

## 1.概述

CPS 定义：CPS 通过集成先进的感知、计算、通信、控制等信息技术和自动控制技术,构建了物理空间与信息空间中人、机、物、环境、信息等要素相互映射、适时交互、高效协同的复杂系统，实现系统内资源配置和运行的按需响应、快速迭代、动态优化。

本质：基于数据自动流动的状态感知、实时分析、科学决策、精准执行的闭环赋能体系

层次结构：划分为三个层次：单元级、系统级、SoS 级，单元级 CPS 可以通过组合与集成(如 CPS 总线)构成更高层次的 CPS，即系统级 CPS；系统级 CPS 可以通过工业云、工业大数据等平台构成 SoS 级的 CPS，实现企业级层面的数字化运营特征：数据驱动、软件定义、泛在连接、虚实映射、异构集成、系统自治。

技术需求:单元级：一是状态感知能力;二是对物理实体的控制执行能力;三是对数据的计算处理能力;四是对外交互和通信能力。

系统级：一是 CPS 之间的互联互通能力;二是系统内各组成 CPS 的管理和检测能力;三是系统内各组成 CPS 的协同控制能力。

SoS 级：一是数据存储和分布式处理能力;二是对外可提供数据和智能服务能力。

技术体系可以分为四大核心技术要素即“一硬”（感知和自动控制）“一软”（工业软件）“一网”（工业网络），“一平台”（工业云和智能服务平台）。其中感知和自动控制是 CPS 实现的硬件支撑;工业软件固化了 CPS 计算和数据传输的网络载体；工业云和智能服务平台是 CPS 数据汇聚和支撑上层解决方案的基础，对外提供资源管控和能力服务。

## 2.CPS 实现硬件技术

CPU 分类：指令系统、字长、总线结构、应用方式

CPU 性能评测：CPI：执行一条指令所需的平均时钟周期；MIPS：每秒百万条指令；MFLPS：每秒百万次浮点运算次数

微处理器技术发展：位宽、复杂度、发行方式

嵌入式微处理器：MPU、MCU、DSP、SOC

MPU：由通用计算机中的 CPU 演变而来，只保留和嵌入式应用紧密相关的功能硬件，在工作温度，抗电磁干扰，可靠性等方面相对通用计算机的 CPU 做了各种增强

MCU：单片机包含在其中，偏重于控制功能。一般以某种微处理器内核为核心，芯片内部集成了 ROM,EPROM,FLASH,RAM,总线，总线逻辑，定时/计数器，看门狗，I/O，串行口，脉宽调制输出，A/D,D/A 等各种必要的功能和外设；外设资源丰富，适合于控制

DSP：系统结构，采用哈佛结构和专用的硬件乘法器，指令系统，快速 DSP 指令，适用于对处理器运算速度要求较高，向量运算较多的应用领域

SoC:在一个硅片上实现一个更为复杂的系统，系统级集成，体积减小，能耗降低，可靠性提高

微处理器典型技术：地址对准与端序、正交指令集、桶型移位器、指令密度、特殊功能寄存器 SFR、地址重映射、主存控制器、Watchdog、体系结构对操作系统的支持、调试技术

嵌入式系统调试技术：模拟调试、软件调试、BDM/JTAG 调试、全仿真调试

地址对准：将 CPU 的存储字长与存储器的存储单位地址对准以便读取，如果他们不完全相同，则中间用一个缓存器过渡。

什么是端序：大端模式：高位字节在低地址/小端模式：高位字节在高地址

ARM 处理器家族：A 系列用于开发操作系统的高性能处理器，应用产品包括手机，数字电视，电子书，家庭网关等

R 系列对于实时应用有杰出的性能，应用产品包括汽车刹车系统，动力传动系统等

M 系列对确定的单片机应用的低成本敏感性解决方案，应用于单片机，混合信号器件，智能传感器，汽车电子系统和安全气囊

指令密度：该机器指令程序占用存储器空间的大小

SFR：特殊功能寄存器，在特定单片机上的具体地址上的寄存器总是制定固定的功能，例如 MCS-51 单片机的 E0H 处符号表示为 ACC 的寄存器总是执行累加器的功能。

地址重新映射：将复位后用户所见的存储器中部分区域，再次映射到其他的地址上

可编程器件

## 3.CPS 实现软件技术

可移植性：消除微处理器差异、硬件差异、封装、应用程序接口、软件层次

前后台系统：后台程序：对时间要求不严格的任务，通常在主循环内执行；前台程序：要求快速响应或者时间严格的任务，通常中断内执行

嵌入式操作系统特点：体积小实时性强，可裁剪，可靠性高，特殊的调试开发环境

嵌入式操作系统中的基本概念、典型嵌入式操作系统

#### 4.CPS 实现新技术

物联网平台架构：连接管理平台、设备管理平台、应用支撑平台、数据分析平台

业务应用平台区别于物联网平台，它是建立在物联网平台之上，并面向各行业应用提供系统运行环境

#### 5.经典感知技术和现代感知技术

敏感元件、传感元件、信号调节与转换电路

传感器误差因素：介入误差、应用误差、特性参数误差、动态误差、环境误差

静态模型、动态模型

性能指标：衡量传感器基本功能特性的指标：量程（测量范围）、灵敏度、分辨力(率)、动态范围(跨度与绝对分辨力之比)；

精度特性指标：线性度、重复性、迟滞、死区、漂移、稳定性、精确度。

传感器分类、传感器工作原理(温度、压力、流量、霍尔、光栅、红外、超声、位置、接近、射频)、图像传感器、结构光

RFID 特点：无需直接接触，光学可视，人工干预，操作方便，保密安全

#### 6.互联互通技术

频率搬移原理：傅里叶变换

通信模型：信源、发送器、信道、噪声源、接收器、信宿

通信的主要任务：传输系统的有效利用、接口、信号产生、同步、交换管理、差错检测和纠正、寻址与路由选择、恢复、报文格式化、安全措施、网络管理

数字通信基础（串并、同步、异步、全双工、传输介质等）

现场总线技术：总线将分散的有通信能力的测量控制设备作为网络节点，连接成能相互沟通信息，共同完成自控任务的控制网络。应用在生产现场、在微机化测量、控制设备之间、实现双向、串行、多节点、数字通信的开放型、控制网络技术。

串行总线技术：在串行通信中，参与通信的两台或多台设备通常共享一条物理通路。发送者依次逐位发送一串数据信号，按一定的约定规则为接收者所接收。

CAN：CAN 总线是一种串行数据通信协议，通信介质可以是双绞线、同轴电缆或光导纤维。最大通讯距离可达 10km，最大通信速率可达 1Mbps。CAN 总线通信接口中集成了 CAN 协议的物理层和数据链路层功能，可完成对通信数据的成帧处理，包括位填充、数据块编码、循环冗余检验、优先级判别等工作。多主方式，任何节点互相发送信息

总线特点：管控一体化，一线完成，系统的开放性、互可操作性与互用性、现场设备的智能化、现场设备的功能自治、系统结构的高度分散性、对现场环境的适应性

优点：节省硬件数量与投资、节省安装费用、节省维护开销、用户具有高度的系统集成主动权、提高了系统的准确性与可靠性

Lonworks 智能控制网络、profibus 等

在串行通信中，参与通信的两台或多台设备通常共享一条物理通路。发送者依次逐位发送一串数据信号，按一定的约定规则为接收者所接收。

•保证串行通信有效性的方法：使用轮询或者中断来检测、接收信息；设置通信帧的起始、停止位；建立连接握手；实行对接收数据的确认、数据缓存以及错误检查等。

短距离无线通信技术：蓝牙：开放性优势，低成本，低功耗，芯片尺寸小，点对多点连接，高抗干扰能力，语音和数据混合传输。Zigbee：功耗低，传输速率低，成本低，网络容量大，时延短，数据安全，工作频段灵活，Wifi：信号功率小，覆盖广，传输快，容易被干扰。NFC：近距离，短距离无线通信，反应时间快。UWB：传输速率高，抗干扰能力强，带宽宽，消耗电能小，保密性好 NB-IoT：深覆盖低功耗大连接低成本

远距离无线通信技术：随着信息技术的发展，已经有多种通信系统，可以实现远距离在非视距条件下实现语音、图像、数据多媒体信息的实时传输。其中，卫星通信系统、个人移动通信系统(以下简称公网)和专用无线多媒体传输系统(以下简称专网)，是三种主流传输手段。

#### 8.CPS 中的控制技术

自动控制系统相关基本概念、系统数学模型的建立、PID 控制原理、其它先进控制技术

PID 优点：技术成熟，易被掌握，不需要数学模型，控制效果好

比例积分微分调节器。

#### 9.CPS 中的执行技术

CPS 中执行机构的作用、构成、分类、电动执行机构及其驱动技术

执行机构分类：电动执行器，气动执行器，液动执行器

接受控制器的输出信号，控制操纵变量变化。