

# 在工业 4.0 伺服驱动器中应用 Sitara™ 处理器



## **Eddie Esparza**

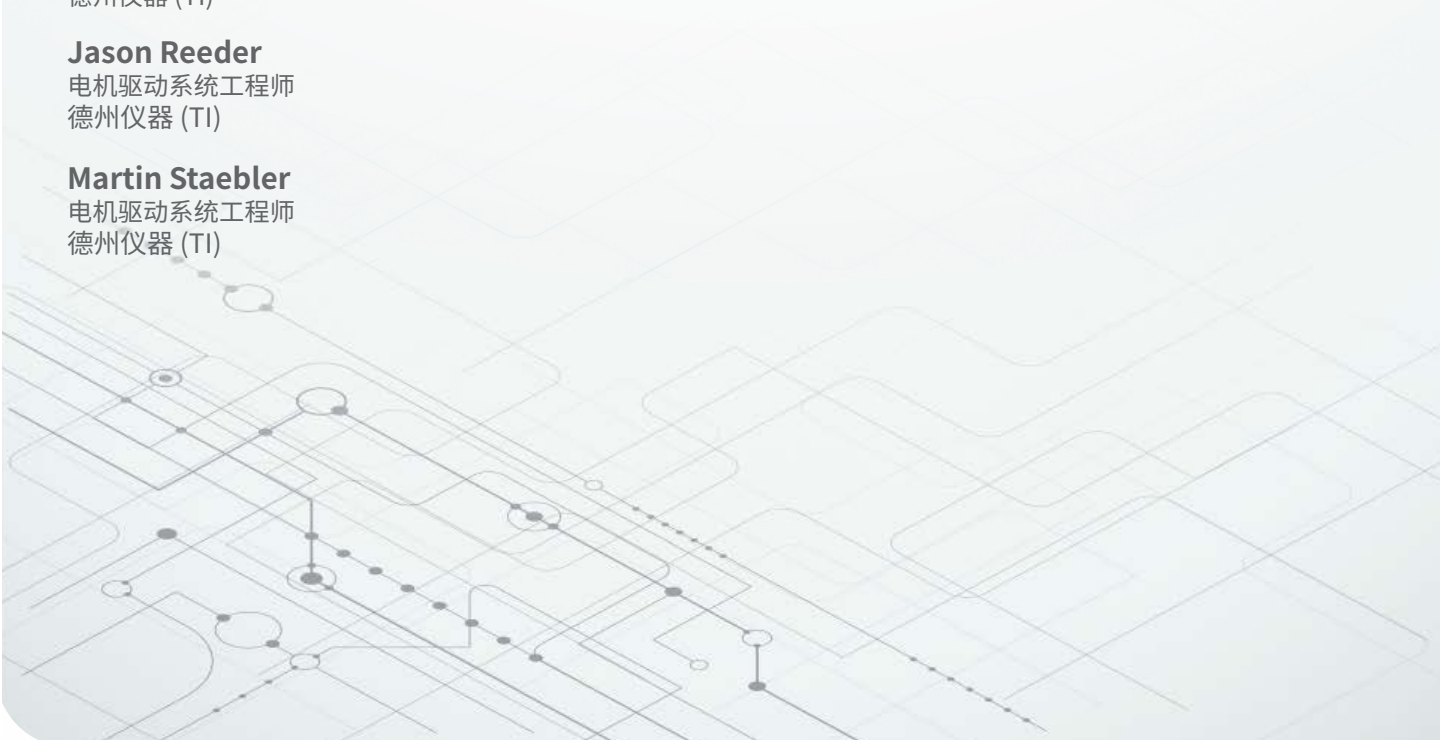
Sitara™ 处理器产品营销工程师  
德州仪器 (TI)

## **Jason Reeder**

电机驱动系统工程师  
德州仪器 (TI)

## **Martin Staebler**

电机驱动系统工程师  
德州仪器 (TI)



# 制造和自动化行业已经使用了多年的伺服电机控制技术，但是工业 4.0 和智能工厂的兴起加速了自动化系统的应用，进而增加了对具有更多功能、可控制更多轴并且更智能的伺服驱动器的需求。

以前，高端微控制器和大型现场可编程门阵列 (FPGA) 执行底层控制算法，并提供接口以连接至驱动器输出和电机反馈。但是，随着设备变得更加智能且性能更高，伺服驱动器必须满足的要求也在迅速变化。实时工业通信、功能安全、预测性维护和云连接等功能已被引入到伺服控制板中，旨在提供更多的边缘服务。集成水平的提高和对更高性能的需求，促使设计人员转向使用异构处理器 (例如德州仪器 (TI) 的 Sitara™ 处理器) 来满足工业 4.0 应用的处理需求。

## 性能

在伺服电机驱动应用中，电机控制通常分为几个控制环路层：电流/扭矩环路、速度环路、位置环路和更高级别的运动控制环路。这些环路通常以级联的形式排列，每个环路都有自己的“实时”处理要求。电流或扭矩环路是超严苛的控制环路。每个上游环路以其之前环路的倍数运行，并为下游环路提供输入参考。下页图 1 展示了典型的级联控制拓扑。

图 1 中的模块非常适合用于跨异构处理器内核或在处理器与微控制器之间进行逻辑分区。在多核处理器的不同内核之间分散各个环路，可以使专用于每个环路的处理带宽最大化。当处理器内核接收到其控制环

路输入数据时，它可以尽快运行算法以使其完成，为下游环路提供参考值，然后继续提供其他服务，直到准备好下一组输入数据为止。

具有较高运算性能的处理器可以更快完成控制处理，并具有更多可用带宽来提供更多服务和功能。32kHz 控制环路中的周期时间接近  $31.25\mu\text{s}$  时，或实际必须同时处理来自多个轴的输入时，快速处理至关重要。

对于伺服控制的严格实时处理要求，有几种选择，包括数字信号处理器 (DSP)、FPGA 和标准 Arm® 处理内核。选择合适的处理内核可能很困难，因为需要在灵活性与优化控制算法之间保持平衡。过去，优化控制算法是第一要务，因此 DSP、专用集成电路 (ASIC) 和 FPGA 是确定无疑的选择。

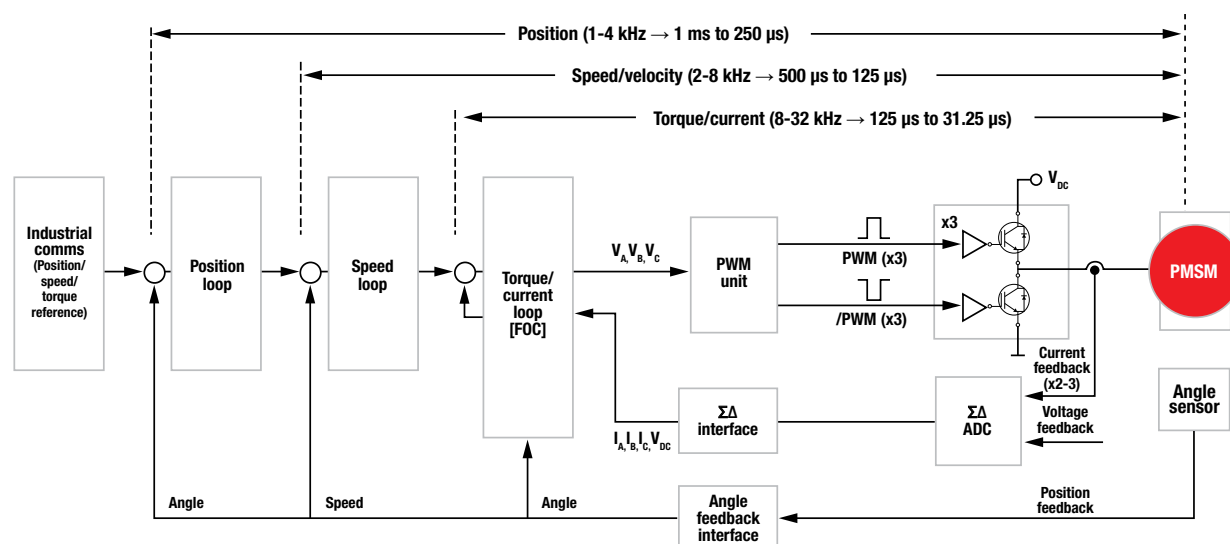


图 1 典型的伺服电机控制环路拓扑。

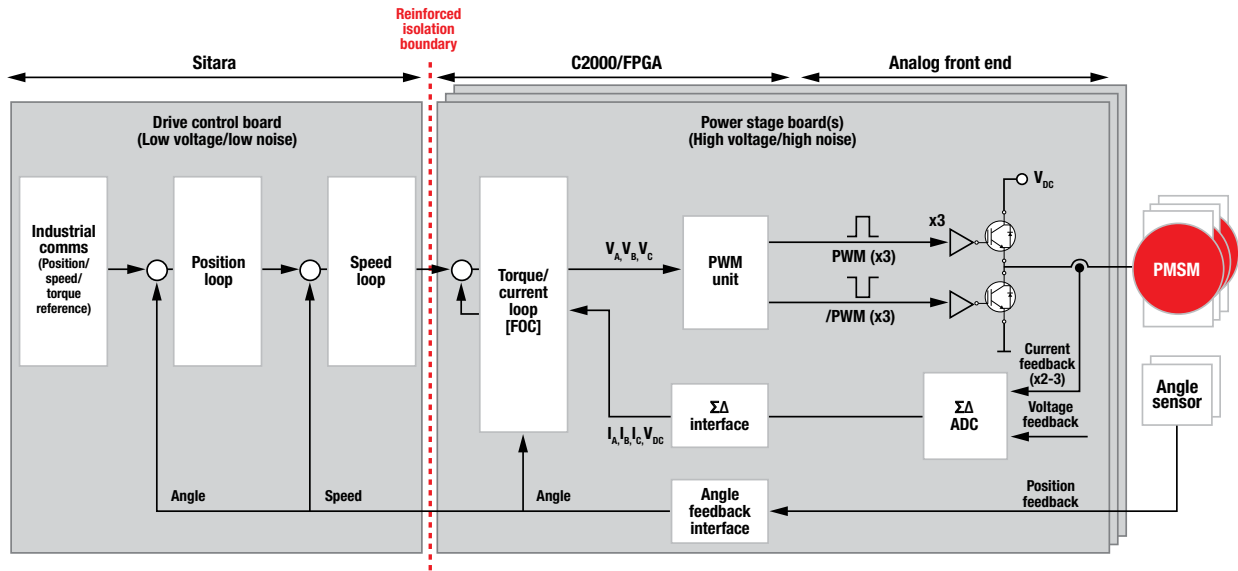


图 2 在系统冷侧使用 Sitara 处理器跨隔离边界与独立控制单元通信的示例。

现在, 由于需要向伺服驱动器添加工业 4.0 服务, 因此开始采用标准的 Arm Cortex®-A 和 Cortex-R 内核。Cortex-A 内核可以实现非常高的带宽, 这对于快速处理非常有用, 但这种内核缺少 Cortex-R 的实时组件, 这便是 Cortex-R 在伺服控制方面比 Cortex-A 更适合的原因。另一方面, Cortex-A 比 Cortex-R 更适合许多其他服务, 例如网络或预测性维护。幸运的是, 诸如 Sitara AM6x 处理器之类的多核器件可以包含这里提到的所有处理元件, 因此可以在单个芯片中实现所有必要的元件。

## 工业通信

工业 4.0 给工厂带来了许多令人振奋的新事物, 但工业伺服驱动器行业中最引人注目的现象之一是多协议工业以太网的迅速应用。市场上存在着针对工业以太网、现场总线和位置编码器的十多种不同的通信协议, 每种都有其优缺点。EtherCAT®、PROFINET® 和 EtherNet/IP 是伺服驱动器市场中广受欢迎的基于以太网的协议, 而 Hiperface® 数字伺服链路 (DSL)、EnDat 2.2 和双向串行同步接口 C (BiSS C) 则是更受欢迎的位置编码器协议。

这些协议中的许多协议都有 ASIC 可以附加到主机处理器上以支持该特定通信协议。在某些情况下, 采用多芯片解决方案时, 协议栈在主机处理器上运行, 而

ASIC 执行媒体访问控制层。仅计划支持单个协议的制造商更喜欢这种分布式体系结构, 因为 ASIC 通常针对该特定通信标准进行了优化。一旦出现了支持多种协议的需求, 多芯片解决方案便会由于多种原因而失去吸引力。每种新协议都要求设计人员熟悉一款新器件 (这会增加开发工作量和成本), 而且制造商必须针对每种不同的协议制造多个版本的电路板。

诸如 Sitara 处理器之类的解决方案已将多协议支持能力集成到主机处理器中, 有助于节省成本、缩减电路板空间和减少开发工作量, 同时还可以最小化外部组件与主机之间通信的相关延迟。支持多种标准的单一平台使您能够为最终产品的不同版本维护一块单板。

如果需要使产品适应未来需求, 还必须考虑对于时间敏感网络 (TSN) 的支持需求。选择用于工业通信的平台必须足够灵活, 能够适应不断发展的 TSN 标准, 否则一旦最终确定标准, 便有可能面临过时风险。Sitara AM6x 处理器系列通过其灵活的可编程实时单元, 即工业通信子系统 (PRU-ICSS), 提供了一种解决方案, 支持千兆位 TSN 以及传统的 100Mb 协议 (例如 EtherCAT)

## 功能安全

自主机器决策与操作的发展趋势以及在潜在危险工

厂环境中人机交互的不断增加,意味着功能安全对于智能工厂中的许多应用(包括伺服驱动器)而言越来越重要。有关功能安全标准以及 Sitara 处理器如何在工业环境中发挥作用的详细说明,请阅读我们的白皮书《工业 4.0 中的功能安全状态》,了解更多信息

## 系统分区

伺服驱动器中的级联控制环路通常跨越至少两个电路板,电路板之间由增强型隔离边界隔开。这种隔离边界将形成所谓的“热侧”和“冷侧”。热侧最靠近电机,并包括向电机供电的高压组件。冷侧在隔离的另一侧,通常容纳控制单元。

跨隔离边界划分系统时,电机驱动器中各种控制环路的模块化特性为您提供了许多可能性。图 2、3 和 4 展示了伺服驱动器一些可能的分区。

图 2 展示了一种包含两个芯片的解决方案,其中两个片上系统 (SoC) 被隔离边界隔开。这种分区通常被称为去中心化的控制架构。这种架构的好处在于,磁场定向控制环路获取电机输入和返回电流的总时间很短,这是因为整个环路都在功率级板上运行。

图 3 也展示了一种包含两个芯片的解决方案,但是这次两个 SoC 都位于冷侧的控制板上。控制环路在两个 SoC 之间分开:一个 SoC 负责算法处理,另一个 SoC 充当聚合器并提供跨隔离边界的脉宽调制器

(PWM)。将所有控制逻辑整合在一个电路板上的系统分区通常被称为中心化的控制架构。这种架构的好处在于,功率级板的成本更低,但要保持与图 2 所示分区相同的性能水平,则需要两个 SoC 之间具有一个高速接口。

在图 4 中,包含 PWM 和运动曲线生成功能(通常由可编程逻辑控制器 (PLC) 处理)的整个控制环路都集成在冷侧的单个 SoC 中。这种架构可通过集成节省更多成本,并消除 SoC 之间接口的相关延迟。

## 德州仪器 (TI) 的解决方案

Sitara 处理器系列的 SoC 可满足从独立工业通信模块到本文所述系统分区的全功能多轴伺服驱动器的所有需求。Sitara AMIC 处理器包含 PRU-ICSS 子系统,并已针对独立的多协议工业通信模块进行了优化。AM64x 系列通过提供适用于多协议工业通信、实时电机控制、云连接和其他工业 4.0 服务的单芯片解决方案,将集成提升到更高水平。

## 结束语

工业 4.0 对伺服驱动器带来了全新的指导原则和系统要求,因此,设计人员选择适合当前和未来伺服驱动器需求的解决方案非常重要。Sitara AM64x 处理器等器件同时包含 Cortex-A 和 Cortex-R 内核并支持

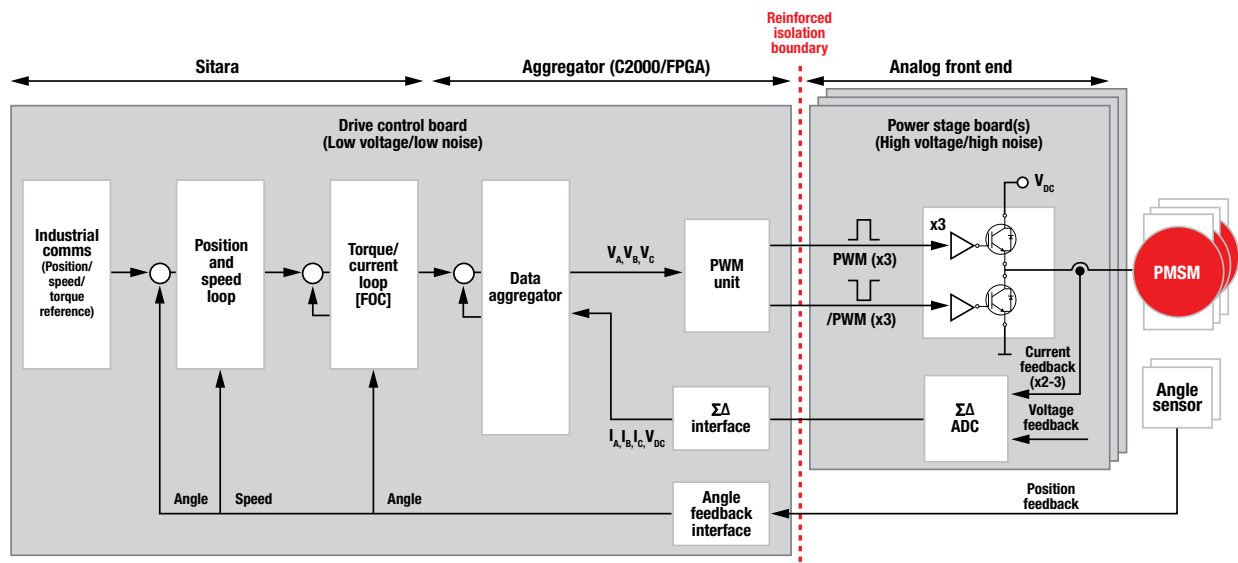


图 3 Sitara 处理器充当伺服处理器,将控制功能转移到系统冷侧 C2000™ 微控制器或 FPGA 的示例。

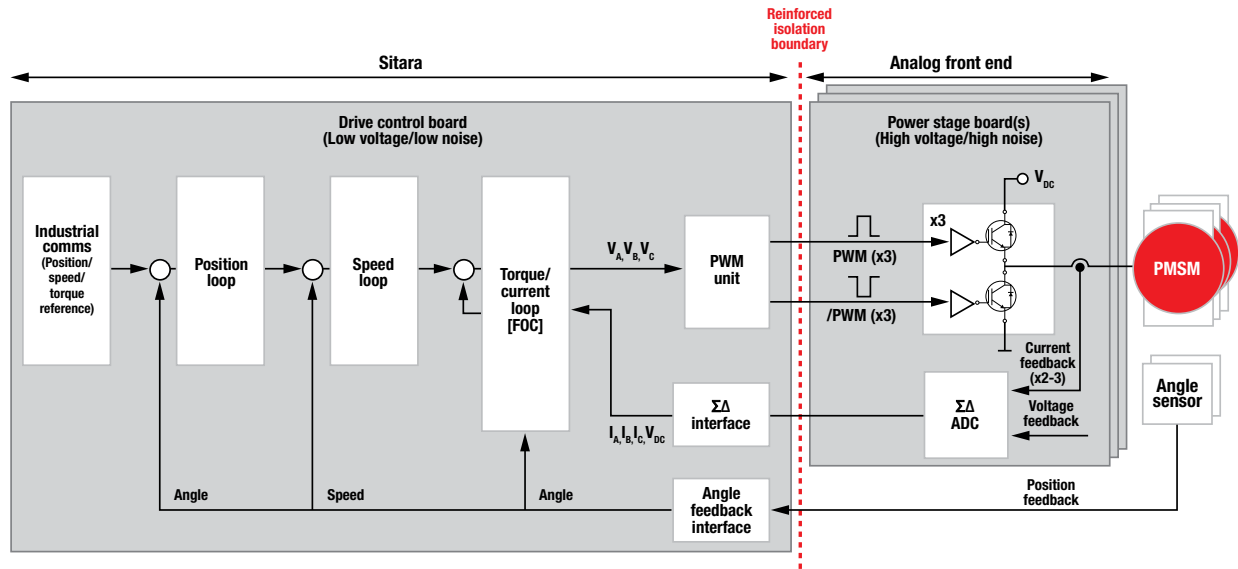


图 4 使用 Sitara 处理器在冷侧实现完全伺服控制的示例。

100Mb 和 1Gb 工业网络, 能够满足现有和未来伺服驱动器的需求。TI 还提供多种产品, 包括其他 Sitara 处理器和 **C2000™ 微控制器**, 旨在满足工业市场不断变化的需求。

## 其他资源

- 阅读我们的白皮书[《工业 4.0 中的功能安全状态》](#)。
- 查看我们的 [Sitara AMIC110 多协议工业通信演示](#)。
- 阅读我们的应用手册[《Sitara™ 处理器支持的工业通信协议》](#)。

**重要声明:** 本文所提及德州仪器 (TI) 及其子公司的产品和服务均依照 TI 标准销售条款和条件进行销售。TI 建议用户在下订单前查阅全面的全新产品与服务信息。TI 对应用帮助、客户应用或产品设计、软件性能或侵犯专利不承担任何责任。有关任何其他公司产品或服务的发布信息均不构成 TI 因此对其的批准、担保或认可。

平台标识、C2000 和 Sitara 是德州仪器 (TI) 的商标。所有其他商标均为其各自所有者的财产。

## 重要声明和免责声明

TI 提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款 (<https://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com.cn](https://www.ti.com.cn) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122

Copyright © 2021 德州仪器半导体技术（上海）有限公司