



南京农业大学

机械电子学

Mechatronics

4 信号调理电路

安秋

南京农业大学工学院

信号调理电路

4 信号隔离电路

信号隔离概述

开关量的隔离方法

模拟量的隔离方法

概述

- 保护

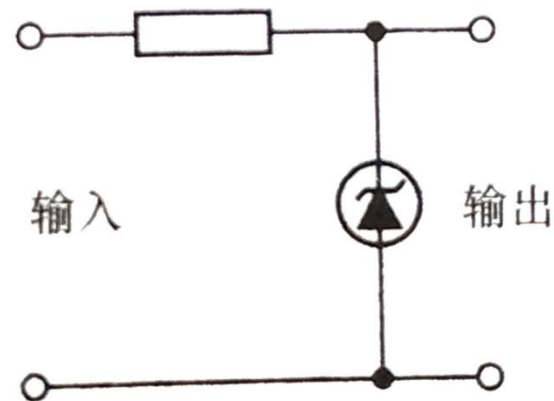
- 在传感器与下一个单元的连接中存在着很多情况，比如一个微处理器有可能因为大电流或大电压而被烧坏的危险。
- 为防止过高的电流，可以通过在输入端串联电阻和保险丝，电阻能把电流限制在可接受的范围，而在电流超过安全值时保险丝会断开。

熔断电阻

概述

- 保护

- 齐纳二极管电路。



- 防止**过高的电压**：齐纳二极管工作时在达到击穿电压前和普通二极管一样。因此要使最大电压为**5V**，并且在电压超过**5.1V**时阻止电压传递，就要选用电压值为**5.1V**的齐纳二极管。当电压升高到**5.1V**时齐纳二极管击穿，它的阻值降到很低，结果二极管两端电压降低了，因此对下一个电路的输出也降低了。
- 防止**错误的极性**：因为齐纳二极管是一种对一方向的电流有低电阻而对相反方向有高电阻的二极管，所以它也能用来防止错误极性的电压。当它和正确极性的电压连接时可以在输出端提供大电阻和高电压降。当供电极性反向，二极管为低阻值，因此输出端的电压也很低。

概述

- 保护

- 在某些情况下，需要完全地隔离电路并移除它们之间的电气联系，这可以用光电隔离器来完成。
- 光电隔离器：光电晶体管、光电达林顿管、可控硅

概述

- 信号隔离的意义

- 信号隔离则是抵抗外界干扰的一个必要而有效的手段，它可以实现以下两个功能：**隔断外界的共模电压和隔断从外界窜进来的电磁干扰。**
- 实行**弱电**和**强电**隔离，同时又要保证系统内部控制信号的联系，使系统工作稳定
- 保证设备与操作人员的安全

概述

- 信号隔离的原理

- 信号隔离的目的在于从电路上把干扰源和易受干扰的部分隔离开来，使测控装置与现场仅保持信号联系，而不直接发生电的联系。隔离的实质是把引进干扰的通道切断，从而达到隔离现场干扰的目的。另外在布线上也应注意隔离。

- 隔离方式

- 光电隔离
 - 继电器隔离
 - 变压器耦合隔离
 - 隔离放大器

概述

- 信号隔离的分类

- 数字信号（开关量）：

- 如仪器仪表的BCD码、开关状态的闭合与断开、指示灯的亮与灭、继电器或接触器的吸合与释放、马达的启动与停止、阀门的打开与关闭等
 - 隔离方法：光电隔离、继电器隔离

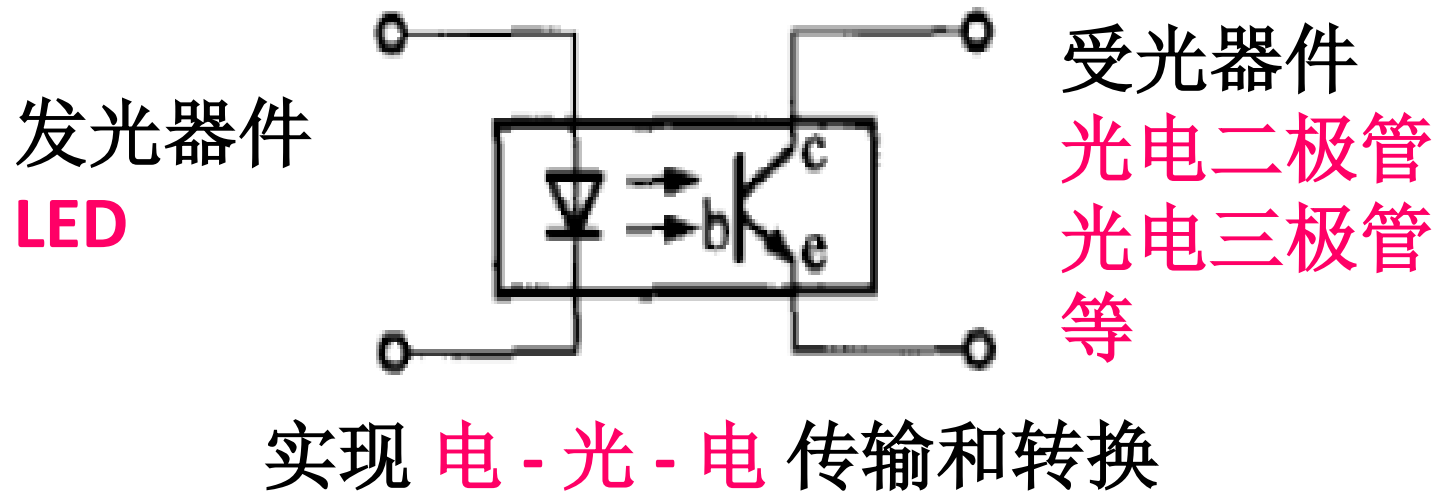
- 模拟信号：

- 如温度、压力、流量和位移等
 - 隔离方法：变压器隔离、光电隔离放大器

开关量的隔离方法

- **光耦**（光电耦合器）

- 以光为媒介传输电信号的一种电—光—电转换器件。由发光源和受光器两部分组成。



开关量的隔离方法

- 光电耦合器

- 类型1：光电二极管型、光电三极管型、光敏电阻型、光控晶闸管型、光电达林顿型、集成电路型。普通光电耦合器，用作光电开关。
- 类型2：线性光电耦合器，输出随输入成线性比例变化。

开关量的隔离方法

- 光电耦合器

- 特点

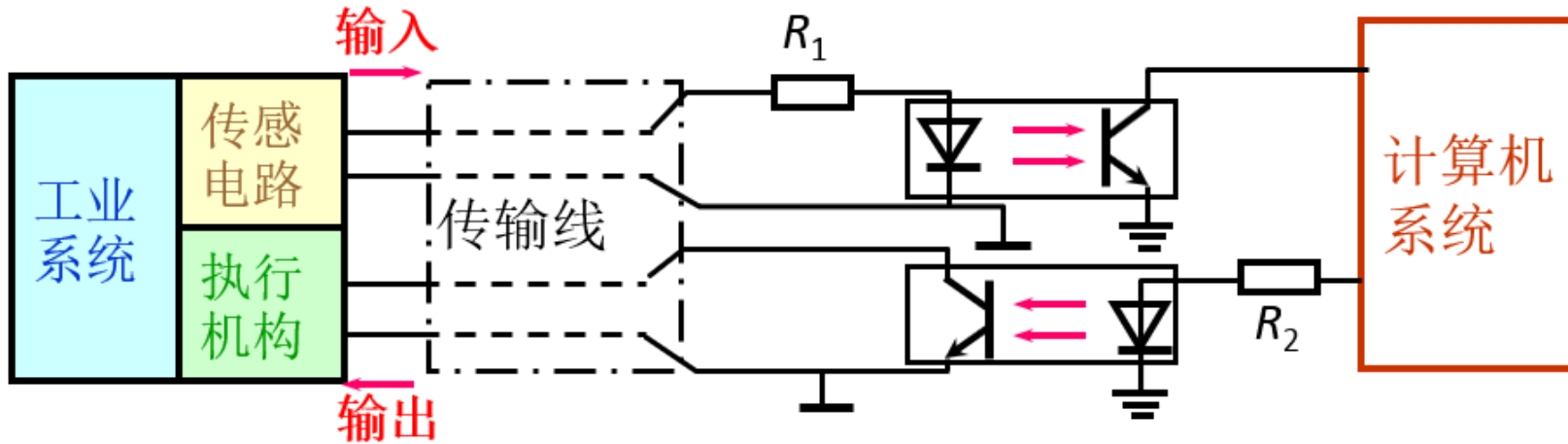
- 电信号传输具有**单向性**，具有良好的电绝缘能力和**抗干扰**能力。
 - **输入端属于电流型工作的低阻元件**，具有很强的共模抑制能力。
 - 在远距离传输信息中作为终端隔离元件可以大大提高信噪比（**隔噪**）。
 - 在**计算机数字通信及实时控制**中作为信号隔离的接口器件，可以大大增加计算机系统工作的可靠性。
 - 响应快、寿命长；用作线性传输时失真小、工作频率高；用作光电开关时无机械触点疲劳，可靠性高。

- 用途

- **电信号电气隔离**
 - 实现电平转换

开关量的隔离方法

应用1. 计算机接口电路示意图



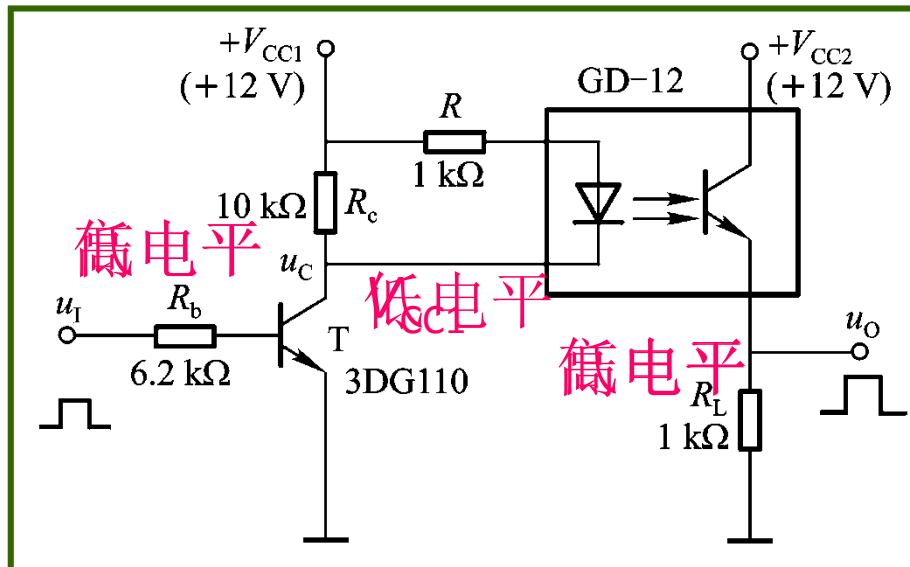
线性光电耦合器

功能:

- (1) 双向数据实时传输;
- (2) 隔离, 防止现场干扰窜入计算机;
- (3) 电平转换, 适应计算机和工业系统执行机构要求。

开关量的隔离方法

应用2. 光电耦合器组成的开关电路



功能:

- (1) 实现脉冲传输;
- (2) 实现电平转换。

开关量的隔离方法

- 光电耦合器的主要技术参数
 - 二极管正向压降
 - 正向电流
 - **电流传输比 CTR**
 - 输出侧供电电压
 - 输出侧最大输出电流
 - **输入输出之间最大的隔离电压BV**
 - 导通时间
 - 关断时间
 - 输出侧最大耐压值

对于不同的应用场合，不同的光电耦合器，需要考虑的参数不同。

开关量的隔离方法

- 4N25 晶体管输出
- 4N25MC 晶体管输出
- 4N26 晶体管输出
- 4N27 晶体管输出
- 4N28 晶体管输出
- 4N29 达林顿输出
- 4N30 达林顿输出
- 4N31 达林顿输出
- 4N32 达林顿输出
- 4N33 达林顿输出
- 4N33MC 达林顿输出
- 4N35 达林顿输出
- 4N36 晶体管输出
- 4N37 晶体管输出
- 4N38 晶体管输出
- 4N39 可控硅输出
- 6N135 高速光耦晶体管输出
- 6N136 高速光耦晶体管输出
- 6N137 高速光耦晶体管输出
- 6N138 达林顿输出
- 6N139 达林顿输出
- MOC3020 可控硅驱动输出
- MOC3021 可控硅驱动输出
- MOC3023 可控硅驱动输出
- MOC3030 可控硅驱动输出
- MOC3040 过零触发可控硅输出
- MOC3041 过零触发可控硅输出
- MOC3061 过零触发可控硅输出
- MOC3081 过零触发可控硅输出
- TLP521-1 单光耦
- TLP521-2 双光耦
- TLP521-4 四光耦
- TLP621 四光耦
- TIL113 达林顿输出
- TIL117 TTL 逻辑输出
- PC814 单光耦
- PC817 单光耦
- H11A2 晶体管输出
- H11D1 高压晶体管输出
- H11G2 电阻达林顿输出

开关量的隔离方法



- **晶体管**光电耦合器

- 适合输出侧为直流的情况

隔离方法相同，同为
电—**光**—电转换

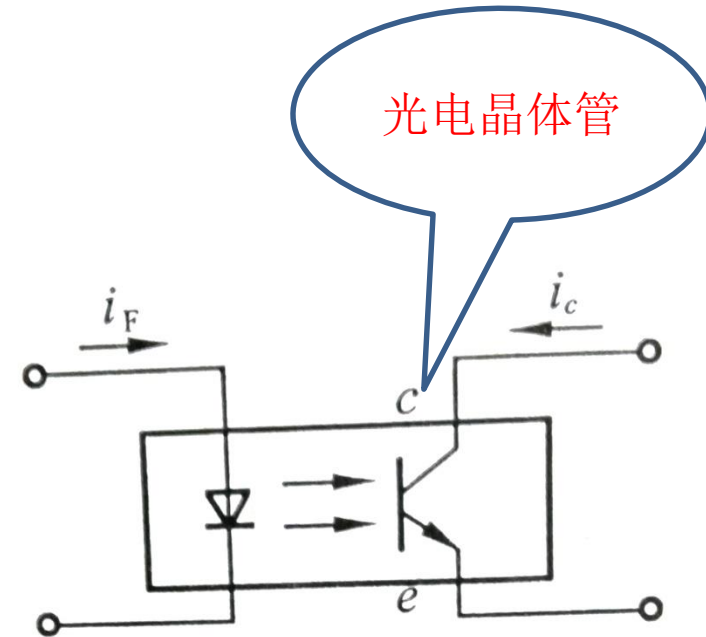
- **晶闸管**光电耦合器

- 适合输出侧为交流的情况

光控晶闸管与光电耦合器都是光控元器件，光电耦合器主要用于直流电路，光控晶闸管主要用于交流电路。

开关量的隔离方法

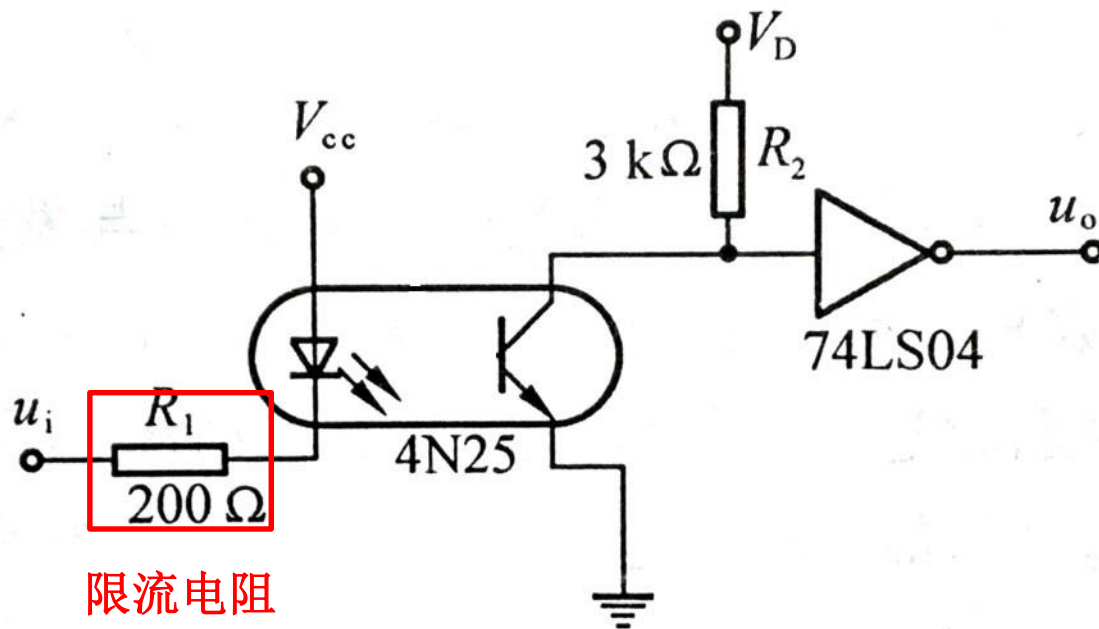
- 晶体管输出型光电耦合器
 - 4N25、4N33、6N135等
 - 电流传输比（10-20mA）
 - 传输脉冲信号有延迟
 - 导通时间和关断时间
 - 用做开关



$$\text{CTR} = \frac{i_c}{i_F}$$

开关量的隔离方法

- 晶体管输出型光电耦合器
 - 4N25的接口电路及其工作原理



限流电阻

注：74LS04为反相器

$$R_1 = \frac{V_{cc} - V_F - V_{CS}}{i_F}$$

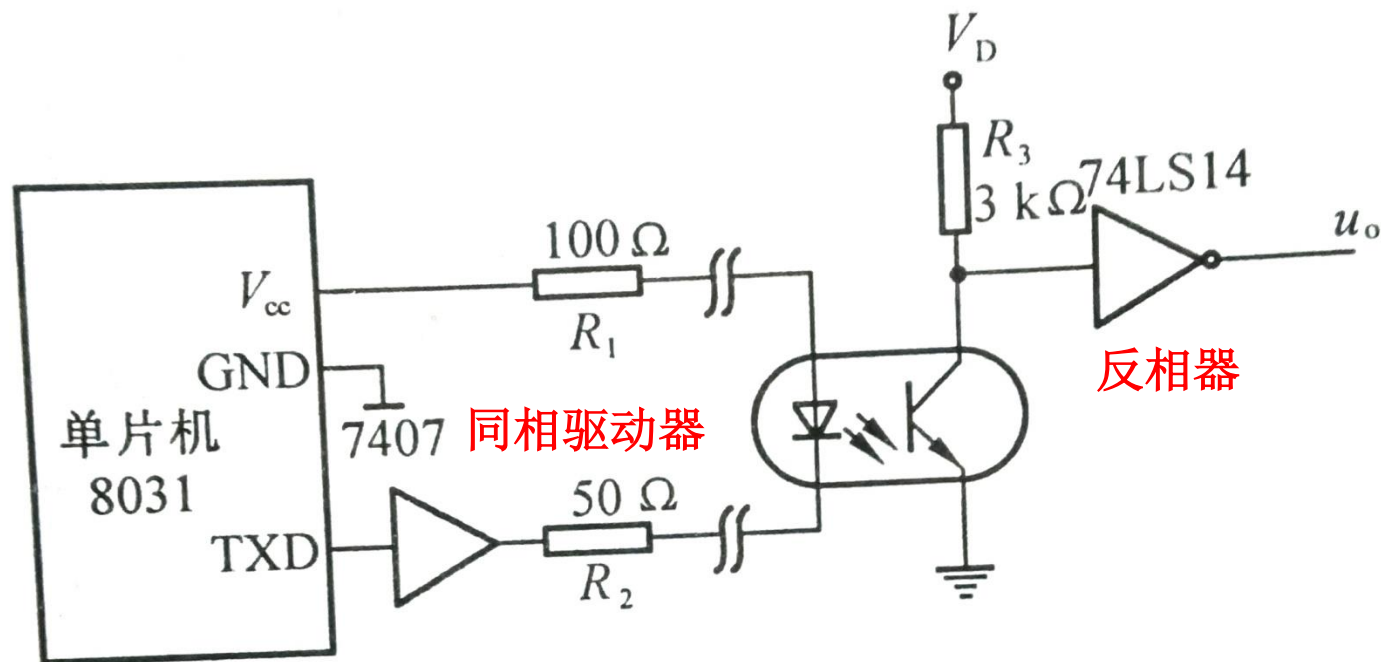
用于不同电平之间的转换。

开关量的隔离方法

- 晶体管输出型光电耦合器

远距离信号隔离传送

— 电流环发送电路：低电阻电路，抗干扰能力强

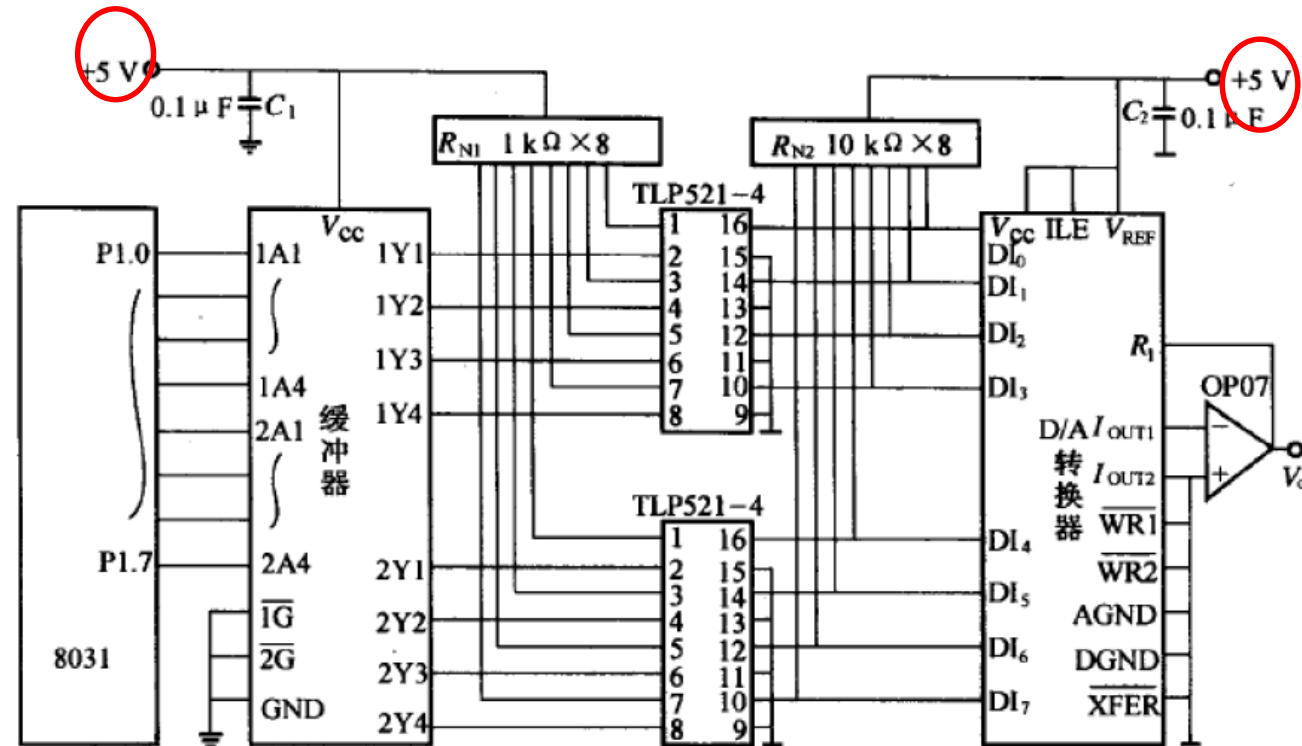


开关量的隔离方法

- 晶体管输出型光电耦合器
 - 在机电系统中，A/D、D/A与计算机间可采用下列两种隔离方式来切断电气联系：
 - 对A/D、D/A进行模拟隔离：隔离放大器
 - 在I/O与A/D、D/A之间进行隔离（数字隔离）：利用锁存器

开关量的隔离方法

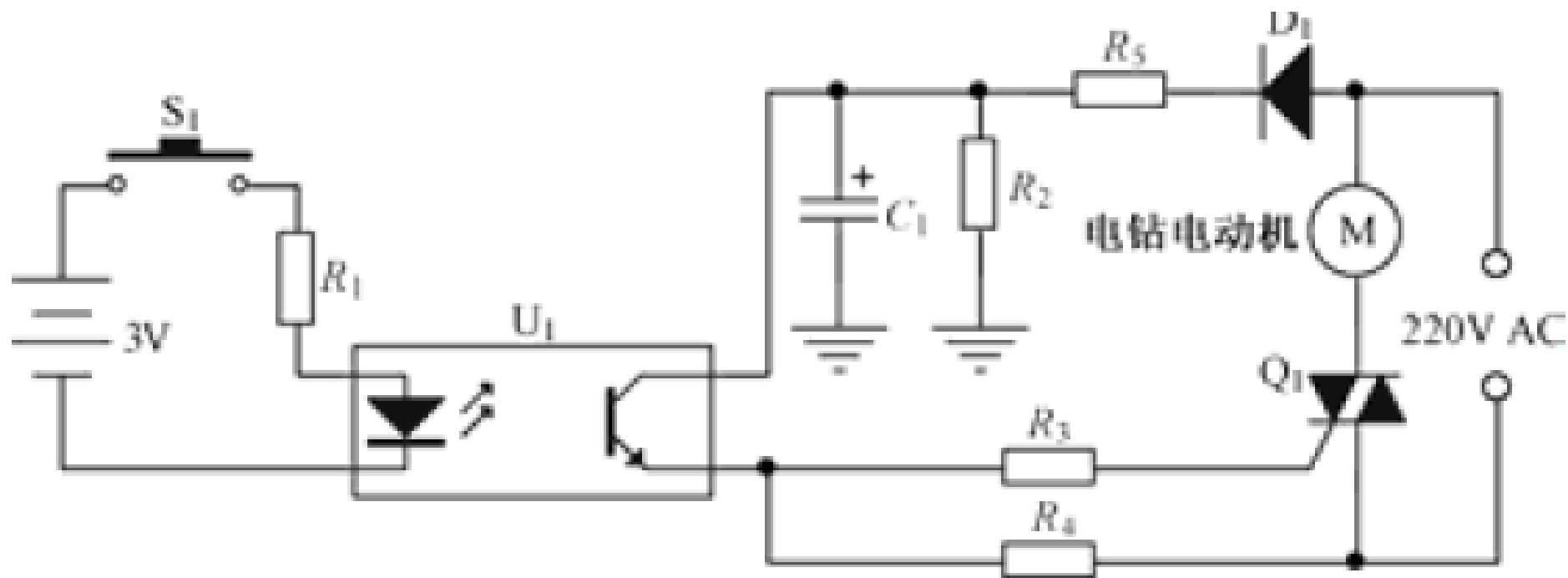
- 晶体管输出型光电耦合器
 - 利用D/A与单片机的光电接口电路



注：74LS244为3态8位缓冲器，一般用作总线驱动器。

开关量的隔离方法

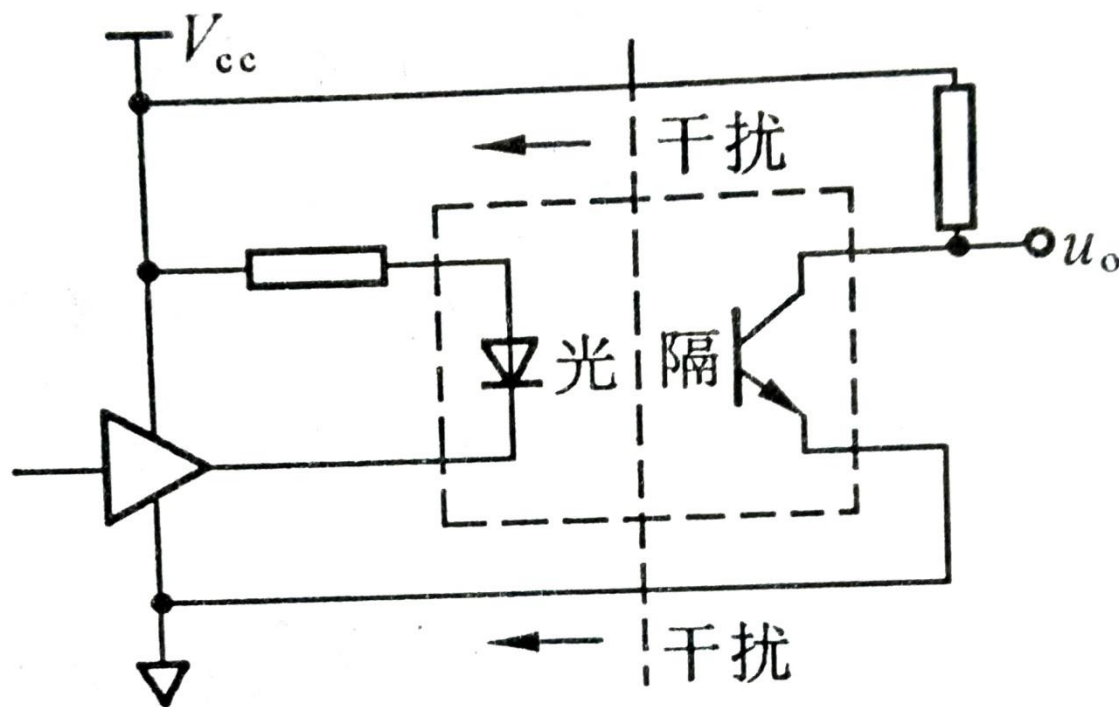
- 晶体管输出型光电耦合器



把低压电路和高压电路安全地隔离开

开关量的隔离方法

- 晶体管输出型光电耦合器



不正确的隔离



开关量的隔离方法

- 晶闸管输出型光电耦合器

晶闸管又称**可控硅**（**SCR**）（**Silicon Controlled Rectifier**）是一种大功率半导体器件，它的出现使半导体器件由弱电领域扩展到强电领域。

晶闸管具有体积小、重量轻、无噪声、寿命长、容量大（正向平均电流达千安、正向耐压达数千伏）等特点。



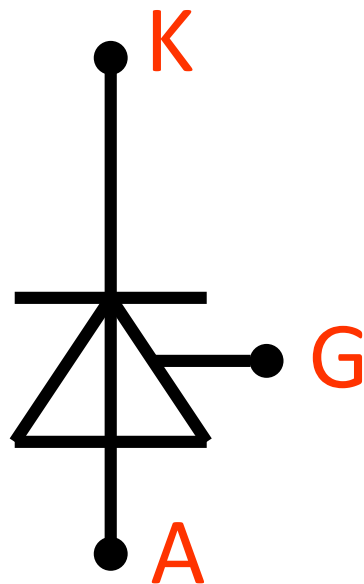
小电流控制大电流

晶闸管按其关断、导通及控制方式可分为普通晶闸管（SCR）、双向晶闸管（TRIAC）、逆导晶闸管（RCT）、门极关断晶闸管（GTO）、BTG晶闸管、温控晶闸管（TT国外，TTS国内）和光控晶闸管（LTT）等多种。

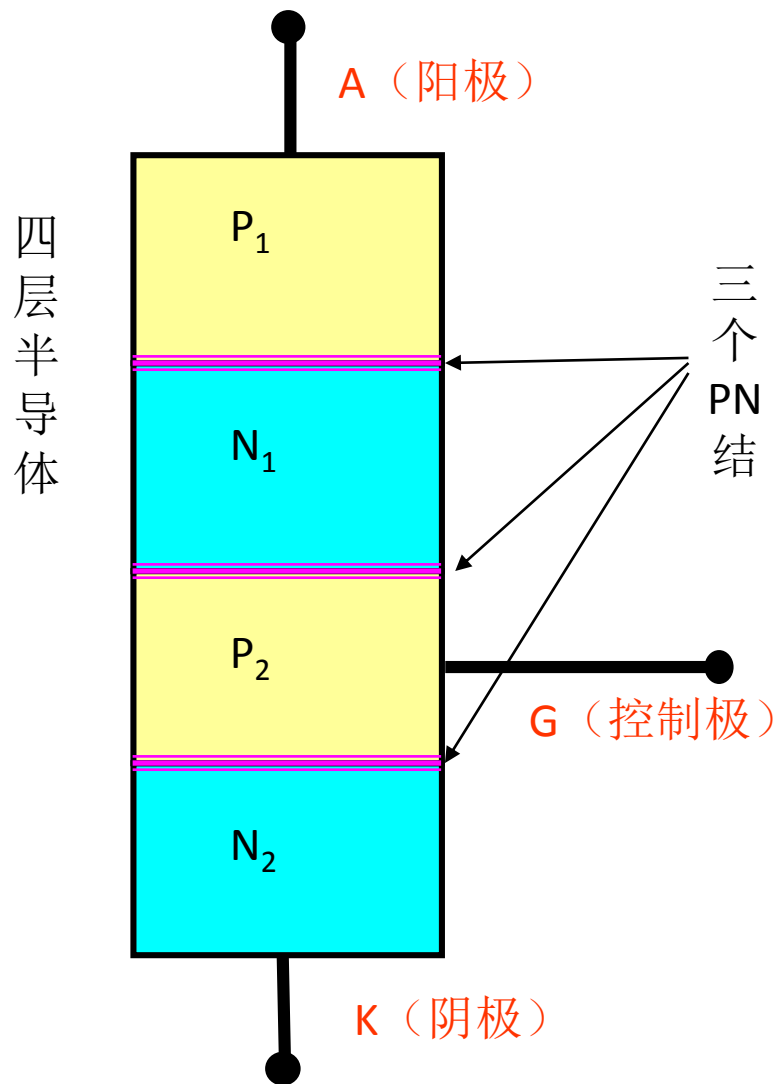
开关量的隔离方法

- 晶闸管输出型光电耦合器

符号



晶闸管在工作过程中，它的阳极（A）和阴极（K）与电源和负载连接，组成晶闸管的主电路，晶闸管的门极G和阴极K与控制晶闸管的装置连接，组成晶闸管的控制电路。



开关量的隔离方法

- 晶闸管输出型光电耦合器

晶闸管为半控型电力电子器件，它的工作条件如下：

- 1、晶闸管承受反向阳极电压时，不管门极承受何种电压，晶闸管都处于**反向阻断状态**。
- 2、晶闸管承受正向阳极电压时，仅在门极承受正向电压的情况下晶闸管才导通。这时晶闸管处于正向导通状态，这就是晶闸管的闸流特性，即**可控特性**。
- 3、晶闸管在导通情况下，只要有一定的正向阳极电压，不论门极电压如何，晶闸管保持导通，即晶闸管导通后，门极失去作用。**门极只起触发作用**。
- 4、晶闸管在导通情况下，当主回路电压（或电流）减小到接近于零时，晶闸管**关断**。

开关量的隔离方法

- 晶闸管输出型光电耦合器

选择晶闸管的类型

若用于交直流电压控制、可控整流、交流调压、逆变电源、开关电源保护电路等，可选用普通单向晶闸管。

若用于交流开关、交流调压、交流电动机线性调速、灯具线性调光及固态继电器、固态接触器等电路中，应选用双向晶闸管。

若用于交流电动机变频调速、斩波器、逆变电源及各种电子开关电路等，可选用门极关断晶闸管。

若用于锯齿波发生器、长时间延时器、过电压保护器及大功率晶体管触发电路等，可选用BTG晶闸管。

若用于电磁灶、电子镇流器、超声波电路、超导磁能储存系统及开关电源等电路，可选用逆导晶闸管。

若用于光电耦合器、光探测器、光报警器、光计数器、光电逻辑电路及自动生产线的运行监控电路，可选用光控晶闸管（LTT），也称为光敏晶闸管（LCR）。

一旦导通后，即使光信号消除，晶闸管仍然导通。只有当正向电压降至零或加上反向电压，使器件电流小于维持电流时，才恢复阻断。

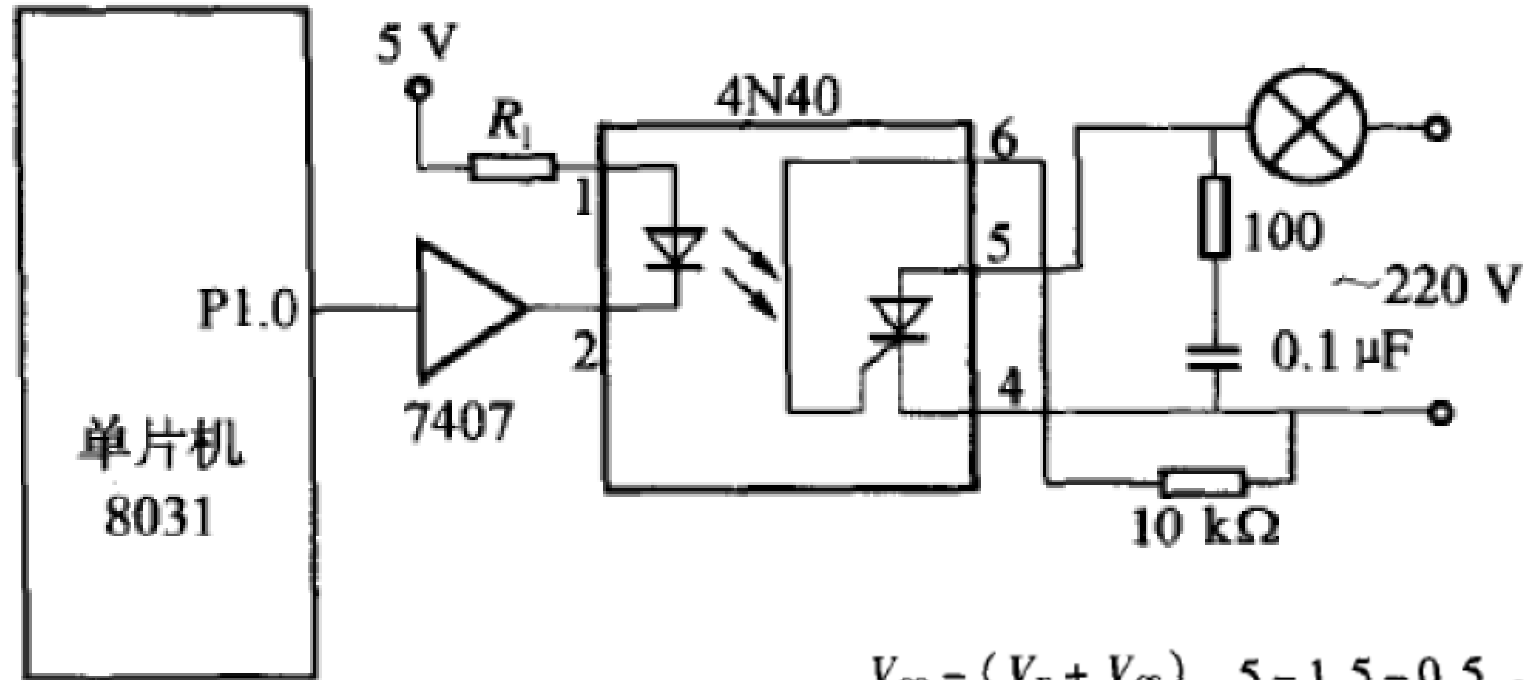
开关量的隔离方法

- 晶闸管输出型光电耦合器



- 光敏晶闸管（单向或双向）

- 4N40



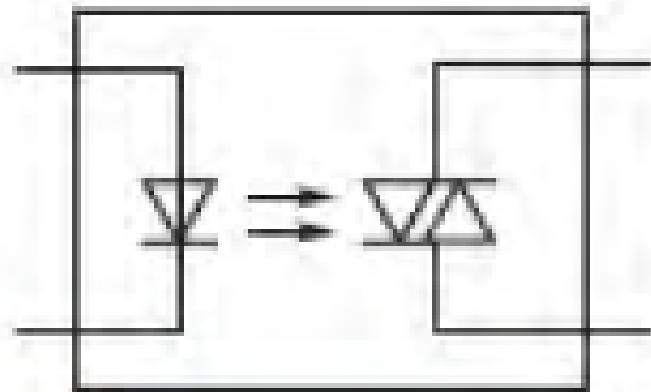
$$R_1 = \frac{V_{CC} - (V_F + V_{CS})}{I_F} = \frac{5 - 1.5 - 0.5}{0.03} \Omega = 100 \Omega$$

开关量的隔离方法

- 晶闸管输出型光电耦合器

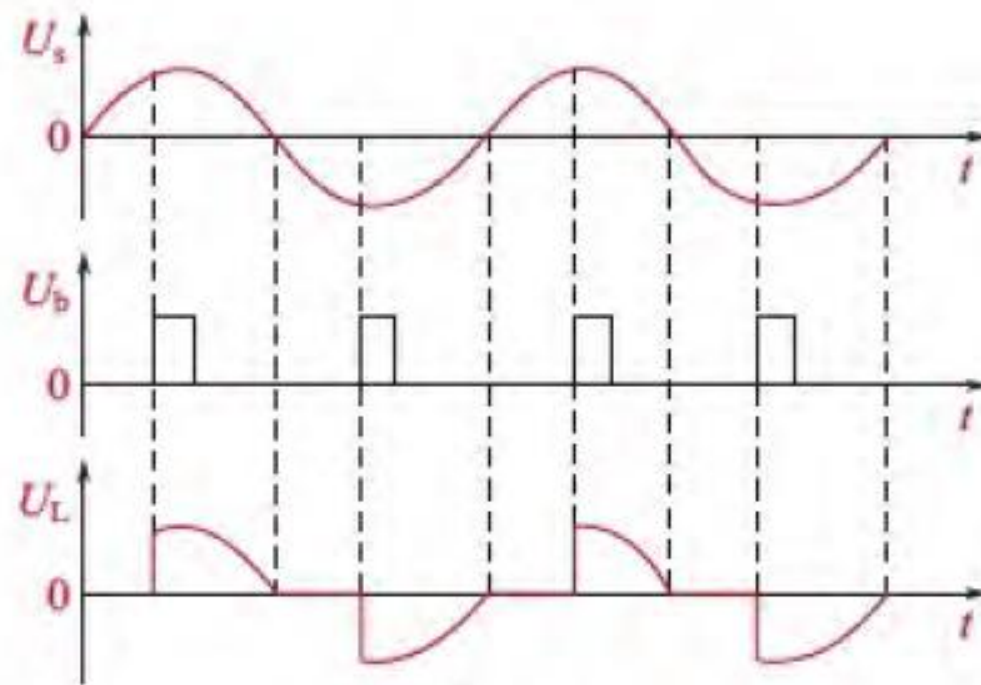
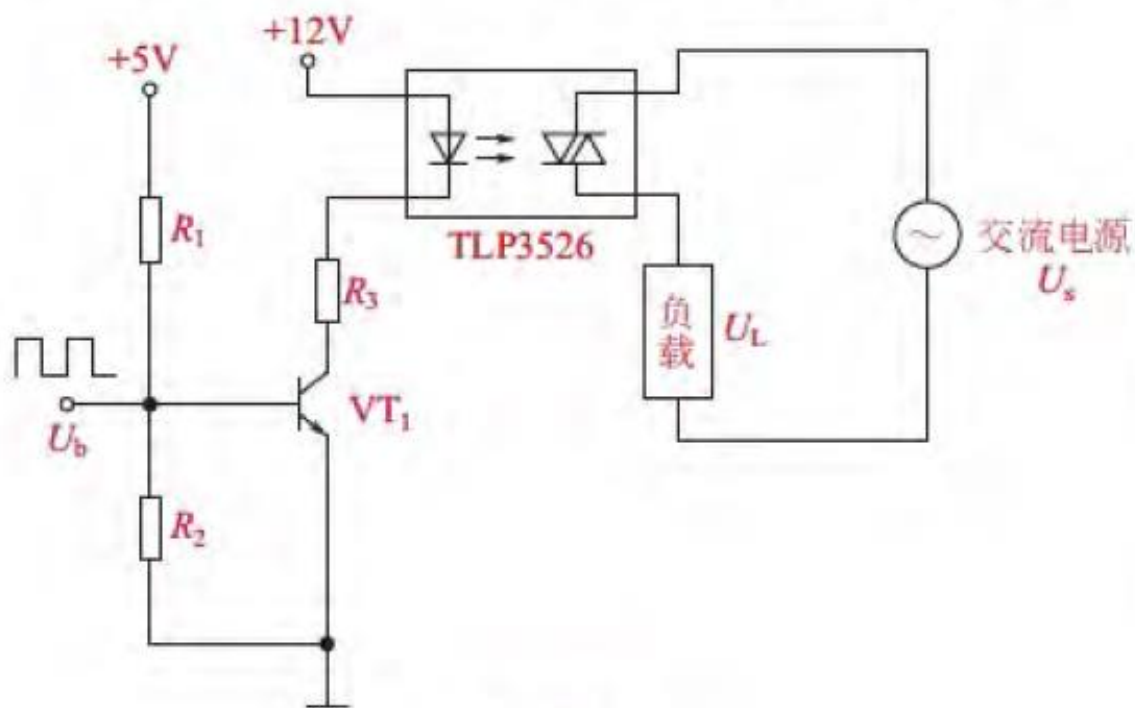
- 光敏晶闸管（单向或双向）

- TLP3526



开关量的隔离方法

- 晶闸管输出型光电耦合器



开关量的隔离方法

- 使用光电耦合器的晶闸管触发电路
 - 在使用晶闸管的控制电路中，有**移相触发**和**过零触发**两种方式。
 - MOC3021是移相触发
 - **MOC3061是过零触发**

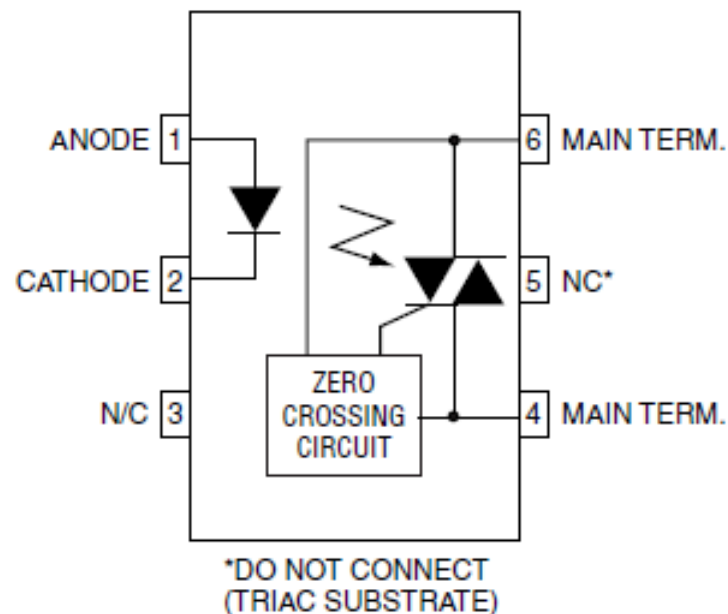
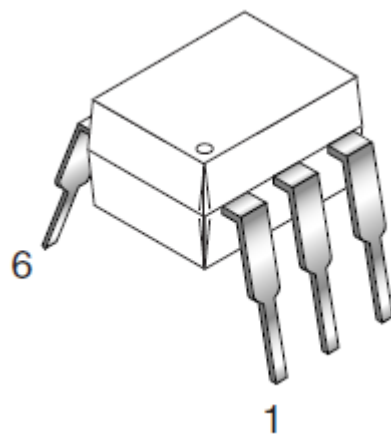
在电源电压为零或刚过零时触发晶闸管

过零检测电路

开关量的隔离方法

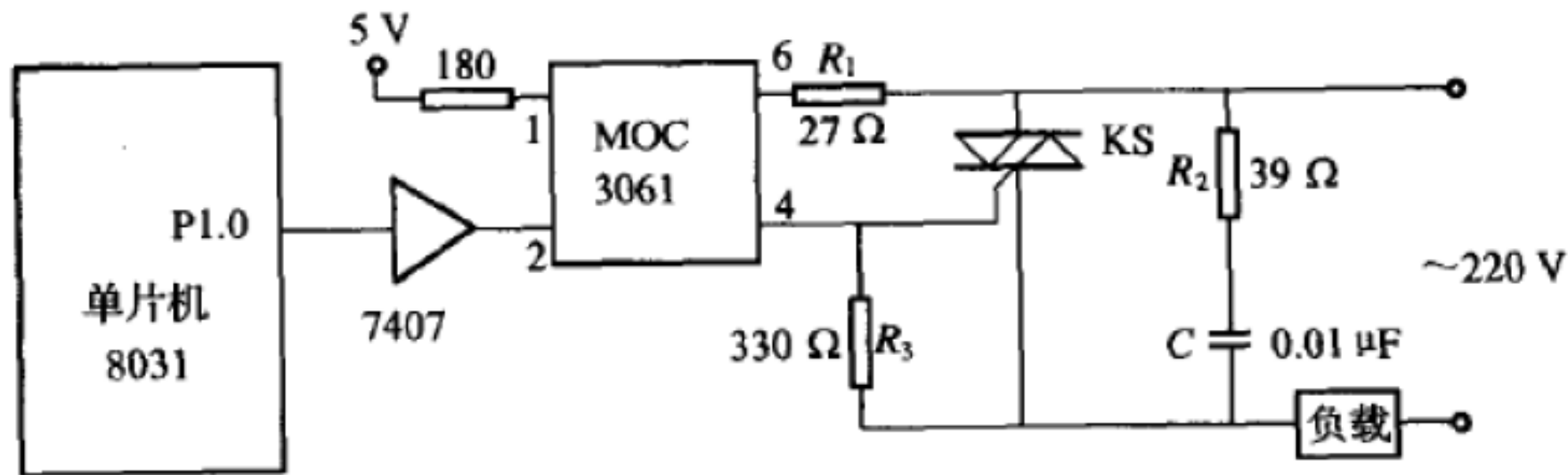
- 使用光电耦合器的晶闸管触发电路

– MOC3061



开关量的隔离方法

- 使用光电耦合器的晶闸管触发电路



开关量的隔离方法

- 光电隔离器的输出可以**直接用于切换低功率负载电路**。因此，达林顿光电隔离器可以用来作为微处理器和灯泡或线圈间的接口。
- 如果要接到**大功率电路**上，就需要光电隔离器来控制继电器，并利用**继电器**作为大功率设备的控制端。

开关量的隔离方法

- 继电器隔离

低压



高压

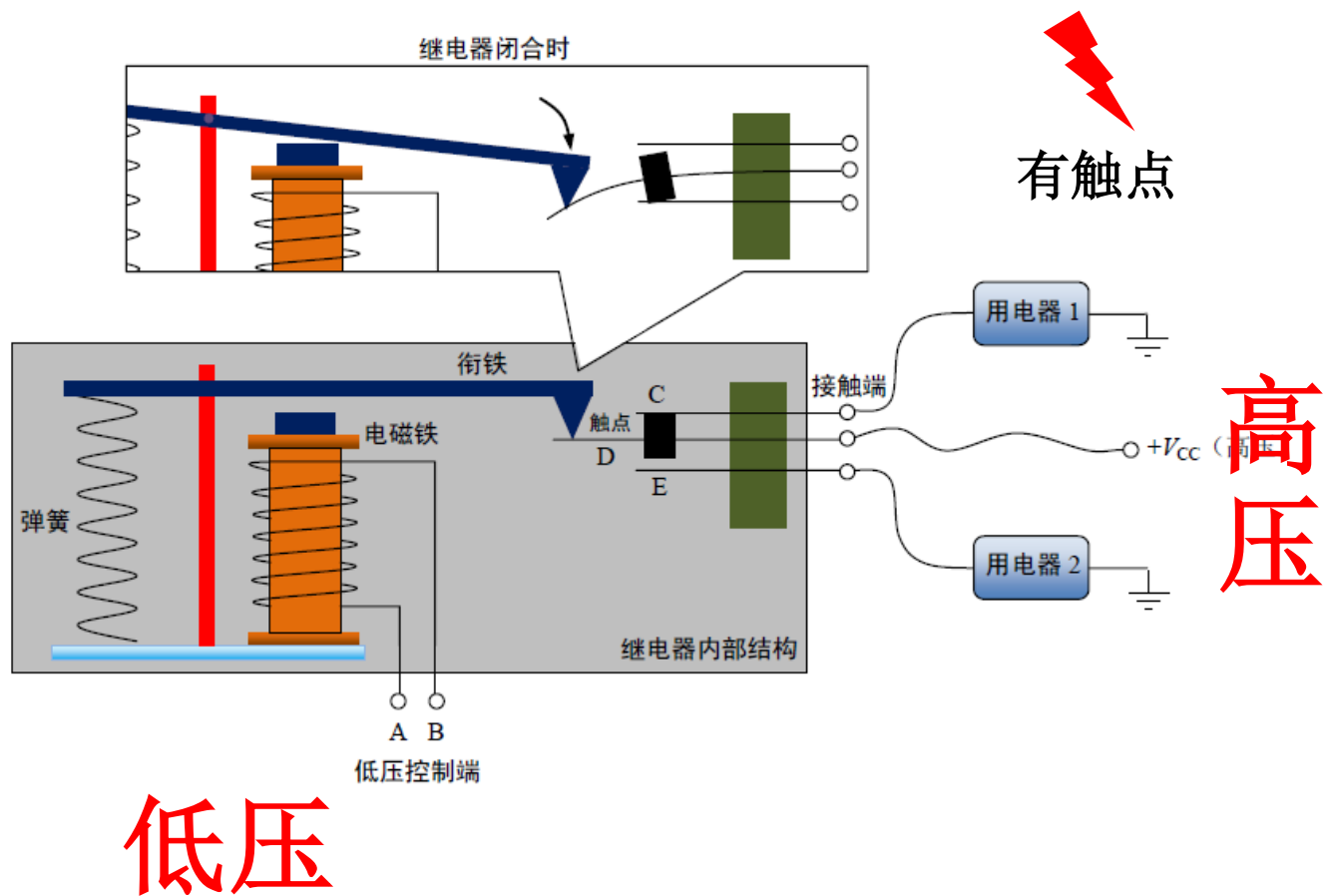
“以小控大、以低控高”

第一级隔离驱动

开关量的隔离方法

- 继电器隔离

“以小控大、以低控高”

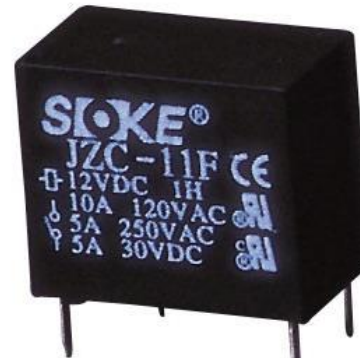
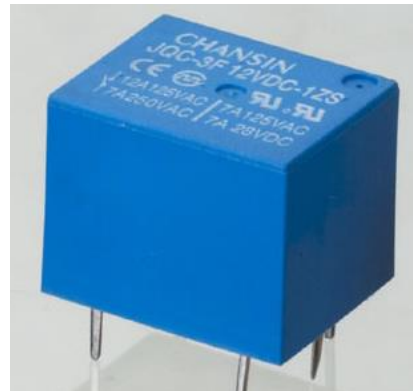
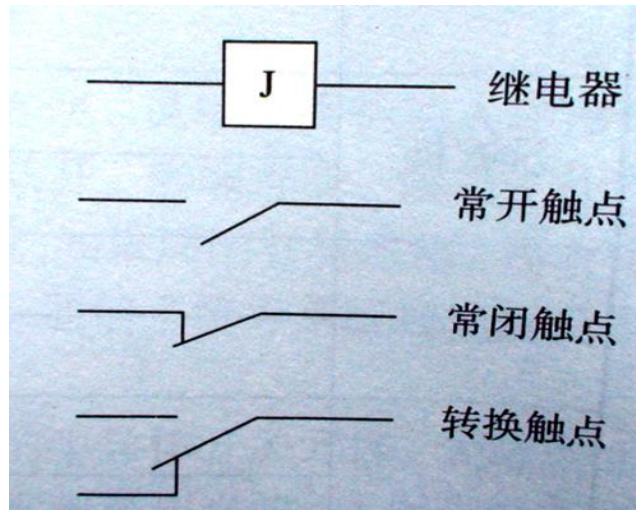


第一级隔离驱动

继电器是电感性负载，其动作或工作状态只有两个，是典型的二值可控元件。对继电器或接触器的驱动，实际上是对励磁线圈电流通断的控制。

开关量的隔离方法

输入电路中的控制电流为直流的电磁继电器



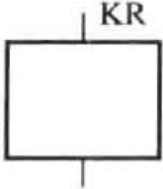

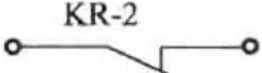
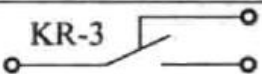
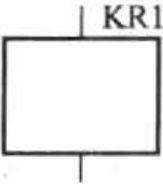
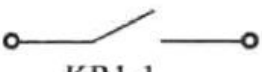

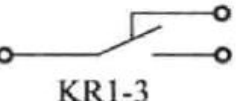
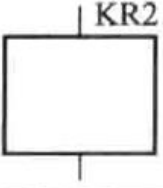


开关量的隔离方法

输入电路中的控制电流为交流的电磁继电器。



开关量的隔离方法

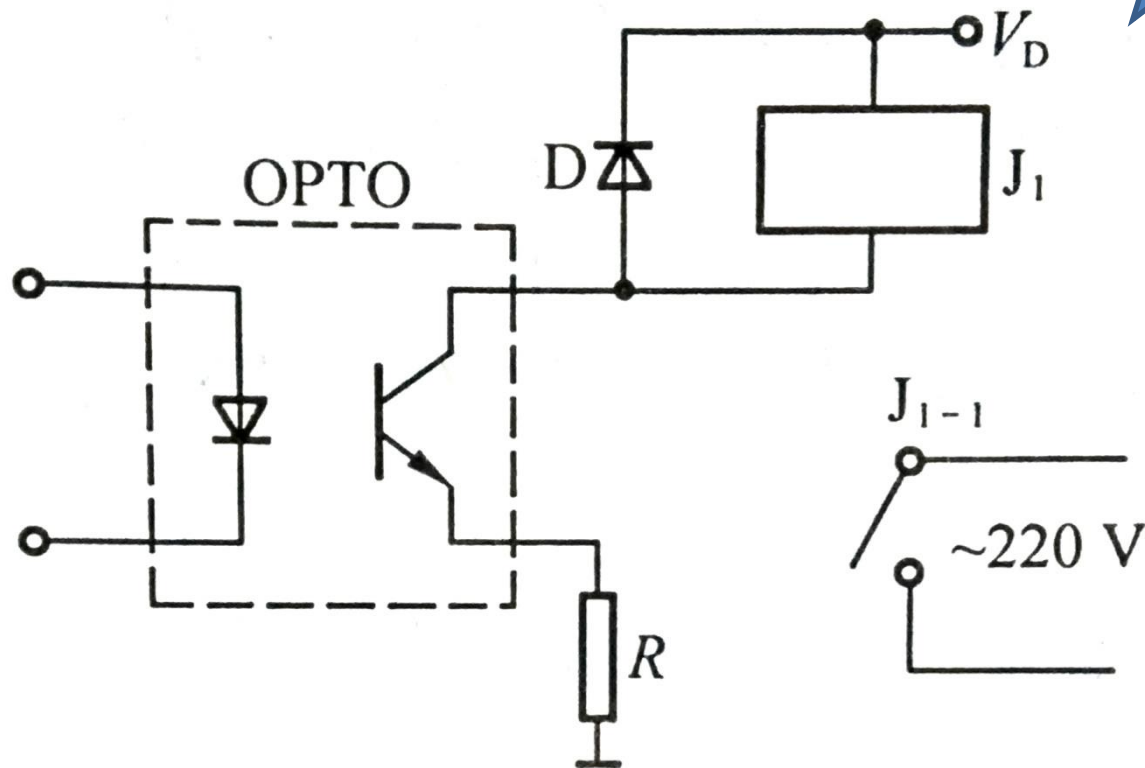


| 线圈符号 | 触点符号 | |
|--|--|---|
|  |  | 动合触点(常开), 称H型 |
| |  | 动断触点(常闭), 称D型 |
| |  | 切换触点(转换), 称Z型 |
|  |  |   |
|  |  |  |

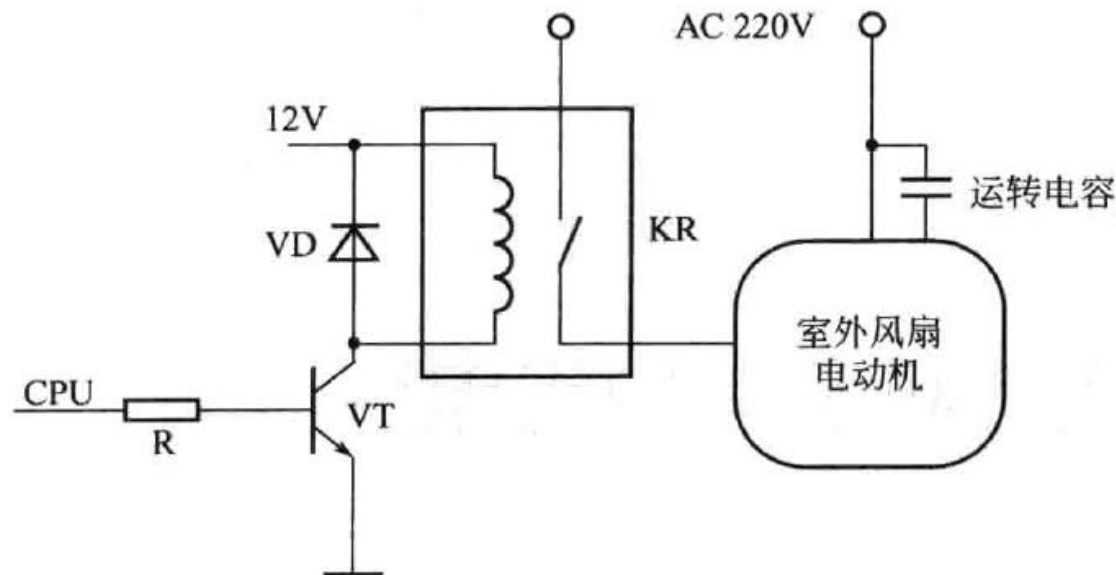
根据触点的状态可分为常开型、常闭型和转换型三种。
按控制路数可分为单路继电器和双路继电器两大类。双路继电器设置了两组可同时通断的触点。

开关量的隔离方法

- 电磁继电器隔离



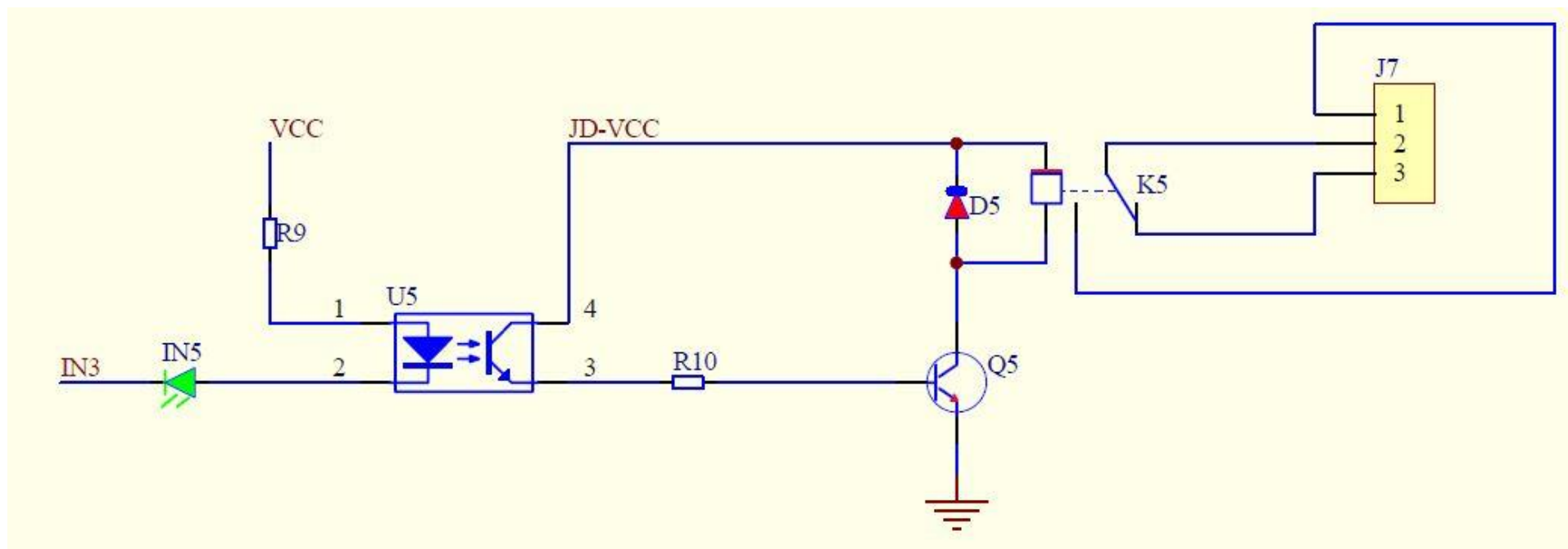
如继电器线圈电压低时，可省去光耦，直接采用三极管驱动。



在某些需较大驱动电流的场合，则可在光电隔离器与继电器之间再接一级三极管以增加驱动电流

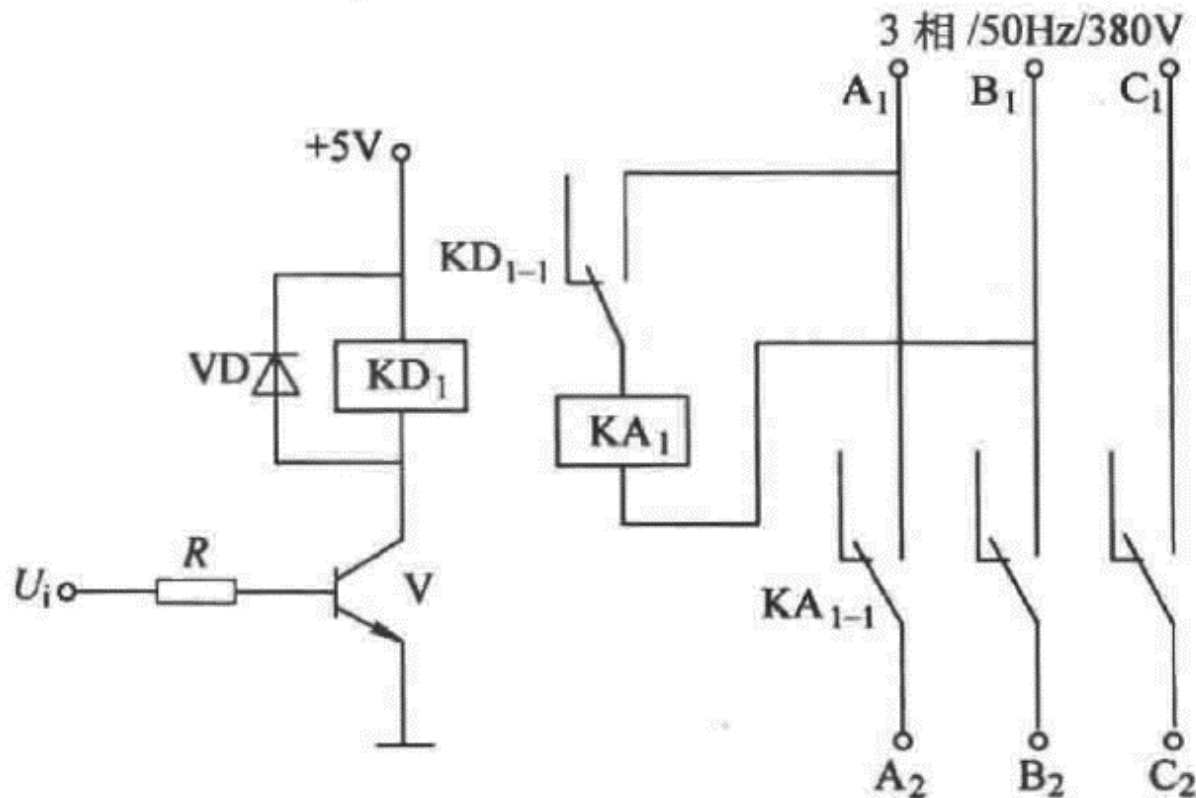
开关量的隔离方法

- 电磁继电器隔离



开关量的隔离方法

- 电磁继电器隔离



对需用交流电源励磁的继电器，可以用交流负载驱动电路。交流负载驱动电路比直流负载驱动电路复杂。在没有特殊要求时，为了便利和简化电路，可通过直流继电器来间接控制交流继电器。

开关量的隔离方法

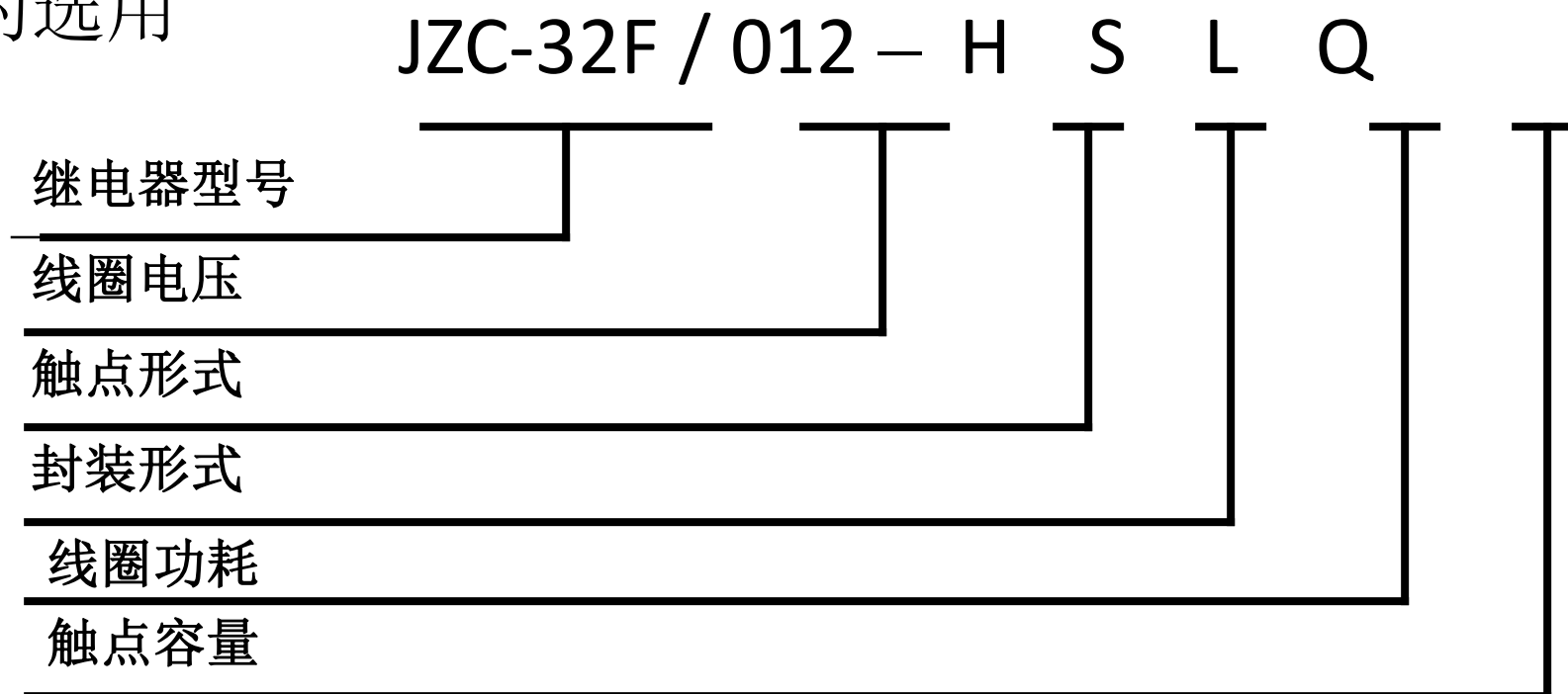
- 继电器的主要电气参数
 - 线圈电源和功率
 - 额定工作电压或额定工作电流
 - 线圈电阻
 - 吸合电压或电流
 - 释放电压或电流
 - 接点负荷

开关量的隔离方法

- 继电器的选用
 - 继电器额定工作电压的选择
 - 接点负荷的选择
 - 接点的数量和种类
 - 其他因素

开关量的隔离方法

继电器的选用



- 继电器型号 JZC – 32 F
- J---继电器 Z---中功率 C---超小型
- 32--- 序号 F---封闭型

开关量的隔离方法



- 固态继电器

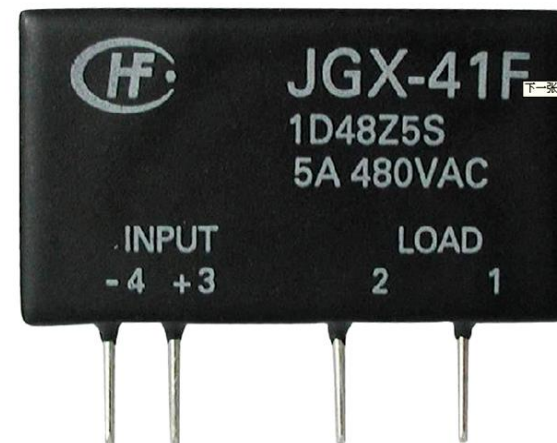
如开关三极管、双向晶闸管等半导体器件

- 简称SSR（Solid State Relays），它利用电子元件的开关特性，可实现无触点、无火花地接通和断开电路。具有输入控制电流小、无机械噪声、无抖动和回跳、开关速度快、体积小、质量小、寿命长、工作可靠等特点，并且耐冲击、抗潮湿、抗腐蚀，常被应用在工业控制领域。



固态继电器外形结构

两个接线端
为输入端，
另两个接线
端为输出，
中间采用隔
离器件实现
输入输出的
电隔离。



开关量的隔离方法

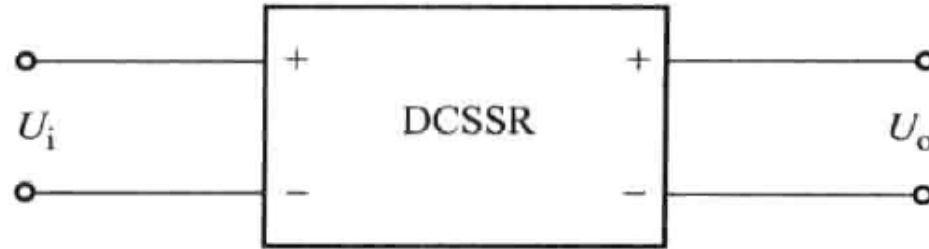
- 固态继电器的类型

- 按使用场合或负载电源分：交流和直流
- 按开关形式分：常开型和常闭型
- 按隔离形式分：混合型、变压器隔离型、光电隔离型

光电隔离型为最多。

开关量的隔离方法

- 直流固态继电器



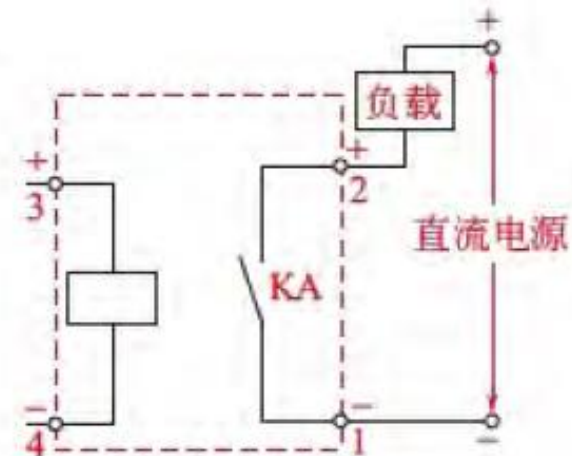
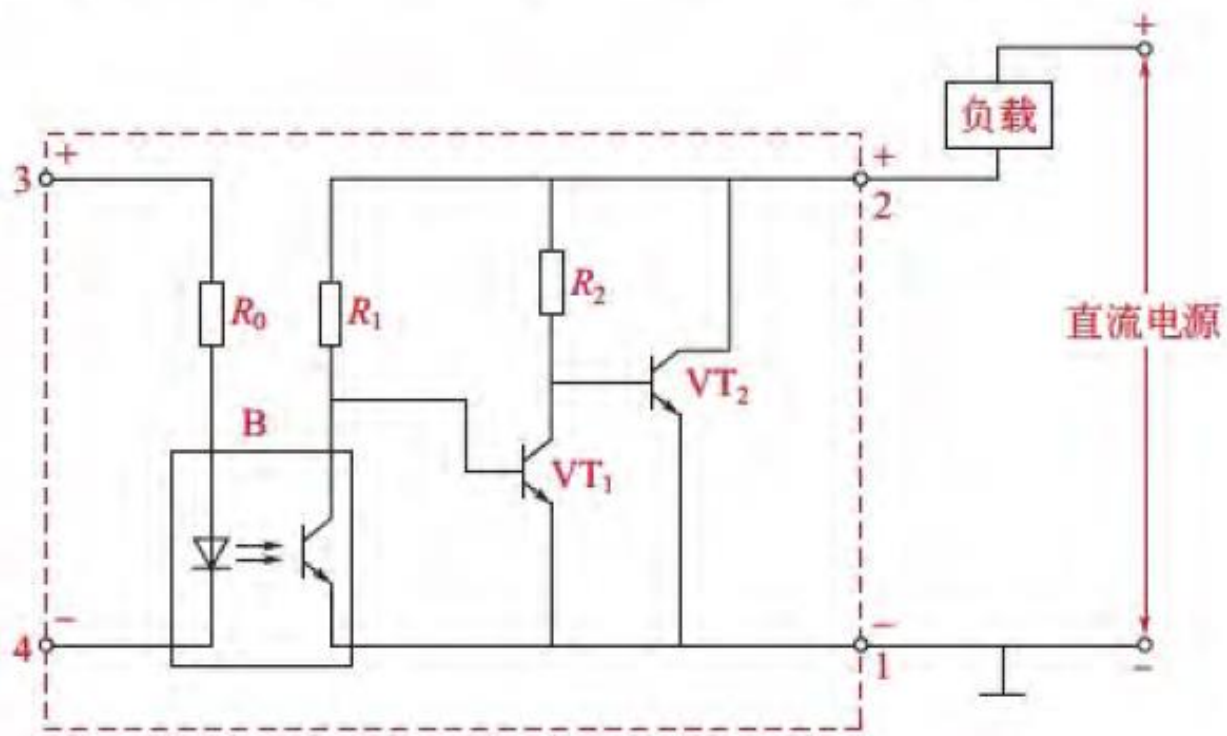
直流型固态继电器的输出器件主要使用大功率三极管、大功率场效应管、IGBT等。



五引脚直流固态继电器

开关量的隔离方法

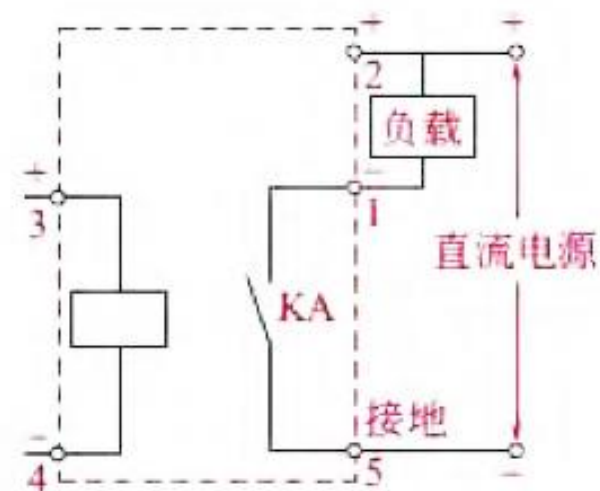
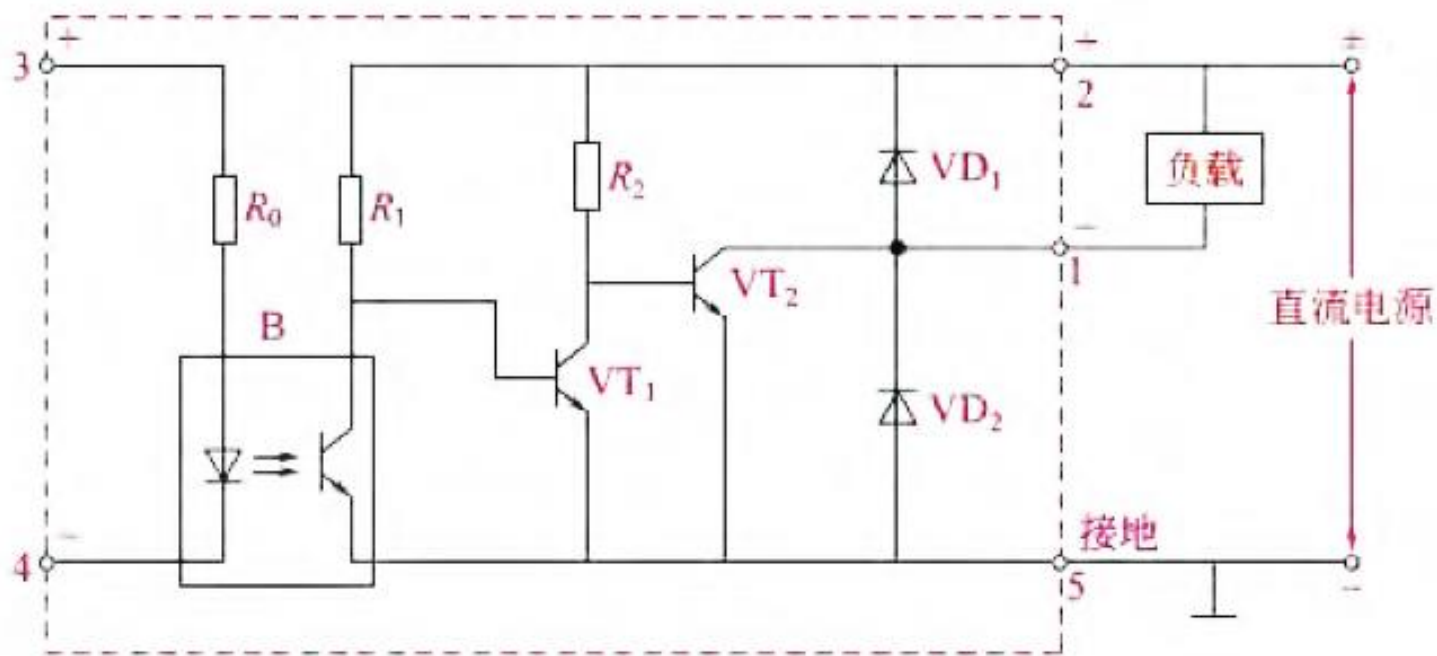
- 直流固态继电器



四引脚直流固态继电器

开关量的隔离方法

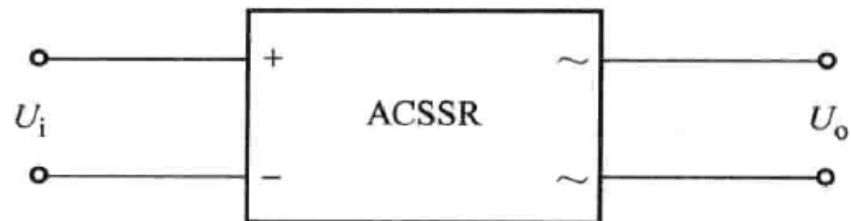
- 直流固态继电器



开关量的隔离方法

- 固态继电器的工作原理

- 交流型（过零触发型和随机导通型）

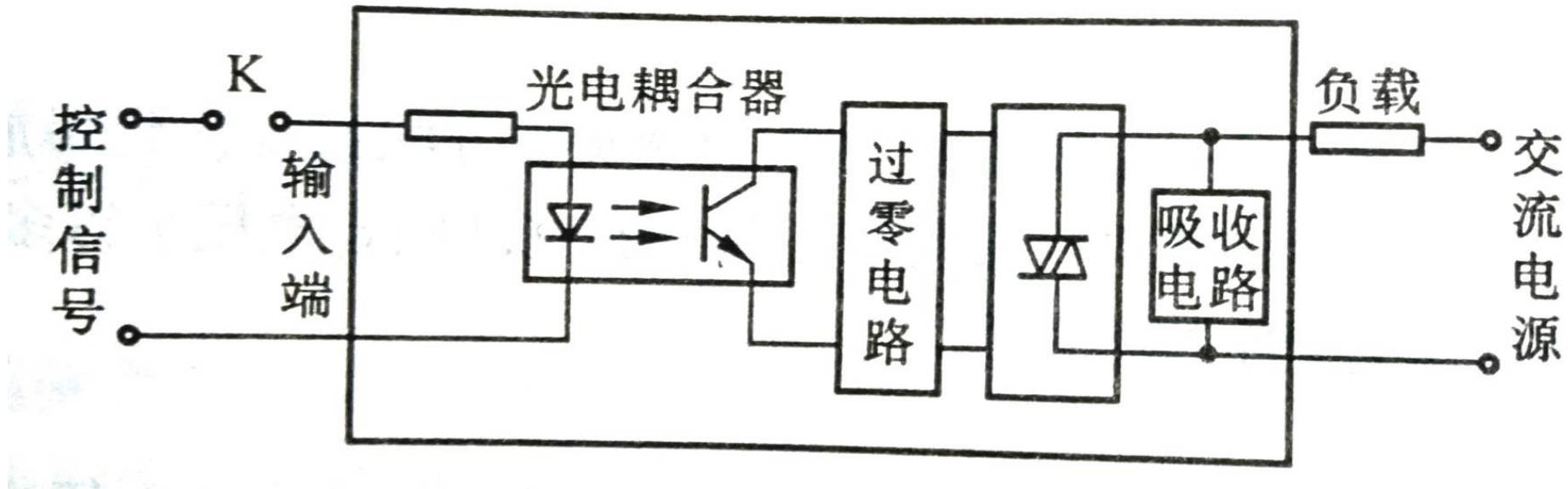


交流型固态继电器的控制器件主要使用单向晶闸管、双向晶闸管。

当控制信号输入后，过零触发型总在交流电源为零电压附近导通，产生的干扰小，一般用于计算机I/O接口等场合；随机导通型则是在交流电源的任一相位上导通或关断，在导通瞬间可能产生较大的干扰，并且它内部的晶闸管容易因导通损耗大而损坏。

开关量的隔离方法

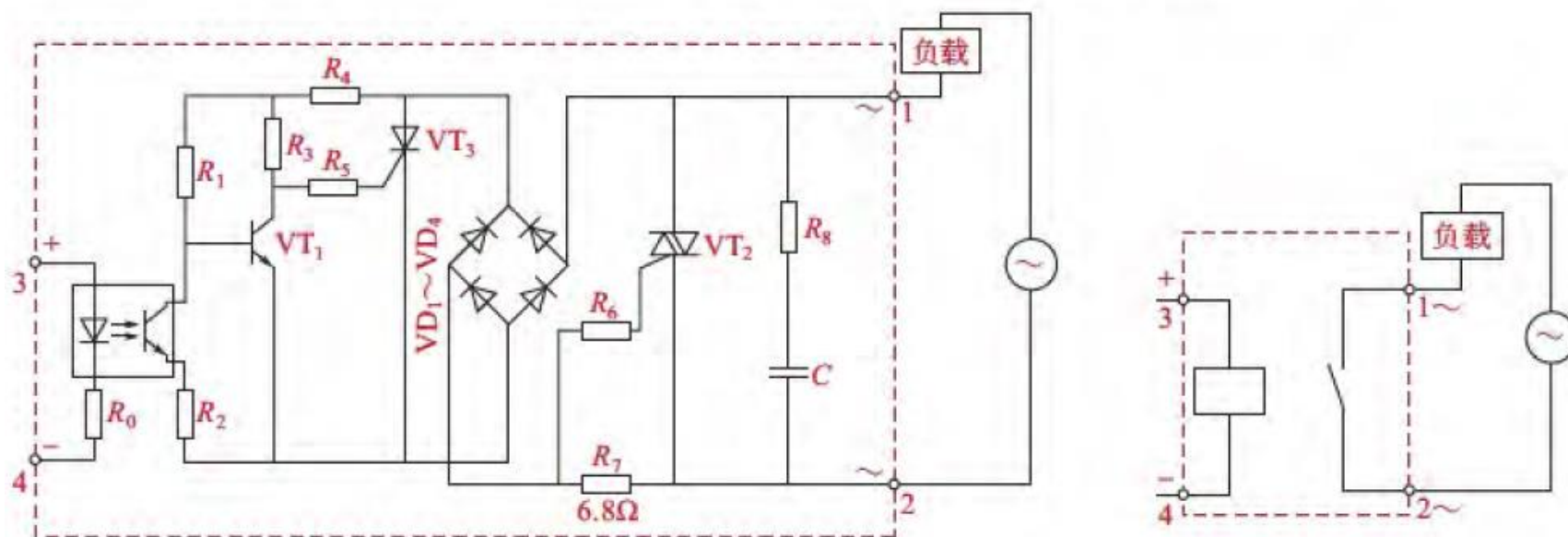
- 固态继电器的工作原理
 - 交流型（过零触发型和随机导通型）



所谓“过零”，是指当加入控制信号、交流电压过零时，SSR即为导通状态；而当断开控制信号后，SSR要等电源电压过零时才被关断。

开关量的隔离方法

- 固态继电器的工作原理
 - 交流型（过零触发型和随机导通型）



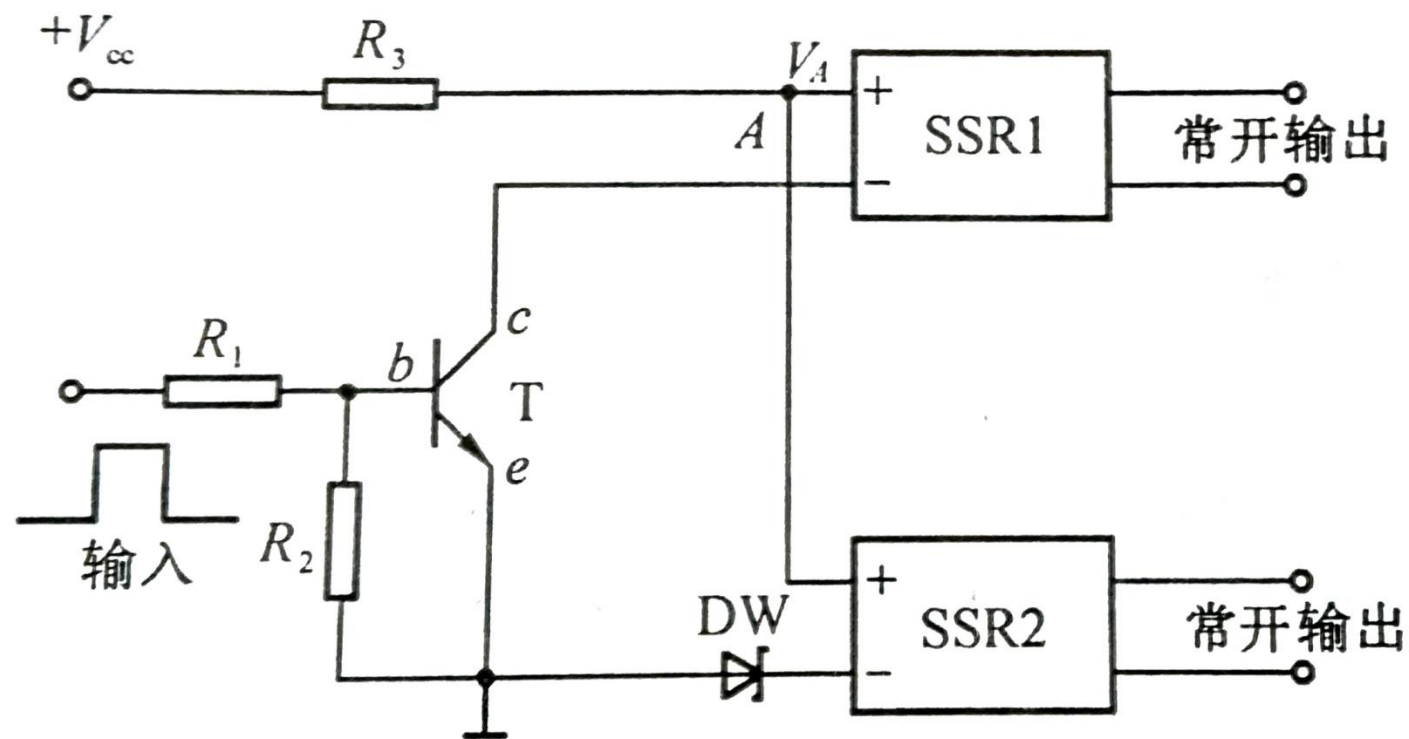
交流型固态继电器的内部电路结构与等效图

开关量的隔离方法

- 固态继电器的主要性能特点
 - 无机械触点，电路工作时不产生火花
 - 无机械和电磁等噪声，过零型SSR关断和导通均处于电流、电压过零区，产生的干扰最小
 - 抗干扰能力强
 - 驱动功率小
 - 可靠性高
 - 承受浪涌电流大
 - 对电源电压的适应能力强

开关量的隔离方法

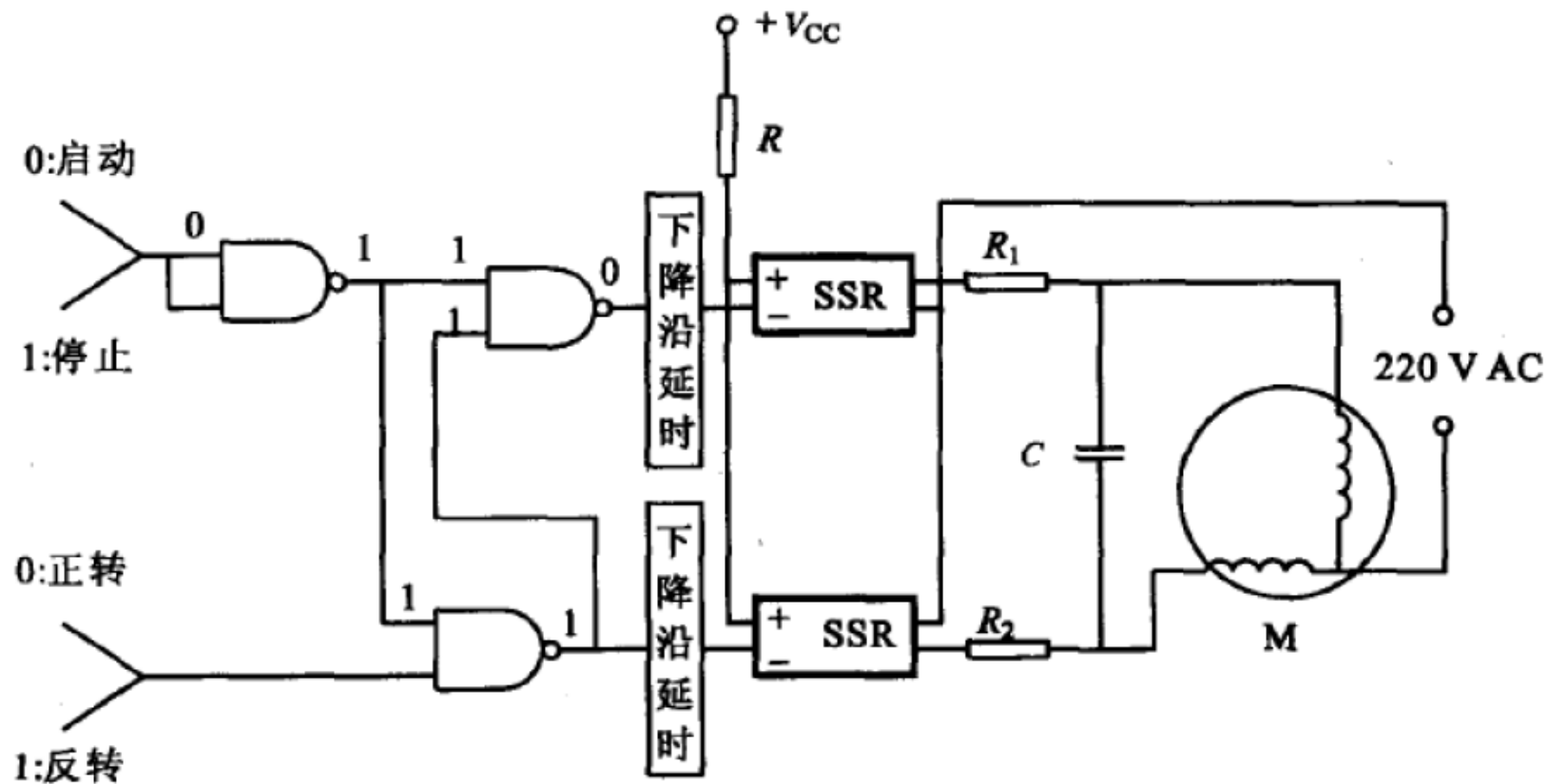
- 固态继电器的应用



单刀双掷控制电路

开关量的隔离方法

- 固态继电器的应用



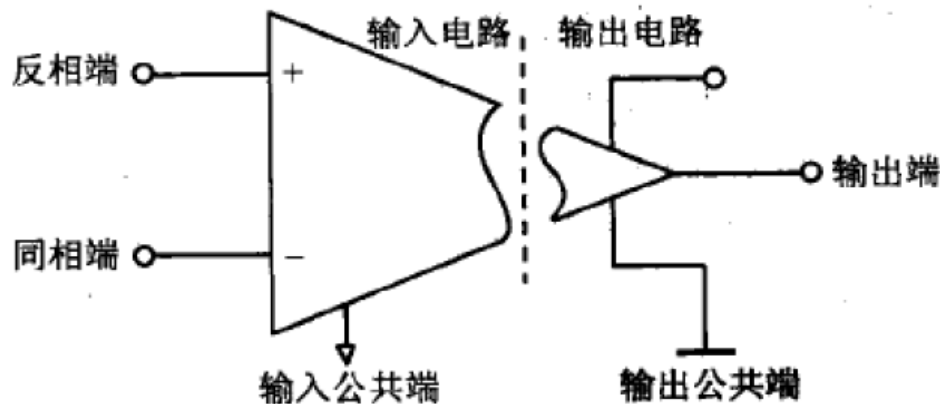
计算机控制单相交流电机正反接的接口及驱动电路

开关量的隔离方法

- 使用固态继电器注意事项
 - 切忌将负载两端短路，以避免造成永久性损坏；
 - 如果外部运行环境温度高，选用的SSR必须留有较大的余量；
 - 当用SSR控制感性负载时，应接上氧化锌压敏电阻起保护作用；
 - SSR内部一般有5~10mA的漏电流，因此不宜用它直接控制很小功率的负载。

模拟量的隔离方法

- 与开关量隔离不同，模拟量隔离要求线性性
 - 模拟量隔离需要得到信号从零到某一幅值连续变化量，需要前后级之间有良好的线性关系，这样才能保证获得正确的被测量。
 - 隔离放大器



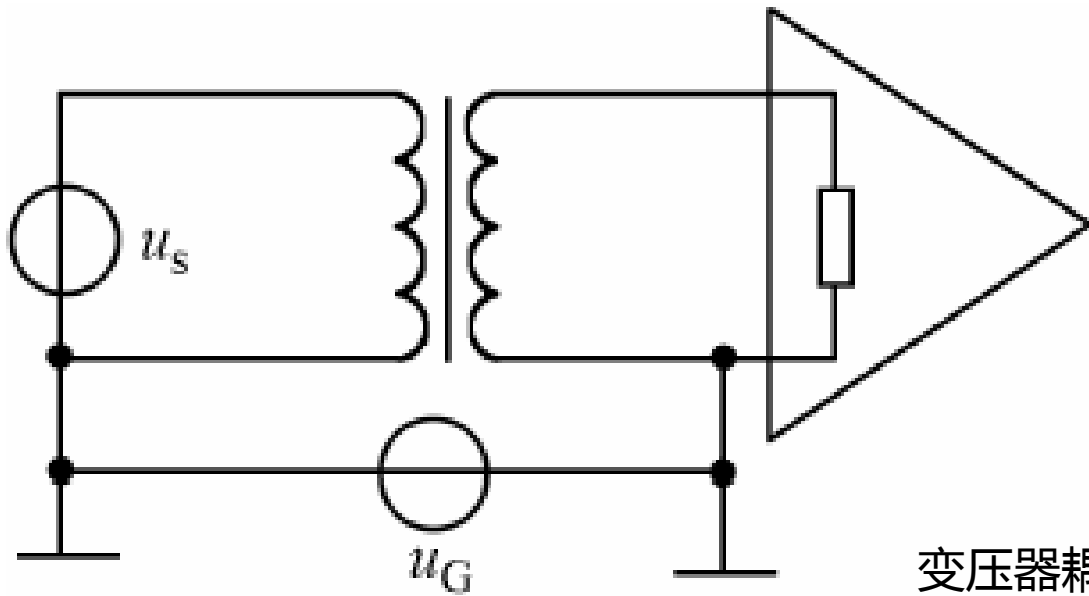
为了防止共模噪声窜入系统可以采用专用的隔离放大器。

模拟量的隔离方法

- **隔离放大器**（防止共模噪声）
 - 概念：为完成地线隔离，将放大器放上静电和电磁屏蔽浮置起来。
 - 类型：**电磁耦合**隔离放大器、**光电耦合**隔离放大器
 - 在以下场合需使用隔离放大器
 - 测量处于高共模电压下的低电压信号
 - 需要消除由于对信号源地网络的干扰所引起的测量误差
 - 避免构成地回路及其寄生拾取问题
 - 保护应用系统电路不致因输入端或输出端大的共模电压造成损坏。

模拟量的隔离方法

- 电磁隔离放大器（**变压器耦合**）

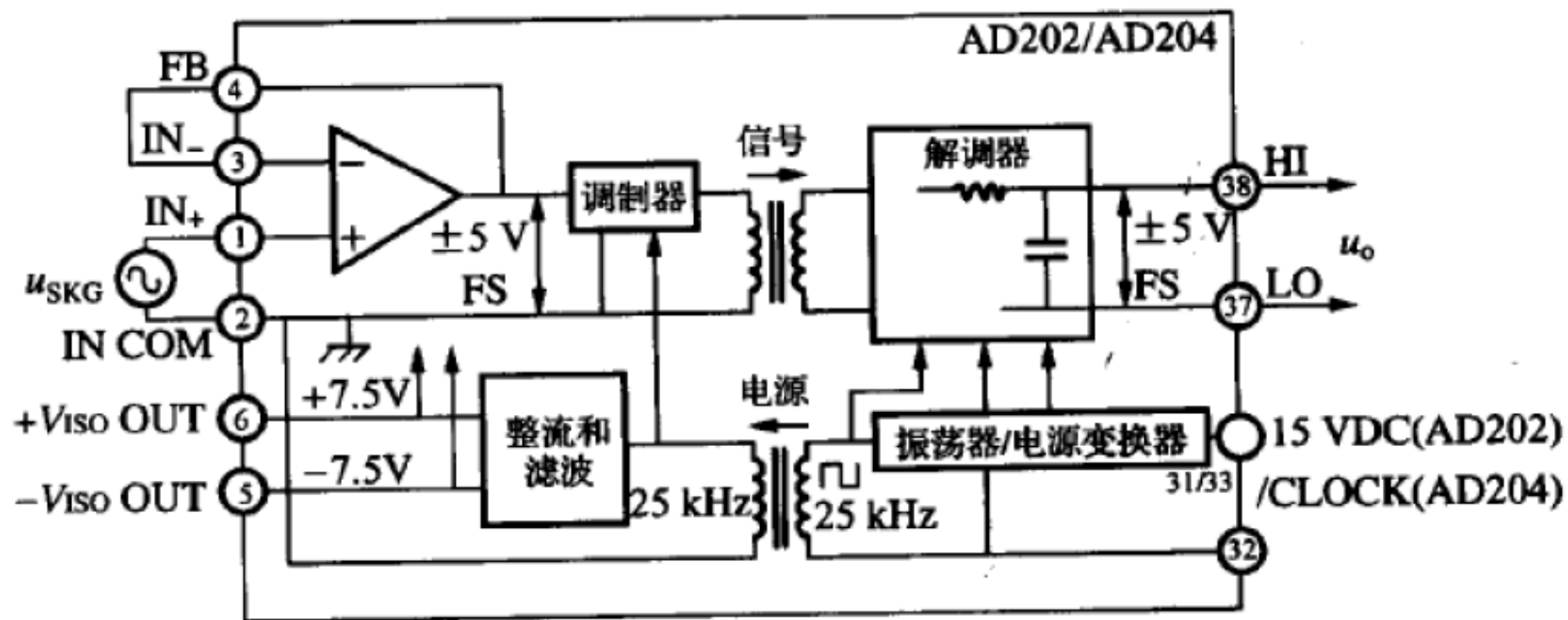


利用变压器原边和副边之间固有的电气隔离特性，可以将系统中接地点不同的各电路之间的电气连接隔离开来。此外，变压器还可以起到阻抗变换的作用，有利于实现噪声匹配。

变压器耦合隔离放大器有两种结构：一种为双隔离式结构，如Analog Devices公司的AD277、AD202、AD204等；另一种为三隔离式结构，如Analog Devices公司的AD210、AD281、AD289、AD290等。

模拟量的隔离方法

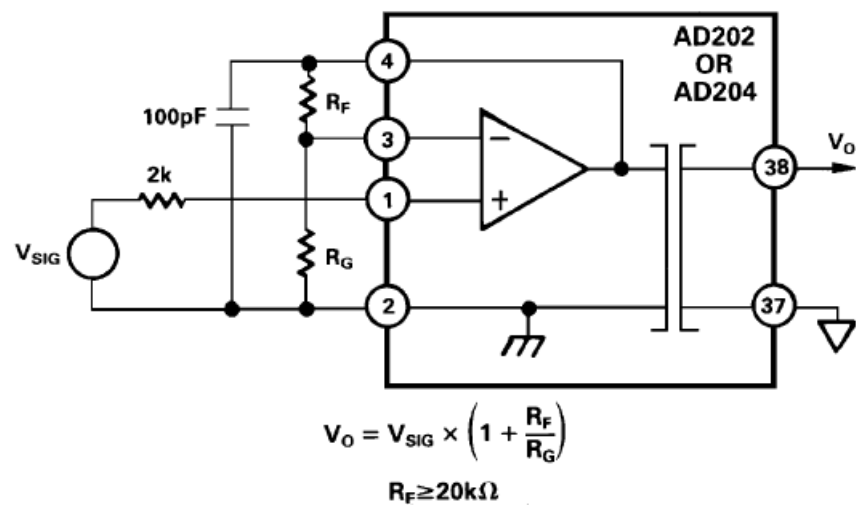
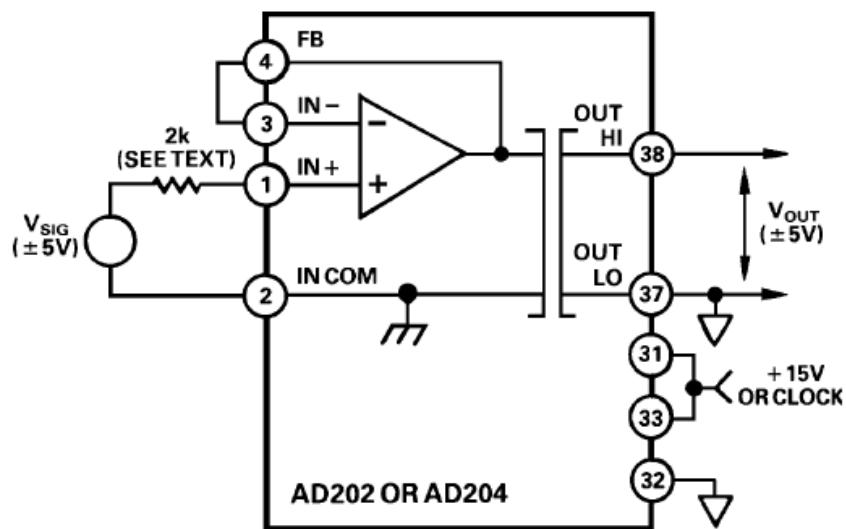
- 电磁隔离放大器（变压器耦合）



AD202/AD204功能框图

模拟量的隔离方法

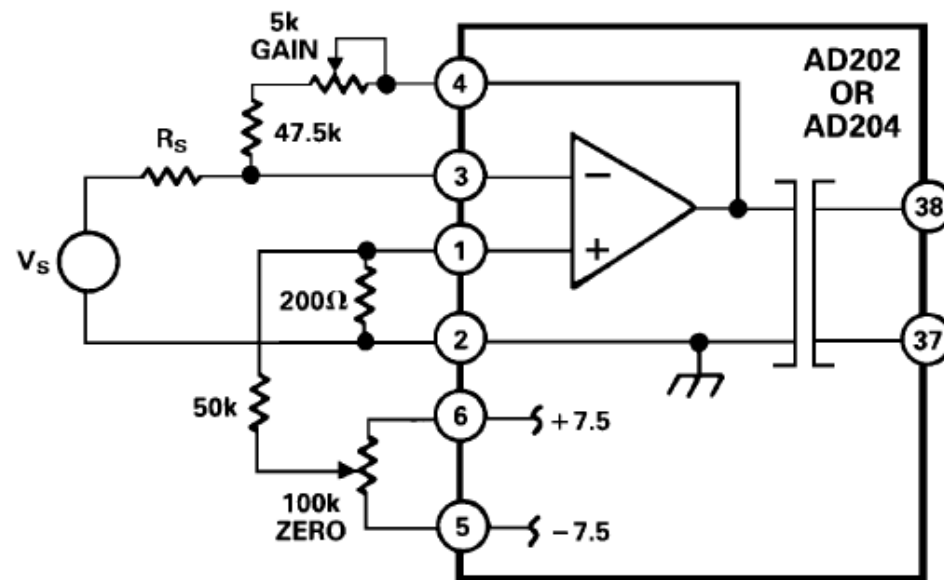
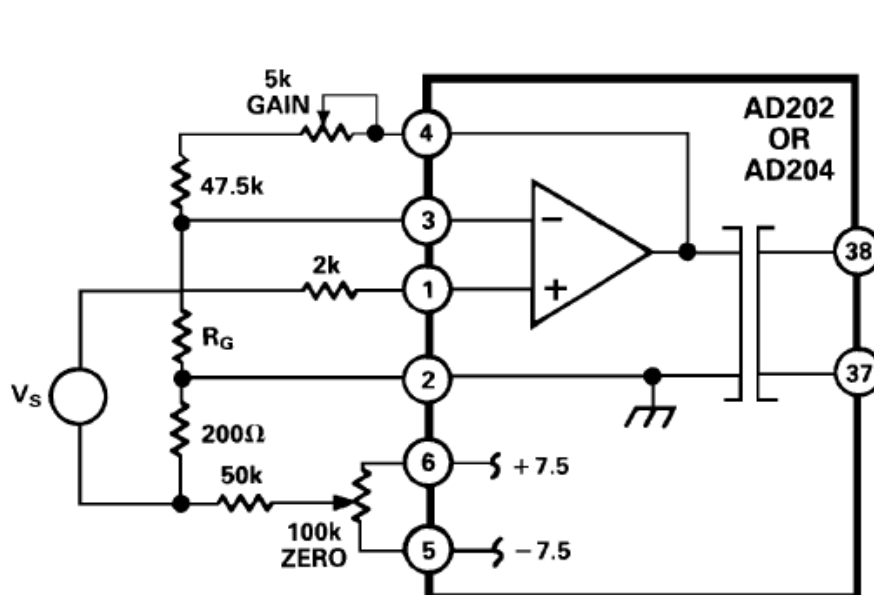
- 电磁隔离放大器



输入电路
(a) 电压型 (b) 电流型

模拟量的隔离方法

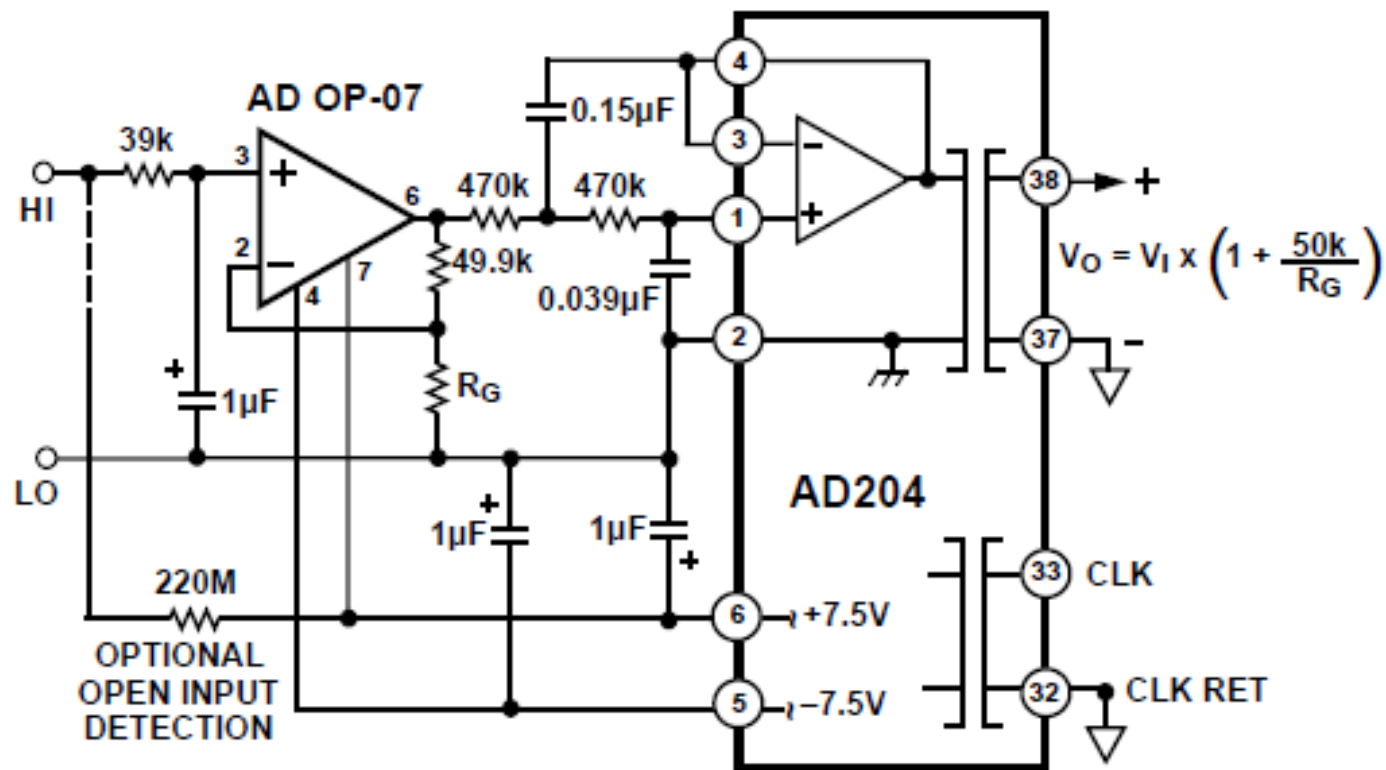
- 电磁隔离放大器



增益和零点调节电路

模拟量的隔离方法

- 电磁隔离放大器应用电路

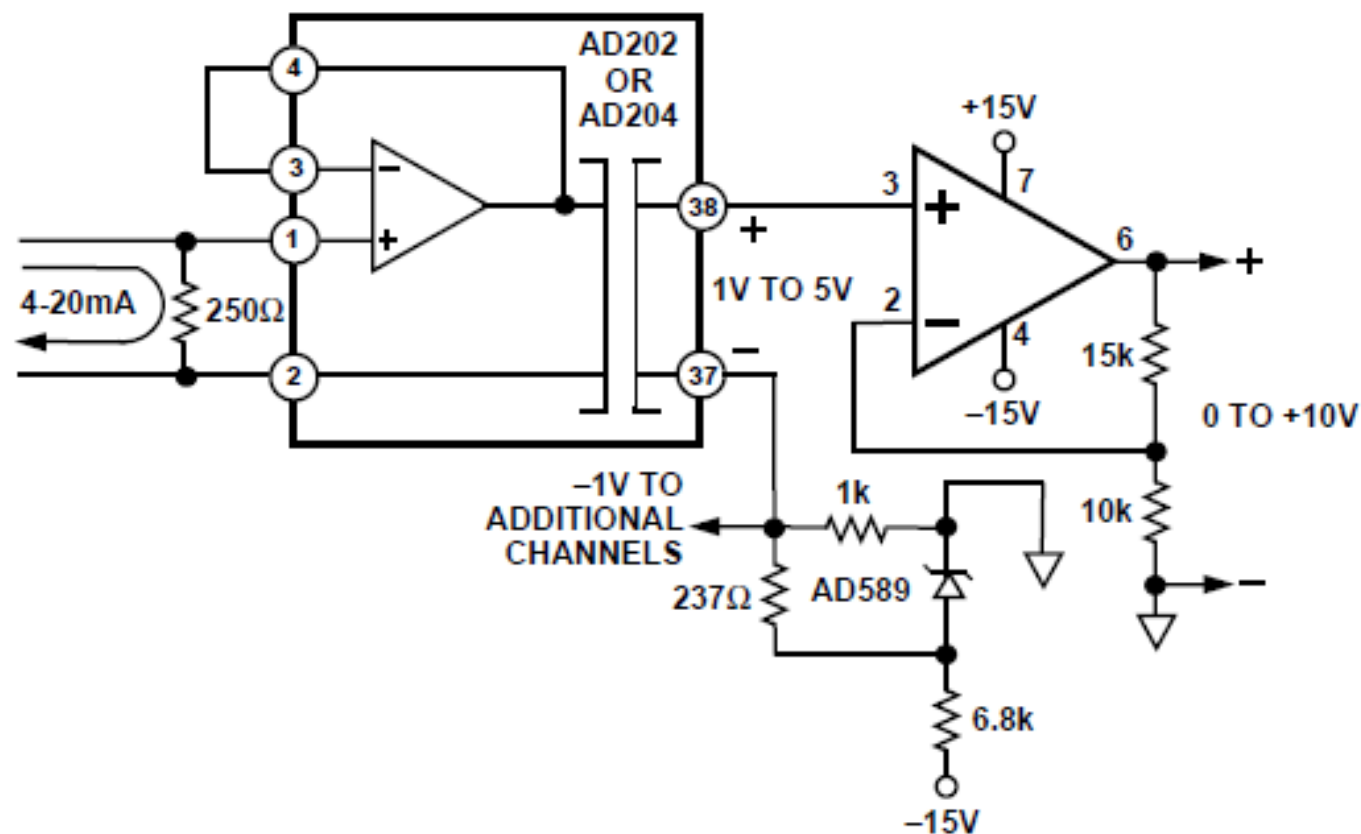


小信号的隔离

低电平的隔离电路

模拟量的隔离方法

- 电磁隔离放大器应用电路

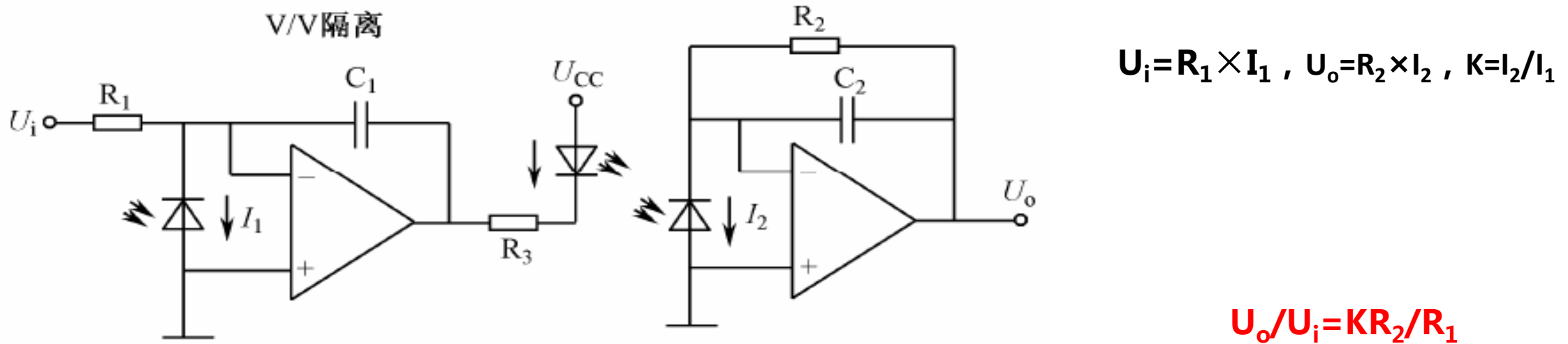


电流/电压变换器的隔离电路

模拟量的隔离方法

- (线性) 光电耦合型隔离放大器
 - 线性光耦：电流转换
 - 应选用线性范围广、线性度高的光耦来实现模拟信号隔离外，还必须在电路上采取有效措施，尽量消除温度变化对放大电路工作状态的影响。
 - ISO100、ISO3650、6N135、6N136等

模拟量的隔离方法

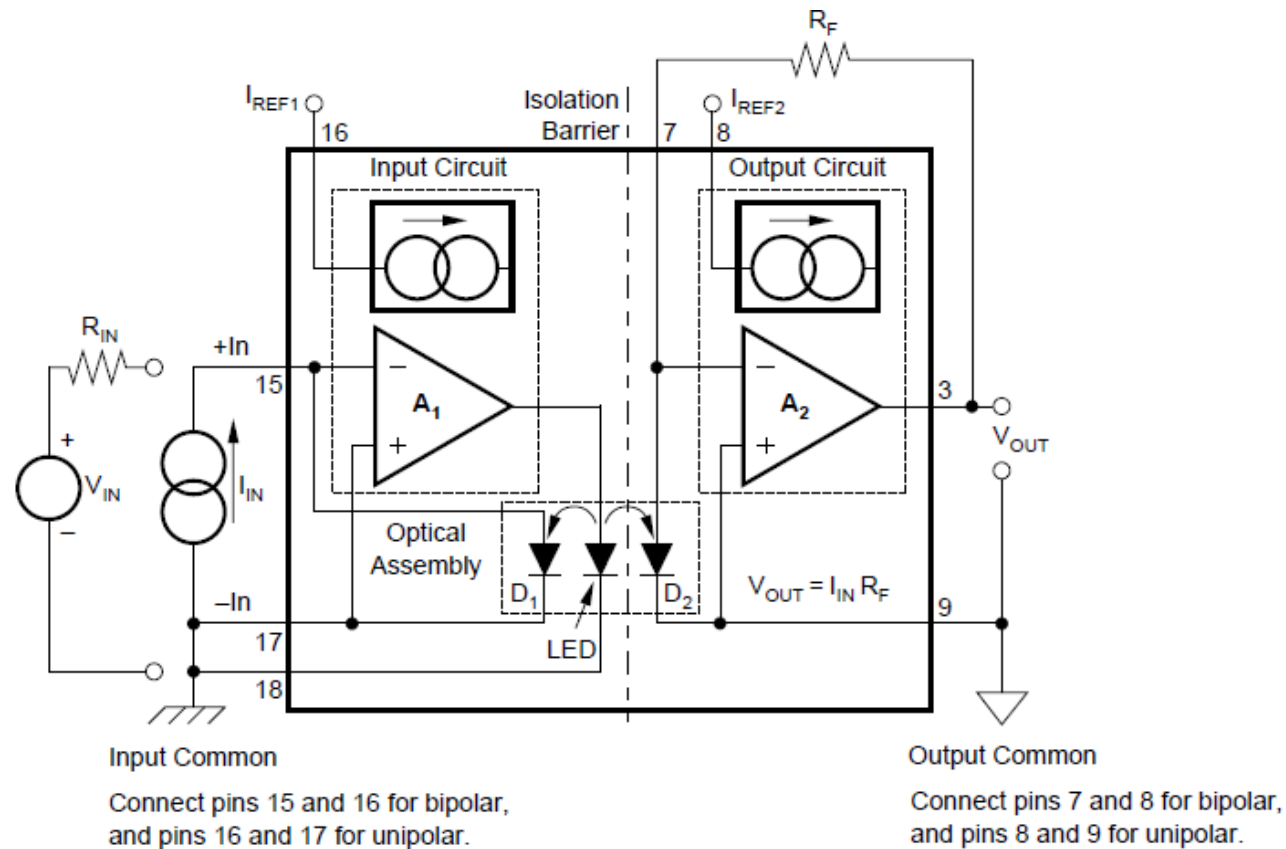


线性光电隔离放大器利用发光二极管的光反向送回输入端，正向送至输出端，从而提高了放大器的精度和线性度。放大器的输入端和输出端是用光隔离的，所以不存在电气连接。

模拟量的隔离方法

- (线性) 光电耦合型隔离放大器

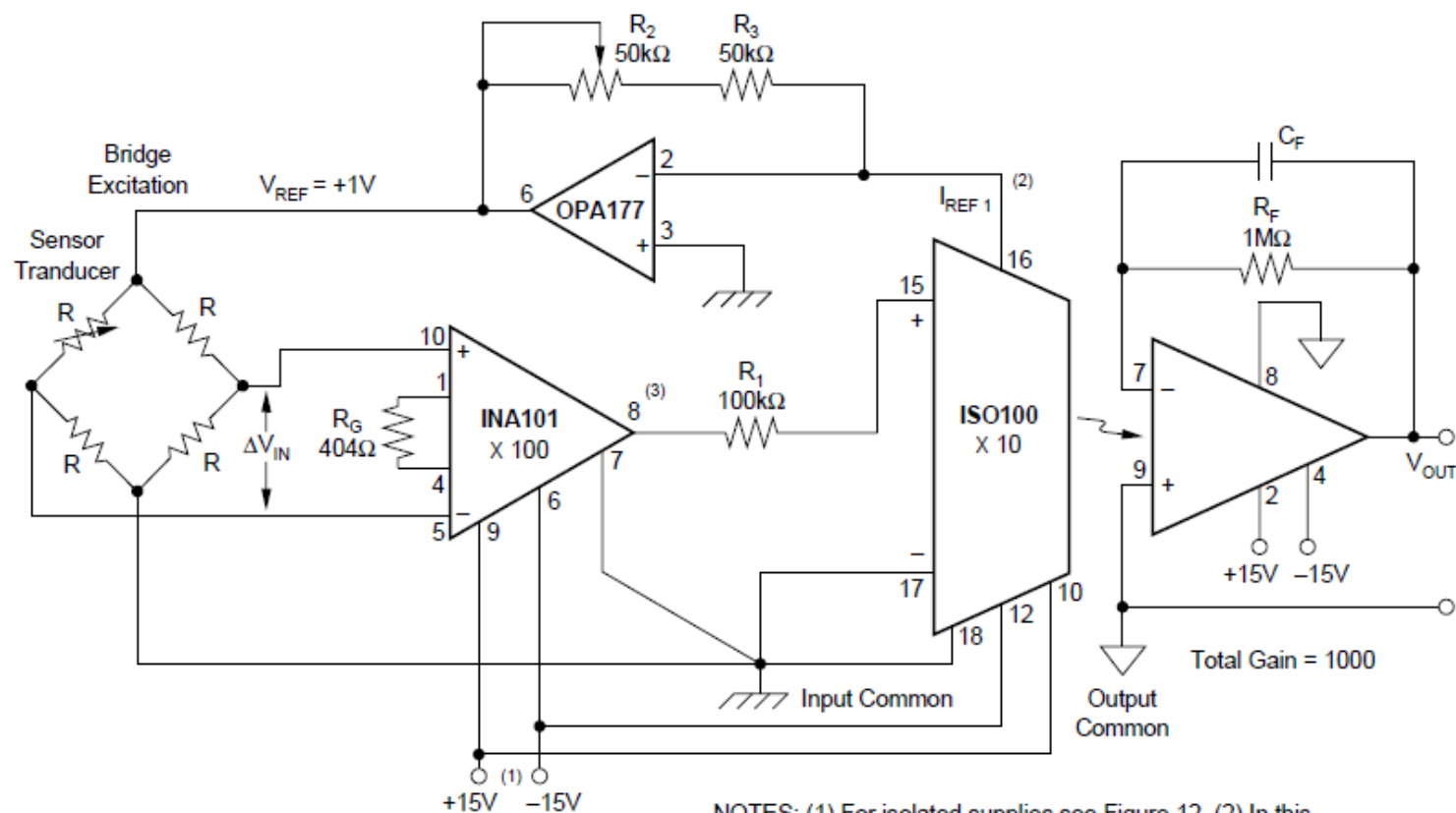
— ISO100



模拟量的隔离方法

- (线性) 光电隔离放大器

- ISO1

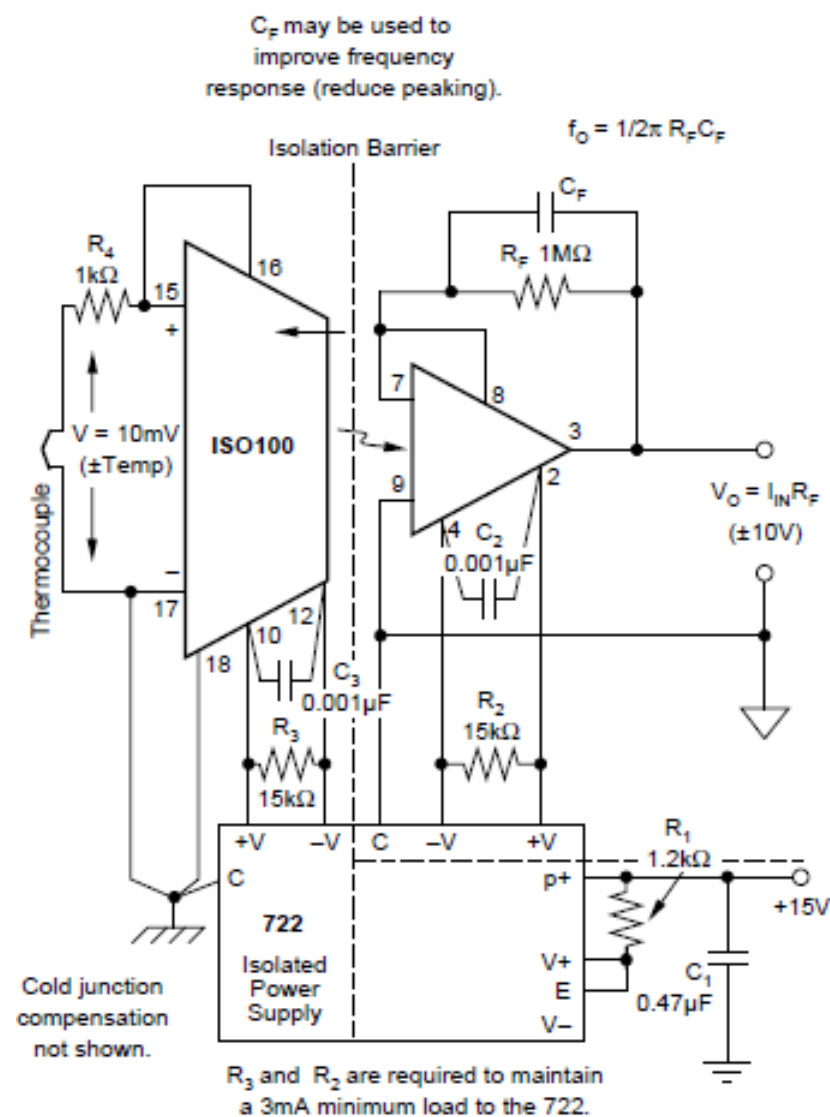


NOTES: (1) For isolated supplies see Figure 12. (2) In this example, the internal precision current reference, I_{REF} , provides bridge excitation. (3) Pin 8 of the INA101 must be more negative than $-2mV$ for linear operation of the ISO100 with $R_1 = 100k\Omega$.

模拟量的隔离方法

- （线性）光电隔离放大器

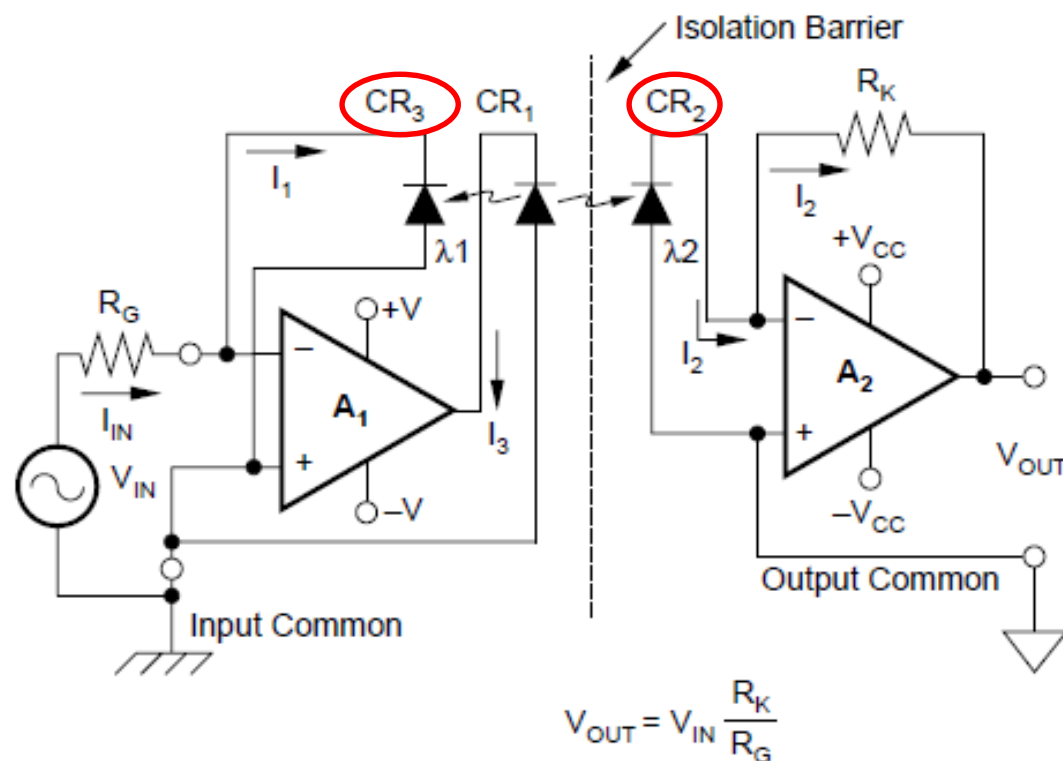
– ISO100



模拟量的隔离方法

- (线性) 光电隔离放大器

– ISO3650/3652



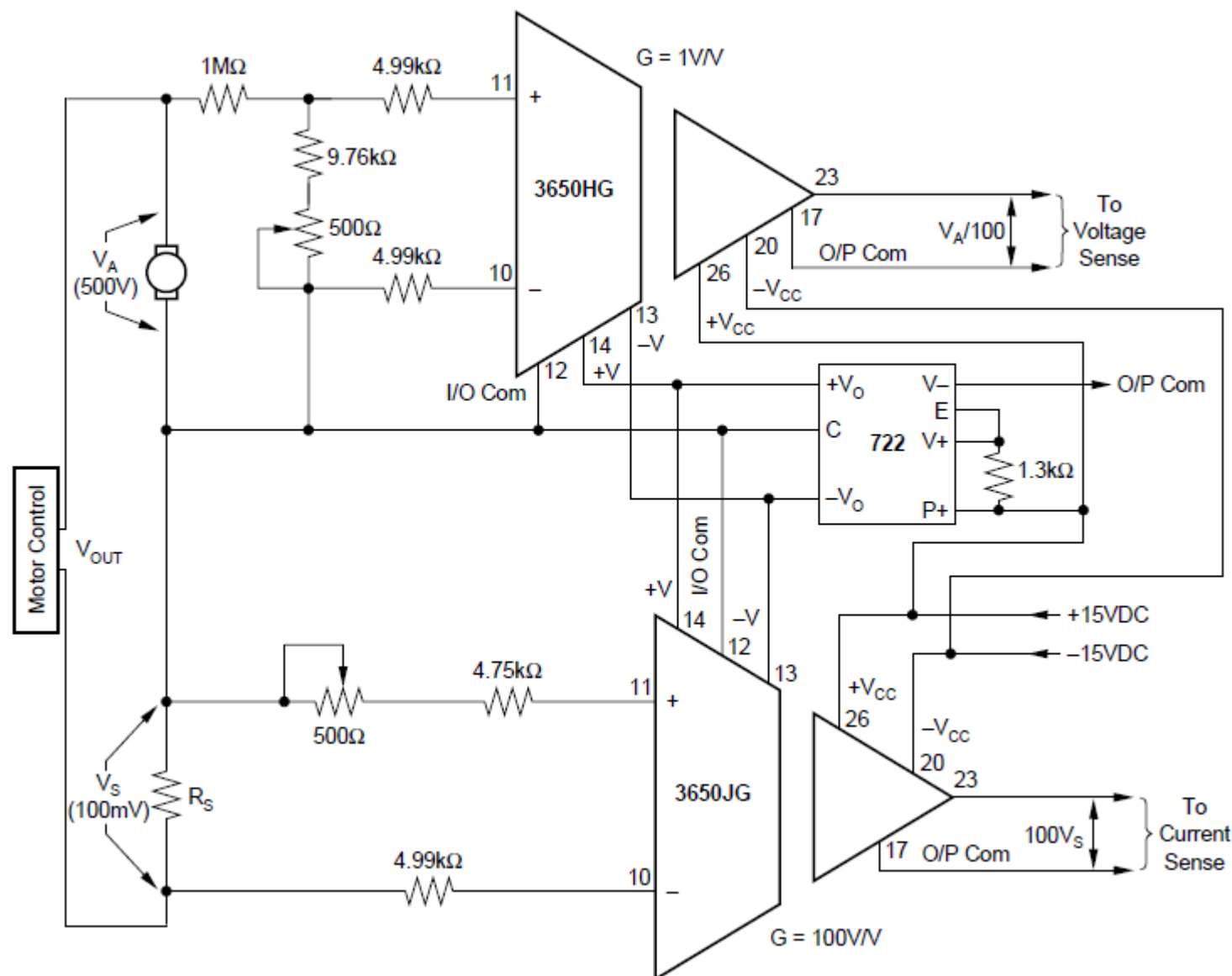
等效电路

模拟量的隔离方法

- (线性) 光电隔离放

– ISO3650

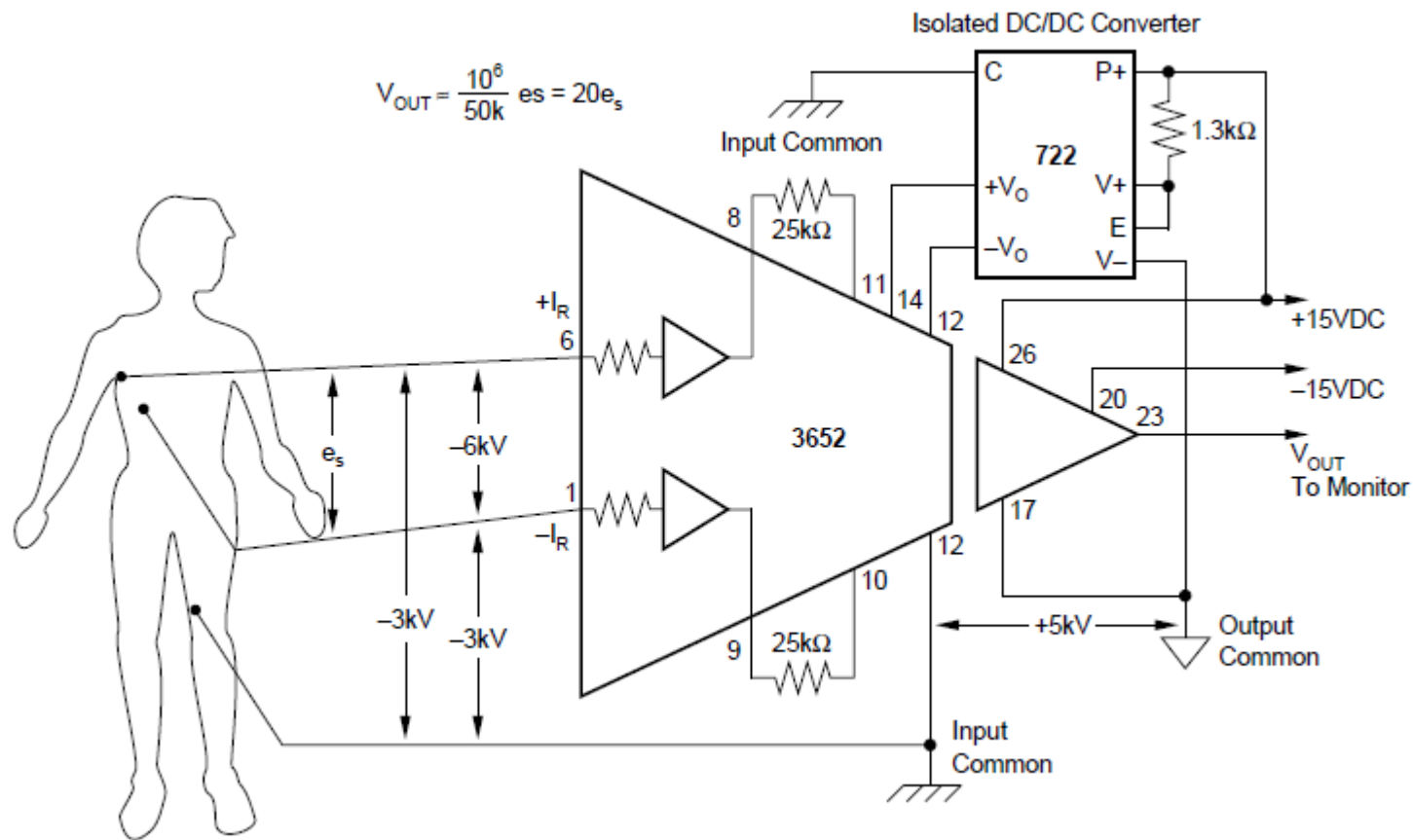
电机电枢电流和电枢电压测量



模拟量的隔离方法

- （线性）光电隔离放大器

— ISO3650



病人病情监测器

模拟量的隔离方法

- （线性）光电隔离放大器

— 6N135

