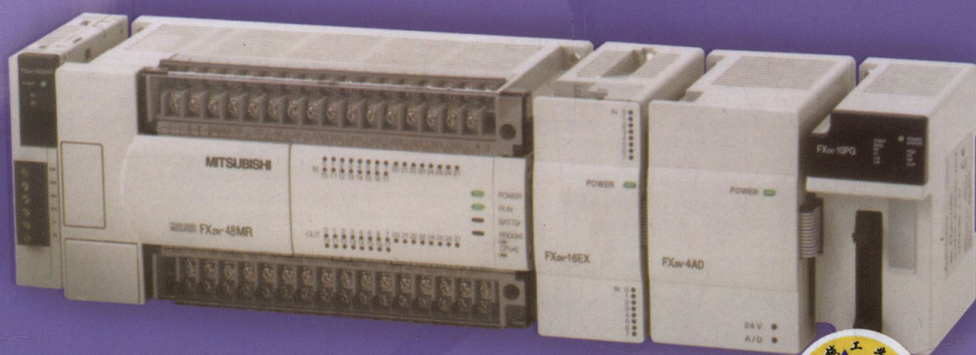
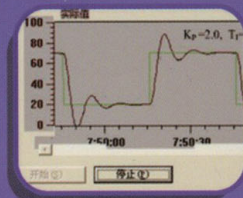


跟我动手学 FX系列PLC

廖常初 主编



- 使用随书光盘的编程软件和仿真软件做完书中的五十多个实训，就能快速掌握FX系列PLC的编程和使用方法
- 随书光盘还附有9个视频教程、40多个例程和大量的FX系列PLC的编程手册和使用手册



地址	元件	线圈	常开触点	常闭触点	注释
X0.0	NO	Y0.0			启动按钮
X0.1	NC	Y0.0			停止按钮
X0.2	NO	Y0.1			启动按钮
X0.3	NC	Y0.1			停止按钮
X0.4	NO	Y0.2			启动按钮
X0.5	NC	Y0.2			停止按钮
X0.6	NO	Y0.3			启动按钮
X0.7	NC	Y0.3			停止按钮



地址	元件	线圈	常开触点	常闭触点	注释
X0.0	NO	Y0.0			启动按钮
X0.1	NC	Y0.0			停止按钮
X0.2	NO	Y0.1			启动按钮
X0.3	NC	Y0.1			停止按钮
X0.4	NO	Y0.2			启动按钮
X0.5	NC	Y0.2			停止按钮
X0.6	NO	Y0.3			启动按钮
X0.7	NC	Y0.3			停止按钮

跟我动手学 FX 系列 PLC

廖常初 主编



机械工业出版社

本书以国内广泛使用的三菱 FX 系列（包括 FX_{3G} 和 FX_{3U}）为例，介绍了可程序控制器（PLC）的工作原理、硬件结构、编程元件与指令系统，并详细介绍了编程软件的使用方法。

本书强调通过实际操作进行学习。书中的五十多个实训使应用中的难点形象化，随书光盘有与正文配套的例程和多媒体视频教程。读者一边看书，一边根据实训中的操作步骤，用随书光盘中的编程软件和仿真软件在计算机上做仿真实验，就能快速掌握软件安装、指令应用、程序结构、编写和调试程序、故障诊断、编程方法、通信和 PID 控制等方面的知识和软件的操作方法。通过仿真实验，读者可以深刻了解、轻松掌握大量的应用指令的功能和使用方法。本书还介绍了提高系统可靠性和用 PLC 控制变频器的方法。

本书介绍的编程方法易学易用，通过这些方法可以得心应手地设计出复杂的开关量控制系统的梯形图，从而节约大量的设计时间。

本书可作为高职高专、技工学校电类与机电一体化专业的教材，也可供电气人员自学使用。

图书在版编目（CIP）数据

跟我动手学 FX 系列 PLC / 廖常初主编. —北京：机械工业出版社，2012.12
ISBN 978-7-111-40437-8

I. ①跟… II. ①廖… III. ①plc 技术—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 273943 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：时 静

责任编辑：时 静 崔利平

责任印制：杨 曦

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2016 年 8 月第 1 版·第 2 次印刷

184mm×260mm·15.25 印张·348 千字

4001—5500 册

标准书号：ISBN 978-7-111-40437-8

ISBN 978-7-89433-728-3（光盘）

定价：45.00 元（含 1DVD）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社 服 务 中 心：（010）88361066

教 材 网：<http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部：（010）68326294

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部：（010）88379649

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：（010）88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

三菱的 FX 系列是国内应用最广、市场占有率最高的小型 PLC 之一，还有很多国产的 PLC 与 FX 系列兼容。GX Simulator 是与编程软件 GX Developer 配套的仿真软件。它的功能强大、使用方便，支持 FX 系列绝大部分指令，其功能甚至超过了很多与 FX 兼容的国产硬件 PLC。可以用 GX Simulator 在计算机上做仿真实验，模拟硬件 PLC 的运行，执行用户程序。读者在入门阶段完全可以用仿真软件代替硬件 PLC 来模拟调试程序，仿真实验和做硬件实验时观察到的现象几乎完全一样。

看十遍书不如动一次手，本书的特点是强调通过实际操作来学习。本书详细地介绍了编程软件和仿真软件的使用方法，提供了 50 多个精心设计的实训，使应用中的难点形象化。随书光盘有 40 多个与正文配套的例程。读者可以一边看书，一边根据实训的操作步骤，用编程软件输入用户程序，用仿真软件模拟调试用户程序，也可以直接运行随书光盘中的例程。通过仿真实验，读者就能轻松掌握软件的操作方法、指令的使用方法和编程方法，并留下难忘的印象。本书以 FX_{1S}、FX_{1N}、FX_{1NC}、FX_{2N} 和 FX_{2NC} 系列为基础，也介绍了新一代的 FX_{3G}、FX_{3U} 和 FX_{3UC} 系列的硬件和指令。

除了 20 多条基本指令和步进梯形指令，FX 系列还有 200 多条应用指令，应用指令是学习 FX 系列的难点。本书介绍了应用指令的学习方法，通过 20 多个实训，帮助读者深刻了解和掌握应用指令的功能和使用方法，包括子程序和中断程序的编程方法。

本书涵盖了 FX 系列应用主要的知识点，包括软件安装、编程、监控、故障诊断、指令应用、程序结构、程序设计方法、通信、模拟量模块应用、PID 控制、PLC 应用系统的可靠性措施，用 PLC 控制变频器等内容。为了方便教学，各章配有适量的习题。

本书介绍了作者总结的一整套先进完整的开关量控制系统的梯形图设计方法，这些设计方法易学易用，用它们可以得心应手地设计出复杂的开关量控制系统的梯形图，包括具有多种工作方式的系统的梯形图，从而节约大量的设计时间。

本书的随书光盘提供了中文版编程软件 GX Developer V8.86、中文版仿真软件 GX Simulator V6-C 和书中的例程，为仿真实验创造了条件。光盘中还有配套的多媒体视频教程，以及 FX 各系列的中文硬件使用手册、编程手册和样本。

本书可作为高职高专、技工学校有关专业的教材，也可以供电气人员自学使用。

本书由廖常初主编，范占华、关朝旺、余秋霞、陈曾汉、陈晓东、郑群英、文家学、唐世友、孙明渝、廖亮、王云杰、李远树参加了编写工作。

因作者水平有限，书中难免有错漏之处，恳请读者批评指正。

作者 E-mail: liaosun@cqu.edu.cn。欢迎读者访问作者在中华工控网的博客。

重庆大学 廖常初

目 录

前言

第 1 章 PLC 的硬件	1
1.1 怎样学习 FX 系列 PLC	1
1.2 FX 系列 PLC 的硬件	3
1.2.1 FX 系列的硬件结构	3
1.2.2 FX _{1S} 、FX _{1N} 、FX _{1NC} 、FX _{2N} 与 FX _{2NC} 系列	6
1.2.3 FX _{3G} 、FX _{3U} 与 FX _{3UC} 系列	7
1.2.4 输入电路与输出电路	9
1.2.5 程序的下载与上载	11
1.3 习题	14
第 2 章 编程软件与仿真软件使用入门	15
2.1 实训一 安装编程软件和仿真软件	15
2.2 实训二 编程软件与仿真软件使用入门	17
2.2.1 编程软件使用入门	17
2.2.2 生成与显示注释、声明和注解	21
2.2.3 指令的帮助信息与 PLC 参数设置	24
2.2.4 仿真软件使用入门	26
2.3 实训三 异步电动机正、反转控制的仿真实验	29
2.3.1 外部接线图与梯形图	29
2.3.2 编程与仿真实验	30
2.4 习题	31
第 3 章 FX 系列 PLC 编程基础	32
3.1 FX 系列 PLC 的软元件	32
3.1.1 位软元件	32
3.1.2 定时器与计数器	35
3.1.3 其他软元件与常数	37
3.2 基本指令	38
3.2.1 继电器与逻辑运算	38
3.2.2 实训四 位逻辑运算的仿真实验	40
3.2.3 实训五 基本指令仿真实验 1	42
3.2.4 实训六 基本指令仿真实验 2	45
3.2.5 实训七 基本指令仿真实验 3	47
3.2.6 PLC 的工作原理	49
3.2.7 实训八 故障显示电路的仿真实验	52



3.3 定时器计数器应用	53
3.3.1 实训九 定时器的功能与仿真实验	53
3.3.2 实训十 其他定时器的仿真实验	55
3.3.3 实训十一 卫生间冲水控制电路的仿真实验	57
3.3.4 实训十二 运输带控制系统的仿真实验	57
3.3.5 实训十三 计数器功能的仿真实验	59
3.3.6 实训十四 控制小车往返次数的仿真实验	62
3.4 习题	63
第4章 FX 系列的应用指令	66
4.1 应用指令概述	66
4.1.1 应用指令的表示方法	66
4.1.2 数据格式与数制	68
4.1.3 怎样学习应用指令	71
4.1.4 实训十五 软元件监视功能的仿真实验	71
4.2 数据处理指令	75
4.2.1 实训十六 比较指令的仿真实验	75
4.2.2 实训十七 传送指令的仿真实验	77
4.2.3 实训十八 数据转换指令的仿真实验	80
4.2.4 实训十九 移位指令与循环移位指令的仿真实验	81
4.2.5 实训二十 数据处理指令的仿真实验	85
4.3 数学运算指令与逻辑运算指令	87
4.3.1 四则运算指令	87
4.3.2 实训二十一 四则运算指令基本功能的仿真实验	88
4.3.3 实训二十二 四则运算指令应用的仿真实验	90
4.3.4 实训二十三 逻辑运算指令的仿真实验	92
4.3.5 实训二十四 水泵循环投切的仿真实验	94
4.4 浮点数指令	96
4.4.1 实训二十五 浮点数转换指令的仿真实验	96
4.4.2 实训二十六 浮点数运算指令的仿真实验	99
4.5 程序流程控制指令	101
4.5.1 实训二十七 条件跳转指令的仿真实验	101
4.5.2 实训二十八 子程序调用的仿真实验	103
4.5.3 实训二十九 子程序应用例程的仿真实验	106
4.5.4 中断的概念	107
4.5.5 实训三十 中断子程序调用实验	109
4.5.6 实训三十一 用输入中断测量脉冲宽度的实验	110
4.5.7 实训三十二 基于中断的彩灯控制实验	111
4.5.8 实训三十三 循环程序的仿真实验	112
4.5.9 实训三十四 监控定时器指令的仿真实验	114



4.6 方便指令与外部设备指令	115
4.6.1 方便指令简介	115
4.6.2 实训三十五 方便指令的仿真实验	116
4.6.3 外部 I/O 设备指令	118
4.6.4 外部设备指令	120
4.7 高速处理指令	121
4.7.1 与输入/输出有关的指令	121
4.7.2 高速计数器指令与脉冲输出指令	122
4.8 其他指令	124
4.8.1 实训三十六 时钟运算指令的仿真实验	124
4.8.2 定位控制指令与模拟量模块读/写指令	127
4.9 FX _{3U} 、FX _{3UC} 和 FX _{3G} 系列增加的应用指令	127
4.9.1 FX _{3U} 、FX _{3UC} 和 FX _{3G} 的应用指令新增的表示方法	127
4.9.2 FX _{3U} 、FX _{3UC} 和 FX _{3G} 系列增加的应用指令	129
4.10 习题	133
第 5 章 开关量控制系统梯形图设计方法	135
5.1 梯形图的经验设计法与继电器电路转换法	135
5.1.1 实训三十七 钻床刀架控制的仿真实验	135
5.1.2 实训三十八 小车两处送料的仿真实验	137
5.1.3 根据继电器电路图设计梯形图	140
5.1.4 实训三十九 时序控制设计法的仿真实验	143
5.2 顺序控制设计法与顺序功能图	145
5.2.1 步与动作	145
5.2.2 有向连线与转换条件	147
5.2.3 顺序功能图的基本结构	148
5.2.4 顺序功能图中转换实现的基本规则	150
5.3 使用 STL 指令的编程方法	152
5.3.1 控制程序的典型结构	152
5.3.2 STL 指令	153
5.3.3 实训四十 旋转工作台控制的仿真实验	153
5.3.4 实训四十一 运料矿车控制的仿真实验	156
5.3.5 实训四十二 自动门控制的仿真实验	157
5.3.6 实训四十三 专用钻床控制的仿真实验	159
5.4 使用置位复位指令的编程方法	162
5.4.1 实训四十四 深孔钻控制的仿真实验	163
5.4.2 实训四十五 小车顺序控制的仿真实验	164
5.4.3 实训四十六 运输带控制的仿真实验	166
5.4.4 实训四十七 交通灯控制的仿真实验	168
5.5 具有多种工作方式的系统的编程方法	171



5.5.1 机械手控制的工作方式	171
5.5.2 置位复位指令的编程方法应用	172
5.5.3 实训四十八 使用置位复位指令编程的仿真实验	177
5.5.4 实训四十九 使用 STL 指令编程的仿真实验	179
5.6 习题	184
第 6 章 模拟量模块使用方法与 PID 闭环控制	188
6.1 模拟量 I/O 模块的使用方法	188
6.1.1 模拟量 I/O 模块	188
6.1.2 模拟量输入模块的应用	190
6.1.3 模拟量输出模块的应用	192
6.2 PID 闭环控制	193
6.2.1 模拟量闭环控制系统	193
6.2.2 PID 控制器与 PID 指令	195
6.2.3 PID 控制器的参数整定方法	197
6.2.4 实训五十 PID 控制器参数整定的实验	203
6.3 习题	206
第 7 章 PLC 应用中的一些问题	207
7.1 PLC 控制系统的可靠性措施	207
7.1.1 硬件抗干扰措施	207
7.1.2 故障检测与诊断的编程	210
7.2 PLC 的通信与计算机通信网络	211
7.2.1 计算机通信的基础知识	211
7.2.2 计算机通信的国际标准	213
7.2.3 数据链接与无协议通信	217
7.2.4 实训五十一 PLC 并联链接通信实验	220
7.2.5 开放式通信网络	222
7.3 PLC 在变频器控制中的应用	223
7.3.1 电动机转速与旋转方向的控制	223
7.3.2 变频电源与工频电源的切换	224
7.3.3 电动机的多段转速控制	226
7.4 习题	227
附录	228
附录 A FX 系列应用指令简表	228
附录 B 随书光盘内容简介	233
参考文献	236

PLC 的硬件

1.1 怎样学习 FX 系列 PLC

1. 使用 PLC 需要学什么

三菱的 FX 系列 PLC 是国内应用最广、市场占有率最高的小型 PLC 之一，还有很多国产的 PLC 与 FX 系列兼容。使用 FX 系列，需要掌握以下技能：

1) 了解 FX 系列的硬件组成。

2) 熟练操作三菱 PLC 的编程软件，用它来生成项目和程序、调试程序和下载程序。FX 系列 PLC 早期主要使用手持式编程器，因为功能有限，操作不便，已被淘汰。FX 系列有专用的小型编程软件 FXGP/WIN-C，其功能有限。本书主要介绍功能强大的三菱全系列 PLC 的编程软件 GX Developer。

3) 熟悉 FX 的指令系统和程序结构，能阅读和理解用户程序，编写用户程序。

2. 学习 PLC 的工具

FX 系列的硬件价格较贵，现在虽然有一些国内的厂家生产与 FX 系列兼容的 PLC 或单板式 FX 学习机，但是有的价格较贵，有的支持的指令和功能有限，与三菱的 FX 系列 PLC 的功能相比尚有较大的差距。

三菱的梯形图逻辑测试工具（简称为 LLT）GX Simulator 是与编程软件 GX Developer 配套的仿真软件。它的功能强大、使用方便，支持 FX 绝大部分的指令。

可以用 GX Simulator 在通用计算机上做实验，模拟 PLC 硬件的运行，包括执行用户程序。读者在入门阶段完全可以用仿真软件代替硬件 PLC 来模拟调试程序，用软件学习用户程序的输入、修改、下载和调试的方法。

本书的随书光盘提供了中文版编程软件 GX Developer V8.86、中文版仿真软件 GX Simulator V6-C、视频教程和书中的绝大部分例程，为仿真实验创造了条件。

3. 学习 PLC 的主要方法是动手

如果不动手用编程软件和仿真软件（或 PLC 的硬件）进行操作，只是阅读教材或 PLC 的用户手册，不可能学会 PLC。

首先讲讲我自己学汇编语言的例子。20 世纪 80 年代国内流行一种叫做 Z80 的微处理器芯片，它的汇编语言有一百多条指令。开始没有实验装置，我买了一本教材来看，花了很多时间，心里也没有数，过不了几天看过的东西就忘了。

后来有了实验装置，我花了一个月的时间，经历了无数次的失败，实现了对工频频率的测量和显示。在这个过程中，“自然地”掌握了硬件、软件设计和程序调试的方法。并且印



象非常深刻，即使一两年没有接触它，不用备课，我都可以讲授 Z80 汇编语言的课程。

看十遍书不如动一次手，学习 PLC 的关键是动手。本书的特点是强调动手，强调实际操作。

编程软件的使用是 PLC 学习的重要内容。读者可以用编程软件来熟悉软件的使用方法，例如生成、编辑和调试用户程序。如果有 PLC，可以做下载、上载、程序运行、监控和故障诊断等实验。最好的实践方法是将自己编写的程序下载到硬件 PLC 后，进行模拟调试。所谓模拟调试，是指用小开关或按钮来模拟现场的开关量输入信号，用 PLC 上指示开关量输出点状态的发光二极管来观察程序运行的结果。

由于价格昂贵，一般的初学者没有用 PLC 做实验的条件。即使有一个小 PLC，其 I/O 点数和功能也很有限。PLC 的仿真软件为解决这一难题提供了很好的途径。仿真软件用来模拟 PLC 的系统程序和用户程序的运行，与硬件 PLC 一样，需要将用户程序下载到仿真 PLC，用键盘和鼠标给计算机屏幕上的仿真 PLC 提供输入信号，观察仿真 PLC 执行用户程序后输出信号的状态。

三菱的仿真软件 GX Simulator 与编程软件 GX Developer 配套使用，GX Simulator 使用方便、功能强大，可以对 FX 系列 PLC 的绝大多数指令仿真。仿真时可以使用编程软件的各种监控功能，做仿真实验和做硬件实验时用监控功能观察到的现象几乎完全相同。

新版的仿真软件可以对所有的 FX 系列 PLC 仿真，包括新一代的 FX_{3U}、FX_{3UC} 和 FX_{3G} 系列，还可以对三菱的大中型 PLC（Q 系列）仿真，并且对 I/O 点数也没有什么限制。

如果有一定的基础和条件，最好能参与实际的控制项目的设计、编程、安装和调试，或参与已有系统的改造，这是提高 PLC 应用能力的最佳途径。

4. 本书的特点

（1）以仿真实验为主要的学习手段

本书的主体是五十多个实训，FX 系列 PLC 应用的主要知识点都包含在这些实训里。绝大多数实训都可以做仿真实验。通过仿真实验，读者能轻松地掌握编程软件和仿真软件的操作方法，并且会留下难忘的印象。做完全部实训后，读者就能较全面地掌握 FX 系列 PLC 的使用方法。

（2）介绍了一整套先进的程序设计方法

本书介绍了开关量控制系统梯形图程序的设计方法，包括经验设计法，根据继电器电路图设计梯形图的方法，时序控制设计法和功能强大、使用方便的顺序控制设计法。这些编程方法易学易懂，可以用它们得心应手地设计出复杂的开关量控制系统的梯形图，还可以节约大量的设计时间。

（3）内容全面实用

现在有一些项目教学法的教材，但是往往涉及的面很窄，几乎只涉及开关量控制。本书除了大量的开关量控制的例程外，还通过大量的实例，详细地介绍了上百种应用指令、子程序和中断程序的使用方法。通过仿真实验，很容易掌握这些应用指令的使用方法。

本书还介绍了模拟量 I/O 模块的使用方法，PID 闭环控制指令和 PID 闭环控制器参数整定的方法，PLC 控制系统的抗干扰措施，PLC 的通信与计算机通信网络，用 PLC 控制变频器的方法等内容。

为了减少篇幅，本书尽量避免重复叙述相同的操作和出现相同的插图。如果读者是初学



FX 系列 PLC，建议按顺序做书中的实训。

(4) 介绍了三菱新一代小型 PLC

FX_{3U}、FX_{3UC} 和 FX_{3G} 系列是三菱第三代微型 PLC，它们是 FX_{2N}、FX_{2NC} 和 FX_{1N} 系列的升级产品，FX_{2N} 已经停产。本书介绍了 FX_{3G}、FX_{3U} 和 FX_{3UC} 的硬件和指令。

5. 例程的使用方法

建议一边阅读书中的实训，一边按实训中的叙述生成项目、编写程序和做仿真实验。随书光盘有四十多个与正文配套的例程，如果已经熟悉了软件的操作方法，可以在了解例程的功能和读懂程序的基础上，直接运行比较复杂的例程，做仿真实验。

如果读者有较强的计算机基础知识，对 FX 系列 PLC 的应用已经有一定的基础，在学习本书的同时，可以阅读作者编写的《FX 系列 PLC 编程及应用》第 2 版。

1.2 FX 系列 PLC 的硬件

1.2.1 FX 系列的硬件结构

1. 基本单元、扩展单元和扩展模块

FX 系列 PLC 采用整体式结构，提供多种不同 I/O 点数的基本单元、扩展单元、扩展模块、功能扩展板和特殊适配器供用户选用。基本单元内有 CPU、输入/输出电路和电源，扩展单元内只有输入/输出电路和电源，基本单元和扩展单元之间用扁平电缆连接。选择不同的硬件组合，可以组成不同 I/O 点数和不同功能的控制系统，满足用户的不同需要。FX 系列的硬件配置就像模块式 PLC 那样灵活。因为它的基本单元采用整体式结构，最多有 128 个 I/O 点，又具有比模块式 PLC 更高的性能价格比。

所有的基本单元上都有一个 RS-422 编程接口和 RUN/STOP 开关，FX_{3G} 还集成了一个 USB 接口。FX_{1S}、FX_{1N} 和 FX_{3G} 系列 PLC 有两个内置的设置参数用的小电位器，FX_{2N} 和 FX_{3U} 系列可以选用有 8 个小电位器的功能扩展板。

2. 功能扩展板与显示模块

功能扩展板的价格非常便宜。可以将一块或两块（与 CPU 型号有关）功能扩展板安装在基本单元内，不需要外部的安装空间。功能扩展板有以下品种：4 点开关量输入板，2 点开关量晶体管输出板，2 路模拟量输入板，1 路模拟量输出板，8 点电位器板，RS-232C、RS-485、RS-422 通信板和 FX_{3U} 的 USB 通信板。

微型设定显示模块 FX_{1N}-5DM、FX_{3G}-5DM 和 FX_{3U}-7DM 的价格便宜，可以直接安装在基本单元上，它们可以显示实时钟的当前时间和错误信息，也可以对定时器、计数器和数据寄存器等监视，还可以对设定值进行修改。

3. 特殊模块

FX 系列有很多特殊模块，例如模拟量输入/输出模块、热电阻/热电偶温度传感器输入模块、高速计数器模块、脉冲输出模块、定位单元/模块、可编程凸轮开关模块、CC-Link 主站模块、CC-Link 远程设备站模块、CC-Link 智能设备站模块、CC-Link/LT 主站模块、远程 I/O 系统主站模块、AS-i 主站模块、RS-232C 通信接口模块、RS-232C 通信适配器、RS-485 通信适配器和通信模块等。



4. 存储器

CPU 模块主要由 CPU 芯片和存储器组成。PLC 的存储器分为系统程序存储器和用户程序存储器。系统程序相当于个人计算机的操作系统，它使 PLC 具有基本的智能，能完成 PLC 设计者规定的各种工作。系统程序由 PLC 生产厂家设计并固化在 ROM 内，用户不能读取。

PLC 的用户程序由用户设计，它决定了 PLC 的输入信号与输出信号之间的具体关系。FX 系列将用户程序存储器的单位称为步。

PLC 常用以下几种存储器：

(1) 随机访问存储器 (RAM)

可以用编程软件读出 RAM 中的用户程序或数据，也可以将用户程序和运行时的数据写入 RAM。它是易失性的存储器，将它的电源断开后，储存的信息将会丢失。

RAM 的工作速度快、价格低、改写方便。FX_{2N}、FX_{2NC}、FX_{3U} 和 FX_{3UC} 用 RAM 来储存用户程序。为了在 PLC 断电后保存 RAM 中的用户程序和数据，专门为 RAM 配备了一个锂电池。锂电池可以用 2~5 年，使用寿命与环境温度有关。需要更换锂电池时，PLC 面板上的“电池电压过低”发光二极管亮，同时特殊辅助继电器 M8005 的常开触点接通，用它来接通控制屏面板上的指示灯亮或声光报警器报警，通知用户及时更换锂电池。

(2) 只读存储器 (ROM)

ROM 的内容只能读出，不能写入。它是非易失性的，即它的电源消失后，也能保存储存的内容。ROM 用来存放 PLC 的系统程序。

(3) 可电擦除的 EPROM (EEPROM)

它是非易失性的，也可以改写它的内容，兼有 ROM 的非易失性和 RAM 的随机读写的优点，但是写入数据所需的时间比 RAM 长得多。

FX_{1S}、FX_{1N} 和 FX_{3G} 等系列使用 EEPROM 来保存用户程序，不需要定期更换锂电池，成为几乎不需要维护的计算机控制设备。

FX_{2N}、FX_{3U} 等系列可以用安装在基本单元内的存储器盒来扩展存储器容量。EEPROM 盒可写入 10 000 次以上。PLC 安装了存储器盒后，它将取代内置 RAM 优先动作。

5. FX 系列产品型号的命名方法

FX 系列产品型号名称的含义如下（见图 1-1）：

①为子系列名称。例如 FX_{1S}、FX_{1N}、FX_{2N}、FX_{3G}、FX_{3UC} 等。

②为开关量输入、开关量输出点的总点数。

③为单元类型。例如 M 为基本单元，E 为输入/输出混合扩展单元与扩展模块，EX 为输入扩展模块，EY 为输出扩展模块。

④为输出形式。例如 R 为继电器输出，T 为晶体管输出，S 为双向晶闸管输出。

⑤为连接形式。例如 T 为 FX_{2NC} 的端子排方式，LT(-2)为内置于 FX_{3UC} 的 CC-Link/LT 主站功能。

⑥与⑧为电源和输入、输出类型等特性。例如无标记为 AC 电源、漏型输出，D 为 DC 电源、漏型输入/输出。详见随书光盘中的《FX 系列选型指南》。

⑦的 UL 表示符合 UL 标准（一种安全认证标准）。

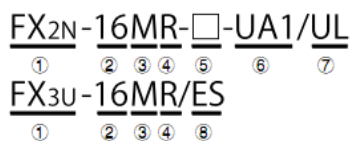


图 1-1 FX 系列的型号



例如 FX_{IN}-60MT-D 属于 FX_{IN} 系列,是有 60 个 I/O 点的基本单元,晶体管输出型,DC 电源、漏型输入/输出型。

6. FX 系列的子系列

经过不断的更新换代,FX 系列选型指南中保留的老产品还有 FX_{IS}、FX_{IN}、FX_{2N}、FX_{2NC} 和 FX_{INC} 这些子系列,它们在国内有很大的保有量。

FX_{3U}、FX_{3UC} 和 FX_{3G} 系列是三菱第三代微型 PLC,性能有大幅度的提高。FX_{3U}、FX_{3UC} 是 FX_{2N} 和 FX_{2NC} 系列的升级产品,FX_{3G} 是 FX_{IN} 系列的升级产品。FX_{2N} 的基本单元、选件、周边设备和部分扩展模块已于 2012 年 4 月停产,可用 FX_{3U} 的对应产品代替,新老产品的价格基本上相同。

7. FX 系列的共同性能规格

- 1) 采用反复执行存储程序的运算方式,有中断功能和恒定扫描功能。
- 2) 输入/输出控制方式为执行 END 指令时的批处理方式,有输入/输出刷新指令。
- 3) 编程语言为梯形图和指令表,可以用步进梯形指令或 SFC (顺序功能图) 来生成顺序控制程序,FX 系列有运行中变更程序的功能。
- 4) FX_{IS}、FX_{IN}、FX_{INC}、FX_{2N} 和 FX_{2NC} 有 27 条顺控指令,2 条步进梯形指令。FX_{3G}、FX_{3U} 和 FX_{3UC} 增加了 2 条顺控指令。主控指令最多嵌套 8 层 (N0~N7)。
- 5) 有 16 位变址寄存器 V0~V7 和 Z0~Z7。16 位十进制常数 (K) 的范围为 -32 768~+32 767,32 位常数的范围为 -2 147 483 648~+2 147 483 647。
- 6) FX_{IS}、FX_{IN}、FX_{INC}、FX_{2N} 和 FX_{2NC} 有 256 点特殊辅助继电器和 256 点特殊数据寄存器。FX_{3G}、FX_{3U} 和 FX_{3UC} 有 512 点特殊辅助继电器和 512 点特殊数据寄存器。
- 7) FX_{IS} 系列之外的基本单元的右侧可连接输入/输出扩展模块和特殊功能模块,基本单元输入回路的电源电压一般为 DC 24V。
- 8) 各系列均有内置的实时时钟和 RUN/STOP 开关。
- 9) 有 6 点输入中断和脉冲捕捉功能,有输入滤波器调整功能。可以同时使用 C235~C255 中的 6 点 32 位高速计数器。
- 10) 用功能扩展板来扩展 RS-232C、RS-485、RS-422 接口,可以实现 N:N 链接 (PLC 之间的简易链接)、并联链接、计算机链接通信;除了 FX_{IS},其他均可以实现 CC-Link、CC-Link/LT 和 MELSEC-I/O 链接通信。

8. 各系列的性能规格比较

各系列的简要性能规格见表 1-1。

表 1-1 FX 系列的简要性能规格

项 目	FX _{IS}	FX _{IN}	FX _{INC}	FX _{2N}	FX _{2NC}	FX _{3G}	FX _{3U}	FX _{3UC}
内置 RAM 存储器/步	-	-	-	8K	8K	-	64K	64K
可扩展 RAM 存储器/步	-	-	-	16K	16K	-	64K	64K
内置 EEPROM 存储器/步	2K	8K	8K	-	-	32K	-	-
可扩展 EEPROM 存储器/步	2K	8K	8K	-	-	32K	-	-
应用指令/种	85	89	89	132	132	112	209	209
每条基本指令处理速度/ μ s	0.55~0.7	0.55~0.7	0.55~0.7	0.08	0.08	0.21	0.065	0.065



(续)

项 目	FX _{1S}	FX _{1N}	FX _{1NC}	FX _{2N}	FX _{2NC}	FX _{3G}	FX _{3U}	FX _{3UC}
内置定位功能	2 轴独立					3 轴独立		
输入/输出/点	10~30	14~128	14~128	16~256	16~256	14~256	16~384	16~384
模拟电位器/点	2	2	2	—	—	2	—	—
辅助继电器/点	512	1 536	1 536	3 072	3 072	7 680	7 680	7 680
状态/点	128	1 000	1 000	1 000	1 000	4 096	4 096	4 096
定时器/点	64	256	256	256	256	320	512	512
16 位计数器/点	32	200	200	200	200	200	200	200
32 位计数器/点	—	35	35	35	35	35	35	35
高速计数器最高计数频率/kHz	60	60	60	60	60	60	200	100
数据寄存器/点	256	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000
16 位扩展寄存器/点	—	—	—	—	—	24 000	32 768	32 768
16 位扩展文件寄存器/点	—	—	—	—	—	24 000	32 768	32 768
CJ、CALL 指令用指针/点	64	128	128	128	128	2 048	4 096	4 096
定时器中断指针/点	—	—	—	3	3	3	3	3
计数器中断指针/点	—	—	—	6	6	—	6	6

1.2.2 FX_{1S}、FX_{1N}、FX_{1NC}、FX_{2N}与FX_{2NC}系列

1. FX_{1S} 系列

FX_{1S} 系列 PLC 是用于极小规模系统的超小型低价格 PLC。该系列有输入/输出分别为 6/4 点、8/6 点、12/8 点和 16/14 点的基本单元，有交流电源型和直流电源型，有继电器输出型和晶体管输出型，还可以同时输出 2 点 60kHz 的高速脉冲。

FX_{1S} 内可以安装一块 I/O 点扩展板、串行通信扩展板或模拟量扩展板，同时还可以安装 FX_{1N}-5DM 显示模块和扩展板。FX_{1S} 不能使用扩展模块和特殊模块。

2. FX_{1N} 系列

该系列有输入/输出分别为 8/6 点、14/10 点、24/16 点和 36/24 点的基本单元，有交流电源型和直流电源型（14 点的只有交流电源型）、继电器输出型和晶体管输出型，可以组成最多 128 个 I/O 点的系统，还可以使用扩展模块和特殊功能模块、FX_{1N}-5DM 显示模块和功能扩展板。一个单元可以同时输出 2 点 60kHz 的高速脉冲。

3. FX_{1NC} 系列

FX_{1NC}（见图 1-2）、FX_{2NC} 和 FX_{3UC} 的输入/输出为连接器型，它们属于紧凑型标准机型，具有很高的性能体积比。其他机型的输入/输出为端子排型，接线方便。

FX_{1N} 和 FX_{1NC} 的性能规格基本上相同。FX_{1NC} 有输入/输出分别为 8/8 点、16/16 点的基本单元，只有直流电源晶体管输出型，I/O 点数最多可以扩展到 128 点，不能安装显示模块和功能扩展板。

4. FX_{2N} 系列

FX_{2N}（见图 1-3）系列有输入/输出分别为 8/8 点、16/16 点、24/24 点、32/32 点、40/40



图 1-2 FX_{1NC} 系列 PLC



点和 64/64 点的基本单元，最多可扩展到 256 个 I/O 点，有继电器输出型、双向晶闸管输出型（仅交流电源型）和晶体管输出型，16 点和 128 的基本单元只有交流电源型。其他点数的基本单元有交流电源型，也有直流电源型。基本单元一般为直流输入，还有 16 点、32 点、48 点、64 点的交流电源/交流输入/继电器输出的基本单元。



图 1-3 FX_{2N} 系列 PLC

FX_{2N} 系列有多种 I/O 扩展单元和 I/O 扩展模块、特殊功能模块和功能扩展板。每个 FX_{2N} 基本单元可以扩展 8 个特殊单元，不能安装功能扩展板和显示模块。

5. FX_{2NC} 系列

FX_{2NC} 和 FX_{2N} 的性能指标基本上相同，最多可扩展到 256 个 I/O 点，连接 4 个特殊功能模块。FX_{2NC} 系列可以使用 FX_{0N} 和 FX_{2N} 的扩展模块，不能安装显示模块和功能扩展板。

FX_{2NC} 有 16 点、32 点、64 点和 96 点直流电源晶体管输出的基本单元，16 点的还有继电器输出型。

1.2.3 FX_{3G}、FX_{3U} 与 FX_{3UC} 系列

1. 第三代 PLC 的特点

FX_{3G}、FX_{3U} 和 FX_{3UC} 系列 PLC 有很好的扩展性，独具双总线扩展方式。左侧总线可连接最多 4 台模拟量适配器和通信适配器，数据传输效率高。右侧总线则充分考虑到与原有系统的兼容性，可连接 FX_{2N} 系列的 I/O 扩展模块和特殊功能模块。基本单元上可安装一块或两块功能扩展板（与型号有关），可以根据客户的需要组合出性价比最高的控制系统。存储器容量和软元件的数量也有较大幅度的提高（见表 1-1），增加了大量的指令。

2. FX_{3G} 系列

FX_{3G}（见图 1-4）是 FX_{1N} 的升级产品，基本单元集成有 RS-422 和 USB 通信接口。

该系列有输入/输出分别为 8/6 点、14/10 点、24/16 点和 36/24 点的基本单元，只有交流电源型，有继电器输出、晶体管源型输出型和漏型输出型。最多 256 个 I/O 点（包括 128 点 CC-LINK 网络 I/O），基本单元左侧最多可连接 4 台 FX_{3U} 特殊适配器。

程序容量为 32K 步，基本指令处理速度达 0.21μs。新增的 64 个 1ms 定时器使定时更加精确，状态的点数是 FX_{1N} 的 4 倍，辅助继电器



图 1-4 FX_{3G} 的基本单元



的点数是 FX_{IN} 的 5 倍。

通过内置的 RS-422/USB 通信接口、用于通信的功能扩展板、特殊适配器和特殊功能模块，可实现编程通信、简易 PC 间链接、并联链接、计算机链接、变频器通信、无协议通信、CC-Link 和 CC-Link/LT 通信；还可以设置两级密码，即设置设备制造商和最终用户的访问权限，每级 16 个字符；增加了“无关键字程序保护”设定，即使知道设备制造商密码也不能读取 PLC 中的程序。

3. $\text{FX}_{3\text{U}}$ 系列的基本单元

$\text{FX}_{3\text{U}}$ （见图 1-5）有输入/输出分别为 8/8 点、16/16 点、24/24 点、32/32 点、40/40 点和 64/64 点的基本单元，最多可以扩展到 384 个 I/O 点（包括通过 CC-LINK 扩展的远程 I/O 点），有交流电源型和直流电源型（128 点的只有交流电源型），有继电器输出、晶体管源型输出和漏型输出型，可连接 $\text{FX}_{0\text{N}}$ 、 $\text{FX}_{2\text{N}}$ 和 $\text{FX}_{3\text{U}}$ 系列的特殊单元和特殊模块。



图 1-5 $\text{FX}_{3\text{U}}$ 系列 PLC

4. $\text{FX}_{3\text{U}}$ 的高速计数与定位功能

$\text{FX}_{3\text{U}}$ 系列有高速输入/输出适配器、7 种模拟量输入/输出和温度输入适配器，这些适配器不占用系统点数，使用方便。

$\text{FX}_{3\text{U}}$ 晶体管输出型基本单元内置 6 点可以同时达到 100kHz 的高速计数器，此外，还有两点 10kHz 和两点两相 50kHz 的高速计数器；内置 3 轴独立最高 100kHz 的定位功能，可以同时输出最高 100kHz 的脉冲；增加了几条新的定位指令，使定位控制功能更强，使用更为方便；加上高速输出适配器，可以实现最多 4 轴、最高 200kHz 的定位控制；使用高速输入适配器可以实现最高 200kHz 的高速计数。

5. $\text{FX}_{3\text{U}}$ 模拟量控制功能

$\text{FX}_{3\text{U}}$ 最多可以连接 4 个模拟量输入/输出和温度输入适配器。它的带符号位的 16 位高分辨率 A-D 转换模块的转换时间缩短到 500 μs ，与 $\text{FX}_{2\text{N}}$ 相比，转换速度提高了近 30 倍，基本单元与 A-D 转换模块之间的数据传送速度提高了 3~9 倍。A-D 转换模块除了常规的数字滤波功能外，还有峰值保持功能、数据加法功能、突变检测功能和自动传送数据寄存器的功能，每个通道可以记录 1 700 次 A-D 转换值。模拟量数据可以自动更新，不需要使用 FROM/TO 指令。

6. $\text{FX}_{3\text{U}}$ 通信功能

$\text{FX}_{3\text{U}}$ 系列增强了通信功能，最多可以同时使用 3 个通信口（包括编程口、功能扩展板和通信适配器）和连接两个通信适配器；可以使用带 RS-232C、RS-485 和 USB 接口的通信功能扩展版；还可以通过内置的编程口连接计算机或 GOT 1000 系列人机界面，实现 115.2kbit/s 的高速通信。通过 RS-485 通信接口， $\text{FX}_{3\text{UC}}$ 可以控制 8 台三菱的变频器，并且能修改变频器