

用 中 为 洋

毛泽东

资料9

晶体管在工业仪表中应用译文集

第二集

一机部热工仪表科学研究所

一九七〇年十二月

外国一切好经验，好的科学技术，我们都要吸收过来，为我们所用。拒绝向外国学习是不对的。当然，迷信外国认为外国的东西都是好的，也是不对的。

毛泽东

目 录

~.~.~.~.~.~.~.~.

低电压直流调节器	1
具有冲息可控硅整流器性能的三管电路	7
面结型场效应管宽带相敏检测器	9
晶体管无接点继电器	13
采用硅二极管作为检测器的线性温度监视器	19
具有单稳和双稳特性的延时电路	20
单管线性温度检测器	28
二极管是良好的增益控制元件	29
消除开关接点跳动的简单电路	37
输出偏置电压为零的斯密特触发器变型电路	38
金属氧化物场效应晶体管参数的测量	40
单稳态设计	52
用并联的齐纳二极管解决负载电流问题	63
能提高整流效率的优良的变压器绕组	64
线路的过压与欠压防护	65
最近的数字计数器	72
可控硅直流马达双向动力制动器	85
三个价廉的晶体管组成温度稳定的齐纳管	86
取样频率计数器	87
桥式方波发生器	95
自动频率倍增器	105
用可控硅和单结型晶体管控制时间延迟	113
可控硅开关及单结晶体管组成的记数发生器	114
功率控制线路	116

低电压直流调节器

(Electronic Engng, 1970, vol. 42, Mar.,
PP. 41 ~ 43)

当可得电源电压较低时，向负载供给已稳电压的若干问题变得严重了。以前的文章〔1.2〕叙述了一些参考电路。这些电路能在抑制电源电压变化的同时，给出低直流电压，而且显示出对温度变化的稳定性。当功率效率下降时，除非在大电流下工作，这种电路的输出电阻相当高。显然需要采用误差放大器，对所需输出与可得参考电压作一比较，在需要可变输出电压的场合里，尤其如此。本文叙述了与上述一种参考电路相组合的放大器。电路可用低到 1.5 伏的电源电压工作，而且能给出可被准确地控制到低达 100 毫伏和高至数百毫伏电源电压以内的已稳输出电压。在输出电流为数百毫安时，动态输出电压为 0.01 欧姆级。

当放大器只须监视数百毫伏的电压时，只要能得到单独的偏压，那么普通电路就可适用了（图 1）。经过改进的长尾晶体管对显示了在这种场合里的优点〔3〕。如图 2 所示，其中晶体管 T_1 的集电极可

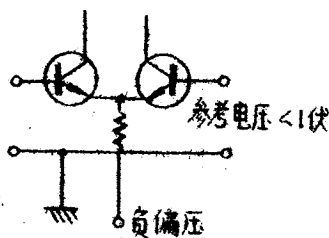


图 1 以小信号参考电压工作的长尾对其长尾需要单独的偏压线。

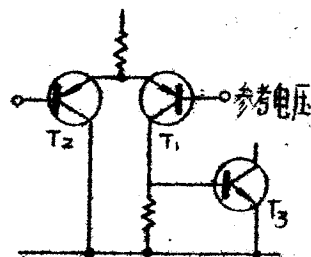


图 2 把长尾对及转，并饋给互补晶体管，就可以不增加偏压线而将低电压放大。

与互补晶体管 T_3 的基极相耦联。如果 T_1 要抑制集电极—发射极的饱和，则发射极上的电压必须高于其集电极上的电压几百毫伏。但是以这样小信号晶体管来说，虽然是彼此互补的，但 T_1 和 T_3 的基极—发射极电压还是不相上下。因此， T_1 的基极电压可以低到象一负栅上的几百毫伏那样，而无显著增益损失。

第二个要点是应使流到长尾对上的尾端电流稳定。当电压低而可变时，则要达到这一点，就愈趋重要和困难。普通方法是利用由共基极联接的晶体管供给恒定电流源。这种晶体管需要对电源变化稳定，但却随着基极—发射极的温度升降而变化的基极偏压。参考电路（图 3）达到了这些要求，即在电流和温度变化时能保持稳定的可变直流电压，同时其偏压与对面具有适当温度漂移的电源线有关，使恒流晶体管偏置。输出级亦和电压调节器里最常用的不同。其中用来增加输出载流量的单式和复式发射极—输出器便基极—发射极电路发生损耗，防止输出电压接近电源电压。如果包括基极驱动电路的损耗在内，则损耗量约为数伏。因此，输出极联接在共发射极上，为了使放大器电流增益加大，而勿增加电压损耗，在共发射极上还增添一只互补驱动器晶体管，图 4 表示个别部分单独绘出

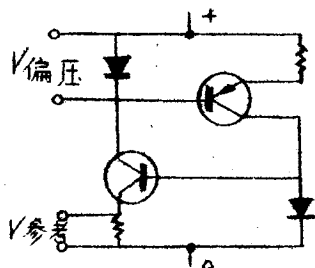


图 3 二进制参考电路采用了正偏压硅二极管和锗晶体管。

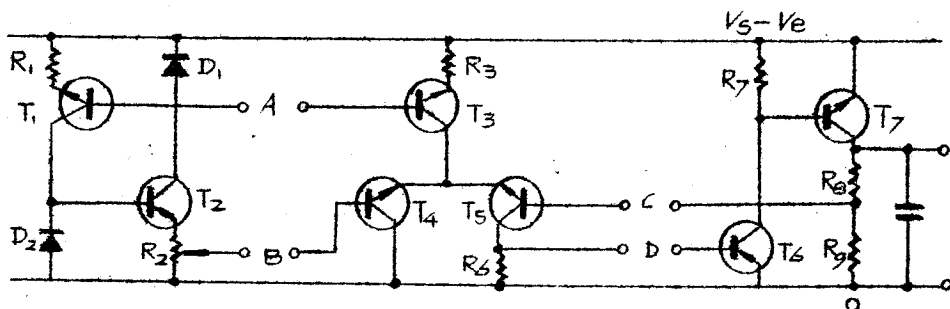


图 4 单独表示的低压调节器的各部分

的整个电路的基本形式。这有助于对有关电路的设计。例如，在 B 处对放大器进行反馈，并在 A 处采用一只简单的正偏置硅晶体管，亦即取消二进制参考电路，就可制成在低电压下具有高输出载流量的直流放大器。同样，从输出端向 B 处（放大器的不反转输入端）反馈，就可制成各种形式的限定通断电平电路。

这种基本形式有两种修改办法，第一种已在前面提过。以一只“经过放大的二极管”代替图 4 电路中的二极管 D_2 ，就能大大提高对温度变化的稳定性。所谓“经过放大的二极管”是指在基极和集电极、基极和发射极之间带有电阻的晶体管；集电极和发射极之间的电位差可为晶体管基极—发射极电压的几倍。带适当电阻的高增益晶体管的电位差，是严格限定的，而整个电路相当于一列正偏置二极管。

在低电流下，单只硅二极管因温度变化而引起的正电压漂移稍小于锗晶体管的这种基极—发射极电压漂移。在经过放大的二极管中，电压和温度漂移均按比例地增加同样倍数，也就是说，由于最小工作电压的少量增加，可以达到有效补偿。如图所示，第二个修改办法是在负载电阻低时，电路可能不启动。如前所述，如果予以适当注意，则二进制参考电路虽然具有双稳形式，仍可自行启动。但是，如果调节器放大器的反馈因数必须是一，则 T_5 的基极通过负载而接地。然后， T_5 就被 T_3 的满集电极电流驱使到饱和状态，而不会在 R_L 上产生足够的电压，使输出晶体管导电。

如果 T_5 的基极电路里能持久地具有足够的电阻，就能保持接通，但稳定性略有下降。以图 4 所给定的分量值为例，在把晶体管的有效基极—发射极电压增加 1 毫伏左右时，1 千欧的电阻给出很大的接通安全系数。另一种方法是图 5 所示最后形式。以锗晶体管 T_3 的基极和集电极分别与 T_6 的基极和集电极相联，而把发射极与输出端相联。因为 R_6 上产生足够的电位差，使锗晶体管偏置，而对硅晶体管 T_6 来说，则稍微不足一些，所以如果输出试图保持在不需要的零态上，则 T_3 必须导通。一旦各输出级能正常导电，则在输出约为 -0.4 伏以上时， T_3 上的正偏压不足以使之导通。在更高的输出电压下， T_3 的基极—发射极被反向偏置，这时反向漏电流使输出有一上限，这样

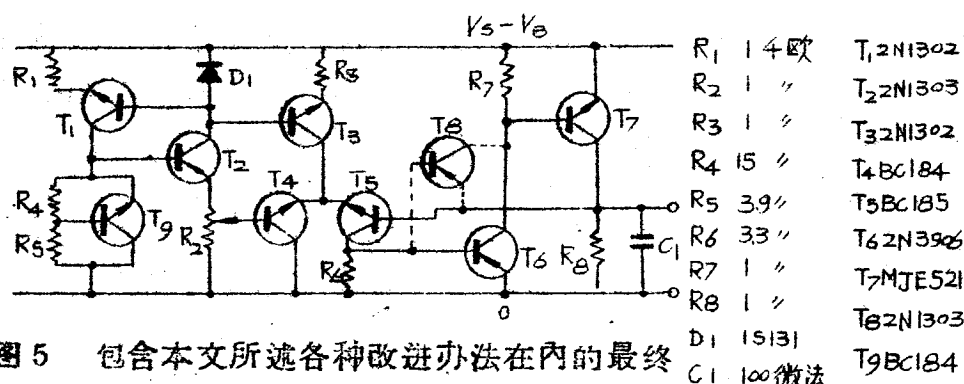


图5 包含本文所述各种改进办法在内的最终型式。在最小电源电压低达 1.6 伏左右或标称输出 +200 毫伏（随便哪一个较大）的情况下，输出是稳定的。

一来，就效果很好。如果输出电压必须高于参考电压，就要采用分压器把一部分输出电压反馈到 T_5 的基极上。如上所述，此分压器的接地有效电阻通常是以保证接通。

在输出电压低到 100 毫伏到 1 伏范围时，稳定问题显得最严重。所作之详细测量包括该范围。电压上限由可得电源电压调定，同时由于 T_7 的集电极—发射极达到饱和，使之低于后者。图 6 表示在一定负载电阻范围内，对应于电源电压而发生的输出电压变化。电路设计中的最大输出电流值为 200 毫安，但根据图示，在两倍于该电流值时，性能仍然良好。虽然在低电压时，随着负载电流变化而发生的百分数输出变化增加，但在 100 毫伏和 800 毫伏的输出电压时，获得了同样结果。这是因为随着参考电压定值点的变化，输出阻抗大致上保持恒定。如果用正偏压硅二极管代替“经过放大的二极管”，虽然绝对最小电源电压值可降低到 1.3 伏，但大致上为 1.3 伏；输出电压的温度漂移约以 $+0.1\% / ^\circ\text{C}$ 为宜。由于大部分数值决定于参考电路中温度漂移匹配的准确性，故对图 5 所示电路的相应数值未作详尽的测定。其他文章讨论到这一点，对引起电路漂移的其他因素如长尾晶体管对的差动漂移，须加注意。

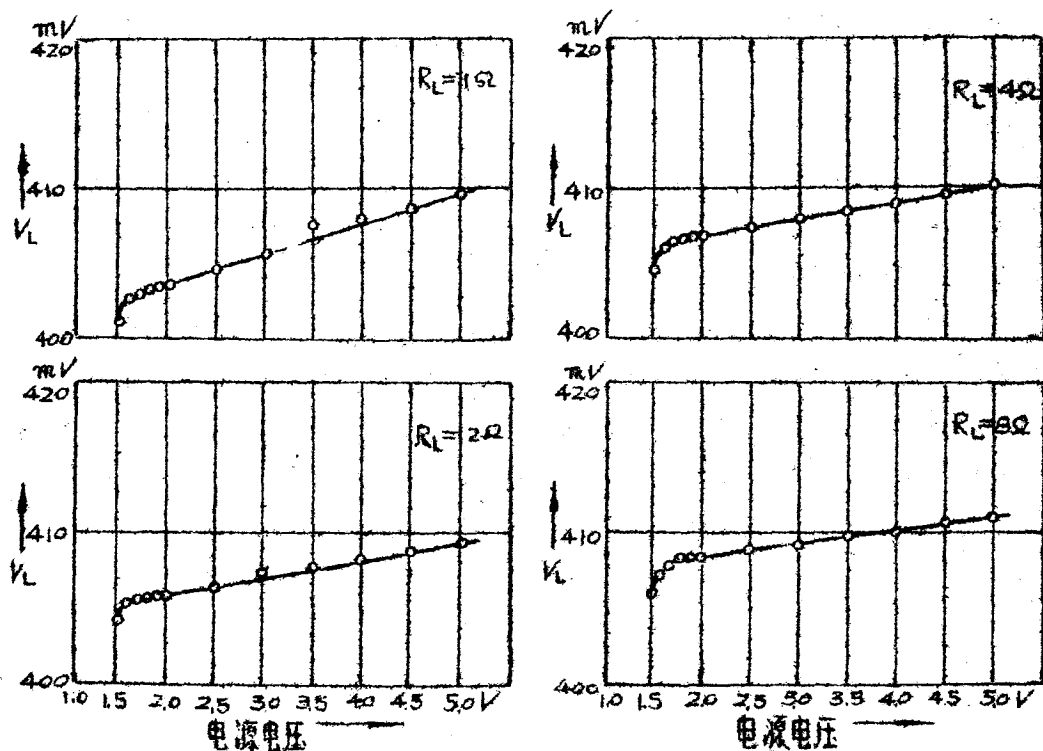


图 6 在负载电阻 R_L 各值的范围里所表现的图 5 所示电路的电源电压特性。参考电压经过调节，给出大约为 400 毫伏的负载电压。

应该着重说明，如果要求能象由较高电源电压和更正常的输出来操作的调节器那样工作，这类电路还须作更多的改善。然而，在高到 0.4 安的负载电流流到低至 1 欧姆的负载电阻里时，此电路能以低至 1.5 伏的电源电压工作。在每种情况下，如果电源电压和负载变化被限制在 $\pm 20\%$ ，则当输出为 0.4 伏时，负载电压的最大变化标准上是 0.5%。采用特殊电路设计方法可达到上述性能要求。然而，看来只有在既受条件限制又须性能良好的情况下，才需用这些方法。

摘 要

提出了在负载电流高达 400 毫安时，能以低到 1.6 伏的电源电

压工作的直流调节器的设计方案。输出电压可在100毫伏到200毫伏以下的电源电压范围内调定，而不需要辅加偏压源。

参考文献

1. Williams, P.: Low-voltage ring-of-two reference. *Electronic Engng.*, 39, No. 477, PP 676-679
2. Williams, P.: The amplified diode. *Design Electronics*, Jan., 1968
3. Williams, P.: Low-voltage level-sensing circuit *Electronic Engng.*, 40, 487, PP. 517-519

具有冲息可控硅整流器性能的三管电路

(Electronic Design, 1970, Vol. 18,

No. 5, PP. 81 ~ 83)

在引进微量备用电流之际，由三只晶体管组成的电路可按冲息多谐振荡器的方式来切换负载电压，这种装置具有可控硅整流器的同样特性。

三只晶体管以两种方式进行工作：“截止”与“饱和”。在备用间隔期间，单元仅引进晶体管的漏电流，此电流远小于标准可控硅整流器的漏电流。

Q_1 与 Q_2 作再生联接，如果 C_1 短路，它们就具有可控硅整流器的作用。在再生周期中， C_1 使交流短路，而在经过了所需时间间隔后，就限制输出。在紧跟输入脉冲后的时间间隔内， R_1 使 C_1 放电。在 C_1 充电时， R_1 必须大到足以防止偏压把 Q_1 接通；因此：

$$V_{CC} \cdot R_B / (R_B + R_1) < V_{BE}$$

Q_3 是负载电流开关。

C_2 保证电路暂态不致过早地使单元触发。

当电流流过 C_1 ，使 R_B 下降到把 Q_1 偏置到低于“接通”所需的电平值，因而使负载电流截止。冲息宽度 T 由下式决定：

$$I_{C_1}(t) \approx [(V_{CC} - 2V_{BE}) / R_S] e^{-t / (R_S C_1)}$$

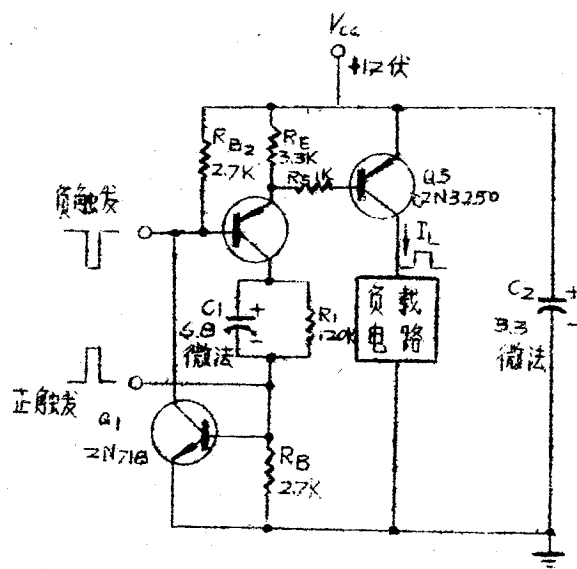
$$I_{C_1}(T) \approx V_{BE} / R_B$$

$$T \approx R_S C_1 / n \{ (R_B / R_S) [(V_{CC} - 2V_{BE}) / V_{BE}] \}$$

在 Q_1 断开以前， Q_3 必须处于饱和状态，因此负载电流须依从。

$$I_L < \beta_{FE3} V_{BE} / R_B$$

如果需要较高的 I_L ，可将其他一只或数只晶体管联到输出端。



与可控硅整流器等效的晶体管可由正或负脉冲来触发

面结型场效应管宽带相敏检测器

(Electronic Engineering, 70,

Vol. 42, Apr., PP. 62 ~ 63)

对于工程技术人员来说，相敏检测器是改进电测量系统中信号~噪声比的最有效的电路器件，为此目的，曾设计了若干电路装置。具有互补电特性的双极和场效应晶体管大大便利了这种简单电路的构成，并有助于在宽范围的输入频率下，获得高水平的性能。

1955年韦廉氏⁽¹⁾在文章里介绍了采用双极晶体管的简单相敏检测器，并概述了当时的一些电路设计。然而，作为信号检索法来讲，如果要避免乱真输出部分，经常对性能标准要求很严，1966年弗劳克纳⁽²⁾又报导了在这方面性能良好，而且是采用双极晶体管同时省去了电感线圈和耦合变压器的电路设计。

1967年拉西⁽³⁾的文章中介绍了采用隧道二极管来帮助参考电压波形成形的改进电路，然后，弗劳克纳等人^(4,5)又叙述了虽然增加了复杂性但提高了性能的两个更进一步的发展。除了后一种以外，在所有的电路中，输出都是从远离合用电源线的两个接线端上发生的，在某些情况下，这样布置可能并不方便。

在某些情况下，例如对交流桥路的同相和 90° 相移分量的分析，从信息检索的目的来看，系统的复杂性不及其电位信号~噪声比和没有乱真输出等方面来得重要，所以在规格上要求并不太严。然而，总的来说，如果信号输入、参考电压输入和检测器的输出合用一根地线，是较为方便的。下面叙述采用面结型场效应晶体管满足了这些要求的电路排布。

电路的发展

虽然达到相敏检测器基本要求的方法不同，但是采用有源半导体元件的最方便的系统之一还是从普通的交流整流器电路演变出来的，

其中整流元件由某些形式的控制开关所代替。

如果适当地选择开关“S”的工作频率和相位，图 1a 所示电路就能清楚地以图 1b 所示电路之同样方式工作。图 2a 所示电路与图 2b 的 Cockcroft-Walton 倍压器亦是彼此等效的，其优点是信号输入周期的两个半周均被利用来产生较高的输出电压。在这种情况下，应该备有若干装置，使开关能在输入信号周期的交替时间里工作。

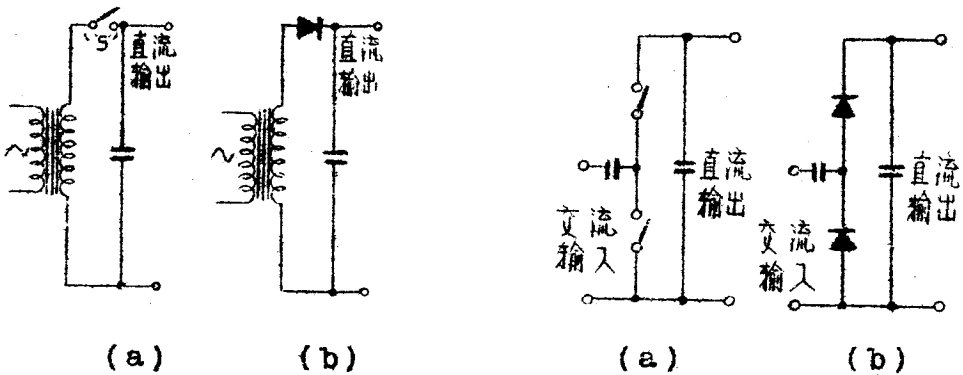


图 1 以控制开关(a)代替整流器 图 2 控制开关电路 (a)
(b)的普通交流整流器电路 Cockcroft-Walton 电
路 (b)

由于门控制电压与流过电路的电流之间作了有效的隔离，而且带电元件中没有任何固有的整流作用，因此作为开关元件使用，面结型场效应晶体管是一种出色的电路元件。此外，由于有了具有极为相似的电特性的互补型 n-通路和 p-通路场效应晶体管，在这种情况下，把参考电压加到并联的两个门极上，就可以使开关元件完成所需要的交替操作。

图 3 所示为采用价廉的带塑料套套的场效应晶体管电路。

$TR_1 = n$ -通路场效应晶体管
(Motorola MPF103
或类似者)

$TR_2 = p$ -通路场效应晶体管
(Motorola MPF151
或类似者)

$R_1 = R_2 = 10$ 兆欧

$C_1 = 1$ 微法 - 0.01 微法

$C_2 = C_3 = 0.01$ 微法 - 50 微微法

$C_4 = 100$ 微法 - 1 微法

(数值决定于工作频率)

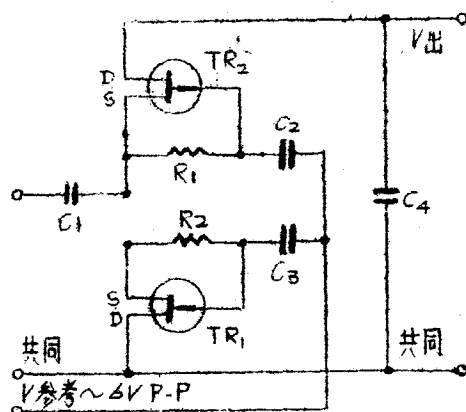


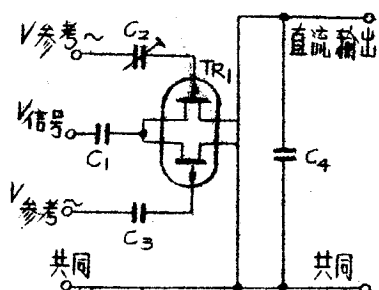
图3 采用互补型场效应晶体管的相敏检测器

性能

所示电路能在 5 赫 ~ 10 兆赫的范围内，以适当的电容器数值进行工作，有时也可越过这些极限来工作。它对噪声和分谐波抑制可以比得上其他类型的检测器。虽然采用了正弦波和方波参考输入，但如果两个场效应晶体管的门截止特性不同，则正弦波开关输入可能引起少量的偏差电流。可以在预测时选择适当的成对的场效应晶体管。倘若能有对称反相开关电压，也可以采用其他配对的场效应晶体管（有些厂家现在供应实质上具有相同门控制特性而合装在一个壳子里的这种双场效应晶体管）。图4所示为适当的电路排布。在两种情况下，调节到 C_2 或 C_3 ，可以减少偏差电流。

门结的自偏置作用保证使场效应晶体管在正确的偏压电平上工作，同时由于参考电压的振幅不变，而且对于输入信号电压摆动来说，还是比较大的，所以可省去电阻 R_1 和 R_2 。

结构简单和便于装在四接头“黑箱”里，都说明这种带套套电路是能够与普遍应用的带电位差计的（“Potted”）桥式整流器相配



TR₁: 双P-通路或n-通路
场效应晶体管

$C_2, C_3 = 100-20$ 微微法

图4 采用双场效应晶体管的相
敏检测器

合的元件。

由于门控制电压的返回途径要通过输入信号电路，应注意在参考输入频率下，保证使输入阻抗低于门输入电容的电抗（5~10微微法）。

参 考 文 献

1. Williams, P. J. Sci. Instrum., 1965, 42, 474-476.
2. Faulkner, E. A. and Harding, D. W.: J. Sci. Instrum., 1966, 43, 97-99.
3. Lacy, J. G.: Electronic Engng., 1967, 39, 148-151.
4. Faulkner, E. A. and Grimbleby, J. B.: Electronic Engng., 1967, 39, 565-567.
5. Danby, P. C. G.: Electronic Engng., 1968, 40, 668-669.

晶体管无接点继电器

(オートソーション, 1970, Ⅱ1, PP. 57-61)

无接点控制部分, 一般说是无接点继电器的构成要素, 依据它的基本元件有多种, 这里首先讲一讲晶体管无接点继电器。如图1所示, 无接点式装置的构成分为检测, 控制, 输出三个部分。以简单的装置为例, 它相当于图1的方块图。

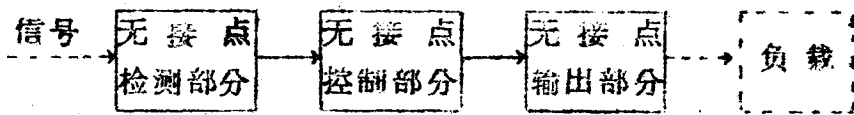


图1 无接点装置的方框图

图2是常见的给水水箱的控制。当液面下降到“低”位时, 就起泵送水; 当液面上升到“高”位时, 就停泵, 这样经常使液面保持在上限和下限之间。

为便于理解起见, 假定各个检测器都具有当液面达到上限或下限时能够“断开”的机械接点。这样控制部分及检出部分即可用普通的接点式表示。

现在假定液面从零升起, 上限、下限两侧的接点均为“接通”, 继电器 R_{L1} 动作, 由于它的接点 ($r/1-2$), 使大的输出继电器 R_{L2} 动作, 转动与泵连接的马达。

当液面上升到下限位置, 接点 (低位) 断开, 但因 R_{L1} 已投入工作, 通过其自保持接点 ($r/1-1$), R_{L1} 保持动作, 所以泵继续运转。

当液面达到上限时, 接点 (高位) 断开, R_{L1} 释放, 泵即停止。

于是开始用水, 当液面下降时, 接点 (高位) 立即“接通”, 但此时接点 (低位), $r/1-1$ 都还是断开的, 所以液面更趋下降, 直到接点 (低位) 接通为止泵不工作。

如果, 以晶体管无接点继电器代替这样的或更复杂的接点的组合电路, 该怎样呢, 在电路构成上与接点式有什么差别呢。

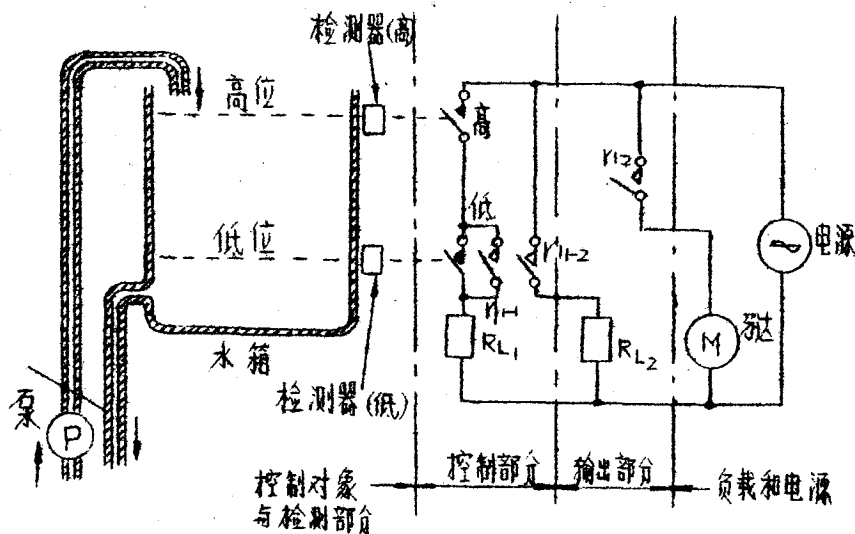


图2 水箱液面控制电路实例

无接点继电器的基础

晶体管无接点继电器的基本电路如图3所示。这个基本电路与二极管组合，能构成作各种动作的无接点电路。

在图3的输入（晶体管的基极）加上正电压时，就通过基极电流。从集电极到发射极通过此基极电流的 β （电流放大率）倍的电流。于是在输入电压（基极电流）增大到某种程度以上时，流过集电极、发射极的电流成为决定于

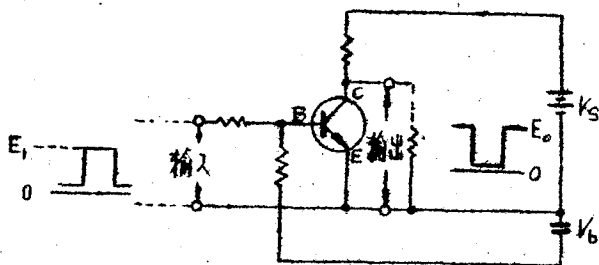


图3 晶体管无接点继电器的基本电路

接在集电极的电阻的一定（饱和）电流，这叫作饱和领域，集电极和