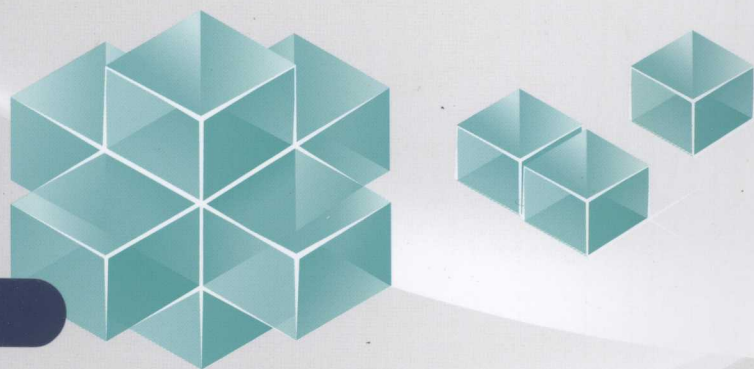




PLC控制系统设计 及工程应用

PLC KONGZHI XITONG SHEJI JI GONGCHENG YINGYONG

周志敏 纪爱华 编著



来源于实践 服务于工程▶▶▶



化学工业出版社

013058159

TM571.61

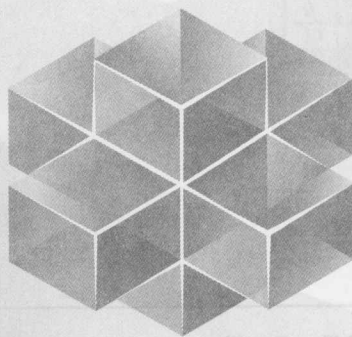
14

跟**工程师**
学技术

PLC控制系统设计 及工程应用

PLC KONGZHI XITONG SHEJI JI GONGCHENG YINGYONG

周志敏 纪爱华 编著



TM571.61
14



北航

C1668831



化学工业出版社

· 北京 ·

013028129

机械工业出版社
朱文宇

PLC控制系统设计 及工程应用

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 控制系统设计及工程应用/周志敏, 纪爱华编著.
北京: 化学工业出版社, 2013.5

(跟工程师学技术)

ISBN 978-7-122-17116-0

I. ①P… II. ①周… ②纪… III. ①可编程序控制器—控制系统 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 082940 号

责任编辑: 宋 辉

责任校对: 宋 玮

文字编辑: 云 雷

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 17 字数 414 千字 2013 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD



目录

PLC 是电气自动化控制系统的重要组成部分,其性能的优劣直接关系到整个控制系统的安全性和可靠性指标。PLC 问世以来引起了国内外电气控制界的普遍关注,现已成为具有发展前景和影响力的一项高新技术产品。近年来,随着工业自动化产业的高速发展,PLC 得以广泛应用。为此,学习 PLC 控制技术是将 PLC 应用到自动化控制工程实践中所必须掌握的理论基础,同时也是保证由 PLC 构成的电气自动化控制系统具有高性能比、最佳的性能指标的技术基础。而掌握 PLC 控制系统的供电、接地、安装和布线技术,是 PLC 工程应用所必须掌握的实际设计和操作技能,也是确保 PLC 控制系统安全稳定运行所必需的。

本书结合国内外 PLC 控制系统的工程应用实践,系统地介绍了 PLC 控制系统设计和工程应用技术。本书在写作上尽量做到有针对性和实用性,力求做到通俗易懂和结合实际,使得从事 PLC 控制系统设计和工程应用的工程技术人员从中获益,读者可以此为“桥梁”,系统地全面了解和掌握 PLC 控制系统设计方法和最新工程应用技术。

本书由周志敏、纪爱华编著,周纪海、纪达奇、刘建秀、顾发娥、刘淑芬、纪和平、纪达安为本书编写提供了帮助,本书在写作过程中无论从资料的收集和技术信息交流上都得到了国内专业学者和同行及 PLC 生产商的大力支持。在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编著者

CONTENTS

目 录

PLC控制系统设计及工程应用



1	第1章	Page
CHAPTER	PLC 基础知识	1
1.1	PLC 性能及结构	1
1.1.1	PLC 的基本性能	1
1.1.2	PLC 的基本结构	4
1.2	PLC 工作方式及控制功能	10
1.2.1	PLC 工作方式	10
1.2.2	PLC 控制功能及控制系统类型	20
2	第2章	Page
CHAPTER	PLC 控制系统设计	24
2.1	PLC 控制系统硬件设计	24
2.1.1	PLC 控制系统设计条件	24
2.1.2	PLC 控制系统的硬件选择	27
2.2	PLC 控制系统的软件设计	44
2.2.1	PLC 编程语言	44
2.2.2	PLC 常用的编程语言	46
2.2.3	PLC 编程器件	55
2.2.4	PLC 编程方法	58
2.2.5	PLC 应用程序的设计方法	68
3	第3章	Page
CHAPTER	PLC 控制系统供电设计	85
3.1	PLC 控制系统的供电电源	85
3.1.1	PLC 控制系统供电方案	85
3.1.2	供电系统浪涌抑制技术	91
3.2	PLC 控制系统电源的噪声抑制	92
3.2.1	PLC 控制系统电源干扰	92
3.2.2	PLC 控制系统电源的抗干扰技术	94
3.2.3	PLC 控制系统的电源解决方案	114

3.2.4 PLC控制系统的UPS供电解决方案	117
-------------------------------	-----

4 第4章 PLC控制系统接地设计 Page 123

4.1 地线与接地技术	123
4.1.1 地线的定义与接地的目的	123
4.1.2 地线的阻抗干扰	127
4.2 接地的分类与接地方式	132
4.2.1 接地的分类	132
4.2.2 信号接地方式	139
4.3 接地系统设计	146
4.3.1 接地系统设计准则	146
4.3.2 接地电阻及接地网	153
4.3.3 接地材料	155

5 第5章 PLC控制系统输入/输出回路及通信网络设计 Page 159

5.1 PLC控制系统输入回路设计	159
5.1.1 PLC控制系统输入回路接线设计	159
5.1.2 PLC输入模块与输入设备的连接	160
5.1.3 PLC输入回路接线的优化	170
5.2 PLC输出回路设计	176
5.2.1 PLC控制系统输出回路接线设计	176
5.2.2 PLC输出模块与输出设备的连接	178
5.2.3 PLC输出回路接线的优化	180
5.2.4 PLC与变频器连接	184
5.3 隔离技术在PLC控制系统中的应用	186
5.3.1 隔离技术	186
5.3.2 输入/输出回路的隔离设计	191
5.4 PLC控制系统通信网络	194
5.4.1 PLC控制系统通信网络互联模型及通信方式	194
5.4.2 通信接口的抗干扰措施	201
5.4.3 RS-485通信接口工程应用技术	208

6 第6章 PLC控制系统安装与布线设计 Page 224

6.1 PLC控制系统的安装技术	224
6.1.1 PLC的工作环境	224
6.1.2 PLC安装基本要求	227
6.2 PLC控制系统布线设计	229
6.2.1 PLC控制系统信号传输线	229

6.2.2	PLC 控制系统布线抗干扰设计	233
6.3	PLC 的安装与接线技术条件	240
6.3.1	FX 系列 PLC 的安装与接线	240
6.3.2	SG-8G 系列 PLC 安装	244
6.3.3	S7 系列 PLC 结构和安装	250
6.3.4	S7 系列 PLC 软硬件组态及下载	256

参考文献	266
------	-----

第 1 章

PLC 基础知识

1.1 PLC 性能及结构

1.1.1 PLC 的基本性能

(1) 工作速度

工作速度是指 PLC 的 CPU 执行指令的速度及对急需处理的输入信号的响应速度。工作速度是 PLC 工作的基础。只有 PLC 的工作速度高,才可能通过运行程序实现控制,才可能不断扩大控制规模,才可能发挥 PLC 的多种多样的功能。工作速度关系到 PLC 对输入信号的响应速度,是 PLC 对系统控制是否及时的前提。若控制不及时,就不可能准确与可靠地完成控制任务,特别是对一些需作快速响应的系统,这也是把工作速度作为 PLC 第一指标的原因。

PLC 的指令是很多的,不同的 PLC 指令的条数也不同。少的几十条,多的几百条。指令不同,执行的时间也不同。但各种 PLC 总有一些基本指令,而且各种的 PLC 都有这些基本指令,故常以执行一条基本指令的时间来衡量这个速度。这个时间当然越短越好,目前,已从微秒级缩短到零点微秒级。并随着微处理器技术的进步,这个时间还在缩短。

执行时间短可加快 PLC 对一般输入信号的响应速度,从 PLC 的工作原理可知,从对 PLC 加入输入信号,到 PLC 产生输出,最理想的情况也要延迟一个 PLC 运行程序的周期。因为 PLC 监测到输入信号,经运行程序后产生的输出,才是对输入信号的响应。不理想时,还要多延长一个周期。当输入信号送入 PLC 时,PLC 的输入刷新正好结束,对于这种情况,就要多等待一个周期,PLC 的输入映射区才能接收到这个新的输入信号。对一般的输入信号,这个延迟虽可以接受,但对急需响应的输入信号,就不能接受了。对急需处理的输入信号延迟多长时间 PLC 能予以响应,要另作要求。

为了处理急需响应的输入信号,PLC 有各种措施,不同的 PLC 措施也不完全相同,提高响应速度的效果也不同。一般的作法是采用输入中断,然后再输出即时刷新,即中断程序运行后,有关的输出点立即刷新,而不等整个程序运行结束后再刷新。

这个效果可从两个方面来衡量:一是能否对几个输入信号作快速响应;二是快速响应的速度有多快。多数 PLC 都可对一个或多个输入点作快速响应,快速响应时间仅几个毫秒,性能高的、大型的 PLC 响应点数更多。

(2) 控制规模

控制规模代表 PLC 控制能力, 看其能对多少输入、输出点及对多少路模拟量进行控制。控制规模与速度有关, 因为规模大了, 用户程序也长, 执行指令的速度不快, 势必延长 PLC 循环的时间, 也必然会延长 PLC 对输入信号的响应。为了避免这个情况, PLC 的工作速度就要快。所以, 大型 PLC 的工作速度总是比小型的要快。

控制规模还与内存区的大小有关, 规模大, 用户程序长, 要求有更大的用户存储区。同时点数多, 系统的存储器输入、输出的信号区 (输入输出继电器区或称输入、输出映射区) 也大。这个区大, 相应地内部器件也要增多, 这些都要求有更大的系统存储区。

控制规模还与输入、输出电路数有关, 如控制规模为 1024 点, 那就得有 1024 条 I/O 电路。这些电路集成于 I/O 模块中, 而每个模块有多少路的 I/O 点总是有数的。所以, 规模大, 所使用的模块也多。

控制规模还与 PLC 指令系统有关, 规模大的 PLC 指令条数多, 指令的功能也强, 才能满足对点数多的系统进行控制的需要。控制规模是对 PLC 其它性能指标起着制约作用的指标; 也是 PLC 划分为微、小、中、大和特大型的指标。

(3) 组成模块

PLC 的结构虽有箱体及模块式之分, 但从本质上看, 箱体也是模块, 只是它集成了更多的功能。在此, 不妨把 PLC 的模块组成当作所有 PLC 的结构性能。这个性能含义是指某型号 PLC 具有多少种模块, 各种模块都有什么规格, 并各具什么特点。

一般来讲, 规模大的 PLC, 档次高的 PLC 模块的种类也多, 规格也多, 反映它的性能指标也高。但模块的功能则单一些。相反, 小型 PLC、档次低的 PLC 模块种类也少, 规格也少, 指标也低。但功能则多样些, 以至于集成为箱体。组成 PLC 的模块是 PLC 的硬件基础, 只有弄清所选用的 PLC 都具有哪些模块及其特点, 才能正确选用模块, 去组成一台完整的 PLC, 以满足控制系统对 PLC 的要求。

箱体式小型 PLC 的主箱体就是把上述几种模块集成在一个箱体内的, 并依据可能提供 I/O 点数的多少, 划分为不同的规格。箱体式 PLC 还有 I/O 扩展箱体, 它不含 CPU, 仅有电源及 I/O 单元的功能。扩展箱体也依据 I/O 点数的多少划分有不同的规格。掌握 PLC 性能, 一定要了解它的模块, 并通过了解模块的性能, 才能掌握 PLC 的性能。

(4) 内存容量

PLC 内存存用户及系统两大部分, 用户内存主要用以存储用户程序, 个别的还将其中的一部分划为系统所用。系统内存是与 CPU 配置在一起的, CPU 既要具备访问这些内存的能力, 还应提供相应的存储介质。

用户内存大小与可存储的用户程序量有关, 内存大, 可存储的程序量大, 也就可进行更为复杂的控制。从发展趋势看, 内存容量总是在不断增大着。大型 PLC 的内存容量可达几十 k, 甚至一百多 k。系统内存对于用户, 主要体现在 PLC 能提供多少内部器件。不同的内部器件占据系统内存的不同区域, 在物理上并无这些器件, 仅为 RAM。但在运行程序使用时, 给使用者提供的却有这些器件。内存器件种类越多, 数量越多, 越便于 PLC 进行种种逻辑量及模拟控制。

(5) PLC 分类

PLC 类型很多, 可从不同的角度进行分类。

1) 按控制规模分类

按控制规模分类主要是以开关量的点数多少来分类,模拟量的路数可折算成开关量的点,大致一路相当于8~16点。依这个点数,PLC按控制规模分类大致可分为微型机、小型机、中型机及大型机、超大型机。

① 微型 PLC。微型 PLC 的控制点仅几十点,如 OMRON 公司的 CPM1A 系列 PLC,西门子的 Logo 仅 10 点。

② 小型 PLC。小型 PLC 的 I/O 点数一般在 128 点以下,如 OMRON 公司的 C60P 可达 148 点,CQM1 达 256 点。德国西门子公司的 S7-200 机可达 64 点。其特点是体积小、结构紧凑,整个硬件融为一体,除了开关量 I/O 以外,还可以连接模拟量 I/O 以及其他各种特殊功能模块。它能执行包括逻辑运算、计时、计数、算术运算、数据处理和传送、通信联网以及各种应用指令。

③ 中型 PLC。中型 PLC 采用模块化结构,其 I/O 点数一般在 256~1024 点。如 OMRON 公司的 C200H 机普通配置最多可达 700 多点,C200Ha 机则可达 1000 多点。德国西门子公司的 S7-300 机最多可达 512 点。I/O 的处理方式除了采用一般 PLC 通用的扫描处理方式外,还能采用直接处理方式,即在扫描用户程序的过程中,直接读输入,刷新输出。它能连接各种特殊功能模块,通信联网功能更强,指令系统更丰富,内存容量更大,扫描速度更快。

④ 大型 PLC。一般 I/O 点数在 1024 点以上的称为大型 PLC。如 OMRON 公司的 C1000H、CV1000,当地配置可达 1024 点。C2000H、CV2000 当地配置可达 2048 点。大型 PLC 的软、硬件功能极强,具有极强的自诊断功能。通信联网功能强,有各种通信联网的模块,可以构成三级通信网,实现工厂生产管理自动化。

⑤ 超大型机。控制点数可达万点,以至于几万点。如美国 GE 公司的 90-70 机,其点数可达 24000 点,另外还可有 8000 路的模拟量。再如美国莫迪康公司的 PC-E984-785 机,其开关量总点数为 32k (32768),模拟量有 2048 路。西门子的 S5-115U-CPU945,其开关量总点数可达 8k,另外还可有 512 路模拟量。

以上这种划分是不严格的,只是大致的,目的是便于系统的配置及使用。一般来讲,根据实际的 I/O 点数,凡落在上述不同范围者,选用相应的机型,性能价格比必然要高;相反,肯定要差些。也有特殊情况,如控制点数不是非常之多,不是非用大型机不可,但因大型机的特殊控制单元多,可进行热备配置,因而采用了大型机。

2) 按结构分类

PLC 按结构可分为固定式和组合式(模块式)两种,固定式 PLC 包括 CPU 板、I/O 板、显示面板、内存块、电源等,这些元素组合成一个不可拆卸的整体。模块式 PLC 包括 CPU 模块、I/O 模块、内存、电源模块、底板或机架,这些模块可以按照一定规则组合配置。微型机、小型机多为箱体式的,但从发展趋势看,小型机也逐渐发展成模块式结构。如 OMRON 公司原来小型机都是箱体式,现在的 CQM1 则为模块式的。

箱体式结构的 PLC 把电源、CPU、内存、I/O 系统都集成在一个小箱体内,一个主机箱体就是一台完整的 PLC,就可用以实现控制。控制点数满足不了需要,可再接扩展箱体,由主箱体及若干扩展箱体组成较大的系统,以实现对较多点数的控制。

模块式结构的 PLC 是按功能分成若干模块,如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块等。大型机的模块功能更单一,因而模块的种类也相对多些。目前一些中型机,其

模块的功能也趋于单一，种类也在增加。如同样 OMRON 公司 C20 系列 PLC，H 机的 CPU 单元就含有电源，而 Ha 机则把电源分出，有单独的电源模块。模块功能更单一、品种更多，可便于系统配置，使 PLC 更能物尽其用，达到更高的使用效益。由模块联结成系统有三种方法：

① 无底板，靠模块间接口直接相连，然后再固定到相应导轨上。OMRON 公司的 CQM1 机就是这种结构，比较紧凑。

② 有底板，所有模块都固定在底板上。OMRON 公司的 C200Ha 机、CV2000 等中、大型机就是这种结构，它比较牢固，但底板的槽数是固定的，如 3、5、8、10 槽等。槽数与实际的模块数不一定相等，配置时难免有空槽。这既浪费，又多占空间，还得占空单元把多余的槽作填补。

③ 用机架代替底板，所有模块都固定在机架上。这种结构比底板式的复杂，但更牢靠，一些特大型的 PLC 用的多为这种结构。

1.1.2 PLC 的基本结构

PLC 是基于计算机技术和自动控制理论发展而来的，它既不同于普通的计算机，又不同于一般的计算机控制系统，PLC 实质是一种专用于工业控制的计算机，其硬件结构基本上与微型计算机相同。作为一种特殊形式的计算机控制装置，PLC 在系统结构、硬件组成、软件结构以及 I/O 通道、用户界面诸多方面都有其特殊性。PLC 的基本结构如图 1-1 所示。

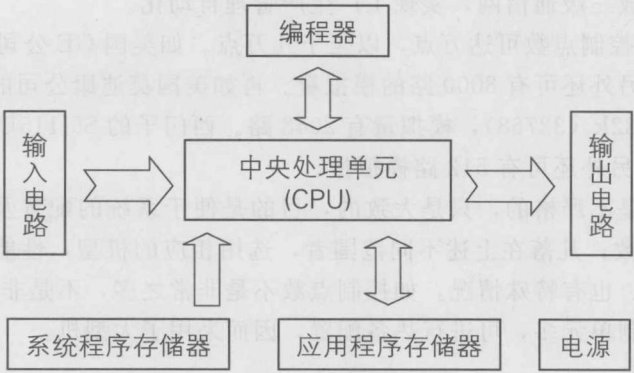


图 1-1 PLC 的基本结构图

(1) CPU 的构成

CPU 是 PLC 的核心，起神经中枢的作用，每套 PLC 至少有一个 CPU，它按 PLC 的系统程序赋予的功能接收并存储用户程序和数据，用扫描的方式采集由现场输入装置送来的状态或数据，并存入规定的寄存器中，同时，用扫描的方式检查电源、存储器、I/O 以及定时器的状态，并能诊断用户程序中的语法错误。当 PLC 投入运行时，首先它以扫描的方式接收现场各输入装置的状态和数据，并分别存入 I/O 映像区，然后从用户程序存储器中逐条读取用户程序，经过命令解释后按指令的规定执行逻辑或算数运算的结果送入 I/O 映像区或数据寄存器内。等所有的用户程序执行完毕之后，最后将 I/O 映像区的各输出状态或输出寄存器内的数据传送到相应的输出装置，去控制有关的外部电路。如此循环

运行,直到停止运行。

在 PLC 中, CPU 的概念与普通微型计算机的 CPU 有很大的不同。在 PLC 中, CPU 指的不是一块集成电路,而是一个模板,其上不仅包括 CPU 芯片,还有 RAM 和 ROM 或者 EPROM。而且,在中大型 PLC 中, CPU 模板中一般有两块 CPU 芯片,一片作为主处理器,用于字节指令的处理,并实现各种控制作用;另一片作为辅助处理器,用于实现位信息的高速处理。

CPU 主要由运算器、控制器、寄存器及实现它们之间联系的数据、控制及状态总线构成, CPU 单元还包括外围芯片、总线接口及有关电路。内存主要用于存储程序及数据,是 PLC 不可缺少的组成单元。

在使用者看来,不必要详细分析 CPU 的内部电路,但对各部分的工作机制还是应有足够的理解。CPU 的控制器控制 CPU 工作,由它读取指令、解释指令及执行指令。但工作节奏由时钟信号控制。运算器用于进行数字或逻辑运算,在控制器指挥下工作。寄存器参与运算,并存储运算的中间结果,它也是在控制器指挥下工作。

CPU 的运行速度和内存容量是 PLC 的重要参数,它们决定着 PLC 的工作速度, I/O 数量及软件容量等,因此限制着控制规模。CPU 模块的外部表现就是它的工作状态的显示、接口及设定或控制开关,一般来讲, CPU 模块总要有相应的状态指示灯,如电源显示、运行显示、故障显示等。箱体式 PLC 的主箱体也有这些显示,它的总线接口用于接 I/O 模板或底板,内存接口用于安装内存,外设口用于接外部设备,通信口用于进行通信。CPU 模块上还有许多设定开关,用以对 PLC 作设定,如设定起始工作方式、内存区等。

(2) 内存模块

系统内存是与 CPU 配置在一起的。CPU 既要具备访问这些内存的能力,还应提供相应的存储介质。用户内存大小与可存储的用户程序量有关,内存大,可存储的程序量大,也就可进行更为复杂的控制。系统内存对于用户主要体现在 PLC 能提供多少内部器件,不同的内部器件占据系统内存的不同区域。

内存器件种类越多、数量越多越便于 PLC 进行各种逻辑量及模拟控制。它也是代表 PLC 性能的重要指标, PLC 内部的 I/O 继电器(或称映射区)与 PLC 所能控制的 I/O 点数及模拟量的路数直接相关,在结构上内存模块都是附加于 CPU 模块之中。PLC 常用的存储器类型有:

① 只读存储器 (ROM)。ROM 只能读不能写,程序是由厂家或开发商事先固化的,不能更改,即使失电也不丢失。

② RAM (Random Access Memory)。这是一种读/写存储器(随机存储器),其存取速度最快,由锂电池支持。

③ EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)。这是一种可擦除的只读存储器,在断电情况下,存储器内的所有内容保持不变(在紫外线连续照射下可擦除存储器内容)。

④ EEPROM (Electrical Erasable Programmable ReadOnly Memory)。这是一种电可擦除的只读存储器,使用编程器就能很容易地对其所存储的内容进行修改。

存储器是具有“记忆”功能的设备,它用具有两种稳定状态的物理器件来表示二进制数码“0”和“1”,这种器件称为记忆元件或记忆单元。记忆元件可以是磁芯、半导体触

发器、MOS 电路或电容器等。位 (bit) 是二进制数的最基本单位, 也是存储器存储信息的最小单位, 8 位二进制数称为一个字节 (Byte), 可以由一个字节或若干个字节组成一个字 (Word), 在 PLC 中一般认为 1 个或 2 个字节组成一个字。若干个记忆单元组成一个存储单元, 大量的存储单元的集合组成一个存储体 (MemoryBank)。为了区分存储体内的存储单元, 必须将它们逐一进行编号, 称为地址。地址与存储单元之间一一对应, 且是存储单元的唯一标志。

根据存储器在 PLC 中处于不同的位置, 可分为主存储器和辅助存储器。在 PLC 内部, 直接与 CPU 交换信息的存储器称主存储器或内存储器。在程序执行期间, 程序的数据放在主存储器内。各个存储单元的内容可通过指令随机读写访问的存储器称为随机存取存储器 (RAM)。另一种存储器叫只读存储器 (ROM), 里面存放一次性写入的程序或数据, 仅能随机读出。RAM 和 ROM 共同分享主存储器的地址空间, RAM 中存取的数据掉电后就会丢失, 而掉电后 ROM 中的数据可保持不变。因为结构、价格原因, 主存储器的容量受限。为满足计算的需要而采用了大容量的辅助存储器或称外存储器, 如磁盘、光盘等。描述存储器的技术参数有:

① 存储容量。存储器可以容纳的二进制信息量称为存储容量, 一般主存储器 (内存) 容量在几十千到几十兆字节左右; 辅助存储器 (外存) 在几百千到几千兆字节。

② 存取周期。存储器的两个基本操作为读出与写入, 是指将信息在存储单元与存储寄存器 (MDR) 之间进行读写。存储器从接收读出命令到被读出信息稳定在 MDR 的输出端为止的时间间隔, 称为取数时间 T_A ; 两次独立的存取操作之间所需的最短时间称为存储周期 T_{MC} , 半导体存储器的存取周期一般为 $60 \sim 100\text{ns}$ 。

③ 存储器的可靠性。存储器的可靠性用平均故障间隔时间 MTBF 来衡量, MTBF 可以理解两次故障之间的平均时间间隔。MTBF 越长, 表示可靠性越高, 即保持正确工作能力越强。

④ 性能价格比。性能主要包括存储器容量、存储周期和可靠性三项内容, 性能价格比是一个综合性指标, 对于不同的存储器有不同的要求。对于外存储器, 要求容量大, 而对缓冲存储器则要求速度非常快, 容量不一定大, 因此性能价格比是评价整个存储器系统很重要的指标。

虽然各种 PLC 的 CPU 的最大寻址空间各不相同, 根据 PLC 的工作原理其存储空间一般包括以下三个区域。

① 系统程序存储区。在系统程序存储区中存放着相当于计算机操作系统的系统程序, 包括监控程序、管理程序、命令解释程序、功能子程序、系统诊断子程序等。由制造厂商将其固化在 EPROM 中, 用户不能直接存取, 它和硬件一起决定了该 PLC 的性能。

② 系统 RAM 存储区。系统 RAM 存储区包括 I/O 映像区以及各类软设备, 如: 逻辑线圈、数据寄存器、计时器、计数器、变址寄存器、累加器等。

由于 PLC 投入运行后, 只是在输入采样阶段才依次读入各输入状态和数据, 在输出刷新阶段才将输出的状态和数据送至相应的外设。因此, 它需要一定数量的存储单元 (RAM) 以存放 I/O 的状态和数据, 这些单元称作 I/O 映像区。一个开关量 I/O 占用存储单元中的一个位 (bit), 一个模拟量 I/O 占用存储单元中的一个字 (16bit)。因此整个 I/O 映像区可看作由两个部分组成: 开关量 I/O 映像区、模拟量 I/O 映像区。

除了 I/O 映像区以外, 系统 RAM 存储区还包括 PLC 内部各类软设备 (逻辑线圈、

计时器、计数器、数据寄存器和累加器等)的存储区。该存储区又分为具有失电保持的存储区域和无失电保持的存储区域,前者在 PLC 断电时,由内部的锂电池供电,数据不会遗失;后者当 PLC 断电时,数据被清零。

PLC 内部的逻辑线圈与开关输出一样,每个逻辑线圈占用系统 RAM 存储区中的一个位,但不能直接驱动外设,只供用户在编程中使用,其作用类似于继电器控制线路中的继电器。另外,不同的 PLC 还提供数量不等的特殊逻辑线圈,具有不同的功能。

PLC 内部的数据寄存器与模拟量 I/O 一样,每个数据寄存器占用系统 RAM 存储区中的一个字(16bits)。另外,PLC 还提供数量不等的特殊数据寄存器,具有不同的功能。

③ 用户程序存储区。用户程序存储区存放用户编制的用户程序,不同类型的 PLC,其存储容量各不相同。

(3) I/O 模块

PLC 的对外功能主要是通过各种 I/O 接口模块与外界联系的,按 I/O 点数确定模块规格及数量,I/O 模块可多可少,但其最大数受 CPU 所能管理的基本配置的能力,即受最大的底板或机架槽数限制。I/O 模块集成了 PLC 的 I/O 电路,PLC 中的 I/O 一般是模块化的,一个 I/O 模块上有一个或多个 I/O 通道,其输入暂存器反映输入信号状态,输出点反映输出锁存器状态。输入模块将电信号转换成数字信号输入 PLC 系统,输出模块则相反。

通常,一个 PLC 控制站是由几个机架组成,每个机架可以摆放一定数量的模块。CPU 所在的机架被称为 CPU 单元,用来摆放 I/O 模块的机架就是 I/O 单元。I/O 单元与 CPU 是通过现场总线连接的。PLC 常用的 I/O 分类如下。

① 开关量 I/O。开关量是指只有开和关(“1”或“0”)两种状态的信号,开关量用作 CPU 模板与外部开关量信号之间的接口。它完成诸如电平转换、电气隔离、串/并型数据转换以及对外提供一定的驱动能力等工作。开关量 I/O 信号常来自按钮、开关和继电器触点等实际开关量,以及其他外设或受控对象送来的数字量。I/O 分为开关量输入(DI),开关量输出(DO),按电压水平分,有 220VAC、110VAC、24VDC,按隔离方式分,有继电器隔离和晶体管隔离。

PLC 控制开关量的能力是很强的,所控制的输入、输出点数,少的十几点、几十点,多的可到几百、几千点,甚至几万点。由于它能联网,点数几乎不受限制,不管多少点都能控制。

PLC 所控制的逻辑问题可以是多种多样的:组合的、时序的(即时的、延时的)、不需计数的、需要计数的、固定顺序的、随机工作的。

PLC 的硬件结构是可变的,软件程序是可编制和可修改的,用于开关量控制时,非常灵活。必要时,可编写多套或多组程序,依需要调用。以适应于工业现场多工况、多状态变换的需要。

② 模拟量 I/O。模拟量是指连续变化的量,按信号类型分,有电流型(4~20mA、0~20mA)、电压型(0~10V、0~5V、-10~10V)等,按精度分,有 12bit、14bit、16bit 等。

在工业生产中,特别是连续型生产过程,常需要对如电流、电压、温度、压力等大小是连续变化的物理量进行控制。因此,各 PLC 厂家都在这方面进行大量的开发。目前,不仅大型、中型机可以进行模拟量控制,就是小型机,也能进行这样的控制。

PLC 进行模拟量控制,要配置有模拟量与数字量相互转换的 A/D、D/A 单元。它也是 I/O 单元,不过是特殊的 I/O 单元。A/D 单元是把外电路的模拟量,转换成数字量,然后送入 PLC。D/A 单元,是把 PLC 的数字量转换成模拟量,再送给外电路。作为一种特殊的 I/O 单元,它仍具有 I/O 电路抗干扰、内外电路隔离,与输入输出继电器(或内部继电器,它也是 PLC 工作内存的一个区,可读写)交换信息等特点。A/D 中的 A,多为电流或电压,也有为温度。D/A 中的 A,多为电压或电流。电压、电流变化范围多为 0~5V,0~10V,4~20mA。有的还可处理正负值的。A/D 中的 D,小型机多为 8 位二进制数,中、大型多为 12 位二进制数。A/D、D/A 有单路,也有多路。多路占的输入输出继电器多。

PLC 实现模拟量控制的单位值可小到 2^{12} 分之一的测量程值,PLC 可采用 A/D、D/A 组合在一起的单元、PID 或模糊控制算法实现控制,可得到很高的控制质量。中、大型 PLC 处理能力更强,不仅可进行数字的加、减、乘、除,还可开方、插值,还可进行浮点运算。有的还有 PID 指令,可对偏差量进行比例、微分、积分运算,进而产生相应的输出。

用 PLC 进行模拟量控制的优点是,在进行模拟量控制的同时,开关量也可控制。这个优点是别的控制器所不具备的,或控制的实现不如 PLC 方便。当然,若纯为模拟量的控制系统,采用 PLC 在性能价格比上并不高。

I/O 模块的输入部分主要完成阻抗匹配、信号放大、信号滤波、I/V 变换、V/F 变换或者 A/D、D/A 变换等工作,以便将来自受控对象的信息量转换成 PLC 能够处理的数字量。其输出部分主要实现阻抗匹配、功率放大、波形校正等功能。

为了保证 PLC 能在恶劣的工业环境中可靠工作,PLC 输入接口都采用了隔离措施。采用光电耦合器为电流输入型,能有效地避免输入端引线可能引入的电磁场干扰和电磁辐射干扰。

在光敏输出端设置 RC 滤波器,是为了防止开关类触点输入时触点振颤及抖动等引起的误动作,而使得 PLC 内部约有 10ms 的响应滞后。当各种传感器(如接近开关、光电开关、霍尔开关等)作为输入点时,可以用 PLC 机内提供的电源或外部独立电源供电,其规定了具体的接线方法,使用时应加注意。

① 采用漏输入。输入端对地短路就能有效限制电流大小,不会对电源系统构成危害,最多只影响自己的回路,也不会由于电源故障影响其他输入回路的正常工作。

② 采用源输入。在工程实际应用中往往有很多的电缆,可能无法保证电缆的相互接触、破损,若共电源的开关量线路会无意接触到设备地、外壳、其他地电位。因此可能短路电源供应回路,造成电源损坏或者烧毁熔断器,从而可能影响其他输入回路的正常工作。除非每个输入回路加熔断器,但使应用成本较高也容易出现其他故障。

PLC 的输出接口电路在线路结构上都采用了隔离措施,一般都有以下三种输出形式。

① 继电器输出:开关速度低,负载能力大,适用于低频场合。

② 晶体管输出:开关速度高,负载能力小,适用于高频场合。

③ 晶闸管输出:开关速度高,负载能力小,适用于高频场合。

PLC 输出接口在应用中应注意的事项有:

① PLC 输出接口是成组的,每一组有一个 COM 口,只能使用同一种电源电压。

② PLC 输出负载能力有限,具体参数需参阅所选用的输出模块的相关资料。

③ 对于电感性负载应加阻容保护。

④ 负载采用直流电源小于 30V 时,为了缩短响应时间,可用并接续流二极管的方法改善响应时间。

(4) 电源模块

电源模块为 PLC 运行提供内部工作电源,而且,有的还可为输入信号提供电源。有些 PLC 中的电源是与 CPU 模块合二为一的,有些是分开的。电源模块以其输入类型有:交流电源,输入为交流 220V AC 或 110V AC,直流电源,输入为直流电压,常用的为 24V。PLC 的电源在整个系统中起着十分重要的作用,PLC 控制系统如果没有一个良好的、可靠的电源系统是无法正常工作的,因此 PLC 的制造商对电源的设计和制造也十分重视。一般交流电压波动在 $\pm 10\%$ ($\pm 15\%$) 范围内,可以不采取其他措施而将 PLC 直接连接到交流电网上去。考虑到控制系统的可靠性以及光电隔离器的使用,不同类型的电源模块其地线也不同。PLC 中的电源一般有三类:

① +5V、 ± 15 V 直流电源:供 PLC 中 TTL 芯片和集成运放使用。

② 供输出接口使用的高压大电流的功率电源。

③ 锂电池及其充电电源。

(5) 功能模块

PLC 可以配置完成特殊功能的模块,该模块称为智能或功能模块。如高速计数模块、位控模块、热电阻、热电偶、脉冲模块等。这些模块有自己的 CPU,可对信号作预处理或后处理,以简化 PLC 的 CPU 对复杂的控制量的控制。智能模块的种类、特性也大不相同,性能好的 PLC,这些模块种类多,性能也好。

(6) 通信模块

通信模块接入 PLC 后,可使 PLC 与计算机或 PLC 与 PLC 进行通信,有的还可实现与其他控制部件,如变频器、温控器通信,或组成局部网络。通信模块代表 PLC 的组网能力,代表着当今 PLC 性能的重要方面。

PLC 具有的通信联网功能可使 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机以及其他智能设备之间能够交换信息,形成一个统一的整体,实现分散集中控制。现在几乎所有的 PLC 产品都有通信联网功能,它和计算机一样具有 RS-232 接口,通过双绞线、同轴电缆或光缆,可以在几公里甚至几十公里的范围内交换信息。

PLC 联网、通信能力很强,不断有新的联网的结构推出。PLC 可与计算机相连接进行通信,可用计算机参与编程及对 PLC 进行控制管理。一台计算机可控制和管理多台 PLC,多的可达 32 台。也可一台 PLC 与两台或更多的计算机通信,交换信息,以实现多地对 PLC 控制系统的监控。

对于一个大的控制系统可组成局部控制通信网,PLC、计算机、各种智能装置也都可进网。网络结构可采用总线网、环形网,网与网还可桥接。联网可把成千上万的 PLC、计算机、智能装置组织在一个网中,网间的结点可直接或间接地通信、交换信息。

(7) 底板或机架

大多数模块式 PLC 使用底板或机架,其作用是:在电气上实现各模块间的联系,使 CPU 能访问底板上的所有模块;在机械上实现各模块间的连接,使各模块构成一个整体。底板或机架为 PLC 各模块的安装提供基板,并为模块间的联系提供总线。若干底板间的联系有的用接口模块,有的用总线接口,不同厂家或同一厂家但不同类型的 PLC 都不大

相同。

(8) 外部设备

尽管用 PLC 实现对系统的控制可不用外部设备,配置好合适的模块就行了。然而,要对 PLC 编程,要监控 PLC 及其所控制的系统的工作状况,以及存储用户程序、打印数据等,就得使用 PLC 的外部设备。故一种 PLC 的性能如何,与这种 PLC 的外部设备丰富与否,外部设备好用与否直接相关。外部设备是 PLC 系统不可分割的一部分,PLC 支持的外部设备有:

① PLC 编程设备。编程器是 PLC 开发应用、监控 PLC 及 PLC 所控制的系统的工作状况、检查维护不可缺少的器件,编程器不直接参与现场控制运行。编程器除了用于编程,还可对控制系统作一些设定,以确定 PLC 控制方式或工作方式,以进行 PLC 用户程序的调试。简单的编程器,只接受助记符编程,个别的也可用图形编程(如日本东芝公司的 EX 型 PLC)。复杂一点的有图形编程器,可用梯形图语言编程。有的还有专用的计算机,可用其他高级语编程。

② 监控设备。最简单的人机界面是指示灯和按钮,目前液晶屏(或触摸屏)式的一体式操作员终端应用越来越广泛,由计算机(运行组态软件)充当人机界面非常普及。小的有数据监视器,可监视数据;大的还有图形监视器,可通过画面监视数据。监控设备除了不能改变 PLC 的用户程序外,具备了编程器所有的功能,是很好的 PLC 人机界面。性能好的 PLC,这种监控设备的功能已越来越丰富。

③ 存储设备。它用于永久性地存储用户数据,使用户程序不丢失。这些设备有存储卡、存储磁带、磁盘或只读存储器。而为实现这些存储,就有了相应的存卡器、磁带机、软驱或 ROM 写入器,以及相应的接口部件。各种 PLC 大体都有这方面的配套设施。

1.2 PLC 工作方式及控制功能

1.2.1 PLC 工作方式

(1) PLC 实现控制的基本要点

输入输出信息变换、可靠物理实现,是 PLC 实现控制的两个基本要点。输入输出信息变换靠运行存储于 PLC 内存中的程序实现,PLC 程序既有生产厂家的系统程序(不可更改),又有用户自行开发的应用(用户)程序。系统程序提供运行平台,同时,还为 PLC 程序可靠运行及信号与信息转换进行必要的公共处理。用户程序由用户按控制要求设计,什么样的控制要求,就应有什么样的用户程序。

可靠物理实现主要靠输入及输出电路,PLC 的 I/O 电路,都是专门设计的。输入电路要对输入信号进行滤波,以去掉高频干扰。而且与内部计算机电路是隔离的,靠光耦元件建立联系。输出电路内外也是电隔离的,靠光耦元件或输出继电器建立联系。输出电路还要进行功率放大,以足以带动一般的工业控制元器件,如电磁阀、接触器等。

I/O 电路的每一输入点或输出点都要有一个 I 或 O 电路。PLC 有多少 I/O 用点,一般也就有多少个 I/O 电路。但由于它们都是由高度集成化的电路组成的,所以,所占体