

# 模块化嵌入式数控系统

申请号：[200410101031.2](#)

申请日：2004-12-02

申请(专利权)人 [齐放](#)

地址 116021辽宁省大连市沙河口区黄河路566-2-30-6

发明(设计)人 [齐放](#)

主分类号 [G05B19/18](#)

分类号 [G05B19/18](#) [G05B19/4097](#) [G05B19/41](#) [G05B15/02](#)

公开(公告)号 1624612A

公开(公告)日 2005-06-08

专利代理机构 [大连东方专利代理有限责任公司](#)

代理人 [安宝贵](#)

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410101031.2

[51] Int. Cl.

G05B 19/18 (2006.01)  
G05B 19/4097 (2006.01)  
G05B 19/41 (2006.01)  
G05B 15/02 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008 年 4 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 100381959C

[22] 申请日 2004.12.2

[21] 申请号 200410101031.2

[73] 专利权人 齐放

地址 116021 辽宁省大连市沙河口区黄河路 566-2-30-6

[72] 发明人 齐放

[56] 参考文献

CN1361057A 2002.7.31

WO2004/070481A1 2004.8.19

CN1458555A 2003.11.26

WO2004/082977A1 2004.9.30

机电工程, 2000 年 3 期. 王振华、朱国力, 参见期刊第 48 页左栏第 6 行. 右栏第 4 行, 图 5、图 6, 基于 CAN 总线的开放式网络数控系统研究. 2003

机械工人(冷加工), 2003 年 03 期. 赵永瑞、李刚, 参见期刊第 50 页左栏第 1 行. 第 51 页右栏第 40 行, 德国 EPIS 公司嵌入式控制系统. 2003

审查员 王立石

[74] 专利代理机构 大连东方专利代理有限责任公司

代理人 安宝贵

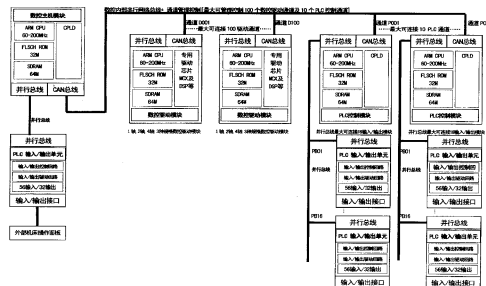
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 8 页

[54] 发明名称

模块化嵌入式数控系统

[57] 摘要

本发明公开一种模块化嵌入式数控系统装置, 包括数控内部的 CAN 串行网络总线与与外部设备连接的全部外部接口, 其特征在于还包括内部固化模块化可重构嵌入式数控操作系统软件库的 CPU 管理控制模块, 内部固化模块化嵌入式驱动控制软件库的 1 轴, 2 轴或 4 轴的驱动控制模块, 和内部固化模块化嵌入式 PLC 控制软件库的 PLC 管理控制模块以及前述各模块间实现网络连接的数控内部串行网络总线和多通道(路径)管理控制软件包。该系统应用数控内部 CAN 串行网络总线和数控多通道技术, 采用模块化的数控硬件控制模块, 使数控系统可以按用户要求进行模块化组合, 具有高效率, 高精度, 高性价比的优势, 适用于设备制造业的各种数控设备中。



1. 一种模块化嵌入式数控系统装置, 包括数控内部的 CAN 串行网络总线与与外部设备连接的外部接口, 其特征在于还包括有内部固化了多通道可重构嵌入式数控操作系统软件库的 CPU 管理控制模块, 内部固化了多通道模块化嵌入式数控驱动控制系统软件库的 1 轴, 2 轴或 4 轴的驱动控制模块和内部固化了多通道模块化嵌入式 PLC 控制系统软件库的 PLC 管理控制模块以及前述各模块间实现网络连接的数控内部串行网络总线和数控多通道管理控制软件包, 实现最大 100 通道的数控驱动管理控制和最大 10 通道的 PLC 管理控制。

2. 根据权利要求 1 所述的模块化嵌入式数控系统装置, 其特征在于所述的 CPU 管理控制模块, 由 ARM CPU 主控板和 CAN 串行网络总线接口组成, 其内部固化模块化可重构嵌入式数控操作系统软件库包括系统显示, 键盘管理, 文件编辑和方式管理等数控的基本操作功能。

3. 根据权利要求 2 所述的模块化嵌入式数控系统装置, 其特征在于所述的 CPU 管理控制模块内部固化的多通道可重构嵌入式数控操作系统, 还包括用于数控内部串行网络总线管理的数控多通道管理控制软件包, 可以根据用户需要选择配置数控驱动通道和 PLC 控制通道, 执行最大 100 个数控驱动通道和最大 10 个 PLC 控制通道。

4. 根据权利要求 3 所述的模块化嵌入式数控系统装置, 其特征在于所述的内部固化了多通道模块化嵌入式数控驱动控制系统软件库的 1 轴, 2 轴或 4 轴的驱动控制模块, 由 ARM CPU, CAN 串行网络总线接口和 1 轴, 2 轴或 4 轴专用运动控制芯片 MCX 或 DSP 组成的独立的数控驱动控制系统, 可以实现驱动模块的全部动作, 以及具有伺服驱动器相关输入/输出的控制功能, 而且各通道独立完成 1 轴驱动控制, 2 轴插补, 2 轴联动控制或 3 轴插补, 4 轴联动驱动控制的全部功能。

5. 根据权利要求 4 所述的模块化嵌入式数控系统装置, 其特征在于所述的 1 轴, 2 轴或 4 轴的驱动控制模块, 内部固化的多通道模块化嵌入式数控驱动控制系统, 还包括用于数控内部串行网络总线管理的数控多通道管理控制软件包, 包括数控驱动通道管理控制函数库和多通道节点管理控制函数库, 实现最大 100 个数控驱动通道的独立控制。

6. 根据权利要求 5 所述的模块化嵌入式数控系统装置, 其特征在于所述的内部固化了多通道模块化嵌入式 PLC 控制系统的 PLC 控制模块, 由 ARM CPU, CPLD, CAN

串行网络总线接口和 16 个 PLC 输入输出接口单元构成，包括 PLC 代码编译控制软件函数库和 PLC 输入/输出接口模块管理函数库，实现由 PLC 控制模块独立完成的 PLC 输入/输出控制。

7. 根据权利要求 6 所述的模块化嵌入式数控系统装置，其特征在于所述的 PLC 控制模块内部固化的多通道模块化嵌入式 PLC 控制系统，还包括可实现多通道管理控制的数控多通道管理控制软件包，实现最大 10 个 PLC 控制通道的独立控制。

## 模块化嵌入式数控系统

### 技术领域

本发明涉及数控机床的数控系统，尤其涉及一种适用于多功能复合加工数控机床的多轴多通道控制的模块化嵌入式数控系统装置。

### 背景技术

众所周知，数控系统是一种适用于数控机床行业的专用位置控制装置，主要包括主机，驱动控制和 PLC 控制 3 大部分，必须具有执行数控指令，实现位置控制和加工轨迹处理的功能。数控系统是软硬件固定结构的控制装置，无法简单实现组合控制。

目前国内市场上的数控系统，包括嵌入式，开放式及网络式数控系统，主要由并行或串行总线连接 1 组数控主机模块，1 组数控驱动模块和 1 组 PLC 控制模块构成。数控主机模块是一种能完成 1 组驱动控制的加工数据输入，加工数据处理，加工轨迹处理和数据通讯的整体控制结构。数控驱动模块仅完成进给控制。数控系统的操作控制软件则为执行 1 组数控指令代码实现加工轨迹处理的一体化结构。这种一体化结构使管理系统和驱动系统无法成为各自独立的模块，因而不能实现多通道控制。究其原因，不外乎三点：其一，只能管理 1 组数控驱动模块和 1 组 PLC 控制模块；其二，由数控主机模块执行数控加工程序处理，其程序系统为包括加工数据处理和加工轨迹处理的一体化软件结构，进而使数控驱动模块丧失了独立的数控处理功能；其三，不具有多通道控制管理功能。

国际上的用于复合加工的多通道数控系统，主要由并行或串行总线连接 1 组数控主机模块，2-4 组数控驱动模块，1 组 PLC 控制模块构成。数控主机模块完成 2-4 组驱动控制的加工数据输入，加工数据处理，加工轨迹处理，数据通讯，多通道控制管理。数控驱动模块仅完成进给控制。数控系统的操作控制软件执行 2-4 组数控指令代码实现加工轨迹处理的一体化，相应的管理系统和驱动系统则无法成为各自独立的模块。上述多通道数控系统仅能实现固定结构的复合加工数控机床的控制，仅适用于一定通道和一定轴数的固定结构的复合加工数控机床，无法实现数控驱动模块的自由组合。对于不同的复合机产品，必须修改相关的硬件以及与其相关的控制软件。究其原因则是（1）只有 1 组 PLC 控制模块；（2）数控主机模块执行全部数控加工程序的处理，包

括加工数据处理和加工轨迹处理的一体化软件结构，数控驱动模块仅实现进给控制。

由王振华等发表在机电工程 2000 年第 17 卷第 3 期上的《基于 CAN 总线的开放式网络数控系统研究》便公开了这样一种方案。文中的图 5 所展示的就是只有一组数控主机模块（IPCI 控机）、一组数控驱动模块（运动控制板）和一组 PLC 控制模块（PLC 板）。该基于 CAN 总线的开放式网络数控系统就是单一通道结构的数控系统。所谓通道，在数控技术领域有着明确的定义，数控通道系指数控系统的控制路径，每个通道只可以执行一个完整的数控机床的控制动作。所谓的数控驱动通道，系指该数控驱动通道可控制一组数控驱动模块，完成一组数控指令代码，实现加工轨迹处理动作和/或一个完整的数控加工工序；所谓的 PLC 控制通道，系指该通道可控制一组 PLC 控制模块，完成一个完整的顺序逻辑控制动作循环。

复合加工数控机床没有一定的结构限制，数控系统的结构自然也要因机床结构而异。1 台复合加工数控机床可以是具有 1 通道 2 轴车床加工功能的模块、1 通道 3 轴铣床加工功能模块和/或 1 通道 3 轴机械手功能的模块，由这三种模块构成了一种自动上下料车铣复合加工机床，需要配置 3 通道 8 轴的数控系统；而 1 台复合加工数控机床也可以是由 3 通道 2 轴车床加工功能的模块和 1 通道 3 轴机械手功能的模块构成，称为自动上下料纵切复合加工机床，需要配置 4 通道 5 轴的数控系统；而 1 台复合加工数控机床也可以是由 2 通道 2 轴立式车床加工功能的模块和 1 通道 1 轴磨床加工功能的模块构成，称为正倒立式车磨复合加工机床，需要配置 3 通道 3 轴的数控系统。实际上各厂家生产的复合加工数控机床都是针对不同的加工工件要求进行不同的配置，而目前进口的多通道数控系统的限制一定结构，一定的轴数，一定的通道数，除了对少数用户适用，对绝大多数用户都是不适用的，而且价格极为昂贵。国内为了满足不同特殊功能复合加工数控机床的需要时，即使是简单的 2 通道复合加工数控机床，也不得不采用多台不同功能的数控系统来满足每个通道的需要。迫于数控系统的主机一体化和数控指令处理的一体化方式，即由数控主机模块来完成数控指令代码的输入、编辑、加工数据的编译、加工数据的处理以及加工轨迹的处理方式，数控系统的生产厂家只好退而求其次，转而限定数控系统的功能，去开发专用于 2 轴车床的数控系统，3 轴铣床数控系统，3 轴磨床数控系统，3 轴冲床数控系统和/或 5 轴加工中心数控系统等不同功能的数控系统。显然，这是一种避重就轻，舍本求末的作法。即使是目前国内已经实现的 5 轴联动数控系统，由于单位时间内只能执行 1 组数控指令的加工工序，也无法实现多通道的复合加工。因此在未来的复合加工数控机床行业中，采用可自由组合的多通道数控系统已势在必行。

## 发明内容

本发明的提出，旨在改变数控系统的数控加工数据处理的一体化软件结构和采用可重构嵌入式控制模块结构，在数控系统的各控制模块内部固化独立的控制系统，使数控驱动模块具有独立的数控加工数据管理控制功能，通过数控内部串行网络总线和数控多通道管理控制软件包，实现多通道数控驱动控制及多通道 PLC 控制。

### 本发明的技术解决方案是这样实现的：

一种模块化嵌入式数控系统装置，包括数控内部的 CAN 串行网络总线和与外部设备连接的全部外部接口，其特征在于该数控系统装置还包括内部固化了多通道模块化可重构嵌入式数控操作系统软件库的 CPU 管理控制模块，内部固化多通道模块化嵌入式数控驱动控制系统软件库的 1 轴、2 轴或 4 轴驱动控制模块和内部固化了多通道模块化嵌入式 PLC 管理控制软件库的 PLC 管理控制模块以及各模块间实现网络连接的数控内部串行网络总线和多通道管理控制软件包，实现最大 100 通道的数控驱动管理控制和最大 10 通道的 PLC 管理控制。

### 本发明的技术解决方案还包括：

所述的内部固化模块化嵌入式可重构数控操作系统软件库的 CPU 管理控制模块由 ARM CPU 主控板和标准的 PLC 输入/输出接口模块组成，ARM CPU 内部集合了所有必要的外部接口，还增加了 CAN 串行网络总线接口。

所述的内部固化模块化嵌入式可重构数控操作系统软件库包括系统显示，键盘管理，文件编辑和方式管理等数控系统的基本操作功能。

所述的内部固化模块化嵌入式可重构数控操作系统软件库还包括数控多通道（路径）管理控制函数库，可实现 1-110 通道的管理及控制。可实现最大 100 通道的驱动管理控制和最大 10 通道的 PLC 管理控制。

### 本发明的技术解决方案还包括：

所述的内部固化模块化嵌入式 1 轴、2 轴或 4 轴的驱动控制软件库的 1 轴、2 轴或 4 轴的驱动模块由 ARM CPU，CAN 网络接口和 1 轴、2 轴或 4 轴专用运动控制芯片构成，可以自动实现 1 轴、2 轴或 4 轴驱动进给脉冲的全部动作，如自动加减速，定位控制，脉冲反馈计数等控制功能，以及具有伺服驱动器相关输入/输出的控制功能和自动实现多轴直线/圆弧插补及联动功能。

所述的内部固化模块化嵌入式 1 轴、2 轴或 4 轴的驱动控制软件库还包括：

（1）可实现多通道管理控制的数控多通道（路径）管理控制软件包。系统可以根据用户需要选择配置驱动通道，最大可以配置 100 个驱动通道；

(2) 驱动模块的独立 CPU 管理系统, 该系统能实现驱动模块的伺服控制;

(3) 各通道独立完成 4 轴伺服驱动的进给控制, 以及 3 轴直线/圆弧插补和 4 轴联动控制。

**本发明的技术方案还包括:**

所述的内部固化模块化嵌入式 PLC 控制软件库的 PLC 管理控制模块由 ARM CPU, 可编程逻辑控制芯片 CPLD, CAN 网络接口和一组标准 PLC 输入/输出接口模块所组成, 由 PLC 管理控制模块的内部并行总线接口, 最大可以连接 16 个标准 PLC 输入/输出模块。

所述的内部固化模块化嵌入式 PLC 控制软件库包括:

(1) 可实现多通道管理控制的数控多通道(路径)管理控制软件包。系统可以根据用户需要选择配置 PLC 控制通道, 最大可以配置 10 个 PLC 控制通道;

(2) 可实现由 PLC 控制模块内部并行总线控制的 PLC 输入/输出接口模块管理函数库。系统每个通道可以根据用户需要选择配置最多 16 个 PLC 输入/输出接口模块;

(3) 实现由 PLC 控制模块独立完成 PLC 的输入/输出控制的独立 CPU 管理系统;

(4) PLC 控制模块内部固化嵌入式标准 PLC 代码编译控制软件函数库。

与现有技术相比较, 改变数控系统的数控加工数据处理的一体化软件结构, 采用可重构嵌入式控制模块结构, 在数控系统的各控制模块内部固化独立的控制系统, 数控驱动模块具有独立的数控加工数据管理控制功能, 实现了每个数控驱动通道都可以独立的进行数控加工的 3 轴插补, 4 轴联动, 通过数控内部串行网络总线和数控多通道管理控制软件包, 实现多轴多通道复合加工数控机床的可组合结构的多通道数控驱动控制及多通道 PLC 控制。可以根据用户要求, 在新产品的开发过程中, 仅修改数控操作系统的软件部分, 无须重新进行硬件设计及调试, 从而大幅降低了多通道数控系统新产品的开发成本, 大幅缩短研发周期, 在短时间内完成多轴多通道的各种数控设备的数控系统产品的开发。系统还具有高效率, 高精度和高可靠性的特点, 适用范围广, 性价比高, 适用于设备制造行业的各种数控设备中。

**附图说明**

图 1 模块化嵌入式数控系统的数控模块的基本结构原理框图。

图 2 模块化嵌入式数控系统的 CPU 管理控制模块工作原理框图。

图 3 模块化嵌入式数控系统的 1 轴规格数控驱动模块工作原理框图。

图 4 模块化嵌入式数控系统的 2 轴规格数控驱动模块工作原理框图。

图 5 模块化嵌入式数控系统的 4 轴规格数控驱动模块工作原理框图。



图6 模块化嵌入式数控系统的 PLC 控制模块工作原理框图。

图7 模块化嵌入式数控系统的 PLC 输入/输出接口单元工作原理框图。

图8 模块化嵌入式数控系统的多通道模块化嵌入式软件库流程框图。

图1 是本发明的说明书摘要附图。

## 具体实施方式

如图1~8所示的一种模块化嵌入式数控系统，是由模块化可重构嵌入式数控软件库和数控硬件控制模块构成，通过数控内部串行网络总线和数控多通道（路径）管理控制函数库及数据库，实现多通道驱动控制及多通道 PLC 控制。

### 1. 模块化可重构嵌入式数控软件库

模块化嵌入式数控系统的模块化可重构嵌入式数控软件库由功能丰富的模块化数控函数库和数控数据库构成。通过对操作系统引导程序的初始设定，可根据产品的需要引导链接相关的数控软件函数库。模块化嵌入式数控系统具有较强的开放性的特点，可以根据用户的要求追加用户指定的功能函数库，在短时间内完成各类通用和专用设备数控系统的软件开发。该数控软件库包括：

- (1) 模块化可重构嵌入式数控操作系统（CPU 管理控制模块内部固化的独立的数控操作系统）。
- (2) 模块化嵌入式数控驱动系统（驱动控制模块内部固化的独立的数控驱动系统）。
- (3) 模块化嵌入式 PLC 控制系统（PLC 控制模块内部固化的独立的 PLC 控制系统）。

### 2. 数控硬件控制模块

模块化嵌入式数控系统的数控硬件控制模块应用 ARM，DSP 及 CPLD 现代控制技术及网络通讯技术，采用 32 位多 CPU 控制，32 位 ARM CPU 处理器内部具有三级流水线控制的并行处理功能，运算频率达到 75-200M。采用多 CPU 控制技术，使每一个模块都能够具有独立的管理控制功能，实现高速高精度的多轴多通道位置控制。

数控硬件控制模块由三种标准工业产品组合模块构成：

- (1) CPU 管理控制模块（可用于主 CPU 管理控制模块及 PLC 控制模块）；
- (2) 数控驱动模块（含 1 轴、2 轴或 4 轴 3 种规格的驱动模块）；
- (3) PLC 输入/输出接口模块（输入：56 点/输出：32 点）。

采用以上三种标准工业产品模块（5 个规格产品），可实现各种数控系统的模块化组合，基本满足 1-多轴的各种通用和专用设备数控系统的硬件控制要求。

#### (1) CPU 管理控制模块

数控主机模块采用 32 位 ARM CPU 主板，标准系统显示器接口，系统键盘接口，系统控制总线。显示器接口兼容 LCD 驱动和 CRT 驱动，支持 240x160，320x240，640x480，800x600，1024x768 等多种规格的 LCD 显示及触摸屏显示操作。数控主机模块配有标准 USB 接口和标准以太网接口，实现现代化生产的网络通讯，可提供用户间的信息交换。数控系统中采用 U 盘存储技术和内置模块化可重构嵌入式数控操作系统软件库。

## **(2) 数控驱动模块**

数控驱动模块配置独立的 32 位 ARM CPU 控制，采用专用运动控制芯片。可以实现高速度高精度的全闭环位置控制以及直线插补和圆弧插补，驱动速度可达到 4000KPPS 进给脉冲输出。可实现 240 米/分进给速度的控制。配有主轴控制输出接口，主轴速度反馈接口和手摇脉冲发生器输入接口，可以实现主轴同步控制功能。

数控驱动模块包括 1 轴、2 轴或 4 轴 3 种规格的标准产品化数控驱动模块；内置模块化嵌入式驱动控制软件库；数控驱动模块可以独立完成 3 轴插补和 4 轴联动。

## **(3) PLC 控制模块**

PLC 控制模块采用独立的 32 位 ARM CPU 控制，内置模块化嵌入式 PLC 控制软件库，具有独立的标准 PLC 控制功能。可以自动完成 PLC 程序的编译和 PLC 全部执行过程的独立控制。

模块化嵌入式数控系统通过数控内部串行网络总线，最多可以配置 10 个 PLC 控制通道，每个 PLC 控制模块为 1 个独立的 PLC 控制通道。每个独立的 PLC 控制通道具有独立的 PLC 控制功能。

每个 PLC 控制模块内部的并行控制总线上可以配置最大 16 个 PLC 输入输出接口单元。每个 PLC 输入输出接口单元上有 56 个输入点和 32 个输出点。可以实现最大 896 点输入（1x16x56）和 512 点输出（1x16x56）的标准 PLC 控制。

采用组合模块化控制技术结构，模块化嵌入式数控系统可以根据用户的通用设备和专用设备的具体要求配置 PLC 控制模块和 PLC 输入/输出接口单元。可以实现最大 8960 点输入（10x16x56）和 5120 点输出（10x16x32）的标准 PLC 控制。

## **3. 数控内部串行网络总线**

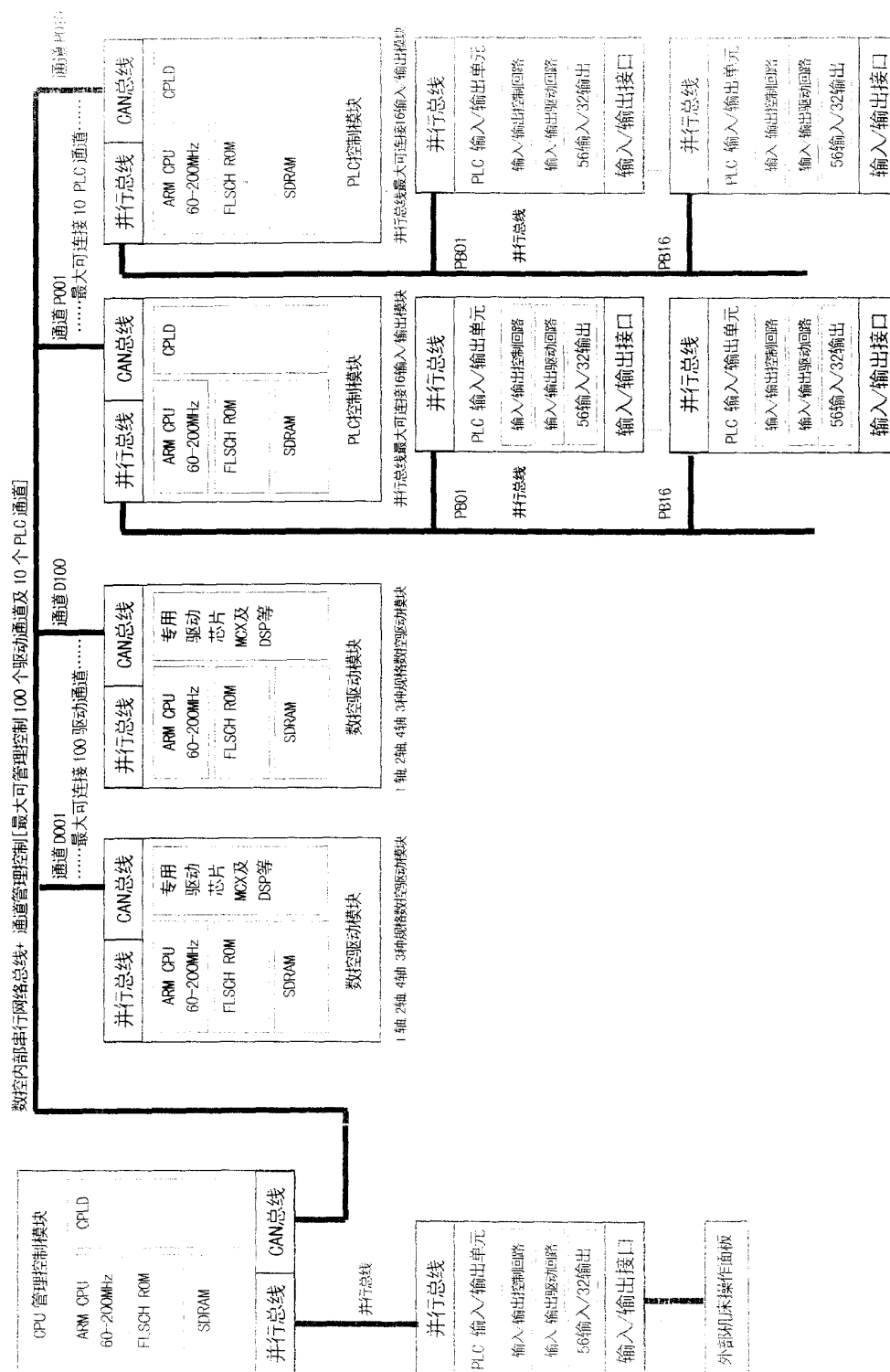
模块化嵌入式数控系统的数控硬件控制模块具有独立的管理控制功能，采用数控内部串行网络总线，大大地减少了系统内部配线，有效地提高了数控系统的抗干扰特性，实现模块化嵌入式数控系统的多节点通讯控制。

数控内部串行网络总线采用 CAN 串行网络总线，标准 CAN 网络通讯协议可以实现大于 110 节点的网络控制及管理。支持标准 CAN 网络通讯协议的用于数控内部串行网

络总线管理的数控多通道管理控制软件包，可实现最大 100 通道的驱动管理控制和最大 10 通道的 PLC 管理控制。

#### **4. 多通道管理核心控制技术**

模块化嵌入式数控系统的数控硬件控制模块具有独立的管理控制功能，应用多通道管理核心控制技术的数控多通道管理控制软件包，包括多通道控制管理函数库，多通道数控驱动模块数据库，多通道 PLC 控制模块数据库和多通道数控指令数据库，可以根据用户需要选择配置数控驱动通道和 PLC 控制通道，实现最大 100 个独立驱动通道和最大 10 个独立 PLC 控制通道的控制管理，每个驱动通道都可以独立的进行数控加工的 3 轴插补，4 轴联动，驱动通道可以实现全部驱动轴的联动控制；每个 PLC 控制通道都可以独立地完成 PLC 控制。



一  
圖

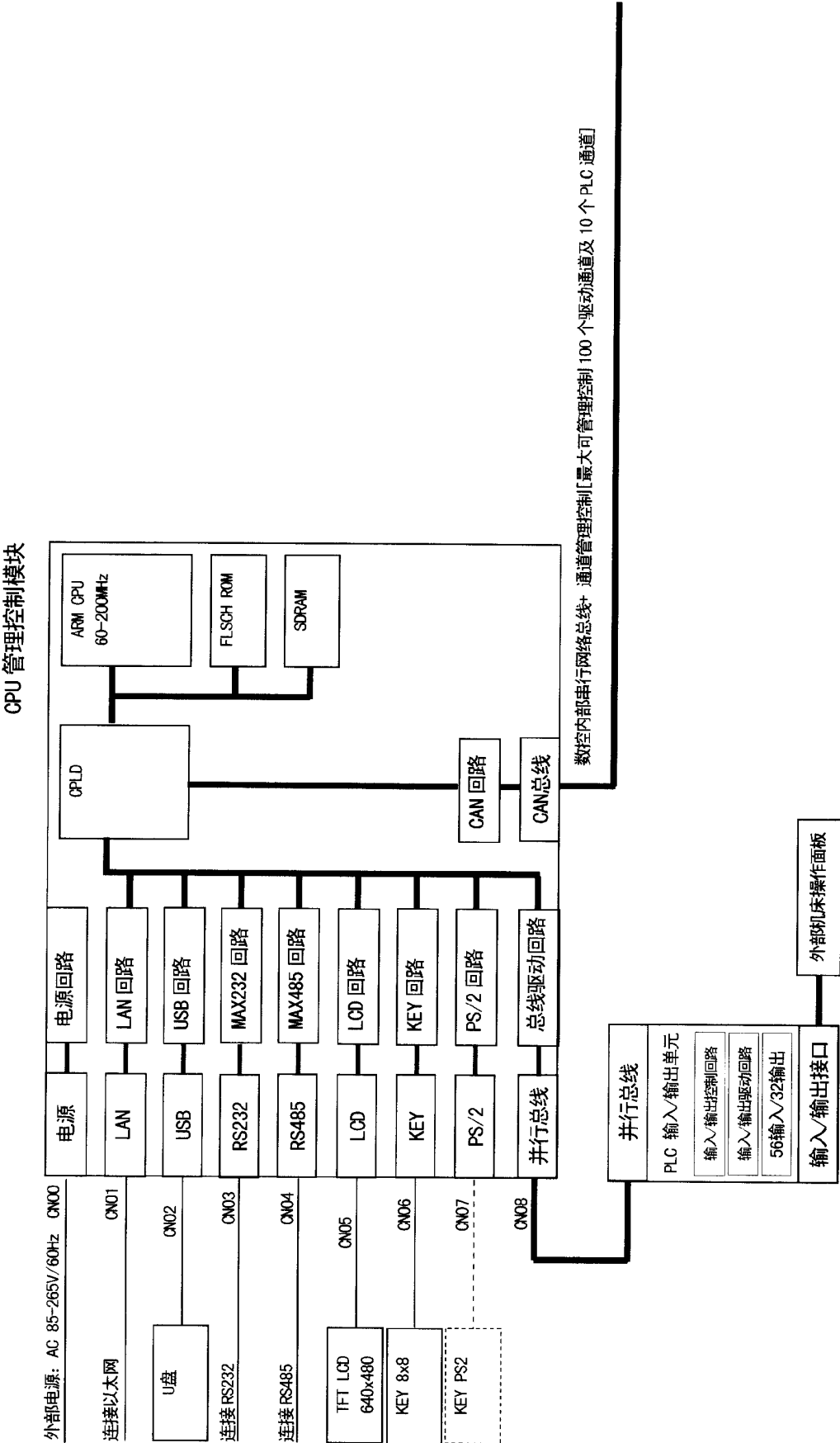


图 2

1 轴规格数控驱动模块

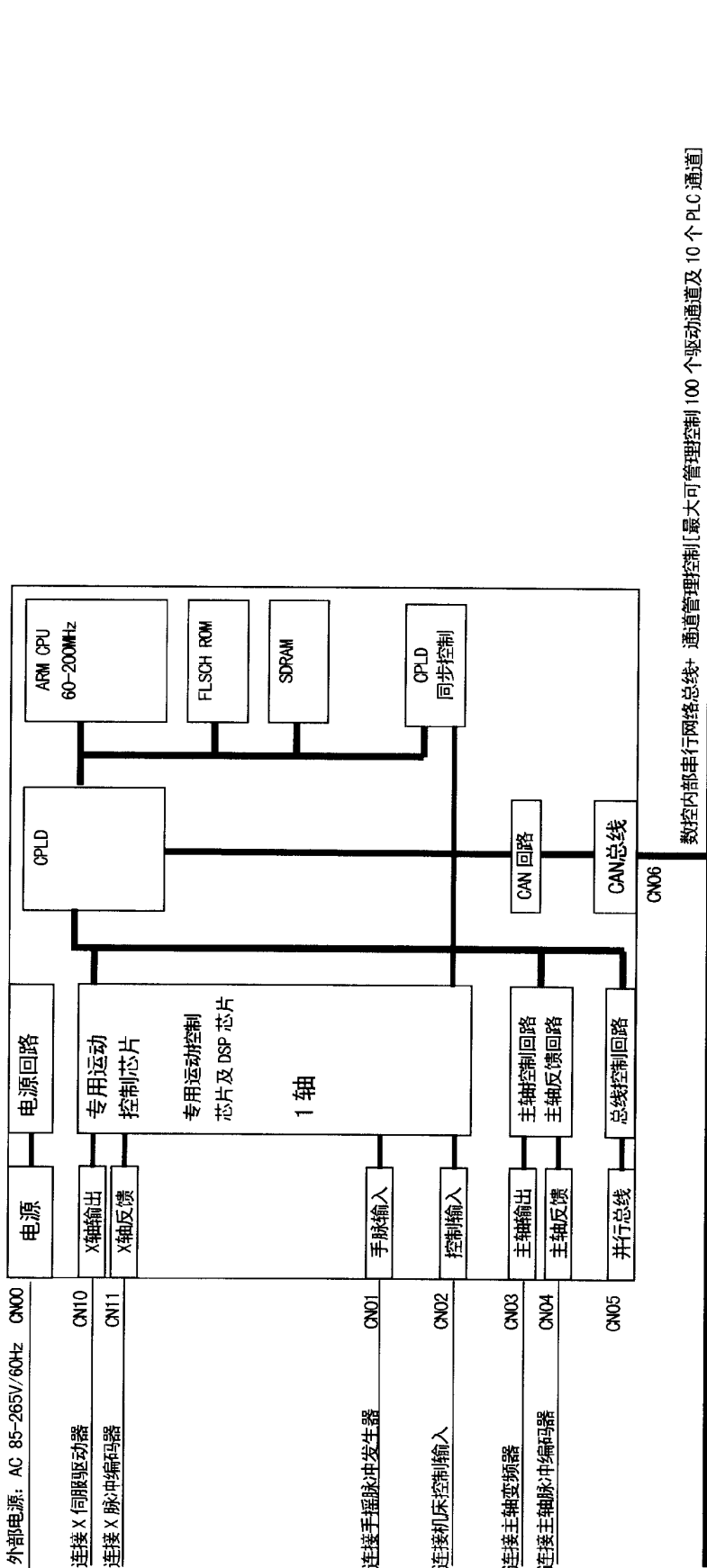


图 3



4 轴规格数控驱动模块

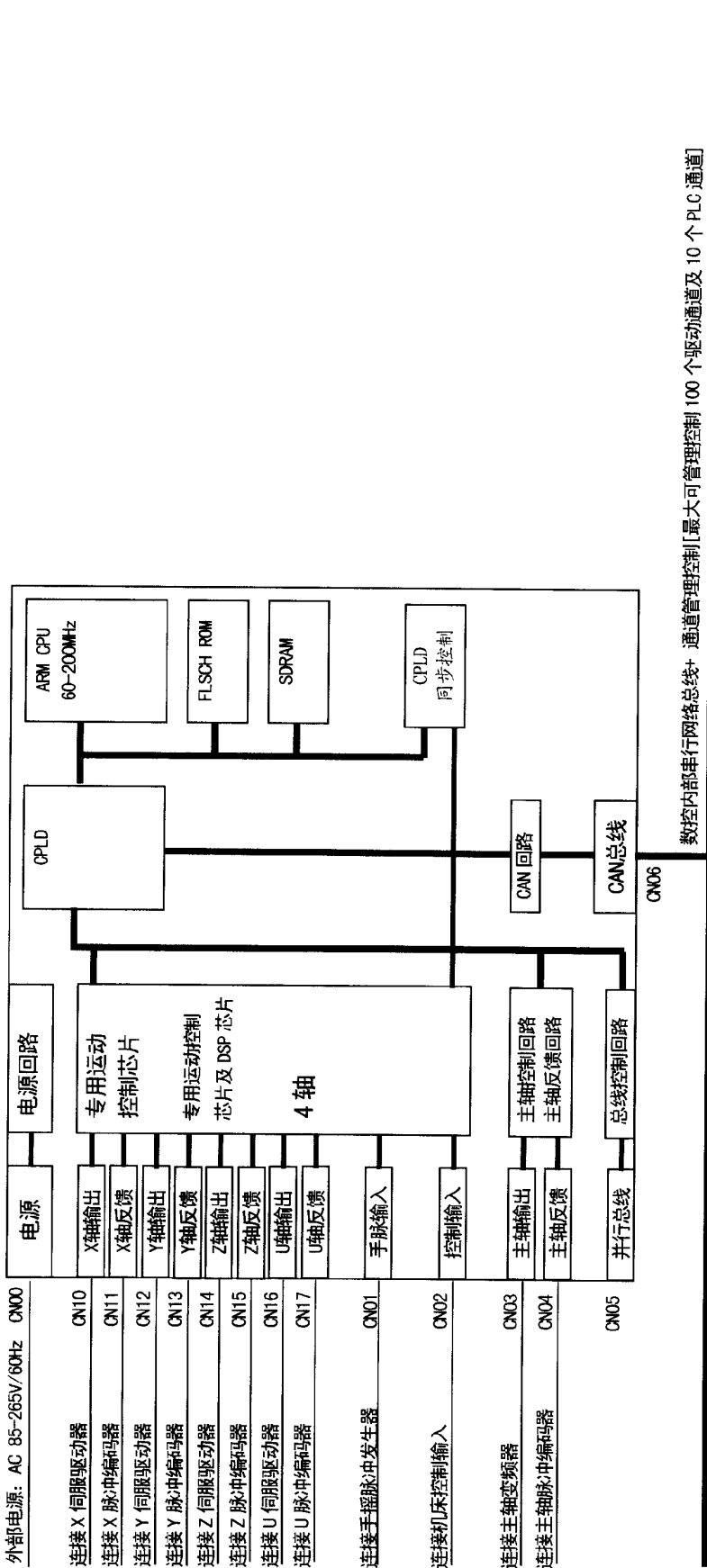


图 5



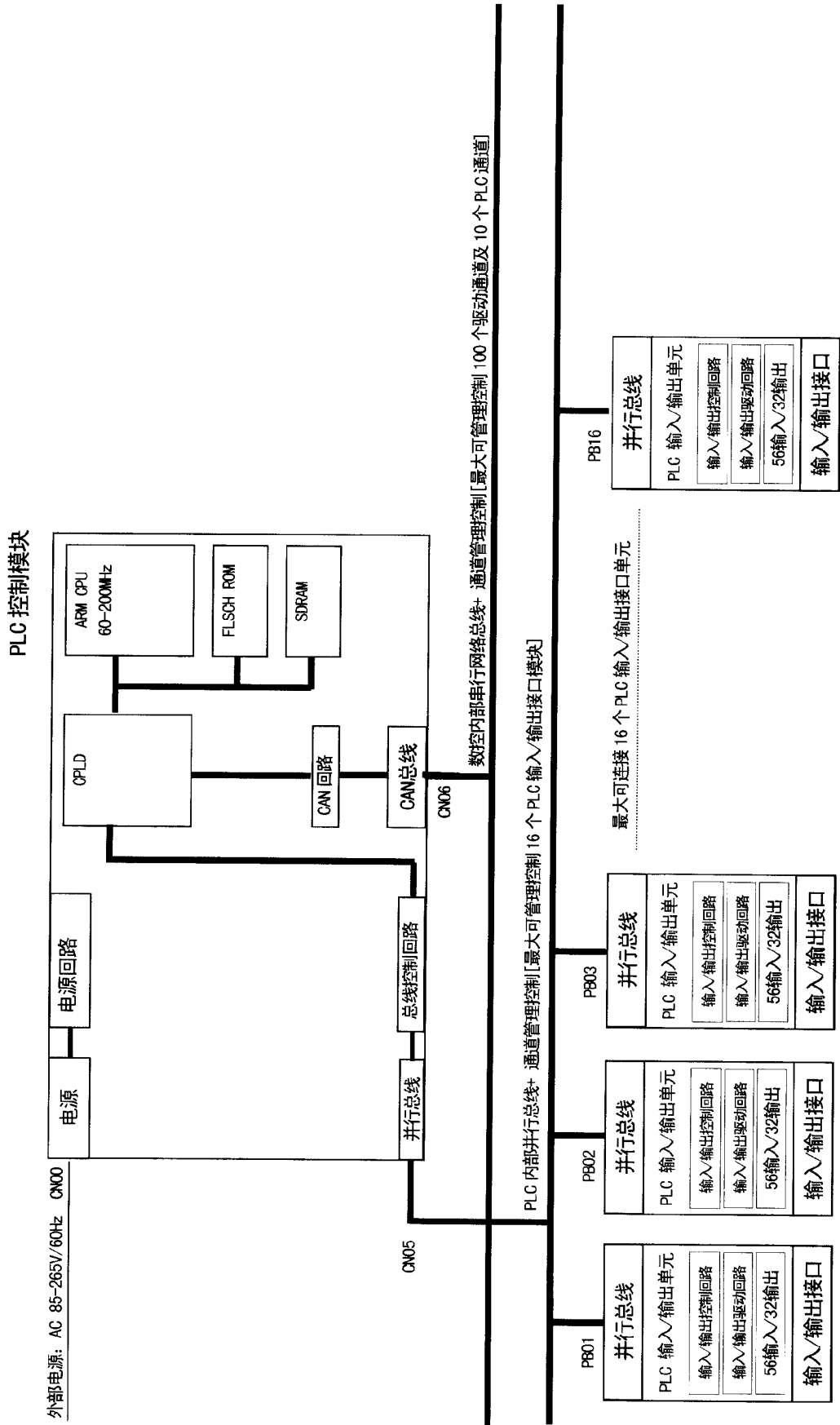


图 6

PLC 输入/输出接口单元

并行总线
PLC 输入/输出单元
输入/输出控制回路
输入/输出驱动回路
56输入/32输出
输入/输出接口

图 7

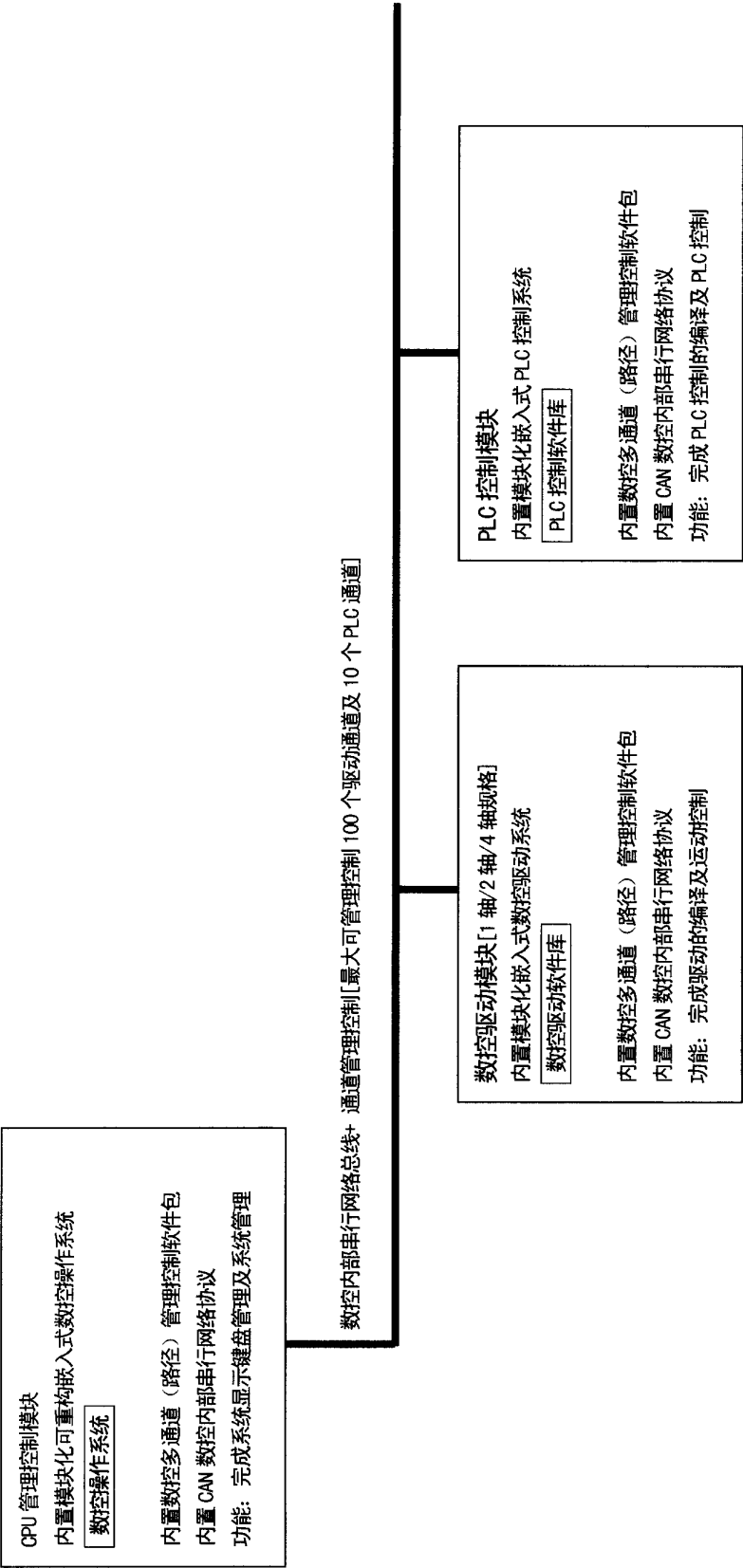


图 8