



intel.

# 英特尔赋能 智能工业控制

## 新一代智能工业控制器 快速搭建指南 2022-2023

英特尔公司网络与边缘事业部工业解决方案中国区





## 编委会

主编：柯艺鸿、张 恒、张元昊

编委：包 牧、陈少军、丁秋兵、黄 昊、胡 巍、胡 杨  
刘 波、刘 锦、王毅鹏、沈 溢、姚 洋、张 卫、周 翔

# 序

工业自动化控制行业促进 OT 与 IT 两化融合，推动智能制造升级转型，是我国产业政策重点支持和鼓励的行业。国家和地方政府陆续出台多项政策，鼓励工业控制领域发展与创新。消费升级带来的产品需求多样化、定制化也拉动工业行业朝更高质量、更高效率、更高精度的方向前行。

在本搭建指南中，我们将重点介绍新一代基于英特尔 x86 架构的智能工业控制器的主要需求、核心技术、详尽的搭建指南以及应用案例，助力生态伙伴快速实践、部署，加速工业自动化产业升级。同时，本指南收录了英特尔及合作伙伴最新发布的软硬件产品，帮助您全面了解基于英特尔架构的工业智能控制器方案在实际场景的应用。



— 高宇

英特尔中国区技术部总经理

# 目录

## 01

智能工业：行业概述 .....	01
1.1 智能工业发展历程 .....	02
1.2 工业控制器市场规模 .....	04
1.3 工业控制器行业现状 .....	06
1.4 趋势与挑战 .....	07

## 02

新一代智能工业控制器：主要需求和核心技术 .....	08
2.1 新一代智能工业控制器 .....	09
2.2 硬件主要需求和核心技术 .....	10
2.3 系统软件主要需求和核心技术 .....	11
2.4 应用软件主要需求和核心技术 .....	12

## 03

新一代智能工业控制器：选型、搭建和测试 .....	13
3.1 硬件选型和搭建 .....	14
3.2 硬件系统测试和验证 .....	16
3.3 软件选型 .....	17
3.4 软件系统搭建 .....	18
3.5 软件系统测试 .....	21

## 04

新一代智能工业控制器：典型应用和场景 .....	22
4.1 基于英特尔 x86 架构的智能机械控制器 .....	23
4.2 基于英特尔 x86 架构的 CNC 控制器 .....	24
4.3 基于英特尔 x86 架构的机器人（机械臂）控制器 .....	25
4.4 基于英特尔 x86 架构的自主移动机器人 (AMR) 控制器 .....	26
4.5 基于英特尔 x86 架构的可编程自动化控制器 (PAC) .....	27

## 05

新一代智能工业控制器：英特尔一站式解决方案 .....	28
5.1 英特尔® 工业等级芯片 .....	29
5.2 工业边缘节点参考设计 .....	30
5.3 英特尔® 工业边缘控制平台 .....	31
5.4 英特尔® 工业边缘洞见平台 .....	32

7.1 硬件方案 OEM .....	35
和利时 .....	35
汇川技术 .....	36
沈机（上海）智能系统研发设计有限公司 .....	37
天津新松智能 .....	38
信捷电气 .....	39
7.2 硬件方案 ODM .....	40
大唐计算机 .....	40
康士达 .....	41
诺达佳 .....	42
锐宝智联 .....	43
卓信创驰 .....	44
信步科技 .....	45
7.3 系统解决方案SI .....	46
大族智控 .....	46

8.1 商用软件方案 .....	48
Beckhoff 倍福 .....	48
CODESYS（欧德神思）软件集团 .....	49
Real-Time Systems .....	50
TenAsys .....	51
8.2 开源软件方案 .....	52

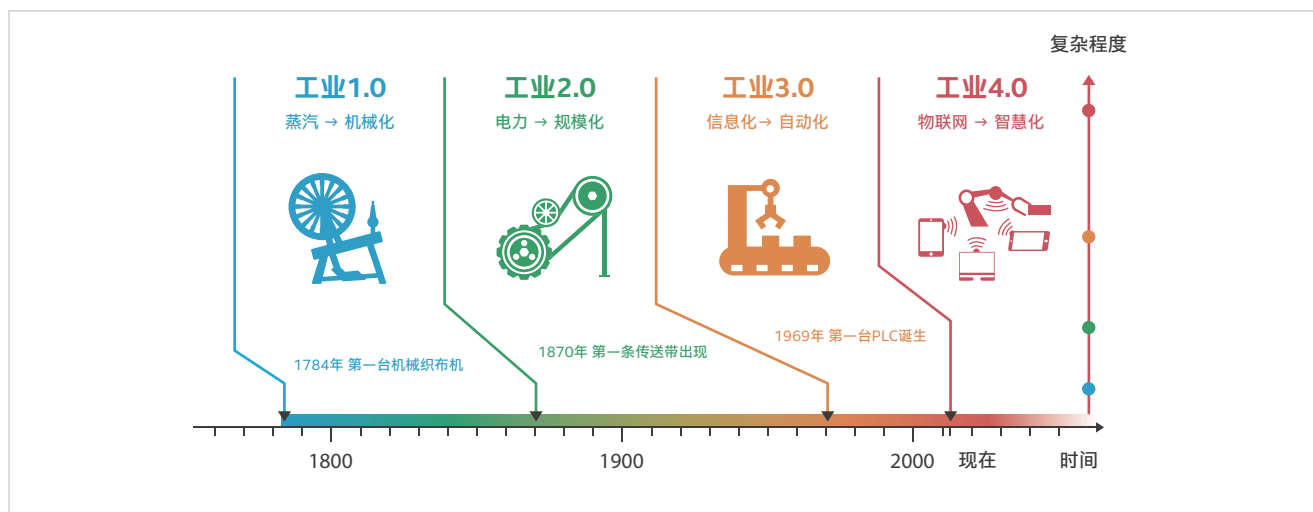


# 01

## 智能工业：行业概述

# 1.1 智能工业发展历程

人类社会进步的特征之一，是善于制造和不断地改进所使用的工具；并且还一直追寻借助外力来驱动这些工具，以增强和扩展其探索和改善生存环境的能力，如借风远航、驾牲犁田等。18世纪，蒸汽机作为动力源开始广泛使用，代表着人造可控动力源的新纪元的开端，极大地扩展了人类应用机械装置的场景，后世称为“工业革命”——蒸汽机时代；随后人类在19世纪末至20世纪的一百多年间，先后出现大规模电力驱动带来的电气革命时代，和以计算机和电子技术为基础的自动化和信息化时代，出现了PLC、CNC、工业机器人控制器等自动设备，人类利用和改造外部世界的的能力突飞猛进，近百年来的整体生活质量得到的过去几千年来无法想象的大大改善。在进入新千年后，随着互联网普及——特别是最近10多年来移动互联网应用的全面浸入，以及在计算机底层硬件高性能处理能力和“大数据”基础上而复兴的人工智能技术的时代背景下，人类开始主动地宣传和推动新一轮的技术革命，其中，德国的“工业4.0”、美国的“工业互联网”、中国的“智能制造2025”为代表的概念提出和积极探索，开启了令人无限遐想和满怀憧憬的智能互联网时代。



现代工业，已发展成了一个涵盖极广的范畴；既包含离散制造、流程制造等，又涵盖了楼宇建筑自动化、工程机械行业和物流运输业等“泛”工业。其中，“制造业”一直是现代工业的主体。产业升级的过程中，作为基础的工业技术，也从以传统 PLC 为代表初级规则自动化，向以基于计算机的工业控制器为代表的高级自治自动化——智能制造形态演进。

智能制造的演进离不开对数字化转型的讨论，根据工业数字化中的复杂程度和数字化程度划分，可以分为三个阶段，即基础阶段，转型阶段以及成熟探索阶段。目前整个制造业数字化转型中仍有超过80%的企业处在第一、二阶段，但面向未来，更加先进、优化的工业自动化流程以及数据价值利用趋势势不可挡\*。

按照工业自动化的核心基本任务划分，可分为逻辑控制和运动控制两种；具体到应用端的装置，又可概括为以下类别：PLC、数控、机器人技术，他们也被称为现代工业自动化的三大支柱。

\* 数据来源: Frost & Sullivan-Intel vBook, Intel Manufacturing Solutions



- **可编程逻辑控制器 (PLC):** 定位通用控制设备, 以逻辑控制为主, 也可辅以相对简易的运动控制功能, 广泛应用于工厂自动化单机设备、自动化生产线, 且在过程控制中也有不少的应用;
- **数控系统 CNC:** 数字控制机床的专用控制器, 具备机加工过程中丰富强大的运动控制功能, 实现复杂运动任务和达到很高的控制精度, 内置逻辑控制; 相关软件还包含 CAD/CAM 套件;
- **工业机器人 (IR Controller):** 专用于工业机器人的相关控制, 又可细分为机械臂和移动小车控制两类; 其中, 机械臂的运动控制技术与 CNC 基本相同, 但定位精度等相对较低; 而移动机器人还额外需导航定位和避震等功能; 所需的逻辑控制, 也由其自身控制器完成;
- **通用运动控制器:** 突出其相对完善的轴控功能, 可应用于多达数百轴以上的复杂自动化生产线上, 可被视为运控功能增强的 PLC 产品; 通常其运动控制使用场景无需复杂联动轴功能。

通过对控制器发展历程中标志性事件的梳理, 发现如下演化逻辑: 计算机平台作为工业控制器的基础, 其相关软硬技术极大地推动控制器产品的更新换代。以微处理器的引入为界限标志, 控制器的发展历程, 大致可划分为以下两个阶段:

1

**早期探索:** 跟随计算机发展路径, 控制器从最初单纯的机械控制装置, 到机电控制装置 (继电器线路), 再到分立电子器件控制 (真空管、晶体管), 最后演进到集成电路形态控制器; 1950 至 70 年代, 具有划时代意义的数控机床 (1952)、机器人 (1959)、PLC (1969) 相继出现, 标志着工业自动化逐步进入到计算机控制时代; 控制功能也由硬件接线演变成存储程序实现, 得益于软件的可修改的灵活性, 工业控制器确立了依托计算机平台的发展路径

2

**成熟发展:** 随着微处理器和个人计算机 (PC: Personal Computer) 的出现并迅速发展, 计算机行业进入了通用计算时代, 出现了软、硬件分离开发的新模式; 相应地, 在工业领域也开始采用了基于微处理器的控制装置, 并且先后发展成了两种技术路线: 专用型控制器和以 PC 为基础的控制装置; 二者均采用计算机的工作模式——利用软件编程实现控制; 前者依据工业现场要求, 定制化其开发其硬件产品形态; 后者, 初期是将 PC 机简单适配现场接口后直接应用于现场控制; 后来为满足工业环境下的使用要求, 进一步进行相应的结构和接口方面的改进和增强, 进而形成了一个独立的分支——工业计算机 (IPC: Industrial PC)。

现代工业控制器, 作为自动化设备的核心, 以计算机为硬件平台; 通过软件编程方式来实现控制算法和规则, 完成相应的自动化任务。如今, 主流的工业自动化控制器大厂, 基本都按不同的场景和需求, 生产了多系列、不同产品形态和多样配置的控制器, 并且为这些控制器配备了可靠的故障报警、诊断、冗余以及功能安全等保障功能, 以达到长期稳定无故障运行的目的。如今为满足智能制造需求, 工业控制器还应具备并不断增强以下方面: 1) 全向的通信功能: 南向与工业现场设备, 北向与工厂上层管理软件, 有线和无线介质信道能力; 2) 完备的数据功能: 采集、处理、传输、存储和应用, 特别是“预测性维护”的能力; 3) 借助机器学习等 AI 手段而具备的一定的自治能力。

## 1.2 工业控制器市场规模

01

智能工业  
| 行业概述

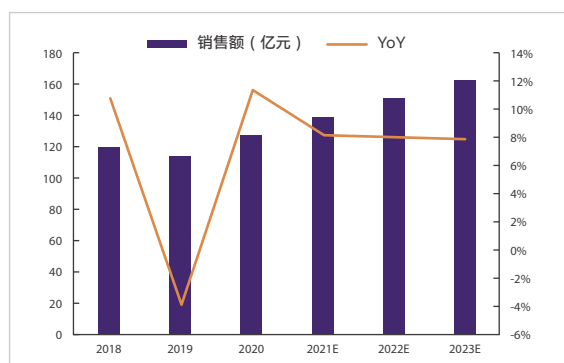
\* 该章节将汇总介绍工业控制器产品，在中国大陆市场的概况。

重点选取 PLC、工业机器人和 CNC 这三大工业自动化支柱品类，包含销售额和台套数等规模数据，细分应用市场的信息，内外资品牌市场占比情况

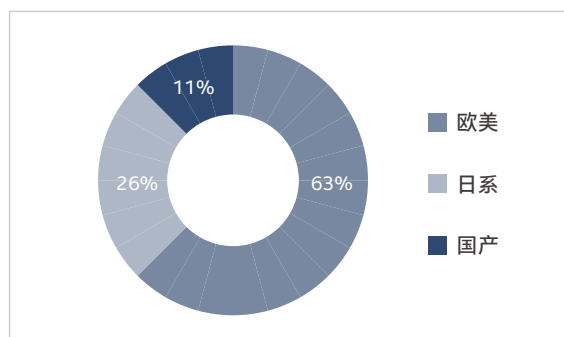
### • PLC 市场概况

PLC 是工控领域中国国产化率低的品类之一，2020 年中国大陆 PLC 市场规模约为 130 亿元人民币；大中型 PLC 的前五大应用领域为电池设备、市政工程、冶金、汽车和物流设备，合计占比约 41%；小型 PLC 的前五大应用领域是纺织机械、包装机械、机床工具、食品机械和电子制造设备，合计占比约 66%。

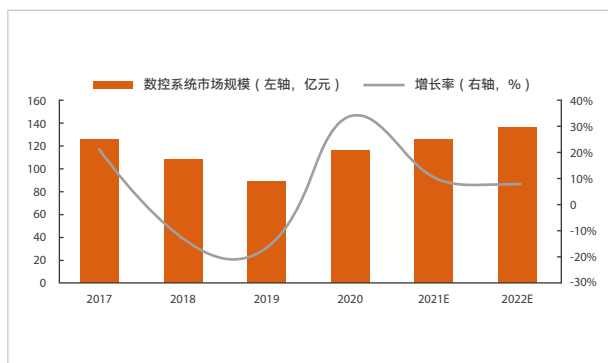
欧美系的西门子、罗克韦尔和日系的三菱、欧姆龙等品牌长期占据市场上绝大份额；2020 年数据显示，外资品牌合计占比接近 9 成，国产品牌（包含中国台湾地区厂商）仅 11%；其中，大型 PLC 市场，罗克韦尔占比最高为 40%，西门子 19% 位列第三；西门子是中型和小型 PLC 的第一大品牌，占比分别为 56% 和 27%，并且以 43% 的综合占比位居着 PLC 市场榜首位置；国产品牌 PLC 在大中型领域占比极低，在小型市场情况较好，合计 27% 的占比，其中，台达、汇川分别以 6.91%、6.89% 的小型 PLC 市场占比，跻身全体品牌市场份额排名前五。



PLC 在中国大陆市场规模及增速



PLC 中国大陆市场竞争格局



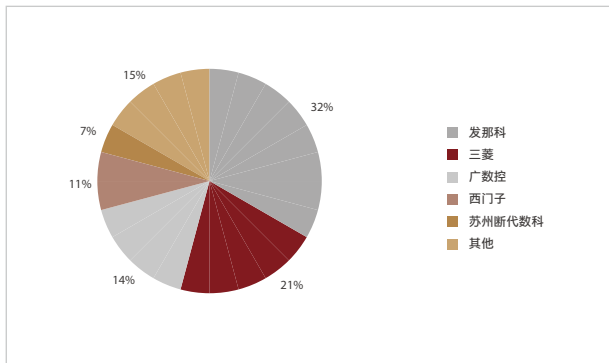
数控系统在中国大陆市场规模及增速

### • CNC 市场概况

CNC 市场规模或呈触底反弹趋势。据 MIR 测算，在经历了两年市场规模下跌后，2020 年，中国 CNC 市场规模 115.7 亿元，同比增长 33%；未来两年 CNC 市场仍有望保持稳健增长；或受市场触底反弹情绪影响，CNC 在未来一段时间内或仍将保持不可小觑的市场增长率。

近两年，CNC 市场规模虽仅处于中游水平，但市场增长率明显高于其他自动化产品。以此势头来看，未来一段

04



CNC 中国大陆市场竞争格局

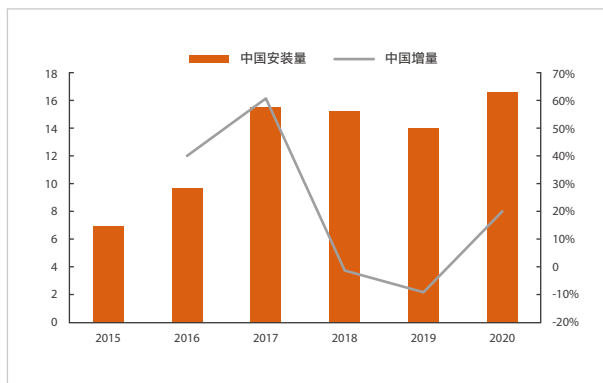
时间内，中等市场规模的 CNC 或将继续保持一定程度的高增长态势且市场规模仍有逐步扩大的趋势；日系厂发那科和三菱占据了 CNC 市场的半壁江山，国产品牌广州数控和苏州断代数科的市占率也稳中有升，基本可占据 20% 左右的市场份额；2020 年发那科、三菱分别以 32% 和 21% 的市占率成为成为中国 CNC 市场最主要的供应商，紧随其后的广州数控、西门子和苏州新代数控的市场份额依次为：14%、11% 和 7%。

## • 工业机器人市场概况

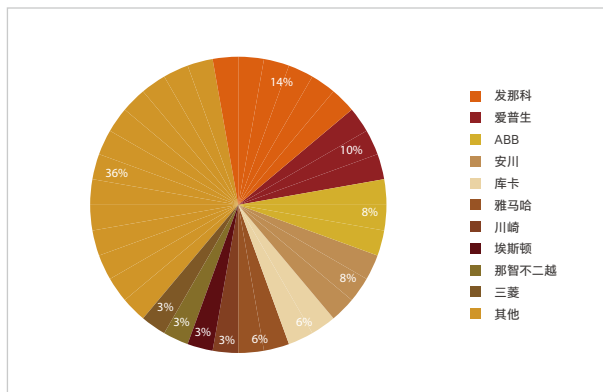
近两年来(2020-21)，中国大陆工业机器人行业景气度很高；除去疫情初期，行业整体的产量、出货量、新装机量、营收及盈利水平，均向好；受国家宏观政策影响和推动作用，2017 年起，国内工业机器人市场规模明显扩张，且整体呈现稳中有升的趋势；

自 2013 年起，中国大陆已成为全球工业机器人的最大市场，2020 年的装机量 16.8 万台，占比超 4 成；年产量则由 2015 年的 3.3 万套增至 2020 年的 23.7 万套，年复合增速达 42.21%；销售额约 400 亿，2021 年或可接近 460 亿人民币；2020 年底，全球工业机器人存量达到创纪录的 300 万台，同比增长 10%；现有商业和应用模式下，每台机器人均至少配置一台控制器；多台机器人协助控制一般采用上位机模式；

电气电子行业、汽车行业是最主要的下游市场，合计占比接近一半，但汽车行业占比有萎缩趋势。2018-2020 年，2018-2020 年占比分别为 26.4%、26.4% 和 33.7%，汽车行业 2018-2020 年占比分别为 22.4%、20.1% 和 14.4%。



中国大陆地区工业机器人安装量统计 (2020)



中国大陆地区工业机器人市占率 (2020)

\* 数据来源：睿工业数据库，中国工控网，国家统计局，IFR

## 1.3 工业控制器行业现状

01

智能工业  
—  
行业概述

目前，基于计算机（微处理器）的工业控制解决方案，已占工业自动化领域的绝对多数；但分立器件控制线路因其高绝缘性和高安全性，还应用在少数特定场景；专用型与以 PC 为基础的控制器两种技术路线，将长期并存；其中，基于计算机的工业控制器，因更强通用性、开放性和灵活性，更易于满足当前自动化领域的使用需求，将持续扩大应用范围。技术路线的对比，详见下表。

	专用型控制器	基于计算机的工业控制器
系统架构	专用计算机	通用计算机
设备连接	接口电路和主板一同定制开发	以扩展插卡形式或标准外设接口 USB 或以太网
产业形态	垂直整合、封闭	水平分工、开放
组件供应	需自主开发或定制化采购	有多种商业产品供选择；供应链风险较低
开发模式	“软硬一体”实现功能	以硬件为基础，由软件定义功能
软件复用	硬件升级更换时，需适配验证工作	依托通用操作系统，验证工作少，复用性高

基于计算机的工业控制器，本质上是一台基于通用处理器的个人计算机 (PC)；适配操作系统方面，相对而言限制较少，既可以是专用的实时操作系统，也可采用基于通用操作系统的实时性改造方案，可按性能需求和成本等因素考虑，进行灵活选择；而其软件定义控制的方式，也给终端用户提供了自定义扩展功能模块的可能；按灵活性和扩展性程度，又细分为两种产品形态：

- IPC + 专用（运动）控制板卡：在一台 IPC 内整合了的上、下位机模式：实时和接口部分在板卡实现，HMI 等操作接口在 PC 上借助通用操作系统来实现；“半软件化定义”

- IPC + Soft PLC：通用标准硬件计算机、通用实时系统（通用操作系统 + 实时性改造）；（完全）软件定义；相较传统模式，更方便进行技术的扩展、工艺的积累和知识产权的保护

关于现代控制器的演进趋势推测如下：

- 传统 PLC 等专用计算机控制器市场，将被以 PC 为基础的智能控制器逐渐取代；
- 产业链变化，终端用户将取代系统集成商，在基于计算机的工业控制器上定制化开发所需功能。



## 1.4 趋势与挑战

在“智能制造”、“智慧工厂”和“工业 4.0”等制造业热潮概念的引领和促进下，工业自动化领域催生出了新需求；工业控制的各级供应商，应借助于目前蓬勃发展的计算机硬件、互联技术和AI技术，积极尝试为自动化控制器开发出新功能和新的产品，以满足当下日益增长的如下新需求：

### • 负载整合：

现今产线要求多种自动化功能，如运动和逻辑控制、人机交互 (HMI) 和基于机器视觉及其它传感器的感知功能；往往需多台设备共同协作，如能在一台具有强大运算处理能力的 IPC 完成，将大大提高系统的协同和处理速度和精度；多台自动化设备的统一联合控制与协同控制，如：一条多机加工位的 FMS 产线，物流和机床上下料 (CNC + robot) 控制，视觉检测和功能安全等；同样在一台 IPC 上实现的话，也会简化系统部署和缩短系统的调试时间

### • 全面互联：

现代制造业生成过程，要求全面通信和互联，如通过各种现场总线和工业以太网方案，连接操控工业现场的 IO、执行器，以及传感器和通过工业以太网，连接车间和工厂信息管理系统，也包含控制器间的通信

### • 智能化：从“自动化”到“自治化”

感知能力：主要是基于机器视觉检测、测量；联合其它传感器，建立和实现的一定程度上的类人感知功能；增强实时获取工业信息的能力

数据能力：利用机器学习、深度神经网络等 AI 工具，并结合传统的工艺经验模型，使机器在获取足够感知信息基础上，具备自主进行判读和处理的能力

### 行业主要挑战

- 标准化编程与各自演绎的现实：除 CNC 的 G-code 做到了事实通用标准，可经修改后互换通用；PLC 和工业机器人的各厂家上均各自为政，名义上 PLC 编程语言上，有 IEC61131-3 国际标准，并且还有 PLCopen 等组织的推动，但现实是即使都是基于 CODESYS 开发的不同家的 PLC 产品的应用 PLC 程序，也需要经过较大量适配工作才能使用；机器人更是连编程语言标准都还没有建立
- 工业通信标准需融合和统一：多种工业以太网协议并存，ProfiNet、Ethernet/IP、EtherCAT、Powerlink、SERCOSIII 等；还有传统的现场总线，CANopen 和 ProfiBus 等，各大 CNC 厂家一般都有自己专有的工业以太网解决方案；假如能如 IT 领域的 Ethernet 一样，出现一个一统江湖的事实标准，会极大的促进工业控制上下产品的软硬件功能的开发和互操作以及互换性
- 开放需求与现实利益的冲突：尽管硬件架构同源，但各主要厂家的产品都自成体系，无法互换；在软件方面，也几乎均采用闭源开发模式；虽在一定程度上可互通，但无法互换



# 02

新一代智能工业控制器：  
主要需求和核心技术

## 2.1 新一代智能工业控制器

**新一代智能工业控制器是工业边缘节点在控制方向的最典型应用。**工业边缘节点（即工业互联网边缘计算节点），是在靠近物或数据源头的网络边缘侧，构建融合网络、计算、存储、应用核心能力的分布式开放体系，形成新的生态模式，就近提供边缘计算服务，满足工业在敏捷联接、实时计算、数据优化、应用智能、安全与隐私保护等方面的关键需求，信息化和自动化两化融合，推动信息流动和集成，实现知识的模型化以及开展端到端的产业各环节协作，从而推动制造业的发展。更多细节请参考边缘计算产业联盟（ECC）于2020年12月发布的《工业互联网边缘计算节点白皮书1.0》（以下简称《节点白皮书》）。



扫码阅览《工业互联网边缘计算节点白皮书1.0》

本白皮书精选了《节点白皮书》的部分内容，方便读者快速掌握核心概念。如有充分时间，建议读者详细阅读《节点白皮书》一文。

### • 跨设备连接互联互通:

工业设备种类繁多，常见的工业现场总线协议多达10余种，由不同的设备厂商主导，不同协议间缺乏统一标准，无法互相直接通信。物理设备接口种类也较多，工业连接器、转接器、连接线等也缺乏统一标准，无法互相直接替换。

### • 跨软件格式互联互通:

大多数工业软件细分领域均有两家以上软件提供商，软件闭源不开放。同时数据格式均为私有，由不同软件厂商主导，格式转换复杂且容易丢失数据。

### • 跨平台数据互联互通:

在企业内部，各个业务部门往往有各自的系统平台，数据需要跨系统平台的连接和传送。不同系统平台由不同供应商提供，打通数据接口需要专门技术人员定制化开发，时间、人员、费用开支非常大。

### • 数字化模型搭建迭代:

技术参数转化为数字化模型有较高的技术门槛和壁垒，各个工艺大多需要搭建专属模型，但模型的建立和迭代需要大量的数据以及专业建模人员的知识，一般企业无法承担相应的时间和人员费用。

### • 整体安全性和可靠性:

工业设备，软件以及系统平台均存有各个企业的技术以及商业秘密数据。在尽可能便利化完成互联互通的同时，需要严格的网络接入、平台运行、数据运营的权限管控。一般企业无法在短时间内建立相应的管理制度，更缺乏相应的管理实践。

这些挑战，对于处在不同位置的生态链组成部分，产生的痛点却也不尽相同：

### • 软硬件产品提供商:

身处在产业链的上游，软硬件产品提供商主要面临的问题是：如何平衡对不同的总线协议、物理接口以及软件格式的兼容程度，与系统集成商和工厂用户的用户体验之间的矛盾。更多地兼容各个不同协议、接口和格式能够显著提升下游用户的体验，但同时会显著增加产品设计和相应的技术支持的复杂程度。统一标准的缺乏对产品提供商而言是一把双刃剑，在提高已有客户切换壁垒同时，也显著的增加了产品提供商的对多个标准的研发和支持成本。

### • 系统集成商:

身处产业链的中游，系统集成商主要面临的问题是：如何平衡对软硬件产品提供商的标准品的最大利用，以及对工厂用户专属定制化方案开发的矛盾。利用标准产品越多，定制化开发越少，方案可复制性越好，系统集成商的业务拓展能力就越强；反之，方案可复制性越差，但客户依赖性加大。跨设备、跨软件、跨平台的互联互通和整体安全性将会显著的影响方案的可复制性。

### • 工厂用户:

身处在产业链的下游，工厂客户主要面临的问题是：如何平衡对已有软硬件产品和方案的充分利用，和柔性生产所要求的产线变更和迭代之间的矛盾。不可避免的，产线变更和迭代可能会引入新的工艺需求，从而可能带来不同厂商的软硬件产品加入已有产线和工艺。系统集成商会帮助工厂用户解决互联互通和整体安全性的问题。但是，因为新的工艺所需要的新的数字化模型搭建和迭代，以及相应的管理流程的改变和优化，将会成为工厂用户所面临的最大挑战。

## 2.2 硬件主要需求和核心技术

### • 工业级环境:

工业生产的环境千差万别。通常为了保证产品在各个生产环境中的普遍适用性，工业级产品会在产品外壳处做增强式设计，常见的增强式设计方案有：抗冲击（软包边）、抗粉尘（无风扇设计，HIPA 过滤网）、防水防泼溅（密封圈）等。

### • 工业级可靠性:

工业级产品大都需要 7x24 小时连续工作。叠加工业级严酷环境，通常工业级元器件相较商用级元器件有着更高的性能要求，常见的可靠性要求有：宽工温设计、宽电压设计、抗电磁干扰能力等。

### • 工业接口及连接器:

在主流商用接口之外，通常工业级产品需要支持不同类型的专用工业接口和连接器，从而满足特定的应用需求，常见的接口和连接器要求有：GPIB（数字化仪器仪表），EtherCAT 网口（伺服驱动器），RS-485 串口（步进电机）等。

### • 易扩展性及可升级性

工业级产品全生命周期较长，一般在 10-15 年不等。为了满足中期技术改造的需求，核心部件（如 CPU/SOC 等）应可独立升级。另外工业级产品应满足接口易扩展性，方便按照不同应用场景定制不同的接口。一种常见的方法是采用分离式设计，即将核心 CPU/SOC 模块单独放置在一

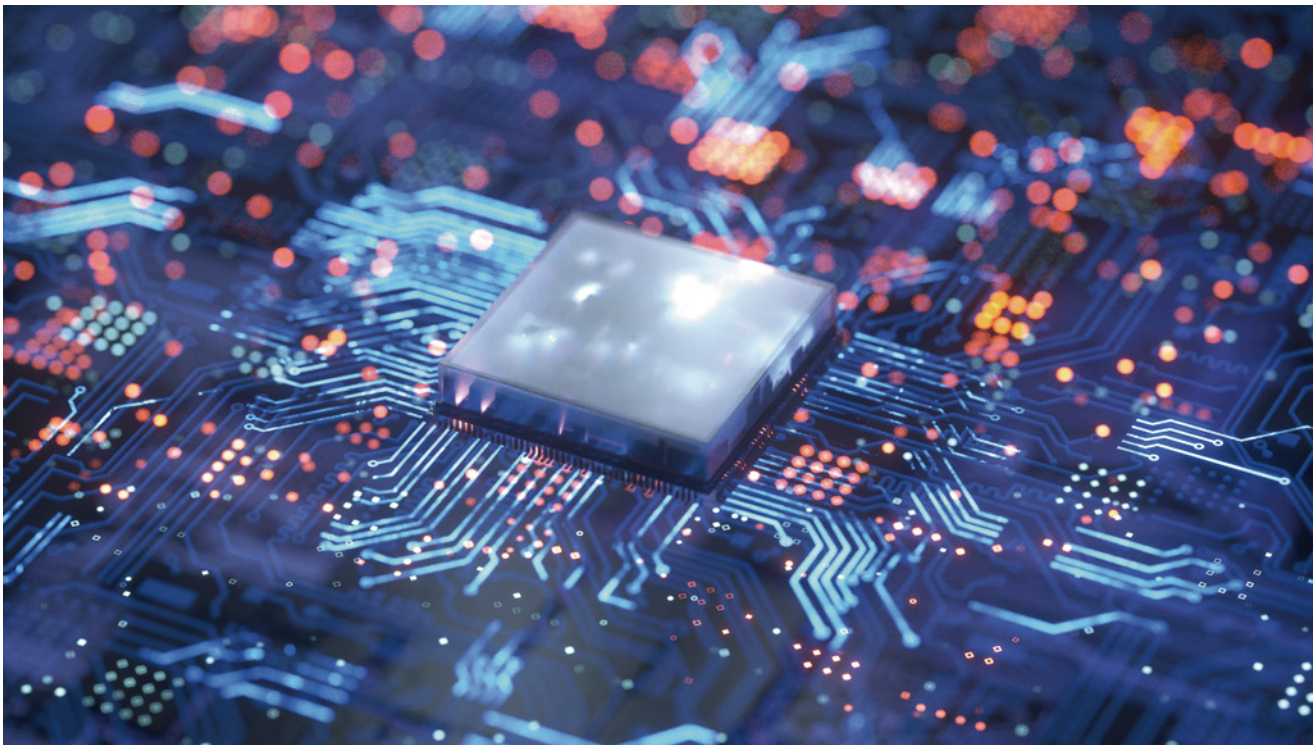
块电路板上，将其他外设接口模块放在另一块电路板上，两者之间通过多针脚连接器相连接。这样的设计可以在保持核心模块不变的前提下，简单通过修改外设模块，最大限度的满足下游软硬件产品厂商对接口的定制化的需求。受制于连接器焊接良率，成本差异以及生态体系成熟度，众多中国硬件板卡厂商在第三方标准（例如 Com-Express, Qseven, SMARC, ETX/XTX 等）之外，陆续推出私有标准的模块化设计。由于缺乏统一的规范，各家厂商的连接器位置、数量、针脚数目、针脚定义都不尽相同。阻碍硬件产品可互换性的同时，也给国内行业协同发展造成较大的困扰。

### • 硬件安全

工业级产品相较商用设备承担更多的关键性任务。工业级产品的安全需要端到端的安全性，其中硬件安全包括：节点安全，身份和认证管理，受信执行，功能安全等底层技术。

### • 异构计算支持:

工业级产品所处理的数据种类日趋多样化，在处理结构化数据的同时，也越来越多的需要处理非结构化数据。将不同计算单元协同起来的异构计算，比如 CPU+FPGA 的方案，可以充分发挥已有硬件的优势，实现性能、成本、功耗、可移植性等方面的均衡。

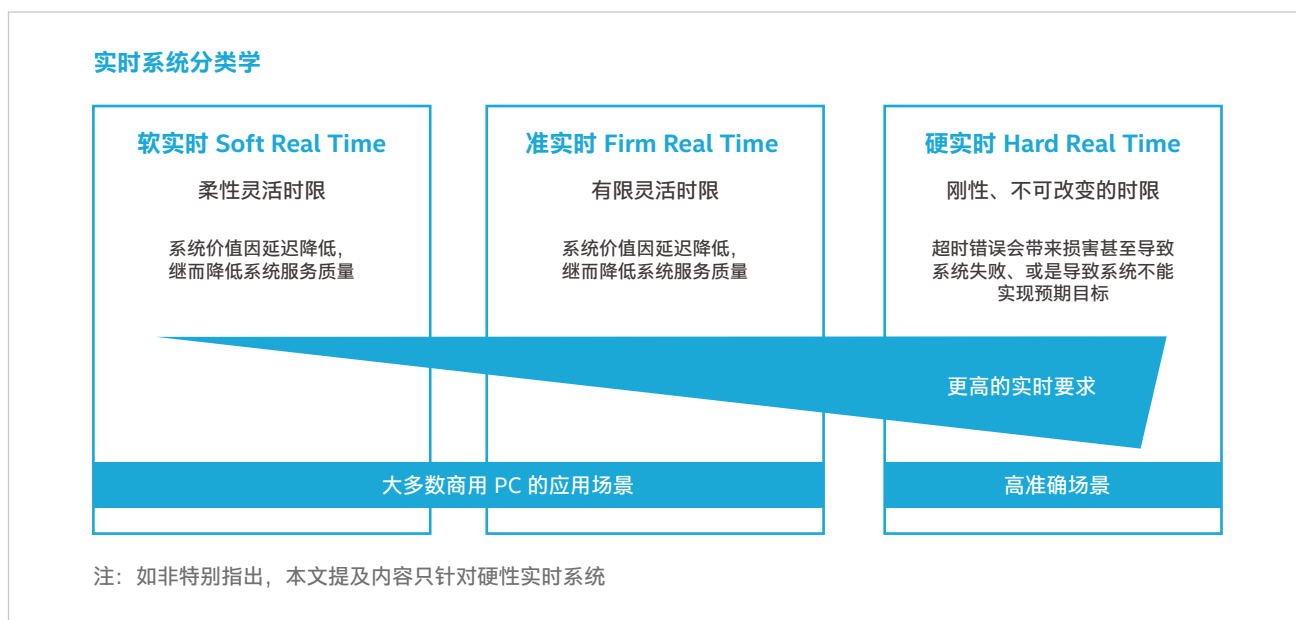




## 2.3 系统软件主要需求和核心技术

### • 实时连接性:

工业级产品对实时的要求普遍较高，大部分应用需要毫秒级实时性能，一些特定的运动控制相关应用甚至需要微秒级实时性能。

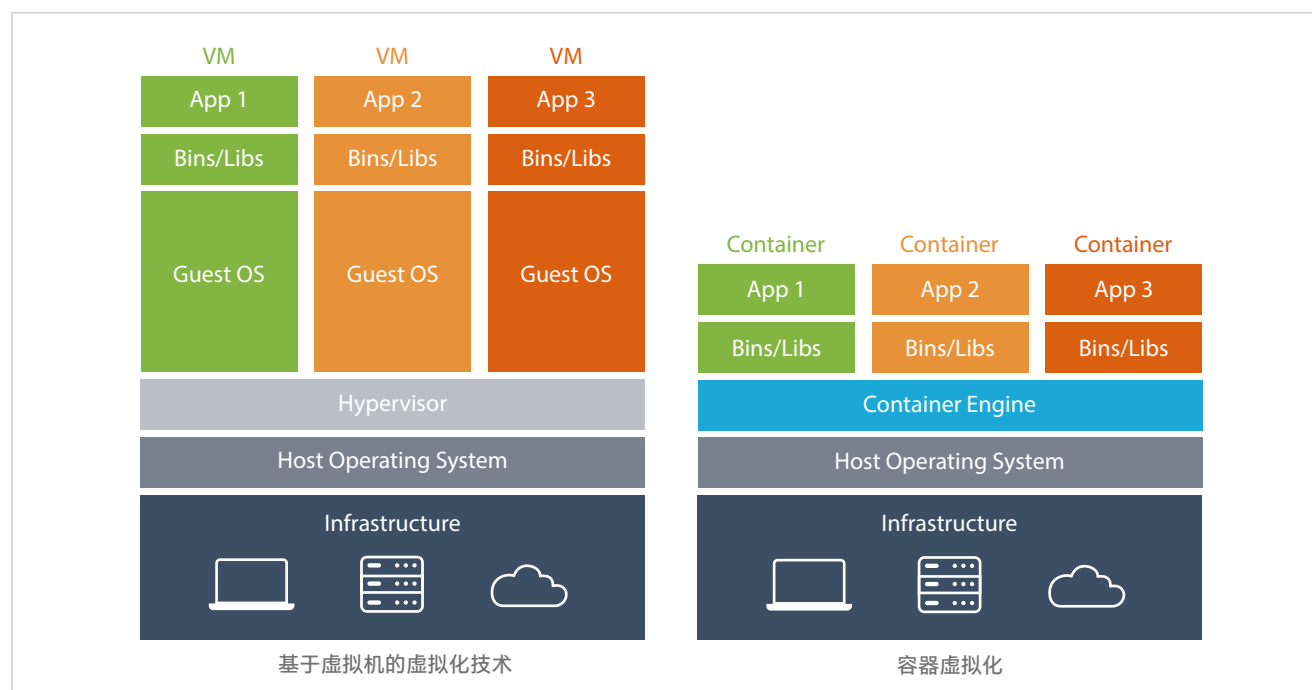


### • 工业连接协议:

同时，工业级的产品有较多的跨设备互联互通的需求，应支持主流现场总线协议（如 EtherCAT, OPCUA, Profinet, modbus 等）

### • 虚拟化容器化:

工业生产往往由多个系统共同控制，而不同系统软件往往运行在不同的操作系统上，需要虚拟化技术支持负载整合；同时工业生产有较高的鲁棒性要求，需要用容器化技术隔离各个负载，避免运行时相互影响。



- **异构计算支持:**

工业级产品所处理的数据种类日趋多样化，在处理结构化数据的同时，也越来越多的需要处理非结构化数据。将不同计算单元协同起来的异构计算可以充分发挥已有硬件的优势，实现性能、成本、功耗、可移植性等方面的均衡。

- **运维管理:**

工业级产品部署现场往往跨地域较大，需要支持单机远程管理与升级的同时，也应支持机群管理功能，如灾难备份，负载均衡/迁移等。提高整体运维效率。

- **软件安全:**

作为工业级产品端到端安全性的一部分，其中的软件安全包括：网络安全、数据安全、应用安全等上层技术。

## 2.4 应用软件主要需求和核心技术

新一代工业控制器借助于强大的硬件性能和虚拟化/容器化技术通过软件定义和负载整合的增强功能，替换以往多个单一功能控制器。基于应用软件对实时性的需求，可以把应用软件分成两类：

- **实时应用软件:** 包括逻辑控制，运动控制、机器人控制等对实时性有较强需求的软件和模块。在传统的单一控制器架构中，这些软件和模块往往运行在下位机的实时运行时 (runtime) 上，连接着伺服电机、变频器、机械手臂等外围设备。在新一代工业控制器中，这些实时软件和模块会通过虚拟化技术隔离运行在实时虚拟机 (RTVM) 中，将高级语言或者国际标准的编程语言（如IEC 61131-3、IEC 61499等）所生成的应用程序转化为对应外围设备可以执行的机代码，最终实现从单轴运动到复杂CNC控制和机器人应用。实时应用软件需要支持多种编程语言（如结构化文本 (ST)、顺序功能图 (SFC)、功能块图 (FBD)、梯形图 (LD) 和指令表等）和多种工业通信总线协议（如 EtherCAT, CANopen, Profinet, Profibus, Modbus 等），方便用户在不同配置环境下，无需通过额外软件工具，即可实现在快速迁移功能到新的应用中。最新的基于 IEC 61499 协议编写的功能块还可以支持以虚拟化形式部署在实时虚拟机 (RTVM) 中，更便利用户在不同系统中的快速迁移。
- **非实时应用软件:** 包括IDE集成开发环境，CAM/CAD，工业协议转换，功能安全，预测性维护等相对实时性要求较低的软件和模块。在传统控制器架构中，这些软件和模块往往运行在上位机、HMI、或者外挂的控制器上，连接着工业传感器、限位器、网关等外围设备，非实时应用软件的种类和数量远远大于实时应用软件的种类和数量。在新一代工业控制器中，这些非实时应用软件会运行在非实时虚拟机 (non-RTVM) 中，通过内存共享等机制，和实时虚拟机 (RTVM) 中的应用软件进行数据交互。由于非实时应用软件的 API、I/O 端口等配置环境较为多样，采用虚拟化/容器化 (container) 的形式将应用本身和配置环境封装在一起将会是未来的一个主流的需求。



An industrial robotic arm, primarily orange and black, is shown in a factory environment. The arm is positioned in the upper left quadrant, reaching towards the center. The background is filled with various industrial components, including metal frames, pipes, and other machinery, all slightly out of focus. The lighting is somewhat dim, with some bright spots from the factory's internal lighting. A semi-transparent purple overlay covers the lower two-thirds of the image, serving as a background for the text.

# 03

## 新一代智能工业控制器： 选型、搭建和测试

传统控制器往往是软硬件深度绑定的，每一家厂商的产品往往采用特定的硬件结合特定的软件实现控制功能。同时不同厂商使用各自为主导的工业通信协议，这样导致互联互通的困难同时，也会带来各种各样的升级兼容性的问题。

新一代智能工业控制器是软硬件解耦的。一款新一代智能工业控制器可以通过选用通用硬件，搭配标准化的系统软件和控制软件即可形成定制。显著降低搭建难度的同时，也可满足应用多样化的快速上市需求。厂商能够把更多的注意力放在行业应用层面，为终端行业用户提供软硬件模块可复用的差异化行业解决方案。

新一代智能控制器的设计研发流程主要包括设计、研发、及生产过程，每个阶段中对于控制器设计及性能有若干测试标准要求：



## 3.1 硬件选型和搭建

新一代智能工业控制器的硬件选型主要注意点有：

### • 元器件选型要点：

#### 工业宽温：

- 商业级器件的工作温度范围是 0°C ~ +70°C, 工业级的是 -40°C ~ +85°C, 军品级的
- 工作温度范围为 -55°C -125°C。工业级别的宽温能够同时满足夏季高温的工况下的稳定性, 和冬季低温工况下的冷启动。建议选择满足工业宽温 -40°C ~ +85°C 的产品。

#### 长生命周期支持：

- 不同于商用产品 3-5 年的更新周期, 工业产品的更新周期在 5-10 年不等。此外由于工业法规种类较多, 产品上市前往往需要 1-2 年时间取得认证。建议选择支持长生命周期的产品。

#### 芯片特殊功能：

- 如高实时性, 功能安全等功能, 往往作为特殊功能出现在专用 CPU 型号中。搭配特定的工业软件, 可以取得更好的产品性能。

以第 11 代英特尔® 酷睿™ i7 处理器 (Tiger Lake) 为例, 商用级芯片 1185G7, 嵌入式芯片 1185G7E 和工业级芯片 1185GRE 的对比如下。

芯片等级	型号	工作温度	持续供货周期 *	工业特性
商用	i7-1185G7	商用级 **		无
嵌入式	i7-1185G7E	0°C ~ +100°C	最高 10-15 年	无
工业	i7-1185GRE	-40°C ~ +100°C	最高 10-15 年	高实时性应用 (Intel® TCC/TSN)

新一代智能工业控制器的硬件搭建主要注意点有：

### • 板卡结构注意事项：

- 专用工业接口：** 不同于商用应用, 工业行业存在着较多的工业接口定制。一台工业视觉控制器往往会连接 4-6 台 GigE 接口 (网口) 或者 USB3.0 接口的相机; 工业运动控制器则会用到多个 RS232/485 接口或者 EtherCAT 接口 (网口) 连接伺服驱动器。建议工业控制器根据应用设计专用工业接口的种类和个数。



\* 英特尔保留提前结束和延长持续供货周期 (生命周期) 的权利

\*\* 英特尔规格书中未标明, 商用级芯片工作温度一般为 0°C ~ +70°C, 商用级持续供货周期一般为 3-5 年。

- **可编程状态灯：**在工业环境中，操作人员往往仅需要通过状态灯即可快速了解设备状态，因此需要在面板侧保留可编程状态灯，通过数字 I/O (Digital I/O) 驱动，供开发人员设计。

- **连接和固定方式：**在工厂情况下，机械振动和电磁干扰往往较为复杂。工业控制器的机内 PCB 之间，较多采用硬连接器连接，来替代排线连接。另外机间连接较多采用带屏蔽的信号线来确保信号完整性。

- **模块化板卡设计：**由于工业行业应用较为多样化，不同行业应用都存在着接口定制化的需求，多批量小件数的生产模式较为流行。建议采用模块化板卡设计，将 CPU 等组件放置在核心板上保证性能，同时将专业工业接口放置在接口板上保证产品灵活性，两者通过硬连接器连接。

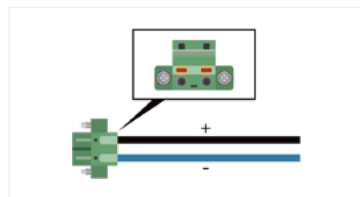
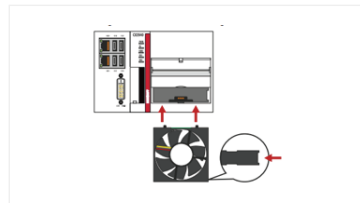


### ● 元器件选型要点：

- **散热系统：**为了避免工厂油污，水汽，粉尘对散热风扇的伤害，工业产品往往采用被动式无风扇设计，通过大面积的散热片来确保散热性能和产品密封性能。随着电气柜的普及和工厂粉尘条件的改善，近年来亦有工业产品采用主动式风扇设计，将风扇设计成易拆卸模式，通过定检更换的形式确保性能。

- **电源系统：**工业控制器随着各类工业负载和工业人工智能的兴起变得越来越复杂，功耗也在稳步攀升。伴随而来的就是在高电流模式的时候，电源系统的电压稳定性。电源系统的最大功率应确保满足整个控制器的峰值需求，避免“小马拉大车”的情况导致系统崩溃或者死机。

- **导轨和接口面板：**随着整体设备的小型化，工业控制器的安装位置逐渐从卧式或者立式转移到了导轨式安装（如 DIN 导轨等），相应的接口面板位置也有所改变。建议接口面板设计充分考虑导轨安装特性集中在正前方，避免出现因遮挡而无法使用接口的情况。



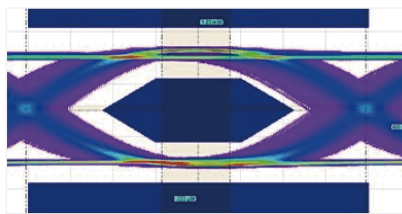
## 3.2 硬件系统测试和验证

新一代智能控制器的主要硬件测试贯穿了硬件选型和搭建的各个环节，下文将列举工程验证阶段 (EVT) 及设计验证阶段 (DVT)、小批量过程验证阶段 (PVT) 中主要的硬件测试项目及基本要求。

在 EVT 阶段，主要着重在信号完整性测试以及电源完整性测试。通过示波器等测试工具，可以验证各个信号源输出，经由传输线到达信号末端（负载），信号本身的相对变化情况。电源性能测试主要分为电源带载测试及 CPU 供电测试，测试电源在不同负载情况下的性能表现。常用的测试工具有 VRTT 等。

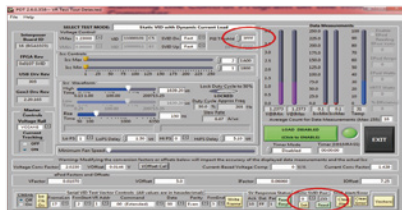
在 DVT 及 PVT 阶段，新一代智能控制器需要完成涉及硬件功能相关的测试，例如兼容性测试、性能测试及可靠性测试。兼容性测试通过替换硬件设备中主要零部件测试其使用不同部件时的兼容性，而性能测试需要结合智能控制器实际主要应用场景，使用对应的测试工具进行具体性能的分析。硬件可靠性测试则可以分为环境测试、认证测试及 MTBF 测试，具体测试标准文件及细则可以参考以下图表。

类别	测试项目
环境测试	热阶梯压力测试
	热冲击测试
	高温测试
	低温测试
	热分布测试
	温度四象限变化测试
	随机振动测试（运行状态）
	正弦振动测试（非运行状态）
	冲击测试（运行状态）
认证测试	跌落测试
	电磁兼容性测试
	安全性测试
MTBF (平均无故障工作时间)	MTBF（平均无故障工作时间）



眼图测试示意图

<https://www.86ic.net/qianrushi/yingjian/214627.html>



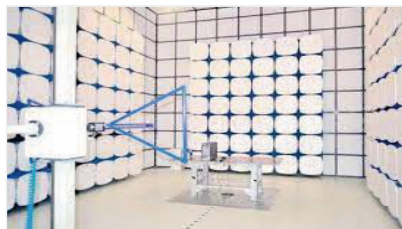
VRTT 测试工具界面展示

<https://community.intel.com/t5/Software-Tuning-Performance/Voltage-Regulator-Test-Tool-VRTT-Software-Issues/td-p/804464>



散热性能模拟

<https://www.yzitech.com/newsDetail?ID=21&NewsTypeID=2>



电磁兼容性测试

<https://www.ssoecc.com/4707.html>



环境测试

<http://www.cesipc.com/m/hyfx/10839216410.html>

## 3.3 软件选型

得益于新一代智能工业控制器是软硬件解耦的设计，在通过选择通用组件搭建完硬件部分以后，接下来要做的便是软件部分的选型，搭建和测试。

新一代智能工业控制器的软件选型和搭建主要分为几个部分：

### • BIOS 的选型：

以英特尔® 酷睿™ 平台为例，第 10 代英特尔® 酷睿™ 和之前产品的商用级和嵌入式级 CPU 的主要区别在于对宽温的支持，同一个版本的 BIOS 同时支持商用级和嵌入式级 CPU，BIOS 的主要注意事项是要允许改动实时调优相关的选项设置（如节能和超频选项等）。在第 11 代酷睿平台中，英特尔第一次引入了工业级 CPU（如 1185GRE）支持如高实时性 TCC 等专属特性，对应的也需要专属的工业版本的 BIOS 搭配方可支持。

### • 虚拟化/容器化系统选型（如需）：

虚拟化技术和容器化技术作为成熟技术，在物联网和数据中心有着广泛的应用。对于智能工业控制器而言，是否采用虚拟化和容器化技术与应用场景有着密切的关系，下方是典型应用的选型建议：

工作负载	典型应用场景	操作系统/微服务配置	虚拟化/容器化产品类型	虚拟化/容器化产品举例
高实时性	CNC, 运动控制	单实时操作系统	/	/
高实时性+高计算力	视觉引导机器人手臂	实时 + 非实时系统	虚拟机产品	KVM, ACRN 等
分布式计算	61499 开放自动化平台	多个微服务	容器化产品	Docker 等

### • 实时系统选型：

实时系统可以通过对通用操作系统（如 Windows 和 Linux）增加实时补丁（如 INtime, Xenomai）来实现，相对开发难度较低且成本不高，适用于常见工业实时场景。如果对系统可靠性有较高要求，亦可通过直接部署专用实时系统（如 QNX, Vxworks）来实现。

### • 工业联接协议选型：

工业连接协议可分为私有协议（如 Profinet, Modbus 等）和开放协议（如 OPCUA, EtherCAT）等。另外随着对机间通信的实时性要求增加，时间敏感网络 TSN 等协议也逐步成熟中。此外由于 5G 在工业中的逐渐普及，对 5G 的支持也成为一个重要的指标。新一代的智能工业控制器应支持多种成熟协议，并且为新兴协议（如 EtherCAT over TSN, 5G+TSN 等）预留升级的可能。

### • 控制器开发软件选型：

控制器开发软件主要在应用层使用高级编程语言（如 Visual C++），实现智能控制器的功能开发，以及提供运行时来执行所生成的控制模块。用户可以根据自己的实际需求自由进行裁剪，最终出封装有自主知识产权（如生产工艺 Know-how 等）的功能组件和库。控制器开发软件大都支持 IEC61131 标准，部分开发软件如施耐德电气的 EAE 还支持 IEC61499 标准。

## 3.4 软件系统搭建

软件系统的不同层级，均有商用方案和开源方案可供厂商选择，控制器厂商可以按照自身研发能力，在不同层级选择商用方案来获得更好的技术支持和更快的产品化速度，亦可选择开源方案来获得更优的开发成本和更深度的自主定制化。下面会简要介绍商用方案的搭建方法和开源方案的搭建方法。

软件层级	典型商用方案	典型开源方案
虚拟机/硬件虚拟化	Type I: RTS Hypervisor, VMware ESX, MS Hyper-V Type II: TenAsys eVM, VMware workstation, Oracle Virtualbox	Type I: KVM, ACRN, Xen 3.0 afterwards Type II: QEMU, Xen 3.0 before, Acontis Lxwin
容器化/操作系统虚拟化	Solaris Container	Docker, K8S
实时系统 (补丁)	<b>Windows:</b> TenAsys INtime, Kithara RT Suite, IntervalZero RTX64	<b>Linux:</b> Xenomai, Preempt-RT, Zephyr
实时系统 (专属, 无或者小操作系统)	QNX, VxWorks	uCOS, eCOS, freeRTOS
工业连接协议	Beckhoff TwinCAT, Profinet, Modbus, EtherCAT	OPC UA
控制软件 (PLC, 运动)	CODESYS, Logiclab	PLCopen

### 商用方案搭建方法

商用方案有较标准化的下载安装流程和较完整的技术支持。对于控制器厂商而言，选择商用方案可以有效缩短上市时间，提升产品质量，并且分摊潜在的客户支持风险。取决于控制器产品的要求，各个厂商有两种不同的商用软件的搭建策略：

- **专业控制器 (如高精度机床控制器)：** 控制器厂商通常自主开发应用层软件，而仅仅采用商用的虚拟化 (如有) 和实时操作系统软件。提供商用虚拟化和实时操作系统的软件提供商有很多，如 Kingstar, VxWorks, Acontis, Tenasys 等。以 Tenasys 为例，商用搭建方法可进一步分为：

一. 当仅存在单个实时任务时 (如高精度 CNC 控制)，INtime for Windows 可以将非实时 Windows 系统转化成实时 Windows 系统。INtime for Windows 是一个硬实时事件驱动的操作系统，具有以微秒为单位的确定性。更多详情请参阅 <https://tenasys.com/products/intime-rtos/intime-for-windows/>

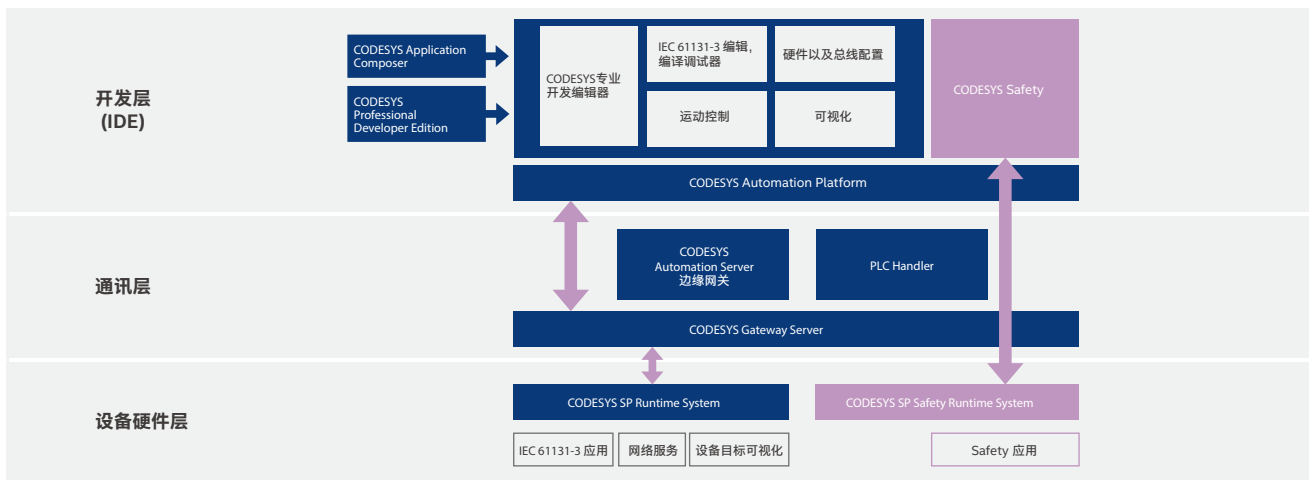
- ① **安装：** 使用标准的 Windows 安装工具安装，具体安装 INtime for Windows。
- ② **配置：** 安装完成后，将通过硬件分区为每个实时节点分配资源，如内核，内存和 I/O。同时专属驱动程序确保整个系统的低延时，包括：以太网和 Intime HPE 的驱动程序 (支持 EtherCAT、Sercos III、Profinet 等总线协议)，以及 xHCI USB、PCI/PCIe 和串行端口的驱动程序。
- ③ **执行：** 系统重启后，INtime for Windows 实时操作系统即可使用。

二. 当同时存在实时任务和非实时任务时 (如高精度 CNC 控制和 HMI 同时运行)，需要使用硬件虚拟化技术 (如 eVM for Windows) 隔离实时和非实时 Windows 系统，来确保二者互相独立运行。更多详情请参阅 <https://tenasys.com/products/evm-for-windows/>

- ① **安装：** 使用标准的 Windows 安装工具安装 eVM for Windows 之后，系统的 CPU 核和存储器被分区。eVM 运行于一个核上而 Windows 运行于其余核上。
- ② **配置：** eVM for Windows 将在同一套平台上建立实时和非实时两个 Windows 操作系统。每个操作系统都有它自己的专用处理器核、存储器、I/O、和中断，保持操作系统环境独立，从而确保每个 Windows 操作系统的性能。不需要 boot-loader 的帮助，也不需要重新安装 Windows。
- ③ **执行：** eVM BIOS 提供 PC BIOS 的标准功能性，包括引导本地客户操作系统所必需的所有功能，从硬件驱动、活动硬盘、或者 CDROM 镜像。多个客户操作系统可通过 eVM 节点管理工具进行配置，启动和停止。

- **通用控制器 (如软 PLC)：** 控制器厂商可以在采用虚拟化 (如有) 和实时操作系统软件之外，进一步选择商用的主站协议栈和应用层软件。提供商用主站协议栈和应用层软件软件供应商也很多。以 CODESYS 为例，商用的控制软件平台包括开发层 (IDE)，通信层 (Gateway)，和设备层 (Runtime)，如下图所示。





更多详情请查阅 <http://www.codesys.cn/list-chanpinzongshu.html>

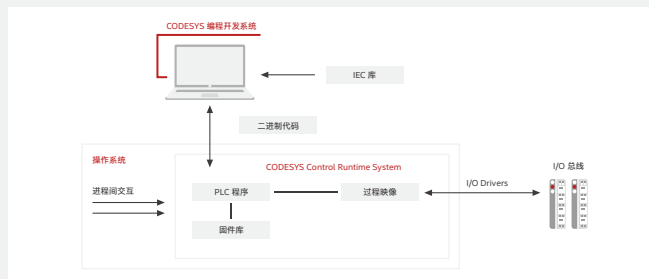
### 一. CODESYS 三层架构说明:

- 应用层:** 应用开发层包括 PLC 编程系统 — CODESYS Development System (具备完善的在线和离线编程功能)、编译器及其配置组件、可视化界面编程组件等,同时提供用户可选的运动控制模块及安全模块等组件,使 CODESYS 的功能更加完整和强大。
- 通讯层:** 应用开发层和硬件设备层之间的通讯是由 CODESYS 中的网关服务器来实现的,同时 CODESYS 通讯层也集成了 OPC 服务器。
  - CODESYS 网关服务器。作用在应用开发层和硬件设备层之间。通过 CODESYS 网关服务器, CODESYS IDE 可以使用 TCP、UDP、CAN、USB、共享内存等通讯方式与 CODESYS Runtime 进行通讯。它是 CODESYS 开发平台不可分割的一部分。
  - CODESYS Automation Server 的边缘网关
- 设备层:** 在使用基于 IEC 61131-3 标准的编程开发工具 CODESYS IDE 对一个硬件设备进行操作前,硬件供应商必须要在设备层预先集成 CODESYS 的内核软件 (CODESYS Runtime)。同时,可以通过使用 CODESYS 的可选组件:如 CODESYS 目标可视化编程模块或网页可视化编程模块来实现功能上的扩展。

**二. 安装 CODESYS 编程系统:** CODESYS IDE 基于 .Net 架构,支持在 Windows 系统上安装。CODESYS Runtime 支持多种操作系统。用户可以到 <http://store.codesys.cn/codesys/store/index.html> 下载 IDE 和 Runtime 单机版的安装包。

**三. 配置 CODESYS Runtime 环境:** CODESYS IDE 安装完成后,对于一些平台,可使用 CODESYS 官方提供的 Runtime 工具进行 CODESYS Runtime 部署,如 CODESYS Control for Linux SL 支持部署在基于 X86 + Linux 平台的硬件上;对于一些平台,也可直接安装 CODESYS Runtime,如 CODESYS RTE 支持客户直接将实时 Runtime 部署在 X86 + Windows 平台的硬件上。CODESYS 支持绝大多数 CPU 和操作系统以及无操作系统。也完成了对中国品牌 (国产) 芯片和操作系统的适配工作,如飞腾、龙芯; SylixOS、Reworks 等。(该介绍只以 CODESYS Control Win 的配置过程为例)

**四. 执行:** 用户在开发层编写完成的 IEC 程序通过集成的编译器编译为二进制代码,通过 CODESYS 网关,应用程序的二进制代码文件可下载部署到目标设备中,应用程序启动后,控制器就可根据应用程序的逻辑来完成输入输出设备的控制。



**五. 详细部署过程可咨询:** [support@codesys.cn](mailto:support@codesys.cn)

## 开源方案搭建方法

相对于商用方案而言，开源方案的优缺点非常明显，大致总结为：

- **优点：**灵活性和免授权。灵活性：不同于商用方案的封闭式设计，开源方案更多采用新技术，小版本更新较快，同时允许用户按照自身需求对方案做较多的裁剪，有较大的代码优化空间以及跨软硬件平台迁移的可能。免授权：除了有效降低单台控制器成本以外，也可避免因不可控因素（如地缘政治等），带来的商用授权失效的潜在风险。
- **缺点：**高技术门槛和支持不确定性。高技术门槛：开源方案带来灵活性的同时，也对开发者有着较高的技术门槛。相较于商用方案多基于 Windows 操作系统并且有着标准化的下载安装流程，开源方案往往基于 Linux 操作系统，各个组件需要到不同网站下载以后再次编译生成，上手难度较高。支持不确定性：商用方案往往有多种技术文档如产品说明书，参考代码，彩页，指导手册，培训课程等，同时也有较多支持方案，如邮件，电话甚至付费定制化支持等。开源方案往往仅有白皮书和参考代码，技术支持也较多依靠开源社区的志愿者参与。另外，当多个开源方案首次整合使用的时候（如开源实时操作系统搭配开源虚拟机），需等待志愿者上传最佳参考配置，有较多不确定性。

正是由于上述的优缺点，开源方案较适合两类场景：自主可控技术开发，对内部技术实力较强的厂商而言，通过开源方案可以形成高技术壁垒，竞争对手不易赶超；先进技术预研探索，对于行业新应用（如协作式机器人等），由于技术路线尚不确定，采用开源方案有较大的裁剪和代码优化空间，便于多种技术路线的尝试和对比。

相应的，开源方案搭建方法可以分为单体式搭建和微服务搭建两种搭建策略：

- **单体式搭建：**单体式搭建往往有着独立的用户界面，业务逻辑和数据访问层。对于搭建控制器而言，可以参照商用方案的搭建策略，用单个或若干个开源方案来替换对应的商用方案。以 Xenomai 为例，作为一种基于 Linux 的实时补丁，它基本上是一种双内核方法，其中两个内核协同工作。Xenomai 通过中断管道接管所有中断，对中断进行实时和非实时的区分，优先处理实时中断。因此有两个内核：1）Linux 内核（非实时域）用于非实时任务；2）Xenomai Cobalt 内核，用于实时任务。实时应用预计在实时域工作，而其他应用程序预计在非实时域工作。域之间的切换会自动进行。Xenomai 的安装、配置和执行均依靠开源网站提供技术支持，详情请参阅 <https://source.denx.de/Xeno-mai/xenomai>

- ① **安装：**Xenomai 的安装主要通过 Gitlab 网站 <https://xenomai.org/gitlab/xenomai> 下载源文件，在建立本地安装文件以后，通过命令行的形式安装到本地控制器上
- ② **配置：**安装完成后，Xenomai 需要参照 <https://www.opensourceforu.com/2015/10/the-xenomai-project-a-linux-based-rtos/> 建立实时驱动模式 (RTDM)，手工配置多项内容，如中断流水 (interrupt pipeline)，硬件抽象层 (hardware abstraction layer) 等。
- ③ **部署：**配置完成后，Xenomai 还需要注册多个 API（如 RTDM device API，interrupt management API，synchronization management API 等），服务（如 Clock Services，Timer Services 等）和内核模块（open a device，read from device，write to the device 等）才能完成部署。

- **微服务搭建：**微服务搭建往往共享用户界面，通过一个个微服务组件来实现对应的业务逻辑，连接数据访问层。和单体式搭建对比，微服务搭建的便利性和可交互性都有着显著的提升，特别是当用多个开源方案协同工作时，有着较好的下载安装体验。为了便利控制器厂商使用开源方案搭建下一代智能控制器，英特尔提供了英特尔® 工业边缘控制平台 (Intel® Edge Controls for Industrial, Intel® ECI)，用微服务的架构提供了一站式解决方案
- **虚拟机组件：**ACRN，Linux KVM 或者 Realtime System 试用版
- **实时操作系统组件：**Preempt-RT on Yocto，Xenomai on Yocto and Debian 或者第三方实时 Windows 试用版
- **中间件/工具组件：**IgH EtherCAT Masterstack，OPCUA，ROS2 或者第三方 softPLC 试用版
- **节点管理组件：**StarlingX，DMS 或者 Intel Orchestration Service 等

详情请参阅 <https://www.intel.com/content/www/us/en/internet-of-things/industrial-iot/edge-controls-industrial.html>。相应的，Intel ECI 的搭建策略如下：

- ① **安装：**Intel ECI 的安装主要通过 Intel ESH 网站 <https://www.intel.com/content/www/us/en/developer/topic-technology/edge-5g/edge-solutions/overview.html> 下载源文件，在建立本地安装文件以后，通过选择不同的应用场景，将对应的组件安装到本地控制器上
- ② **配置：**安装完成后，Intel ECI 需要参照 <https://www.intel.com/content/www/us/en/develop/documentation/get-started-with-edge-controls-for-industrial/get-started/install-eci-package.html> 来配置每一个组件。
- ③ **部署：**配置完成后，Intel ECI 即可和单体式搭建的方案一样，完成部署步骤。

## 3.5 软件系统测试

基于微机的工业系统 (PC-based system) 可以按照不同的应用, 来保持计算性能和实时性能的算力平衡, 以机器视觉为例, 视觉控制器对实时性能没有要求, 应将算力尽可能用在计算性能上。相反的, 以高性能 CNC 为例, 有强实时需求, 则应将算力优先保证在实时性能上。

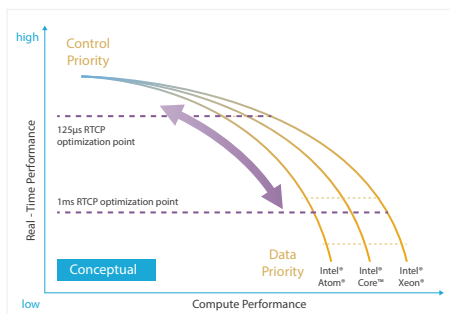
对于新一代的工业控制器而言, 在增加非实时负载压力的情况下的实时性能, 决定了控制器软件系统的整体性能。实时系统的常见主要指标有三个, 如图所示, 分别为:

- 轮询周期 (cycle time): 即完成指定任务的周期长度, 数值为正
- 延时 (latency): 即单次测试下的延时, 数值可正可负
- 抖动 (jitter): 即多次测试下的数理统计分布, 数值为正

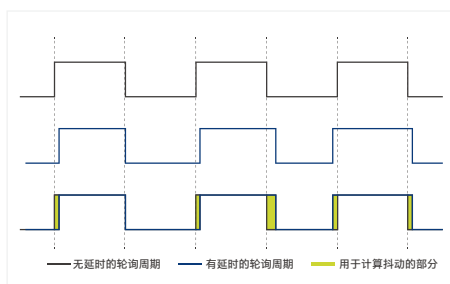
其中, 轮询周期一般由系统设定。轮询周期决定了工业控制器的刷新速度, >1ms 的轮询周期较常见于流程制造控制器 (如 DCS 系统等), 250us 到 1ms 的轮询周期较常见于离散制造控制器 (如 PLC 控制器等), 125us-250us 的轮询周期较常见于运动控制器 (如 CNC 控制器等)。

相对应的, 延时和抖动是在给定的轮询周期情况下, 测量而得出的。抖动是多次延时测试的数理统计。对于新一代的工业控制器来说, 较长时间 (大于 24 小时) 的性能测试是确保质量的重要手段, 性能调优主要关注两个问题:

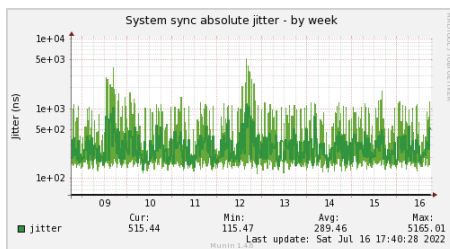
- 抖动优化: 抖动数值的大小, 决定了系统的一致性。如右图所示, 抖动值越小, 意味着单次的延迟值分布越接近于均值。从而每个轮询周期可确保正确工作的时间越长。
- 最大延时: 偏离均值较多的延时, 决定了系统的稳定性。如右图所示, 当最大延时发生时, 若相应轮询周期的任务时长和延时发生重叠, 则任务可能无法在本周期内完成, 可能造成系统宕机、掉包等问题。在强实时系统中, 将会严重影响系统的稳定性。



计算性能与实时性能



轮询周期范例



Cyclictest 范例

[https://www.osadl.org/monitoring/munin/osadl.org/rackbslot6.osadl.org/phc2sys\\_jitter-week.png](https://www.osadl.org/monitoring/munin/osadl.org/rackbslot6.osadl.org/phc2sys_jitter-week.png)

- 不同的实时操作系统往往自带实时性能评估软件:

**Windows 实时平台以 INtime 为例:** INtime Graphical Jitter Display 能够评估平台可以实现的实时性能, 通过显示 Tick 的最大/最小时间, KernelTick 的偏差情况等的结果来展现实时性能。显示的数据包括了设定的 Kernel Tick, 测定次数, 最小/平均/最大的 Tick, Kernal Tick 的偏差。实时性评估主要关注的是抖动情况, 因此关注点在最小/最大的 Tick 以及 Tick 偏差。可以看到以上的平台测试中, Kernel Tick 设置为 50us, Jitter 抖动保持在 2us 以下, 有着较好的实时性能。

**Linux 实时平台以 Cyclictest 为例:** Cyclictest 是 rt-tests 下使用最为广泛的测试工具。Cyclictest 运行一个非实时的主线程 (调度类 SCHED\_OTHER), 其以定义的实时优先级 (调度类 SCHED\_FIFO) 启动定义数量的测量线程。测量线程被一个定时器 (循环报警) 以定义的间隔定期唤醒。随后 Cyclictest 会测量线程应该唤醒和实际唤醒之间的差异, 并通过共享内存将该值传递给主线程进行统计, 周而复始, 最终由主线程将结果输出。

其他常见的测试工具还有 Rhealstone, Caterpillar, MSI jitter, MMIO latency 等, 有兴趣的读者可以进一步扩展阅读了解。

The background of the slide is a photograph of an industrial factory. In the foreground, there are large, white, cylindrical pieces of machinery with circular openings and internal components. In the background, there are metal structures, pipes, and workers in blue uniforms. The overall scene is a busy industrial environment.

# 04

## 新一代智能工业控制器： 典型应用和场景

新一代智能控制器在工业场景中呈现形式丰富多样，本文精选若干典型应用与场景。

## 4.1 基于英特尔 x86 架构的智能机械控制器

通用逻辑控制器分成两大类形态：传统的可编程逻辑控制器和运行在 IPC 上的实时多任务控制内核的智能机械控制器。传统 PLC，硬件以微处理器为核心，配备专门的 I/O 电路，用存储程序的方式来实现逻辑控制、定时、计数和数学运算等功能。由于软、硬件高度整合，新增功能需专门的硬件模块；在开发的灵活性和功能的可扩展性上，均不及通用计算机上的软件开发模式。

智能机械控制器，也被称作软 PLC 等，是以 PC 为基础，控制功能由软件来定义，现在正逐渐取代传统 PLC，在工业控制领域有广泛的应用；其操作系统既可是专用实时系统，也可是经改造的通用操作系统，或还可采用基于虚拟化的混合方案；IO 接口方面，可以是整合 IO 模块的方式构成，也可以是外置分立的 IO 设备，通过工业以太网来实现通信，构成更灵活的架构。

智能机械控制器系统架构如下所示，其中，硬件平台为一级统一模式，包含IPC的各种硬件模块，以及系统固件 UEFI 上的最优实时性配置；而软件为三级分层架构，底层是操作系统级的内核设施和驱动程序模块，中间层是支持库、工具和基础设施，应用层是智能机械控制器系统程序（集成开发和调试环境、PLC 运行时）和用户应用程序及操作监视界面。



### 基于英特尔x86架构的智能机械控制器优势如下：

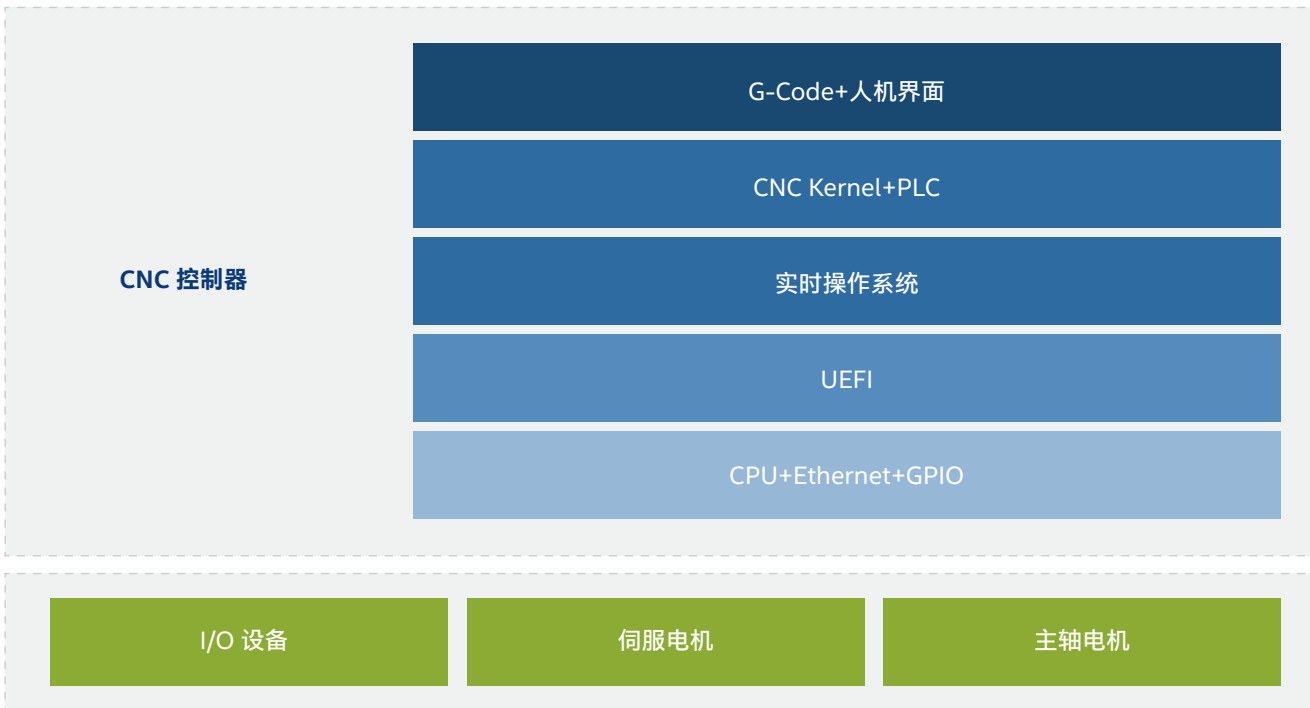
- ① 智能机械控制器基于英特尔x86架构硬件架构，并依靠软件来实现功能；故可实现软、硬件解耦；
- ② 相较传统控制器，智能机械控制器的功能开发和调试过程更加灵活；并且其系统软件 and 用户应用程序的复用性更高（在 X86-PC 架构下的不同硬件配置平台上进行迁移）；
- ③ 具有开放性，相对更方便于用户定制化功能扩展——“二次开发”；能更好的满足“工业4.0”和“智能制造”所要的云、边、端的数据采集、处理、传输、存储等功能需求。

## 4.2 基于英特尔 x86 架构的 CNC 控制器

数控 (CNC) 机床，全称计算机控制机床，制造业的核心自动化设备。CNC 计算机数字控制，即可较宽泛地指代数控系统，也可具体指核心的 CNC 控制器。数控系统，通常包含以下基本组件：

- ① **CNC 控制器**：即数控装置，本质为一台计算机；负责机加过程中所需的运动控制、数值计算、逻辑控制、安全，报警及诊断等基础功能；
- ② **PLC 控制器**：可以采用一个独立的装置，但一般都集成在 CNC 控制器内，以软 PLC 的方式实现逻辑控制，负责换刀、吹气、喷液、安全互锁等加工程序中的 M、T、S 指令代码；
- ③ **驱动系统**：数控系统的执行部件，接收 CNC 控制器发来的指令；现代机床基本都是交流电驱系统，包含驱动器和电机；
- ④ **测量部件**：指运动控制中的位置、速度等的测量装置；由伺服驱动自带的测量装置进行反馈的系统，称为“半闭环”；通过外置编码器等直接测量的系统为“全闭环”位置控制系统；
- ⑤ **辅助装置**：用于工件固定、主轴换刀、安全门开闭等的气路、液路和相关动作执行部件：一般由 CNC 系统的软 PLC 来控制其动作，也由相应传感器，进行状态检测并反馈给 PLC 控制。

基于英特尔 x86 架构的 CNC 控制器架构如下所示，包含 CNC 和 PLC 控制，其中 CNC 又可分为进给轴 (feed axis) 运动控制，负责刀具和待加工件间的相对运动，实现指定的加工轨迹；主轴驱动，靠高速旋转而产生切削力，完成切削过程；



### 基于英特尔 x86 架构的 CNC 控制器优势如下：

- ① 基于英特尔 x86 架构硬件架构，并依靠软件来实现功能；故可实现软、硬件解耦；
- ② 功能开发和调试过程更加灵活；并且其系统软件 and 用户应用程序的复用性更高（在基于英特尔 x86 架构下的不同硬件配置平台上进行迁移）；
- ③ 具有开放性，相对更方便于用户定制化功能扩展——“二次开发”；能更好的满足“工业 4.0”和“智能制造”所要的云、边、端的数据采集、处理、传输、存储等功能需求。

## 4.3 基于英特尔 x86 架构的机器人（机械臂）控制器

机器人控制器是英特尔在工业领域的另一大重要使用场景，因为英特尔芯片的强大处理能力，最常见于多关节机器人的运动控制，也用在 SCARA 机器人，坐标机器人的场景下。控制器常见结构为 CPU 加支持机器人本体现场总线协议的网卡或扩展卡，加上运行在实时操作系统的机器人运动控制软件组成。

由于机器人行业的历史发展原因，机器人控制器无论在现场总线的适配，还是实时系统亦或是其上的运行时 (runtime) 都非常丰富，用来支持不同的使用场景，而英特尔的处理器对不同的软硬件强大的兼容性保障了行业的合作伙伴和客户能够最大程度定制化自己的机器人控制器，完成产品的落地。

基于英特尔 x86 架构的机器人（机械臂）控制器架构如下所示。部分机器人控制器使用 EtherCAT 或 Modbus 协议可以不需要其他现场总线支持的扩展，采用自身的网卡和网口即可，如果有 CANopen 或者 ProfiNet 等协议通常需要专有芯片或者扩展卡支持。同理，部分机器人控制器会连接一个人机交互界面 HMI，用于即时反馈显示一些关键信息。硬件常规的 USB 或者无线连接通常可以连接一些非机器人本体的外设，用于提供一些信息如视频数据和机器人的运动学规划相配合。

其软件架构的层次较为丰富，实时操作系统在运动控制中必不可少，可以运行在物理机上，也可以运行在虚拟机上，可以运行在 Windows 环境下，也可以运行在 Linux 环境下。运行时也是一个关键的要素，因为所有的运动控制都基于运行时中提供的机制进行周期性执行或事件触发执行。在运行时之上，基础的运动控制库，软 PLC 的集成开发环境 (IDE) 和现场总线的配置管理成为了用户编写简单的机器人运动控制的三件主要工具。对于更宏观的运动控制，比如多关节机械臂的空间路径规划、避障等，就要交给机器人运动算法来解决，常见的就有 ROS2 中的 MoveIt2。



### 基于英特尔 x86 架构的机器人控制器的优点：

- ① 对多种实时操作系统和运行时的兼容性，具备庞大的生态支持
- ② 具备负载整合能力，可以在控制器中集成HMI或虚拟化 Windows 等对算力又更高要求的负载
- ③ 软 PLC 和现场总线配置使得机器人运动的编写和调试具备更高的灵活性
- ④ 软件架构中各个组件均有开源解决方案，降低了研发门槛，可以帮助客户快速验证

## 4.4 基于英特尔 x86 架构的自主移动机器人 (AMR) 控制器

相比于固定的机械臂类机器人控制器，自主移动机器人控制器可以算是较新的方向，AMR/AGV 小车，无人机，无人工程机械的控制都可以归入这个范畴。

不同于机器人控制器，AMR 在形态上的趋同导致了其控制器在输入输出端的要求呈现出较高的一致性，传感器通常指的是搭载在 AMR 上的激光雷达，景深摄像头或者普通的摄像头等各种对环境进行检测和感知的硬件。而通过现场总线连接到的 IO 一般是车载的指示灯，急停按钮，对伺服电机的控制则是控制 AMR 的四个轮子进行移动。

AMR 软件架构中对算法有更为详尽和细致的要求，SLAM 算法用于在运动的过程中对场地建图，Global、Local planner 用于导航路线规划和避障，Navigation 执行导航。在这个框架下虚拟机也是一个可选的组件，例如部分 AMR 选择车载一个基于 Windows 的 HMI 的同事底层执行的是实时 Linux 就会用上虚拟机的技术。传感器融合的算法是另一个可选项，随着搭载在 AMR 的传感器数量上升，更优秀的传感器融合算法可以帮助 AMR 的导航更上一层楼。



### 基于英特尔 x86 架构的 AMR 控制器的优点:

- ① 对多种实时操作系统和运行时的兼容性，具备庞大的生态支持
- ② 具备负载整合能力，可以在控制器中集成 HMI 或虚拟化 Windows 等对算力又更高要求的负载
- ③ 软件架构中各个组件均有开源解决方案，降低了研发门槛，可以帮助客户快速验证

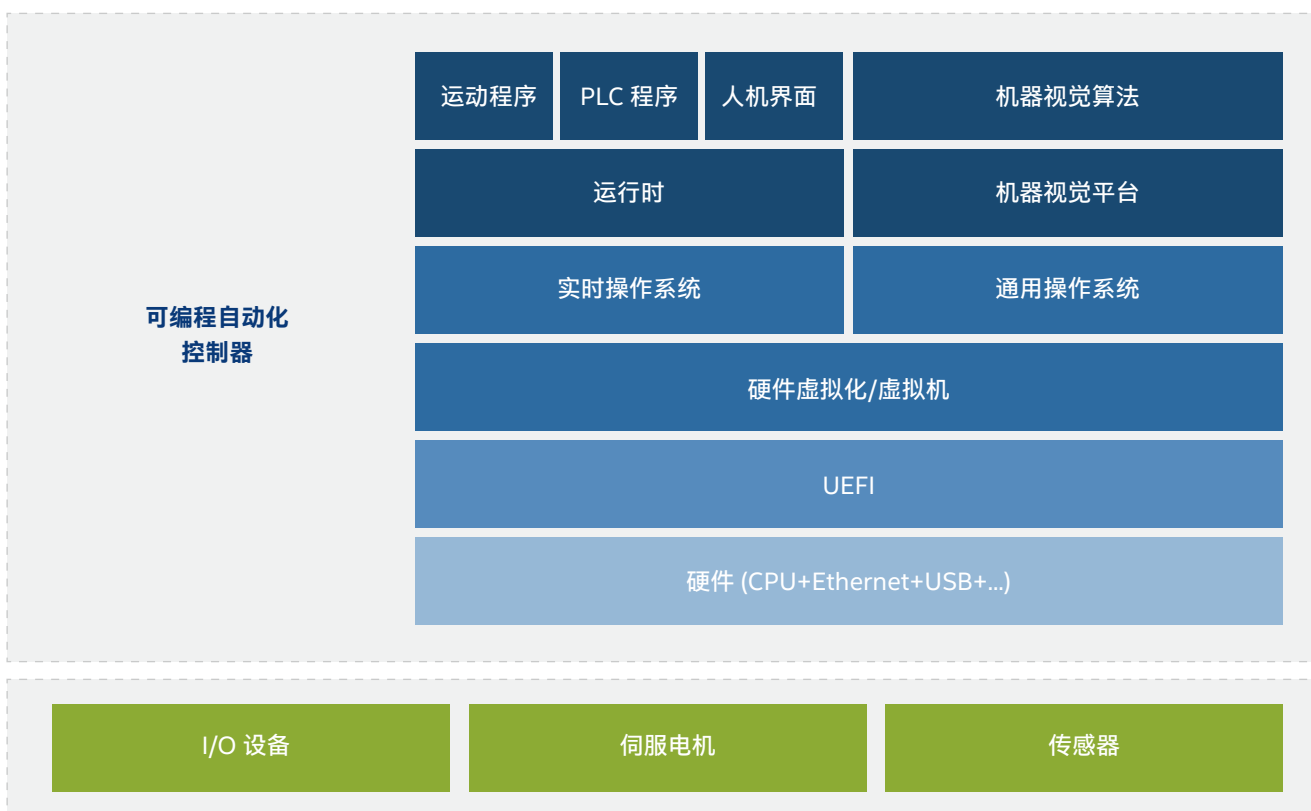


## 4.5 基于英特尔 x86 架构的可编程自动化控制器 (PAC)

智能制造为核心的工业 4.0 时代背景下，越来越多的工业机器人系统按上了自己的“火眼金睛”机器视觉。作为一个快速发展的应用，机器视觉的主要应用包括四个方面：引导定位，瑕疵检测，测量，以及识别。其中引导定位是机器视觉和工业机器人搭配最为紧密的应用：机器视觉系统能够快速准确的找到被测零件并确认其位置，引导机械手臂准确抓取。

传统上，机器视觉辅助运动控制会分别采用两个不同控制器来控制，中间通过电缆连接。这样做的好处是方案往往较为成熟，涉及到的改动较小，但是坏处是两个控制器之间的机间实时通信性能较为受限，且硬件成本有优化的空间。

越来越多的设备提供商，通过硬件虚拟化的方案，将两个不同控制器的产品整合到同一个复合控制器中，通过对 CPU，存储和 I/O 的分配，来保证复合控制器在功能上对两个控制器的完整替代。另外由于机间通信变成了机内通信，增强的实时性也使得实时视觉引导运动控制成为了可能。



### 基于英特尔 x86 架构的可编程自动化控制器的优点：

- ① 对多种实时操作系统和通用操作系统的兼容性，对上层应用软件改动微乎其微
- ② 实时数据从机间通信（如 EtherCAT 等工业总线）升级为机内通信（如内存共享机制），跨操作系统的实时数据传递更高效，进一步扩展实时性
- ③ 一个物理控制器替代多个物理控制器，降低成本同时维持系统的鲁棒性，虚拟机间互相隔离，避免单个虚拟机宕机对其他虚拟机的影响

# 05

## 新一代智能工业控制器： 英特尔一站式解决方案

为了满足新一代控制器厂商的需求，帮助厂商通过软硬件解耦的方式，在通用硬件平台上搭建属于每个厂商有特色的软件方案，英特尔专门提供了一体化的解决方案，主要包括工业等级芯片，模块化设计，以及工业边缘软件解决方案三方面。

## 5.1 英特尔® 工业等级芯片

- **工业等级芯片：**英特尔提供满足宽温，低功耗的工业等级芯片。英特尔的工业芯片主要分为至强，酷睿和凌动三个等级。



### 英特尔® 至强® 处理器

内置人工智能高端功能，如英特尔® 深度学习加速（英特尔® DL Boost）、存储、虚拟化和网络，英特尔® 至强® 处理器是要求苛刻的应用程序的理想之选。它们为具有大内存空间和 I/O 容量、IT/OT 融合以及边缘工作负载整合系统的多线程应用程序提供性能。

支持英特尔® 工业边缘洞见平台、英特尔® 工业边缘控制平台

人工智能加速	更强大的控制和配置灵活性	先进的安全技术
专为人工智能加速打造，提供更优秀的推理能力	对 CPU 性能的更多控制，帮助提高性能	借助强大的安全技术，减少攻击面，帮助防止内存监听，并增强边缘服务器部署的信心



### 英特尔® 酷睿™ 处理器

借助英特尔® 酷睿™ 处理器，在 CPU/GPU 性能、功耗和价格之间实现平衡，并提供以物联网为中心的新选项，实现实时性能、扩展温度和功能性安全材料。功能包括广泛的内存和 I/O 容量、安全性和可管理性，以及新的英特尔® 深度学习加速（英特尔® DL Boost）功能。

支持英特尔® 工业边缘洞见平台、英特尔® 工业边缘控制平台

高计算性能和灵活性	高带宽、高速 I/O	实时工作负载* (仅限特定型号)
面向重度物联网工作负载的高计算性能和灵活性	提供面向扩展和外围设备的高带宽、高速 I/O	适用于实时计算的英特尔® 时序协调运算（英特尔® TCC）和时效性网络（TSN）支持实时用例



### 英特尔凌动® 处理器

以物联网为中心的选项可实现扩展温度范围内的操作、扩展的 I/O、实时性能和功能安全性的，提供了小型设计和应用所需的低功耗计算和显卡性能。

支持英特尔® 工业边缘洞见平台、英特尔® 工业边缘控制平台

性能提升	集成和灵活性	新一代显卡
代系间单线程性能至多提升达 1.7 倍，多线程性能至多提升达 1.5 倍	集成物联网功能、实时性能、可管理性、安全性和功能安全性	在英特尔® 超核芯显卡的帮助下，显卡功能取得了巨大飞跃

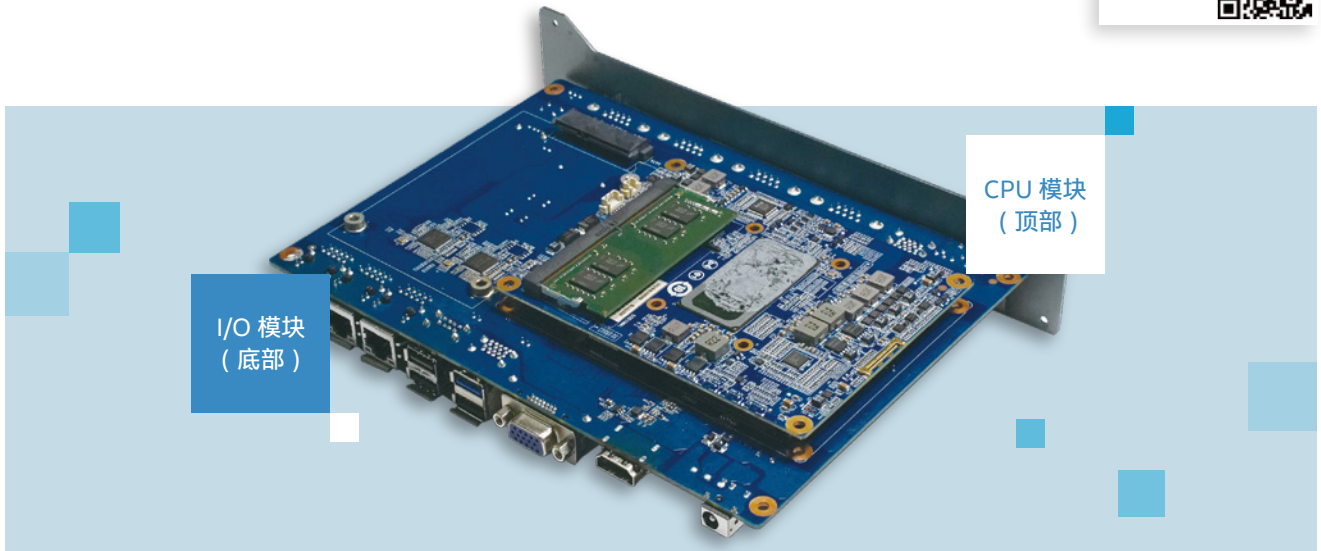
## 5.2 工业边缘节点参考设计

为进一步助力边缘计算产业的发展，结合中国市场实际情况，边缘计算产业联盟 ECC 联合英特尔以及国内厂商一起定义了工业边缘节点参考架构 (Industrial Edge Node, 简称 IEN)。工业边缘节点参考架构是一个模块化硬件参考设计 (基于英特尔凌动® 处理器 (EHL) 和 英特尔® 酷睿™ 处理器 (WHL-U, TGL-U) 平台的参考设计)，广泛用于工业边缘应用如控制和视觉等。其具有两款主要参考设计，均采用了核心模块和外设模块分离的模块化架构。



05

新一代智能工业控制器 | 英特尔一站式解决方案



### 模块化设计

在自定义 I/O 的多品类小批量产品上节省成本 + 节省时间

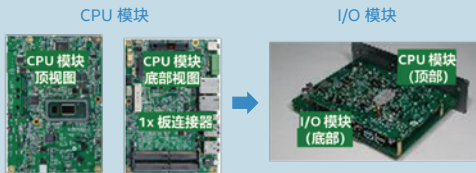
### CPU 可升级

在旧 I/O 模块上可搭配最新 CPU 模块，提供卓越体验

### 工业级坚固

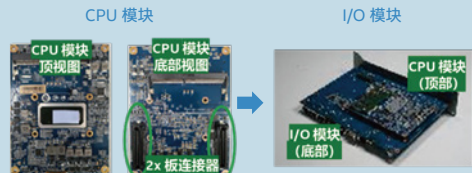
工业级 I/O，工业级连接器 + 无风扇的坚固设计

#### 简约扩展版 (类型-E)



适用于工业边缘网关和需要较少扩展接口的工业边缘控制器。简约扩展版工业边缘节点参考设计的核心模块带有常用接口，可以独立工作作为网关，HMI 等产品应用。如果需要更多扩展接口，也可以通过一个 120 针脚的板对板连接器增加外设模块，从而满足新的应用。

#### 灵活定制版 (类型-F)



适用于需要较多扩展接口的工业边缘控制器和工业边缘云服务器。灵活定制版工业边缘节点参考设计的核心模块仅带有 eDP 接口，必须通过两个 120 针脚的板对板连接器搭配外设模块方可成为 PLC, CNC 等产品应用。



工业视觉控制器



AI 计算盒



AGV 控制器



PLC 控制器



4G/5G 工业智能网关

## 5.3 英特尔® 工业边缘控制平台

英特尔® 工业边缘控制平台 (Intel® Edge Controls for Industrial, 简称 ECI) 是一个基于边缘计算技术的模块化平台, 通过提供具有兼容硬件的软件参考平台加速工业控制系统向软件定义解决方案的转变。英特尔® 工业边缘控制平台集成了实时计算、基于标准的连接性、安全性、虚拟化和“类 IT 管理”等模块, 其主要功能包括时间确定性计算、工作负载融合、应用程序和平台管理、基础架构管理、工业连接性、控制应用程序、信息安全和功能安全等。

### 工业边缘控制平台定位



### 工业边缘控制平台场景



## 5.4 英特尔® 工业边缘洞见平台

英特尔® 工业边缘洞见平台 (Intel® Edge Insight for Industrial, 简称EII) 是一款基于微服务架构的开放式、模块化、容器化的边缘计算软件平台，并对操作系统进行了验证，针对英特尔硬件平台进行了底层优化，支持英特尔深度学习参考算法或第三方深度学习算法进行人工智能分析。其核心优势是基于平台开发的软件可实现整体架构的规范化、平台化，它可在边缘汇总和处理时序数据、图像和音频数据，通过对推理进行优化。它提高了方案开发者系统优化的效率，在帮助企业缩短开发周期的同时，节约了开发成本，提高企业竞争力。采用EII的解决方案，可实现高效的云边协同。

### 工业边缘洞见平台定位



**开放式、模块化  
微服务架构**



**边缘端 AI**  
边缘端AI变得更容易，  
支持英特尔或  
第三方公司开发的算法



**边缘到云**  
连接到任何云服务提供商，  
利用互补的云-边缘解决方案



**易集成**  
集成独立的多供应商组件，  
并轻松地在微服务上构建



**数据安全**  
使用平台集成英特尔®  
硬件安全功能，  
并支持可信平台模块



**可拓展**  
英特尔凌动®、酷睿™、至强®  
处理器具有可扩展性能，  
满足您的独特需求



**可管理**  
固件、操作系统和应用  
OTA 更新



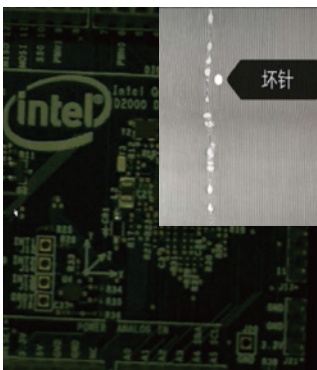
**支持编排**  
定义和优化工序流程  
使方案自动响应环境的变化

加快方案开发

部署便捷

开源，内置AI 能力

### 工业边缘洞见平台场景



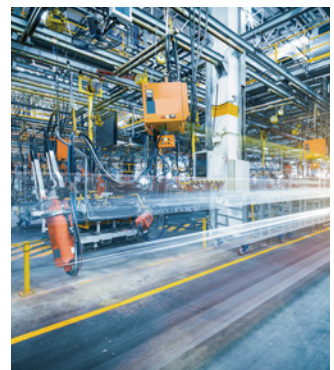
机器视觉



预测性分析



制造生产优化



流程自动化

# 06

## 结语

在工业行业中，由灵活的软件解决方案定义的机器控制系统已逐渐成为驱动智能工业发展的重要组成部分。软件定义的智能控制器能够达到更高水平的负载整合，满足更灵活的工业需求。在英特尔® 工业边缘控制平台的助力下，英特尔期待与行业伙伴携手，帮助客户以高效迅捷的方式实现智能化转型。通过基于 Linux 系统优化过的实时模块化软件平台以及英特尔具备实时感知性能芯片，英特尔与客户的紧密协作与探索将更进一步，客户亦能满怀信心实现其所需的性能表现。除了英特尔所提供的芯片、软硬件解决方案，我们将竭诚为客户提供建议与支持，助力客户方案及时、圆满落地。



The world is moving quickly towards one in which control systems for machines are defined by flexible software solutions that allow a higher level of work load consolidation and flexibility than has been seen in the past. Intel, with its Edge Controls for Industrial (ECI) platform wants to help our customers quickly and efficiently make that transition. Bringing together real time aware silicon with a real time optimized modular Linux-based software platform, customers can engage with Intel with confidence that they will achieve the performance that they need. In addition to our silicon, hardware and software technologies, we are pleased to provide customers with the advice and support that will help them execute their programs successfully and in a timely manner.

Richard Kerslake

英特尔公司网络与边缘事业部 工业解决方案  
工业控制与机器人方案 总经理



# 07

## 推荐硬件产品方案一览表



▶▶▶ 了解更多产品信息  
可扫码访问英特尔-智能制造专区网页



## 7.1 硬件方案 OEM



### EIC5000 系列边缘智能控制器 - EIC5202 主控制器模块

EIC5202 为 EIC5000 系列主控制器模块，采用了 x86 架构，4 核 CPU 的硬件平台，Intel Core I5-8365UE+PCH Muti-Chip Package 第八代处理器，支持 USB2.0、DisplayPort++、以太网等多种外设接口，支持多种存储介质扩容以提升整机系统硬件性能。依托虚拟化技术，可将边缘智能控制器划分为工业控制、边缘计算等不同业务系统，灵活划分各业务系统的硬件资源、外设，使得各系统安全隔离、灵活扩展。作为边缘控制平台，集成成熟的工业控制、边缘计算、协议转换等行业应用，与云平台深度融合，实现云边端协同。适用于高铁、地铁、电力、化工、新能源等行业。



## 7.1 硬件方案 OEM

07

**INOVANCE**  
汇川技术

推荐硬件产品方案一览表

### AC800 系列书本式高性能智能机械控制器

AC800 系列高性能智能机械控制器，是基于 Intel X86 中央处理器架构，符合 PLCopen 规范和 IEC-61131-3 标准的高性能控制器，采用 Intel Celeron/i5/i7 处理器实现纳秒级运算并支持内核系统稳定运行，本地集成双网口独立 IP 实现数据安全隔离，AC800 系列尤其适用于先进制造业的高速生产装备和大型设备的控制系统。

特点：

- (1) 搭载 Intel 处理器，实现纳秒级运算
- (2) SSD(128G)+DDR(4G)，实现足量存储
- (3) 支持 EtherCAT 总线，可实现 256 轴运动控制和上万点 I/O 信号扩展
- (4) 支持 OPCUA、EtherNet/IP 等主流工业网络通信协议，实现与信息层接轨
- (5) 提供指令库，行业工业库，实现缩短项目交付周期
- (6) 编程平台 InoProShop 每年迭代 50 余个易用性功能，助力工程师轻松编程



### AC700 系列书本式智能控制器

AC700 系列高性能智能机械控制器，是基于 Intel X86 中央处理器架构，符合 PLCopen 规范和 IEC-61131-3 标准的高性能控制器，采用 Intel Celeron 2.0GHZ 处理器实现纳秒级运算并支持内核系统稳定运行，适用于高精高性能机械自动化装备需求制造领域。

特点：

- (1) 搭载 Intel 处理器，实现纳秒级运算
- (2) SSD(64G)+DDR(4G)，实现足量存储
- (3) 支持 EtherCAT 总线，可实现 32 轴运动控制和上万点 I/O 信号扩展
- (4) 支持 OPCUA、EtherNet/IP 等主流工业网络通信协议，实现与信息层接轨
- (5) 提供指令库，行业工业库，实现缩短项目交付周期
- (6) 编程平台 InoProShop 每年迭代 50 余个易用性功能，助力工程师轻松编程



### AP700 柔性工艺显示控制一体机

AP700 系列智能机械控制器，是基于 Intel X86 中央处理器架构，采用 Intel Celeron 1.6GHz 处理器实现纳秒级运算。符合 PLCopen 规范的高性能显控一体控制器，可实现多轴伺服控制同时配有 15"工业级 TFT 显示触摸屏，适用于先进制造业的高速生产装备和大型设备的控制。

特点：

- (1) 基于 x86 处理器的高运算能力的控制器，无风扇宽环境设计
- (2) 15寸触摸屏搭载，汇川自主研发 InoTouchPad，每季度迭代 30 余个易用性功能 (3) 提供指令库，行业工业库，实现缩短项目交付周期
- (4) 支持 EtherCAT 总线，可实现 48 轴 (32 轴 1ms) 运动控制和上万点 I/O 信号扩展
- (5) 支持 OPCUA、EtherNet/IP 等主流工业网络通信协议，实现与信息层接轨



• 电话：4000-300-124

• 官方网址：www.inovance.com

## 7.1 硬件方案 OEM



沈机(上海)智能系统研发设计有限公司  
SYMG(SHANGHAI)INTELLIGENCE SYSTEM Co.,Ltd.

### i5CNC V系列

搭载V系列的 i5OS 系统软件和硬件全面升级

采用英特尔四核处理器

刀尖点跟随功能 (RTCP), 简化 CAM 处理, 支持 12 种结构

工件全景实时仿真所见即所得

支持多通道加工, 实现高效生产

集成微段压缩、轮廓控制、S 曲线加减速等多种算法

可扩展视觉识别、热误差补偿等功能, 进一步提高加工精度

支持车铣复合解决方案, C 轴控制精度高, 定位准

定制化编程循环和图形引导界面操作简便易上手

提供刀具监控和寿命管理功能, 降本增效

提供 API 接口和图形化编程语言, 快速构建行业专属智能应用

营造丰富硬件生态, 自由选择硬件

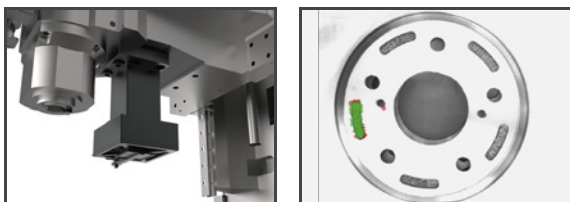
整机防护等级 IP54

整机安装可支持转轴、上吊挂和下支撑的多种方式



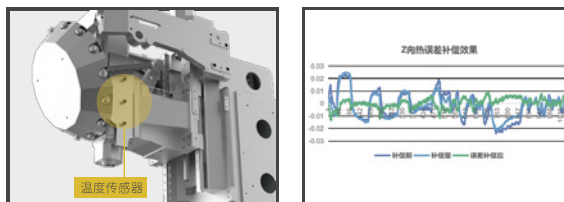
### i5OS APP - 兼顾 i5、FANUC 发那科、SIEMENS 西门子等主流数控系统

#### 视觉识别 APP



- 快速识别微小特征, 误差 0.02mm 以内
- 加工前检测, 降低工件装夹不一致带来的误差, 提高加工精度
- 加工后检测, 提升质检效率, 并输出检测报告

#### 热误差补偿 APP



- 补偿后热误差在 0.02mm 以内, 降低机床热误差高达 80% 以上
- 无需热机时间, 减少电能消耗数

## 7.1 硬件方案 OEM

07

推荐硬件产品方案一览表

# SIASUN

### GCX101 边缘控制器

GCX101 边缘控制器是基于 Intel X86 处理器硬件平台，紧凑型加固设计，低功耗无风扇系统，满足恶劣工作环境的工作需求；自主知识产权多协议 IP，搭载 Linux 实时操作系统，支持 EtherCAT、CANopen、Modbus 等主流总线协议，实现高效、实时、稳定、可定制化的多场景边缘控制应用。



### GVX100 视觉控制器

GVX100 视觉控制器配置 Intel Whiskey Lake-U I7-8665U 处理器，支持 AI 加速卡，支持 AI 模型导入，灵活部署，内置丰富的行业应用算法；紧凑型加固设计，无风扇系统，丰富的接口，支持 EtherCAT、modbus 协议，实现多应用场景下视觉与控制融合的高性能、高效、实时稳定的视觉边缘计算能力。



## 7.1 硬件方案 OEM

# XINJE

07

推荐硬件产品方案一览表

### SP M200系列 IOT 工业控制器

M200 系列是一款基于 X86+FPGA 平台适用于运动控制的 IoT 工业控制器，采用 Intel Apollo Lake 多核处理器,可良好地支撑 CODESYS 内核稳定运行。在超级电容掉电保持加持下实现工业级数据安全，为客户提供一体化、智能化的系统解决方案。

#### 特点:

- (1) 采用高性能 Apollo Lake 平台
- (2) 支持 EtherCAT 等 TSN 网络通讯，最多接入 64 轴控制系统
- (3) 多路 200K 高速隔离输入输出
- (4) 支持 EtherNet/IP、OPC/UA、ModbusTCP 等多种通信协议
- (5) 超级电容加持，在异常环境下稳定运行，保障数据安全
- (6) 支持功能强大的软 PLC 编程工具 CODESYS



### SP V300系列IOT工业控制器

V300 系列可扩展 IoT 工业控制器采用 Intel® Kaby/Coffee Lake 处理器，可以提供强大的计算性能和极佳的图像处理能力，在机器视觉应用中表现出色。

V300 系列根据外部接口类型不同主要分为 SP V310、SP V325、SP V326、SP V335、SP V336 几种不同的型号规格。

#### 特点:

- (1) Intel® Pentium® G4560 / Intel® Core™ i3 8100 / i5 9400
- (2) 最高支持 6 串口
- (3) 最高支持 11 路千兆以太网
- (4) 最高支持 8 个 USB 接口
- (5) 支持 DP+DP 或 DP+ VGA 独立双显
- (6) SP V335/V336 提供 PCI/PCIe 扩展插槽，可安装各种 PCI/PCIe 扩展卡



## 7.2 硬件方案 ODM

07

**Maxtang**<sup>®</sup>  
大唐计算机

### 大唐 @ U2 边缘计算 UMIF-XXXX (工业边缘控制器)

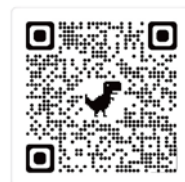
UMIF 系列是大唐 @ U2 边缘计算基于英特尔® 酷睿™ 的模块化理念设计而来的系列化产品. 兼顾工业实时控制及机器视觉的工业场景需求, 双通道内存极大的提高 数据存储速度, 内置铁电保护核心数据的安全, 内置 USB 接口提升软件安全等级, 无风扇设计提供可靠的系统长周期运行, 其最大公约 数的满足在工业场景下的计算需求. 在激光切割, 工业张力控制, 总线控制器, 工业机器人等领域广泛使用。

#### 产品特点:

1. 无风扇, 模块化设计;
2. 跨平台支持, 超过 20 种 CPU 选择 (Whiskey Lake & Tiger Lake);
3. 5000 次任意开关机;
4. 支持功能强大的软 PLC 编程工具 CODESYS, LogiLab, KW, Kithara 等;
5. 全栈协议支持 TSN 网络;
6. 提供 7T 算力, 实时抖动性能 20us;
7. 5G Sub-6 WWAN 支持 GNSS and NR/LTE/WCDMA

#### 应用场景推荐:

1. PLC 产品 (支持最少 64 轴控制)
2. AGV, 工业机器人
3. 5G 边缘计算
4. 激光切割机, 高速点胶机



## 7.2 硬件方案 ODM

**CSTIPC**  
康士达科技

07

推荐硬件产品方案一览表

### 智能工业控制器 K-Q6AMV

#### 产品特点:

- 基于 Intel 12th/13th 台式机处理器平台 Alder Lake, 全新架构, 性能优异;
- 6×RJ45, 支持 4 路 POE, 支持 Intel VPro 技术;
- 6×USB3.0、2×COM
- 8DI\*8DO, 支持 4 路光源输出;



### 工业控制器 K-U11TK

#### 产品特点:

- 基于 Intel 11th Core 处理器平台 Tiger Lake UP3
- 1×VGA、1×HDMI 显示输出接口
- 2×RJ45、10×USB、6×COM、8×GPIO
- 机箱尺寸 240mm(L)×150mm(W)×77.65mm(H)

**应用领域:** 工业控制、工业物联网、AGV

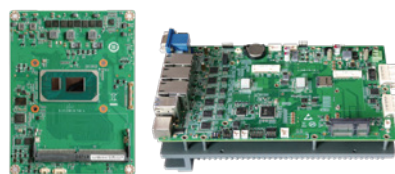


### 工业边缘节点 K-U11IEN

#### 产品特点:

- 基于 Intel 11th Core 处理平台 Tiger Lake UP3
- 可靠, 稳定的工业电脑设计; (模块化设计)
- 支持 USB3.0、PCIe3.0、SATA3 等高速 IO 信号
- 支持无风扇被动散热

**应用领域:** 工业网关、人工智能、机器视觉



### 工业控制器 K-E68TK

#### 产品特点:

- 基于 Intel Elkhart Lake 系列处理;
- Intel Celeron J6412/6413 处理器
- 1×DP, 1×HDMI, 4K 显示输出
- 2×RJ45、4×USB3.0、6×COM
- 9~36V DC 宽压输入
- 3.5' 板型, 整机尺寸 170mm(L)×112mm(W)×72.5mm(H)

**应用领域:** 工业控制、机器人、物联网关



## 7.2 硬件方案 ODM

07

推荐硬件产品方案一览表



### NP-6118 系列 AGV 及服务机器人控制器 IPC

NP-6118 系列是一款基于 COMLAC 模块化嵌入式无风扇 IPC，采用 Intel Elkhart Lake低功耗多核处理器，可以很好的支持市面主流实时系统，小体积并支持多路DIO以及 CAN Bus 接口，内置超级电容，在异常断电时能更好的保护数据的安全。适用于自动化控制、机器视觉、AGV 及服务机器人等行业应用。模块化设计方案以及客制化 logo 设计，能更好的为客户打造行业控制器平台。

特点:

- (1) 采用 Intel 高性能 Elkhart Lake J6412 平台
- (2) 3 个千兆以太网，支持 EtherCAT 等实时以太网总线；
- (3) 16 路隔离 DI 和 16 路隔离 DO
- (4) 支持2路独立的隔离 CAN Bus 总线接口
- (5) 内置超级电容 UPS，在异常断电情况下，保障数据安全
- (6) 内置 USB 接口，可安装 USB 加密狗，避免丢失
- (7) 预留 miniPCIE 以及 M.2 Wifi 接口
- (8) 支持 CodeSys 等主流的实时操作系统，微秒级实时抖动



### NP-612x 系列机器视觉控制器高性能 IPC

NP-612x 系列高性能 IPC 支持 Intel 酷睿 6/7/8/9代i3/i5/i7 高性能台式机 CPU，搭载针对机器视觉行业应用的扩展板，不但具有强大的算力性能，同时也具有较强的图像处理能力，集成 POE、光源控制以及 IO 等机器视觉行业应用接口，丰富的扩展接口以及客制化 logo 设计，可快速打造行业化专用控制器平台。

NP-6122 系列根据扩展板类型不同，主要分为 NP-6122-H1、NP-6122-8POE、NP-6123-MVS 等几种不同的规格。

特点:

- (1) 支持 Intel® Pentium® G4560 / Intel® Core™ 6/7/8/9代i3/i5/i7 高性能台式机 CPU
- (2) 支持 2 个及以上 Intel 千兆网口
- (3) 支持多路 Intel PoE 千兆以太网，单通道最大功率15W
- (4) 支持 4 个 USB3.0 接口
- (5) 支持 HDMI、DVI-D、VGA 等多种显示接口
- (6) 支持光源控制输出，每通道支持外部硬触发接口
- (7) 集成最多16 路隔离 DI 以及16 路隔离 DO，带过流保护功能；
- (8) DC12V~24V 宽压设计，并具有过压、过流以及防反接保护
- (9) 支持 CodeSys 等主流的实时操作系统，微秒级实时抖动





## 7.2 硬件方案 ODM



### RA-V6000 系列 机器视觉控制器

RA-V6000 是锐宝智联开发的一款无风扇机器视觉控制器。整机采用 Intel Tiger lake U 系列 CPU，板贴 4G LPDDR4x 内存颗粒，最大支持 64G。支持 6 个 RJ45 1000M 网口，其中 4 个 POE LAN，支持 6 个 USB，其中 4\*USB3.0，可选支持 IP 和 USB 两种工业级摄像机。采用核心板+载板结构设计，符合 Intel IEN 规范。可广泛应用于缺陷检测、定位、测量等工业现场的机器视觉场景中。

#### 特点:

- (1) 采用无风扇机箱设计，整机运行更加稳定静音
- (2) 采用 Intel 第 11 代 Tiger lake U 系列 CPU，算力更加强劲
- (3) 板贴 LPDDR4x 内存颗粒，可更好的发挥出 CPU 的强大算力
- (4) 支持 4 路 POE 千兆网口和 4 路 USB3.0 接口，可支持多种工业摄像机
- (5) 符合 Intel IEN 规范，可轻松升级核心板和 IO 板



### RA-Z4613 系列机器视觉控制器

RA-Z4613 是锐宝智联开发的一款 4U 上架式机器视觉控制器。整机采用 Intel H110 芯片组，支持 Intel 第 6/7/8/9 代台式机 CPU，支持 2 根 DDR4 U-DIMM 内存槽，最大支持 32G。支持 1\*PCIEX16,1\*PCIEX4,5\*PCI，可配置各种显卡、网络扩展卡、USB 扩展卡等各种扩展卡。可广泛应用于缺陷检测、定位、测量等工业现场的机器视觉场景中。

#### 特点:

- (1) 采用 4U 上架式机箱设计
- (2) 支持 Intel 第 6 /7/8/9 代 CPU
- (3) 支持 2\*DDR4 U-DIMM 内存槽，最大支持 32G
- (4) 支持 2\*USB3.0/4\*USB2.0/2\* 千兆网口
- (5) 支持 1\*PCIEX16/1\*PCIEX4/5\*PCI 扩展卡，可搭配各种功能扩展卡
- (6) 支持 1\*VGA+1\*HDMI 独立双显
- (7) 采用 300W 塔式服务器电源



## 7.2 硬件方案 ODM

07

推荐硬件产品方案一览表

**FUTUREROBOT**  
未来机器人

### E600i 系列无风扇嵌入式运动视觉控制器

卓信创驰 E600i 系列高性能视觉控制器，采用 Intel 第 11 代平台酷睿 i7/i5/i3 和赛扬处理器，可以提供强大的计算性能和极佳的图像处理性能。

#### E600i 系列产品特色:

- Intel Tiger Lake Processors
- 2 x DDR4 SO-DIMM 内存, Max. 64GB
- 1 x DVI-I
- 6 Intel 独立网卡芯片的千兆网口 (含 4PoE)
- 16DI, 16DO, 1RS-232, 1 RS-485, 1Remote

丰富的接口组合和扩展可以实现多相机接入、PoE 供电、高速通信、机器视觉和运动控制等功能，轻松满足各种复杂的工业现场需求。E600i 系列作为一款性能强大、集成度高、接口丰富的嵌入式系统，简单易用，支持二次开发，支持快捷安装和部署，能够快速应用于智能制造、物流仓储、工业自动化和物联网 (IoT) 的各种需求中。



### E700i 系列高性能运动视觉控制器

E700i 系列是一款高性能的运动视觉控制器，采用 Intel 第 10 代 Comet Lake 平台高性能处理器，通过 FPGA 进行接口控制，可以提供强大的计算性能和极佳的图像具备强大的运动控制能力和视觉处理能力。通过提供的库文件，可以轻松实现对控制器的编程，构建自动化控制系统。

#### E700i 系列产品特色:

- Intel 10th Gen Comet Lake Processors
- 支持 DP+DP 或者 DP+VGA 双独立显示
- 2x DDR4 SO-DIMM 内存, Max. 128GB
- 6 x GbE LAN with 3EtherCAT
- 16DI, 16DO
- 1 x Remote, 2COM

E700i 系列可搭载 Intel 第十代酷睿处理器，适合高级别的机器视觉应用，可连接 GigE Vision 和 USB Vision 工业相机。此外还提供 16 路数字 IO，以使用户开发及使用简易的 API，将视觉检测结果紧密和 PLC 或者机械手臂等进行通讯，适应后续的工业检测需求，可帮助您解决大部分视觉应用需求。无跨平台软件和语言开发负担，提供 SDK 开发工具包，协助客户快速进行二次软件开发，缩短客户产品上市时间。



## 7.2 硬件方案 ODM



07

推荐硬件产品方案一览表

### IEN 系列工业控制器

信步 IEN 工业控制器基于 Intel Tiger Lake 11 代 Core 处理器, 具备高性能、低功耗、I/O 丰富等特点。采用 IEN 模块化设计, 可灵活搭配 I/O 扩展模块。适用于机器视觉、自动化控制等工业边缘应用。

#### 特点:

- (1) 采用 11 代 Intel® Core™ 移动平台处理器 (Tiger Lake)
- (2) 提供 5 个低时延千兆网口, 支持 4 路 POE 供电
- (3) 最少提供 4\*USB 3.0, 2\*COM, 1\*HDMI
- (4) 采用 IEN 模块化设计, 可灵活扩展网口 /USB/COM/GPIO
- (5) 提供 3\*M.2, 支持 PCIe x4 NVMe, WiFi+BT, 4G/5G
- (6) 无风扇散热设计, DC 24V 输入



### SMV系列工业控制器

SMV 系列可扩展工业控制器采用 Intel Kaby Lake/Coffee Lake 处理器, 具备高性能、高可靠性、高可扩展性等特点, 可满足设备自动化、机器视觉、运动控制和 MES 系统等一站式计算需求。

#### 特点:

- (1) 支持 4/6/7/8/9代Intel® Core™ i3/i5/i7 处理器
- (2) 提供 4-5 个低时延千兆网口, 支持 4 路 POE 供电
- (3) 提供 4\*USB 3.0, 2\*USB 2.0, 4\*COM
- (4) 扩展资源丰富, 提供 PCIe/PCI 多种扩展组合
- (5) 支持 VGA+HDMI 双屏独立显示



## 7.3 系统解决方案SI

08

推荐硬件产品方案一览表

### HAN'S SMC 大族智控

#### HAN'S 801 激光切割数控系统

##### 平台 —— 部署方便,简洁稳定

- 基于 Intel X86 平台开发, 性能高、运行稳定;
- 插补周期短至 0.5ms, 系统内核纯软件化, 架构先进、升级方便;
- 全 EtherCAT 数字总线通讯, 通过网线即可连通系统主机、操作面板、IO 模块、伺服驱动等总线设备。

##### 性能 —— 高速高精,行如流水

- 轨迹精度 0.005mm, 定位精度 0.001mm, 重复定位精度 0.002mm;
- 集成先进的前瞻、速度规划、拐角拟合算法, 确保运动过程平稳流畅, 兼顾速度与精度;
- 在空中中可根据随动探测实际情况实时规划蛙跳轨迹, 自主避障, 保护切割头的同时, 实现蛙跳和随动的无缝结合。

##### 功能 —— 灵活多样,实用方便

- 提供灵活进入、续切、回退、加工中断返回、多断点记忆等多种加工中断恢复功能, 让加工更灵活;
- 支持模块化工艺队列编辑、可视化功率曲线调节, 使工艺调节更方便、更直观;
- 视觉辅助加工系统可提供精确定位、余料切割、视觉快速寻边等多种智能化辅助功能;
- 生产信息管理系统可实现订单跟踪、生产统计、报警状况分析、FMS 产线监控等多种智能管理功能。



#### 设备信息管理系统

Han's MeSys 是一套面向制造企业车间管理层的生产信息化管理系统。可以为企业 提供包括订单管理、车间任务排产调控、设备状态管理、生产数据管理、零件损坏维保管理和 FMS 柔性自动生产线等管理模块, 为企业打造一个由工单导入、任务指派、产品加工、信息反馈构成的全闭环设备信息管理系统。





08

推荐软件产品方案一览表

## 8.1 商用软件方案 – Beckhoff 倍福

08

推荐硬件产品方案一览表

# BECKHOFF

工业自动化领域控制技术专家：  
德国倍福自动化有限公司

### TwinCAT : 自动化行业灵活的软件解决方案

倍福 (Beckhoff) 是一家德国工业自动化企业。1986 年，倍福推出第一款基于 PC 的控制器，为自动化领域创立了一个全球标准。PC 控制技术将 PLC、运动控制、机器人技术、状态监测和物联网等所有功能集成在同一个控制平台上，可为客户提供先进的开放式自动化系统。倍福也是 EtherCAT (实时工业以太网) 技术的创始者，EtherCAT 可以在 30 微秒时间内与 1000 个分布式 I/O 通信，通过标准以太网和因特网技术实现垂直及水平优化集成，网络容量几乎无限。在软件方面，TwinCAT (The Windows Control and Automation Technology) 自动化软件是控制系统的核心部分。TwinCAT 软件系统可将一台基于 X86 架构的 PC 转换为一个带多 PLC、NC、CNC 和机器人模型的实时控制系统。



### TwinCAT 自动化软件亮点:

- 支持X86架构PC
- 支持多种不同的操作系统环境
- 仅需一个软件和PC即可实现编程、配置和运行
- 集成 Visual Studio®
- 支持面向对象的 IEC 61131-3 扩展
- 可以使用 C/C++ 作为实时应用程序的编程语言
- 链接至 MATLAB®/Simulink®
- 支持多核处理器和 64 位操作系统
- 广泛应用于新能源、半导体、金属加工等不同行业和领域

• 电话: +86 21 6631 2666

• 官方网址: [www.beckhoff.com.cn](http://www.beckhoff.com.cn)

• 邮箱: [info@beckhoff.com.cn](mailto:info@beckhoff.com.cn)

## 8.1 商用软件方案 – CODESYS (欧德神思) 软件集团



使用 **CODESYS** 软件  
快速开发控制器 (PLC)

逻辑控制 | 运动控制及 CNC | 机器人控制 | 冗余控制 | 安全控制  
人机界面 | 基于 Web Service 的网络可视化编程和远程监控



### CODESYS 软件平台技术优势:

1. 支持使用同一标准语言对不同硬件厂商的设备进行编程;
2. 符合 IEC 61131-3 国际标准;
3. 支持多种操作系统以及无操作系统: Windows、Linux、VxWorks、QNX 等;
4. 支持多种主流现场总线, 如 EtherCAT、EtherNet/IP、CANopen、Modbus、PROFINET、PROFIBUS 等等;
5. 支持多核 CPU 方案;
6. 支持 PLCopen Part1、Part2、Part4, 提供 CNC 数控系统模块、多轴机器人复杂控制模块, 支持 CNC 数控系统、多轴机器人的开发 (机器人控制算法功能模块, 如 SCARA, DELTA、四轴机器人、六自由度多功能机器人等);
7. 提供 3D 仿真的机器人数字孪生技术;
8. 支持对控制系统和产线设备实现云管理, 提供 IT 和 OT 融合方案

联系电话: 010-85888936 / 0531-88822695  
官网网站: www.codesys.cn

销售邮箱: sales@codesys.cn  
线上商城: store.codesys.cn



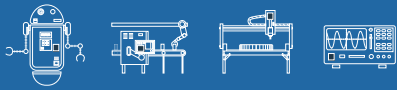
扫码  
关注公众号  
听课领资料

# 8.1 商用软件方案 – Real-Time Systems



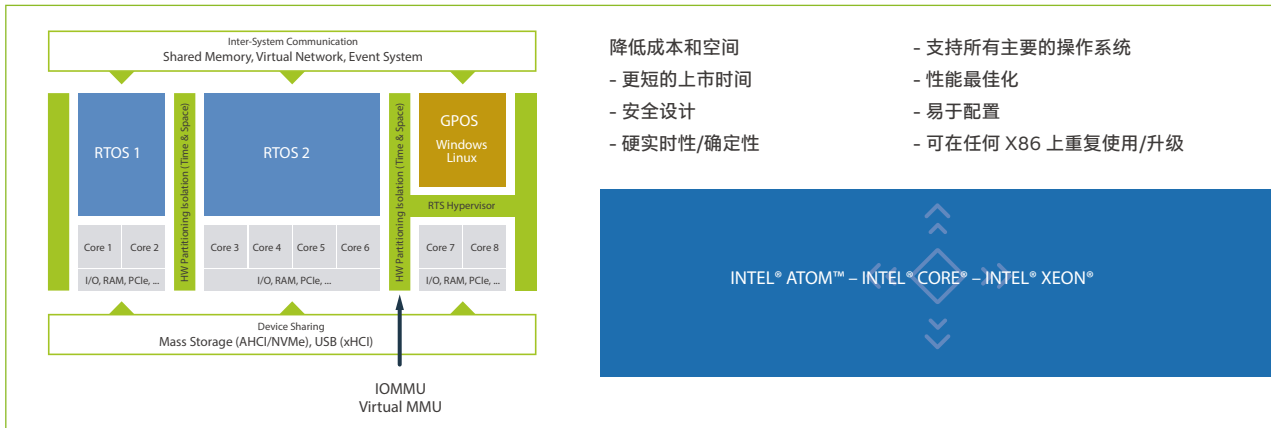
关于 Real-Time Systems GmbH | 独立软件供应商 (ISV) - 英特尔钛金级合作伙伴

Real-Time Systems GmbH (RTS) 是实时虚拟化，虚拟机监视器 (Hypervisor) 和操作系统技术的领先供应商。凭借其优质的软件设计专家团队，不管项目在任何阶段，RTS 随时能与客户合作，协助他们进行 BSP 改编、驱动程序集成、客户特定测试以及应用程序编程。RTS 提供最高质量的产品，助力客户增加竞争优势。Real-Time Systems GmbH 总部设在德国拉芬斯堡 (Ravensburg)，在欧洲、美国和亚洲都有合作伙伴

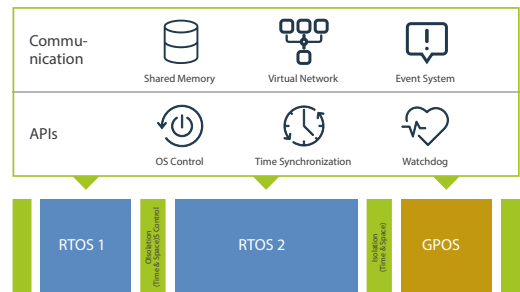


## 移动控制 | HMI | PLC | IOT 网关 | 传动控制 工业控制 | 图像识别 | 分拣 | 测试 & 测量

作为 Type I (bare mental) 虚拟机监视器 (Hypervisor)，RTS Hypervisor 安全地将 PC 分割成独立的硬件分区，每个分区由一个或多个 CPU 内核、内存、定时器和 I/O 设备组成。默认情况下，操作系统之间不共享硬件，这也包括 CPU 内核，即操作系统在不影响彼此的情况下同时运行。RTS 提供了几种不同的执行模式，从完全隔离到硬实时。与实时任务的资源由主机操作系统提供的实时扩展系统不同，RTS Hypervisor 确保实时任务不受到其他操作系统的影响。此外，运行混合的实时和非实时操作系统只与配置相关。



- 易于通信: 虚拟网络 (TCP/IP)
- 直接数据交换: 通过简单易用的 API 共享内存
- 高性能: 事件系统
- 操作系统之间的时间同步
- 用于启动、监控和停止客户操作系统的 API
- 权限管理



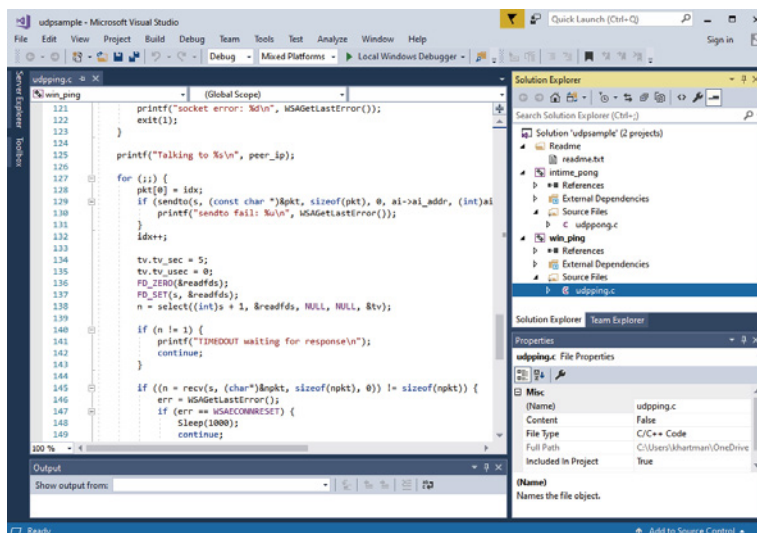


## 8.1 商用软件方案 – TenAsys

# INtime® 实时操作系统 (RTOS) 与完整开发环境

### 适用于英特尔® 工业边缘控制的理想实时操作系统

40 多年来不断为工业控制领域 (IA) 提供最佳化，构建可靠，可扩展的解决方案，可满足机器人、CNC 加工、物料搬运和自动化方面的实时性需求



- 100% 优先级的抢占式实时调度策略计算，并非 Linux 实时性补丁
- UEFI/BIOS 模式启动，支持 eMMC、NVMe、SATA 和基于 RAID 的存储器
- 用于最大化设计工程的非对称多核架构
- 可在所有 Atom、Core 和 Xeon CPU 之间无缝扩展
- 可用于虚拟机监视器 (Hypervisor) 在独立和工作负载整合的系统解决方案中
- 支持 TSN、EtherCAT、SERCOS 和其他协议的实时网络
- 用于 Axel、Straton 和 ProConOS 的第三方 PLC 软件的基础实时操作系统
- 采用 C/C++ 标准模板库和 Boost 库进行 INtime 本地编程和缩减的 WIN32 应用程序编程
- 适用于 Microsoft Visual Studio 的集成式 INtime 软件调试器

## 8.2 开源软件方案

08

推荐硬件产品方案一览表

<b>实时性技术——Linux Based RTOS</b>	
	<p>第一种是对主线传统的Linux内核打入PREEMPT_RT补丁，使内核成为硬实时操作系统</p> <p><a href="https://wiki.linuxfoundation.org/realtime/start">https://wiki.linuxfoundation.org/realtime/start</a></p>
<b>实时性技术——Linux Based RTOS</b>	
	<p>第二种是对主线传统 Linux 内核+实时内核的双内核方案，常见的主流方式有：RT-Linux，RTAI、Xenomai。</p> <p><a href="https://source.denx.de/Xenomai/xenomai/-/wikis/home">https://source.denx.de/Xenomai/xenomai/-/wikis/home</a></p>
<b>虚拟化技术——ACRN</b>	
	<p>ACRN 是一款开源的以实时性和安全性为重心的虚拟机解决方案，其提供一个非常轻量级的虚拟机管理机制，常用于虚拟化实时/安全操作系统和 Windows 等面向用户的非实时操作系统在一套硬件的使用场景。</p> <p><a href="https://projectacrn.org/">https://projectacrn.org/</a></p>
<b>虚拟化技术——KVM</b>	
	<p>KVM 是一款基于 Linux 的 x86 平台开源虚拟化解决方案，属于第二类虚拟机机制，即默认存在一个主 Linux 操作系统进行虚拟机的管理和调度，也可以同时支持 Windows+ 实时操作系统的方案。KVM 中内核部分位于 Linux 主线进行维护，用户使用由 QEMU 社区维护。</p> <p><a href="https://www.linux-kvm.org/page/Main_Page">https://www.linux-kvm.org/page/Main_Page</a></p>

## 8.2 开源软件方案

### 连接技术—IgH



关于 EtherCAT 开源的解决方案，我们这里介绍 IgH EtherCAT Master Stack for Linux。这款高性能开源 EtherCAT 主站能运行在各种实时 Linux 操作系统 (Preempt-RT/Xenomai etc.) 下，在大量 Intel 和 RealTek 网卡都有兼容的驱动。

[https://www.linux-kvm.org/page/Main\\_Page](https://www.linux-kvm.org/page/Main_Page)

### 控制/运动应用程序—OpenPLC



OpenPLC 是一个开源的基于 IEC 61131 的软 PLC 解决方案，提供软件和在部分参考硬件的实现，旨在为自动化和科研解决工业 PLC 设备价格高昂的问题。由于其开源特点，OpenPLC 常被用来在研究领域快速的实现一些工业控制的案例。

<https://openplcproject.com/>

### 控制/运动应用程序—4diac



4diac 是基于 IEC 61499 框架的开源软 PLC 和分布式部署解决方案，不同于传统的基于 IEC61131-3 的软 PLC，4diac 提供了基于事件触发的运行机制和在多台设备分布式部署任务在运行时上的能力。4diac 在产业落地较少，目前主要集中于在学研领域。

<https://www.eclipse.org/4diac/>

### 控制/运动应用程序—LinuxCNC



LinuxCNC是一个开源的基于Linux环境下（主要在 Debian 和 Ubuntu 两个发行版）的主要聚焦在数控机床运动控制的解决方案，其有较为完备的图形编程界面和仿真界面，兼容数控机床领域常用的G代码输入。

<http://linuxcnc.org/>



关注英特尔物联网微信公众号，  
了解更多行业前沿资讯



扫码访问英特尔智能制造专区，精彩内容一站浏览！  
请登录：<https://ccechina.intel.cn/Industrialhome>

如果您对本手册的内容感兴趣或想进一步与我们交流，欢迎发邮件至：  
[indu-customer-support@intel.com](mailto:indu-customer-support@intel.com)



英特尔技术的特性和优势取决于系统配置，可能需要支持的硬件、软件或服务激活。

实际性能可能因系统配置的不同而有所差异。没有任何计算机系统能保证绝对安全。请联系您的系统制造商了解更多信息。

文中涉及的其他名称及商标属于各自所有者资产。英特尔不对本文档提及的任何特定第三方产品或实体持任何立场。

英特尔并不控制或审计第三方数据。请您审查该内容，咨询其他来源，并确认提及数据是否准确。

英特尔未做出任何明示和默示的保证，包括但不限于，关于适销性、适合特定目的及不侵权的默示保证，以及在履约过程、交易过程或贸易惯例中引起的任何保证。

英特尔、英特尔标识以及其他英特尔商标是英特尔公司或其子公司在美国和/或其他国家的商标。

© 英特尔公司版权所有。