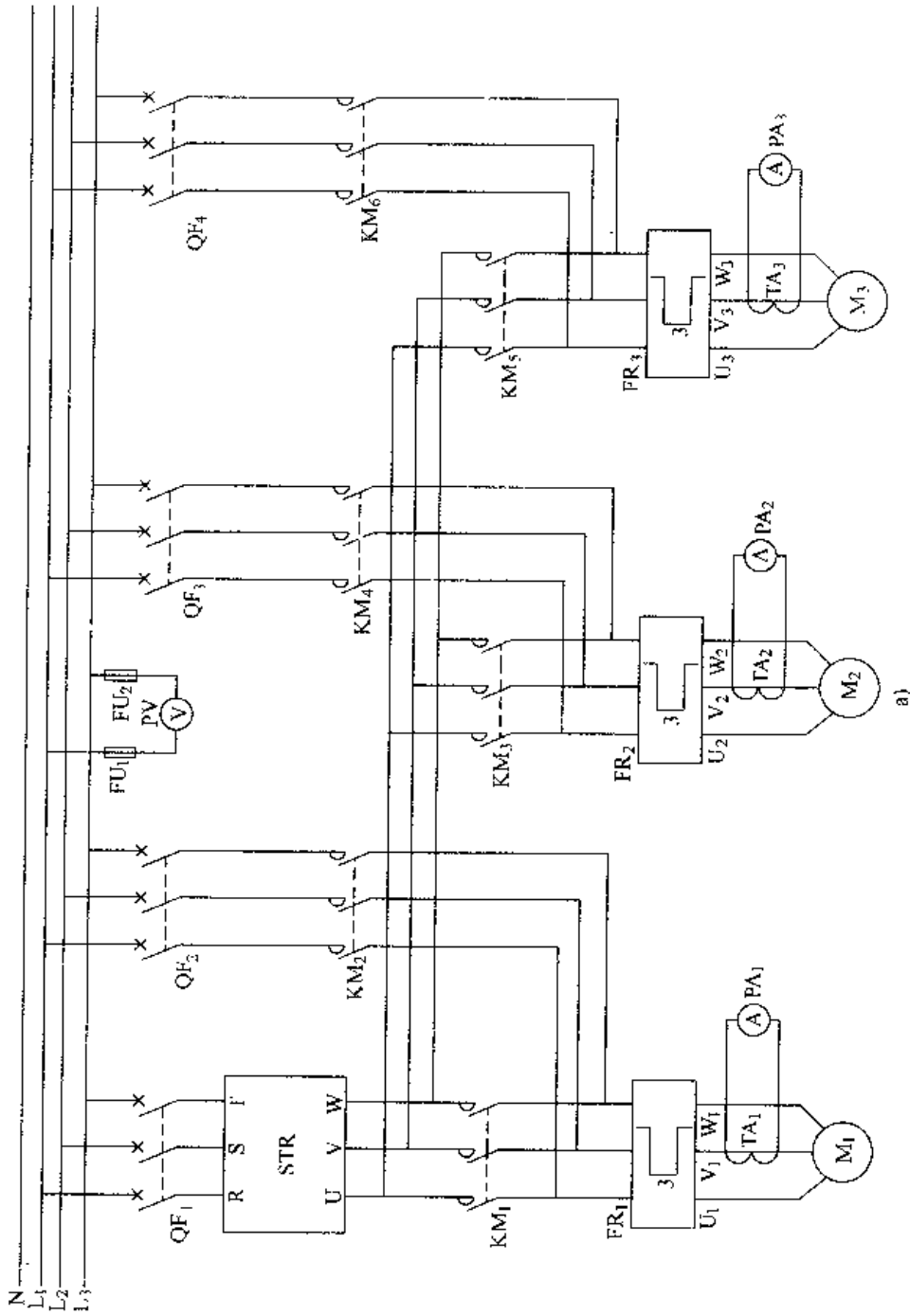


图418 西普一台软启动器拖动三台电动机控制电路

注：本图适用于一台软启动器拖动三台电动机分时先后启动，在第一台电动机启动完成后，软启动器处于待命状态，此时方可允许启动下一台电动机；在这种方式下，软启动器的软启动功能不能使用；同时必须另设电动机过载保护元件（如图中FR₁、FR₂、FR₃）。

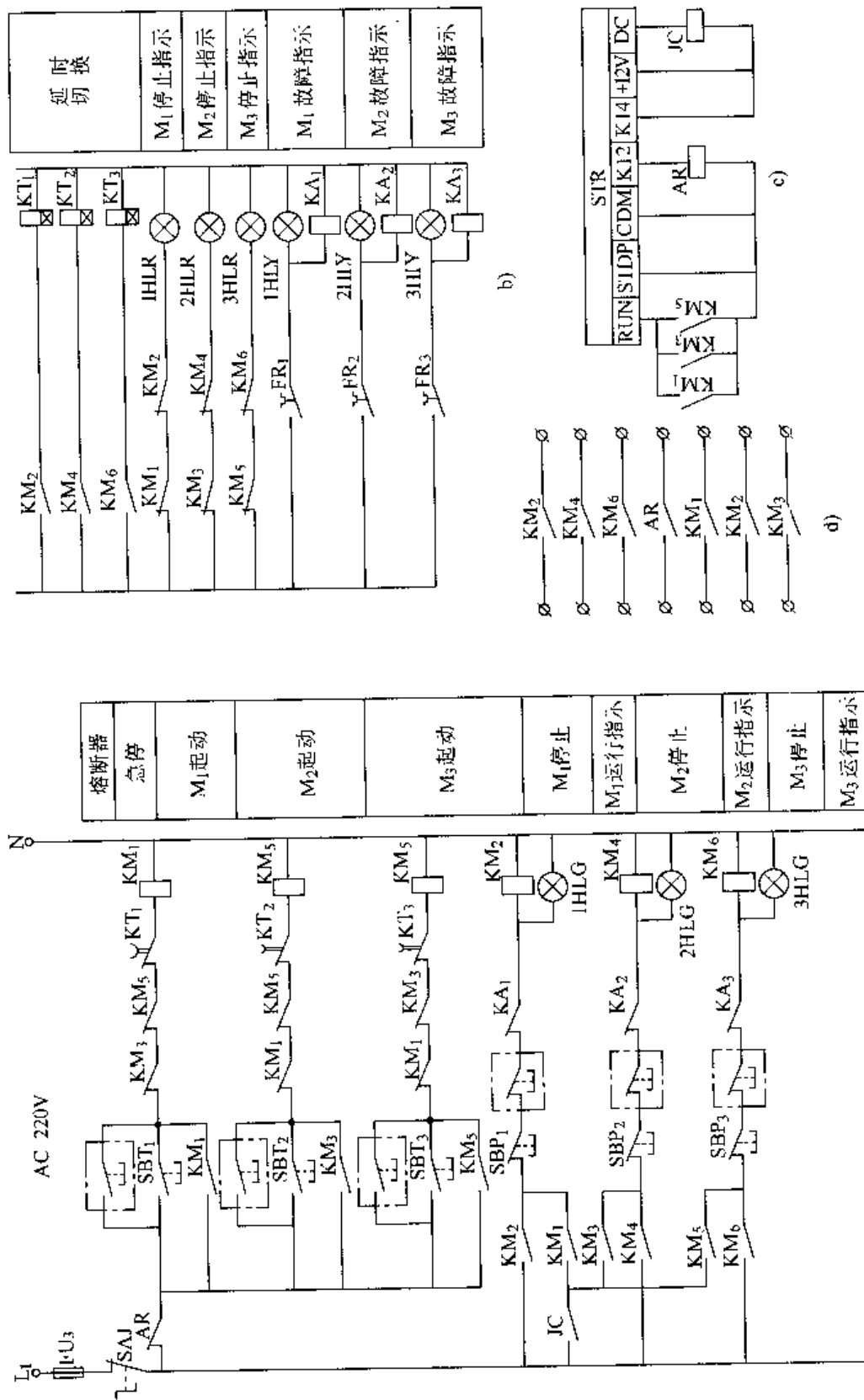


图418 西普一台软起器拖动三台电动机控制电路 (续)

例 419. 西普软起动器一用一备控制电路

图 419 为西普软起动器一用一备控制原理，图 a~d 分别为主电路、控制电路、软起动控制端子和输出信号。

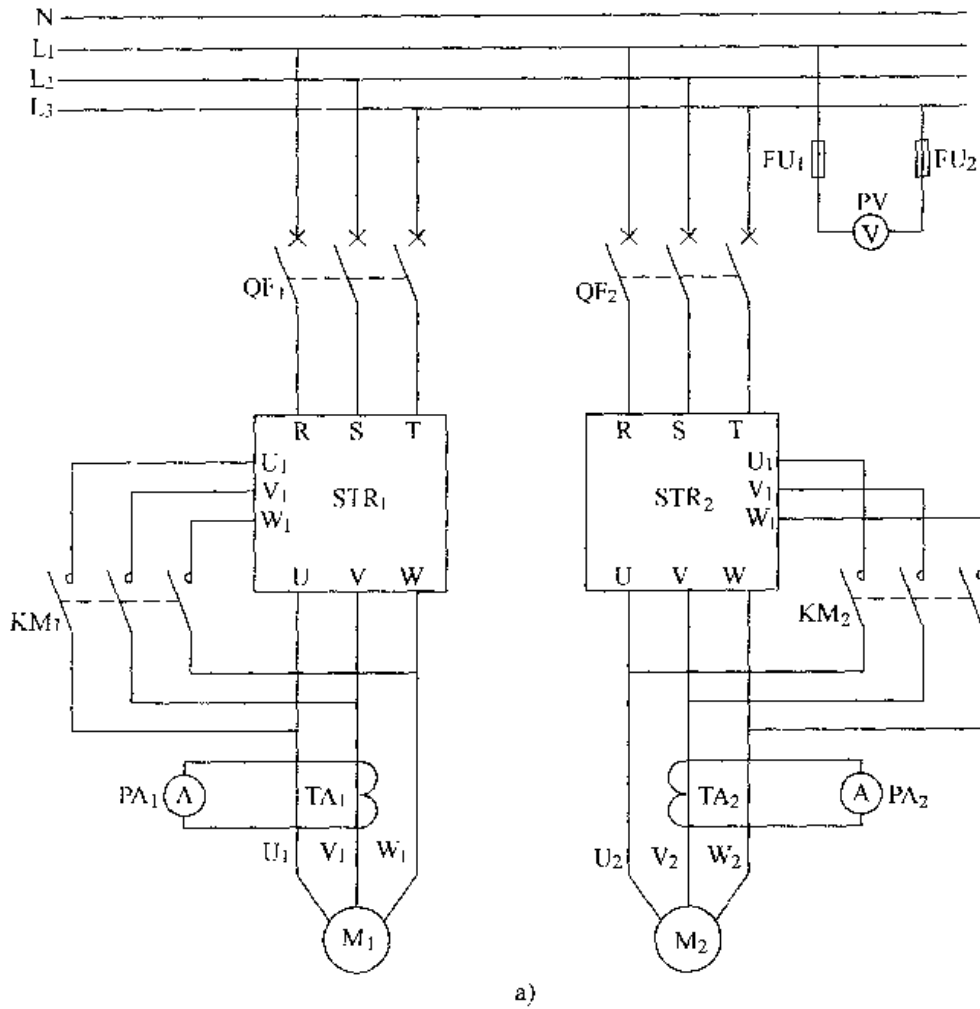
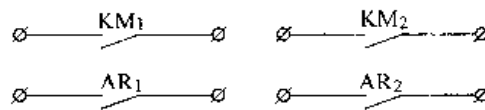
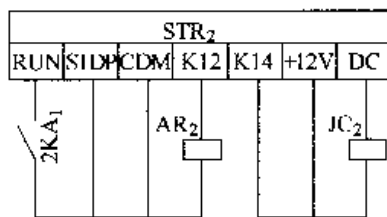
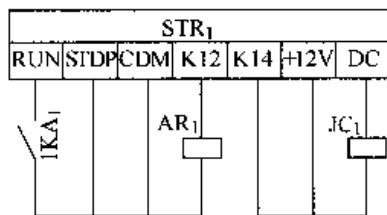
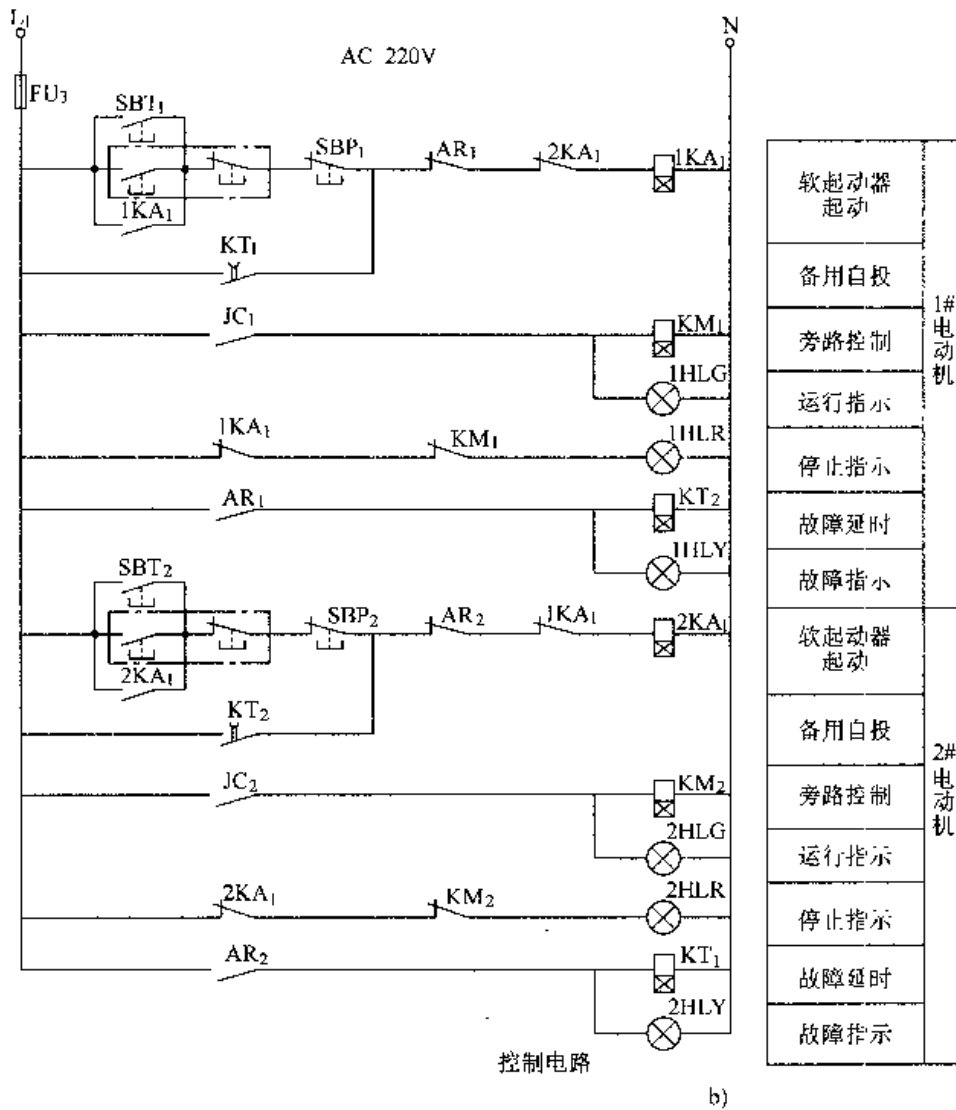


图 419 西普软起动器一用一备控制原理



c)

d)

图 419 西普软起动器一用一备控制原理 (续)

例 420. 西普软起动器二用一备控制电路

图 420 为西普软起动器二用一备控制原理，图 a~d 分别为主电路、软起动控制端子及输出信号。

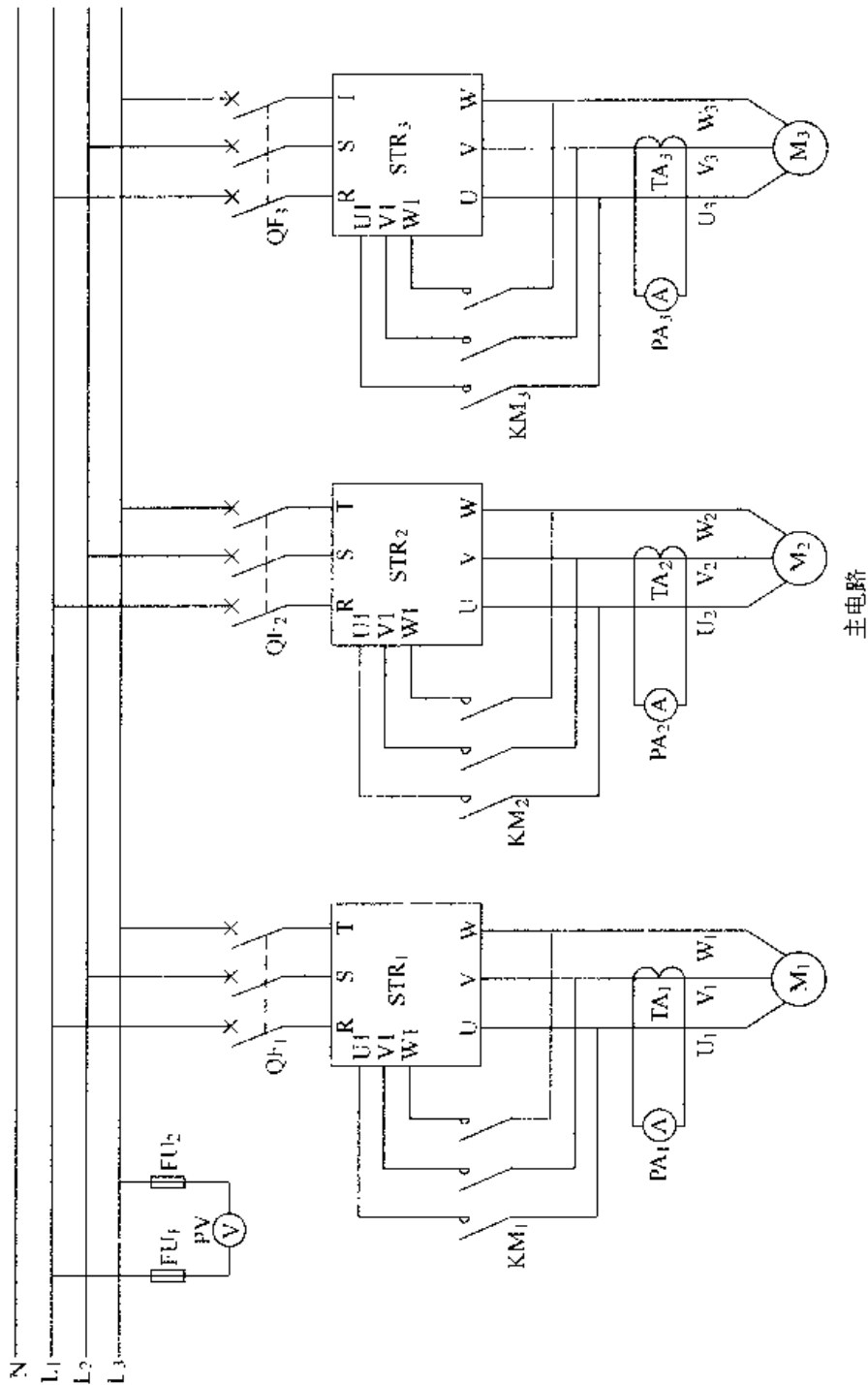


图 420 西普软起动器二用一备控制电路

a)

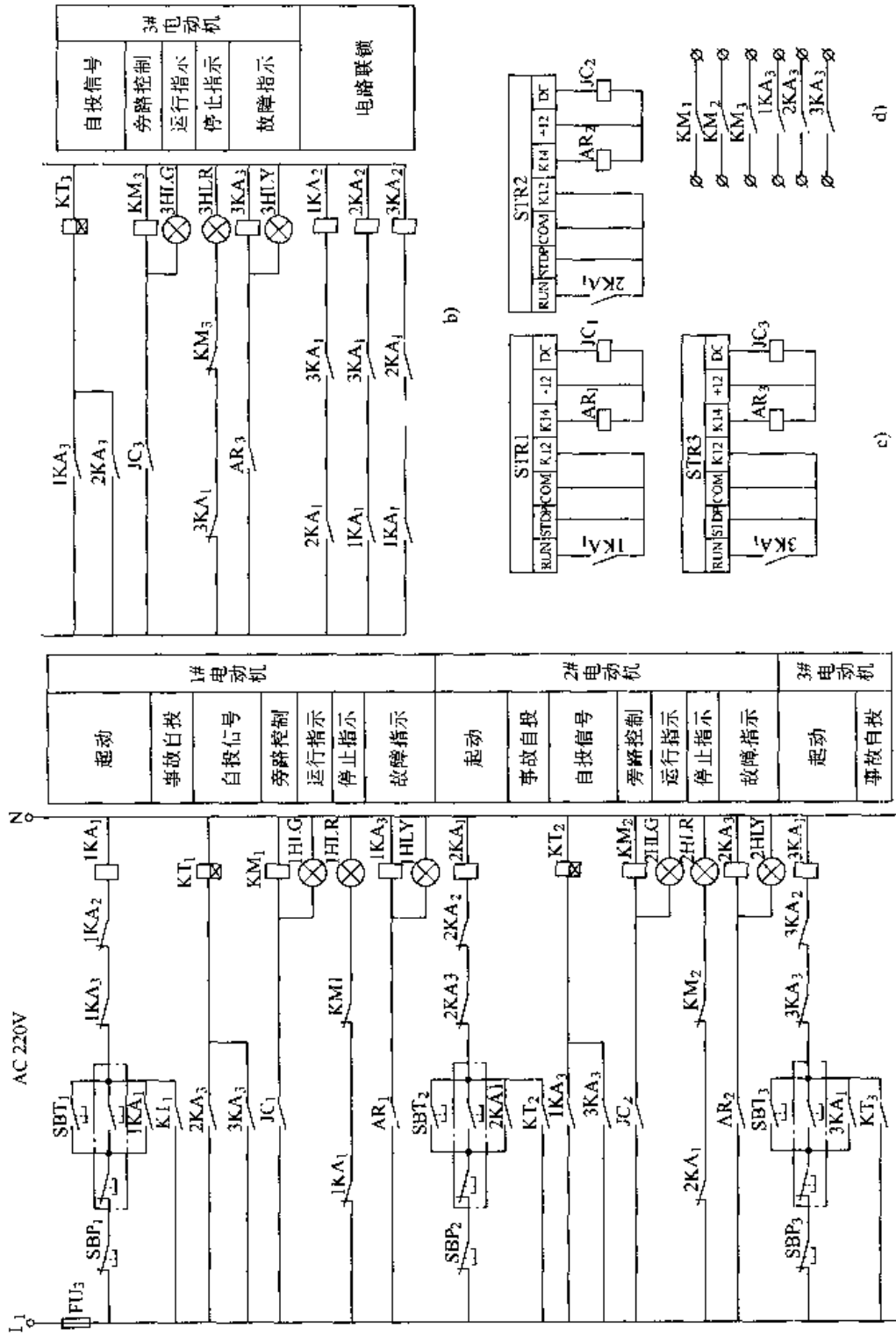


图420 西普软起动器二用一备控制电路(续)

例 421. 西普 STR 软起动器一用一备消防泵控制电路

图 421 为西普 STR 软起动器一用一备消防泵控制原理电路，图 a~d 分别为主电路、控制电路、软起动控制端子和输出信号。

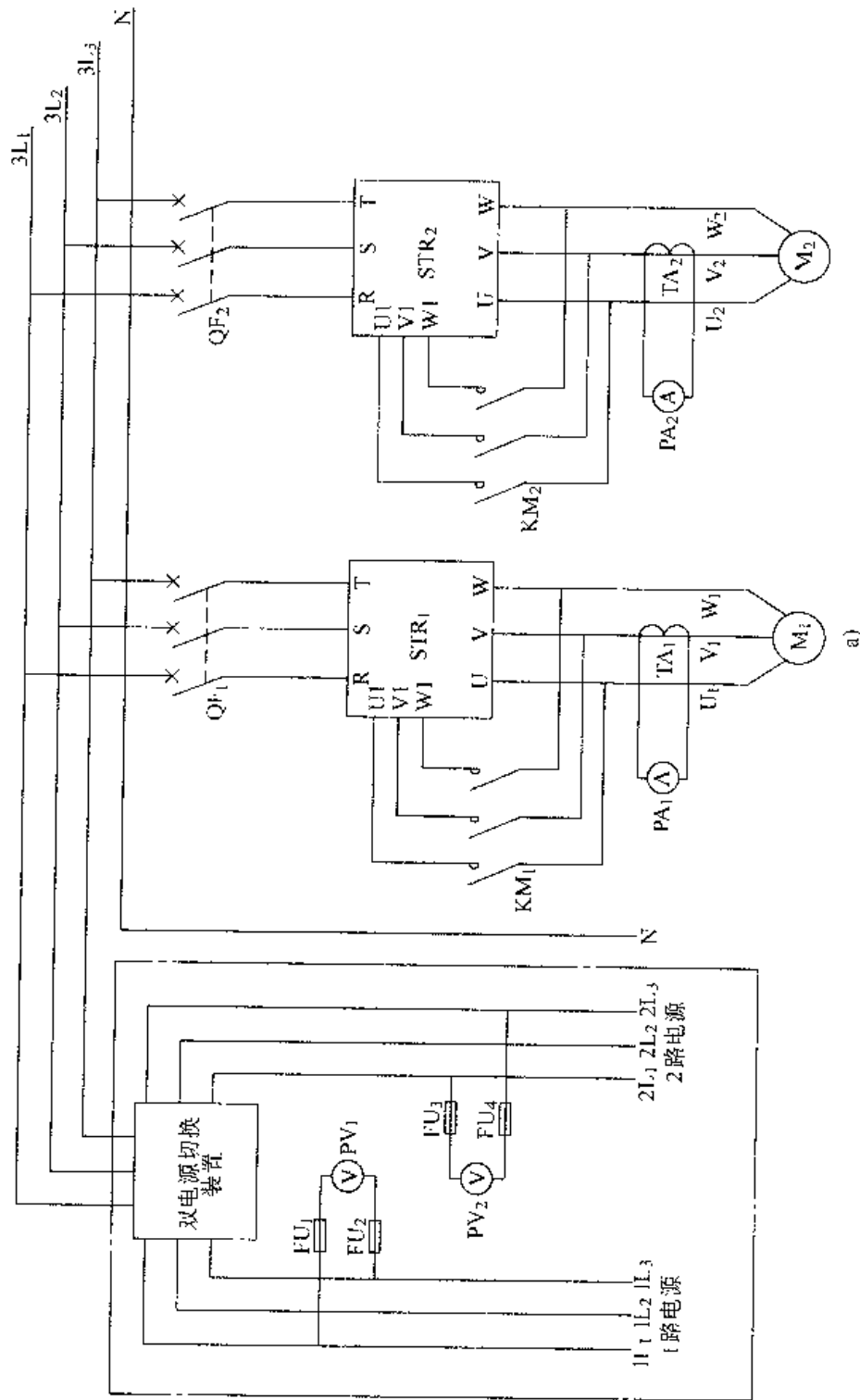


图 421 西普 STR 软起动器一用一备消防泵控制电路

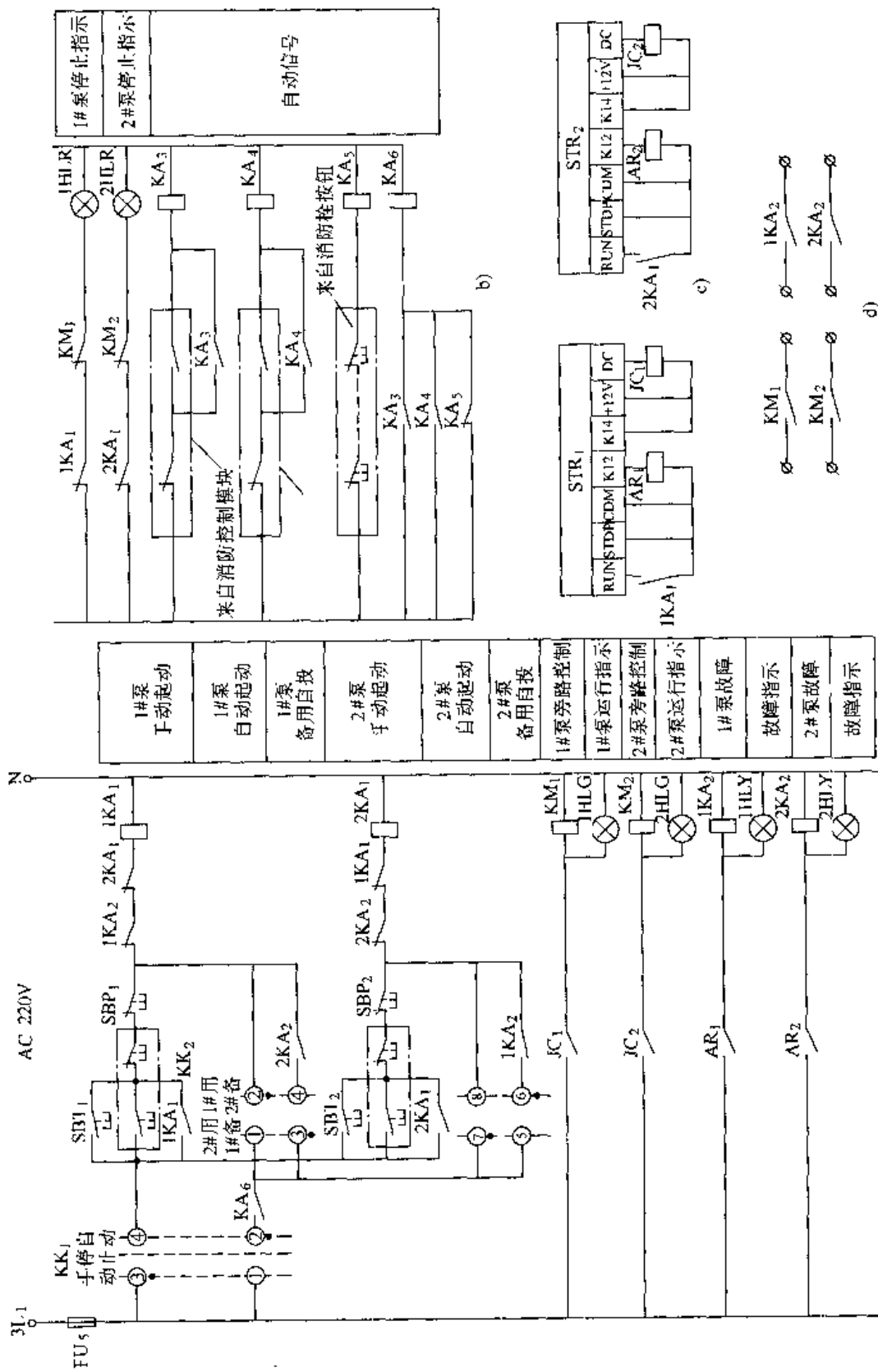


图 421 西普STR软启动器一用一备消防泵控制电路(续)

例 422. 西普 STR 软起动器二用一备消防泵控制电路

图 422 为西普 STR 软起动器二用一备消防泵控制原理, 图 a~d 分别为主电路、控制电路、软起动控制端子和输出信号。图 e 为 PLC 端子的 CPU 单元, 图 f 为 PLC 的扩展单元。本例中扩展单元 CPU 由西安西普电力电子公司提供。

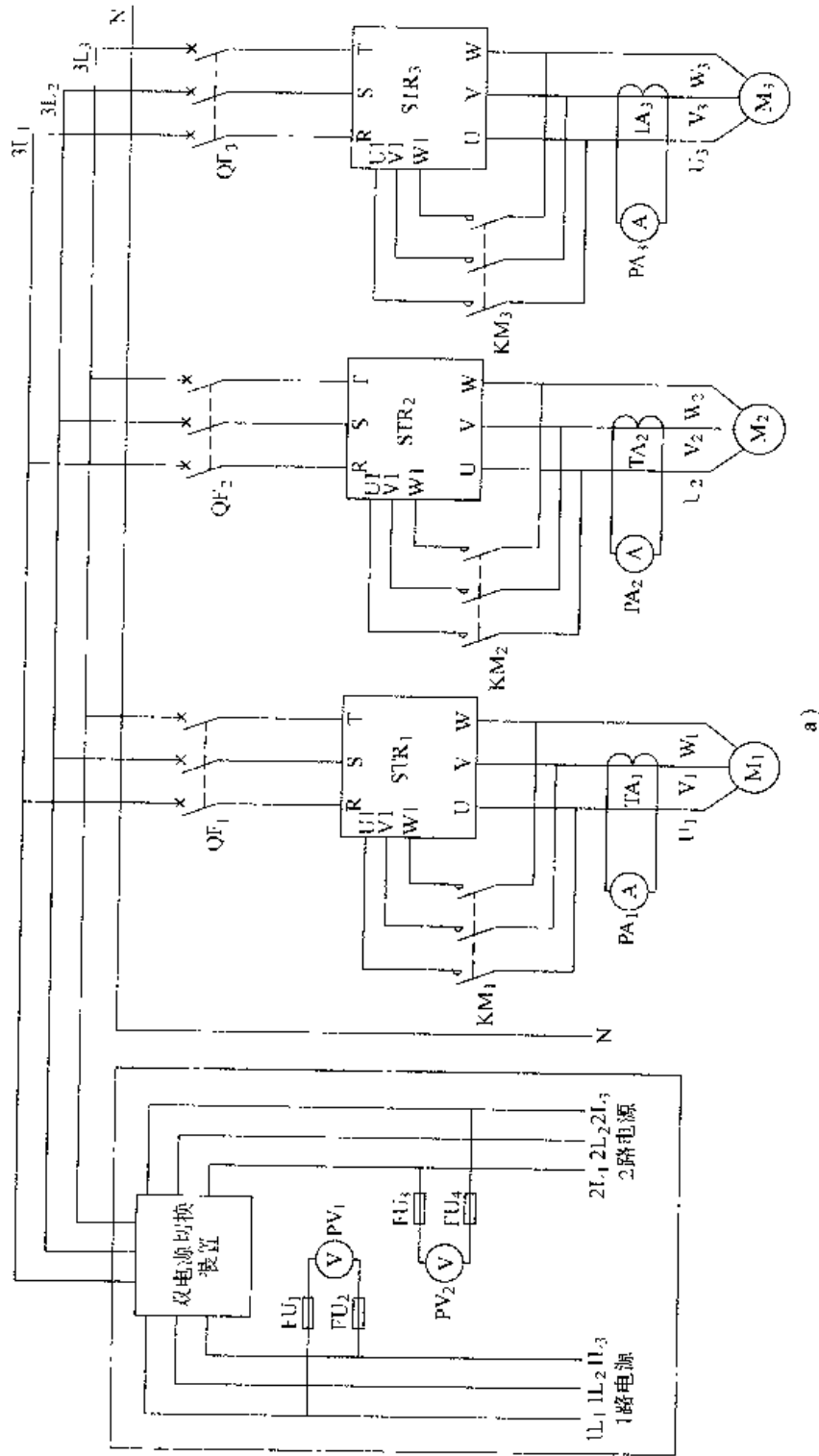


图 422 西普 STR 软起动器二用一备消防泵控制电路

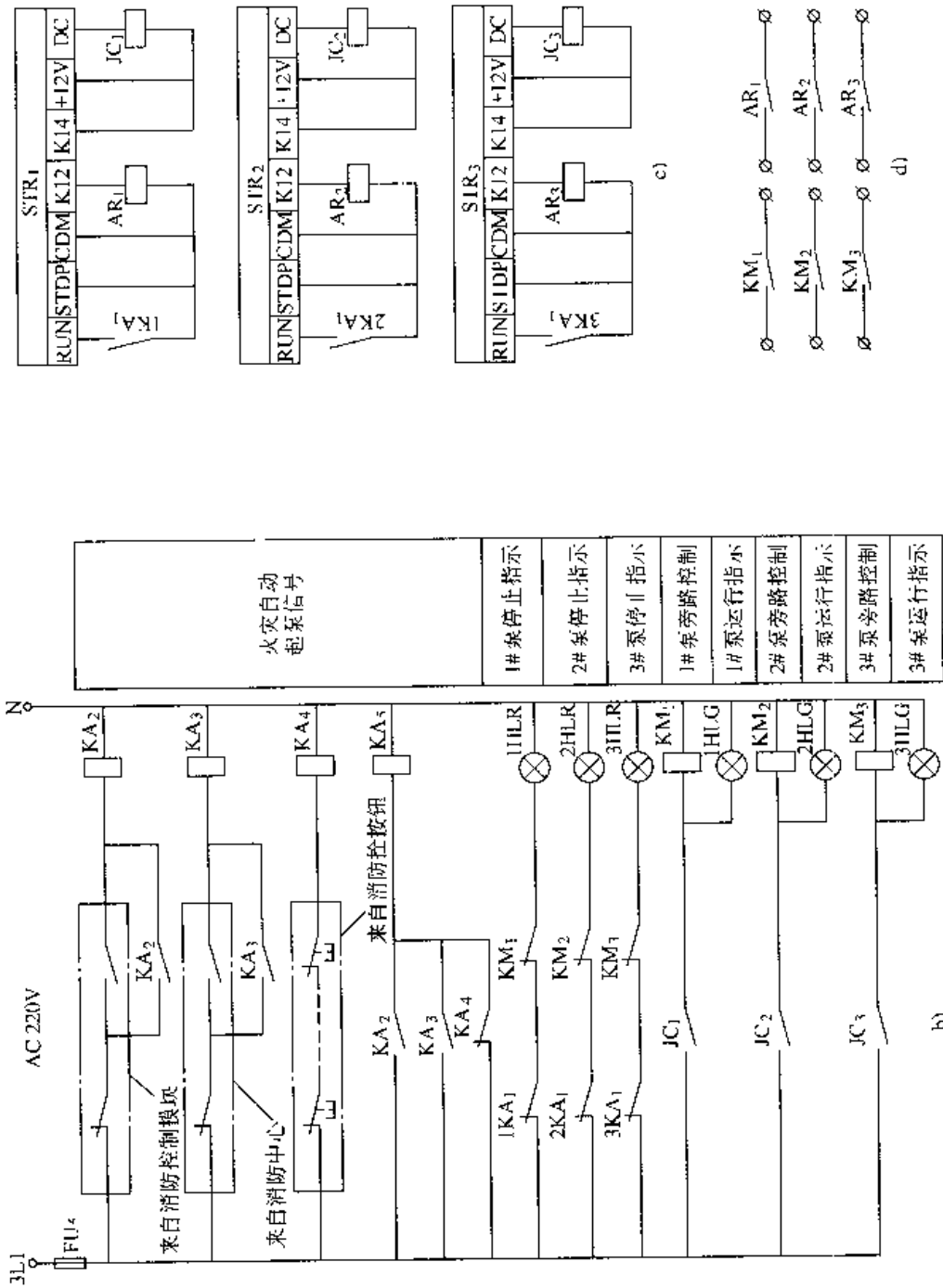


图422 西普STR软起器二用一备消防泵控制电路(续)

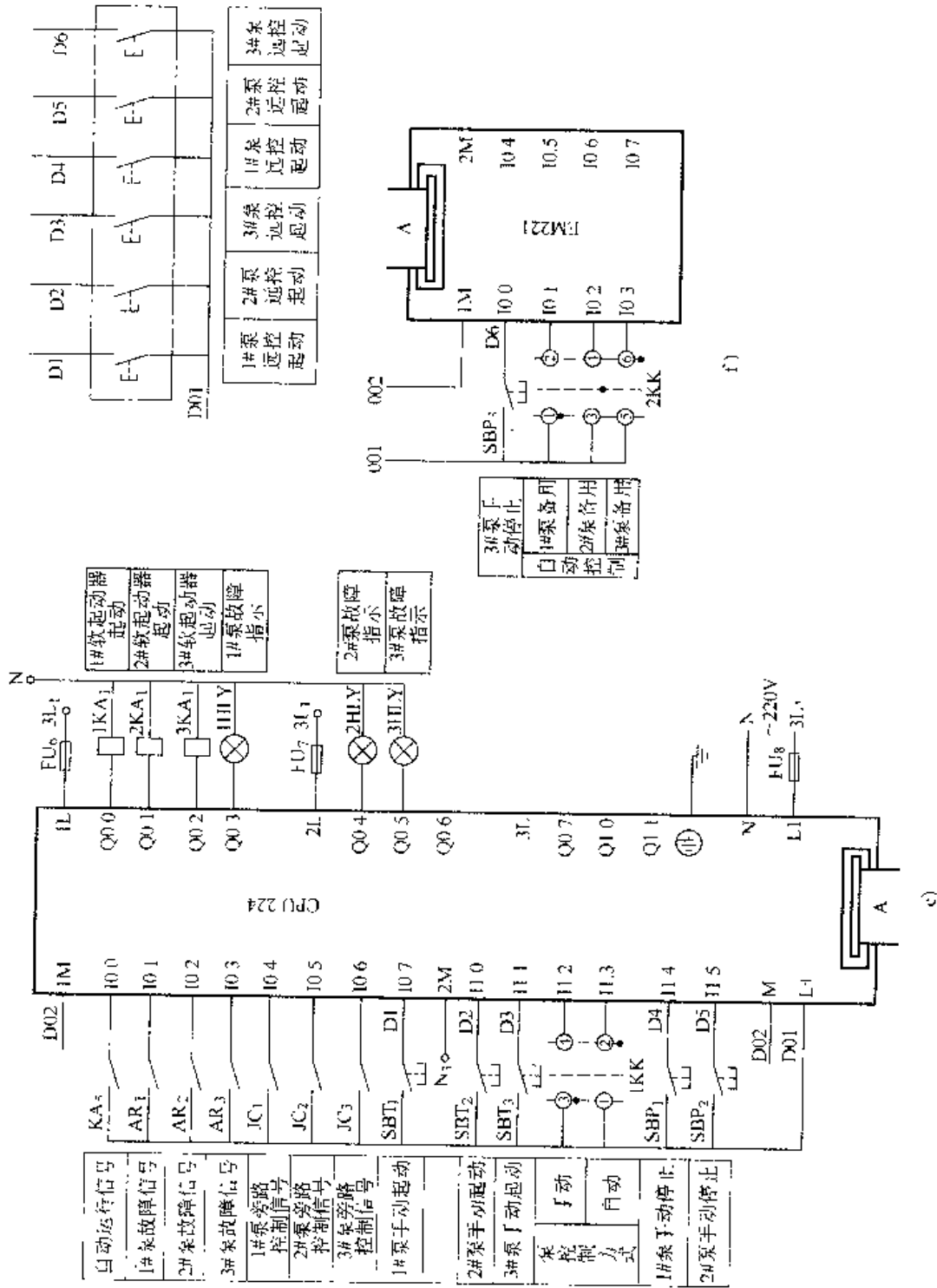


图422 西普SIR软起器二用一备消防泵控制电路(续)

例 423. 西普 STR 软起动器一用一备加压、水泵控制电路

图 423 为西普 STR 软起动器一用一备加压水泵控制原理，图 a~d 分别为主电路、控制电路、软起动控制端子和输出信号。图 e 为 PLC 端子的 CPU 单元。

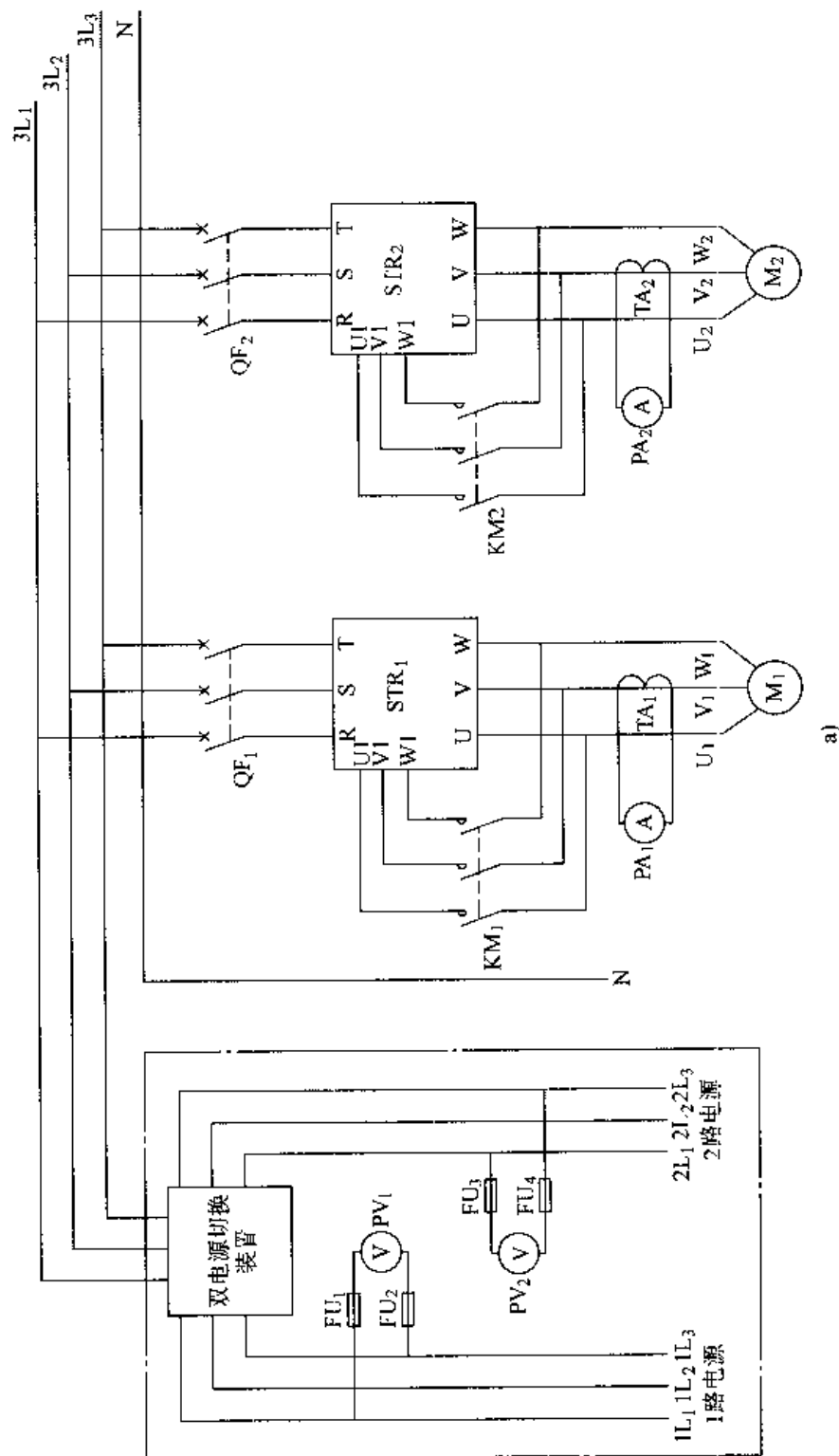


图423 西普STR软起动器一用一备加压水泵控制电路

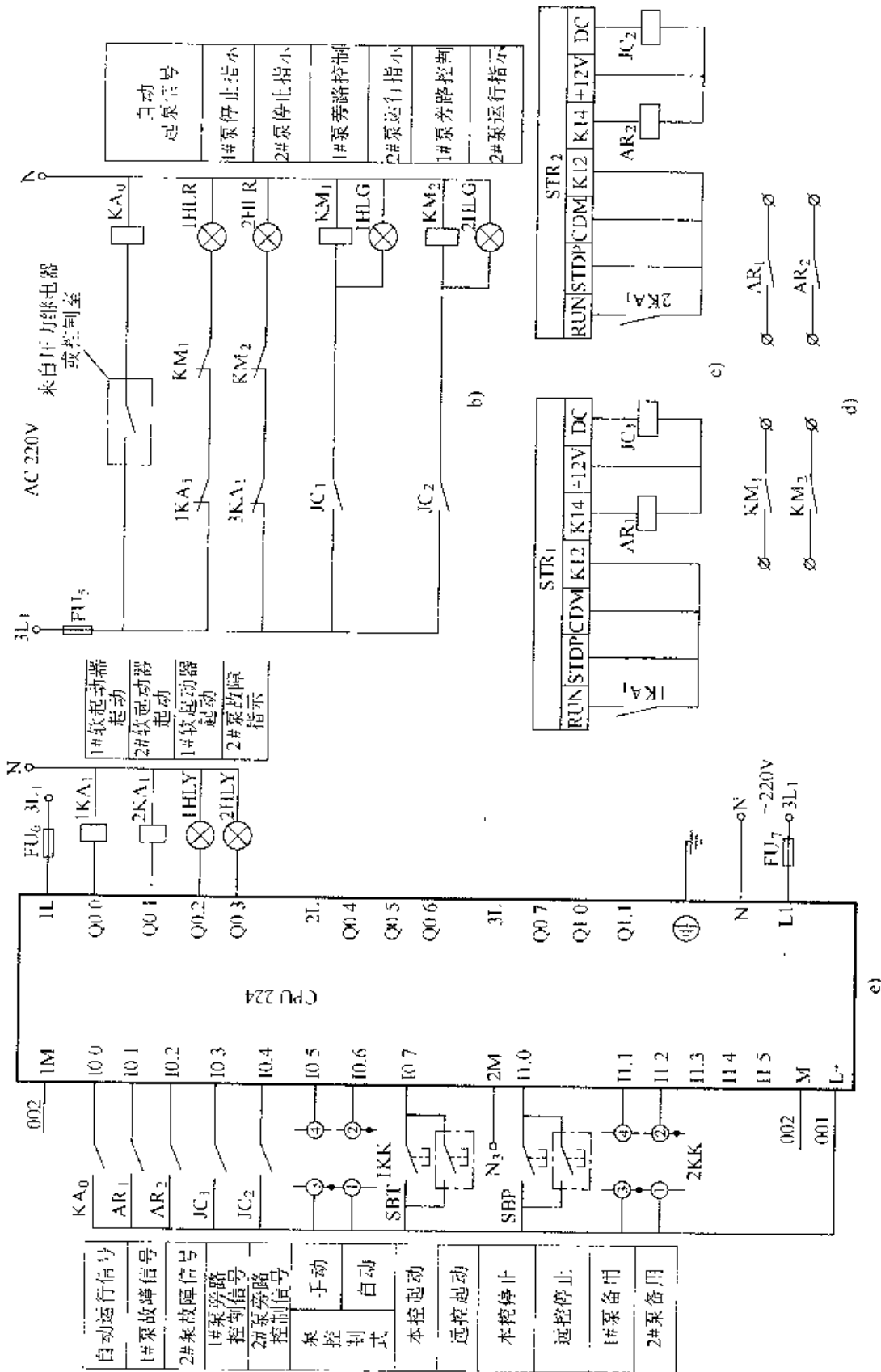
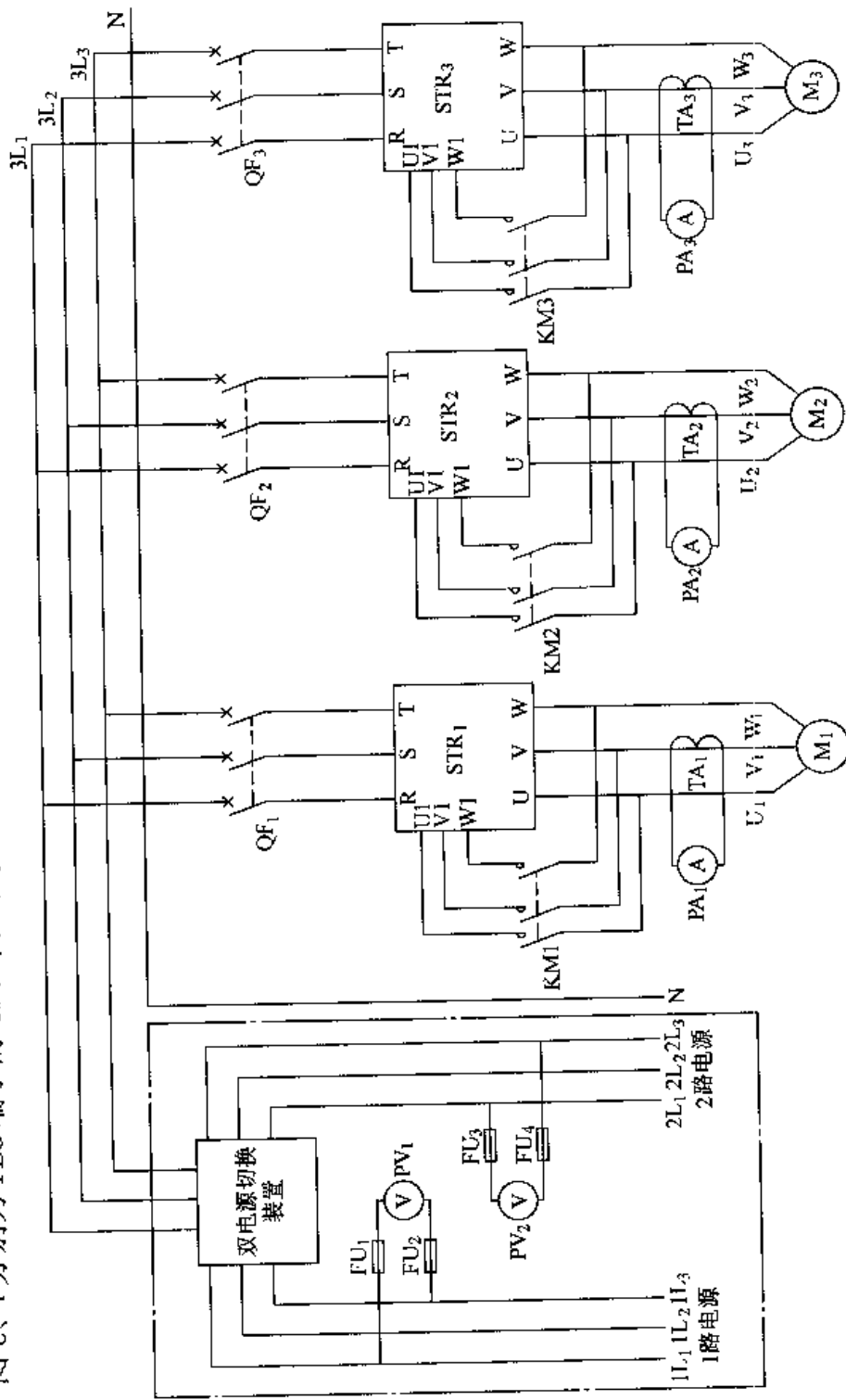


图423 西普STR软启动器...用一备加压水泵控制电路(续)

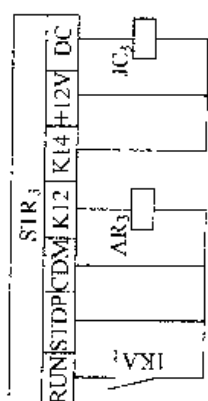
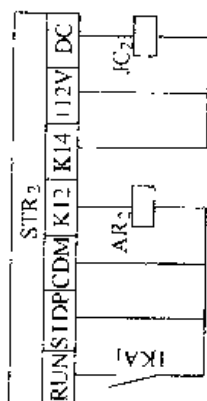
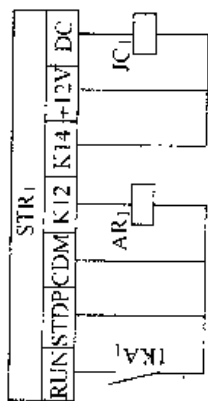
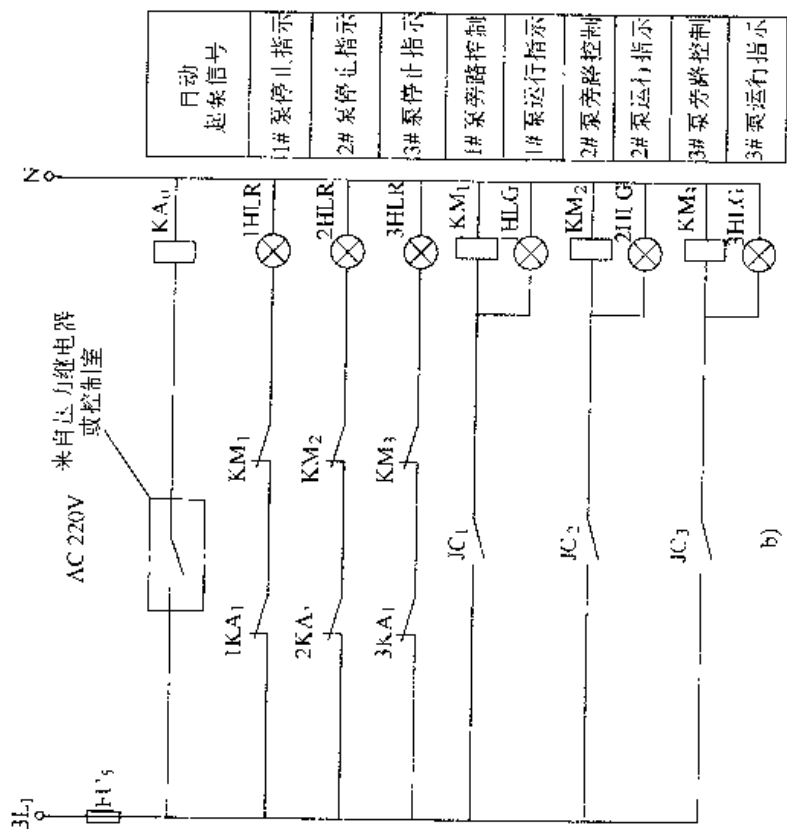
例 424. 西普 STR 软起器二用一备加压水泵控制电路

图 424 为西普 STR 软起器二用一备加压水泵控制原理，图 a~d 分别为主电路、控制电路、软起控制端子和输出信号。图 e、f 分别为 PLC 端子的 CPU 单元和扩展单元。

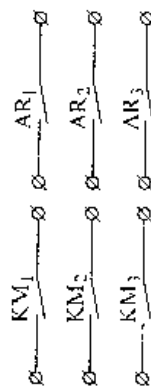


a)

图 424 西普 STR 软起器二用一备加压水泵控制电路



c)



d)

图424 两普STR软起器（用一备加压水泵控制电路（续）

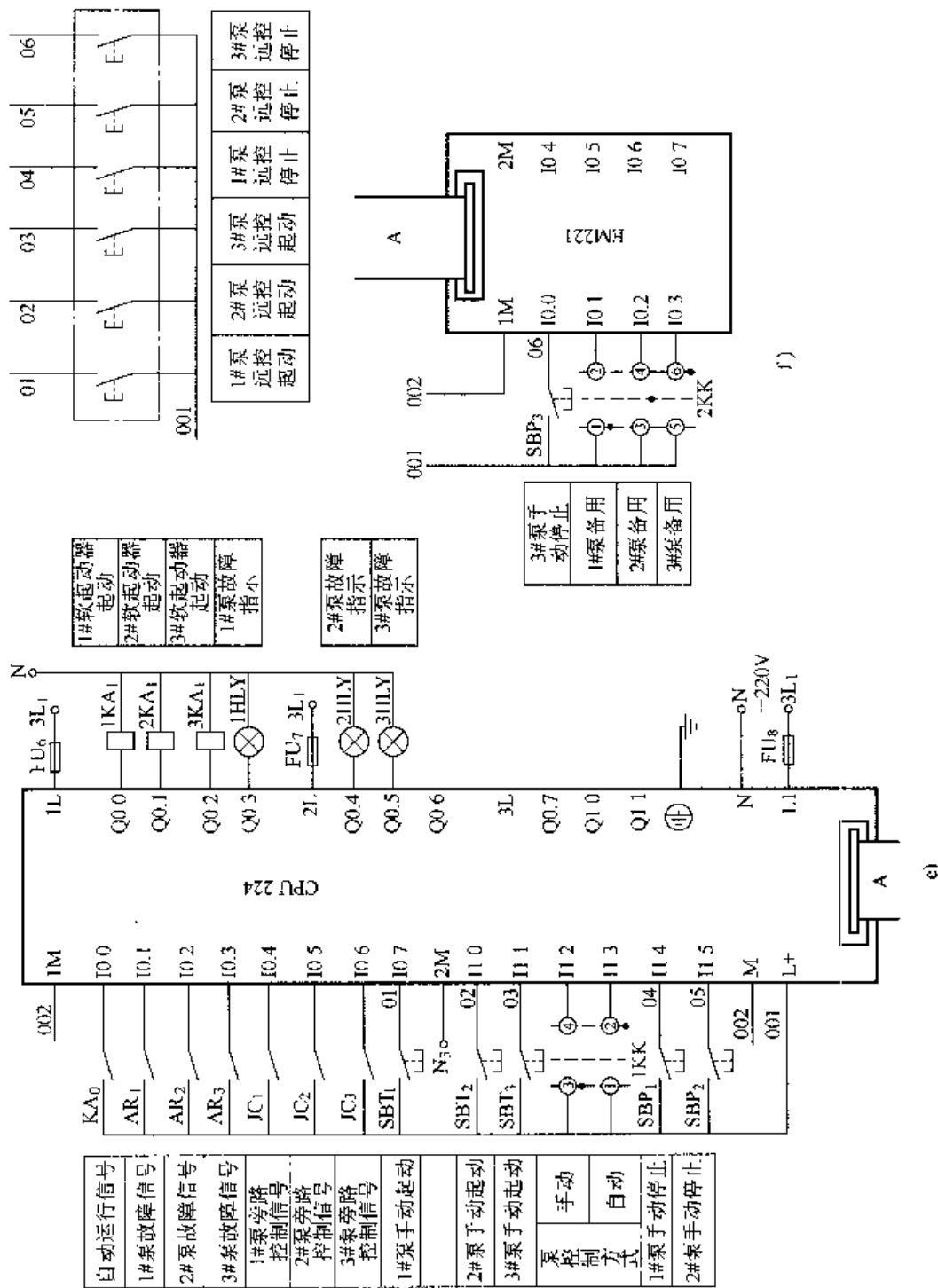
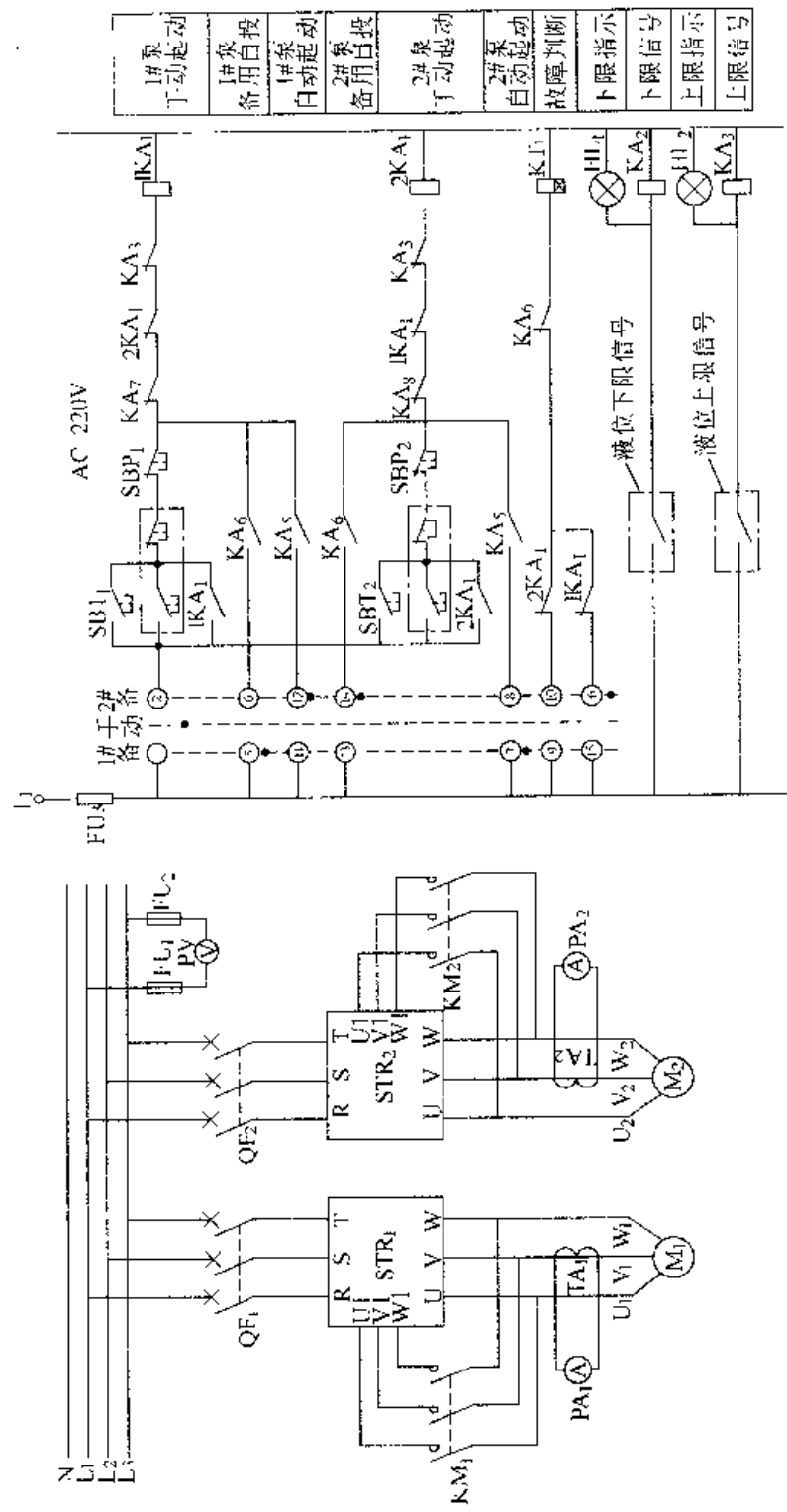


图424 西普STR软启动器二用...备加压水泵控制电路(续)

例 425. 西普 STR 软起动器一用一备生活水泵控制电路

图 425 为西普 STR 软起动器一用一备生活水泵控制原理，图 a ~ d 分别为主电路、控制电路、软起动控制端子和输出信号。



a)

图425 西普STR软起动器一用一备生活水泵控制电路

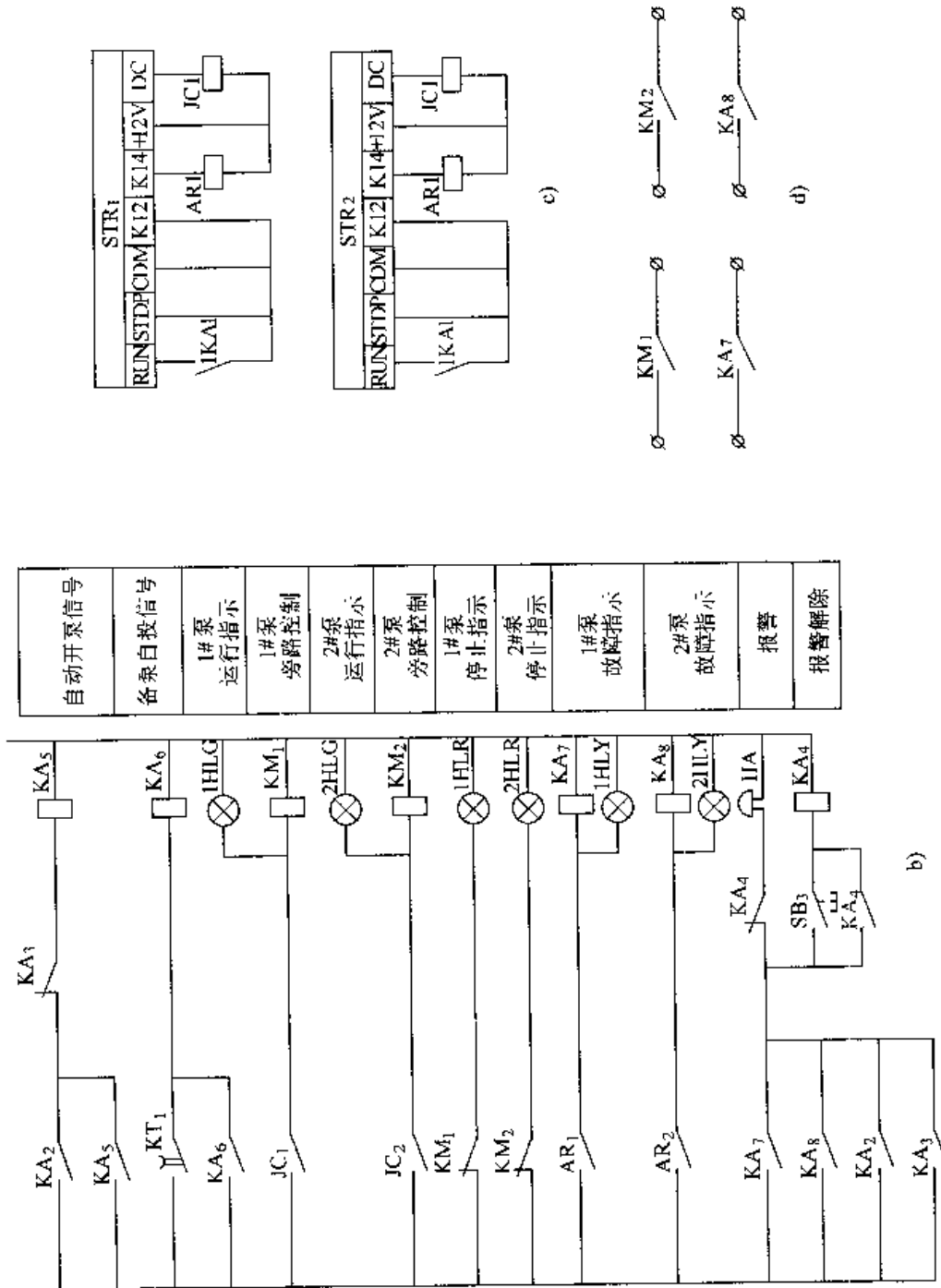


图425 西普STR软启动器一用一备生活水泵控制电路(续)

例 426. 奥托 QB4 电动机软起动器电路

奥托 QB4 电动机软起动器，是长沙奥托自动化技术有限公司和国防科技大学自动化研究所长期合作的科研成果，产品经历了 QB1、QB2、QB3，目前已是 QB4 新的一代了，其技术标准符合 GB14048.6—1998，Q/OKRR001—1999，质量体系标准符合 ISO9001/CB19001 的要求。

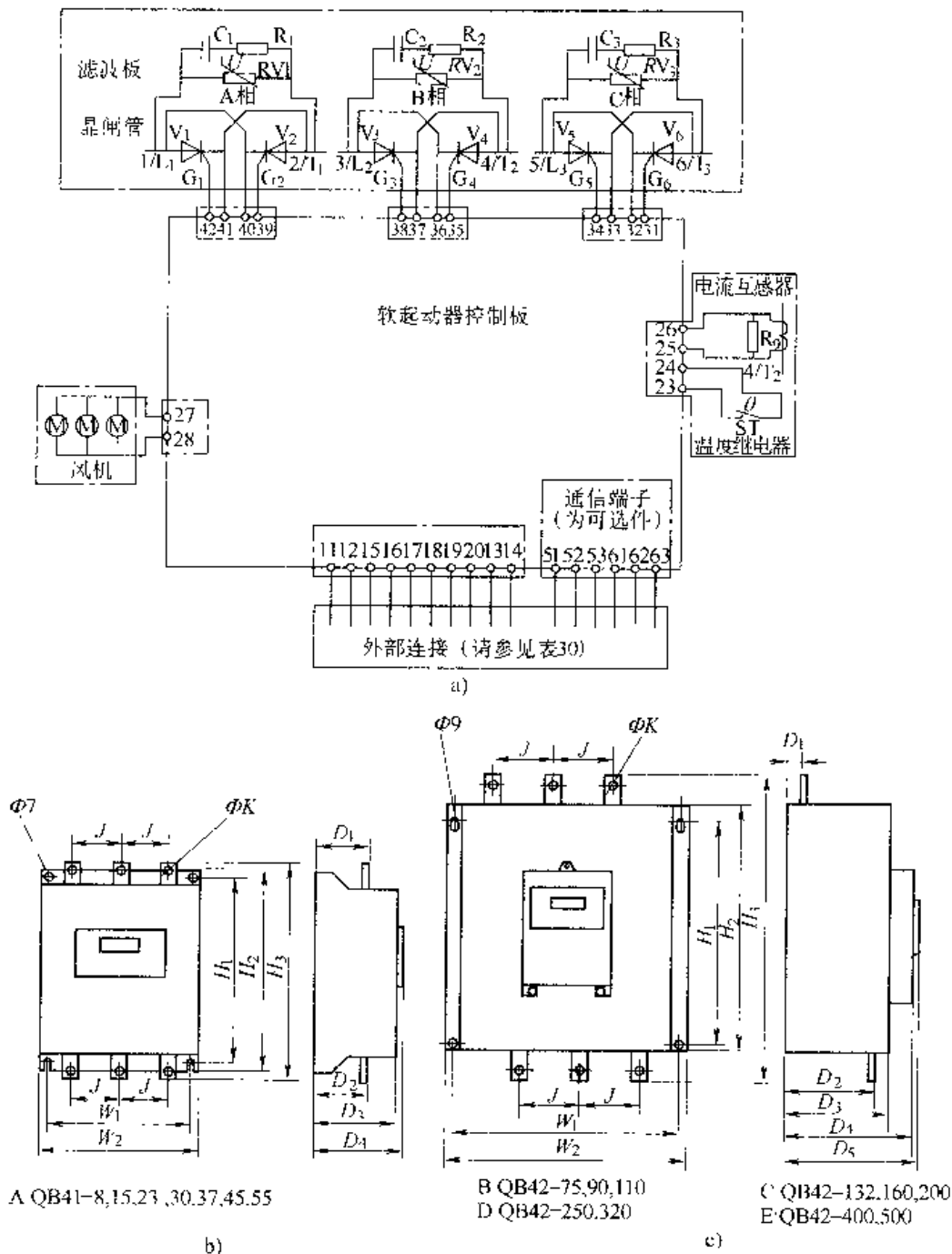


图 426 奥托 QB4 电动机软起动器电路

注：图中点划线框内元件为软起动器内部连接

QB4 软起动器的电气原理如图 426a 所示。它有两种体形,其中 QB41 系列体形较小,如图 b 所示;QB42 系列体形较大,如图 c 所示。外形尺寸如表 32 所示。

表 31 控制电路端子

编号	11	12	15	16	17	18	19	20	13	14	51	52	53
名称	N	L	KR	KR ₁	KR ₀	KF	KF ₁	KF ₀	ST ₁	ST ₂	61	62	63
说明	零线	相线	公共	常闭	常开	公共	常闭	常开			N+	N-	N0
	控制电源		运行辅助输出			故障辅助输出			起动控制	数字通信(选配)			
	AC220V		无源触点			无源触点			无源触点	QB-DLT™			

主电路端子的接线如下:

1/L₁、3/L₂、5/L₃ 是输入端子,连接三相电源。

2/T₁、4/T₂、6/T₃ 是输出端子,连接三相电动机。

PE 是保护接地端子。

表 32

(单位: mm)

型号	外型	H ₁	H ₂	H ₃	W ₁	W ₂	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	E ₅	J	K
QB41 系列	A	272	288	318	170	202	80	80	165	171	—	60	7
QB42 系列	B	330	380	450	316	340	32	140	180	230	236	88	10.5
	C	370	420	510	356	380	32	140	180	230	236	100	13
	D	390	440	530	376	400	32	165	200	250	256	100	13
	E	395	450	570	416	440	32	185	220	270	276	120	16.5

QB4 系列软起动器适配电动机如表 33 所示。

表 33

型号	适配电动机功率/kw	外形图号	外形号	重量/kg
QB41—8	7.5	如图 426b 所示	A	7
QB41—15	15			
QB41—22	22			
QB41—30	30			
QB41—37	37			
QB41—45	45			
QB42—75	75	如图 426c 所示	B	21
QB42—90	90			
QB42—110	110			
QB42—132	132		C	25
QB42—160	160			
QB42—200	200			
QB42—250	250		D	32
QB42—320	320			
QB42—400	400			
QB42—500	500	E	42	

例 427. 奥托 QB4 软起动器一台起动一台电动机电路
电路如图 427 所示。这例是采用单线绘图。

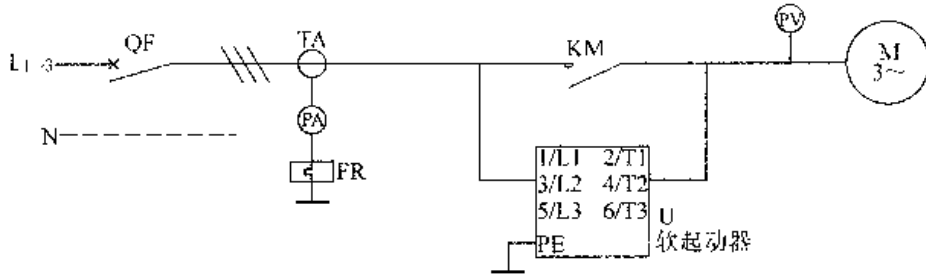


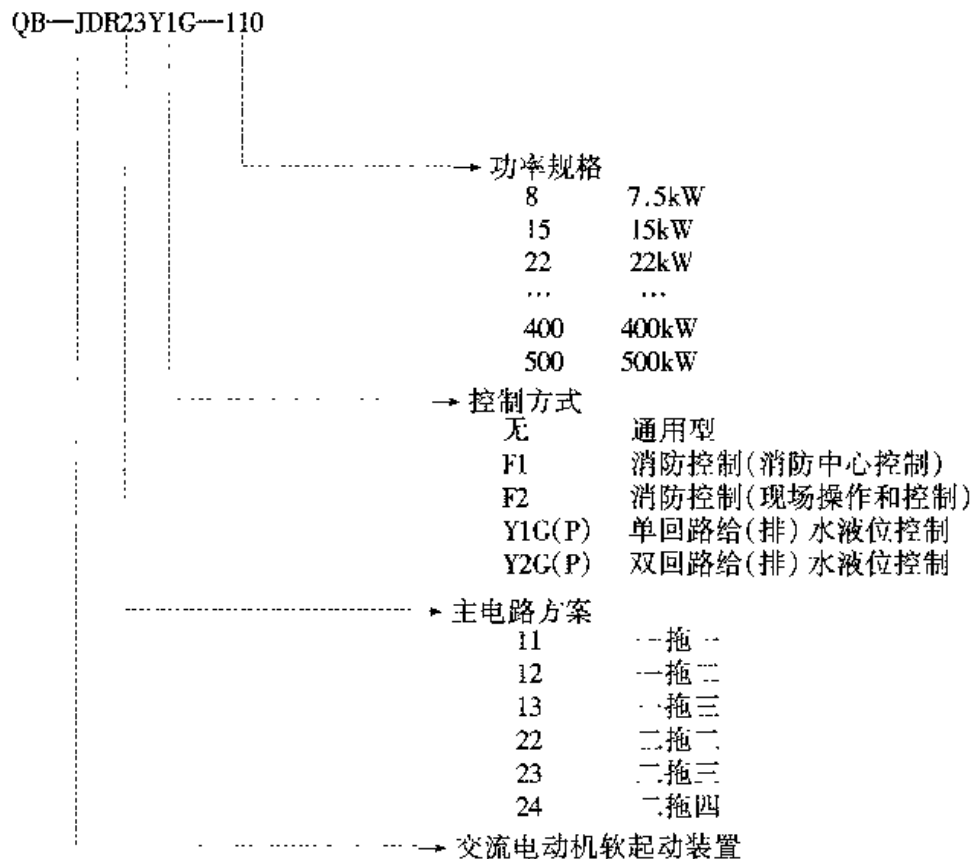
图 427 奥托 QB4 软起动器一台起动一台电动机电路

图中，QF 为断路器、KM 为旁路接触器，U 为软起动器，PV 为电压表，TA 为电流互感器，PA 为电流表。FR 为热继电器（可采用电动机保护器）。

例 428. 奥托 QB4 软起动器成套设备

软起动器通常不是单独使用，而是与其他设备组合在一起，成为成套设备。

(1) 成套设备型号说明

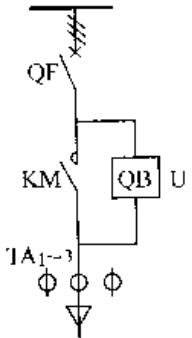
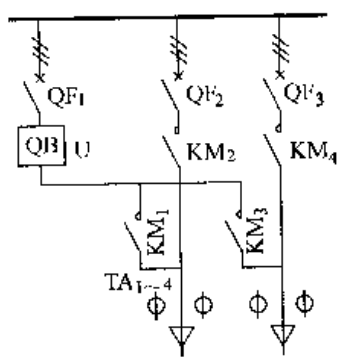
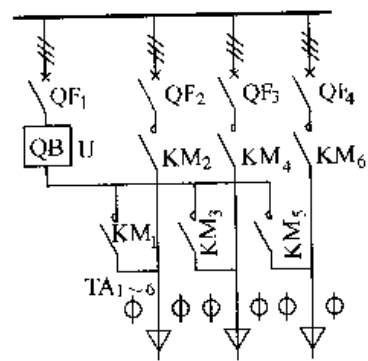


电路是三相四线制，相线三根，零线一根。

(2) 主电路方案

主电路方案共六个，如表 34 所示。这里采用的单线图，对应每种电器符号都用表格标明代号（文字符号）、名称、数量，使人一目了然。

表 34

方案号	主电路图	代号	名称	数量
11		QF	断路器	1
		KM	交流接触器	1
		TA ₁₋₃	电流互感器	3
		U	软起动器	1
12		QF ₁₋₃	断路器	3
		KM ₁₋₄	交流接触器	4
		TA ₁₋₄	电流互感器	4
		U	软起动器	1
13		QF ₁₋₄	断路器	4
		KM ₁₋₆	交流接触器	6
		TA ₁₋₆	电流互感器	6
		U	软起动器	1

(续)

方案号	主电路图	代号	名称	数量
22		QF ₁₋₄	断路器	4
		KM ₁₋₄	交流接触器	4
		TA ₁₋₄	电流互感器	4
		U ₁₋₂	软起动器	2
23		QF ₁₋₅	断路器	5
		KM ₁₋₆	交流接触器	6
		TA ₁₋₆	电流互感器	6
		U ₁₋₂	软起动器	2
24		QF ₁₋₆	断路器	6
		KM ₁₋₈	交流接触器	8
		TA ₁₋₈	电流互感器	8
		U ₁₋₂	软起动器	2

(3) 控制电路方案有六个

控制电路方案如图 428a~f 所示。分别为 QB4 断电运行手动起停、QB4 断电运行自动起停、QB4 断电运行软起动/直接起动—手动起停、QB4 带电运行手动起停、QB4 带电运行自动起停、QB4 带电运行软起动/直接起动—手动起停。在这六幅例图中，带底纹的端子号均为 QB4 软起动器内部接线端子，其余部分均属用户成套时选用的器件。控制电路可与主电路方案配合（如表 33 所示）订货，也可以作为自行设计参考。

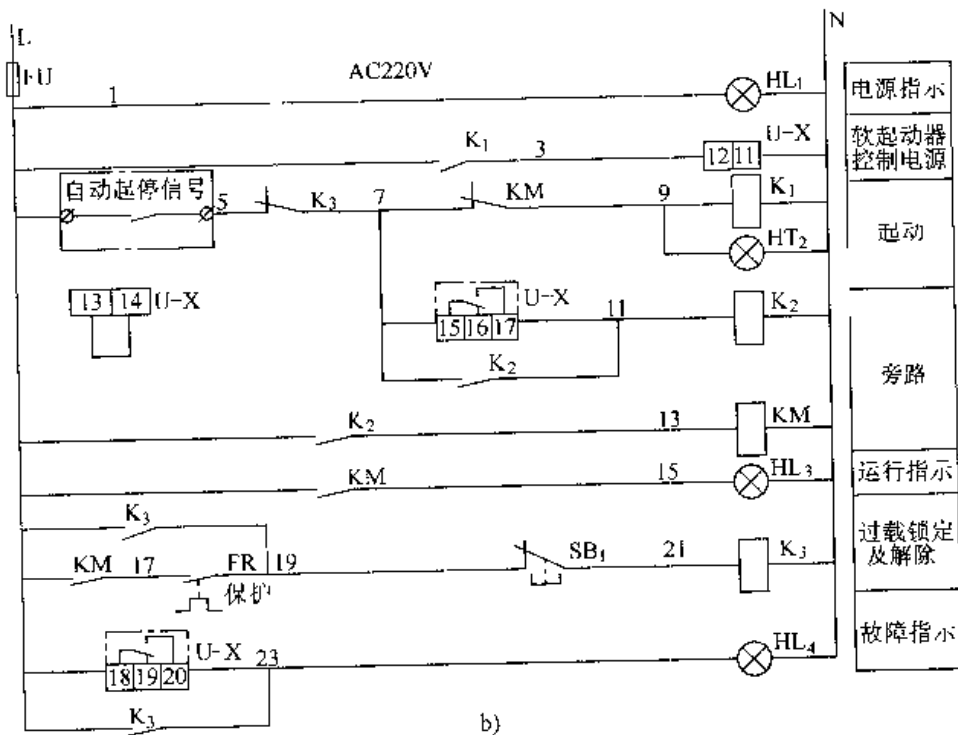
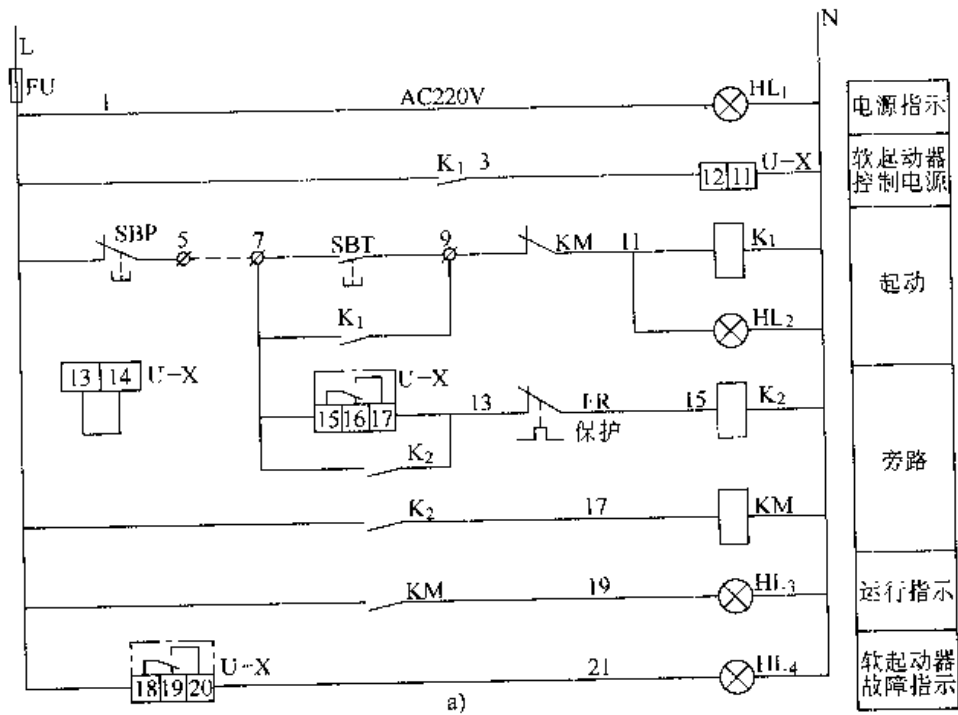


图 428 奥托 QB4 软起动器成套设备控制电路方案

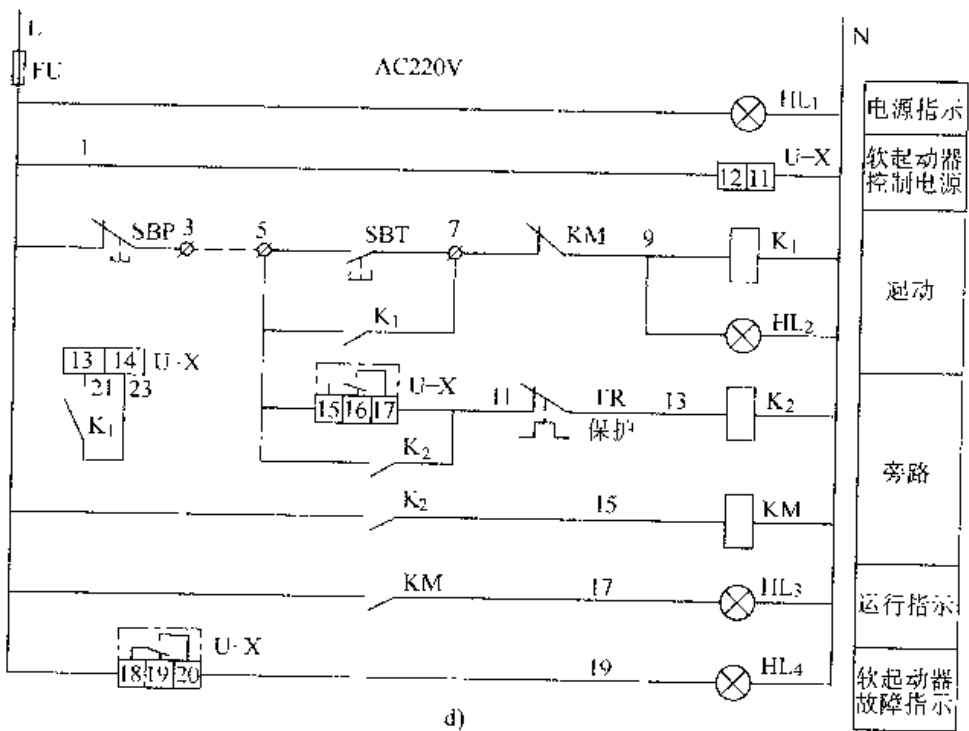
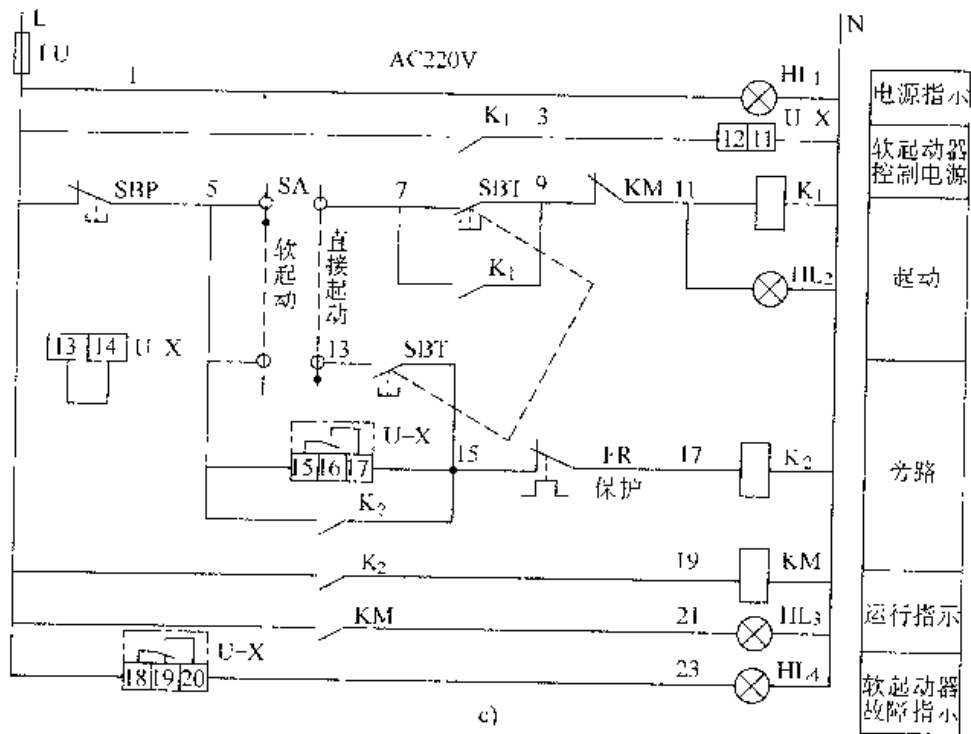


图 428 奥托 QB4 软起动器成套设备控制电路方案 (续)

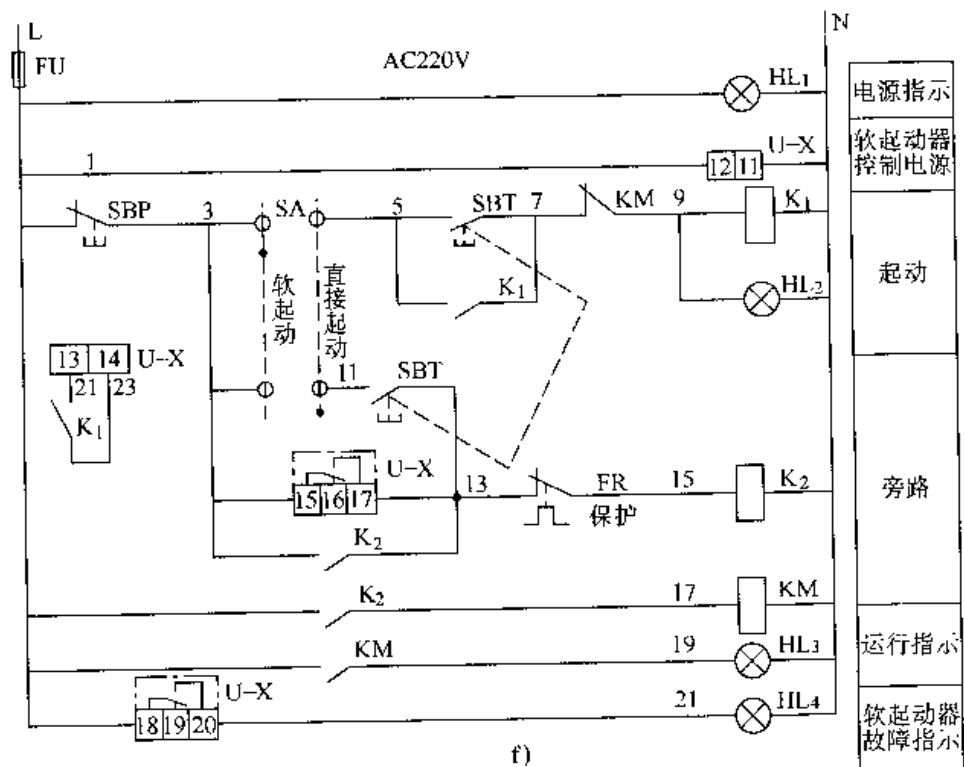
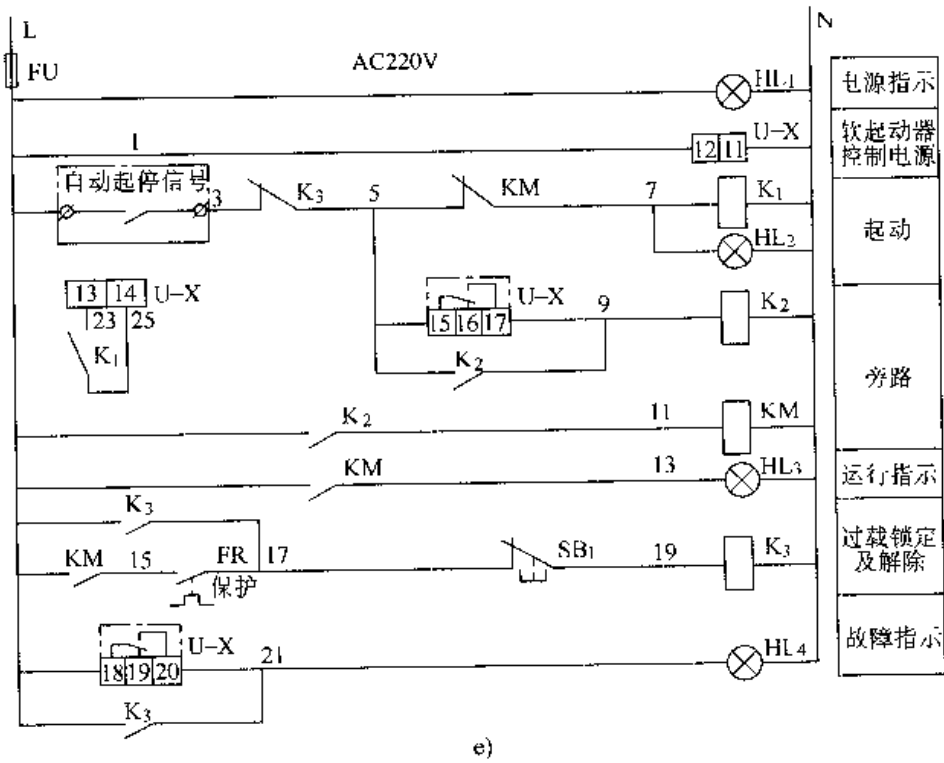


图 428 奥托 QB4 软起动器成套设备控制电路方案 (续)

例 429. ABB 软起动器一台起动四台电动机

某厂有一台 ABB 公司产的 PS.S-85/147-45kW 的软起动器，原来带动一台 45kW 电动机。后因生产需要又增加了 45kW、30kW、22kW 等 3 台新电动机负荷。如果每一台电动机再配上一台软起动器，不仅增加投资，扩大占地面积，而且电气线路复杂。用已有的一台软起动器，起动四台电动机，实现了一机多用的目的，简介如下。

(1) 对控制系统的要求

用一台软起动器起动四台电动机应满足下列要求。

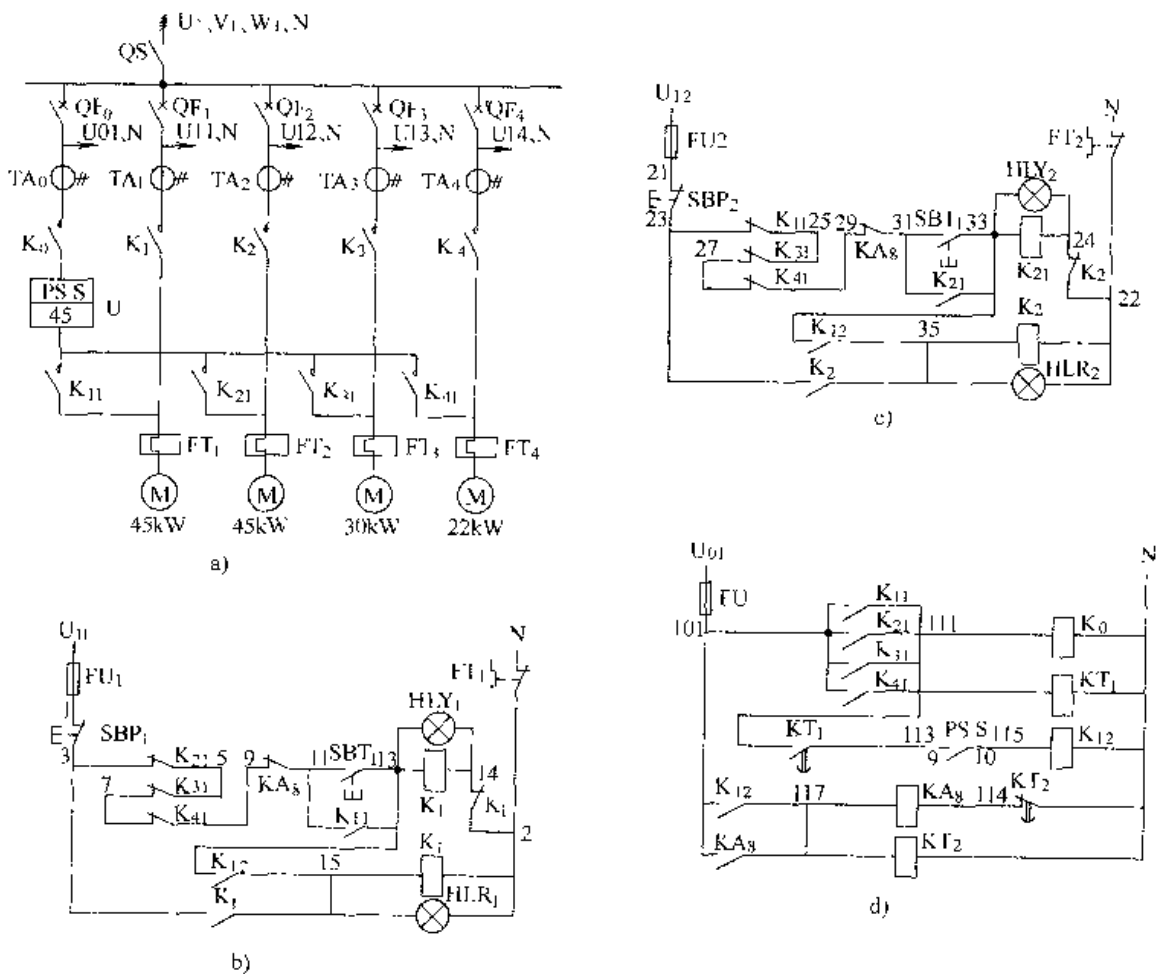


图 429 ABB 软起动器一台起动四台电动机

- 1) 4 台电动机只允许任选一台起动，不允许同时起动 2 台以上电动机。
- 2) 只有在该电动机起动结束后，才可起动另一台电动机。
- 3) 当某台电动机起动时，必须使这一台电动机由软起动器软起动，不能直

接起动。

4) 电气控制系统的可靠性要高,且具有较强的容错能力,即使出现误操作,也不应发生较严重的后果。

5) 对电动机必须有必要的保护措施,如短路、过载、缺相等。

6) 一般情况下,一台软起动器起动次数不得超过6次/h。

(2) 实际应用电路图

主电路图 如图 429a 所示。选用软起动器时,综合考虑软起动器的产地、生产厂及技术先进性、技术特性、质量可靠性、使用耐久性、抗干扰性等因素。实践证明一台软起动器可起动与其容量大小相同的4台电动机,也可起动比其容量小的4台电动机。主电路中交流接触器选用上海产的YLDC1系列。

图 b~d 中的 K_{11} 、 K_{21} 、 K_{31} 、 K_{41} 交流接触器常闭触点串联作为主接触器间的电气互锁,又用中间继电器控制作为双重联锁。

KT_1 控制全电压运行之前软起动的时间长短(根据工艺要求决定)。

第十一章 电动机变频器

变频器亦叫电动机变频调速器，是一种静止的频率变换器。它把电力配电网 50Hz 恒定频率的交流电，变成可调频率的交流电，供普通的交流异步电动机作电源用。其最主要的特点是具有高效率的驱动性能和良好的控制特性。

近年来，国内生产变频器的厂家纷纷开业生产，国际的变频器也蜂拥而入，令电气工作者目不暇接。因而，了解、选择、应用变频器，便成了 21 世纪电工的必修课。

例 430. 通用型变频器主电路

通用变频器是相对于专用变频器而言的，它的使用范围广泛，是所有中小型交流异步电动机都能使用的变频调速器。专用变频器品种虽多，但多由通用变频器稍加功能“演变”而成，若掌握了通用变频器，一通百通，其他变频器的安装、操作、使用和维护保养也就易如反掌了。

中、小型通用变频器的主要型式是交—直—交电压型变频器，其主电路如图 430a 所示。

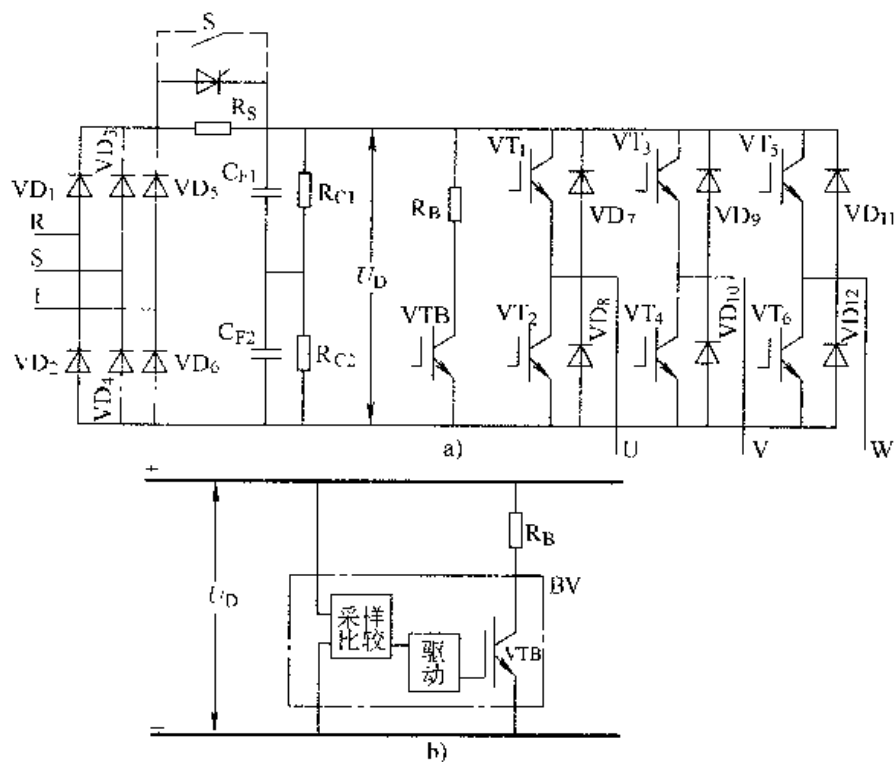


图 430 通用型变频器主电路

不难看出，通用型变频器的主电路由以下几个部分组成：

(1) 三相桥式整流电路

三相桥式整流电路又叫全波整流电路，在中小容量变频器中，通常采用此电路。 $VD_1 \sim VD_6$ 通常采用电力整流二极管或整流模块。 $R、S、T$ （即 $L_1、I_2、L_3$ 或 $A、B、C$ ）为电源输入端。

(2) 滤波电路

滤波电路通常用若干只电容器并联成 C_{F1} 以增大容量后，再串联相同容量的电容器 C_{F2} 组合而成。

由于 $C_{F1}、C_{F2}$ 所采用的是电解电容器，具有较大的离散性，所以 $C_{F1} \neq C_{F2}$ ，使得其所承受的电压值也不完全相等。为了解决这个问题，在 C_{F1} 和 C_{F2} 旁各并联一只阻值相当的均压电阻器 R_{C1} 和 R_{C2} 。

(3) 限流电路

限流电路由电阻器 R_S 和开关 S 并联构成。

变频器在接入电源之前，滤波电容器 C_F 上的直流电压 $U_D = 0$ ，因此，在变频器通电瞬间，会有一个很大的冲击电流经三相桥式整流器加至 C_F 两端，使 $VD_1 \sim VD_6$ 有可能损坏；与此同时，还可能使电源造成瞬间电压下降明显，形成干扰信号。而设置 R_S ，则削弱了该冲击电流。

R_S 如果自始至终长期串入电路，既影响直流电压 U_D ，又会影响变频器的输出电压。设置了短路开关 S ，当 U_D 增大到一定程度时，令 S 接通，则把 R_S 设为旁路（或曰“切出电路”），以确保变频器的输出不受影响。在图 a 中， R_S 与 S 之间另并联一只晶闸管，通常 S 是由晶闸管充当。在容量较小的变频器， S 则由继电器的常开触头充当。

(4) 逆变电路

逆变电路由电力电子器件 $V_1 \sim V_6$ 构成，常称“逆变桥”，它们接受控制电路中 SPWM 调制信号的“命令”（控制），将直流电逆变成三相交流电，由 $U、V、W$ 三个输出端输出，供给交流异步电动机。

(5) 续流电路

$VD_7 \sim VD_{12}$ 构成续流电路（如图 a 所示），其作用有以下三点：

- 1) 为三相交流异步电动机绕组无功电流返回直流电路，提供了通路。
- 2) 当频率下降引起电动机同步转速下降时， $VD_7 \sim VD_{12}$ 为绕组的再生电能反馈至直流电路提供续流。
- 3) 为电路的寄生电感在逆变过程中释放能量提供续流通路。

(6) 能耗制动电路

在变频器调速系统中，电动机的降速和停机是通过逐渐减小频率来实现的。在频率刚刚减小的瞬间，电动机的同步转速随之下降，而由于机械惯性的作用，

转子转速未变。当同步转速低于转子转速时，转子电流的相位几乎改变 180° ，电动机此时处于发电机状态；与此同时，电动机轴上的转矩变成了制动转矩，使电动机的转速迅速下降。因此，认为此时的电动机处于再生制动状态。

电动机再生的电能经续流电路 $VD_7 \sim VD_{12}$ 作全波整流后，反馈到直流电路。由于直流电路电压 U_D 无法回输给电网，仅仅依靠 C_{F1} 、 C_{F2} （如图 a 所示）吸收，尽管各部分电路还在继续消耗电能，但 C_{F1} 、 C_{F2} 上仍有短时间的电荷堆积，形成所谓的“泵生电压”，使直流电压 U_D 升高。过高的直流电压将危及各部分电路的电力电子器件。所以，在直流电压 U_D 超过一定值时，就要求提供一条“放电回路”，把再生的电能消耗掉。因此，这时从变频器的角度来看，电动机在转速下降时减少的动能，由电动机“再生”电能后，在变频器的直流电路中被消耗了。总之，此时是通过消耗能量而获得制动转矩的，属于能耗制动状态。

用于消耗电动机再生电能的电路，就是能耗制动电路。 R_B 是能耗制动电路中的重要元件（如图 a 所示），它把电动机的再生电能转换成热能而消耗掉。 R_B 的阻值一般以使制动电流不超过变频器额定电流的一半为宜，其功率取决于电动机的容量和工况（机械设备的工作状况）。

除了制动电阻 R_B 外，电路中还有一个十分重要的制动部件 BV ，（如图 b 所示）。

这里的 BV ，即图 a 中的 VB 。 BV 的作用是当直流回路电压 U_D 超过规定的限值时，接通耗能电路，使直流回路经过 R_B 释放能量。 BV 是电力功率管，用于接通或关断耗能电路，是制动电路 BV 的核心部件。“采样比较”即为电压取样与比较电路，这是由于 BV 的“驱动”电路是低压电路，所以只能按比例取出 U_D 的一部分作为采样电压，与基准电压进行比较，加至 BV 的基极从而实现控制目的。电力功放管 BV 常用器件是 GTR 或 IGBT，其选择指标主要是击穿电压 U_{CEX} ，即在电源电压为 380V 时，选 $U_{CEX} = 1000V$ 即可；集电极最大电流 I_{CM} ，须按正常电压下流经 R_D 的电流的 2 倍来选取。

例 431. 通用变频器的常用外围设备

所谓外围电路实质是外部接线。外部接线所需的元部件或曰“外围设备”。

最简单的外围电路如图 431 所示。

图左为输入电路，即电源端，通常应接断路器 QF（俗称自动空气开关，或叫空气开关）和接触器 KM。“VF”为变频器的代号。

断路器的作用是在安装、检查或维修变频器时，关断 QF 即能使 VF 与电源 $L_1 \sim L_3$ 隔离。此外，QF 有短路等自动跳闸保护功能。

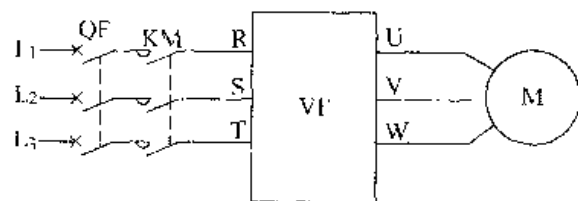


图 431 通用变频器的常用外围设备

接触器又叫交流接触器，它在电路中的作用主要是便于操作，当变频器发生故障时，它能迅速切断变频器的电源。

图右为变频器输出端的接线。在绝大多数情况下，变频器的输出端应直接接至电动机。在输出端接线时，应注意如下事项：

(1) VF 与 M 之间，不允许接入接触器，这样能杜绝电动机在某一频率下直接起动，引起过电流。

(2) VF 与 M 之间不需要再接热继电器，因为 VF 已具有热保护功能。

(3) 如果用一台变频器起动多台电动机，则每台电动机均可串接热继电器。

(4) 变频器的输出端不允许接电容器，不允许用电容器滤波，也不允许接电容式单相电动机。

(5) M 为普通三相交流电动机。可选用附录 I 中的 Y3 系列电动机。

例 432. 通用变频器的常用配套设备

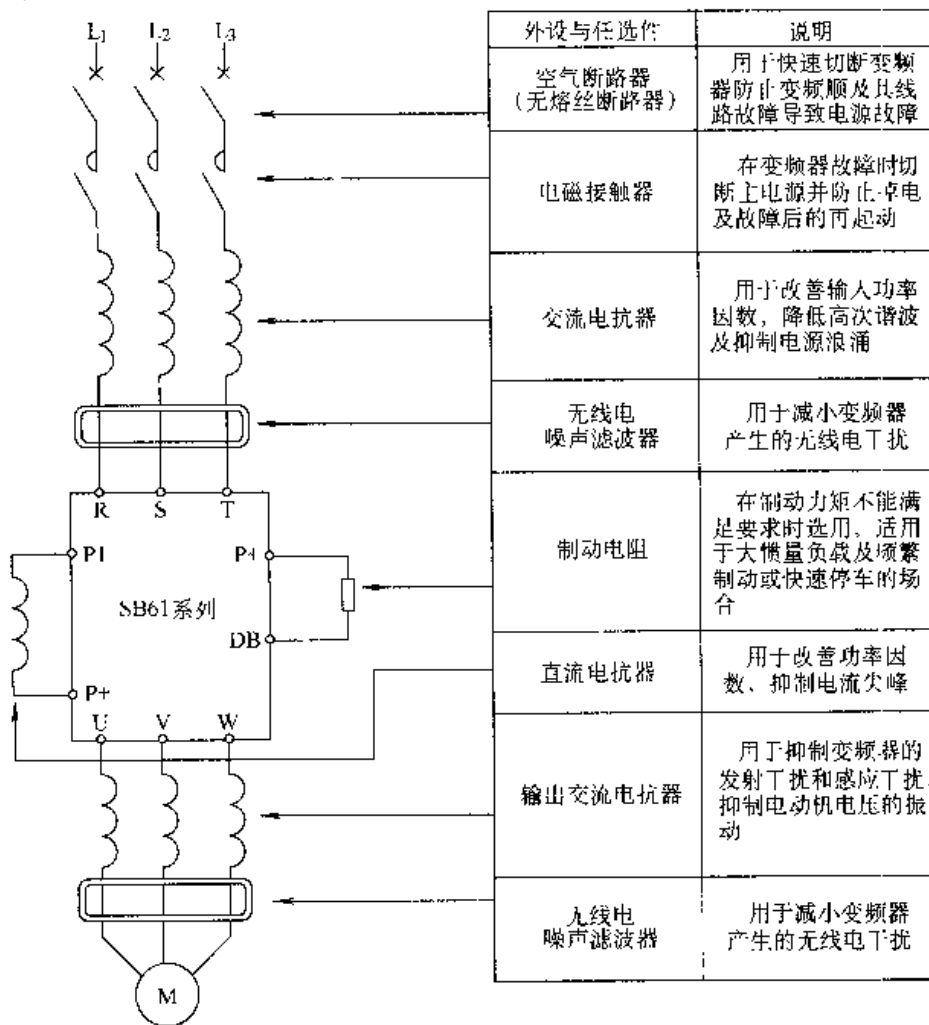


图 432 通用变频器的常用配套设备

变频器配套设备又叫外围设备、选用设备。它在变频器的工作中起着举足轻重的作用，其外围设备如果全部选用，接线如图 432 所示。

外围设备可根据实际需要选择，但是空气断路器、电动机等一般是必备的。

例 433. 通用变频器控制电路

目前，国内外生产变频器的厂家颇多，虽然不同品牌变频器的控制电路各具特色，但大体一致，最基本的控制电路如图 433 所示。

不难看出，控制电路由电源板、主控板、逆变模板、键盘及控制输入、输出接线板等组成。

(1) 电源板

电源为控制电路的“后勤供给部长”，后勤出了问题，变频器就无法工作。电源板主要提供主控板的电源和驱动电源。主控板需要电源稳定性好、抗干扰能力强；驱动电源因为逆变模块处于直流高压电路中，又分属于

三相输出电路中不同的相，所以驱动电源必须和主控板电源之间可靠隔离，各驱动电源之间必须可靠绝缘。

电源部分还有援外任务，即“外接电源”，是为外接控制电路提供稳定的直流电源。有的变频器的“给定值”是由外接电位器设定的，这时的电源则是由变频器内部的电源板提供。

(2) 主控板

主控板是变频器“司令官”，是控制中心。它的主要功能是接受键盘输入的信号；接受外接控制电路输入的各种信息；处理主控板内部的采样信号（如主电路中的电压、电流采样信号、各部分温度的采样信号、各逆变管工作状态的采样信号等等）。

另外，主控板负责 SPWM 调制，并分配给各逆变管的驱动电路；还要发出显示信号，向显示板和显示屏发出各种显示信号；发出保护指令，根据各种采样信号，随时判断工作是否正常，一旦发现异常状况，立即发出保护指令进行保护；此外，主控板还得向外电路提供控制信号和显示信号，如正常运行信号、频率到

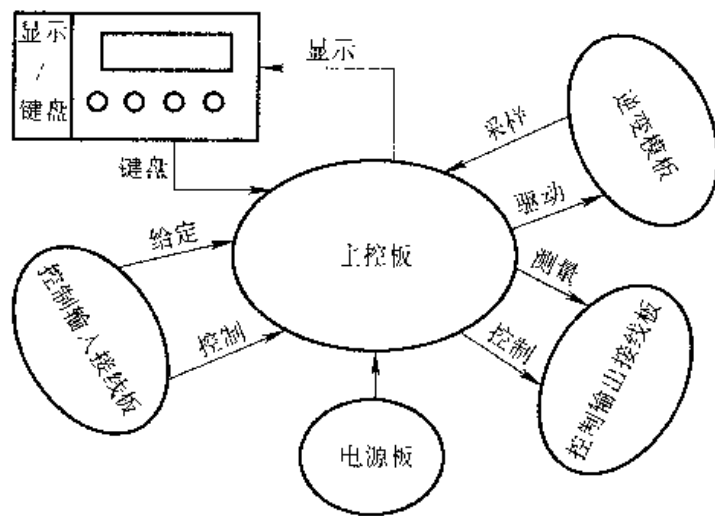


图 433 通用变频器控制电路

达信号、故障信号等。

有关显示/键盘见例 434；外接控制电路见例 435。

例 434. 通用变频器的显示/键盘

显示/键盘简称“键盘”。有的产品把它叫作数字式操作器，简称“操作器”；还有产品叫作“操作面板”。总之，叫名颇多，但总的任务则是向主控板发出各种指令或信号（由操作人员按动键盘实现），而显示的则是主控板提供的各种数据（由数码显示屏实现），但这二者却总是组合在一起的，以便使操作人员与变频器实现人机对话。

不同品牌变频器的显示/键盘的功能符号（代号）与参数的设置是不同的（读者可在产品使用说明书中看到）。这里以安川 F7 变频器的显示/键盘为例来给予说明，详见图 434，图中，上部为显示部分，下部为键盘。

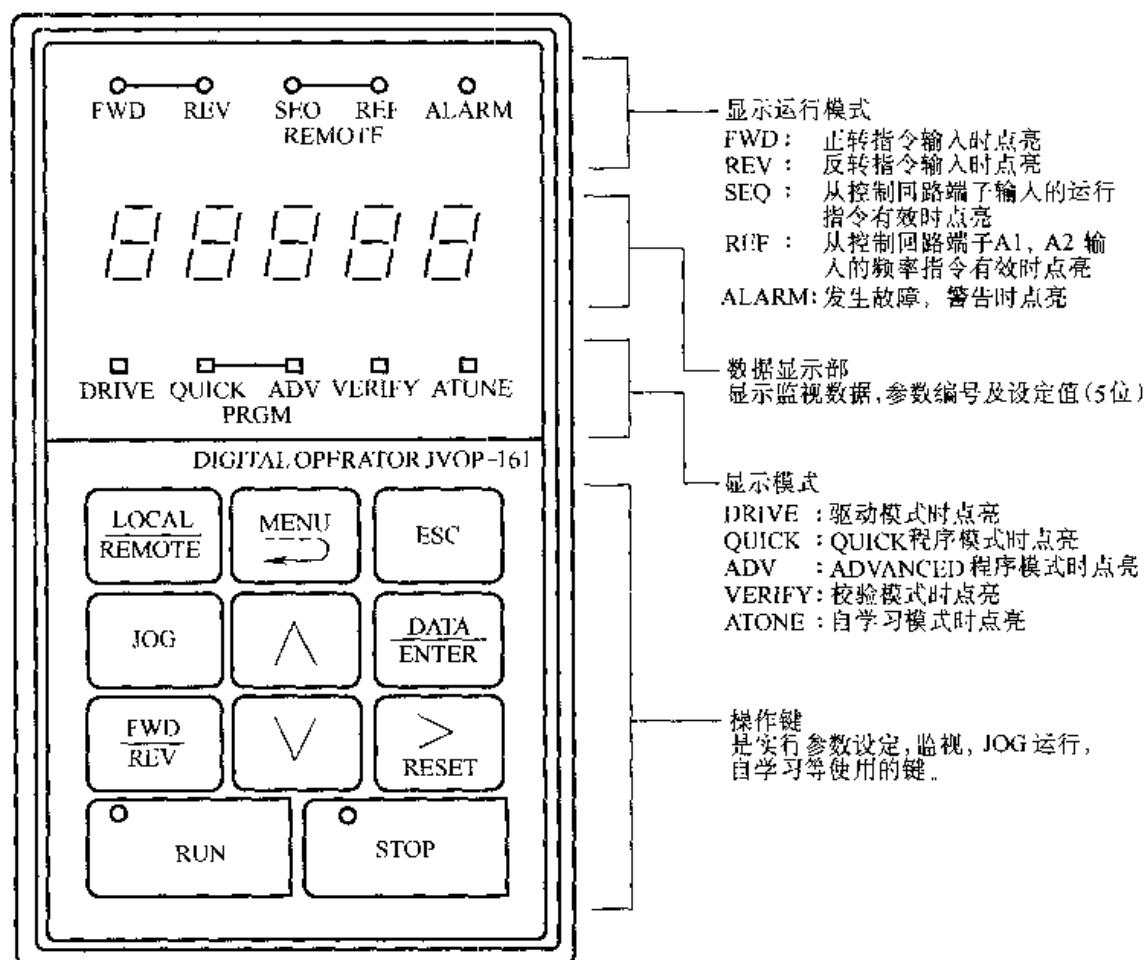


图 434 通用变频器的显示/键盘

(1) 键盘

键盘是由使用人员向变频器主控板发出各种指令或信号的操作系统。一般来说，变频器键盘应该配置以下几种按键：

1) 模式转换键。变频器最基本的工作模式有运行模式、显示模式、编程模式等。模式转换键就是用于切换变频器工作模式。模式转换键常见的符号有 PRG、FUNC、MOD，而在图中，则用 MENU，叫作“菜单”，也有的叫“功能选择键”。

2) 参数增减键。又叫数据键，用于设置或改变参数的大小。该键常用的符号有上升键▲、△、∧、↑；下降键有▼、▽、∨、↓等。在图中，上升键用的是∧；下降键用的是∨。

3) 读出、写入键。在编程模式下，用于“读出”原有参数或“写入”新参数。读出、写入键常用的符号有 SET、READ、WRITE、DATA、ENTER 等。在图中，用 DATA/ENTER 表示。

4) 运行键。在变频器主电路接通电源后，键盘便进入了等待操作状态（简称“等待状态”），即键盘进入了运行模式，可以进行各种运行操作。运行键主要有 RUN（运行）、FWD（正转）、REV（反转）、STOP（停止）、JOG（点动）等。但并不是所有变频器的键盘都设置有 FWD、REV、JOG。

5) 复位键。变频器或电动机因故障而引起变频器跳闸（自动切断电源），为避免误动作，其内部控制电路即行封锁，并发出灯光显示。当故障排除之后，必须先按动复位键，使控制电路恢复正常状态。复位键常用 RESET 表示，或简写为 RST。在图中，复位键在右下二，除用 RESET 外，还标有 >，以示提醒。

6) 数字键。有些变频器的键盘上还配置了“0~9”10个数字和小数点，在编程时，可以直接输入所需参数。

键盘上有这么多个按键，而且多用外文字母，加上变频器品牌繁多，符号代号各有差异，这对于电工和使用人员来说，能掌握键盘的操作，是个难题。不过不要紧，制造厂商也了解使用人员心理，列有按键名称及使用功能，只要读者记牢，那么操作起来就得心应手。表 35 列出了安川 F7 变频器按键名称及功能，可供读者参考。

(2) 显示屏

图 434 的上部分为显示屏。它由数码显示屏和指示灯（发光二极管 LED）组成。

1) 数码显示屏。又叫参数显示屏，LED 显示窗等。在运行模式时，显示各种运行参数，如频率、电压、电流；在编程模式时，它显示功能码和参数码；在故障状态下，它显示故障原因的代码。在图中，数码显示屏叫作数据显示部。

2) 指示灯。现在都用发光二极管代替，装在触摸面板之后，旁路标有名称，

灯光透过塑料触摸面板，既见光又见字，观察甚为方便。指示灯主要作用是状态显示、单位显示。所谓状态显示有 RUN（运行）、STOP（停止）、FWD（正转）、REV（反转）、FLT（故障）等。





对于指示灯的运用，各变频器的用途各不相同，有的简单，有的复杂，有的用中文，读者一看便知。如安川 F7 变频器，其指示灯有 10 只，分显示运行模式和显示模式两部分，如图 434 所示。

3) 液晶显示屏。有些变频器采用了液晶显示屏，可以同时显示几行数据或功能代码、参数，还可对运行中的各种状态进行显示，也可对控制端的外部接线状况进行显示。

单位显示即显示数据的单位，如 Hz、V、A 等。

表 35 安川 F7 变频器按键名称及功能

键	文章中键的名称	功 能
	LOCAL/REMOTE (运行操作选择)	切换用数字操作器控制运行(LOCAL)和控制回路端子控制运行(REMOTE)时,请按此键 根据参数(P2-01)的设置可设定该键的有效/无效
	MENU (菜单)	显示各种方式
	ESC (退格)	按 ESC 键,则回到前一个状态
	JOG (点动)	在操作器运行场合的点动运行键
	FWD/REV (正转/反转)	在操作器运行场合,切换旋转方向键
	SHIFT/RESET (移位/复位)	参数的数值设定时的数位选择键 故障发生时作为故障复位键使用
	增加键	选择方式,组功能,参数的名称,设定值(增加)等时请按此键

键	文章中键的名称	功 能
	减少键	选择方式、组、功能、参数的名称、设定值(减少)等时请按此键
	DATA/ENTER (数据/输入)	设定各方式、功能、参数、设定值时,按下
	RUN (运行键)	用操作器运行时,按下此键,变频器开始运行
	STOP (停止键)	用操作器运行场合时,按下此键,变频器便停止 用控制器回路端子运行的场合,根据参数(P2-02)的设定可设定该键的有效/无效

例 435. 通用变频器的外接控制电路

电动机变频器外接控制电路包括外接给定电路(又叫“模拟输入”)、外接输入控制电路(“控制信号”输入)、外接输出电路(“输出信号”端)、数据通信电路等四部分。现以安邦信 AMB—G7 变频器为例,来说明外接控制电路,如图 435a 所示。

(1) 外接给定电路(模拟输入端)

依据外接给定信号种类的不同,外接给定电路一般配置有如下端口。

1) 外控电源正端(固定偏压信号)。为了便于利用外接电位器取出电压给定信号,变频器可提供外控电源,一般为+10V,见图 435a 的左下。

2) 电压信号给定端。如图 a 中的 VS 参考设定电压输入端,通过调整电位器,由中抽头注入 0~10V 电压;此外,还有 VF 反馈电压信号输入端,它是模拟反馈电压信号 0~10V,也有用 FSV 表示。

3) 电流信号给定端(参考设定电流输入端),常用 IS 或 FSI 表示,参考设定电流一般为 1~20mA。此外,尚有反馈电流信号输入端,用 IF 表示,输入电流为 4~20mA。

4) 辅助信号给定端,常用“AUX”表示,用于引入反馈信号。

(2) 外接输入控制电路(控制信号输入端)

不同品牌的变频器对外接输入控制端的配置各不相同,且各控制端的功能一般可任意设定。输入控制端的一般配置如下。

1) 运行控制端。主要有正转(FWD)、反转(REV)、运行(RUN)、停止(STOP)、自由制动(FS)、点动(JOG)等。如图 a 左中部所示,在控制端子上表有 RUN 运行/停止开关,即合上开关则运行,关断则停止;F/R 表示正/反,即开关断开为正转,合上则反转;JOG 表示点动,一般采用按钮开关,按下电动机起

动，松开则停止。此种操作则为点动，又叫寸动。点动操作须是电动机未运行前。

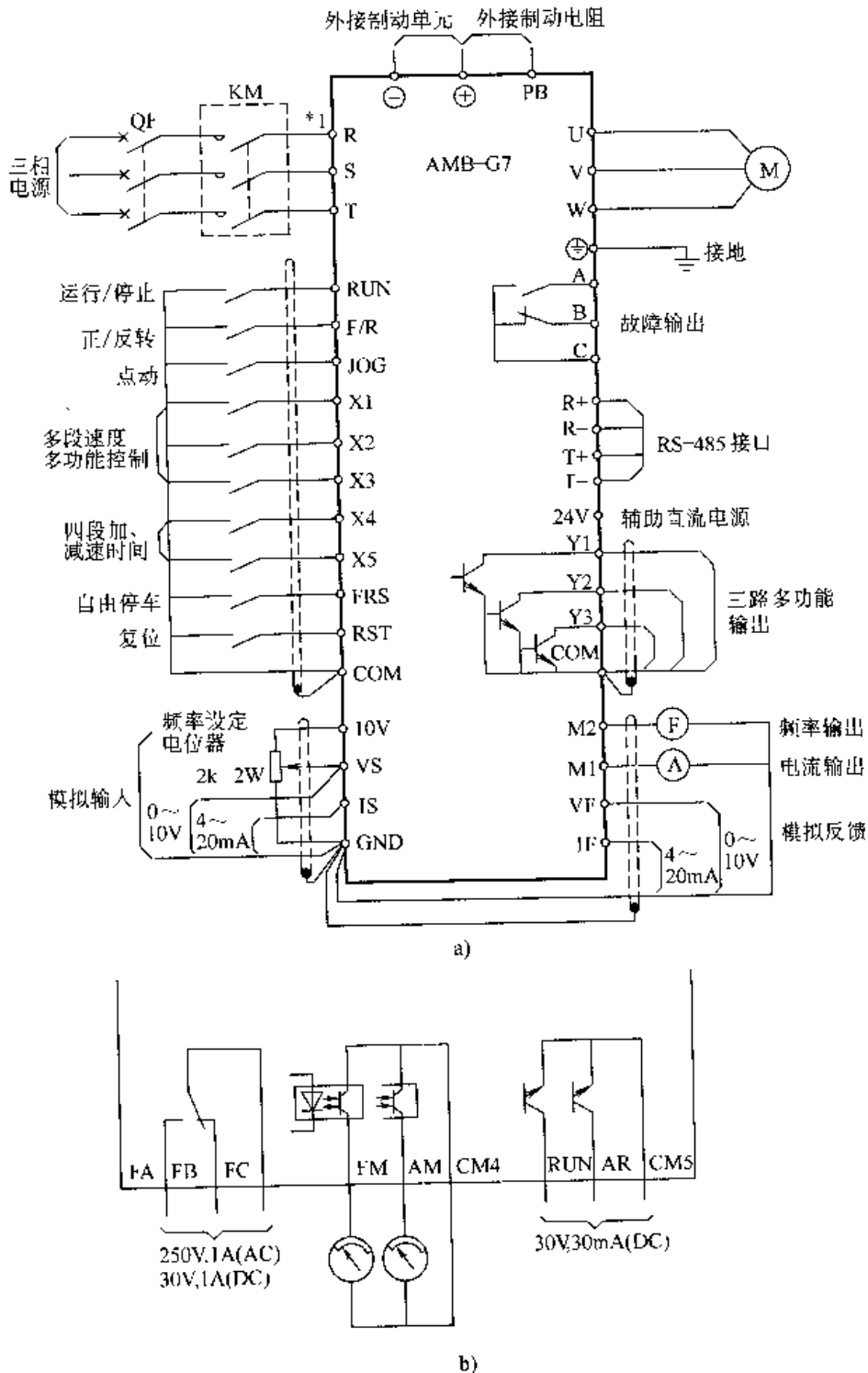


图 435 通用变频器的外接控制电路

2) 多档频率控制端。变频器可以通过若干个开关的不同组合，以设定多档

工作频率。常见用三个开关接于 X1、X2、X3 端，如图 a 左中部所示。开关的另一端连接一起与公共端 COM（有的记作 CM）短接有效。X1、X2、X3 可编程为七段速度；X1、X2 可编程为步进控制；X3 可编程电压、电流输入切换。各开关的状态与升、降速时间档次间的对应关系如表 36 所示。

表 36 X1 ~ X3 状态与转速档次对应关系

转速档次	0	1	2	3	4	5	6	7
X1 的状态	0	1	0	1	0	1	0	1
X2 的状态	0	0	1	1	0	0	1	1
X3 的状态	0	0	0	0	1	1	1	1

3) 加减速速度指令输入端。图 a 中的 X4、X5 是电动加减速时间指令信号输入端，它们中任意一个或两个开关与 COM 端子短接均有效。可以提供四种加、减时间，可在运行过程中改变。如表 37 所示。

表 37 X4、X5 的状态加减速速度时间档次的对应关系

加减速档次	0	1	2	3
X4 的状态	0	1	0	0
X5 的状态	0	0	1	0

4) 自由停止指令输入端。此端符号为 FRS，与它连接的开关与公共端 COM 短接有效，电动机立即停车，但因惯性作用仍然旋转，逐步减速，最终完全停止，这叫自由停车指令。

5) 复位端。也叫系统复位端，常用 RST 表示。

在介绍显示/键盘时，有停止、复位等按键，那是用于机前操作的。有了这些外接端子，通过导线连接后，可引至较远的地方实现对变频器的操作，这在某些场合是很有必要的。

6) 其他功能控制端。有些变频器还设有紧急停机 (EMS)、外接保护 (THR) 等输入端。

(3) 外接输出电路 (输出信号端)

变频器对外部提供的输出信号端有如下几种。

1) 状态信号端。一般晶体管输出只能接在低压直流电路。通常为运行信号端，即变频器在运行过程中晶体管导通；或者为频率达到信号端，即变频器的工作频率达到某设定值时，晶体管导通。在图 a 中的 Y1、Y2、Y3 为多功能输出端，属三路可编程集电极开路输出，每路最大输出为直流 24V50mA，完全可以驱动发光二极管或直流继电器，以显示某种状态。

2) 故障继电器输出端。共三个继电器触点 A、B、C，在有故障时，AC 两点闭合 (导通)、BC 两点断开 (不通)。

3) 电流表输出接点。M1 与 GND (地) 之间最大可输出 DC10V 10mA。

4) 频率表输出接点。M2 与 GND 之间最大可输出 DC10V 10mA。图 a 中的 F

为频率表，国标符号为 Hz。

5) 辅助电源正端。输出 24V 直流电源，与 COM 之间可输出 100mA 电流。

对继电器触点输出端有的变频器标作 FA、FB、FC；电流表、频率表测量信号标作 FM、AM、CM4；状态输入端的三极管标作 RUN（运行）、AR（频率达到端），如图 b 所示，显得较为直观。

(4) 数据通信电路（通信接口端）

又叫 RS—485 接口，如图 a 所示。可按所提供的通信格式进行串行通信。

对上述讲解可以综合起来，列出控制回路各端子功能表，读者一目了然，如表 38 所示。

表 38 安邦信 AMB—G7 变频器控制端子功能表

种类	端子标号	端子名称	端子功能	种类	端子标号	端子名称	端子功能	
模拟输入	10V/18	固定偏压信号	+ 10V	输出信号	COM/8	控制指令、输出信号共同点	三路可编程集电极开路输出每路最大输出为 DC24V 50mA	
	VS/23	参考设定电压输入正端	0 ~ 10V		COM/13			
	VF/24	反馈电压信号输入正端	0 ~ 10V		COM/17			
	IS/26	参考设定电流输入正端	4 ~ 20mA		24V/4	辅助电源正端		与 COM 之间可输出 DC24V/100mA
	IF/27	反馈电流信号输入正端	4 ~ 20mA		Y1/7	多功能输出		
	GND/25	参考设定信号共同点			Y2/6			
			Y3/5					
控制信号	RUN/12	运转指令(端子控制时)	与 COM 短接运行,断开为停止		A/1	故障继电器输出端子		异常时 A—C 闭 B—C 开
	F/R/11	正/反转指令	与 COM 短接反转,断开为正转		B/2			
	JOG/9	点动指令	未运行时,与 COM 端短接有效 点动频率为多段速度 2 点动加速时间为加速时间 2 点动减速时间为减速时间 2		C/3			
	X1/20	多段速度、多功能指令与 COM 端子短接有效	X1、X2、X3 可编程为七段速度 X1、X2 可编程为步进控制 X3 为可编程电压电流输入切换		M1/22	电流表输出接点		M1 与 GND 之间最大可输出 DC10V 10mA
	X2/19				M2/21	频率表输出接点		M2 与 GND 之间最大可输出 DC10V 10mA
	X3/18							
	X4/16	加减速时间指令与 COM 端子短接有效	提供四种加、减速时间,可在运行过程中改变	数据通信	R+	RS-485 接口	可按所提供的通信格式进行串行通信	
	X5/15				R-			
	FRS/10	自由停车指令	与 COM 短接有效		T+			
	RSE/14	系统复位	与 COM 短接有效	T-				

注：端子标号即为端子符号/端子排号码，如 VS/23 为参数设定电压/23 号端子。

由于各种变频器的控制回路端子，以及端子编号不同，所以每种变频器均列有端子功能表，并绘制有控制端子排，以免使用人员接错线。

一般来说，控制回路端子排位于控制印刷电路板的前下方。

例 436. 通用变频器的安装

变频器安装对周围环境的要求

(1) 环境温湿度

变频器一般适于在 $-10 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 、湿度低于 90% 的环境中工作。环境温度若 $> 40^{\circ}\text{C}$ ，每升高 1°C ，变频器应降额 5% 使用。

(2) 安装现场

变频器除有特殊要求外，一般来讲要求安装现场应满足以下条件：

- 1) 无腐蚀、无易燃易爆气体、液体。
- 2) 无灰尘、漂浮性的纤维及金属颗粒。
- 3) 所安装场所的基础、墙壁应坚固无损伤、无振动。
- 4) 要避免阳光直射。
- 5) 无电磁干扰。

(3) 安装空间

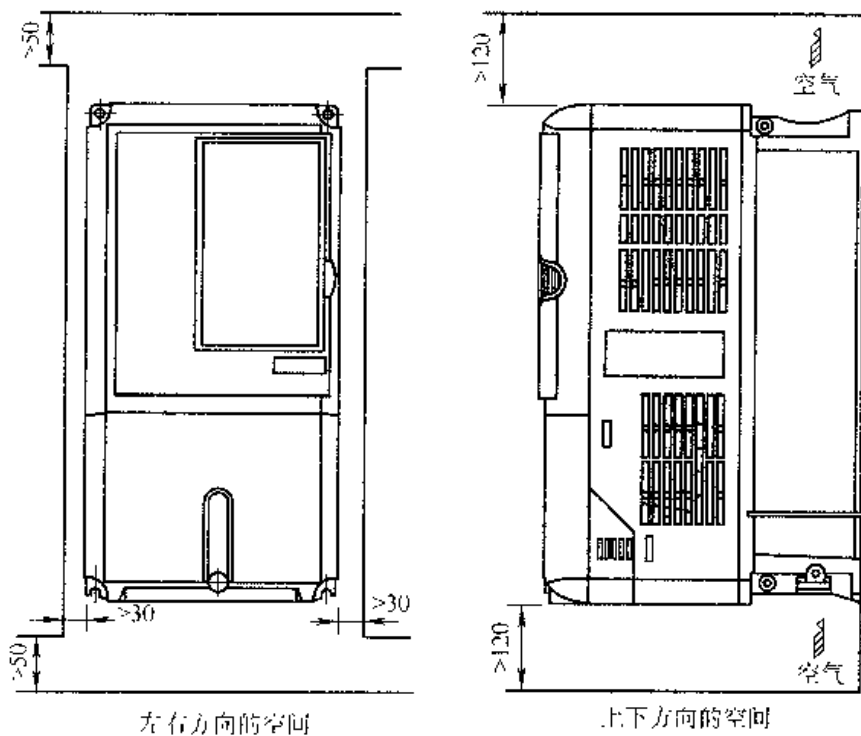


图 436 通用变频器安装周边最小尺寸图

变频器内部装有冷却风扇以强制风冷，为了使冷却循环效果良好，所以必须将变频器垂直安装，其上下左右与相邻的物品和挡板（墙壁）必须保持足够的空间，如图 436 所示。

例 437. 通用变频器的通风

将多台变频器安装在同一装置或控制箱里时，为减少相互热影响，建议横向并列安装。必须上下安装时，为了使下部的热量不至于影响上部的变频器，请设置隔板等物。箱（柜）体顶部装有引风机的，其引风机的风量必须大于箱（柜）内各变频器出风量的总和。没有安装引风机的，其箱（柜）体顶部应尽量开启，无法开启时，箱（柜）体底部和顶部保留的进、出风口面积必须大于箱（柜）体各变频器端面面积的总和。且进出风口的风阻应尽量小。若将变频器安装于控制室墙上，则应保持控制室通风良好，不得封闭。

图 437 列出几种正确与错误的安装方式，以供读者鉴别和参考。

图 a、b 为正确安装方向；图 c~图 e 均属错误安装方向。

由于冷却风扇是易损品，所以变频器多采用温度开关控制，当变频器内的温度大于设定的温度时，冷却风扇运行；一旦变频器内温度小于温度开关设定的温度，冷却风扇即停止运行。

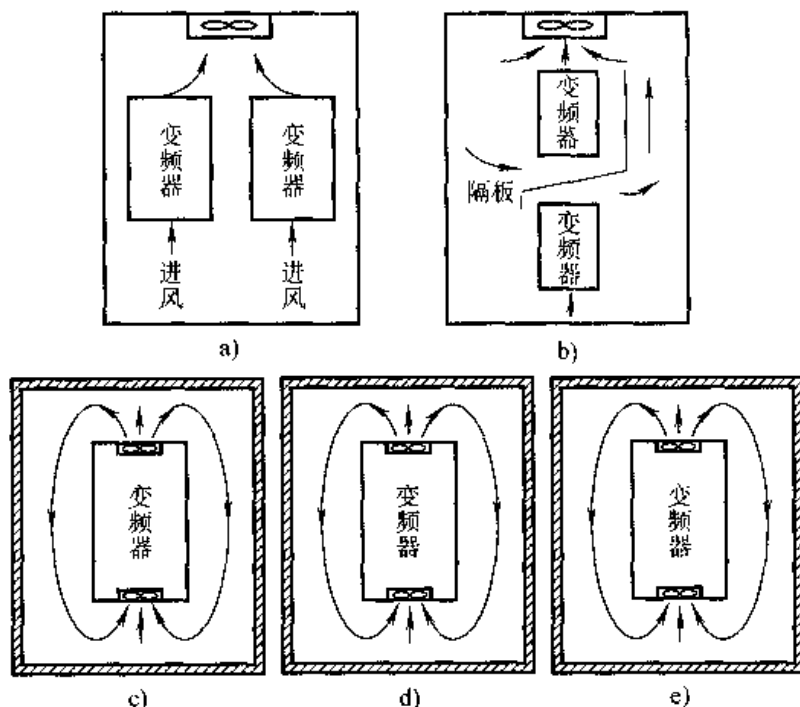


图 437 通用变频器的通风图

变频器安装场地的出风口面积必须大于各变频器箱（柜）体端面面积的总和，且要求进出风口的风阻应尽可能小。一般来说，单台变频器出风量和出风口

的面积如表 39 所示。

表 39 单台变频器出风量 and 出风口面积

规格	风量/(m ³ /min)	出风口面积/m ²
0.75~4kW	1.5	0.023
5.5~7.5kW	3	0.033
11~15kW	4	0.051

例 438. 通用变频器特殊形式的安装

特殊形式的安装方式有三种，如图 438 所示。

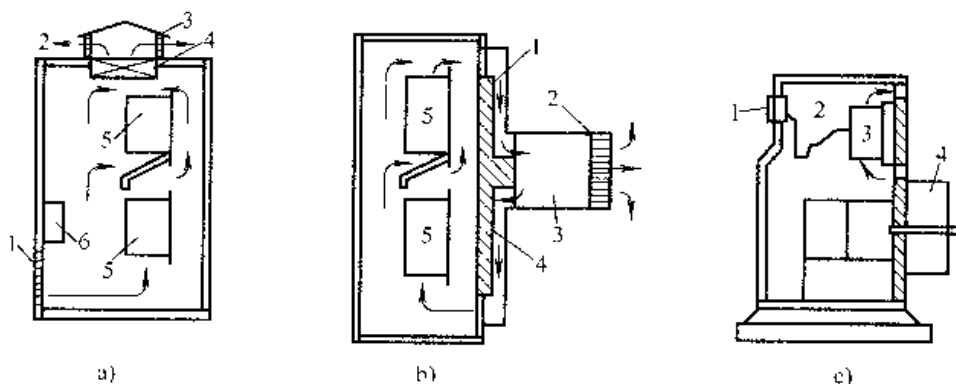


图 438 通用变频器特殊形式的安装

(1) 变频器除潮式安装

安装方法如图 a 所示。

将变频器“5”安装在电气柜或者安装在机械设备的内空腔内。在腔内，变频器垂直安装，留足散热空间，柜内下方要有进气孔“1”，上方要有排气孔“2”。进、排气孔要装上金属丝网以避免灰尘、液体和异物进入柜腔内。上方排气孔“2”要加装排气扇“4”，确保排气的气压，使空气对流畅通。柜腔内要加装除湿器或空调器“6”，以降低柜腔内的温度和湿度。变频器“5”安装在进、排气孔之间。金属丝网的目孔要细，以确保灰尘和较大的水珠不能吸入柜腔内。排气扇将冷风空气吸入，滤掉尘埃和水珠，并让热空气上升排出，造成良好的散热效果，在柜腔内形成低温、低潮环境，以确保变频器安全运行。

安装后的效果：可提高防护等级到 IP42。即能防止细小的物体和较大的灰尘进入柜内，防止机柜在 15°以内滴入液体。适用于一般纺织工厂、化学工厂、皮革制造厂、水产品加工厂厂房和其他一切湿度较大和灰尘较多的场所内使用。

(2) 变频器封闭式安装

封闭式安装方法如图 b 所示，1 为热气吸入，2 为散热器，3 为空调器，4 是

冷气排出，5 为变频器。

将变频器安装在封闭的电气柜内，或者封闭的设备内腔内。在机内，变频器垂直向上安装，留足空间。柜内下方要有进气孔，上方要有排气孔。机柜或内腔连接一部空调器，家用窗式空调或者家用分体式空调都可以。让空调器的排气孔通过风道进入柜内的下方进气孔；柜内的上方排气孔通过风道进入空调器的进气孔，以确保空调器运行时使冷空气进入柜内下方；柜内上方的热空气进入空调器进行热交换，使空气变冷后，进入新循环。空调器的热交换散热器将柜内的热量排出机外空间。柜内密封，严格除尘、防潮、防滴、防水及降温，以确保变频器在良好的封闭空间中运行。变频器安装在上下孔之间。冷空气进入，热空气上升排出，造成良好的散热效果，柜内是低温和低湿度的环境，确保变频器安全运行。

安装后的效果：可使防护等级提高到很高的水平，可使防护等级提高到 IP55 以上。即能达到防尘和防水甚至防爆（空调器必须防爆）的效果。适用于一般纺织厂、化学工厂、皮革制造厂、食品加工厂、矿山、油田和其他一切环境恶劣的场所使用。

（3）变频器分体式安装

机械设备产品中，考虑到产品的结构和装饰要求，不能将变频器直接装在设备的外部或表面，要求将变频器主体装在设备的内腔内或者装在设备的边缘空间，而将操作面板或者调速旋钮装在设备的操作面板上。根据这种要求，可以采取三种方法。

1) 目前很多进口变频器的操作键盘和变频器主体可以组合和分离。在这种情况下，我们只需将操作键盘从变频器主体上拆下，然后采用厂家所指定的专用电缆和接插件，将操作键盘与变频器主体连接，连接线的长度由用户决定，一般在 30m 以内。将变频器主体装在设备内或边缘处，将操作键盘和设备操作面板装在一起，使用方便规范。

2) 从变频器的外控制输入接口上，接入调速电位器或者调压稳压电源，同时接出运行与暂停开关或者正反转运行开关。将这些部件直接装在设备的操作面板上，将操作部件通过屏蔽导线接入变频器的外控制输入接口，将变频器装在设备内或者边缘处。这种方法既方便又实用。如图 e 所示，1 为操作键，2 为电缆，3 为变频器，4 为电动机。

例 439. 通用变频器抗外来干扰对策（一）

外来干扰是指雷电、射频等无线电信号的干扰。对外来干扰的对策，通常采用如图 439 所示，将变频器的主回路与控制回路分离，且将控制回路进行可靠接地。

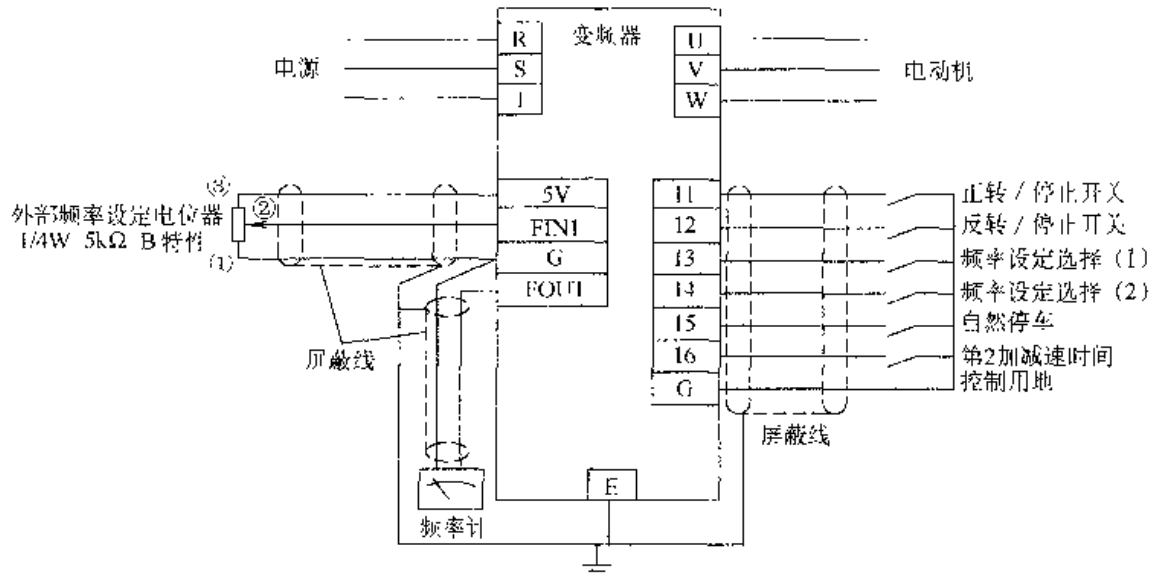


图 439 通用变频器抗外来干扰对策 (一)

例 440. 通用变频器抗外来干扰对策 (二)

在控制回路电缆较长的使用场合，周围环境中所产生的干扰就有可能从控制回路的电缆中侵入，从而使变频器误动作。这种情况下，如图 440 所示，如将电缆线在数据线滤波器（DVOP031 松下产品）上绕 2~3 圈再使用的话，将可排除干扰（数据线滤波器尽可能装在变频器附近）。

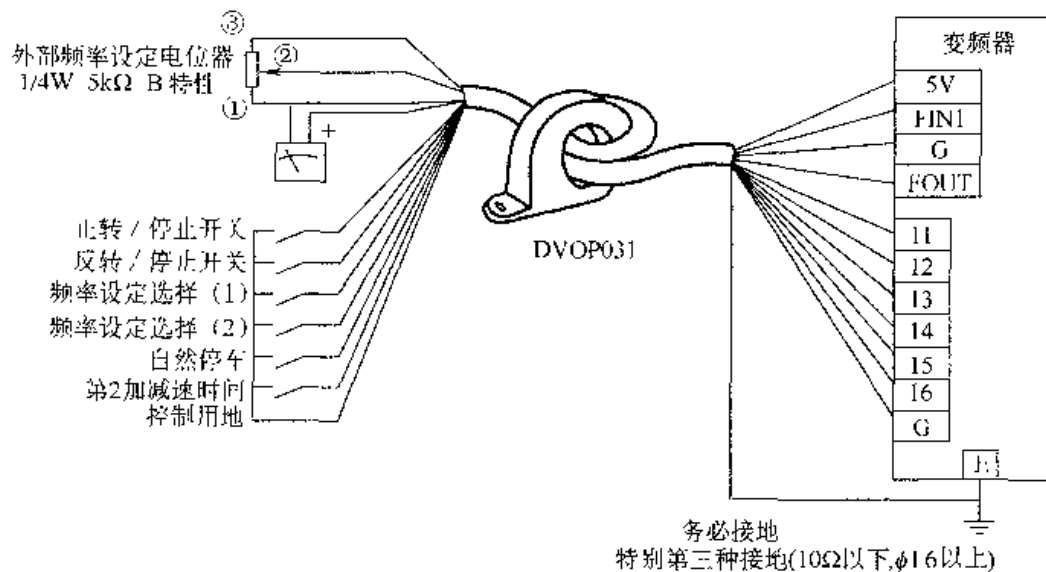


图 440 通用变频器抗外来干扰对策 (二)

例 441. 通用变频器漏电及其对策

在变频器输入，输出布线和电动机中存在分布电容，漏电流流过时，其值由分布电容量和载波频率决定，可采用以下对策。

(1) 对大地的漏电流

漏电流不仅通过变频器的自身系统，有时会通过接地线等等流向其他系统，故常采取如下措施抑制：

1) 降低电动机的载波频率。注意这样会增加电动机噪声。选择柔性—PWM 将使电动机噪声的增加不成为问题。

2) 通过在变频器自身系统和其他系统使用为高谐波、浪涌的漏电流而设计的漏电断路器（例如，三菱 Progressive Super Series），可以在低噪声下运行（提高载流频率的时候）。

3) 注意布线长度的增加将引起漏电流的增加。减小变频器的载波频率以减小漏电流。

4) 提高电动机容量将导致漏电流加大。

(2) 线间漏电流

由于在变频器输出布线间的分布电容流过的电流的高频部分，外接的热继电器有时会产生不必要的动作。400V 系列的小容量机种（特别是 7.5kW 以下），在配线较长（50m 以上）时，对应于电动机额定电流的比例会变大，因此，在外部使用的热继电器容易发生不必要的动作。线间漏电流如图 441 所示，电动机漏电参照表如表 40 所示。

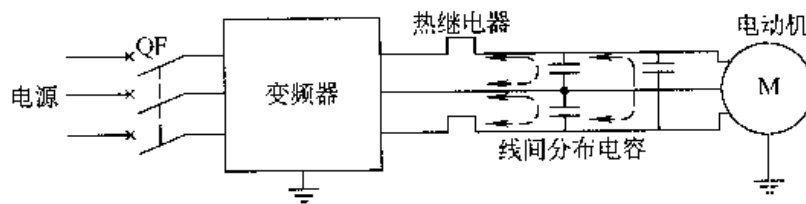


图 441 通用变频器漏电及其对策

克服线间漏电流的对策：

- 1) 使用变频器的电子过电流保护。
- 2) 降低载波频率。请注意此时电动机噪声将增大，选择柔性—PWM 将使电动机噪声的增加不会产生有害的影响。

为了保证电动机不受线间漏电流的影响，推荐使用一个温度传感器直接监测电动机温度。

表 40 电动机漏电流参照表

电动机容量 /kW	电动机额定电流 /A	漏电流/mA		电动机容量 /kW	电动机额定电流 /A	漏电流/mA	
		布线长 50m	布线长 100m			布线长 50m	布线长 100m
0.4	1.8	620	1000	3.7	12.8	880	1260
0.75	3.2	680	1060	5.5	19.4	980	1360
1.5	5.8	740	1120	7.5	25.6	1070	1450
2.2	8.1	800	1180				

注：试验条件为电动机 S1—JR—4P，载波频率为 14.5Hz，使用电缆为 2mm² 四芯橡皮绝缘电缆。

例 442. 通用变频器整流模块、逆变模块的检查

逆变模块、整流模块在检查前，拆下逆变模块、整流模块与外部连接的电源线（R、S、T）和与电动机连接的接线（U、V、W）端子，取万用表拨到 R×100Ω 档。

然后将万用表的两支表笔分别测量 R、S、T、U、V、W、P 和 N 处，交换万用表表笔、测量其导通状态，便可判断它们是否良好。整流桥模块、逆变器模块电路如图 442 所示，测得的结果如表 41 所示。

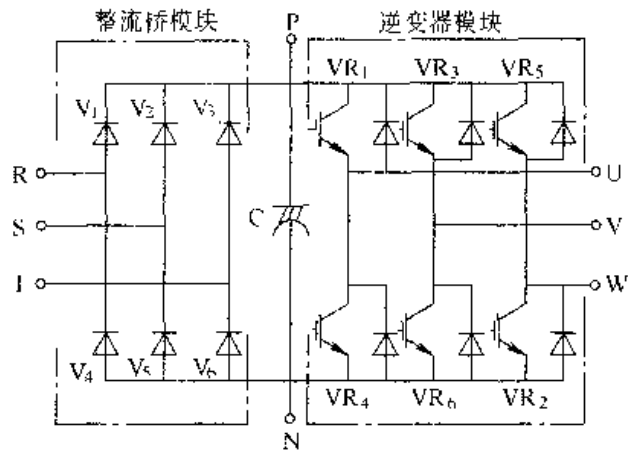


图 442 通用变频器的整流桥模块、逆变器模块电路

表 41 整流桥模块、逆变器模块测试

		万用表极性		测量值		万用表极性		测量值
		⊕	⊖			⊕	⊖	
整流桥模块	V ₁	R	P	不导通	V ₄	R	N	导通
		P	R	导通		N	R	不导通
	V ₂	S	P	不导通	V ₅	S	N	导通
		P	S	导通		N	S	不导通
	V ₃	T	P	不导通	V ₆	T	N	导通
		P	T	导通		N	T	不导通
逆变器模块	VR ₁	U	P	不导通	VR ₃	U	N	导通
		P	U	导通		N	U	不导通
	VR ₃	V	P	不导通	VR ₆	V	N	导通
		P	V	导通		N	V	不导通
	VR ₅	W	P	不导通	VR ₂	W	N	导通
		P	W	导通		N	W	不导通

例 443. 通用变频器主电路的电压、电流和功率的测量

变频器的电源侧、输出侧的电压、电流因为含有高频成分，所以测量仪表和测量回路不同，所得到的数据也是不同的。用工频仪表测量时，三相电源输入场合的连接如图 443a 所示；单相电源输入场合的连接如图 b 所示。

测量所用仪表和测量基准如表 42。

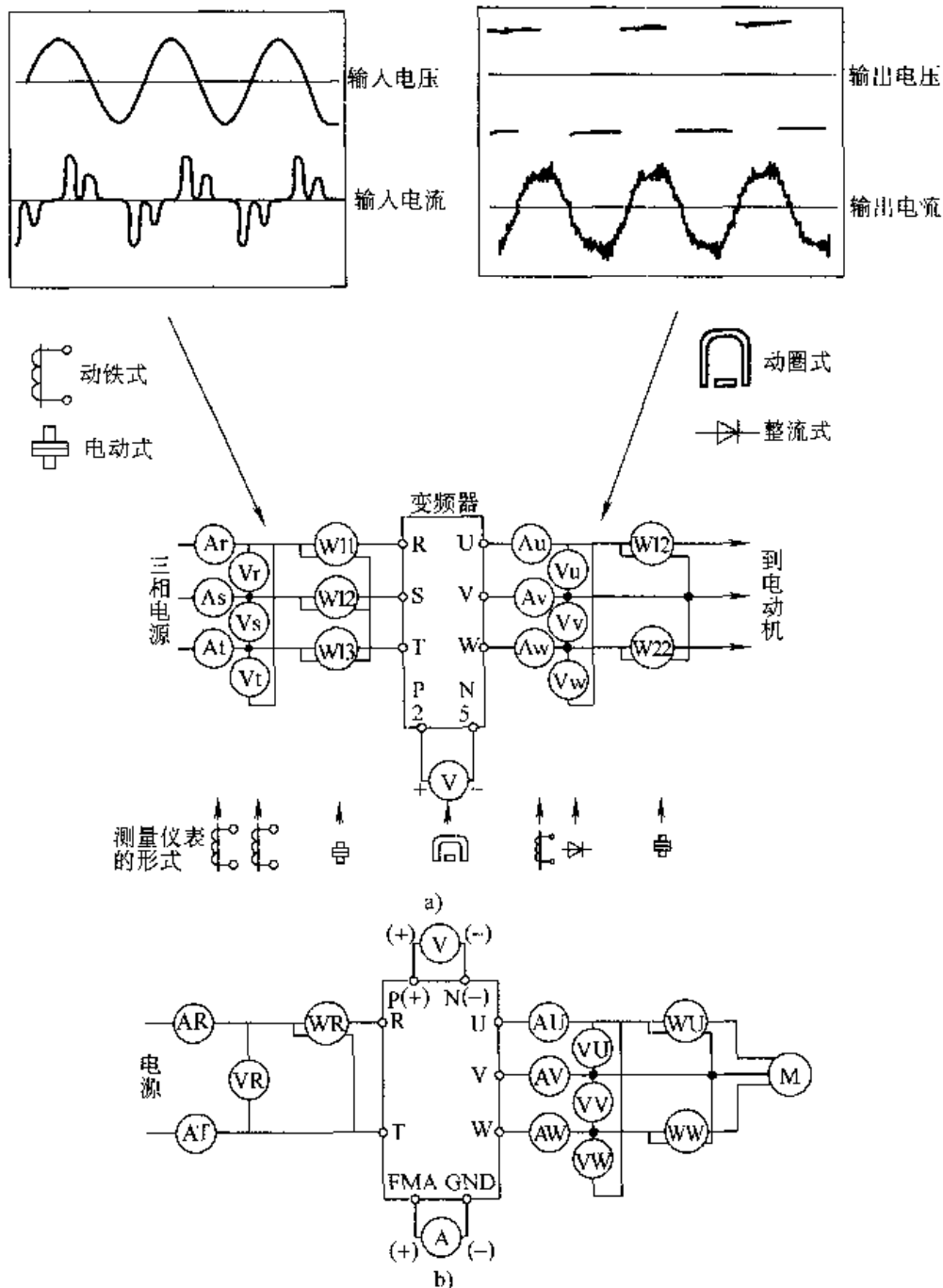
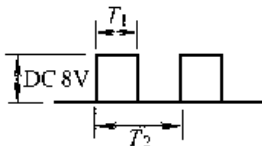


图 443 通用变频器主电路的电压、电流和功率的测量

表 42 测量仪表及基准

项 目	测量位置	测量仪器	备注(测量值的基准)		
电源电压 U_1	R—S, S—T 和 T—R 间	动铁式交流电压表	工频电源 允许交流电压波动范围内		
电源侧电流 I_1	R, S 和 T 线电流	动铁式交流电流表			
电源侧功率 P_1	R, S, T 和 R—S, S—T, T—R 间	电动式单相功率表	$P_1 = W_{11} + W_{12} + W_{13}$ (3 功率表法)		
电源侧功率因数 $\cos\varphi_1$	测量电源电压, 电源侧电流, 电源侧功率, 进行下式计算: $\cos\varphi_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} U_1 I_1} \times 100\%$				
输出侧电压 U_2	U—V, V—W 和 W—U 间	整流式, 交流电压表 ^① (不是动铁式)	各相间的差在最高输出电压的 $\pm 1\%$ 以下		
输出电流 I_2	U, V 和 W 的线电流	动铁式交流电流表 ^②	变频器的额定电流以下各相的差在 10% 以下		
输出侧功率 P_2	在 U, V, W 和 U—V, V—W 间	电动式单相功率表	$P_2 = W_{21} + W_{22}$ 2 功率表法(或 3 功率表法)		
输出侧功率因数 $\cos\varphi_2$	与电源侧的计算公式一样: $\cos\varphi_2 = \frac{P_2}{\sqrt{3} U_2 I_2} \times 100\%$				
整流桥输出	P—N 间	动圈式(万用表等)	电源灯亮 $1.35 \times U_1$ 再生制动最大 760V		
频率设定信号	2(+)-5 间 1(+)-5 间	动圈式(万用表等 内阻 50kΩ 以上)	0 至 5V/0 至 10VDC 0 至 $\pm 5V/0$ 至 $\pm 10VDC$ 4 至 20mA DC 5VDC 10VDC	“5”是公共端	
频率设定信号电源	4(+)-5 间 10(+)-5 间 10E(+)-5 间				
频率仪表信号	FM(+)-SD 间		最大频率时约为 5VDC(没频率计时) 		SD 是公共端
	AM(+)-5 间		最大频率时约为 10VDC(没有频率计时)		
起动信号 选择信号	STF, STR, RH, RM, RL, JOG, RT, AL, STOP, CS(+)-SD 间		开路时 20 至 30VDC ON 时电压: 1V 以下		
复位	RFS(+)-SD 间				
输出停止	MRS(+)-SD 间				

(续)

项 目	测量位置	测量仪器	备注(测量值的基准)
报警信号	A—C 间 B—C 间	动圈式(万用表等)	导通测量 ^③ (在 OFF 时) (在 ON 时) A—C 间:不导通 导通 B—C 间:导通 不导通

注:①因为万用表误差大,不能获得精确的值。

②当载波频率超过 5kHz 时,仪表内金属部分中产生的涡流损耗会增大,有可能烧坏,请不要使用。这时,请使用有效值表。

③当 Pr. 195 “A, B, C 端子功能选择” 设定为正逻辑时。

例 444. 通用变频器的绝缘测试

变频器的绝缘测试是指对主电路进行测试,切勿对控制电路进行绝缘测试。在对外部电路进行绝缘测试时,一定要拆除主电路的全部端子上的引线。待加到变频器端子上的测试电压稳定后,再读出绝缘电阻表上的绝缘电阻值,其阻值应大于 $1M\Omega$ 。测试方法如图 444 所示,图中示意在测试时,须将 R、S、T 和 U、V、W 端子上的引线全部拆下,并且导线按图示分别将 R、S、T 和 U、V、W 短接。

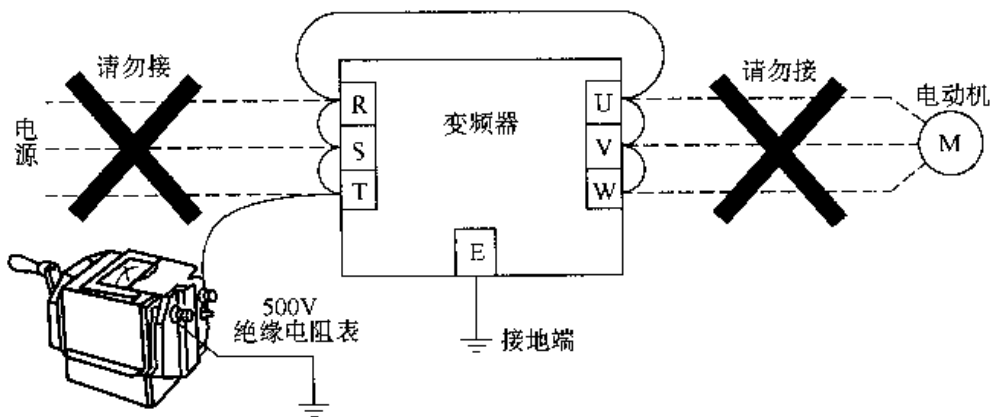


图 444 通用变频器的绝缘测试

例 445. 通用变频器用电压输入频率指令

变频器随着电子学、电力电子技术、电子计算机、自动控制技术的发展,已经进入了一个崭新的时代,应用于生产、交通、能源、军事、生活等诸多方面,取得了显著的成效。人们在变频器应用中,总结出了许许多多成功的应用范例,从这例开始的数例介绍通用变频器的应用电路,以供读者参考。

用电压输入频率指令电路如图 445 所示,设定参数 $b1-01=1$,可以从控制回路端子 A1 (电压输入) 或控制回路端子 A2 (电压/电流输入) 输入频率指令。

如果只输入主速频率指令,则在控制回路端子 A1 输入电压指令。

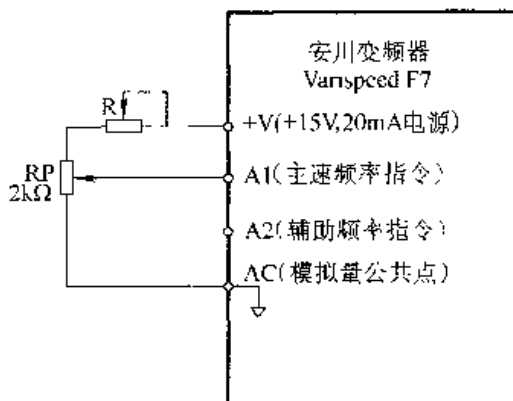


图 445 通用变频器用电压输入频率指令

例 446. 通用变频器用电流输入频率指令

设定参数 b1-01=1 (因型号不同而异, 这里是以安川 Varispeed F7 变频器为例), 可以从控制电路端子 A2 输入频率指令, 如图 446 所示。

从控制电路端子 A2 输入电流 4~20mA。从 A2 端输入 4~20mA 电流信号, 须拨动开关 S1 的“Z”向 ON 位置 (出厂设定在“ON”); 如果端子 A2 作为主速指令, 则设定参数 H3-13=1 (端子 A1/A2 切换), 端子 A2 的模拟量输入作为主速频率指令, 端子 A1 的模拟量输入作为辅助频率指令。

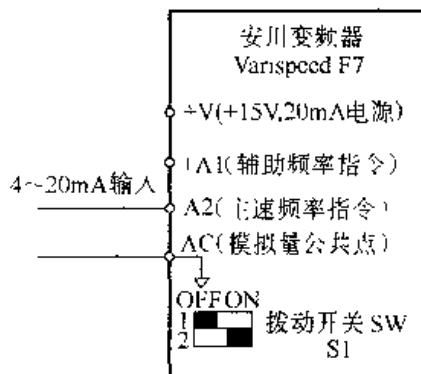


图 446 通用变频器用电流输入频率指令

例 447. 通用变频器用按钮调整频率

变频器的控制如果采用闭环自动控制, 必须将工艺参数, 如生产过程中的流量、液面、压力、温度等通过变送器、调节器转换为 4~20mA 的信号, 送至变频器的信号输入端, 才能达到变频控制的目的。频率的设定, 可以通过外接频率设定电位器的方法来实现, 接线图如图 447 所示。

在图 a 中, 运转与停止通过 FWD 和 CM 端子来实现。右边的虚线框内的 SB₁ 为启动按钮, SB₂ 为停止按钮。R_p 为手动频率设定电位器, P 为频率表, 均安装在现场操作柱面上。

R_p 的使用有其局限性。这是由于 R_p 输入的是 0~10V 的电压信号, 因而电压信号随着传输距离的延长受到干扰增大。如果安装现场与变频器距离较远, 则无法保证信号传输的准确性。在这种情况下, 频率信号可以这样来设定: 在输入

端子 X1 ~ X9 中, 任意指定某两个端子, 并设定其数据为“17” (增命令) 和“18” (减命令), 这样在运行信号 (ON) 时, 能用外部触点输入信号增/减设定频率。端子的功能如表 43 所示, 此时的接线图如图 b 所示。

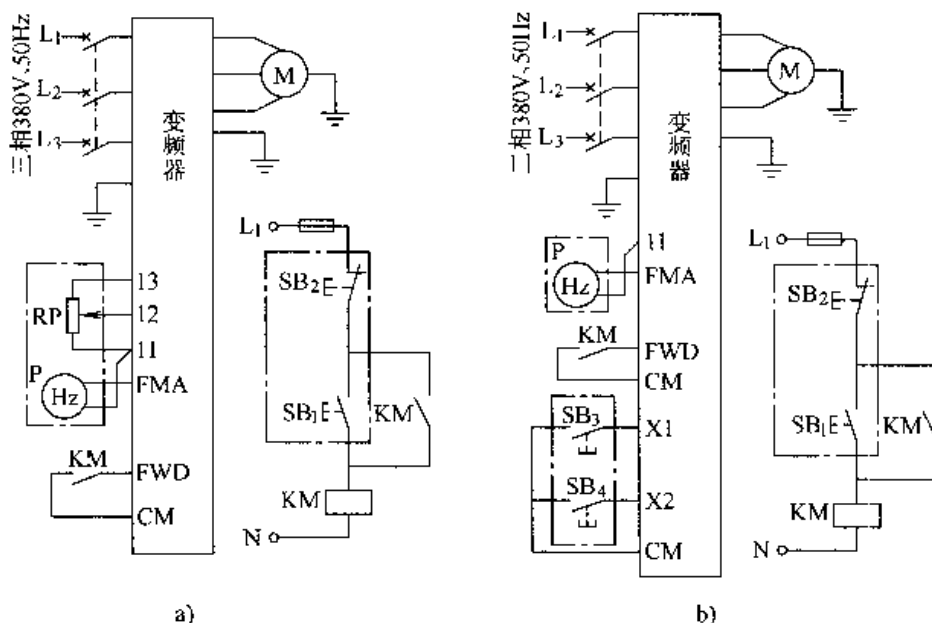


图 447 通用变频器用按钮调整频率

在图 b 中, 指定 X1 为频率增命令端子; X2 为频率减命令端子。虚线框内元件即运行和停止按钮 SB_1 、 SB_2 , 频率增减按钮 SB_3 、 SB_4 , 以及频率表 Hz 均安装在现场操作柱上。操作柱可选用专业厂家生产的防爆变频调速操作柱。使用时按住 SB_3 , 频率增加, 松开手, 频率即固定在某频率值上; 同理, 按住 SB_4 , 频率减小, 松开手, 频率即固定在另一个频率值上。这种调频方法受到的干扰影响相对于图 a 来讲要小得多。

这种手动给定频率信号的地点 (即操作柱), 可以设定在作业现场, 也可以设立在控制室。

表 43 端子功能表

设定数据的输入信号		选择功能
18	17	(运行命令 ON 时)
OFF	OFF	保持命令
OFF	ON	按加速时间增加频率
ON	OFF	按减速时间减小频率
ON	ON	保持频率

例 448. 通用变频器用交流接触器切换变频与工频

在变频器拖动系统中, 有的用户常常要求: 根据需要选用工频运行或变频运行, 此功能是可实现的。如图 448 所示为用交流接触器切换主电路。

此时, KM_1 用于将电源接至变频器 UF 的输入端; KM_2 用于将变频器的输出

端接至电动机 M；KM₃ 用于将工频电源直接接至电动机 M。因为在工频运行时，变频器不可能通过电动机的过载进行保护，所以接入了热继电器 KR，作为工频运行时的过载保护。

由于变频器的输出端 U、V、W 是绝对不允许与电源相接的，因此 KM₂ 和 KM₃ 是绝对不允许同时接通，相互之间必须有可靠的互锁。

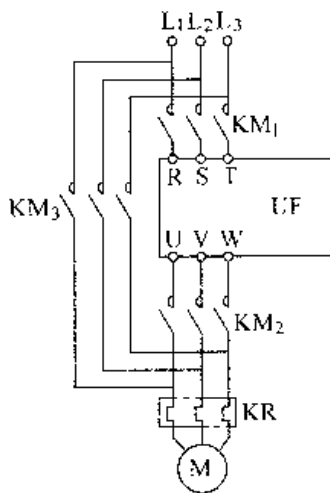


图 448 通用变频器用交流接触器切换变频与工频

例 449. 通用变频器用继电器切换变频与工频

切换电路如图 449 所示。

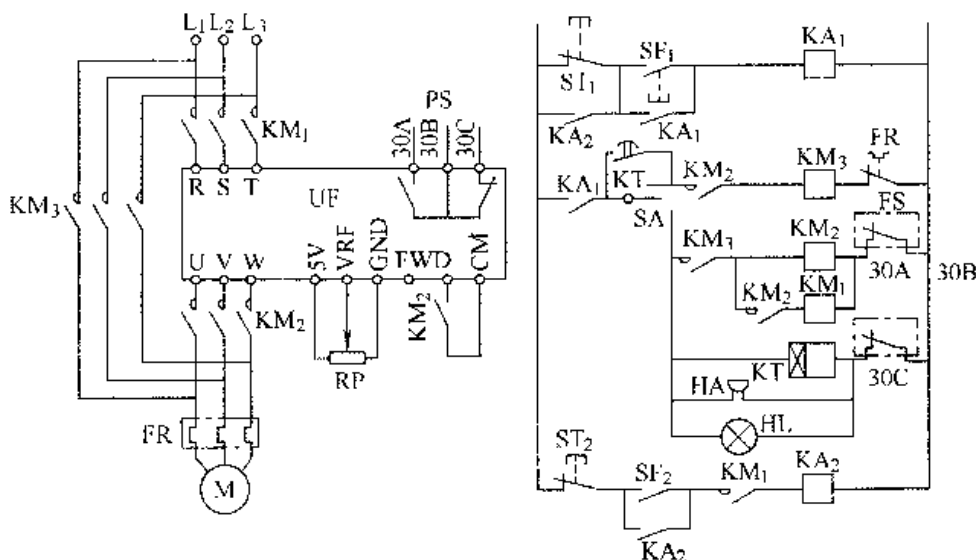


图 449 通用变频器用继电器切换变频与工频

SA 为运行方式选择开关。当 SA 拨至“工频运行”时，按下起动按钮 SF₁，中间继电器 KA₁ 吸合并自锁，KM₃ 动作，电动机 M 进入“工频运行”，按下 SF₁，

M 停转。

当 SA 拨至“变频运行”时，按动起动按钮 SF₁，KA₁ 动作并自锁，KM₂ 动作，将电动机 M 接至 UF 的输出端，随后 KM₁ 也动作，此时按下 SF₂，中间继电器 KA₂ 动作，变频器的 FWD 与 CM 接通，电动机开始升速，进入“变频运行”状态。KA₂ 动作后，停止按钮 ST₁ 失去作用，以防止直接通过切断 UF 的电源而使 M 停机。

在变频器运行过程中，如果 UF 因故障跳闸，则“30B-30A”断开，接触器 KM₂ 和 KM₁ 均断电，变频器和电源之间，以及 M 与 UF 之间都被切断；与此同时，“30B 与 30C”闭合，一方面由蜂鸣器 HA 和指示灯 HL 进行声光报警。同时，使延时继电器 KT 线圈带电，延时结束后，其触点接通，使 KM₃ 动作，M 自动进入工频运转状态。此时，操作人员应及时将 SA 旋至“工频运行”位置，声光报警停止。

在变频器运行时，如按下停止按钮 ST₂，中间继电器 KA₂ 断电，变频器的 FWD 与 CM 之间断开，M 会自动减速，终止停机。

例 450. 通用变频器用开关切换主速/辅助的二段速

切换主速/辅助的 2 段速如图 450 所示。

在控制电路端子 A1 输入主速频率指令，在 A2 输入辅助频率指令。端子 S3 (多段速指令 1) 为 OFF (关断) 时，端子 A1 是主速频率指令，端子 S3 为 ON (闭合) 时，A2 的辅助频率指令成为变频器的频率指令。

设定注意事项：如果在端子 A2 输入电压信号，则需将电压/电流切换用拨动开关 S₁ 的“2”拨到“OFF”位置（出厂设定在“ON”）。

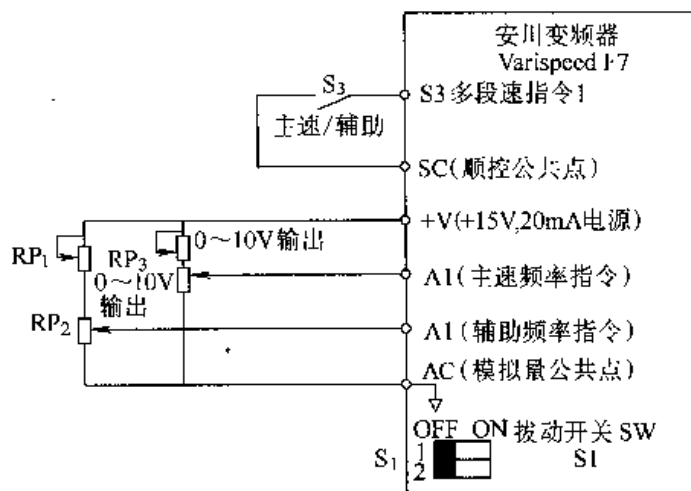


图 450 通用变频器用开关切换主速/辅助的二段速

例 451. 通用变频器采用晶体管输入信号

见图 451 所示。由于晶体管可以用很小的基流电流控制，所以可使信号传输距离增加。

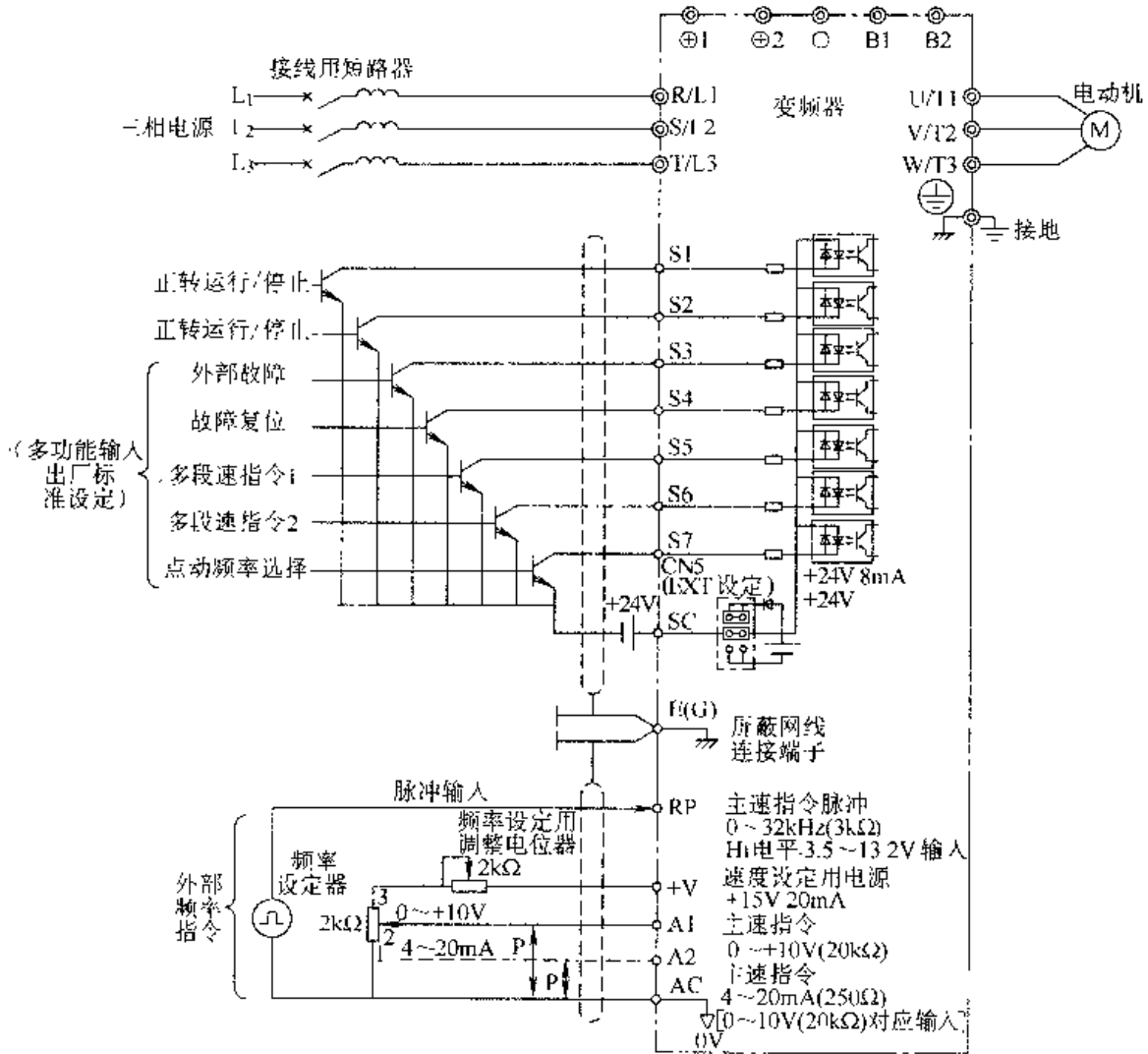


图 451 通用变频器采用晶体管输入信号

例 452. 通用变频器减速强制制动电路

为了提高减速时的制动能力，变频器采用 FR—BU 制动单元和制动电阻 FR—BR—(H)。电路如图 452 所示。

连接时，应使变频器端子 P、N 与 FR—BU 制动单元的端子的标志相同，否则会损坏变频器。对于 7.5K 以下型号的，需拆下端子 PR、PX 间的短路片。变频器、制动单元、制动电阻单元之间的布线距离应在 5m 以内；如果使用双绞线，则可限定在 10m 以内。如果制动单元内的晶体管被损坏（短路），电阻将非

常热，有导致起火的可能，因此，在变频器的电源侧安装交流接触器，以便于故障时迅速切断电源。如果电源为 400V 级（380V），则须加装变压器 T。

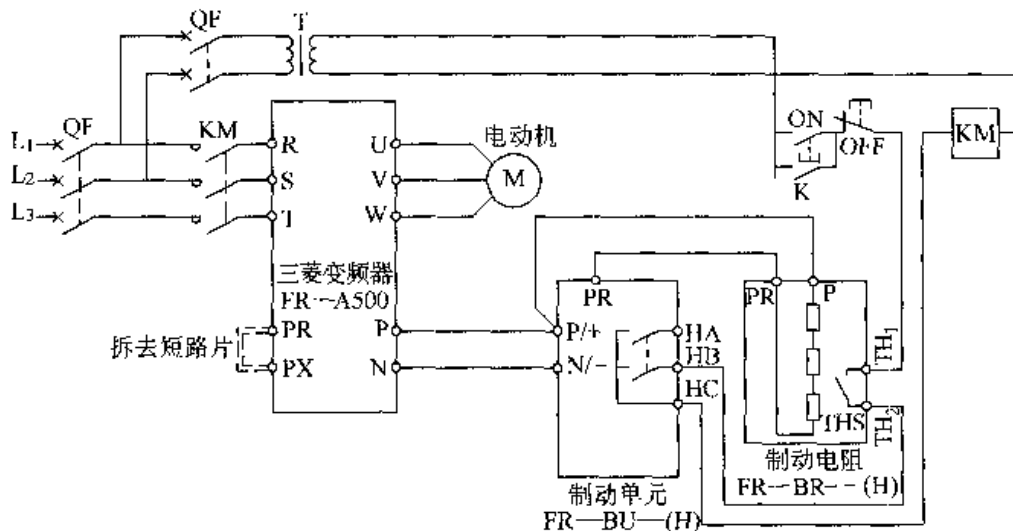


图 452 通用变频器减速强制制动电路

例 453. 通用变频器抗射频电路

输入连线、输出连线及变频器本身都会产生射频干扰，在输入、输出两侧都设置噪声滤波器，并用铁制器皿屏蔽，则可降低射频干扰。变频器与电动机的连线应尽可能地短。射频干扰措施如图 453 所示。

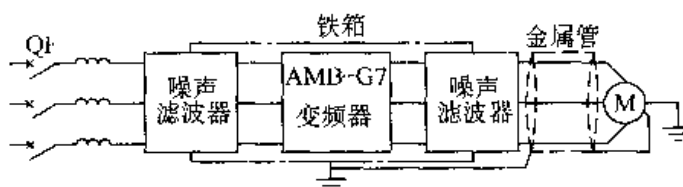


图 453 通用变频器抗射频电路

变频器与电动机间的接线距离越长，载波频率越高，其电缆上的高次谐波漏电流越大。漏电流会对变频器及其附近的设备产生不利的影晌，因此应尽量减小漏电流。变频器和电动机间的接线距离与载波频率的关系如表 44 所示。

表 44 变频器和电动机间的接线距离与载波频率的关系

变频器和电动机间的接线距离	50m 以下	100m 以下	100m 以上
载波频率	15kHz 以下	10kHz 以下	5kHz 以下
F58 功能代码	15.0	10.0	5.0

例 454. 通用变频器抗传导干扰电路

抑制输出侧发生的传导干扰，除设置噪声滤波器的方法外，还可采用将输出连线全部导入接地金属管内的方法。输出连线与信号线的间隔距离大于 30cm，传导干扰的影响也明显减小。如图 454 所示。

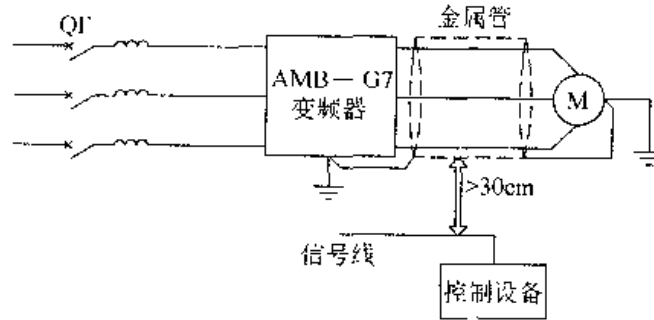


图 454 通用变频器抗传导干扰电路

例 455. 通用变频器可逆电路

有些变频器无正反转功能，只能使电动机向一个方向旋转，这时可采用图 455 所示电路实现电动机可逆运行。

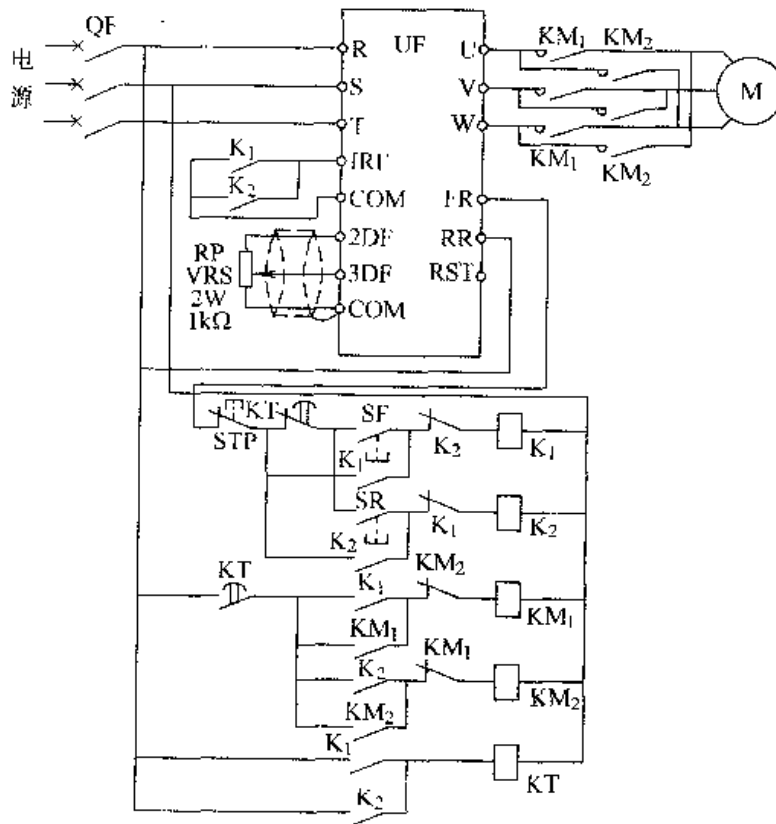


图 455 通用变频器可逆电路

图中，SF 为正转按钮，SR 为反转按钮。按动 SF，中间继电器 K_1 吸合，时间继电器 KT 进入延时工作状态。待延时结束后，KT 的瞬时闭合触点动作，使交流接触器 KM_1 动作，电动机正转。与此同时， K_1 的另一常开触点动作，接通变频器 UF 的“IRF—COM”端子（有的变频器作“FWD—CM”端子），UF 开始运行，其输出频率按预置的升速时间上升至与给定对应的数值。当按下停止按钮 STP 时， K_1 失电释放，“IRF—COM”断开，UF 输出频率按预置频率下降至 0， M_1 停机。

欲要使 M 反转，按下反转按钮 SR，其过程与上述相似。

为了防止误操作， K_1 、 K_2 互锁。

RP 为频率给定电位器，须用屏蔽线连接，COM 为公共端。时间继电器 KT 的整定时间要超过电动机停止时间或变频器的减速时间。在正转或反转运行中，不可关断接触器 KM_1 或 KM_2 。

例 456. 有正反转功能变频器的可逆电路

对于有正反转功能的变频器，可以采用继电器来构成正转、反转、外接信号，如图 456 所示。

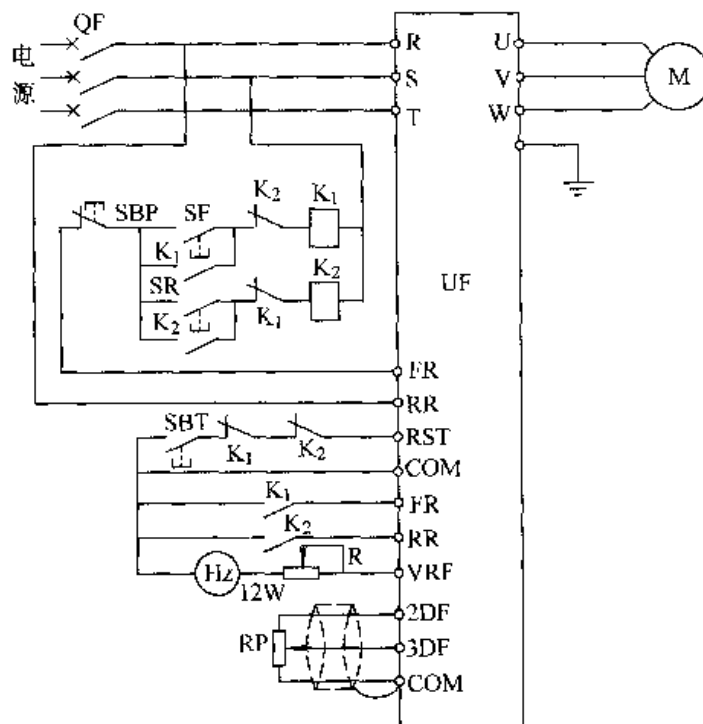


图 456 有正反转功能变频器的可逆电路

图中，SF、SR、SBP、SBT 分别为正转、反转、停止、复位按钮。Hz 为频率表，R 为校正电阻，构成频率调整回路。RP 为频率给定电位器。R 为 10kΩ 可调

电阻器，RP用2W1kΩ线绕电位器。

变频器的保护功能动作时，可关断QF，或按动复位按钮SBT使RST与COM短接进行复位。

例 457. 通用变频器用正反转指令开关控制

采用具有正反转指令开关（选用件，厂家供应）来控制变频器的正反转电路，如图 457 所示。

指令开关的结构与接线方法见图 a 的左下侧；对于 400V 系列变频器的接法如图 b 所示。HL 为指令开关中的电源指示灯。指令开关亦叫“频率给定输入切换开关”。

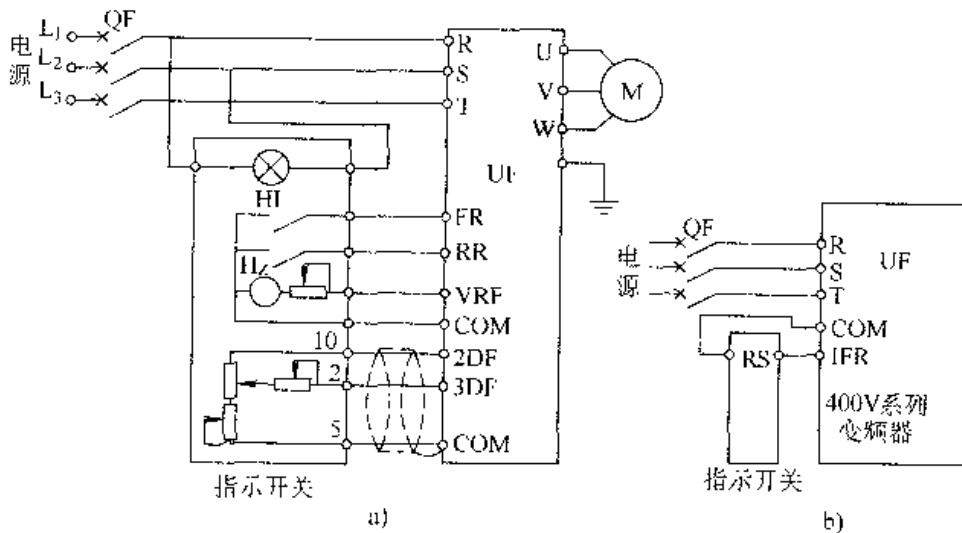


图 457 通用变频器用正反转指令开关控制

例 458. 通用变频器外接正转控制电路

水泵采用变频器调速，彻底消除了水锤效应，延长了水泵、管道和附件的寿命。所以各类水泵系统竞相应用，常见的有自来水厂或高层建筑的恒压供水系统、中央空调的恒温差（或恒温度）冷却水系统等等。在这些系统中，当所要求的流量发生较大变化需要增加或减小水泵开机台数时，或某些单位因上、下班而需要打开或关闭中央空调时，都要求变频泵水系统能够正确地开机和关机。变频泵的开机和关机，通常是采用接触器直接接通和切除变频器的电源来实现的，如图 458 所示。电路如图 a 所示。

(1) 开机过程。变频器直接接通电源时，由于其内部的各直流电路系统都有滤波电容，存在着过渡过程。严格地说，在过渡过程结束以前，变频器的作用是

有可能出现不正常状态的。但因为各直流电路的充电时间常数都极短，加以泵水系统的升速时间一般都设定得比较长，升速过程缓慢，变频器内的主控板也常常有自保护功能，故变频器接通电源后立即开始升速，一般是允许的。不过，如果条件许可的话，则在接通电源后略延时一个短时间再开始升速，则更为合理。

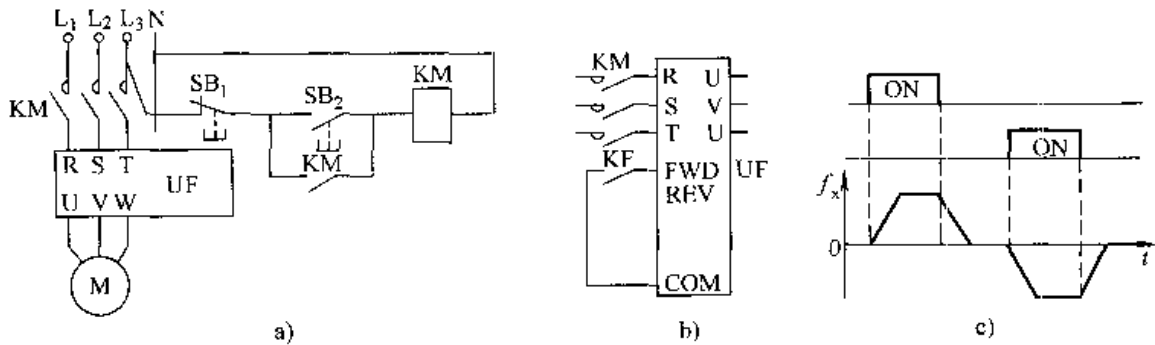


图 458 通用变频器外接正转控制电路

(2) 停机过程。停机时，如直接切断变频器的电源，则电动机将处于自由制动状态，其电磁转矩为零。而水的阻力又较大，故拖动系统将迅速停住。这将使流体动能发生急剧变化，导致水锤效应，使泵水系统的管路和附件受到损害。所以，变频泵水系统在停机时，必须遵循“先降速”、“后切断电源”的原则。

综上所述，变频器接通电源的控制应该和升降速的控制分开处理。

在变频器的外接输入控制端中，有“正向控制端”（常见的符号是 FWD）和“反向控制端”（常见的符号是 REV），如图 b 所示。它们是用来控制电动机的正转和反转的，其功能如图 c 所示。今以正向控制端为例，说明如下。

当 FWD 与公共端 COM 之间处于断开状态时，变频器的输出频率保持为 0。如果在给定频率不为 0 的情况下，将 FWD 与 COM 接通，则变频器的输出频率将按预置的“升速时间”上升至给定频率。反之，当泵水系统正在以一定转速运动时，使 FWD 与 COM 之间断开，则泵水系统的转速将按预置的“降速时间”降速，直至完全停止。

图 b 中，变频器的电源由接触器 KM 来接通或断开；而 FWD 与 COM 之间的通与断，由继电器 KF 来实现。则开机时，应先使 KM 吸合，延时 1s 后再使 KF 吸合；关机时，则先释放 KF，延时适当时间（通常可整定为略小于预置的“降速时间”）后再释放 KM。

上述控制过程可以采用 LOGO! 进行控制；也可以时钟控制，实现上、下班自动停泵、开泵。

例 459. 通用变频器用三线控制电动机

电路如图 459 所示。

采用三根电线接出正转、反转、停止三个开关 SF、SR、SBP，控制变频器，实现电动机 M 的正转、反转和停止。

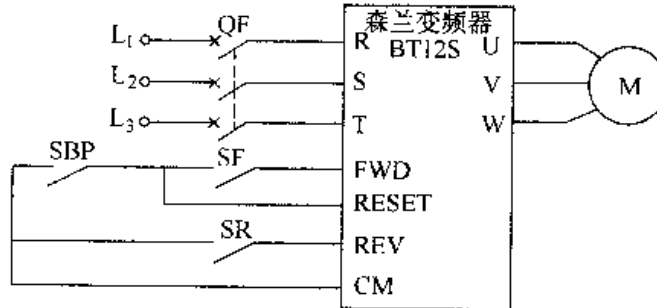


图 459 通用变频器用三线控制电动机

例 460. 通用变频器外接旋钮正转控制

我们知道，欲使变频器进入运行状态，在使用控制端子的情况下，必须将“FWD”和“CM”（正转）端子，或“REV”和“CM”（反转）端子接通。在电动机停机的状态下，如果接通“FWD”和“CM”，则变频器开始运行，其输出频率将按预置的升速时间上升至与给定信号对应的数值。在运行状态下，如果断开“FWD”和“CM”，则变频器停止运行，其输出频率按预置的降速时间下降至 0。所谓“外接正转控制电路”，就是利用变频器的上述特点，用外部开关来控制变频器调速系统的运行与停止的电路。

图 460 为外接旋钮正转控制电路。

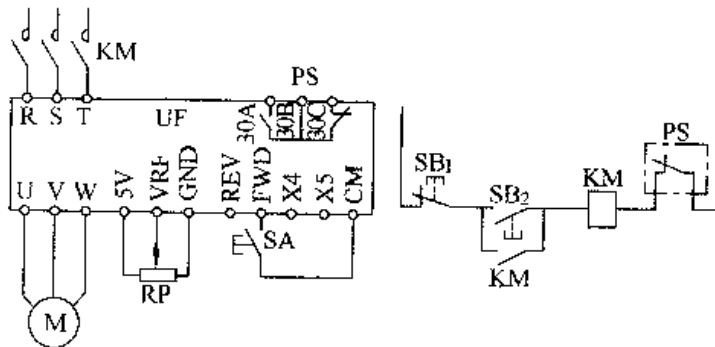


图 460 通用变频器外接旋钮正转控制

SA 为旋钮开关，接触器 KM 仅仅控制变频器的通电与断电，由起动按钮 SB₂ 和停止按钮 SB₁ 控制；PS 是变频器的跳闸信号触点。

电动机的起动和停止实质上是由旋钮 SA 来操作。此电路简单明了。存在的不足是 KM 与 SA 之间无互锁环节，难以防止有人先合 SA，再按动 SB₂ 的误操作。误操作可能使变频器内部控制电路出现紊乱，难以保证操作的准确性和可靠

性。

正确的操作方法是：开机时先合 KM，再合 SA，使电动机逐渐升速进入运行；停机时，先关断 SA，让 M 逐渐降速至 0，M 停机后才切断 KM。

例 461. 通用变频器外接继电器正转控制

电路如图 461 所示。电动机的起动与停止是由正转按钮 SF 和停止按钮 ST 来控制继电器 KA 实现的。在接触器 KM 未吸合前，KA 是不能接通的，从而防止了先接通 KA 的误操作。而当 KA 接通后，其常开触点 KA 使常闭按钮 SB₁ 失去停机作用，从而确保只有在电动机 M 先停机的情况下，才可使变频器切断电源。

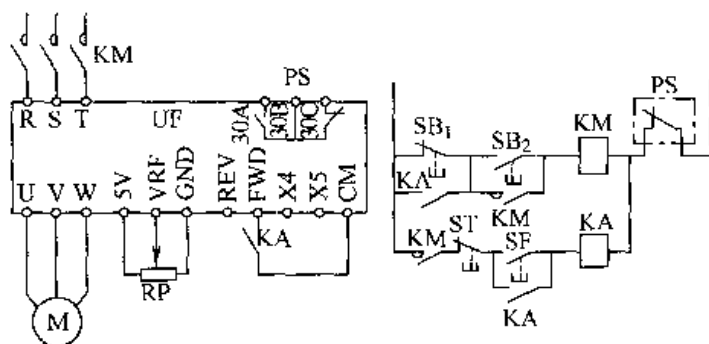


图 461 通用变频器外接继电器正转控制

例 462. 通用变频器外接 LOGO! 正转控制

采用简单可编程控制器 LOGO! 来实现变频器外接正转控制如图 462 所示。

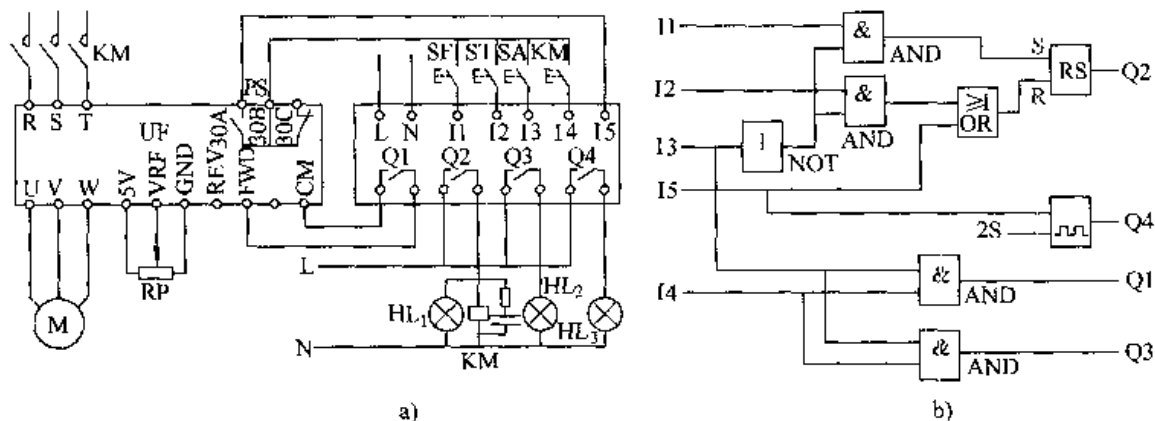


图 462 通用变频器外接 LOGO! 正转控制电路

电路如图 a 所示。按钮 SF 和 ST 控制接触器 KM，用于接通和切断变频器 UF 的电源。旋钮 SA 用于控制 UF 中的 FWD 与 CM 之间的接通与断开，从而控制电

动机的起动和停止。指示灯 HL_1 表示变频器电源接通； HL_2 表示电动机运行； HL_3 表示变频器发生故障。

LOGO! 的功能模块图见图 b，说明如下：

(1) 输出端 Q2 (控制 KM)。由 RS 触发器控制，S 端使 Q₂ 接通，R 端使 Q₂ 复位。S 端主要由 I1 控制，但前提是 I3 端必须处于无信号状态 (SA 必须在断开状态)。所以，其逻辑关系是

$$S = I1 \cdot \square_3$$

式中，“·”是逻辑与 (AND)，LOGO! 中的符号是“&”； \square_3 是 I3 的逻辑非 (NOT)，LOGO! 中的符号是“!”。

上式说明：当 $I1 = 1$ (按下 SF，I1 有信号)、 $I3 = 0$ (SA 未接通，I3 无信号， $\square_3 = 1$) 时， $S = 1$ (S 端处于高电位)，RS 触发器的输出端置“1” (即输出端为高电位)，输出继电器 Q2 接通。

R 端主要由 I2 控制，前提也是 I3 端必须处于无信号状态 (SA 必须在断开状态)。除此以外，如果 I5 有信号 (变频器发生故障)，R 端也必须有信号。所以，其逻辑关系是

$$R = I2 \cdot \square_3 + I5$$

式中，“+”是逻辑或 (OR)，LOGO! 中的符号是“≥1”。

上式说明，当 $I2 = 1$ (按下 ST，I2 有信号)、 $I3 = 0$ (SA 未接通，I3 无信号， $\square_3 = 1$) 时， $R = 1$ (R 端处于高电位)，RS 触发器的输出端置“0” (输出端为低电位)，输出继电器 Q2 复位 (断开)。

此外，如果 $I5 = 1$ ，则 $R = 1$ ，Q2 复位。

(2) 输出端 Q1 (控制变频器的 FWD 端)。主要由 I3 控制，但前提是 I4 已经有信号 (KM 已经接通)，故逻辑关系是

$$Q1 = I3 \cdot I4$$

即当 $I3 = 1$ ， $I4 = 1$ 时， $Q1 = 1$ ，使变频器开始运行。

(3) 输出端 Q3 (控制指示灯 HL_2)。逻辑关系与 Q1 完全相同，只是因为 HL_2 和 FWD 的工作电压不同，不能同时由 Q1 控制，故由 Q3 控制。

(4) 输出端 Q4 (控制指示灯 HL_3)。由 I5 和一个对称时钟脉冲发生器来控制。以达到当变频器发生故障时， HL_3 将闪烁报警的目的。

图 b 所示为功能模块图，可以运用 LOGO! 自身面板上的按键进行编程。有关 LOGO! 及其使用方法可参阅本书附录 F。

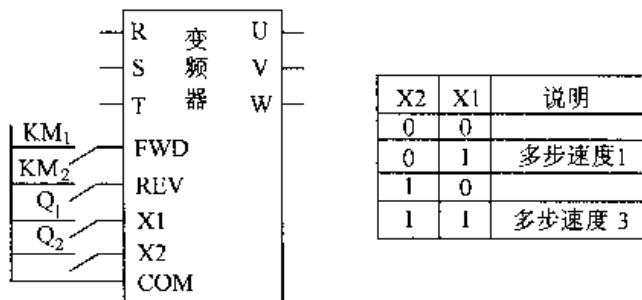
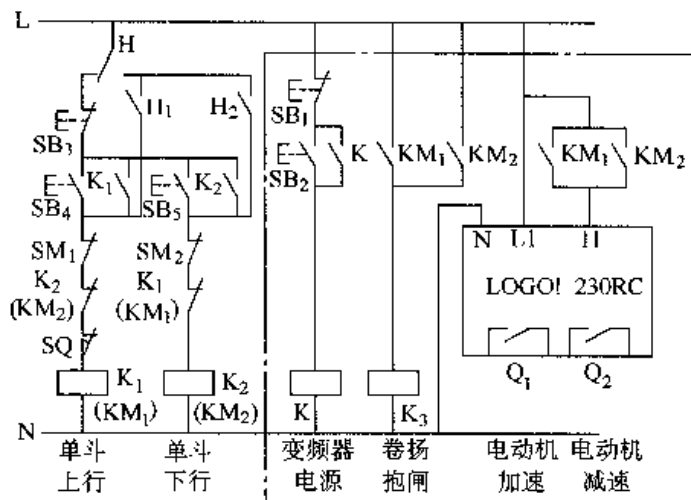
例 463. 通用变频器外接 LOGO! 控制卷扬机

以前，某公司气烧车间的 3 台气烧石灰窑单斗卷扬电动机的变频调整控制，

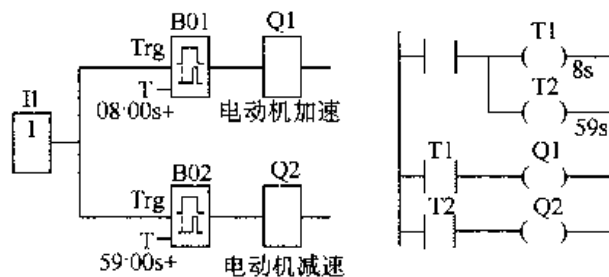
是通过安置于卷扬斜桥上的限位开关或接近开关发出的信号来实现的。由于弥漫于空中的石灰粉、CO 和潮湿的空气，使限位器的触头会很快生成氧化层而接触不良。现采用西门子公司的超小型可编程序控制器 LOGO! 对电动机变频调速控制，克服了上述弊端。下面介绍 LOGO! 在电动机变频调速控制上的应用。

(1) LOGO! 控制原理

单斗卷扬电动机变频调速电气控制原理如图 463a 所示。图中：H、H₁、H₂ 在卷扬机处于自动运行状态时，LOGO! 发出电动机运行或停止信号；SM₁、SM₂ 为主令控制器触点；SQ 为上行控制系统失效时让卷扬电动机强制停止运行的限位开关。



a)



b)

图 463 通用变频器外接 LOGO! 控制卷扬机

图中虚线框外部分是原单斗卷扬电动机在工频下运行的控制电路，在该技改项目中给予保留，仅仅将接触器 K_1 、 K_2 改成中间继电器 KM_1 、 KM_2 ；虚线框内部分是该技改项目中增加的控制电路。

(2) LOGO! 的接通延时顺序

LOGO! 的接通延时顺序图如图 b 所示。气烧窑单斗卷扬电动机在工频下启动运行，将单斗从坑底拉到窑顶，或从窑顶送到坑底，一个单行程历时 62s。将电动机定于 25Hz 为起动频率，8s 后，电动机运行频率从 25Hz 上升到 50Hz，59s 后，电动机运行频率降到 30Hz，最后由主令控制器断开触点，电动机停止运行，一个单行程历时 70s。用于控制变频调速的两个时段：8s 和 59s 由 LOGO! 接通延时输出控制。

(3) 效果

由 LOGO! 控制的单斗卷扬机变频调速控制系统投入运行后，情况良好，延时接通非常稳定。

例 464. 通用变频器远距离操作电路

当变频器与操作地点较远时，会降低频率给定信号电压，使电流微弱，而且非常容易受到外来的干扰。此时可按图 464 所示电路采用“远操作盘”（选用件）。

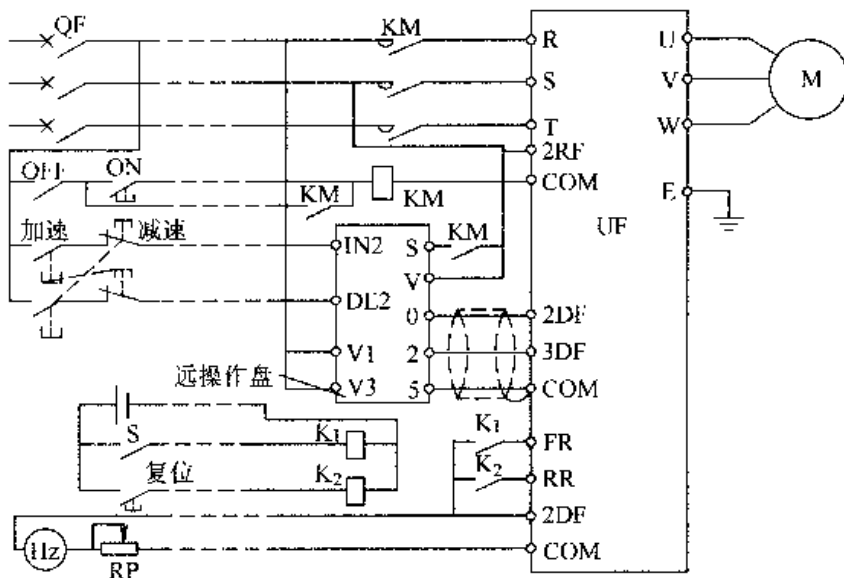


图 464 通用变频器远距离操作电路

选用件设置在变频器附近；加速、减速、OFF、ON、复位等按钮，以及启动开关 S、频率表 Hz 可引至操作现场。引线可采用塑料绞合线或屏蔽线。

例 465. 通用变频器给单相电动机调速

单相电动机一般不用通用变频器调速。如要使用，可将单相 220V 输入、三相输出的变频器的三个输出端子 (U、V、W)，接出任意两端，输出单相变频调速电源。在输出端上串一个足够电感量的电感，用于隔离单相电动机电容对变频器的危害作用（同时对变频器的高频载波起到一定的滤波作用），并保护电动机电容。电路如图 465 所示。此电路

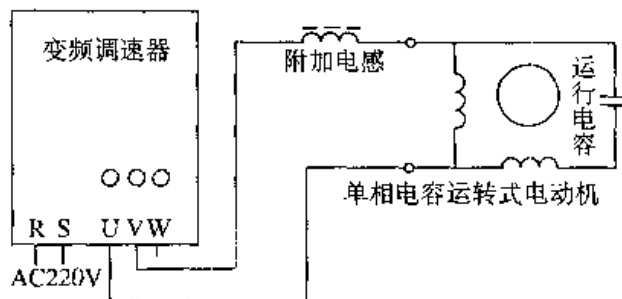


图 465 通用变频器给单相电动机调速

只适用小功率单相电容运转式和罩极式电动机，不适用于带离心开关的单相电动机。

采用此种方法要谨慎，要选配变频器的输出电压与单相电动机的输入电压相匹配。变频器要留有足够的容量（应比电动机的使用功率大三倍）。串联的电感要有足够的电感量和通过电流的流量，电感的磁性材料应与变频器的载波频率相匹配。

例 466. 通用变频器给去掉电容器的单相电动机调速

如图 466 所示，将单相电容运转式电动机的电容拆除，应用单相 220V 输入三相输出的变频器，将电动机主绕组端子和副绕组端子以及公共端子接到变频器三个输出端子 (U、V、W) 上。这时，电动机主绕组与副绕组的相位差为 120° ，若是单相电动机的主绕组与副绕组特性相近，此 120° 移相可以使电动机正常运行。但此时的转矩特性曲线要重新设定。此种方法仅适用于部分单相电动机，对某些电动机此方法无效，所以要通过试验确定。

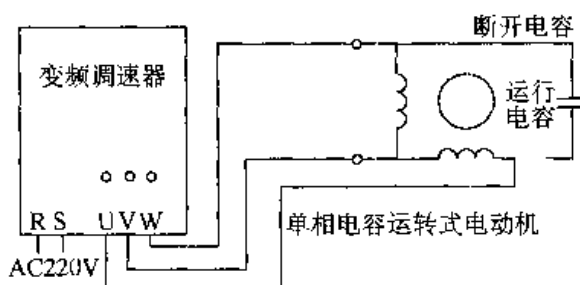


图 466 通用变频器给去掉电容器的单相电动机调速

例 467. 通用变频器给单相改双相电动机变频调速

拆除单相电容运转式或单相电容起动式电动机上的电容器（离心起动开关也拆下），再把单相电动机的主绕组和副绕组按图 467 接入变频器调速。

变频器对主绕组和副绕组分别进行变频变压控制，副绕组超前主绕组 90° ，使电动机保持圆形旋转磁场。电动机起动或运行中的转矩大小由主绕组和副绕组

变频装置中的等效电压确定。此方法是单相电动机应用变频器的最佳方案。但此法由于采用八路功率器件，因此成本较高。

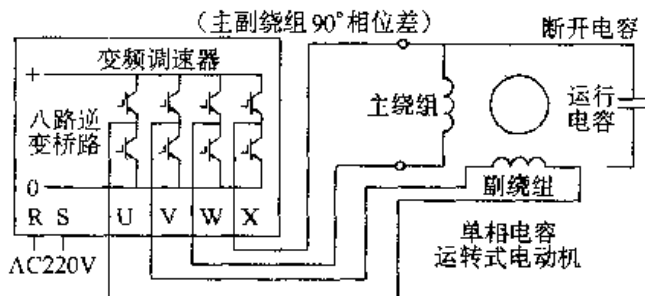


图 467 通用变频器给单相改双相电动机变频调速电路

例 468. 森兰 SB20S 变频器单相基本接线

森兰 SB20 系列变频器是成都希望森兰变频器制造有限公司的产品。“森兰变频器——中国变频技术专家”，已成为业界有识之士的共识。

电路如图 468 所示。所谓基本接法，即常说的典型应用电路，指一台变频器控制一台电动机。

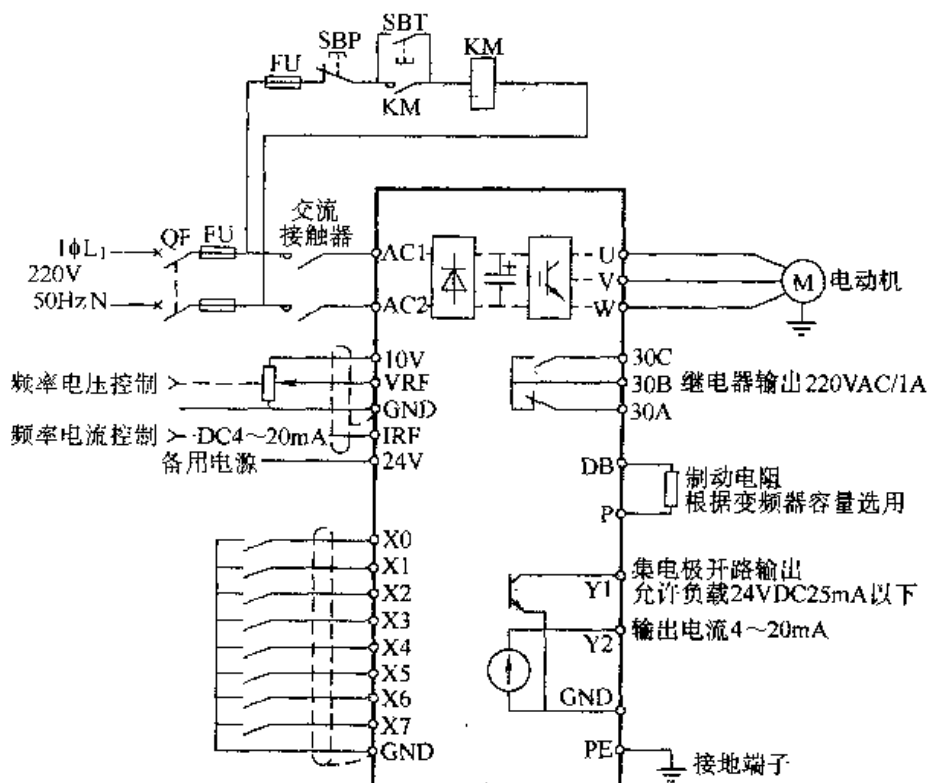


图 468 森兰 SB20S 变频器单相基本接线

例 469. 森兰 SB20T 变频器三相基本接线
电路如图 469 所示。

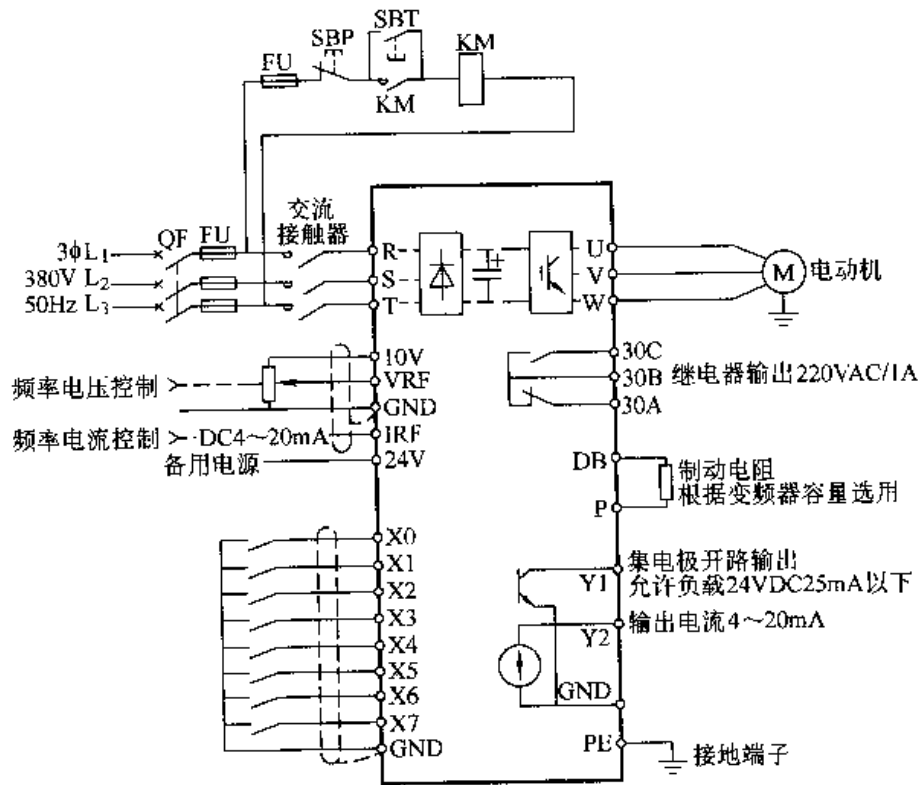


图 469 森兰 SB20T 变频器三相基本接法

例 470. 森兰 BT40 变频器典型应用电路

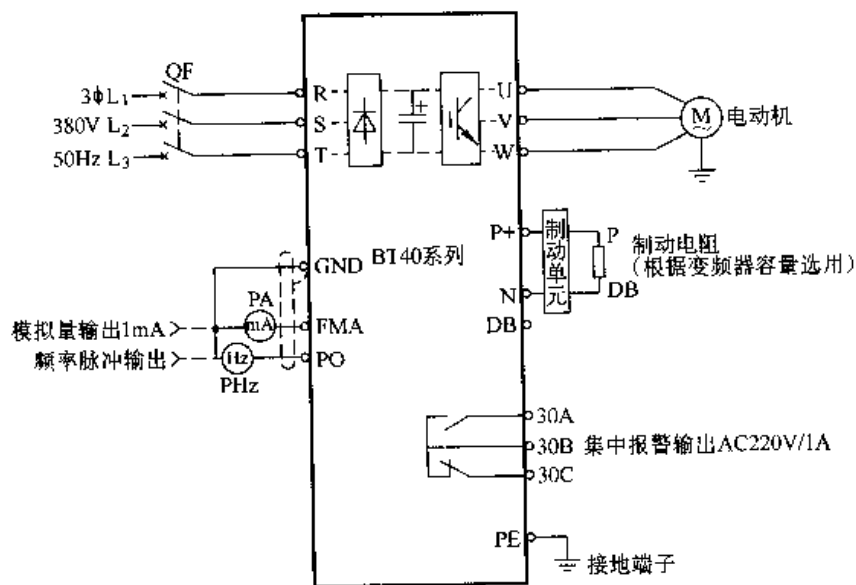


图 470 森兰 BT40 变频器典型应用电路

森兰 BT40 属 IPM、IGBT 高性能数字式变频调速器，是成都希望森兰变频器制造有限公司的产品。适用于对普通三相异步电动机进行变频调速驱动，它由高性能微处理器控制，功能齐全，操作简便。

森兰 BT40 典型应用如图 470 所示。

例 471. 森兰 BT40 用外部信号运行

电路如图 471 所示。外部运转 REV、FWD 表示运行/停止与运转方向，当同时闭合时无效。

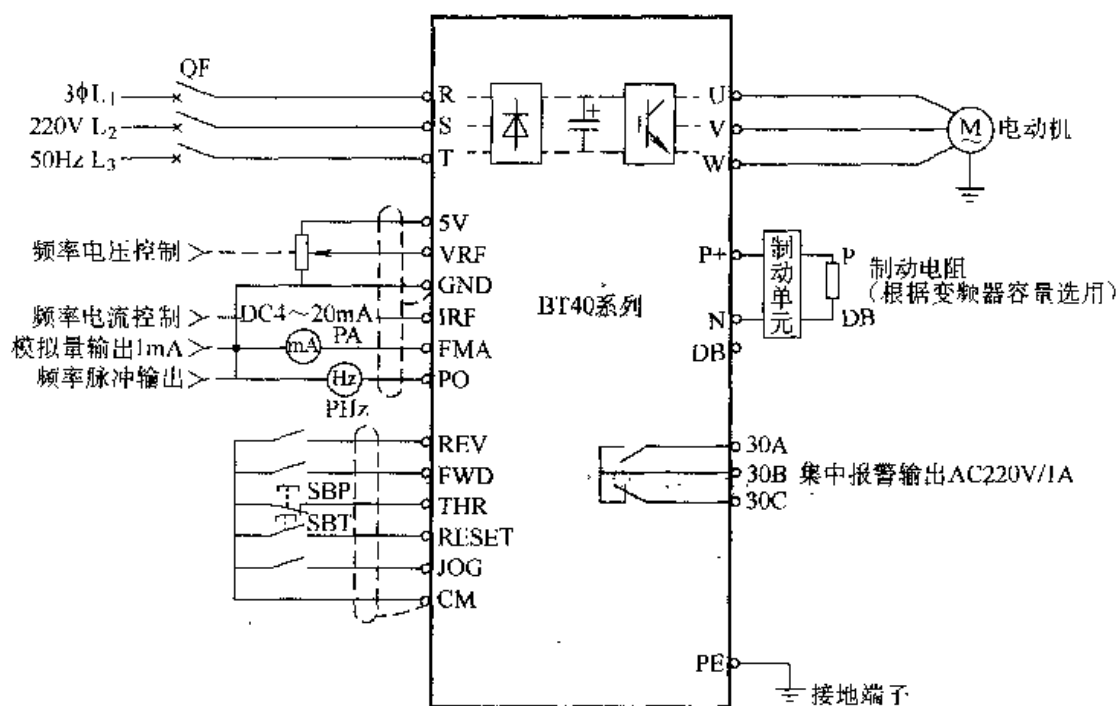


图 471 森兰 BT40 用外部信号运行

例 472. 森兰 BT40 多段速度运行

电路如图 472 所示。X1、X2、X3 的 ON/OFF 状态决定最多八段速度运行。X4、X5 的 ON/OFF 状态决定最多四段加速及减速时间。

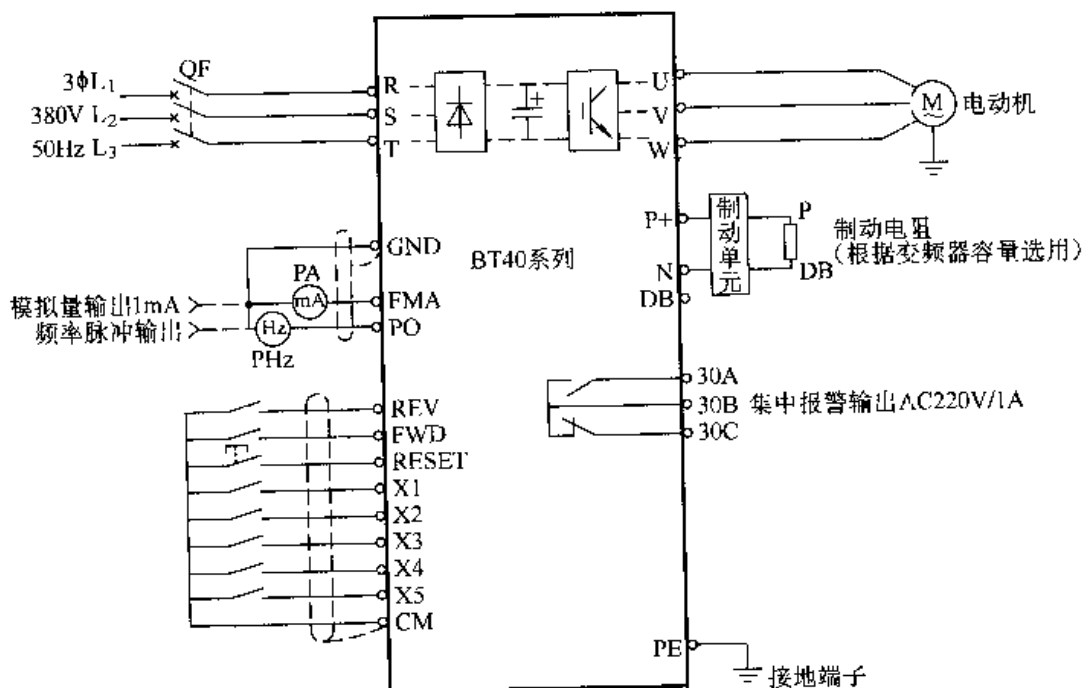


图 472 森兰 BT40 多段速度运行

例 473. 森兰 BT40 多台电动机并联运行

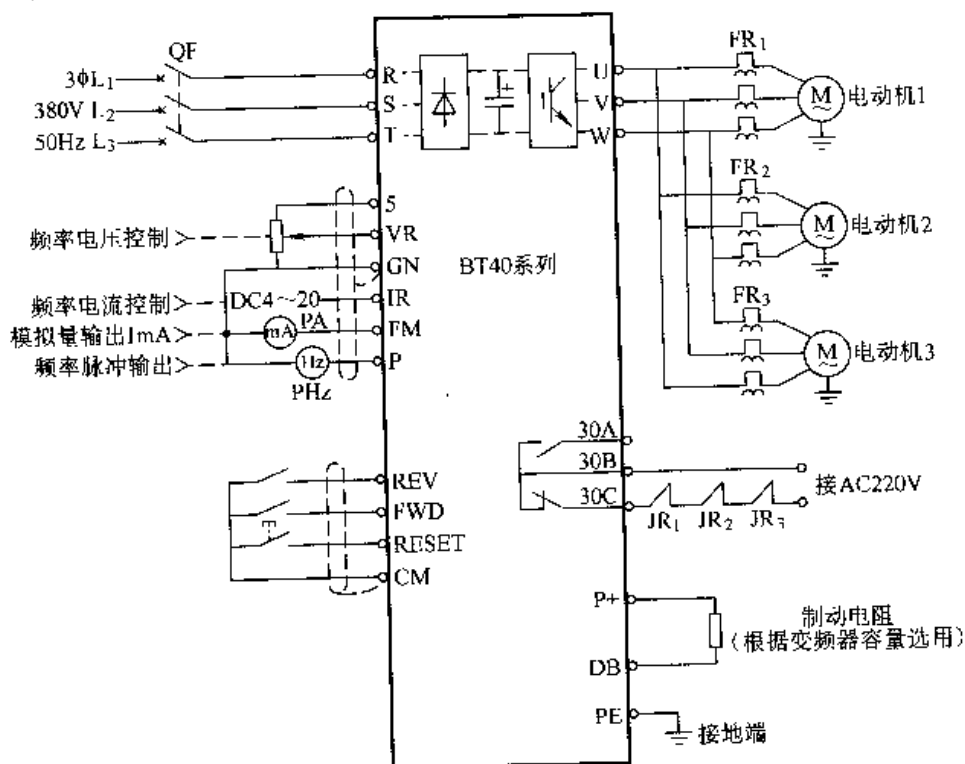


图 473 森兰 BT40 多台电动机并联运行

电路如图 473 所示。本例中，每台电动机均采用温度继电器（热继电器 FR 进行过载保护），不宜采用电子保护器。每台电动机功率可以不相等。

例 474. 森兰 BT40 步进运行及点动运行

电路如图 474 所示。这例电动机未运行时点动有效。

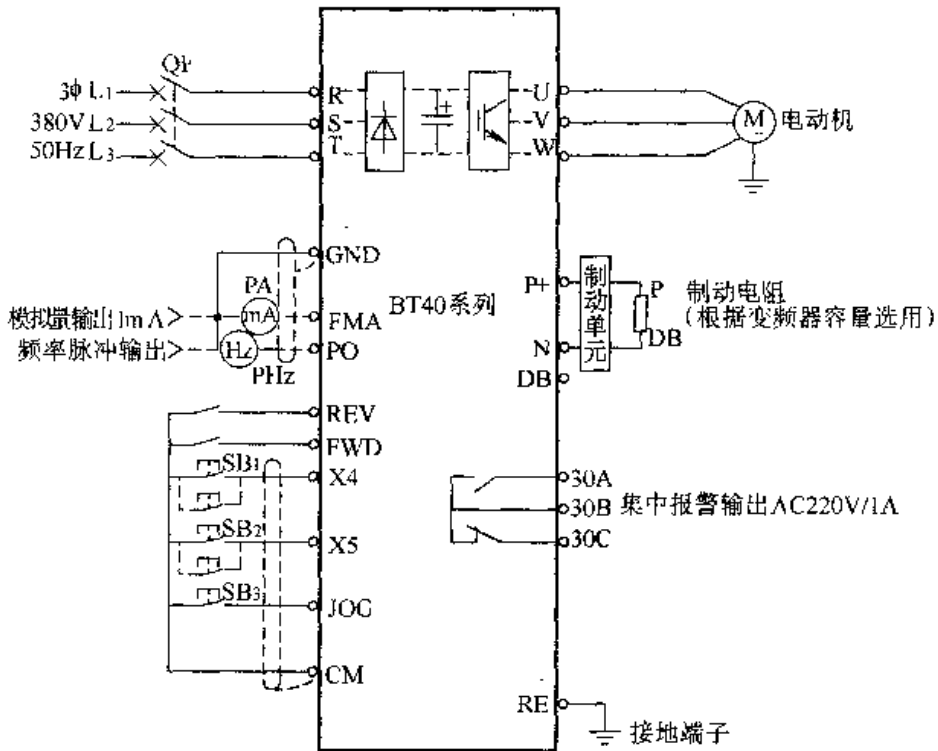


图 474 森兰 BT40 步进运行及点动运行

运行/停止由 REV、FWD 端子的状态（即开关）来控制。其中，REV、FWD 表示运行/停止与运转方向，当它们同时闭合时无效。

转速上升/转速下降可通过并联开关来实现在不同的地点控制同一台电动机运行。由 X4、X5（见例 472）的状态（开关）确定，虚线即为设在不同地点的控制开关。

点动操作：由 SB₃ 执行。

例 475. 森兰 BT40 多台比例连动

电路如图 475 所示。主机输出频率由频率设定电位器 RP 设定。各变频器输出频率可由功能代码 F27 设定。在较高精度运用时，从机速度可由功能代码 F28、F29 配合调整。

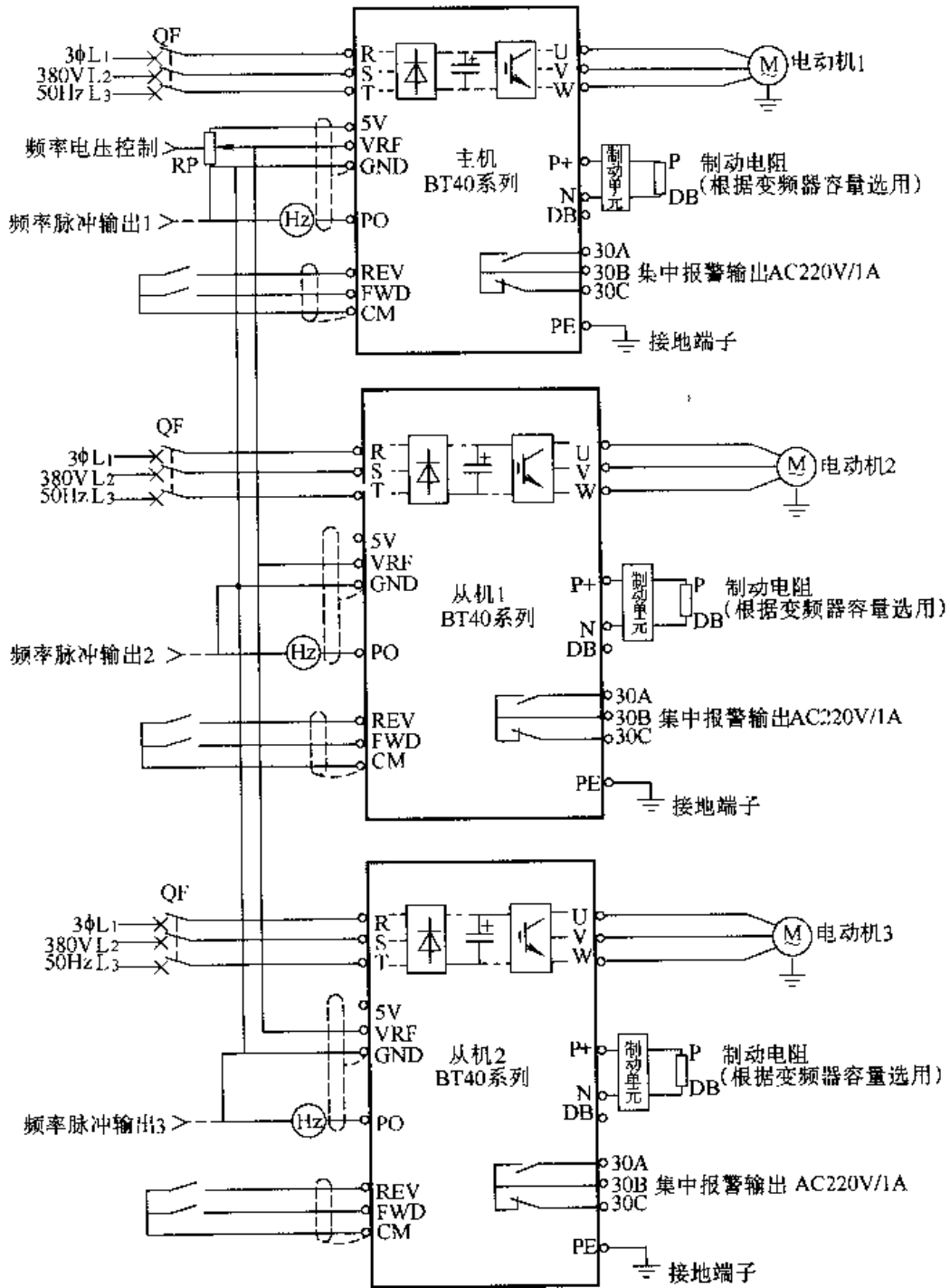


图 475 森兰 BT40 多台比例连动

例 476. 森兰 BT40 工频/变频切换运行

电路如图 476 所示。SA 为工频/变频转换开关；SBT、SBP 分别为工频供电时的起动按钮和停止按钮。停车方式设为自由停车状态。

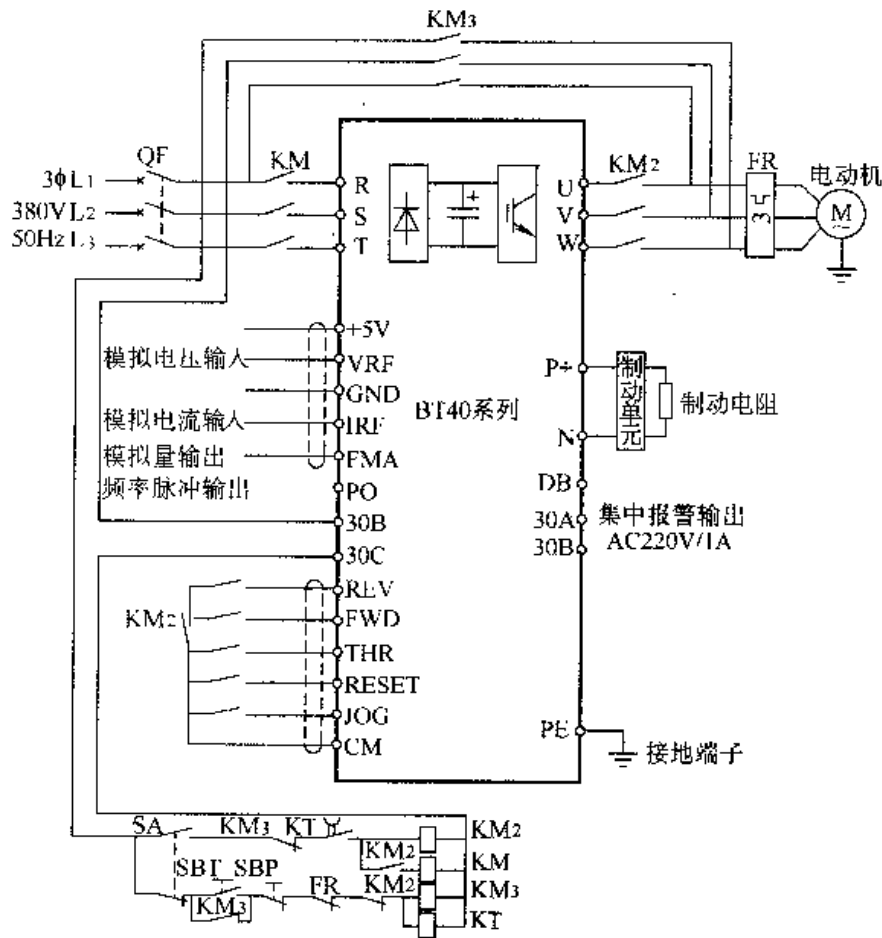


图 476 森兰 BT40 工频/变频切换运行

例 477. 森兰 SB60 变频器典型应用电路

森兰 SB60 全能王矢量控制型交流电动机变频器系列产品是成都希望森兰变频器制造有限公司全新推出的新一代高性能数字式产品。该产品应用了无速度传感矢量控制技术和拟超导技术，变频器力矩特性有重大突破，超力矩控制技术处于世界先进水平，把我国变频技术研究、产品设计及生产水平提升到与国际变频调速产品发展同步的水平。森兰变频器顺利通过德国莱茵 TV 的 CE 认证，为自己走出国门、向国际品牌迈进打下了坚实的基础。

SB60 典型应用电路如图 477 所示。

由图可以看出，实际应用中需注意以下两点：

(1) 变频器出厂时 P1、P+ 之间短接片，在需要提高功率因数时，去掉短接片，在 P1、P+ 之间接直流电抗器。

(2) R、S、T、U、V、W、P1、P+、DB、PE 为主回路端子，其余为控制回路端子。

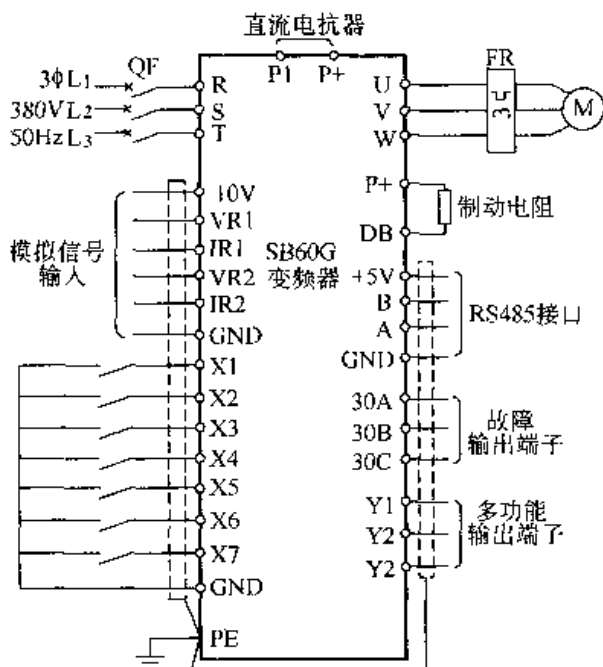


图 477 森兰 SB60 变频器典型应用电路图

例 478. 森兰 BT12S 作通用变频器的接法

森兰 BT12S 系列变频器是成都希望森兰变频器制造有限公司的产品，属 IPM、IGBT 高性能风机、水泵专用数字式变频器，亦可作通用变频器使用。

作通用变频器的电路如图 478 所示。变频器使用注意事项如下：

- (1) 输入电源必须接到端子 R、S、T 上，若接错，会损坏变频器。
- (2) 为了防止触电、火灾等灾害和降低噪声，必须连接接地端子（PE）。
- (3) 端子和导线的连接，请使用接触性好的压接端子。
- (4) 配完线后，请再次检查接线是否正确，有无漏接，端子和导线是否短路或接地。
- (5) 通电后，需要改接线时，即使已关断电源，主电路直流端子滤波电容器放电也需要时间，所以很危险，应等充电指示灯熄灭后，用万用表确认直流电压降到安全电压（DC36V 以下）后再作业。
- (6) Y 接法电动机的中性点绝不可接地。
- (7) 数台变频器共同接地时，勿形成接地回路，参见图 b。

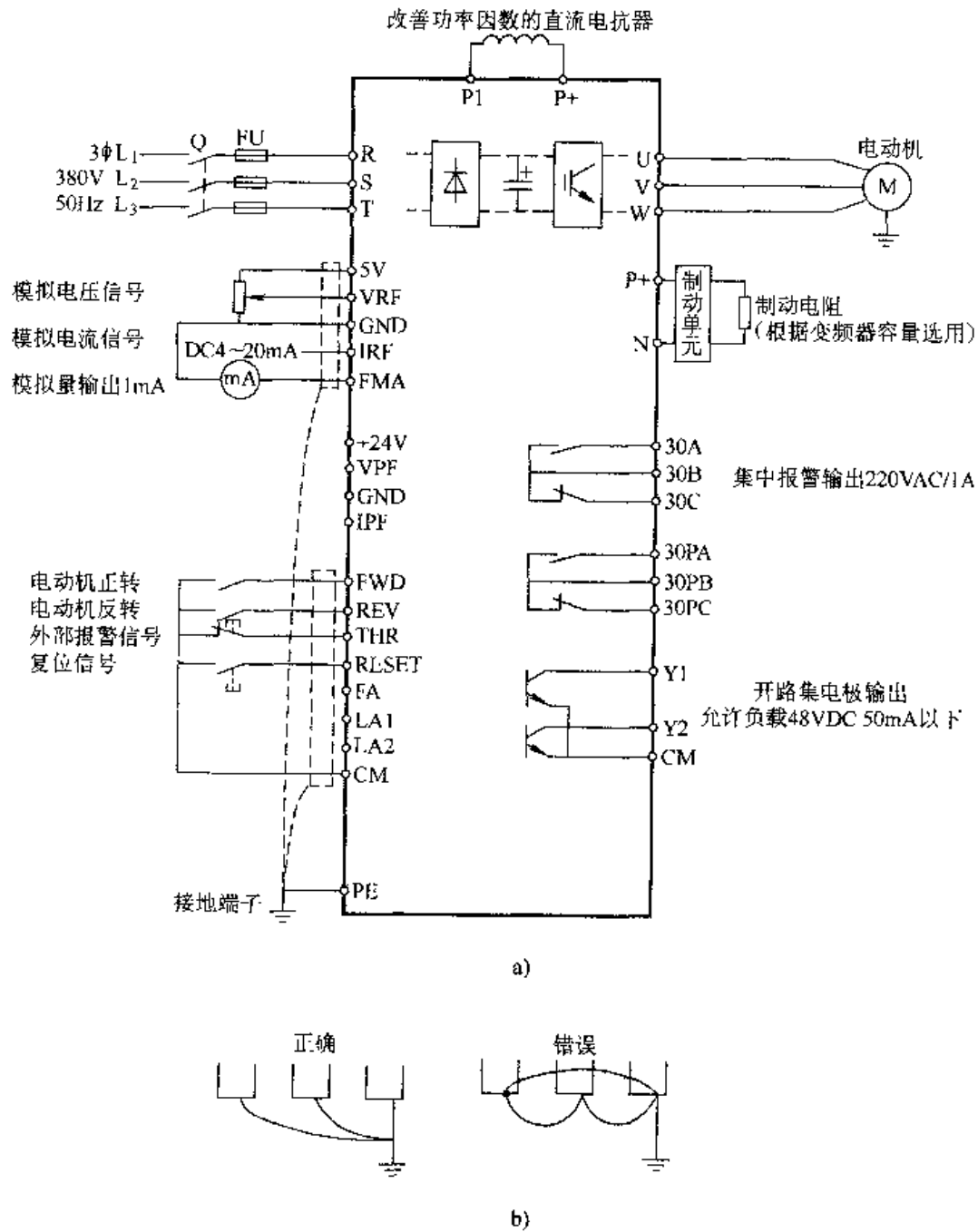


图 478 森兰 BT12S 作通用变频器的接法

例 479. 森兰 BT12S 作风机、水泵专用变频器的接法
电路如图 479 所示。

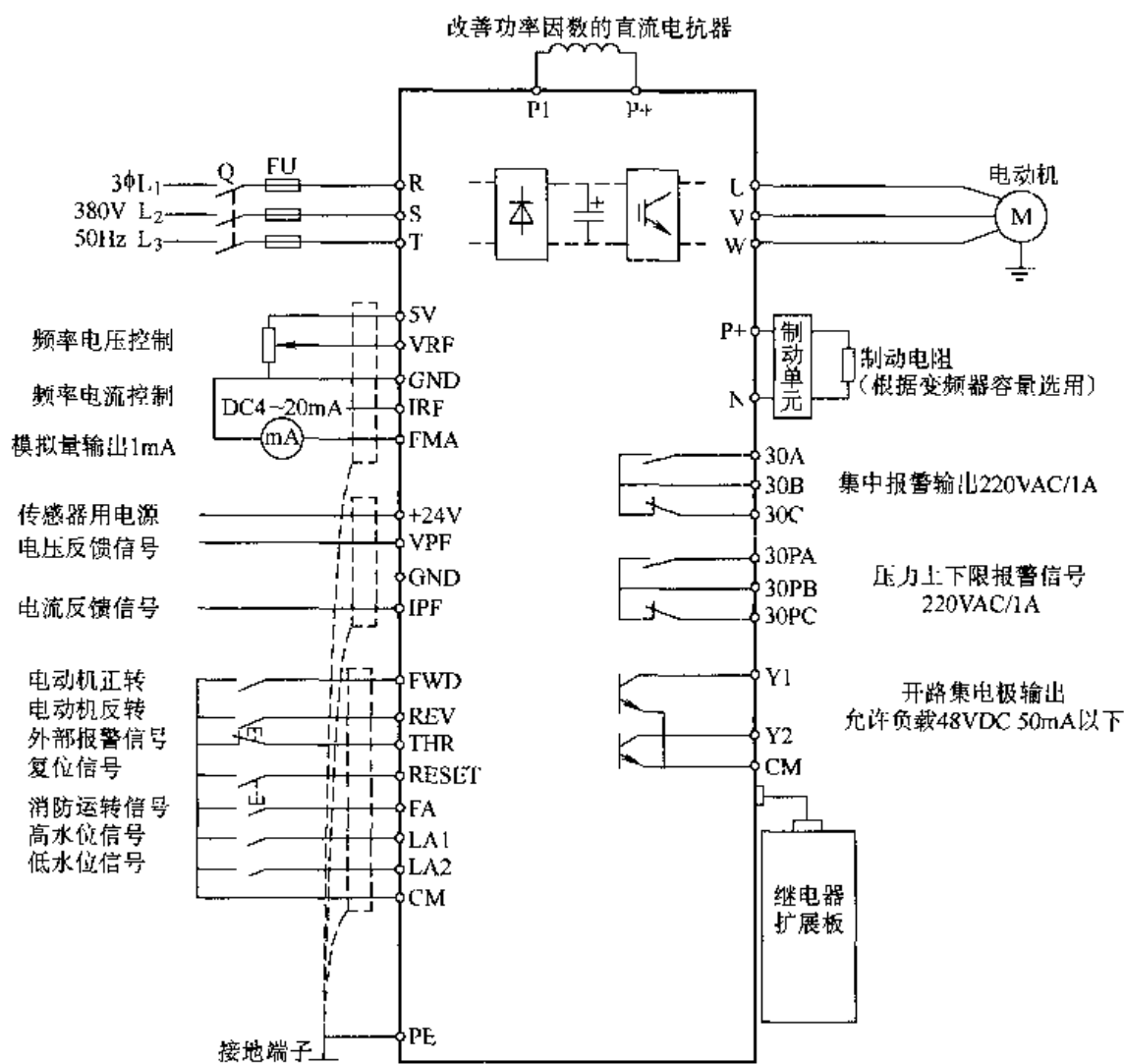


图 479 森兰 BT12S 作风机、水泵专用变频器的接法

例 480. 森兰 BT12S 型变频器一拖二

森兰 BT12S 型变频器是一种风机、水泵专用变频器，用组成的一拖二（水泵或风机）另带辅助电动机的电路如图 480 所示。

(1) 如果起动前反馈压力大于唤醒值，且 F55 ≠ 0，首先 7KM₁ 或 7KM₂ 闭合起动 M7；如果设定值 < 反馈压力，7KM₁ 或 7KM₂ 断开，附属电动机停止，1KM₁ 闭合，M₁ 变频运行 1；如果设定值 < 反馈压力，1KM₁ 断开，1KM₂ 闭合，M₁ 工频运行；如果设定值 < 反馈压力，经过 F42 的延时时间，1KM₁ 闭合，M₂ 变频运行 2。

(2) 如果起动前反馈压力小于唤醒值，首先 1KM₁ 闭合，M₁ 变频运行；如果设定值 < 反馈压力，1KM₁ 断开，1KM₂ 闭合，M₁ 工频运行；如果设定值 < 反馈

压力，经过 F42 的延时时间，1KM₁ 闭合，M₂ 变频运行 2。

(3) 减泵过程与上述相反。

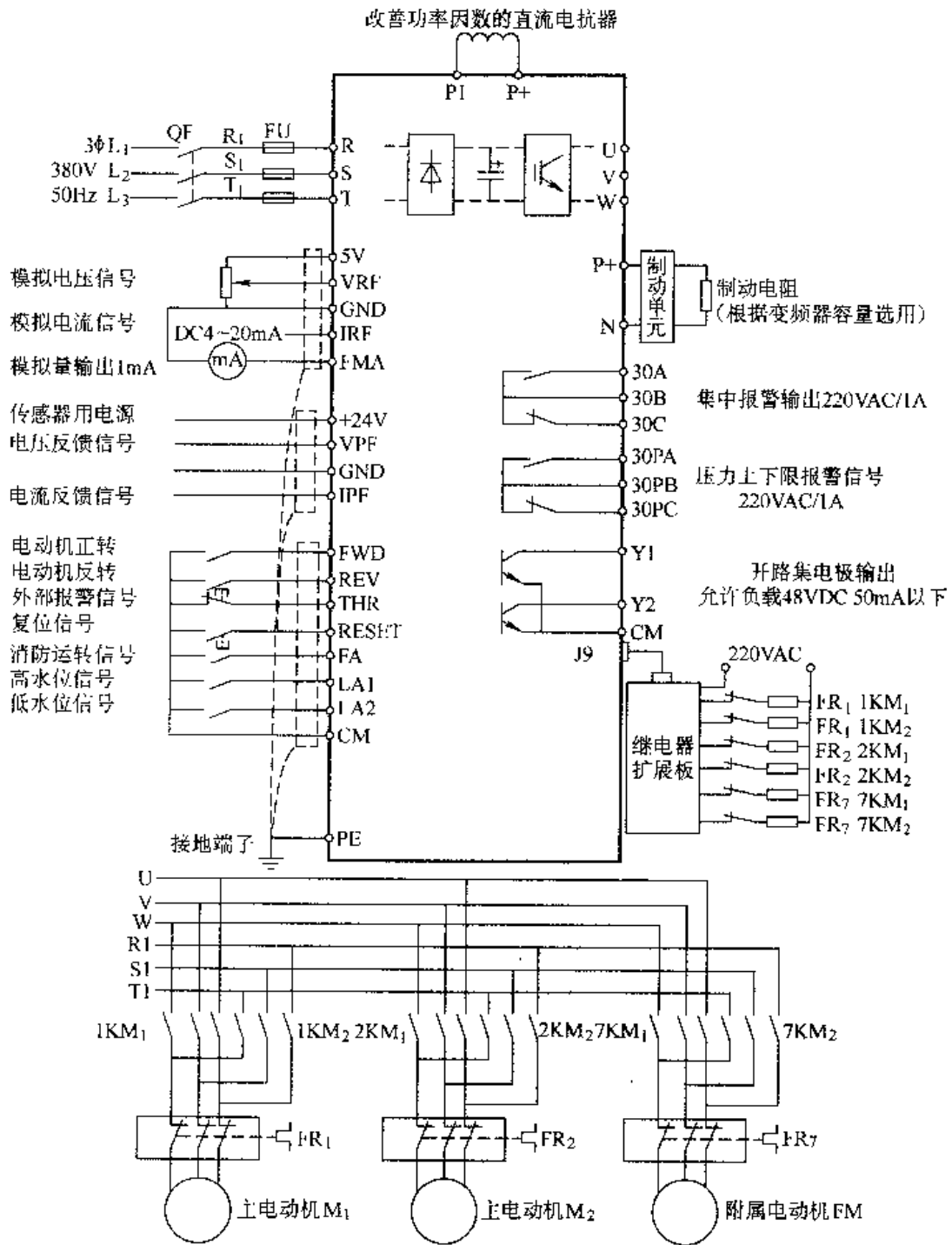


图 480 森兰 BT12S 型变频器一拖二

例 481. 森兰 SB61P 型变频器一拖四

图 481 为过程控制 PID 模式下 SB61P 一拖四加软起动器运行模式，变频器先变频运行 M_4 电动机，如果 M_4 运行到 50Hz 时反馈值 > 设定值，变频器通过软起动器起动 M_1 变频运行，如果 M_1 运行到 50Hz 时仍反馈值 > 设定值，切换 M_1 工频运行，同时起动 M_2 变频运行，如此类推至运行电动机满足设定值 = 反馈值。

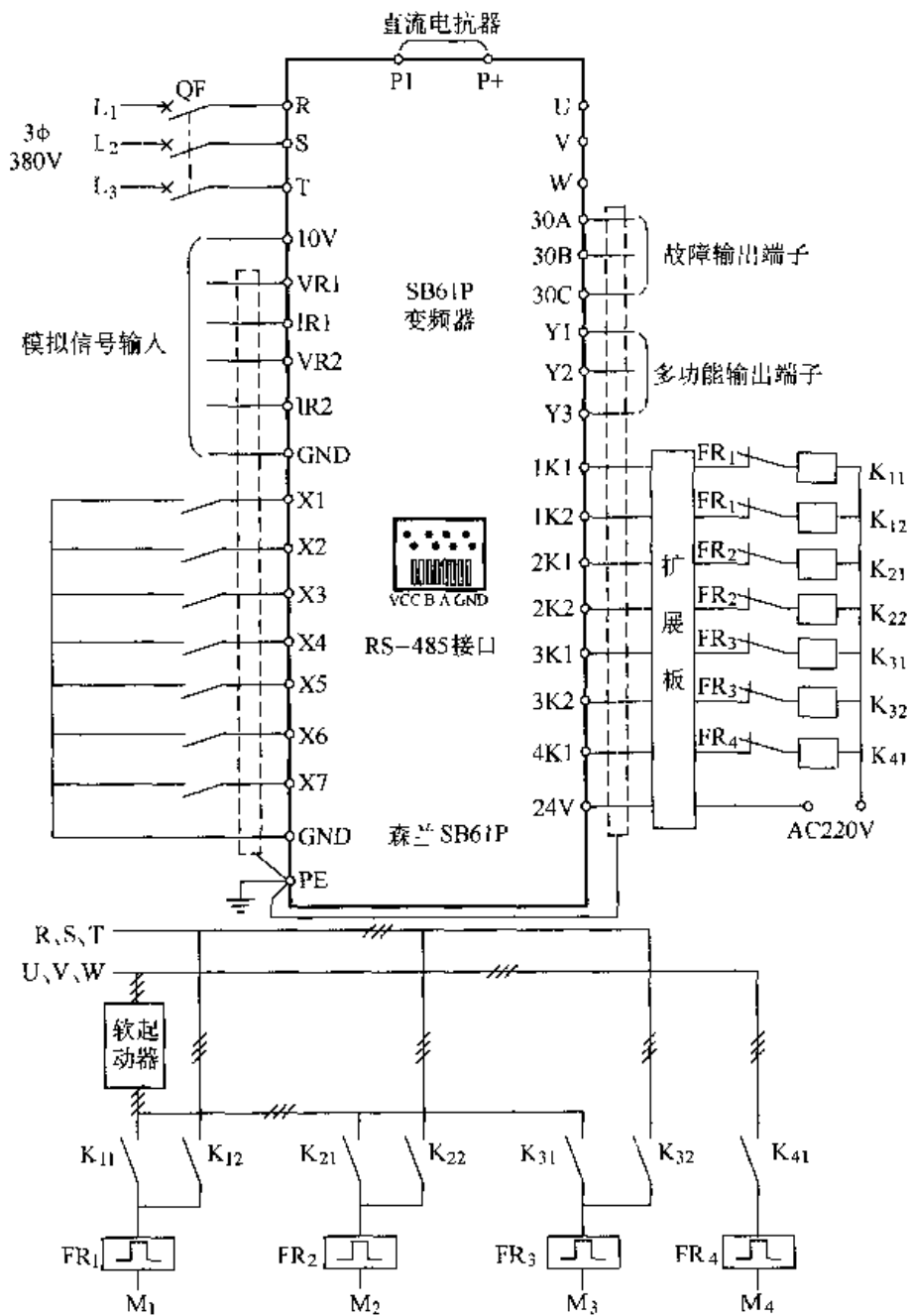


图 481 森兰 SB61P 变频器一拖四电路

例 482. 森兰全能王 SB60 变频器一拖四加软起动器

用森兰全能王 SB60 型变频器可以实现以一台变频器拖动四台电动机，其中三台加软启动器。如图 482 所示。

有关软启动器的原理、应用技巧参见《电动机电子保护器与软启动器应用指南》一书（机械工业出版社）。

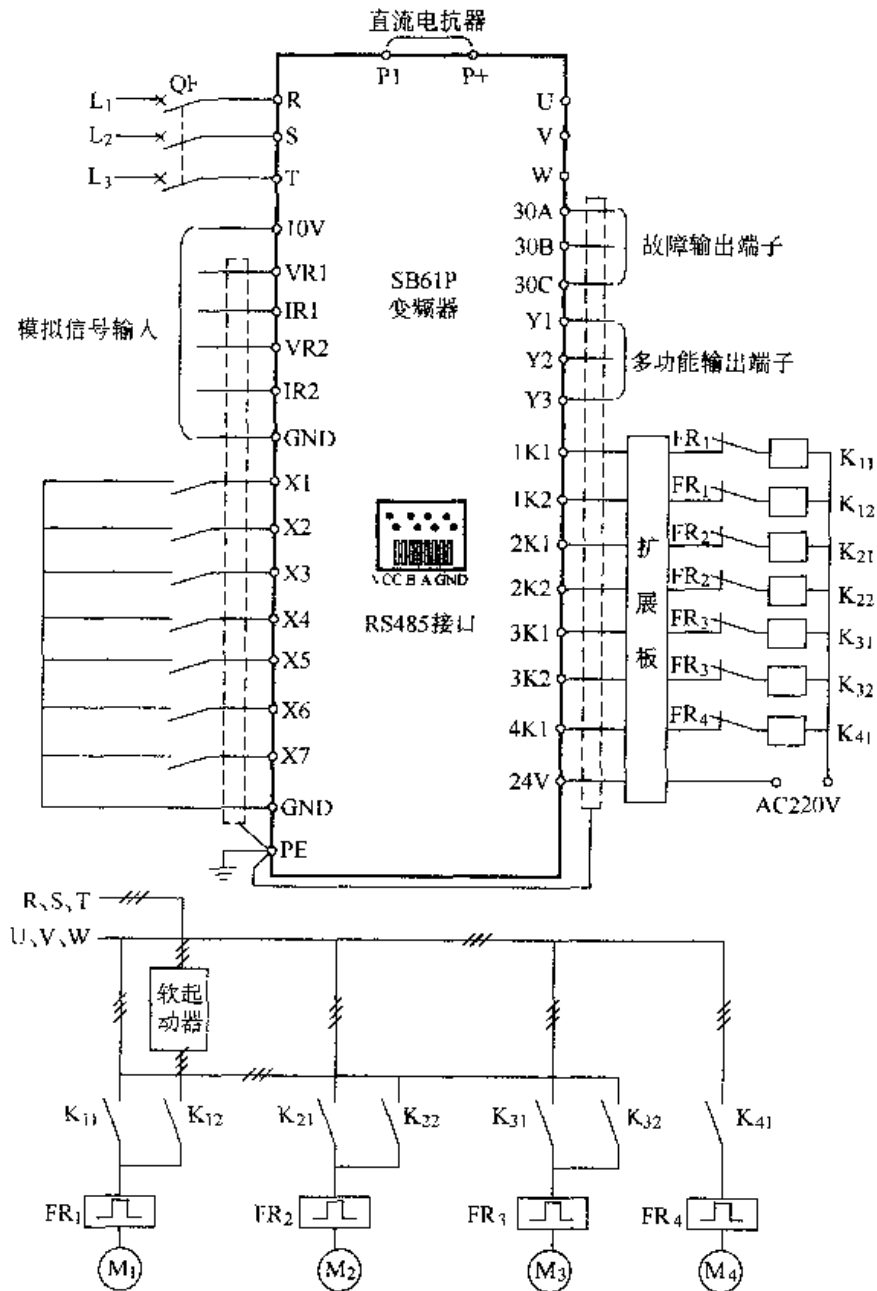


图 482 森兰全能王 SB60 变频器一拖四加软启动器

例 483. 正阳 ZY—312G 变频器主电路接线

正阳 ZY—312G 变频调速器，系珠海市正阳电子有限公司推出的产品。它适用于单相 220V 供电，却能拖动三相异步电动机，适配三相 220V 小功率异步电动机（三角形联结）和三相 380V 小功率异步电动机（星形联结）。对三相异步电动机实行软起动、软关断和无级调速，具有恒转矩，特性节省电力，安装方便，操作简单，是深受广大电工青睐的好产品。

电路如图 483 所示。

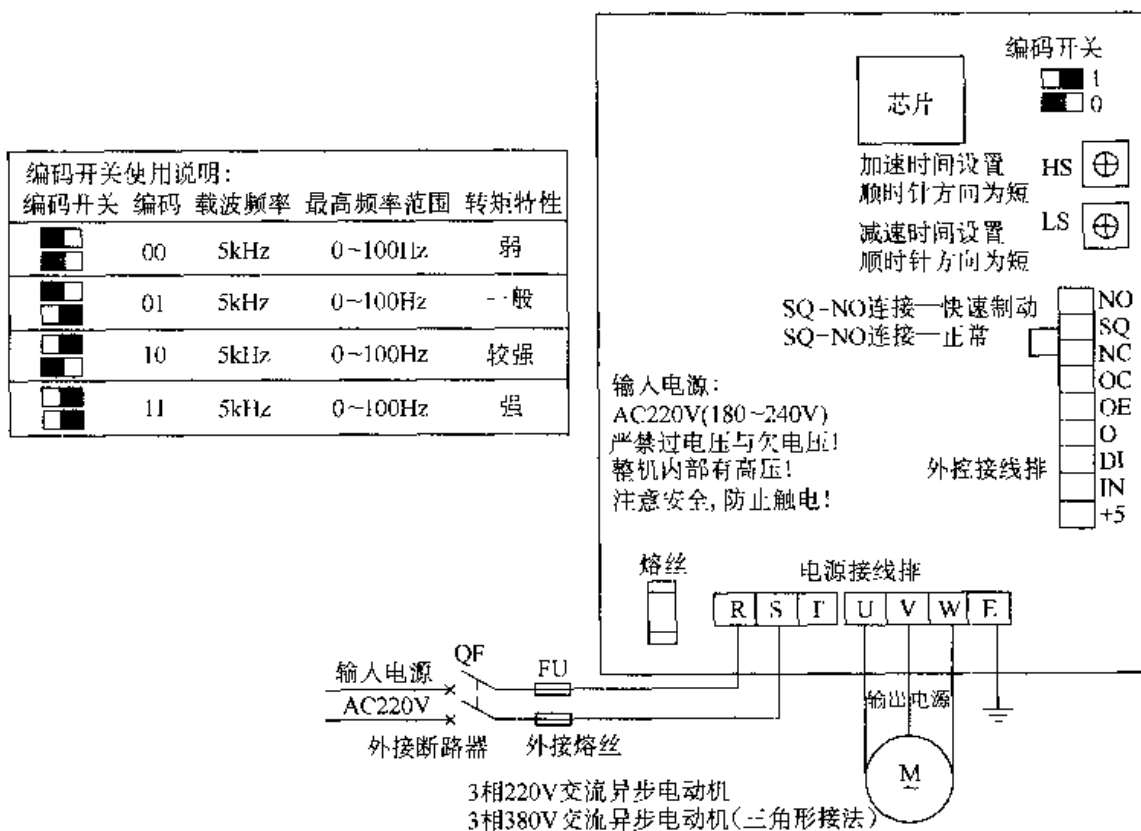


图 483 正阳 ZY—312G 变频器主电路接线

接线时，在输入电源端接断路器 QF 和熔断器 FU。在接线时须注意以下几点：

- (1) 此机为采用 ZI9920231 智能化芯片的系列机心。
- (2) 接线需拧开侧板四个固定螺钉，接线时切勿碰动电路板上元器件。下主接线排接输入输出线，上接线排接外部控制元件。
- (3) 编码开关为设定参数用，公司已设定好所需的参数，用户一般不需动编码开关。
- (4) 最高使用频率、加速、减速时间根据需要可调节线路板上微调电位器。
- (5) 开机时需要 1~3s 后（有继电器吸合声），方可起动变频器。

例 484. 正阳 ZY—312G 变频器控制电路接线

控制电路接线如图 484 所示。接线方法作如下说明：

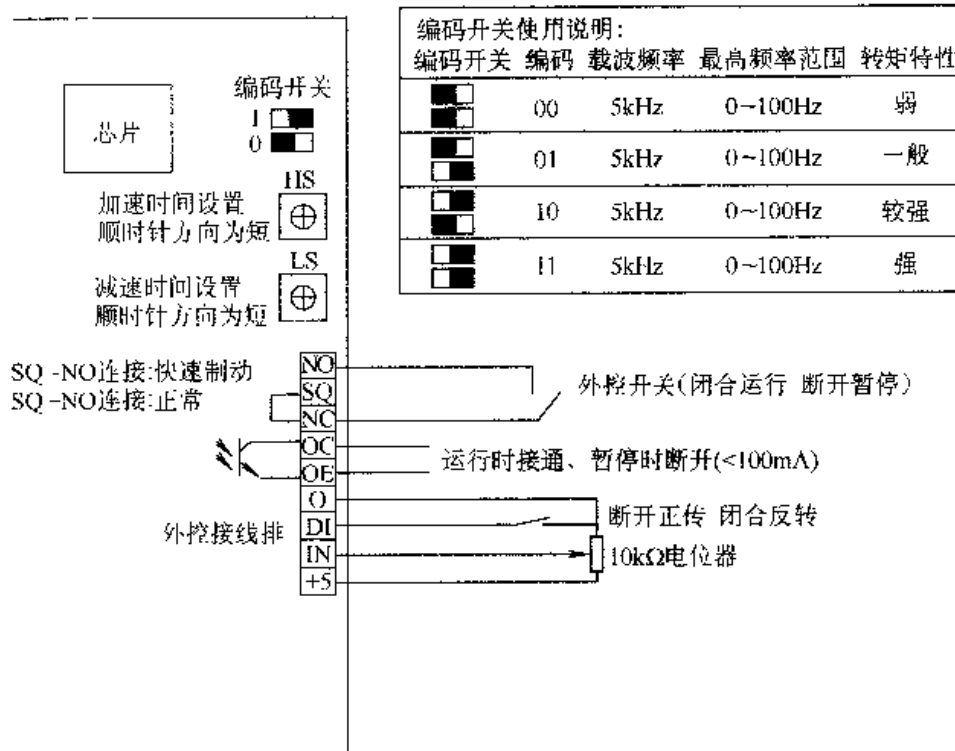


图 484 正阳 ZY—312G 变频器控制电路接线

- (1) 正常运行时，SQ—NC 连接。
- (2) 快速刹车时，SQ—NO 连接。快速制动时，LS 减速时间设置不宜太长，越长制动转矩越大。
- (3) NO、NC 接外控开关，闭合运行，断开暂停。
- (4) OC、OE 接外控输出，运行时接通、暂停时断开，电子开关，运行时应小于 100mA。
- (5) O、IN、+5 接外控电位器（1~10kΩ）调速。
- (6) O、DI 接正反转开关，断开正转，闭合反转。
- (7) IN 与 O 之间可外控 DC 0~5V 或 DC 0~20mA。
- (8) 外控电压控制时，应将面板电位器放在顺时针最大处（IN 与 O 之间可外控电压 DC 0~5V），（DC 5V 时为 100Hz）。
- (9) 电流外控控制时，应将面板电位器放在逆时针最小处（IN 与 O 之间可外控电流 DC 0~20mA），（DC 20mA 时为 100Hz）。

正阳 ZY—312G 变频器在安装和使用时的注意事项如下：

- (1) 必须具有电工知识的人员方可搬运、安装、操作变频器。需维修变频器

时，必须由专业人员进行。

(2) 必须按规定输入电源、严禁过电压（220V 系列机不应超过 AC240V）或欠电压！

(3) 变频器严禁冲击和跌落。

(4) 变频器机内有高压、严禁带电拆机。

(5) 变频器不能安装在带有可燃气体、爆炸气体、爆炸物的危险场所。

(6) 变频器通电后，不要接触接线排和其他带电部位。

(7) 变频器必须按容量外接带熔丝电源开关。

(8) 变频器、电动机和拖动设备必须可靠接地！

(9) 变频器安装和运行，必须注意防止火灾，如遇意外，应尽快切断电源。

(10) 变频器应装在电气柜内或其他防尘、防潮、防滴空间内。

(11) 必须按容量配备电动机及设备、严禁变频器与电动机超载运行！

(12) 变频器必须在 U、V、W 输出端接好电动机后，方可开机运行。

(13) 单相电源输入线应接 R、S，三相变频输出线应接 U、V、W，小心！不能接错。

(14) 电动机严禁短路。

(15) 不要用外接电源开关起动和停止变频器。应该使用面板上的暂停和运行开关（RUN/STOP）。

(16) 严禁在变频器运行中切断或接通电动机。

(17) 严禁在变频器 U、V、W 三相输出线中提取一路作为单相电用。

(18) 严禁在变频器输出 U、V、W 端上并接电容器。

(19) 严禁使用电动机超过允许的最高运行速度，造成电动机超速事故。

(20) 机械设备需在 1s 以内快速制动时，则应采用变频器制动系统。

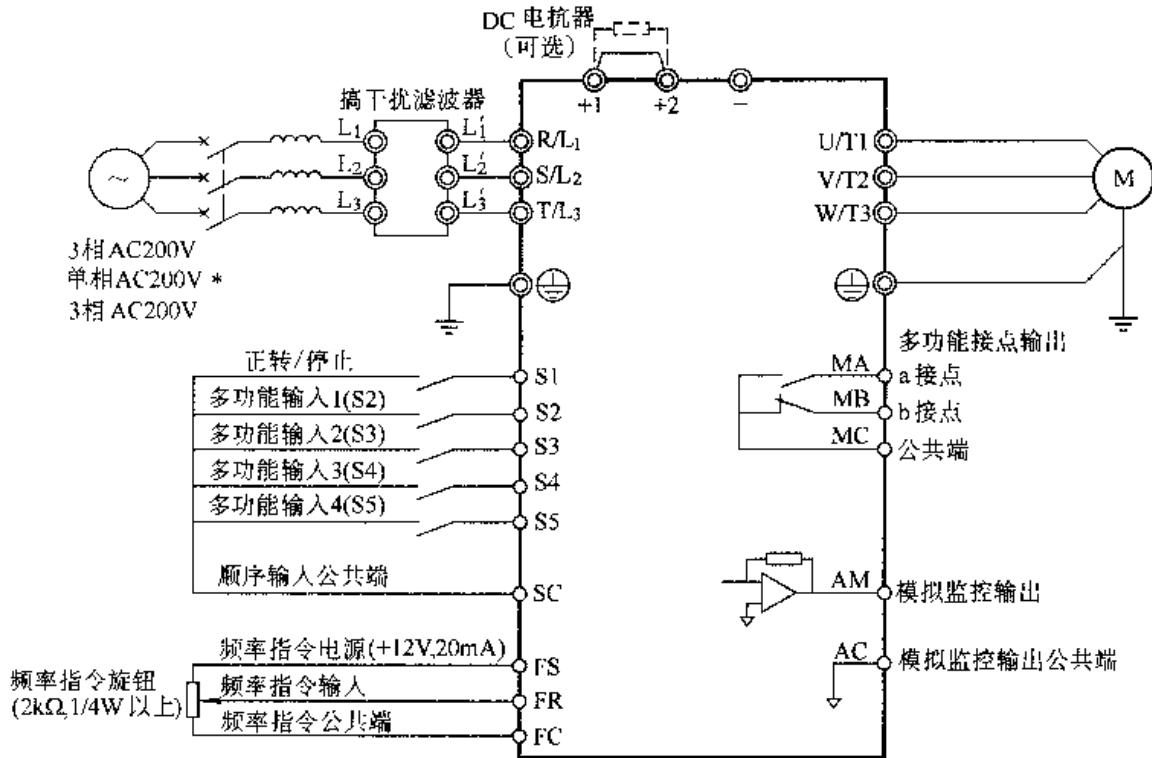
(21) 变频器适用于交流异步电动机，严禁使用带电刷的直流电动机等。

(22) 三相 380V 交流异步电动机常规条件是：

星形输出线间电阻和电感较大或三角形输出线间电感或电阻不平衡，则电动机有故障，若三相输出线间电阻、电感为 0，则电动机接线有短路，严禁使用变频调速器！星形输出线间电阻 10Ω 左右，电感 80mH 左右，三角形输出线间电阻 5Ω 左右，电感 50mH 左右。0.55 ~ 2.2kW 三相 380V 异步电动机每相绕组电阻 4 ~ 10Ω，电感 40 ~ 70mH。

例 485. 欧姆龙 3G3JV 变频器典型应用电路

欧姆龙（OmRon）3G3JV 系列变频器具有简便多样的功能、小巧经济、运行维护简单。它通过正面调整旋钮，可以实现速度调整，投入电源后立即进行运行。电路如图 485 所示。



- *1 3G3JV-ABC型应将单相AC200V连接至R/L₁,S/L₂的2个端子上。
- 2 没有内藏制动晶体管,不能连接制动电阻。而且也不能连制动单元。

图 485 欧姆龙 3G3JV 变频器典型应用电路

例 486. 台达 VFD—P 变频器典型应用电路

变频器的配电部分分主电路及控制电路。图 486 所示为 VFD—P 变频器的基本配线 (亦叫典型电路、标准线路)。若是仅用面板操作,则在安装时只安装主电路,控制电路则无须安装 (实际上,所有变频器都如此)。

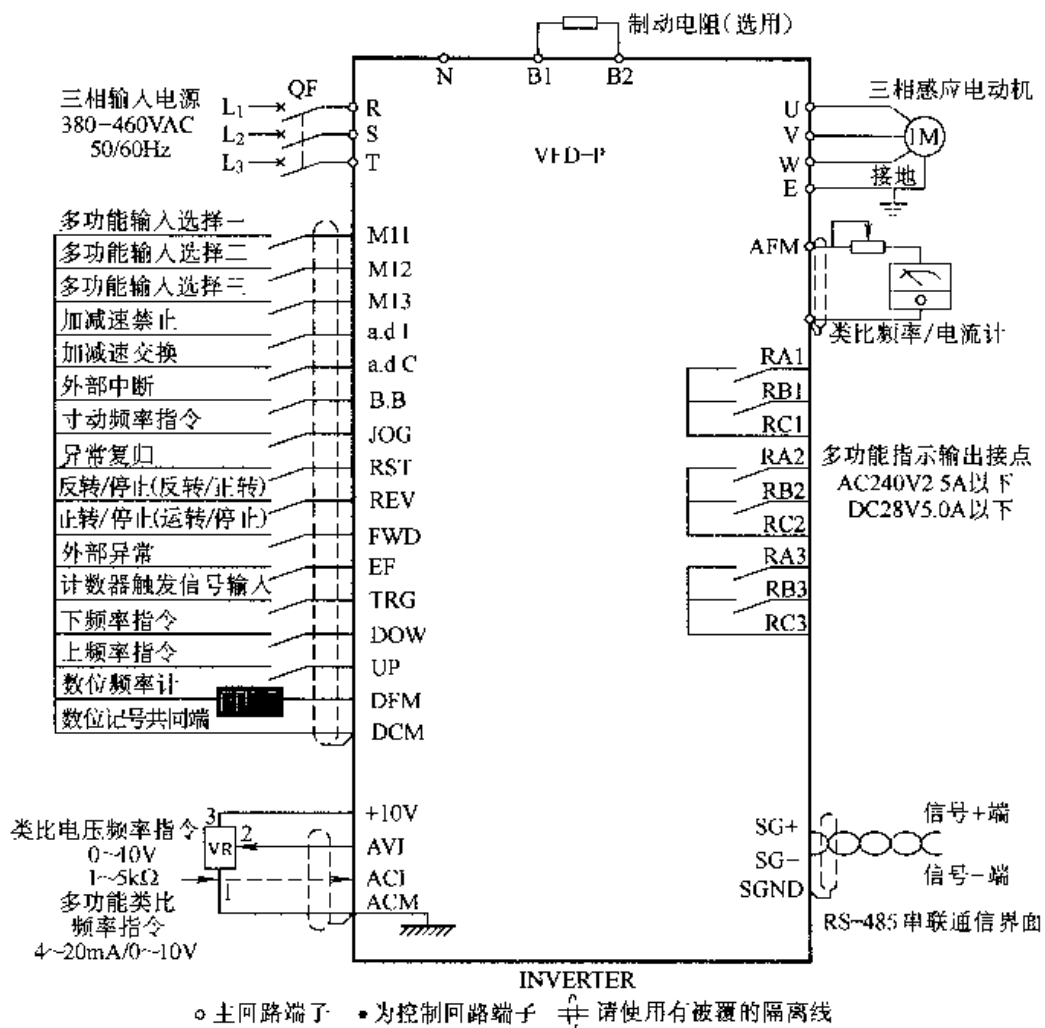


图 486 台达 VFD-P 变频器典型应用电路

例 487. 松下 DV707H 变频器典型应用电路
电路如图 487 所示。

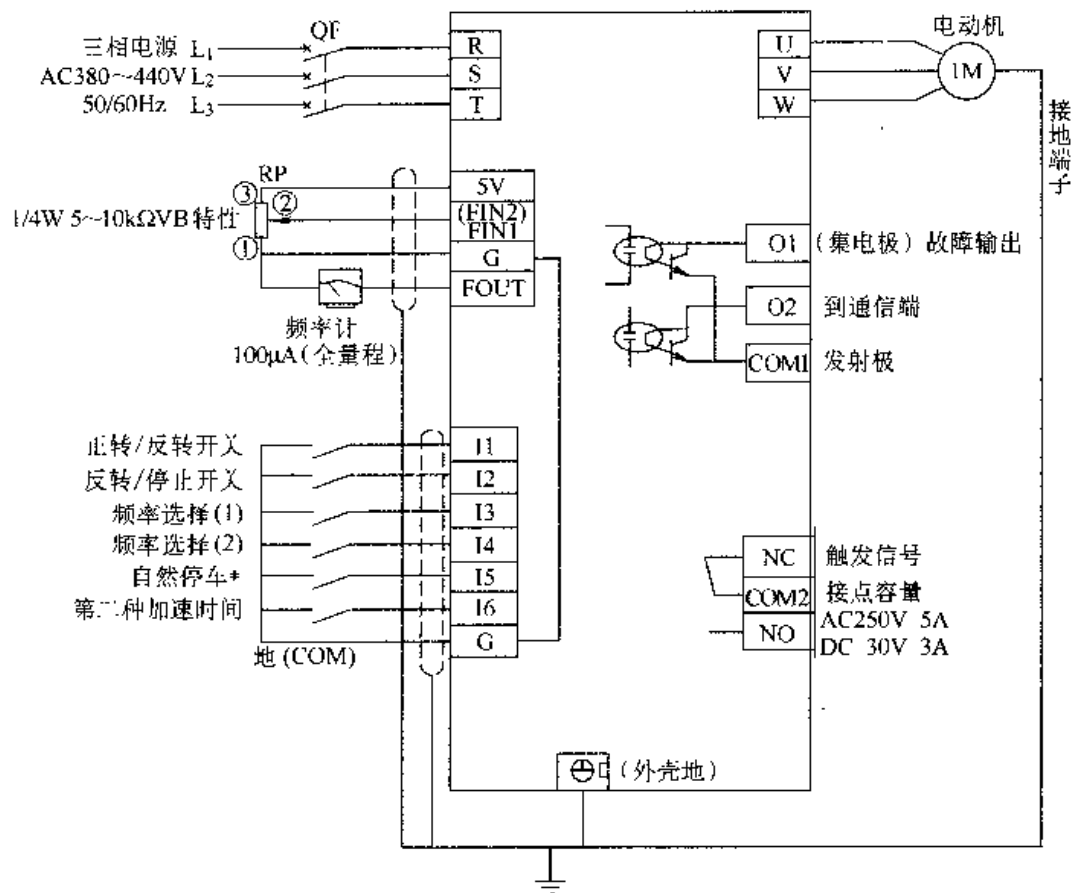


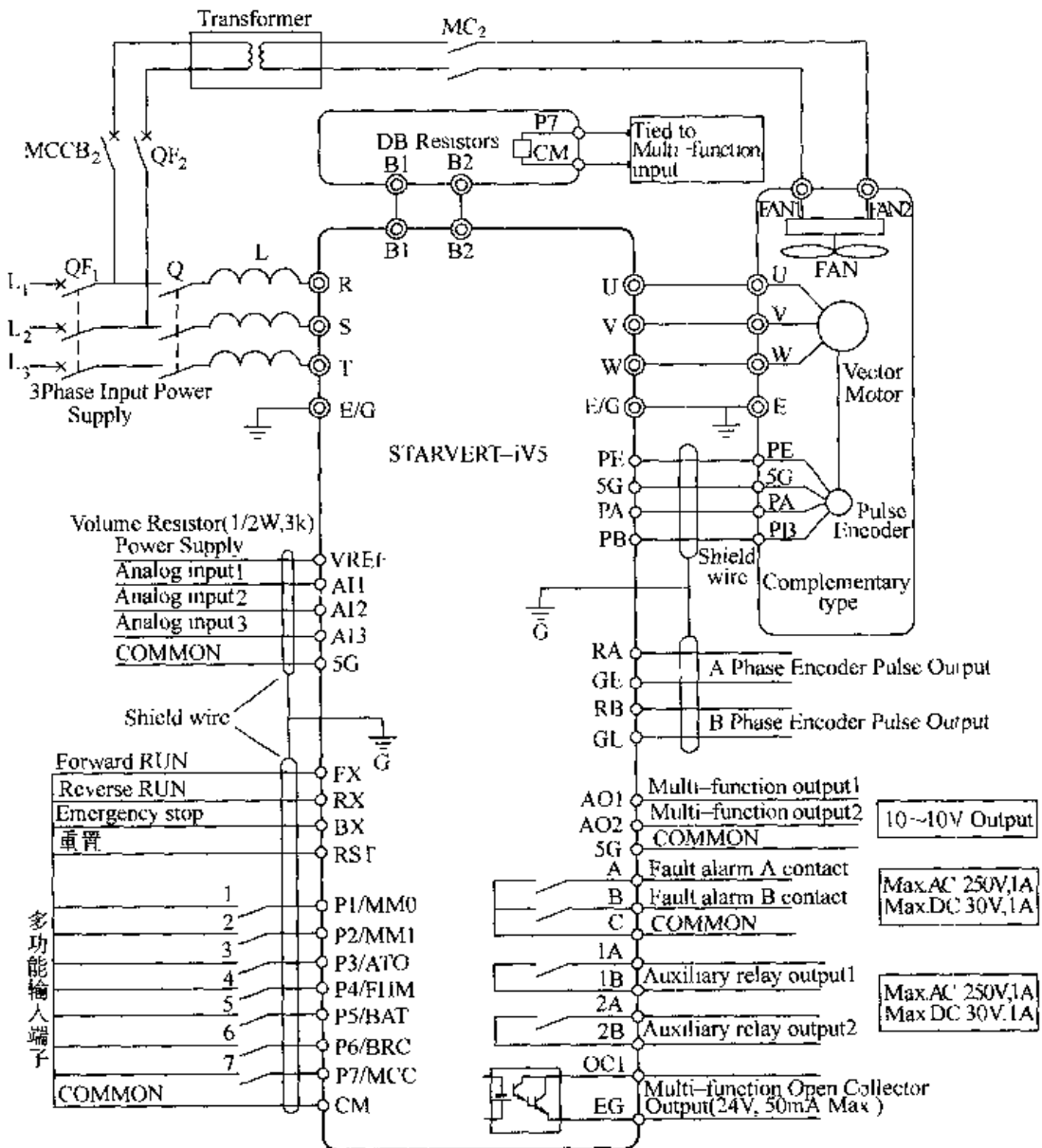
图 487 松下 DV707H 变频器典型应用电路

例 488. LG 产电 iV5 变频器典型应用电路 (一)

LG 产电 iV5 系列变频器，其功率可达 5.5 ~ 220kW (200V/400V)，属 LG 产电株式会社产品。

风扇 FAN 需要提供 220V 交流电源。当电源使用 380V/440V 时，应使用降压变压器 (380V/220V, 440V/220V)。

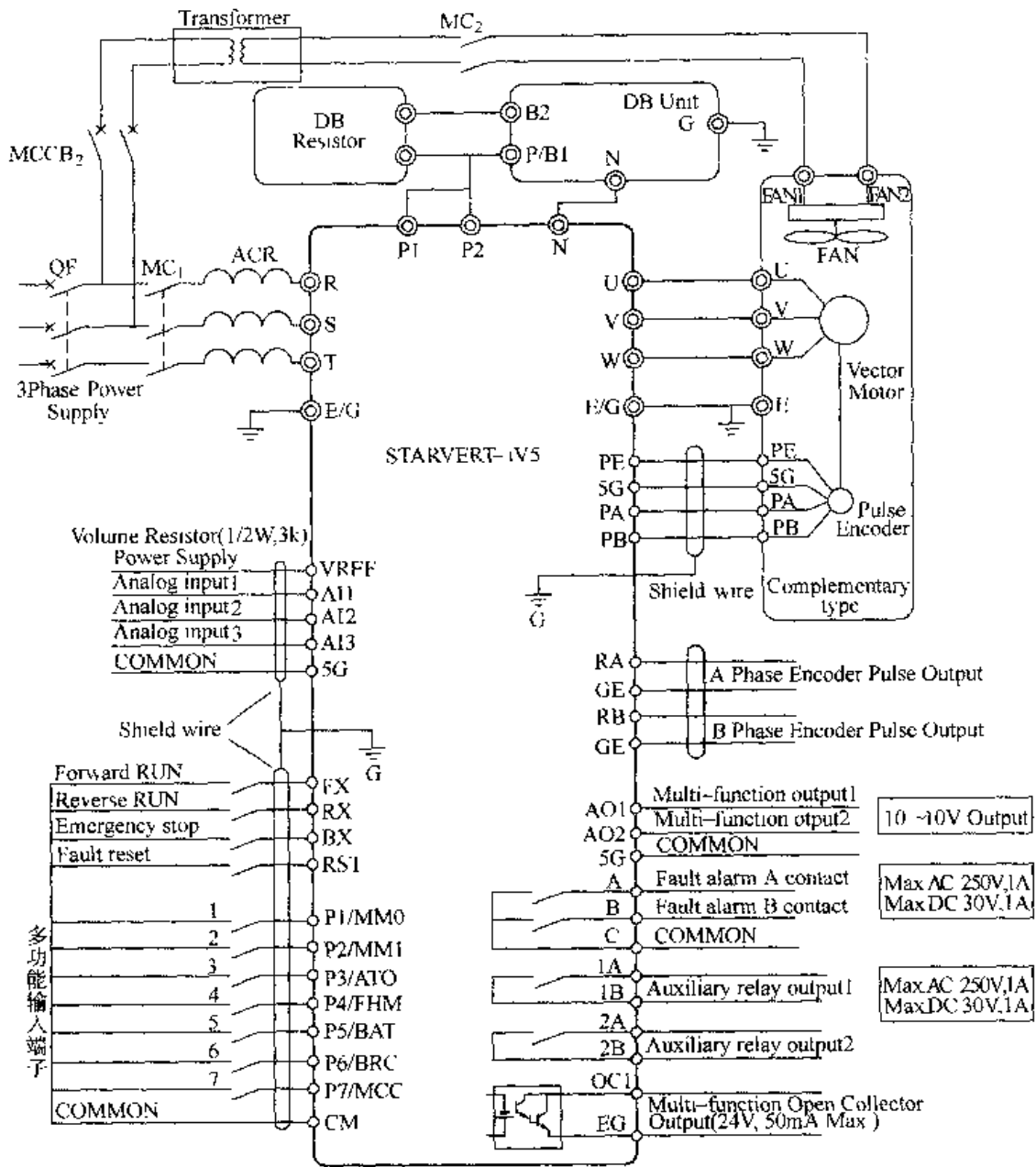
SV055iV5-2DB ~ SV220iV5-4DB 如图 488 所示。



- 这种接线图是基于标准的I/O板(无扩展板)。
- 模拟量输入端子1, 2和3: 10~10V, 10~0V, 4~20mA, 20~4mA

图 488 LG 产电 iV5 变频器典型应用电路 (一)

例 489. LG 产电 iV5 变频器典型应用电路 (二)



- 这种接线图主要基于标准的I/O板(无扩展板)。
- 模拟量输入端子1,2和3 $-10\sim+10V$, 10 \sim 0V, 4 \sim 20mA, 20 \sim 4mA

图 489 LG 产电 iV5 变频器典型应用电路 (二)

例 490. 三菱 FR—A500 变频器典型应用电路

FR—A500 系列变频器具有高性能、超低噪声等特点, 属三菱电机株式会社产品。

电路如图 490 所示。

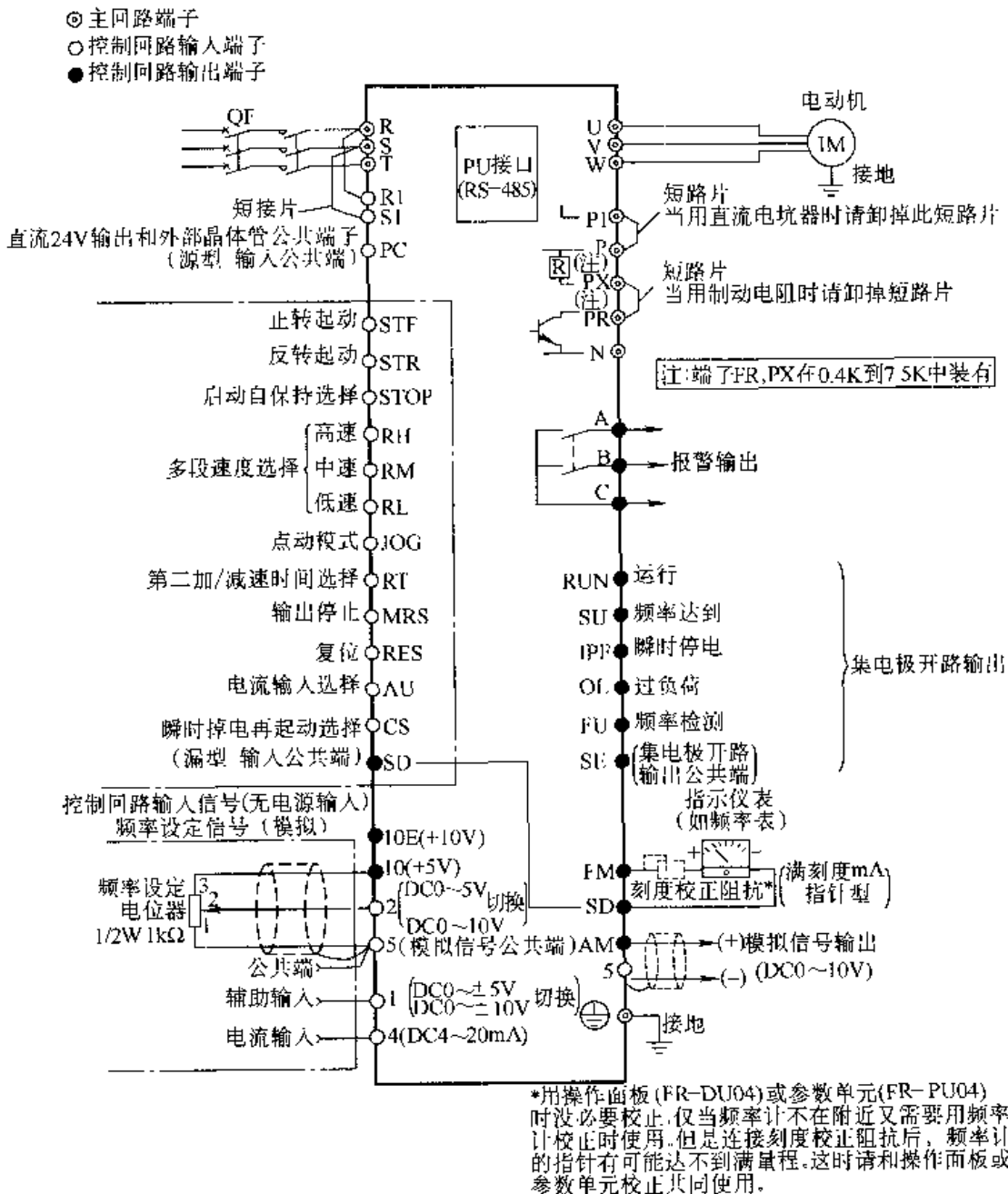


图 490 三菱 FR-A500 变频器典型应用电路

例 491. 惠丰 W500 多泵供水系统电路

本书“惠丰”变频器均属我国烟台惠丰电子有限公司产品。惠丰 FR-A500 多泵供水系统电路如图 491 所示。

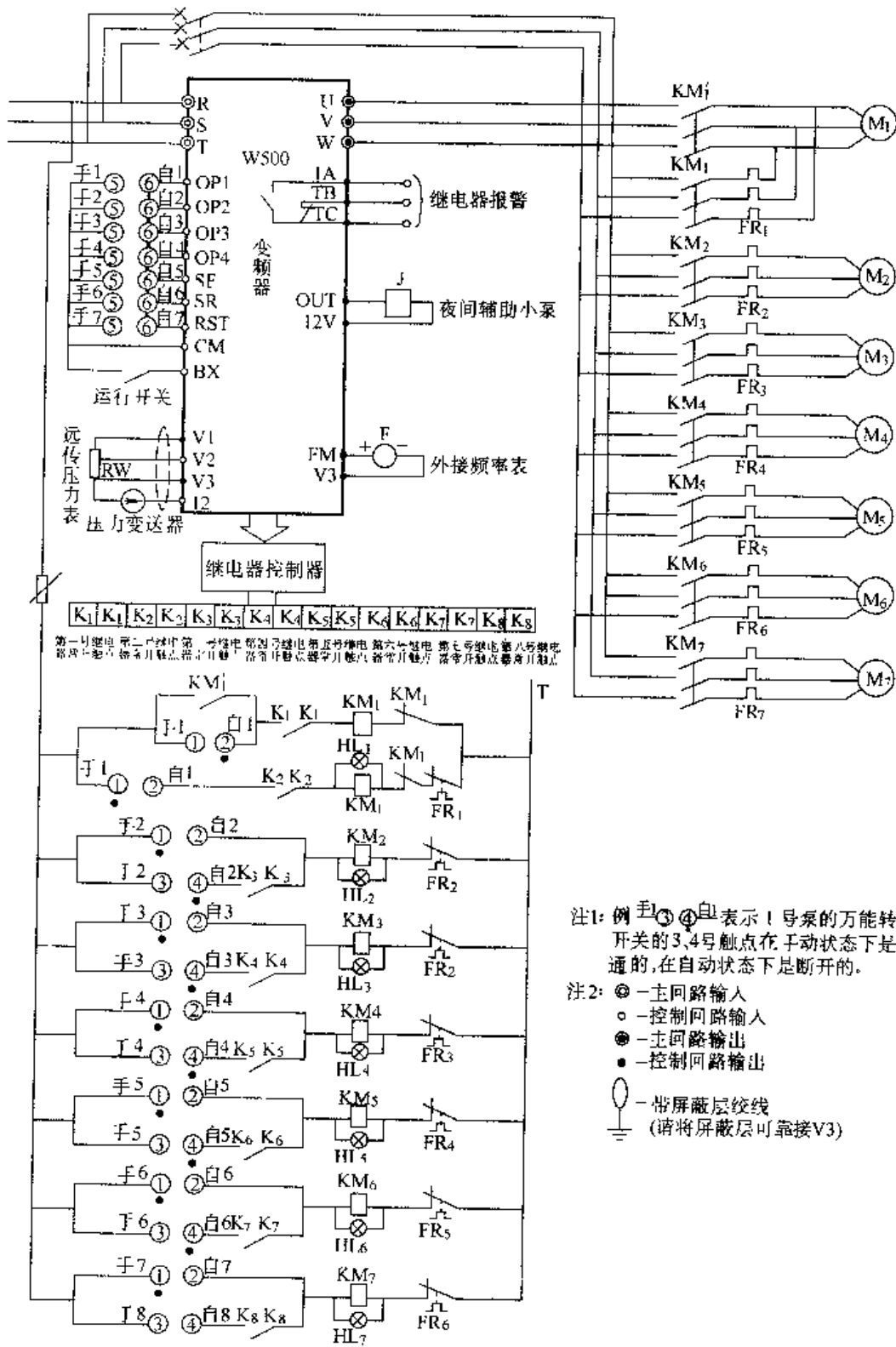


图 491 惠卡 W500 多泵供水系统电路

例 492. 变频器恒压供水电路

恒压供水电路的主电路由变频器控制水泵电动机 M_1 （人称变频泵），和用一般控制方法控制的水泵电动机 M_2 （人称工频泵）组成。电路如图 492 所示。

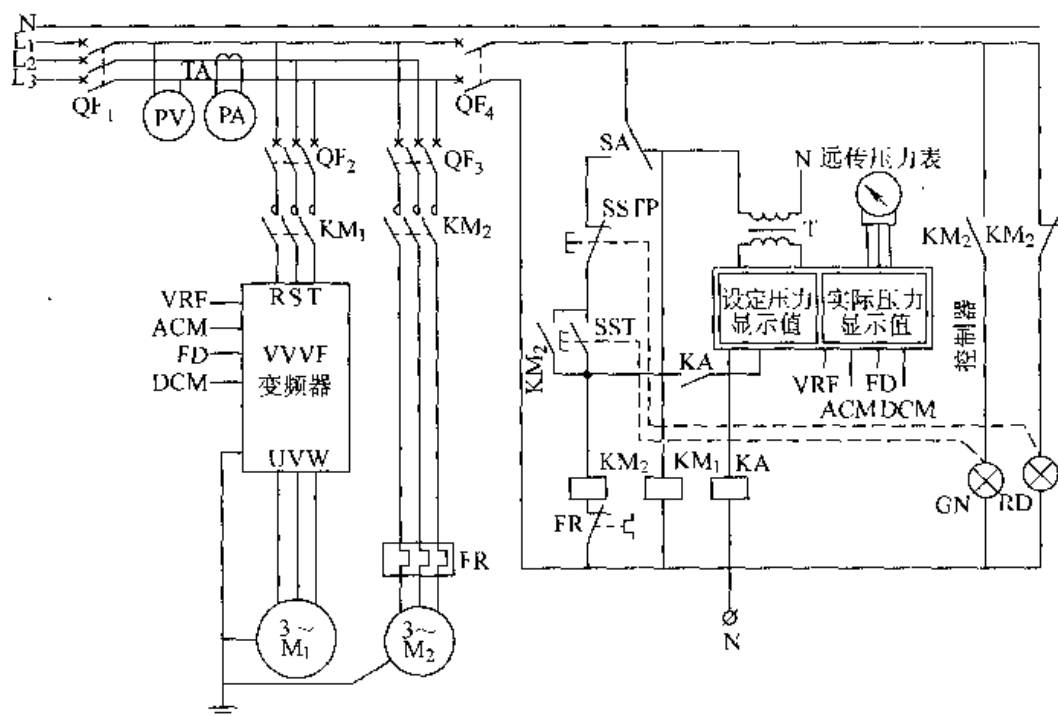


图 492 变频器恒压供水电路

使用工频泵的台数由供水量确定。因变频器厂家不同，变频器主回路接线略有区别。但无论哪家的变频器均不允许频繁地“开”、“关”断路器 QF 或接触器 KM 来进行“运行”和“停止”。变频器输出端 U、V、W 与电动机之间不需加装交流接触器，否则在变频器运行过程中，接触器吸合、断开时会产生大电流和引起过电压，容易损坏变频器内部的主电路逆变桥功率模块。

变频器的额定容量与电动机的额定功率的比值 3:2 为宜。比值小影响有效力矩的输出；比值大高次谐波量加大。

变频器控制柜应安装在干燥、通风良好的场地（参阅本章例 436 ~ 438）。

例 493. 惠丰变频器循环泵电气原理

电路如图 493 所示。

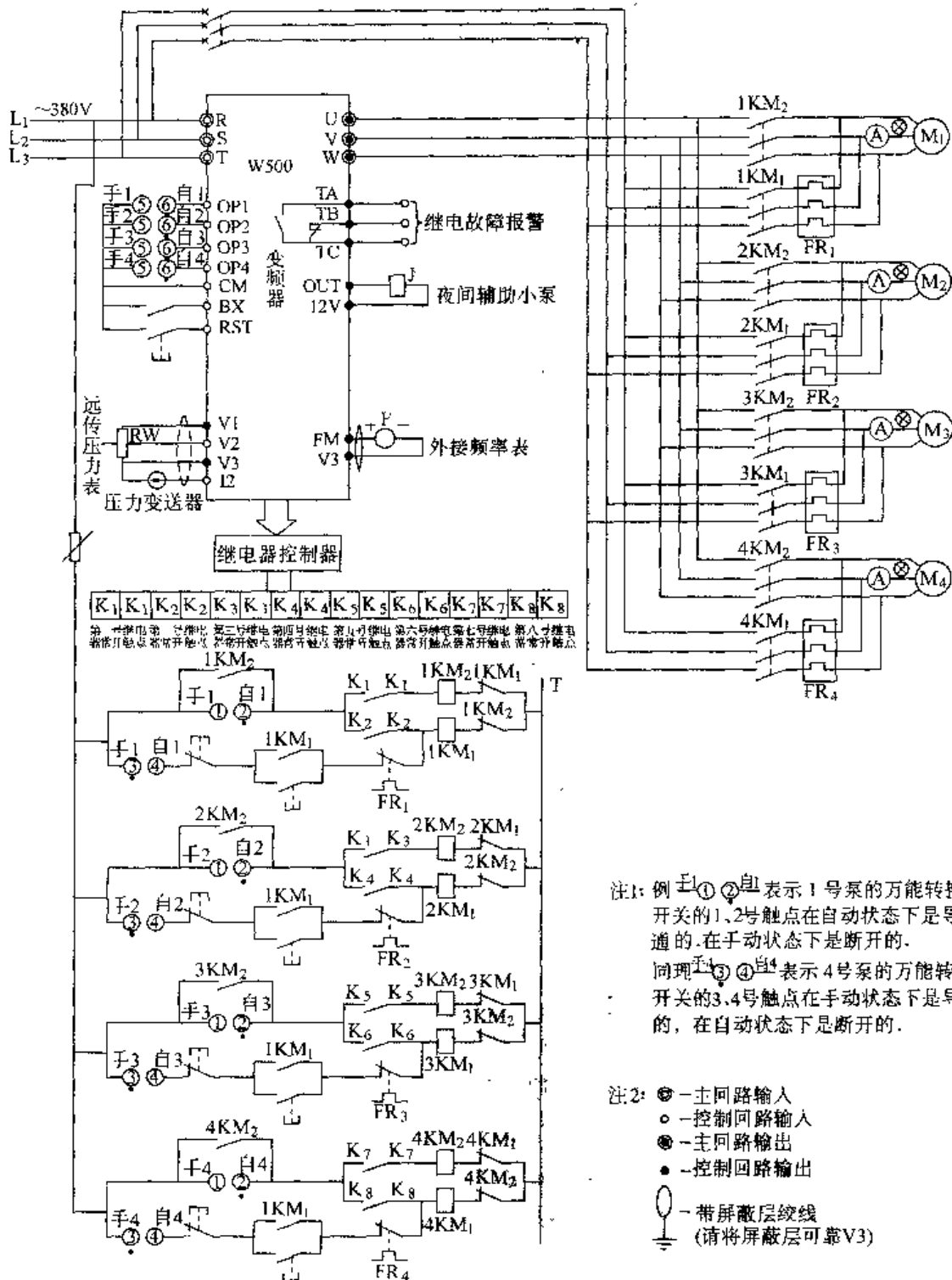


图 493 惠丰变频器循环泵电气原理

例 494. 变频器应用于陶瓷抛光机

陶瓷抛光机应用变频器如图 494 所示。

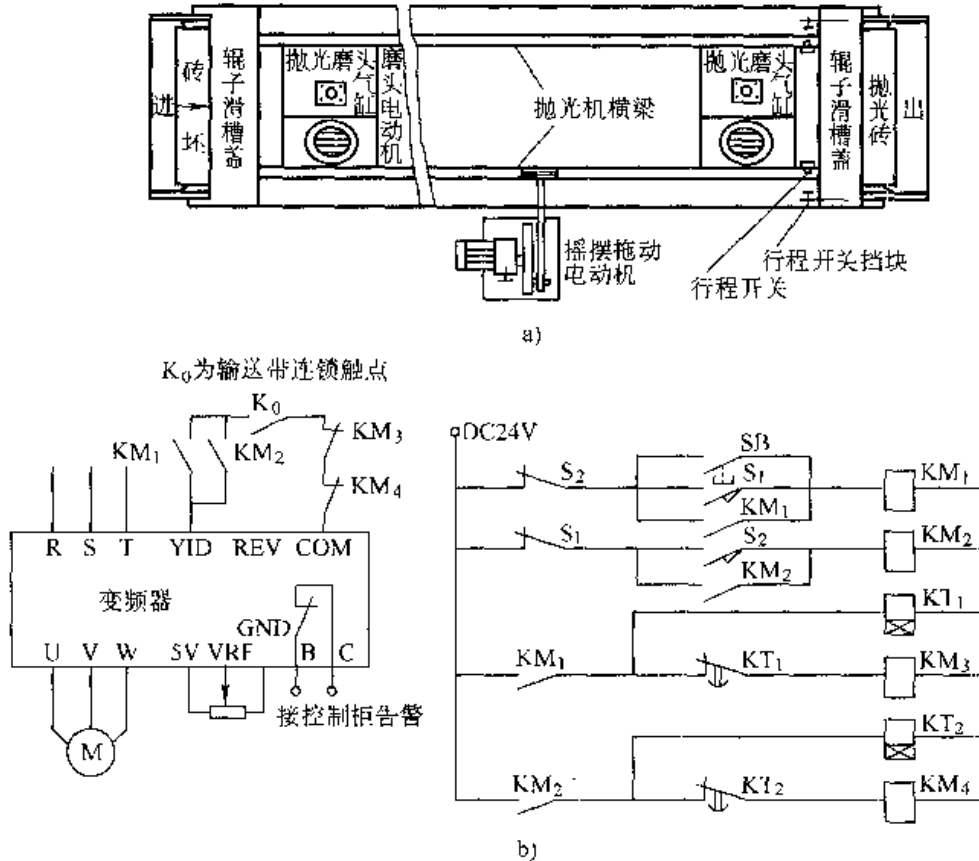


图 494 变频器应用于陶瓷抛光机

图 a 为横梁摆动式抛光机，由一台 3kW 减速电动机带动凸连杆牵引。图 b 为该抛光机采用变频器控制电路图。采用变频器后能控制摇摆拖动电动机 M，增大了调速范围，提高承受频繁起停电流的冲击能力。图中设计了横梁限位停摆延时电路，使得横梁摆动停留时间可调，使抛光磨头在大规格砖块上各部位的抛光时间可合理调配。

例 495. 惠丰变频器在络筒机中的应用

用变频调速器改装的自动络筒机具有控制灵活、调速简便、便于微机集中控制和 PLC 控制的优点，深得用户的欢迎。

采用变频器的新型自动络筒机系统框图如图 495 所示。每个变频器控制一个单锭的工作，并通过通信口实现与控制台及其他变频器的数据通信，从而完成集中操作、参数设定、纱长统计、络筒个数统计、转速调整等功能。工作过程中任何一台单锭停车，并不影响系统其他锭子的正常工作。断纱或清纱信号可使变频

器停车，待捻接后重新按运行键可继续工作。

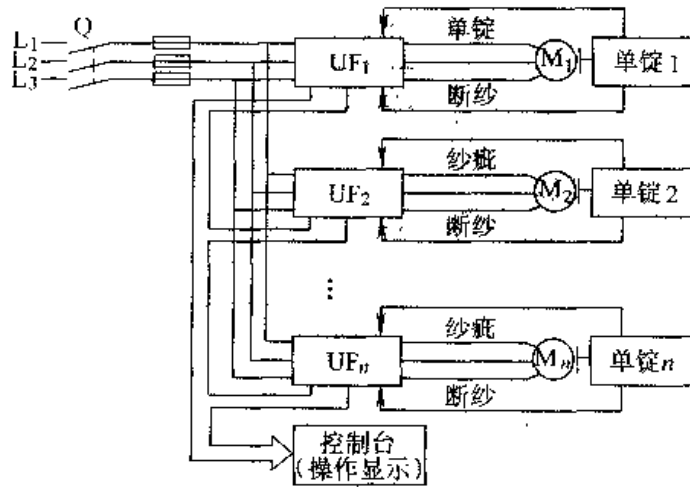


图 495 惠丰变频器在络筒机中的应用

例 496. 惠丰变频器在冷冻装置中的应用

随着人们生活水平的日益提高，许多百货商店和蔬菜市场都配有冷冻玻璃冰柜和装置，从而使销售的货物能够长期保鲜。冷却装置系统的结构如图 496a 所示，控制原理如图 b 所示。

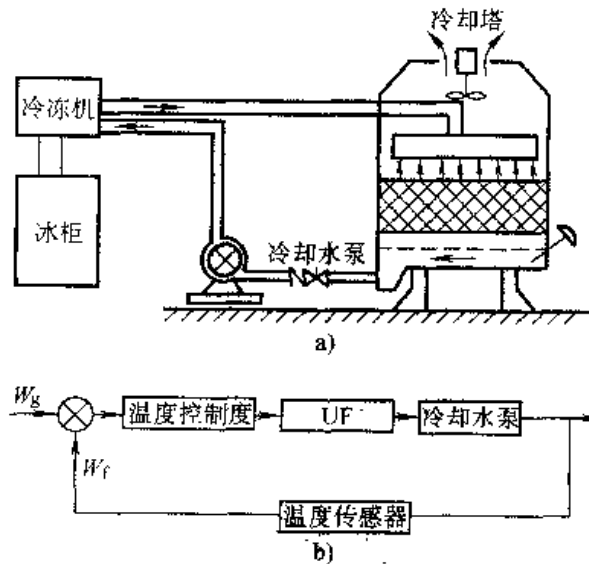


图 496 惠丰变频器在冷冻装置中的应用
 W_g —冷却水设定温度值 W_r —冷却水实际温度值

采用变频器调速冷却水泵电动机的冷冻装置控制系统具有控制方式简单，运行可靠和操作方便等优点。由于节约电能效果显著，该系统的应用对企业降低能耗，提高经营效益有重要意义。

例 497. 惠丰变频器在发电厂中的应用

发电厂给煤机是电厂制粉系统中重要组成部分，是电厂重要的辅助动力设备，其主要任务是为制粉系统磨煤机提供原料。制粉系统工艺流程如图 497a 所示。

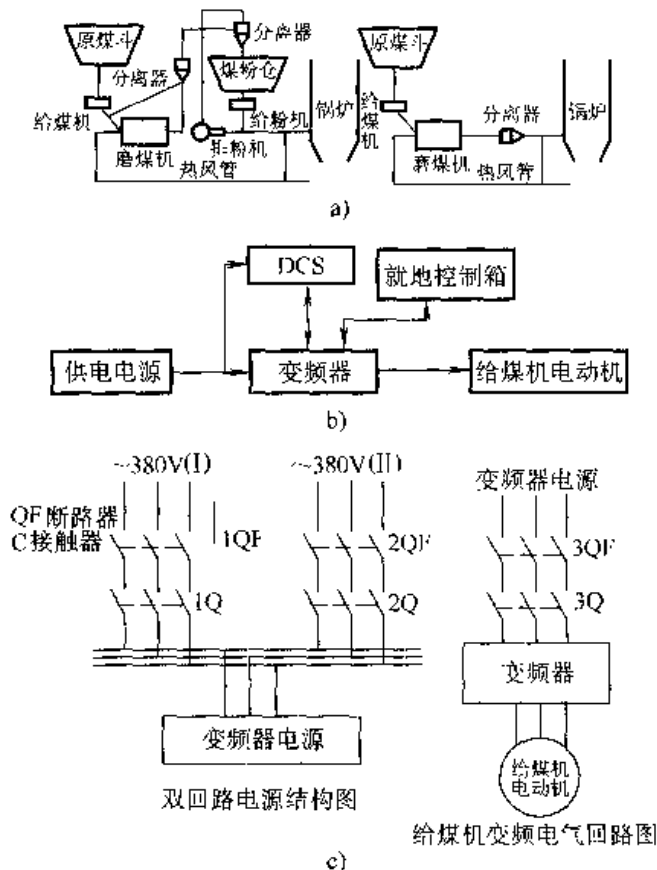


图 497 惠丰变频器在发电厂中的应用

根据给煤机稳定运行的重要性，采用冗余控制系统。系统功能框图如图 b 所示。

电气回路由空气开关、接触器、中间继电器、电流互感器、端子排、电缆等组成。变频器用双回路电源供电，当一路电源工作，则另一路电源作备用电源处于热备用状态，当工作电源失电或发生故障时，自动投入备用电源。

变频调速系统电路图如图 c 所示。

采用变频器的优点有实现软启动，启动电流小且平稳，减少对电网和设备的冲击。能连续无级调节给煤机的速度。给煤机长期运行在 30Hz，节约能源。具有多种保护功能，易于维护、维修，符合工厂自动化发展趋势。

例 498. 惠丰变频器在中央空调控制中的应用

大型空调系统的应用越来越广泛，而使用变频器构成的空调系统由于功能丰

富、操作简便、能耗小、成本低，越来越受到用户的关注。集中制冷、集中通风，压力温度双变量控制使以变频器为核心的控制系统发挥出特殊的优越性。系统框图如图 498 所示。

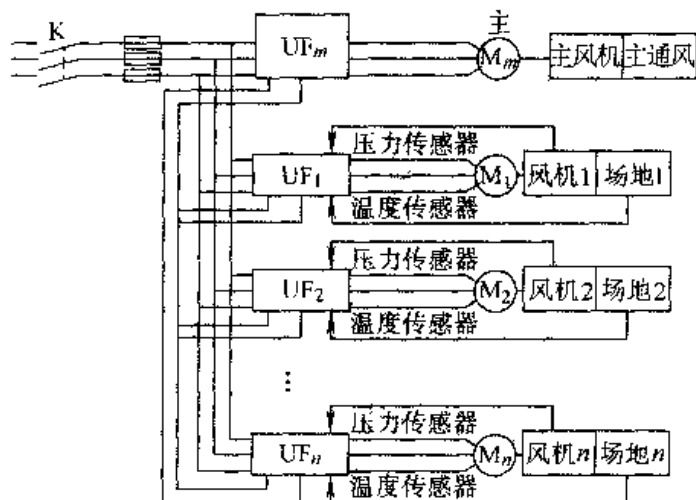


图 498 惠丰变频器在中央空调控制中的应用

例 499. 变频器固定语言报警电路

电路如图 499 所示。

图中的集成电路 IC 是一块固定语言集成电路，采用 CMOS 工艺制造，属于大规模集成电路，其内部较为复杂，通常采用软封装形式。IC 的品牌（型号）颇多，内储的语言是固定不变的，如图示的 HFC5217 内部只储有“注意气压”语句。假设变频器 UF 用于某种与气压有关的装置，一旦出现报警，UF 工作，其内部继电器动作，30A 与 30B 闭合，触发 IC 工作，扬声器 HA 便会发出“注意气压”的警告。

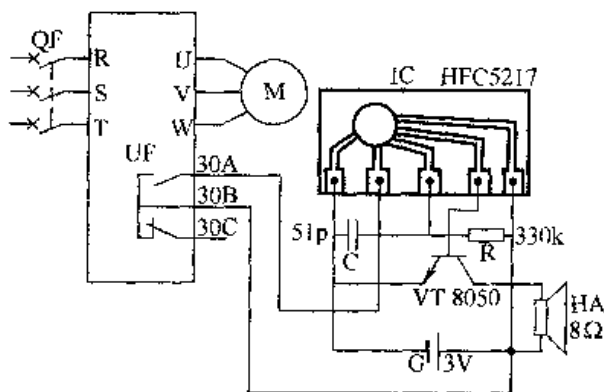


图 499 变频器固定语言报警电路

有关固定语言集成电路可参阅本书第五章。

例 500. 变频器录放语言报警电路

录放语言报警电路可以任意设定语言内容，又可以根据需要修改，随录随放，语音长久保存，非常方便。电路如图 500 所示。

图中的 HFC—15—6S 为录放语音成品板，其实质是将录放语言集成电路

(芯片)、存储器、传声器(话筒) B1、电阻器、电容器、扬声器 HA、发光二极管等等电子元器件都组装在一块印制电路板上,最后按图安装即可使用。

HFC—L5—6S 是由三只按键控制的: REC 为录音键,按住它对着传声器 HA_1 讲话,则可把语音原原本本地“记”住了; SB_1 、 SB_2 为放音键,其中 SB_1 为电平控制放音键,按住它不松手,喇叭则会反反复复地播放出录音,直至松手为止。将变频器的报警继电器输出触点并连在 SB_1 的两端,起着按住 SB_1 的作用,实现报警播音。

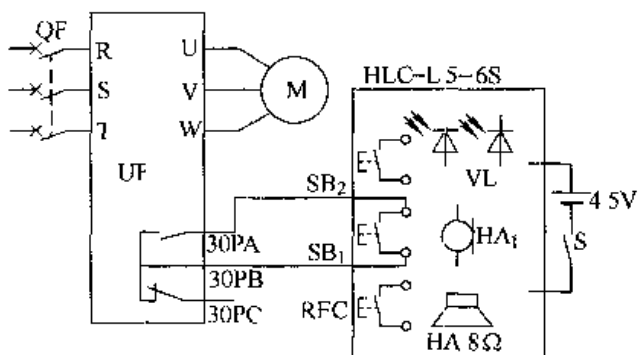


图 500 变频器录放语言报警电路

有关固定语言集成电路和录放语音成品板的详细介绍,见本书。第五章介绍,也可参阅《经典集成电路 400 例》(机械工业出版社)选用其他型号的产品。

例 501. 变频器在机床中的应用

近年来,变频器在风机、水泵、电梯等设备上得到了广泛的应用,但在机床领域应用还较少。精密加工机床其调速范围较宽,一般采用直流伺服系统进行控制。直流电动机结构上存在诸多缺点,因而,现代自动控制系统大多采用了交流传动技术。

机床设备对伺服系统的要求是:调速范围宽(要求在 100:1 以上。如 XT754 型镗铣床最低速度是 10mm/min,最高速度是 2500mm/min,其调速范围 $d = 2500:10 = 250:1$);速度控制精度高(在整个调速范围,起制动及运行过程要求运行稳定);定位准确(当工件快速进给后定位时间短、定位行程小,从而可提高加工效率)。

针对上述特点,我们选择性能比较先进的日本安川变频器驱动一般异步电动机,对 1 台 XT754 型镗铣床的进给直流伺服系统实施改造,从而使这台镗铣床的进给实现交流伺服控制。

(1) 交流伺服系统的组成

由变频器、异步电动机、冷却风机和脉冲编码器等组成,如图 501a 所示。

1) 变频器是整个系统的核心。它是一个多功能全数字式变频器,主要负责整个

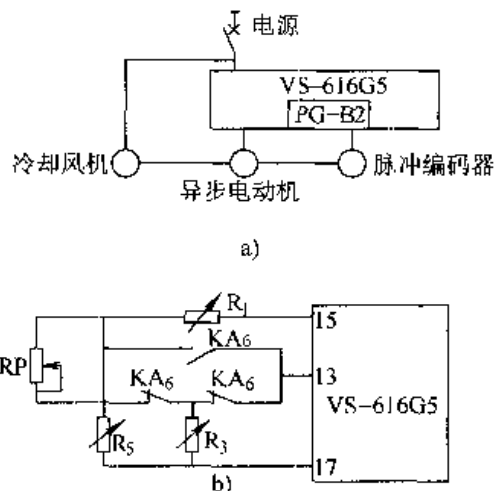


图 501 变频器在机床中的应用

系统的能源变换和数据处理。它和驱动电动机、脉冲编码器、PC 速度控制卡一起构成典型的带 PG 反馈的闭环控制系统。

变频器 VS—616G5 (CTMR—G5A43P7 3.7kW) 为多功能全数字式。它有四种方式：无 PG U/f 控制、有 PG U/f 控制、无 PG 矢量控制和有 PG 矢量控制。当选用有 PG 矢量控制方式时，其调速范围可以达到 1000:1，并且能够实现零速控制。

2) 驱动电动机采用一般笼型异步电动机 (Y132M1—6 型，4kW、380V、9.4A、960r/min)，并配备强迫冷却风机 ($\phi 125\text{mm}$ 轴流风机)。由于驱动电动机主要工作在低速状态，在低速长期运行时电动机易发热，因此增加冷却风机是必要的。

3) 脉冲编码器采用 HLE—1024L—3F * A 型，安装于电动机的轴上，其轴径要与电动机轴径相配合。它是构成带 PG 反馈系统的关键部件，主要参数是每转脉冲数 N_p (变频器参数 F1—01)，由下式计算选择

$$N_p = 60f/n_N$$

式中 f ——速度控制卡工作频率，单位：Hz；

n_N ——电动机额定转速，单位：r/min。

当选用的电动机为 960r/min，PG—B2 速度控制卡的工作频率是 20kHz 时， $N_p = 60 \times 20000/960 = 1250$ 。实际选用 PG 脉冲数为 1024 的脉冲编码器。

(2) PG 脉冲数与车铣精度的关系

XT754 型镗铣床进给系统的调速范围是 $v = 10 \sim 1120\text{mm/min}$ ，快速进给速度是 2500mm/min 。由于 PG 脉冲数与电动机的转速成正比，而电动机的转速又直接反映了伺服装置的行程。因此，当电动机转速为最低速 $n = 5.14\text{r/min}$ ($v = 10\text{mm/min}$) 时，则：

$$\begin{aligned} \text{每个脉冲当量} &= v / (n \times \text{PG 脉冲数}) \\ &= 10 / (5.14 \times 1024) \text{ mm} \\ &= 0.0019\text{mm} \end{aligned}$$

即每个脉冲行程是 $1.9\mu\text{m}$ 。

(3) 调速指令电阻网络匹配计算

变频器端子 13 为主速指令控制端，对应 10V 电压输出的频率是基本频率，即 50Hz。根据工艺要求，电动机的调速范围是 $5.14 \sim 576\text{r/min}$ 。若仍旧采用原调整控制开关进行控制，其电阻调整范围是 $75\Omega \sim 200\text{k}\Omega$ 。为配合这个调速开关的设计，调速电阻网络如图 b 所示。其中， R_1 、 R_3 、 R_5 均为 $3.3\text{k}\Omega$ 可调电阻。当 R_P 在 $75\Omega \sim 200\text{k}\Omega$ 变化时，对应端子 13 的输出电压是 $6 \sim 0.054\text{V}$ 。根据电路原理分析，当 $R_3 = 1.05\text{k}\Omega$ 时，可以得到一组计算参数： $R_1 = 985\Omega$ ， $R_3 = 1.05\text{k}\Omega$ ， $R_5 = 2.26\text{k}\Omega$ 。

根据这组计算参数整定电阻 R_1 、 R_3 、 R_5 ，即可在变频器端子 13 得到所要求的频率设定电压。

正常运行时， KA_6 不动作，端子 13 对 17 的输出范围在 0.054 ~ 6V 之间，对应电动机速度为 5.14 ~ 576r/min。当快速进给时， KA_6 动作，端子 13 对 17 输出 10V 的电压，对应输出电动机的额定转速。

(4) 电动机旋转方向及其控制

电动机的旋转方向只与变频器的输出相序有关，与进线电源的相序无关。因变频器本身设计有外接端子，可以进行正转、反转及运行停止，故设计正反转继电器输出组时，可以直接与变频器的端子连接。

例 502. 变频器在煤气发生炉增压机中的应用

煤气发生炉上使用的增压机（也称排送机），其主要功能是通过全速运行来保证用户明焰烧制所需的加压压力。以往，由人工调节增压机进口阀挡板开度的大小，以控制加压压力的大小，因此工人劳动强度高，很难满足用户或工艺负荷变化时所需的增压压力稳定要求。为了节约能耗，稳定增压机排送压力，我们采用图 502 所示的电路图，给增压机加装变频器与变送器，对压力实行闭环自动控制。

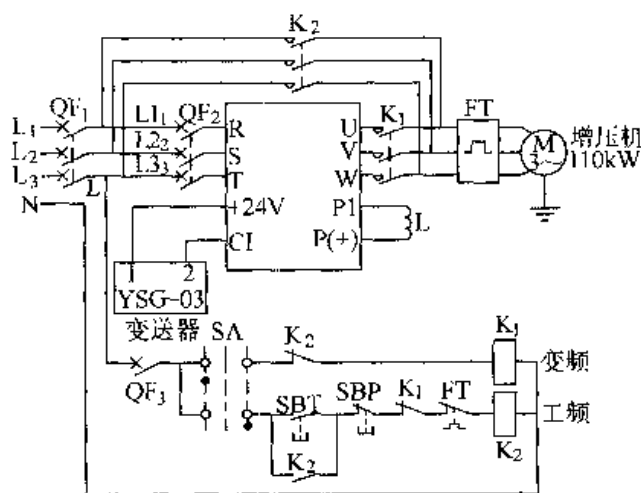


图 502 变频器在煤气发生炉增压机中的应用

(1) 工作原理

煤气增压离心鼓风机的型号是 M180—2300，流量 4813 ~ 12644m³/h，全压 23693 ~ 22485Pa，主轴转速 2950r/min，介质温度 20℃，介质密度 1.2kg/m³。配用三相异步电动机型号 Y315S—2，电压 380V，功率 110kW，电流 200A，频率 50Hz，转速 2980r/min。变频器选用 JP6C—T9—110 型，内置 PID 控制功能，与传感器 YSG—03 电感微压变送器配合，实现闭环自动检测与控制工艺负荷的压力值，满足生产要求。YSG—03 工作电源直流 24V，输出信号直流 4 ~ 20mA，负载

电阻 $\leq 250\Omega$ 。变频器内部预先设置工艺负荷所需的压力，与 YSG 电感压力变送器的实际测量值相比较，通过变频器内置的 PID 算法运算，实现闭环控制，自动调整排送机所需的运转速度，从而实现变频器频率的大小与增压机排送压力的大小相对应，保证增压压力大小的稳定，防止产生压力波动（此时增压机进出口阀门挡板全开足）。

(2) 参数设置

各种参数设置调试相当简单，除了常规的变频器与相应电动机相匹配的各项功能参数调整好以外，对于自动控制，主要调整好变频器的压力设定值，加、减速时间以及相应的比例、积分、微分增益设定（视生产过程系统可现场调整），就能实现生产过程的自动检测与压力控制。

调节变频器的频率即可调节排送机增压压力的大小，事实上也就是改变排送机排送量的大小。因而，当用户工艺负荷减至排送量的 1/3 以下时，要使排送设备及管道不发生喘振，只需通过变频器来改变排送机增压压力的大小，无需将多余量放入空中，就能使变频器与增压机正常工作。采用这项措施后，实现了节能降耗要求，提高了系统的自控水平。

第十二章 电子电力电源

一提起电力电源，人们便想到发电机、变压器、蓄电池。然而，在电子技术发达的今天，电子技术与电力技术的紧密结合，衍生了诸如补偿式电力稳压器、电力专用逆变器、电力专用在线 UPS、应急电源 EPS、太阳能风力发电专用逆变电源及变频电源等等，成为电源的一个重要的分支，我们把它们权且叫作电子电力电源。

例 503. 上海向群 SBW 系列补偿式电力稳压器

随着现代科技的发展，各行各业对电源电压的质量要求愈来愈高。为确保工业生产的正常进行、科研工作的顺利开展，迫切需要容量大、损耗低、波形失真小、稳压精度高的优质稳压电源。

SBW 系列自动补偿式三相电力稳压器是参照国际电气标准及技术，按行业标准 JB/T7620—1994《补偿式交流稳压器》结合我国供电现状，专为稳定三相 380V 交流电压而研制的节能型产品。当三相配电网供电电压波动或负载变化时，能自动保持输出电压的稳定。SBW 系列兼备了传统的电子交流式、感应式与磁饱和式稳压器之长，克服了传统稳压器容量小、损耗大、波形失真大等缺点，因此，它具有容量大、效率高、无波形畸变以及使用维护简便、运行可靠等优点。其性能与经济技术指标可与 20 世纪 90 年代末国外同类产品媲美，而价格仅为国外产品的 1/6~1/7，深受广大用户的欢迎。

SBW 系列电力稳压器是上海向群电气制造有限公司产品，该产品有 10~20kVA、30~50kVA、100kVA、180~225kVA、320~400kVA、500~600kVA 以及 800~1000kVA 等多种规格。其原理基本相同，电路如图 503 所示，图中 SBW-5 原理图符号及名称对照如表 45 所示。

SBW-5 型电力稳压器在主控线路及保护线路特点如下：

- (1) 采用“回中”技术，提高了输出电压的精度。
- (2) 采用过压保护、欠电压保护、机械保护、缺相保护、相序保护、短路保护等多重保护，并声光报警确保负载设备的可靠运行。
- (3) 采用“自复送电”功能，实现无人值守正常运行，（该功能需由用户要求，再行安装）。
- (4) 采用积木结构形式，便于维护保养。
- (5) 采用“故障信息保留”功能，便于维护人员了解造成稳压器退出运行状态的原因

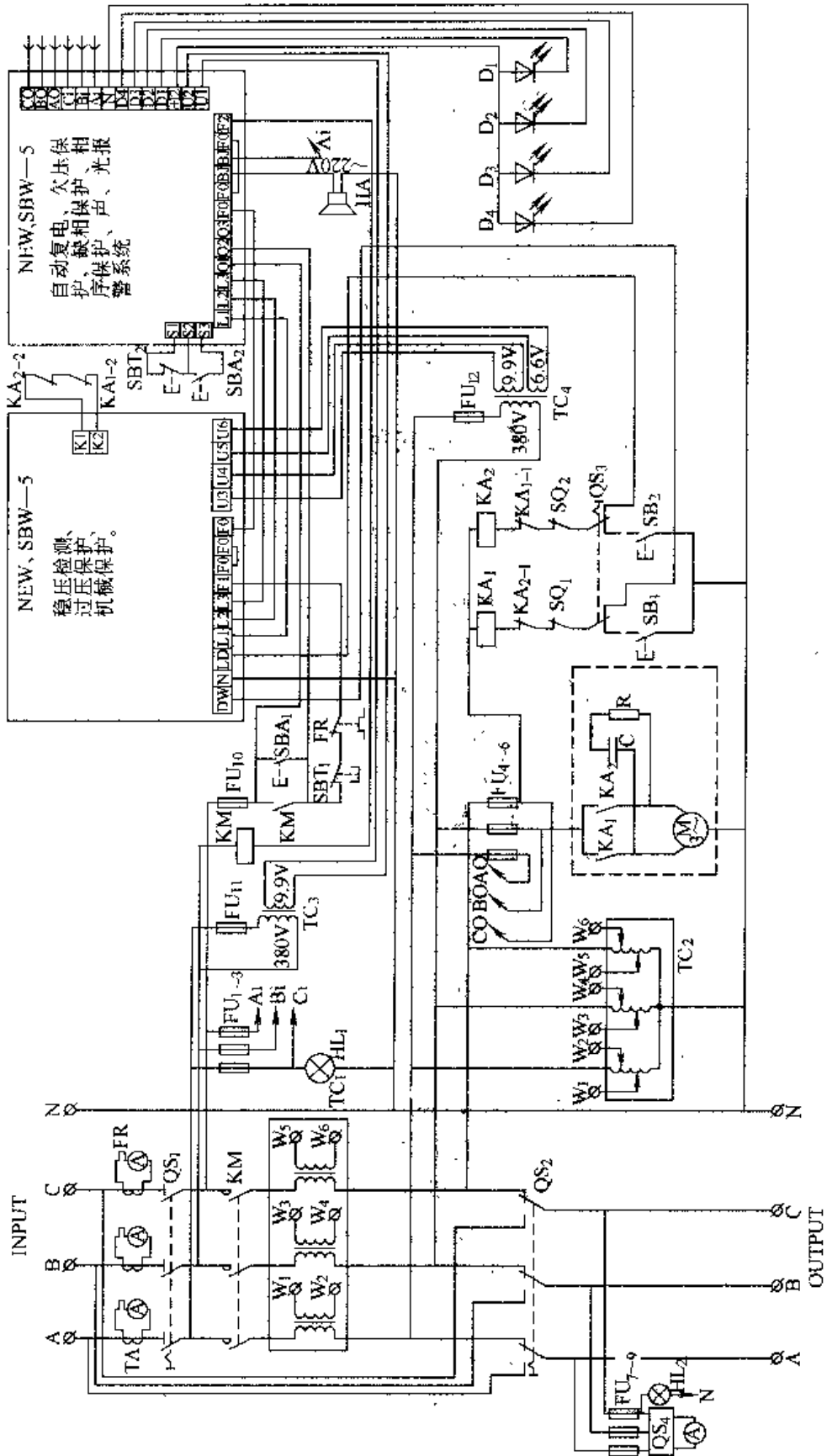


图 503 上海向群SBW补偿式电力稳压器

(6) 可配置智能系统, 通过 RS-232 接口, 实现监控。

SBW-5 (100kVK)

表 45 原理图符号及名称用途对照表

序号	符号	名称	序号	符号	名称
1	QS ₁	空气开关	16	kM	稳压启动主接触器
2	QS ₂	市电、稳压倒闸开关	17	kA ₁	降压控制继电器
3	QS ₃	“手动/自动”转换开关	18	kA ₂	升压控制继电器
4	QS ₄	输出电压转换开关	19	SBA ₁	稳压启动按钮
5	TC	输入电压转换开关	20	SBA ₂	稳压启动按钮
6	TC ₁	电流互感器	21	SBT ₁	稳压停止按钮
7	TC ₂	调节变压器	22	SBT ₂	稳压停止按钮
8	TC ₃	保护板电源变压器	23	SB ₁	手动降压按钮
9	TC ₄	控制板电源变压器	24	SB ₂	手动升压按钮
10	FR	热继电器	25	SQ _{1~2}	限位开关
11	FU ₁₋₁₂	保险器	26	D ₁	缺相、欠压、指示灯
12	HL ₁	输入电源指示灯	27	D ₂	机械故障指示灯
13	HL ₂	输出电源指示灯	28	D ₃	过压指示灯
14	A	电流表	29	D ₄	错相指示灯
15	V	电压表	30	BJ	报警器(AC 220V)

例 504. 合肥阳光 SN 电力专用逆变电源

SN220 以及 SN110 系列逆变电源专为发电厂、变电站设计, 广泛应用于电力系统运动、通信、载波、监控、继电保护以及事故照明, 也可为发电厂交流润滑油泵、交流风机、水泵提供不间断电力。

利用发电厂或变电站现有的直流屏, 加装逆变电源组成电力专用不间断电源, 比常规 UPS 有许多优势:

(1) 避免重复投资, 降低系统成本。发电厂或变电站往往具有 110V 和 220V 直流屏, 直接从屏上取直流动力给逆变电源供电, 省略了昂贵、笨重的蓄电池组, 具有一定的市场竞争力。

(2) 延长不间断时间, 提高供电可靠性。由于电力系统直流屏采用了优质、长寿命的阀控式免维护蓄电池, 采用“可靠的直流”+“可靠的逆变电源”, 从而提高了系统的可靠性, 同时由于蓄电池组容量大, 电网断电后可提供较长的不间断时间。若采用常规的 UPS, 由于其蓄电池无专人维护, 经常出现蓄电池已失效而无人知晓, 一旦电网断电即造成 UPS 故障而中断不间断电力。

阳光电源公司生产的电力专用逆变电源, 采用美国英特尔 (INTEL) 公司的

16 位专用微处理芯片控制，主电路采用日本三菱公司最先进的智能功率 IGBT 模块（IPM）机芯组装。

电路原理如图 504 所示。

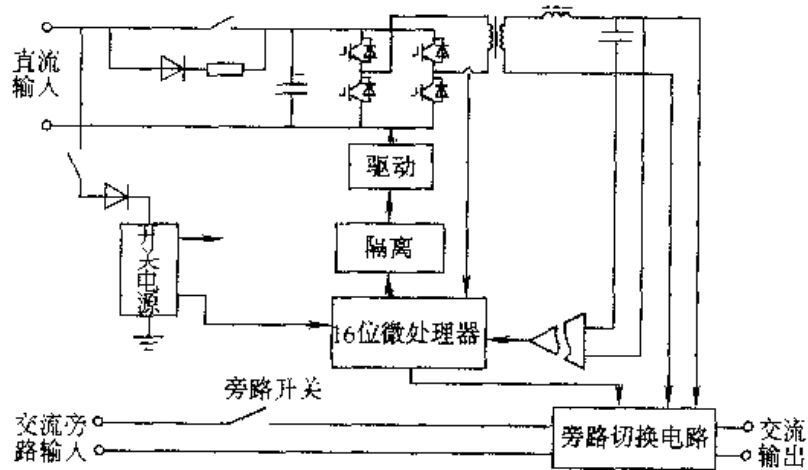


图 504 合肥阳光 SN 电力专用逆变电源

例 505. 合肥阳光 SL 电力专用在线 UPS

SL220、SL110 系列电源专为发电厂、变电站设计，具有在线、零延时转换功能，主要应用于负载对电压要求较高的场所，如电力远动、RTU、电力载波、监控等。

电力专用 UPS 的电路结构如图 505 所示，市电正常时，单相 220V 交流（或三相 380V）经过隔离，整流滤波后给逆变器供电；若交流输入断电，则将由电力系统自备的直流屏经过防反二极管给逆变器供电；若直流屏断电，则仍由交流输入供电；若逆变器过载或故障，则由静态开关切换至旁路供电。

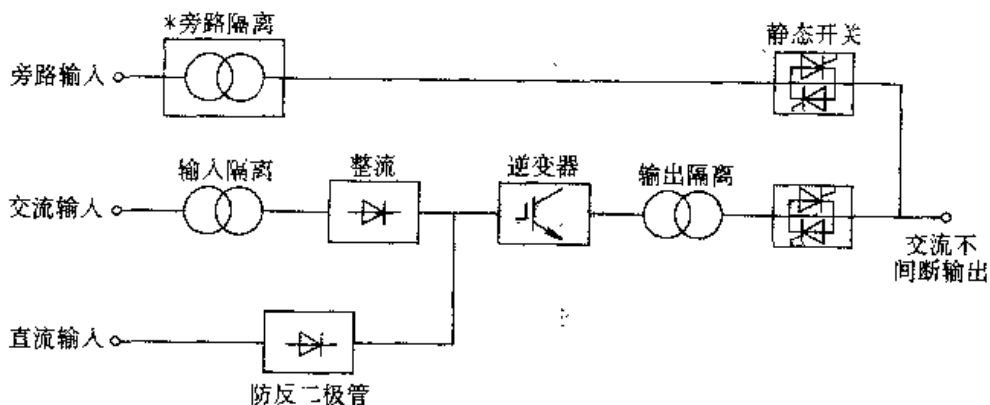


图 505 合肥阳光 SL 电力专用在线 UPS

例 506. 合肥阳光应急电源

应急电源也称 EPS，原理如图 506 所示，在交流电网正常时，由交流电网经过互投装置给重要负载供电，当交流电网断电后，互投装置将立即投切至逆变电源供电，当电网电压恢复时，应急电源将恢复为电网供电。

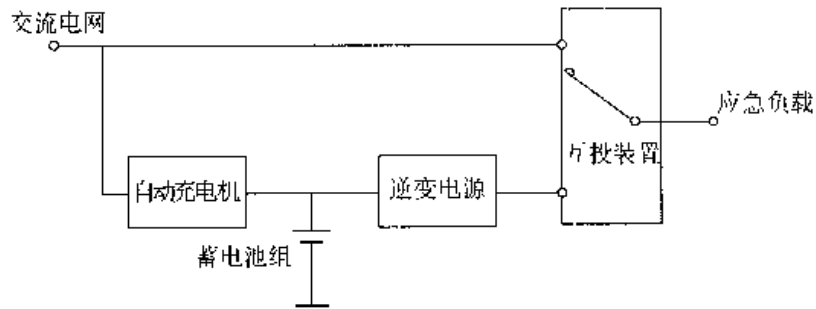


图 506 合肥阳光应急电源

采用集中供电的应急电源，克服了昔日应急电源供电方式的诸多缺点，除了具有性能价格比高，安装使用方便，效率高等众多优点外，还具有以下特色：

- (1) 16 位微处理器控制。
- (2) 日本三菱机芯组装。
- (3) 全自动高功率因数充电机。
- (4) 可安装静态开关式互投装置。
- (5) RS-232/485 通信接口。
- (6) 可带电动机负载。

应急电源分有单相输出系列（S 系列）和三相输出系列（T 系列），其使用范围为各种三相、单相及混合型用电设备，如电梯、风机、水泵、照明、空调等设备的应急供电。应用于高层建筑、人防设施，医院、机场、城市地铁、发电厂、大型商场、银行、证券等场所。适用范围广、负载适应性强。

输出功率（kW）系列有 2.2、3、3.7、5.5、6、7.5、11、15、18.5、22、30、37、45、55、75、80、93、100、110、120、132、150、160、187、200、220、250、280、315、400 等等，不在本系列中的规格可以在订货中单独提出。

例 507. 合肥阳光 M 系列电机专用变频输出 EPS

M 系列 EPS 专门为电动机负载设计，可避免电机负荷对电源的冲击。原理如图 507 所示，市电正常时，经逆变/变频器直接驱动电动机负荷。市电不正常时，由控制电路检测并控制 S 闭合，切换到蓄电池组供电，经逆变/变频器驱动电动机。

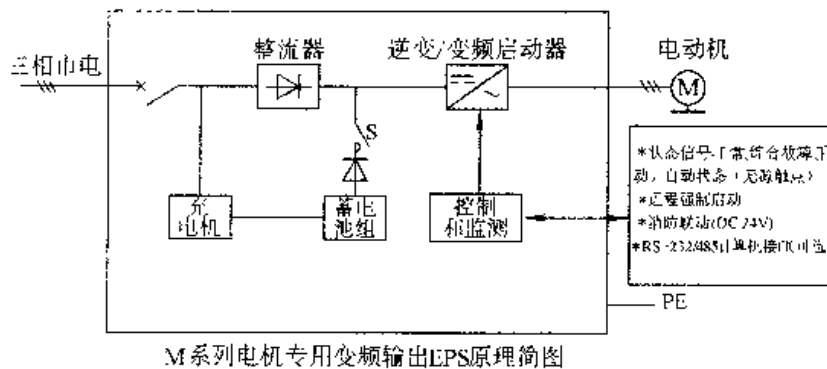


图 507 合肥阳光 M 系列电机专用变频输出 EPS

例 508. 合肥阳光太阳能、风力发电 SD 智能控制器

太阳能、风力发电智能控制器专门为新能源发电系统提供蓄电池充电、放电管理功能，太阳能、风力发电系统原理如图 508 所示，太阳能光伏阵列发出的直流电力和风力发电机发出的交流电力，经过智能控制器对蓄电池充电，在蓄电池未充满时，控制器的作用是最大限度地对蓄电池充电，当蓄电池被充满时，控制太阳能、风力发电机发出的电力，使蓄电池处于浮充状态。当蓄电池放电至接近蓄电池过放点电压时，控制器将发出蓄电池电量不足告警并切断蓄电池的放电回路，以保护蓄电池。

合肥阳光电源有限公司多年来一直致力于新能源发电系统的研发、生产，其智能控制器经过多次完善和持续的改进，新一代的智能控制器采用 16 位微处理器控制，功率器件采用德国 IXYS 公司的大功率场效应晶体管，直流输出回路采用英国 CURTIS 公司的直流高分断接触器和专用的直流断路器，具有很高的性能价格比。其主要特点有：

- (1) LCD 液晶点阵模块，显示如蓄电池电压、电流等多种参数。
- (2) 可编程设定过充电、过放电、过电流保护值。
- (3) 霍尔电压、电流互感器。
- (4) 控制电路与主电路完全隔离。
- (5) 4~7 路太阳能电池输入。
- (6) 安培-小时电量累计功能。
- (7) 浪涌、短路、反接、过载等各种保护功能。
- (8) 可配 RS-232/485 通信接口。
- (9) 温度补偿功能。

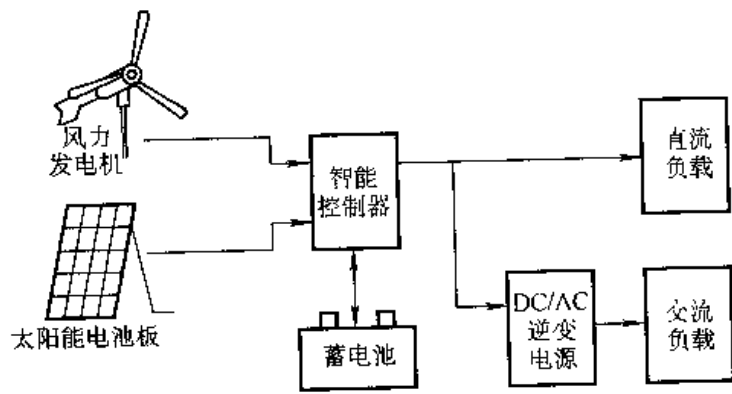


图 508 合肥阳光太阳能、
风力发电 SD 智能控制器

附录

附录 A 双臂整流管模块参数

名称	参数 型号	电路图形	$I_T(AV)/A$	T_C /°C	U_{RRM}/V (U_{DRM})	I_{RRM}/mA $T_T:125^\circ C$	10ms 时	U_{TM}/V ($T_T:25^\circ C$)	U_{ISOL}/V ($T_T:25^\circ C$)	$R_{\theta C}(^\circ C/W)$
			正弦半波时 ($\sin 180^\circ$)				I_{TSM} (I_{RSM})			
双臂串联整流管模块	F18 RD27		25	100	800 ~ 1600	8	470	1.45	2000	0.65
	F18 RD42		40	100		8	760	1.45	2000	0.48
	F18 RD57		55	100		8	1000	1.45	2000	0.35
	F18 RD92		90	100		8	1700	1.45	2000	0.20
	MDC 110		110	100		8	2000	1.45	2000	0.16
	MDC 130		130	100		10	2400	1.48	2000	0.14
	MDC 160		160	100		10	3000	1.60	2500	0.11
	MDC 200		200	100		12	3750	1.57	2500	0.09
	MDC 250		250	100		12	4700	1.60	2500	0.06
	MDC 300		300	100		18	5600	1.52	2500	0.06
	MDC 400		400	100		25	7500	1.68	2500	0.043
	MDC 500		500	85		30	9400	1.72	2500	0.043
	MDC 600		600	55		30	11300	1.80	2500	0.05
双臂负极并联整流管模块	F18 CCD27		25	100	800 ~ 1600	8	470	1.45	2000	0.65
	F18 CCD42		40	100		8	760	1.45	2000	0.48
	F18 CCD57		55	100		8	1000	1.45	2000	0.35
	F18 CCD92		90	100		8	1700	1.45	2000	0.20
	MDK 110		110	100		8	2000	1.45	2000	0.16
	MDK 130		130	100		10	2400	1.48	2000	0.14
	MDK 160		160	100		10	3000	1.60	2500	0.11
	MDK 200		200	100		12	3750	1.57	2500	0.09
	MDK 250		250	100		12	4700	1.60	2500	0.06
	MDK 300		300	100		18	5600	1.52	2500	0.06
	MDK 400		400	100		25	7500	1.68	2500	0.043
	MDK 500		500	85		30	9400	1.72	2500	0.043
	MDK 600		600	55		30	11300	1.80	2500	0.05
双臂正极并联整流管模块	F18 CAD27		25	100	800 ~ 1600	8	470	1.45	2000	0.65
	F18 CAD42		40	100		8	760	1.45	2000	0.48
	F18 CAD57		55	100		8	1000	1.45	2000	0.35
	F18 CAD92		90	100		8	1700	1.45	2000	0.20
	MDA 110		110	100		8	2000	1.45	2000	0.16
	MDA 130		130	100		10	2400	1.48	2000	0.14
	MDA 160		160	100		10	3000	1.60	2500	0.11
	MDA 200		200	100		12	3750	1.57	2500	0.09
	MDA 250		250	100		12	4700	1.60	2500	0.06
	MDA 300		300	100		18	5600	1.52	2500	0.06
	MDA 400		400	100		25	7500	1.68	2500	0.043
	MDA 500		500	85		30	9400	1.72	2500	0.043
	MDA 600		600	55		30	11300	1.80	2500	0.05

注：生产厂为齐齐哈尔电力半导体器件厂。

附录 B 双臂晶闸管模块参数

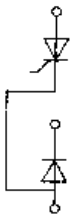
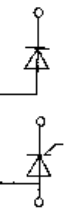
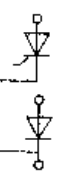
名称	参数		电路图形	I_T (AV)/A 正弦半波时 ($\sin 180^\circ$)	T_C /°C	U_{RRM}/V (U_{DRM})	I_{RRM}/mA $T_j: 125^\circ C$	10ms 时 I_{TSM} (I_{FSM})	U_{TM}/V ($T_j: 25^\circ C$)	U_{ISOL}/V ($T_j: 25^\circ C$)	$R_{jc}(^\circ C/W)$
	型号										
双臂负级并联晶闸管模块	F18 CCS27			25	90	800 ~ 1600	8	470	1.6	2500	0.47
	F18 CCS42			40	90		8	760	1.4		
	F18 CCS57			55	90		8	1000	1.5		
	F18 CCS92			90	85		10	1700	1.55		
	MTK 160			160	85		15	3000	1.75		
	MTK 200			200	85		20	3750	1.80		
	MTK 250			250	80		20	4700	1.75		
	MTK 300			300	85		25	5600	1.48		
	MTK 400			400	80		25	7500	1.58		
	MTK 500			500	55		30	9400	1.95		
	双臂串联晶闸管模块	F18 SD27					25	90	800 ~ 1600		8
F18 SD42			40	90		8	760	1.4			
F18 SD57			55	90		8	1000	1.5			
F18 SD92			90	85		10	1700	1.55			
MTC 110			110	85		12	2000	1.42			
MTC 130			130	80		15	2400	1.50			
MTC 160			160	85		15	3000	1.75			
MTC 200			200	85		20	3750	1.80			
MTC 250			250	80		20	4700	1.75			
MTC 300			300	85		25	5600	1.48			
MTC 400			400	80		25	7500	1.58			
MTC 500			500	55		30	9400	1.95			

注：生产厂为齐齐哈尔电力半导体器件厂。

附录 C 晶闸管-整流管联臂模块参数

名称	参数		电路图形	I_T (AV)/A 正弦半波时 ($\sin 180^\circ$)	T_C /°C	U_{RRM}/V (U_{DRM})	I_{RRM}/mA $T_j: 125^\circ C$	10ms 时 I_{TSM} (I_{FSM})	U_{TM}/V ($T_j: 25^\circ C$)	U_{ISOL}/V ($T_j: 25^\circ C$)	$R_{jc}(^\circ C/W)$
	型号										
单晶串联整流管联臂模块	F18 HD27			25	90	800 ~ 1600	8	470	1.6	2500	0.47
	F18 HD42			40	90		8	760	1.4		
	F18 HD57			55	90		8	1000	1.5		
	F18 HD92			90	85		10	1700	1.55		
	MFC1 110			110	85		12	2000	1.42		
	MFC1 130			130	80		15	2400	1.50		
	MFC1 160			160	85		15	3000	1.75		
	MFC1 200			200	85		20	3750	1.80		
	MFC1 250			250	80		20	4700	1.75		
	MFC1 300			300	85		25	5600	1.48		
	MFC1 400			400	80		25	7500	1.58		
	MFC1 500			500	55		30	9400	1.95		

(续)

名称	参数 型号	电路图形	$I_T(AV)/A$	T_C /°C	(U_{RRM}/V) (U_{DRM})	I_{RRM}/mA $T_j: 125^\circ C$	10ms 时 I_{TSM} (I_{TSM})	U_{TM}/V $(T_j: 25^\circ C)$	U_{TSM}/V $(T_j: 25^\circ C)$	R_{j-c} (°C/W)
			正弦半波时 (sin180°)							
晶 、 联 串 联 臂 模 块	F18 DH27		25	90	800 ~ 1600	8	470	1.6	2500	0.47
	F18 DI42		40	90		8	760	1.4		
	F18 DI57		55	90		8	1000	1.5		
	F18 DH92		90	85		10	1700	1.55		
	MFC2 110		110	85		12	2000	1.42		
	MFC2 130		130	80		15	2400	1.50		
	MFC2 160		160	85		15	3000	1.75		
	MFC2 200		200	85		20	3750	1.80		
	MFC2 250		250	80		20	4700	1.75		
	MFC2 300		300	85		25	5600	1.48		
	MFC2 400		400	80		25	7500	1.58		
	MFC2 500		500	55		30	9400	1.95		
晶 、 正 极 并 联 臂 模 块	F18 CAH27		25	90	800 ~ 1600	8	470	1.6	2500	0.47
	F18 CAH42		40	90		8	760	1.4		
	F18 CAI57		55	90		8	1000	1.5		
	F18 CAI92		90	85		10	1700	1.55		
	MFA 110		110	85		12	2000	1.42		
	MFA 160		160	85		15	3000	1.75		
	MFA 200		200	85		20	3750	1.80		
	MFA 250		250	80		20	4700	1.75		
	MFA 300		300	85		25	5600	1.48		
	MFA 400		400	80		25	7500	1.58		
	MFA 500		500	55		30	9400	1.95		
	晶 、 整 负 极 并 联 臂 模 块		F18 CCH27			25	90	800 ~ 1600		8
F18 CCH42		40	90		8	760	1.4			
F18 CCH57		55	90		8	1000	1.5			
F18 CCI92		90	85		10	1700	1.55			
MPK 110		110	85		12	2000	1.42			

注：生产厂为齐齐哈尔电力半导体器件厂。

附录 D 整流桥模块参数

名称	参数		电路图形	I_O /A	T_C /°C	T_J /°C	U_{RRM}/V (U_{DRM})	I_{TSM}/A (I_{FSM}) 10ms 4μs	U_{TM}/V ($T_J:25°C$)	U_{ISOL}/V ($T_J:25°C$)	$R_{Jc}(W/°C)$ ($T_J:25°C$)
	型号										
三相 全波 整流 桥模 块	MDS 30		30	110	150	800 ~ 1600	370	1.4	2000	0.42	
	MDS 50		50	110	150		480	1.4		0.30	
	MDS 75		75	100	150		1000	1.4		0.24	
	MDS 100		100	100	150		1200	1.5		0.16	
单相 全波 整流 桥模 块	MDQ 30		30	100	150	800 ~ 1600	370	1.8	2000	0.52	
	MDQ 50		50	100	150		480	1.8		0.32	
	MDQ 75		75	100	150		1000	1.6		0.25	
	MDQ 100		100	100	150		1200	1.6		0.18	
负三 臂整 流桥 模块	MDG 30		30	110	150	800 ~ 1600	370	1.4	2000	0.84	
	MDG 50		50	110	150		480	1.4		0.60	
	MDG 75		75	100	150		1000	1.4		0.48	
	MDG 100		100	100	150		1200	1.5		0.32	
正三 臂整 流桥 模块	MDY 30		30	110	150	800 ~ 1600	370	1.4	2000	0.84	
	MDY 50		50	110	150		480	1.4		0.60	
	MDY 75		75	100	150		1000	1.4		0.48	
	MDY 100		100	100	150		1200	1.5		0.32	
半可 控单 相全 桥整 流模 块	MFQ 30		30	90	125	800 ~ 1600	370	1.4	2000	0.47	
	MFQ 50		50	90	125		480	1.65		0.24	

注:生产厂为齐齐哈尔电力半导体器件厂。

附录 E 交流电子灭弧器参数

参数名称		符号	单位	参 数 值					
输入 参数	控制电压	U_{IN}	V	110V(1±20%);220V(1±20%);380V(1±20%)					
	输入电流	I_{IN}	mA	≤20					
	额定工作电流	I_{OCT}	A	40	63	100	160	250	630
输出 参数	工作电压范围	U_{OUT}	V	110~380					
	断态漏电流	I_B	mA	≤20					
	通态压降	U	V	≤1.6					
	绝缘电压	U_{ISOL}	V	≥2500					

注：生产厂为齐齐哈尔电力半导体器件厂

附录 F LOGO! 通用可编程序控制器的 编程方法与操作方法

F.1 LOGO! 综述

可编程序控制器在电动机保护和软起动中，得到了广泛的应用。LOGO! 是可编程序控制器（PLC）的新一代超小型控制器，亦称可编程通用逻辑控制模块，与以往的 PLC 相比具有以下优点：

(1) 编程操作简单。不管哪家公司的 PLC，都必须使用编程工具（如编程器或计算机加编程软件），而 LOGO! 编程可在本机上直接操作。

(2) 编程语言简单。对 PLC 编程，必须学习编程语言（梯形图和语句表），还要了解 PLC 的内部地址分配，而 LOGO! 编程是将需要实现的功能所对应的功能块连接起来，就像将时间继电器、中间继电器通过导线连接一样简单和方便。

(3) 输出电流大。PLC 输出端所能承受电流一般为 2A（继电器输出，阻性负载），而 LOGO! 输出端可以承受电流达 10A（继电器输出，阻性负载）。

(4) 自带显示面板。参数设置方便。PLC 自身不带面板，如要显示或修改内部参数就必须增加额外的显示面板，甚至还要对面板进行编程和组态，而 LOGO! 不需要增加任何辅助设备，可直接在自带面板上设置、更改和显示参数。

(5) 具有通信功能。带 AS-T 总线功能的 LOGO! 可作为远程 I/O（输入/输出）使用。

(6) 价格低廉。与同点数的小型 PLC 相比, LOGO! 具有更低的价格和更高的性价比。

(7) 面向大众、方便用户。LOGO! 不需要专门编程训练, 只要懂得一些电脑知识就行, 工厂的电工十分容易掌握它的使用。

LOGO! 主要控制功能有: 开关量输入和输出; 友好操作界面和显示面板; 由 6 种基本功能块和 11 种特殊功能块来实现各种控制任务。

LOGO! 是替代繁琐继电器的全新产品, 内部集成 29 种功能, 机身仅有 72/126mm × 90mm × 55mm, 输入、控制和显示单元齐集面板, 输出电流可达 10A。繁杂的开关控制系统, 只需动动手指编程, LOGO! 轻松办到。

(1) 降低成本 一个 LOGO! 可替代一组繁琐的继电器。

(2) 节省时间 LOGO! 减少接线时间。

(3) 节省空间 应用 LOGO! 使控制柜变得更小。

(4) 有关 LOGO! 的选型及参数参见附录 G、附录 H。

(5) LOGO! 的外形如附图 1 所示。



附图 1 LOGO! 外形

F.2 LOGO! 的操作面板

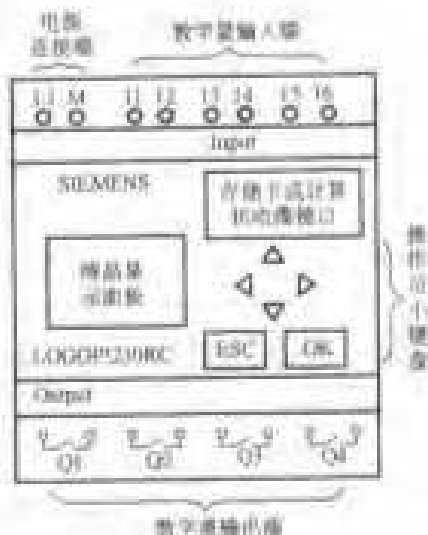
LOGO! 的面板如附图 2 所示。

(1) 电源连接端。用来连接电源。电压有直流 24V、交流 115V 或交流 230V。

(2) 数字量输入端。直接连接开关、按钮和传感器等。数字量输出端可用容量为 8A/10A 的开关来控制负载(如照明、小功率发电机、阀门等)。

(3) 液晶显示面板。进入控制程序后, 所有步骤(例如逻辑操作和设定值)及集成的基本和特殊功能(如计时器、计数器和时钟等)均显示为功能方块图, 在运行过程中, 可显示 I/O 口的开关状态及星期和时间。

(4) 操作员小键盘。用键盘上的 6 个操作键输入需要的控制程序。按操作键就能将集成后的功能组合起来, 按一下“OK”(确定)键就能对布线功能进行排序。



附图 2 LOGO! 操作面板

(5) 存储卡或计算机电缆接口。控制程序和设定值永远存储在集成的EEP-ROM（电可擦除只读存储器）中，即使发生断电也不会丢失。还可用LOGO! 存储卡将存储的程序复制到下一个应用。也可根据需要用电缆把LOGO! 连接到计算机上。利用LOGO! Soft 编程软件创建、仿真、存档和打印控制程序。

F.3 LOGO! 编程方法与操作

LOGO! 的编程就是将LOGO! 内部的集成功能块进行逻辑组合。它有别于可编程序控制器（PLC）用梯形图和语句表编程，用起来更直观、更简单。

LOGO! 采用两种方法编程：一种是直接在LOGO! 控制器的操作显示面板上编程；另一种是用软件在计算机上进行编程。

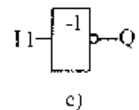
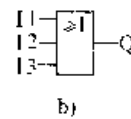
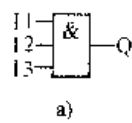
F.3.1 LOGO! 的功能块

LOGO! 内部集成有6种基本功能块和11种特殊功能块。它们的组合不仅能替代所有继电器（包括时间继电器）线路。而且功能更多、更强。

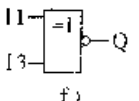
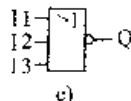
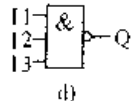
F.3.1.1 CF——基本功能块

LOGO! 内部集有6种基本功能块，其图形符号如附图3所示。

1. AND（与功能块）。当常开触点串联时，采用AND，符号如附图3a所示，当输入端信号I1、I2、I3的状态均为1时，输出端信号Q的状态才为1（即输出闭合）。



2. OR（或功能块）。当常开触点并联时，采用OR，符号如附图3b所示，当输入端信号I1或I2或I3至少有一个状态为1时，输出端信号Q的状态为1（即输出闭合）。



附图3 LOGO! 内部6种功能块

3. NOT（非功能块）。当常开触点反相时，采用NOT，符号如附图3c所示，当输入端信号I1状态为0时，输出端信号Q为1，反之亦然。

4. NAND（与非功能块）。当常闭触点并联时，采用NAND，符号如附图3d所示。当输入端信号I1、I2和I3均为状态1（即闭合）时，其输出端信号Q才能为状态0。

5. NOR（或非功能块）。当常闭触点串联时，采用NOR，符号如附图3e所示。当输入端信号均断开（状态0）时，输出端信号Q才接通（状态1）。

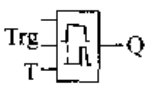
6. XOR（异或功能块）。当两个换向触点串联时，采用XOR，符号如附图3f所示。当输入端信号的状态不同时，输出端信号Q的状态为1。

F.3.1.2 SF——特殊功能块

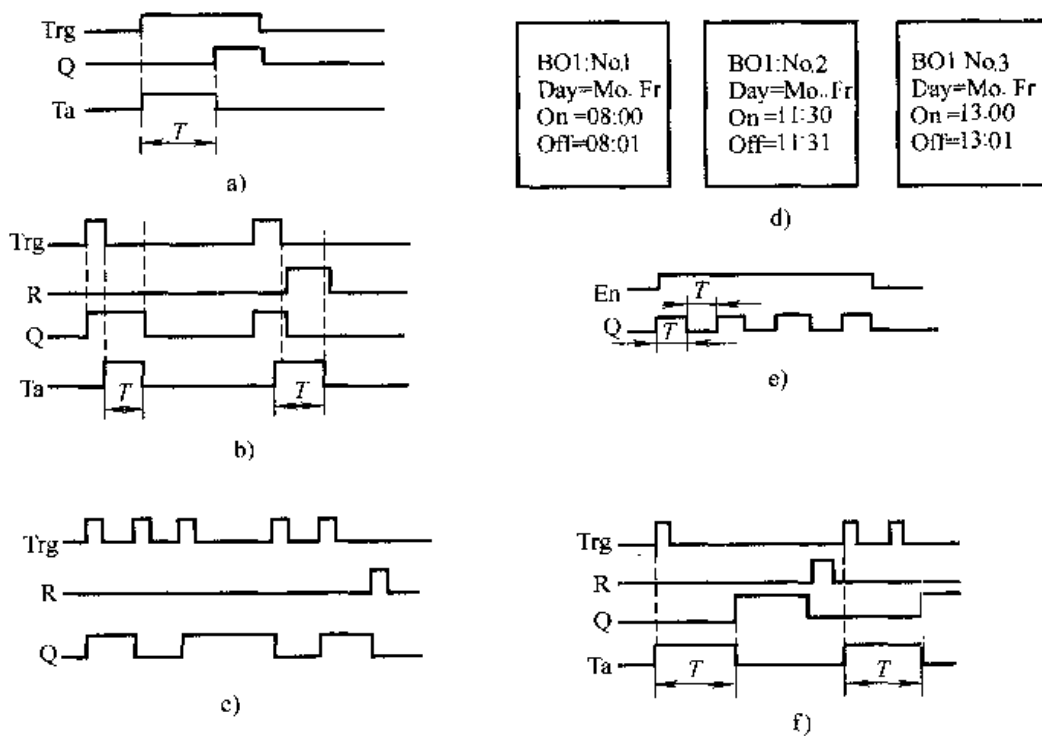
LOGO! 的特殊功能有 11 种, 现分别说明如下:

1. 接通延时 (如附表 1 所示)

附表 1

LOGO! 中的符号	信号端	功能
	Trg—触发输入信号	由 Trg 启动接通延时继电器的定时 (Trg 保持触发)
	T—时间参数	Trg 启动接通并经 T 时间后, 触发输出端信号 Q 由 0 变 1
	Q—输出信号	如 Trg 仍然存在, 当 T 时间到后, 输出端接通一次

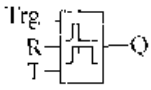
时序图如附图 4a 所示。当触发输入信号 Trg 的状态从 0 变为 1 时, 定时器 Ta (LOGO! 内部定时器) 开始记时, 如 Trg 保持状态 1 足够长的时间, 则经过设定的定时时间 T 后, 输出 Q 置为 1。



附图 4 LOGO! 时序功能

2. 断开延时 (如附表 2 所示)

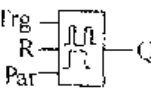
附表 2

LOGO! 中的符号	信号端	功能
	Trg—触发输入信号	Trg 断开触发延时继电器的定时
	R—复位输入信号	复位输入,复位停止延时继电器的定时并将输出端信号设置为 0(R 的优先级高于触发输入)
	T—时间参数	延时继电器的时间参数
	Q—输出信号	Trg 断开后, Q 保持接通 T 时间才复位

时序图如附图 4b 所示。当触发输入信号 Trg 的状态从 0 变为 1 时, Q 立即变 1, 如 Trg 从 1 变为 0 时, 定时器 Ta (LOGO! 内部定时器) 开始启动, Q 仍保持“1”, 当 Ta 时间达到设定值 T 后, 输出 Q 置为 0。复位信号 R 使输出 Q 立即置为 0。

3. 脉冲继电器 (如附表 3 所示)

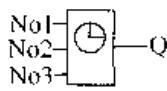
附表 3

LOGO! 中的符号	信号端	功能
	Trg—触发输入信号	Trg 为触发输入,使输出 Q 接通或断开
	R—复位输入信号	复位输入,复位信号使输出端信号断开(R 的优先级高于 Trg)
	Par—参数	仅 LOGO! ...L...型才提供 Par 参数,具有断电时保持 Q 状态的功能(当 LOGO! 内须装有内存卡时) Rem off 表示断电后状态不保持 Rem n 表示断电后状态保持
	Q—输出信号	脉冲输出信号

时序图如附图 4c 所示。当每次输入 Trg 的状态从 0 变为 1 时, 输出 Q 的状态随之改变 (即 1 或 0), 复位输入 R 是将输出 Q 置为 0。

4. 时钟 (时间开关) (如附表 4 所示)

附表 4

LOGO! 中的符号	信号端	功能
	参数设定: No1 No2 No3	用 No1, No2, No3 参数设置三个使输出端接通或断开的时段
	Q—输出信号	输出端信号

在型号中含有字母 C (时钟) 的 LOGO! 可提供时间开关 (例如 LOGO! 230RC)。每个时钟有 3 个时间段。时间段参数 No1, No2, No3 的设置示例如附图 4d 所示。该时钟模块编号为 B01 的表示: 第一个时间段 (No1) 的设置是从星期一到星期五的 8:00 到 8:01 使输出端 Q 接通; 第二个时间段 (No2) 的设置是从星期一到星期五的 11:30 到 11:31 使输出端 Q 接通; 第三个时间段 (No3) 的设置是从星期一到星期五的 13:00 到 13:01 使输出端 Q 接通。这显然可用于单位上、下班响铃的驱动。

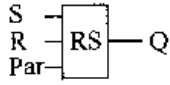
Day 有以下选择: .Su (星期日)、.Mo (星期一)、.Tu (星期二)、.We (星期三)、.Th (星期四)、.Fr (星期五)、.Sa (星期六)、.Mo...Fr (从星期一到星期五)、.Mo...Sa (从星期一到星期六)、.Mo...Su [从星期一到星期日 (即每天)]、.Sa...Su (星期六和星期日)。

接通时间从 00:00 ~ 23:59 中的任何时间;

断开时间从 00:00 ~ 23:59 中的任何时间。

5. 锁定继电器 (如附表 5 所示)

附表 5

LOGO! 中的符号	信号端	功能
	S—置位输入	通过 S 输入 (置位), 设置输出 (Q) 为 1
	R—复位输入	使用 R 输入 (复位), 复位输出 (Q) 为 0, 如 S 和 R 同时为 1, 则输出 (Q) 为 0 (复位优先)
	Par—参数	仅 LOGO! ...L... 型提供此功能, 使用 Par 参数在断电时可保持 Q 的状态 (当 LOGO! 内须装有内存卡时) Rem off 表示断电后状态不保持 Rem on 表示断电后状态保持
	Q—输出信号	输出端信号

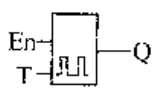
一个线路如经常需要保持其输出为接通状态, 这就是锁定。锁定继电器是一个简单的二进制触发器, 其输出值取决于输入状态和原来的输出状态。其开关特性如附表 6 所示。

附表 6

S	R	Q
0	0	保持原状态
0	1	0 复位
1	0	1 置位
1	1	0 复位 (复位优先级高于置位)

6. 对称时钟脉冲发生器 (如附表 7 所示)

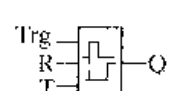
附表 7

LOGO! 中的符号	信号端	功能
	En—输入信号	使能输入端,使时钟脉冲发生器的输出 Q 按 T 时间接通或断开
	T—设定参数	输出 Q 接通或断开的时间
	Q—输出信号	输出端信号(时钟脉冲)

时序图见附图 4e。当使能信号 En 为 1 时,输出 Q 以时间 T 作 0 和 1 的周期运行,直到 En 为 0 时停止,输出 Q 为 0。

7. 保持接通延时继电器 (如附表 8 所示)

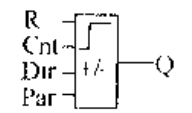
附表 8

LOGO! 中的符号	信号端	功能
	Trg—触发输入信号	触发输入端,启动接通延时的定时器
	R—复位输入信号	复位输入端(R 的优先级高于 Trg)停止接通延时定时器,并置输出 Q 为 0
	T—设置参数	在触发输入信号经 T 时间后,输出 Q 接通
	Q—输出信号	输出端信号

时序图如附图 4f 所示。当 Trg 输入状态从 0 变为 1 时,定时器 Ta 启动,当 Ta 到达时间 T 时,输出 Q 置为 1,此时若再有一个 Trg 输入信号,则对 Ta 和 Q 都没有影响,直至复位输入 R 为 1,将输出 Q 复位为 0。

8. 加和减计数器 (如附表 9 所示)

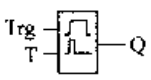
附表 9

LOGO! 中的符号	信号端	功能
	R—复位输入信号	复位输入端(其优先级高于 Cnt)复位内部计数器值和复位输出 Q 为 0
	Cnt—计数输入信号	计数输入端,当从状态 0 到状态 1 变化时,内部计数器加 1 或减 1。该输入端信号最大的计数频率为 5Hz
	Dir—计数方向设置输入信号	计数方向的设置: Dir = 0 为加计数, Dir = 1 为减计数
	Par—设置参数信号	计数值,当内部计数器到达该值时输出端 Q 接通
	Q—输出信号	输出信号端,当内部计数器到达 Par 值时,该输出端接通

Cnt 输入的上升沿,使内部计数器加 1 (Dir = 0) 或减 1 (Dir = 1),如果内部计数器的值大于或等于 Par 设置的参数值,则输出 Q 为 1。复位输入 R 将使内部计数器值复位变成 0,使输出 Q 也为 0。

9. 脉冲继电器 (脉冲输出) (如附表 10 所示)

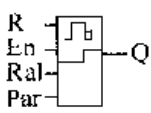
附表 10

LOGO! 中的符号	信号端	功能
	Trg—输入信号	信号输入端,该信号使输出端 Q 接通并启动脉冲继电器的定时器
	T—时间参数	输入端信号为 1,经 T 时间后输出端 Q 断开(产生宽度为 T 的脉冲)
	Q—输出信号	输出端信号

当输入 Trg 的状态为 1 时,输出 Q 立即为 1,同时启动 LOGO! 的定时器。当定时器到达 T 值时,输出 Q 为 0,形成一个脉冲输出。如果到达 T 时间值之前 Trg 输入由 1 变为 0,则输出 Q 立即为 0。

10. 运行时间计数器 (如附表 11 所示)

附表 11

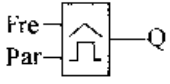
LOGO! 中的符号	信号端	功能
	R—复位输入信号	R = 0, Ral 不等于 1, 则允许计数; R = 1, 停止计数, 输出端 Q 复位且将监视时间间隔的剩余时间 MN 设置为 MN = MI (参数化计数值)
	En—监视输入信号	LOGO! 在该输入开始监视运行时间
	Ral—全复位输入信号	Ral = 0, 如 R 不等于 1, 则允许计数 Ral = 1, 停止计数 通过 Ral (全部复位) 复位计数器和输出, 即输出置 0 运行时间 (OT) 测量 = 0 监视时间间隔的剩余时间 (MN) = 参数计数值 (MI)
	Par—参数: MI	MI: 监视时间, 以小时设定, MI 可以为 0 ~ 9999h 之间的任何数
	Q—输出信号	如剩余时间 (MN) = 0, 则该输出端信号为 1

仅 LOGO! ...L...型有此功能块。

11. 用于频率的阈值开关 (如附表 12 所示)

LOGO! ...L...型有此功能块。

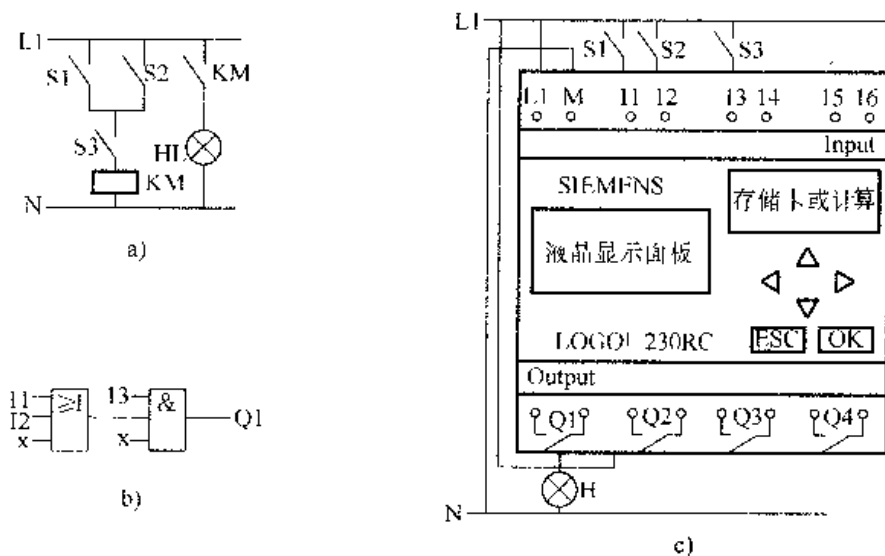
附表 12

LOGO! 中的符号	信号端	功能
	Fre—频率输入信号	计数脉冲输入端, LOGO! 输入端 I12 用于快速计数(24V 输入), 最大可达 150Hz, 其他输入端可用于低频率计数
	Par—参数: SW ↑ SW ↓ G-T	SW ↑: 接通阈值, 即输出端 Q 接通 SW ↓: 断开阈值, 即输出端 Q 断开 G-T: 测量脉冲的时间间隔
	Q—输出信号	输出信号端, 当 Fre 输入脉冲的频率大于 SW ↑ 时为 1, 当 Fre 输入脉冲的频率小于 SW ↓ 时为 0

F.3.1.3 怎样把电路图变为功能图

在了解了 LOGO! 的功能块以后, 就可以将传统的电路图转化为 LOGO! 方块图, 即完成了 LOGO! 的编程。

例如, 负载 HL 的供电是通过开关 S1 或 S2 与开关 S3 闭合或断开控制的, 其电路如附图 5a 所示。当 S1 (或 S2) 与 S3 闭合时, 继电器 KM 得电, 其触点闭合, 给 HL 供电。用电路图表达线路时是众所周知的, 但用 LOGO! 的功能图怎样实现呢? LOGO! 的接线图如附图 5b 所示。S1、S2 和 S3 接输入信号端, 负载 HL 接输出信号端, 然后编制 LOGO! 功能图, 见附图 5c。输入 I1、I2 和 I3 分别是 S1、S2 和 S3 开关信号, Q1 是负载输出。I1 和 I2 并联 (AND), 再和 I3 串联 (OR), 实现附图 5a 的功能。



附图 5 电路图变成 LOGO! 功能图示范

F.3.2 编程游戏规则

规则 1: 三键控制 [即用左右箭头键 (◀、▶) 和 OK 键] 于编程模式下输入线路。同时按 ◀、▶ 和 OK 三键进入编程模式。

在参数化模式下可以改变定时器值和参数。同时按 ESC 键和 OK 键, 进入参数化模式。

规则 2: 从输出到输入 (按从输出到输入的顺序输入线路。)

规则 3: 光标和光标移动, 输入线路时有以下规定: 当光标以下划线形式出现时, 可以移动光标, 用 ◀ (左), ▶ (右), ▲ (上), ▼ (下) 键在线路中移动光标, 按 OK 键选择连接器/功能块, 按 ESC 键退出线路输入; 当光标以实心方块形式出现时, 可选择连接器/功能块, 用 ▲ 或 ▼ 键选择连接器/功能块, 按 OK 键确认选择; 按 ESC 键返回到上一步。

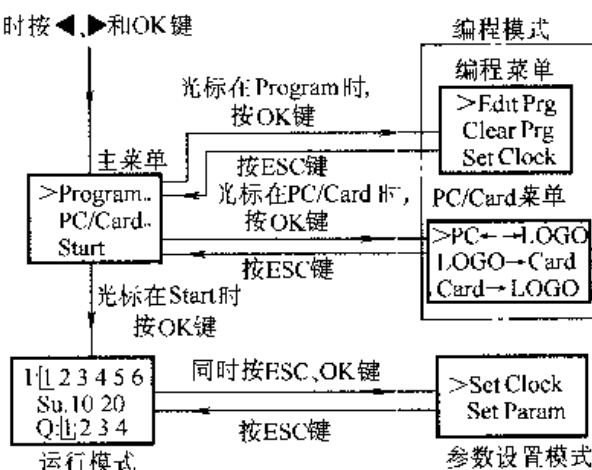
规则 4: 只能存储完整的程序, 如输入一个不完整的程序, 则 LOGO! 不能退出编程状态。

F.3.3 编程操作

LOGO! 操作面板有三种显示模式: 编程模式、运行模式和参数设置模式; 有主菜单、编程菜单、PC/Card 菜单、参数设置共四幅显示菜单和一幅运行监控画面, 如附图 6 所示。

1. 切换到编程模式

将 LOGO! 接通电源, 显示面板出现信息见附图 7a。同时按 ◀、▶ 和 OK 键切换到编程模式。LOGO! 显示主菜单, 见附图 7b。



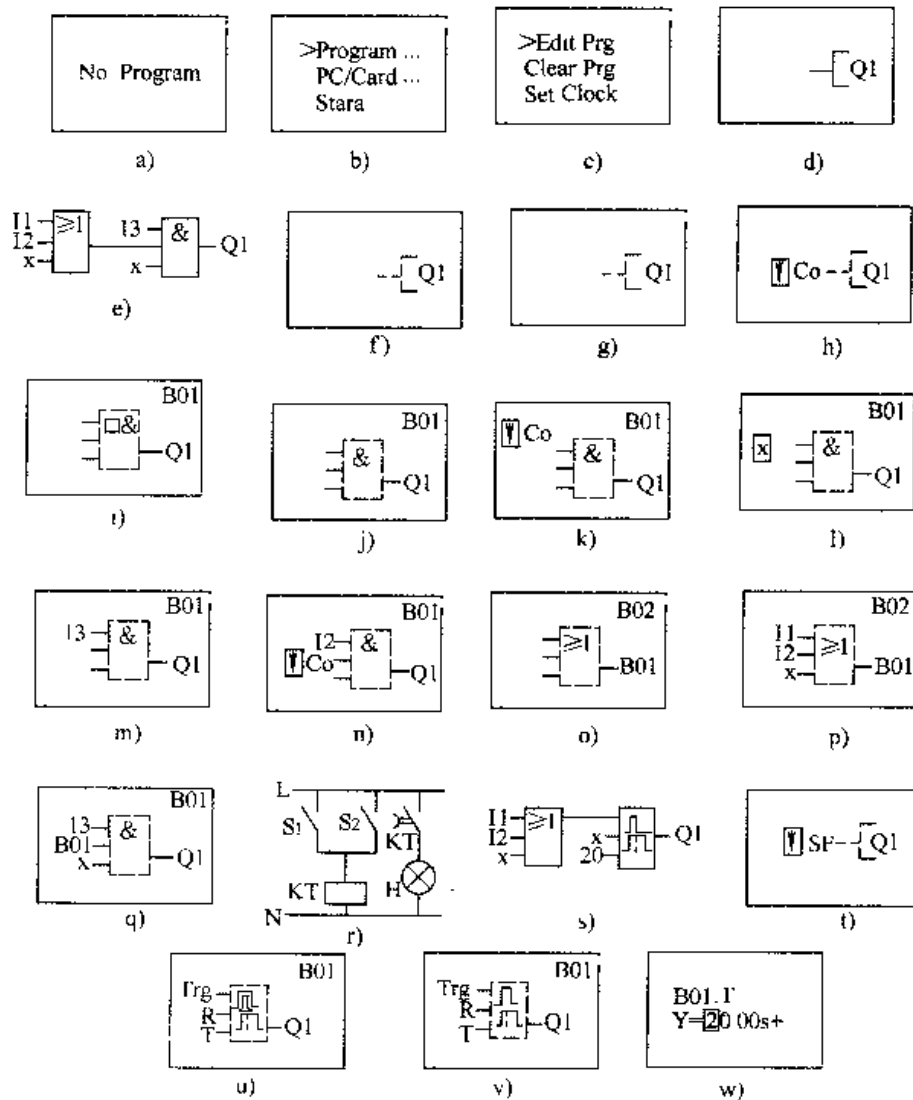
附图 6 LOGO! 菜单

最左边有一个“>”指示出当前光标所在行的位置。按▲或▼键可上下移动“>”, 选择 LOGO! 进入 Program (编程菜单)、PC/Card (PC/Card 菜单) 和 Start (运行启动)。现将“>”移到“Program”, 按 OK 键, 则 LOGO! 切换到编程菜单, 如附图 7c 所示。同样, 按▲或▼键可上下移动“>”, 可以选择 LOGO! 进入 Edit Prg (编辑程序)、Clear Prg (清除程序) 和 Set Clock (设置时钟)。现将“>”移到“Edit Prg”, 然后按 OK 键, 则 LOGO! 显示第一个输出 Q1, 如附图 7d 所示。使用▲或▼键可选择其他输出, 由此开始输入用户程序。

现以附图 5a 的实例来了解 LOGO! 的编程方法。

继电器 KM (即 LOGO! 的 Q1) 由开关 S1 (LOGO! 的输入 I1) 和开关 S2 (LOGO! 的输入 I2) 经“OR” (或) 功能块, 再和开关 S3 (LOGO! 的输入 I3)

经“AND”（与）功能块控制。LOGO! 的程序见附图 7e。



附图 7 LOGO! 编程及屏幕显示信息

2. 输入程序

将附图 7e 的程序输入到 LOGO!，一开始，LOGO! 显示第一个输出，如附图 7f 所示。Q1 的 Q 下划线表示光标。光标指示程序的当前位置，按 ▲，▼，◀ 或 ▶ 键可移动光标。现在按 ◀ 键。光标移动到左边，如附图 7g 所示（光标指示用户程序的位置）。在光标处输入第一个功能块。按 OK 键切换到输入模式，如附图 7h 所示（光标以内含向下箭头的方块形式出现，可选择连接信号端或功能块）。光标不再以下划线的形式出现，而是以闪烁的方块（内含向下箭头）出现。

同时 LOGO! 提供第一个选择表 Co (连接信号端), 按▲或▼键可选择第二个选择表 GF (基本功能块) 或第三个选择表 SF (特殊功能块)。根据附图 7e, 我们选择 GF 中的“与”功能块。当出现 GF 后, 按 OK 键, 则 LOGO! 显示基本功能表中的第一个功能块, 如附图 7i 所示。基本功能块中的第一块是“AND”。光标以方块形式出现, 指示用户必须选择一个功能块。按▲或▼键, 会顺序显示其他基本功能块, 直到出现你所需要的模块, 然后按 OK 键, 即选中功能模块。现在我们选择“与”功能块, 按 OK 键, 屏幕显示如附图 7j 所示 (光标以闪烁的下划线形式出现)。

“与”功能块方块图左边的三条横线表示信号输入端。该输入端可以是连接信号端 Co, 可以是基本功能块 GF, 也可以是特殊功能块 SF。该例中为连接信号端 Co。此时, 按 OK 键, LOGO! 屏幕显示如附图 7k 所示 (光标以带向下箭头的方块形式出现, 可选择连接信号端或功能块)。按▲或▼键, 可选择 Co、GF 或 SF。根据附图 7e, 我们应该在 Co 中选择 I1, 因此按 OK 键, 屏幕显示如附图 7l 所示 (光标以含有 x 的方块形式出现, 可选择连接信号端)。

按▲或▼键, 可选择输入信号端 I1, I2, …, Q1, Q2, …, hi, lo, x, 其中 hi 为常 1 (接通), lo 为常 0 (断开), x 为空 (不接)。根据要求我们选择了 I3, 然后按 OK 键, LOGO! 屏幕显示, 如附图 7m 所示 (光标以闪烁的下划线形式出现在第二个信号输入端)。

按 OK 键, LOGO! 屏幕显示, 如附图 7n 所示。同样, 通过按▲或▼键和 OK 键来选择 GF 中的“或”功能块, 屏幕显示如附图 7o 所示。(光标以闪烁的下划线形式出现在第一个信号输入端)。

同上述一样的方法, 我们可以在第二个方块图 B02 的或门信号输入端选 I1、I2 和 x (x 表示无输入信号), 如附图 7p 所示。按 OK 键, 屏幕回到第一个方块图 (B01), 如附图 7q 所示。在第三个输入信号端选择 x, 按 OK 键后, 就完成了附图 5a 所示的 LOGO! 逻辑程序的输入操作。

3. 选择特殊功能块

如何选择并输入特殊功能块? 现以一个照明灯 H 控制为例作介绍, 线路图如附图 7r 所示。

图中 KT 是一个断开延时继电器, 开关 S1 和 S2 均断开 20s 后延时继电器 KT 触点断开, H 熄灭。LOGO! 的方块图如附图 7s 所示。

附图 7s 与附图 7e 相比, 可以看出是将基本功能块中的“与”功能块换成了特殊功能块中的断开延时继电器。其输入方法为选择“SF”, 如附图 7t 所示。按 OK 键, 屏幕出现第一个特殊功能块, 然后按▲或▼键选择断开延时继电器模块, 如附图 7u 所示。选择好断开延时继电器模块后, 按 OK 键, 屏幕显示如附图 7v 所示 (光标出现在 Trg 处, Trg 输入端可以选择 I 信号端或 Q 信号端或功能块及

已编好的 LOGO! 程序方块图)。

根据附图 7s 和输入程序的方法, 在 Trg 输入端连接下一个“或”功能块方块图 B02, R 信号端不连接 (接上“x”), T 端为延迟时间的设置, 应为 20s (设置方法为光标移到 T 下), 按 OK 键, 屏幕呈现如附图 7w 所示 (光标以方块形式出现在 T 的数据处)。可以用▲、▼、◀、▶键来改变 T 的值、时间单位和 +/- 的设置。时间单位可以为 s (秒)、m (分) 或 h (小时), 如果是 s, 则 T 最右面的数字只能是 0 或 5。+/- 的设置表示: 如果为 +, 则该参数允许在运行时修改; 如果为 -, 则该参数不允许在运行时修改。现在我们选择 T=20.00s, 按 OK 键, 这样, 附图 7w 的断开延时继电器模块 LOGO! 程序就编好了。

用上述同样的方法, 编出 Q2、Q3、Q4 的 LOGO! 方块图程序。

4. 修改 LOGO! 程序

修改 LOGO! 程序归纳为如下步骤 (根据模块的选择方法, 按照下列步骤进行):

(1) 将 LOGO! 切换到编程模式。

(2) 从主菜单中选择“Program..”。

(3) 在编程菜单中选择“Edit Prg”。

(4) 如果要插入程序, 则将光标移到被插入的信号端处, 按 OK 键, 然后选择 BN (LOGO! 方块)、Co (I 或 Q 信号)、CF 或 SF。

(5) 如果要删除程序方块, 则将光标移到被插入的信号端处, 按 OK 键, 然后选择 Co 中的“x”; 或将被删除程序方块的后一个功能块 (也可能是 I、Q 信号) 直接连接到被删除程序方块的前一个功能块 (也可能是 Q 信号) 的信号端即可。

5. 修改类型错误

在 LOGO! 中很容易修改类型错误 (如没有结束输入, 按 ESC 键返回上一菜单; 如已经结束输入, 只需简单地再启动):

(1) 将光标移到错误所在位置;

(2) 切换到输入模式: OK;

(3) 将正确的接线接到输入端。

如新的功能块和原有的功能块有相同的输入号, 则只能替换一个功能块。一般说来, 可删除原有的功能块并插入新的功能块, 可插入任何类型的功能块。

6. 显示中的“?”

如已输入一个程序并用 ESC 键退出“Edit Prg”, 则 LOGO! 检查所有功能块的所有输入信号端是否已正确连接。如有输入信号端或参数被遗忘, LOGO! 会显示被遗忘的第一个位置, 并将所有被遗忘的输入信号端和参数处标记“?”

7. 删除一个程序

按下列步骤删除：

- (1) 将 LOGO! 切换到编程模式，同时按 ◀、▶ 和 OK 键。
- (2) 将光标 “>” 移到 “Program..”，然后按 OK 键。
- (3) 移动光标 “>” 到 “Clear Prg”。
- (4) 确认 “Clear Prg”，按 OK 键。

如不想删除程序，将光标 “>” 置于 “No”，然后按 OK 键。如确认需要删除存储在 LOGO! 中的程序，将光标 “>” 置于 “Yes”，然后按 OK 键。

F.3.4 编程软件及其用法

LOGO! 编程软件既能在计算机上编程，又能在计算机上对所编程序进行调试及仿真。

1. 软件运行环境

(1) 具有 Windows 3.1 或更高的 Windows 95/98 或 Windows NT 兼容个人计算机。

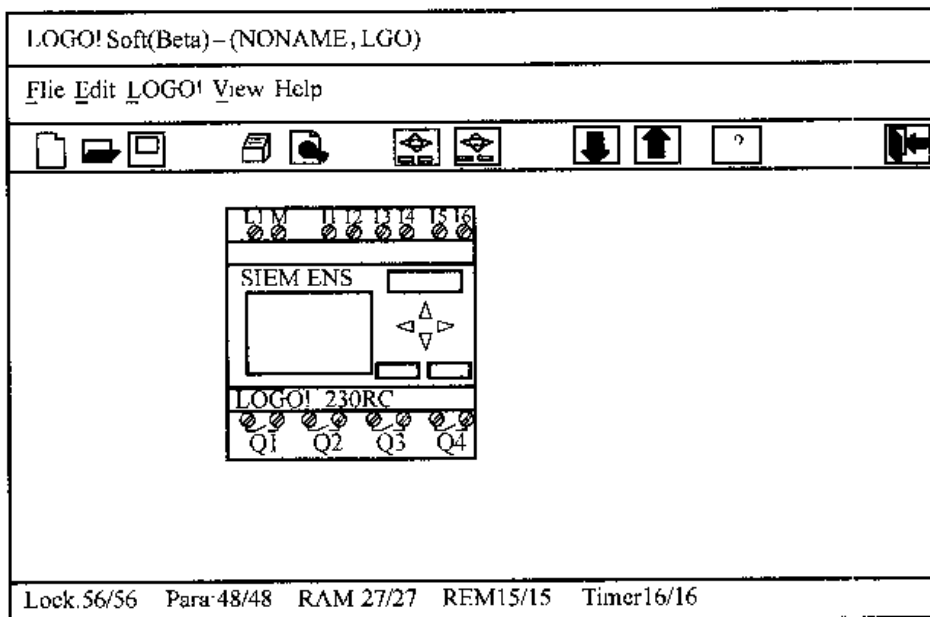
(2) 硬盘空间容量 7MB 以上。

2. 软件安装 安装 LOGO! 软件，只需简单地遵照安装程序给出的指令，它告诉您如何启动安装程序。

(1) 选择 Setup.EXE 并启动（如附图 8 所示）

在 Windows 3.1 下通过 File Manager；

在 Windows 95/98 或 Windows NT 下通过 “开始” 运行并在命令行输入 A: \ Setup。



附图 8 LOGO! 软件显示

(2) 按照安装程序给出的指令操作。

3. 使用 LOGO! 软件 LOGO! 软件完全模仿了 LOGO! 的面板功能, 因此对已了解 LOGO! 编程菜单的人来说是很容易的。

(1) 运行 LOGO! 软件。在 Windows 95/98 中, 通过开始→程序→SiemensLOGO! Soft V2.1 Non Western 启动运行。












(2) LOGO! 软件编程说明。进入 LOGO! 软件后, 显示如附图 8 所示。

1) 标题栏: 位于屏幕的第一行, 有 5 个对象, 应用程序图标、LOGO! Soft—用户程序名、最小化按钮、改变窗口大小按钮和关闭按钮。

2) 菜单栏: 位于屏幕的第二行, 有 5 个菜单项: File、Edit、LOGO!、View、Help。

3) 工具栏: 位于屏幕上的第三行, 一共有 11 个按钮, 如附表 13 所示。

附表 13

按钮名	按 钮	说 明
新建		建立新的程序文件
打开		打开一个含有 LOGO! 程序的文件
保存		以当前的文件名保存文件
打印		打印程序
总览		显示程序框图总览
编程		转换到 LOGO! 编程模式
参数化		转换到 LOGO! 参数化模式
下载		下载程序到 LOGO!
上载		上载程序到 PC
帮助		启动帮助
退出		退出 LOGO! Soft