

绪论

【学习目标】

1. 了解 PLC 的产生和发展历程，以及 PLC 的定义、分类、特点和应用。
2. 掌握 PLC 的基本结构和工作原理。
3. 理解 PLC 控制与传统继电器控制的区别。

近年来，随着大规模集成电路的发展，以微处理器为核心的可编程控制器（简称 PLC）得到了迅猛的发展，PLC 具有使用方便、工作可靠、功能完善、便于扩展等优点，其应用已经从早期的顺序控制发展到如今的闭环控制、运动控制以及复杂的分布式控制系统，并逐步成为实现自动化控制有效而便捷的方式，在工业生产中具有广阔的应用前景，被誉为现代工业自动化生产的三大支柱之一。

1. PLC 的定义

现代工业正进行着深入的变革，产品设计要求更为严格、精确及多样化，这一切正是基于 PLC 的普及。PLC 是专门为工业控制应用而设计的一种通用控制器，它以微处理器为基础，是综合了传统的继电器技术、自动控制技术、计算机技术以及通信技术而发展起来的自动控制装置。

PLC 就是一种应用于工业环境、满足实时控制要求的专用计算机，靠存储程序、执行指令实现输入到输出的转换，用以控制各类型机械设备的动作。

国际电工委员会对 PLC 的定义是：PLC 是一种专为在工业环境下应用而设计的数字运算操作电子系统。它采用可程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数及算术等操作的指令，并通过数字式或模拟式的输入、输出来控制各种类型的机械设备或生产过程。PLC 及其有关外围设备都应按易于与工业控制系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则而设计。

2. PLC 的产生、发展历程和趋势

（1）PLC 的产生

20 世纪 60 年代，汽车生产流水线的自动控制系统基本上是由继电器控制装置构成的，当时汽车的每一次改型都需要对继电器控制装置进行重新设计和安装。随着社会的发展，汽车型号更新的周期越来越短，这就导致继电器控制装置经常需要重新设计和安装，十分费时、费工、

费用，甚至拖延了产品的更新周期。为了改变这一现状，美国通用汽车公司在 1968 年公开招标，要求采用新的控制装置取代继电器控制装置，并提出了 10 项招标指标（GM10 条）：

- ① 编程方便，现场可修改程序。
- ② 维修方便，采用模块化结构。
- ③ 可靠性高于继电器控制装置。
- ④ 体积小于继电器控制装置
- ⑤ 数据可直接输入管理计算机。
- ⑥ 成本可与继电器控制装置竞争。
- ⑦ 输入为交流 115 V。
- ⑧ 输出为交流 115 V，2 A 以上，能直接驱动电磁阀、接触器等。
- ⑨ 易于扩展。在扩展时，原系统只需要做很小的变更。
- ⑩ 用户程序存储器容量至少能扩展到 4 KB。

1969 年，美国数字设备公司（DEC）研制出第一台 PLC，型号为 PDP-14，在美国通用汽车自动装配线上试用成功，从此 PLC 开始应用于工业生产控制，取得了显著的经济效益。

（2）PLC 的发展历程

从第一台 PLC 诞生至今，PLC 大致经历了以下发展历程：

① 第一代：从第一台 PLC 诞生到 20 世纪 70 年代初。CPU 使用中小规模集成电路，采用磁芯存储器，功能简单（只有计数/定时功能），可靠性较差，略强于继电器控制，机种单一，没有形成系列。

② 第二代：20 世纪 70 年代初至 70 年代末。CPU 使用微处理器，采用半导体存储器 EPROM，功能增强（增加了逻辑/数据运算、数据处理、自诊断等功能），有了计算机接口和模拟量控制功能，可靠性提高。整机功能向系列化、标准化发展，并由专用向通用方向过渡。

③ 第三代：20 世纪 70 年代末至 80 年代中期。CPU 使用 8 位或 16 位微处理器甚至多微处理器，采用半导体存储器 EPROM、CMOS-RAM 等，增加了浮点数运算和平方、三角函数等运算以及查表、列表功能，自诊断及容错技术不断提高，梯形图语言及语句表成熟。小型 PLC 体积减小、可靠性提高、成本下降；大型 PLC 向模块化、多功能方向发展。

④ 第四代：20 世纪 80 年代中期至 90 年代中期。增加了高速计数、中断、A/D、D/A、PID 等功能，处理速度进一步提高（1 μ s/步），联网功能增强，编程语言进一步完善，开发了编程软件。

⑤ 第五代：20 世纪 90 年代中期之后。CPU 使用 16 位或 32 位微处理器，PLC 的 I/O 点数增加，LO 点数最多可达 32K，处理速度进一步提高（1ns/步），PLC 可以与计算机通信，具有强大的数值运算、函数运算、大批量数据处理的功能，开发了大量的特殊功能模块，编程软件功能更强大，不断开发出功能强大的可编程终端。

如今，PLC 已广泛应用于工业控制的各个领域，PLC 技术、机器人技术、CAD/CAM 技术共同构成了现代工业自动化的三大支柱。

（3）PLC 的发展趋势

由于工业生产对自动控制系统需求的多样性，PLC 的发展趋势是：① 朝着小型、简易、价格低廉的方向发展；② 朝着大型、高速、多功能方向发展。

单片机技术的发展促进了 PLC 向紧凑型方向发展，体积减小，价格降低，可靠性不断提高。这种小型的 PLC 可以广泛取代继电器控制系统，应用于单机控制和小型生产线

的控制。大型的 PLC 一般为多微处理器系统，有较大的存储能力和功能强劲的输入/输出接口；通过丰富的智能外设接口，可以实现流量、温度、压力、位置等闭环控制；通过网络接口，可级联不同类型的 PLC 和计算机，从而组成控制范围很大的局域网络，适用于大型的自动化控制系统。

3. PLC 的分类

(1) 根据 I/O 点数和存储器容量分类

根据 I/O 点数和存储器容量，PLC 可分为小型机、中型机、大型机。

小型机的 I/O 点数在 256 点以下，用户程序存储容量为 2KB 以下，如三菱 FX 系列、施耐德 NEZA 系列、西门子 S7-200、松下下的 FP1 系列等。

中型机的 I/O 点数在 256~2048 点之间，用户程序存储容量为 2~8KB，如三菱 Q 系列、西门子 S7-300 等。

大型机的 I/O 点数在 2048 点以上，用户程序存储容量为 8 KB 以上，如 QnA 系列、西门子 S7-400 等。

(2) 根据结构形状分类

根据结构形状，PLC 可分为模块式和整体式两类。

整体式结构的 PLC 如图 0-1 所示，它是将 PLC 电源、CPU 和 I/O 部件集中配置在一起，装在一个箱体内，称为主机。一个主机箱体就是一台完整的 PLC，可以实现控制。微型机和小型机多采用整体式结构。



图 0-1 整体式结构的 PLC

模块式结构的 PLC 如图 0-2 所示，它是根据系统中各组成部分的不同功能，分别制成独立的功能模块，各模块具有统一的总线接口，用户根据需要的功能选择模块并组装在一起，成为完整的系统。中型机和大型 PLC 多采用模块式结构。



图 0-2 西门子 S7-300 型 PLC

4. PLC 的特点

(1) 使用方便, 简单易学

PLC 在安装使用时只需要将现场的各种设备与 PLC 相应的 I/O 端子相连接, 可以在各种工业环境下直接运行。因为它采用模块化结构, 所以便于用户进行系统维护、功能扩展以及故障的诊断和排除。PLC 的编程采用类似于继电器控制线路的梯形图语言, 十分便于电气工程技术人员掌握使用。

(2) 工作可靠, 抗干扰能力强

PLC 的输入端采用 RC 滤波器, I/O 接口电路采用光电隔离, 各个模块之间采用屏蔽措施可确保程序的运行不受外界的电磁干扰; 一些大型 PLC 还采用双 CPU 模块构成并行工作方式或采用三 CPU 构成表决式系统。由于多种抗干扰技术的采用和严格的生产制造工艺, 使得 PLC 在工业环境中能够可靠工作, 平均无故障间隔时间可达到 30 000~50 000 h。

(3) 功能完善, 通用性强

PLC 具有数字式和模拟式的输入、输出、逻辑运算、定时、计数、数据处理、通信等功能, 可以实现逻辑控制、顺序控制、位置控制、过程控制及多 PLC 的分布控制, 适用于机械、化工、汽车、冶金等行业。

(4) 拥有多种类型的 I/O 接口模块, 便于扩展

针对不同的工业现场信号, PLC 有相应的 I/O 模块与工业现场的器件或设备直接连接, 因此能方便地进行系统配置, 组成规模不同、功能不同的控制系统。

5. PLC 的应用

20 世纪 70 年代初, 美国汽车制造工业为了适应生产工艺不断更新的需要, 首先采用 PLC 取代继电器控制的硬接线, 实现了生产的自动控制。近年来, 由于 PLC 的不断发展和完善, 使其在机械制造、冶金、化工、交通、纺织、汽车等领域得到了广泛的应用。PLC 的典型的应用主要有以下几方面。

(1) 顺序控制

顺序控制是根据有关输入开关量的状况, 产生所要求的开关量输出, 以使系统能按顺序工作。顺序控制是 PLC 最早的一种应用方式, 也是应用最多的领域, 至今还没有别的控制器取代它。

(2) 过程控制

过程控制就是对温度、压力、流量等连续变化的模拟量进行控制，根据有关模拟量的输入状况，产生所要求的开关量或模拟量输出，以使系统能按一定参数要求工作。

(3) 运动控制

运动控制主要指对工作对象的位置、速度及加速度的控制，可以在单坐标上让控制对象做直线运动；也可以在多坐标系中让控制对象做平面、立体、角度变换等运动。

(4) 数据处理

PLC 具有对数据的运算、传送、变换、比较等功能，因此可以方便地对生产过程中的数据进行采集、存储、变换和检索等，实现软件滤波、线性化处理及标度变化等功能，构成多路循环系统、闭环控制系统、模糊控制系统等。

(5) 远程控制

PLC 有多种通信接口，有很强的联网、通信能力，可以和计算机或其他 PLC 组成集散控制系统。PLC 在实施上述控制时，具有一定的自适应、自诊断能力，在实现自动化、信息化、远程化之后，实现智能化是 PLC 控制发展的必然趋势。

6. PLC 的基本结构

常见 PLC 的结构基本相同，都是采用以微处理器为核心的结构。PLC 主要由中央处理器（CPU）、存储器、输入/输出接口电路、电源和编程器等组成，如图 0-3 所示。

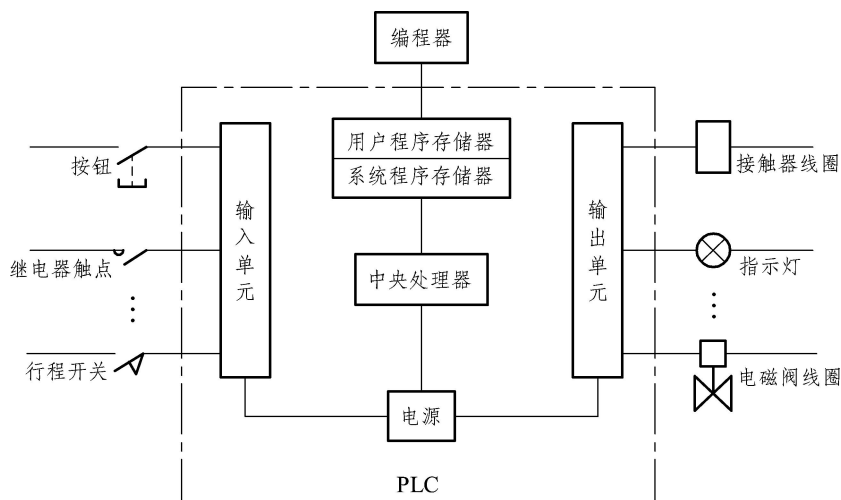


图 0-3 PLC 的基本结构示意图

(1) 中央处理器（CPU）

中央处理器是 PLC 的核心，可以完成逻辑运算、算术运算、信号变换等任务，并协调整个系统的工作。

(2) 存储器

PLC 内部的存储器分为系统程序存储器和用户程序存储器两种。系统程序存储器存储管理程序和监控程序，对用户程序进行编译处理。用户程序存储器存储由编程工具输入的用户

程序、逻辑变量及其他信息。

PLC 的存储器分为 CMOS-RAM、EPROM、EEPROM 三种类型。CMOS-RAM 可用作断电保护，避免在断电时丢失程序；EPROM 是紫外线擦除可编程只读存储器，写入和擦除时需要专用的设备，使用不太方便；EEPROM 是电擦除可编程只读存储器，写入和擦除时用编程器即可，不需要电池作断电保护。

(3) 输入单元

输入单元由输入端子和输入继电器组成。

输入端子是外部开关（按钮开关、行程开关）及传感器向 PLC 输入信号的端口。输入继电器是一种采用光电隔离的电子继电器，只能由接到输入端的外部信号来驱动，而不能由程序驱动。输入继电器有无数的动合触点和动断触点供 PLC 编程使用。

开关量输入接口电路分为 3 类：直流输入接口、交流输入接口、交直流输入接口。使用时根据输入信号的类型选择合适的输入模块，其接口电路的工作原理示意图如图 0-4 所示。

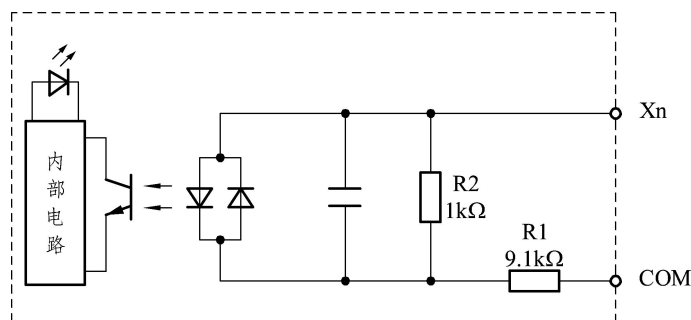


图 0-4 PLC 输入接口电路示意图

(4) 输出单元

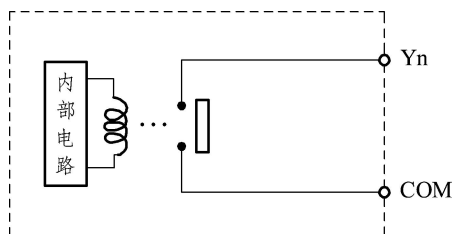
输出单元由输出端子和输出继电器组成。

输出端子是 PLC 向外部负载（接触器线圈、电磁阀、指示灯等）输出控制信号的端口。

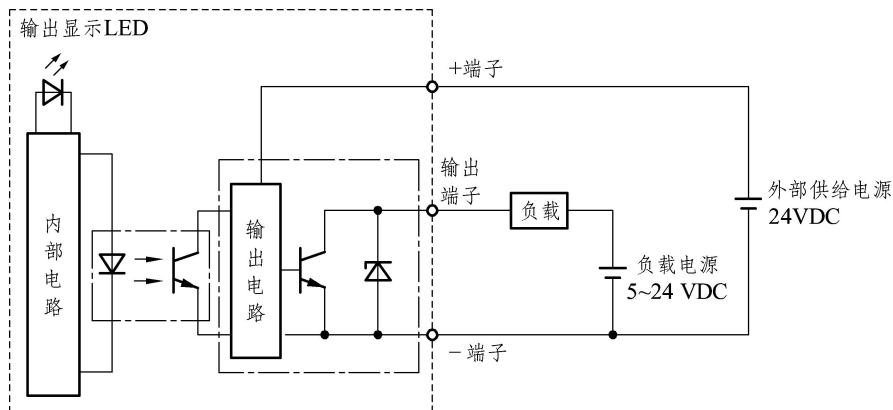
输出继电器的外部输出用触点在 PLC 内与输出端子相连，从而驱动外部负载。输出继电器有无数的电子动合触点和动断触点供 PLC 编程使用。

根据负载的不同，PLC 的输出有 3 种类型：① 继电器输出，用于低速、大功率负载，可以驱动交、直流负载；② 晶体管输出，用于高速、小功率负载，只能驱动直流负载；③ 双向晶闸管输出，用于高速、大功率负载，只能驱动交流负载。

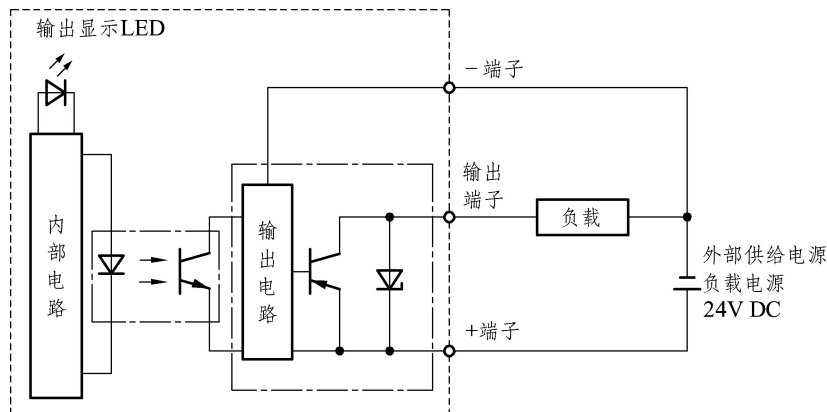
PLC 输出接口电路原理示意图如图 0-5 所示。



(a) 继电器输出型接口电路



(b) NPN 晶体管输出型接口电路



(c) PNP 晶体管输出型接口电路

图 0-5 PLC 输出接口电路原理示意图

输入/输出单元是 PLC 与外部设备联系的桥梁。由于外部输入设备和输出设备所需的信号电平是多种多样的，而 PLC 内部 CPU 只能处理标准电平的信息，所以 PLC 的 I/O 接口要实现这种转换。I/O 接口一般都具有光电隔离和滤波功能，以提高 PLC 的抗干扰能力。另外，I/O 接口上通常还有状态指示，工作状态直观，便于维护。

(5) 电源部分

电源部分采用开关式稳压电源，将交流电转换为供 PLC 的 CPU、存储器等电子电路工作所需要的直流电源，使 PLC 能正常工作。

大部分的 PLC 能够向外部提供 24 V 的直流电源，可作为连接的外部设备的电源。

PLC 采用锂电池作为停电时的后备电源。

(6) 编程工具

编程工具是编辑、输入、调试用户程序，监控 PLC 内部状态和参数，与 PLC 进行人机对话的不可缺少的工具。

编程工具包括专用编程器和采用计算机辅助编程 2 种方式。

专用编程器一般由 PLC 厂家生产，专供该厂家生产的某些 PLC 产品使用，它主要由键盘、显示器和外存储器接插口等部件组成。专用编程器有简易编程器和图形编程器 2 种。

小型 PLC 一般采用简易的手持编程器，只能输入指令表程序，不能直接输入梯形图程序。简易编程器体积小、价格便宜，它可以直接插在 PLC 的编程插座上，或者用专用电缆与 PLC 相连，以方便编程和调试。有些简易编程器带有存储盒、可用来存储用户程序，如三菱的 FX-20P-E 简易编程器。

大中型 PLC 多采用图形编程器，本质上它是一台专用便携式计算机，如三菱的 GP-SOFX-E 图形编程器，它既可联机编程，又可脱机编程，可直接输入和编辑梯形图程序，使用更加直观、方便；但价格较高，操作也比较复杂。

随着个人计算机的迅速发展，用户只要购买 PLC 厂家提供的编程软件和相应的硬件接口装置就可以进行计算机辅助编程，既可以编制、修改 PLC 的梯形图程序，又可以监视系统运行、打印文件、系统仿真等，配上相应的软件还可以实现数据采集和分析等功能。

7. PLC 的工作原理

PLC 采用循环扫描工作方式，即程序是按照自上而下、从左至右的顺序执行的，具体可以分为以下 4 个工作阶段：初始化阶段、输入采样刷新阶段、用户程序执行阶段、输出刷新阶段，如图 0-6 所示。

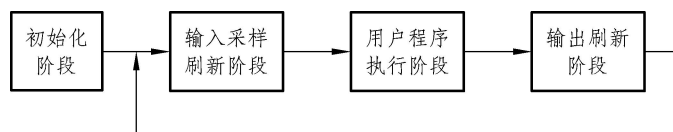


图 0-6 PLC 的工作原理

(1) 初始化阶段

初始化阶段的任务是在开机时，使输入暂存器清零，并进行自诊断，如诊断结果正常则进入下一个阶段。

(2) 输入采样刷新阶段

CPU 对各个输入端进行扫描，将输入端口的状态读入至输入状态寄存器中，对寄存器进行刷新。在同一个扫描周期内，输入寄存器的内容不会受到输入端子信号变化的影响，而一直保持不变，保证了本周期内用户程序的正确执行。

(3) 用户程序执行阶段

PLC 的 CPU 按照由上而下的顺序依次扫描用户程序（梯形图），并根据输入寄存器的输入状态和相关指令进行运算和处理，将运算结果送到输出状态寄存器中。

(4) 输出刷新阶段

CPU 将所有的指令执行完毕后，把相应的输出状态集中送到输出寄存器中，对输出寄存器中旧的输出状态进行刷新，驱动输出，控制被控设备进行各种相应的动作。

以上就是 PLC 的工作过程，“输入采样刷新阶段→用户程序执行阶段→输出刷新阶段”

称为一个扫描周期。只要 PLC 处于“RUN”状态，它就会反复执行这三步循环工作。

扫描周期是从读入输入信号到发出输出信号所用的时间，由于输入采样和输出刷新阶段只需 1~2 ms，因此扫描周期的长短主要取决于用户程序的长短，即用户程序的执行时间。

8. PLC 控制与继电器控制的区别

继电器控制采用硬逻辑的并行工作方式，如果某个继电器的线圈通电或断电，那么该继电器的所有动合触点和动断触点无论处在控制线路的哪个位置上，都会立即同时动作，而 PLC 采用扫描工作方式，即串行工作方式，如果某个继电器的线圈被接通或断开，其所有触点不会立即动作，必须等扫描到该触点时才会动作。但由于 PLC 的扫描速度快，通常 PLC 控制与继电器控制在 I/O 的处理结果上并没有什么差别。

