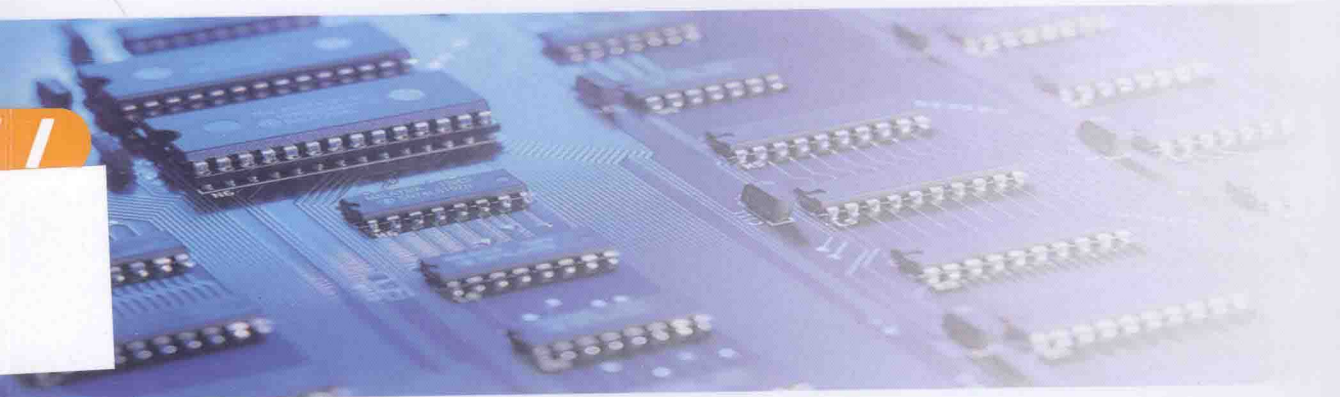


可编程程序控制器 原理·应用·网络 第③版

徐世许 朱妙其 王毓顺 主编



中国科学技术大学出版社

可编程序控制器

原理·应用·网络

|| 第3版 ||

徐世许 朱妙其 王毓顺 主编

中国科学技术大学出版社

· 合 肥 ·

内 容 简 介

本书分为基础篇、网络篇两部分。基础篇介绍了可程序控制器的基础知识,并以广泛应用的OMRON 整体式小型机 CP1(CP1H/CP1L/CP1E)为背景,系统介绍了 PLC 的系统配置、指令系统、任务编程、编程软件 CX-P 的使用和 PLC 控制系统的设计方法。网络篇主要介绍 OMRON 的 HOST Link、PLC Link、无协议三种串行通信,以及 CompoBus/D、Controller Link、Ethernet 三种 OMRON 当前主推的 FA 网络,对于每一种网络,从通信单元、网络配置、网络功能、通信协议及相关编程等方面均进行了详细的讨论。

本书系统性强、阐述简练、由浅入深、通俗易懂、理论联系实际,书中配有习题、实验指导,便于教学与自学。本书可作为大专院校自动化、电气技术、计算机应用、机电一体化及其他相关专业的教材,可以作为 PLC 培训班的教材,也可以作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

可程序控制器:原理·应用·网络/徐世许,朱妙其,王毓顺主编. — 3 版. — 合肥:中国科学技术大学出版社,2015. 8

ISBN 978-7-312-03830-3

I. 可… II. ①徐…②朱…③王… III. 可程序控制器 IV. TP332. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 189742 号

责任编辑:张善金

出 版 者:中国科学技术大学出版社

地址:安徽省合肥市金寨路 96 号 邮编:230026

网址:<http://press.ustc.edu.cn>

电话:发行部 0551-63606086-8808

印 刷 者:安徽省瑞隆印务有限公司

发 行 者:中国科学技术大学出版社

经 销 者:全国新华书店

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:26

字 数:650 千

版 次:2000 年 9 月第 1 版 2015 年 8 月第 3 版

印 次:2015 年 8 月第 10 次印刷

印 数:34501—38500 册

定 价:48.00 元

前 言

《可编程序控制器:原理·应用·网络》一书于2000年出版,2008年再版,已被多所高校选作教材之用,同时,还被OMRON公司选作PLC培训的教材,得到了广大读者的肯定和好评。在此过程中,作者收到许多很有价值的建议和意见。为此,我们根据OMRON PLC技术的最新发展,以及教学实践的反馈意见和工程应用的实际需要,在第2版基础上进行了全面修订。本书分基础篇、网络篇两大部分,共计13章。

基础篇6章,除介绍PLC的基础知识、OMRON PLC技术发展历程外,特别向读者介绍OMRON最新一代工控产品——NJ系列机器自动化控制器,基础篇的主要内容是以OMRON广泛应用的整体式小型机CP1(CP1H/CP1L/CP1E)为背景机,详细介绍其系统配置、指令系统、任务编程、编程软件CX-P的使用和PLC控制系统的设计方法。

网络篇7章,介绍OMRON的各种FA(工厂自动化)网络。网络化是PLC发展的潮流,本书以相当的篇幅介绍OMRON PLC的通信联网技术。作者希望读者一本书在手,就能全面深入地了解OMRON的各种FA网络。为此,书中介绍了OMRON的HOST Link、PLC Link、无协议三种串行通信,以及CompoBus/D、Controller Link、Ethernet三种OMRON当前主推的FA网络,对于每一种网络,从通信单元、网络配置、网络功能、通信协议及相关编程等方面均进行了详细的讨论。

本书特别注重工程实用性,编写时注意选择有价值的典型实例,介绍PLC的应用技术,以使读者触类旁通、举一反三。

本书第3版的编写工作由徐世许、朱妙其、王毓顺、王正彦、吴贺荣共同完成。其中,徐世许编写第7章~第13章,朱妙其编写第1、4章,王毓顺编写第5、6章,王正彦编写第2、3章,吴贺荣编写附录。

本书第3版得到青岛大学自动化工程学院院长于海生教授的大力支持,许多同事也给予了热情帮助,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,希望得到读者的批评和帮助。

编 者

2015.7

编者注:应众多兄弟院校要求,为方便主讲老师授课,提高教学质量,我们专门为本书制作了教学课件,无偿提供给选用本书做教材的授课老师使用,联系方式:press@ustc.edu.cn 或 sjzhang@ustc.edu.cn,电话 0551-63606806-8810。

目 录

前言	(i)
----------	-------

|| 上篇 基础篇 ||

第 1 章 可编程序控制器的基础知识	(3)
1.1 PLC 的产生与发展	(3)
1.1.1 什么是可编程序控制器(PLC)	(3)
1.1.2 PLC 的产生与发展	(3)
1.1.3 PLC 的发展趋势	(4)
1.2 PLC 的特点与应用领域	(5)
1.2.1 PLC 的特点	(5)
1.2.2 PLC 的应用领域	(6)
1.3 PLC 控制的基本概念	(7)
1.4 PLC 的基本组成与各部分的作用	(9)
1.4.1 PLC 的基本组成	(9)
1.4.2 PLC 各部分的作用	(11)
1.5 PLC 的工作原理	(16)
1.5.1 PLC 的循环扫描工作过程	(16)
1.5.2 PLC 的 I/O 滞后现象	(18)
1.6 PLC 的编程语言	(20)
1.6.1 梯形图	(20)
1.6.2 语句表	(21)
1.6.3 功能块	(21)
1.6.4 结构文本	(23)
1.7 PLC 的性能指标与分类	(24)
1.7.1 PLC 的性能指标	(24)
1.7.2 PLC 的分类	(25)
1.8 OMRON PLC 发展概况	(27)
1.9 OMRON NJ 系列机器自动化控制器	(30)
思考题与习题	(32)

第2章 CP1 PLC的规格与系统配置	(34)
2.1 CP1的各种单元	(34)
2.1.1 CP1的CPU单元	(34)
2.1.2 CP1的基本I/O扩展单元	(37)
2.1.3 CP1的特殊I/O扩展单元	(38)
2.1.4 可连接的CJ1系列高性能单元	(39)
2.2 CP1的系统配置	(39)
2.2.1 CP1 CPU单元的结构	(39)
2.2.2 CP1的I/O扩展配置	(43)
2.2.3 CP1的编程工具	(45)
2.3 CP1的输入/输出规格	(46)
2.3.1 CP1H的输入规格	(46)
2.3.2 CP1H的输出规格	(49)
2.3.3 CP1H-XA的内置模拟量输入/输出规格	(51)
2.4 CP1的继电器区与数据区	(53)
2.4.1 概述	(53)
2.4.2 数据类型	(54)
2.4.3 CIO区	(55)
2.4.4 工作继电器区(WR)	(57)
2.4.5 保持继电器区(HR)	(57)
2.4.6 特殊辅助继电器区(AR)	(57)
2.4.7 暂存继电器区(TR)	(57)
2.4.8 定时器区(TIM)	(57)
2.4.9 计数器区(CNT)	(58)
2.4.10 数据存储区(DM)	(58)
2.4.11 索引寄存器区(IR)	(59)
2.4.12 数据寄存器区(DR)	(59)
2.4.13 任务标志区(TK)	(59)
2.4.14 状态标志区	(59)
2.4.15 时钟脉冲区	(60)
2.5 CP1的主要功能及特长	(62)
思考题与习题	(66)
第3章 CP1的指令系统	(67)
3.1 概述	(67)
3.2 基本指令	(72)
3.2.1 顺序输入/顺序输出指令	(72)
3.2.2 指令的微分执行和立即刷新执行	(79)
3.2.3 编程规则及技巧	(81)

3.3 顺序控制指令	(82)
3.4 定时器/计数器指令	(87)
3.4.1 定时器类指令	(89)
3.4.2 计数器类指令	(91)
3.4.3 定时器/计数器复位指令	(93)
3.5 数据传送指令	(93)
3.6 数据比较指令	(100)
3.7 数据移位指令	(107)
3.8 数据转换指令	(113)
3.9 递增/递减指令	(119)
3.10 四则运算指令	(120)
3.11 逻辑运算指令	(126)
3.12 单精度浮点数转换与运算指令	(129)
3.12.1 浮点数	(129)
3.12.2 单精度浮点数转换与运算指令	(133)
3.13 子程序控制指令	(136)
3.14 高速计数/脉冲输出指令	(139)
3.15 步进指令	(150)
3.16 中断控制指令	(152)
思考题与习题	(157)
第4章 任务编程	(162)
4.1 概述	(162)
4.1.1 任务编程的特点	(162)
4.1.2 任务和程序	(163)
4.1.3 任务的执行条件及相关设定	(164)
4.1.4 任务的状态及转换	(165)
4.2 任务的管理和使用	(166)
4.2.1 任务启动/待机命令	(166)
4.2.2 任务指令使用举例	(168)
4.2.3 任务与 I/O 内存的关系	(169)
4.2.4 任务对指令的限制	(170)
4.2.5 任务标志	(171)
4.2.6 任务设计的原则	(172)
4.3 中断任务	(173)
4.3.1 CP1H 的中断功能	(173)
4.3.2 直接模式的输入中断	(175)
4.3.3 计数器模式的输入中断	(178)
4.3.4 间隔定时中断	(179)

4.3.5 高速计数器中断	(181)
4.3.6 外部中断	(185)
思考题与习题	(185)
第5章 编程软件 CX-P	(187)
5.1 CX-P 简介	(187)
5.2 CX-P 主窗口	(189)
5.3 CX-P 工程	(192)
5.4 CX-P 视图	(196)
5.5 CX-P 编程	(201)
5.6 CX-P 在线工作	(207)
5.7 CX-P 监控	(208)
思考题与习题	(214)
第6章 PLC 控制系统设计	(215)
6.1 概述	(215)
6.1.1 系统分析	(215)
6.1.2 硬件电路设计	(215)
6.1.3 软件程序设计	(218)
6.1.4 制作控制柜及现场施工	(219)
6.1.5 系统调试	(219)
6.1.6 编制技术文件	(219)
6.2 梯形图的基本电路	(219)
6.2.1 启保停电路	(219)
6.2.2 双向控制电路	(220)
6.2.3 电动机 Y- Δ 降压启动控制	(221)
6.2.4 单按钮启停控制	(222)
6.2.5 优先权程序	(222)
6.2.6 分频器	(223)
6.2.7 脉冲发生器	(224)
6.2.8 长定时程序	(226)
6.2.9 断电延时定时器	(227)
6.2.10 双延时定时器	(227)
6.2.11 移位寄存器的应用举例	(228)
6.3 梯形图的经验设计方法	(229)
6.4 梯形图的逻辑设计方法	(231)
6.5 梯形图的顺序控制设计方法	(235)
6.5.1 顺序控制设计方法	(235)
6.5.2 顺序控制程序设计举例	(238)

6.6 多种工作方式的程序设计	(242)
6.7 具有断电保持功能的程序设计	(246)
6.8 PLC 控制泡沫塑料切片机	(248)
6.8.1 泡沫塑料切片机工作原理	(248)
6.8.2 PLC 控制系统设计	(249)
思考题与习题	(253)

|| 下篇 网络篇 ||

第7章 网络通信的基础知识	(259)
7.1 数据通信基础	(259)
7.1.1 数据通信系统的基本结构	(259)
7.1.2 数据通信方式	(259)
7.1.3 数据通信的主要技术指标	(260)
7.1.4 数据通信技术	(260)
7.2 工业控制局域网	(268)
7.2.1 局域网概述	(268)
7.2.2 网络协议及其分层结构	(271)
7.2.3 IEEE 802 协议	(272)
7.3 OMRON PLC 网络简介	(272)
思考题与习题	(275)
第8章 HOST Link 通信	(276)
8.1 概述	(276)
8.1.1 通信端口	(276)
8.1.2 系统构成	(277)
8.2 HOST Link 通信协议	(280)
8.2.1 HOST Link 通信要点	(280)
8.2.2 命令/响应的格式	(282)
8.2.3 HOST Link 通信命令	(284)
8.2.4 常用的 HOST Link 命令/响应	(286)
8.2.5 响应码	(291)
8.2.6 使用 HOST Link 发送 FINS 命令	(292)
8.2.7 程序举例	(294)
8.3 用 MSComm 控件设计上位机与 PLC 通信的程序	(297)
8.3.1 MSComm 控件	(297)
8.3.2 MSComm 控件 VB 编程实例	(298)
第9章 PLC Link 通信	(301)
9.1 1:1 PLC Link 通信	(301)

9.1.1 RS232C 通信口的连接	(301)
9.1.2 PLC 设置	(302)
9.1.3 程序举例	(303)
9.2 1:N PLC Link 通信	(304)
9.2.1 全站链接	(305)
9.2.2 主站链接	(306)
第 10 章 无协议通信	(308)
10.1 概述	(308)
10.2 无协议通信设定	(309)
10.3 无协议通信指令	(311)
10.4 应用举例	(314)
第 11 章 CompoBus/D 网	(316)
11.1 概述	(316)
11.2 CompoBus/D 通信单元	(321)
11.2.1 CompoBus/D 主单元	(321)
11.2.2 CompoBus/D 从单元	(322)
11.3 远程 I/O 通信	(324)
11.3.1 缺省远程 I/O 分配	(324)
11.3.2 用户设定远程 I/O 分配	(326)
11.4 信息通信	(329)
思考题与习题	(331)
第 12 章 Controller Link 网	(332)
12.1 概述	(332)
12.2 Controller Link 单元	(336)
12.2.1 Controller Link 单元的面板图	(336)
12.2.2 Controller Link 单元的设置	(337)
12.3 数据链接	(338)
12.3.1 手动设置数据链接	(339)
12.3.2 自动设置数据链接	(344)
12.3.3 启动和停止数据链接	(348)
12.4 信息通信	(349)
12.4.1 FINS 通信协议	(351)
12.4.2 CS1/CJ1 系列 PLC 的信息通信	(357)
12.5 网络互连	(364)
12.5.1 网络互连	(364)
12.5.2 远距离编程和监控	(364)
12.5.3 路由表	(365)

思考题与习题	(369)
第 13 章 Ethernet 网	(370)
13.1 概述	(370)
13.2 以太网单元及其设置	(373)
13.2.1 以太网单元	(373)
13.2.2 以太网单元设置	(373)
13.3 FINS 通信服务	(375)
13.4 FTP 服务器通信	(380)
13.5 Socket 服务	(382)
13.6 Email 发送/接收	(387)
思考题与习题	(389)
附录 可编程序控制器实验	(390)
实验 1 CX-P 的基本操作与 PLC 基本指令	(390)
实验 2 定时指令的应用	(391)
实验 3 计数指令的应用	(392)
实验 4 数据传送指令的应用	(393)
实验 5 数据移位指令的应用	(394)
实验 6 数据转换指令与四则运算指令	(394)
实验 7 子程序的应用	(395)
实验 8 中断控制的应用	(396)
实验 9 十字路口交通灯控制	(399)
实验 10 大、小球分拣传送控制	(401)

上篇 基础篇



第 1 章 可编程序控制器的基础知识

1.1 PLC 的产生与发展

1.1.1 什么是可编程序控制器(PLC)

可编程序控制器是一种以计算机(微处理器)为核心的通用工业控制装置,目前已被广泛地应用于工业生产的各个领域。早期的可编程序控制器只能进行开关量的逻辑控制,被称为可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller),简称 PLC。现代可编程序控制器采用微处理器(Microprocessor)作为中央处理单元,其功能大大增强,它不仅具有逻辑控制功能,还具有过程控制、运动控制和通信联网等功能,PLC 这一名称已不能准确地反映它的特性,于是,人们将其称为可编程序控制器(Programmable Controller),简称 PC。但近年来个人计算机(Personal Computer)也简称 PC,为了避免混淆,可编程序控制器常被称为 PLC。

1987 年,国际电工委员会(IEC)在其颁布的可编程序控制器标准草案第三稿中,对可编程序控制器定义如下:可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字式、模拟式的输入和输出,控制各种机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备,都应按易于使工业控制系统形成一个整体,易于扩充其功能的原则设计。

现代 PLC 的功能已远远超出上述定义的范围。近年来,PLC 的发展异常迅猛,产品更新换代的速度明显加快,功能日益增强,应用领域愈加广泛。PLC 已成为实现工业自动化的一种强有力工具。

1.1.2 PLC 的产生与发展

在 PLC 出现之前,机械控制及工业生产控制是用工业继电器实现的。在一个复杂的控制系统中,可能要使用成百上千个各式各样的继电器,接线、安装的工作量很大。如果控制工艺及要求发生变化,控制柜内的元件和接线也需要作相应的改动,但是这种改造往往费用高、工期长,以至于有的用户宁愿扔掉旧的控制柜,去制作一台新的控制柜。在一个复杂的继电器控制系统中,如果有一个继电器损坏,甚至某一个继电器的某一对触点接触不良,都会导致整个系统工作不正常,由于元件多、线路复杂,查找和排除故障往往很困难。继电器控制的这些固有缺点,给日新月异的工业生产带来了不可逾越的障碍。由此,人们产生了一种寻求新型控制装置的想法。

1968年,美国最大的汽车制造厂家通用汽车公司(GM公司)为了适应汽车型号不断翻新的要求,提出如下设想:能否把计算机功能完备、灵活、通用等优点和继电器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来,做成一种通用控制装置,并把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化,用面向过程、面向问题的“自然语言”编程,使得不熟悉计算机的人也能方便地使用。这样,使用人员不必在编程上花费大量的精力,而是集中力量去考虑如何发挥该装置的功能和作用。这一设想提出后,美国数字设备公司(DEC公司)首先响应,于1969年研制出了世界上第一台PLC,型号为PDP-14。用它代替传统的继电器控制系统,在美国GM公司的汽车自动装配线上试用获得了成功。

此后,这项新技术就迅速发展起来。1971年日本从美国引进了这项新技术,很快就研制出了日本第一台PLC(DSC-8)。1973~1974年,联邦德国和法国也研制出自己的PLC。我国从1974年开始研制,1977年研制成功了以一位微处理器MC14500为核心的PLC,并开始工业应用。

PLC自产生以来,随着大规模集成电路和微处理器技术的发展,一直在不断地更新换代。现代PLC全面使用16位、32位的微处理器芯片,位片式微处理器,精简指令系统微处理器(RISC)等高性能、高速度的CPU,极大地提高了PLC的工作性能、速度和可靠性;同时由于大量含有微处理器的智能模块的出现,使现代PLC不仅具有逻辑控制,还同时具有过程控制、运动控制、数据处理、通信联网等诸多功能,真正成为名副其实的多功能控制器。

1.1.3 PLC的发展趋势

随着微处理技术的发展,PLC也得到了迅速发展,其技术和产品日趋完善。它不仅以其良好的性能满足了工业生产的广泛需要,而且将通信技术和信息处理技术融为一体,使其功能更加完备。目前,为了适应大中小型企业不同需要,进一步扩大PLC在工业自动化领域的应用范围,PLC正朝着以下两个方向发展:其一是小型PLC向体积缩小、功能增强、速度加快、价格低廉的方向发展,使之能更加广泛地取代继电器控制;其二是大中型PLC向大容量、高可靠性、高速度、多功能、网络化的方向发展,使之能对大规模、复杂系统进行综合性的自动控制。总的趋势是:

1. CPU处理速度进一步加快

PLC的CPU使用64bit RISC芯片,多CPU并行处理或分时处理或分任务处理,各种模块智能化,部分系统程序用门阵列电路固化,这样可使速度达到ns级。

2. 控制系统将分散化

根据分散控制、集中管理的原则,PLC控制系统的I/O模块将直接安装在控制现场,通过通信电缆或光缆与主CPU进行数据通信。这样使控制更有效,系统更可靠。

3. 可靠性进一步提高

随着PLC进入过程控制领域,对可靠性的要求进一步提高。硬件冗余的容错技术将进一步应用。不仅会有CPU单元冗余、通信单元冗余、电源单元冗余、I/O单元冗余,甚至整个系统冗余。

4. 控制与管理功能一体化

为了满足现代化大生产的控制与管理的需要。PLC将广泛采用计算机信息处理技术、网

络通信技术和图形显示技术,使 PLC 系统的生产控制功能和信息管理功能融为一体。

1.2 PLC 的特点与应用领域

1.2.1 PLC 的特点

PLC 的诞生给工业控制带来了一次革命性的飞跃,与继电器、微机控制相比,PLC 有它独特之处,下面来看一下 PLC 的特点。

1. 灵活、通用

在继电器控制系统中,使用的控制器件是大量的继电器,整个系统是根据设计好的电气控制图,由人工通过布线、焊接、固定等手段组装完成的,其过程费时费力。如果因为工艺上的稍许变化,需要改变电气控制系统的话,那么原先的整个电气控制系统将被全部拆除,而重新进行布线、焊接、固定等工作,耗费了大量的人力、物力和时间。而 PLC 是通过存储在存储器中的程序实现控制功能的,如果控制功能需要改变的话,只需要修改程序以及改动极少量的接线即可。而且,同一台 PLC 还可以用于不同的控制对象,改变软件就可以实现不同的控制要求,因此具有很大的灵活性、通用性。另外,PLC 产品还具有多样化、系列化的特点,其结构形式多种多样,同一系列又有低档、中档、高档之分,因此可以适应于各种不同规模、不同要求的工业控制。PLC 还有多种功能模块,可以根据需要灵活组合成各种不同功能的控制装置,实现各种特殊的控制要求。

2. 可靠性高、抗干扰能力强

对工业控制器件来讲,可靠性是一个非常重要的指标,如何能在各种恶劣的工业环境和条件(如电磁干扰、低温潮湿、灰尘、超高温等)下,平稳、可靠地工作,将故障率降至最低,是研制每一种控制器件必须考虑的问题。PLC 研制者在这一方面采取了许多有力的措施,使 PLC 具有很高的可靠性和抗干扰能力,因此被称为“专为适应恶劣工业环境而设计的计算机”。

首先,PLC 采用的是微电子技术,大量的开关动作是由无触点的半导体电路来完成的,因此不会出现继电器控制系统中的接线老化、脱焊、触点电弧等现象,提高了可靠性。另外,PLC 还在硬件和软件两方面采取了以下主要措施来提高其可靠性。

1) 硬件措施

对电源变压器、CPU、编程器等主要部件,均采用严格措施进行屏蔽,以防外界干扰;对供电系统及输入线路采用多种形式的滤波,如 LC 或 Π 型滤波网络,以消除或抑制高频干扰,也削弱了各种模块之间的相互影响;对 CPU 这个核心部件所需的 +5V 电源,采用多级滤波,并用集成电压调整器进行调整,以适应交流电网的波动和过电压、欠电压的影响;在 CPU 与 I/O 电路之间,采用光电隔离措施,有效地隔离了内部电路与 I/O 间电的联系,减少故障和误动作;采用模块式结构,这种结构有助于在故障情况下短时修复。因为一旦查出某一模块出现故障就能迅速更换,使系统恢复正常工作。

2) 软件措施

监控程序定期地检测外界环境,如掉电、欠电压、后备电池电压过低及强干扰信号等,以便及时进行处理;当检测到故障时,立即把现状态存入存储器,并对存储器进行封闭,禁止对存储