

## Application Brief

# 使用电流感测放大器的 PLC 系统中分立式数字输出的安全和保护



可编程逻辑控制器 (PLC) 是一种计算机协议，广泛应用于工厂自动化应用的工业控制系统。PLC 系统是用于控制、提供系统状态和设置系统状态优先顺序的控制器。这种控制器通过与现代计算机非常相似的基本二进制逻辑进行编程。PLC 系统由以下部分组成：

1. PLC 计算机处理器
2. 电源机架
3. 电源背板
4. 数字输入和输出模块
5. 模拟输入和输出模块
6. 计算机软件
7. 用于远程连接的网络接口

PLC 系统广泛用于可加快工业 4.0 革命的工业应用，能够更快地集成半导体器件，实现控制和自动化，从而提高效率和工厂生产能力。工业自动化和集成示例包括控制温度、打开和关闭故障指示灯、使用压力传感器称重包装、打开和关闭螺线管继电器。

工业系统可以是高频信号和噪声与低电压信号相互掺杂的嘈杂环境，因此 PLC 系统的输出模块采用的是光耦合模式。抗噪声稳定性、简单的架构、编程语言易用性、工业认证和安全功能是 PLC 系统成为最广泛使用的工业协议的原因。

### PLC 系统方框图

PLC 系统提供数字或模拟输入和输出，如图 1 中所示。数字输入提供控制电路的开/关状态，数字输入器件包括限位开关、光电传感器、接近传感器和压力传感器；包括热电偶、转速计和力传感器在内的模拟输入器件提供可变的输出响应。

PLC 数字输出用于开关起动机以启动电机、打开灯以指示故障或控制螺线管以啮合继电器。模拟输出包括电流电平输出和电阻电平，可用于控制和监控加热器或控制电机的速度。

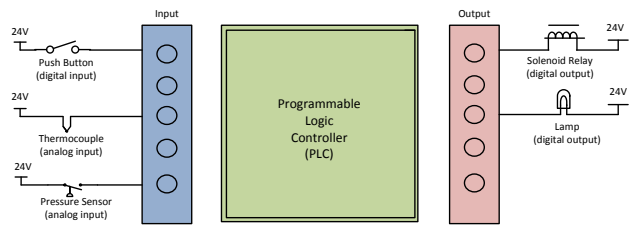


图 1. PLC 系统方框图

### 分立式 PLC 数字输出的安全性

图 2 以图解方式介绍了 PLC 数字输出电路。PLC 数字输出具备高达 1A 的高驱动强度能力。连接之后的数字输出能够驱动螺线管继电器，用以控制由 PLC 控制器启动的操作。如图 2 中所示，与负载串联的分立式电流传感器持续监控流向负载的电流，并向控制器报告存在过多电流以采取措施。PLC 数字输出的摆幅范围为 -0.7V 至 24V，因此具有低失调电压和增益误差的高侧电流感测放大器可确保高输出驱动的安全性。

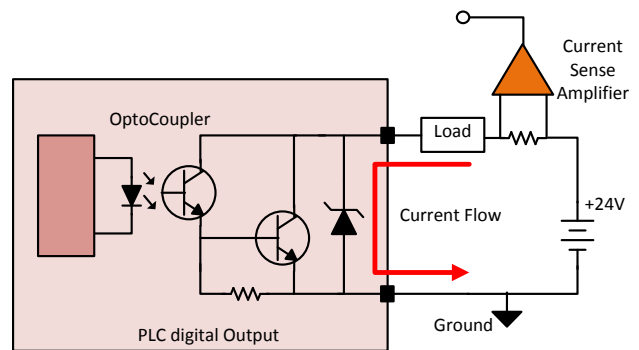


图 2. PLC 数字输出灌电流电路

PLC 数字输出驱动可以很高，因此灌电流能力是其中的一个关键安全参数。输出设计有 NPN 晶体管以及内置二极管以实现过压保护。当执行 PLC 数字输出时，该系统确保电源的灌电流始终处于 PLC 额定过热工作范围内。分立式电流感测放大器可对数字输出提供过流保护，通过诊断功能解决故障负载状况，并针对过早的系统故障执行预防性措施。

### 大电流 PLC 数字输出的安全性

PLC 数字输出可直接与大电流螺线管驱动器或大电流 LED 灯连接，用以在工厂自动化应用中关闭继电器或指示故障。如果电流输出驱动高于 PLC 系统的额定值，可以使用分立式 FET 控制从 24V 电源到负载的电流。图 3 展示了 PLC 数字输出与外部低 RDS(on) FET 的连接（用于进一步提高输出驱动强度）。该方法的一个缺点是外部 FET 的可靠性问题。使用电流感测放大器来监测负载电流可确保 PLC 系统安全运行。

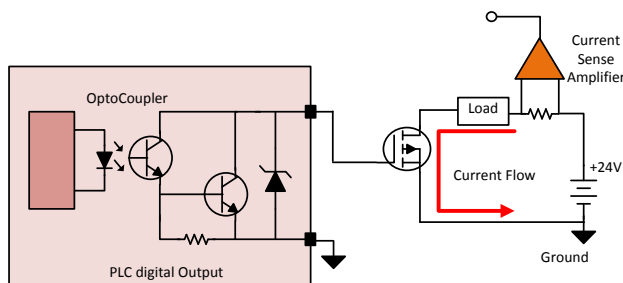


图 3. PLC 分立式数字输出控制

INA240 是一款高精度双向电流感测放大器，在工作温度范围内具有较低的输入失调电压和增益漂移，可用于测量分立式 PLC 数字输出端上的电流。INA240 专用于共模瞬变具有较大  $dv/dt$  信号的开关节点环境。抑制高  $dv/dt$  信号的能力有助于实现精确的电流测量，从而确保提供必要的保护并满足所需安全标准。INA240 的最大输入失调电压较低（为  $25\mu V$ ），最大增益误差为 0.2%，可在不影响测量精度的情况下使用较小的分流电阻值。温漂和增益误差分别低至  $0.25\mu V/^\circ C$  和  $2.5ppm/^\circ C$ ，从而能够在不同温度下实现精确且稳定的电流测量。

INA240 的信号吞吐量带宽为 400 kHz，增益为 20。高带宽和高转换率 ( $2V/\mu s$ ) 使得该放大器可用于检测快速的过流或短路负载状况，前提是 PLC 系统内采样 ADC 的速度足够快，可以对电流进行采样。

### 备选器件建议

INA293 是适合这种应用的另一款推荐器件。INA293 是一款单向电流感测放大器，可支持  $-4V$  至  $110V$  的共模电压，并可承受  $-20V$  至  $116V$  的电压。这种承受大负共模电压的能力非常重要，因为在接合螺线管或启动电机启动时会出现电感反冲。INA293 还具有  $1MHz$  的高带宽，因此可在过流情况下实现快速反应。

INA290 是另一款可用于 PLC 系统的器件。INA290 设计用于在  $2.7V$  至  $110V$  的共模电压范围内工作。尽管是一款高侧感测器件，但 INA290 可承受  $-20V$  至  $120V$  的共模瞬变。

表 1. 备选器件建议

器件	优化参数	性能权衡
INA293	带宽：1.3MHz， $V_{CM}$ ：-4V 至 110V， 失调电压：15 $\mu V$ ，增益误差：0.15%	不适用
INA281	带宽：1.3MHz， $V_{CM}$ ：-4V 至 110V， 经成本优化	失调电压：55 $\mu V$ ， 增益误差：0.5
INA290	带宽：1.1MHz， 失调电压：12 $\mu V$ ， 增益误差：0.1%， 封装：SC-70	仅高侧 ( $V_{CM}$ ：-4 至 110V)
INA280	带宽：1.1MHz， 封装：SC-70， 经成本优化	失调电压：150 $\mu V$ ， 增益误差：0.5%

### 相关文档

1. [H 桥中的电流感测](#)
2. [开关电源电流测量](#)
3. [具有 PWM 抑制功能的高侧驱动、高侧电磁阀监视器](#)
4. [测量电流以检测超出范围的条件](#)

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司