

# 運用適合工業 4.0 Sitara™ 伺服驅動器的處理器與微控制器

---



## **Eddie Esparza**

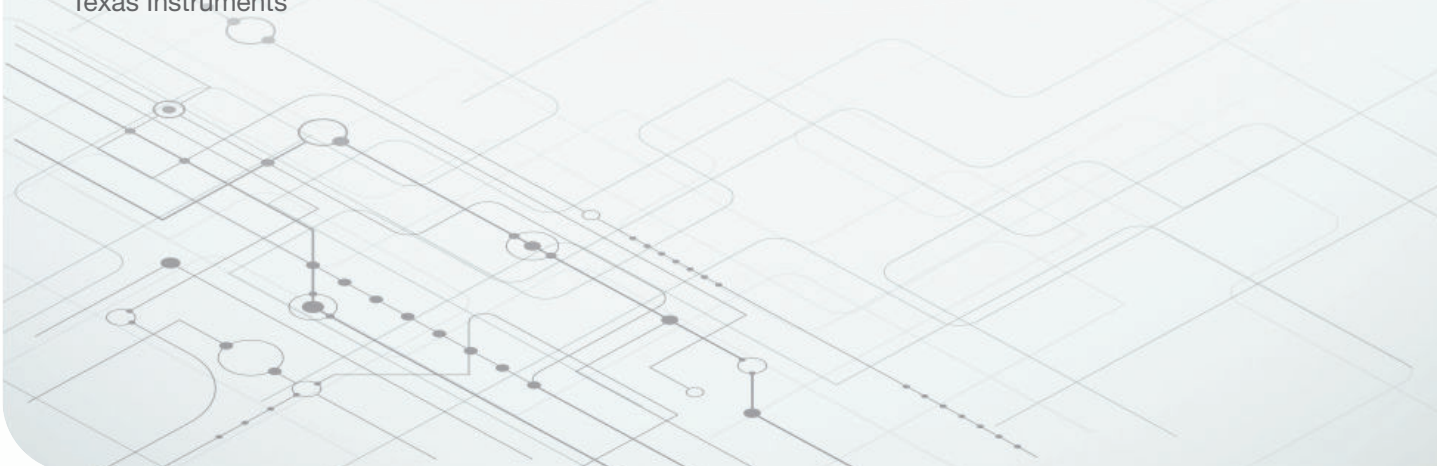
Product Marketing - Sitara™ Processors  
Texas Instruments

## **Jason Reeder**

Systems Engineer - Motor Drives  
Texas Instruments

## **Martin Staebler**

Systems Engineer - Motor Drives  
Texas Instruments



# 製造與自動化產業已使用伺服馬達控制多年，但工業 4.0 及智慧工廠的興起加快了自動化系統的使用，進而增加對更智慧化、更多功能，且能控制更多軸的伺服驅動器需求。

## 摘要

本文將探索 Sitara 微控制器 (MCU) 與處理器 (MPU) 如何應對工業 4.0 與智慧工廠系統的伺服驅動器市場趨勢及新要求。



### 效能

原始性能較高的 MPU 與 MCU 可以較快速度完成控制處理，並有更多運算頻寬可提供更多服務與功能，以滿足越來越多的自動化與智慧性需求。

1



### 工業通訊

多重通訊協定工業乙太網路的快速使用，是工業伺服驅動器領域最明顯的趨勢之一。Sitara 裝置可在機器間實現即時且低延遲的通訊，幫助提升性能、安全與可靠性。

2



### 功能安全

自動決策與操作的趨勢和越來越多的人機互動，造成更多工廠應用對功能安全的需求增加。

3

過去是由高階微控制器和大型現場可編程陣列 (FPGA) 執行低階控制演算法，並提供連接驅動輸出與馬達回饋的周邊設備。但由於設備越來越智慧化、性能越來越高，伺服驅動器的支援要求也隨著快速變換。即時工業通訊、功能安全、預測性維護與雲端連線等功能都被帶入伺服控制電路版，提供更多頂尖服務。由於整合程度提升和對更高

性能的需求增加，設計人員因此必須尋找異質產品，例如德州儀器的 Sitara™ 處理器 (MPU) 和微控制器 (MCU)，才能滿足工業 4.0 應用的處理需求。

### 效能

在伺服馬達驅動應用中，馬達控制通常可分為幾個控制迴路層：電流/扭力迴路、速度迴路、位置迴路及更高階的動作控制迴路。這些迴路通常以串接方式配置，每個都有自己的「即時」處理需求。電流或扭力迴路是最嚴格的控制迴路。每個上游迴路在該迴路前會有多個迴路運作，並提供輸入參考至下游迴路。圖 1 說明典型的串接控制拓撲。

圖 1 中的區塊可幫助在異質處理器中或處理器與微控制器間的核心邏輯分割。在多核心 MPU 或 MCU 的不同核心中配置各種迴路，可增加各迴路專屬的處理頻寬。當 MPU 或 MCU 核心收到控制迴路輸入資料，將可執行演算法盡快完成，為下游迴路提供參考值，接著繼續提供其他服務，直到下一組輸入資料準備好。

原始性能較高的 MPU 與 MCU 可以較快速度完成控制處理，並有更多頻寬可提供更多服務與功能。當 32-kHz 控制迴路的週期時間接近  $31.25 \mu\text{s}$ ，或必須幾乎同時處理多軸輸入時，快速處理就顯得尤其重要。

有幾種選項可滿足伺服控制嚴格的即時處理要求，包含數位訊號處理器 (DSP)、FPGA 與標準 Arm® 處理核心。選擇適合的處理核心並不容易，因為需在靈活性與控制演算法最佳化間取得平衡。控制演算法最佳化在過去是首要考量，因此 DSP、應用特定積體電路 (ASIC) 和 FPGA 是明顯的選擇。

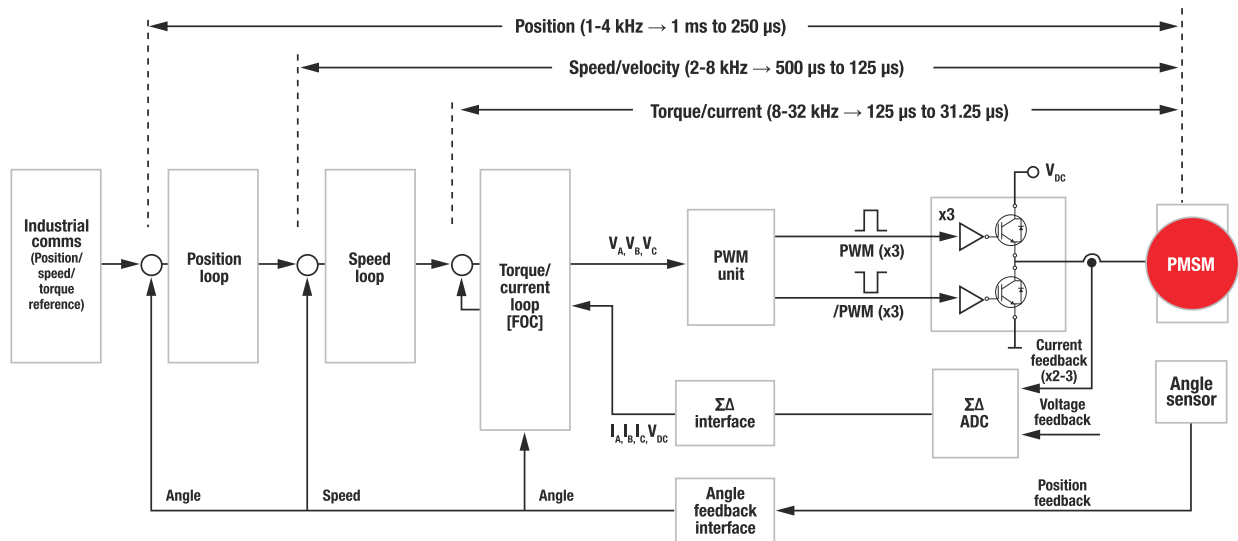


圖 1. 典型伺服馬達控制迴路拓撲

現在，將工業 4.0 服務加入伺服驅動器的需求促進了標準 Arm Cortex®-A 與 Cortex-R 核心的使用。Cortex-A 核心可實現非常高的頻寬，適合快速處理但缺乏 Cortex-R 的即時元件，因此 Cortex-R 會比 Cortex-A 更適合即時控制應用，例如同步控制。但對其他許多服務而言，Cortex-A 則遠比 Cortex-R 適合，例如動作控制、預測性維護或 Linux 網路服務。幸好像 Sitara AM64x MPU 和 AM243x MCU 等多核心裝置納入上述所有處理元件，只要單一晶片即可實現所有必要元素。

## 工業通訊

工業 4.0 為工廠帶來許多嶄新且令人興奮的事物，但多重通訊協定工業乙太網路的快速使用，是工業伺服驅動器領域最明顯的趨勢之一。市場上有十多種適合乙太網路、現場匯流排與位置編碼器的不同通訊協定，每種都有其優缺點。EtherCAT®、PROFINET® 與 EtherNet/IP 是伺服驅動器市場中最受歡迎的乙太網路通訊協定，Hiperface® Digital Servo Link (DSL)、EnDat 2.2 和序列/同步 C (BiSS C) 雙向介面則是較常見的位置編碼器協定。

許多通訊協定都有 ASIC，您可加在主機處理器上支援特定通訊協定。在部分情況下，若為多晶片解決方案，通訊協定堆疊會在主機處理器上運作，ASIC 則會執行媒體存取控制層。只計畫支援單一通訊協定的製造商偏好使用這種分散式架構，因為 ASIC 通常適合該特定通訊標準。當支援多個通訊協定的需求增加，多晶片解決方案就會因許多原因而失去吸引力。每種新通訊協定都需要您熟悉新裝置 (進

而增加開發心力與成本)，製造商也必須針對各種通訊協定維護數種電路板版本。

Sitara MPU 與 MCU 等解決方案提供對主機處理器的整合式多通訊協定支援，可幫助節省成本、電路板空間和開發心力，同時降低外部元件與主機間通訊相關延遲。Sitara AM64x 處理器和 AM243x MCU 系列中的裝置提供預先整合的堆疊，並可支援 EtherCAT、Profinet RT/IRT、乙太網路/IP 等。支援多重標準的單一平台可讓您在不同版本終端產品中維持使用單一電路板。

若您的產品需能符合未來需求，您也必須考量支援時效性網路 (TSN) 的需要。為工業通訊所選的平台必須靈活，能夠適應不斷變換的 TSN 標準，否則將會面臨最終標準訂定後成為過時產品的風險。Sitara AM6x MPU 與 AM243x MCU 系列透過靈活的可編程即時單位工業通訊子系統 (PRU-ICSS) 提供解決方案，可實現 GB TSN 與傳統 100-Mb 通訊協定，例如 EtherCAT。

## 功能安全

自動化機器決策和操作的趨勢以及潛在危險工廠環境下不斷增加的人機互動，代表功能安全對智慧工廠中許多應用越來越重要，其中也包含伺服驅動器。獲得更詳細的功能安全標準說明，以及 Sitara MPU 和 MCU 在工業環境中扮演的角色。如需更多資訊，請閱讀白皮書，[工業 4.0 功能安全狀態](#)。

## 系統分割

伺服驅動器中的串接控制迴路通常會橫跨至少兩個電路板，並由強化型隔離邊界分隔。這種隔離邊界可產生所謂的「熱側」和「冷側」。熱側最接近馬達，內含可將供應電源傳送給馬達的高電壓元件。冷側則位於隔離另一側，通常含有控制元件。

在隔離邊界進行系統分隔時，馬達驅動器各種控制迴路的模組化特性可帶來許多可能。[圖 2](#) [圖 3](#) 和 [圖 4](#) 說明幾種可能的伺服驅動器分割方式。

圖 2 說明雙晶片解決方案，兩個系統單晶片(SoC) 由隔離邊界分隔。這種分割方式通常稱為分散式控制架構。此架

構的優點是磁場定向控制迴路從馬達取得輸入並送回電流的總時間較短，因為整個迴路都在功率級電路板上運作。

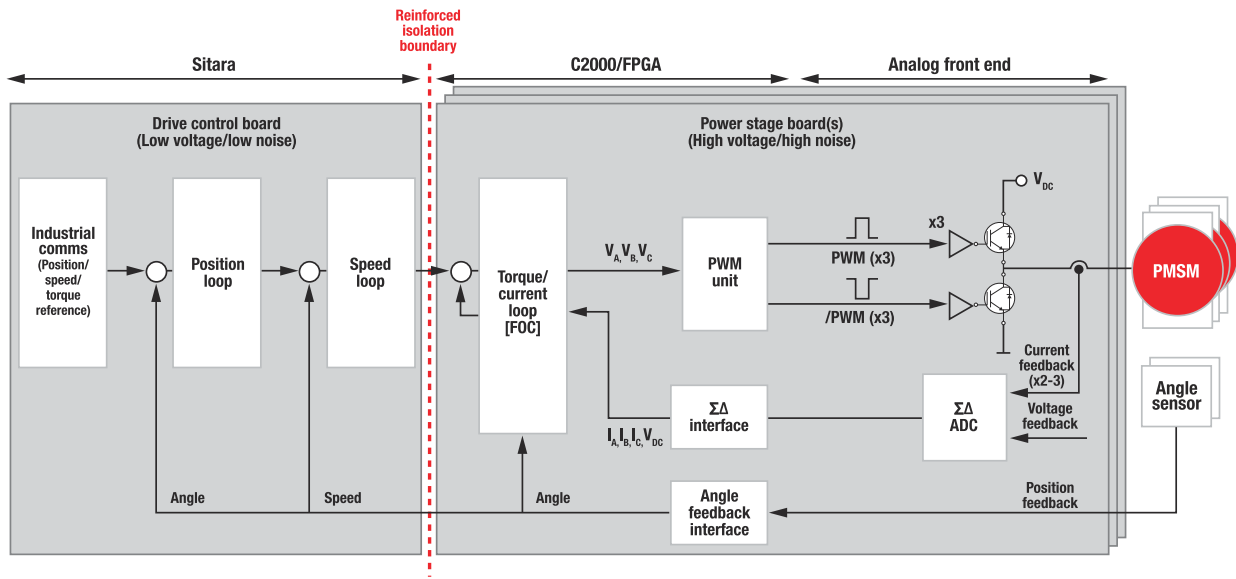


圖 2. 使用 Sitara 處理器/微控制器在隔離邊界與系統熱測另一個控制單元通訊的範例

圖 3 也可說明雙晶片解決方案，但此處兩個 SoC 都位於冷側的控制電路板上。控制迴路分為兩個 SoC：一個負責演算法處理，另一個則做為彙總器，在隔離邊界提供脈衝寬

度調變 (PWM)。將所有控制邏輯結合在單一電路板上的系統分割通常稱為集中式控制架構。這種架構的優點是可降低功率級電路板成本，但若需維護圖與 2 所示分割相同的性能等級，則需在兩個 SoC 間有高速介面。

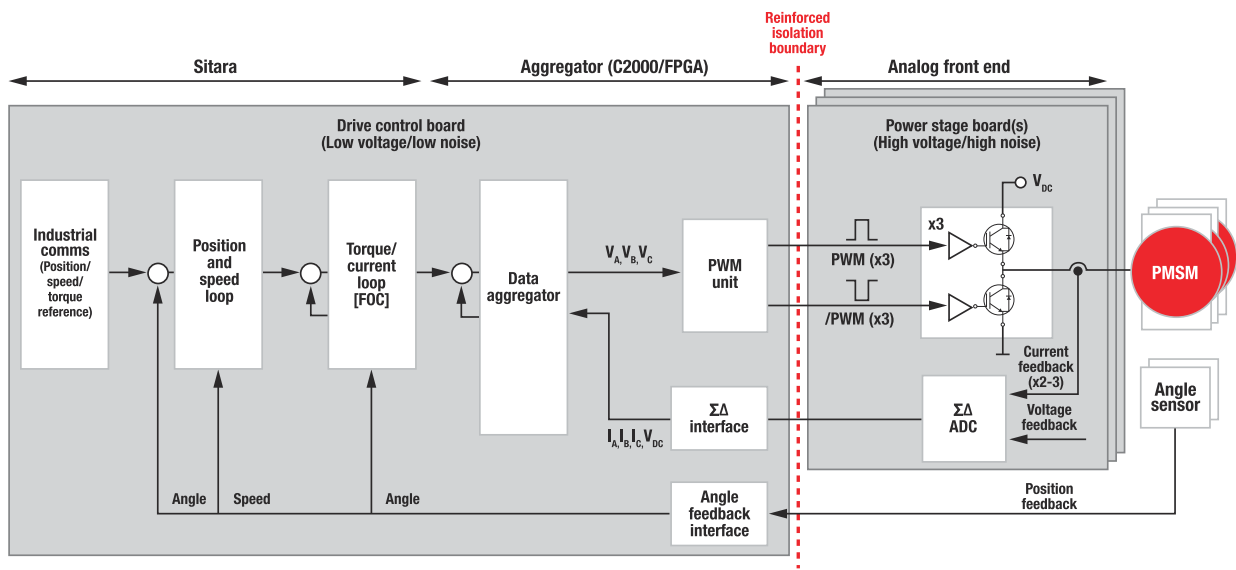


圖 3. 將 Sitara 處理器/微控制器做為伺服處理器，並將控制功能分擔給 C2000™ 微控制器或系統冷側 FPGA 的範例

在圖 4 中，包含 PWM 與運動軌跡產生的整個控制迴路 (通常由可編程邏輯控制器 (PLC) 處理) 都會整合在冷側的

單一 SoC 上。此架構透過整合省下更多成本，並可消除 SoC 間介面的相關延遲。

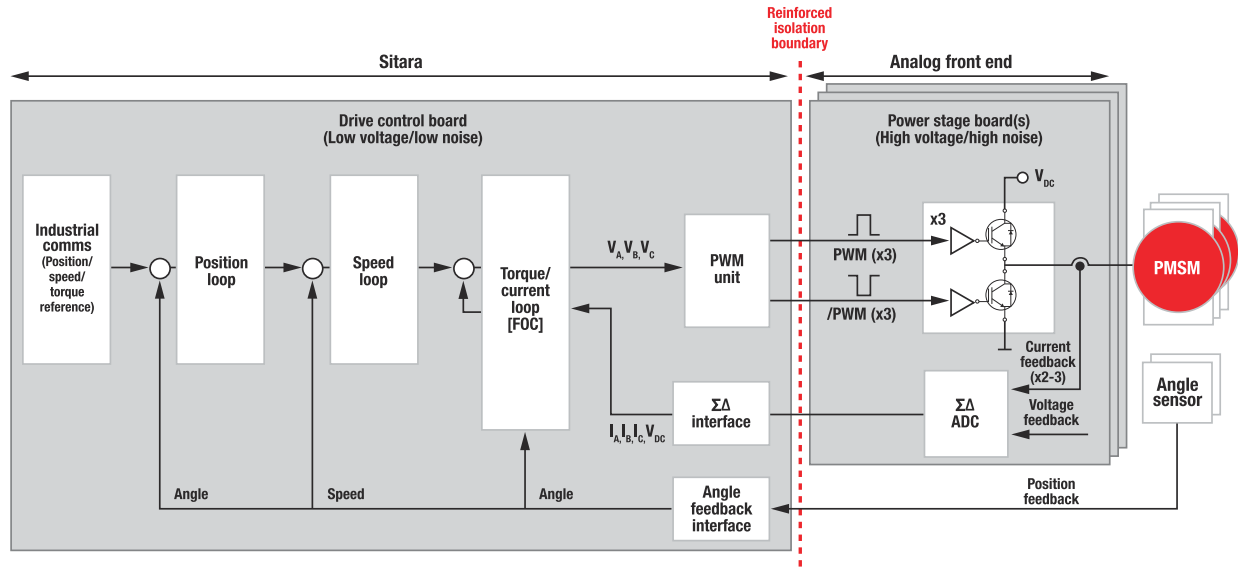


圖 4. 使用 Sitara 處理器/微控制器在冷側執行完整伺服控制的範例

## 德州儀器的解決方案

Sitara MPU 與 MCU 系列擁有 SoC，可處理本文提到的任何系統分割，不管是獨立工業通訊模組還是功能齊全的多軸伺服驅動器都可輕鬆應付。Sitara AMIC 處理器包含 PRU-ICSS 子系統，非常適合獨立多重通訊協定工業通訊模組。AM64x and AM243x 系列為多重通訊協定工業通訊、即時馬達控制、雲端連線和其他工業 4.0 服務提供單晶片解決方案，讓整合邁向全新層次。

## 結論

伺服驅動器的新指南與系統要求隨著工業 4.0 一起推出，設計人員必須選擇適合目前與未來伺服驅動器需求的解決方案。Sitara AM64x MPU 與 AM243x MCU 等裝置包含 Arm 核心並支援 100-Mb 與 1-Gb 工業網路，可支援現有及未來伺服驅動器。TI 也提供各種產品，其中包含其他 Sitara MPU、MCU 及 C2000™ 微控制器，來滿足工業市場不斷變動的需求。

## 其它資源

1. 閱讀我們的白皮書，[工業 4.0 功能安全狀態](#)。
2. 觀看我們的 [Sitara AMIC110 的多重通訊協定工業通訊示範影片](#)。
3. 閱讀我們的應用說明，[Sitara™ 處理器支援的工業通訊協定](#)。
4. 查看 [Sitara AM6442 MPU](#) 和 [Sitara AM2432 MCU](#)。
5. 閱讀白皮書，[以 Sitara™ AM2x MCU 顛覆即時控制、網路與分析性能](#)。

**重要聲明：**本文所述德州儀器及其子公司相關產品與服務經根據 TI 標準銷售條款及條件。建議客戶在開出訂單前取得 TI 產品及服務的最新完整資訊。TI 不負責應用協助、客戶的應用或產品設計、軟體效能或侵害專利等問題。其他任何公司產品或服務的相關發佈資訊不構成 TI 認可、保證或同意等表示。

Sitara™ and C2000™ are trademarks of Texas Instruments.  
Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere.  
所有商標均為其各自所有者的財產。

## IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](http://ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2022, Texas Instruments Incorporated