

MIC7001

机 器 智 能 控 制 器

白 皮 书

文档说明

本文档所涉及到的文字、图表等，仅限于本公司和被呈送方内部使用，未经双方书面许可，请勿扩散到第三方。

文档属性

属性	内容
客户名称：	
项目名称：	
文档主题：	产品白皮书
文档编号：	
文档版本：	1.1
版本日期：	2019.5.13
文档状态：	
作 者：	周继辉

文档变更

版本	修订日期	修订人	描述
1.0	2018.12.23	周继辉	初始版本
1.1	2019.05.13	周继辉	

文档送呈

单位	姓名	目的

目 录

第一章 概述.....	1
1.1. 行业需求.....	1
1.1.1. 快速计算的需求.....	1
1.1.2. 大容量存储的需求.....	1
1.1.3. 电液混合驱动的需求.....	1
1.2. 行业现状.....	1
1.2.1. 硬件配置不足.....	1
1.2.2. 缺乏对伺服电机的支持.....	2
1.3. 产品特点.....	2
1.3.1. 高速计算能力.....	2
1.3.2. 大容量存储.....	2
1.3.3. 丰富的通信接口.....	2
1.3.4. 电液混合运动控制能力.....	3
1.3.5. 对少人化、无人化的支撑能力.....	3
1.3.6. 对比数据.....	3
第二章 产品功能.....	4
2.1. 应用程序开发平台.....	4
2.2. 输入输出接口.....	4
2.3. 大容量存储.....	5
2.4. EtherCAT 扩展.....	5
2.5. CAN 总线扩展.....	6
2.6. 远程通信.....	6
2.7. USB 通信接口.....	6
2.8. SoftMotion 运动控制.....	6
2.9. 故障诊断功能.....	7
2.10. 内部传感器.....	7
2.11. 施工工艺记录与分析.....	7
第三章 性能指标.....	8
3.1. 安装尺寸.....	8
3.2. 工作环境.....	8
3.3. 电磁干扰抗性.....	8
3.4. 计算速度.....	9
3.5. 端口性能.....	9
3.6. 通信性能.....	10
3.6.1. CAN 接口.....	10
3.6.2. 以太网接口.....	10
3.6.3. RS485 接口.....	10
3.6.4. USB 接口.....	10
3.7. 相关试验标准.....	11
第四章 应用领域.....	13
4.1. 挖掘机械.....	13
4.2. 混凝土机械.....	13
4.3. 建筑机器人.....	13
4.4. 环卫机械.....	13
4.5. 其它机械.....	14

第一章 概述

1.1. 行业需求

近年来，随着建筑、交通等行业对工程施工机械智能化水平的要求越来越高，各类工程机械主机的研发和制造厂家对专用控制器的需求也随之提高，主要体现在如下几个方面：

1.1.1. 快速计算的需求

工程智能化控制功能的实现包含大量的实时计算，对工程机械控制器的计算能力出了较高的要求，支持浮点运算的高主频 CPU 成为下一代控制器的标准配置。

1.1.2. 大容量存储的需求

智能化的机械设备需要对工作过程数据进行详尽的记录，并且对保存时间有较高要求。所以需要控制器具备大容量存储能力和基本的数据管理能力。

1.1.3. 电液混合驱动的需求

智能化的机械设备需要根据工作负载的要求灵活选择液压或电气驱动，所以需要控制器同时具备对液压系统和伺服电机的控制和驱动能力，并且要具备液压系统和电气系统混合的多轴联合的运动控制能力。

1.2. 行业现状

1.2.1. 硬件配置不足

截至 2018 年，市场上主流的工程机械控制器（EPEC、IFM、Rexroth 等）由于研发时间在 10 年以前，所以其硬件配置普遍较低，主要表现在：

- (1) 主 CPU 一般为 16 位或 32 位低主频（30~200MHz）的单片机，计算能力不能满足智能化控制的需求；

- (2) 存储芯片的容量较小，范围一般在 512Kbytes~16Mbytes，仅支持应用程序和配置参数的存储，无法进行大容量工况数据的长时间保存，软件部分也不具备数据的分析能力。

1.2.2. 缺乏对伺服电机的支持

当前主流控制器仅针对液压系统的控制进行设计，扩展接口一般只有 CAN 总线和 RS485 等接口，缺乏对 EtherCAT 接口的伺服驱动器的支持，软件部分也缺乏对运动控制的支持。

1.3. 产品特点

MIC7001 机器智能控制器在传统工程机械控制器的基础上，针对智能化工程机械对控制器的新需求，在计算、存储、网络通信和电液混合运动控制等各方面进行了大幅度提升，主要表现在如下几个方面：

1.3.1. 高速计算能力

MIC7001 控制器的低端版本的主 CPU 为 ARM-cortex A7 单核，主频 590MHz； 高端版本的主 CPU 为 ARM-cortex A9 双核，主频 800MHz，并且支持视觉处理等算法的 FPGA 硬件加速，能够很好的满足智能化工程机械对复杂信号处理和智能化控制算法对计算能力的需求。

1.3.2. 大容量存储

MIC7001 控制器内置至少 4G 容量的 eMMC 存储芯片，并可按照用户需求最高扩展到 128G。并且内置数据管理软件，可对存储空间和用户数据进行高效和可靠的管理。

1.3.3. 丰富的通信接口

MIC7001 控制器具备丰富的通信接口，不仅便于系统硬件扩展，而且可用于各类信号采集和便捷的软件开发和维护，主要包括如下接口：

- (1) 内置 GPRS 通信模块，所有工况数据可实时上传到云端的服务器；
- (2) 具备 EtherCAT 主站接口，可灵活扩展基于 EtherCAT 总线的 IO 模块和伺服驱动器；

(3) 具备 WIFI 接口，便于布线条件受限情况下的设备扩展、资料传输和应用程序开发和调试；

1.3.4. 电液混合运动控制能力

MIC7001 控制器具备能够精确控制输出电流的 PWM（脉冲宽度调制）接口，可用于液压系统中油泵和电磁比例阀的精细调节，实现液压油缸或液压马达的动态协调运动；

内置的 EtherCAT 主站接口使得基于 MIC7001 控制器设计的工程机械控制系统可灵活接入通用的伺服电机驱动器，为系统增加可媲美工业机器人的精密运动控制功能；

MIC7001 控制器还提供了基于PLCOpen 标准的 softmotion 运动控制模块，可帮助智能机械的软件开发人员快速搭建基于机器人技术的智能化工程机械。

1.3.5. 对少人化、无人化的支撑能力

MIC7001 具备 USB 扩展接口，可根据主机智能化的功能需要扩展音频、视频的采集装置，为主机控制器增加对环境的感知能力，为少人化和无人化施工提供技术基础；

1.3.6. 对比数据

对比项目	本公司	西门子	EPEC	Rexroth	IFM
	MIC7001	S7-412	2023	RC6-9	M30711
处理器	32 位	32 位	16 位	16 位	32 位
存储空间	4Gbytes	64Mbytes	128Kbytes	128Kbytes	16Mbytes
以太网	√	×	×	×	√
WIFI	√	×	×	×	×
CAN	2 路	×	2 路	2 路	4 路
WEB 服务器	√	×	×	×	×
防护等级	IP67	IP20	IP67	IP67	IP67
扩展模块通信方式	EtherCAT	MPI	CAN	CAN	CAN or EtherNet
USB 接口	√	×	×	×	×

第二章 产品功能

2.1. 应用程序开发平台

MIC7001 控制器支持多种开发平台及环境，各自的特点和使用范围如下：

- 1) IEC61131 开发平台（CoDeSys、MultiProg、OpenPCS、IsaGRAF 等）。此类开发平台可基于图形化的方式进行软件系统开发，不需要深厚的软件基础，适合大多数工程机械软件开发人员。
- 2) C/C++ 开发环境。此种开发平台基于 Linux 系统底层接口进行开发，适合熟悉 C/C++ 语言和 Linux 系统的软件工程师使用，可深度挖掘 MIC 控制器的性能，并可对控制器的硬件有更灵活的操控能力。
- 3) Python 开发环境。此种开发平台介于上述两种开发平台之间，具备足够的灵活性和开发效率，并且可复用大量 python 生态系统中的成熟的软件库，而且 python 是当前开发人工智能系统的首选语言。

2.2. 输入输出接口

MIC7001 控制器具备 56 个输入输出端口，并且大多数端口可以实现多种功能，其中 52 路接口可用于输入，34 路接口可用于输出（MIC7001 控制器尚未通过功能安全认证，请勿用于涉及人身安全或设备安全的功能）。具体分布如下：

MIC7001 端口表								
复用类型	端口数量	AI	DI	PI	AO	DO	PWM	PWM-i
AI/DI	18	18	18	/	/	/	/	/
AI/DI/DO/PWM	24	24	24	/	/	24	24	/
DO/PWM-i	4	/	/	/	/	4	4	4
DI/DO_L/PWM	4	/	/	/	/	4	4	/
DI/PI	4	/	4	4	/	/	/	/
AO/AI/DI	2	2	2	/	2	/	/	/
合计：	56	44	48	4	2	32	32	4

其中：

- (1) AI 是模拟量输入，包括 0~5V，0~36V，0~20mA，0~30K Ω 等不同的输入信号模式；
- (2) DI 是开关量输入，支持高电平有效和低电平有效两种工作模式；
- (3) DO 是高电平有效开关量输出，输出最大电流 2.5A @24V，并带有短路保护和短路、断线检测功能；
- (4) DO_L 是低电平有效开关量输出，输出最大电流 2.5A@24V，并带有短路保护和短路、断线检测功能；
- (5) PWM 是脉冲宽度调制输出，可通过程序控制输出高电平的比例，调节精度为 12 位（1/4096），输出最大电流 2.5A；
- (6) PWM-i 是电流型 PWM 输出端口，可通过程序控制输出电流的大小，调节范围为 0~1000mA；
- (7) PI 是脉冲输入，可对该端口的输入脉冲进行计数（计数值为 32 位），最大输入频率为 30KHz。
- (8) AO 是模拟量输出端口，可通过程序控制输出电压的大小，输出范围 0~10V，单路输出电流最大 20mA。

2.3. 大容量存储

MIC7001 控制器内置至少 4Gbytes eMMC 存储芯片，其中自身系统使用 1Gbytes，其余均开放给用户。

MIC7001 控制器内置标准的关系型数据库管理系统，便于工况数据的保存、读取和维护。

智能机械的软件开发工程师可通过两种方式存取数据：

- 使用应用程序开发平台提供的文件访问接口存取数据；
- 使用 SQL 语言访问内置的 SQL 数据库并存取数据；

控制器内保存的数据可以通过 USB、WIFI、以太网等通信端口上传到维护人员的电脑、U 盘或者手机上，也可以通过远程无线通道直接上传到云端服务器；

2.4. EtherCAT 扩展

MIC7001 内置一路 EtherNet 端口，可用于普通的网络通信，支持 UDP 和 TCP 协议，也可作为 EtherCAT 主站，用于扩展高速 IO 模块和伺服驱动系统。

EtherCAT 作为有领先优势的实时工业以太网，在普通的以太网基础上进行了有针对性的改造：

- (1) 通过主从通信模式避免了普通以太网通信的不确定性；
- (2) 通过从站接口的硬件化实现了网络延迟的最小化（单节点延迟 3us）。

MIC7001 还内置了基于 PLCOpen 标准的运动控制库，支持 PLCOpen part1、part2、part4 等规定的接口，使用本控制的主机厂家的软件开发人员可基于两种方式快速实现工程机械的机器人化开发：

- (1) 使用 CNC 方式，通过 G 代码编程，控制机械末端点的运动轨迹。本方法适用于主机重复作业的工作场景；
- (2) 使用轴组方式，利用 MIC7001 控制器内置的 Robotics 功能库，实现机械末端点的动态运动控制，适用于需要随时根据外界环境变更任务的工作场景。

2.5. CAN 总线扩展

MIC7001 控制器内置两路 CAN2.0 接口，支持基本帧和扩展帧通信，可外接 CAN 接口的传感器、显示器、发动机 ECU 等外部设备，并支持 CAN 接口的扩展 IO 模块。

2.6. 远程通信

MIC7001 控制器内置 GPRS 模块，可通过中国移动的 GSM 网络进行远程数据传输，每月的默认流量为 100Mbytes。

主机厂家的软件开发人员可通过应用程序访问该通信模块，按照需求发送实时工况数据、实时位置、配置参数等信息，控制器也支持远程升级应用程序和锁机、解锁功能。

2.7. USB 通信接口

MIC7001 控制器内置一路 USB2.0 接口，通信带宽 480Mbps，可外接 U 盘、摄像头、话筒等扩展设备，用于文件传输、外部视频和音频采集。

2.8. SoftMotion 运动控制

MIC7001 控制器的软件平台内置了 PLCOpen 标准运动控制库（CNC 和 Robotics），实现了 PLCOpen 标准规定的常用函数和功能块，主要包括：

Part1 和 Part2: 单轴基本控制（上电、诊断、速度控制、位置控制等），多轴简单控制（数字齿轮、数字凸轮等）；

Part4: 多轴协调运动控制，包括各类坐标系统的变换、多轴联动插补算法、各类标准机器人结构的运动变换和反变换算法、运动混成（**blending**），运动平滑（**buffering**）等功能。

2.9. 故障诊断功能

MIC7001 控制器的输出端口具备完善的故障诊断与保护功能：

- (1) 当外部线路发生短路故障时，控制器会马上启动硬件保护，关闭输出，并记录故障时间、位置 and 类型。故障消除后会自动恢复输出；
- (2) 当外部线路发生断线故障时，控制器可以检测并记录。

2.10. 内部传感器

MIC7001 内部具备多种传感器：

内置 3 轴角度传感器，可探测主机自身的姿态变化，可实现工程机械主机防倾翻等功能；

内置温度传感器，可实时探测主 CPU 温度，可用于运行时保护，并可用于推测环境温度；

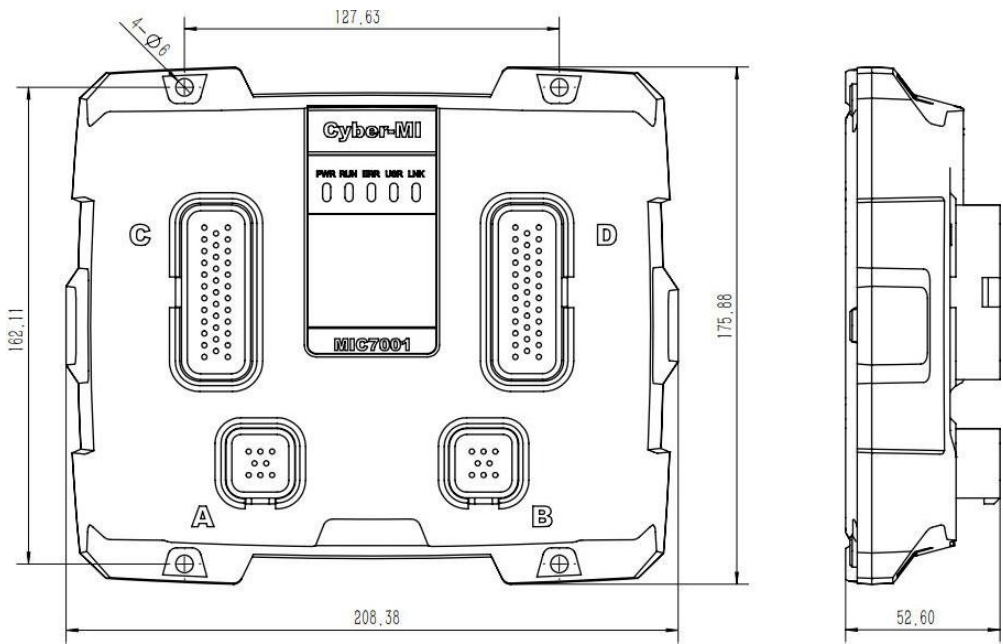
内置多个电压传感器，可探测主机供电电压、5V 传感器电压等，可用于系统断电检测。

2.11. 施工工艺记录与分析

MIC7001 控制器可基于高速 IO 端口和大容量存储空间进行主机施工工艺过程的详细记录，可为用户提供施工缺陷分析、作业质量提升、施工工艺改进等附加价值。

第三章 性能指标

3.1. 安装尺寸



3.2. 工作环境

防护等级：IP67

工作温度：-40℃~85℃

相对湿度：<90%

海拔高度：<3000m

振动冲击：<10G

3.3. 电磁干扰抗性

电源雷击浪涌干扰（EN61000-4）：±4000V

电源瞬态脉冲干扰（EN61000-4）：±4000V

机壳及端子静电放电保护（EN61000-4）：±4000V（接触放电）；±8000V（非接触放

电)

3.4. 计算速度

整数计算： 不大于60ns/次
浮点数计算： 不大于200ns/次
三角函数计算： 不大于20us/次

3.5. 端口性能

序号	类型	测试项目	测试条件	指标
1	数字量输入	最高输入电压		32V
		最大电平变化速率		1.471KHz
		最小逻辑高电平电压	独立 DI	9.5V
			AI 复用	3.8V
			PI 复用	3.9V
		最大逻辑低电平电压	独立 DI	9.0V
			AI 复用	3.5V
			PI 复用	4.0V
2	数字量输出	单路最大持续电流		2.5A
3	模拟量输入	输入范围		0~5V
		采样精度	<1V	2%
			5V>Ui>1V	<1%
		分辨率		12 位
		线性度		<1%
		重复度		<1%
4	模拟量输出	输出范围		0~5V
		分辨率		16 位
		输出精度		1%
		线性度		1%
		重复度		1%
		频率范围		1Hz - 8KHz
		幅值范围		9V - 24V
		频率测量精度		1Hz 或 0.2%

5	脉冲量采集	输入阻抗		$>1\text{M}\Omega$
6	脉宽调制输出	持续输出最大电流		2.5A
		控制精度		16 位
		电流反馈精度		12 位
		电流反馈范围		0~1.25A
		电流反馈响应时间		$< 110\text{ms}$
		输出频率范围		40Hz~1KHz
		输出频率精度		$\pm 1\text{Hz}$

3.6. 通信性能

3.6.1. CAN 接口

波特率: $\leq 2\text{Mbps}$

过电压保护: 24V, 1 分钟

误码率: $< 0.01\% @ 250\text{Kbps}$

3.6.2. 以太网接口

波特率: $\leq 100\text{Mbps}$

过电压保护: 24V, 1 分钟

3.6.3. RS485 接口

波特率: $\leq 115200\text{bps}$

过电压保护: 24V, 1 分钟

误码率: $< 0.01\% @ 115200$

3.6.4. USB 接口

兼容 USB2.0 标准

可接入 UVC 标准摄像头

可接入 USB2.0 存储器

3.7. 相关试验标准

测试项目和类别		测试标准
电气测试	绝缘耐压	GB 4943 信息技术设备的安全
	绝缘电阻	GB 4943 信息技术设备的安全
气候环境试验	高温贮存试验	GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 B: 高温
	低温贮存试验	GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试 验 A: 低温
	高温工作试验	GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 B: 高温
	低温工作试验	GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试 验 A: 低温
	温度变化试验	GB/T 2423.22 电工电子产品基本环境试验规程 试验 n: 温度 变化
	盐雾试验	GB/T 2423.17 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ka: 盐雾 试验方法
	防水试验	GB 4208 外壳防护等级 (IP 代码)
机械环境实验	振动试验	GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 Fc: 振动(正弦)
	跌落试验	GB/T 2423.8 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试 验 Ed 和导则: 自由跌落
	冲击试验	GB/T 2423.5 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试 验Ea: 冲击
	碰撞试验	GB/T 2423.6 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试 验 Eb 和导则: 碰撞
	静电放电抗扰度试验	GB/T 17626.2 电磁兼容试验和测量技术 静电放电抗扰度试 验
	电快速脉冲群抗扰度 试验	GB/T 17626.4 电磁兼容试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群 抗扰度试验

EMC	雷击浪涌抗扰度试验	GB/T 17626.5 电磁兼容试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
	电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验	GB/T 17626.29 电磁兼容试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
	瞬态传导抗扰度	BS EN 13309 Construction machinery—Electromagnetic compatibility of machines with internal electrical power supply
	BCI 大电流注入抗扰度	BS EN 13309 Construction machinery—Electromagnetic compatibility of machines with internal electrical power supply
	RF 辐射场抗扰度测试	BS EN 13309 Construction machinery—Electromagnetic compatibility of machines with internal electrical power supply
	道路车辆电源线瞬态传导抗扰度试验	ISO 7637.2 Road vehicles—Electrical disturbances from conduction and coupling —Part2 Electrical transient conduction along supply lines only

第四章 应用领域

MIC7001 是为室外移动机械设计的专用高防护智能控制器，可在宽温度范围、强振动等恶劣工况下稳定可靠工作，能满足各类工程机械主机的电液一体化和智能化控制需求，主要的应用领域有：

4.1. 挖掘机械

主要适用于 15 吨以上中型或大型挖掘机，可适应负流量系统、正流量系统、负载敏感系统等多种液压系统，主要实现柴油机转速及油耗优化管理、主油泵排量和功率管理、复合动作的流量协调、远程监控和财产保全等基本功能。

4.2. 混凝土机械

适用于各类混凝土泵车、拖泵、车载泵等混凝土输送设备，主要实现柴油机转速及油耗优化管理、主油泵排量和功率管理、泵送系统优化控制、混凝土臂架的运动控制等基本功能；另外，可帮助主机厂家进行臂架系统的智能化改造和远程升级、远程维护和锁机解锁等相关的信息化功能。

4.3. 建筑机器人

适用于液压与电气混合驱动的复杂建筑机器人，主要实现液压系统的功率管理、底盘运动控制、执行机构的伺服电机驱动和精密运动控制，并可实现环境视频采集与处理、任务分解、运动规划等智能化功能，帮助主机研发厂家逐步实现建筑机械的少人化和无人化，最终实现具备自主决策和行动能力的建筑机器人。

4.4. 环卫机械

适用于柴油驱动或纯电动的道路洗扫车等复杂环卫机械，主要实现动力系统功率管理、主油泵排量和功率管理，执行机构动作管理等基本控制功能，并可实现设备的远程工况传输、

远程升级与维护等功能，还可以通过视频采集路面状态，进行路面清洁度检测与分析，实现 洗扫设备的自适应高效作业。

4.5. 其它机械

MIC7001 还可适用于其它各类工程机械，包括但不限于：石油机械、矿山机械、煤炭机械、农业机械、臂式举高车、汽车或履带起重机、桩工机械等。