动作控制器“MICREX-SX SPH5000M”

“MICREX-SX SPH5000M” Motion Controller

下川　孝幸 SHIMOKAWA, Takayuki　　宫下　裕史 MIYASHITA, Hiroshi　　久保隅　创 KUBOSUMI, Hajime

动作控制器需能以更多的控制轴、更快速的控制周期进行同步控制。为满足这一要求，作为“MICREX-SX 系列”的新 CPU 模块，富士电机开发出了“SPH5000M”。利用多核微机，应用程序的执行性能比传统机型提高了 3 倍。同时，通过将顺序控制和动作控制分散到多 CPU 中并行、同步执行，缩短了应用程序执行周期。这样，可在保持与以前相同的系统构成的同时，进行设备的进一步高功能化和高速化。

Motion controllers are required to have capability to perform synchronous control with more control axes and shorter cycle. To meet these requirements, Fuji Electric has developed the “SPH5000M” as a CPU module of our “MICREX-SX Series.” Its multi-core microcomputer improves application execution performance threefold that of conventional models. The application program execution cycle has also been sped up by distributing sequence control and motion control to multiple CPUs and executing them synchronously in parallel. As a result, this controller enables machinery to have higher functionality and speed even when the same system configuration is used as previous systems.

1　引言

动作控制器用于以工业机器人为首的工业用机械和设备的动作控制。工业用机械和设备需应对复杂且高精度的动作、加工，还需缩短工序时间。动作控制器需能以更多的控制轴、更快速的控制周期进行同步控制[1]。

为满足这些要求，富士电机开发了集成控制器“MICREX-SX 系列”的新 CPU 模块——“SPH5000M”。下面，对其内容进行阐述。

2　“SPH5000M”的特点

将 SPH5000M 用作动作控制器时，与传统机型“SPH3000MM”相比，动作控制程序可以 3 倍的速度执行动作。

SPH5000M 的动作控制器系统构成示例如**图 1** 所示。

SPH5000M 基于新处理器总线的高速控制联动示例如**图 2** 所示。SPH5000M 的主要特点见**表 1**，外观如**图 3** 所示。另外，传统机型“SPH3000”与 SPH3000MM 应用程序执行性能的比较如**图 4** 所示。

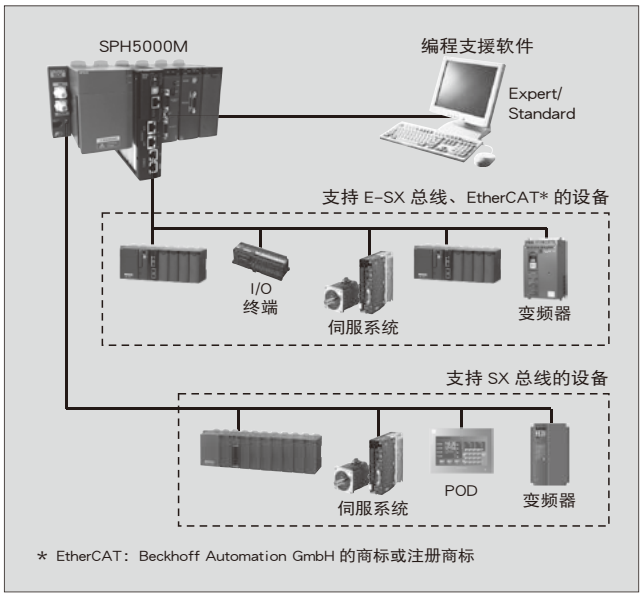

图 1　使用“SPH5000M”的动作控制系统的构成示例

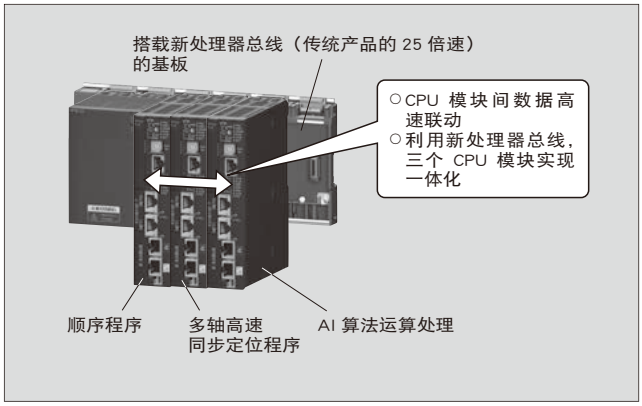

图 2　基于新处理器总线的高速控制联动示例

3　有助于提高速度的技术

3.1　程序的并行、同步执行技术

SPH5000M 采用了多核运算执行引擎架构（**图 5**）。

该架构使两个运算执行引擎在多核微机上并行动作，可在核间共享的大容量高速缓存上配置有应用程序的数据及各种用户数据，能通过高速内部总线共享内存。两个运算执行引擎分别具有与专用数据内存区域共用的共享数据内存区域。这些内存可根据数据量，在数据内存和共享数据内存的总容量范围内增减内存区域。而且，应用程序内存容量充分，总

计为 512K 步，这样可在总容量为 512K 步的范围内增减分配给两个运算执行引擎的内存量，以支持各种应用程序。

表 1 “SPH5000M”的主要特点

项目	特点
应用程序执行性能	利用多核微机，与传统机型相比，实现了 3 倍高速化
大容量内存	程序内存：512K 步 数据内存：5120K 字
数据备份	采用无电池数据备份方式，无需维护电池
信息网络	基于 Gigabit Ethernet *1 的高速通信
动作总线	支持富士电机生产 E-SX 总线或 EtherCAT *2
C 语言应用程序执行功能	可并行执行 PLC 应用程序与 C 语言应用程序 【C 语言功能应用例】 ○通过 PLC 应用程序读出并执行基于 C 语言的用户专用指令。 ○将在 PC 等上执行的信息处理软件内置于 PLC 中进行执行。 ○因不具备 C 语言应用程序的读出功能，可防止应用程序的非法复制。
多 CPU 间数据传输	利用新处理器总线，与以前相比，传输速度实现了 25 倍的高速化 可进行基于 3 台 SPH5000M 并行执行的高速控制
I/O 的台间输出同步功能	基于 E-SX 总线的 I/O 设备可进行台间输出同步及 E-SX 总线系列间同步

★1 以太网（Ethernet）：富士施乐株式会社的商标或注册商标
★2 EtherCAT：Beckhoff Automation GmbH 的商标或注册商标

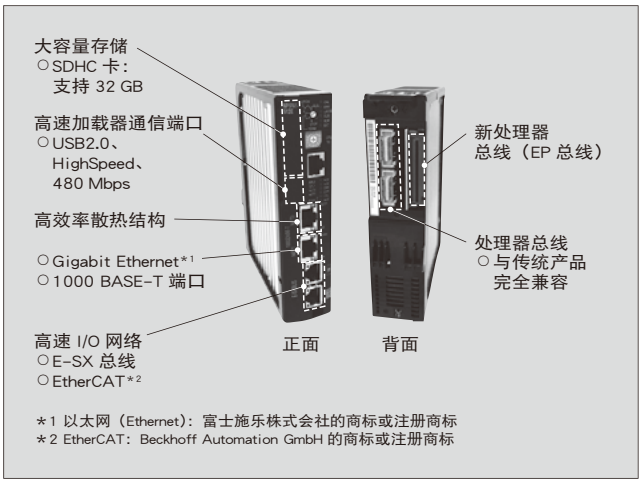

图 3 “SPH5000M”外观

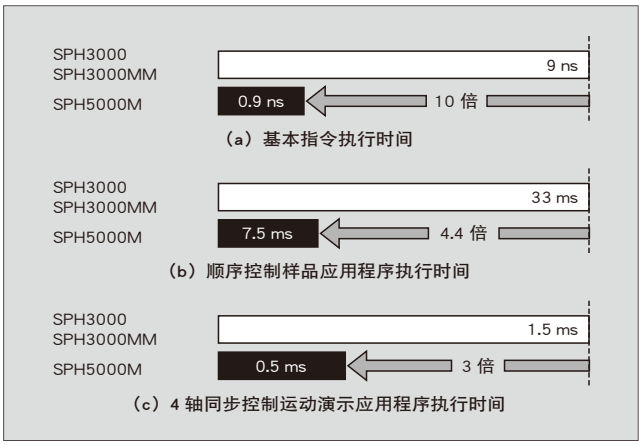

图 4 应用程序执行性能比较

而且，这些数据存储器和应用程序存储器配置在以 1 GHz 运行的高速缓存上，因此可以最快 0.9 ns/ 指令执行应用程序。

对于无法配置在高速缓存中的应用程序，传统机型的执行时间会变长。而本机型的结构确保了足够容量的高速缓存，不会因为应用程序容量问题引起的应用程序执行性能的下降。

由于可选择使运算执行引擎的控制周期与 SX 总线或 E-SX 总线中的一个同步，所以在现有的控制系统中，可简单地从与 SX 总线同步的“SPH2000”、SPH3000、与 E-SX 总线同步的 SPH3000MM 等替换成 SPH5000M。因运算执行引擎间的数据交换通过内部总线维持同步性，所以通过较复杂的两个引擎间的数据交换变得非常简单。这样，在创建分布式应用程序时，用户无需考虑处理的同步问题。并且，还可以由一个运算执行引擎执行顺序控制，而由另一个运算执行引擎并行执行动作控制，从而可轻松地缩短处理时间。另外，控制周期的精度在 ±1 μs 以下（指定 E-SX 总线时），可进行稳定的控制。

3.2 多 CPU 间的同步执行技术

SPH5000M 安装在新基板上，最多可由 3 台多 CPU 构成，并可同步控制周期。由多 CPU 构成的各 SPH5000M 的 E-SX 总线控制部根据该新基板内置的同步用时钟来校正时间（**图 6**）。CPU 模块内的运算引擎和 E-SX 总线以 ±1 μs 以下的精度同步执行周期，同时在 SPH5000M 之间运算执行引擎和 E-SX 总线以 ±3 μs 以下进行同步。这样，即使在各 SPH5000M 的 E-SX 总线上连接 96 台（每台 SPH5000M 连接 32 台）输入输出设备，系统间的输出时间也可在 ±3 μs 以下进行同步。

将顺序控制和动作控制分散在多 CPU 中进行并行执行，可实现应用程序执行时间的高速化。例如，将控制周期设置为最小 0.25 ms 时，可进行最多 12 轴（1 条总线 4 轴，使用 3 台 SPH5000M）的多轴动作控制。**图 7** 所示为使用多 CPU 处理的分散示例。

而且，通过将 3 台 CPU 模块的一部分的周期设置为最短周期的整数倍，也可在一个系统上同时执行以最短周期执行的动作控制应用程序和以最短周期整数倍长的周期执行的处理大容量输入输出数据的机械控制应用程序。

使用安装于新基板上的数据传输性能为传统产品 25 倍

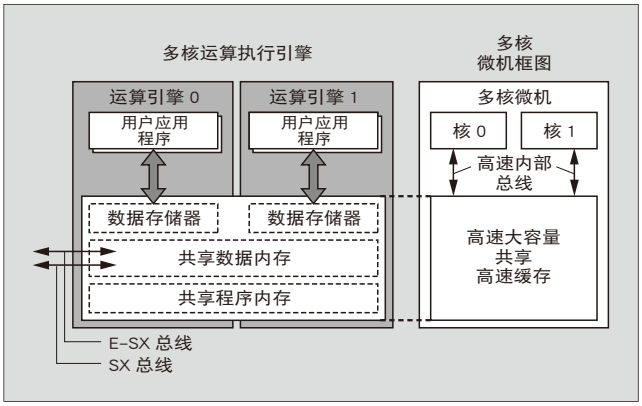

图 5 多核运算执行引擎架构

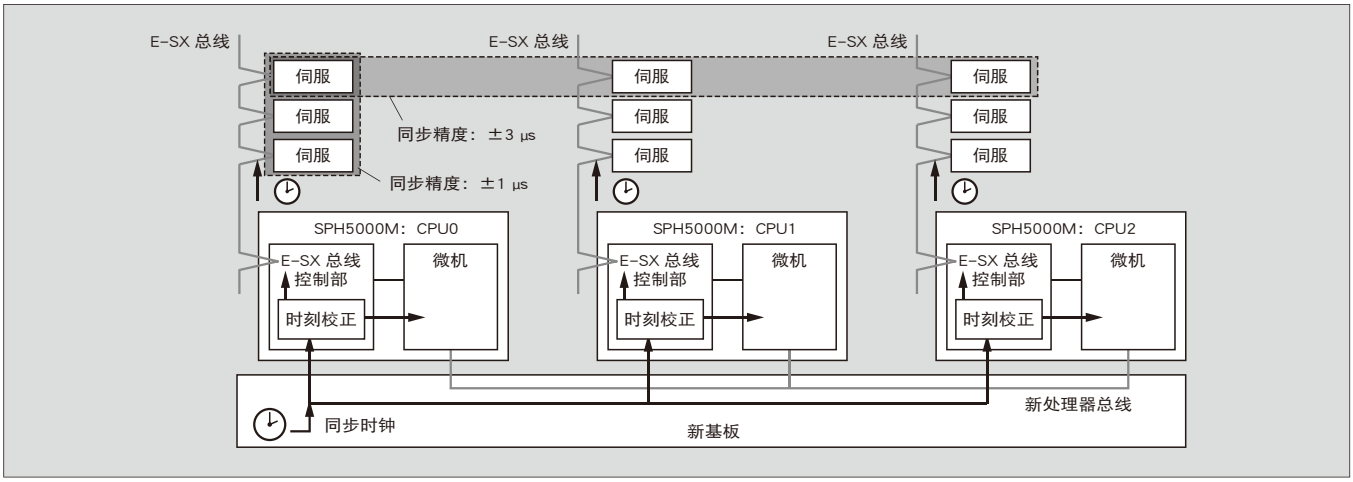

图 6　多 CPU 间的时间同步

的新处理器总线，可在 CPU 模块间进行大容量且高速的数据交换，所以用户可在不用考虑处理的同步的情况下创建应用程序。**图 8** 所示为新处理器总线的多 CPU 间数据访问的机理。

由此，根据控制对象利用多核以及多 CPU 的分散处理功能，可灵活地构建系统。

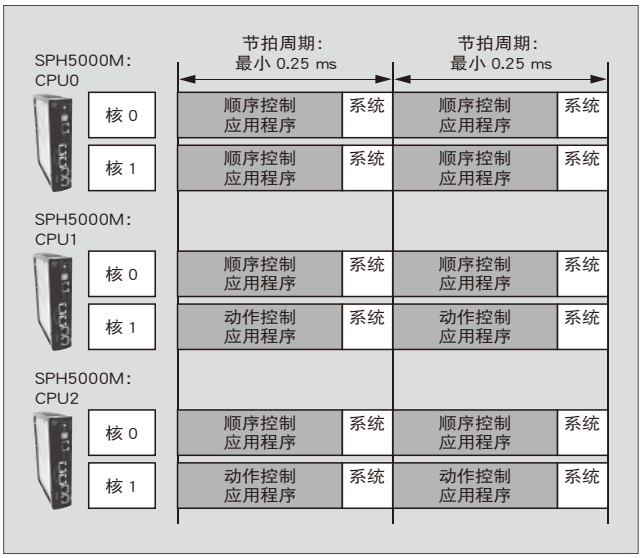

图 7　使用多 CPU 处理的分散示例

3．3　硬件技术

为实现程序的并行执行处理，SPH5000M 搭载了多核微机，并将共享内存的动作从以往的 130 MHz 提高至 1600 MHz。同时，为实现基于发热量增加和搭载部件高集成的小型化，采用了让散热片表面曝露于外部空气的箱体结构（**图 9**）。

通过该散热结构，尽管发热量比原来的 SPH3000MM 增加了 6%，但模块体积缩小了 15%，占用的插槽从原来的 2 个插槽缩减至 1 个插槽，同时，采用传统方式，通过自然空冷实现了 55℃的最高使用环境温度。

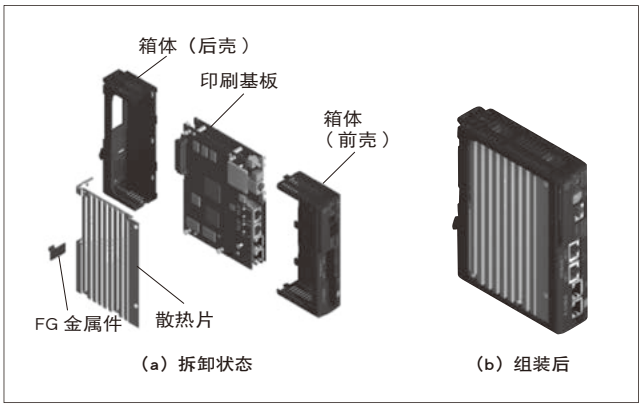

图 9　“SPH5000M”的 CPU 模块结构

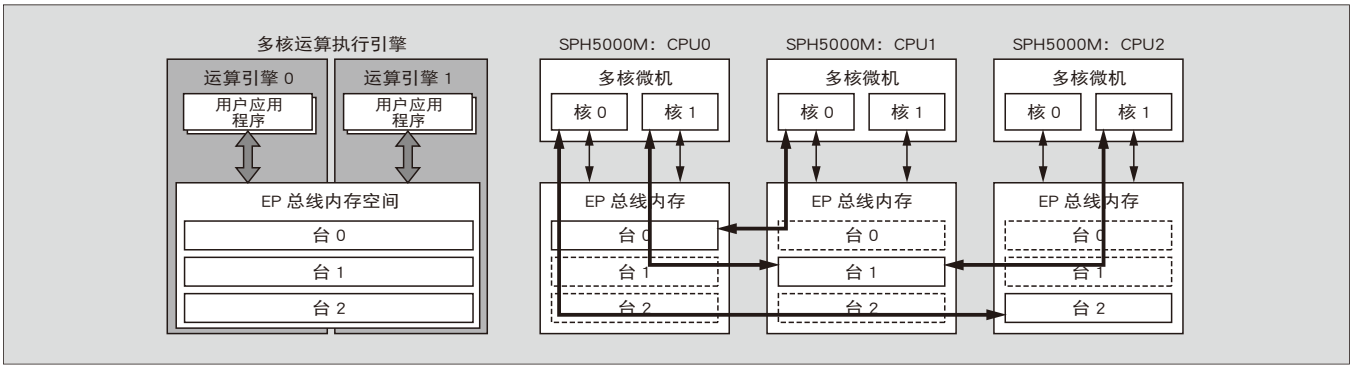

图 8　新处理器总线的多 CPU 间数据访问

此外，以往用于电源切断时的设定值等数据保持的SRAM(Static Random Access Memory) 数据备份需要电池，该电池使用寿命为 5 年，因此需进行定期维护。SPH5000M 采用了非易失性内存，因此无需数据备份用的电池。这样，无需更换电池的维护保养作业，提高了维护性。而且，电源接通时，将非易失性内存中保存的数据复制到高速 DRAM (Dynamic Random Access Memory) 中，提高了程序的执行速度。为了在切断电源时将 DRAM 的数据复制到非易失性内存，搭载了双电层电容器。

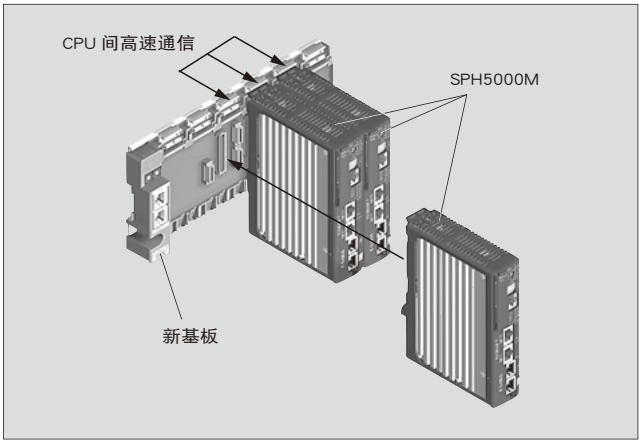

图 10 “SPH5000M”的 CPU 间高速通信构成

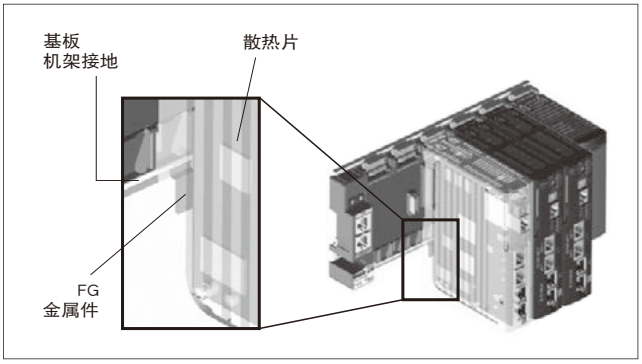

图 11 确保抗干扰性能

新处理器总线的传输速度为 5 Gbits/s。在高频电信号传输印刷基板的配线图案时，有时在阻抗不连续点会产生反射或谐振，造成信号衰减，这会导致无法正常传输信号，或者信号易受外部干扰影响。因此，在搭载新处理器总线的基板上，为了新处理器总线传输信号的阻抗匹配，将模块的连接器从印刷基板插入部件变更为表面安装部件，在确保了内层图案的配线区域的基础上，确保信号的差分对之间的配线图案的等长化以及不同信号之间的间隙，抑制串扰的干扰。而且，非印刷基板单体，而是在基板上搭载 3 台 SPH5000M 的状态下，制作经由连接器连接的多个印刷基板上的图案复合传输线路分析模型，验证高速信号的信号质量，优化设计各印刷基板的配线图案，实现 5 Gbit/s 的通信（**图 10**）。

SPH5000M 的印刷基板上搭载了多个易受外部干扰影响的高速动作部件（微机、内存、通信 LSI 等）。采用了安装在 SPH5000M 散热片上的金属件与基板的框架接地 (FG) 进行电接触的结构，确保了抗干扰性能，使这些部件不会受到外部干扰的影响而发生误动作，可靠性得以提高（**图 11**）。

4 应用例

下面，以印刷机系统作为 SPH5000M 的应用例进行阐述。

印刷机系统使用多个传感器和执行器进行顺序控制和动作控制。特别是为了提高生产率和质量，要求高速、高精度的动作控制。

在使用传统 SPH3000MM 的印刷机系统中，利用两个内置 CPU 功能中的一个 CPU 功能进行顺序控制，而

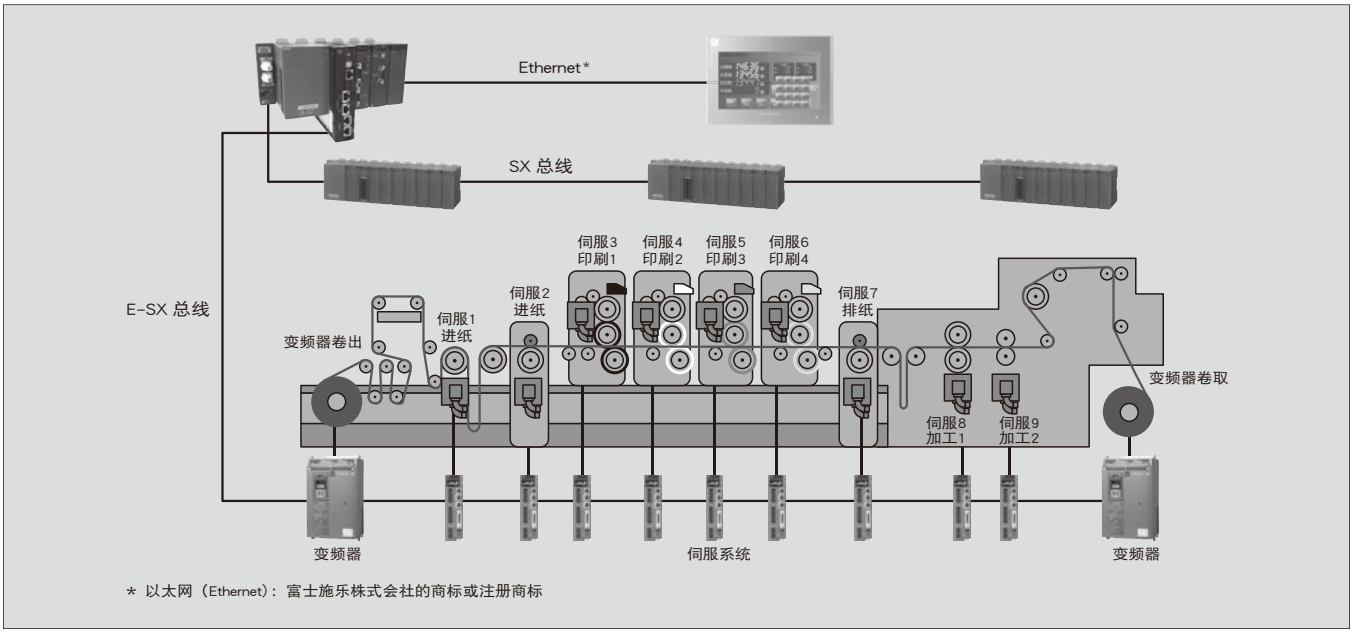

图 12 印刷机系统应用例

利用另一个 CPU 功能进行动作控制。为进一步满足顺序控制功能的高度化和动作控制的高速、高精度要求，SPH5000M 采取了可灵活运用多核运算执行引擎的系统构成。**图 12** 所示为使用 SPH5000M 的印刷机系统应用例。

用一个运算执行引擎进行顺序控制，用另一个运算执行引擎进行动作控制，在继承与以往相同的顺序控制和动作控制一体化的同时，满足顺序控制的高度化和动作控制的高速、高精度要求，可在保持与以往相同系统构成的前提下，进行高功能化和高速化。

5 后记

以上，对动作控制器“MICREX-SX SPH5000M”进行了论述。

将“SPH5000M”应用于动作控制，可通过顺序控制和多轴高速同步控制的高性能化，实现机械的进一步高速化、高精度化，提高生产效率。此外，利用 C 语言应用程序导入 AI 算法，也可应用于 FA 系统的故障征兆诊断。

今后，我们将致力于解决生产现场的课题，谋求扩大控制器的应用范围。

参考文献

(1) 福岛幸治，下川孝幸. “MICREX-SX 系列”专用动作控制器“SPH3000D”. 富士电机技术期刊. 2017, vol.C9, no.1, p.59-60.

下川　孝幸

从事可编程控制器的开发业务。现为富士电机株式会社电力电子系统工业事业本部开发统括部控制器开发部经理。

宫下　裕史

从事可编程控制器的开发业务。现为富士电机株式会社电力电子系统工业事业本部开发统括部控制器开发部主任。

久保隅　创

从事控制系统、可编程控制器的开发业务。现为富士电机株式会社电力电子系统工业事业本部开发统括部控制器开发部主任。

富士电机

Fuji Electric

＊本刊记载的公司名称及产品，有可能是各相关公司的商标或注册商标。