



FPGA-Based 多軸伺服驅動設計

FPGA Based Multi-Axis Servo Drive Design

周信宏

工研院機械所
控制核心技術組
高階伺服技術部
經理

龔應時

南台科技大學
電機系
教授

關鍵詞(Keywords)

- 可程式化邏輯晶片 FPGA
- 機械手臂 Robotic Arms
- 多軸伺服控制晶片 Multi-Axis Servo Control Chip

摘要(Abstract)

本文主要發展以 FPGA 為基礎之多軸伺服驅動系統。首先，將推導多軸伺服系統之數學模式及其控制器設計。其次，以 Altera 公司發展具有可嵌入一顆軟核心 Nios II 處理器之 FPGA 晶片來開發多軸伺服控制晶片。此晶片內含有兩個模組。第一個模組為 Nios II 處理器，以軟體方式來

發展點對點運動軌跡規劃，而第二個模組，以數位硬體方式來實現多軸位置/速度/電流控制器。後者採用兩種設計方法。一種方法為各軸獨立設計，另一種方法為多軸共同模組設計。後者將多軸的電流控制器與座標轉換電路及多軸的位置/速度控制器電路，各自以一個共同模組實現，以達到節省硬體資源的目的。接著，VHDL 將用來描述多軸伺服控制器的行為。最後，為了驗證多軸伺服驅動器之有效性，利用六軸關節型機械手臂及晶圓移載用機械手臂作為驗證載體，證實多軸伺服驅動器之正確性。

A multi-axis motion controller based on FPGA (Field Programmable Gate Arrays) technology is developed in this paper. Firstly, a multi-axis motion system is presented and the servo controller design is described. Secondly, an Altera FPGA chip and an



embedded soft-core Nios II processor are used to develop the multi-axis motion controller. The proposed FPGA-based multi-axis motion control IC has two modules. The first module is an embedded soft-core Nios II processor which is used to realize the motion trajectory planning by software. The second module is presented to realize the multi-axis position/speed/current controllers by hardware. For the second module, two approaches are proposed which one is individual-axis isolated design approach and another is multi-axis module design approach. In the latter, it will collect multiple CCCT (Current vector controller and coordination transformations) circuits or multiple position/speed controller circuits into one circuit. Therefore, it can substantially reduce hardware resource usage in FPGA. Thirdly, VHDL (VHSIC Hardware Description Language) is applied to describe the overall multi-axis controller behavior. Finally, in order to verify the effectiveness and accuracy of the proposed multi-axis motion control IP, a six-axis articulated robotic arm and a three-axis wafer handling robot arm are constructed and some experimental results are presented.

1. 簡介

近年來由於全球的產業升級需求與缺工的影響，工廠自動化更為以往重視，因此，世界各國皆提出另一個工業革命，如歐洲、美國、台灣、

中國...等，皆提出如工業 4.0 的新革命議題。在工業 4.0 中，除了自動化的議題外，另一個主要重點就是產能也能升級，在同一個工廠面積下，員工不增加，但產能可提升至兩倍。要達到此目的，工業機器人在裡面扮演的角色非常重大，將目前自動化的革命提升至人機共工與人機協同，然而，國內工業機器人的關鍵零組件如減速機、驅動器、馬達...等多需仰賴國外進口，其中減速機與驅動器更佔了工業機器人成本的 30% 以上。

目前工業機器人的多軸驅動器皆由一軸一個模組組成多軸控制。較少數使用多軸一體驅動器，因此本文利用 FPGA 實現多軸驅動器，藉以整合多軸伺服控制，包含位置、速度與電流迴路...等，藉以實現驅動器 All in one，減少成本與體積，增加工業機器人的競爭力。

2. FPGA-based 多軸伺服驅動系統

本文所提以 FPGA 為基礎建構之多軸伺服驅動系統如圖 1 所示。此系統可應用於 XYZ 平台、工業用機械手臂、晶圓移載用機械手臂等。在圖 1 之 FPGA 晶片內包括兩個 IP (智財)，一個為 Nios II 處理器 IP 而另一個為多軸伺服控制 IP。Nios II 處理器 IP 負責需彈性之程序且不需快速運算，例如點對點運動軌跡產生及動態性能響應資料收集等。多軸伺服控制 IP 負責 n 個伺服控制模組，而每個模組將執行位置迴路之 P 控制器、速度迴路之 PI 控制器電路、電流迴路磁場導向控制器(field oriented control, FOC)與座標轉換電路、空間向量脈波調變電路(space vector pulse width modulation,

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】398期・105年5月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw